วารสาร

ISBN 0125-0369

วิทยาศาสตร์เกษตร
Agricultural Science Journal

ปีที่ 50 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) กันยายน–ธันวาคม 2562 Vol 50 No.2 (Suppl) September–December 2019

การประชุมและเสนอผลงานวิจัย พืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 12
12–13 ธันวาคม 2562 อาคารเคเอกซ์ มจธ.

12th National Conference on Tropical and Sub-tropical Crops
12–13 December 2019 KX–Knowledge Exchange Center, KMUTT

CRDC Center for Research and Development of tropical and sub-tropical Crops
KMUTT 60 ปี แห่งการสถาปนา สังคมปริวรรต พิพัฒน์อนาคต 1960 2020
TiTEC
UTCC มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

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 ณัฏฐา 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 ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น
25-28	การผลิตเครื่องดื่มซุปเปอร์เบอรี่ที่มีสารสกัดแอนโธไซยานินจากข้าวหอมนิลบนพื้นฐานของ การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส สุรพงษ์ พินิจกลาง และ รัชนี ไสยประจง
29-32	การสกัดไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากรำข้าวไรซ์เบอรี่ด้วยน้ำร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิค ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์ ไกลกว่า วุฒิเสน ณัฏฐา 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	การพัฒนาแยมเคพกูสเบอรี่พลังงานต่ำสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน 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	ผลของอุณหภูมิและความเร็วรอบสกรูของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวที่ปราศจากกลูเตน 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 ที่มีผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวรูปแท่งรสต้มยำ

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.) บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

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 ดาราววรรณ 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 สุปราณี 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	ผลของการแปรรูปด้วยความดังสูงยิ่งต่อคุณภาพของน้ำลำไย 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

Agricultural Sci. J. 50(2)(Suppl.): 1-4 (2019) ว. วิทย์. กษ. 50(2)(พิเศษ): 1-4 (2562)

การประยุกต์ใช้พืชวงศ์ถั่วในผลิตภัณฑ์มาการอง
The Application of Legumes Using in Macaroon Product

นรินทร์ภพ ช่วยการ[1] ศิริวัลย์ พฤฒิวิลัย[1] และวนิดา บุรีภักดี[1]
Chuaykarn, N.[1] Pruettiwilai S.[1] and Bureepukdee W.[1]

Abstract

The objective of this research was to develop macaroon product using different types of legumes. The macaroon shells with the almond was replaced by Sacha Inchi with different levels (40 60 and 80% by weight). It was found that 40% by weight of Sacha Inchi had the highest scores of overall acceptability ($p \le 0.05$), which was selected in the next step. The mixture design was used for varying 5 different ratio of 3 types of legumes for product filling using red bean, black bean and mung bean. It was found that ratio of red bean: black bean: mung bean at 75:20:5 had the highest scores of overall acceptability ($p \le 0.05$). The lightness (L*) redness (a*) yellowness (b*) and shear force were 72.81, 5.43, 24.60 and 1143g, respectively. The final product had moisture, protein, fat, ash, crude fiber and carbohydrate of 21.46, 8.48, 9.34, 1.07 5.14 and 54.51%, respectively.
Keywords: Macaroon, Legumes Filling, Sacha Inchi, Legumes

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองโดยใช้พืชวงศ์ถั่วที่ต่างชนิดกัน ซึ่งศึกษาการใช้ถั่วดาวอินคา 3 ระดับ (ร้อยละ 40 60 และ 80 โดยน้ำหนักถั่ว) ทดแทนถั่วอัลมอนด์สำหรับส่วนของตัวมาการอง ผลการศึกษา พบว่า ตัวของมาการองที่ใช้ถั่วดาวอินคา ร้อยละ 40 ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด ($p \le 0.05$) จึงเลือกไปศึกษาต่อ โดยใช้ถั่ว 3 ชนิดในการทำไส้ธัญพืช คือ ถั่วแดง ถั่วดำ และถั่วเขียว ออกแบบการทดลองแบบผสม ได้อัตราส่วนของไส้ธัญพืชที่ 5 ระดับ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของ ถั่วแดง ถั่วดำ และถั่วเขียวในการทำไส้ธัญพืช คือ ร้อยละ 75:20:5 โดยมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับโดยรวมสูงสุด ($p \le 0.05$) เมื่อนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าแรงตัด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.81 5.43 24.60 และ 1,143 กรัม ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 21.46 8.48 9.34 1.07 5.14 และ 54.51 ตามลำดับ
คำสำคัญ: มาการอง ไส้ธัญพืช ถั่วดาวอินคา พืชวงศ์ถั่ว

คำนำ

มาการอง (Macaroon) เป็นขนมที่มีต้นกำเนิดมาจากประเทศฝรั่งเศส จัดเป็นขนมอบประเภทเมอแรงก์ (Meringue) ชนิดหนึ่ง มีลักษณะทรงกลมและแบน ลักษณะคล้ายโดม 2 ชิ้นประกบกัน ทำจาก ถั่วอัลมอนด์บด น้ำตาล ไข่ขาว และน้ำตาลไอซิ่ง อีกทั้งยังสอดไส้อยู่ตรงกลางระหว่างชั้นของมาการอง (Young, 2017) โดยมักเป็นไส้ประเภทกานาซ (Ganache) มีหลายรสชาติ เช่น ช็อกโกแล็ต สตรอเบอรี่ วนิลลา เป็นต้น (อธิปและนภัทร, 2561) เนื้อขนมมีลักษณะกรอบนอกนุ่มใน ขนมมาการองนิยมบริโภคเป็นอาหารว่าง ปัจจุบันมีขนมมาการองจำหน่ายทั่วโลก และกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ รวมทั้งในประเทศไทยเอง แต่หากมีการบริโภคในระยะเวลาต่อเนื่องกัน อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพจากประเด็นดังกล่าว หากมีการนำมาการองมาพัฒนาเป็นขนมหรืออาหารว่างเพื่อสุขภาพ โดยการประยุกต์ใช้พืชวงศ์ถั่วเป็นองค์ประกอบในการทำทั้งส่วนตัวฝามาการอง (Macaroon shell) และส่วนตัวไส้ (Filling) อาจทำให้ผลิตภัณฑ์มาการองมีคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ในเชิงสุขภาพ โดยเฉพาะแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ปริมาณโปรตีนซึ่งพบในพืชวงศ์ถั่ว งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดนำถั่วดาวอินคา Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) ซึ่งมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไขมันโอเมก้า 3, 6 และ กรดไขมันโอเมก้า 9 สูงถึงร้อยละ 85 และโปรตีนร้อยละ 24.7 (Gutierrez และคณะ 2011) โดยนำถั่วดาวอินคามาทดแทนถั่วอัลมอนด์ในการทำฝามาการอง อาจช่วยลดต้นทุนการผลิตเนื่องจากถั่วดาวอินคามีราคาต่ำกว่าถั่วอัลมอนด์ อีกทั้ง

[1]สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ต.บ่อยาง อ.เมือง สงขลา 90000
[1]Department of Home Economics, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

พัฒนาไส้ของมาการองโดยการใช้พืชวงศ์ถั่ว 3 ชนิด คือถั่วแดง ถั่วดำและถั่วเขียว ซึ่งเป็นถั่วที่นิยมนำมาทำขนมและอาหารว่างทดแทนไส้ประเภทกานาซ เพื่อเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มาการอง ตลอดจนเป็นการเพิ่มช่องทางเลือกแก่ผู้บริโภคได้ทุกเพศทุกวัย

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดเลือกสูตรฝามาการอง ดัดแปลงจากเจตนิพัทธ์และ จักราวุธ (2556) โดยแปรอัตราส่วนของถั่วดาวอินคา: ถั่วอัลมอนด์ เท่ากับ 0: 100, 40:60, 60:40 และ 80:20 จากนั้นนำมาบดรวมกันกับน้ำตาลไอซิ่ง (100 กรัม) และ เกลือ (0.2 กรัม) ด้วยเครื่องบดเป็นเวลา 5 นาที ตีไข่ขาว (75 กรัม) และ น้ำตาลทราย (100 กรัม) เป็นเวลา 5 นาที ผสมวัตถุดิบทั้งหมดเข้าด้วยกันและตีต่ออีก 5 นาที ตักใส่พิมพ์ชั่งน้ำหนักชิ้นละ 5 กรัม อบที่อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที พักให้เย็นเก็บใส่กล่องพลาสติก ก่อนนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน คัดเลือกฝามาการองสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดไปพัฒนาต่อโดยการเติมไส้ธัญพืช ประกอบด้วยถั่วแดง ถั่วดำและถั่วเขียว โดยออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design) ได้อัตราส่วนไส้ธัญพืชทั้ง 3 ชนิด คือ ถั่วแดง: ถั่วดำ: ถั่วเขียว จำนวน 5 อัตราส่วน คือ ไส้สูตร 1 (94:25:6.5) ไส้สูตร 2 (87.5:31.5:6.5) ไส้สูตร 3 (81:31.5:12.5) ไส้สูตร 4 (87.5:28.5:9.5) และ ไส้สูตร 5 (87.5:25:12.5) และกำหนดให้ทุกสูตรมีส่วนผสมของนมสด 75 กรัม และน้ำตาลทราย 75 กรัม จากนั้นนำไส้ธัญพืชทั้ง 5 สูตร ไปผลิตตามกรรมวิธีโดยต้มธัญพืชทั้งหมดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นนำมาปั่นผสมด้วยนมสดจนละเอียด นำไปกวนในกระทะทองอุณหภูมิประมาณ 80±2 องศาเซลเซียส เติมน้ำตาลทราย กวนต่อเป็นเวลา 30 นาที พักให้เย็น นำไส้ธัญพืชน้ำหนัก 5 กรัม เติมลงไประหว่างฝามาการองและประกบกัน เก็บในกล่องพลาสติกปิดสนิท นำไปทดสอบคุณภาพด้านกายภาพ โดยวัดค่าสี L*, a* และ b* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Hunter Lab รุ่น Colorflex วิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture Analyzer รุ่น TA-XTplus รายงานเป็นค่าแรงตัด (shear force) ในหน่วยกรัม (g) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % นำมาการองไส้ธัญพืชทั้งหมดไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ ระดับความเชื่อมั่น 95 % คัดเลือกมาการองไส้ธัญพืชสูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีที่สุด ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้นด้วยวิธี hot air oven ปริมาณไขมันด้วยวิธี Soxhlet ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl method ปริมาณใยอาหาร (crude fiber) ปริมาณเถ้า (crude ash) และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี by difference ตามวิธี AOAC (2000) และคำนวณต้นทุนการผลิต

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Table 2) พบว่า เมื่อใช้ถั่วดาวอินคาทดแทนถั่วอัลมอนด์ในการทำฝามาการองในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เป็นผลให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญในทุกคุณลักษณะ ($p \le 0.05$) เนื่องจาก ถั่วดาวอินคามีน้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นจำเพาะอยู่ในปริมาณสูง เมื่อได้รับความร้อนจากการอบเป็นผลให้น้ำมันหอมระเหยมีการกระจายตัวออกมาจากเนื้อของถั่วอินคา ส่งผลให้ตัวฝามาการองมีกลิ่นเหม็นเขียว หรือกลิ่นรสคล้ายถั่วเขียว (ภารวี และคณะ, 2558) ซึ่งเป็นลักษณะกลิ่นที่ผู้ทดสอบชิมที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันกับงานวิจัยของ อธิป และ นภัทร (2561) พบว่า การใช้ถั่วลิสงทดแทนถั่วอัลมอนด์ในผลิตภัณฑ์มาการองทำให้มีกลิ่นรสจำเพาะจากถั่วลิสงในปริมาณมาก ทำให้ผู้บริโภคแยกความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์มาการองที่ใช้ถั่วดาวอินคาทดแทนถั่วอัลมอนด์ในปริมาณอัตราส่วนร้อยละ 40:60 มีคะแนนเฉลี่ยความชอบไม่ต่างจากสูตรควบคุม ($p>0.05$) จึงคัดเลือกฝามาการองสูตรดังกล่าวไปพัฒนาต่อโดยการเติมไส้จากธัญพืช 3 ชนิด คือ ถั่วแดง ถั่วดำและถั่วเขียว (Table 3) พบว่า การใช้ถั่วทั้ง 3 ชนิด ในการทำไส้มาการองในอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปเมื่อปริมาณถั่วแดงลดลง และอัตราส่วนของถั่วดำและถั่วเขียวมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากถั่วเขียวมีกลิ่นเฉพาะลักษณะคล้ายกลิ่นเหม็นเขียว ส่งผลให้มีแนวโน้มการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสลดลง โดยสูตรที่ 1 (70:22.5:7.5) ซึ่งมีอัตราส่วนของ ถั่วแดงร้อยละ 70 ถั่วดำร้อยละ 22.5 และถั่วเขียวร้อยละ 7.5 มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุดในทุกคุณลักษณะ เมื่อนำมาการองไส้ธัญพืชทั้ง 5 สูตรไปทดสอบคุณภาพในด้านเนื้อสัมผัสและค่าสี (Table 4) พบว่า ค่าแรงตัด (shear force) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \le 0.05$) เมื่อสัดส่วนของปริมาณถั่วแดงลดลงและสัดส่วนของปริมาณถั่วดำและถั่วเขียวเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณอะไมโลสและโปรตีนที่พบในถั่วแต่ละชนิดมีปริมาณที่แตกต่างกัน

อีกทั้งพืชวงศ์ถั่วมีความสามารถในการดูดซับความชื้นสูง (Wani และคณะ, 2013) จึงอาจทำให้มาการองที่มีไส้ธัญพืชบรรจุอยู่มีปริมาณความชื้นซึมผ่านไปในส่วนตัวฝาด้วย โดยมาการองมีค่าแรงตัด (Shear force) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 1143 ถึง 2071 กรัม สำหรับค่าสีของผลิตภัณฑ์มาการองไส้ธัญพืชทุกสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 72.81 ถึง 81.66 ค่าสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 2.86 ถึง 5.43 และค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 18.69 ถึง 24.60 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Young (2017) พบว่า การใช้ผงแก่นตะวันในการผลิตมาการองมีผลต่อค่าสีและค่าเนื้อสัมผัสโดยมีค่าแตกต่างกัน จากผลการทดลองผลิตภัณฑ์มาการองสูตรที่ 1 (75:20:5) มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด ($p \leq 0.05$) จึงคัดเลือกไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Table 1) พบว่า มาการองสูตรที่ได้รับการพัฒนาแล้ว มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก 54.51 ตามด้วยปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ และปริมาณเถ้าตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าว มักพบจากน้ำตาลและปริมาณแป้ง (Starch) ส่วนไขมัน โปรตีน ใยอาหาร มักพบในพืชวงศ์ถั่ว (อธิปและนภัทร, 2561) ทั้งนี้ต้นทุนการผลิตมาการองที่ใช้ถั่วดาวอินคามีต้นทุนอยู่ที่ 65.91 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับ มาการองสูตรปกติจะมีต้นทุนอยู่ที่ 72.71 บาท (Table 5) ทำให้มีร้อยละต้นทุนการผลิตที่ลดลงอยู่ที่ประมาณร้อยละ 9.35 ข้อเสนอแนะของการวิจัยควรมีการศึกษาปริมาณกรดไขมันชนิดต่าง ๆ เพิ่มเติมและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

สรุปผล

ถั่วดาวอินคาสามารถทดแทนถั่วอัลมอนด์ในฝามาการอง (Macaroon shell) ได้ที่ระดับร้อยละ 40 เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ และการนำพืชวงศ์ถั่วที่เป็นที่นิยมคือ ถั่วแดง ถั่วดำ และถั่วเขียว มาใช้ในกรรมวิธีการทำไส้มาการองซึ่งแตกต่างไปจากรูปแบบเดิมที่ปกติมักเป็นไส้ประเภทกานาซ ทำให้เพิ่มทางเลือกของอาหารว่างเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ตลอดจนมีสัดส่วนต้นทุนในการผลิตที่ลดลงตามไปด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัย ตลอดจน คณาจารย์และนักศึกษาในการเป็นผู้ทดสอบชิม ขอบคุณนางสาวอัญชิสา เกศรัต นางสาวเนตรชนก นวลมุสิก และนางสาวฐาปณี วรรณโชติ ผู้ช่วยนักวิจัย ที่ทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์ และ จักราวุธ ภูเสม, 2556 การเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์มาการองด้วยรำข้าวสังข์หยด, รายงานการวิจัย, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ, หน้า 47-49.

ภารวี กุศลินกุล มยุรี เหลืองวิลัย เพชรนัน ตระกูลพานิช ฉัตรภา หัตถโกศล และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล, 2558, การพัฒนาขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคาว, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร(พิเศษ), 46(3): 345-348.

อธิป บุญศิริวิทย์ และ นภัทร ศรีวะรมย์, 2561, การผลิตขนมอบจากไข่ขาวประเภทมาการอง โดยการใช้ถั่วลิสงผงและเม็ดมะม่วงหิมพานต์ผงทดแทนอัลมอนด์ผง, วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี, 12(2):182-192.

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

Gutierrez, L.F., Rosada L.M., and Jimeneza A., 2011, Chemical Composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Seeds and Characteristics of Their Lipid Fraction, Grasas y Aceites, 62(1): 76-83.

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.

Young, S.C., 2017, The Quality Characteristics of Macaroon added with *Helianthus tuberosus* L. Powder, Culinary Science & Hospitality Research, 23(1): 28-36.

Table 1 Chemical compositions of the developed macaroon with legumes (% dry weight, mean + SD).

Moisture (%)	Carbohydrate (%)	Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)	Crude Fiber (%)	Energy (Kcal)
21.46	54.51	8.48	9.34	1.07	5.14	354.99

Table 2 Sensory attribute scores of the macaroon shells containing different ratio of the Sacha inchi: Almond.

Sacha inchi: Almond	Attributes				
	Color	Flavour	Taste	Texture	Overall liking
0 : 100	7.58^{ab} ± 0.06	7.40^{b} ±0.01	7.85^{a} ±0.80	8.03^{a} ±0.89	7.95^{a} ±0.67
40 : 60	7.59^{a} ± 0.81	8.03^{a} ±0.86	8.25^{a} ±0.78	8.35^{a} ±0.77	8.30^{a} ±0.69
60 : 40	7.40^{b} ± 0.13	7.23^{b} ±0.14	6.73^{b} ±0.30	6.88^{b} ±0.26	7.13^{b} ±0.54
80 : 20	7.53^{ab} ± 0.06	7.10^{b} ±0.99	6.80^{b} ±0.88	6.70^{b} ±0.36	6.98^{c} ±0.97

^{a,b,c}Mean follows by a difference letter within the same column are significantly different (p≤0.05)

Table 3 Sensory attribute scores of the macaroon with different ratio of the 3 types of legumes filling (red bean: black bean: mung bean).

Attributes	The macaroon shells with different ratio of the legumes filling (red bean: black bean: mung bean)				
	Formula 1 (75:20:5)	Formula 2 (70:20:10)	Formula 3 (70:25:5)	Formula 4 (65:25:10)	Formula 5 (70:22.5:7.5)
Color	8.70^{a} ±0.46	8.15^{b} ±0.58	7.20^{d} ±0.52	7.60^{c} ±0.67	7.75^{c} ±0.54
Flavour	8.60^{a} ±0.67	8.30^{b} ±0.46	7.00^{d} ±0.71	7.65^{c} ±0.66	7.55^{c} ±0.81
Taste	8.30^{a} ±0.56	8.15^{a} ±0.58	7.00^{c} ±0.62	7.65^{b} ±0.66	7.50^{b} ±0.82
Texture	8.40^{a} ±0.59	8.40^{a} ±0.59	6.95^{c} ±0.75	7.40^{b} ±0.67	7.55^{b} ±0.50
Overall Liking	8.60^{a} ±0.50	7.95^{b} ±0.50	6.60^{d} ±0.81	7.65^{b} ±0.66	7.25^{c} ±0.90

^{a,b,c,d}Mean follows by a difference letter within the same row are significantly different (p≤0.05)

Table 4 The color values (L a*, b*) and shear force of the macaroon with different ratio of 3 types of the legumes filling (red bean: black bean: mung bean).

Physical Activity	The macaroon shells with different ratio of the legumes filling (red bean: black bean: mung bean)				
	Formula 1 (75:20:5)	Formula 2 (70:20:10)	Formula 3 (70:25:5)	Formula 4 (70:22.5:7.5)	Formula 5 (65:25:10)
Shear force (g)	1143^{d} ±61.34	1224^{d} ±73.02	1455^{b} ±43.35	1848^{b} ±44.17	2071^{a} ±77.47
L* (Lightness)	72.81^{b} ±0.72	81.18^{a} ±0.74	81.66^{a} ±0.52	80.74^{a} ±0.68	80.75^{a} ±0.63
a* (Redness)	5.43^{a} ±0.99	3.31^{bc} ±0.02	3.56^{bc} ±0.52	3.81^{b} ±0.13	2.86^{c} ±0.08
b* (Yellowness)	24.60^{a} ±0.44	18.69^{d} ±0.36	19.41^{d} ±0.12	20.55^{c} ±0.25	21.48^{b} ±0.74

^{a,b,c,d}Mean follows by a difference letter within the same row are significantly different (p≤0.05)

Table 5 Comparison of the production cost of macaroon with 100% almond (Formula 1) and macaroon with almond and sacha inchi with ratio of 60:40 % by weight (Formula 2).

<table>
<tr><td>Ingredients</td><td>Calculation cost
Price per unit/Amount per unit</td><td>Formula 1</td><td>Formula 2</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2">Cost (bath)/Actual Usage (g)</td></tr>
<tr><td>Almond</td><td>(520/1000)</td><td>52/100</td><td>31.2/60</td></tr>
<tr><td>Sacha inchi</td><td>(350/1000)</td><td></td><td>14/40</td></tr>
<tr><td>Icing Sugar</td><td>(36/1000)</td><td colspan="2">3.6/100</td></tr>
<tr><td>Sugar</td><td>(25/1000)</td><td colspan="2">4.4/175</td></tr>
<tr><td>White egg</td><td>(90/1000)</td><td colspan="2">5.6/75</td></tr>
<tr><td>Salts</td><td>(5/220)</td><td colspan="2">0.03/1</td></tr>
<tr><td>Red bean</td><td>(42/500)</td><td colspan="2">3.7/43.75</td></tr>
<tr><td>Black bean</td><td>(34/500)</td><td colspan="2">0.85/12.5</td></tr>
<tr><td>Mung bean</td><td>(32/500)</td><td colspan="2">0.4/6.25</td></tr>
<tr><td>Evaporates milk</td><td>(32/500)</td><td colspan="2">2.13/37.5</td></tr>
<tr><td>Total Cost Ingredients</td><td></td><td>72.71</td><td>65.91</td></tr>
</table>

ผลของเส้นใยใบสับปะรดต่อคุณลักษณะทางกายภาพของโฟมแป้งมันสำปะหลัง
Effect of pineapple leaf fiber on physical characteristics of cassava starch foam

เจนจิรา วงศ์ละม่อม[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ทัศวัลย์ คัมภีระพันธุ์[2]
Wonglamom, J.[1], Kerdchoechuen, O.[2] and Kumpeerapun, T.[3]

Abstract

This study aimed to improve quality of cassava starch foam. The cassava starch at 40, 60 and 80% (w/v) were used to produce starch foam by using hot baking mold controlling temperature at 200°C for 4 min. After that, the cassava starch foams were characterized according to their physical properties. Based on the results, foams produced from 60 and 80% cassava starch had greater compressive strength and water resistance properties (water absorption index (WAI)) than 40% cassava starch. Therefore, foam produced with 60% cassava starch was developed by adding pineapple leaf fibers at 1.0, 1.5 and 2.0% (w/w). Results showed that the addition of pineapple leaf fibers could improve foam compressive strength, and their water solubility index (WSI) and water absorption index (WAI) were decreased with increasing pineapple leaf fibers.

Keywords: Starch foam, Cassava starch, Pineapple leaf fiber

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของโฟมแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้แป้งมันสำปะหลัง 40, 60 และ 80% (w/v) ขึ้นรูปโฟมแป้งด้วยเครื่อง hot baking mold ที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 4 นาที จากนั้นนำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่าโฟมแป้งที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 60 และ 80 มีคุณสมบัติในการต้านทานแรงกดและการต้านทานน้ำ (การละลายน้ำ (WAI)) ที่ดีกว่าโฟมแป้งที่ปริมาณแป้ง เท่ากับ ร้อยละ 40 ดังนั้นจึงนำโฟมแป้งที่ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 60 มาพัฒนาต่อโดยการเติมเส้นใยใบสับปะรด ที่ ร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 (w/w) พบว่าการเติมเส้นใยใบสับปะรดทำให้โฟมแป้งมันสำปะหลังมีความต้านทานแรงกดมากกว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่ไม่เติมเส้นใย รวมทั้งค่าการละลายน้ำ (WSI) และการดูดซับน้ำ (WAI) ลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยใบสับปะรดเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: โฟมแป้ง, แป้งมันสำปะหลัง, เส้นใยใบสัปปะรด

คำนำ

ปัจจุบัน โฟมเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดหนึ่ง ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ส่งผลให้เกิดขยะจากโฟมเป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากโฟมเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติหรือใช้ระยะเวลานานเป็นร้อยปี (Trongchuen และคณะ, 2017) ดังนั้นจึงต้องกำจัดด้วยการเผาไหม้ แต่การเผาไหม้ของโฟม ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารพอลิสไตรีนในอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Cabanillas และคณะ, 2019) และสุขภาพของมนุษย์ จึงมีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อนำมาใช้ทดแทนโฟม แต่บรรจุภัณฑ์โฟมจากแป้งมันสำปะหลัง ยังมีข้อจำกัด คือคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและการต้านทานน้ำต่ำ (Carr และคณะ, 2006) ไม่สามารถนำมาเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหรือความชื้นสูงได้ จึงจำเป็นต้องพัฒนาโฟมแป้งมันสำปะหลังให้ทนทานน้ำและมีคุณสมบัติคล้ายโฟมสังเคราะห์มากยิ่งขึ้น การเติมเส้นใยจากพืชหรือวัสดุอื่นที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ เป็นแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงคุณสมบัติของโฟมแป้งมันสำปะหลัง เช่น การศึกษาการเติมเส้นใยคราฟท์โดย Kaisangsri และคณะ (2014) พบว่าคุณสมบัติความต้านทานแรงดัดโค้ง (flexural strength) และความต้านทานแรงกด (compressive strength) ของโฟมแป้งเพิ่มขึ้น และการดูดซึมน้ำลดลง นอกจากนี้ Trongchuen และคณะ (2017) ได้ศึกษาการเติมกากกาแฟลงในโฟมแฟ้ง พบว่าความต้านทานแรงดัดโค้ง (flexural strength) เพิ่มขึ้นและการดูดซึมน้ำลดลง ดังนั้นงานวิจัยนี้

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8 Tientalya Rd., Thakam, Bangkhuntien Bangkok 10150
[2] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
Department of Physics, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Toongkru, Bangkok 10140

จึงมุ่งเน้นการพัฒนาโฟมแป้งมันสำปะหลังโดยการใช้เส้นใยจากใบสับปะรด เพื่อเป็นการเพิ่มคุณสมบัติความต้านทานแรงกดและการดูดซึมน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งจะนำมาใช้ทดแทนโฟมจากวัสดุสังเคราะห์

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การคัดเลือกปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปโฟมแป้ง การเตรียมสารละลายเจลแป้ง โดยนำแป้งมันสำปะหลัง 40, 60 และ 80 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และให้ความร้อนจนแป้งเกิดเป็นเจล มีลักษณะเหนียวข้น จากนั้นนำไปขึ้นรูปโดยใช้เครื่อง hot baking mold รุ่น ZU-1 ที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 4 นาที วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของโฟมแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่

1.ความชื้น (moisture) (ASTM, 2010) โดยนำตัวอย่างโฟม 1 กรัม ไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เพื่อไล่น้ำออกจากโฟม แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยวัดโฟมตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ที่ตำแหน่งต่างๆ กัน นำมาหาค่าเฉลี่ยของโฟม

2. ความต้านทานแรงกด (compression test) (ASTM, 1989) ตัดตัวอย่างโฟมขนาด 5 cm x 5 cm นำไปทดสอบด้วยเครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ LLOYD Instruments รุ่น TA plus โดยวางตัวอย่างโฟมไว้ที่จุดกึ่งกลางของฐานรอง หลังจากนั้นวิเคราะห์โดยการให้หัวกดเคลื่อนที่ลงทะลุแผ่นโฟม บันทึกแรงที่มากที่สุดที่ทำให้แผ่นโฟมทะลุ ซึ่งแรงต้านทานการกดคำนวณได้ตามสูตร ดังนี้ แรงต้านทานการกด = (แรงกดสูงสุด/พื้นที่หน้าตัดที่น้อยที่สุด ณ จุดเริ่มต้นของชิ้นงาน)

3. การดูซึมน้ำ (water absorption index) และการละลายน้ำ (water soluble index) (AACC, 1983) นำโฟมแป้งมาบดให้ละเอียด ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร จากนั้นนำหลอดทดลองเขย่าใน water bath ที่อุณหภูมิ 30°C นาน 30 นาที จากนั้นนำไป centrifuge ด้วยความเร็ว 5000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที แยกเอาส่วนใสออกไปทำให้แห้ง โดยนำไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 100°C นาน 24 ชั่วโมง นำไปชั่งน้ำหนัก (weight of tube solids) ส่วนแป้งที่เหลืออยู่นำไปชั่งน้ำหนัก (weight of tube sedi) แล้วคำนวณตามสูตร ดังนี้ การดูดซึมน้ำ (water absorption index: WAI) = [(weight of tube sedi – weight tube)/weight of sample] การละลายน้ำ (water solubility index: WSI) = [((weight of tube solid – weight tube) x 100)/weight of sample]

สำหรับการศึกษาการเติมเส้นใยใบสับปะรดต่อคุณสมบัติของโฟมแป้งมันสำปะหลัง การเตรียมเจลแป้งมันสำปะหลัง โดยนำแป้งมันสำปะหลัง 60 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และผสมเส้นใยใบสับปะรด 1.0, 1.5 และ 2.0% ตามลำดับ ให้ความร้อนจนแป้งเกิดเป็นเจล จากนั้นนำไปขึ้นรูปโฟมแป้งโดยใช้เครื่อง hot baking mold รุ่น ZU-1 ที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 4 นาที แล้วนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ (1.) ความชื้น (moisture) (2.) ความต้านทานแรงกด (compression test) (3.) การดูซึมน้ำ (water absorption index) และการละลายน้ำ (water soluble index)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปโฟมแป้ง โดยใช้แป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 40, 60 และ 80 พบว่า โฟมแป้งที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มมากขึ้น มีความต้านทานแรงกด (compressive strength) ของโฟมแป้งเพิ่มขึ้น (Table 1) โดยโฟมแป้งที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 80 มีความต้านทานแรงกดสูงสุดที่ 4.90 N/cm^3 รองลงมาคือโฟมแป้งที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 60 และ 40 ซึ่งมีค่าความต้านทานแรงกด ที่ 4.13 N/cm^3 และ 1.88 N/cm^3 ตามลำดับ เนื่องจากขนาดพื้นที่ที่เท่ากัน โฟมแป้งที่ใช้อัตราส่วนแป้งมากกว่า จะมีจำนวนโมเลกุลของแป้งมากกว่า จึงรับแรงกดได้ดี ความต้านทานการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำ เป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งบอกถึงลักษณะการเสียรูปของโฟมแป้ง ซึ่งจากการทดสอบพบว่าค่าดัชนีการดูดซึมน้ำ (WAI) ของโฟมแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 60 และ 80 มีค่าเท่ากับ 17.50% และ 18.62% ซึ่งต่ำกว่าโฟมแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 40 ที่มีค่าเท่ากับ 19.10% ส่วนค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) มีค่าใกล้เคียงกัน จากข้อมูลพบว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณแป้งร้อยละ 40 มีค่าแรงต้านทานการกดที่ต่ำ ทำให้โฟมแป้งที่ได้เปราะและแตกหักง่าย จึงไม่เหมาะที่จะนำมาขึ้นรูปเป็นโฟมแป้งที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร ส่วนโฟมแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณแป้ง ร้อยละ 60 และ 80 มีค่าแรงต้านทานการกดสูง ทำให้ได้โฟมแป้งที่ไม่แตกหักง่าย นอกจากนี้ค่าความชื้นของโฟมแป้งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณโมเลกุลน้ำที่อยู่ในโครงสร้างของโฟมแป้ง ถ้าโฟมแป้งมีความชื้นสูงก็จะทำให้โฟมแป้งมีความยืดหยุ่น สามารถโค้งงอได้ จากผลการทดลองพบว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณแป้ง ร้อยละ 60 มีความชื้นสูงกว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณแป้ง ร้อยละ 80 และยังมีความสามารถในการดูดซึมน้ำต่ำกว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณแป้ง ร้อยละ 80 ดังนั้นจึงได้นำโฟมแป้งที่ใช้ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ ร้อยละ 60 มาพัฒนาต่อ โดยการเติมเส้นใยใบสับปะรด ที่อัตราส่วนต่างๆ

การทดสอบโฟมแป้งมันสำปะหลังผสมเส้นใยใบสับปะรดที่ร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนัก พบว่าค่าความต้านทานแรงกดอยู่ในช่วง 6.09-6.14 N/cm^3 สูงกว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่ไม่เติมเส้นใยใบสับปะรด (4.13 N/cm^3) (Table 2) เนื่องจากมีแรงกระทำที่ดีระหว่างเส้นใยเซลลูโลสและแป้งเมตริกซ์ เส้นใยใบสับปะรดทำหน้าที่ช่วยในการรับแรงภายในเนื้อวัสดุ ทำให้ค่าแรงต้านทานการกดมีค่าสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaisangsri และคณะ (2014) ที่ได้ศึกษาการเติมเส้นใยคราฟท์ลงในโฟมแป้งมันสำปะหลัง พบว่าการเติมเส้นใยดังกล่าวช่วยเพิ่มความแข็งแรงของโฟมแป้ง อีกทั้งงานวิจัยของ Cabanillas และคณะ (2019) ได้ศึกษาการเติมเส้นใยเปลือกสับปะรด (Pineapple shell fiber) ลงในโฟมแป้งมันสำปะหลัง พบว่าทำให้แรงต้านทานการดึง (tensile strength) ของโฟมแป้งดีขึ้น ความต้านทานการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำ พบว่าการผสมเส้นใยใบสับปะรดทำให้โฟมแป้งมันสำปะหลังมีความต้านทานการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนจากค่าดัชนีการดูดซึมน้ำ (WAI) ที่มีค่าลดลง โดยค่าดัชนีการดูดซึมน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลังที่ผสมเส้นใยใบสับปะรด มีค่าอยู่ในช่วง 16.73-17.14% ซึ่งต่ำกว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่ไม่เติมเส้นใยใบสับปะรด (17.52%) ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยใบสับปะรดเป็นเซลล์ลูโลสที่ละลายน้ำได้ยาก และเกิดโครงข่ายสามมิติระหว่างอะไมโลสของแป้งกับเส้นใย (Ferreira และคณะ, 2019)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าโฟมแป้งที่ปริมาณแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 60 และ 80 มีคุณสมบัติในการต้านทานแรงกดและการต้านทานน้ำ (การละลายน้ำ (WAI)) ที่ดีกว่าโฟมแป้งที่ปริมาณแป้งร้อยละ 40 และโฟมแป้งที่ผสมเส้นใยใบสับปะรด ให้ค่าความต้านทานแรงกดได้สูงกว่าโฟมแป้งที่ไม่เติมเส้นใยใบสับปะรด และช่วยให้ค่าดัชนีการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำลดลงอีกด้วย โดยโฟมแป้งมันสำปะหลังที่เติมเส้นใยใบสับปะรด 2.0% สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของโฟมแป้งมันสำปะหลังได้ดีที่สุด

Table 1 Effect of cassava starch content on moisture, compressive strength, water absorption index and water solubility index of cassava starch foam.

Cassava starch (%)	Moisture (%)	Compressive strength (N/cm^3)	Water absorption index (%)	Water solubility index (%)
40.0	3.07±1.13	1.88±0.32	19.10±0.17	7.17±1.42
60.0	10.36±1.71	4.13±1.44	17.52±1.03	7.62±0.66
80.0	4.68±1.64	4.90±1.10	18.62±0.67	4.93±1.82

Table 2 Effect of pineapple leaf fibers content on moisture, compressive strength, water absorption index and water solubility index of cassava starch based foam.

Pineapple leaf fibers (%)	Moisture (%)	Compressive strength (N/cm^3)	Water absorption index (%)	Water solubility index (%)
0.0	10.36±1.71	4.13±1.44	17.52±1.03	7.62±0.66
1.0	4.77±1.32	6.14±2.14	17.14±2.19	10.03±5.12
1.5	5.70±1.75	6.10±1.32	16.73±0.80	6.53±0.61
2.0	4.25±0.45	6.09±0.99	17.14±0.20	6.14±0.28

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน

เอกสารอ้างอิง

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

ASTM, 1989, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting (ASTM D882-88), Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA, pp. 182–189.

ASTM, 2010, Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Cellular Plastic, ASTM International. West Conshohocken, PA, US, Method 56-20.

Cabanillas, A., Nun˜ez, J., Cruz-Tirado, J., Vejarano, R., Tapia-Bla´cido, D., Arteaga, H. and Sciche, R., 2019, Pineapple Shell Fiber as Reinforcement in Cassava Starch Foam Trays, Polymers and Polymer Composites, 27(8): 496-506.

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

Ferreira, A.M., Martins, J. Carvalho, L.H. and Magalhães, F.D., 2019, Biosourced Disposable Trays Made of Brewer's Spent Grain and Potato starch, Polymers, 11(6): 1-14.

Kaisangsri, N., Kerdchoechuen, O., Laohakunjit N. and Matta, F.B., 2014, Cassava Starch-Based Biodegradable Foam Composited with Plant Fibers and Proteins, Journal of Composites and Biodegradable Polymers, 2(2): 71-79.

Trongchuen, K., Ketkaew, S., Kamwilaisak, K., Kasemsiri, P. and Saengprachatanarug, K., 2017, Characterization of Cassava Starch Foam Composite Containing Spent Coffee Grounds, KKU Research Journal, 17(1): 81-91.

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันรำข้าว น้ำมันคาโนล่า และน้ำมันเมล็ดชา

The study of physical and chemical properties and oxidative stability of rice bran oil, canola oil and *Camellia oleifera* seed oil

ศุภรดา ไข่แก้ว[1] สุภัทรา ลิลิตชาญ[1] วราภรณ์ เสถียรนพเก้า[1] และ คณิต กฤษณังกูร[2]
Kaikaew, S.[1], Lilitchan, S.[1], Satheannoppakao, W.[1] and Krisnangkura, K.[2]

Abstract

Rice bran oil, canola oil, and *Camellia oleifera* oil are considered as very healthy oil, because of their low saturated fatty acids and high monounsaturated fatty acids. Therefore, this research aimed to study physico-chemical properties, and oxidative stability of all three oils. Results showed that smoke point of three oils was 167.13±3.35°C to 207.00±1.00°C, which rice bran oil had the highest and its cloud point was lowest (2.67±0.58°C). Canola oil had the highest acid value (0.05±0.001 $mgKOHg^{-1}$). Peroxide value of rice bran oil, canola oil, and *Camellia oleifera* seed oil were 1.43±0.12, 1.56±0.11 and 3.66±0.11 meq/kg oil, respectively. Consistent with the oxidative stability index, rice bran oil had a value of 26.15±0.42 hrs. This study revealed that three vegetable oils had different properties which rice bran oil had a high smoke point with low peroxide value and a better oxidative stability index as compared to the other two oils.
Keywords: Rice bran oil, canola oil, camellia oleifera seed oil

บทคัดย่อ

น้ำมันรำข้าว น้ำมันคาโนล่า และน้ำมันเมล็ดชาจัดเป็นน้ำมันที่ดีต่อสุขภาพ เนื่องจากน้ำมันเหล่านี้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดียวสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันพืชทั้งสามชนิด ทางด้านเคมี กายภาพ และความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน จากผลการศึกษาพบว่า น้ำมันทั้งสามชนิดมีจุดเกิดควันอยู่ที่ 167.13±3.35°C ถึง 207.00±1.00°C ซึ่งน้ำมันรำข้าวมีค่าสูงที่สุด ในขณะที่น้ำมันรำข้าวมีจุดขุ่นต่ำที่สุด (2.67±0.58°C) ส่วนค่าความเป็นกรด พบว่าน้ำมันคาโนล่ามีค่าสูงที่สุด (0.05±0.001 $mgKOHg^{-1}$) เมื่อเทียบกับน้ำมันทั้งสองชนิดและค่าเพอร์ออกไซด์ น้ำมันรำข้าว น้ำมันคาโนล่า และน้ำมันเมล็ดชา มีค่า 1.43±0.12, 1.56±0.11 และ 3.66±0.11 meq/ kg oil ตามลำดับ และมีความสอดคล้องกับความคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งน้ำมันรำข้าวมีค่าความคงตัวต่อออกซิเดชันสูงถึง 26.15±0.42 ชั่วโมง จึงเห็นได้ว่าน้ำมันทั้งสามชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน โดยน้ำมันรำข้าวมีจุดเกิดควันสูง มีค่าเพอร์ออกไซด์ต่ำ และมีความคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าน้ำมันคาโนล่า และน้ำมันเมล็ดชา
คำสำคัญ: น้ำมันรำข้าว น้ำมันคาโนล่า น้ำมันเมล็ดชา

คำนำ

ไขมันและน้ำมันเป็นแหล่งของพลังงานและสารอาหารที่สำคัญต่อร่างกาย ซึ่งให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม และน้ำมันบางชนิดยังเป็นแหล่งของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) ซึ่งเป็นกรดไขมันจำที่เป็นต่อร่างกาย (Essential fatty acids) อีกทั้งไขมันและน้ำมันยังช่วยละลายวิตามินบางชนิดเข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ วิตามินเอ ดี อี และเค (Yanga และคณะ, 2018) นอกจากนี้ไขมันและน้ำมันยังมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น และรสชาติของอาหาร และยังมีความสำคัญในกระบวนการแปรรูปอาหารโดยอาศัยน้ำมันหรือไขมันเป็นตัวกลางในการให้ความร้อนขณะทอดที่อุณหภูมิสูง เช่น การทอดอาหารแบบน้ำมันท่วม (Deep frying) (เติมอย่างน้อย 1 เอกสารอ้างอิง) (จริยา และ กามีละห์, 2551, Lim และคณะ, 2017)

[1] ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University
[2] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[2] Department of Biochemical Technology, Faculty of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi

ปัจจุบันน้ำมันพืช เป็นน้ำมันที่นิยมใช้ในการปรุงประกอบอาหาร ซึ่งน้ำมันพืชเป็นแหล่งของไขมันและน้ำมันธรรมชาติที่สำคัญ น้ำมันที่สกัดได้จากพืชส่วนใหญ่สกัดได้จากเมล็ดของพืช มีน้ำมันพืชบางชนิดได้จากผล และมีน้ำมันพืชหลายชนิดเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม ซึ่งน้ำมันพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันตามชนิดและปริมาณของกรดไขมัน เช่น น้ำมันรำข้าว (Rice bran oil) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าว น้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวร้อยละ 15-20 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 80-85 โดยมีกรดโอเลอิกเป็นองค์ประกอบหลักร้อยละ 40-50 รองลงมาเป็นกรดไลโนเลอิกร้อยละ 29-42 (Lichenstein และคณะ, 1994) อีกทั้งในน้ำมันรำข้าวยังมีโอริซานอล (Seetharamaiah และคณะ, 1986) ช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชัน ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีต่อสุขภาพ โดยโอริซานอลพบเฉพาะในน้ำมันรำข้าว (Xu และคณะ, 2001) ส่วนน้ำมันคาโนล่า (Canola oil) เป็นน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดคาโนล่า ซึ่งมีกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 6 และมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะกรดโอเลอิกร้อยละ 60-62 และมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งร้อยละ 30 ซึ่งเป็นกรดไลโนเลนิกร้อยละ 9-10 อีกทั้งมีโทโคฟีรอลซึ่งเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันอีกด้วย (Przybylzki, 2011) และน้ำมันเมล็ดชา (Camellia oleifera seed oil) เป็นน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดของดอกชาคาเมลเลียโอลิเฟรา (*Camellia oleifera* seed) มีกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 10 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่งร้อยละ 67.7-76.7 (Ma และคณะ, 2011) ซึ่งน้ำมันทั้งสามชนิดเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง ซึ่งจัดเป็นน้ำมันที่ดีต่อสุขภาพ มีข้อมูลวิจัยบ่งชี้ว่าคุณสมบัติของกรดไขมันเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการของไขมันและน้ำมัน โดยไขมันและน้ำมันที่มาจากแหล่งอาหารต่างกันก็จะมีองค์ประกอบของกรดไขมันและสารสำคัญที่แตกต่างกัน (Yanga และคณะ, 2018) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีความสนใจศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ได้แก่ น้ำมันรำข้าว น้ำมันคาโนล่า และน้ำมันเมล็ดชา เพื่อใช้เลือกน้ำมันให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารและวิธีการปรุงประกอบอาหาร อีกทั้งใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการดัดแปรน้ำมันโดยวิธีการผสมน้ำมันเพื่อปรับปรุงองค์ประกอบของกรดไขมันให้สอดคล้องกับคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาสมบัติทางกายภาพเพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน

จุดเกิดควัน (Smoke point) โดยให้ความร้อนแก่น้ำมัน สังเกต แล้วบันทึกอุณหภูมิ เมื่อเห็นควันสีฟ้าอ่อน (AOCS, 2012) จุดขุ่นมัว (Cloud point) โดยให้ความเย็นแก่น้ำมัน สังเกต แล้วบันทึกอุณหภูมิ เมื่อน้ำมันเปลี่ยนเป็นแข็งตัวหรือเริ่มเป็นไข (AOCS, 2012)

การศึกษาสมบัติทางเคมีเพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน

ค่าความเป็นกรด (Acid value; AV) นำน้ำมันมาไตเตรทด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์โดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ (AOCS, 2009) ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value; PV) นำน้ำมันมาไตเตรทด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตโดยใช้สารละลายแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ (Abreu และคณะ 2010)

การศึกษาความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน

ความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Rancimat 743 (Metrohm, Switzerland) ใช้ตัวอย่างน้ำมัน 3 g ที่อุณหภูมิ 100°C และอัตราการไหลของอากาศที่ 20 L/h (Savagea และ McNeila, 1997)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA analysis โดยใช้ SPSS version 18 และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ $p < 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำมันรำข้าว น้ำมันคาโนล่าและน้ำมันเมล็ดชา พบว่า น้ำมันรำข้าวมีอุณหภูมิของจุดเกิดควันสูงที่สุด คือ 207.00±1.00°C รองลงมาคือน้ำมันเมล็ดชามีจุดเกิดควันที่อุณหภูมิ 185.70±2.21°C และน้ำมันคาโนล่ามีจุดเกิดควันที่อุณหภูมิต่ำที่สุด คือ 167.13±3.35°C (Table 1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ จุดเกิดควันของน้ำมันแต่ละชนิดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมัน และอุณหภูมิของจุดเกิดควันจะลดลงเมื่อมีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น (Wan, 1991) การเลือกใช้น้ำมันสำหรับการทอดอาหาร ควรเลือกน้ำมันที่มีจุดเกิดควันที่สูง เพื่อทนต่อความร้อนในการปรุงประกอบอาหารที่อุณหภูมิได้สูง และต้องไม่สลายตัวเป็นควันที่อุณหภูมิต่ำ (นิธิยา, 2548) น้ำมันเมล็ดชามีจุดขุ่นมัวที่อุณหภูมิสูงที่สุด คือ 8.00±1.73°C รองลงมาคือน้ำมันคาโนล่ามีจุดขุ่นมัวที่อุณหภูมิ 3.00±0.00°C และน้ำมันรำข้าวมีจุดขุ่นมัวที่

อุณหภูมิต่ำที่สุด คือ 2.67±0.58°C (Table 1) จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่า น้ำมันรำข้าว และน้ำมันคาโนล่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p<0.05

การศึกษาค่าความเป็นกรดของน้ำมันรำข้าว น้ำมันคาโนล่าและน้ำมันเมล็ดชา ค่าความเป็นกรดของน้ำมันจะเป็นตัวบ่งชี้การเกิดกลิ่นหืนของน้ำมัน ค่าของกรดสูงแสดงว่าไตกลีเซอไรด์ถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมาก ทำให้เกิดกลิ่นหืนมาก ซึ่งน้ำมันคาโนล่ามีค่าความเป็นกรดสูงที่สุด คือ 0.0542±0.001 mgKOHg^{-1} รองลงมาเป็นน้ำมันรำข้าวมีค่าความเป็นกรด 0.0273±0.001 mgKOHg^{-1} และน้ำเมล็ดชามีค่าความเป็นกรดต่ำที่สุด คือ 0.0267±0.001 mgKOHg^{-1} (Table 2) จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่า น้ำมันรำข้าว และน้ำมันเมล็ดชาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p<0.05

การศึกษาค่าเพอร์ออกไซด์ ของน้ำมันรำข้าว น้ำมันคาโนล่าและน้ำมันเมล็ดชา ค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันเป็นตัวบ่งชี้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน ซึ่งน้ำมันเมล็ดชามีค่าเพอร์ออกไซด์สูงที่สุด คือ 3.66±1.11 meg/kg oil รองลงมาเป็นน้ำมันคาโนล่ามีค่าเพอร์ออกไซด์ 1.56±0.11 meg/kg oil และน้ำมันรำข้าวมีค่าเพอร์ออกไซด์ต่ำที่สุด คือ 1.43±0.12 meg/kg oil (Table 3) ซึ่งค่าเพอร์ออกไซด์สูงแสดงว่าน้ำมันเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมาก จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่า น้ำมันรำข้าว และน้ำมันคาโนล่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p<0.05

การศึกษาความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันรำข้าว น้ำมันคาโนล่า และน้ำมันเมล็ดชา พบว่าน้ำมันรำข้าวมีค่าความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุด คือ 26.15±0.42 ชั่วโมง รองลงมาคือน้ำมันคาโนล่ามีค่าความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน 16.53±0.38 ชั่วโมง และน้ำมันเมล็ดชามีค่าความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำที่สุด คือ 6.27±0.42 ชั่วโมง (Table 4) เนื่องจากน้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่าน้ำมันคาโนล่า และน้ำมันเมล็ดชา ทำให้มีความคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากกว่า และสอดคล้องกับค่าเพอร์ออกไซด์ จะเห็นได้ว่าน้ำมันรำข้าวมีค่าเพอร์ออกไซด์ต่ำ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันน้อยจึงมีความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันมากที่สุด และเมื่อคำนวณทางสถิติพบว่าน้ำมันทั้งสามชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p<0.05

สรุปผล

น้ำมันรำข้าว น้ำมันคาโนล่า และน้ำมันเมล็ดชา เป็นน้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งน้ำมันรำข้าวมีอุณหภูมิของจุดเกิดควันสูงที่สุด มีความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุด และน้ำมันรำข้าวมีค่าเพอร์ออกไซด์ที่ต่ำกว่า เมื่อเทียบกับน้ำมันคาโนล่า และน้ำมันเมล็ดชา ซึ่งน้ำมันเมล็ดชามีอุณหภูมิของจุดขุ่นมัวสูงที่สุด มีค่าเพอร์ออกไซด์สูงที่สุดและมีความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำที่สุด ส่วนน้ำมันคาโนล่ามีอุณหภูมิของจุดเกิดควันต่ำที่สุด แต่มีค่าความเป็นกรดสูงที่สุด จะเห็นได้ว่าน้ำมันแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับตามคุณสมบัติของน้ำมัน

เอกสารอ้างอิง

จริยา สุขอันทรา และ กามีละห์ หะมะ, 2551 , ผลของน้ำมันที่ใช้ทอดต่อคุณภาพของกล้วยหินฉาบ, วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 3: 11-18.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548, วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน, สำนักพิมพ์โอเดียสโตร์, กรุงเทพฯ.

Abreu, D.A.P., Losada, P.P., Maroto, J., and Cruz, J.M., 2010, Evaluation of the Effectiveness of a New Active Packaging Film Containing Natural Antioxidants (from Barley Husks) that Retard Lipid Damage in Frozen Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.), Food Research International, 43: 1277-1282.

AOCS, 2009, Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Illinois: American Oil Chemists' Society.

AOCS, 2012, Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist Society, 6th ed.

Lichenstein, A.H., Ausman, L.M., Carrasco, W., Gualtieri, L.J., Jenner, J.L., and Ordovas, J.M., 1994, Arteriosclerosis and Thrombosis, Journal of the American Heart Association, 14: 549-556.

Lim, J., Jeong, S.,Oh, I.K. and Lee, S., 2017, Evaluation of Soybean Oil-Carnauba Wax Oleogels as an Alternative to High Saturated Fat Frying Media for Instant Fried Noodles, Journal of Food Science and Technology, 788-794

Ma, J., Ye, H., Rui, Y., Chen, G., and Zhang, N., 2011, Fatty Acid Composition of *Camellia oleifera* Oil, Journal of Consumer Protection and Food Safety, 6: 9-12

Przybylzki, R., 2011, Canola/ Rapseed Oil, In: Gunstone, F.D. Ed. Vegetable Oils in Food Technology, 2nd ed, Oxford: Blackwell Publishing Ltd, p. 106-136.

Savagea, G.P. and McNeila, D.L., 1997, Lipid Composition and Oxidative Stability of Oils in Hazelnuts (*Corylus avellana* L.) Grown in New Zealand, Journal of the American Oil Chemists' Society, 74: 755-759.

Seetharamainah, G.S. and Prabhakar, J.V., 1986, Oryzanol Content of Indian Rice Bran Oil and Its Extraction from Soapstock, Journal of Food Science and Technology, 23: 270-273.

Table 1 Smoke point and cloud point of rice bran oil, canola oil and camellia oleifera seed oil.

Oils	Smoke point (°C)	Cloud point (°C)
Rice bran oil	207.00±1.00[a]	2.67±0.58[b]
Canola oil	167.13±3.35[c]	3.00±0.00[b]
Camellia oleifera seed oil	185.70±2.21[b]	8.00±1.73[a]

Mean ± standard deviation with different superscript in the same column were significantly different ($p<0.05$)

Table 2 Acid value of rice bran oil, canola oil and camellia oleifera seed oil.

Oils	Acid value ($mgKOHg^{-1}$)
Rice bran oil	0.0273±0.001[b]
Canola oil	0.0542±0.001[a]
Camellia oleifera seed oil	0.0267±0.001[b]

Mean ± standard deviation with different superscript in the same column were significantly different ($p<0.05$)

Table 3 Peroxide value of rice bran oil, canola oil and camellia oleifera seed oil

Oils	Peroxide value (meg/kg oil)
Rice bran oil	1.43±0.12[b]
Canola oil	1.56±0.11[b]
Camellia oleifera seed oil	3.66±1.11[a]

Mean ± standard deviation with different superscript in the same column were significantly different ($p<0.05$)

Table 4 Oxidative stability index of rice bran oil, canola oil and camellia oleifera seed oil

Oils	Oxidative stability index (h)
Rice bran oil	26.15±0.42[a]
Canola oil	16.53±0.38[b]
Camellia oleifera seed oil	6.27±0.42[c]

Mean ± standard deviation with different superscript in the same column were significantly different ($p<0.05$)

ผลของ BA และ NAA ต่อการเพิ่มจำนวนยอดกระชายในสภาพปลอดเชื้อ
Effect of BA and NAA on *In Vitro* Shoot Multiplication of *Boesenbergia rotunda* L.

รัตนาพร พระชัย[1] เยาวพา จิระเกียรติกุล[1] และ ภาณุมาศ ฤทธิไชย[1]
Prachai, R.[1], Jirakiattikul, Y.[1] and Rithichai, P.[1]

Abstract

Rhizome of *Boesenbergia rotunda* L. contains many secondary metabolites and has been used for treatment of various diseases. *In vitro* shoot multiplication is necessary to be performed. The objective of this study was to investigate the effect of 6-benzyladenine (BA) and 1-naphthylacetic acid (NAA) on shoot multiplication of *B. rotunda* under aseptic culture. In vitro shoots were cultured on MS (Murashige and Skoog) medium supplemented with 0, 1, 2 and 3 mg/l BA in combination with 0 and 0.5 mg/l NAA for 4 weeks. The highest shoot formation of 93.33±5.77 to 100±0.00% obtained on 2 and 3 mg/l BA with or without 0.5 mg/l NAA. In addition, the highest number of regenerated shoots (2.63±0.38) and shoot length (1.55±0.11 cm) occurred on 2 mg/l BA and 0.5 mg/l NAA. Therefore, MS medium supplemented with 2 mg/l BA and 0.5 mg/l NAA was the suitable medium for shoot multiplication of *B. rotunda*.

Keywords: *Boesenbergia rotunda* L., Shoot multiplication, Plant tissue culture, BA

บทคัดย่อ

เหง้าของกระชาย (*Boesenbergia rotunda* L.) มีสารทุติยภูมิหลายชนิด และมีสรรพคุณในการรักษาโรคต่างๆ จึงจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนยอดกระชายในสภาพปลอดเชื้อ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ 6-benzyladenine (BA) และ 1-naphthylacetic acid (NAA) ต่อการเพิ่มจำนวนยอดของกระชายในสภาพปลอดเชื้อ โดยเพาะเลี้ยงยอดกระชายบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog) ที่เติม BA ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0 และ 0.5 mg/l นาน 4 สัปดาห์ จากการทดลอง พบว่า การเกิดยอดใหม่สูงสุด 93.33±5.77 ถึง 100±0.00 % บนอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 2 และ 3 mg/l ร่วมหรือไม่ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 mg/l และยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม 2 mg/l BA ร่วมกับ 0.5 mg/l NAA มีจำนวนยอดใหม่ที่พัฒนา (2.63±0.38) และมีความยาวยอด (1.55±0.11 cm) สูงสุด จากผลการทดลองอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 mg/l และ NAA ความเข้มข้น 0.5 mg/l เป็นอาหารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนยอดของกระชายในสภาพปลอดเชื้อ

คำสำคัญ: กระชาย การเพิ่มจำนวนยอด การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ BA

คำนำ

กระชาย (*Boesenbergia rotunda* L.) เป็นพืชล้มลุกอายุหลายปีอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae มีสรรพคุณในการลดอาการอักเสบ แก้ท้องอืดเฟ้อ แก้โรคกระเพาะ ช่วยบำรุงกำลัง ต้านเชื้อรา ต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง และต้านโรค HIV-1 เป็นต้น (สุภัคภิรมย์, 2550; Yusuf และคณะ, 2011) สารทุติยภูมิที่พบในกระชายมีหลายกลุ่ม เช่น สารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) สารประกอบฟีนอลิค (phenolic compound) อัลคาลอยด์ (alkaloid) น้ำมันหอมระเหย (essential oil) และชาลโคน (chalcones) (Jitvaropas และคณะ, 2012; Yusuf และคณะ, 2011) จากการที่เหง้ากระชายประกอบด้วยสารทุติยภูมิหลายชนิด และมีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาที่สำคัญ จึงนิยมนำมาผลิตเป็นยารักษาโรค และทำให้เป็นที่ต้องการทางการแพทย์ และเภสัชกรรมเพิ่มขึ้น แต่การปลูกในสภาพธรรมชาติใช้ระยะเวลานาน 8-10 เดือนจึงจะเก็บเกี่ยวได้ อีกทั้งอาจพบการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆที่อยู่ตามสภาพแวดล้อม ทำให้เหง้าที่ผลิตได้อ่อนแอ ไม่มีคุณภาพ มีจำนวนไม่เพียงพอต่อความต้องการ รวมทั้งสารทุติยภูมิที่ผลิตได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ และปริมาณไม่เพียงพอจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง (สุภัคภิรมย์, 2550; Yusuf และคณะ, 2011) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนอกจากจะช่วยเพิ่มจำนวนต้นพืชสมุนไพร และยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตสารทุติยภูมิที่สำคัญจากพืชสมุนไพรได้อีกด้วย โดยจะทำให้สามารถผลิตสารทุติยภูมิได้อย่างต่อเนื่อง สารมีคุณภาพสม่ำเสมอ และใช้

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120
[1] Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathumthani 12120

ระยะเวลาในการผลิตสารสั้นกว่าการปลูกพืชในสภาพธรรมชาติ เนื่องจากสามารถควบคุมคุณภาพของพืชให้คงที่ ไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม และสภาพภูมิประเทศ มีรายงานการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพรหลายชนิดเพื่อผลิตสารทุติยภูมิแล้ว เช่น หัวข้าวเย็นเหนือ (เยาวพา และคณะ., 2561) พรมมิ (เจิมอรุณ และคณะ., 2560) หัวข้าวเย็น (รัชนีวรรณ และคณะ., 2559) และกระเจี๊ยบแดง (ปพิชญา, 2559) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาหาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำและเพิ่มจำนวนยอดเพื่อให้ได้ยอดจำนวนมากนั้นเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชก่อนนำเนื้อเยื่อไปสกัดสารทุติยภูมิ (วราภรณ์, 2551) โดยสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากต่อการเพิ่มจำนวนยอดเมื่อขยายพันธุ์ด้วยวิธีนี้ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่นิยมเติมลงในอาหารเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนยอดนั้นมี 2 กลุ่ม คือ ไซโทไคนิน (cytokinin) และออกซิน (auxin) เมื่อชิ้นส่วนพืชได้รับสาร 2 ชนิดดังกล่าวจะเกิดการแบ่งเซลล์ ขยายขนาด และพัฒนาไปเป็นอวัยวะที่สมบูรณ์ (ศิวพงศ์, 2546) ซึ่งพืชแต่ละชนิดต้องการชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน (รังสฤษดิ์, 2545) มีรายงานการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกระชาย และพืชวงศ์ Zingiberaceae แล้ว พบว่า 6-benzyladenine (BA) และ 1-naphthylacetic acid (NAA) มีผลต่อการเพิ่มจำนวนยอดของพืชวงศ์นี้ (มนฑิณี และคณะ, 2559; Yusuf และคณะ, 2011; David และคณะ, 2016) ถึงแม้ว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อขยายพันธุ์ของกระชายได้มีการศึกษาแล้วโดย Yusuf และคณะ (2011) แต่ต้นแม่ที่เจริญเติบโตในสภาพพื้นที่ และภูมิอากาศที่แตกต่างกันอาจตอบสนองต่ออาหารเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกันได้ (Pierik, 1997) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ BA และ NAA ที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเพิ่มจำนวนยอดของกระชายในสภาพปลอดเชื้อ ซึ่งยอดกระชายที่พัฒนาในสภาพปลอดเชื้อนี้ จะนำไปศึกษาถึงปริมาณสารทุติยภูมิ เปรียบเทียบกับเหง้าที่เจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำยอดกระชายที่พัฒนาจากเหง้าขนาด 2.0-4.0 cm มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างจานและน้ำประปา 2-3 ครั้ง แล้วพ่นชิ้นส่วนยอดด้วยแอลกอฮอล์ 70% ทิ้งไว้ 1 - 2 นาที จากนั้นฟอกกำจัดเชื้อชิ้นส่วนยอดด้วยสารละลายคลอร๊อกซ์ (clorox®, sodium hypochlorite 6%) ความเข้มข้น 20% (v/v) และ 10% (v/v) ที่เติม Tween 20 ประมาณ 1 - 2 หยด แต่ละความเข้มข้นของสารละลายคลอร๊อกซ์ฟอกนาน 10 นาที เมื่อฟอกกำจัดเชื้อครบระยะเวลาที่กำหนด ล้างชิ้นส่วนยอดด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งกำจัดเชื้อแล้ว 2 ครั้ง ตัดเนื้อเยื่อส่วนที่ถูกสารฟอกกำจัดเชื้อทำลายออก และเพาะชิ้นส่วนยอดบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 mg/l เมื่อตาข้างพัฒนาไปเป็นยอด ทำการย้ายเลี้ยง (subculture) ยอดทุกๆ 4 สัปดาห์ลงบนอาหารสูตรเดิม จนกระทั่งมีจำนวนยอดมากเพียงพอที่จะทำการทดลอง นำยอดกระชายที่พัฒนาในสภาพปลอดเชื้อ ขนาด 1 cm มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต นาน 4 สัปดาห์ แล้วจึงย้ายลงอาหารเพาะเลี้ยงที่ต้องการศึกษา คือ อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1 2 และ 3 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0 และ 0.5 mg/l โดยมีอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นสิ่งทดลองควบคุม เพาะเลี้ยงเป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design รวมมีทั้งหมด 7 สูตรอาหาร แต่ละสูตรมี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมี 10 ขวด (1 ขวดมี 1 ยอด) บันทึกการเกิดยอด (%) จำนวนยอด และความยาวยอด (cm) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลอง เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเพาะเลี้ยงยอดกระชายบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ร่วมกับ NAA ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 และ 3 mg/l ร่วมหรือไม่ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 mg/l มีการเกิดยอดใหม่สูงสุด เท่ากับ 93.33±5.77 ถึง 100±0.00 % ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสิ่งทดลองควบคุม (33.33±5.77 %) (Figure 1 A) โดยยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 mg/l มีจำนวนยอดใหม่ที่พัฒนาสูงสุด เท่ากับ 2.63±0.38 ยอด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจำนวนยอดที่พัฒนาบนอาหารสูตรอื่นๆ ที่มีจำนวนยอดเท่ากับ 1.76±0.00 ถึง 1.97±0.06 ยอด โดยยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตมีจำนวนยอดใหม่น้อยที่สุดเท่ากับ 1.00±0.00 ยอด (Figure 1 B) สำหรับความยาวยอด พบว่า ยอดที่พัฒนาบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 mg/l มีความยาวมากที่สุด เท่ากับ 1.55±0.11 cm ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับความยาวของยอดที่พัฒนาบนอาหารอื่นๆ (0.71±0.07 ถึง 1.12±0.34 cm) (Figure 1 C) จากผลการทดลอง พบว่า อาหารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนยอดกระชายในสภาพปลอดเชื้อ คือ อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 mg/l ซึ่งแสดงให้เห็นว่า BA และ NAA มีผลดีต่อการเพิ่มจำนวนยอดของกระชาย เนื่องจาก BA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโทไคนินมีผลโดยตรงต่อการชักนำให้เกิดยอด มี

บทบาทกระตุ้นการแบ่งเซลล์ ส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและตาข้าง รวมถึงเกิดการพัฒนาของตาพิเศษ (adventitious bud) (คำนูณ, 2542) ส่วน NAA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซินมีบทบาทในการควบคุมการแบ่งเซลล์ การยืดตัวและการขยายขนาดของเซลล์ อีกทั้งช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช (ศิวพงศ์, 2546) การชักนำและเพิ่มจำนวนยอดของพืชแต่ละชนิดอาจใช้ไซโทไคนินเพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับออกซิน โดยให้สัดส่วนของไซโทไคนินต่อออกซินสูงจะทำให้ชิ้นส่วนพืชที่เพาะเลี้ยงมีการแบ่งเซลล์ และพัฒนาไปเป็นลำต้น ตา ยอด และใบ ส่งผลให้มีจำนวนยอดและความยาวยอดเพิ่มขึ้นได้ (นพดล, 2537) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการเพาะเลี้ยงยอดกระชาย และพืชในวงศ์ *Zingiberaceae* ที่ได้มีรายงานมาแล้ว โดยพบว่าการใช้ BA ร่วมกับ NAA สามารถชักนำให้เกิดยอดและเพิ่มจำนวนยอดได้ รวมถึงทำให้ยอดมีความยาวเพิ่มขึ้น เช่น David และคณะ (2016) ที่เพาะเลี้ยงยอดขิงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 3 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1 mg/l พบว่ามีการพัฒนาของยอดใหม่ 6.14±0.91 ยอด และมีความยาวยอด 1.69±0.17 cm สูงสุด นอกจากนี้ มนฑิณี และคณะ (2559) พบว่า ยอดกระชายดำที่พัฒนาบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 4 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.3 mg/l มีจำนวนยอดใหม่ที่พัฒนาเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5 ยอด และ Yusuf และคณะ (2011) พบว่า ยอดกระชายที่พัฒนาบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 mg/l มีจำนวนยอดใหม่ที่พัฒนาสูงที่สุด เท่ากับ 4.90±0.10 ยอด

สรุปผล

อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 mg/l เป็นอาหารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนยอดของกระชายในสภาพปลอดเชื้อ โดยเกิดยอดใหม่ 100 % มีจำนวนยอดที่พัฒนา เท่ากับ 2.63±0.38 ยอด และมีความยาวยอด เท่ากับ 1.55±0.11 cm

กิตติกรรมประกาศ

ผู้รับทุนขอขอบคุณทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 (ตามบันทึกข้อตกลงเลขที่ 25/2561)

เอกสารอ้างอิง

คำนูณ กาญจนภูมิ, 2542, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 162 หน้า.

เจิมอรุณ อุทัยแจ่มศรีผล เยาวพา จิระเกียรติกุล ภาณุมาศ ฤทธิไชย และอรุณพร อิฐรัตน์, 2560, ผลของระยะเวลาเพาะเลี้ยงต่อปริมาณสารทุติยภูมิและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของยอดพรมมิในสภาพปลอดเชื้อ, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 25: 443-452.

นพดล จรัสสัมฤทธิ์, 2537, ฮอร์โมนพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช, โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซท, กรุงเทพฯ, 128 หน้า.

ปพิชญา ขวานทอง, 2559, ผลของ Phenylalanine และ Jasmonic acid ต่อปริมาณสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ของแคลลัสกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) ในสภาพปลอดเชื้อ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

มนฑิณี กมลธรรม สะใบทอง ภูมิคอนสาร และสุภาวดี ชนะพาล, 2559, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพรกระชายดำ, วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 3: 74-78.

เยาวพา จิระเกียรติกุล เจิมอรุณ อุทัยแจ่มศรีผล ภาณุมาศ ฤทธิไชย และอรุณพร อิฐรัตน์, 2561, ผลของระยะเวลาเพาะเลี้ยงต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของยอดหัวข้าวเย็นเหนือ (*Smilax corbularia*) ในสภาพปลอดเชื้อ, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 27: 1065-1067.

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, 2545, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช: หลักการและเทคนิค, พิมพ์ครั้งที่ 3, ภาควิชาพืชไร่นา, คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 219 หน้า.

รัชนีวรรณ จิระพงศ์พัฒนา เยาวพา จิระเกียรติกุล ภาณุมาศ ฤทธิไชย ศรีโสภา เรืองหนู และอรุณพร อิฐรัตน์, 2559, ปริมาณสารทุติยภูมิของยอดหัวข้าวเย็น (*Dioscorea birmanica* Prain& Burkill) ในสภาพปลอดเชื้อที่ระยะเวลาเพาะเลี้ยงต่างกัน, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 24: 40-48.

วราภรณ์ ภูตะลุน, 2551, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพร: แนวทางการศึกษาเพื่อผลิตสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา.บริษัทขอนแก่นพิมพ์พัฒนา จำกัด, ขอนแก่น, 120 หน้า.

ศิวพงษ์ จำรัสพันธุ์, 2546, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี, 187 หน้า.

สุภัคภิรมย์ 2550, 97 สมุนไพรใกล้ตัวเสริมสุขภาพและความงาม, สำนักพิมพ์เครือเถา, กรุงเทพฯ, 224 หน้า.

David, D., Ji, T. Y. and Azlan, G. J., 2016, *In Vitro* Propagation of *Zingiber officinale* Rosc. 'Tambunan'. Transactions on Science and Technology, 3: 162 - 167.

Jitvaropas, R., Saenthaweesuka, S., Somparna, N., Thuppiaa, A., Sireeratawonga, S. and Phoolcharoenb, W., 2012, Antioxidant, Antimicrobial and Wound Healing Activities of *Boesenbergia rotunda*, Natural Product Communications, 7: 909 – 912.

Pierik, R. L. M., 1997, *In Vitro* Culture of Higher Plants, Springer, Dordrecht, 348 p.

Yusuf, N. A., Annuar, M. M. S. and Khalid, N., 2011, Rapid Micropropagation of *Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf. Kulturpfl. (a valuable medicinal plant) From Shoot Bud Explants, African Journal of Biotechnology, 10: 1194-1199.

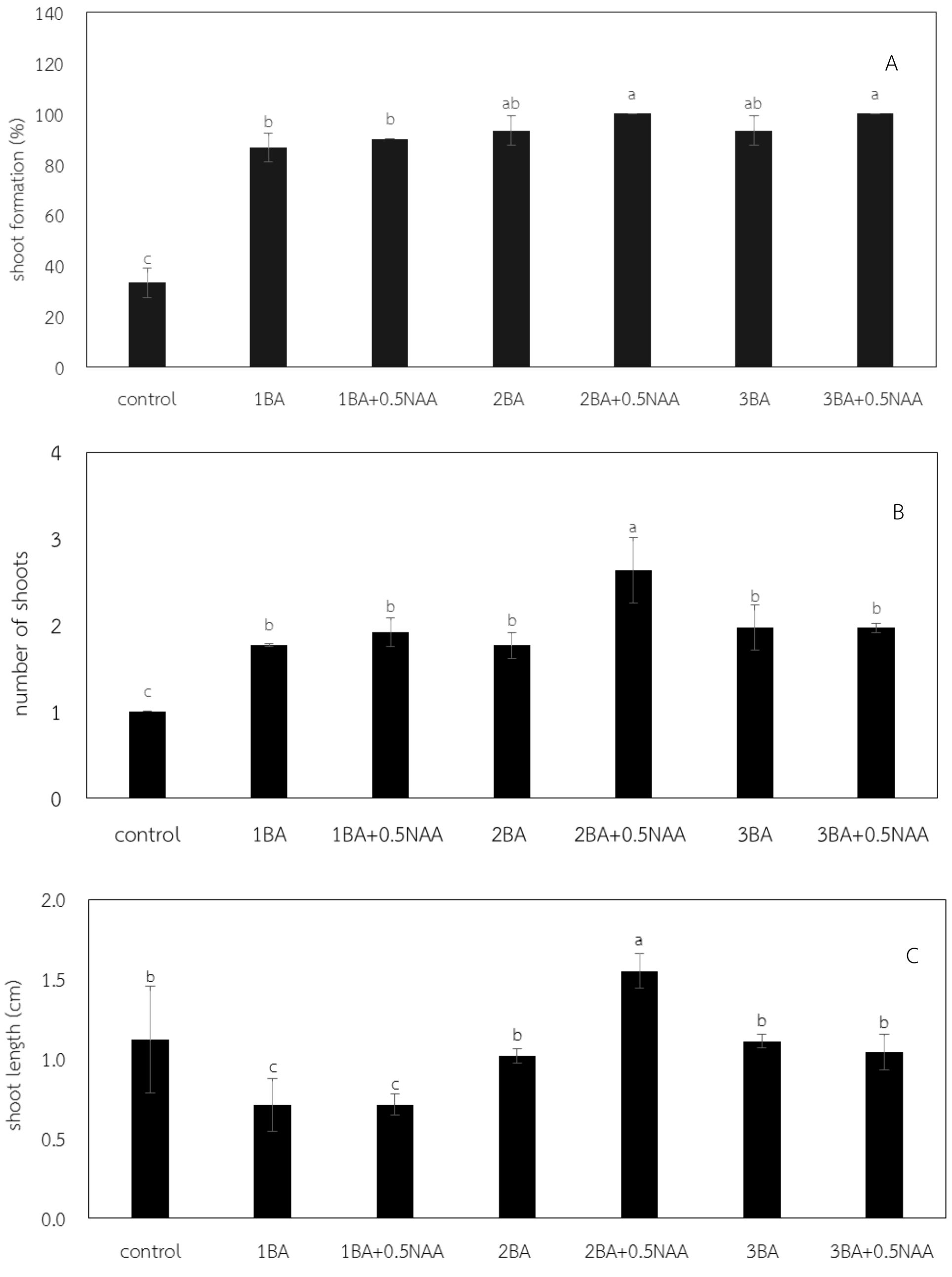


Figure 1 A) Shoot formation (%), B) number of regenerated shoots and C) shoot length (cm) of *B. rotunda* L. after shoots were cultured on MS medium supplemented with BA and NAA at different concentrations for 4 weeks. (Remark: ^{a,b,c} represent significant differences for each treatment at 95% confidence level by DMRT).

การประยุกต์ใช้สารสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวหอมมะลิในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกันแดด
Application of Beta-glucan Extract from Jasmine Defatted Rice Bran for Sunscreen Cosmetic Product

พัตราพร ภูวดลไพศาล[1]
Phuwadolpaisarn, P.[1]

Abstract

The objective of this research was to study application of beta-glucan extracted from Jasmine defatted rice bran for sunscreen cosmetic product. The beta-glucan extract comprises of the fine particle, mixture of light brown and white color. Amount of extract gained is 12.7±0.251 g/100g defatted rice bran and the extract contains 0.12±0.006% by weight of beta-glucan. Three sunscreen formulas, containing 1 mg/ml aseptic extract, are semi-liquid sunscreen formula (A), viscous cream sunscreen formula (B) and foundation cream sunscreen formula (C). Stability testing during 2 months period at difference conditions revealed the sunscreen was drier at 40°C than others because of evaporation. One-hundred consumers satisfaction survey against three formulas shown their preference on A formula because light cream and easy to apply gently. The A formula are SPF 47.96 and PA^{+++}. It had anti-inflammatory capacity in murine macrophages cell line RAW 264.7 is 16.84±0.08 as same as Triamcinolone acetonide at 1 mg/ml.

Keywords: Beta-glucan extract, Defatted rice bran, Sunscreen cosmetic product

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้สารสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวหอมมะลิในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกันแดด สารสกัดเบต้ากลูแคนมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวปนน้ำตาลอ่อน ปริมาณสารสกัดที่ได้ 12.7±0.251 g/100g rice bran มีปริมาณเบต้ากลูแคน 0.12±0.006 % โดยน้ำหนักของสารสกัด เบต้ากลูแคนที่ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ปริมาณ 1 mg/ml นำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กันแดด 3 สูตร คือ ครีมกันแดดสูตรครีมเหลว (A) ครีมกันแดดสูตรเนื้อครีมข้น (B) และครีมกันแดดสูตรครีมผสมรองพื้น (C) เมื่อทดสอบความคงตัวที่สภาวะต่าง ๆ นาน 2 เดือน พบว่าอุณหภูมิ 40°C เนื้อครีมมีลักษณะแห้งมากกว่าสภาวะอื่น ๆ เนื่องจากสูญเสียน้ำ การประเมินผลความพึงพอใจของผู้บริโภคจำนวน 100 คนต่อผลิตภัณฑ์กันแดดทั้ง 3 สูตร พบว่าผู้บริโภคชอบสูตร A มากที่สุด เนื่องจากเนื้อครีมบางเบาและเกลี่ยง่าย สำหรับสูตร A มีค่า SPF เท่ากับ 47.96 และ PA^{+++} มีฤทธิ์ต้านการอักเสบในเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) 16.84±0.08 % ใกล้เคียงกับยาต้านการอักเสบไตรแอมซิโนโลน อะซีโตไนด์ ที่ระดับความเข้มข้น 1 mg/ml

คำสำคัญ: สารสกัดเบต้ากลูแคน กากรำข้าว เครื่องสำอางกันแดด

คำนำ

เบต้ากลูแคนเป็นเส้นใยละลายน้ำที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ พบทุกส่วนของเมล็ดข้าวตั้งแต่แกลบ รำข้าว และเมล็ดข้าว แต่รำข้าวเป็นส่วนที่มีปริมาณเบต้ากลูแคนสูงสุด (พัตราพร จอมเมืองบุตร, 2557) เบต้ากลูแคนที่พบในข้าวมีลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า mixed-linkage (1⟶3),(1⟶4)-ß-D-glucan ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อผิวหนัง นิยมใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว มีสรรพคุณทางเครื่องสำอางมากมาย (Joachim, 2007) เช่น เพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ผิว ลดริ้วรอย ช่วยให้ผิวกระชับและยืดหยุ่น ช่วยลดการอักเสบของผิวหนังที่ถูกทำลายด้วยรังสียูวี มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยเพิ่มภูมิต้านทานให้แก่ผิวหนัง ทำให้ผิวหนังแข็งแรงขึ้น นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เป็นตัวนำพาสารออกฤทธิ์ในเครื่องสำอางให้เข้าสู่ผิวหนังชั้นล่างสุด ส่งผลให้ปริมาณคอลลาเจนเพิ่มขึ้น งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเบต้ากลูแคนสามารถช่วยปกป้องเซลล์ผิวหนังที่ถูกทำลายด้วยรังสียูวี โดยช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของเซลล์ผิวหนังในชั้นเอพิเดอร์มิส และลดปริมาณโพสสตาแกลนดิน ซึ่งเป็นสารตัวกลางที่ถูกสร้างขึ้นเมื่อเกิดการอักเสบของเซลล์

[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

ผิวหนัง (James, 2000) ปัจจุบันเบต้ากลูแคนจากธัญพืชเริ่มนำมาใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางอย่างกว้างขวาง ในต่างประเทศนิยมนำเบต้ากลูแคนจากข้าวโอ๊ตมาช่วยเสริมประสิทธิภาพของครีมกันแดด เนื่องจากสารกันแดดในครีมกันแดดไม่สามารถปกป้องผิวจากรังสียูวีได้หนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ (James, 2000) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์กันแดดที่มีเบต้ากลูแคนเป็นส่วนประกอบ เช่น ครีมกันแดด Watery Sun Cream ยี่ห้อ LANEIGE จากประเทศเกาหลี และ Sunscreen Sensitive Slide 3 in 1 ยี่ห้อ Kiss My Face จากประเทศอเมริกา เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยยังไม่พบครีมกันแดดที่มีส่วนผสมของเบต้ากลูแคน มีเพียงซีรั่มเบต้ากลูแคนจากข้าวโอ๊ต ยี่ห้อ PCARE SKIN CARE ซึ่งเป็นครีมบำรุงผิวที่ช่วยยกกระชับและลดริ้วรอย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสารสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าว มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กันแดดเบต้ากลูแคน รวมทั้งศึกษาการประสิทธิภาพและความคงตัวของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกันแดด เพื่อเป็นแนวทางสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สารสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าว สกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวหอมมะลิที่สภาวะที่เหมาะสม (อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อกากรำข้าวเท่ากับ 200:10 pH 10 บ่มที่อุณหภูมิ 55°C ด้วยความเร็วรอบ 200 rpm เป็นเวลา 3 hr ปั่นเหวี่ยงแยกกากรำข้าว นำสารสกัดเบต้ากลูแคนที่ตกตะกอนด้วยเอทานอลเข้มข้น 99.8% (1:1) ไล่น้ำออกด้วยเครื่องทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง (ดัดแปลงโดย พัตราพร, 2561) วิเคราะห์หาปริมาณเบต้ากลูแคนในสารสกัดด้วยชุดทดสอบ mixed linkage β-glucan (Megazyme, Ireland)

การประยุกต์ใช้สารสกัดเบต้ากลูแคนในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกันแดด เตรียมสารสกัดเบต้ากลูแคนเข้มข้น 1 mg/ml นำไปนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และอบแห้ง 40 นาที จากนั้นนำไปตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ยีสต์ รา ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ.2553 ด้วยวิธีการนับเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และนำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กันแดด 3 สูตร (Table 1) คือ สูตร A สูตร B และสูตร C และนำมาทดสอบความคงตัวที่อุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิห้อง 40°C 4°C และที่สภาวะ heating-cooling cycle (ตั้งที่อุณหภูมิ 40°C นาน 48 hr สลับกับตั้งทิ้งไว้ในที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 48 hr นับเป็น 1 รอบ) สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ได้แก่ สี กลิ่น ลักษณะเนื้อครีม และการแยกชั้น (ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4000 rpm นาน 10 นาที) และค่า pH บันทึกผลที่ระยะเวลา 0 1 และ 2 เดือน

การประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกันแดดผสมสารสกัดเบต้ากลูแคน จากผู้เข้าเยี่ยมชมงานประชุม “มหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ 2562” ในวันที่ 7-10 เมษายน ณ โรงแรมเซ็นทาราแกรนด์และบางกอก คอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ โดยให้ผู้เยี่ยมชมจำนวน 100 ท่าน ก่อนทดลองผลิตภัณฑ์ผู้ทดลองได้ทราบรายละเอียดต่าง ๆ แล้ว และยินยอมทดลองทาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกันแดดทั้ง 3 สูตร บนบริเวณแขน เพื่อทำแบบสอบถามและเลือกสูตรที่ชอบมากที่สุด

การทดสอบประสิทธิภาพในการปกป้องผิวจากแสงแดด หยดตัวอย่างเครื่องสำอางกันแดดลงบนแผ่น PMMA และเกลี่ยบนแผ่น โดยคิดเป็นพื้นที่ตัวอย่าง 1.3 mg/cm^2 เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 min ก่อนนำตัวอย่างมาวัดค่า SPFด้วยเครื่อง SPF Analyzer UV 2000 Blank คือ แผ่น PMMA

การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบในเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) นำละลายตัวอย่างเครื่องสำอางกันแดดสูตรที่ได้คะแนนความชอบสูงสุด มาทดสอบด้วยอาหารเลี้ยงเซลล์ที่ไม่มีสี แล้วนำไปทำให้ไร้เชื้อโดยกรองผ่านเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาด 0.2 ไมครอน เจือจางสารละลายตัวอย่างทดสอบให้มีความเข้มข้นที่ต้องการ นำไปทดสอบยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์จากเซลล์มาโครฟาจที่ถูกเหนี่ยวนำโดย LPS (Torres-Rodriguez, et al. 2016) หาปริมาณไนตริกออกไซด์ด้วยชุดทดสอบGriess reagent kit (Sigma-Aldrich, USA)และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สารสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวหอมมะลิมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวปนน้ำตาลอ่อน ได้ปริมาณสารสกัดทั้งหมด 12.7±0.251 g/100g rice bran ซึ่งมีปริมาณเบต้ากลูแคน 0.12±0.006 % wt เมื่อนำสารละลายสารสกัดเบต้ากลูแคนปริมาณ 1 mg/ml ไปตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรค (รับรองโดยบริษัทปฐวิน จำกัด) พบว่าเชื้อแอโรบิกทั้งหมด และเชื้อผสมระหว่างยีสต์และมอส มีปริมาณน้อยกว่า 10 CFU/g (ไม่แสดงข้อมูล) รวมทั้งไม่พบเชื้อก่อโรคต่าง ๆ ได้แก่ *Staphylococcus P. aeruginosa C. albican* และ *Clostridium* spp. แสดงว่าสารละลายสารสกัดเบต้ากลูแคนปลอดเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อนำมาเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางกันแดด โดยพัฒนาสูตรตำรับเครื่องสำอางกันแดดทั้งหมด 3 สูตร (Table 1) ได้แก่ สูตร A เป็นครีมกันแดดสูตรครีมเหลว สูตร B เป็นครีมกันแดดสูตรเนื้อครีมข้น และสูตร C เป็นครีมกันแดดสูตรครีมผสมรองพื้น ลักษณะทางกายภาพและเนื้อ

สัมผัสของทั้ง 3 ดัง Table 2 และ Figure 1 ปริมาณของสารต่าง ๆ ในสูตรที่มีผลต่อเนื้อครีมกันแดด คือ สารเพิ่มความข้นหนืด ได้แก่ Xanthan gum และ CMC สารกันแดดทางกายภาพ ได้แก่ Titanium Dioxide nanosil และ Micronized Zinc Oxide และสารกันแดดทางเคมี ได้แก่ Octyl Methoxycinamate และ Benzophenone-3 เมื่อนำไปทดสอบความพึงพอใจต่อเครื่องสำอางกันแดดทั้ง 3 สูตร จากผู้เข้าร่วมทดสอบจำนวน 100 คน ส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง อายุ 20-30 ปี พบว่าชื่นชอบสูตร A มากที่สุด (Figure 3) เนื่องจากมีลักษณะบางเบา เกลี่ยง่าย กลมกลืนกับสีผิวได้ดี และมีความมันน้อย

การทดสอบความคงตัวนาน 2 เดือนที่สภาวะต่าง ๆ ดัง Figure 2 และ Table 3 พบว่าสีและการแยกชั้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ค่า pH เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่สำหรับกลิ่นสารในครีมจะค่อยๆ จางหายไป สำหรับเนื้อสัมผัสของครีมที่สภาวะ 40°C และ Cycle 40°C/4°C มีลักษณะแห้งกว่าสภาวะอื่น ๆ เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำ จากนั้นนำสูตร A ไปหาตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรคที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ พบว่าไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ใด ๆ แสดงว่าขั้นตอนการผลิตเครื่องสำอางกันแดดสะอาดและปลอดเชื้อ สูตร A มีประสิทธิภาพในการปกป้องผิวจากแสงแดด คือ มีค่า SPF เท่ากับ 47.96 และ PA+++ การทดสอบต้านการอักเสบในเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) พบว่าสูตร A มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ โดยสามารถยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์จากเซลล์มาโครฟาจที่ถูกเหนี่ยวนำโดย LPS ได้เท่ากับร้อยละ 16.84±0.08 ที่ความเข้มข้น 1 mg/ml ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับยาต้านการอักเสบไตรแอมซิโนโลน อะซีโตไนด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 17.60±1.52 ความสามารถในการต้านการอักเสบน่าจะเกิดจากการทำงานร่วมกันของสารสกัดเบต้ากลูแคนกับ Tocopheryl acetate ซึ่งเป็นส่วนผสมในสูตรสอดคล้องกับงานวิจัยของ James (2000) ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกันแดดที่มีสารสกัดเบต้ากลูแคนเป็นส่วนผสมมีเพียงไม่กี่ชนิด เช่น ยี่ห้อ LANEIGE จากประเทศเกาหลี มีสารสกัดเบต้ากลูแคนจากข้าวโอ๊ตเป็นส่วนผสม แต่ไม่ได้เน้นสรรพคุณเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านการอักเสบ ถึงแม้จะมีสารสกัดเบต้ากลูแคนตัวใหม่ล่าสุดออกมา ซึ่งเป็นสารสกัดจากรำข้าวโอ๊ต ที่ช่วยลดอาการแดงของผิวหนังที่เกิดจากการทำลายโดยรังสียูวี (Biovelop AB. 2018) แต่ยังไม่ได้นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์กันแดด ดังนั้นการนำสารสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าวหอมมะลิไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กันแดด น่าจะสามารถสร้างจุดเด่นและความแตกต่างให้กับผลิตภัณฑ์กันแดดได้

สรุปผล

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสารสกัดเบต้ากลูแคนจากกากรำข้าว มาพัฒนาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกันแดด จากการศึกษาประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ทางเครื่องสำอางและความคงตัวของเครื่องสำอางกันแดดที่ได้ พบว่าสารสกัดเบต้ากลูแคนสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กันแดด เพื่อช่วยเสริมฤทธิ์ต้านการอักเสบให้กับผลิตภัณฑ์กันแดด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาและคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

เอกสารอ้างอิง

พัตราพร จอมเมืองบุตร, 2557, การสำรวจปริมาณเบต้ากลูแคนและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสกับปริมาณเบต้ากลูแคนในข้าวเจ้าและข้าวเหนียวไทยพันธุ์ต่าง ๆ, รายงานการวิจัยประจำปี 2557, สาขาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, กรุงเทพฯ.

พัตราพร ภูวดลไพศาล, 2561, สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเบต้ากลูแคนจากกากราข้าวในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธีทากูชิ, วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 49:617-620.

Biovelop AB, 2018, AVENACARE Active Oat Beta Glucan Ingredient for Skin & Hair Rejuvenation [Online], Available: http://www.avenacare.com [October 14, 2018].

James, A.G., 2000, Methods for Protecting Skin from Damaging Effects of Ultraviolet Light. United Stated Patent, Patent No. US 6,036,946.

Joachim R., 2007, Beta-(1,3)-beta-(1,4)-glucan as Carrier for Chemical Substances. **United Stated Patent.** Patent, No. US 2207/0224148 A1.

Torres-Rodriguez, M.T., Garcia-Chavez, E., Berhow, M. and Gonzalez, de M.E. 2016, Anti-Inflammatory and Anti-Oxidant Effect of *Calea urticifolia* Lyophilized Aqueous Extract on Lipopolysaccharide-Stimulated RAW 264.7 Macrophages, Journal of Ethnopharmacology, 188:266-274.

Table 1 Each Ingredient amount of three sunscreen formulas

Ingredients	Amount (% w/v)		
	A	B	C
DI water	51.0	56.3	47.2
Allantoin	0.3	0.3	0.3
Glycerin	2	2	2
Polysorbate 20	4	5	4
Sodium chloride	0.3	0.3	0.3
Disodium EDTA	0.2	0.2	0.2
Triethanolamine	0.5	0.5	0.5
Xanthan gum	0.3	0.5	-
Carboxy methyl cellulose	-	0.5	-
AP wax 80	5	5	5
Stearic acid	5	5	5
Octyl methoxycinamate	8	7	7
Tocopheryl acetate	0.1	0.1	0.1
Benzophenone-3	5	5	10
PEG-40	3	2	3
Protec™ UV	0.03	0.03	0.03
Titanium dioxide	3	0	3
Micronized zinc oxide	5	0	5
IOR CS (สีแดง)	0	0	0.02
IOY CS (สีเหลือง)	0	0	0.1
Dimethicone	5	4	5
Cyclomethicone	0	4	0
TOTAL	100	100	100

Table 2 Physical properties of three sunscreen formulas

Formulas	Appearance	Color	smell	pH
A	semi-liquid, easy to apply gently	white	Light chemical	6.2
B	viscous cream, hard to apply	white	Light chemical	6.2
C	foundation cream, easy to apply gently	nude	Light chemical	6.2

(a) (b)

Figure 1 Appearance of three sunscreen formulas (a) before spread on skin (b) after spread on skin

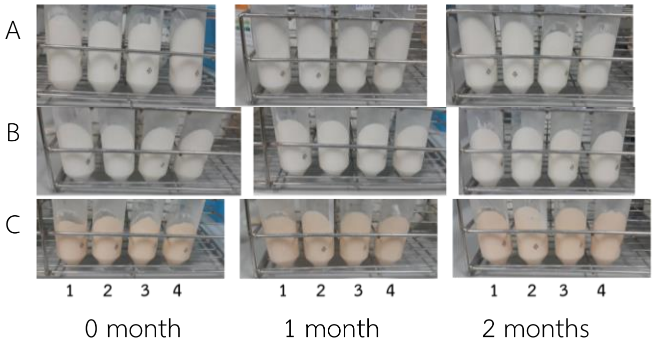


Figure 2 Appearance of three sunscreen formulas incubated at different condition for 2 months. 1, room temperature; 2, 4°C; 3, 40°C; 4. Cycle 40°C/4°C

Table 3 Study on physical properties change of three sunscreen formulas incubated at different conditions for 2 months

Formulas	Physical properties change* at different conditions**															
	Color				Smell				pH				Separation			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A	x	x	x	x	✓	✓	✓	✓	6.4	6.4	6.4	6.4	x	x	x	x
B	x	x	x	x	✓	✓	✓	✓	6.6	6.6	6.2	6.2	x	x	x	x
C	x	x	x	x	✓	✓	✓	✓	6.4	6.4	6.4	6.4	x	x	x	x

*Change compare with Table 2: x, no change; ✓, change

**Four conditions: 1, room temperature; 2, 4°C; 3, 40°C; 4. Cycle 40°C/4°C

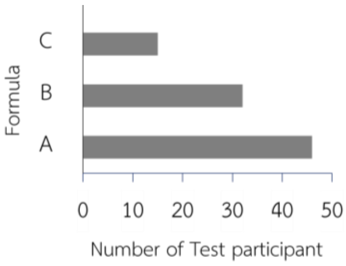


Figure 3 The favorited survey against three sunscreen formulas

การใช้ผงเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเป็นสารทดแทนไขมันในไอศกรีมนมรสช็อกโกแลต
Kao-Numpueng Pomelo (*Citrus grandis* L. Osbeck) Peel Powder Used as a Fat Replacer in Chocolate Milk Ice Cream

ณัฐวดี คงแก้ว[1] วรัญญา แจ้งสว่าง[1] สหรัฐ พัฒนศิริ[1] และ ดวงใจ มาลัย[1]
Kongkaew, N.[1], Jangsawang, W.[1] Pattanasiri, S.[1] and Malai, D.[1]

Abstract

Ice cream, one of the most favorite milk based dessert, is a high-fat food and milk fat containing high cholesterol and saturated fat. Over consumption of fat may contribute to health problems. Therefore, purpose of this study was to replace milk fat in chocolate ice cream by Kao-Numpueng pomelo peel powder (PP). The first step was to analyze physical and chemical properties of PP, then ice cream was produced by varying fat content at 25 and 50% of the control) and PP at 1.0%, 1.5%, and 2.0%. The results showed that if PP increased, % overrun of the ice cream reduced and increased melting rate as compared to the control (without PP), except the ice cream with 50% fat with 2.0%PP had lowest melting rate. However, control had higher liking scores than PP ice cream (P<0.05), which all attribute scores of PP ice creams were not significantly different.

Keywords: Pomelo peel powder, Fat replacer, Ice cream

บทคัดย่อ

ไอศกรีมเป็นหนึ่งในขนมหวานที่มาจากนมที่ได้รับความนิยมสูงสุด ไอศกรีมเป็นอาหารที่มีไขมันสูง และไขมันนมมีคอเลสเตอรอลและไขมันอิ่มตัวสูง การบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงอาจส่งผลต่อปัญหาสุขภาพ จุดมุ่งหมายของการศึกษานี้เพื่อทดแทนไขมันนมด้วยผงเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (PP) ในไอศกรีมช็อกโกแลต ขั้นตอนแรกคือการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผงเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง หลังจากนั้นเป็นการผลิตไอศกรีมสูตรไขมันร้อยละ 25 และ 50 (ของปริมาณไขมันสูตรควบคุม) โดยแปรปริมาณ PP เป็นร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของ PP ทำไอศกรีมมีการขึ้นฟูลดลงและอัตราการละลายเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม (ไม่มี PP) ยกเว้นไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 50 และ PP ร้อยละ 2.0 มีค่าอัตราการละลายต่ำสุด ไอศกรีมสูตรควบคุมได้รับคะแนนความชอบมากกว่าสูตรที่มี PP ในทุกด้าน (p<0.05) แต่ไอศกรีมที่มี PP ทุกสูตรมีคะแนนความชอบทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: ผงเปลือกส้มโอ สารทดแทนไขมัน ไอศกรีม

คำนำ

ไอศกรีมเป็นของหวานที่นิยมบริโภคในประเทศไทย และตลาดไอศกรีมได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่เป็นผลิตภัณฑ์ที่อุดมไปด้วยน้ำตาลและไขมัน โดยมีไขมันมากถึงร้อยละ 10-12 สำหรับไอศกรีมทั่วไป (standard ice cream) (Tekin และคณะ, 2017) และไขมันนมมีคอเลสเตอรอลและไขมันอิ่มตัวปริมาณมาก ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพ แต่การลดไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารมักส่งผลกระทบในทางลบต่อเนื้อสัมผัสของอาหาร วิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้มีไขมันต่ำคือการใช้สารทดแทนไขมัน เนื่องจากสารทดแทนไขมันจะช่วยรักษาเนื้อสัมผัสของอาหาร ให้ความหนืดและความรู้สึกภายในปากคล้ายไขมัน (O'Shea และคณะ, 2012) ผงเปลือกส้มโอเป็นสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต ที่ผลิตจากเปลือกส้มโอซึ่งเป็นของเหลือทิ้ง โดยผงเปลือกส้มโอประกอบไปด้วยใยอาหารทั้งในรูป crude fiber และ total dietary fiber จำนวนมากถึงร้อยละ 81-88.50 และ 76.14-83.16 ตามลำดับ (สุวรรณา และ บุณยกฤต, 2557) และสารพฤกษเคมีที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารกลุ่มโพลีฟีนอล และฟลาโวนอยด์ ที่มีผลดีต่อสุขภาพ และยังช่วยชะลอการเกิดกลิ่นหืนและขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของอาหาร (Sultana และคณะ, 2012) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดแทนไขมันนมด้วยผงเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในไอศกรีมช็อกโกแลต

[1] คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กทม. 10400
[1] Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ravithi Road, Khwaeng Thung Phaya Thai, Khet Ratchathewi, Bangkok, 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งได้รับจากร้านจำหน่ายส้มโอในจังหวัดนครปฐม นำมาเตรียมเป็นผงเปลือกส้มโอ (PP) ตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีของสุวรรณา และ บุณยกฤต, (2557) โดยมีรายละเอียดโดยย่อดังนี้คือ นำเปลือกส้มโอมาล้างให้สะอาด ปอกผิวเปลือกชั้นนอกออก ตัดให้มีขนาด 1x1x1 ซม.^{3} แช่น้ำที่ปรับ pH ด้วย $CaCO_3$ ให้เป็น 7 ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ล้างจนหมดด่าง แล้วกรองแยกน้ำ บีบน้ำออก นึ่ง 10 นาที แล้วบีบน้ำออก นำไปอบแห้งด้วย tray drier ที่ 70°ซ. นาน 2 ชม. บดเป็นผงละเอียด แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 เมช บรรจุในถุง LDPE และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ หรือทดลองต่อไป

1. การวิเคราะห์สมบัติของผงเปลือกส้มโอ ได้แก่ สี วัดด้วย ColorFlex® EZ spectrophotometer ในระบบ CIE (L*, a*, b*) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity, WHC) และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity, OHC) ตามวิธีประยุกต์โดยบงกชรัตน์ (2553) ความชื้น ไขมัน และกากใยอาหาร (crude fiber) ตามวิธี AOAC, (1990) จำนวน 3 ซ้ำ

2. การศึกษาการทดแทนไขมันด้วยผงเปลือกส้มโอ ใช้วิธีและสูตรการผลิตไอศกรีมช็อกโกแลตที่ดัดแปลงจากวิธีของพรหล้า (มปป.) โดยมีส่วนผสมคือ นมครบส่วน นมผงไขมันเต็ม หางนมผง วิปปิ้งครีม น้ำตาลทรายขาว มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำตาลเด็กซ์โตรส น้ำร้อน SEP ผงโกโก้ และกลิ่นช็อกโกแลตร้อยละ 55.19, 2.25, 5.96, 5.23, 12.58, 3.85, 0.96, 8.65, 0.38, 3.85และ 0.10 ตามลำดับ (สูตรควบคุม) โดยใช้ผงเปลือกส้มโอในการผลิตไอศกรีมที่มีไขมัน 2 ระดับคือ ร้อยละ 50 (PA) และ 25 (PB) ของสูตรควบคุม แปรปริมาณผงเปลือกส้มโอเป็นร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 ตัวอย่างเช่น PA1 (ไขมันร้อยละ 50 ผงเปลือกส้มโอร้อยละ 1.0) ประกอบด้วยนมครบส่วน นมผงไขมันเต็ม หางนมผง วิปปิ้งครีม น้ำตาลทรายขาว มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำตาลเด็กซ์โตรส น้ำร้อน SEP ผงโกโก้ ผงเปลือกส้มโอ และกลิ่นช็อกโกแลตร้อยละ 55.19, 2.25, 5.96, 5.23, 12.58, 3.85, 0.96, 8.65, 0.38, 3.85, 1.00 และ 0.10 ตามลำดับ ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมคือ ผสมน้ำตาลกับ SEP ด้วยตะกร้อมือ ผสมน้ำร้อนตีให้เข้ากัน ผสมนมผงไขมันเต็ม หางนมผง มอลโตเด็กซ์ตริน น้ำตาลเด็กซ์โตรส และผงโกโก้ จากนั้นเติมนมและวิปปิ้งครีมผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปให้ความร้อนที่ 85°ซ. นาน 25 วินาที นำส่วนผสมไอศกรีมไปแช่เย็นที่ 4°ซ. นาน 24 ชม. นำไปปั่นในเครื่องทำไอศกรีม Nemox รุ่น Gelatissimo Exclusive จนขึ้นฟู อุณหภูมิประมาณ -5.5°ซ. บรรจุในถ้วยพลาสติก (PET) เก็บใส่ตู้แช่แข็งที่ -35 ถึง -40°ซ. นาน 24 ชม.

3. การวัดสมบัติของไอศกรีม

3.1 การวัดสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวัดความหนืดของไอศกรีมผสม (ice cream mix) ด้วย Brookfield viscometer ที่อุณหภูมิตัวอย่าง 4±0.5°ซ. การขึ้นฟู (overrun) และอัตราการละลาย โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงของ Liu และคณะ (2018) วัดค่า 3 ซ้ำ

3.2 การวัดสมบัติทางเคมี ได้แก่ ไขมัน ด้วยวิธี Roese-Gottlieb method (952.06 Fat in ice cream) ตามวิธี AOAC (1990) วัดค่า 3 ซ้ำ

3.3 การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี hedonic test แบบ 9-point scale ใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.มหิดล จำนวน 30 คน

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

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การวิเคราะห์สมบัติของผงเปลือกส้มโอ

ผงเปลือกส้มโอ (PP) ที่ผลิตได้มีค่าความสว่างค่อนข้างมาก ค่าความเป็นสีเขียวเล็กน้อยมาก และค่าความเป็นสีเหลือง (Table 1) ค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับของบงกชรัตน์ ซึ่งมีค่าเพียง 5.11-5.38 โดยสีเหลืองที่พบเป็นผลจากการคงเหลืออยู่ของแคโรทีนอยด์ในเปลือกส้มโอ (นิธิมา และ ปราณี, 2546) PP มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับใยอาหารจากแหล่งอื่น เช่น เปลือกมะม่วง ข้าวโอ๊ต มะพร้าว แต่พบว่ามีค่าน้อยกว่าผงเปลือกส้มโอจากงานวิจัยของบงกชรัตน์เล็กน้อย ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดอนุภาค สัดส่วนของใยอาหารที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ เป็นต้น (บงกชรัตน์, 2553) และมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันเล็กน้อย มีปริมาณความชื้น ไขมัน และกากใยอาหารร้อยละ 8.25, 0.30 และ 87.84 ตามลำดับ

2. การศึกษาการทดแทนไขมันด้วยผงเปลือกส้มโอ

ไอศกรีมสูตรลดไขมันที่ทดแทนด้วย PP พบว่าสูตรที่มีไขมันร้อยละ 50 (PA) และ 25 (PB) มีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม PP จากร้อยละ 1.0 เป็น 1.5 เนื่องจาก PP มีใยอาหารมาก และเป็นใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำได้ เช่น เพคติน ค่อนข้างมากด้วย จึงส่งผลต่อความหนืดที่เพิ่มขึ้นของไอศกรีม และเป็นเหตุผลที่ PP มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ค่อนข้างมาก แต่เมื่อเพิ่มเป็นร้อยละ 2.0 ค่าความหนืดจะไม่เพิ่มขึ้นถึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (Table 2) การขึ้นฟูจะลดลงเมื่อเติม PP แต่จะให้ผลไม่แตกต่างกันเมื่อเพิ่มปริมาณ PP ยกเว้นในไอศกรีม PB เมื่อเพิ่ม PP จากร้อยละ 1.0 เป็น 1.5 และ 2.0 จะทำให้การขึ้นฟูลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลจากค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้นของไอศกรีมผสม เมื่อเติม PP จะทำให้อัตราการละลายเพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่าง ยกเว้นในสูตร PA3 ที่อัตราการละลายลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม เนื่องจากผงเปลือกส้มโอเป็นเป็นสารให้ความคงตัวประเภทไฮโดรคอลลอยด์ มีความสามารถในการเกิดเจลในน้ำและเกิดพันธะกับโมเลกุลน้ำ จึงช่วยให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมเรียบเนียน และป้องกันการแยกชั้นของส่วนผสมไอศกรีม โดยไอศกรีมมีปริมาณไขมันร้อยละ 6.07-6.41 และ 3.21-3.34 สำหรับ PA และ PB ตามลำดับ

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชอบไอศกรีมสูตรควบคุมมากที่สุด และแตกต่างจากตัวอย่างที่เติม PP ในทุกตัวอย่างและทุกด้าน ($p<0.05$) เนื่องจากไอศกรีมที่เติม PP ผู้ทดสอบจะรับรู้ถึงเนื้อสัมผัสที่สาก มีลักษณะคล้ายเม็ดทรายในปาก และมีรสขมมากขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม โดยรสขมมาจากสารนารินจินและลิโมนิน ซึ่งเป็นสารให้รสขมที่มีในเปลือกส้มโอ (Pichaiyongvongdee และ Haruenkit, 2011) จึงส่งผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมลดลงด้วย (Table 3) ไอศกรีมที่เติม PP ทุกสูตรมีคะแนนความชอบในทุกด้านและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องรสชาติอื่นๆ ของไอศกรีมที่เหมาะสมต่อการใช้ผงเปลือกส้มโอเป็นสารทดแทนไขมัน และเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

สรุปผล

ไอศกรีมสูตร PA1 (มีไขมันร้อยละ 50 ของสูตรควบคุม และเติม PP ร้อยละ 1.0) มีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมที่มีแนวโน้มมากกว่าไอศกรีมเติม PP ทุกสูตร ตลอดจนมีอัตราการละลายไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ดังนั้นจึงเป็นสูตรที่เหมาะจะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาโภชนวิทยา นักศึกษาระดับปริญญาตรีคณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.มหิดล ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการเป็นผู้ทดสอบชิม ตลอดจนอาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.มหิดล ที่ให้การสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

นิธิมา อรรถวานิช และ ปราณี อ่านเปรื่อง, 2546, ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานและการประยุกต์, วารสารอาหาร, 33(1): 45-55.

บงกชรัตน์ เนาวกุล, 2553, การผลิตเส้นใยอาหารจากเปลือกในส้มโอที่ผ่านการลดความขมและการใช้ประโยชน์ในไอศกรีมนม, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พรหล้า ขาวเธียร, มปป, เอกสารประกอบการอบรมไอศกรีมโฮมเมด, อบรมวันที่ 17-18 มีนาคม 2555, ณ. บจก.มิสไอศกรีม กรุงเทพฯ.

สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี และ บุณยกฤต รัตนพันธุ์, 2557, การผลิตใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในของส้มโอที่ผ่านการลดความขมและศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงหน้าที่ [สืบค้น], http://doi.nrct.go.th//ListDoi/listDetail? Resolve_DOI =10.14457/SDU.res.2014.40 [14/ November /2018].

Liu, Y., Liu, A., Ibrahim, S.A., Yang, H. and Huang, W., 2018, Isolation and Characterization of Microcrystalline Cellulose from Pomelo Peel, International Journal of Biological Macromolecules, 111: 717-721.

O’Shea, N., Arendt, E.K. and Gallagher, E., 2012, Dietary Fibre and Phytochemical Characteristics of Fruit and Vegetable By-products and Their Recent Applications as Novel Ingredients in Food Products, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 16: 1-10.

Pichaiyongvongdee, S. and Haruenkit, R., 2011, Effect of Eethylene Treatment on Limonin Reduction in Thai Pummelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) Fruit, Kasetsart Journal, 45:1105-1114.

Sultana, B., Anwar, F., Ashraf, M. and Saari, N., 2012, Effect of Drying Techniques on the Total Phenolic Contents and Antioxidant Activity of Selected Fruits, Planta Medica, 6(1): 161-167.

Tekin, E., Sahin, S. and Sumnu, G., 2017, Physicochemical, Rheological, and Sensory Properties of Low-Fat Ice Cream Designed by Double Emulsions, European Journal of Lipid Science and Technology, 119(9), http://doi.org/10.1002/ejlt.201600505.

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

Table 1 Physical and chemical properties of pomelo powder, PP (n=3)

Properties of pomelo powder	Mean±SD.
Color (L*, a*, b*)	90.29±0.01, -0.01±0.00, 13.52±0.03
Water holding capacity, WHC (wt./wt. dry basis)	8.06±0.07
Oil holding capacity, OHC (wt./wt. dry basis)	1.80±0.05
Moisture (%)	8.25±0.13
Fat (% dry wt.)	0.30±0.10
Crude fiber (% dry wt.)	87.84±2.44

Table 2 Physical and chemical properties of ice cream with PP exhibited in Mean±SD. (n=3)

Formula	Viscosity (cP)	Overrun (%)	Melting rate (%)	Fat (%)
Control	3,782.66±22.03^{a}	33.92±2.24^{a}	2.78±0.10^{c}	12.86±0.05^{a}
PA1	5,858.00±102.06^{b}	25.40±2.63^{b}	2.89±0.10^{c}	6.41±0.08^{b}
PA2	19,016.67±430.16^{c}	24.09±1.70^{b}	3.08±0.06^{b}	6.07±0.01^{c}
PA3	19,773.33±87.37^{d}	24.29±1.46^{b}	2.50±0.13^{d}	6.19±0.15^{c}
PB1	3,372.00±46.51^{a}	27.36±0.86^{b}	3.30±0.03^{a}	3.34±0.12^{d}
PB2	21,270.00±480.31^{e}	20.63±1.38^{c}	3.27±0.07^{a}	3.24±0.00^{d}
PB3	21,073.33±440.61^{e}	19.86±1.49^{c}	3.35±0.06^{a}	3.21±0.08^{d}

Mean in the same column with different superscripts is different ($p<0.05$).
PA and PB are the ice cream with 50% and 25% fat from control respectively. 1-3 are the ice cream with 1.0%, 1.5% and 2.0%PP respectively.

Table 3 Sensory liking score of ice cream with PP exhibited in Mean±SD. (n=30)

Formula	Appearance	Flavor	Texture	Taste	Overall
Control	7.23±1.50^{b}	7.10±1.02^{b}	7.40±1.19^{b}	7.67±0.99^{a}	7.60±1.00^{a}
PA1	6.73±1.60^{ab}	6.40±1.43^{ab}	6.20±1.47^{b}	6.17±1.58^{b}	6.37±1.27^{b}
PA2	6.73±1.53^{ab}	6.23±1.48^{ab}	5.77±1.74^{b}	5.73±1.89^{b}	6.00±1.66^{b}
PA3	6.70±1.53^{ab}	5.83±1.44^{b}	5.53±1.43^{b}	5.43±1.91^{b}	5.63±1.52^{b}
PB1	6.10±1.86^{b}	6.10±1.69^{b}	6.03±1.63^{b}	5.83±2.02^{b}	6.10±1.77^{b}
PB2	6.70±1.21^{ab}	6.57±1.43^{ab}	5.97±1.52^{b}	5.80±1.58^{b}	6.20±1.42^{b}
PB3	6.80±1.49^{ab}	6.50±1.31^{ab}	6.03±1.43^{b}	6.13±1.68^{b}	6.23±1.45^{b}

Mean in the same column with different superscripts is different ($p<0.05$).
PA and PB are the ice cream with 50% and 25% fat from control respectively. 1-3 is the ice cream with 1.0%, 1.5% and 2.0%PP respectively.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะละกอสุกอบแห้งเสริม *Lactobacillus casei*
Development of dried ripe papaya product enriched with *Lactobacillus casei*

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[1] วีรดา ธนพงศ์ธรรม[2] และ พริมา พิริยางกูร[2]
Poubol, J.[1] Thanapongthram W.[2] and Phiriyangkul, P.[2]

Abstract

This research was studied on the development of dried ripe papaya product enriched with probiotic bacteria. The 2 cm^3 ripe papaya cube was dipped in 10^9 CFU/ml *Lactobacillus casei* suspensions. Uninoculated cube was used as control. Then, they were dried at 60°C for 60 h. Moisture content, pH, red color (a* value), total soluble solid, probiotic bacteria, coliforms, yeasts and molds of dried papaya were determined. Results showed that dried papayas enriched with probiotic bacteria had moisture content 55.9%, pH 3.8, red color 15.3, total soluble solid 15.9% and probiotic bacteria 6.35 Log CFU/g. Coliforms, yeasts and molds were not detectable. Consumers accepted on dried ripe papaya product enriched with probiotic bacteria with not significant different from control.

Keywords: Papaya, Drying, Probiotic, *Lactobacillus casei*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะละกอสุกอบแห้งพันธุ์ปลักไม้ลายเสริมโพรไบโอติกแบคทีเรีย โดยนำชิ้นมะละกอสุกขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปจุ่มในเซลล์แขวนลอยของเชื้อ *Lactobacillus casei* (10^9 CFU/ml) โดยมีมะละกอที่ไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์เป็นชุดควบคุม จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 ชั่วโมง ตรวจวัดค่าความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง ค่าสีแดง (a* value) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โพรไบโอติกแบคทีเรีย โคลิฟอร์ม ยีสต์และราของมะละกอภายหลังจากที่อบแห้ง ผลการทดลองพบว่ามะละกออบแห้งเสริมโพรไบโอติกแบคทีเรียมีความชื้น 55.9 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรด-ด่าง 3.8 ค่าสีแดง 15.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 15.9 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณโพรไบโอติกแบคทีเรีย 6.35 Log CFU/g ในขณะที่ตรวจไม่พบโคลิฟอร์มยีสต์และรา ผู้บริโภคให้การยอมรับมะละกอสุกอบแห้งเสริมโพรไบโอติกแบคทีเรียไม่แตกต่างจากมะละกอในชุดควบคุม

คำสำคัญ: มะละกอ การอบแห้ง โพรไบโอติก แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ

คำนำ

มะละกอเป็นไม้ผลที่ปลูกได้ในประเทศเขตร้อน จัดเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคมากในประเทศไทย โดยสามารถนำมาบริโภคได้ทั้งผลดิบและผลสุก มะละกอเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะเมื่อผลสุกจะมีเนื้อสีแดงอมส้มซึ่งอุดมไปด้วยสารพฤกษเคมี (phytochemical) เช่น provitamin A และวิตามินซี (Ikram และคณะ, 2015) ซึ่งพบในปริมาณที่แตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ แหล่งเพาะปลูก ระยะการสุก และการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยว (Gayosso-García Sancho และคณะ, 2011) มีรายงานว่ามะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายหรือ *Carica papaya* L., cv Maradol มีปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญสูง เช่น ferulic acid p-coumaric acid caffeic acid และโดยเฉพาะเมื่อผลเริ่มสุกจะมีปริมาณ carotenoids วิตามินซี lycopene β-criptoxanthin และ β-carotene เพิ่มสูงขึ้น (Gayosso-García Sancho และคณะ, 2011) แต่อย่างไรก็ตามผลมะละกอสุกเกิดการเน่าเสียได้ง่ายภายหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นหากสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะสามารถช่วยลดการสูญเสียของมะละกอสุกภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ การอบแห้งเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการถนอมอาหารเพื่อให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารไว้ได้นาน ๆ และหากสามารถเสริมโพรไบโอติกแบคทีเรียกับผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้ง เช่น มะละกอสุกอบแห้งได้จะช่วยเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น เมื่อเร็ว ๆ นี้มีรายงานการพัฒนาผลิตภัณฑ์แอปเปิ้ลอบแห้งโดยการเสริมด้วยโพรไบโอติก

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

แบคทีเรีย (Rodrigues และคณะ, 2018; Li และคณะ, 2018) ซึ่ง Li และคณะ (2018) ได้ศึกษาการอบแห้งด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ air drying, freeze drying, freeze drying + microwave vacuum drying และ air drying + explosion puffing drying ซึ่งพบว่าการอบแห้งชิ้นแอปเปิ้ลพันธุ์ Fuji ด้วยวิธี freeze drying + microwave vacuum drying เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการช่วยรักษาคุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส รสชาติ รวมถึงความมีชีวิตรอดของเชื้อ *Lactobacillus plantarum* SICC 1.376 ได้ ในขณะที่ Rodrigues และคณะ (2018) ศึกษาการอบแห้งชิ้นแอปเปิ้ลพันธุ์ Granny Smith โดยวิธี air drying ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ร่วมกับการใช้และไม่ใช้ ultrasound ซึ่งพบว่าชิ้นแอปเปิ้ลที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณโพรไบโอติกแบคทีเรีย (*Lactobacillus casei* NRRL 442) เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่วางจำหน่ายในท้องตลาด วีรดา และคณะ (2561) รายงานว่าการอบแห้งมะละกอสุกตัดแต่งพันธุ์ปลักไม้ลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 ชั่วโมง ช่วยรักษาคุณภาพของมะละกอสุกอบแห้งได้โดยไม่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย อีกทั้งมะละกอสุกอบแห้งยังมีเนื้อสัมผัสและรสชาติคล้ายกับมะเขือเทศอบแห้งที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ดังนั้นหากสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์มะละกอสุกอบแห้งเสริมโพรไบโอติกแบคทีเรียได้ จะสามารถช่วยเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับผู้บริโภคได้ งานวิจัยนี้ศึกษาถึงคุณภาพของมะละกอสุกอบแห้งพันธุ์ปลักไม้ลายและความมีชีวิตของเชื้อ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 โดยเปรียบเทียบกับมะละกอสุกอบแห้งพันธุ์ปลักไม้ลายที่ไม่ได้เสริมด้วย *Lactobacillus casei* TISTR 1463

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมมะละกอสุกพันธุ์ปลักไม้ลายและการเสริม *Lactobacillus casei*

คัดเลือกผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายจากอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่มีระยะสุกพร้อมบริโภคโดยผลมีสีเหลืองส้ม ปราศจากโรคและแมลง นำมาล้างด้วยน้ำประปา แล้วแช่ในสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm นาน 1 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ ปอกเปลือก ตัดส่วนหัวและส่วนท้ายของผลมะละกอออก หั่นเป็นชิ้นขนาด 2×2×2 เซนติเมตร แล้วจุ่มลงในเซลล์แขวนลอยของเชื้อ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 (ศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, วว.) ที่ปริมาณเซลล์ 10^9 CFU/ml โดยมีชิ้นมะละกอสุกที่ไม่จุ่มเชื้อ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 เป็นชุดควบคุม จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อน (Universal oven, Memmert UN55, Germany) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 ชั่วโมง ซึ่งเป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการอบแห้งมะละกอสุกพันธุ์ปลักไม้ลาย (วีรดา และคณะ, 2561) ตรวจวัดค่าสีแดง ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความชื้น ปริมาณโพรไบโอติกแบคทีเรีย โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา ของชิ้นมะละกอสุกภายหลังการอบแห้ง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดย Duncan’s new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. การตรวจวัดคุณภาพของมะละกอสุกอบแห้งพันธุ์ปลักไม้ลายเสริม *Lactobacillus casei*

ตรวจวัดคุณภาพของมะละกอสุกอบแห้งพันธุ์ปลักไม้ลายโดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter 3nh NR200, China) รายงานผลเป็นค่าสีแดง (a* value) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง LAQUA Twin pH meter (Horiba B712, Japan) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ด้วยเครื่อง Digital handheld refractometers (KRUSS DR101-60, Germany) วัดความชื้น (Moisture content) ด้วยเครื่อง Moisture analyzer (Sartorius MA37-1, Germany) วัดปริมาณโพรไบโอติกแบคทีเรีย โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ de Man, Rogosa and Sharpe agar (MRS; Merck; Germany) Deoxycholate agar (HiMedia Laboratories; India), และ Potato dextrose agar (PDA; HiMedia Laboratories; India) ตามลำดับ โดยตีปั่นเนื้อมะละกอหนัก 25 กรัม กับ peptone water ร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ด้วยเครื่อง stomacher (Masticator Nr2557/400, IUL instruments; Barcelona, Spain) นาน 1 นาที จากนั้นทำ dilution plate count method (ชลิดา และคณะ, 2560) ตรวจนับจำนวนโคโลนี และรายงานเป็นค่า Colony Forming Unit ต่อกรัม (CFU/g)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

คุณภาพของมะละกอสุกอบแห้งพันธุ์ปลักไม้ลายเสริม *Lactobacillus casei*

ก่อนการอบแห้งพบว่ามะละกอสุกพันธุ์ปลักไม้ลายในชุดควบคุมและมะละกอสุกที่เสริมด้วยเชื้อ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 มีค่าความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ใกล้เคียงกันโดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่เนื้อมะละกอสุกที่เสริมด้วยเชื้อ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 มีค่าสีแดงต่ำกว่ามะละกอสุกในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Figure 1) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเสริมโพรไบโอติกโดยการจุ่มชิ้นมะละกอลงในเซลล์แขวนลอยของเชื้อ *Lactobacillus casei* อาจทำให้สารสีแดง ได้แก่ lycopene และสารสีเหลืองอมส้ม ได้แก่ β-cryptoxanthin และ β-carotene ที่พบในเนื้อมะละกอ (Gayosso-García Sancho และคณะ, 2011) ละลายลงในเซลล์

แขวนลอยของเชื้อ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 จึงทำให้ค่าสีแดงที่วัดได้จากชิ้นมะละกอลดลง

ภายหลังจากที่อบแห้งพบว่ามะละกอสุกอบแห้งในทุกชุดการทดลองมีค่าความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง และค่าสีแดงลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับมะละกอสุกที่ยังไม่ผ่านการอบแห้ง โดยมะละกอสุกอบแห้งในชุดควบคุมและมะละกอสุกอบแห้งที่เสริมด้วยเชื้อ *Lactobacillus casei* มีค่าความชื้นลดลงเหลือ 40.3 และ 55.9 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเหลือ 4.0 และ 3.8 ค่าสีแดงลดลงเหลือ 19.7 และ 15.3 ตามลำดับ (Figure 1) ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะละกอสุกอบแห้งในทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 16.6 และ 15.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ พบว่าเนื้อมะละกอสุกอบแห้งในชุดควบคุมมีลักษณะแห้งและมีสีแดงปนส้มที่ค่อนข้างเข้ม ในขณะที่เนื้อมะละกอสุกอบแห้งที่เสริมด้วยเชื้อ *Lactobacillus casei* มีลักษณะแห้งเช่นเดียวกันแต่มีสีแดงปนส้มที่อ่อนกว่า (Figure 2) ซึ่งลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อบแห้งแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบและกรรมวิธีในการอบแห้ง มีรายงานว่าชิ้นแอปเปิ้ลพันธุ์ Fuji ที่เสริมด้วยโพรไบโอติก *Lactobacillus plantarum* SICC 1.376 และผ่านการอบแห้งโดยวิธี Freeze drying + microwave vacuum drying มีสีเหลืองตามธรรมชาติ ไม่เกิดสีน้ำตาล และไม่เกิดการเหี่ยวย่น ในขณะที่ชิ้นแอปเปิ้ลที่ผ่านการอบแห้งแบบ air drying ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง มีสีน้ำตาลเกิดขึ้น (Cui และคณะ, 2018)

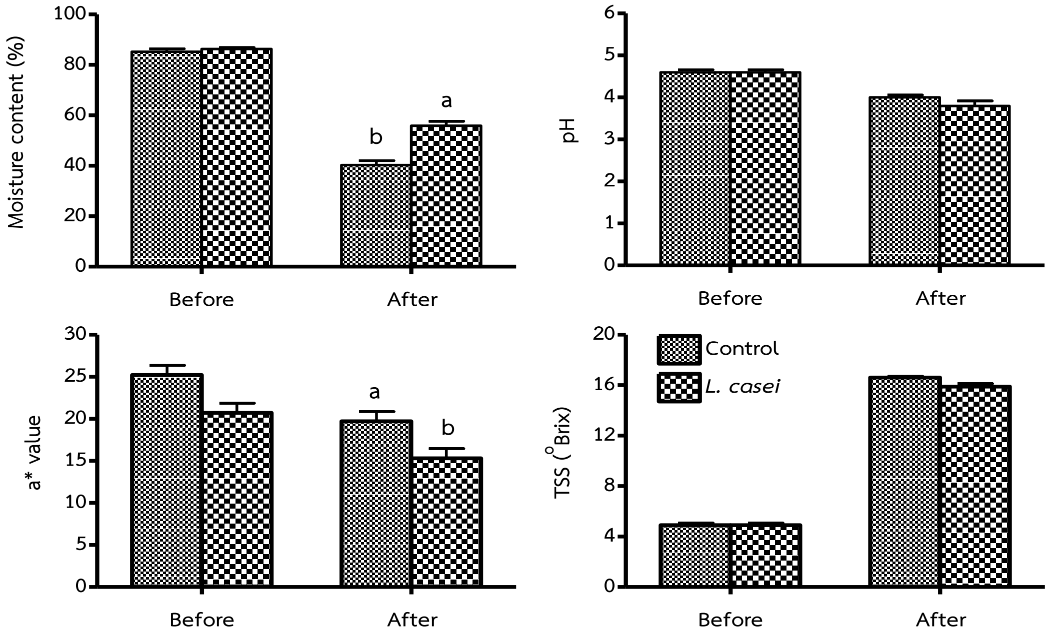


Figure 1 Moisture content, pH, a* value and total soluble solid (TSS) of fresh (before) and dried papaya (after) enriched with *Lactobacillus casei* TISTR 1463.

จากการตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ในมะละกอสุกก่อนการอบแห้ง พบว่ามะละกอสุกในชุดควบคุมตรวจไม่พบโพรไบโอติกแบคทีเรีย ในขณะที่มะละกอสุกที่เสริมด้วย *Lactobacillus casei* TISTR 1463 มีปริมาณโพรไบโอติกแบคทีเรียเท่ากับ 7.5 Log CFU/g (Figure 2) ซึ่งสูงกว่า 6 Log CFU/g หรือสูงกว่า 10^6 CFU ต่ออาหาร 1 กรัม (กระทรวงสาธารณสุข, 2554) ในขณะเดียวกันตรวจไม่พบโคลิฟอร์ม ยีสต์และรา ในมะละกอสุกในทุกชุดการทดลอง (ไม่แสดงข้อมูล) ภายหลังจากที่อบแห้งพบว่ามะละกอสุกอบแห้งในชุดควบคุมตรวจไม่พบโพรไบโอติกแบคทีเรีย ในขณะที่มะละกอสุกอบแห้งที่เสริมด้วย *Lactobacillus casei* มีปริมาณโพรไบโอติกแบคทีเรียลดลงเหลือ 6.3 Log CFU/g ซึ่งลดลงประมาณ 1 Log CFU/g ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งทำให้เกิดกระบวนการสูญเสียน้ำ (dehydration process) เป็นเหตุให้ปริมาณความชื้น (moisture content) ลดลงและส่งผลต่อการลดการเจริญของโพรไบโอติกแบคทีเรีย ดังนั้นจึงควรเพิ่มปริมาณเซลล์แขวนลอยของเชื้อโพรไบโอติกให้มากขึ้น (Cui และคณะ, 2018) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Rodrigues และคณะ (2018) ที่พบว่าการอบแห้งชิ้นแอปเปิ้ลพันธุ์ Granny Smith ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 100 นาที ภายหลังจากที่จุ่มชิ้นแอปเปิ้ลลงในสารแขวนลอยของเชื้อ *Lactobacillus casei* NRRL 442 ทำให้ *Lactobacillus casei* NRRL 442 มีปริมาณลดลงจาก 8.5 เหลือ 6.3 Log CFU/g ซึ่งลดลงไปประมาณ 2 Log CFU/g ทั้งนี้เนื่องมาจาก *Lactobacillus casei* เป็นแบคทีเรียที่มีความไวต่อความร้อน ดังนั้นเซลล์ที่เกาะอยู่บริเวณผิวหน้าชิ้นแอปเปิ้ลได้รับ

ความร้อนโดยตรงเป็นเหตุให้ความมีชีวิตของแบคทีเรียลดลง แต่อย่างไรก็ตามมะละกอสุกพันธุ์ปลักไม้ลายที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 ชั่วโมง ยังคงมีปริมาณโพรไบโอติกแบคทีเรียเป็นไปตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขที่กำหนดให้มีในอาหาร งานวิจัยนี้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์มะละกอสุกอบแห้งเสริมโพรไบโอติกแบคทีเรีย *Lactobacillus casei* TISTR 1463 โดยมะละกอสุกอบแห้งยังคงคุณภาพการเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโพรไบโอติก

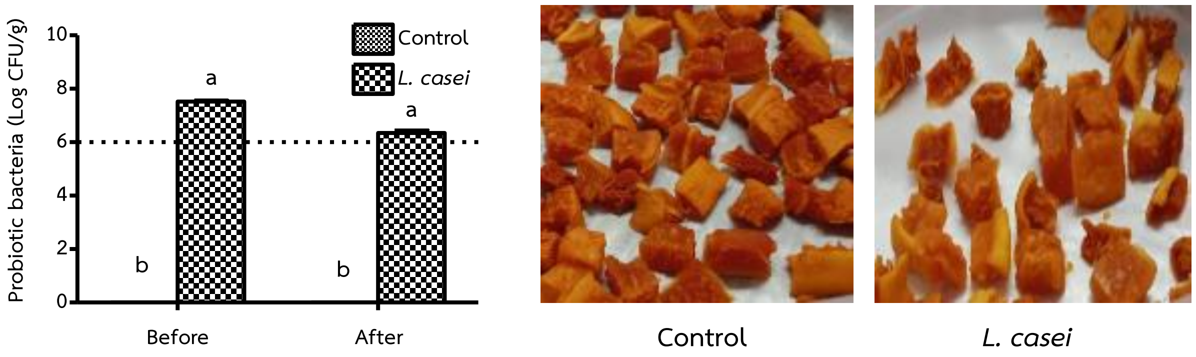


Figure 2 Probiotic viability (Left) and appearance (Right) of dried papaya (control) and dried papaya enriched with *Lactobacillus casei* TISTR 1463. Dotted line represent standard of probiotic viability in probiotic food (Log 6 CFU/g).

สรุปผล

ผลิตภัณฑ์มะละกอสุกอบแห้งพันธุ์ปลักไม้ลายเสริม *Lactobacillus casei* TISTR 1463 ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที มีปริมาณโพรไบโอติกแบคทีเรียเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข โดยมะละกอสุกอบแห้งมีคุณภาพไม่แตกต่างจากมะละกอสุกอบแห้งในชุดควบคุม

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ 2559 ขอขอบคุณหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

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

ชลิดา ฉิมวารี พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, 2560, ผลของการจุ่มสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอล, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 48(3) (พิเศษ): 253-256.

วีรดา ธนพงศ์ธรรม พริมา พิริยางกูร และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, 2561, ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณภาพของมะละกอสุกตัดแต่งพันธุ์ปลักไม้ลาย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49(2) (พิเศษ): 661-664.

Gayosso-García Sancho, L.E., Yahia, E.M. and González-Aguilara, 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(5): 1284-1291.

Cui, L., Niu, L.Y., Li, D.J., Liu, C.Q., Liu, Y.P., Liu, C.J. and Song, J.F., 2018, Effects of Different Drying Methods on Quality, Bacterial Viability and Storage Stability of Probiotic Enriched Apple Snacks, Journal of Integrative Agriculture, 17(1): 247-255.

Rodrigues, S., Silva, L.C.A., Mulet, A., Carcel, J.A. and Fernandes, F.A.N., 2018, Development of Dried Probiotic Apple Cubes Incorporated with *Lactobacillus casei* NRRL B-442, Journal of Functional Foods, 41: 48-54.

ผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพเมล็ดข้าวพันธุ์ไวและไม่ไวต่อช่วงแสง
Effect of Harvesting Period on Seed Quality for Photoperiod Sensitive and Insensitive Rice Varieties

นันทิยา พนมจันทร์[1] และ ณัฐิกานต์ สมจริง[1]
Panomjan, N.[1] and Somching, N.[2]

Abstract

This research aimed to study effect of harvesting period on grain quality and storage insect damage. Two varieties were photoperiod sensitive (Chiang Phatthalung; CP) and insensitive (RD55) rice. Four harvesting times were 28, 30, 33 and 35 days after flowering (DAF). It was found that the highest grain quality of CP variety was harvested at the age of 33 DAF and at 28 DAF for RD55 variety. Germination, germination speed index and the average of germination time of CP variety was 91.75 %, 15.40 and 6 days, respectively and RD55 was 93.25%, 15.19 and 7 days, respectively. After four weeks storage, 5 insects were detected as lesser grain borer, angoumois grain moth, flat grain beetle, parasitic wasps chalcididae and dried fruit beetle, caused of insects laying eggs before the harvest period.

Keywords: Photoperiod sensitive, Photoperiod insensitive, Harvesting maturity, Seed quality

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวและการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ ใช้ข้าวพันธุ์ไว (เฉี้ยงพัทลุง) และไม่ไว (กข55) ต่อช่วงแสง เก็บเกี่ยวที่ระยะ 28, 30, 33 และ 35 วันหลังดอกบาน พบว่าข้าวพันธ์เฉี้ยงพัทลุง และพันธุ์ กข 55 มีคุณภาพ ได้แก่ ค่าความงอก ดัชนีความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก สูงสุด ในวันที่ 33 และ 28 วันหลังดอกบานตามลำดับ โดยมีคุณภาพ ดังกล่าว เท่ากับ 91.75 %, 15.40 และ 6 วัน และ 93.25 %, 15.19 และ 7 วัน ตามลำดับ หลังเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ตรวจพบแมลง 5 ชนิด คือ มอดข้าวเปลือก ผีเสื้อข้าวเปลือก มอดหนวดยาว แตนเบียนขาโต และด้วงผลไม้ เกิดจากแมลงวางไข่ก่อนระยะเก็บเกี่ยว

คำสำคัญ: พันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง อายุการเก็บเกี่ยว คุณภาพเมล็ดพันธุ์

คำนำ

ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของเมล็ดพันธุ์ข้าวคือ ระยะพลับพลึง มีสีเปลือกเหลืองประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าวทั้งรวง (พรรณี และดวงพร, 2553) คุณภาพการสีของข้าวเป็นผลมาจากเก็บเกี่ยวที่ระยะแตกต่างกัน (ประสูติ และคณะ, 2526) อายุการเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การสะสมน้ำหนักแห้ง ความงอก และความแข็งแรง (จวงจันทร์, 2529) การเก็บรักษาที่ดีเป็นการชะลอการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ แต่ไม่สามารถทำให้เมล็ดพันธุ์ดีขึ้นได้ เมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดมีความสามารถในการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์พืช ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ขณะเก็บรักษา (Ben และคณะ, 2006; Naik และ Chetti, 2017) การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขณะเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ เป็นอีกวิธีที่สามารถลดอัตราการเจริญเติบโต และการพัฒนาของแมลงในโรงเก็บ (Borlagdan และคณะ, 2017; Naik และ Chetti, 2017)พันธุ์ข้าวและอายุการเก็บเกี่ยวมีความสำคัญต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่ระยะเวลาต่าง ๆ ต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวพันธุ์ไวและไม่ไวต่อช่วงแสงให้มีคุณภาพดีสำหรับเพาะปลูกต่อไป และเป็นข้อมูลประกอบการจัดการกระบวนผลิตเพื่อควบคุมคุณภาพผลผลิตและเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ดีขึ้น

---

[1]ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จังหวัดพัทลุง 93210
Department of Plant Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Campus, Phatthalung Province 93210

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial in randomized complete block design (RCBD) จำนวน 2 ปัจจัย ปัจจัยแรก คือ พันธุ์ข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง (เฉี้ยงพัทลุง, Chiang Phatthalung; CP) และไม่ไวต่อช่วงแสง (กข55; RD55) และปัจจัยที่สอง คือ อายุการเก็บเกี่ยว (Harvesting Period; HP) 4 ระยะ ได้แก่ 28, 30, 33 และ 35 วันหลังดอกบาน (Day After Flowering; DAF) จำนวน 4 ซ้ำปลูกข้าวในแปลงทดลองโดยแบ่งออกเป็นแปลงย่อยตามแผนการทดลอง ปลูกในสภาพนาน้ำขัง ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวตามอายุการเก็บเกี่ยว โดยเก็บเกี่ยวรวงข้าวแต่ละพันธุ์จำนวน 500 กรัมต่อครั้งแต่ละอายุการเก็บเกี่ยว โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 การทดลอง คือ 1) ศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่ 28, 30, 33 และ 35 DAF ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวไว (เฉี้ยงพัทลุง) และไม่ไวต่อช่วงแสง (กข55) และ 2) ศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่ 28, 30, 33 และ 35 DAF ต่อชนิดและปริมาณแมลงศัตรูในโรงเก็บที่พบในการเก็บรักษาข้าวพันธุ์ไว (เฉี้ยงพัทลุง) และไม่ไวต่อช่วงแสง (กข55) เก็บข้อมูลความงอก ดัชนีความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก ตามวิธีของ ISTA (2011) และตรวจนับชนิดและจำนวนแมลงที่พบในการเก็บรักษาข้าวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ด้วยตาเปล่า (ขันทอง และประดิษฐ์, 2549)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 28, 30, 33 และ 35 วันหลังดอกบาน (DAF) ในพันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง (เฉี้ยงพัทลุง) และไม่ไวต่อช่วงแสง (กข55) พบว่าอายุการเก็บเกี่ยวไม่มีผลต่อความงอกมาตรฐานของข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง แต่มีผลต่อข้าวพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสงมีความงอกมาตรฐานแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการเก็บเกี่ยวที่อายุ 28 DAF ส่งผลให้ข้าวพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสงมีความงอกมาตรฐานสูงสุดเท่ากับ 94.75 % อายุการเก็บเกี่ยวส่งผลให้ค่าดัชนีความเร็วในการงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันทางสถิติทั้งข้าวพันธุ์ไวและไม่ไวต่อช่วงแสง พบว่าดัชนีความเร็วในการงอกสูงสุดในข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง (เฉี้ยงพัทลุง) เท่ากับ 15.40 เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 28 DAF และพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง (กข55) เท่ากับ 15.19 เก็บเกี่ยวที่อายุ 33 DAF ซึ่งสัมพันธ์กับค่าเวลาเฉลี่ยในการงอก พบว่าเวลาเฉลี่ยในการงอกต่ำสุดในข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง (เฉี้ยงพัทลุง) เท่ากับ 6.08 วัน เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 28 DAF และพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง (กข55) เท่ากับ 6.56 วัน เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 33 DAF (Table 1) ในข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง (เฉี้ยงพัทลุง) มีค่าความงอกเฉลี่ย (86.31 %) ต่ำกว่าพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง (กข55) (91.63 %) ทั้งนี้เนื่องจากในข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสงใช้เวลาในการสุกแก่นานกว่าโดยอัตราการงอกจะเพิ่มขึ้นตามวันที่เก็บเกี่ยวแต่ยังไม่ถึงระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยาและมีปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง พันธุ์ข้าวที่ไวแสงในประเทศไทยต้องการช่วงแสงประมาณ 11.30 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 15 วันติดต่อกัน หากไม่ได้ช่วงแสงที่พอเหมาะครบจำนวนวันตามที่ต้องการจะเจริญเติบโตทางลำต้นต่อไป (ทวี, 2541) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีอุตุวิทยาพัทลุง ประจำเดือนมกราคม ปี 2562 ซึ่งเป็นช่วงที่ข้าวเฉี้ยงพัทลุงออกดอกพบว่าความยาวของแสงแดด (ชั่วโมงต่อวัน) เฉลี่ยเท่ากับ 7.64 ความยาวของแสงแดดสูงสุด เท่ากับ 10.4 ชั่วโมง และต่ำสุด เท่ากับ 0 ชั่วโมง ทำให้การออกดอกของพันธุ์ข้าวไวต่อแสงอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปได้บ้าง ส่วนข้าวพันธุ์ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง (กข 55) เป็นพันธุ์ข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ค่อนข้างแน่นอน คือนับวันจากวันตกกล้า หรือวันข้าวงอกจนถึงวันเก็บเกี่ยว เมื่อมีอายุครบถึงเวลาที่จะออกดอกก็จะสามารถออกดอกได้เลย โดยไม่ต้องอาศัยช่วงแสงเป็นตัวกำหนด (เวียง, 2552) ส่งผลให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้านความงอกเฉลี่ยของเมล็ดพันธุ์ข้าวไม่ไวแสงสูงกว่าข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง ดัชนีความเร็วในการงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอกเกี่ยวข้องกับอายุการเก็บเกี่ยวโดยข้าวพันธุ์ไม่ไวแสงใช้เวลาในการสุกแก่สั้นกว่าข้าวพันธุ์ไวแสง คือ 28 และ 33 DAF ตามลำดับ

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่ 28, 30, 33 และ 35 วันหลังดอกบานต่อชนิดและปริมาณแมลงศัตรูในโรงเก็บที่พบในการเก็บรักษาข้าวพันธุ์ไว (เฉี้ยงพัทลุง) และไม่ไวต่อช่วงแสง (กข55) พบว่าในเมล็ดข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง (เฉี้ยงพัทลุง) ที่อายุเก็บเกี่ยว 28 30 33 และ 35 DAF ตรวจพบแมลงในสัปดาห์ที่ 3 ที่อายุเก็บเกี่ยว 28 DAF พบมอดข้าวเปลือก (1 ตัว) ที่อายุเก็บเกี่ยว 30 DAF พบแตนเบียนขาดำ (3 ตัว) และด้วงผลไม้ (1 ตัว) และที่อายุเก็บเกี่ยว 33 DAF พบมอดข้าวเปลือก (1 ตัว) แต่สำหรับอายุการเก็บเกี่ยว 35 DAF ไม่พบจำนวนแมลง ในสัปดาห์ที่ 4 ตรวจพบแมลงเฉพาะที่อายุเก็บเกี่ยว 33 และ 35 DAF ที่อายุเก็บเกี่ยว 33 DAF พบผีเสื้อข้าวเปลือก (1 ตัว) และที่อายุเก็บเกี่ยว 35 DAF พบผีเสื้อข้าวเปลือก (6 ตัว) ส่วนพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง (กข55) ตรวจพบแมลงในสัปดาห์ที่ 2 ที่อายุเก็บเกี่ยว 28 DAF พบมอดหนวดยาว (1 ตัว) ใน สัปดาห์ที่ 3 ตรวจพบแมลงที่อายุเก็บเกี่ยว 30 DAF พบมอดหนวดยาว (1 ตัว) ที่อายุเก็บเกี่ยว 33 DAF พบมอดหนวดยาว (1 ตัว) และมอดข้าวเปลือก (2 ตัว) ที่อายุเก็บเกี่ยว 35 DAF พบแตนเบียนขาโต (1 ตัว) และในสัปดาห์ที่ 4 ตรวจพบแมลงที่อายุเก็บเกี่ยว 33 และ 35 DAF พบผีเสื้อข้าวเปลือก (1 ตัว) ทั้งสองระยะ (Figure 1) ตรวจพบแมลงหลังการเก็บรักษา 14 วัน ในพันธุ์ไวต่อช่วงแสง (เฉี้ยงพัทลุง) ที่อายุเก็บเกี่ยว 28 DAF พบมอดข้าวเปลือกเปลือกซึ่งวงจรชีวิตใช้เวลา 1 เดือนขึ้น ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่นานมากกว่า 5 เดือน ในพันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วง (กข55) ที่อายุเก็บเกี่ยว 28 DAF พบมอดหนวดยาวซึ่งมีวงจรชีวิตประมาณ 3-4 สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

ที่เหมาะสม Astuti และคณะ (2013) ที่พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะกับการดำรงชีพของมอดข้าวเปลือกคือ 32 องศาเซลเซียสเล็กน้อย ซึ่งอยู่ในช่วงที่สอดคล้องกับการศึกษาของ Edde (2012) ที่พบว่ามอดข้าวเปลือกดำรงชีพและแพร่พันธุ์ได้ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 12-40 องศาเซลเซียส โดยมอดข้าวเปลือกสามารถลงเมล็ดธัญพืชได้แม้มีความชื้นต่ำมากกว่า 9% ส่วนมอดหนวดยาวสามารถเข้าวางไข่ได้ตั้งแต่ข้าวเริ่มสร้างช่อดอก เช่นเดียวกับผีเสื้อข้าวเปลือก ในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (Pre-harvest) สามารถบินออกจากโรงเก็บเมล็ดไปวางไข่ที่เมล็ดในแปลง สามารถวางไข่ก่อนการเก็บเกี่ยวประมาณ 1-2 สัปดาห์ (Edde, 2012)

สรุปผล

การเก็บเกี่ยวที่อายุ 28, 30, 33 และ 35 วันหลังดอกบาน มีผลทำให้ความงอกมาตรฐาน ดัชนีความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยที่ในงอก และการเกิดแมลงศัตรูในโรงเก็บหลังจากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง (เฉี้ยงพัทลุง) และไม่ไวต่อช่วงแสง (กข55) คุณภาพเมล็ดข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง (เฉี้ยงพัทลุง) สูงสุดเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 33 วันหลังดอกบาน ส่งผลให้ความงอกมาตรฐานเท่ากับ 91.75 % ดัชนีความเร็วในการงอกเท่ากับ 15.40 และเวลาเฉลี่ยที่ในการงอกเท่ากับ 6.08 วัน คุณภาพเมล็ดข้าวพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง (กข55) สูงสุดเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 28 วันหลังดอกบาน ส่งผลให้ความงอกมาตรฐาน เท่ากับ 94.75 % ดัชนีความเร็วในการงอกเท่ากับ 15.19 และเวลาเฉลี่ยในการงอกเท่ากับ 6.56 วัน ชนิดพันธุ์ข้าวและอายุการเก็บเกี่ยวข้าวส่งผลให้พบจำนวนและชนิดของแมลงที่เกิดขึ้นในโรงเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตกต่างกัน การวางไข่ของแมลงเกิดขึ้นในแปลงปลูกระยะก่อนการเก็บเกี่ยวข้าวอายุ 28 วันหลังดอกบานทั้งในข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง (เฉี้ยงพัทลุง) และไม่ไวต่อช่วงแสง (กข55)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง จังหวัดพัทลุงที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำวิจัยและตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าว

เอกสารอ้างอิง

ขันทอง เพ็ชรนอก และประดิษฐ์ โพธิ์นักขา, 2549, การศึกษาสิ่งแปลกปลอมประเภท light filth ในข้าว, วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 48: 156-164.

พรรณี ทองเกตุ และดวงพร อังสุมาลี, 2553, การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว, ชุมชนสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประสูติ สิทธิสรวง, กิติยา กิจควรดี และไพฑูรย์ อุไรรงค์, 2526, การศึกษาเบื้องต้นความสูญเสียของข้าวขณะเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว, บทคัดย่อรายงานผลการวิจัย ปี 2526, สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2552, การศึกษาเมล็ดพันธุ์ข้าวพื้นเมือง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Astuti, L.P., Mudjiono, G., Rasminah, S. and Rahardjo, B.T., 2013, Influence of Temperature and Humidity on the Population Growth of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera, Bostrichidae) on Milled Rice, Journal of Entomology, 10: 86-94.

Ben, D.C., Liem, P.V., Dao, N.T., Gummert, M. and Rickman, J.K., 2006, Effect of Hermetic Storage in the Superbag on Seed Quality and on Milled Rice Quality of Different Varieties in Bac Lieu, Vietnam, 567 p. In: 2th International Rice congress 2006. New Delhi, India.

Borlagdan, P.C., Elauria, J.C., Elepaño, A.R., de Padua, D.B. and Dizon. E.I., 2017, Effects of Moisture Content, Storage Temperature, and Storage Time on Grain Yellowing and Head Rice Recovery of Paddy, Innovative Techniques in Agriculture 2.2: 323-332.

ISTA, 2011, International Rules of Seed Testing, International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

Edde, P.A., 2012, A Review of the Biology and Control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the Lesser Grain Borer, Journal of Stored Products Research, 48: 1-18.

Dickie, J.B., Ellis, R.H., Kraak, H.L., Ryder, K. and Tompsett, P.B., 1999, Temperature and Seed Storage Longevity, Annals of Botany, 65: 197-204.

Naik, D.S. and Chetti, M.B., 2017, Influence of Packaging and Storage Conditions on the Moisture Content and Its Effect on Fungal Load of Paddy. Research Journal of Agricultural Sciences, 8: 370-374.

Table 1 Standard of germination (SG), germination speed index (GSI) and average of germination time (AGT) for photoperiod sensitivity (Chiang Phatthalung) and insensitivity (RD 55) varieties harvested at 28, 30, 33 and 35 days after flowering (DAF).

Harvesting Period (DAF)	SG (%)		GSI		AGT (day)	
	Chiang Phatthalung	RD 55	Chiang Phatthalung	RD 55	Chiang Phatthalung	RD 55
28	81.75	94.75 a	12.92 c	15.19 a	6.90 a	6.56 b
30	83.50	84.75 b	13.37 b	12.26 c	6.56 a	7.57 a
33	91.75	93.25 a	15.40 a	13.28 bc	6.08 b	7.57 a
35	88.25	93.75 a	13.56 b	13.87 ab	6.80 a	7.16 a
mean	86.31	91.63	13.81	13.65	6.59	7.22
CV (%)	6.85	2.73	9.50	6.56	4.06	5.35
$LSD_{0.05}$	9.10	3.85	2.02	1.37	0.41	0.59

Means in the same column with different letters are significantly different at $P < 0.05$ by Least Significant Difference (LSD).

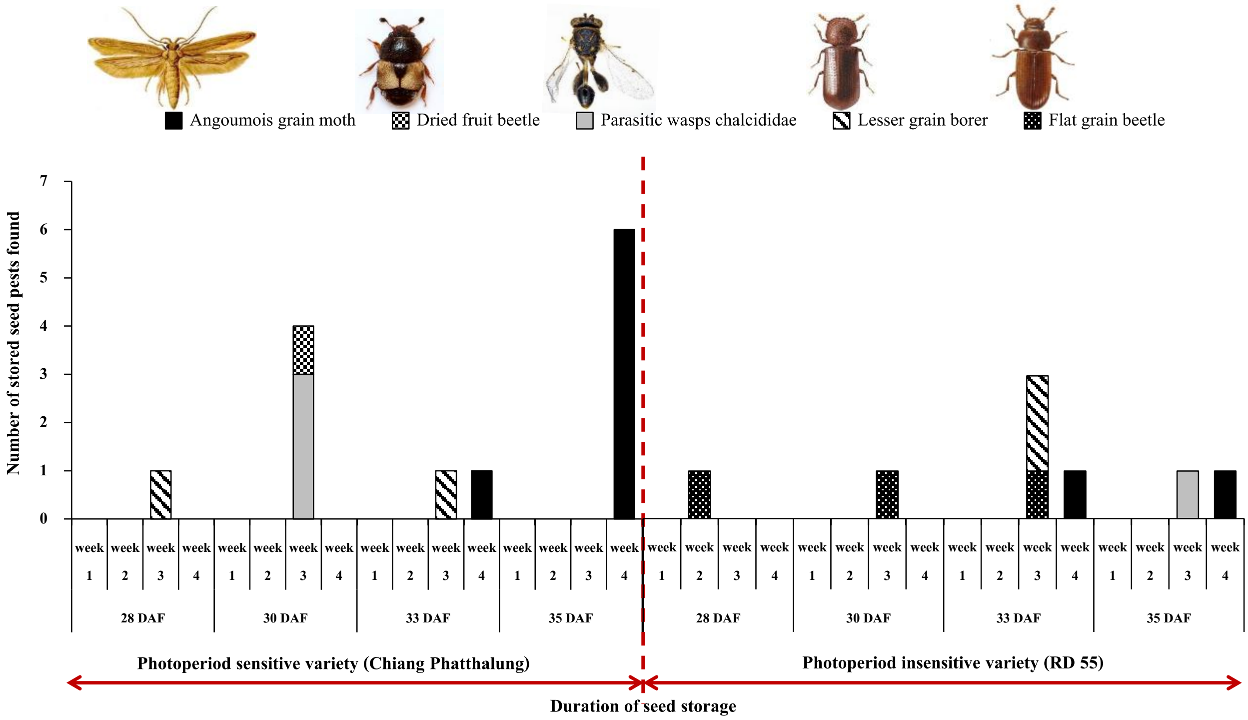


Figure 1 The number of stored seed pests found in photoperiod sensitive and insensitive varieties storage for four weeks.

การแสดงออกของยีน PR กับความต้านทานโรคไหม้ในข้าวที่มียีนต้านทาน *Pi9*
Expression Analysis of PR Genes Involving in Rice Blast Resistance Triggered by Rice Resistance Gene, *Pi9*

รจนา กล้ารัมย์[1] พัชรวิภา ใจจักรคำ[1] สวิตา สุวรรณรัตน์[1] และ ปัฐวิภา สงกุมาร[1]
Klaram, R.[1], Chaijuckam, P.[1], Suwannarat P.[1] and Songkumarn, P.[1]

Abstract

The rice blast resistance gene located in *Pi9* locus is a new potential for rice blast resistance breeding program in Thailand. In this study to understand the mechanism of rice resistance conferred by the *Pi9*, the expression of PR genes involving disease resistance were examined with quantitative realtime RT-PCR in near isogenic line of rice plants containing *Pi9* (IRBL9-W) against LTH (Li-Jiang-Xin-Tuan-He-Gu) (cultivar without *Pi9*) inoculated with *Pyricularia oryzae* isolate 10100 (the isolate without *AvrPi9*) at 12, 24, 36, 48, 72, 96 and 120 hours. Among the tested PR genes (*OsPR1a, OsPR1b, OsPR3, OsPR5, OsPR9, OsPR10, OsPR12*) the induction of rice defense-related genes (*OsPR5* and *OsPR10*) were observed with the highest level in response to *P.oryzae* in the resistant reaction. Data obtained in this study provides a starting point to understand the resistant mechanism of *Pi9* against *P. oryzae*.

Keywords: Rice blast disease, Resistance gene, *Pi9*, *Pyricularia oryzae*

บทคัดย่อ

ยีนต้านทานโรคไหม้ที่ตำแหน่ง *Pi9* เป็นแหล่งยีนต้านทานใหม่ที่มีศักยภาพในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้ต้านทานโรคไหม้ในประเทศไทย งานวิจัยนี้ศึกษากลไกที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความต้านโรคไหม้ของข้าวที่เป็นผลจากยีนต้านทาน *Pi9* โดยการติดตามการแสดงออกของยีน PR ด้วยเทคนิค quantitative realtime RT-PCR ในตัวอย่างข้าวที่มียีนต้านทาน *Pi9* (IRBL9-W) และพันธุ์ข้าว LTH (Li-Jiang-Tuan-He-Gu) ที่ไม่ปรากฏยีนต้านทาน *Pi9* ภายหลังการปลูกเชื้อ *P. oryzae* ไอโซเลท 10100 เก็บผลที่เวลา 12 24 36 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง จากการตรวจสอบการแสดงออกของยีน PR ซึ่งได้แก่ *OsPR1a OsPR1b OsPR3 OsPR5 OsPR9 OsPR10 OsPR12* พบว่า *OsPR5* และ *OsPR10* มีการยกระดับการแสดงออกของยีนสูงในข้าวที่แสดงปฏิกิริยาต้านทาน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะช่วยเพิ่มความเข้าใจในเรื่องกลไกการสร้างความต้านทานที่เป็นผลจากยีนต้านทาน *Pi9* ต่อเชื้อราก่อโรคไหม้ต่อไป

คำสำคัญ: โรคไหม้ข้าว ยีนต้านทาน, *Pi9*, เชื้อราก่อโรคไหม้ข้าว

คำนำ

ข้าวจัดเป็นแหล่งธัญญาหารหลักของประชากรในประเทศไทยและในหลายภูมิภาคทั่วโลก นอกจากนี้ข้าวยังถือเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศ จากสถิติในปีพ.ศ. 2560 พบว่ามูลค่าการส่งออกข้าวสูงเป็นอันดับสองในหมวดสินค้าเกษตรกรรมและมีมูลค่ารวมสูงถึง 160,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) แต่อย่างไรก็ตามการผลิตข้าวให้ได้คุณภาพและปริมาณยังคงเกิดปัญหาอย่างต่อเนื่อง หนึ่งในปัญหาดังกล่าวคือ การถูกทำลายโดยโรคไหม้ของข้าว (rice blast disease) ซึ่งมีสาเหตุจากเชื้อรา *Pyricularia oryzae* ถือเป็นหนึ่งในสาเหตุโรคที่สำคัญต่อขบวนการผลิตข้าวทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ สืบเนื่องจาก *P. oryzae* มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูงโดยสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วภายในเวลาไม่กี่ชั่วรุ่น (Ou, 1980) จึงมีโอกาสในการพัฒนาเพื่อเข้าทำลายข้าวที่มียีนต้านทานซึ่งกำลังถูกใช้งานในพื้นที่เพาะปลูก ดังนั้นการเตรียมพร้อมแหล่งพันธุกรรมต้านทานใหม่ ๆ ในการปรับปรุงพันธุ์ ตลอดจนการเตรียมองค์ความรู้ในกลไกการสร้างความต้านทานต่อโรคจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาพันธุ์ข้าวให้ต้านทานโรคไหม้ในอนาคต มีรายงานว่ายีนต้านทานโรคไหม้ *Pi9* มีความสามารถในการสร้างความต้านทานแบบกว้าง คือ สามารถต้านทานต่อเชื้อราก่อโรคไหม้ได้หลายสายพันธุ์ (Liu และ คณะ, 2002) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการสร้างความเข้าใจในเรื่องกลไกการสร้างความต้านทานโรคไหม้ที่เป็นผลจากยีนต้านทาน *Pi9* โดยศึกษาการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับระบบป้องกันตัวเองของพืช

[1]ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานครฯ 10900
[1]Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

(defense-related genes) ซึ่งปัจจุบันความรู้เรื่องการแสดงออกของยีนดังกล่าวในข้าวที่เป็นผลจากยีนต้านทาน *Pi9* ยังคงมีจำกัด โดยผลที่ได้จากงานวิจัยนี้อาจเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้ต้านทานโรคไหม้รวมทั้งสามารถใช้ประโยชน์จากยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความต้านทานต่อโรคไหม้ในการใช้เป็นยีนเครื่องหมายติดตาม (marker gene) ในงานด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนต้านทาน (R-gene) และยีนก่อโรค (Avr-gene) ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างกล้าข้าว การเลี้ยงเชื้อราทดสอบ และการปลูกเชื้อลงบนกล้าข้าว

เมล็ดพันธุ์ข้าว LTH (Li-Jiang-Xin-Tuan-He-Gu) และ IRBL9-W ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวชนิด NIL ที่มียีนต้านทาน *Pi9* ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ถูกนำมาเตรียมเป็นกล้าข้าวอายุ 14 วัน โดยปลูกรวมกันในถาดหลุม หลุมละ 2 ต้น รวมจำนวน 16 หลุมต่อหนึ่งพันธุ์ และเป็นจำนวน 32 หลุมต่อ 1 ถาด ทำการเตรียมจำนวนทั้งสิ้น 2 ถาดหลุมโดยแยกออกจากกันเป็นอิสระ *P. oryzae* ไอโซเลท 10100 ซึ่งจัดซื้อจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ซึ่งสามารถเข้าทำลายพันธุ์ข้าว LTH และไม่สามารถเข้าทำลายพันธุ์ข้าว IRBL9-W จะถูกนำมาเลี้ยงบนอาหาร RFA (rice flour agar) ให้เจริญเต็มจานอาหารและกระตุ้นให้เชื้อราสร้างสปอร์ภายใต้แสง Near-UV เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นเติมน้ำกลั่นผสม tween 20 (0.01%) และทำการขูดผิวหน้าอาหาร นำส่วนสารละลายกรองผ่านกระดาษ milacloth ที่ปราศจากเชื้อเพื่อแยกเฉพาะส่วนสารละลายสปอร์ และปรับความเข้มข้นของสปอร์ในปริมาณ $2x10^5$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร

นำกล้าข้าวที่เตรียมไว้มาบรรจุลงในกล่องพลาสติกทรงปิดที่มีการหล่อน้ำเพื่อให้ความชื้นจำนวน 2 กล่อง โดยกล่องที่ 1 ทำการฉีดพ่นน้ำนึ่งฆ่าเชื้อที่ผสม tween 20 (0.01%) (กลุ่มตัวอย่างข้าวชุดควบคุม) กล่องที่สองทำการฉีดพ่นสารละลายสปอร์ของให้ปกคลุมทั่วผิวใบของตัวอย่างพืช ทำการเก็บตัวอย่างข้าวหลังจากปลูกเชื้อเป็นเวลา 12 24 36 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง โดยตัดเก็บตัวอย่างเฉพาะส่วนใบข้าวจำนวน 4 ต้น จาก 2 หลุมปลูกแบบสุ่มในแต่ละช่วงระยะเวลาที่ นำตัวอย่างใบข้าวเก็บแช่ในไนโตรเจนเหลวก่อนเก็บที่ -80 องศาเซลเซียส ทำการเตรียมตัวอย่างดังอธิบายข้างต้นเป็นจำนวน 3 ซ้ำ

2. การเตรียม cDNA และการศึกษาการแสดงออกของยีนด้วยวิธี quantitative realtime RT-PCR

บดตัวอย่างใบข้าวด้วยไนโตรเจนเหลวให้เป็นผงละเอียดประมาณ 100 มิลลิกรัม นำตัวอย่างที่ได้มาสกัด total RNA โดยใช้ชุดสกัด RNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, USA) นำ total RNA ที่ได้มาเตรียม cDNA โดยใช้ชุด iScript Reverse Transcription Supermix (Biorad, USA) และนำ cDNA ที่ได้ไปวิเคราะห์การแสดงออกของยีนโดยการทำ quantitative realtime RT-PCR โดยคัดเลือกยีนที่เกี่ยวข้องกับระบบป้องกันตัวเองของข้าวซึ่งมีรายงานวิจัยมาก่อน (Peng และ คณะ, 2011, Duan และ คณะ, 2014, Sayari และ คณะ, 2014, Liu และ คณะ, 2015) จากนั้นวิเคราะห์ผลการแสดงออกของยีนโดยใช้ real-time PCR ในระบบ SYBR Green fluorescence ประเมินระดับการแสดงออกของยีนโดยเชิงสัมพันธ์ (relative expression) โดยการคำนวณตามวิธีของ (Pfaffl, 2001)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคไหม้ในข้าวที่มียีนต้านทาน *Pi9* ในกลุ่มข้าวที่แสดงปฏิกิริยาต้านทานและกลุ่มข้าวแสดงปฏิกิริยาอ่อนแอ เพื่อบ่งชี้ยีนต้านทานที่เกี่ยวข้องกับระบบป้องกันตัวเองของพืช (Defense related gene) กลุ่ม PR-protein (Pathogenesis-related protein) ทำการวิเคราะห์ผลการแสดงออกของยีนโดยใช้เทคนิค Quantitative realtime PCR (qR-PCR) ผลที่ได้เป็นการแสดงออกของยีนที่ศึกษา ณ เวลาต่างกัน คือ 12 24 36 48 72 96 120 ชั่วโมง ทำการเปรียบเทียบผลระหว่างกลุ่มตัวอย่างข้าวที่แสดงปฏิกิริยาต้านทานกับกลุ่มตัวอย่างข้าวที่แสดงปฏิกิริยาอ่อนแอ พบการแสดงออกของยีน *OsPR1a OsPR1b OsPR3 OsPR5 OsPR9* (หรือ *OsPOX*) *OsPR10* (หรือ *OsPBZ1*) และ *OsPR12* (Defensin) ทั้งในกลุ่มตัวอย่างข้าวที่แสดงปฏิกิริยาต้านทานและปฏิกิริยาอ่อนแอ โดยพบการแสดงออกของยีน *OsPR5* และ *PR10* ในกลุ่มตัวอย่างข้าวที่แสดงปฏิกิริยาต้านทานสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างข้าวที่แสดงปฏิกิริยาอ่อนแอ (Figure 1)

จากการศึกษาการแสดงออกของยีนกลุ่ม PR-protein ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างความต้านทานโรคไหม้ในข้าวที่มียีน *Pi9* พบว่ามีการยกระดับการแสดงออกของยีนกลุ่มที่ทำหน้าที่ในระบบการป้องกันตัวเองของพืช (Defense related gene) ภายหลังจากการปลูกเชื้อ *P. oryzae* ทั้งในกลุ่มตัวอย่างข้าวที่แสดงปฏิกิริยาต้านทานและกลุ่มตัวอย่างข้าวที่แสดงปฏิกิริยาอ่อนแอ โดยโปรตีน PR จัดเป็นโปรตีนที่ถูกกระตุ้นจากการเกิดบาดแผลบนพืชและมีการสะสมภายในพืชภายหลังจากพืชถูกจู่โจมโดยเชื้อก่อโรค รวมทั้งถูกกระตุ้นได้ด้วยสารเคมีบางกลุ่ม นอกจากนั้นมีโปรตีน PR หลายชนิดมีฤทธิ์ในการกำจัดเชื้อก่อโรค (Sels และ คณะ, 2008) โดยในงานวิจัยนี้พบว่า ยีน *OsPR5* และ *OsPR10* มีการแสดงออกสูงในกลุ่มตัวอย่างที่แสดงความต้านทาน โดยยีน *OsPR5*

จะกำหนดการสร้าง thaumatin-like protein (Zhang และ คณะ,2018) และจากรายงานของ Datta และคณะ (1999)) พบว่าข้าวที่มีการแสดงออกของยีน *OsPR5* เพิ่มขึ้นจะสามารถต้านทานต่อโรคกาบใบแห้งได้ดียิ่งขึ้น ในส่วน *OsPR10* หรือ *PBZ1* (Probenazole inducible protein1) ซึ่งเป็นยีนที่กำหนดการสร้างโปรตีน ribonuclease พบการรายงานว่ายีนดังกล่าวจะมีการแสดงออกสูงขึ้นในข้าวพันธุ์ที่ต้านทานต่อเชื้อราโรคไหม้ (Kim และ คณะ, 1999)

สรุปผล

จากการศึกษายีนที่เกี่ยวข้องกับระบบป้องกันตัวเองของพืชในกลุ่ม PR-protein (Pathogenesis-related protein) พบว่า *OsPR5* และ *OsPR10* มีการยกระดับการแสดงออกของยีนสูงในข้าวที่แสดงปฏิกิริยาต้านทานเหมาะจะนำไปใช้เป็นยีนเครื่องหมาย (marker gene) ของกลุ่มยีน Pathogenesis-related protein ในการตรวจสอบการสร้างความต้านทานโรคไหม้ข้าวที่มียีนต้านทาน *Pi9* และยังเพิ่มความเข้าใจเรื่องกลไกการสร้างความต้านทานโรคไหม้ข้าวที่เป็นผลจากยีนต้านทาน *Pi9*

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาวิจัยการเกษตร ปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560, สถิติการส่งออกข้าว ในปี พ.ศ.2560 [สืบค้น], http://www.oae.go.th. [17 สิงหาคม 2561].

Datta, K. Tu, J.M. Oliva, N. Ona, I. and Velazhahan, R., 2001, Enhanced Resistance to Sheath Blight by Constitutive Expression of Infection-Related Rice Chitinase in Transgenic Elite Indica Rice Cultivars, Plant Sci, 160 (3): 405–414.

Duan, C. Yu, J. Bai, J. Zhu, Z. and Wang, X., 2014, Induced Defense Responses in Rice Plants Against Small Brown Plant Hopper Infestation, The Crop Journal, p. 55-62.

Kim, S.T. Lim, D. S. Canman, C. E. and Kastan, M. B. 1999, Substrate Specificities And Identification of Putative Substrates of ATM Kinase Family Members, J, Biol, Chem, 274 (3): 37538–37543.

Liu, G. Lu, G. Zeng, L. and Wang, G.L., 2002, Two Broad-Spectrum Blast Resistance Genes, *Pi9(t)* and *Pi2(t)*, are Physically Linked on Rice Chromosome 6, Molecular Genetics and Genomics. 267: 472–480.

Liu, J. Park, C. He, F. Nagano, M. Wang, M. Bellizzi, M. Zhang, K. Zeng, X. Lie, W. Ning, Y. Kawano, Y. and Wang, G-L., 2015, The RhoGAP SPIN6 Associates with SPL11 and OsRac1 and Negatively Regulates Programmed Cell Death and Innate Immunity in Rice, PLOS Pathogens, 11 (4): e1004807.

Ou, S.H., 1980, Pathogen Variability and Host Resistance in Rice Blast Disease, Annual Reviews of Phytopathology, 18: 167-187.

Peng, D.H. Qiu, D.W. Ruan, L.F. Zhou, C.F. and Sun, M., 2011, Protein Elicitor PemG1 from *Magnaporthe grisea* Induces Systemic Acquired Resistance (SAR) in Plants, MPMI, 24 (10): 1239-1246.

Sayari, M. Babaeizad, V. Ghanbari, M.T. and Rahimian, H., 2014, Expression of the Pathogenesis Related Protein, NH-1, PAL, and Lipoxegenase in the Iranian Tarom and Khazar Rice Cultivars, in Reaction to *Rhizoctonia solani*-the Causal Agent of Rice Sheath Blight, Journal of Plant Protection Research, 54 (1): 37-43.

Sels, J. Mathys, J. De Coninck, B.M.A. Cammue, B. P. A., and De Bolle, M. F. C., 2008. Plant Pathogenesis-Related (PR) Proteins, a Focus on PR Peptides. Plant Physiology and Biochemistry, 46: 942-950.

Zhang, J. Wang F. Liang F. Zhang Y. Ma L. Wang H. and Liu D., 2018, Functional Analysis of a Pathogenesis Related Thaumatin-Like Protein Gene TaLr35PR5 from Wheat Induced by Leaf Rust fungus, BMC Plant Biology, 18:76: 1-11.

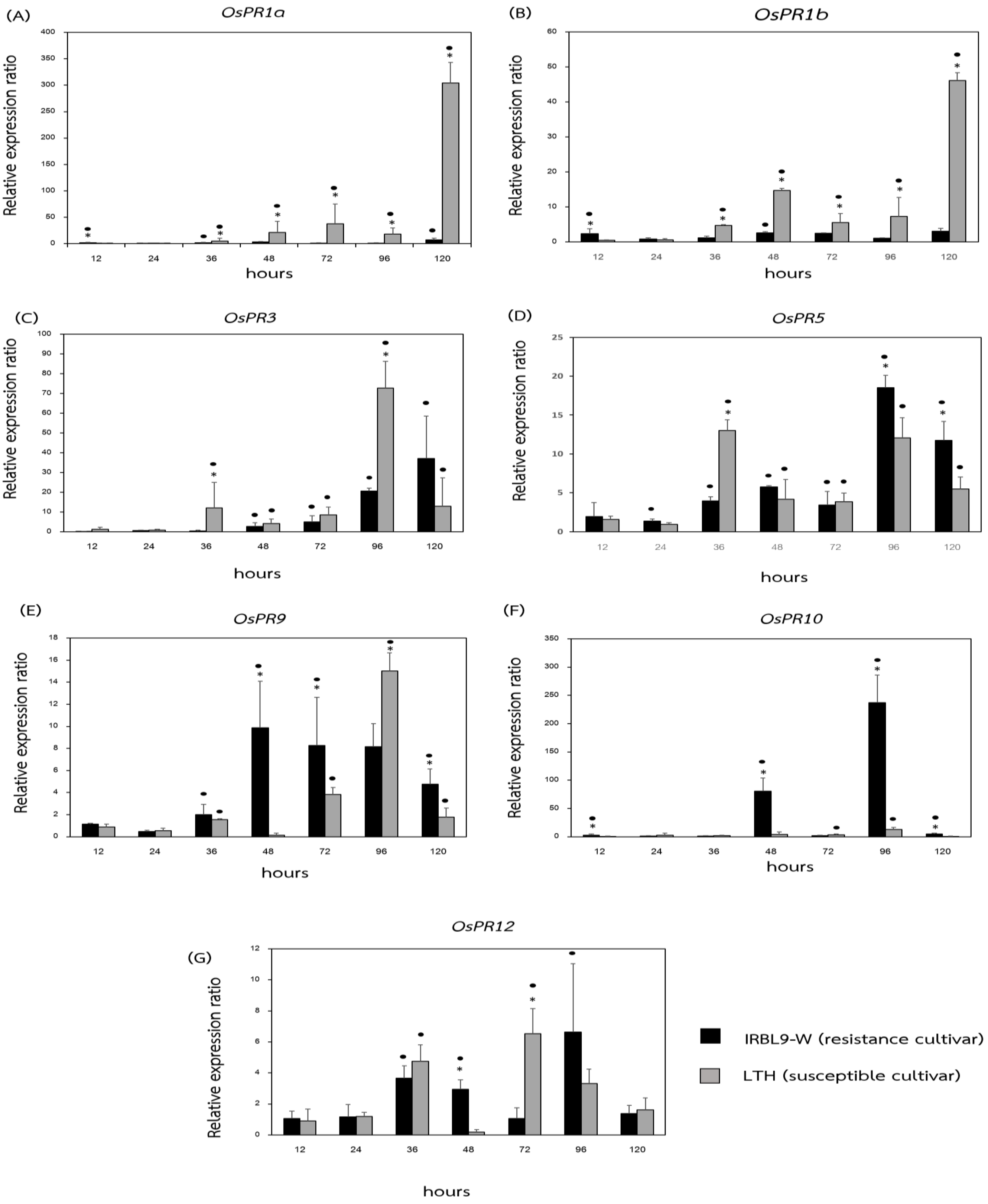


Figure 1 The relative expression level of rice defense-related genes (a) *OsPR1a* (b) *OsPR1b* (c) *OsPR3* (d) *OsPR5* (e) *OsPOX* (f) *OsPBZ*1 and (g) *OsPR12* in resistance and in susceptible cultivars at 12 24 36 48 72 96 and 120 hours after *P. oryzae* inoculation. The bars represent mean± SD from 2 replications. Asterisk indicated significant difference at P<0.05 as determined by Tukey's test. The symbols • show genes induced their expression levels.

แบคทีเรียทนกรดที่สามารถละลายฟอสเฟตจากป่าพรุ
Acid-tolerant Phosphate Solubilizing Bacteria From Peat Swamp Forest

ชมนาถ เกิดคง[1] มณี ตันติรุ่งกิจ[1] อรวรรณ ชวนตระกูล[1] รัตติยา ผดุงผล[1] และ ดวงพร คันธโชติ[2]
Kerdkhong, C.[1], Tantirungkij, M.[1], Chuntragoon, O.[1], Padungpol, R.[1] and Kantachote, D.[2]

Abstract

Using culture-dependent methods on R2A agar (pH 4.5), 122 and 132 isolates of acid-tolerant bacteria were isolated from primary and secondary peat swamp forests of Khan Thuli Mangrove Natural Learning Center, Suratthani Province, respectively. A total of acid-tolerant bacteria were primarily screened for their ability on phosphate solubilization using NBRIP agar and 18 phosphate solubilizing isolates, consisting of 13 isolates from primary peat swamp forest and 5 isolates from secondary peat swamp forest, were obtained. Further screening was carried out by culturing the selected isolates in NBRIP broth supplemented with 3 different phosphorus sources, including $Ca_3(PO_4)_2$, $FePO_4$ and phytic acid. Result revealed that the tested isolates could solubilize phosphate from $Ca_3(PO_4)_2$ greater than $FePO_4$ and phytic acid. Isolate PK4-11M was the most effective phosphate solubilizing isolate (1179.9 mg PO_4-P/L). Therefore, the promising isolates in this study will be further tested in greenhouse in order to use them as biofertilizer.

Keywords: acid-tolerant bacteria, phosphate solubilizing bacteria, peat swamp forest

บทคัดย่อ

จากการคัดแยกแบคทีเรียทนกรดในพื้นที่ป่าพรุดั้งเดิมและป่าพรุเปลี่ยนสภาพจากศูนย์ศึกษาธรรมชาติป่าพรุคันธุลี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารแข็ง R2A (pH 4.5) สามารถแยกแบคทีเรียทนกรดจากป่าพรุดั้งเดิม จำนวน 122 ไอโซเลท และจากป่าพรุเปลี่ยนสภาพ จำนวน 132 ไอโซเลท นำแบคทีเรียที่ได้มาทดสอบการย่อยสลายฟอสเฟตเบื้องต้นบนอาหารแข็ง NBRIP พบว่ามีไอโซเลทที่ย่อยสลายฟอสเฟตได้รวม 18 ไอโซเลท โดยเป็นไอโซเลทที่แยกได้จากบริเวณป่าพรุดั้งเดิม 13 ไอโซเลท และจากบริเวณป่าพรุเปลี่ยนสภาพ 5 ไอโซเลท จากนั้นนำไปทดสอบประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟตในอาหารเหลว NBRIP ซึ่งเติมแหล่งของฟอสเฟตที่แตกต่างกันได้แก่ $Ca(PO_4)_2$, $FePO_4$ และ phytic acid พบว่าเชื้อที่นำมาทดสอบสามารถละลายฟอสเฟตจาก $Ca(PO_4)_2$ ได้ดีกว่า $FePO_4$ และ phytic acid โดยไอโซเลท PK4-11M มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เชื้อปลดปล่อยมาสูงที่สุดเท่ากับ 1179.9 มก./ล. จากงานวิจัยนี้สามารถนำเชื้อแบคทีเรียไปศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตในระดับโรงเรือนเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพต่อไป

คำสำคัญ: แบคทีเรียทนกรด แบคทีเรียละลายฟอสเฟต ป่าพรุ

คำนำ

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่มักถูกตรึงอยู่กับแคทไอออนในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียม เหล็ก หรืออลูมิเนียมเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Rfaki และคณะ, 2015) โดยทั่วไปจุลินทรีย์ในดินมีการเปลี่ยนรูปฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่ละลายน้ำให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้โดยการผลิตกรดอินทรีย์หรือสร้างเอนไซม์ phosphatase ออกมาละลายฟอสเฟต (Sashidhar และ Podile, 2010) มีรายงานว่าในดินมีปริมาณแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้คิดเป็น 1-50% ของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในดิน (Xiang และคณะ, 2011) และพบว่าแบคทีเรียที่แยกจากดินพรุในอินโดนีเซียสามารถละลายฟอสเฟตได้ (Sitepu และคณะ, 2007; Sudiana และ Rahmansyah, 2011) ป่าพรุในเขตร้อนซึ่งดินมีสภาวะเป็นกรดสูง มีธาตุอาหารต่ำ ทำให้ประชากรจุลินทรีย์ดินมีลักษณะเฉพาะต่างไปจากระบบนิเวศอื่น เช่น สามารถทนสภาวะที่เป็นกรด หรือเจริญได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะคัด

[1] ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[1] Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140
[2] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ 90112
[2] Department of Microbiology, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai 90112

แยกแบคทีเรียทนกรดที่มีความสามารถละลายฟอสเฟตจากป่าพรุเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยชีวภาพต่อไป

วิธีการ

การคัดแยกแบคทีเรียทนกรด

เก็บตัวอย่างดินในป่าพรุดั้งเดิม (primary peat swamp forest) และป่าพรุเปลี่ยนสภาพ (secondary peat swamp forest) โดยเก็บตัวอย่างดินที่ศูนย์ศึกษาธรรมชาติป่าพรุคันธุลี จ.สุราษฎร์ธานี ที่ระดับความลึก 30-50 ซม. ด้วยสว่านเจาะดิน (soil auger) ในป่าพรุดั้งเดิม จำนวน 5 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างดินรหัส PK1-PK5 และป่าพรุเปลี่ยนสภาพ จำนวน 5 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างดินรหัส SK1-SK5 รวม 10 ตัวอย่าง จากนั้นเก็บรักษาตัวอย่างดินในถังน้ำแข็งระหว่างการเดินทางและที่ 4°ซ ที่ห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างดินมาคัดแยกแบคทีเรียทนกรดด้วยวิธีการเพาะเลี้ยง โดยเติมตัวอย่างดิน 5 กรัม ลงในน้ำเกลือปลอดเชื้อความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 45 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จากนั้นเจือจางตัวอย่างทีละ 10 เท่า และดูดตัวอย่างสารละลายที่เจือจางแล้วปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เกลี่ยบนผิวหน้าอาหารแข็ง R2A ที่ปรับค่าพีเอชเท่ากับ 4.5 (R2A 4.5) แล้วนำไปบ่มที่ 35°ซ นาน 2-7 วัน ตรวจสอบลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียและคัดแยกแบคทีเรียที่มีลักษณะโคโลนีแตกต่างกัน นำแบคทีเรียที่คัดเลือกไว้ทั้งหมดมาทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี cross streak บนอาหารแข็ง R2A ตรวจสอบความบริสุทธิ์ รูปร่าง และการติดสีของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วยการย้อมสีแบบแกรม จากนั้นเก็บรักษาเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่ได้ในหลอดอาหารแข็งแบบเอียง เก็บรักษาที่ 4°ซ

การคัดเลือกแบคทีเรียทนกรดที่สามารถละลายฟอสเฟตเบื้องต้นบนอาหารแข็ง

โดยนำแบคทีเรียที่แยกได้ทั้งหมด จำนวน 254 ไอโซเลท มาทดสอบความสามารถในการย่อยสลายฟอสเฟตเบื้องต้นบนอาหารแข็ง NBRIP (2% glucose, 1% $MgCl_2.6H_2O$, 0.025% $MgSO_4.7H_2O$, 0.02% KCl, 0.01% $(NH_4)SO_4$, 0.5% $Ca(PO_4)_2$, 1.5% agar) ด้วยวิธี point inoculation บ่มที่ 35°ซ นาน 7 วัน จากนั้นนำมาวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใสที่เกิดจากปฏิกิริยาการย่อยสลายฟอสเฟตและโคโลนี แล้วนำมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอสเฟต (phosphate solubilization Index, PSI) โดยคำนวณจากสมการต่อไปนี้

ประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอสเฟต (PSI) = ขนาดของวงใส/ขนาดของโคโลนี

การศึกษาแบคทีเรียทนกรดในการละลายฟอสเฟตในอาหารเหลว

นำแบคทีเรียที่สร้างวงใสบนอาหารแข็งมาทดสอบการละลายฟอสเฟตในอาหารเหลว โดยเขี่ยเชื้อแบคทีเรียลงในอาหารเหลว NBRIP ซึ่งเติมแหล่งของฟอสเฟตที่แตกต่างกัน ดังนี้ $Ca(PO_4)_2$, $FePO_4$ และ phytic acid (2% glucose, 1% $MgCl_2.6H_2O$, 0.025% $MgSO_4.7H_2O$, 0.02% KCl, 0.01% $(NH_4)SO_4$, 0.5% $Ca(PO_4)_2$/ $FePO_4$/ phytic acid) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำเชื้อแบคทีเรียมาเลี้ยงในอาหารเหลว NB ปรับสารละลายเชื้อให้มีค่า OD_{660} เท่ากับ 0.5 ซึ่งจะใช้เป็นปริมาตร 10% (V/V) เป็นหัวเชื้อถ่ายเชื้อเริ่มต้นลงในอาหารเหลว NBRIP ซึ่งเติมแหล่งของฟอสเฟตที่แตกต่างกัน บ่มในเครื่องเขย่าที่ 35°ซ นาน 5 วัน จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 8,000 rpm นาน 15 นาที ดูดสารละลายส่วนใสข้างบน (supernatant) มาวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เชื้อปลดปล่อยออกมาด้วยชุดทดสอบสำเร็จรูป Phosphate Test Spectroquant® (Merck, Germany) ตามขั้นตอนวิธีการปฏิบัติตามข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิต จากนั้นนำเชื้อที่มีความสามารถปลดปล่อยฟอสเฟตได้สูงที่สุดมาสกัดดีเอ็นเอตามวิธีการของ Vingataramin และ Frost (2015) แล้วเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณ 16S rDNA ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ 27F (5’- AGAG TTTGGATCMTGGCTCAG-3’) เป็น forward primer และ 1492R (5’-CGGTTACCTTGTTACGACTT-3’) เป็น reversed primer จากนั้นนำ PCR product ที่ได้ไปวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ แล้วนำลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้เปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ในฐานข้อมูลสากล (Gennbank) เพื่อระบุชนิดของแบคทีเรียด้วยโปรแกรม Blast (http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การคัดแยกแบคทีเรียทนกรด

จากการคัดแยกแบคทีเรียทนกรดจากตัวอย่างดินในพื้นที่ป่าพรุดั้งเดิมและป่าพรุเปลี่ยนสภาพจากศูนย์ศึกษาธรรมชาติป่าพรุคันธุลี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารแข็ง R2A (pH 4.5) พบว่าตัวอย่างดินจากป่าพรุดั้งเดิมมีปริมาณแบคทีเรียทนกรด $1.5x10^5$ - $4.8x10^6$ CFU/g และป่าพรุเปลี่ยนสภาพมีปริมาณแบคทีเรียทนกรด $3.0x10^5$ - $4.0x10^6$ CFU/g ซึ่งปริมาณในภาพรวมของดินบริเวณป่าพรุดั้งเดิมมีปริมาณแบคทีเรียทนกรดมากกว่าดินป่าพรุเปลี่ยนสภาพ เมื่อแยกแบคทีเรียที่มีลักษณะโคโลนีแตกต่างกันและทำให้บริสุทธิ์ สามารถแยกแบคทีเรียทนกรดจากป่าพรุดั้งเดิม จำนวน 122 ไอโซเลท และจากป่าพรุ

เปลี่ยนสภาพ จำนวน 132 ไอโซเลท รวมทั้งสิ้น 254 ไอโซเลท จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา โดยตรวจสอบลักษณะโคโลนี การติดสีแบบแกรมและรูปร่างของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าแบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปร่างเป็นท่อนสร้างสปอร์ คิดเป็น 67% และ 82% ของแบคทีเรียที่แยกได้จากป่าพรุดั้งเดิมและป่าพรุเปลี่ยนสภาพ ตามลำดับ

การคัดเลือกแบคทีเรียทนกรดที่สามารถละลายฟอสเฟตเบื้องต้นบนอาหารแข็ง

จากการนำแบคทีเรียทนกรดที่แยกได้ จำนวน 254 ไอโซเลท มาทดสอบความสามารถในการย่อยสลายฟอสเฟตเบื้องต้นบนอาหารแข็ง NBRIP พบว่ามีไอโซเลทที่ย่อยสลายฟอสเฟตได้ รวม 18 ไอโซเลท โดยเป็นไอโซเลทที่แยกได้จากบริเวณป่าพรุดั้งเดิม 13 ไอโซเลท (10.7%) และจากบริเวณป่าพรุเปลี่ยนสภาพ 5 ไอโซเลท (3.8%) (Figure 1) และไอโซเลท PK4-11M ที่แยกได้จากบริเวณป่าพรุดั้งเดิมให้ค่า PSI สูงสุดเท่ากับ 2.7 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Rfaki และคณะ, 2015 ที่รายงานค่า PSI ของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตไอโซเลท RB-4-3 เท่ากับ 2.88 จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ามีแบคทีเรียย่อยสลายฟอสเฟตเพียง 4-11% และโอกาสที่จะพบแบคทีเรียย่อยสลายฟอสเฟตจากดินบริเวณป่าพรุดั้งเดิมสูงกว่าบริเวณป่าพรุเปลี่ยนสภาพ

การศึกษาแบคทีเรียทนกรดในการละลายฟอสเฟตในอาหารเหลว

เมื่อนำไอโซเลทที่ย่อยาลายฟอสเฟตได้ทั้ง 18 ไอโซเลท มาทดสอบประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟตในอาหารเหลว NBRIP ซึ่งเติมแหล่งของฟอสเฟตที่แตกต่างกันได้แก่ $Ca(PO_4)_2$, $FePO_4$ และ phytic acid พบว่าแบคทีเรียที่นำมาทดสอบสามารถละลายฟอสเฟตจาก $Ca(PO_4)_2$ ได้ดีกว่า $FePO_4$ และ phytic acid ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Xuan และคณะ (2011) และ Stella และ Halimi (2015) ที่รายงานว่าเชื้อสามารถละลายฟอสเฟตจาก $Ca(PO_4)_2$ ได้ดีกว่า $FePO_4$ และ $AlPO_4$ จากงานวิจัยนี้พบว่าแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้ดีและสามารถปลดปล่อยฟอสเฟตได้มากกว่า 400 มก./ล. จำนวน 12 ไอโซเลท เป็นแบคทีเรียที่แยกได้จากป่าพรุดั้งเดิม โดยไอโซเลท PK4-11M สามารถปลดปล่อยฟอสเฟตได้สูงที่สุดเท่ากับ 1179.9 มก./ล. (Figure 2) ซึ่งผลของการทดลองนี้มีค่ามากกว่ารายงานการทดสอบของ Liu และคณะ (2016) ที่คัดแยก Rhizosphere bacteria จากดินรอบรากองุ่นซึ่งสามารถละลายฟอสเฟต Ca-P ได้ 517.69-673.99 มก./ล. นอกจากนี้เมื่อวัดค่า pH ของน้ำเลี้ยงส่วนใส (supernatant) พบว่าค่า pH ที่ได้มีค่าลดลง (pH = 3.5) เมื่อเทียบกับค่า pH ของอาหารเหลวก่อนทำการบ่มเลี้ยงเชื้อ (pH = 6.2) แสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียสามารถผลิตกรดอินทรีย์ระหว่างที่มีการเจริญในอาหารเหลวได้ ซึ่งกรดอินทรีย์เหล่านี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟต (Stella และ Halimi, 2015) เมื่อนำไอโซเลท PK4-11M ไประบุชนิดด้วยวิธีทางชีวโมเลกุล พบว่าเป็นแบคทีเรียสปีชีส์ใหม่ในสกุล *Kosakonia* ที่มีความใกล้เคียงกับ *Kosakonia oryzendophytica* เท่ากับ 98.5%

สรุปผล

จากงานวิจัยนี้สามารถแยกแบคทีเรียทนกรดจากป่าพรุดั้งเดิม จำนวน 122 ไอโซเลท และจากป่าพรุเปลี่ยนสภาพ จำนวน 132 ไอโซเลท เมื่อนำมาทดสอบการย่อยสลายฟอสเฟตเบื้องต้นบนอาหารแข็ง NBRIP พบว่ามีไอโซเลทที่ย่อยสลายฟอสเฟตได้รวม 18 ไอโซเลท โดยเป็นไอโซเลทที่แยกได้จากป่าพรุดั้งเดิม 13 ไอโซเลท และจากป่าพรุเปลี่ยนสภาพ 5 ไอโซเลท เมื่อทดสอบประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟตในอาหารเหลว NBRIP ซึ่งเติมแหล่งของฟอสเฟตที่แตกต่างกันพบว่าเชื้อที่นำมาทดสอบสามารถละลายฟอสเฟตจาก $Ca(PO_4)_2$ ได้ดีกว่า $FePO_4$ และ phytic acid โดยไอโซเลท *Kosakonia* sp. PK4-11M มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เชื้อปลดปล่อยมาสูงที่สุดเท่ากับ 1179.9 มก./ล.

คำขอบคุณ

ผลงานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านความหลากหลายทางชีวภาพ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (BDC-PG1-160002)

เอกสารอ้างอิง

Liu, M., Liu, X., Cheng, B.S., Ma, X.L., Lyu, X.T., Zhao, X.F., Ju, Y.L., Min, Z., Fang, Y.L., 2016, Selection and Evaluation of Phosphate-Solubilizing Bacteria from Grapevine Rhizospheres for Use as Biofertilizers, Spanish Journal of Agricultural Research, 14(4): e1106.

Rfaki, A., Nassiri, L., Ibijbijen, J., 2015, Isolation and Characterization of Phosphate Solubilizing Bacteria from the Rhizosphere of Faba bean (*Vicia faba* L.) in Meknes Region, Morocco, British Microbiology Research Journal, 6(5): 247-254.

Sashidhar, B., Podile, A.R., 2010, Mineral Phosphate Solubilization by Rhizosphere Bacteria and Scope for Manipulation of the Direct Oxidation Pathway Involving Glucose Dehydrogenase, Journal of Applied Microbiology, 109(1): 1-12.

Sitepu, I.R., Hashidoko, Y., Santoso, E., Tahara, S., 2007, Potent Phosphate-Solubilizing Bacteria Isolated from Dipterocarps Grown in Peat Swamp Forest in Central Kalimantan and Their Possible Utilization for Biorehabilitation of Degraded Peatland, Proceedings of the International Symposium and Workshop on Tropical Peatland, Aug, 27-29, Yogyakarta, Indonesia.

Stella, M., Halimi, M.S., 2015, Gluconic Acid Production by Bacteria to Liberate Phosphorus from Insoluble Phosphate Complexes, Journal of Tropical Agriculture and Food Science, 43(1): 41-53.

Sudiana, I.M., Rahmansyah, M., 2011, Bacterial Seasoning in Tropical Peat Soil Sustaining Methane Reducing Activities, Journal of Agricultural Biological Science, 6(12): 12-21.

Yu, X., Liu, X., Zhu, T.H., Liu, G.H., Mao, C., 2011, Isolation and Characterization of Phosphate-Solubilizing Bacteria from Walnut and Their Effect on Growth and Phosphorus Mobilization, Biology and Fertility of Soils, 47(4): 437-446.

Vingataramin, L., Frost, E.H., 2015, A Single Protocol for Extraction of gDNA from Bacteria and Yeast, BioTechniques, 58(3): 120-125.

Xiang, W.L., Liang, H.Z., Liu, S., Luo, F., Tang, J., Li, M.Y., Che, Z.M., 2011, Isolation and Performance Evaluation of Halotolerant Phosphate Solubilizing Bacteria from the Rhizospheric Soils of Historic Dagong Brine Well in China, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 27(11): 2629-2637.

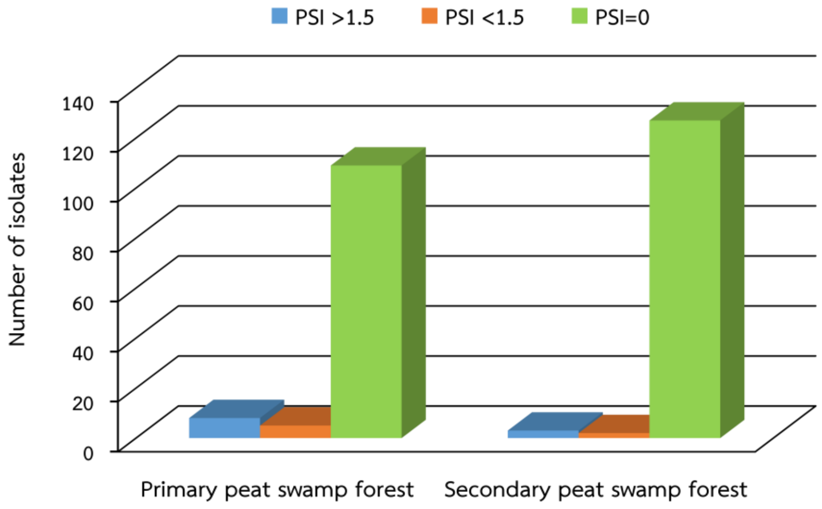


Figure 1 Number of acid-tolerant bacteria isolates with phosphate solubilizing using NBRIP agar. PSI=0; no clear zone, PSI<1.5; showing clear zone with PSI less than 1.5 and PSI>1.5; showing clear zone with PSI more than 1.5.

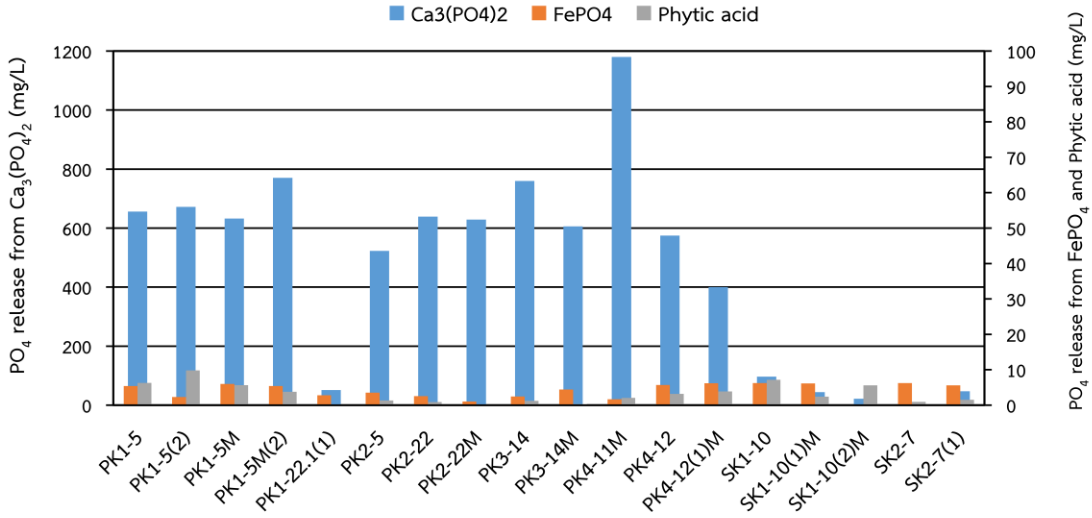


Figure 2 Efficiency of solubilizing phosphate in NBRIP broth supplemented with 3 different phosphorus sources, including $Ca_3(PO_4)_2$, $FePO_4$ and phytic acid.

การปรับปรุงคุณภาพทางจุลินทรีย์ และทางเคมีของเห็ดหูหนูดำด้วยรังสี
Radiation Improvement of Microbiological and Chemical Properties of *Auricularia auricular-judae*

เขมรุจิ เข็มทอง[1] ศิริลักษณ์ ชูแก้ว[1] จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ[1] สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1] และ วชิราภรณ์ ผิวล่อง[1]
Khemthong, K.[1], Chookaew, S.[1] Eamsiri, J.[1] Sajjabut, S.[1] and Pewlong, W.[1]

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of gamma irradiation on microbiological and chemical properties of *Auricularia auricular-judae*. Samples were dried and ground into powder before irradiated with gamma ray at doses of 2.5, 5.0, 7.5 and 10.0 kGy. The irradiated samples were then analyzed for their microbial load, antioxidant properties, chemical constituents including water soluble polysaccharides and total protein by compared to non-irradiated samples. Results demonstrated that the microbial load was reduced when increasing the dose while the antioxidant properties and total protein of irradiated samples were similar to non-irradiated samples. On the contrary, the irradiated samples were significantly enhanced in water soluble polysaccharides when increasing the irradiated dose (p<0.05).
Keywords: *A. auricular-judae*, Gamma irradiation, Microbiological properties, Chemical properties

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ และทางเคมีในเห็ดหูหนูดำ โดยนำตัวอย่างมาทำให้แห้งแล้วบดจนเป็นผงก่อนนำไปฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 กิโลเกรย์ ทำการทดสอบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณพอลิแซ็คคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ และปริมาณโปรตีนเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี จากการทดสอบพบว่าเมื่อฉายรังสีในปริมาณที่สูงขึ้น จะทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง และปริมาณพอลิแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี
คำสำคัญ: เห็ดหูหนูดำ การฉายรังสีแกมมา คุณภาพทางจุลินทรีย์ คุณภาพทางเคมี

คำนำ

เห็ดหูหนู (Jelly Ear mushroom; *Auricularia auricula-judae* (Bull.)) เป็นเห็ดในวงศ์ *Auriculariaceae* ที่ขึ้นได้เองตามธรรมชาติ จากขอนไม้หรือต้นไม้ที่ตายแล้ว พบในภูมิภาคแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีอากาศร้อนชื้น เช่น ประเทศไทย พม่า ลาว เวียดนาม ดอกเห็ดมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ นิ่มคล้ายวุ้น สีน้ำตาลแดง มีความเงาคล้ายกับใบหูของหนูซ้อนทับกัน (HonestDocs, 2562) เมื่อถูกปรุงสุกจะให้เนื้อสัมผัสที่มีความกรอบ จึงทำให้เป็นที่นิยมบริโภค จากการศึกษาเบื้องต้นของสุนันท์ และคณะ (2528) พบว่าเห็ดทุกชนิดมีปริมาณไขมันต่ำ เห็ดที่พบปริมาณไขมันสูงที่สุดคือ เห็ดตะไคล ค่าเท่ากับ 0.3% และยังพบว่ามีสารประกอบกลุ่มพอลิฟีนอล (polyphenols) ที่เป็นสารออกฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยลดความการเสื่อมของเซลล์ในร่างกาย ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (Pewlong และคณะ, 2019) และยังพบสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ โปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นสำหรับร่างกาย และพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่อยู่ในกลุ่มพอลิแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำ คือ sulfated polysaccharide ที่มีฤทธิ์เสริมภูมิคุ้มกัน เป็นต้น (Nie และคณะ 2006) การฉายรังสีอาหารเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการถนอมอาหาร มีประโยชน์ในด้านการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร ยืดอายุการเก็บ กำจัดแมลง เป็นต้น (Chookaew และคณะ, 2019) การฉายรังสีในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคอยู่ที่ระดับรังสีเฉลี่ยไม่เกิน 10 กิโลเกรย์ (kGy) (FAO, IAEA, WHO, 1981) ปริมาณรังสีที่แนะนำสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดสด คือ 1–3 kGy และปริมาณรังสี 10-50 kGy สำหรับลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ให้เห็ดแห้ง (ICGFI, 1999) ทั้งนี้การฉายรังสีอาหาร รังสีจะถ่ายเทพลังงานบางส่วนทำให้เกิดการแตกตัวเป็นโมเลกุลที่มีประจุไฟฟ้า (ionization) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตัวอย่างอาหารสดที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเรดิโอไลซีส (radiolysis) เกิดเป็นอนุมูลอิสระซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีมากกว่าการฉายรังสีในตัวอย่างแห้ง คล้ายกับการการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในอาหารที่มาจากการใช้ความร้อน (โกวิทย์, 2542). ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ และคุณภาพทางเคมีในตัวอย่างเห็ดหูหนูดำแห้ง.

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเห็ดหูหนูดำมาทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสด้วยตู้อบลมร้อน (Memmert Beschickung – Loading

[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

Modell 100–800) จากนั้นนำมาบดละเอียด แล้วทำการฉายรังสีแกมมา ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมาจากโคบอลต์ 60 รุ่น Gamma chamber 5000 ที่ปริมาณรังสี 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 kGy ณ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ทำการชั่งตัวอย่าง 100 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปโซนิเคท (sonicated) นาน 60 นาที แล้วนำมาปั่นเหวี่ยงที่ 7000 รอบ/นาที นาน 5 นาที เก็บสารละลายส่วนใสไว้เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด (total phenolic content; TPC) โดยการทดลองนี้ใช้การทดสอบ TPC ด้วยวิธี Folin-Ciocalteau's reagent method เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid) ตามวิธีของ Velioglu และคณะ (1998) ทดสอบฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ (radical scavenging activity) ด้วยวิธีการ DPPH radical scavenging activity assay (DPPH) 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl เทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ตามวิธีของ Khattak และคณะ (2008) ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (ferric ion reducing antioxidant power assay: FRAP) เป็นการทดสอบสมบัติในการเป็นตัวรีดิวซ์ โดย ferric tripyridyltriazine (Fe3+-TPTZ) จะถูกสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระรีดิวซ์จนทำให้เกิด ferrous-tripyridyltriazine (Fe2+-TPTZ) ทดสอบเทียบกับสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) (นพวัฒน์ และคณะ, 2554) ตามวิธีของ Benzie และคณะ (1996) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (protein content) ด้วยวิธีคเจลดาห์ล (Kjeldahl, 1883). ปริมาณพอลิแซ็คคาไรด์ที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total water soluble polysaccharide) ตามวิธีของ Zionggang และคณะ (2010). ทดสอบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ (microbial contamination) หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (total viable bacteria counts; TVC) และปริมาณยีสต์และราทั้งหมด (total yeast and mold counts; TYM) ตามวิธีของ AOAC (1990). ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง (n=3) และหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) นำมาวิเคราะห์ทางสถิติค่าความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 21

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

พบว่าค่า TPC DPPH และ FRAP ในตัวอย่างที่ไม่ฉาย และฉายรังสีแกมมาปริมาณ 2.5 - 10 kGy ของเห็ดหูหนูดำอยู่ระหว่าง 1.86-1.98 mgGAE/g 0.09-0.11 mgAAE/g และ 9.14-10.08 μmol $FeSO_4$/g ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1. ซึ่งค่า TPC DPPH และ FRAP ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าการฉายรังสีไม่ส่งผลต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเห็ดหูหนู สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pewlong และคณะ (2019)ที่ทำการศึกษาผลของรังสีแกมมาในตัวอย่างเห็ดพอร์โทเบลโล่ (*Agaricus bisporus*).

Table 1. Effects of gamma irradiation on total phenolics, DPPH value and FRAP of *Auricularia auricular-judae* samples.

Dose (kGy)	TPC (mgGAE/g)	DPPH value (mgAAE/g)	FRAP (μmol $FeSO_4$/g)
0	1.86±0.04[a]	0.11±0.05[a]	9.14±0.66[a]
2.5	1.96±0.02[a]	0.11±0.04[a]	10.08±0.28[a]
5.0	1.91±0.06[a]	0.10±0.03[a]	10.15±0.21[a]
7.5	1.86±0.02[a]	0.09±0.03[a]	9.15±0.22[a]
10.0	1.98±0.11[a]	0.11±0.05[a]	9.35±0.55[a]

Values are expressed as mean ± SD of triplicate measurements. Different letter in the same column indicate significant differences at $p < 0.05$

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl method พบว่าปริมาณโปรตีนในตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี และตัวอย่างฉายรังสี โดยอยู่ในช่วง 9.64±0.07 - 10.07±0.02 %w/w ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการฉายรังสีแกมมาไม่ทำให้เห็ดหูหนูดำแห้งมีปริมาณโปรตีนเปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับการฉายรังสีแกมมาในตัวอย่างเห็ดหอม (Shiitake mushroom) (Pewlong และคณะ, 2019). และถั่วเหลืองที่ปริมาณรังสี 20 kGy (Byun และคณะ, 1996)

การวิเคราะห์ปริมาณพอลิแซ็คคาไรด์ที่ละลายน้ำทั้งหมด พบว่าเมื่อตัวอย่างได้รับปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น มีผลให้ปริมาณพอลิแซ็คคาไรด์ที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณพอลิแซ็คคาไรด์ที่ละลายน้ำทั้งหมด 4.98±0.50 %w/w. และเพิ่มขึ้นเป็น 22.97±0.71 %w/w. เมื่อฉายรังสี 10 kGy เนื่องจากผนังเซลล์เห็ดส่วนใหญ่ประกอบขึ้นจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) ที่ยึดติดกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic linkages) เป็นพอลิแซ็คคาไรด์ที่ส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ (Wasser และคณะ, 1979) เมื่อฉายรังสีแกมมาทำให้เกิดการสลายโมเลกุลของพอลิแซ็คคาไรด์ไปเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีสมบัติละลายน้ำได้ดี (ศิริวัฒนา และคณะ, 2553). ดังแสดงใน Table.2 ซึ่งจากรายงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าพอลิแซ็คคาไรด์จากเห็ดมีฤทธิ์ในการต้านเซลล์มะเร็ง (ปริญญา และคณะ, 2535, Chihara และคณะ, 1970). และช่วยในการรักษาโรคมะเร็ง (Kamiyama, 1992; Nanba, 1995) มีการใช้สารสกัดพอลิแซ็คคาไรด์จากเห็ดหูหนูดำร่วมกับสาร procyanidins จากเมล็ดองุ่นเพื่อป้องกันความเสียหายของเซลล์จากการฉายรังสีบำบัดในหนูพบว่าสารทั้งสองชนิดสามารถป้องกันความเสียหายของเซลล์ได้โดยการเพิ่มฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และกระตุ้นภูมิคุ้มกันของเซลล์ (Haina และคณะ 2014). ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของพอลิแซ็คคาไรด์ของเห็ดหูหนูดำที่ฉายรังสีต้องทำการวิเคราะห์ด้านอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อพัฒนาไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

Table 2. Effects of gamma irradiation on total protein and total polysaccharide of *Auricularia auricular-judae* samples.

Dose (kGy)	Protein (% w/w)	Polysaccharide (% w/w)
0	10.07±0.02[a]	4.98±0.50[a]
2.5	9.90±0.07[a]	10.79±0.90[b]
5	9.64±0.07[a]	15.04±0.31[c]
7.5	9.78±0.05[a]	19.61±0.69[d]
10	9.84±0.09[a]	22.97±0.71[e]

Values are expressd as mean ± SD of triplicate measurements. Different letter in the same column indicate significant differences at $p < 0.05$.

WHO ได้กำหนดเกณฑ์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนต้องไม่เกิน 1.0×10^4 cfu/g (โกวิทย์, 2542). ในการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC) พบว่าตัวอย่างเริ่มต้นที่ก่อนฉายรังสี มีค่าเท่ากับ 8.0×10^3 cfu/g มีค่าลดลงเป็น 1.7×10^2 cfu/g (ลดลง 1 log cycle) ในตัวอย่างที่ฉายรังสี 2.5 kGy และลดลงจนถึงระดับที่ไม่สามารถตรวจนับได้ในตัวอย่างที่ฉายรังสี 5 kGy แสดงให้เห็นว่าการฉายรังสีแกมมามีผลทำให้ค่า TVC ลดลง ตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการฉายรังสีแกมมาจะไปรบกวนการแบ่งตัวของเชื้อจุลินทรีย์จนทำให้เซลล์ตายลงได้ (จารุรัตน์ และคณะ 2556). ส่วนปริมาณยีสต์และราทั้งหมด (TYM) ตรวจไม่พบในทุกตัวอย่างทั้งที่ไม่ฉายและฉายรังสี เนื่องมาจากการปนเปื้อนเชื้อราต่าง ๆ สาเหตุส่วนใหญ่จะมาจากกระบวนการผลิต เช่น การตากแห้งบนพื้นดิน ทำให้เกิดการปนเปื้อนสปอร์เชื้อราในดินได้ (ชวเลิศ และคณะ 2561)แต่ในการทดลองนี้ได้ทำการเตรียมตัวอย่างแห้งในตู้อบลมร้อน จึงทำให้ไม่มีการปนเปื้อนจากเชื้อรา.

Table 3. Effect of gamma irradiation on total viable bacterial counts (TVC) and total yeast and mold counts (TYM) of *Auricularia auricular-judae*. samples.

Dose (kGy)	TVC (cfu/g)	TYM (cfu/g)
0	8.0×10^3	$<10_{Est}$
2.5	1.7×10^2	$<10_{Est}$
5	$<10_{Est}$	$<10_{Est}$
7.5	$<10_{Est}$	$<10_{Est}$
10	$<10_{Est}$	$<10_{Est}$

สรุปผล

การฉายรังสีแกมมาในตัวอย่างเห็ดหูหนูแห้งเพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราทั้งหมด ที่ปริมาณเริ่มต้นในตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่ WHO กำหนดไว้ แต่เมื่อฉายรังสีแกมมามีผลให้มีค่าลดลง เมื่อได้รับปริมาณรังสีมากขึ้น ด้านคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด, ฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ, ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณโปรตีน ระหว่างตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี และที่ฉายรังสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่การฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 10 kGy มีผลทำให้ปริมาณพอลิแซ็คคาไรด์ที่ละลายน้ำทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น 361.24% การฉายรังสีแกมมาในตัวอย่างเห็ดหูหนูแห้งเพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า TVC TYM เริ่มต้นในตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่ WHO กำหนดไว้ แต่เมื่อฉายรังสีแกมมามีผลให้ TVC TYM ลดลงเมื่อได้รับปริมาณรังสีมากขึ้น ด้านคุณภาพทางเคมี ได้แก่ TPC DPPH FRAP total protein content ระหว่างตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีและที่ฉายรังสีไม่แตกต่างกัน แต่การฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 10 kGy ทำให้ปริมาณพอลิแซ็คคาไรด์ที่ละลายน้ำทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น 361.24%

คำขอบคุณ

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการฉายรังสี

เอกสารอ้างอิง

กองบรรณาธิการ HD, 2562, เห็ดหูหนูดำ (Jelly Ear Fungus) [สืบค้น], https://www.honestdocs.co/jelly-ear-fungus

โกวิทย์ นุชประมูล, 2542, อาหารกับการฉายรังสี, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, กรุงเทพฯ, 16 หน้า

จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ วชิราภรณ์ ผิวล่อง สุรศักดิ์ สัจจบุตร และศิริลักษณ์ สิงห์เพชร, 2556, ผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของอบเชย (*Cinnamomum zeylanicum*), วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2) (พิเศษ):229-232.

ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์ เนตรา สมบูรณ์แก้ว ศุภรา อัคคะสาระกุล สุพี วนศิรากุล ชุติมา วิธูรจิตต์ อัจฉราพร ศรีจุดานุ อารีรัตน์ การุณสถิตชัย และวีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย, 2561, การควบคุมการปนเปื้อนจุลินทรีย์และสารพิษจากเชื้อราในกระบวนการผลิตผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว, กรมวิชาการเกษตร, [สืบค้น], http://www.doa.go.th/research/showthread.php?tid=2414&pid=2432.

นพวัฒน์ เพ็งคำศรี, จัตุพล กันทะมูล, ภัทราภรณ์ โตวัฒนกิจ, วชิรวิทย์ วงศ์ษารัฐ, วนิดา ใจหมั้น, นิภาพร เมืองจันทร์ และสุภารัตน์ จันทร์เหลือง, 2554, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเหง้าข่าลิง, วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ 6: 195-201

ปริญญา รัตนะพิมาน สัณห์ พณิชยกุล สุทธพรรณ ตรีรัตน์ และหรรษา ปุณณพยัคฆ์, 2535, การผลิตสารที่มีฤทธิ์ต่อต้านมะเร็งในเห็ดหมื่นปี, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 109 หน้า.

ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล วีระชัย บัญชรเทวกุล และกาญจนา กิติดี, 2553, การผลิตน้ำตาลจากผักตบชวา เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเอทานอล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ. [สืบค้น] http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/23843.

สุนันท์ พงษ์สามารถ สุรางค์ อัศวมั่นคง ปิยวรรณ์ สุรินทร์รัฐ ลำดวน เศวตมาลย์ ธิติรัตน์ ปานม่วง จงดี ว่องพินัยรัตน์ นรามินทร์ มารคแมน พันธุ์ทวี ภักดีดินแดน และประเสริฐ วุฒิคัมภีร์, 2528, การสำรวจคุณค่าอาหารของเห็ด, ภาควิชาชีวเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [สืบค้น], http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/2152.

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.

Byun, M. Kang, I. and Mori, T. 1996, Effect of γ-irradiation on the Water Soluble Components of Soybeans, Radiation Physics and Chemistry. 47: 155–160.

Chihara, G. Hamuro, J. Yukiko, Y. Maeda, Arai, Y. and Fukuoka, F. 1970, Fractionation and Purification of the Polysaccharides with Marked Antitumor Activity, Especially Lentinan, from *Lentinus edodes* (Berk.) Sing, (An Edible Mushroom), Cancer Research. 30: 2776-2781.

Chookaew, S. Sajjabut, S. Pewlong1, W. Eamsiri, J. and Orpong, P. 2019, Effects of Gamma Irradiation on Antioxidant Properties and Microbial Contamination in *Boletus griseipureus* Coner, International Nuclear Science and Technology Conference. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1285: 012007.

FAO, IAEA, WHO, 1981, The Wholesomeness of Irradiated Food, WHO Technical ReportSeries Nr. 659, Geneva.

Haina, B. Zhenyu, W. Jie, C and Chilin, C. 2014, Synergistic Radiation Protective Effect of Purified *Auricularia auricular-judae* Polysaccharide (AAP IV) with Grape Seed Procyanidins, Molecules. 19 :20675-20694.

International Consultative Group on Food Irradiation (ICGFI), 1999, In Facts about Food Irradiation United Kingdom: Buckinghamshire.

Kamiyama, Y. 1992, Improving Effect of Active Hexose Correlated Compound (AHCC) on the Prognosis of Postoperative Hepatocellular Carcinoma Patients, European Surgical Research 31: 216.

Khattak, K.F. Simpson, T.J. Ihasnullah, 2008, Effect of Gamma Irradiation on the Extraction Yield, Total Phenolic Content and Free Radical-Scavenging Activity of *Nigella sativa* seed. Food Chem. 110: 967-72

Kjeldahl, J. 1883, Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in Organischen Körpern. [New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Substances.], Zeitschrift für analytische Chemie, 22, 366-383.

Nanba, H. 1995, Results of Non-Controlled Clinical Study for Various Cancer Patients Using Maitake D-fraction, Explore 6: 19-21.

Nie, X. Shi, B. Ding, Y. and Tao W. 2006, Preparation of a Chemically Sulfated Polysaccharide Derived from *Grifola frondosa* and Its Potential Biological Activities, International Journal of Biological MacromoleculesVolume 39, Issues 4–5, 15 November 2006, Pages 228-233.

Official Method of Analysis, 1990, Associtation of Official Analytical Chemists, Washington DC, 15th edition.

Pewlong, W. Sajjabut, S. Chookaew, S. and Eamsiri, J. 2019, Effects of Gamma Irradiation on Microbial Load and Chemical Properties for Preserve Dried Shiitake Mushroom Powder, CMUJ NS Special Issue on Food and Applied Bioscience to Innovation and Technology (2019) Vol. 18(2): 178-189.

Pewlong, W. Sajjabut, S. Eamsiri, J. Chookaew, S. and Khemthong, K. 2019, Effects of Gamma Irradiation on Antioxidant Activities and Chemical Properties in *Agaricus bisporus* Mushrooms, International Nuclear Science and Technology Conference. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1285: 012005.

Velioglu, Y.S. Mazza, G. Gao, L. and Oomah, 1998, B.D. Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 4113-4117

Wasser. J.G.H. and Sietaman. J. 1979, Wall Structure and Growth in Schizophyllum Commune. Fungal Walls and Hyphal Growth, 27-37.

Xionggang, X. Xinlin, W. Yuanfeng, W. Qinjie, C. and Jianbo X. 2010, Determination of Tea Polysaccharides in *Camellia sinensis* by a Modified Phenol-Sulfuric Acid Method, Archives of Biological Sciences 62, 3: 669-676.

การใช้แอคติโนมัยสีทปฏิปักษ์ตรึงเพอร์ไลต์เพื่อควบคุมโรคกาบใบแห้งในข้าว
Use antagonistic actinomycetes immobilized with perlite for controlling rice sheath blight disease

เจนจิรา เดชรักษา[1] ณัฐณิชา ศรีดี[1] และ ณัฐยา บุญครอบ[1]
Detraksa, J.[1], Sridee, N.[1] and Boonkhrob, N.[1]

Abstract
The present study investigates the use of antagonistic actinomycetes immobilized with perlite for controlling rice sheath blight disease caused by *Rhizoctonia solani*. A total of 54 actinomycete isolates were isolated from soil samples collected from rice fields in Lopburi province. All isolates were screened for antagonistic properties using the dual culture technique. The actinomycete AL13-2 and AL14-2 showed the highest growth inhibition of *R. solani* at 87.61% and 92.38%, respectively. The perlite was evaluated as a carrier material for cell immobilization. Results showed the number of AL13-2 and AL14-2 cells in the perlite at 2.0x10^9 and 2.6x10^9 CFU/g, respectively. In pot experiments, the actinomycetes immobilized with perlite were significantly suppressed sheath blight disease of RD41 rice variety when compared to control. These results suggest that the antagonistic actinomycetes immobilized with perlite could be a promising candidate for utilization in rice biocontrol agent of sheath blight disease.
Keywords: Actinomycetes, *Rhizoctonia solani*, Perlite, Rice sheath blight disease

บทคัดย่อ
การวิจัยนี้ทำการทดสอบการใช้แอคติโนมัยสีทปฏิปักษ์ตรึงเพอร์ไลต์เพื่อควบคุมโรคกาบใบแห้งในข้าวที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Rhizoctonia solani* โดยแยกแอคติโนมัยสีทจากดินนาข้าวในจังหวัดลพบุรีได้ 54 ไอโซเลต นำมาทดสอบความสามารถในการยับยั้ง *R. solani* ด้วยวิธี dual culture พบว่าแอคติโนมัยสีท AL13-2 และ AL14-2 มีการยับยั้งสูงสุดเท่ากับ 87.61% และ 92.38% ตามลำดับ จากนั้นทดสอบการตรึงแอคติโนมัยสีทกับตัวกลางเพอร์ไลต์ พบว่าปริมาณแอคติโนมัยสีท AL13-2 และ AL14-2 ในเพอร์ไลต์เท่ากับ 2.0x10^9 และ 2.6x10^9 CFU/g เมื่อทดสอบการควบคุมโรคกาบใบแห้งในข้าวพันธุ์ กข 41 ในระดับกระถาง พบว่าแอคติโนมัยสีทตรึงเพอร์ไลต์สามารถลดความรุนแรงของโรคกาบใบแห้งได้แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแอคติโนมัยสีทปฏิปักษ์ตรึงเพอร์ไลต์สามารถพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ควบคุมโรคกาบใบแห้งในข้าวได้
คำสำคัญ: แอคติโนมัยสีท *Rhizoctonia solani* เพอร์ไลต์ โรคกาบใบแห้งในข้าว

คำนำ
ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ปัญหาหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตข้าว คือ โรคที่มีสาเหตุจากเชื้อรา โดยเฉพาะโรคกาบใบแห้งจาก *Rhizoctonia solani* ซึ่งทำเกิดแผลสีเขียวปนเทาตามบริเวณกาบใบบริเวณใกล้ระดับน้ำ แผลจะขยายใหญ่ขึ้นจนถึงใบข้าว ใบธง และกาบหุ้มรวงข้าว ทำให้ใบและกาบใบเหี่ยวแห้ง เกษตรกรมักจะใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดเชื้อ เช่น วาลิดามัยซิน โพรพิโคนาโซล และเพนไซคูรอน (สำนักงานพัฒนาข้าว, 2562) แต่การใช้สารเคมีในนาข้าวที่มากเกินความจำเป็นก่อให้เกิดเป็นอันตรายต่อทั้งเกษตรกรและผู้บริโภคข้าว รวมทั้งเกิดปัญหาสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี (biological control) โดยใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์เป็นที่ยอมรับในการเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการโรคพืชแบบผสมผสาน หรือการผลิตพืชอินทรีย์ เนื่องจากเป็นวิธีที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งนำไปสู่การควบคุมโรคพืชอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต (อนันต์, 2557) แอคติโนมัยสีทได้รับความสนใจในการควบคุมเชื้อก่อโรคในพืช เนื่องจากพบได้ทั่วไปในดิน โคลน น้ำ และบริเวณรอบรากพืช จีนัสที่พบมากที่สุดในดินคือ *Streptomyces* มีรายงานถึงกลไกการควบคุมเชื้อราก่อโรคพืชของ *Streptomyces* ได้แก่ ความสามารถผลิตเอนไซม์ amylase, cellulase, protease, β-1,3-glucosidase และ chitinase

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 15000
[1] Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, Muang, Lopburi 15000

ย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อรา การสร้างสารปฏิชีวนะ การสร้าง siderophore และ ฮอร์โมน IAA เป็นต้น (Gopalakrishnan และคณะ, 2011; Faheem และคณะ, 2015) อย่างไรก็ตามความสำเร็จในการนำจุลินทรีย์ไปใช้ในสภาวะธรรมชาตินั้นจะต้องมีปริมาณเพียงพอและมีชีวิตรอดในดิน ซึ่งสามารถทำโดยนำจุลินทรีย์ตรึงกับวัสดุพาหะของแข็ง (solid-based inoculant) ที่เหมาะสม เช่น ถ่านหิน เบนโทไนท์ แร่ดินเหนียว เวมิคูไลท์ และพีท เป็นต้น ในงานวิจัยนี้สนใจเพอร์ไลต์เป็นวัสดุตรึงจุลินทรีย์ เนื่องจากเพอร์ไลต์เป็นหินภูเขาไฟเนื้อแก้ว เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิที่เหมาะสมในเวลาที่รวดเร็ว จะขยายตัว มีน้ำหนักเบาและมีความพรุนสูง (สำนักเหมืองแร่และสัมปทาน, 2561) ซึ่งรูพรุนของเพอร์ไลต์จะสามารถช่วยตรึงจุลินทรีย์ได้ งานวิจัยนี้จึงสนใจนำแอคติโนมัยสีทปฏิปักษ์ตรึงกับเพอร์ไลต์เพื่อใช้ควบคุมโรคกาบใบแห้งในข้าว โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นต้นแบบในการพัฒนาจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ใช้ควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี ลดผลกระทบจากสารเคมีที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม และสามารถต่อยอดเพื่อปรับปรุงระบบการผลิตทางการเกษตรอินทรีย์แบบยั่งยืนในพื้นที่การปลูกข้าวในประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เชื้อราก่อโรคกาบใบแห้ง

เชื้อรา *Rhizoctonia solani* ได้รับจากภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นำมาเลี้ยงบน Potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิห้อง (28-30 $^{\circ}$C) เป็นเวลา 5-7 วัน

2. การแยกแอคติโนมัยสีทจากดินนาข้าว

เก็บตัวอย่างดินนาข้าวในจังหวัดลพบุรี จำนวน 10 ตัวอย่าง นำดินมาชั่ง 10 กรัมเติมกลั่นฆ่าเชื้อ 90 มิลลิลิตร และนำไปแช่ใน water bath อุณหภูมิ 50 $^{\circ}$C เป็นเวลา 5 นาที เจือจางที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสมและเพาะเลี้ยงบนอาหาร starch casein agar บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน เลือกเก็บโคโลนีที่มีลักษณะคล้ายหนังสัตว์ กำมะหยี่หรือเป็นฝุ่นผงมาทำเชื้อบริสุทธิ์บนอาหาร Glucose yeast extract malt extract (GYM) agar ศึกษารูปร่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

3. การทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *R. solani* ของแอคติโนมัยสีท โดยวิธี dual culture

ตัดโคโลนีแอคติโนมัยสีทด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้นและนำมาวางบนอาหาร PDA โดยวางห่างจากกึ่งกลางจานเพาะเชื้อด้านละ 3 เซนติเมตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นตัดปลายเส้นใยเชื้อรา *R. solani* ที่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร นำไปวางตรงกลางจานเพาะเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิห้องต่ออีก 3 วัน วัดขนาดรัศมีของโคโลนีเชื้อรา เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่วางเชื้อราเพียงอย่างเดียว จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา จากสูตร $[(r1 - r2)/r1] \times 100$ เมื่อ r1 คือ รัศมีของโคโลนีเชื้อราในจานควบคุมและ r2 คือ รัศมีของโคโลนีเชื้อในจานทดสอบ (Himaman และคณะ, 2016)

4. การตรึงแอคติโนมัยสีทปฏิปักษ์บนตัวกลางเพอร์ไลต์ (Nimnoi และคณะ, 2017)

เพาะเลี้ยงแอคติโนมัยสีทปฏิปักษ์ ใน GYM broth บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำมาปั่นเหวี่ยง 6,000 rpm ล้างเซลล์ด้วยน้ำเกลือ (0.85% NaCl) ปลอดเชื้อ 2 ครั้ง และละลายด้วยน้ำเกลือปลอดเชื้อ จะได้เป็นเซลล์แขวนลอย ตรวจนับแอคติโนมัยสีทโดยการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี spread plate บนอาหาร GYM agar

นำเพอร์ไลต์ขนาดเฉลี่ย 2-3 มิลลิเมตรไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 $^{\circ}$C เป็นเวลา 15 นาที จำนวน 2 ครั้ง จากนั้นนำเซลล์แขวนลอยของแอคติโนมัยสีทมาผสมในเพอร์ไลต์ที่เตรียมไว้ บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปผึ่งในตู้ปลอดเชื้อจนแห้ง ตรวจนับปริมาณแอคติโนมัยสีทที่ตรึงบนเพอร์ไลต์ด้วยวิธี spread plate บนอาหาร GYM agar

5. การทดสอบประสิทธิภาพของแอคติโนมัยสีทตรึงเพอร์ไลต์ต่อการควบคุมเชื้อรา *R. solani* บนต้นข้าวในระดับกระถาง

นำเมล็ดข้าวเปลือกสายพันธุ์ กข 41 มาฆ่าเชื้อที่ผิวเมล็ด โดยแช่ในสารละลายไฮโปคลอไรท์เข้มข้น 1% เป็นเวลา 1 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 4-5 ครั้ง แช่เมล็ดข้าวในน้ำกลั่นปลอดเชื้อเป็นเวลา 1 คืน รินน้ำออกและวางทิ้งไว้อีก 1 คืน นำไปปลูกในกระถางที่มีดินนาบรรจุ 2 กิโลกรัม แบ่งชุดการทดลอง 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ใช้ต้นข้าว 5 ต้นต่อ 1 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลอง ที่ 1 ชุดควบคุม

ชุดการทดลอง ที่ 2 ปลูกเชื้อรา *R. solani* อย่างเดียว

ชุดการทดลอง ที่ 3 แอคติโนมัยสีท Al13-2 ตรึงเพอร์ไลต์ร่วมกับ *R. solani*

ชุดการทดลอง ที่ 4 แอคติโนมัยสีท Al14-2 ตรึงเพอร์ไลต์ร่วมกับ *R. solani*

เมื่อต้นข้าวอายุ 45 วัน เติมแอคติโนมัยสีทตรึงเพอร์ไลต์ 20 กรัม หลังจากนั้น 3 วันทำการปลูกเชื้อราโดยใช้วิธีดัดแปลงจาก ปิลันธนา และศราวิชญ์ (2558) ตัดปลายเส้นใย *R. solani* บนอาหาร PDA ด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร นำไปปลูกเชื้อบนกาบใบข้าว หลังจากปลูกเชื้อราทำการเติมแอคติโนมัยสีทตรึงเพอร์ไลต์อีกครั้งในวันที่ 7 หลังจากเติม

ครั้งแรก สังเกตรอยแผลสีน้ำตาลบนต้นข้าวหลังจากปลูกเชื้อราไปแล้ว 14 วัน วัดความสูงของบาดแผลและความสูงของต้นข้าว นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค (% Disease incidence) = sheath blight lesion height/plant height x 100 และเปอร์เซ็นต์การลดการเกิดโรค (%Disease suppression) = [%disease incidence of control/%disease incidence of incidence one)/%disease incidence of control] x100 (Boukaew และ Prasertsan, 2014) วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการนำตัวอย่างดินจากนาข้าวในจังหวัดลพบุรี จำนวน 10 ตัวอย่างมาแยกแอคติโนมัยสีท พบว่าสามารถแยกแบคทีเรียที่มีโคโลนีคล้ายหนังสัตว์ กำมะหยี่หรือเป็นฝุ่นผง และเมื่อศึกษารูปร่างใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่ามีลักษณะเป็นเส้นใยและสร้างสปอร์จำนวน 54 ไอโซเลต นำแอคติโนมัยสีทที่แยกได้หมดมาทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *R. solani* โดยวิธี dual culture assay พบว่าแอคติโนมัยสีทไอโซเลต AL13-2 และ AL14-2 มีประสิทธิภาพการยับยั้ง *R. solani* ได้สูงกว่า 80% โดยมีการยับยั้งเชื้อราเท่ากับ 87.61% และ 92.38% ตามลำดับ ลักษณะการยับยั้งเชื้อราของแอคติโนมัยสีท คือทำให้เส้นใยเชื้อราหยุดการเจริญถึงแม้ว่าเชื้อทั้งสองไม่เจริญเข้าหากันโดยตรง (Figure 1) แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการสร้างสารเมแทบอไลต์ที่ปลดปล่อยออกมานอกเซลล์ภายหลังจากเลี้ยงร่วมกัน ซึ่ง Boukaew and Prasertsan (2014) ได้นำ *Streptomyces philanthi* RM-1-138 มายับยั้ง *R. solani* พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผนังเซลล์ของเชื้อราและชักนำให้เกิดการรั่วของไซโตพลาสซึม มีผลทำให้เซลล์เชื้อราไม่สามารถเจริญได้

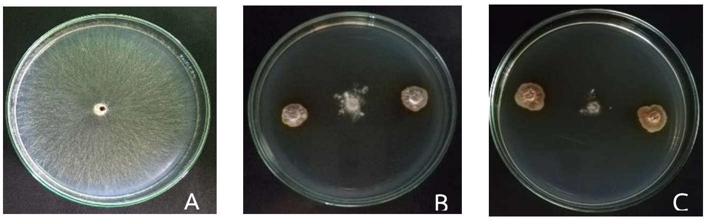


Figure 1 The actinomycete isolates inhibited the growth of mycelium *R. solani* after dual cultured for 3 days on PDA. (A) *R. solani* (control), (B) *R. solani* and AL13-2, and (C) *R. solani* and AL14-2

Table 1 Efficacy of actinomycetes immobilized with perlite suppressing the development of sheath blight disease in pot experiments

Treatment	Plant height (cm)	Lesion height (cm)	Disease incidence (%)	Disease suppression (%)
Control	45.59±1.43[a]	0.00[c]	0.00[c]	0.00
R. solani	48.76±6.51[a]	10.93±0.22[a]	22.64[a]	0.00
R. solani + AL13-2 immobilized with perlite	47.79±1.79[a]	5.00±1.51[b]	10.39[b]	54.10
R. solani + AL14-2 immobilized with perlite	47.53±3.31[a]	4.13±0.35[b]	8.72[b]	61.48

Data are means ± standard deviations (SD) of three replicates. Means designated with same letters do not differ significantly (p< 0.05) according to the Duncan's multiple range test

เมื่อทำการตรึงแอคติโนมัยสีทปฏิปักษ์ทั้ง 2 ไอโซเลตกับเพอร์ไลต์และตรวจนับปริมาณแอคติโนมัยสีท พบว่ามีปริมาณเชื้อใกล้เคียงกัน คือ เพอร์ไลต์ตรึงไอโซเลต AL13-2 และ AL14-2 มีปริมาณเชื้อเท่ากับ $2.0x10^9$ CFU/g และ $2.6x10^9$ CFU/g ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Bejarano et al. (2017) และ Daza et al. (2000) ที่นำเพอร์ไลต์เป็นวัสดุตรึงเชื้อส่งเสริมการเจริญของพืช *Sinhorhizobium fredii* และ *Bradyrhizobium japonicumachieving* โดยมีปริมาณเชื้อในวัสดุตรึงเท่ากับ 10^9–10^{10} CFU/g จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเพอร์ไลต์ตรึงไอโซเลต AL13-2 และ AL14-2 จึงสามารถเป็นวัสดุตัวกลางที่สามารถนำแอตติโนมัยสีทปริมาณที่เหมาะสมลงสู่ดินได้

เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของแอคติโนมัยสีท AL13-2 และ AL14-2 ตรึงเพอร์ไลต์ต่อการยับยั้งเชื้อรา *R. solani* บนต้นข้าวสายพันธุ์ กข41 ในระดับกระถาง พบว่าชุดทดลองที่มีการใช้แอคติโนมัยสีทตรึงเพอร์ไลต์ทั้ง 2 ไอโซเลตสามารถลดความ

รุนแรงของโรคกาบใบแห้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองที่ปลูกเชื้อรา *R. solani* เพียงอย่างเดียว (Table 1) แอคติโนมัยสีท AL14-2 ตรึงเพอร์ไลต์สามารถลดความรุนแรงของโรคได้สูงที่สุดเท่ากับ 8.72% และช่วยเพิ่มการป้องกันการเกิดโรค 61.48% จากผลการทดลองครั้งนี้จึงสามารถนำแอคติโนมัยสีท AL14-2 ตรึงเพอร์ไลต์ไปพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์เพื่อการควบคุมเชื้อรา *R. solani* ไปประยุกต์ใช้ในระดับเรือนทดลองและแปลงปลูกจริงต่อไป

สรุปผล

แอคติโนมัยสีทปฏิปักษ์ไอโซเลต AL13-2 และ AL14-2 ที่แยกจากดินในนาข้าว สามารถยับยั้งการเจริญเชื้อรา *R. solani* ที่ก่อโรคกาบใบแห้ง โดยมีประสิทธิภาพการยับยั้งสูงเมื่อทดสอบด้วยวิธี dual culture assay ทำการตรึงแอคติโนมัยสีทปฏิปักษ์ทั้ง 2 ไอโซเลตกับตัวกลางเพอร์ไลต์ พบว่าแอคติโนมัยสีททั้งสองไอโซเลตในเพอร์ไลต์มีปริมาณเพียงพอต่อการนำไปใช้ในสิ่งแวดล้อม และแอคติโนมัยสีท AL13-2 และ AL14-2 ตรึงเพอร์ไลต์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *R. solani* บนต้นข้าวสายพันธุ์ กข41 ในระดับกระถาง ดังนั้นแอคติโนมัยสีทไอโซเลตปฏิปักษ์ตรึงเพอร์ไลต์จากงานวิจัยนี้จึงมีศักยภาพที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ใช้การควบคุมโรคกาบใบแห้งในข้าวต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ปิลันธนา ฐาปนพงษ์วรกุล และ ศราวิชญ์ สายมงคล, 2558, ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus megaterium* สายพันธุ์ No.16 ในการควบคุมโรคกาบใบแห้งของข้าวพันธุ์ กข 6, วารสารเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 31(3): 301 – 310.

สำนักงานพัฒนาข้าว, 2562, ศัตรูข้าวและการป้องกันกำจัด, [สืบค้น], http://www.ricethailand.go.th [1/October/19].

สำนักเหมืองแร่และสัมปทาน, 2561, เพอร์ไลต์, [สืบค้น], http://www1.dpim.go.th/ppr/title.php?tid= 000001074149948 [1/September/18].

อนันต์ วงเจริญ, 2557, การคัดเลือกเชื้อราเอนโดไฟต์จากข้าว (*Oryza sativa* L.) ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งราสาเหตุโรคข้าว, วารสารแก่นเกษตร, 42(3): 385-396.

Bejarano, A., Sauer, U., Mitter, B., and Preininger, C., 2017, Parameters Influencing Adsorption of *Paraburkholderia phytofirmans* PsJN Onto Bentonite, Silica and Talc for Microbial Inoculants, Applied Clay Science, 141: 138–145.

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.

Faheem, M., Raza, W., Zhong, W., Nan, Z., Shen, Q., and Xu, Y., 2015, Evaluation of the Biocontrol Potential of *Streptomyces goshikiensis* YCXU Against *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*, Biological Control, 81: 101–110.

Daza, A., SantamarõÂa ,C., RodrõÂguez-Navarro, D.N., Camacho, M., Orive, R., and Temprano, F., 2000, Perlite as a Carrier for Bacterial Inoculants, Soil Biology and Biochemistry, 32: 567-572.

Gopalakrishnan, S., Pande, S., Sharma, M., Humayun, P., Kiran, B.K., Sandeep, D., Vidya, M.S., Deepthi, K., and Rupela, O., 2011, Evaluation of Actinomycete Isolates Obtained from Herbal Vermicompost for the Biological Control of *Fusarium* Wilt of Chickpea, Crop Protection, 30: 1070-1078.

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.

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(3): 751-767.

ผลของ *Bacillus subtilis* และสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการควบคุมเชื้อรา *Alternaria brassicicola* สาเหตุโรคใบจุดคะน้า

Effect of *Bacillus subtilis* and Fungicides on Inhibition of *Alternaria brassicicola* Causing Leaf Spot Disease on Chinese Kale

ธนกร สันบุกา[1] วัศพล เบ็ญจกุล[1] และ สวิตา สุวรรณรัตน์[1]
Sonbuka, T.[1], Benjakul, W.[1] and Suwannarat, S.[1]

Abstract

This research aimed to study the efficiency of four isolates of *Bacillus subtilis* isolated from rice seed and three fungicides for controlling *Alternaria brassicicola,* caused of leaf spot disease on Chinese kale. The efficacy of bacteria was investigated using dual culture technique. The results showed that the highest potential for colony inhibition was *Bacillus subtilis* isolate RTS10. The percentage of colony inhibition was 50.0. Following by isolates CHI8 CHI6 and RTS11 with percentages of inhibition were 45.2-48.1. The efficacy of three fungicides; iprodione, mancozeb, and propineb on inhibition of mycelia growth was assayed by poisoned food technique. The fungicide concentrations were based on labeling recommended concentration. The results revealed that iprodione750 ppm and mancozeb 2000 ppm were the highly effective fungicide on colony inhibition. The percentage of colony inhibition was 99.4. While propineb 1750 ppm had 68.7 % inhibition of colony.

Keywords: Leaf spot, *Alternaria brassicicola*, *Bacillus subtilis*, Fungicide

บทคัดย่อ

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *Bacillus subtitilis* ที่แยกได้จากเมล็ดพันธุ์ข้าว 4 ไอโซเลต และสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา 3 ชนิด ในการควบคุมเชื้อรา *Alternaria brassicicola* สาเหตุโรคใบจุดของคะน้า การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียด้วยวิธี dual culture technique พบว่าแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ไอโซเลท RTS10 สามารถยับยั้งเส้นใยสูงสุด มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งท่ากับ 50.0 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยไอโซเลท CHI8 CHI6 และ RTS11 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งระหว่าง 45.2- 48.1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทดสอบประสิทธิของสารเคมี 3 ชนิด ได้แก่ iprodione mancozeb และ propineb ด้วยวิธี Poisoned food technique โดยใช้ความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดเชื้อราตามอัตราแนะนำบนฉลาก พบว่า สาร iprodione 750 ppm และ mancozeb 2000 ppm มีค่าการยับยั้งเส้นใยสูงสุดเท่ากับ 99.4 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สาร propineb 1750 ppm มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 68.7%

คำสำคัญ: โรคใบจุด *Alternaria brassicicola Bacillus subtilis* สารป้องกันกำจัดเชื้อรา

คำนำ

โรคใบจุดของคะน้า ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Alternaria brassicicola* (Schw.) Wiltshire เป็นโรคที่สามารถสร้างความเสียได้อย่างมาก เนื่องจากเชื้อราสามารถเข้าทำลายพืชตั้งแต่ระยะกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ซึ่งถ้าเชื้อเข้าทำลายในระยะต้นกล้าจะส่งผลให้ต้นกล้าเน่าตายหรือเคราะแกร็นได้ (ชวนพิศ, 2549) หรือถ้าเป็นโรคในระยะต้นโต จะพบอาการจุดที่ส่วนต่าง ๆ ของพืชโดยเฉพาะที่ใบ แผลขยายออกเป็นวงซ้อนสีน้ำตาลหรือดำ (สกุลศักดิ์, 2540) พบระบาดมากในฤดูฝน หรือสภาพที่มีความชื้นสูง โรคนี้สามารถแพร่ระบาดได้อย่างรวดเร็ว ในกรณีที่เริ่มพบการระบาด สามารถควบคุมโดยการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราในกลุ่ม iprodione propineb benomyl และ thiabendazole เป็นต้น แต่การควบคุมโดยการใช้สารเคมีมักมีข้อจำกัดหลายประการ ทั้งทางด้านราคาที่สูงขึ้น อันตรายต่อสุขภาพเกษตรกรผู้ใช้สารและผู้บริโภค และอาจพบปัญหาการดื้อยาของเชื้อราได้ ทำให้ปัจจุบันการควบคุมโรคพืชด้วยชีววิธีจึงเป็นอีกทางเหลือนึงที่ได้รับความสนใจมากและมีการศึกษามากขึ้นเรื่อย ๆ โดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ได้รับความนิยม อาทิเช่น กลุ่ม *Bacillus* มีการศึกษาการใช้เชื้อรา *B. subtilis* ในการควบคุมโรคราสนิมถั่ว (Gasoni และคณะ*,* 1998) การ

[1] ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

พัฒนาการใช้ *B. subtilis* แบบสูตรสำเร็จคลุกเมล็ดเพื่อป้องกันโรคในข้าว (Chiangsin และคณะ, 2018) เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *B. subtilis* ในการยับยั้งการเจริญเชื้อรา ตลอดจนศึกษาประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราที่มีการใช้ควบคุมเชื้อรา *A. brassicicola* ของคะน้า

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแยกเชื้อรา *A. brassicicola* และทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรค

เก็บตัวอย่างใบคะน้าที่แสดงอาการใบจุดจากโรงเรือนปลูกพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แล้วนำมาแยกเชื้อด้วยวิธี tissue transplanting (Barnes, 1979) โดยฆ่าเชื้อบริเวณผิวนอกพืชด้วย 1 % sodium hypochlorite (NaOCl) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ ซับชิ้นพืชให้แห้งด้วยกระดาษที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และจึงนำไปวางบนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) เมื่อเส้นใยของเชื้อราเจริญออกมาจากบริเวณเนื้อเยื่อพืช จึงตัดบริเวณปลายเส้นใยของเชื้อ แล้วย้ายลงในอาหาร PDA บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่เพื่อให้ได้เชื้อบริสุทธ์ โดยบ่มที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคของเชื้อ *A. brassicicola* บริสุทธ์ที่แยกมา โดยเตรียมสปอร์เขวนลอยของเชื้อราที่ความเข้มข้น $1x10^6$ สปอร์/มิลลิลิตร จากนั้นพ่นลงบนต้นกล้าคะน้าอายุ 30 วัน และคลุมถุงชื้นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นสังเกตอาการของโรคภายหลังปลูกเชื้อทุก ๆ วัน

2. การเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis*

นำเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ไอโซเลต CHI6, CHI8, RTS10, RTS11 ที่แยกได้จากเมล็ดพันธุ์พริก และเมล็ดพันธุ์ข้าว (Chiangsin และคณะ, 2018) ซึ่งเก็บรักษาไว้ ณ ภาควิชาโรคพืช ม.เกษตรศาสตร์ นำมาทดสอบการมีชีวิตบนอาหาร Nutrient Agar (NA) โดยบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน และนำ single colony ที่ได้มาเพิ่มปริมาณบนอาหาร NA อีกครั้ง เพื่อสำหรับการทดสอบต่อไป

3. การทดสอบประสิทธิภาพของ *B. subtilis* ในการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* โดยเทคนิค dual culture

ทดสอบประสิทธิภาพแบคทีเรียด้วยเทคนิค dual culture (Harrison และ Stewart, 1988) โดยนำแบคทีเรียที่ทดสอบขีดเป็นเส้นยาว 5 เซนติเมตร บนผิวหน้าอาหาร PDA โดยห่างจากขอบจานอาหารระยะ 2 เซนติเมตร จากนั้นตัดปลายเส้นใยของเชื้อรา *A. brassicicola* ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA เป็นเวลา 7 วัน ด้วย cork borer ขนาด 0.5 เซนติเมตร และนำไปวางบริเวณตรงข้ามกับแบคทีเรียที่ทดสอบมีระยะห่าง 5 เซนติเมตร จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้อง วัดขนาดของรัศมีโคโลนีของเชื้อรา เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่เลี้ยงเชื้อรา *A. brassicicola* เพียงอย่างเดียว คำนวนค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา จากสมการ [(R1-R2)/R1] x 100 เมื่อ R1 คือ รัศมีโคโลนีเชื้อราชุดควบคุม R2 คือ รัศมีโคโลนีเชื้อราในชุดทดสอบ (Matić และคณะ, 2014)

4. การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีในการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* โดยวิธี poisoned food method

ทดสอบสารเคมี 3 ชนิด ได้แก่ iprodione propineb และ mancozeb ด้วยวิธี poisoned food method (Amadioha, 2000) โดยผสมสารเคมีละชนิดลงในอาหาร PDA ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายของสารออกฤทธิ์เท่ากับ 750 ppm 1750 ppm และ 2000 ppm ตามลำดับ ซึ่งเป็นความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ที่แนะนำบนฉลากของผลิตภัณฑ์ จากนั้นเทอาหารลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่ออาหารแข็งตัวแล้ว วางชิ้นเชื้อรา ซึ่งตัดจากบริเวณปลายเส้นใยของเชื้อรา *A. brassicicola* ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA ด้วย cork borer ขนาด 0.5 เซนติเมตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 วัน วัดขนาดโคโลนีของรัศมีเชื้อราในชุดทดสอบสารเคมี เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผสมสารเคมี และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา

ผลการทดลอง

1. **ผลการแยกเชื้อรา *A. brassicicola* และการทดสอบการเกิดโรค**

จากการนำใบผักคะน้าที่แสดงอาการใบจุดมาแยกเชื้อด้วยวิธีการ tissue transplanting technique พบว่าเชื้อราเริ่มเจริญออกจากเนื้อเยื่อในวันที่ 2 หลังจากแยกเชื้อบนอาหาร PDA เชื้อราเจริญเต็มจานอาหารในเวลา 9 วัน โคโลนีมีลักษณะสีเขียวเข้มปนน้ำตาล และเมื่อทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคพบว่า ต้นคะน้าเริ่มแสดงอาการของโรคในวันที่ 4 หลังจากปลูกเชื้อ โดยแสดงอาการเป็นจุดขนาดเล็กบนบริเวณใบพืช

2. **ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *B. subtilis* ในการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola***

จากการทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *B. subtilis* จำนวน 4 ไอโซเลท โดยเบื้องต้นได้คัดเลือกจากไอโซเลทที่มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างในข้าว พบว่ามีความสามารถในการยับยั้งเส้นใยของเชื้อรา *A. brassicicola* ได้ (Figure 1) มีความสามารถในการยับยั้งอยู่ระหว่าง 45.2- 50.0 เปอร์เซ็นต์ โดยมีไอโซเลท RTS10 มีค่าการยับยั้งสูงสุด ตามด้วย

ไอโซเลท CHI8 CHI6 และ RTS11 ตามลำดับ (Table 1)

3. **การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีในการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola***

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อรา 3 ชนิด ต่อการยับยั้งเชื้อรา *A. brassicicola* ด้วยวิธี poisoned food method เป็นเวลา 9 วัน พบว่า สาร iprodione 750 ppm และ mancozeb 2000 ppm มีค่าการยับยั้งเส้นใยสูงสุดเท่ากับ 99.4 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สาร propineb 1750 ppm มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 68.7%

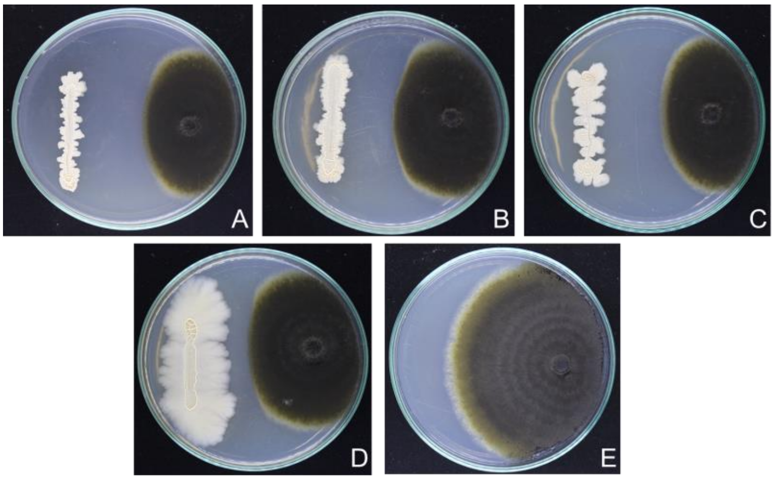


Figure 1 Inhibition of mycelial growth of *Alternaria brassicicola* by antagonistic bacteria isolate CHI6 (A), CHI8 (B), RTS10 (C) and RTS11 (D) compared with *A. brassicicola* as a control (E)

Table 1 The percentage of mycelial growth inhibition of *Alternaria brassicicola* by antagonistic bacteria.

B. subtilis isolate	Growth inhibition (%)[1/]
CHI6	47.5[ab]
CHI8	48.1[ab]
RTS10	50.0[a]
RTS11	45.2[b]

[1/] The means with the same letter were not significantly different from each other, according to the DMRT (P ≤ 0.05).

Table 2 The percentage of mycelial growth inhibition of *Alternaria brassicicola* by fungicides.

Fungicide	Growth inhibition (%)[1/]
iprodione 750 ppm	99.4[a]
propineb 1750 ppm	68.7[b]
mancozeb 2000 ppm	99.4[a]

[1/] The means with the same letter were not significantly different from each other, according to the DMRT (P ≤ 0.05).

วิจารณ์ผล

การศึกษาในครั้งนี้ได้นำแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่แยกได้จากเมล็ดพันธุ์พืช ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Bipolaris oryzae* สาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลในข้าว (Chiangsin และคณะ, 2018) มาทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญเชื้อรา *A. brassicicola* สาเหตุโรคใบจุดคะน้า โดยจากผลการทดลองพบว่า แบคทีเรียทุกไอโซเลทมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ เมื่อทดสอบโดยวิธี dual culture method พบลักษณะการหยุดการเจริญของเส้นใยเชื้อราโดยยังมีระยะห่างระหว่างเชื้อแบคทีเรีย กับเส้นใยของเชื้อรา ทั้งนี้จากลักษณะกลไกของเชื้อที่ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคบางประการ เช่น การทำลายชีวิต (antibiosis) โดยการผลิตสารพิษ หรือสารปฏิชีวนะ (antibiotic) เช่นสาร iturin A และ surfacing เป็นกลุ่มสาร lipopeptides ที่มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของเชื้อรา มีกลไกในการควบคุมการซึมผ่านของสารที่เข้าออกเยื่อหุ้มเซลของจุลินทรีย์

(Meena และ Kanwar, 2015) ซึ่งผลิตได้จาก *B. subtilis* สายพันธุ์ RB14 ที่สามารถยับยั้งเชื้อรา *Rhizoctonia solani* ในมะเขือเทศ (Asaka และ Shoda, 1996) หรือมีลักษณะการแข่งขัน โดยเชื้อแบคทีเรียมีความสามารถแข่งขันกับเชื้อโรคพืชในการใช้ธาตุอาหาร การครอบครองพื้นที่ จากการศึกษาของ มณีจันทร์ (2536) พบว่าเชื้อ *B. subtilis* สายพันธุ์ AP01 สามารถเข้าครอบครองพื้นได้รวดเร็วกว่าเชื้อรา *Pythium* sp. สาเหตุโรคเน่าของส้มโอได้ และจากผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา แสดงให้เห็นว่าสารเคมีที่มีการใช้ในปัจจุบันยังมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา จะได้จากเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเส้นใยของเชื้อราที่สูงถึง 99% ของสาร iprodione 750 ppm และ mancozeb 2000 ppm ซึ่งความเข้มข้นของสารเคมีที่ทดสอบในครั้งนี้ เป็นไปตามอัตราที่แนะนำให้ใช้ ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่า หากจะลดอัตราความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดเชื้อราลงและมีการใช้ร่วมกับการแบคทีเรียปฏิปักษ์ซึ่งเป็นชีววิธี ซึ่งอาจเป็นแนวทางเพื่อลดการใช้เคมีในการป้องกันกำจัดเชื้อสาเหตุโรคพืชต่อไป

สรุปผล

แบคทีเรีย *B. subtilis* ไอโซเลต CHI6, CHI8 และ RTS10 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเส้นใยเชื้อรา *A. brassicicola* สาเหตุโรคใบจุดของคะน้า ทั้งนี้ยังคงต้องศึกษาถึงคุณสมบัติต่าง ๆ เพิ่มเติมตลอดจนการทดสอบนอกห้องปฏิบัติการถึงประสิทธิภาพในการควบคุมเพื่อที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้รวมกับการควบคุมโดยการใช้สารเคมีต่อไป สำหรับประสิทธิสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราที่ใช้ในการควบคุมเชื้อรา *A. brassicicola* ซึ่งได้แก่ iprodione และ mancozeb ที่มีการใช้ในปัจจุบัน ยังคงมีประสิทธิภาพในการควบคุมที่สูงมากเมื่อใช้ตามอัตราที่แนะนำ

เอกสารอ้างอิง

ชวนพิศ บูญชิตสิริกุล, 2549, ผลของอุณหภูมิต่อเชื้อราปฏิปักษ์และการควบคุมเชื้อ *Alternaria brassicicola* (Schweinitz) โดยชีววิธี, วารสารเกษตร, (22): 223-233.

มณีจันทร์ เมฆธน, 2536, ศักยภาพของเชื้อ *Bacillus subtilis* AP01 ในการป้อกันกำจัดเชื้อสาเหตุของโรคพืช, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 11: 9-20.

สกุลศักดิ์ โอฬาสกุล, 2540, โรคของพืชประเภทผักและการควบคุม. ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร สถาบันราชภัฏลำปาง, ลำปาง 542 หน้า.

Amadioha, A.C., 2000, Controlling Rice Blast *in Vitro* and *in Vivo* with Extracts of *Azadirachta indica*. Crop Protection, 19:287–290.

Asaka, O. and Shoda, M., 1996, Biocontrol of *Rhizoctonia solani* Damping-off of Tomato with *Bacillus subtilis* RB 14, Applied and Environmental Microbiology, 62(11): 4081-4085.

Barnes, E.H., 1979, Atlas and Manual of Plant Pathology, Plenum Press, New York, 325 p.

Chiangsin, R., Kesee, C. and Sangchote S., 2018, Biological Control of *Bipolaris oryzae* with *Bacillus subtilis* and the Development of Formulation for Rice Seed Treatment, Thai Journal of Agriculture Science, 51(3): 133-145.

Gasoni, L., Cozzi J., and Kobayashi K., 1998, Survival of Potential Biocontrol Bacteria in Various Formulations and Their Ability to Reduce Radish Damping Off Caused by *Rhizoctonia solani*, Journal of Plant Diseases Protection, 105:41-48.

Harrison, Y.A. and Stewart A., 1988, Selection of fungal antagonists for biological control of onion white rot in New Zealand, New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 16(3):249-256.

Matić, S., Spadaro D., Garibaldi A. and Gulino M.L., 2014, Antagonistic Yeasts and Thermotherapy as Seed Treatments to Control *Fusarium fujikuroi* on Rice, Biological Control, 73: 59–67.

Meena, K.R. and Kanwar S.S., 2015, Lipopeptides as the Antifungal and Antibacterial Agents: Applications in Food Safety and Therapeutics, Biomed Research International, 2015, 2015: 473050.

ผลของ Thidiazuron ต่อการเพิ่มจำนวนยอดของมหาหงส์ในสภาพปลอดเชื้อ
Effect of Thidiazuron on Shoot Multiplication of *Hedychium coronarium* J. Koenig under Aseptic Culture

ณัฐนรี ไพสิฐสกุลนาท[1] เยาวพา จิระเกียรติกุล[1] และ ภาณุมาศ ฤทธิไชย[1]
Phaisitsakulnat, N.[1], Jirakiattikul, Y.[1] and Rithichai, P.[1]

Abstract

Hedychium coronarium was used to treat various diseases.*In vitro* shoot multiplication is one of the important steps to produce bioactive compounds.The objective of this study was to investigate the effect of thidiazuron (TDZ) on shoot multiplication of *H. coronarium*. *In vitro* shoots were cultured on MS (Murashige and Skoog) medium supplemented with 0, 0.5, 1 and 1.5 mg/L TDZ for four weeks. The highest shoot formation (80.00±0.00%) was obtained on 0.5 mg/L TDZ which was not significantly different with 1 mg/L TDZ (66.67±11.55%). In addition, 0.5 and 1 mg/L TDZ had the highest number of regenerated shoots 2.08±0.38 and 2.44±0.51, respectively. The greatest shoot length (1.32±0.49 cm) occurred in the control treatment which was not significantly different with 1 and 1.5 mg/L TDZ (0.78±0.13 and 0.89±0.27 cm, respectively). Based on these results, MS medium supplemented with 1 mg/L TDZ was suitable for shoot multiplication of *H. coronarium*.
Keywords: *Hedychium coronarium*, Plant tissue culture, Shoot multiplication, TDZ

บทคัดย่อ

มหาหงส์ (*Hedychium coronarium*) นำมาใช้ในการรักษาโรคได้หลายชนิด ซึ่งการเพิ่มจำนวนยอดในสภาพปลอดเชื้อเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการผลิตสารทุติยภูมิการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ thidiazuron (TDZ) ต่อการเพิ่มจำนวนยอดของมหาหงส์ในสภาพปลอดเชื้อ โดยเพาะเลี้ยงยอดที่ปลอดเชื้อบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog) ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0 0.5 1 และ 1.5 mg/L นาน 4 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design พบว่าการเกิดยอดใหม่สูงสุด (80.00±0.00%) เมื่อเติม TDZ ความเข้มข้น 0.5 mg/L แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ TDZ ความเข้มข้น 1 mg/L (66.67±11.55%) นอกจากนี้การเติม TDZ ความเข้มข้น 0.5 และ 1 mg/L ส่งผลให้มีจำนวนยอดใหม่สูงสุด 2.08±0.38 และ 2.44±0.51 ยอด ตามลำดับ และสิ่งทดลองควบคุมมีความยาวยอดสูงสุด (1.32±0.49 cm) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ TDZ ความเข้มข้น 1 และ 1.5 mg/L (0.78±0.13 และ 0.89±0.27 cm ตามลำดับ) จากผลการทดลองนี้จึงควรใช้อาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 1.0 mg/L ในการเพิ่มจำนวนยอดมหาหงส์
คำสำคัญ: มหาหงส์ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การเพิ่มจำนวนยอด TDZ

คำนำ

มหาหงส์ (*Hedychium coronarium* J. Koenig) หรือ white ginger เป็นไม้ล้มลุกเนื้ออ่อนที่มีหัว หรือเหง้าอยู่ใต้ดิน จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae มีดอกสีขาว กลิ่นหอม (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2542) สามารถใช้รักษาโรคต่างๆ เช่น ต้านแบคทีเรีย และเชื้อรา ระงับการอักเสบ บรรเทาอาการปวด ลดความดันโลหิตสูง แก้ต่อมทอนซิลอักเสบ และต้านมะเร็ง เป็นต้น (Joshi และคณะ, 2008) เนื่องจากพืชชนิดนี้มีสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิค (phenolic compounds) (Chanและคณะ, 2008) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) (Bag และคณะ, 2015) สารในกลุ่มของเทอร์ปีนอยด์ (terpenoids) ไดเทอร์ปีน (diterpene) (Matsuda และคณะ, 2002) และน้ำมันหอมระเหย (essential oil) เป็นต้น การผลิตสารทุติยภูมิจากต้นที่ปลูกในสภาพธรรมชาติจะใช้เหง้าซึ่งมีระยะเวลาเพาะปลูกนาน 8-10 เดือน นอกจากนี้ปริมาณและคุณภาพของสารอาจไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากปัญหาของสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง (วราภรณ์, 2551) ปัจจุบันจึงได้นำเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาใช้เพื่อผลิตสารทุติยภูมิที่สำคัญสำหรับใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ เนื่องจากเซลล์พืชที่เพาะเลี้ยงมีข้อมูลทางพันธุกรรมที่สามารถควบคุมการแสดงออกของยีนต่างๆ รวมถึงสามารถสังเคราะห์สารทุติยภูมิได้ (ศุภวรรณ, 2549) นอกจากนี้ยังสามารถ

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120
[1] Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathumthani 12120

ควบคุมสภาพแวดล้อม รวมถึงปัจจัยต่างๆ ให้เหมาะสมต่อความต้องการของพืช ทำให้ผลิตสารทุติยภูมิคุณภาพดี สม่ำเสมอ และผลิตได้ตลอดทั้งปีอย่างต่อเนื่อง (อรดี, 2542; วราภรณ์, 2551) ได้มีรายงานการผลิตพืชสมุนไพรด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแล้วหลายชนิด เช่น *Zingiber officinale* Rosc. (Anasori และ Asghari, 2008) *Alpinia zerumbet* (pers.) Burtt & Smith (Victório และคณะ, 2011) และ *Camptotheca acuminata* (Lorence และคณะ, 2004) ซึ่งการเพิ่มจำนวนยอดในสภาพปลอดเชื้อเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการผลิตสารทุติยภูมิ ชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตในอาหารเพาะเลี้ยงมีบทบาทต่อการชักนำให้เกิดยอดและเพิ่มจำนวนยอดของพืช โดยเฉพาะสารในกลุ่มไซโทไคนิน และอาจเติมสารในกลุ่มออกซิน (รังสฤษดิ์, 2540) การชักนำให้เกิดยอดและเพิ่มจำนวนยอดของมหาหงส์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนั้นได้มีรายงานแล้ว โดย Mohanty และคณะ (2013) พบว่า การเพาะเลี้ยงหน่ออ่อนที่พัฒนาจากเหง้าบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog) ที่เติม BA ความเข้มข้น 2.0 mg/L ร่วมกับการเติม NAA ความเข้มข้น 0.5 mg/L สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ 3.6 ยอด เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 45 วัน และ Verma และ Bansal (2014) พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 1.0 mg/L สามารถชักนำให้เกิดยอด 14.21 ยอด โดยการเพาะเลี้ยงหน่ออ่อนที่พัฒนาจากเหง้านาน 8 สัปดาห์ จากการศึกษาดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ใช้แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากต้นแม่พันธุ์ที่นำมาใช้ อาจมีอายุ ความสมบูรณ์ รวมถึงสภาพการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน จึงทำให้ชิ้นส่วนพืชที่เพาะเลี้ยงมีการตอบสนองแตกต่างกัน (Pierik, 1997) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการศึกษาหาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเพิ่มจำนวนยอดมหาหงส์จากเหง้าแม่ที่เจริญเติบโตในประเทศไทย ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า TDZ สามารถชักนำให้เกิดยอด และเพิ่มจำนวนยอดได้ดีกว่า BA ร่วมกับ NAA ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ TDZ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเพิ่มจำนวนยอดของมหาหงส์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำหน่ออ่อนที่งอกใหม่จากเหง้ามหาหงส์มาล้างน้ำสะอาดขจัดสิ่งสกปรก หรือดินออก แล้วลอกกาบเปลือกที่หุ้มตาข้างออก นำมาล้างน้ำไหลผ่านเป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นส่วนไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างจาน และล้างออกด้วยน้ำประปาให้สะอาด แช่หน่ออ่อนใน tetracycline ความเข้มข้น 125 mg ต่อน้ำกลั่นที่กำจัดเชื้อ 100 mL นาน 1 ชั่วโมง โดยนำไป sonicate นาน 20 นาที และเขย่านาน 40 นาที เมื่อครบระยะเวลานำหน่ออ่อนมาฟอกด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ (clorox®; sodium hypochlorite) ความเข้มข้น 20% ที่เติม tween 20 1-2 หยด นาน 20 นาที นำชิ้นส่วนหน่ออ่อนมาตัดเอาเฉพาะส่วนของตายอด และตาข้างฟอกด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 10% ที่เติม tween 20 1-2 หยด นาน 15 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่กำจัดเชื้อแล้ว 2 ครั้ง แล้วนำชิ้นส่วนยอด และตาข้างที่ฟอกกำจัดเชื้อแล้วมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นเวลานาน 2 สัปดาห์ เพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อรา หรือแบคทีเรีย เมื่อได้ชิ้นส่วนที่ปลอดเชื้อแล้ว นำยอดที่พัฒนาในสภาพปลอดเชื้อมาตัดให้มีความยาวประมาณ 0.5-1.0 cm จากนั้นนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0 0.5 1.0 และ 1.5 mg/L โดยเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ completely randomize design มี 4 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ขวด (1 ขวด มี 1 ชิ้นส่วน) บันทึกการเกิดยอด (%) จำนวนยอดที่พัฒนา และความยาวยอดที่พัฒนา (cm) แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลอง เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเพาะเลี้ยงยอดมหาหงส์บนอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ พบว่า ยอดที่พัฒนาบนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.5 และ 1 mg/L มีการเกิดยอดใหม่สูงสุดเท่ากับ 80.00±0.00 และ 66.67±11.55% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสิ่งทดลองควบคุมที่มีการเกิดยอดใหม่เท่ากับ 26.67±11.55% (Figure 1 A) นอกจากนี้ยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.5 และ 1 mg/L มีจำนวนยอดใหม่ที่พัฒนาเท่ากับ 2.08±0.38 และ 2.44±0.51 ยอด ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสิ่งทดลองควบคุม (1.33±0.58 ยอด) และอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 1.5 mg/L (1.33±0.29 ยอด) (Figure 1 B) อย่างไรก็ตามยอดที่พัฒนาบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติม TDZ หรือสิ่งทดลองควบคุมมีความยาวยอดสูงสุดเท่ากับ 1.32±0.49 cm แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับยอดที่พัฒนาบนอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 1 และ 1.5 mg/L โดยมีความยาวยอดเท่ากับ 0.78±0.13 และ 0.89±0.27 cm ตามลำดับ (Figure 1 C) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของ TDZ มีผลต่อการเพิ่มจำนวนยอดและการเจริญเติบโตของยอดมหาหงส์ โดย TDZ เป็นสารสังเคราะห์ในกลุ่มของไซโทไคนิน ทำหน้าที่ในการแบ่งเซลล์ ชักนำให้เกิดยอด และกระตุ้นให้เกิดการสร้างยอด นอกจากนี้ TDZ ยังมีผลต่อเมทาบอลิซึมของไซโทไคนินในเซลล์ของพืช ทำ

ให้เซลล์เปลี่ยนสภาพของเนื้อเยื่อที่มีความต้องการไซโทไคนินไปเป็นเนื้อเยื่อที่สามารถสร้างไซโทไคนินเองได้ ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะตอบสนองต่อ TDZ ที่ความเข้มข้นต่างกัน โดยทั่วไปจะใช้ที่ความเข้มข้นต่ำขึ้นอยู่กับชนิดของพืช (วราภรณ์, 2552; Murthy และคณะ, 1998) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การใช้ TDZ ที่ความเข้มข้นสูง (1.5 mg/L) ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด และจำนวนยอดลดลง ดังนั้น อาหารเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมในการเพิ่มจำนวนยอดของมหาหงส์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ คือ อาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 1 mg/L ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการเพาะเลี้ยงยอดมหาหงส์ที่รายงานโดย Verma และ Bansal (2014) พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 1 mg/L ส่งผลให้มีจำนวนยอดใหม่เท่ากับ 14.21 ± 0.09 ยอด และมีความยาวยอดเฉลี่ยเท่ากับ 12.89 ± 0.07 cm หลังเพาะเลี้ยงนาน 8 สัปดาห์ และพืชในวงศ์ Zingiberaceae ที่ได้มีรายงานการศึกษาผลของ TDZ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเพิ่มจำนวนยอด เช่น การเพิ่มจำนวนยอดของว่านนางคำ (*Curcuma aromatic*) บนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 2.5 และ 2 mg/L พบว่า สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างยอดแขนงได้สูงสุดเท่ากับ 10.4 และ 10.3 ยอด ตามลำดับ หลังเพาะเลี้ยงนาน 8 สัปดาห์ (กู่คำ และ วิไลลักษณ์, 2551) และจากรายงานของ จิราภรณ์ และคณะ (2558) ที่เพาะเลี้ยงหน่ออ่อนเปราะราศี (*Kaempferia larsenii* Sirirugsa) บนอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 1 mg/L พบว่า สามารถชักนำให้เกิดยอดเฉลี่ยมากที่สุด 6.6 ยอด หลังเพาะเลี้ยงนาน 8 สัปดาห์

สรุปผล

อาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 1 mg/L เป็นอาหารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนยอดมหาหงส์ในสภาพปลอดเชื้อ โดยมีการเกิดยอดใหม่เท่ากับ 66.67±11.55% มีจำนวนยอดใหม่ 2.44±0.51 ยอด และมีความยาวยอดเท่ากับ 0.78±0.13 cm เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลานาน 4 สัปดาห์

เอกสารอ้างอิง

กู่คำ วิไลเฮือง และวิไลลักษณ์ ชินะจิตร, 2551, การขยายพันธุว่านนางคำในสภาพปลอดเชื้อ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 39: 544-547.

จิราภรณ์ ผุดผ่อง สุรพล แสนสุข และปิยะพร แสนสุข, 2558, การขยายพันธุ์เปราะราศี (*Kaempferia larsenii* Sirirugsa) ในหลอดทดลองเพื่อการอนุรักษ์พืชหายากในประเทศไทย, วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น,43: 673-687.

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, 2540, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช: หลักการและเทคนิค, ภาควิชาพืชไร่นา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 219 หน้า.

วราภรณ์ ฉุยฉาย, 2552, บทบาทของ Thidiazuron ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช, วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 4: 123-135.

วราภรณ์ ภูตะลุน, 2551, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพร: แนวทางการศึกษาเพื่อผลิตสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา, บริษัทขอนแก่นพิมพ์พัฒนา จำกัด, ขอนแก่น, 120 หน้า.

ศุภวรรณ บุญระเทพ, 2549, การผลิตสารทุติยภูมิโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์, 20: 185-195.

สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2542, สมุนไพรกับวัฒนธรรมไทยตอนที่ 3 พรรณไม้หอม, โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ, 175 หน้า.

อรดี สหวัชรินทร์, 2542, เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช, อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 48 หน้า.

Anasori, P. and Asghari, G., 2008, Effects of Light and Differentiation on Gingerol and Zingiberene Production in Callus Culture of *Zingiber officinale* Rosc, Research in Pharmaceutical Sciences,3: 59-63.

Bag, G. C., Devi, P. G. and Bhaigyabati, T., 2015, Assessment of Total Flavonoid Content and Antioxidant Activity of Methanolic Rhizome Extract of Three *Hedychium* Species of Manipur Valley, International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research,30: 154-159.

Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Wong, L. F., Lianto, F. S., Wong, S. K., Lim, K. K., Joe, C. E. and Lim, T. Y., 2008, Antioxidant and Tyrosinase Inhibition Properties of Leaves and Rhizomes of Ginger Species, Food Chemistry,109: 477–483.

Joshi, S., Chanotiva, C. S., Agarwala, G., Prakasha, O., Panta, A. K. and Mathelab, C. S., 2008, Terpenoid Compositions, and Antioxidant and Antimicrobial Properties of The Rhizome Essential Oils of Different *Hedychium* Species, Chemistry and Biodiversity,5: 299-309.

Lorence, A., Medina-Bolivar, F. and Nessler, C. L., 2004, Camptothecin and 10-Hydroxycamptothecin from *Camptotheca acuminata* Hairy Roots, Plant Cell Reports,22: 437–441.

Matsuda, H., Morikawa, T., Sakamoto, Y., Toguchida, I. and Yoshikawa, M., 2002, Labdane-Type Diterpenes with Inhibitory Effects on Increase in Vascular Permeability and Nitric Oxide Production from *Hedychium coronarium*, Bioorganic and Medicinal Chemistry,10: 2527–2534.

Mohanty, P., Behera, S., Swain, S. S., Barik, D. P. and Naik, S. K., 2013, Micropropagation of *Hedychium coronarium* J. Koenig Through Rhizome Bud,Physiology and Molecular Biology of Plants, 19: 605–610.

Murthy, B. N. S., Murch, S. J. and Saxena, P. K., 1998, Thidiazuron: a Potent Regulator of *In Vitro* Plant Morphogenesis, *In Vitro* Cellular and Developmental Biology – Plant,34: 267-275.

Pierik, R. L. M., 1997, *In Vitro* Culture of Higher Plants, Springer, Dordrecht, 348 p.

Verma, M. and Bansal, Y. K., 2014, Effect of a Potent Cytokinin Thidiazuron (TDZ) on *In Vitro* Regeneration of *Hedychium coronarium* J. Koenig – a Valuable Medicinal Plant, International Journal of Recent Biotechnology,2: 38-44.

Victório, C. P., Kuster, R. M. and Lage, C. L. S., 2011, Leaf and Root Volatiles Produced by Tissue Culture of *Alpinia zerumbet* (pers.) Burtt & Smith under The Influence of Different Plant Growth Regulators, Química Nova,34: 430-433.

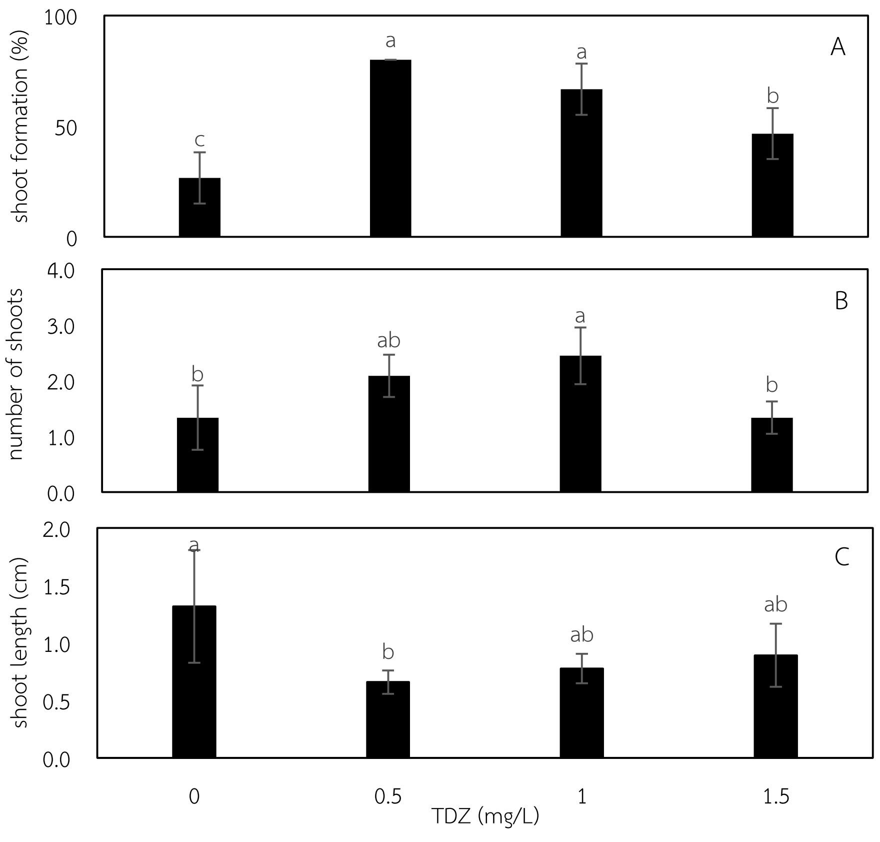


Figure 1 A) shoot formation (%), B) number of regenerated shoots and C) shoot length (cm) of *Hedychium coronarium* after *in vitro* shoots were cultured on MS medium supplemented with TDZ at different concentrations for four weeks.

[a,b,c] represent significant differences for each treatment at 95% confidence level by DMRT.

ไอศกรีมข้าวโพดหวานสีม่วงเพื่อสุขภาพ
Enrich Anthocyanin Sweet Purple Corn Ice Cream

บงกชมาศ โสภา[1] เสาวนีย์ ฝัดศิริ[1] ชฎามาศ จิตต์เลขา[1] และ สุวีณา จันทพิรักษ์[2]
Sopa, B.[1], Fudsiri, S.[1], Jitlaka, C.[1], and Jantapirak, S.[2]

Abstract

The production of ice cream from boiled cob water and kernels of sweet-purple-corn as main ingredients was conducted by varying sweet-purple-corn kernels at 10, 20 and 30%. It was found that the addition of the kernels resulted in the decreasing value of overrun (%overrun) and melting-down rate ($p \leq 0.05$). In addition, the higher amount of kernels affected the color in term of lowering degree of lightness (L *), yellowness (b *), and redness (a *). The ice cream with 10% of kernels, on the other hand, was shown with no significant difference in total preference score compared to the control ($p > 0.05$). The 10% additional sweet-purple-corn kernels could form the particular ice-cream with 12.79 mg/L of anthocyanin, 7.81x102 CFU/g of total microbes, and no growth of coliform bacteria found, in accordance with no exceeded microorganism criteria of the Ministry of Public Health Notification No. 222 (B.E. 2544).
Keywords: ice cream, sweet purple corn, anthocyanin

บทคัดย่อ

การผลิตไอศกรีมจากข้าวโพดหวานสีม่วง โดยเลือกใช้ส่วนของน้ำต้มซังและเมล็ดของข้าวโพดหวานสีม่วงเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไอศกรีม โดยแปรปริมาณเมล็ดของข้าวโพดหวานสีม่วงเป็น 3 ระดับ ดังนี้ ร้อยละ 10 20 และ 30 พบว่าการเติมเมล็ดข้าวโพดหวานสีม่วงลงในเนื้อไอศกรีมทำให้ไอศกรีมมีค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟู (%overrun) และค่าเปอร์เซ็นต์การละลายลดลง ($p \leq 0.05$) นอกจากนั้นแล้วไอศกรีมที่มีปริมาณเมล็ดข้าวโพดหวานสีม่วงมากขึ้นส่งผลต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่าความเป็นสีแดง (a*) ลดลง โดยไอศกรีมที่เติมเมล็ดข้าวโพดข้าวโพดหวานร้อยละ 10 ไม่มีความแตกต่างของค่าคะแนนความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$) ซึ่งไอศกรีมที่เติมเมล็ดข้าวโพดข้าวโพดหวานร้อยละ 10 มีปริมาณสารแอนโธไซยานิน 12.79 mg/L ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดคือ 7.81×10^2 CFU/g และไม่พบการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ซึ่งไม่เกินตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 222 (พ.ศ. 2544)
คำสำคัญ: ไอศกรีม ข้าวโพดหวานสีม่วง สารแอนโธไซยานิน

คำนำ

ข้าวโพดหวานสีม่วงเป็นพืชที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เนื่องจากประกอบไปด้วยสารอาหารที่สำคัญโดยเฉพาะสารแอนโธไซยานิน ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมองด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อมของดวงตาและเสริมสร้างให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรค เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2560; นิศารัตน์, 2560.; ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าสารแอนโธไซยานินที่สำคัญในซังข้าวโพดม่วง ได้แก่ cyanidin-3-glucoside, pelargonidin-3-glucoside, peonidin-3-glucoside, cyanidin-3-maloylglucoside, pelargonidin-3-maloylglucoside และpeonidin-3-maloylglucoside (Jing และคณะ, 2007) ปัจจุบันการใช้ประโยชน์ในข้าวโพดหวานสีม่วงยังมีจำกัด คือ มีการใช้ประโยชน์จากเมล็ดสดเพื่อการบริโภคเท่านั้น การใช้ประโยชน์จากส่วนอื่นๆ ยังมีน้อย ซึ่งสารแอนโธไซยานินยังพบได้ในส่วนของซัง เปลือกหุ้มฝัก ไหม และลำต้น ซึ่งเมื่อนำเมล็ดสด ซังสด และไหมสดของข้าวโพดสีม่วง (เทียบจากน้ำหนักแห้งเท่ากัน) มาสกัดสารแอนโธไซยานินด้วยการแช่ตัวทำละลายเมทานอล เอทานอลและน้ำ พบว่าซังสดของข้าวโพดมีปริมาณสารแอนโธไซยานินในปริมาณมากกว่าไหมสด และเมล็ดสดของ

[1] ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 298 ม.1 ต.กลางดง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30320
[1] National Corn and Sorghum Research Center, Kasetsart University,298 M.1 Klang Dong, Pak Chong, Nakhon Ratchasima 30320
[2] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตู้ ป.ณ. 1043 ปทฝ. เกษตรศาสตร์ , จตุจักร กทม. 10903
[2] Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, P.O. Box 1043, Kasetsart, Chatuchak, Bangkok 10903

ข้าวโพด ตามลำดับ ตัวทำละลายเมทานอลสามารถ สกัดสารแอนโธไซยานินได้มากที่สุดและมากกว่าเอทานอล และน้ำ ตามลำดับ (รัตนา และคณะ, 2557) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดนำข้าวโพดหวานสีม่วงมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมข้าวโพดหวานสีม่วง โดยมีการใช้ประโยชน์จากส่วนของเมล็ด และซังข้าวโพดหวานสีม่วงด้วย ซึ่งถือว่าเป็นการใช้วัตถุดิบให้เกิดประโยชน์และยังเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบ เนื่องจากซังข้าวโพดถือได้ว่าเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณสารแอนโธไซยานินสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมน้ำต้มซังและเมล็ดข้าวโพดหวานสีม่วง

นำข้าวโพดหวานสีม่วงที่มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 70 – 74 วัน มาปอกเปลือกและล้างทำความสะอาด ใช้ข้าวโพดหวานสีม่วง : น้ำสะอาดเท่ากับ 1 : 20 ต้มนาน 10 นาที ที่อุณหภูมิ 90 $^{\circ}$ซ (อภิญญา และคณะ, มปป.) จากนั้นกรองแยกฝักข้าวโพดออกจะได้น้ำสีม่วงจากซังข้าวโพด และใช้มีดฝานแยกเมล็ดข้าวโพดออกจากซังโดยใช้มีดฝานบางๆ เพื่อนำไปใช้ในการทำไอศกรีม

2. การผลิตไอศกรีมข้าวโพดหวานสีม่วง

เตรียมเมล็ดข้าวโพดหวานสีม่วงเพื่อใช้ในการผลิตไอศกรีม 4 ระดับ คือ ที่ระดับร้อยละ 0 (ตัวอย่างควบคุม), 10, 20 และ 30 (w/w) (โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด) โดยสูตรของไอศกรีมที่ศึกษาประกอบด้วย น้ำต้มจากซังข้าวโพดหวานสีม่วง นมสด วิปปิ้งครีม น้ำตาลทราย เกลือ อิมัลซิไฟเออร์ และสารคงตัว คิดเป็นร้อยละ 250, 375, 219.6, 150, 0.4, 1 และ 4 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด ตามลำดับ การผลิตไอศกรีมดัดแปลงจากนันทวรรณ (2556) โดยมีวิธีการดังนี้ เติมส่วนผสมที่เป็นของเหลว (น้ำต้มซังข้าวโพดหวานสีม่วง นมสด และวิปปิ้งครีม) ลงในโถเครื่องปั่นผสม ปั่นจนเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วเทส่วนผสมลงในหม้อ สเตนเลส เมื่ออุณหภูมิถึง 50 $^{\circ}$ซ เติมน้ำตาลทราย เกลือ สารคงตัว อิมัลซิไฟเออร์ อุ่นให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 65 $^{\circ}$ซ จึงเทส่วนผสมลงในเครื่องปั่นผสมโดยใช้ความเร็วสูงสุดปั่นนาน 1 นาที ทำการพาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 80 $^{\circ}$ซ นาน 2 นาที หลังจากนั้นนำมาลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว บ่มที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$ซ เป็นเวลา 24 ชม. นำส่วนผสมที่ผ่านการบ่มเข้าเครื่องปั่นไอศกรีมนาน 20 นาที บรรจุไอศกรีมใส่ภาชนะ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 ถึง -20 $^{\circ}$ซ นาน 24 ชม. ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพและทดสอบทางประสาทสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของตัวอย่าง ได้แก่ การขึ้นฟู (overrun) โดยวิธีของ Arbuckle (1986) ค่าเปอร์เซ็นต์การละลาย (% meltdown) (Moeemfard และ Tehrani, 2008) วัดค่าสี L*, a*, b* ด้วยเครื่อง Color-meter และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิม 50 คน เพื่อทดสอบความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ 9 Point Hedonic Scale วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับตรวจสอบค่าทางกายภาพ และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นำตัวอย่างที่ผ่านการคัดเลือกโดยดูจากค่าคะแนนการยอมรับรวมที่ไม่แตกต่างกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติมเมล็ดข้าวโพดหวานสีม่วง ($p>0.05$) ไปวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโธไซยานิน (ดัดแปลงจาก Sutharut และ Sudarat, 2012) และวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC, 2000) และแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (AOAC, 2000)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเติมเมล็ดข้าวโพดหวานสีม่วงในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ระดับร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 (w/w) พบว่าไอศกรีมที่ผลิตขึ้นมีค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟูลดลง ($p\leq0.05$) ดัง Table 1 ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ นันทพร (2554) ซึ่งระบุว่าการเติมเนื้อสมุนไพรลงในไอศกรีมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟูลดลง เนื่องจากการเติมสมุนไพรลงในไอศกรีมทำให้เวลาปั่นอากาศเข้าไปแทรกตัวในเนื้อไอศกรีมได้น้อย การเติมเมล็ดข้าวโพดหวานสีม่วงในไอศกรีมยังส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์การละลายลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติมเมล็ดข้าวโพดหวาน ($p\leq0.05$) (Table 1) เมื่อพิจารณาค่าสี พบว่า ค่า L* a* และ b* (Figure 1) ของไอศกรีมแต่ละสูตรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ไอศกรีมที่มีปริมาณเมล็ดข้าวโพดหวานสีม่วงมากขึ้นจะส่งผลต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และ ค่าความเป็นสีแดง (a*) ลดลง โดยไอศกรีมที่เติมเมล็ดข้าวโพดหวานสีม่วงร้อยละ 10 มีค่า L* a* และ b* ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด (Table 1)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 2) พบว่า ไอศกรีมที่เติมเมล็ดข้าวโพดหวานร้อยละ 10 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ของค่าคะแนนความชอบในทุกๆ ด้าน ได้แก่ ความชอบโดยรวม สี ลักษณะปรากฏ รสชาติและเนื้อสัมผัสเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมเมล็ดข้าวโพดหวาน จากการทดลองสังเกตได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ

เมล็ดข้าวโพดหวานสีม่วงที่มากเกินไปลงในไอศกรีมจะส่งผลการยอมรับของผู้บริโภคด้านสี รสชาติ รวมไปถึงเนื้อสัมผัส เพราะไอศกรีมที่ได้จะมีลักษณะเนื้อไม่เนียน ดังนั้นจึงเลือกไอศกรีมที่เติมเมล็ดข้าวโพดหวานร้อยละ 10 ไปวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโธไซยานินและตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมเมล็ดข้าวโพดและเติมเมล็ดข้าวโพดหวานร้อยละ 10 มีปริมาณสารแอนโธไซยานิน 11.82 และ 12.79 mg/L ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเติมเมล็ดข้าวโพดม่วงลงในไอศกรีมส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารแอนโธไซยานินเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตนา และคณะ (2557) ที่พบว่าซังสดของข้าวโพดสีม่วงมีสารแอนโธไซยานินมากกว่าไหมสด และเมล็ดสด ธัณนันท์ และคณะ (2561) นำซังแห้งข้าวโพดหวานสีม่วงมาต้มเคี่ยวสกัดให้ได้สารแอนโธไซยานิน พบว่าน้ำซังข้าวโพดที่สกัดได้มีสีม่วงคล้ำ มีปริมาณสารแอนโธไซยานิน 11.26 mg/g และจากการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างที่เติมเมล็ดข้าวโพดหวานร้อยละ 10 พบจุลินทรีย์ และ 7.81×10^{2} CFU/g ตามลำดับไม่พบการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 222 พ.ศ. 2544 เรื่อง ไอศกรีม อนุญาตให้ไอศกรีมมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0×10^{5} (CFU/g) และไม่พบ *E.coli* ในอาหาร 0.01 กรัม ซึ่งแสดงว่าไอศกรีมข้าวโพดหวานสีม่วงที่ผลิตได้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด สามารถบริโภคโดยไม่เป็นอันตราย

สรุปผล

การเติมเมล็ดข้าวโพดหวานสีม่วงลงในเนื้อไอศรีมที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง 30 ส่งผลให้ไอศกรีมมีค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟูและค่าเปอร์เซ็นต์การละลายลดลง นอกจากนั้นแล้วยังส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่าความเป็นสีแดง (a*) ลดลง ไอศกรีมที่เติมเมล็ดข้าวโพดข้าวโพดหวานร้อยละ 10 ไม่มีความแตกต่างของค่าคะแนนความชอบในทุกๆ ด้าน ได้แก่ ความชอบโดยรวม สี ลักษณะปรากฏ รสชาติและเนื้อสัมผัสเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมเมล็ดข้าวโพดหวาน จึงถือได้ว่าเป็นสูตรที่เหมาะสมและลดต้นทุนในการผลิต นอกจากนั้นแล้วไอศกรีมสูตรดังกล่าวยังมีปริมาณสารแอนโธไซยานิน 12.79 mg/L จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มไม่เกินตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 222 (พ.ศ. 2544)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการ Innovation Hub – Agriculture & Food เพื่อสร้างเศรษฐกิจฐานนวัตกรรมของประเทศตามนโยบายประเทศไทย 4.0 ที่สนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ธัญนันท์ ฤทธิ์มณี และอภิรดา พรปัณณวิชญ์, 2561, การเอนแคปซูเลชันแอนโทไซยานินจากซังข้าวโพดหวานสีม่วงด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 12(2): 169-180.

นันทพร อัคนิจ, 2554, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมสมุนไพร, รายงานวิจัยประจำปีงบประมาณ 2554, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพฯ, 74 หน้า

นันทวรรณ ฉวีวรรณ์, 2556, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมดอกโสน, รายงานวิจัย พ.ศ. 2556, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, อยุธยา, 54 หน้า.

นิศารัตน์ ศิริวัฒนเมธานนท์, 2560, อาหารหลากสี มีประโยชน์หลากหลาย (ตอนที่ 3) : สารเคมีที่มีประโยชน์จากผักผลไม้ที่มีสีม่วงและสีน้ำเงิน [สืบค้น], http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/knowledge/files/0152.pdf [30/September/17].

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2544, ไอศกรีม [สืบค้น], http://food.fda.moph.go.th/law/data/ announ_moph/P354.pdf [10/December/16].

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2560, แอนโทไซยานิน [สืบค้น], http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1103/anthocyanin [30/September/17].

รัตนา ม่วงรัตน์ กรวิกา สกุลไกรพีระ ธัญญารัตน์ บุระคา และ ลีลาวดี ชมนาน, 2557, ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารแอนโธไซยานินจากข้าวโพดสีม่วง, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 22(3): 367-380.

ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553, ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) [สืบค้น], http://siweb.dss.go.th/repack/fulltext/IR21.pdf [30/September/17].

อภิญญา จุฑางกูร วราภรณ์ ประเสริฐ จุฬาลักษณ์ จารุนุช งามจิตร โล่วิทูร ช่อลัดดา เที่ยงพุก อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ และ สุคันธรส ธาดากิตติสาร, มปป, การศึกษาสมบัติและใช้ประโยชน์จากข้าวโพดลูกผสมแอนโทไซยานินสูง, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC, 2000, Official Methods of the Analysis of AOAC International, 17th ed., Maryland, U.S.A.

Arbuckle, W.S., 1986, Ice Cream (4th Ed), The Avi Pub. Co. New York, 364 p.

Jing, P., Noriega, V., Schwartz S.J., and Giusti, M.M., 2007, Effects of Growing Conditions on Purple Corncob (*Zea mays* L.) anthocyanins, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(21): 8625-8629.

Moeenfard, M. and Tehrani M.M., 2008, Effect of Some Stabilizers on the Physicochemical and Sensory of Ice Cream Type Frozen Yoghurt, Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 4(5): 584-589.

Sutharut, J. and Sudarat, J., 2012, Total Anthocyanin Content and Antioxidant Activity of Germinated Colored Rice, International Food Research Journal, 19(1): 215-221.

Figure 1 Appearance of purple sweet corn ice cream (a) control, (b) 10% kernels, (c) 20% kernels, (d) 30% kernels.

Table 1 %Overrun, %meltdown and color of ice cream added purple sweet corn kernels.

Kernels (%)	%Overrun	%Meltdown	L*	a*	b*
control	27.50±0.71[a]	60.64±1.58[a]	77.81±0.06[a]	4.63±0.01[a]	6.60±0.04[a]
10	26.01±0.49[b]	48.05±5.36[b]	77.20±0.10[ab]	4.69±0.05[a]	6.43±0.03[ab]
20	25.96±0.30[bc]	42.92±4.92[b]	76.93±0.27[b]	4.31±0.08[b]	6.38±0.13[ab]
30	24.56±0.49[c]	42.54±0.35[b]	74.78±0.53[c]	4.22±0.04[b]	6.26±0.12[b]

[a, b,c] … within columns represent significant difference ($p \leq 0.05$). ns mean statically non significance.

Table 2 Sensory evaluation of ice cream added purple sweet corn kernels.

Kernels (%)	Overall	Color	Appearance (ns)	Taste	Texture
control	7.10±1.23[a]	7.08±0.85[a]	7.06±0.93	7.20±1.41[a]	7.08±0.83[a]
10	7.14±0.97[a]	6.94±1.02[ab]	7.00±7.73	7.10±1.30[a]	7.12±1.04[a]
20	6.92±1.58[a]	6.72±1.07[ab]	6.88±1.34	6.98±1.30[ab]	6.54±1.30[a]
30	6.78±1.20[b]	6.64±1.27[b]	6.72±0.93	6.58±1.36[b]	7.14±1.43[b]

[a, b,c] … within columns represent significant difference ($p \leq 0.05$). ns mean statically non significance.

การพัฒนาและทดสอบสมรรถนะการผสมของข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีสารเบต้าแคโรทีน
The Development and Combining Ability of Waxy Corn with Beta-carotene

ชฎามาศ จิตต์เลขา[1] พิทยาภรณ์ สุภรพัฒน์[1] สดใส ช่างสลัก[1] และชูศักดิ์ จอมพุก[2]
Jitlaka, C.[1], Supornpath, P.[1], Changsaluk, S.[1] and Jompuk, C.[2]

Abstract

This study was conducted to improve the beta-carotene content in waxy corn, using conventional breeding method and combining ability test for line selection. Selection of 8 lines of waxy corn with beta carotene content were cross in diallel. The general combining ability (GCA) of 28 crosses was compared with commercial varieties. The yield trial was conducted using Randomized Complete Block Design with three replications. The results showed Kwbsx 6226 cross had potential to produce high yield (2,370kg./rai), not different significant with commercial varieties and beta-carotene content in kernels of hybrids had 0.02 -0.07 mg/100gFW, higher than commercial varieties(0.01 mg/100gFW). The potential for good eating quality of waxy corn with beta carotene crosses had not different significant with commercial varieties. Moreover, Kwi 107 line had the highest GCA for yields and Kwbsx 6209 cross had the highest SCA.

Keywords: waxy corn, beta-carotene, pro-vitamin A

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวให้มีปริมาณเบต้าแคโรทีนตามวิธีการปรับปรุงพันธุ์มาตรฐานและทดสอบสมรรถนะการผสมเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ โดยคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนจำนวน 8 สายพันธุ์ ทำการผสมทดสอบแบบพบกันหมด(diallel) ทดสอบสมรรถนะการผสมทั่วไป(General combining ability, GCA) จำนวน 28 คู่ผสม ร่วมกับพันธุ์ทางการค้า วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์(Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ได้คู่ผสม Kwbsx 6226 ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงสุด(2,370 กก./ไร่) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับพันธุ์ทางการค้า และมีสารเบต้าแคโรทีนในเมล็ด 0.02 - 0.07 mg/100gFW ซึ่งมากกว่าพันธุ์ทางการค้า(0.01 mg/100gFW) คุณภาพการรับประทานของคู่ผสมข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีสารเบต้าแคโรทีนไม่แตกต่างจากพันธุ์ทางการค้า นอกจากนั้นสายพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวที่ให้สมรรถนะการผสมทั่วไป(GCA) ของผลผลิตคือ สายพันธุ์ Kwi 107 และคู่ผสม Kwbsx 6209 มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ(SCA) สูงสุด

คำสำคัญ: ข้าวโพดข้าวเหนียว เบต้าแคโรทีน โปรวิตามินเอ

คำนำ

ข้าวโพดเป็นพืชที่มีการพัฒนาพันธุ์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดสารอาหารในประเทศต่าง ๆ เช่น การพัฒนาข้าวโพดคุณภาพโปรตีนสูง ข้าวโพดมีธาตุเหล็ก (iron), ธาตุสังกะสี (zinc) และ โปรวิตามินเอ (pro-vitamin A) (Constantino และคณะ, 2011) และปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญในการเลือกบริโภคอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ป้องกันและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น สารแคโรทีนอยด์ (carotenoids) นั้นเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ในกระบวนการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ ซึ่งได้สารที่มีสีชนิดแรก คือ ไลโคปีน จากนั้นปลายโมเลกุลของไลโคปีนจะขมวดเป็นวงแหวนได้เป็นเบต้าแคโรทีน และแอลฟาแคโรทีน ซึ่งโมเลกุลของแคโรทีนนี้จะถูกเปลี่ยนเป็น pro-vitamin A (จริงแท้, 2553) สารประกอบกลุ่มแคโรทีนอยด์นี้ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ ดังนั้นเราจึงต้องรับประทานเข้าสู่ร่างกายในรูปของผักและ

---

[1] ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30320
[1] National Corn and Sorghum Research Center, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University Pakchong, Nakhonrachasima, 30320
[2] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakon pathom, 73140

ผลไม้ (ไพบูลย์, 2550) ซึ่งเบต้าแคโรทีนมักพบในกลุ่มผักผลไม้ที่มีสีส้มหรือสีเหลือง โปรวิตามินเอ (pro-vitamin A) มีบทบาทสำคัญในการรักษาสุขภาพและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง โดยปกติร่างกายของมนุษย์สามารถเปลี่ยนเบต้าแคโรทีนไปเป็นวิตามินเอ (Ford, 2000; Wong และคณะ, 2004; Harjes และคณะ, 2008;) ได้ตามปริมาณที่ร่างกายต้องการ ในปี 2560 ชฎามาศ และคณะ รายงานการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวให้มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนโดยการปรับปรุงพันธุ์จากแหล่งพันธุกรรมจากข้าวโพดชนิดต่างๆ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ได้จำนวน 18 สายพันธุ์ และเมื่อทดสอบผลผลิตในชั่วแรกพบว่าคู่ผสมข้าวโพดข้าวเหนียวมีสารเบต้าแคโรทีนในเมล็ด 0.0042-0.0283 mg/100gFW (ชฎามาศ และคณะ, 2561) เพื่อพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวให้มีคุณค่าเพิ่มมากขึ้น การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวให้มีสารเบต้าแคโรทีน พร้อมทั้งทดสอบสมรรถนะการผสม ผลผลิตและคุณภาพการรับประทาน

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการวิจัยที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา โดยการรวบรวมสายพันธุ์ จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเมินปริมาณโปรวิตามินเอโดยการวิเคราะห์สารเบต้าแคโรทีนในเมล็ดตามวิธีของ Nagata และ Yamashita, 1992 หาค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร (nm) คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนในเมล็ดเพื่อนำมาสกัดสายพันธุ์โดยการผสมตัวเอง และผสมกลับ จากนั้นผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะทางการเกษตรดี แข็งแรงและต้านทานโรค มีคุณภาพการรับประทานดี พัฒนาสายพันธุ์ S_5 และ BC_1S_4 คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนจำนวน 8 สายพันธุ์ เพื่อผสมแบบพบกันหมด (Diallel) และทดสอบสมรรถนะการผสมพร้อมทั้งทดสอบผลผลิตชั่วต้นเปรียบเทียบกับพันธุ์ทางการค้าได้แก่ พันธุ์สามสี ในฤดูแล้ง ปี 2561 วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ปลูก 4 แถวต่อ 1 แปลงย่อย แถวยาว 5 เมตร ระยะปลูก 75 x 25 เซนติเมตร บันทึกผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก เปอร์เซ็นต์เมล็ดเฉือน และให้คะแนนลักษณะคุณภาพการรับประทาน โดยแบ่งออกเป็น ความเหนียว ความนุ่ม และความชอบ มีระดับการให้คะแนน 1-5 คือ 1 หมายถึง ไม่ดี และ 5 หมายถึง ดีมาก พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of variance, ANOVA) ของข้อมูลใช้โปรแกรม R statistic และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD)

ผลและวิจารณ์ผล

ทดสอบผลผลิตในฤดูแล้งปี 2561 โดยคู่ผสมที่ทำการทดสอบได้มาจากกการคัดเลือกสายพันธุ์ดีเด่น(S_5 และ BC_1S_4) ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเมล็ดจำนวน 8 สายพันธุ์ ผสมแบบพบกันหมด (diallel) ได้ 28 คู่ผสม และทดสอบผลผลิตของลูกผสมร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่า คู่ผสมที่มีผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก (EwH) สูงสุด 10 อันดับแรกมีผลผลิตอยู่ระหว่าง 2,005 - 2,370 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ (1,165 กก./ไร่) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก (EwoH) สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (1,077 - 1,354 กก./ไร่) และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเฉือน 39 - 47% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table1) ข้าวโพดที่มีสารเบต้าแคโรทีนสามารถให้ผลผลิตสูงขึ้นได้ ซึ่งสายพันธุ์ข้าวโพดที่พัฒนาโดยใช้วิธีผสมกลับหากมีการผสมกลับ 2 ครั้งสามารถเพิ่มปริมาณสารเบต้าแคโรทีนจากสายพันธุ์พ่อแม่ได้ 12.6 เท่า (Muthusamy และคณะ, 2014) คู่ผสมที่ได้จากการทดลองมีเมล็ดสีเหลือง ขาวเหลือง เหลืองขาว และสีส้ม เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน พบว่ามีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน 0.02 - 0.07 mg/100gFW ซึ่งมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งคู่ผสม Kwbsx6201 และ Kwbsx6224 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเมล็ดสูงสุด (Table 1) นอกจากสารเบต้าแคโรทีนในเมล็ดแล้ว ในปี 2015 Tim และคณะ ได้รายงานว่า เมล็ดข้าวโพดที่มีสีส้มและเหลือง มีสาร Zeaxanthin ซึ่งเป็นสารหลักของ carotenoid อีกชนิดหนึ่ง ในข้าวโพดหวานที่มีสีเหลืองมีเบต้าแคโรทีน 2.6 mg/100gFW และมี Zeaxanthin 8.7 mg/100gFW สำหรับการประเมินคุณภาพการรับประทาน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ นอกจากนั้นคู่ผสม Kwbsx6202, Kwbsx6210 และKwbsx6212 มีความเหนียวและความนุ่มอยู่ในระดับดี(ระดับ4) เทียบเท่ากับพันธุ์เปรียบเทียบ (Table 1) เมื่อประเมินสมรรถนะการผสม พบว่าสายพันธุ์ Kwi107-3 มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) ของผลผลิตสูงสุด คู่ผสม Kwbsx6209 เป็นคู่ผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) สูงสุด (Table 2) การพิจารณาคัดเลือกคู่ผสมข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีสารเบต้าแคโรทีนและศักยภาพที่ดีนั้นควรพิจารณาถึงคุณภาพการรับประทาน ผลผลิต และปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเมล็ด พบว่า คู่ผสม Kwbsx6202, Kwbsx6210 และ

Kwbsx6212 เป็นคู่ผสมที่มีความดีเด่นและมีปริมาณเบต้าแคโรทีนในเมล็ด 0.04-0.05 mg/100gFW มีคุณภาพการรับประทานอยู่ในระดับดี และมีผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 2,059 กก./ไร่, 2,032 กก./ไร่ และ2,099 กก./ไร่ ตามลำดับ

สรุป

จากผลการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวให้มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเมล็ด ได้คู่ผสม Kwbsx6202, Kwbsx6210 และ Kwbsx6212 เป็นคู่ผสมข้าวโพดข้าวเหนียวที่ดีเด่นที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตฝักสด คุณภาพการรับประทานอยู่ในระดับเทียบเท่ากับพันธุ์การค้า และมีสารเบต้าแคโรทีนสูงกว่าพันธุ์ทางการค้า 4 เท่า ซึ่งจะเป็นส่วนที่สามารถเพิ่มคุณค่าได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนงบวิจัย และขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติที่เป็นหลักสำคัญที่ทำให้งานวิจัยสำเร็จตามเป้าหมาย

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2553, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

ชฎามาศ จิตต์เลขา พิทยาภรณ์ สุภรพัฒน์ สดใส ช่างสลัก และชูศักดิ์ จอมพุก, 2560, การประเมินและเพิ่มปริมาณโปรวิตามินเอในข้าวโพดข้าวเหนียว, น. 289-294, ในการประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 38, จ.นครสวรรค์.

ชฎามาศ จิตต์เลขา พิทยาภรณ์ สุภรพัฒน์ สดใส ช่างสลัก และชูศักดิ์ จอมพุก, 2561, การทดสอบสมรรถนะการผสมเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเมล็ด, น. 26-35, ในการประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่ง ครั้งที่ 7, จ. พระนครศรีอยุธยา.

ไพบูลย์ จันทร์วิจิต. 2550. การปลูกมะละกอ. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

Constantino, T.S., Paulo, E. de O.G., Maria, C.D.P. and João C. de S., 2011, Diallel Analysis of Maize Inbred Lines for Carotenoids and Grain Yield, Euphytica, 182: 395-404.

Ford, R.H., 2000, Inheritance of Kernel Color in Corn: Explanations and Investigations, The American Biology Teacher, 6(3):181-188.

Harjes, E.C., Rocheford, T.R., Bai, L., Brutnell, T.P., Kandianis, C.B., Sowinski, S.G., Stapleton, A.E., Vallabhaneni, R., William, M., Wurttzel, E.T., Yan, J. and Buckler, E.S., 2008. Natural Genetic in Lycopene Epsilon Tapped for Maize Biofortification, Science, 319: 330-333.

Muthusamy, V., Hossain, F. ,Thirunavukkarasu, N., Choudhary, M., Saha, S., Btat, J.S., Prasanna, B.M. and Gupta, H.S., 2014, Development of b-Carotene Rich Maize Hybrids through Marker-Assisted Introgression of b-carotene hydroxylase Allele, PLoS ONE 9(12): e113583, doi:10.1371/ journal.pone.0113583.

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

Tim, J. O'Hare, Kent J. Fanning, Ian F. Martin, 2015. Zeaxanthin Biofortification of Sweet-corn and Factors Affecting Zeaxanthin Accumulation and Ccolour Change, Biochemistry and Biophysics. 572 (2015) 184–187.

Wong, J.C., Lambert, R.J., Wurtzel, E.T., and Rocheford, T,R., 2004, QTL and Candidate Genes Phytoene Synthase and Carotene Desaturase Associated with the Accumulation of Carotenoids in Maize, Theoretical and Applied Genetics, 108:p. 349-359.

Table 1 Mean of ear yield with husk (ExH), ear yield without husk (ExoH), cutting(%), beta-carotene content in kernel and quality test (stickiness, tenderness and flavor) of top 10 hybrids.

Hybrids	Yield (kg/rai)		Cutting	Beta-carotene	Stickiness[1/]	Tenderness[1/]	Flavor[1/]
	ExH	EwoH	(%)	(mg/100gFW)			
Kwbsx6201	2194	1192	44	0.07	3	3	3
Kwbsx6202	2059	1253	44	0.05	4	4	3
Kwbsx6205	2005	1273	47	0.04	3	3	2
Kwbsx6210	2032	1226	40	0.05	4	4	3
Kwbsx6211	2208	1212	46	0.03	3	3	3
Kwbsx6212	2099	1226	44	0.04	4	4	2
Kwbsx6213	2181	1233	39	0.04	3	3	3
Kwbsx6214	2005	1077	47	0.05	3	3	3
Kwbsx6224	2086	1165	46	0.06	3	3	2
Kwbsx6226	2370	1354	45	0.04	3	3	3
Samsee (Chk)	1165	833	46	0.01	4	4	4
Mean	2037	1186	44	0.04	3	3	3
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD (0.05)	761.7	453.78	15.67	0.04	1.29	1.59	1.5
LSD (0.01)	1013.9	604.03	20.86	0.06	1.72	2.12	2
C.V.(%)	24.17	24.75	20.86	50.21	26.5	37.43	36.8

ns = non-significant difference (*P>0.05*), [1/] = (1 is poor, and 5 is best)

Table 2 General combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) effects of 8 line of economic yield

Lines	KwiC18	Kwi107-3	Kwi117-3	Kwi130-1	Kwi134-1	Kwi136-3	Kwi139-4	Kwi145-2
KwiC18	-	3.12	61.57	-289.37*	83.34	-26.09	244.01*	-76.59
Kwi107-3	-	-	2.46	403.51**	-238.76*	-64.20	-201.09	94.96
Kwi117-3	-	-	-	28.96	-166.98	163.90	-229.98	140.07
Kwi130-1	-	-	-	-	227.07	-31.70	-323.92*	-14.54
Kwi134-1	-	-	-	-	-	175.68	-52.54	-27.81
Kwi136-3	-	-	-	-	-	-	231.01	-448.59**
Kwi139-4	-	-	-	-	-	-	-	332.51*
Kwi145-2	-	-	-	-	-	-	-	-
GCA	-53.87	187.56**	-114.87	33.06	25.68	26.79	55.01	-159.37*

- = not determine, * = significant difference (*P<0.05*), **= highly significant difference (*P<0.01*)

ผลการเสริมเนื้อลูกตาลสุกต่อคุณภาพของขนมเปียกปูน
The Effect of Adding Palmyra Palm Pulp on the Quality of Khanom Piak Poon

ปัญญรัศม์ ลือขจร[1] วนิดา บุรีภักดี[1] และ กมลทิพย์ นิคมรัตน์[2]
Luekhajon, P.[1], Bureepakdee, W.[1] and Nicomrat, K.[2]

Abstract

The purpose of this research was to analyze the effect of adding Palmyra palm pulp on the quality of Khanum Piak Poon. The Palmyra palm pulp were supplemented at 3 levels (3 4 and 5% by weight). The sensory perceptions of the 3 formula of Khanom Piak Poon were found that 5% by weight had the highest color score ($p \leq 0.05$). The odor, taste, texture, and overall linking of all formula were not significantly different. When physical properties were compared, the hardness chewiness redness (a*) and yellowness (b*) were decreased with an increasing of palmyra palm pulp content. The lightness (L*) was not significantly different. The energy, protein, carbohydrate, fat, moisture, ash were 160 Kcal, 0.96, 39.07, 0.00, 59.79, and 0.21%, respectively and its water activity was 0.91.

Keywords: Palmyra Palm Pulp, Khanom Piak Poon, Thai Dessert

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมเนื้อลูกตาลสุกต่อคุณภาพของขนมเปียกปูน โดยเสริมเนื้อตาลสุก 3 ระดับ คือ ร้อยละ 3, 4 และ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ขนมเปียกปูนเสริมเนื้อลูกตาลสุกร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับคะแนนด้านสีสูงสุด ($p \leq 0.05$) ส่วนคะแนนด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า ปริมาณเนื้อลูกตาลสุกเพิ่มขึ้นทำให้ ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการบดเคี้ยว (Chewiness) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความสว่าง (L*) ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณพลังงาน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ความชื้น และ เถ้า เท่ากับ 160 กิโลแคลอรี 0.96, 39.07, 0.00, 59.79 และ 0.21 ตามลำดับ และมีค่าน้ำอิสระ เท่ากับ 0.91

คำสำคัญ: เนื้อตาลสุก ขนมเปียกปูน ขนมไทย

คำนำ

เนื้อลูกตาลสุกหรือเนื้อตาลเป็นส่วนประกอบของลูกตามที่ถัดไปจากส่วนผิวเปลือก เนื้อตาลและใยตาลของผลที่ยังไม่สุกจะมีสีขาว เมื่อสุกเนื้อและใยจะมีสีเหลือง กลิ่นหอม นิยมนำไปใช้ทำขนมตาล (สุนีย์, 2559)เมื่อนำมายีกับน้ำ กรองด้วยผ้า ผูกไว้ให้น้ำตกเหลือแต่เนื้อลูกตาล สีเหลืองมีกลิ่นหอม เนื้อลูกตาลสุกนอกจากให้กลิ่นรสเฉพาะแล้ว ยังพบว่า มีสารแคโรทีนอยด์ (มนัสนันท์ และ คณะ, 2544) จึงเหมาะสำหรับนำมาผสมในอาหารชนิดต่างๆแทนการใช้สีสังเคราะห์ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เนื้อลูกตาลสุกประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 90 มีเส้นใยอาหารประมาณร้อยละ 5.8 มีน้ำตาลและสตาร์ชประมาณร้อยละ 0.04 ปริมาณไขมันส่วนใหญ่ในเนื้อตาลสุกเป็นสารแคโรทีนอยด์ การนึ่งเนื้อลูกตาลสุกนานไม่เกิน 8 นาที ไม่ทำให้ปริมาณสารแคโรทีนอยด์แตกต่างจากเนื้อตาลสุกที่ไม่ผ่านการนึ่ง การนึ่งยังทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อลูกตาลสุกในตู้เย็นได้ (จินตนา และ พรชนก, 2560) การศึกษาของวิจิตรา และคณะ (2561) เกี่ยวกับการใช้ผงตาลทดแทนการใช้เนื้อลูกตาลสุกในแป้งขนมตาลสำเร็จรูป พบว่า ขนมตาลที่ใช้เนื้อตาลแบบสดมีปริมาณสารฟีนอลิก และเบต้าแคโรทีนมากที่สุด ซึ่งสารสองชนิดนี้เป็นสารในกลุ่มต้านอนุมูลอิสระ Renuka และ คณะ (2018) ยังพบสารกลุ่มอัลคาลอยด์(Alkaloids) ฟลาโวนอยด์(Flavonoids) ไกลโคไซด์(Glycosides) ซาโปนิน(Saponins) ไฟโตรสเตอรอล(Phytosterols) และ ฟีนอล(Phenols) ซึ่งเป็นสารพฤษเคมีที่มีสรรพคุณดีต่อสุขภาพ นอกจากนี้ Golly และคณะ(2017) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดต่อผลิตภัณฑ์ทอฟฟี สเปรด และครีมจากเนื้อลูกตาลสุก พบว่า

[1] สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา 90000
Department of Home Economics, Faculty Liberal Arts Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000
[2] คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา 90000
Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University 160 Boyang Sub-district, Muang District, Songkhla 90000

ผู้บริโภคให้การยอมรับในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ดังนั้นการนำเนื้อลูกตาลสุกมาใช้กับขนมไทยจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในด้านการค้าและด้านสุขภาพอีกด้วย

ขนมเปียกปูนเป็นขนมไทยโบราณดัดแปลงจากขนมกวนหรือกาละเม มีส่วนประกอบจาก แป้งข้าวเจ้า แป้งมันเล็กน้อย น้ำตาล และ น้ำปูนใส เป็นหลัก ขนมเปียกปูนที่มีมาแต่โบราณ มีสีเขียวจากใบเตย และสีดำจากกาบมะพร้าวเผา เป็นขนมที่มีกรรมวิธีการผลิตไม่ยุ่งยาก ทำเร็วขายเร็ว ราคาไม่แพง อายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นการนำเนื้อลูกตาลสุกมาเสริมในขนมเปียกปูน จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบที่มีมากในท้องถิ่น เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และสร้างความหลากหลายให้กับขนมไทย วัตถุประสงค์การวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการเสริมเนื้อลูกตาลสุกต่อคุณภาพของขนมเปียกปูน ด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส คุณภาพกายภาพและคุณภาพทางเคมี ซึ่งขนมเปียกปูนถือเป็นขนมไทยโบราณที่ยังได้รับความนิยมอยู่ในยุคปัจจุบัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเนื้อลูกตาลสุกตามแบบวิธีโบราณ ทับน้ำไว้ 8 ชั่วโมง นำเนื้อลูกตาลสุก 200 กรัม นึ่งด้วยไอน้ำนาน 8 นาที เพื่อทำลายการทำงานของเอนไซม์ และจุลินทรีย์ ตามวิธีของจินตนา และ พรชนก (2560) ศึกษาการเสริมเนื้อลูกตาลสุกในขนมเปียกปูน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 3, 4 และ 5 ของน้ำหนักส่วนผสม ประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า แป้งมัน น้ำตาลปีบ น้ำตาลทราย น้ำปูนใส และน้ำ ร้อยละ 9.5, 2.0, 12.5, 4.5, 24.0 และ 47.5 ตามลำดับ ดัดแปลงจาก เสริมพร (2542) กวนจนกระทั่งแป้งเป็นเจล วัดอุณหภูมิให้ได้ 75 องศาเซลเซียส กวนต่อเป็นระยะเวลา 45 นาทีในสูตรที่เสริมเนื้อลูกตาลสุกร้อยละ 3 และเพิ่มเวลาแต่ละช่วงการเติมเนื้อลูกตาลสุกช่วงละ 2 นาที เทใส่ภาชนะ วางทิ้งไว้ให้เย็น ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยแบบทดสอบ 9-point hedonic scale ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter lab รุ่น color flax สภาวะการทดสอบ CIE lab D60/10° port size 1.25 นิ้ว วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และค่า a_w ตามวิธีการของ AOAC (2000) ค่าพลังงาน และปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธีคำนวณ วัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT plus (surrey, England) ใช้ Cylinder diameter 50 มิลลิเมตร ความเร็วของ probe 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะกด 50 % ของความหนาตัวอย่าง ระยะให้ตัวอย่างคืนตัว 3 วินาที ได้แก่ ค่าความแข็ง(Hardness) ค่าการยึดเกาะภายนอก (Adhesiveness) ค่าการคืนตัว (Springiness) ค่าการยึดเกาะภายใน (Cohesiveness) และ ค่าพลังงานการบดเคี้ยว (Chewiness) วิเคราะห์ความแตกต่างด้วย F-test เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการเสริมเนื้อลูกตาลสุกในขนมเปียกปูนร้อยละ 3 4 และ 5 ของส่วนผสม (Table1) พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ของขนมเปียกปูนเสริมเนื้อลูกตาลสุกร้อยละ 5 แตกต่างกับร้อยละ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ส่วนด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความเหนียว) และความชอบรวม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมในการเสริมเนื้อลูกตาลสุกในขนมเปียกปูน คือ ร้อยละ 5 ของส่วนผสมทั้งหมด มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม 7.36 7.60 7.00 6.90 และ 7.36 ตามลำดับ

ผลการวัดค่าสี L* a* b*(Table2) ขนมเปียกปูนเสริมเนื้อลูกตาลสุกทั้ง 3 สูตร พบว่า ค่าสีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส(Table1) การเสริมเนื้อลูกตาลสุกในปริมาณเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า L* (ความสว่าง) ลดลง ค่าสี a*(สีแดง) b*(สีเหลือง) ลดลง ค่าสี L* a* b* ของขนมเปียกปูนเสริมเนื้อลูกตาลสุกร้อยละ 5 เท่ากับ 49.46±0.83 9.89±0.07 และ 29.22±0.82 ตามลำดับ สีที่ปรากฏ มีลักษณะที่เห็นเป็นสีเหลืองคล้ำ(เหลืองน้ำตาล) ซึ่งเกิดสีคล้ำเนื่องมาจากขนมเปียกปูนมีน้ำตาลเป็นส่วนผสม และกรรมวิธีการกวนด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 75 องศาเซลเซียสนาน จึงทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ สารสีเหลืองที่เกิดจากเนื้อลูกตาลสุก เมื่อผ่านความร้อนทำให้เกิดการสลายของสารสีเหลืองกลุ่มแคโรทีนอยด์ ทำให้ค่าสีค่าสี L* a* b* ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ จินตนาและ พรชนก (2560) นำเนื้อตาลทำให้สุกด้วยการใช้ความร้อนแบบนึ่งที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้น พบว่า เนื้อลูกตาลสุกมีค่า L* ลดลง มีสีส้มเข้มขึ้น ส่วนค่า a* b* มีแนวโน้มลดลงตามค่า L*

ผลการเปรียบเทียบค่าเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TPA) ได้แก่ ค่าความแข็ง(Hardness) ค่าการยึดเกาะภายนอก (Adhesiveness) ค่าการคืนตัว (Springiness) ค่าการยึดเกาะภายใน (Cohesiveness) และ ค่าพลังงานการบดเคี้ยว (Chewiness) ขนมเปียกปูนเสริมปริมาณเนื้อลูกตาลสุกร้อยละ 3, 4 และ 5 (Table 2) พบว่า ปริมาณเนื้อลูกตาลสุกที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะภายใน ค่าพลังงานการบดเคี้ยว ลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) สอดคล้องกับ การศึกษาของ พรทวี และ คณะ (2557) ที่ทำการทดแทนเนื้อตาลผงในผลิตภัณฑ์บะหมี่สดทำให้ค่าแรงดึงขาดในเส้นบะหมี่ลดลง ค่าการยึด

เกาะภายนอก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) องค์ประกอบของเนื้อลูกตาลสุกมีความชื้นสูง และมีของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำ เมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อตาลสุกทำให้ค่าการยึดเกาะกับวัตถุภายนอกเพิ่มขึ้น เมื่อเคี้ยวจึงมีผลทำให้มีขนมเหนียวติดเหงือกมากขึ้น ส่วนค่าการคืนตัว ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า ขนมเปียกปูนเสริมเนื้อลูกตาลสุก 100 กรัม (Table3) มีปริมาณพลังงาน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ความชื้น และ เถ้า เท่ากับ 160 กิโลแคลอรี 0.96, 39.07, 0.00, 59.79 และ 0.21 มีค่าน้ำอิสระ 0.91 (Table2) คุณภาพของอาหารนอกจากจะขึ้นกับปริมาณความชื้นแล้ว ยังขึ้นกับ ค่า a_w ของอาหารด้วยเพราะค่า a_w เป็นปริมาณน้ำในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้หรือเป็นปริมาณน้ำที่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่อาจจะก่อให้เกิดการเสื่อมเสียต่ออาหาร

สรุปผล

เมื่อเสริมปริมาณเนื้อลูกตาลสุกเพิ่มขึ้น พบว่า ทำให้สีของขนมเปียกปูนเข้มขึ้นค่าความสว่างลดลง ค่าความแข็ง และพลังการบดเคี้ยวลดลง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านสีเพิ่มขึ้น ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมไม่แตกต่างกัน แนวโน้มพบว่า การเสริมปริมาณเนื้อลูกตาลสุกเพิ่มขึ้นมีผลในทางบวกกับคะแนนเฉลี่ยด้านสี และมีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อนำคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างได้ ดังนั้นปริมาณการเสริมเนื้อลูกตาลสุกร้อยละ 5 สามารถใช้ประโยชน์จากเนื้อลูกตามสุกได้มากที่สุด ขนมเปียกปูนเสริมเนื้อลูกตาลสุกร้อยละ 5 น้ำหนัก 100 กรัม มีพลังงาน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ความชื้น และ เถ้า เท่ากับ 160 กิโลแคลอรี 0.96 39.07 0.00 59.79 และ 0.21 มีค่าน้ำอิสระเท่ากับ 0.91

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สำหรับการอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณนักศึกษาผู้ช่วยวิจัย นายสรวิชญ์ ปลอดทอง นางสาวอรอุมา อชัยยัง และนางสาวอุรชา ฉลวยธนาพร

เอกสารอ้างอิง

จินตนา วิบูลย์ศิริกุล และพรชนก ชัยชนะ, 2560, คุณภาพเนื้อตาลสุกที่ผ่านการให้ความร้อน, วารสารการประชุมวิชาการและการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, หน้า 1817-1822.

ธีรนุช ฉายศิริโชติ และ จันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา, 2557, การพัฒนามัฟฟินเนื้อตาลสุกผสมลูกตาล, วารสารมหาวิทยาลัยสวนดุสิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 7(1): 57-70.

พรทวี ธนสัมบัณณ์ จันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา สาวิตรี ประสิ่งชอบ และนิตยา งามเสงี่ยม, 2557, การทดแทนเนื้อตาลผงในผลิตภัณฑ์บะหมี่สด, วารสารมหาวิทยาลัยสวนดุสิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 7(1): 105-122.

มนัสนันท์ บุญทราพงษ์ กมลวรรณ แจ้งชัด อนุวัตร แจ้งชัด และวิชัย หฤทัยธนาสันติ์, (2544), การศึกษาคุณภาพของเนื้อตาลสุกและขนมตาลที่ผลิตจากเนื้อตาลสุกผ่านกระบวนการพาสเจอไรเซชัน, เอกสารการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 425-433.

วจิตรา เหลียวตระกูล ขนิษฐา กรมศรี และ ปริชญ์ นาควงษ์, 2561. ผลของเนื้อตาลสุกที่ทำแห้งด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของขนมตาล, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยราชมงคลสุวรรณภูมิ, 53 หน้า.

สุนีย์ คำนวลศิลป์, 2559, การศึกษาภูมิความรู้เรื่องตาลของคนเพชรบุรีผ่านระบบคำ, รายงานการวิจัยประจำปี 2559, คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 106 หน้า.

เสริมพร สาตรพันธุ์, 2542, อาหาร-ขนม, โรงพิมพ์พรานนกการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 221 หน้า.

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

Golly MK., Amponsah AS., Mintah Prempeh V., Agbamakah E., Akari MA., Adu Ppku L., Pokaa GF., Gandaa V. and Agodey B., 2017, Development of Food Products from Palmyra Palm (*Borassus flabellifer* L.) Fruit Pulp for Possible commercialization, STU International journal of Technology, 1(4): 89-102.

Renuka, K., Devi, VR. And Subramanian, SP., 2018, Phytochemical Screening and Evaluation of in Vitro Antioxidant Potential of Immature Palmyra Palm (*Borassus flabellifer* Linn.) Fruits, International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 10(8): 77-83.

Table 1 Means of hedonic score for sensory attributes of Khanom piak poon added Palmyra Palm Pulp (%).

Sensory attributes	Hedonic score		
	3%	4%	5%
Color	6.50±0.70[b]	6.53±0.63[b]	7.36±0.48[a]
Odor	7.90±0.97[ns]	7.63+0.82[ns]	7.60+1.12[ns]
Taste	7.20±0.79[ns]	7.10+0.95[ns]	7.00+0.92[ns]
Texture	7.16±0.92[ns]	7.00+0.92[ns]	6.90+0.90[ns]
overall linking	7.29±0.83[ns]	7.13+0.98[ns]	7.36+0.78[ns]

[a,b,...] whit in row represent significant difference ($p \leq 0.05$) [ns] in the same row is indicated non- signification ($p > 0.05$)

Table 2 Physical and Chemical quality of Khanom piak poon added Palmyra Palm Pulp.

Physical and Chemical quality		Quantity of Palmyra Palm		
		3%	4%	5%
Color	L*	49.66±0.34[ns]	49.69±0.11[ns]	49.46±0.83[ns]
	a*	11.04±0.16[a]	8.73±0.10[c]	9.89±0.07[b]
	b*	30.09±0.43[a]	27.23±0.10[c]	29.22±0.82[b]
Texture Profile Analysis (TPA)				
	Hardness (gram/sec.)	2814.00±377.78[a]	1563.78±121.87[b]	1450.47±156.27[b]
	Adhesiveness	43.93±18.12[b]	46.15±18.55[b]	122.63±28.44[a]
	Springiness	0.92±0.06[ns]	0.93±0.03[ns]	0.94±0.04[ns]
	Cohesiveness	0.69±0.04[a]	0.68±0.04[ab]	0.65±0.06[b]
	Chewiness (gram)	1810.03±299.05[a]	957.67±215.96[b]	884.31±142.59[b]
a_w		0.92 ± 0.02 [ns]	0.92±0.01 [ns]	0.91±0.01 [ns]

[a,b,...] whit in row represent significant difference ($p \leq 0.05$) [ns] in the same row is indicated non- signification ($p > 0.05$)

Table 3 Chemical quality by of Khanom piak poon added 5 % Palmyra Palm Pulp

Chemical quality	Values for 100 g.
Energy (Kcal)	160
Protein (%)	0.96
carbohydrate (%)	39.07
Fat (%)	0.00
Moister (%)	59.79
Ash (%)	0.21

ผลของการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศต่อการออสโมติกดีไฮเดรชั่นของมะกรูด
Effect of Pretreatment with Vacuum Pressure on Osmotic Dehydration of Kaffir Lime

ณัฐดนัย สมประสงค์[1] รังสินี โสธรวิทย์[1,*] และ วงศ์ผกา วงศ์รัตน์[1]
Somprasong, N.[1], Sothornvit, R.[1*] and Wongrat, W.[1]

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of pretreatment with vacuum pressure (VP) on mass transfer and loss of phenolic compounds due to heating after the osmotic dehydration (OD) of kaffir lime. Kaffir lime albedo was immersed in sucrose solution at 35% (w/w) and pretreated at two levels of VP (10 and 50 kPa) and time (10 and 20 min) and then went through OD at the atmospheric pressure for 12 h. It was found that mass transfer of kaffir lime pretreated with VP increased and reduced OD time. Pretreatment at 10 kPa for 20 min showed the best reduction of OD time approximately 240 min. When the osmotic dehydrated kaffir lime was heated, the loss of phenolic compounds significantly decreased, compare to non-pretreated ($P < 0.05$). Therefore, using VP reduced the OD time and prevented the loss of phenolic compounds of osmotic dehydrated fruit products.

Keywords: Kaffir lime, Vacuum pressure, Osmotic dehydration

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศต่อการถ่ายเทมวลและการสูญเสียสารฟีนอลิกจากการให้ความร้อนหลังการแช่อิ่มมะกรูด เนื้อมะกรูดแช่ในสารละลายซูโครสเข้มข้น 35% (w/w) และนำมาผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศสองระดับ (10 และ 50 kPa) และระยะเวลาสองระดับ (10 และ 20 นาที) จากนั้นนำมาแช่อิ่มที่ความดันบรรยากาศต่อเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าการถ่ายเทมวลของมะกรูดเมื่อผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและยังช่วยลดเวลาในการแช่อิ่มลง การเตรียมขั้นต้นที่ความดัน 10 kPa นาน 20 นาที สามารถลดเวลาการแช่อิ่มลงได้ดีที่สุดประมาณ 240 นาที เมื่อนำมะกรูดแช่อิ่มที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศมาให้ความร้อนพบว่าการสูญเสียสารฟีนอลิกมีค่าลดลงเทียบกับมะกรูดแช่อิ่มที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ดังนั้นการใช้ความดันสุญญากาศช่วยลดเวลาในการแช่อิ่มและป้องกันการสูญเสียสารฟีนอลิกให้กับผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่ม

คำสำคัญ: มะกรูด ความดันสุญญากาศ ออสโมติกดีไฮเดรชั่น

คำนำ

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหัวสระพัฒนา ในอำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี เป็นกลุ่มที่จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผลไม้ จึงมีความต้องการทำผลิตภัณฑ์มะกรูดแช่อิ่ม เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกกันมากภายในชุมชนแต่มีการนำแค่ส่วนผิวและน้ำไปใช้ประโยชน์เท่านั้น ยังคงเหลือเปลือกชั้นในที่เป็นส่วนเหลือทิ้งคิดเป็นปริมาณมากถึง 60 เปอร์เซ็นต์ต่อผลมะกรูดหนึ่งลูก การออสโมติกดีไฮเดรชั่น (osmotic dehydration) หรือแช่อิ่มเป็นการยืดอายุเก็บรักษา โดยใช้หลักการออสโมซิส ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทมวลจนเข้าสู่สภาวะสมดุล แต่มีข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลาที่ยาวนาน (24-48 ชั่วโมง) การเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศเป็นการออสโมติกดีไฮเดรชั่นภายใต้ความดันสุญญากาศช่วงเริ่มต้นเป็นระยะเวลาสั้นๆ (10-20 นาที) ก่อนปรับความดันเข้าสู่สภาวะบรรยากาศ กระบวนการข้างต้นจะทำให้เกิดการขยายตัวและบีบอัดของโครงสร้างอาหาร (Chwastex, 2014) ทำให้การถ่ายเทมวลมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีการศึกษาผลของความดันสุญญากาศต่อการออสโมติกดีไฮเดรชั่นโดยในงานวิจัยของ Moreno และคณะ, (2004) รายงานว่าอัตราการสูญเสียน้ำ (water loss) และปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (solid gain) เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมะละกอผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศก่อนนำไปแช่อิ่ม จากที่ได้กล่าวไปข้างต้นการนำมะกรูดมาเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศก่อนแช่อิ่มน่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทมวลให้สูงขึ้นและลดเวลาในการแช่อิ่มลงได้ นอกจากนี้การ

[1]ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[1]Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsean, Kasetsart University, Kamphaengsean Campus, Nakhonpathom, 73140
*** from admin

ออสโมติกดีไฮเดรชั่นสามารถป้องกันและลดการสูญเสียสารฟีนอลิกที่เกิดขึ้นในผลไม้แปรรูปได้ ซึ่งสารฟีนอลิกเป็นสารสำคัญที่มีประโยชน์ต่อร่างกายแต่สามารถสูญเสียได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน โดย Chottanom และคณะ, (2014) รายงานว่าฟักทองอบแห้งที่ผ่านการออสโมติกดีไฮเดรชั่นในสารละลายเกลือ (5% NaCl) มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าฟักทองอบแห้งทั่วไปถึง 1.5 เท่า จึงทำให้มีแนวคิดเพิ่มเติมที่จะศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศต่อการรักษาและลดการสูญเสียสารฟีนอลิกจากความร้อน ซึ่งยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาในมะกรูด เนื่องจากมีการนำมะกรูดไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีการใช้ความร้อนในกระบวนการส่งผลให้เกิดการสูญเสียสารสำคัญและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ดังนั้นการนำมะกรูดมาผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชั่นจะช่วยลดระยะเวลาในการแช่อิ่มและช่วยลดการสูญเสียสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพระหว่างการให้ความร้อนได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ใช้วิธีและส่วนผสมมะกรูดแช่อิ่มจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหัวสระพัฒนา จ.ราชบุรี ที่มีการแปรรูปมะกรูดแช่อิ่มโดยนำมะกรูดมาล้าง ปอกเปลือก ผ่าครึ่ง คั้นน้ำและแยกเอาเมล็ดออกจะได้ส่วนเนื้อชั้นในสีขาว ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วนำไปแช่ลงในสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ความเข้มข้นร้อยละ 5% (w/v) นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปลวกที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วนำไปพักในน้ำเย็น

2. ศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นต่อการถ่ายเทมวลของมะกรูด

นำเนื้อมะกรูดที่เตรียมไว้มาทำการเตรียมขั้นต้นในหม้อความดันทรงกระบอก ที่มีสารละลายซูโครสความเข้มข้น 35% (w/w) บรรจุอยู่ในอัตราส่วนของเนื้อมะกรูดต่อสารละลายเป็น 1:5 โดยน้ำหนัก ปิดฝาหม้อความดันแล้วต่อเข้ากับปั๊มสุญญากาศ จากนั้นทำการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศดังนี้ สภาวะที่หนึ่ง 50 kPa นาน 10 นาที, สภาวะที่สอง 50 kPa นาน 20 นาที, สภาวะที่สาม 10 kPa นาน 10 นาที และสภาวะที่สี่ 10 kPa นาน 20 นาที เมื่อครบเวลา แช่อิ่มต่อที่ความดันบรรยากาศ 12 ชั่วโมง โดยให้การแช่อิ่มที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นเป็นสภาวะควบคุม ในระหว่างกระบวนแช่อิ่มมีการสุ่มตัวอย่างในช่วงระยะเวลาการแช่อิ่มที่ 10, 20, 60, 120, 240, 360, 480 และ 720 นาที ดัดแปลงจากวิธีของ Correa และคณะ (2010) เพื่อนำมาศึกษาการถ่ายเทมวลในรูปของปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (solid gain, SG) ตามสูตรที่ 1

$$\text{Solid gain (\%)} = \frac{w_t S_t - w_0 S_0}{w_0} \qquad (1)$$

เมื่อ w_0 คือน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม) w_t คือน้ำหนักตัวอย่าง ณ ช่วงเวลาที่สุ่ม (กรัม)

S_0 คือของแข็งในตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม/กรัมตัวอย่าง) S_t คือของแข็งในตัวอย่าง ณ ช่วงเวลาที่สุ่ม (กรัม/กรัมตัวอย่าง)

3. ศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศต่อการรักษาและลดการสูญเสียสารฟีนอลิกจากความร้อน

สุ่มมะกรูดที่ผ่านการแช่อิ่มในช่วงเวลาที่ 10, 360 และ 720 นาที มาต้มที่อุณหภูมิ 93-95 $^{\circ}C$ เป็นเวลา 20 นาที เพื่อศึกษาการสูญเสียสารฟีนอลิกที่เกิดจากความร้อน ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกด้วย Folin-Ciocalteu ดัดแปลงวิธีจากงานวิจัยของ Xu และคณะ, (2007) นำมะกรูดแช่อิ่ม 2 กรัม มาสกัดด้วยเมทานอล 80% (v/v) นาน 2 ชั่วโมง นำส่วนใสของสารสกัดที่ได้ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย Folin-Ciocalteu ความเข้มข้น 10% ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วจึงเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาณ 4 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้นาน 60 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิกจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid)

ผลและวิจารณ์ผล

1. ผลของการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศต่อการถ่ายเทมวล

จาก Table 1 แสดงให้เห็นปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นของมะกรูดแช่อิ่มตามระยะเวลาในทุกสภาวะ โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 120 นาทีแรกของการแช่อิ่ม และมีอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 12.9% ต่อชั่วโมง เมื่อเข้าสู่ช่วง 180 นาที อัตราการเพิ่มขึ้นลดลงเหลือเพียง 0.5% ต่อชั่วโมง จากนั้นปริมาณของแข็งจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนเข้าสู่สภาวะสมดุล ซึ่งเกิดจากความเข้มข้นภายในและภายนอกเซลล์ที่แตกต่างกันมากทำให้มีการถ่ายเทมวลของสารละลายน้ำตาลอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและเมื่อความแตกต่างของความเข้มข้นลดลงการถ่ายเทมวลของสารละลายน้ำตาลก็จะลดลงเช่นเดียวกัน (Junqueira และคณะ, 2017)

เมื่อเวลาแช่อิ่มผ่านไป 10 นาที มะกรูดที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมีปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น 17.48% ในขณะที่มะกรูดที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศมีปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นสูงกว่า คืออยู่ในช่วง 19.76-21.54% เมื่อพิจารณาที่ระดับของแข็งที่เพิ่มขึ้นเป็นเกณฑ์ มะกรูดที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศใช้เวลาในการแช่อิ่มเพียง 20 นาที ในขณะที่มะกรูดที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นต้องใช้เวลานานถึง 120 นาที เพื่อให้มีระดับของแข็งที่เพิ่มขึ้นอยู่ที่ 20% เท่ากัน ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นเป็นผลจากความดันสุญญากาศที่ส่งผลให้เกิดกลไกไฮโดรไดนามิค โดยอากาศที่แทรกอยู่ในรูพรุนของมะกรูดจะเกิดการขยายตัวและถูกดันออกมาและเมื่อปรับความดันกลับสู่สภาวะบรรยากาศโมเลกุลของสารละลายน้ำตาลภายนอกจะแทรกตัวเข้าไปแทนที่ช่องว่างที่เกิดขึ้นในรูพรุน (Fito และคณะ, 2001) หลังสิ้นสุดกระบวนการแช่อิ่มที่ 720 นาที ของแข็งที่เพิ่มขึ้นในมะกรูดแช่อิ่มที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศเข้าสู่สภาวะสมดุลได้รวดเร็วขึ้น โดยการเตรียมขั้นต้นที่ 10 kPa ระยะเวลา 10 และ 20 นาที ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นเข้าสู่จุดสมดุลเมื่อระยะเวลาแช่อิ่มผ่านไป 480 นาที (31.14% และ 32.22% ตามลำดับ) ในขณะที่การแช่อิ่มมะกรูดแบบปกติใช้เวลานานถึง 720 นาที ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นจึงเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ 32.29% แสดงให้เห็นว่าการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศมีประสิทธิภาพที่จะช่วยลดเวลาในการแช่อิ่มมะกรูดลงได้ 240 นาที หรือ 4 ชั่วโมง

Table 1 Solid gain of osmotic dehydrated kaffir lime at different pretreatments with vacuum pressure and time compared with no pretreatment (control)

Time of osmotic (minute)	Solid gain (%)				
	Control	Pretreatment			
		50 kPa 10 min	50 kPa 20 min	10 kPa 10 min	10 kPa 20 min
10	17.48[b] ± 1.42	20.57[a] ± 0.77	20.75[a] ± 1.34	19.76[a] ± 0.63	21.54[a] ± 1.46
20	18.49[b] ± 1.32	21.06[a] ± 0.17	22.86[a] ± 0.22	21.20[a] ± 0.46	21.70[a] ± 1.90
60	18.42[b] ± 0.85	22.48[a] ± 1.66	23.60[a] ± 1.03	23.98[a] ± 1.73	23.26[a] ± 0.43
120	21.88[b] ± 1.37	26.88[a] ± 0.39	25.80[a] ± 1.79	28.32[a] ± 2.31	26.18[a] ± 1.68
240	26.81[b] ± 1.43	27.94[ab] ± 0.54	26.99[ab] ± 0.59	27.68[ab] ± 1.91	29.12[a] ± 0.43
360	28.79[a] ± 1.60	29.03[a] ± 2.92	27.95[a] ± 0.84	29.52[a] ± 1.71	30.33[a] ± 1.02
480	28.39[c] ± 1.49	29.55[bc] ± 0.78	28.27[c] ± 1.31	31.14[ab] ± 1.10	32.22[a] ± 1.74
720	32.29[a] ± 1.32	32.71[a] ± 1.82	30.25[a] ± 0.99	33.28[a] ± 1.25	32.26[a] ± 2.00

The different letters within each row indicate the significant difference ($p<0.05$).

2. ผลของการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศต่อการรักษาและลดการสูญเสียสารฟีนอลิกจากความร้อน

การเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศสามารถลดการสูญเสียสารฟีนอลิกที่เกิดจากความร้อนลงได้ดังใน Figure 1 ที่เวลา 10 นาทีของการแช่อิ่ม โดยการเตรียมขั้นต้นที่ 10 kPa นาน 20 นาที สามารถลดการสูญเสียได้ดีที่สุด ซึ่งยังคงมีฟีนอลิกเหลือหลังผ่านความร้อนอยู่ที่ 1.64 mg gallic/g เปรียบเทียบกับในมะกรูดแช่อิ่มปกติที่คงเหลือเพียง 0.59 mg gallic/g การเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศทำให้สารละลายซูโครสแทรกผ่านเข้าไปได้ดีกว่าการแช่อิ่มแบบปกติ โดยสารละลายซูโครสเข้าไปเคลือบเป็นชั้นบางๆ อยู่บริเวณผิวและผนังภายในและทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันการถูกทำลายและลดการสูญเสียฟีนอลิกที่เกิดจากการให้ความร้อน (Barraza-Jauregui และคณะ, 2017)

อย่างไรก็ตาม การเตรียมขั้นต้นที่ความดัน 10 kPa มีปริมาณฟีนอลิกคงเหลือลดลงที่ระยะเวลา 360 นาที และเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่ 720 นาที ของการแช่อิ่ม พฤติกรรมข้างต้นอาจเกิดจากระหว่างที่เซลล์ของผักผลไม้เกิดการคายน้ำ อนุภาคของสารฟีนอลิกบางส่วนที่มีขนาดเล็กจะแทรกผ่านออกมาสู่สารละลายภายนอกด้วยทำให้ปริมาณของฟีนอลิกคงเหลือที่วิเคราะห์ได้จากช่วงเวลา 360 นาที ของการแช่อิ่มนั้นลดลง ทั้งนี้เมื่อเซลล์เกิดการสูญเสียน้ำอย่างต่อเนื่องเซลล์จะค่อยๆ เหี่ยวลงและสูญเสียความสามารถในการถ่ายเทมวลเกิดเป็นพื้นที่ว่างภายในทำให้โมเลกุลของสารละลายน้ำตาลภายนอกแทรกผ่านเข้าไปสู่พื้นที่ว่างที่เกิดขึ้น (Lech และคณะ, 2017) เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียสารฟีนอลิกเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับปริมาณของฟีนอลิกคงเหลือที่สูงขึ้นในช่วงระยะเวลา 720 นาที ของการแช่อิ่ม

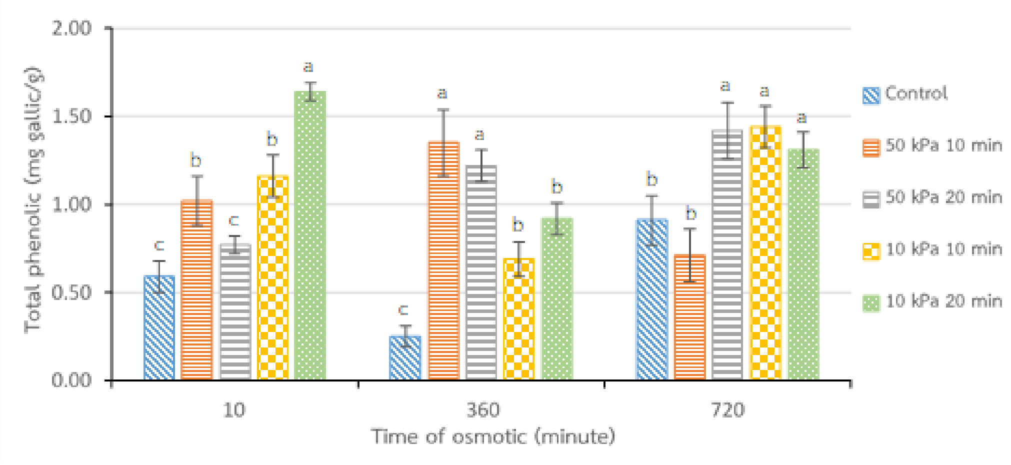


Figure 1 Total phenolic of osmotic dehydrated kaffir lime at different pretreatments with vacuum pressure and time compared with no pretreatment (control) after heating. The different letters at the same osmotic time indicate the significant difference (p<0.05).

สรุปผล

การเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทมวลให้สูงกว่าการแช่อิ่มแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญตามที่ตั้งสมมติฐานไว้ ปริมาณของแข็งมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้นและส่งผลให้การถ่ายเทมวลเข้าสู่จุดสมดุลโดยใช้เวลาสั้นลง จึงช่วยลดระยะเวลาแช่อิ่มมะกรูดลงได้ถึง 4 ชั่วโมง นอกจากนี้การเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศสามารถลดปริมาณการสูญเสียฟีนอลิกที่เกิดจากการให้ความร้อนในมะกรูดแช่อิ่มได้มากกว่าการแช่อิ่มแบบปกติ ดังนั้นสามารถนำเทคนิคการเตรียมขั้นต้นด้วยความดันสุญญากาศมาประยุกต์ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มต่างๆ เพื่อลดระยะเวลาและลดการสูญเสียสารฟีนอลิกทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่คงคุณภาพทางอาหาร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร และคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำหรับสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือและทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Barraza-Jauregui, G., Vega, G., Valeriano, J., Obregon, J., Siche, R. and Miano, A.C., 2017, Osmotic Pretreatment to Assure Retention of Phenolic and Anthocyanins in Berry Jams, Food Bioscience, 17: 24-28.

Chottanom, P., Sriwhung, N., and Kloyarun, P., 2014, Effect of Osmotic Dehydration on Antioxidant Compounds and Sensory Acceptance of Vegetable Snacks, Khon Kaen Agriculture Journal, 42: 239-247.

Chwastex, A., 2014, Methods to Increase the Rate of Mass Transfer during Osmotic Dehydration of Foods, Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 13(4): 341-350.

Correa, J.L.G., Pereira, L.M., Vieira, G.S. and Hubinger, M.D., 2010, Mass Transfer Kinetics of Pulsed Vacuum Osmotic Dehydration of Gguavas, Journal of Food Engineering, 96: 498-504.

Fito, P., Chiralt, A., Betoret, N., Gras, M., Chafer, M. and Monzo, J.M., 2001, Vacuum Impregnation and Osmotic Dehydration in Matrix Engineering Application in Functional Fresh Food Development, Journal of Food Engineering, 49: 175-183.

Junqueira, J.R. de J., Correa, J.L.G., Mendonca, K.S., Resendo, N.S. and Barros Vilas Boas, E.V., 2017, Influence of Sodium Replacement and Vacuum Pulse on the Osmotic Dehydration of Eggplant Slices, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 41: 10-18.

Lech, K., Michalska, A., Wojdylo, A., Nowicka, P. and Figiel, A., 2017, The Influence of the Osmotic Dehydration Process on Physicochemical Properties of Osmotic Solution, Journal of Molecules, 22(2246): 1-12.

Moreno, J., Bugueno, G., Velasco, V., Petzold G. and Tabilo-Munizaga, G., 2004, Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation on Physicochemical Properties of Chilean Papaya (*Carica candamarcensis*), Journal of Food Science, 69: 102-106.

Xu, G., Ye, X., Chen, J. and Liu, D., 2007, Effect of Heat Treatment on the Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Citrus Peel Extract, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55: 330-335.

ลักษณะทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดัดแปรด้วยวิธีการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูง
Physico-chemical Characteristics of Riceberry Flour After Modification by Annealing

พิชิตชัย พจนเลขา[1] โศรยา แสนเมือง[1] สุพัตรา โพธิเศษ[1*] และ อรัญญา พรหมกูล[2]
Podjanalekha, P.[1], Saenmuang, S.[1], Phothiset S.[1*] and Prommakool, A.[2]

Abstract

Riceberry rice is the source of bioactive compounds and nutrition values. However, Riceberry rice has limitations in its application in the form of flour. Therefore, this research is interesting to study the effect of annealing on physico-chemical characteristics of Riceberry. Riceberry flour was soaked in water at 90% of the weight and heated in a water bath at 55°C for 16 and 20 hours. The modified Riceberry flours were measured physico-chemical characteristics that show the agglomeration on the granule surface but unchanging in X-ray diffraction pattern. In addition, pasting temperature was increased after modification and lead to higher gelatinization energy.

Keywords: physico-chemical, Riceberry rice, annealing

บทคัดย่อ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณค่าทางโภชนาการ แต่อย่างไรก็ตามข้าวไรซ์เบอร์รี่นั้นมีข้อจำกัดในนำไปประยุกต์ใช้ในรูปของแป้ง โดยงานวิจัยนี้สนใจศึกษาผลการดัดแปรด้วยความร้อนต่ำความชื้นสูงต่อสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่จะถูกนำมาแช่ในน้ำ 90% ของน้ำหนัก แล้วให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณภูมิที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นระยะเวลา 16 และ 20 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดค่าลักษณะทางเคมีเชิงฟิสิกส์ ผลจาการดัดแปรพบว่าเม็ดแป้งเกิดการเกาะรวมตัวกันแต่ไม่เปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างผลึก และพบว่าอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดมีค่าสูงขึ้นทำให้พลังงานการเกิดเจลาติไนซ์ใช้อุณหภูมิสูงขึ้นตามไปด้วย

คำสำคัญ: ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ลักษณะทางเคมีเชิงฟิสิกส์ การดัดแปรด้วยความร้อนต่ำความชื้นสูง

คำนำ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (*Oryza sativa* L.) ข้าวเมล็ดสีม่วง ที่อุดมไปด้วยสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่กำลังได้รับความนิยมในการนำมาผลิตอาหาร เช่น ขนมอาลัว (นวพร และคณะ, 2562), เส้นบะหมี่ (Sirichokworrakit และคณะ, 2015) และวุ้นกะทิน้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ (นรินทร์ภพ, 2561) เป็นต้น จากการศึกษาข้างต้นมักนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาทดแทนแป้งชนิดอื่นๆ เพียงบางส่วนเพราะต้องการให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นและยังคงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เดิมไว้ ดังนั้นการดัดแปรจึงเป็นทางเลือกในการปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ การดัดแปรด้วยความร้อนต่ำความชื้นสูง (annealing; ANN) เป็นวิธีที่ง่ายและมีการใช้สารเคมีน้อย ซึ่งทำโดยนำแป้งมาแช่ในน้ำปริมาณมากเกินพอภายใต้อุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิในการเกิดกลาสทรานซิชั่นแต่ต่ำกว่าอุณหภูมิเริ่มการเกิดเจลาติไนซ์ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการดัดแปรด้วยความร้อนต่ำความชื้นสูงต่อสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่จากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีถูกทำการสีเปลือก แล้วนำมาโม่แห้งด้วยเครื่องบดละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช แล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติก (Nylon/LLDPE) และนำไปเก็บรักษาเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 50 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 450 กรัม จากนั้นนำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 และ 20 ชั่วโมง แล้วนำแป้งที่ได้มาทำการหมุนเหวี่ยงที่แรง 1000*g* เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำแป้งที่ได้จากการหมุนเหวี่ยงไปอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำมาบดด้วยโกร่งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh อีกครั้ง (Dias และคณะ, 2010) บรรจุลงถุงพลาสติก (Nylon / LLDPE) เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่นำมาวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยตรวจสอบลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้ง วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด โดยนำแป้งข้าวไรซ์

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร, * Corresponding author: csnstp@ku.ac.th
[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiate Sakhonnakorn Province Campus

เบอร์รี่สลัดลงบนสตับ จากนั้นนำไปเคลือบด้วยทองคำแล้วอบให้แห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน แล้วนำมาส่องด้วยกล้องที่ความเข้มข้นอิเล็กตรอน 1 กิโลโวลต์ ที่กำลังขยาย 5000 เท่า สำหรับโครงสร้างผลึกตรวจสอบด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟกโตมิเตอร์ที่มุมตกกระทบของรังสี 2 เซต้า ในช่วง 5-40 องศา ความเข้มรังสี 40 กิโลโวลต์ (Phothiset และ Charoenrein, 2007) สำหรับความสัมพันธ์ของปริมาณผลึก (RC) คำนวณด้วยโปรแกรม MDI-Jade 6.5 software ปริมาณอะไมโลสนั้นถูกวิเคราะห์ด้วยวิธี Colormetic ของ Juliano (1971) โดยนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร แล้วปรียบเทียบกับกราฟแอมิโลสมาตรฐาน สมบัติความหนืดวิเคราะห์โดยเตรียมสารละลายแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เข้มข้น 10% และวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดการไหล แล้ววัดค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ pasting temperature (PT), peak viscosity (PV), breakdown (BD), final viscosity (FV) และ setback (SB) การเกิดเจลาติไนซ์ ดัดแปรจาก Charoenrein และคณะ (2002) โดยเตรียมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมกับน้ำขจัดไอออนที่อัตราส่วน 1:3.5 โดยน้ำหนัก บรรจุลงในอลูมิเนียมแพนขนาด 40 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดค่า onset temperature (To), peak temperature (Tp), conclusion temperature (Tc) และ Enthalpy (ΔH) ด้วยเครื่อง ดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ที่ช่วงอุณหภูมิ 25 – 95 องศาเซลเซียส ที่อัตราเร็ว 10 องศาเซลเซียสต่อนาที การทดลองทั้งหมดถูกจัดทำขึ้น 3 ซ้ำ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ข้อมูลที่ได้ผ่านการวัดค่าทั้งหมด 3 ครั้ง และถูกนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New multiple range test (DMRT) โดยผลการทดลองจะแสดงอยู่ในรูปของ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Figure 1 แสดงให้เห็นลักษณะพื้นผิวของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูง ในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดั้งเดิมแสดงลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งทั่วไปจากธัญชาติคือมีรูปร่างหลายเหลี่ยม เมื่อพิจารณาแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูง เม็ดแป้งมีลักษณะรูปร่างหลายเหลี่ยมเช่นเดียวกัน แต่บนผิวหน้าเม็ดแป้งนั้นมีการแสดงรูพรุน การละลาย การรวมตัวและการเกาะกลุ่มกันบนผิวหน้าเม็ดแป้งทั้งสอง ซึ่งการรวมตัวและการเกาะกลุ่มเนื่องมาจากการใช้ปริมาณน้ำที่มากเกินพอในการดัดแปรร่วมกับการให้ความร้อนที่เพียงพอต่อการเปลี่ยนสถานะ ส่งผลให้ผิวหน้าเม็ดแป้งเกิดการพองตัวและยืดขยายออก จึงทำให้ผิวหน้าเม็ดแป้งแสดงลักษณะเกาะรวมกัน สำหรับการเกิดรูพรุนนั้นเนื่องจากการใช้ระยะเวลานานในการดัดแปรส่งผลให้เกิดการหมักทำให้จุลินทรีย์ย่อยผิวหน้าของเม็ดแป้ง

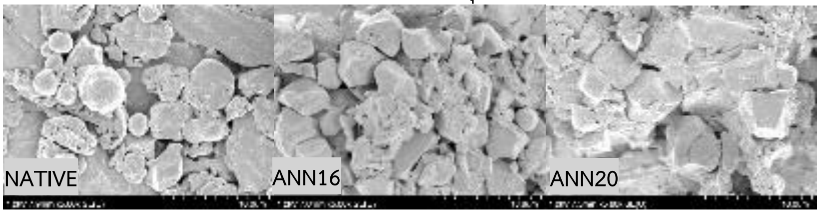


Figure 1 Granules morphology of native and annealed Riceberry flour.

ผลของการศึกษาการดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูงต่อโครงสร้างผลึกของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Figure 2) พบว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดังปรากฏพีคหลัก 5 พีคได้แก่ 15, 17, 17.9, 20 และ 23 องศา โดยลักษณะการเกิดพีคเช่นนี้แสดงลักษณะโครงสร้างชนิด A-type ซึ่งเป็นโครงสร้างทั่วไปของแป้งหรือสตาร์ชที่มาจากธัญชาติ XRD – pattern ในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูงที่ 16 และ 20 ชั่วโมง พบว่าปรากฏของ 5 พีคหลักเช่นเดียวกันกับแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดั้งเดิม (15.1, 17.1, 18, 19.8 และ 23.1 องศา และ 15.1, 17, 17.9, 19.8 และ 23 องศา) กล่าวได้ว่าการเพิ่มระยะเวลาการดัดแปรไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบโครงสร้างผลึก เป็นผลมาจากโครงสร้างแบบ A-type นั้นเกิดจากการจัดเรียงตัวของแอมิโลเปกตินเป็นหลัก ซึ่งเมื่อนำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ (12.37%) มาดัดแปรโดยใช้ความชื้นร่วมกับความร้อนทำให้เกิดการจับตัวกันของอะไมโลสหรืออะไมโลสกับอะไมโลเพกตินอย่างจำกัด จึงไม่สามารถเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวของอะไมโลเพกตินที่เป็นโครงสร้างหลักได้ ทำให้รูปแบบโครงสร้างเป็นชนิด A-type เช่นเดิม (Hung และคณะ, 2016) แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการดัดแปรมีความเป็นผลึกที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดั้งเดิม จาก 15.37% เป็น 9.57% และ 13.19% ตามลำดับ สำหรับการเพิ่มระยะเวลาในการดัดแปรจาก 16 เป็น 20 ชั่วโมง แสดงปริมาณอะไมโลสเพิ่มมากขึ้น การลดลงของปริมาณผลึกนั้นเนื่องมาจากการใช้น้ำปริมาณมาก (90%) ร่วมกับการให้ความร้อนทำให้โมเลกุลของอะไมโลเพกตินยืดขยายตัว ส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนที่จับกันคลายตัวออกจับกับโมเลกุลของน้ำทำให้เม็ดแป้งดูดน้ำแล้วพองตัวและแตกตัวออกส่งผลให้ผลึกที่อยู่ภายในหลุด

ออกมาและสูญเสียไปกับน้ำ นอกจากนี้เนื่องจากการใช้ระยะเวลานานทำให้แป้งนั้นเกิดการหมัก ส่งผลให้จุลินทรีย์สามารถเข้าไปย่อยแป้งขณะดัดแปรได้และทำให้พื้นที่ส่วนผลึกลดลง (Dias และคณะ, 2010) แต่สำหรับการเพิ่มขึ้นของปริมาณผลึกหลังจากเพิ่มเวลา 16 เป็น 20 ชั่วโมงนั้นเป็นผลมาจากการรวมตัวกันของผลึกเล็กๆ ส่งผลให้ผลึกมีการจัดเรียงตัวกันใหม่อีกครั้งและผลึกมีความสมบูรณ์มากขึ้นทำให้ปริมาณผลึกจึงเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย (Liu และคณะ, 2015)

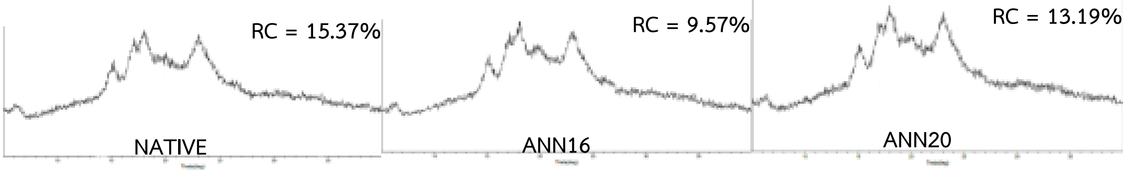


Figure 2 X-ray diffraction patterns of native and annealed Riceberry flour.

แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดัดแปรที่ 16 ชั่วโมง แสดงการเพิ่มขึ้นของปริมาณอะไมโลสเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดั้งเดิม เนื่องจากเกิดกระบวนการหมักในระหว่างดัดแปร ทำให้จุลินทรีย์ย่อยส่วนที่เป็นผลึกออกเป็นสายสั้น ส่งผลให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มสูงขึ้น สำหรับการดัดแปรที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมงนั้นให้ผลที่ไม่แตกต่างกันกับแป้งที่ไม่ได้ผ่านการดัดแปร เป็นเพราะการดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูงเป็นกระบวนการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมี (Wang และคณะ, 2014)

Table 1 พบว่าการดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูงส่งผลให้ Pasting temperature สูงขึ้นจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดั้งเดิม แต่การเพิ่มระยะเวลาการดัดแปรค่า Pasting temperature มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มขึ้นของค่า Pasting temperature เนื่องจากเม็ดแป้งมีพันธะที่แข็งแรงขึ้นสนับสนุนให้เกิดการเกาะรวมตัวกันที่หนาแน่นขึ้น ส่งผลให้เม็ดแป้งต้องการอุณหภูมิที่สูงขึ้นในการพองตัวออกและเกิดความหนืด (Dias และคณะ, 2010) สำหรับค่า Pasting temperature ที่ไม่แตกต่างกันในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดัดแปร อาจเป็นเพราะการใช้อุณหภูมิเดียวกันและปริมาณผลึกที่ใกล้เคียงกัน ทำให้มีการปรับปรุงความสมบูรณ์ของผลึกไม่ต่างกัน สำหรับค่า Peak viscosity และ Setback พบว่ามีค่าลดลงอย่างไม่แตกต่างกันในแป้งดัดแปรเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดั้งเดิม ค่า Peak viscosity ที่ลดลงเป็นเพราะการที่เม็ดแป้งมีโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้นรวมทั้งการเกาะรวมกันอย่างหนาแน่นของผิวหน้าของเม็ดแป้งทำให้สามารถพองตัวและเกิดการเจลาติไนซ์ได้ช้าลง (Liu *et al.*, 2015) การลดลงของค่า Setback เนื่องมาจากเม็ดแป้งที่เกาะกลุ่มกันอย่างแน่นหนา ทนทานต่อความร้อนและแรงกวนส่งผลให้โครงสร้างผลึกและส่วนกิ่งก้านของโมเลกุลอะไมโลเพกตินไม่แตกออกมา เม็ดแป้งจึงไม่ดูดน้ำส่งผลให้การคืนตัวลดลง สำหรับการเปรียบเทียบกันในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดัดแปรพบว่า Pasting parameters ทั้งหมดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เป็นเพราะการใช้อุณหภูมิเดียวกันและปริมาณอะไมโลสที่ใกล้เคียงกันจึงทำให้การปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือการจัดเรียงตัวเรียงใหม่ของสายอะไมโลสหรือ/และอะไมโลเพกติน เกิดขึ้นอย่างใกล้เคียงกัน

Table 1 Amylose content and pasting property parameters of native and annealed Riceberry flour

Sample	Amylose content (%)	PT (˚C)	PV (cP)	BD (cP)	FV (cP)	SB (cP)
Native	12.37 ± 1.01^{b}	70.49 ± 0.55^{b}	105.60 ± 3.56^{a}	91.76 ± 2.55^{a}	103.63 ± 3.26^{a}	89.78 ± 2.11^{a}
ANN16	13.40 ± 0.93^{a}	73.02 ± 0.73^{a}	91.56 ± 8.52^{b}	55.29 ± 5.60^{b}	87.26 ± 5.45^{b}	50.98 ± 5.72^{b}
ANN20	12.31 ± 0.30^{b}	72.37 ± 0.83^{a}	90.87 ± 3.48^{b}	52.58 ± 3.43^{b}	83.59 ± 3.62^{b}	45.30 ± 6.71^{b}

Note: ANN16 means annealing for 16 hours and ANN20 means annealing for 20 hours. Different superscripts letters in the columns indicate significant difference ($P < 0.05$).

จากการศึกษาผลของการดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูงต่อค่า To พบว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดัดแปรมีค่า To สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดั้งเดิม แต่ในการเปรียบเทียบระหว่างแป้งดัดแปรที่ระยะเวลา 16 และ 20 ชั่วโมง พบว่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่า To ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกาะรวมตัวกันของเม็ดแป้งที่แน่นมากขึ้นทำให้ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นในการแตกตัวออกของเม็ดแป้งและเกิดเจลาติไนซ์ (Wang *et al.*, 2014) สำหรับค่า To ที่ไม่แตกต่างกันในแป้งดัดแปรเป็นเพราะการใช้อุณหภูมิเดียวกันและปริมาณอะไมโลสที่ใกล้เคียงกัน ส่งผลให้การเกิดพันธะระหว่างสายอะไมโลสกับสายอะไมโลส หรือสายอะไมโลเพกตินที่แข็งแรงเกิดขึ้นในปริมาณเท่าๆ กัน ผลของการดัดแปรต่อค่า ΔH พบว่าแป้งดัดแปรมีค่า

ดังกล่าวสูงขึ้น และการเพิ่มระยะเวลาการดัดแปรยิ่งส่งผลให้ค่า ΔH มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากการที่เม็ดแป้งเกาะตัวกันหนาแน่นขึ้นจึงทำให้แป้งนั้นต้องใช้ความร้อนและพลังงานที่สูงขึ้นที่จะทำให้เม็ดแป้งเกิดการแตกตัวออกและเกิดการเจลาติไนซ์ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาการดัดแปรผิวหน้าของเม็ดแป้งยิ่งเกาะกันหนาแน่นยิ่งขึ้นจึงส่งผลให้ค่า ΔH ยิ่งสูงขึ้นตาม

Table 2 Gelatinization parameters of native and annealed flour

Sample	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	Tc - To (°C)	ΔH (J/g)
Native	66.60 ± 0.02[b]	74.68 ± 0.30[a]	82.68 ± 0.00[a]	16.39 ± 0.45[a]	1.34 ± 0.01[c]
ANN16	69.73 ± 0.27[a]	74.00 ± 0.31[b]	79.57 ± 0.30[c]	9.85 ± 0.37[c]	2.03 ± 0.10[b]
ANN20	69.54 ± 0.36[a]	74.03 ± 0.44[b]	80.47 ± 0.39[b]	10.93 ± 0.37[b]	2.50 ± 0.05[a]

Note: ANN16 means annealing for 16 hours and ANN20 means annealing for 20 hours. Different superscripts letters in the columns indicate significant difference ($P < 0.05$)

สรุปผล

จากการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ในการดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูงส่งผลให้ผิวหน้าของเม็ดแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดัดแปรเกิดการละลายและหลอมรวมกัน สำหรับผลการศึกษาของโครงสร้างผลึกพบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบโครงสร้างผลึก ยังคงผลึกชนิด A-type ไว้ในแป้งดัดแปรทั้งหมด แต่ปริมาณผลึกนั้นพบว่ามีค่าลดลงหลังจากผ่านการดัดแปร การดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูงที่ระยะเวลา 16 ชั่วโมงมีผลทำให้ปริมาณแอมิโลสมีค่าสูงที่สุด สำหรับผลต่อสมบัติความหนืดพบว่าค่า Pasting temperature มีค่าสูงขึ้น แต่ค่า Peak viscosity และ Setback กลับมีค่าลดลงในแป้งดัดแปร ส่วนค่าการเจลาติไนซ์แสดงให้เห็นว่าการดัดแปรมีผลทำให้ค่า To และ ΔH มีค่าสูงขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

เอกสารอ้างอิง

นวพร หงส์พันธุ์ กีรติ เงินสมบัติ และอินทุพร รัตนพิบูลย์, 2562, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 24(2): 782-294.

Charoenrein, S., Udomrati, S. and Reid, D.S., 2002, The Effect of Amylose Content, Water Content and Storage Conditions on Gelatinization and Retrogradation in Rice Flour Pastes, Proc. of Innovations in Food Processing Technology and Engineering. December 11-13, 2002 Bangkok, Thailand.

Dias, A.R.G., Zavareze, E.R., Spier, F., Castro L.A.S. and Gutkoski, L.C., 2010, Effects of Annealing on The Physicochemical Properties and Enzymatic Susceptibility of Rice Starches with Different Amylose Contents, Food Chemistry, 123: 711-719.

Hung, P.V., Chau, H.T. and Phi N.T.L., 2016, *In vitro* Digestibility and *In Vivo* Glucose response of native and Physically Modified Rice Starches Varying Amylose Contents, Food Chemistry, 191: 74-80.

Juliano, B. O, 1971, A Simplified Assay for Milled-rice Amylose, Journal of Cereal Science, 16: 334 - 340.

Liu, H., Guo, X., Li W., Wang, X., lv, M., Peng, Q. and Wang, M., 2015, Changes in Physicochemical Properties and *In Vitro* Digestibility of Common Buckwheat Starch by Heat-moisture Treatment and Annealing, Carbohydrate Polymers, 132: 237–244.

Phothiset, S. and Charoenrein, S., 2007, Morphology and Physicochemical Changes in Rice Flour During Rice Paper Production, Food Research International, 40: 266-272.

Sirichokworrakita, S., Phetkhuta, J. and Khommoona A., 2015, Effect of Partial Substitution of Wheat Flour with Riceberry Flour on Quality of Noodle, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 197: 1006-1012.

Wang, S., Wang, J., Yu, J. and S Wang, 2014, A Comparative Study of Annealing of Waxy, Normal and High-amylose Maize Starches: The Role of Amylose Molecules, Food Chemistry, 164: 332–338.

การใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก
Microwave assisted for extraction of mucilage from hairy basil seed

ปิยนุสร์ น้อยด้วง[1] จิรนาถ บุญคง[1] และภัทรธร งามวัฒนกุล[1]
Noiduang, P.[1], Boonkong, J.[1] and Ngamwattanakul, P.[1]

Abstract*

This research was to study the use of the microwaves-assisted extraction of mucilage from hairy basil seed. The effects of microwave power and extraction time on the %yield of mucilage were determined. Results showed that microwaves-assisted method gave the highest yield and 9.41% increase as compared to the conventional method. It indicated that the microwave assisted extraction made the mucilage powder darker. The viscosity of mucilage extracted from both methods was similar, which increase mucilage powder content increased viscosity of mucilage solution. Oil absorption, emulsion capacity and water holding capacity was investigated. The results showed that there was no different in the mucilage powder extracted by both methods. Functional groups of dried mucilage powder was extracted by both methods were analyzed by Fourier Transform Infrared Spectroscopy technique. It indicated that microwave heating could not change the main functional groups of the mucilage powder.

Keywords: mucilage, hairy basil seed, extraction, microwave heating

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นศึกษาการใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยในการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก โดยศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟ และเวลาในการสกัดต่อร้อยละการผลผลิตสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก ผลการทดลองพบว่าการวิธีการใช้ไมโครเวฟจะให้ร้อยละผลผลิตสูงสุดและมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.41 เมื่อเทียบกับวิธีเดิม ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดจะทำให้ผงเมือกมีสีคล้ำมากกว่า ความหนืดของสารละลายเมือกที่สกัดได้จากทั้งสองวิธี มีผลในลักษณะเดียวกัน และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของผงเมือกจากเมล็ดแมงลักมากขึ้นมีผลทำให้สารละลายเมือกมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าการดูดซับน้ำมัน ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และค่าการอุ้มน้ำของผงเมือกที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อนำผงเมือกที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีมาตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันภายในโครงสร้างด้วยเทคนิคฟูริเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ พบว่าการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟไม่มีผลทำให้หมู่ฟังก์ชันหลักของผงเมือกเปลี่ยนแปลงไปจากวิธีเดิม

คำสำคัญ: สารเมือก เมล็ดแมงลัก การสกัด ไมโครเวฟ

คำนำ*

แมงลัก (*Ocimum canum* Sims) อยู่ในวงศ์ Lamiaceae ส่วนเมล็ดมีสารเมือก (mucilage) ที่สามารถพองตัวในน้ำได้ดี และเป็นแหล่งของใยอาหารที่ช่วยเพิ่มความหนืดในทางเดินอาหาร เพิ่มปริมาณอุจจาระและอัตราการส่งผ่านในลำไส้ใหญ่ และเป็นยาระบาย (ลักขณา, 2545) ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น การใช้เป็นสารเพิ่มความเหนียวในบะหมี่ พบว่าการเพิ่มผงเมือกแมงลักทำให้บะหมี่มีร้อยละของการดูดน้ำเพิ่มขึ้น เวลาในการคืนรูปลดลงและมีความเหนียวเพิ่มขึ้น (กมลทิพย์ และมาลี, 2546) การใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีม พบว่าไอศกรีมสามารถต้านทานการละลายได้ดี (ปิยนุสร์ และวันชัย, 2547) และซอสพริกและน้ำจิ้มไก่ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณผงเมือก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูงขึ้น (ละอองดาว และกุลยา, 2545; ปิยนุสร์และเนตรนภา, 2549) ส่วนมายองเนส พบว่าค่าความคงตัว ความนุ่ม และการปาดทามีค่าเพิ่มขึ้น และการใช้ผงเมือกร้อยละ 0.075 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดในทุกด้าน (ละอองดาว และกุลยา, 2545) ถึงแม้ว่าสารเมือกจากเมล็ดแมงลักจะมีสมบัติที่ดีในการประยุกต์ใช้ในด้านๆ แต่กระบวนการผลิตแบบเดิมที่ 60°C นาน 1 ชั่วโมง มีร้อยละผลผลิตต่ำ และปัจจุบันได้มีการใช้คลื่นไมโครเวฟในการช่วยในการสกัดสารเมือก โดย Shah และ Seth. (2011) ใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยแยกสารเมือกจากฝักกระเจี๊ยบเขียว โดยใช้กำลังไฟฟ้าที่ 160W นาน 40 นาที พบว่ามีร้อยละของผลผลิตเพิ่มขึ้น 11.55 และ Ravalji และคณะ (2012) ศึกษาการสกัดสารเมือกจากผลบวบด้วยไมโครเวฟ พบว่าที่กำลังไฟฟ้า 640W นาน 5 นาที มีร้อยละของผลผลิตเพิ่มขึ้น 23.07 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิม ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยในการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก โดย

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, บางหว้า, ภาษีเจริญ, กรุงเทพฯ, 10160
[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bang wa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

เปรียบเทียบค่าร้อยละผลผลิตกับวิธีสกัดเดิม และหาภาวะที่เหมาะสมในการใช้คลื่นไมโครเวฟ และตรวจสอบสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของสารเมือกที่สกัดได้เปรียบเทียบกับวิธีสกัดเดิม

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยในการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก ทำการเตรียมสารเมือกจากเมล็ดแมงลักในรูปผงแห้งวิธีเดิม (ศศิธร และปราณี, 2545a) โดยนำเมล็ดแมงลักร่อนผ่านตะแกรง เพื่อแยกฝุ่นและสิ่งสกปรก แช่เมล็ดแมงลักในน้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1:45 ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C นาน 1 ชั่วโมง กรองแยกน้ำส่วนเกินออก นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นผสมที่ความเร็วต่ำสุด นาน 3 นาที บีบแยกสารเมือกด้วยผ้าขาวบาง เทสารเมือกที่ได้ใส่ถาดอะลูมิเนียม รองด้วยพลาสติก ขนาด 30×30 ตารางเซนติเมตร หนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่ 85°C นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปบดให้เป็นผง พร้อมทั้งคำนวณหาร้อยละของผลผลิต (%yield) ส่วนวิธีการใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยในการสกัด ทำการผลิตสารเมือกเช่นเดียวกับวิธีเดิม โดยแปรผันภาวะในการให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า (Intensity) และระยะเวลาในการให้ความร้อนต่างๆ ได้แก่ กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ระยะเวลาให้ความร้อน 3, 5 และ 7 นาที กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ ระยะเวลาให้ความร้อน 7, 9 และ 11 นาที กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ ระยะเวลาให้ความร้อน 11, 13 และ 15 นาที (ดัดแปลงจากวิธีของ Ravalji, N.H. และคณะ, 2012) แทนการให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ และเลือกสภาวะที่เหมาะสม แล้วนำผงเมือกที่ได้มาตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab รุ่น Color Flex 4510 ค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer (รุ่น RVDV-E, USA) โดยแปรผันความเข้มข้นของผงเมือกต่างๆ (ร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 (w/v)) ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2°C) และแปรผันอุณหภูมิต่างๆ (อุณหภูมิ 50, 65, 80°C) ที่ความเข้มข้นของผงเมือกร้อยละ 1 (w/v) ค่าดูดซับน้ำมัน (oil absorption) ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (emulsion capacity) และความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ตามวิธีของ Chau และคณะ (1997) การตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ด้วยเครื่อง Perkin Elmer รุ่น Spectrum One

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองแปรกำลังไฟฟ้าของคลื่นไมโครเวฟ และระยะเวลาการให้ความร้อนในภาวะต่างๆ แสดงใน Table 1 พบว่าภาวะที่มีร้อยละการผลิตมากที่สุด คือ กำลังไฟฟ้า 800W นาน 5 นาที มีค่าร้อยละของผลผลิต เท่ากับ 51.06 และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิม พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของร้อยละการผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 9.41 รองลงมา คือ กำลังไฟฟ้า 300W นาน 13 นาที พบว่ามีร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 49.86 และมีการเพิ่มขึ้นของร้อยละการผลิต เท่ากับ 6.84 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิม จากผลการทดลองจะเห็นว่าการเพิ่มระยะเวลาในการให้ความร้อนที่มากขึ้น จะทำให้อุณหภูมิของเมล็ดแมงลักหลังการไมโครเวฟสูงขึ้น และมีผลทำให้ร้อยละการผลิตผลมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเกิดจากการใช้อุณหภูมิสูงและเป็นเวลานาน มีผลทำให้เกิดการละลายของสารเมือก (mucilage) ออกมาในน้ำที่แช่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mazza และ biliaderis (1989) ที่พบว่าเมื่อใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงสกัดสารเมือกจากเมล็ดป่านทำให้ได้ปริมาณสารเมือก ละลายออกมาในน้ำที่สกัดมากขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองในขั้นตอนการผลิต มีการกรองน้ำส่วนเกินออกก่อนทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม จึงทำให้มีร้อยละการผลิตที่ลดลง

Table 1 The percentage of production of basil seed mucilage extracted by the conventional method and the use of microwaves in extraction in various conditions and increases in the percentage of production compared to the conventional method.

Microwave power (watts)	Heat duration (min)	Temperature after heating (°C)	Yield (%)	Percent increase in yield
conventional method	60	60	46.67 ± 0.18[d]	-
800	3	89	42.96 ± 0.28[e]	-
	5	91.67	51.06 ± 0.51[a]	9.41
	7	93.67	47.33 ± 0.20[cd]	1.41
600	7	92	48.07 ± 0.40[c]	3.00
	9	93	47.19 ± 0.63[c]	1.11
	11	93.33	46.93 ± 0.87[d]	0.56
300	11	90.67	48.01 ± 0.80[bc]	2.87
	13	91.67	49.86 ± 1.04[b]	6.84
	15	93.33	46.85 ± 0.80[d]	0.39

Note: Repeat the experiment 3 times.
Values with different letters in superscript in columns are significantly different ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำผงเมือกจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้จากทั้ง 2 วิธี มาศึกษาสมบัติทางกายภาพต่างๆ พบว่าผงเมือกที่สกัดด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที มีค่าความสว่าง (L*) ต่ำกว่าผงเมือกที่สกัดด้วยวิธีเดิม (Table 2) ทั้งนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งในการผลิตผงเมือกมีการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟและการอบแห้ง จึงทำให้น้ำตาลแตกตัวแล้วทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนที่แตกตัวจากโปรตีนในเมล็ดแมงลัก เกิดเป็นสีน้ำตาลของเมลานอยดิน (melanoidin) (นิธิยา, 2553) จึงส่งผลทำให้ผงเมือกมีสีคล้ำขึ้น ส่วนค่าการดูดซับน้ำมัน ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และค่าการอุ้มน้ำ พบว่าผงเมือกที่สกัดได้จากทั้ง 2วิธี มีค่าการดูดซับน้ำมัน และความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชันมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของศศิธร และปราณี (2545b) ในส่วนของค่าการเกิดอิมัลชันมีค่าสูง ทั้งนี้เนื่องจากในส่วนของผงเมือกเมล็ดแมงลักมีส่วนผสมที่เป็นโปรตีนปนอยู่ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ จึงทำให้มีสูงกว่าเมื่อเทียบกับกัมทางการค้าทั่วไป ส่วนค่าการอุ้มน้ำของผงเมืองเมล็ดแมงลักที่สกัดจากวิธีเดิมและวิธีที่ใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุธินี และคณะ (2555) ที่ศึกษาในสารเมือกจากเมล็ดแมงลักที่ได้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 195.03 กรัม น้ำ/กรัมตัวอย่างแห้ง

Table 2 Color, oil absorption, emulsion capacity and water holding capacity of basil seed mucilage extracted by the conventional method and the use of microwaves in extraction (800 watts, 5 min)

Physical properties		conventional method	microwaves in extraction
Color	L*	33.01 ± 0.06^{a}	32.18 ± 0.04^{b}
	a*	4.51 ± 0.04^{b}	4.78 ± 0.05^{a}
	b*	12.49 ± 0.16^{b}	12.98 ± 0.10^{a}
Oil Absorption (g oil/g sample)^{ns}		5.29 ± 0.11	5.20 ± 0.01
Emulsion Capacity (%)^{ns}		68.61 ± 0.92	68.44 ± 0.77
Water holding capacity (g water/g dry sample)^{ns}		180.54 ± 0.91	180.52 ± 0.93

Note: Repeat the experiment 3 times.
Values with different letters in superscript in rows are significantly different ($p \leq 0.05$)

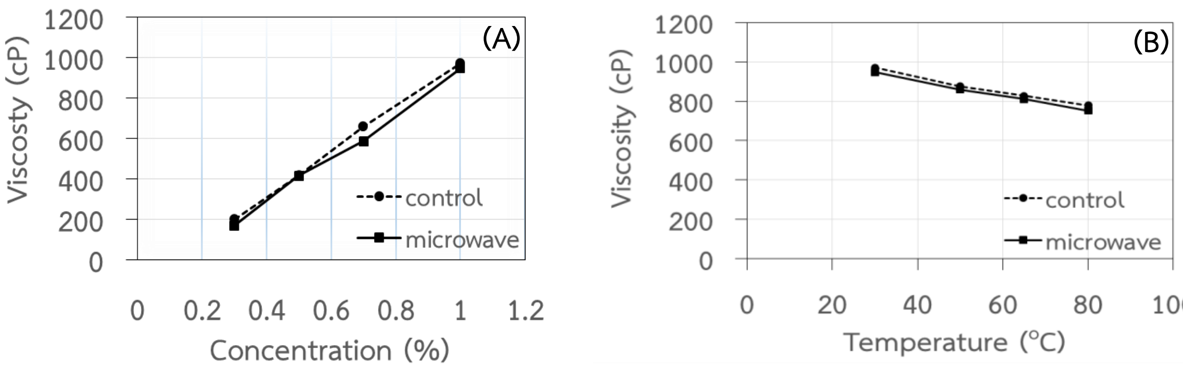


Figure 1 The viscosity of mucilage powder from the basil seed extracted by the conventional method (control) and the use of microwaves in extraction (microwave).

(A) Effect of the concentration of mucilage on the viscosity

(B) Effect of temperature on viscosity of mucilage at 1% (w/v) concentration

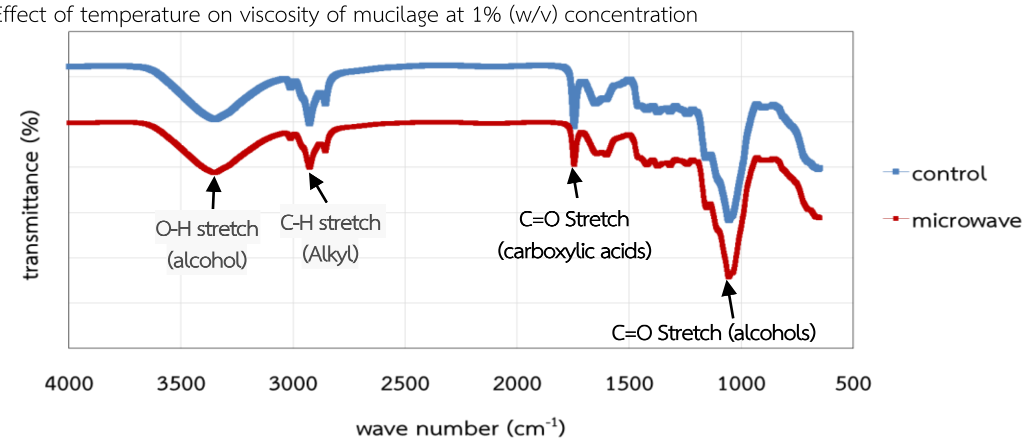


Figure 2 FTIR spectral characterization of mucilage powder from the basil seed extracted by the conventional method (control) and the use of microwaves in extraction (microwave).

จากการศึกษาโดยเทคนิค FT-IR แสดงผลใน Figure 2 นี้ เป็นการวัดค่าการส่งผ่าน (transmittance) พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่วงเลขคลื่น ตั้งแต่ 400-4000 cm^{-1} จะเห็นว่าผงเมือกจากทั้งสองวิธี มีสเปกตรัมของ FT-IR ที่ 3347.89 และ 3350.56 cm^{-1} แสดงผลเป็น hydroxyl group (-OH) สเปกตรัมที่ 2926.52 และ 2926.16 cm^{-1} แสดงผลเป็น -C-H stretch (-CH_2, CH_3) สเปกตรัมที่ 1745.10 และ 1745.28 cm^{-1} เป็นพันธะ C=O ของหมู่ carboxylic group และสเปกตรัมที่ 1054.83 และ 1054.92 cm^{-1} แสดงผลเป็นหมู่ฟังก์ชัน C=O stretch (alcohols) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต และกรดยูโรนิกที่เป็นน้ำตาลกรดในองค์ประกอบของสารเมือก (Monrroy และคณะ, 2017) และจากการทดลอง จะเห็นว่าสเปกตรัมของ FT-IR ของผงเมือกที่สกัดได้จากวิธีเดิมและการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด มีลักษณะไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อลิฟ และคณะ (2554) จากผลการทดลองพบว่าการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟไม่มีผลทำให้หมู่ฟังก์ชันหลักในผงเมือกเมล็ดแมงลักเปลี่ยนแปลงไปจากวิธีการให้ความร้อนแบบเดิม แสดงผลใน Figure 2

สรุปผล

ภาวะที่ให้ร้อยละการผลิตมากที่สุด คือ การใช้คลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ และระยะเวลาในการให้ความร้อน 5 นาที แล้วนำผงเมือกจากเมล็ดแมงลักที่ได้จากภาวะในการให้ความร้อนที่มีร้อยละการผลิตสูงที่สุด และมีค่าการผลิตเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 9.41 เมื่อเทียบกับวิธีการสกัดแบบเดิม จากนั้นนำผงเมือกที่ได้ไปตรวจสอบสมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบกับวิธีสกัดแบบเดิม พบว่าการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดจะทำให้ผงเมือกมีสีคล้ำมากกว่า ส่วนค่าความหนืดของสารละลายเมือกที่สกัดได้ ค่าการดูดซับน้ำมัน ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และค่าการอุ้มน้ำของผงเมือกที่สกัดได้จากทั้งสองวิธี พบว่าให้ผลในลักษณะเดียวกัน และเมื่อนำผงเมือกที่สกัดได้จากทั้งสองวิธี มาตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันภายในโครงสร้างด้วยเทคนิคฟูริเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ (FT-IR) พบว่าผงเมือกที่สกัดได้จากทั้งสองวิธี ให้สเปคตรัมในลักษณะเดียวกัน แสดงว่าการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟไม่มีผลทำให้หมู่ฟังก์ชันหลักของผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเปลี่ยนแปลงไปจากวิธีการให้ความร้อนแบบเดิม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล และมาลี ซิ้มศรีสกุล, 2546, ผลการใช้ผงเมือกแมงลักเป็นสารเพิ่มความเหนียวในผลิตภัณฑ์บะหมี่สุกแห้ง, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. 3-7 ก.พ. 2546. กรุงเทพฯ. หน้า 268-276.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2553, เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพ. หน้า 316-332.

ปิยนุสร์ น้อยด้วง และเนตรนภา วิเลปะนะ, 2549, การใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มไก่, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 3 (1): 22-29.

ปิยนุสร์ น้อยด้วง และวันชัย ศรีโสม, 2547, การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมช็อกโกแลต, การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 6, 28-29 พฤษภาคม, ณ ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี, กรุงเทพฯ, หน้า 29-30.

ละอองดาว ว่องเอกลักษณ์ และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2545, การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริกและมายองเนส, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 7(1): 17-24.

ลักขณา เหมาะหมาย, 2545, การแยก การควบคุมคุณภาพ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากสารเมือกเมล็ดแมงลัก. วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเภสัชเวช มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 108.

ศศิธร เรืองจักเพ็ชร และปราณี อ่านเปรื่อง, 2545a, การผลิตผงเมือกเมล็ดแมงลัก, วารสารอาหาร, 32(2): 144-153.

ศศิธร เรืองจักเพ็ชร และปราณี อ่านเปรื่อง, 2545b, ลักษณะทางกายภาพของผงเมือกเมล็ดแมงลัก, วารสารอาหาร, 32(3): 223-232.

สุธินี คำเพ็ง จอมใจ พีรพัฒนา และเกษม นันทชัย, 2555, การสกัดและคุณสมบัติของสารเมือกเมล็ดแมงลัก, วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 43 (3): 372-375.

อลิฟ ดือเร๊ะ กวิน โนคำ ณัฏฐ์พัชร์ ภิรมย์กิจ พิชามญชุ์ องค์ศรีตระกูล โชคชัย บุญช่วยและสุรัต อารีรัตน์, 2554, การลดน้ำหนักโมเลกุลยางธรรมชาติด้วยเทคนิคคลื่นไมโครเวฟเหนี่ยวนำความร้อน, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมเคมี, หน้า 44-48.

Mazza, G. and Biliaderis, G., 1989, Functional Properties of Flax Seed Mucilage, Journal of Food Science, 54 (5): 1302–1305.

Monrroy, M. García, E. Ríos, K. and García, J. R., 2017, Extraction and Physicochemical Characterization of Mucilage from *Opuntia cochenillifera* (L.) Miller., Journal of Chemistry: 1-9.

Ravalji, N.H., Shah, N., Modi, D. C. and Lambole, V. B., 2012, Novel Approach for Isolation of Mucilage from *Luffa acutangula* Fruits and Screening of Its Binding Property, [Online] http://www.pharmasm.com/pdf_files/20130118120137_neha_241.pdf [September 2, 2012].

Shah, B.N. and Seth, A.K., 2011, Microwave Assisted Isolation of Mucilage from the Fruits of *Abelmoschus esculentus*. Hygeia Journal for Drugs and Medicines, 3 (1): 54- 57.

Srichamroen A., 2007, Influence of Temperature and Salt on Viscosity Property of Guar Gum, Naresuan Journal, 15 (2): 55-62.

ผลของกัมจากเมล็ดแมงลักต่อคุณภาพของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง
Effect of Basil Seed Gum on Qualities of Brown Rice Flour Muffin

อภิญญา เจริญกูล[1]
Charoenkul, A.[1]

Abstract

Muffin, a popular bakery product, mainly contains wheat flour that allergy for consumer with Coeliac Disease. Therefore, brown rice flour is used in this study. The effect of different stabilizers which are basil seed gum (BSG) (0.25 and 0.5% by weight of flour) and guar gum (GG) (0.5 and 1% by weight of flour) on qualities of the muffin compared with brown rice flour muffin (BRM) control and wheat flour muffin (WFM are monitored. It was found that brown rice flour muffin added with basil seed gum and guar gum had a lower weight loss and a higher hardness than BRM control but their higher levels of BSG and guar gum decreased L*, a*, b*, Chroma, Hardness, Cohesiveness, Springiness, Adhesiveness, Gumminess, Chewiness, Specific volume and all sensory score. The 0.25% BSG brown rice flour muffin had the lowest weight loss and the highest acceptability.

Keyword: Basil seed gum (BSG), Muffin, Brown rice flour

บทคัดย่อ

มัฟฟินเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่นิยมรับประทาน มัฟฟินมีแป้งสาลีเป็นส่วนผสมหลักซึ่งมีผลให้ผู้ที่เป็นโรคแพ้กลูเตนไม่สามารถรับประทานได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำแป้งข้าวกล้องมาใช้ และศึกษาผลของสารให้ความคงตัว คือ กัมจากเมล็ดแมงลัก (0.25 และ 0.5% โดยน้ำหนักแป้ง) และ กัวกัม (0.5 และ 1% โดยน้ำหนักแป้ง) เปรียบเทียบกับมัฟฟินแป้งข้าวกล้องสูตรควบคุม และมัฟฟินแป้งสาลีสูตรพื้นฐาน พบว่าการใช้กัมจากเมล็ดแมงลักและกัวกัมในมัฟฟินแป้งข้าวกล้องทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังอบลดลง ค่า Hardness เพิ่มขึ้น โดยพบว่าการใช้กัมจากเมล็ดแมงลักและกัวกัมในปริมาณมากขึ้นมีผลทำให้ค่า L* a* b* Chroma Hardness Cohesiveness Springiness Adhesiveness Gumminess Chewiness ปริมาตรจำเพาะ และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านลดลง มัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่การใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก 0.25% มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังอบต่ำสุดและมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด

คำสำคัญ: กัมจากเมล็ดแมงลัก มัฟฟิน แป้งข้าวกล้อง

คำนำ

มัฟฟินเป็นขนมอบที่นิยมรับประทาน มัฟฟินมีแป้งสาลีเป็นส่วนผสมหลักซึ่งในแป้งสาลีมีกลูเตนเป็นโปรตีนที่มีหน้าที่สร้างความยืดหยุ่นและให้เนื้อสัมผัส แต่กลูเตนส่งผลต่อคนที่เป็นโรคแพ้กลูเตน (Celiac Disease) เป็นโรคซึ่งระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ โดยเมื่อร่างกายได้รับกลูเตนเข้าไปจะผลิตสารแอนติบอดี้ออกมาทำลายเนื้อเยื่อของลำไส้เล็ก ทำให้ลำไส้เล็กจะอักเสบ จึงต้องหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีกลูเตน (Summu และคณะ, 2010) การใช้แป้งข้าวกล้องจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถหลีกเลี่ยงอาการนี้ได้ (กระทรวงสาธารณสุข, 2560) และแป้งข้าวกล้องยังมีสารอาหารต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

เมล็ดแมงลัก (*Ocimum canum* Sims) ประกอบด้วยส่วน non-polysaccharide ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุ 20% และอีก 80% เป็นกลูโคแมนแนน ไซแลน และกลูแคน โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือกลูโคแมนแนน (Glucomannan) ประมาณ 43% และ linked xylan ประมาณ 24.3% กัมจากในเมล็ดแมงลักนี้เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการเพิ่มความข้นหนืดหรือความคงตัวในอุตสาหกรรมอาหาร ทำให้เกิดอิมัลชันและทำให้อิมัลชันคงตัวได้ดี (Rafe และ Razavi, 2013) ได้มีงานวิจัยการนำกัมจากเมล็ดแมงลักไปใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำจิ้มไก่ ซอสพริกและมายองเนส เป็นต้น นอกจากนี้กัมจากเมล็ดแมงลักยังมีสมบัติเป็นพรีไบโอติกซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพอีกด้วย ทั้งนี้การรับประทานอาหารกลุ่มพรีไบโอติกจะช่วยกระตุ้น

[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

ส่งเสริมการเจริญและเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก (ละอองดาว และกุลยา, 2545;ปิยนุสร์ และเนตรนภา, 2549; ปิยนุสร์ และคณะ, 2561)

ในงานวิจัยจึงมีการนำแป้งข้าวกล้องมาใช้แทนแป้งสาลีในการทำมัฟฟิน แต่การใช้แป้งข้าวกล้องซึ่งไม่มีกลูเตนทำให้ความหนืดของแบตเตอร์ต่ำ มีผลต่อการขึ้นฟูและลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งกระด้างของมัฟฟิน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีการนำกัมจากเมล็ดแมงลักซึ่งเป็นสารให้ความหนืดที่มาใช้ในมัฟฟินข้าวกล้องเพื่อศึกษาผลชองการใช้กัมจากเมล็ดแมงลักต่อลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องเปรียบเทียบกับการใช้กัวกัม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมกัมจากเมล็ดแมงลัก

นำเมล็ดแมงลักแช่น้ำที่อุณหภูมิ 70°C ในอัตราส่วนน้ำต่อเมล็ดแมงลัก 65 : 1 โดยน้ำหนัก นาน 20 นาที นำเมล็ดแมงลักที่พองแล้วมาตีปั่นในเครื่องปั่นน้ำผลไม้ที่ความเร็วต่ำ เป็นเวลา 1 นาที กรองเมือกออกจากเมล็ดแมงลักโดยใช้ผ้าขาวบาง (Razavi, และคณะ, 2009) ต่อจากนั้นนำเมือกที่ได้ไปอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดของแห้ง และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh บรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพไพลีนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°C)

2. การเตรียมมัฟฟิน

ศึกษาผลของการใช้สารให้ความคงตัวต่อลักษณะของมัฟฟินข้าวกล้องโดยแปรสารให้ความคงตัวเป็นกัมจากเมล็ดแมงลัก (BSG 0.25% และ BSG 0.5% โดยน้ำหนักแป้ง) และกัวกัม (GG 0.5% และ GG 1% โดยน้ำหนักแป้ง) เปรียบเทียบกับมัฟฟินแป้งข้าวกล้องสูตรควบคุม (BRM) และมัฟฟินแป้งสาลีสูตรพื้นฐาน (WFM) โดยมีขั้นตอนการเตรียมมัฟฟินงนี้ ผสมแป้งสาลีอเนกประสงค์หรือแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (ตรา B-Natural), น้ำตาลทราย, เกลือ, นมผง, ผงฟู, กัมจากเมล็ดแมงลักหรือกัวกัม ร่อนรวมกัน 2 ครั้ง แล้วพักไว้ เตรียมส่วนผสมของเหลวโดยผสมน้ำมันรำข้าว, น้ำ และไข่ไก่ คนให้เข้ากัน นำส่วนผสมของเหลวที่ได้ใส่ลงในส่วนผสมแห้งที่พักไว้ ตีให้ส่วนผสมเข้ากันด้วยเครื่องตีไข่ เติมวานิลาและตีให้เข้ากันอีกครั้ง ตักส่วนผสมที่ได้ใส่ในพิมพ์ๆ ละ 50 กรัม อบในเตาอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที วิเคราะห์ผลการทดลอง ได้แก่ สี โดยเครื่อง Hunter Lab, Texture Profile Analysis (TPA) โดยใช้เครื่อง Texture Analyser, ปริมาตรจำเพาะโดยวิธี Rapeseed Displacement, เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังการอบ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point Hedonic scale

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาผลของการใช้สารให้ความคงตัวต่อลักษณะของมัฟฟินแป้งข้าวกล้อง (Table 1) พบว่า มัฟฟินสูตรพื้นฐาน มีค่า L*,b*, Chroma และ Hue สูงที่สุด และค่า a* ต่ำที่สุด โดยมัฟฟินที่ใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก 0.25% มีค่า L* และ a* ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมทั้งสองสูตร แต่เมื่อใช้สารให้ความคงตัวเพิ่มมากขึ้น ค่า L*, a*, b* และ Chroma มีค่าลดลง ส่วนค่า Hue มีค่าเพิ่มขึ้น มัฟฟินแป้งข้าวกล้องมีค่าความสว่าง (L*) ต่ำกว่า และมีค่าสีแดง (b*) สูงกว่ามัฟฟินแป้งสาลี เนื่องจากแป้งข้าวกล้องมีสีคล้ำกว่าแป้งสาลี เมื่อเติมกัมจากเมล็ดแมงลักและกัวกัมพบว่าค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลืองและค่าความเข้มของสี (Chroma) ลดลง เนื่องจากกัวกัมและกัมจากเมล็ดแมงลักมีสีน้ำตาลอ่อนๆ (อมรรัตน์และสุธีรา, 2561)

จาก Table 2 พบว่า มัฟฟินแป้งสาลีมีค่า Hardness, Cohesiveness Springiness, Adhesiveness Gumminess และ Chewiness ต่ำกว่ามัฟฟินแป้งข้าวกล้อง โดยมัฟฟินแป้งข้าวกล้องที่เติมสารให้คงตัวพบว่ามีค่า Hardness, Gumminess สูงกว่าสูตรควบคุมทั้งสองสูตร (Psimouli และ Oreopoulou, 2013; Song และคณะ, 2017) เนื่องจากการใช้กัมเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งในมัฟฟินจึงส่งผลให้มีค่าความแข็ง (Hardness) เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งขึ้นกับปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ ถ้าใช้ในปริมาณต่ำกว่า 1% ค่าความแข็งจะลดลง เห็นได้จาก มัฟฟินที่ใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก 0.5% และกัวกัม 1.0% มีค่า Hardness ต่ำกว่า มัฟฟินที่ใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก 0.25% และกัวกัม 0.5% ตามลำดับ สอดคล้องกับค่า Cohesiveness, Springiness, Gumminess และ Chewiness ส่วนค่า Adhesiveness ของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องทุกสูตรไม่แตกต่างกัน และมีค่าติดลบน้อยกว่ามัฟฟินแป้งสาลี แสดงว่า มัฟฟินแป้งข้าวกล้องมีการยึดติดน้อยกว่ามัฟฟินแป้งสาลี ทั้งนี้ค่า Adhesiveness เป็นพลังงานที่ใช้ในการดึงหัววัดออกจากตัวอย่าง ในกราฟ TPA คือพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่มีค่าเป็นลบของช่วงการกด ดังนั้น Adhesiveness จึงมีค่าเป็นลบ นอกจากนี้พบว่าการใช้กัวกัมเป็นสารให้ความคงตัวทำให้มีค่า Hardness และ Gumminess สูงกว่าการใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก ดังนั้นการใช้กัมจากเมล็ดแมงลักจึงมีแนวโน้มส่งผลดีต่อคุณภาพของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องมากกว่าการใช้กัวกัม

จาก Table 3 พบว่า เปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักลดลงเทียบกับมัฟฟินแป้งข้าวกล้องสูตรควบคุม แต่เปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อใช้สารให้ความคงตัวในระดับเพิ่มขึ้น เห็นได้จาก มัฟฟินที่ใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก 0.25% และกัวกัม 0.5% มีเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่า มัฟฟินที่ใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก 0.5% และกัวกัม 1.0% ตามลำดับ เนื่องจากกัมมีสมบัติ water binding จึงจับน้ำอิสระไว้ ทำให้น้ำระเหยออกไปได้ลดลง (Summu และคณะ, 2010) มัฟฟินแป้งข้าวกล้องมีค่าปริมาตรจำเพาะสูงกว่ามัฟฟินแป้งสาลี โดยเมื่อใช้สารให้ความคงตัว พบว่า ค่าปริมาตรจำเพาะมีแนวโน้มลดลง แต่ยังสูงกว่ามัฟฟินแป้งสาลี

จาก Table 4 พบว่า มัฟฟินที่ใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก 0.5% และมัฟฟินที่ใช้กัวกัม 0.5 และ 1% มีคะแนนการทดสองทางประสาทสัมผัสทุกด้านลดลง โดยมัฟฟินสูตรที่ใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก 0.25% มีคะแนนในทุกด้านสูงสุดและไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมซึ่งมีคะแนนรองลงมาจากสูตรพื้นฐาน

สรุปผล

การใช้กัมจากเมล็ดแมงลักและกัวกัมในปริมาณมากขึ้นมีผลทำให้ค่า L*, a*, b* และ Chroma ลดลง เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังอบลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับมัฟฟินแป้งข้าวกล้องสูตรควบคุม มัฟฟินแป้งข้าวกล้องมีค่าปริมาตรจำเพาะสูงกว่ามัฟฟินแป้งสาลีโดยมีปริมาตรจำเพาะลดลงเล็กน้อยเมื่อใช้สารให้ความคงตัวทั้งสอง มัฟฟินแป้งข้าวกล้องสูตรที่ใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก 0.25% มีคะแนนการทดสองทางประสาทสัมผัสในทุกด้านสูงสุดและไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ดังนั้นมัฟฟินสูตรที่ใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก 0.25% จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข, 2560,ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 384 เรื่อง การแสดงฉลากอาหารไม่มีกลูเตน, ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 134 ตอนพิเศษ 97 ง, หน้า 29-30.

ปิยนุสร์ น้อยด้วง และเนตรนภา วิเลปะนะ, 2549, การใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มไก่, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม 3(1): 22-29.

ปิยนุสร์ น้อยด้วง, อารีรัตน์ อิฏฐกรพันธ์ และวศินี มฤคทัต, 2561, การใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นพรีไบโอติกในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49(2)(พิเศษ): 641-644.

ละอองดาว ว่องเอกลักษณ์ และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2545, การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริกและมายองเนส, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 7(1): 17-24.

อมรรัตน์ เจริญ และสุธีรา วัฒนกุล, 2561, ผลของการใช้กัมจากเมล็ดแมงลักต่อคุณภาพของแบตเตอร์และคุณภาพของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 26(6): 993-1004.

Psimouli, V. and Oreopoulou, V., 2013, The Effect of Fat Replacers on Batter and Cake Properties, Journal of Food Science 78(10): C1495-C1502.

Rafe, A. and Razavi, S.M. A., 2013, Dynamic Viscoelastic Study on the Gelation of Basil Seed Gum, International Journal of Food Science and Technology 48: 556–563.

Razavi, S.M.A., Mortazavi, S.A., Matia-Merino, L., Hosseini-Parvar, S.H., Motamedzadegan, A. and Khanipour, E., 2009, Optimisation Study of Gum Extraction from Basil Seeds (*Ocimum basilicum* L.), International Journal of Food Science and Technology 44: 1755–1762.

Song, K.Y., H.O., Joung, K.Y., Shin, S.Y. and Kim, Y.S., 2017, Effects of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Seed Mucilage Substituted for Fat Source in Sponge Cake: Physicochemical, Structural, and Retrogradation Properties, Italian Journal of Food Science 29: 681-696.

Summu, G., Koksel, F., Sahin, S., Basman, A. and Meda V., 2010, The Effect of Xanthan Gum and Guar Gum on Staling of Gluten-Free Rice Cakes Baked in Difference Ovens, International Journal of Food Science and Technology 45: 87-93.

Table 1 Crumb color of brown rice flour muffin

Treatment	L*	a*	b*	Chroma	Hue
WFM	69.42 ± 0.03[a]	4.09 ± 0.27[c]	34.98 ± 0.44[a]	35.22 ±0.36[a]	83.33 ± 0.85[a]
BRM (Control)	63.43 ± 0.32[bc]	6.77 ± 0.20[a]	34.58 ± 0.42[a]	35.24 ±0.31[a]	78.92 ± 0.69[bc]
BSG 0.25%	63.56 ± 0.49[bc]	6.63 ± 0.25[a]	33.72 ± 0.33[b]	34.37 ±0.29[b]	78.88 ± 0.66[c]
BSG 0.5%	63.25 ± 0.40[c]	6.00 ± 0.48[b]	32.65 ± 0.30[c]	33.20 ±0.39[c]	79.59 ± 0.93[b]
GG 0.5%	64.22 ± 0.85[b]	6.78 ± 0.08[a]	33.06 ± 0.17[c]	33.75 ± 0.13[c]	78.41 ± 0.30[c]
GG 1.0%	63.17 ± 0.10[c]	6.18 ± 0.48[ab]	32.96 ± 0.43[c]	33.53 ± 0.45[c]	79.38 ± 1.06[b]

a-c Means in the same column followed by different superscripts were significantly different (p<0.05)
WFM= wheat flour muffin; BRM=brown rice flour muffin; BSG=basil seed gum; GG=guar gum

Table 2 Texture profile analysis of brown rice flour muffin

Treatment	Hardness (N)	Cohesiveness	Springiness	Adhesiveness (N.s)	Gumminess (N)	Chewiness (N)
WFM	0.58±0.10[c]	0.31±0.09[b]	4.75±0.72[b]	-0.14±0.02[b]	0.16±0.05[c]	4.60±0.12[c]
BRM (Control)	1.09±0.27[bc]	0.50±0.09[a]	6.80±0.53[a]	-0.03±0.02[a]	0.55±0.01[b]	7.52±0.18[a]
BSG 0.25%	1.56±0.46[b]	0.49±0.01[a]	6.49±1.03[ab]	-0.02±0.01[a]	0.72±0.15[b]	7.61±0.16[a]
BSG 0.5%	1.19±0.07[bc]	0.48±0.10[ab]	6.18±0.92[ab]	-0.02±0.02[a]	0.59±0.04[b]	6.33±0.12[b]
GG 0.5%	2.75±0.77[a]	0.46±0.07[ab]	6.32±0.46[ab]	-0.06±0.09[a]	1.26±0.39[a]	7.71±0.10[a]
GG 1.0%	2.54±0.17[a]	0.36±0.10[ab]	5.92±1.49[ab]	-0.04±0.01[a]	0.93±0.26[ab]	6.16±0.05[b]

a-c Means in the same column followed by different superscripts were significantly different (p<0.05)
WFM= wheat flour muffin; BRM=brown rice flour muffin; BSG=basil seed gum; GG=guar gum

Table 3 Weight loss and Specific volume of brown rice flour muffin

Treatment	Weight loss (%)	Specific volume (ml/g)
WFM	5.14 ± 0.86[b]	5.05±0.13[c]
BRM (Control)	6.18 ± 0.38[a]	5.72±0.13[a]
BSG 0.25%	5.24 ± 1.11[b]	5.58±0.01[b]
BSG 0.5%	5.49 ± 1.01[a]	5.51±0.04[b]
GG 0.5%	4.94 ± 0.77[b]	5.49±0.01[b]
GG 1.0%	5.74 ± 0.61[a]	5.51±0.10[b]

a-c Means in the same column followed by different superscripts were significantly different (p<0.05)
WFM= wheat flour muffin; BRM=brown rice flour muffin; BSG=basil seed gum; GG=guar gum

Table 4 Sensory analysis of brown rice flour muffin

Treatment	Appearance	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
WFM	7.30±1.15[a]	7.07±1.24[a]	6.83±1.03[a]	6.90±1.14[a]	7.10±1.25[a]	7.37±1.22[a]
BRM (Control)	6.23±1.05[b]	6.23±1.23[b]	5.83±1.14[b]	6.07±1.06[b]	6.03±1.04[b]	6.47±1.03[b]
BSG 0.25%	6.23±1.22[b]	5.97±1.14[b]	5.93±1.25[b]	5.97±1.05[b]	5.70±1.19[b]	6.03±1.14[b]
BSG 0.5%	4.60±1.19[c]	4.63±1.18[c]	5.40±1.15[b]	4.63±1.17[c]	4.80±1.09[c]	4.87±1.04[c]
GG 0.5%	4.47±1.09[c]	4.23±1.19[c]	4.80±1.04[c]	4.53±1.03[c]	4.07±1.1[d]	4.53±1.16[cd]
GG 1.0%	4.20±1.05[c]	4.17±1.08[c]	4.73±1.17[c]	4.43±1.16[c]	3.90±1.07[d]	4.27±1.04[d]

a-d Means in the same column followed by different superscripts were significantly different (p<0.05)
WFM= wheat flour muffin; BRM=brown rice flour muffin; BSG=basil seed gum; GG=guar gum

การใช้กรดเพอร์แอซีติกหรือกรดออกซาลิกที่อุณหภูมิต่ำเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษาของผลลำไย
Use of Peracetic Acids or Oxalic Acid to Reduce the Pericarp Browning During Low Temperature of Longan Fruit

ตรัสสา ชีพนุรัตน์[1] มัณฑนา บัวหนอง[1,2] ปฐมพงศ์ เพ็ญไชยา[2] วาริช ศรีละออง[1,2] พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,2] และเฉลิมชัย วงษ์อารี[1,2]
Cheepnurat, T.[1], Buanong, M.[1,2], Penchaiya, P.[2], Srilaong, V.[1,2], Boonyaritthongchai, P.[1,2], and Wongs-Aree, C.[1,2]

Abstract
Chemical application on alleviation of pericarp browning of longan during storage was studied. Longan fruit were either dipped in 10, 20, 40 mM oxalic acid or 500, 750, 1000 mg L^{-1} peracetic acid and distilled water (control) for 10 min. All fruit were then stored at 5°C, 90-95% RH. Fruit dipped in 40 mM oxalic acid or 750 mg L^{-1} peracetic acid showed lower pericarp browning in the first 5 days of storage. Dipping in peracetic acid effectively reduced weight loss of the fruit. However, both application of oxalic acid and peracetic acid did not affect flesh soluble solids. Furthermore, there was no fruit decay throughout storage for 14 days.
Keywords: pericarp browning, Longan fruit, acetic acid, peracetic acid

บทคัดย่อ
การทดลองใช้สารเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลต่อสีเปลือกและการเน่าเสียของผลลำไยระหว่างการเก็บรักษา โดยแช่ผลลำไยในสารละลายกรดออกซาลิกที่ความเข้มข้น 10 20 และ 40 mM หรือสารละลายกรดเพอร์แอซีติกที่ความเข้มข้น 500 750 และ 1000 mg L^{-1} และชุดควบคุม (น้ำกลั่น) นาน 10 นาที แลวผึ่งใหแห้งแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบวา ลำไยที่แชในสารละลายกรดออกซาลิกที่ความเข้มข้น 40 mM และกรดเพอร์แอซีติก 750 mg L^{-1} มีการเกิดสีน้ำตาลช้ากว่าภายใน 5 วันแรกของการเก็บรักษา การแช่กรดเพอร์แอซีติกช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดี อย่างไรก็ตาม กรดออกซาลิกและกรดเพอรแอซีติกไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ยังไม่พบการเน่าเสียของผลลำไยตลอดการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 14 วัน
คำสำคัญ: การเกิดสีน้ำตาล ลำไย กรดออกซาลิก กรดเพอร์แอซีติก

คำนำ*
ลำไยจัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจหลักที่ส่งออกในลำดับต้นๆ ของประเทศไทย การส่งออกลำไยสดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ในปี 2560 ไทยมีปริมาณการส่งออกลำไยสดรวมทั้งสิ้น 801,561 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 20,998.4 ล้านบาท (Department of International Trade Promotion, 2016) อย่างไรก็ตาม การส่งออกผลลำไยสดมักเกิดปัญหาเรื่องการเกิดโรคและเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลระหว่างการขนส่งและการวางจำหน่าย ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้นและลดมูลค่าการตลาด ปัจจุบันมีการรมลำไยสดด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพื่อให้สีผิวเปลือกสวยและช่วยยืดอายุการเก็บรักษานานขึ้น มีรายงานว่า ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ มีผลตอเยื่อตา เยื่อบุจมูก และปอด ส่วนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหารในปริมาณมากจะลดประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและไขมันในร่างกาย (พรรณทิพา, 2549) ดังนั้นจึงควรหาสารเคมีอื่นมาใช้แทนซัลเฟอรไดออกไซด์ โดยให้มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด กลไกการเกิดสีน้ำตาลเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบฟีนอลโดยเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสจะทำงานได้ดีในช่วงความเป็นกรดด่าง 4-7 (Jiang และคณะ, 2002) ซึ่งการใช้กรดอินทรีย์ เช่น กรดออกซาลิก ให้มีพีเอชเท่ากับหรือต่ำกว่า 3 ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ เป็นการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ลัดดาวัลย์ และคณะ (2552) ศึกษาการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของ

---

[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 กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400
[2]Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand.

เปลือกมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งโดยใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล พบว่าการแช่สารละลาย oxalic acid และ N-acetylcysteine มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมะพร้าวได้ดีกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้ อนรรฆ และคณะ (2556) รายงานว่าการแช่มะพร้าวอ่อนเจียในกรดออกซาลิก 3% ร่วมกับกรดอะซีติก 4% สามารถควบคุมการเกิดราได้ดี และเปลือกมะพร้าวมีสีน้ำตาลเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 3% นอกจากการใช้กรดอินทรีย์ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผลิตผลสดแล้ว สารที่เป็น oxidizing agents ก็ยังมีรายงานการเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ดี โดยจะออกซิไดซ์สารตั้งต้นที่จะนำไปสู่การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Wang และคณะ, 2007) เช่น กรดเพอร์แอซีติก (PAA) ในรูปแบบเดี่ยวหรือผสมโดยมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Alasri และคณะ, 1993) มีงานทดลองของกลุ่มวิจัย Postharvest Logistics-มจธ. ทำการจุ่มผลลำไยในกรดเพอร์แอซีติกที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 20 นาที เก็บที่ 5 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกได้ดี และพบการเกิดโรคเพียงร้อยละ 2.5 เมื่อเปรียบเทียบกับลำไยที่ไม่จุ่มสาร และจุ่มน้ำประปา (พฤกษ์ และคณะ, 2559)

ดังนั้น ในการทดลองนี้ การใช้กรดอินทรีย เช่น กรดเพอร์แอซีติกหรือกรดออกซาลิกกับผลลำไยที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำจะสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลลำไยระหว่างการเก็บรักษา และเพื่อเป็นแนวทางในการทดแทนการรมลำไยสดด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้

อุปกรณ์และวิธีการ*

นำผลลำไยพันธุ์อีดอสดที่ไม่ผ่านการรมสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากสวนในจังหวัดจันทบุรี ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ แล้วจึงทำการคัดเลือกลำไยที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิ ไม่มีรอยแผล และไม่มีเชื้อรา ตัดขั้วสั้นห่างจากผลประมาณ 0.5 มิลลิเมตร จากนั้นนำผลลำไยมาแบ่งชุดการทดลองดังนี้ ผลลำไยที่ไม่ผ่านการรมสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์และแช่น้ำกลั่น (ชุดควบคุม) แช่สารกรดออกซาลิกที่ความเข้มข้น 10, 20 และ 40 mM และแช่สารกรดเพอร์แอซีติกที่ความเข้มข้น 500, 750 และ 1000 mg L^{-1} ทุกวิธีการจะแช่สารนาน 10 นาที ผึ่งผลให้แห้งแล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส โดยแต่ละชุดการทดลองมี 10 ซ้ำ ๆ ละ 20 ผล วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) วิเคราะห์บันทึกผลการทดลองทุก 5 วันของการเก็บรักษา โดยวัดการเปลี่ยนแปลงสีผิว (L* a* b*) เปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักผล ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Jiang และคณะ,2002) และการประเมินความเสียหายจากเชื้อจุลินทรีย์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

การแช่ผลลำไยในสารละลายกรดออกซาลิกหรือกรดเพอร์แอซีติก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยสด โดยพบว่า ผลลำไยสดที่ผ่านการแช่สารละลายกรดออกซาลิกที่ความเข้มข้น 40 mM และกรดเพอร์แอซีติก 750 ppm มีค่า L และค่า b สูงที่สุด ส่วนค่า a พบว่าแต่ละชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในแต่ละวันที่เก็บรักษา โดยที่ค่า a ของชุดควบคุมมีค่าสูงกว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่สารละลายกรดออกซาลิกหรือกรดเพอร์แอซีติก (Figures 1A, B, C) ซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลของเปลือก ผลลำไยที่ผ่านการแช่สารละลายกรดออกซาลิกหรือกรดเพอร์แอซีติกมีการเกิดสีน้ำตาลช้ากว่าชุดควบคุมภายใน 5 วันแรกของการเก็บรักษา (Figures 1D) การใช้กรดอินทรีย์สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ เนื่องมาจากค่าพีเอชที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซมพอลีฟีนอลออกซิเดสอยู่ระหว่าง 5-7 และกิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส ลดลงเมื่อค่าพีเอช ต่ำกว่า 4.5 ซึ่งถ้าค่าพีเอชต่ำมากเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสจะถูกยับยั้งการทำงาน เพราะเสียสภาพอย่างถาวรไม่สามารถคืนสภาพที่มีฤทธิได้อีก ดังนั้น การปรับค่าพีเอชด้วยกรดอินทรีย์ ให้มีพีเอชเท่ากับหรือต่ำกว่า 3 เป็นการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ (จริงแท้, 2546) ดังการทดลองของพรรณทิพา (2549) โดยศึกษาการแช่ผลลำไยในสารละลายกรดออกซาลิกที่ความเข้มข้น 5% และ 10% นาน 5 นาที พบว่ามีค่า L และค่า b สูงที่สุด และสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลได้ดีกว่าชุดควบคุม การทดลองของพฤกษ์ (2559) ศึกษาประสิทธิภาพของกรดเพอร์แอซีติกในการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยพันธุ์ดอ พบว่า กรดเพอร์แอซีติกความเข้มข้น 500 mg L^{-1} สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยและมีอายุการเก็บรักษาลำไยนานกว่า 40 วันเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่จุ่มสาร อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ความเข้มข้นที่สูงกว่าที่ 750 mg L^{-1} ให้ผลการยับยั้งสีน้ำตางที่ดีกว่า อย่างไรก็ตามทั้งกรดออกซาลิกและกรดเพอร์แอซีติกให้ผลการยับยั้งในช่วงแรกของการเก็บรักษาเท่านั้น

การเปลี่ยนแปลงด้านน้ำหนักผล ทุกชุดการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น โดยผลลำไยสดที่ผ่านการแช่สารละลายกรดออกซาลิกที่ความเข้มข้น 40 mM และกรดเพอร์แอซีติก 750 mg L^{-1} สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดี (Figures 2A)

เนื่องจากการใช้กรดอินทรีย์อาจมีผลต่อเยื่อหุ้มเปลือกของลำไย การใช้กรดอาจทำให้เยื่อหุ้มเปลือกแข็งกว่าชุดควบคุม มีผลทำให้โมเลกุลน้ำและก๊าซต่าง ๆ แพร่ผ่านเยื่อหุ้มได้น้อยกว่าชุดควบคุม จึงทำให้สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ สำหรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figures 2B) แสดงว่ากรดออกซาลิกและกรดเพอรแอซีติกไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ดนัยและนิธิยา (2548) กล่าวว่าผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวมีการสลายคาร์โบไฮเดรตมาเป็นน้ำตาลในระยะแรก ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากลำไยเป็นผลไม้ที่ไม่มีการสุกหลังการเก็บเกี่ยว (non-climacteric fruit) หลังการเก็บเกี่ยวจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลเพียงเล็กน้อยและเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ในการทดลองครั้งนี้ไม่พบการเน่าเสียของผลลำไยตลอดการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 14 วัน เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้

สรุปผล

การแช่ลำไยในสารละลายกรดออกซาลิกที่ความเข้มข้น 40 mM และกรดเพอร์แอซีติก 750 ppm ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาล การสูญเสียน้ำหนัก และไม่พบการเน่าเสียของผลลำไยตลอดการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 14 วัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ผู้วิจัยขอขอบคุณ The United Graduate School of Agricultural Science (UGSAS) มหาวิทยาลัย Gifu ประเทศญี่ปุ่นที่สนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2546, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 396 หน้า.

ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2548, การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 248 หน้า.

พฤกษ์ ชูสังข์ วาริช ศรีละออง และมัณฑนา บัวหนอง, 2559, ประสิทธิภาพของ Peracetic acid ในการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยพันธุ์ดอ, วารสารเกษตร, 47(3): 349-352.

พรรณทิพา บุญอินทร์ กานดา หวังชัย กอบเกียรติ แสงนิล และจำนงค์ อุทัยบุตร, 2549, ผลของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อสีเปลือกและคุณภาพของผลลำไยพันธุ์ดอระหว่างการเก็บรักษา, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 37(5): 144-147.

ลัดดาวัลย์ โกวิทย์เจริญ วาริช ศรีละออง เฉลิมชัย วงษ์อารี ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และชัยรัตน์ เตชวุฒิพร, 2552, การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมโดยใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(3): 315-318.

อนรรฆ พรรคเจริญ เกรียงไกร มีถาวร อรวรรณ ปลื้มจิตร์ และกิรนันท์ เหมาะประมาณ, 2556, ผลการใช้สารทดแทนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และอุณหภูมิเก็บรักษาต่อคุณภาพผลมะพร้าวเจีย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(3): 390-393.

Alasri, A., Valverde, M., Roques, C., Michale, G., Cabassud, C., and Aptel P., 1993, Sporocidal Properties of Peracetic acid and Hydrogen Peroxide, Alone and in Combination with Chlorine and Formaldehyde for Ultrafiltration Membrane Disinfection, Journal of Microbiology, 39: 52-60.

DITP, 2016, Report on the Economic Situation of International Trade, Department of International Trade Promotion [online], Available: http://www.ditp.go.th/contents_attach/159373/159373.pdf [December 08, 2019].

Jiang, Y., Zhang, Z., Joyce, D.C. and Ketsa, S., 2002, Postharvest Biology and Handling of Longan Fruit (*Dimocarpus langan* Lour.), Postharvest Biology and Technology, 26: 241-252.

Wang, H., Feng, H., and Luo, Y., 2007, Control of Browning and Microbial Growth on Fresh-cut Apples by Sequential Treatment of Sanitizers and Calcium Ascorbate, Journal of Food Science, 72: M001–M007.

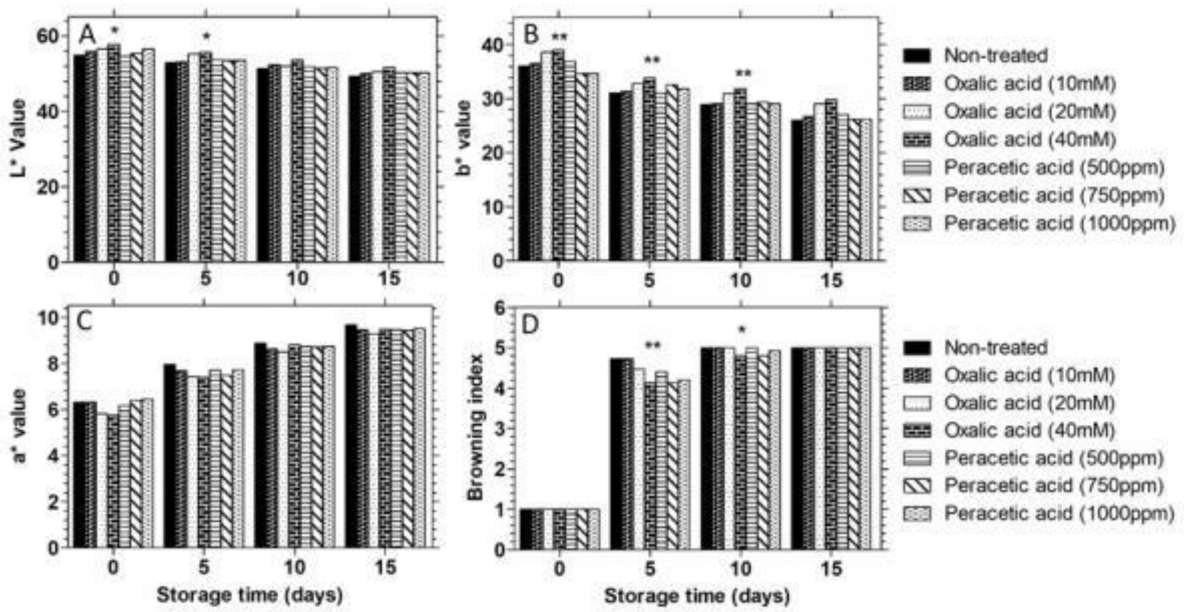


Figure 1 The effects of oxalic acid or peracetic on (A) L* values, (B) b* values (c) a* values and (D) browning index of longan fruit during storage at 5 °C

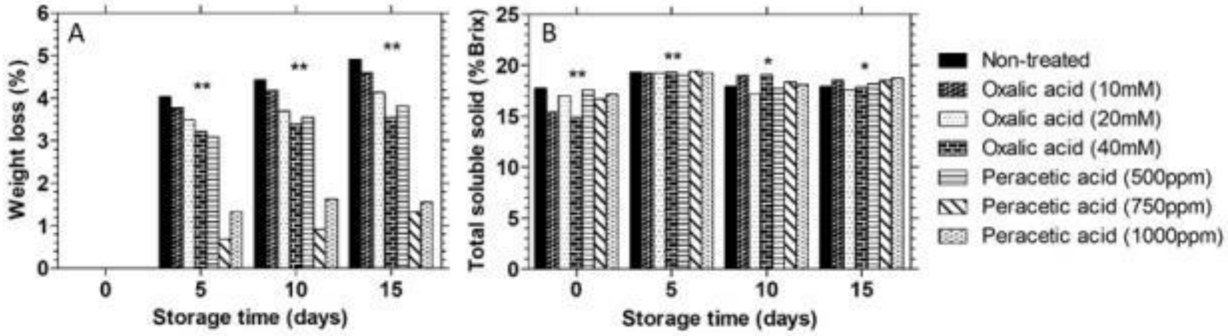


Figure 2 The effects of oxalic acid or peracetic on (A) weight loss and (B) total soluble solid of longan fruit during storage at 5 °C

ผลของการใช้น้ำร้อนต่อคุณภาพและการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง
Effect of Hot Water on Quality and Carotenoid Synthesis of 'Nam Dok Mai Si-thong' Mango Fruit

รัชชกร พวงศรี[1] Vo Thi Thuong[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] Masaya Kato[3] Gang Ma[3] Lancui Zhang[3] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2]
Pongsri, R.[1], Thuong, V.T.[1], Uthairatanakij, A.[1,2], Kato, M. [3], Ma, G.[3] Zhang L.[3] and Jitareerat, P.[1,2]

Abstract

The objective was to investigate effect of hot water dipping (HWD) on qualities and carotenoid synthesis of mango cv. Nam-Dok-Mai-Si-thong. Fruit were dipped in hot water at 55°C for 5 min and kept at 25°C for 6 days. HWD did not effect on peel and pulp color (L*, a*, b* และ Hue angle), except b* value of the pulp, and did not effect on the respiration rate and ethylene production. Considering the phytonutrients, β-Carotene, β-Cryptoxanthin and 9-cis-Violaxanthin found in the pulp which increased during ripening, whereas these compounds were not detected in the peel. High lutein found in the peel which it decreased during ripening. The contents of β-Carotene, β-Cryptoxanthin, 9-cis-Violaxanthin, and lutein in the peel and pulp increased when the fruit were treated with HWD, the result was correlated with the expression of *MiZDS* and *MiLCYb* genes encoding to lycopene and β-Carotene synthesis in mango fruit.

Keywords: Mango cv. Nam Dok Mai Si-thong, Hot water treatment, Quality, Carotenoid

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง โดยนำมะม่วงจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่า การจุ่มน้ำร้อนไม่มีผลต่อค่าสีเปลือกและค่าสีเนื้อ (L*,a*, b* และ Hue angle) ยกเว้นค่า b* ของเนื้อ ไม่มีผลต่ออัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน เมื่อพิจารณาปริมาณสารพฤษเคมีในมะม่วงพบว่า ในเนื้อมะม่วงมี β-Carotene, β-Cryptoxanthin และ 9-*cis*-Violaxanthin และเพิ่มมากขึ้นเมื่อสุก แต่ไม่พบสารเหล่านี้ในเปลือก ส่วน Lutein พบมากในเปลือกมะม่วงและมีแนวโน้มลดลงเมื่อสุก การจุ่มน้ำร้อนทำให้ปริมาณ β-Carotene, β-Cryptoxanthin, 9-*cis*-Violaxanthin และ lutein ทั้งเปลือกและเนื้อเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการแสดงออกของยีน *MiZDS* และ *MiLCYb* ในกระบวนการสร้าง Lycopene และ β-Carotene ของผลมะม่วง

คำสำคัญ: มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง การใช้น้ำร้อน คุณภาพ แคโรทีนอยด์

คำนำ**

มะม่วงเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญ ผลผลิตที่ได้ใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ในปี 2561 มีการส่งออกมะม่วงสด 65,579 ตัน คิดเป็นมูลค่ารวม 2,300 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) เนื่องจากมะม่วงมีรสชาติหวาน หอม และเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ เช่น วิตามินซีและสารแคโรทีนอยด์ ซึ่งมีความสำคัญต่อร่างกาย (อาภัสสร และคณะ, 2558) สำหรับปัญหาที่สำคัญของมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวคือ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีอย่างรวดเร็ว เช่น สี ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์และการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับกลไกแคโรทีนอยด์ รูปร่าง รอยตำหนิ กลิ่น และรสชาติ ตลอดจนการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้มีอายุการเก็บรักษาและวางจำหน่ายสั้น (ศักยะ และคณะ, 2555; Ma และคณะ, 2018) การใช้น้ำร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่นำมาปฏิบัติใช้กับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีจุดประสงค์เพื่อการควบคุมโรคและรักษาคุณภาพของผลิตผล ซึ่งการให้ความร้อนแก่ผลิตผลจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ได้ เช่น การสุก การเปลี่ยนสี อัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีน (Lurie, 1998) งานวิจัยที่ผ่านมายังไม่พบการรายงานผลของความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจุ่มน้ำ

---

[1] [1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพมหานคร 10150
Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntein),
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand.
[3] Department of Biological Sciences, Faculty of Agriculture, Shizuoka University, 836 Ohya, Shizuoka 422–8529, Japan

ร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและปริมาณแคโรทีนอยด์ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

อุปกรณ์และวิธีการ*

ใช้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่มีความแก่ 75-80% จากสวนเชิงพาณิชย์ที่ได้รับ GAP ในจังหวัดฉะเชิงเทรา และทำการขนส่งมายังห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ทำการคัดเลือกผลมะม่วงที่ไม่มีตำหนิ บาดแผล หรือร่องรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลง นำมาทำความสะอาดด้วยน้ำประปา สะเด็ดยาง ผึ่งให้แห้ง จากนั้นแบ่งผลมะม่วงไปจุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และลดความร้อนโดยแช่ในน้ำเย็นที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ผึ่งให้แห้ง แล้วบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก สำหรับมะม่วงชุดควบคุมคือ ไม่ได้จุ่มน้ำร้อน จากนั้นเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน วิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีทุก ๆ 2 วัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกและเนื้อโดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter) ยี่ห้อ Minolta รุ่น DP-301 อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas chromatography ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC-2014 ปริมาณแคโรทีนอยด์ของเปลือกและเนื้อถูกวิเคราะห์ตามวิธีการของ Ma และคณะ (2018) และ Chen และคณะ (2007) และการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ในผลมะม่วง คือ *MiZDS* และ *MiLCYb* (ซึ่งแปลรหัสได้ ζ-Carotene desaturase และ Lycopene β-cyclase ตามลำดับ) ด้วยเทคนิค Real time RT-PCR ตามวิธีการของ Ma และคณะ (2018) และ Kato และคณะ (2004) จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลการทดลองด้วยวิธี T-test แต่ละทรีตเมนต์มี 4 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า การใช้น้ำร้อนไม่มีผลต่อค่าสีเปลือกและค่าสีเนื้อ (L*, a*, b* และ Hue angle) ยกเว้นค่า b* ของเนื้อที่มีการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Faheem และคณะ (2012) พบว่า มะม่วงพันธุ์ Chaunsa ที่จุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 48°C เป็นเวลา 60 นาที มีการเปลี่ยนแปลงสีเหลืองของผลน้อยกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำร้อนสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของสีเหลืองในเนื้อมะม่วงได้ แม้ว่าการจุ่มน้ำร้อนมีผลทำให้อัตราการหายใจมีแนวโน้มสูงขึ้นและมีการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าชุดควบคุมแต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นอาจมีผลมาจากความร้อนทำให้เกิดความเครียด ส่งผลให้อัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น (Srilaong และ Photchanachai, 2011) ในขณะที่การผลิตเอทิลีนลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yimyong และคณะ (2011) พบว่า มะม่วงพันธุ์อกร่องทองที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 10 นาที มีอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าผลที่ไม่ได้รับความร้อน เนื่องจากความร้อนทำให้เกิดการสูญเสียกิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน (Chan, 1986) นอกจากนี้ในเนื้อมะม่วงพบ β-Carotene, β-Cryptoxanthin และ 9-*cis*-Violaxanthin และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อสุก ส่วน lutein พบในเปลือกและมีปริมาณลดลงเมื่อสุก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ma และคณะ (2018) พบว่า β-Carotene มีปริมาณมากขึ้นในขณะที่ lutein มีปริมาณลดลงเมื่อมีการพัฒนาและการสุกของผลมะม่วง ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พบในระหว่างการพัฒนาและการสุกของผลมีความสัมพันธ์กับการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ ได้แก่ *MiZDS* (ζ-Carotene desaturase) และ *MiLCYb* (Lycopene β-cyclase) โดยยีนทั้ง 2 ชนิดนี้ เกี่ยวข้องในกระบวนการสร้าง lycopene และ β-Carotene ตามลำดับ โดยยีน *MiZDS* เป็นเอนไซม์ ζ-Carotene desaturase ทำหน้าที่เปลี่ยน ζ-Carotene ให้เป็น lycopene ส่วนยีน *MiLCYb* เป็นเอนไซม์ Lycopene β-cyclase ทำหน้าที่เปลี่ยน lycopene ให้เป็น β-Carotene (Kato, 2012 และ Ma และคณะ, 2018) และพบว่า การใช้น้ำร้อนมีผลทำให้ปริมาณ β-Carotene, β-Cryptoxanthin, 9-*cis*-Violaxanthin และ lutein ทั้งเปลือกและเนื้อเพิ่มสูงขึ้น และทำให้การแสดงออกของยีน *MiZDS* และ *MiLCYb* ในเปลือกเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการแสดงออกของยีน *MiZDS* และ *MiLCYb* มีความสัมพันธ์กับปริมาณ lycopene และ β-Carotene แสดงให้เห็นว่า การใช้น้ำร้อนสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์และการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ในผลมะม่วง

สรุปผล

การจุ่มผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ไม่มีผลต่อค่าสีเปลือกและค่าสีเนื้อ ยกเว้นค่า b* ของเนื้อ ไม่มีผลต่ออัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน แต่มีผลทำให้ปริมาณ β-Carotene, β-Cryptoxanthin, 9-*cis*-Violaxanthin และ lutein ทั้งเปลือกและเนื้อเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการแสดงออกของยีน *MiZDS* และ *MiLCYb* ในกระบวนการสร้าง lycopene และ β-Carotene ของผลมะม่วง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนทุนการศึกษาเพชรพระจอมเกล้ามหาบัณฑิต Department of Biological Sciences, Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Japan และ The United Graduate School of Agricultural Science (UGSAS), Gifu University ที่ให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ศักยะ สมบัติไพรวัน, 2555, การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่านกัมมันต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 180 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561, สถิติการส่งออกมะม่วง [สืบค้น], Available: http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S_YEAR=2561&E_YEAR=2561&PRODUCT_GROUP=5252&PRODUCT_ID=4985&wf_search=&WF_SEARCH=Y [8/ January/ 19].

อาภัสสร ศิริจริยวัตร กอบชัย คำศรีพล และสุกฤษ กำเนิดพันธุ์, 2558, การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงสุกตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น, วารสารแก่นเกษตร, ปีที่ 43, ฉบับที่ 1 (พิเศษ), หน้า 851-856.

Chan, H.T., 1986, Effects of Heat Treatments on The Ethylene-Forming Enzyme System in Papaya, Journal of Food Science, 51: 581-583.

Chen, J.P., Tai, C.Y. and Chen, B.H., 2007, Effects of Different Drying Treatments on The Stability of Carotenoids in Taiwanese Mango (*Mangifera indica* L.), Food Chemistry, 100: 1005-1010.

Faheem, M., Saeed, S., Sajjad, A., Rehman, A. and Farooq, M., 2012, In Search of The Best Hot Water Treatments for Sindhri and Chaunsa Variety of Mango, Pakistan Journal of Zoology, 44: 101-108.

Kato, K., Ikoma, Y., Matsumoto, H., Sugiura, M., Hyodo, H. and Yano, M., 2004, Accumulation of Carotenoids and Expression of Carotenoid Biosynthetic Genes During Maturation in Citrus Fruit, Plant Physiology, 134: 824-837.

Kato, M., 2012, Mechanism of Carotenoid Accumulation in Citrus Fruit, Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 81: 219-233.

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

Ma, G., Zhang, L., Yungyuen, W., Sato, Y., Furuya, T., Yahata, M., Yamawaki, K. and Kato, M., 2018, Accumulation of Carotenoids in A Novel Citrus Cultivar 'Seinannohikari' During The Fruit Maturation, Plant Physiology and Biochemistry, 129: 349-356.

Ma, X., Zheng, B., Ma, Y., Xu, W., Wu, H. and Wang, S., 2018, Carotenoid Accumulation and Expression of Carotenoid Biosynthesis Genes in Mango Flesh During Fruit Development and Ripening, Scientia Horticulturae, 237: 201-206.

Srilaong, V. and Photchanachai, S., 2011, Effects of Hot Water Treatments on The Physiology and Quality of ‘Kluai Khai’ Banana, International Food Research Journal, 18: 1013-1016.

Yimyong, S., Datsenka, T., Handa, A.K. and Seraypheap, K., 2011, Hot Water Treatment Delays Ripening-Associated Metabolic Shift in ‘Okrong’ Mango Fruit During Storage, Journal of the American Society for Horticultural Science, 136: 441-451.

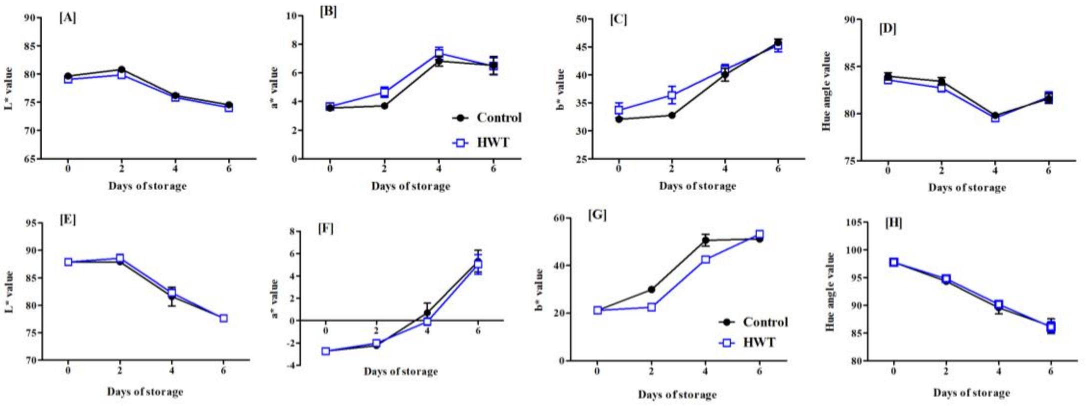


Figure 1 L* (A), a* (B), b* (C) and Hue angle (D) value in peel and L* (E), a* (F), b* (G) and Hue angle (H) value in pulp of mango treated with hot water at 55°C for 5 min compared with non-treated.

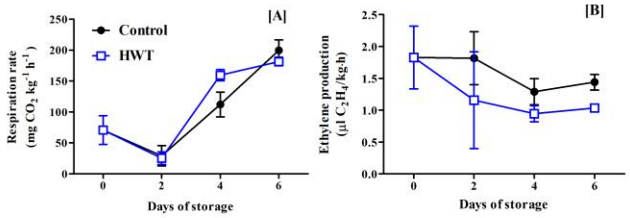


Figure 2 Respiration rate (A) and ethylene production (B) of mango treated with hot water at 55°C for 5 min compared with non-treated.

Control treatment (µg/g FW)	Day 0 Peel	Day 0 Pulp	Day 6 Peel	Day 6 Pulp	F-test	C.V. (%)
β-Carotene	1.92	2.28	1.12	2.40	NS	34.74
β-Cryptoxanthin	0^{b}	0.05^{b}	1.44^{b}	3.16^{a}	**	71.51
9-*cis*-Violaxanthin	0^{b}	0^{b}	3.50^{a}	5.43^{a}	*	78.97
Lutein	5.48^{a}	0.53^{b}	1.25^{b}	0.24^{b}	**	51.10

Table 1 Comparisons of carotenoid content of mango (Non-treated).

Table 2 Comparisons of carotenoid content of mango treated with hot water at 55°C for 5 min compared with non-treated on day 6.

Carotenoid content (µg/g FW)	Day 6 Peel Control	Day 6 Peel HWT	T-test	Day 6 Pulp Control	Day 6 Pulp HWT	T-test
β-Carotene	1.12	8.31	*	2.40	29.16	**
β-Cryptoxanthin	1.44	5.46	NS	3.16	4.67	NS
9-*cis*-Violaxanthin	3.50	4.69	NS	5.42	35.49	**
Lutein	1.25	5.31	NS	0.24	1.03	NS

Genes (Arbitrary unit)	Day 6 Peel Control	Day 6 Peel HWT	T-Test	Day 6 Pulp Control	Day 6 Pulp HWT	T-test
MiZDS	0.72	2.46	NS	2.86	1.53	*
MiLCYb	7.95	22.11	*	2.26	1.34	NS

Table 3 Expression of carotenoid biosynthetic genes of mango treated with hot water at 55°C for 5 min compared with non-treated.

การพัฒนาระบบการกำจัดเมือกกาแฟแบบอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์ท้องถิ่น
Development of Coffee Demucilaging by Organic Method Using Indigenous Microorganisms

ณัฐหทัย สุทธิวงษ์[1] ปิยดา สุขดี[1] ชลธิชา นิวาสประกฤติ[2] ประสิทธิ์ บำรุงสุข[2] นภัสวรรณ สุนทร[2] และ นารินทร์ จันทร์สว่าง[3]
Sutthiwong, N.[1], Sukdee, P.[2] Sukdee, P.[1], Niwatprakit, C.[2], Bumrungsook, P.[2], Sunthorn, N.[2] and Chansawang, N.[3]

Abstract

Indigenous pectinase producing microorganisms were examined in the present work in order to apply for removal of mucilage in coffee production process. Samples collected from coffee cultivation and production areas were screened for microbial isolates which secreted pectinases. After screening on crystal violet pectate medium, six strains; *Neurospoda crassa*, *Rhizopus oryzae*, *Lentinus squarrosulus* Mont., *Lentinus edodes* (Berk.) Sing., *Lentinus polychrous* Lev., and *Auricularia auricular-judae* (Bull.) J.Schröt, displayed ability to produce pectinase. With regard to the halo zone on the medium, *L. squarrosulus* Mont. secreted the highest amount of pectinase; thus, it was assumed to be the most effectiveness strain for the production of pectinase and was used in following experiments. The use of the enzyme for coffee demucilage was studied, and it was found that the removal of mucilage from coffee beans was similar to the use of alkaline solution under studied condition; this therefore, indicates the potential application in coffee processing.

Keywords: Coffee, Demucilage, Enzyme, Microorganisms

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จุลินทรีย์ท้องถิ่นที่ผลิตเอนไซม์เพคติเนสเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กำจัดเมือกในกระบวนการผลิตกาแฟ ตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่เพาะปลูกและผลิตกาแฟถูกนำมาแยกและคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตเพคติเนส หลังการคัดเลือกบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Crystal violet pectate medium (CVP) พบจุลินทรีย์ 6 สายพันธุ์ ได้แก่ *Neurospoda crassa*, *Rhizopus oryzae*, *Lentinus squarrosulus* Mont, *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. *Lentinus polychrous* Lev. และ *Auricularia auricular-judae* (Bull.) J.Schröt ผลิตเพคติเนส จากการพิจารณาวงใสบนอาหาร CVP พบเชื้อ *L. squarrosulus* Mont หลั่งเพคติเนสมากที่สุด จึงถือว่าเป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการผลิตเพคติเนสซึ่งถูกนำไปใช้ในการทดลองต่อไป การทดลองใช้เอนไซม์นี้ในการกำจัดเมือกกาแฟ พบว่าสามารถกำจัดเมือกได้ใกล้เคียงกับการใช้สารละลายด่าง ภายใต้สภาวะที่ทำการศึกษา ซึ่งชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตกาแฟ

คำสำคัญ: กาแฟ กำจัดเมือก เอนไซม์ จุลินทรีย์

คำนำ

กาแฟ (Coffee) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลก ในช่วงระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมาความต้องการผลผลิตกาแฟของตลาดโลกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เฉลี่ยประมาณ 10 ล้านตัน ขณะที่ประเทศไทยมีความต้องการใช้เมล็ดกาแฟ ปี 2561 อยู่ที่ 95,000 ตันต่อปี ซึ่งปริมาณผลผลิตรวมภายในประเทศขณะนี้ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด (National Global Organization, 2018; กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2562) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกาแฟอินทรีย์ เนื่องจากกระแสของการห่วงใยต่อสุขภาพและความใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น นอกเหนือจากการปลูกด้วยระบบเกษตรอินทรีย์แล้ว การแปรรูปเมล็ดกาแฟหลังการเก็บเกี่ยวก็จำเป็นต้องปฏิบัติตามวิธีอินทรีย์เช่นเดียวกัน ปัจจุบันการหมักเพื่อกำจัดเมือกในกระบวนการผลิตกาแฟนั้นที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ การหมักแบบธรรมชาติ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลานาน ทำให้คุณภาพ กลิ่น และรสชาติของกาแฟเสียไป และการใช้

---

[1] ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแหงประเทศไทย ปทุมธานี 12120
Expert Centre of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathum Thani 12120
[2] ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแหงประเทศไทย ปทุมธานี 12120
Expert Center of Innovative Agriculture, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathum Thani 12120
[3] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านสาหร่าย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแหงประเทศไทย ปทุมธานี 12120
Algal Excellent Center, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathum Thani 12120

โซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งอาจมีสารตกค้างในกาแฟที่ผลิตได้ และยังไม่เป็นไปตามแนวทางเกษตรอินทรีย์ (Schwan และ Fleet, 2015) แนวทางหนึ่งคือการใช้เอนไซม์ในการย่อยสลาย (Murphy และ Naidu, 2011) ดังนั้นการใช้เอนไซม์ที่ได้จากแหล่งวัตถุดิบธรรมชาติเพื่อลดระยะเวลาและหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะผลักดันใหมีการผลิตกาแฟอินทรีย์เพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตกาแฟให้เข้าสู่แนวทางเกษตรอินทรีย์ โดยการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการสร้างเอนไซม์เพคติเนส (pectinase) เพื่อย่อยสลายสารประกอบเพคติน (pectin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเมือกกาแฟ

อุปกรณ์และวิธีการ*

คัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่เพาะปลูกและผลิตกาแฟ จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ เปลือกกาแฟ ดิน และน้ำรอบๆ บริเวณที่ทำการผลิตกาแฟกะลา รวมทั้งตัวอย่างอื่นๆ เช่น เห็ดชนิดต่างๆ ที่มีการเพาะเลี้ยงในพื้นที่ และตัวอย่างอาหารบางชนิดที่มีการใช้เชื้อจุลินทรีย์ในการผลิต จากนั้นคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถสูงในการผลิตเอนไซม์เพคติเนส โดยนำวุ้นกล้าเชื้อแต่ละชนิดใส่ในจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่บรรจุอาหาร Crystal violet pectate medium (CVP) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นสังเกตและบันทึกเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส (clear zone) ที่เกิดขึ้นรอบชิ้นวุ้นกล้าเชื้อบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และประเมินระดับการผลิตเอนไซม์โดยคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสและโคโลนี (Venkata และคณะ, 2013) แล้วเตรียมสารสกัดเอนไซม์เพคติเนสจากเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดเลือกเพื่อนำไปศึกษาประสิทธิภาพของเอนไซม์เพคติเนสที่เชื้อดังกล่าวผลิตในการกำจัดเมือกกาแฟกะลาในระดับห้องปฏิบัติการ แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กรรมวิธี โดยแช่เมล็ดกาแฟที่ปอกเปลือกแล้วในสารละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ (1) น้ำกลั่น (2) 0.5% NaOH (3) 1.0% NaOH และ (4) สารสกัดเอนไซม์ความเข้มข้นต่างๆ คือ 5% 10% และ 20% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดกาแฟที่ผ่านการย่อยเมือกแล้วส่วนหนึ่งมาวิเคราะห์ปริมาณเพคตินที่เหลืออยู่ติดเมล็ด (De Moura และคณะ, 2017) ส่วนที่เหลือนำไปล้างด้วยน้ำตามแบบวิธีดั้งเดิม คือล้างด้วยน้ำสะอาดในตะกร้าตาถี่ โดยระหว่างล้างให้ขัดถูเมล็ดกาแฟกับตะกร้า จากนั้นตรวจสอบลักษณะสีและผิวสัมผัสของเมล็ดกาแฟโดยการสังเกต

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างเปลือกกาแฟ ดิน น้ำ เห็ด และอาหารบางชนิดที่มีการใช้เชื้อจุลินทรีย์ในการผลิต พบว่ามีจำนวนเชื้อราและเห็ดที่สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเพคตินเป็นแหล่งคาร์บอน และมีการสร้างเอนไซม์เพคติเนส 6 สายพันธุ์ โดยสังเกตได้จากวงใสรอบโคโลนีบนอาหาร CVP เมื่อทดสอบด้วย 1% hexadecyltrimethyl ammonium bromide เนื่องจากเมื่อเชื้อดังกล่าวสร้างเอนไซม์มาย่อยเพคติน จะทำให้อาหารแข็ง CVP บริเวณรอบโคโลนีไม่ติดสีย้อมของ hexadecyltrimethyl ammonium bromide (Figure 1) เมื่อนำเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการสร้างเอนไซม์เพคติเนส เพื่อคัดเลือกเชื้อที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เพคติเนสสูง โดยคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสและโคโลนี พบว่า เชื้อ *L. squarrosulus* Mont. ผลิตเอนไซม์เพคติเนสได้ดีที่สุด เนื่องจากมีอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสต่อโคโลนีสูงที่สุด คือ 7.63 รองลงมาได้แก่ *L. polychrous* Lev., *N. crassa*, *R. oryzae*, *L. edodes* (Berk.) Sing. และ *Auricularia auricular-judae* (Bull.) J.Schröt. โดยมีอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสต่อโคโลนี เท่ากับ 6.75, 6.00, 5.75, 5.75 และ 5.44 ตามลำดับ (Table 1) ดังนั้นจึงเลือกเชื้อ *L. squarrosulus* Mont. ไปศึกษาประสิทธิภาพของเอนไซม์เพคติเนสเพื่อกำจัดเมือกในกระบวนการผลิตกาแฟกะลาในระดับห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์เพคติเนสสูงที่สุด นอกจากนั้นยังเป็นเชื้อเห็ดที่รับประทานได้ คือ เห็ดขอนขาว ทำให้มั่นใจได้ว่ามีความปลอดภัยต่อการนำไปใช้ในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์อาหาร พบได้ทั่วไปทางภาคเหนือ และสามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย

Table 1 Evaluation of pectinase production efficiency on CVP solid medium

Species	Ratio between diameter of clear zone and colonies
Neurospoda crassa	6.00
Rhizopus oryzae	5.57
Lentinus squarrosulus Mont.	7.63
Lentinus edodes (Berk.) Sing.	5.57
Lentinus polychrous Lev.	6.75
Auricularia auricular-judae (Bull.) J.Schröt.	5.44

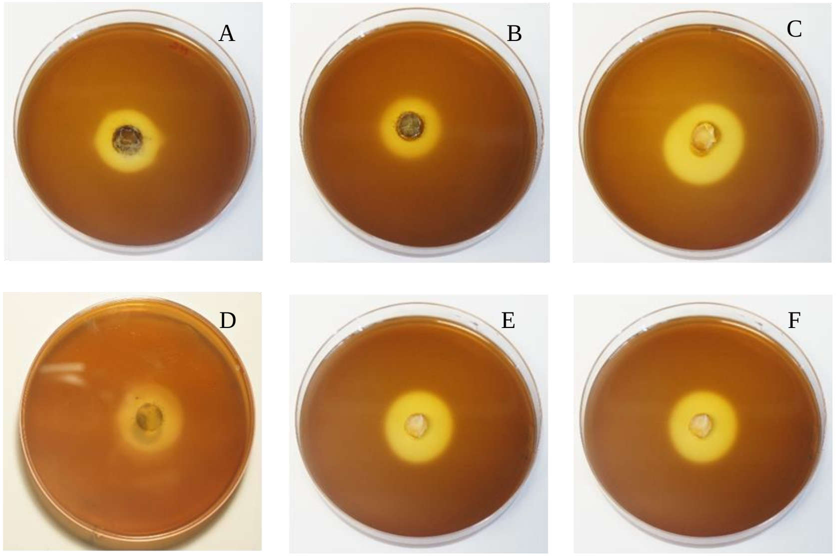


Figure 1 Evaluation of pectinase production efficiency on CPV solid medium by comparing the ratio between diameter of clear zone and colonies: A) *Neurospoda crassa* B) *Rhizopus oryzae* C) *Lentinus squarrosulus* Mont. D) *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. E) *Lentinus polychrous* Lev. and F) *Auricularia auricular-judae* (Bull.) J.Schröt.

การศึกษาประสิทธิภาพของเอนไซม์เพคติเนสที่ผลิตโดยเชื้อ *L. squarrosulus* Mont. เพื่อกำจัดเมือกในกระบวนการผลิตกาแฟกะลาในระดับห้องปฏิบัติการนั้น แบ่งออกเป็น 7 กรรมวิธี โดยแช่เมล็ดกาแฟที่ปอกเปลือกแล้วในสารละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ (1) น้ำกลั่น (2) 0.5% NaOH (3) 1.0% NaOH และ (4) สารละลายเอนไซม์ความเข้มข้นต่างๆ คือ 5% 10% และ 20% ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพคติเนส เท่ากับ 1.68, 3.37 และ 6.74 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดกาแฟที่ผ่านการย่อยเมือกแล้วส่วนหนึ่งมาวิเคราะห์ปริมาณเพคตินที่เหลืออยู่ติดเมล็ดกาแฟ ผลการวิเคราะห์แสดงดัง Table 2 ซึ่งพบว่าการแช่ด้วยน้ำเปล่ามีเพคตินหลงเหลืออยู่ติดเมล็ด 0.26±0.04 มิลลิกรัมต่อเมล็ดกาแฟ 100 กรัม ขณะที่การย่อยเมือกด้วยสารละลาย NaOH มีเพคตินหลงเหลืออยู่ที่เมล็ดประมาณ 0.05 – 0.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมเมล็ดกาแฟ และการย่อยด้วยสารละลายเอนไซม์เพคติเนสที่ผลิตจากเชื้อ *L. squarrosulus* Mont. มีเพคตินเหลืออยู่ประมาณ 0.1 มิลลิกรัมต่อเมล็ดกาแฟ 100 กรัม เมื่อนำเมล็ดกาแฟส่วนที่เหลือไปล้างด้วยน้ำตามแบบวิธีดั้งเดิม คือ ล้างด้วยน้ำสะอาดในตะกร้าตาถี่ โดยระหว่างล้างให้ขัดถูเมล็ดกาแฟกับตะกร้า เป็นเวลา 2 นาที พบว่าสีและผิวสัมผัสของเมล็ดกาแฟที่ย่อยด้วยสารละลาย NaOH และเอนไซม์เพคติเนส มีลักษณะใกล้เคียงกัน คือ มีสีขาวอมเหลือง/น้ำตาลอ่อน (Figure 2) และไม่ลื่นเมื่อสัมผัส อย่างไรก็ตาม การย่อยด้วยสารละลาย NaOH ทำให้เมล็ดกาแฟมีกลิ่นของสารละลาย NaOH และยังส่งผลให้เมล็ดกาแฟบางส่วนมีสีคล้ำขึ้นเมื่อแห้ง

Table 2 Pectin content after demucilaging coffee bean using different methods

Demucilaging method	Pectin content (milligram per 100 gram of coffee bean)
None	0.58±0.01
Water	0.26±0.04
0.5% NaOH	0.07±0.01
1% NaOH	0.05±0.01
5% enzyme	0.12±0.01
10% enzyme	0.12±0.02
20% enzyme	0.12±0.01

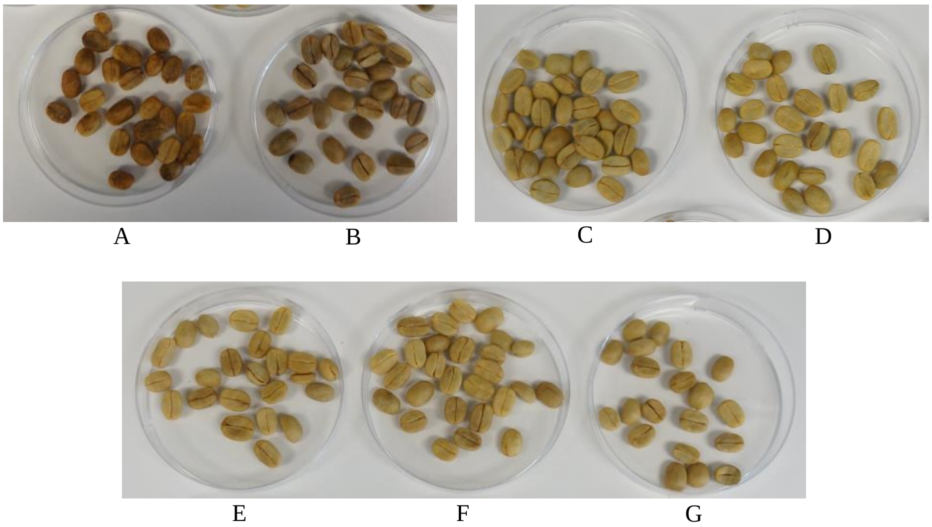


Figure 2 Color characteristics of coffee beans digested by different methods using: A) No digestion B) Water C) 0.5% NaOH D) 1% NaOH E) 5% pectinase F) 10% pectinase and G) 20% pectinase.

สรุปผล

การศึกษาวิจัยการพัฒนาระบบการกำจัดเมือกกาแฟแบบอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์ท้องถิ่น โดยทำการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่เพาะปลูกและผลิตกาแฟ คือ เปลือกกาแฟ ดิน และน้ำรอบๆ บริเวณที่ทำการผลิตกาแฟกะลา รวมทั้งตัวอย่างอื่นๆ ได้แก่ เห็ดชนิดต่างๆ ที่มีการเพาะเลี้ยงในพื้นที่ และตัวอย่างอาหารบางชนิดที่มีการใช้เชื้อจุลินทรีย์ในการผลิต พบว่า เชื้อ *L. squarrosulus* Mont. หรือ เชื้อเห็ดขอนขาว มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เพคติเนสสูงสุด จากผลการคำนวณอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสต่อโคโลนีเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ในการศึกษาครั้งนี้ เมื่อนำสารสกัดเอนไซม์มาทดสอบการย่อยเมือกกาแฟ พบว่า การย่อยเมือกกาแฟด้วยสารละลายเอนไซม์ที่เจือจางสารสกัดเอนไซม์ซึ่งผลิตจากเชื้อ *L. squarrosulus Mont.* ที่มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพคติเนสอย่างน้อย 1.68 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ส่งผลต่อการย่อยเมือกกาแฟใกล้เคียงกับการใช้สารละลายด่าง 0.1% ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่เกษตรกรเลือกใช้ ผลการศึกษานี้มีแนวโน้มและความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตกาแฟให้เข้าสู่แนวทางเกษตรอินทรีย์ โดยการใช้เอนไซม์จากจุลินทรีย์ท้องถิ่นทดแทนการใช้สารเคมีในการกำจัดเมือก เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่น ไม่ซับซ้อน เกษตรกรสามารถเรียนรู้และปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2562, ธุรกิจกาแฟ: บทวิเคราะห์ธุรกิจ [สืบค้น] https://www.dbd.go.th/download/document_file/Statisic/2562/T26/T26_201901 [30/ Oct /19].

National Global Organization, 2018, World Coffee Market and Trade: 2018/19 Forecast Overview [Online], Available: https://nationalcoffee.blog/2018/06/19/world-coffee-market-and-trade-2018-19-forecast-overview [October 30, 2019].

De Moura, F. A., Macagnan, F. T., Dos Santos, L. R., Bizzani, M., De Oliverira Petkovicz, C. L., De Silva, L.P., 2017, Characterization and Physicochemical Properties of Pectins Extracted from Agroindustrial By-Products, Journal of Food Science and Technology, 54(10): 3111-3117.

Murthy, P. S., and Naidu. M. M., 2011, Improvement of Robusta Coffee Fermentation with Microbial Enzymes, European Journal of Applied Sciences, 3(4): 130-139.

Schwan, R. F. and Fleet, G. H., 2015, Cocoa and Coffee Fermentations, Florida. CRC Press.

Venkata, E., Rajuand, N., Divakar, G., 2013, Production of Pectinase by Using *Bacillus circulans* Isolated from Dump Yards of Vegetable Wastes, International journal of Pharmaceutical Science and Research, 4(7): 2615-2622.

การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผักเศรษฐกิจในพื้นที่ตลาดสี่มุมเมือง จังหวัดปทุมธานี
Postharvest loss of Economy Vegetables at Simummuang Market, Pathumthani Province

ประกายดาว ยิ่งสง่า[1] ณัฐิฌา ตนะศุภผล[1] และ ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร[2]
Yingsanga, P.[1], Tanasupapol, N.[1] and Techavuthiporn, C.[2]

Abstract

Losses of fresh produce after harvest normally have been found through supply chains. The aim of this study was focus on postharvest losses of economic vegetables at whole sale market (Simummuang markets in Pathumthani province). Cabbage, Chinese cabbage, Morning glory, Chinese radish, Cucumber, Onion and Tomatoes were selected from at least 4 wholesale stores per produce. They sold 200-10,000 kg of fresh produce per days. This observation had shown that a major loss of cabbage was weight loss owing to trimming (13.87%) and mechanical damaged. The loss from infection was more pronounced in tomatoes (3.08%). However, the postharvest losses in fresh produce depend on various factors such as weather, season and the practice in field, postharvest handling until to customers.
Keywords: Postharvest loss, Supply chain, Wholesale market

บทคัดย่อ

การสูญเสียผลิตผลทางการเกษตรในห่วงโซ่อุปาทานมักเกิดขึ้นได้เสมอ การศึกษาในครั้งนี้จึงวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสูญเสียผักเศรษฐกิจหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดขึ้นในตลาดค้าส่ง (ตลาดสี่มุมเมือง) จังหวัดปทุมธานี พืชเศรษฐกิจที่เลือกมาศึกษาประกอบด้วย กะหล่ำปลี ผักกาดขาว ผักบุ้ง หัวไชเท้า แตงกวา หอมหัวใหญ่ และมะเขือเทศ โดยโดยสำรวจจากร้านค้าขายส่งชนิดละไม่ต่ำกว่าจำนวน 4 ร้าน จากการสำรวจพบว่าร้านค้ารับผลิตผลมาจำหน่ายปริมาณตั้งแต่ 200-10,000 กิโลกรัม กะหล่ำปลีเป็นผักที่มีการสูญเสียน้ำหนักจากการตัดแต่งใบ (ร้อยละ 13.87) และเกิดการสูญเสียทางกลคือเกิดรอยช้ำหรือใบเกิดการฉีกขาดมากที่สุด ผักที่เกิดการสูญเสียจากโรคมากที่สุด คือ มะเขือเทศ (ร้อยละ 3.08) ลักษณะการสูญเสียผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ฤดูกาล และการปฏิบัติตั้งแต่ในแปลงปลูกจนกระทั่งถึงผู้บริโภค
คำสำคัญ: การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว, ห่วงโซ่อุปาทาน, ตลาดขายส่ง

คำนำ

การศึกษาวิจัยทางการเกษตรมีเป้าหมายหลักในการวิจัย พัฒนา และกำหนดนโยบายเพื่อให้สามารถผลิตอาหารได้เพียงพอต่อประชากรโลกที่คาดว่าจะมีจำนวนมากกว่า 9.1 พันล้านคนในปี ค.ศ. 2050 (Parfitt และคณะ, 2010) FAO-World Bank (2010) และ Prusky (2011) รายงานว่ามีการสูญเสียและ/หรือทิ้งอาหารไปประมาณ 1 ใน 3 บางครั้งสูงถึงร้อยละ 40 จากปริมาณอาหารทั้งหมด หรือประมาณ 1.3 พันล้านตันต่อปี ซึ่งการสูญเสียส่วนใหญ่เกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว (World Bank, 2011; Macheka และคณะ, 2017) การลดการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญและจำเป็นสำหรับความมั่นคงทางอาหาร (Food security) ของโลก (Affognon และคณะ, 2015) การสูญเสียผลิตผลทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวในปริมาณสูงมักเกิดจาก (1)ระบบการควบคุมคุณภาพในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางหรือที่เรียกว่าโลจิสติกไม่เหมาะสม (2)การคาดการณ์ความต้องการของผู้บริโภคผิด (3)การจัดการสินค้าคงคลังที่ไม่มีประสิทธิภาพ (Kaipia และคณะ, 2013) และ (4)ขาดการประสานงานที่ดีในระบบห่วงโซ่อุปาทาน (Gustavsson และคณะ, 2011)

การจัดการที่ดีของโลจิสติกและระบบห่วงโซ่อุปาทานช่วยชะลอการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลสด โดยเฉพาะผักสดที่มักมีการเสื่อมสภาพไปอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว (Macheka และคณะ, 2017) ดังนั้นหากเราทราบถึงการสูญเสียของผลิตผลสดแต่ละชนิดจะทำให้สามารถป้องกันการสูญเสียที่เกิดขึ้นได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสูญเสียผักเศรษฐกิจ

1
[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร บางเขน กรุงเทพฯ 10220
[2] Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok 10220
ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
2 Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

หลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดขึ้นในตลาดค้าส่ง (ตลาดสี่มุมเมือง) จังหวัดปทุมธานี โดยพืชเศรษฐกิจที่เลือกมาศึกษาประกอบด้วย กะหล่ำปลี ผักกาดขาว ผักบุ้ง หัวไชเท้า แตงกวา หอมหัวใหญ่ และมะเขือเทศ และทำการสำรวจจากร้านค้าขายส่งชนิดละไม่ต่ำกว่า 4 ร้านค้า

อุปกรณ์และวิธีการ*

การวิจัยเรื่องการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผักเศรษฐกิจในพื้นที่ตลาดสี่มุมเมือง อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยใช้แบบสัมภาษณ์ (Interviewing Schedule) ประยุกต์จาก สุวิมล (2550) ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยคำถามแบบปลายเปิด (Open-ended Question) และแบบปลายปิด (Closed Question) จำนวน 7 ข้อ (ปลายเปิด 1 ข้อ และปลายปิด 6 ข้อ) โโดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ค้าร้านขายผักในเขตพื้นที่ตลาดสี่มุมเมือง อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี จำนวน 30 ร้านค้า โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เก็บข้อมูลระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม 2560 สำหรับการประมวลประมวลการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งจากแหล่งผลิตมายังตลาดค้าส่ง ประยุกต์จาก Affognon และคณะ (2015) ทำโดยการสำรวจปริมาณที่รับสินค้าในแต่ละวัน และลักษณะการสูญเสียที่เกิดขึ้นในผักแต่ละชนิด แล้วทำการวิเคราะห์โดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

ลักษณะการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผักเศรษฐกิจเป็นสิ่งสำคัญในการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบห่วงโซ่อุปาทาน ผลการสำรวจพบว่ามะเขือเทศและหอมหัวใหญ่เป็นผลิตผลที่ร้านค้ารับมาจำหน่ายจำนวนมากที่สด เท่ากับ 10,000 กิโลกรัม ส่วนหัวไชเท้าเป็นผลิตผลที่ร้านค้ารับมาจำหน่ายน้อยที่สุด (200 กิโลกรัม) (TableTable 1) การสูญเสียน้ำหนักและการเกิดโรคพบในผักเศรษฐกิจทุกชนิดที่ทำการสำรวจ โดยมะเขือเทศเป็นผักที่มีการเกิดโรคมากที่สุดเท่ากับ 3.67±1.51 ตามลำดับ (TableTable 2) เนื่องจากผักสดเป็นผลิตผลที่มีการเน่าเสียได้ง่ายกว่าอาหารชนิดอื่น ๆ มีน้ำเป็นองค์ประกอบสูง (ประมาณร้อยละ 70-95) มีอัตราการหายใจสูง มีผิวที่บอบบาง บอบช้ำได้ง่าย จึงทำให้เชื้อโรคสามารถเข้าทำลายและเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และปริมาณน้ำที่เป็นองค์ประกอบสูงภายในผลิตผลจึงมีผลให้น้ำภายในผลิตผลเคลื่อนที่ออกสู่บรรยากาศภายนอกได้ง่ายจึงทำให้มีอัตราการสูญเสียน้ำสูงตามไปด้วย (Johnson และคณะ, 2019; Usall และคณะ, 2016 และ Gustavsson และคณะ, 2011) กะหล่ำปลีเป็นผักที่มีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวมากที่สุด โดยเกิดการสูญเสียจากการตัดแต่งมากที่สุด (13.87±2.47) ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักสูงไปด้วย (17.12±1.18) รวมทั้งการสูญเสียที่เกิดจากขนาดของผลิตผลที่ไม่ได้มาตรฐาน (5.40±3.27) และการสูญเสียทางกล (4.53±6.22) กะหล่ำปลีเป็นพืชที่ปลูกในเขตหนาว Maynard และ Hochmuth (1997) รายงานว่าที่อุณหภูมิ 16-18 °C เป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญเติบโต หากปลูกในอุณหภูมิที่สูงกว่า 21 °C อาจทำให้เกิดการเจริญเติบโตช้า มีอาการผิดปกติ และผลิตผลมีคุณภาพต่ำ (Osher และคณะ, 2018) ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่จัดอยู่ในเขตร้อนชื้น จึงส่งผลให้มีผลิตผลที่ขนาดไม่ได้มาตรฐานสูงกว่าผักชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้กะหล่ำปลียังเป็นผักที่มีลักษณะเฉพาะของใบที่เรียงซ้อนกันทำให้เกษตรกรมักตัดใบด้านนอกติดมาจากแปลงปลูกด้วยเพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง ผู้ขายจึงต้องนำมาตัดแต่งเอาใบด้านนอกออกมีผลให้กะหล่ำปลีเกิดการสูญเสียจากการตัดแต่งมากที่สุด (จริงแท้, 2546)

การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้สดในห่วงโซ่อุปาทานเป็นปัจจัยหลักที่ควรคำนึง เพื่อให้ได้ผักและผลไม้สดที่มีคุณภาพ ในทวีปอเมริกาเหนือพบว่ามีการสูญเสียผักและผลไม้สดภายในห่วงโซ่อุปาทานสูงถึงร้อยละ 50-60 เมื่อเทียบกับอาหารชนิดอื่น ๆ เช่น เนื้อ ผลิตภัณฑ์จากนม และธัญพืชต่าง ๆ (ร้อยละ 20-25, 20 และ 35 ตามลำดับ) (Gustavsson และคณะ, 2011) ในประเทศที่กำลังพัฒนาปัญหาหลักเกิดจากโครงสร้างพื้นฐานในระบบสาธารณูปโภค รวมไปถึงความไม่พร้อมในกระบวนการขนส่ง การรับผลิตผล ผู้บริโภคและผู้ขายที่ไม่เข้าใจการปฏิบัติต่อผลิตผลสดแต่ละชนิด และการไม่เก็บรักษาผลิตผลในห้องเย็น ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้เกิดการสูญเสียเกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปาทานสูงตามไปด้วย (Santos และคณะ, 2020)

สรุปผล

การสูญเสียผักสดเศรษฐกิจในห่วงโซ่อุปทานสูงถึงเกือบร้อยละ 20 โดยกะหล่ำปลีเป็นผักที่เกิดการสูญเสียมากที่สุด ในขณะที่แตงกวาสูญเสียน้อยที่สุด ผักทุกชนิดมีการสูญเสียน้ำหนักและการเกิดโรคเกิดขึ้น ผักสดประเภทรับประทานใบมีการสูญเสียที่เกิดจากการตัดแต่ง ในขณะที่ผักสดประเภทรับประทานผล หัว และรากไม่มีการสูญเสียในลักษณะดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2546, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ, 396 หน้า

สุวิมล ติรกานันต์, 2550, การสร้างเครื่องมือวัดตัวแปรในการวิจัยทางสังคมศาสตร์: แนวทางสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 328 หน้า

Affognon, H., Mutungi, C., Sanginga, P. and Borgemeister, C., 2015, Unpacking Postharvest Losses in Sub-Saharan Africa: A Meta-analysis, World Development, 66: 49-68.

FAO-World Bank, 2010, Reducing Postharvest Losses in Grain Supply Chains in Africa, Report of FAO-World Bank workshop held from 18-19th March, 2010 in Rome, Italy. 120 p.

Gustavsson, J., Cederberf, C., Sonesson, U. and Van Otterdijk, R., 2011, Global Food Losses and Food Waste, Rome, Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). 29 p.

Johnson, L.K., Bloom, J.D., Dunning, R.D., Gunter, C.C., Boyette, M.D. and Creamer, N.G., 2019, Farmer Harvest Decisions and Vegetable Loss in Primary Production, Agricultural Systems, 176: 1-11.

Kaipia, R., Loikkanen, L. and Dukovska-Popovska, I., 2013, Creating Sustainable Fresh Food Supply Chains Through Waste Reduction, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 43(3): 262-276.

Macheka, L., Spelt, E., Van Der Vorst, J.G.A.J. and Luning, P.A., 2017, Exploration of Logistics and Quality Control Activities in View of Context Characteristics and Postharvest Losses in Fresh Produce Chains: A case study for tomatoes, Food Control, 77: 221-234.

Osher, Y., Chalupowicz, D., Maurer, D., Ovadia-Sadeh, A., Lurie, S., Fallik, E. and Kenigsbuch, D., 2018, Summer Storage of Cabbage, Postharvest Biology and Technology, 145: 144-150.

Parfitt, J., Barthel, M. and Macnaughton, S., 2010. Food Waste within Food Supply Chains: Qualitification and Potential for Change to 2050, Philosophical Transactions of the Royal Society B, 365(1554), 3065-3081.

Prusky, D., 2011, Reduction of the Incidence of Postharvest Quality Losses, and Future Prospects, Food Security, 3(4): 463-474.

Santos, S.F., Cardoso, R.C.V., Borges, Í.M.P., Almeida, A.C., Andrade, E.S., Ferreira, I.O. and Ramos, L.C., 2020, Post-harvest Losses of Fruits and Vegetables in Supply Centers in Salvador, Brazil: Analysis of determinants, volumes and reduction strategies, Waste Management, 101: 161-170.

Usall, J., Ippolito, A., Sisquella, M. and Neri, F., 2016, Physical Treatments to Control Postharvest Diseases of Fresh Fruits and Vegetables, Postharvest Biology and Technology, 122: 30-40.

World Bank, 2011, Missing food: The Case of Postharvest Grain Losses in Sub-Saharan Africa, Washington, DC: The World Bank, 116 p.

Table 1. Losses of economy vegetable at Simummuang Market, Pathumthani Province.

Name	No. of wholesale shop	Weight received amount/day/ shop (kg)	Weight of trimming (Kg)	Loss from disease (Kg)	Size out of range (Kg)	Mechanical damage (Kg)	Weight loss (Kg)
Cabbage	5	800-5,000	80-800	0-100	0-400	0-600	130-850
Chinese cabbage	4	600-4,000	0-200	0-120	0-120	-	0-150
Morning glory	4	250-4,400	0-20	0-2	0-500	0-250	0-50
Cucumber	4	600-2,000	-	0-32	-	0-40	0-20
Tomatoes	5	5,000-10,000	-	0-5	0-500	50-700	200-700
Chinese radish	4	200-300	-	0-10	0-2	0-1	0-15
Onion	4	500-10,000	-	0-1,000	0-30	0-100	0-100

Table 2. Percentage of economy vegetable Losses at Simummuang Market, Pathumthani Province.

Name	Weight of trimming	Loss from disease	Size out of range	Mechanical damage	Weight loss
Cabbage	10.00-16.00	0.00-2.50	0.00-8.00	0.00-12.00	16.00-19.00
	13.87±2.47	1.10±1.14	5.40±3.27	4.53±6.22	17.12±1.18
Chinese cabbage	0.00-16.00	0.00-3.00	0.00-8.00	-	0.00-19.00
	7.33±8.54	0.75±1.50	3.50±4.12	-	10.02±9.55
Morning glory	0.00-4.55	0.00-0.20	0.00-11.36	0.00-4.55	0.00-3.50
	2.64±2.07	0.08±0.10	4.84±5.76	2.64±2.07	1.58±1.84
Cucumber	-	0.00-4.00	-	0.00-2.00	0.00-2.50
	-	1.46±1.75	-	1.00±1.15	0.79±1.16
Tomatoes	-	1.00-5.00	0.00-5.00	2.50-7.00	3.33-7.00
	-	3.67±1.51	1.75±2.09	3.08±2.38	5.56±1.67
Chinese radish	-	0.00-4.00	0.00-1.00	0.00-0.40	0.00-6.00
	-	2.60±1.89	0.65±0.44	0.26±0.19	2.75±2.75
Onion	-	0.00-10.00	0.00-1.50	0.00-5.00	0.00-5.00
	-	2.88±4.77	0.40±0.73	1.25±2.50	1.75±2.36

Note: non-highlight; min-max value, highlight; means value

ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดัดแปร ด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูง

The Content of Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities in Modified Riceberry flour by Annealing

พิชิตชัย พจนเลขา[1] โศรยา แสนเมือง[1] สุพัตรา โพธิเศษ[1*] และ อรัญญา พรหมกูล[2]

Podjanalekha, P.[1], Saenmuang, S.[1], Phothiset S.[1*] and Prommakool, A.[2]

Abstract*

Annealing has two factors to destroy bioactive compounds, that is water and heating. So, this research was studied the influence of annealing on bioactive compounds and antioxidant capacities in Riceberry flour. Riceberry flour was modified at 55°C for different times (16 and 20 hours). Modified Riceberry flours were determined total phenolic compounds, total flavonoids and antioxidant capacities with FRAP and ABTS. The annealed flours present an increasing of total flavonoids and lead to an increasing of antioxidant capacities by ABTS.

Keywords: Annealing, Riceberry rice, Bioactive compounds, Antioxidant capacities

บทคัดย่อ**

การดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูงนั้นมีปัจจัยให้เกิดความเสื่อมสลายของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ คือ น้ำ และความร้อน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการดัดแปรต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยนำแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มาดัดแปรที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาที่ต่างกัน (16 และ 20 ชั่วโมง) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ ABTS จากการศึกษาพบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS มีค่าสูงขึ้นในแป้งดัดแปร

คำสำคัญ: การดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ในปัจจุบันโลกนั้นเต็มไปด้วยมลพิษ มลภาวะต่าง ๆ มากมาย รวมทั้งการใช้ชีวิตที่เร่งรีบ ปัจจัยเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้สุขภาพมนุษย์เราเสื่อมโทรมลง เพื่อรักษาสุขภาพให้แข็งแรงผู้บริโภคจึงเริ่มใส่ใจในการออกกำลังกายและเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์เพิ่มมากขึ้น โดยในปัจจุบันจะเห็นได้ว่ามีผลิตภัณฑ์เสริมสารอาหารต่าง ๆ มากมาย เช่น นม UHT เสริมเวย์โปรตีน ลูกอมเสริมวิตามินซี เครื่องดื่มเสริมพรีไบโอติก และเครื่องดื่มเสริมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งในปัจจุบันนี้เทรนด์ของอาหารทางเลือกกำลังเป็นที่นิยมอย่างมาก โดยวัตถุดิบที่กำลังได้รับความนิยมเพื่อผลิตอาหารทางเลือกก็คือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อุดมไปด้วยสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งสามารถเห็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากข้าวไรซ์เบอร์รี่อย่างมากมายในท้องตลาด เช่น ขนมอาลัว (นวพร และคณะ, 2562), เส้นบะหมี่ (Sirichokworrakit และคณะ, 2015), ขนมปังข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Thiranusornkij และคณะ, 2019) และวุ้นกะทิน้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ (นรินทร์ภพ, 2561) เป็นต้น เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้สามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายจึงได้มีการดัดแปรแป้งดังกล่าวขึ้น (พิชิตชัย และคณะ, 2561) โดยในการศึกษานี้เลือกใช้การดัดแปรทางกายภาพด้วยวิธีการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูง (annealing; ANN) ซึ่งเป็นการดัดแปรในน้ำที่มีปริมาณมากเกินพอในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิในการเกิดกลาสทรานซิชั่นแต่ต่ำกว่าอุณหภูมิเริ่มการเกิดเจลาติไนซ์ เป็นที่แน่นอนว่าความร้อนและน้ำเป็นตัวเร่งในการเสื่อมสลายของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูงต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร,* Corresponding author: csnstp@ku.ac.th

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiate Sakhonnakorn Province Campus

อุปกรณ์และวิธีการ*

นำข้าวไรซ์เบอร์รี่จากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีที่ทำการสีเปลือกแล้ว มาโม่แห้งด้วยเครื่องบดละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุใส่ถุงพลาสติก (Nylon/LLDPE) และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 50 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 450 กรัม จากนั้นนำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 และ 20 ชั่วโมง แล้วนำแป้งที่ได้มาทำการหมุนเหวี่ยงที่แรง 1000*g* เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง นำมาบดด้วยโกร่งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh อีกครั้ง การสกัดแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Ratthanatham และคณะ, 2013) แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 3 กรัม ผสมกับ Ethanol 80% ปริมาตร 30 มิลลิลิตร จากนั้นไปเขย่าด้วยแรง 180 rpm ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ในอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และบันทึกปริมาตรสุดท้ายที่ได้ การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Srimoon และคณะ, 2014) นำสารสกัดแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองและเติมสารละลาย 10% (v/v) Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเติมสารละลาย 7.5% (w/v) Sodium carbonate 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและเก็บไว้ในที่มืดเป็นระยะเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Zhishen และคณะ, 1999) นำสารสกัดแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย 5% (w/v) Sodium nitrite ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเติมสารละลาย 0.3 โมลาร์ Aluminum chloride 0.15 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 นาที หลังจากนั้นเติม 1 โมลาร์ Sodium hydroxide 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 1.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (Ferric reducing antioxidant power, FRAP) (Somvong และคณะ, 2012) สารละลาย 300 มิลลิโมลาร์ Sodium acetate buffer pH 3.6, 10 มิลลิโมลาร์ 2, 4, 6-Tris (2-pyridyl)-1, 3, 5-triazine และ 20 มิลลิโมลาร์ Ferric chloride ถูกนำมาสผมกันในอัตราส่วน 10:1:1 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารสกัดแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ลงไปและนำไปบ่มในควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำสารผสมที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS (2, 2-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonicacid radical scavenging activity) (พัชราภรณ์ และคณะ, 2556) ผสมสารสกัดแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 1 มิลลิลิตร กับสารละลาย 14 มิลลิโมลาร์ ABTS ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วเก็บไว้ในที่มืด ณ อุณหภูมิห้องนาน 6 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร การทดลองทั้งหมดถูกจัดทำขึ้น 3 ซ้ำ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ข้อมูลที่ได้ผ่านการวัดค่าทั้งหมด 3 ครั้ง และถูกนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมัน 95% ($P < 0.05$) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยผลการทดลองจะแสดงอยู่ในรูปของค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาการดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูงต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่าการดัดแปรส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งดั้งเดิม แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการดัดแปรจาก 16 เป็น 20 ชั่วโมงนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การลดลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดัดแปร เนื่องจากความร้อนส่งผลให้เกิดการเสื่อมสลายของสารประกอบฟีนอลิก (พัชรี และ สกุลกานต์, 2558) สอดคล้องกับผลการศึกษาเส้นขนมจีนอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 80 องศาเซลเซียส ที่แสดงการลดลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป โดยความร้อนในกระบวนการทำแห้งนั้นส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกถูกทำลาย (จิราภรณ์ และคณะ, 2557) สำหรับการเพิ่มระยะเวลาในการดัดแปรจาก 16 เป็น 20 ชั่วโมง ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดนั้น เนื่องจากการให้ความร้อนในการดัดแปรส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกที่ไม่ทนต่อความร้อนถูกทำลายในช่วงต้นของการดัดแปร เมื่อทิ้งระยะเวลาการดัดแปรนานขึ้นจึงไม่เกิดการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกอีก สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดพบว่าหลังการดัดแปรแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณฟลาโวนอยทั้งหมดเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มระยะเวลาดัดแปรปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในแป้งดัดแปรเนื่องด้วยสารประกอบฟลาโวนอยด์ในข้าวนั้นประกอบด้วย ฟลาวาโนน แอนโธไซยานิน ฟลาโวนอน และฟลาโวนที่เป็นกลุ่มฟลาโวนอยด์หลักในข้าว (Dong และคณะ, 2014) ซึ่งแอนโธไซยานิน ฟลาโวนอน และฟลาโวน เป็นกลุ่มที่สามารถละลายน้ำได้ อมราวดี (2558) กล่าวว่าน้ำเป็นสารที่มีขั้วมากที่สุด ส่งผลให้เมื่อสกัดฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยน้ำพร้อมทั้งการสั่นจะให้ผลดี เป็นไปได้ว่าในขณะดัดแปรสารประกอบฟลาโวนอยด์ละลาย

ออกมาและแขวนลอยอยู่ในน้ำ เมื่อนำไปหมุนเหวี่ยงจึงทำให้ตกลงมารวมกับแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้านล่างและเมื่อนำไปอบไล่ความชื้นทำให้สารประกอบฟลาโวนอยด์เกาะอยู่ที่ผิวรอบนอกของเม็ดแป้ง นำไปสู่การสกัดที่ง่ายขึ้นจึงส่งผลให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น สำหรับการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการดัดแปรเนื่องจากการการละลายของสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่ยาวนานขึ้น นอกจากนี้การแช่เม็ดแป้งเป็นเวลานานอาจช่วยลดความหนาแน่นของโครงสร้างสารประกอบฟลาโวนอยด์อย่างเช่น ฟลาวาโนน แล้วส่งเสริมการละลายตัวของกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีขั้วได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อสกัดด้วย Ethanol 80% อีกครั้ง และเป็นไปได้ว่าการดัดแปรที่ระยะเวลานานเกิดกระบวนการหมักซึ่งเอนไซม์และจุลินทรีย์เข้าไปทำการย่อยน้ำตาลและสายโพลีแซ็คคาไรด์ส่งผลให้เกิดการทำลายพันธะระหว่างสารประกอบฟลาโวนอยด์กับโครงสร้างของผนังเซลล์ส่งผลไปสู่การปลอดปล่อยสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่ละลายได้ออกมา (Wang และคณะ, 2018)

Table 1 Content of total phenolic, total flavonoid compound and antioxidant capacities of Riceberry Flour

Sample	TPC (mg GAE/g DW)	TFC (mg CE/g DW)	FRAP (mg $FeSO_4$/g DW)	ABTS (mg Trolox/ g DW)
Native	215.01 ± 8.95[a]	66.67 ± 3.25[c]	495.91 ± 7.85[b]	99.19 ± 6.24[b]
ANN16	166.37 ± 12.28[b]	130.40 ± 4.51[b]	432.09 ± 25.12[c]	96.58 ± 8.82[b]
ANN20	167.51 ± 10.20[b]	134.43 ± 4.62[a]	641.04 ± 31.95[a]	116.12 ± 11.46[a]

Note: ANN16 means annealing for 16 hours, ANN20 means annealing for 20 hours, TPC means total phenolic compound, TFC means total flavonoid compound, GAE means gallic acid equivalents, CE means catechin equivalents and DW means dry weight.

การศึกษาฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นด้วยวิธี FRAP ซึ่งเป็นการรีดิวซ์หรือให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระของไอออนของโลหะพบว่าการดัดแปรที่ระยะเวลา 16 ชั่วโมง ส่งผลให้ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดั้งเดิม แต่ในการดัดแปรที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมงกลับแสดงความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากรงควัตถุที่เป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเกิดการเสื่อมสลายระหว่างการดัดแปร ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (**Table 1**) และสอดคล้องกับการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำฟักข้าว พบว่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารอนุมูลอิสระลดลงเมื่อมีการใช้อุณหภูมิสูงขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ เป็นผลให้เกิดการสูญเสียสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญไป (ปราลี และคณะ, 2556) สำหรับความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกที่เพิ่มขึ้นในแป้งดัดแปรที่เวลา 20 ชั่วโมง เนื่องจากการใช้ระยะเวลาที่ยาวนานและมีน้ำอยู่ในระบบปริมาณส่งผลให้สารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นโครงสร้างซับซ้อนเกิดการคลายตัวและกลายเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนและง่ายต่อการละลายทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่มีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาการดัดแปรที่นานขึ้น (**Table 1**) ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ซึ่งเป็นการยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวโดยการให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระ พบว่าการดัดแปรที่ระยะเวลา 16 ชั่วโมง มีความสามารถในการยับยั้งไม่แตกต่างจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดั้งเดิม แต่การดัดแปรที่ระยะเวลา 20 ชั่วโมง มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ ABTS ได้สูงที่สุด การเพิ่มขึ้นของความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ ABTS สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่ระยะเวลาการดัดแปรที่ 20 ชั่วโมง เนื่องด้วยความร้อนทำให้มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถละลายได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการดัดแปรนานขึ้น ซึ่งเป็นผลเช่นเดียวกับผลการศึกษาการใช้ความดันสูงเพื่อสกัดสารประกอบฟีนอลิกในเปลือกส้ม ซึ่งแสดงความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูอิสระ ABTS ที่สูงขึ้นเมื่อมีการใช้ความดันสูงในการสกัด เป็นเพราะโครงสร้างที่ซับซ้อนของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพถูกทำลายส่งผลให้สามารถออกมาจับกับอนุมูลอิสระได้มากขึ้น (M’hiri และคณะ, 2015)

สรุปผล

ผลของการดัดแปรด้วยการให้ความร้อนต่ำความชื้นสูงต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระแสดงให้เห็นถึงการลดลงอย่างไม่แตกต่างกันของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในแป้งดัดแปร แต่ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดกลับมีค่าสูงขึ้นและการใช้ระยะเวลาในการดัดแปรที่นานขึ้นนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟลาโวนอยด์ ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารอนุมูลอิสระที่การดัดแปร 20 ชั่วโมง มีฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระสูงสุด ส่วนความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS พบว่า การดัดแปรที่ 16 ชั่วโมงมีผลไม่แตกต่างจากแป้งดั้งเดิม แต่การดัดแปรที่ 20 ชั่วโมง แสดงฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระสูงสุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

เอกสารอ้างอิง

จิราภรณ์ กระแสเทพ, มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย และ มัณฑนา นครเรียบ, 2557, สารกาบ้า สารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าว, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, ฉบับพิเศษ: 88-96.

นวพร หงส์พันธุ์ กีรติ เงินสมบัติ และอินทุพร รัตนพิบูลย์, 2562, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 24(2): 782-294.

นรินทร์ภพ ช่วยการ, 2561, การเตรียมน้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์วุ้นกะทิ, วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 14(1): 63-75.

ปราลี พรายชื่น, ปวีณวรรณ พรายชื่น และ สิริพร พงศ์ทองผาสุก, 2556, ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำฟักข้าว, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 18(2): 90-96.

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

พัชรี สิริตระกูลศักดิ์ และ สกุลกานต์ สิมลา, 2558, ผลของกรรมวิธีการประกอบอาหารต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระใน ดอกชมจันทร์, แก่นเกษตร, 43(1): 875-880.

พิชิตชัย พจนเลขา, โศรยา แสนเมือง และ สุพัตรา โพธิเศษ, 2561, ผลของอุณหภูมิต่อสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ดัดแปรด้วยวิธีการให้ความร้อนชื้น, แก่นนเกษตร, 46(1) : 212-217.

อมราวดี รัตนมา, 2558, การสกัดและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากชากฤษณา, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 98 หน้า.

Dong, X., Chen, W., Wang, W., Zhang, H., Liu, X. and Luo, J., 2014, Comprehensive Profiling and Natural Variationof Flavonoids in Rice, Journal of Integrative Plant Biology, 56(9): 876–886.

M'hiri, N., Ioannou, I., Boudhrioua, N.M. and Ghoul, M., 2015, Effect of Different Operating Conditions on the Extraction of Phenolic Compounds in Orange Peel, Food and Bioproducts Processing, 96: 161–170.

Sirichokworrakita, S., Phetkhuta, J. and Khommoona, A., 2015, Effect of Partial Substitution of Wheat Flour with Riceberry Flour on Quality of Noodle, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 197: 1006 – 1012.

Somvong, K. and Prasitpuriprecha, C., 2012, Antioxidant and Melanogenesis Stimulating Activities of Some Thai Traditional Medicinal Plant Extracts for Grey Hair Treatment, Proc. of The 4th Annual Northeast Pharmacy Research Conference of 2012, February 11-12, 2012, Khon Kaen, Thailand. p. 125-134.

Srimoon, R. and Tachai, S., 2014, Total Phenolic Compounds and Free Radicals Scavenging Content in Processing Fruit Juice, Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal, 7: 24-30.

Thiranusornkij, L., Thamnarathip, P., Chandrachai, A., Kuakpetoon, D. and Adisakwattana S., 2019, Comparative Studies on Physicochemical Properties, Starch Hydrolysis, Predicted Glycemic Index of Hom Mali Rice and Riceberry Rice Flour and Their Applications in Bread, Food Chemistry, 283: 224-231.

Wang, L., Luo, Y., Wu, Y., Liu, Y. and Wu, Z., 2018, Fermentation and Complex Enzyme Hydrolysis for Improving the Total Soluble Phenolic Contents, Flavonoid Aglycones Contents and Bio-activities of Guava Leaves Tea, Food Chemistry, 264: 189–198.

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

ผลของความเข้มข้นของจิบเบอเรลลินต่อการติดผลและพัฒนาผลของมะเขือเทศสายพันธุ์บิจิน
Effect of Gibberellic Acid Concentration on Fruit set and Development of Tomato cv. Bijin

กฤษณา บุญศิริ[1] และ เกวลี เงินโม้[1]
Boonsiri, K.[1] and Ngemmoh, K.[1]

Abstract

The study of effect of gibberellic acid (GA_3) concentrations on fruit set and development of tomato cv. Bijin was conducted, which it experiment design was RCBD with 4 treatments of foliar spraying of GA_3 at 20, 30, 40 mg/l, and without GA_3 as control. The results showed that GA_3 at 40 mg/l increased the highest length of the 1st, 4th and 5th inflorescence clusters and GA_3 at 30 and 40 mg/l decreased the greatest flowering fall. Although all concentrations of foliar GA_3 did not have effect on fruit set or number of fruit per cluster of the first to fifth clusters, weight of fruit per cluster and total soluble solids of the fruit, results showed that GA_3 at 40 mg/l could reduce tomato fruit size.

Keywords: GA, Fruit set, Tomato

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความเข้มข้นของจิบเบอเรลลินต่อการติดผลและพัฒนาผลของมะเขือเทศ สายพันธุ์บิจิน โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง โดยให้สารจิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 20, 30 และ 40 mg/l และไม่ให้สารเป็นสิ่งทดลองควบคุม ผลการทดลองพบว่า สารจิบเบอเรลลินความเข้มข้น 40 mg/l เพิ่มความยาวช่อผลมากที่สุดในช่อที่ 1, 4 และ 5 และจิบเบอเรลลินความเข้มข้น 30 และ 40 mg/l มีผลให้ลดการร่วงของดอกมากที่สุด ถึงแม้ว่า การทดลองแสดงให้เห็นว่า ระดับความเข้มข้นของจิบเบอเรลลินไม่มีผลเพิ่มจำนวนการติดผลหรือจำนวนผลต่อช่อในช่อที่ 1-5 น้ำหนักผลต่อช่อ และปริมาณของของแข็งละลายน้ำได้ของมะเขือเทศ แต่ขนาดผลนั้นพบว่า ผลที่ได้รับจิบเบอเรลลินความเข้มข้น 40 mg/l มีขนาดผลลดลง

คำสำคัญ: จิบเบอเรลลิน การติดผล มะเขือเทศ

คำนำ

มะเขือเทศเป็นผักที่มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์โดยเฉพาะสารไลโคปีน ซึ่งมีคุณสมบัติต้านการเกิดอนุมูลอิสระ และยังมีวิตามินเอ อี และซี ซึ่งช่วยต้านอนุมูลอิสระและป้องกันโรคสมองเสื่อม ทำให้มีความนิยมในการรับประทานมะเขือเทศในรูปของผักสดมาก มะเขือเทศพันธุ์บิจิน เป็นมะเขือเทศผลเล็ก รูปร่างกลม รสหวาน เหมาะสำหรับรับประทานสด (นิรนาม, 2562) การติดผลและการพัฒนาผลเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การปลูกมะเขือเทศได้ผลผลิตสูง ดอกมะเขือเทศเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ทำให้การผสมเกสรเป็นแบบผสมตัวเอง ประมาณร้อยละ 98 แต่ในสภาพอุณหภูมิสูงมักทำให้ก้านเกสรเพศเมียเจริญสูงกว่า-อับเรณู- จึงทำให้อัตราการผสมเกสรต่ำ (สิริกุล และคณะ, 2555) ประกอบกับสภาพแวดล้อมมีผลต่อการติดและพัฒนาผลมะเขือเทศ ตามปกติต้นมะเขือเทศสามารถออกดอกได้ดีในสภาพอุณหภูมิสูงกว่า 15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิระหว่าง 16 -17 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับการผสมเกสรและควรมีอุณหภูมิต่ำในระดับนี้นานต่อเนื่องตลอดระยะการผสมเกสร (จานุลักษณ์, 2535) ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมสำหรับการถ่ายละอองเกสร ติดผลและพัฒนาผล ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินไปทำให้ละอองเกสรชื้นและเหนียวส่งผลให้ลดโอกาสการปลิวตกลงบนยอดเกสรเพศเมีย (Karsson และคณะ, 2016) ในสภาพแปลงปลูกแมลงเป็นปัจจัยช่วยผสมเกสรที่ดีมากกว่าลมและการผสมตัวเอง (Bashir และคณะ, 2018) ฮอร์โมนออกซินและจิบเบอเรลลินมีบทบาทในการติดผลและการพัฒนาผลของมะเขือเทศ (de Jong และคณะ, 2009) Serrani และคณะ (2007) รายงานว่า GA ช่วยการติดผลของมะเขือเทศ และ Kumer และคณะ (2018) ทดลองให้สารกลุ่มออกซินและจิบเบอเรลลินกับมะเขือเทศพันธุ์ Kasha Vishesh พบว่า จิบเบอเรลลิน (GA) ความเข้มข้น 40 mg/l ช่วยเพิ่มผลผลิตและพัฒนาผล ดังนั้น การศึกษานี้จึงศึกษาความเข้มข้นของสาร GA_3 ที่เหมาะสมต่อการติดผลและพัฒนาผลของมะเขือเทศญี่ปุ่นพันธุ์ บิจิน ในโรงเรือน

[1] สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคเหนือ 208 หมู่ 3 ต. ประดาง อ. วังเจ้า จ. ตาก 63180
[1] Northern Institute of Vacational Education in Agriculture 208 Moo 3 T. Pradang Amphoe Wang Chao 63180

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) มี 4 สิ่งทดลอง คือ ให้สารจิบเบอเรลลินความเข้มข้น 20, 30 และ 40 mg/l และไม่ให้สารเป็นสิ่งทดลองควบคุม 4 ซ้ำๆ ละ 3 ต้น โดยเพาะเมล็ดมะเขือเทศ พันธุ์บิจินในเดือนพฤศจิกายน ปี 2561 เมื่ออายุต้นกล้าได้ 30 วัน หรือต้นกล้าสูงประมาณ 20 เซนติเมตร ย้ายปลูกลงในถุงปลูกใยสังเคราะห์ขนาดใหญ่ 3 ต้นต่อ 1 ถุง ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดทุกวันๆ ละ 2 ครั้ง การดูแลรักษา หลังจากปลูก 20 วันเริ่มให้ปุ๋ย และให้ปุ๋ย 11 วันต่อครั้ง โดยการขุดหลุมเล็กๆ ข้างต้นมะเขือเทศแล้วนำปุ๋ยผสมใส่ลงไปในหลุม 20 กรัมต่อต้นโดยใช้ปุ๋ยผสมที่ประกอบด้วย ปุ๋ยสูตร ออสโมโคท สูตร 12-25-6 ปริมาณ 25 กิโลกรัม Multi-Teck สูตร 12-25-14 ปริมาณ 25 กิโลกรัม Silicon และ โพแทสเซียมคลอไรด์ สูตร 0-0-60 ปริมาณ 20 กิโลกรัม เมื่อต้นมะเขือเริ่มแทงช่อดอกช่อแรกและเมื่อดอกบานได้ 3 ดอกแรกของช่อ พ่นสารจิบเบอเรลลิน ในช่อที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของแต่ละต้นในครั้งแรก โดยการพ่นในแต่ละช่อ จำนวน 4-5 ครั้งต่อช่อเมื่อดอกบาน เพื่อช่วยให้มะเขือเทศติดผล เก็บเกี่ยวผลผลิตหลังจากปลูกได้ 62 วัน เริ่มเก็บเกี่ยวได้ในทุกๆ สัปดาห์ เลือกเก็บ-ผลสีแดงที่มีสีแดง 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป โดยเลือกผลที่ไม่แตก ไม่เน่า หรือเป็นโรค เช่น รา ซึ่งการเก็บหรือเด็ดในลักษณะที่มีขั้วติดกับผล

ผลการทดลอง

การศึกษาความเข้มข้นของจิบเบอเรลลินต่อการติดผลและพัฒนาผลของมะเขือเทศ สายพันธุ์บิจิน พบว่า GA_3 สามารถยืดความยาวของช่อผล โดยช่อดอกที่ได้รับ GA_3 เมื่อสิ้นสุดการพัฒนาผลมีความยาวของก้านช่อผลเพิ่มขึ้น แต่ระดับความเข้มข้นของ GA_3 ไม่มีผลต่อความยาวของช่อผล (Table 1) และ GA_3 ยังมีผลต่อจำนวนดอกต่อช่อ และจำนวนผลต่อช่อด้วย โดยช่อดอกที่ได้รับ GA_3 มีจำนวนดอกและจำนวนผลต่อช่อเพิ่มขึ้น แต่ระดับความเข้มข้นของ GA_3 ไม่มีผลต่อจำนวนดอกและจำนวนผลต่อช่อ (Figure 1) ส่วนการพัฒนาผลพบว่าผลมะเขือเทศที่ได้รับและไม่ได้รับ GA_3 มีน้ำหนักผลต่อช่อไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าผลที่ได้รับ GA_3 มีน้ำหนักต่อช่อน้อยกว่า (Table 2) และผลมะเขือเทศที่ได้รับ GA_3 40 mg/l มีขนาดเส้นผ่าศูนย์ของผลน้อยที่สุด ขณะที่ผลมะเขือเทศที่ได้รับ GA_3 20 และ 30 mg/l มีขนาดผลไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุม (Table 3) สำหรับคุณภาพผลนั้นพบว่า GA_3 และระดับความเข้มข้นของ GA_3 ไม่มีผลต่อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดย (Table 4)

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองพบว่า สารจิบเบอเรลลิน ส่งผลให้ความยาวช่อผลเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารจิบเบอเรลลิน ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยการแบ่งเซลล์และการยืดตัว และยังพบว่ามีผลต่อการเพิ่มจำนวนดอก การติดดอก และเพิ่มผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ของ Kumer และคณะ (2018) พบว่าการออกดอก การติดผล ผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศและ จิบเบอเรลลิน ให้ผลผลิตสูงกว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดอื่น การที่ผลมะเขือเทศในช่อดอกที่ได้รับสารจิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 40 mg/l มีขนาดเล็กกว่าผลมะเขือเทศในช่อดอกที่ได้รับสารจิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 20 และ 30 mg/l และไม่ได้รับสารจิบเบอเรลลิน อาจเนื่องจากช่อดอกที่ได้รับสารจิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 40 mg/l มีจำนวนผลต่อช่อมาก โดย Bertin (2005) พบว่าผลมะเขือเทศที่มี 2 ผลต่อช่อจะมีอัตราการพัฒนาผลและขนาดมากกว่าผลมะเขือเทศที่มี 5 ผลต่อช่อ เนื่องจากการขยายขนาดของเซลล์ที่เร็วกว่า

สรุปผล

1. สารจิบเบอเรลลินมีผลต่อความยาวของช่อผล จำนวนดอกต่อช่อ จำนวนผลต่อช่อ และขนาดผล โดยระดับความเข้มข้นของสารจิบเบอเรลลินไม่มีผลต่อความยาวช่อดอก จำนวนผลต่อช่อ แต่ผลที่ได้รับสารจิบเบอเรลลินความเข้มข้น 40 mg/l มีขนาดผลเล็กสุด

2. สารจิบเบอเรลลินไม่มีผลต่อน้ำหนักผลต่อช่อและความหวานของผลมะเขือเทศ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท JAPAN AGRI CHALLENGE (THAILAND) CO., LTD. อ. น้ำหนาว จ. เพชรบูรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ อุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จานุลักษณ์ ขนบดี, 2535, การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก, สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ , 183 น.

นิรนาม, 2562, ประวัติ, [สืบค้น] https://www.biobijin.com/?lang=th [5/April/2562]

สิริกุล วะสี, บุญส่ง เอกพงษ์ และจันทรวิภา ธนะโสภณ, 2555, การจัดการการผลิตผักวงศ์พริกและมะเขือ, น. 11-1 – 11-68 ใน เอกสารการสอนชุดวิชาการจัดการผลิตไม้ผลและผักเชิงธุรกิจ หน่วย 9-15 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, นนทบุรี

Bashir M.A., Alvi A.M., Khan K.A., Rahmani M.I.A., Ansari M.I., Atta S., Ghramh H. A., Batool T. and Tariq M., 2018, Role of Pollination in Yield and Physicochemical Properties of Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), Saudi Journal of Biological Science, 25(2018): 1291-1297.

Bertin N, 2005, Analysis of The Tomato Fruit Growth Response to Temperature and Plant Fruit Load in Relation to Cell Division, Cell Expansion and DNA Endoreduplication, Annals of Botany 95:439-447

de Jong M. C., Mariani C. and Vriezen W.H., 2009, The Role of Auxin and Gibberellin in Tomato Fruit Set, Journal of Experimental Botany, 60(5) 1523-1532.

Karlsson, M., 2016, Pollination and Fruit Development in Tomatoes, Cooperative Extension Service, University of Alaska, Fairbanks, USA.

Kumer S., Singh R., Singh V., Singh M.K. and Singh A.K., 2018, Effect of Plant Growth Regulator on Growth, Flowering, Yield and Quality of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.), Journal Pharmacognosy and Phytochemistry, 7(1): 41-44.

Serrani, J.C., Sanuan R., Riuz-Rivero O., Fosnd M. and Garcia-Martinez J.L., 2007, Gibberellin Regulation of Fruit Set and Growth in Tomato, Plant Physiology, 145(10): 246-257.

Table 1 Effect of GA_3 concentration on length of tomato clusters cv. Bijin.

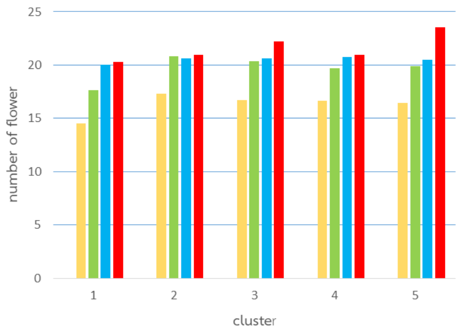
treatment	Length of clusters (cm.)				
	1^{st} cluster	2^{nd} cluster	3^{th} cluster	4^{th} cluster	5^{th} cluster
control	17.96^{c}	19.74^{b}	19.50	19.69^{b}	20.42^{b}
GA_3 20 mg/l	20.26^{bc}	22.72^{a}	22.02	21.22^{ab}	22.65^{ab}
$GA_3$30 mg/l	21.97^{ab}	22.92^{a}	22.65	21.59^{ab}	22.33^{ab}
GA_3 40 mg/l	23.23^{a}	24.17^{a}	23.27	23.08^{a}	24.79^{a}
F- test	**	**	ns	*	*
CV (%)	5.49	3.38	9.88	6.16	7.75

Mean with the same letter within a column are not significant different at P < 0.05 by least significant difference

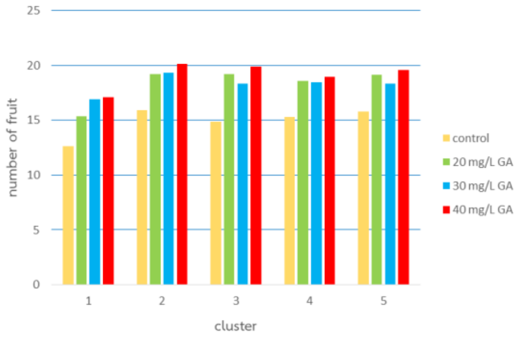
Table 2 effect of GA_3 concentration on weight of fruit in 1-5 cluster of tomato cv Bijin.

Treatment	Weight per clusters (g.)				
	1st cluster	2nd cluster	3th cluster	4th cluster	5th cluster
control	23.49	24.50	23.80	23.68	23.12
GA_3 20 mg/l	24.06	20.31	21.70	23.04	20.62
$GA_3$30 mg/l	23.72	21.73	21.82	23.07	21.80
GA_3 40 mg/l	22.85	20.58	21.07	22.88	21.31
F- test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11.01	10.33	13.76	12.74	5.73

Mean with the same letter within a column are not significant different at P < 0.05 by least significant difference



A



B

Figure 1 Effect of GA_3 on number of flower (A) and number of fruit (B) per cluster of tomato cv. Bijin.

Table 3 Effect of GA_3 on fruit diameter per cluster of tomato cv. Bijin.

Treatment	Fruit diameter per cluster (mm.)				
	1st cluster	2nd cluster	3th cluster	4th cluster	5th cluster
control	30.65 a	31.07 a	31.47 a	31.14 a	31.18 a
GA_3 20 mg/l	30.76 a	30.97 a	29.70 a	30.55 a	30.46 a
GA_3 30 mg/l	29.81 a	30.31 a	30.06 a	30.02 a	31.22 a
GA_3 40 mg/l	27.08 b	27.49 b	27.39 b	27.47 b	27.85 b
F test	* *	**	**	**	**
CV (%)	4.70	4.50	4.51	3.24	3.10

Mean with the same letter within a column are not significant different at P < 0.05 by least significant difference

Table 4 Effect of GA_3 on total soluble solids of tomato cv. Bijin.

Treatments	Total soluble solids (°Brix)				
	1st cluster	2nd cluster	3th cluster	4th cluster	5th cluster
control	7.00 a	6.97	6.96	6.97	6.66
GA_3 20 mg/l	6.79 ab	7.03	6.86	6.89	6.90
$GA_3$30 mg/l	6.94 a	6.95	6.77	6.83	6.92
GA_3 40 mg/l	6.63 b	7.13	6.94	7.13	6.93
F- test	*	ns	ns	ns	ns
CV (%)	2.29	2.81	5.29	3.79	3.99

Mean with the same letter within a column are not significant different at P < 0.05 by least significant difference

Agricultural Sci. J. 50(2)(Suppl.): 109-112 (2019) ว. วิทย์. กษ. 50(2)(พิเศษ): 109-112 (2562)

อาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะในการคัดแยกและจัดจำแนกเชื้อกลุ่มแลคโตบาซิลไลจากผักดองของญี่ปุ่น ด้วยเทคนิค MALDI-TOF MS

Selective Medium for Screening and Identification of Lactobacilli Isolated from Japanese Pickled Vegetables by MALDI-TOF MS

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์[1] และ Satoru Tomita[2]

Tanganurat, P.[1] and Tomita, S.[2]

Abstract

This study aimed to investigate the screening and classification of lactic acid bacteria from Sunki, Japanese pickled vegetables made from leaves of red beet and fermented using lactic acid bacteria instead of salt. The isolation of lactic acid bacteria with different culture media and conditions are as follows: (1) MRS medium at 37 °C (2) Modified Reinforced Clostridial Medium (mRCM) at 37 °C and (3) MRS-Raffinose medium at 45 °C, all inoculated in anaerobic conditions. A total of 235 isolates were identified and then classified using matrix-assisted laser desorption/ionisation time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) techniques. These isolates were classified as *Lactobacillus fermentum, Lactobacillus delbrueckii, Lactobacillus reuteri,* and *Lactobacillus crispatus*. Our study demonstrates that MALDI-TOF-MS is a reliable and effective tool for the rapid identification of *Lactobacillus* strains to the species level.

Keywords: pickled vegetable, identification, mass spectrometry

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการคัดแยกและจัดจำแนกเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกจากซุนกิซึ่งเป็นผักดองญี่ปุ่นที่ทำจากใบของหัวบีทสีแดง และหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติกแทนการใช้เกลือ จากการแยกเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อและสภาวะที่แตกต่างกัน ดังนี้ (1) MRS medium ที่ 37 องศาเซลเซียส (2) Modified Reinforced Clostridial Medium (mRCM) ที่ 37 องศาเซลเซียส และ (3) MRS-Raffinose medium ที่ 45 องศาเซลเซียส โดยทั้งหมด บ่มในสภาวะไร้ออกซิเจน สามารถแยกเชื้อได้ทั้งหมด 235 ไอโซเลต จากนั้นนำไปจัดจำแนกโดยใช้เทคนิค MALDI-TOF MS พบว่า สามารถระบุสายพันธุ์ของเชื้อที่คัดแยกได้ 4 สายพันธุ์ ดังนี้ *Lactobacillus fermentum, Lactobacillus delbrueckii, Lactobacillus reuteri* และ *Lactobacillus crispatus* การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิค MALDI-TOF MS มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิผลสำหรับการจัดจำแนกเชื้อแบบรวดเร็วของสายพันธุ์แลคโตบาซิลลัสในระดับสปีชีส์

คำสำคัญ: ผักกาดดอง การจัดจำแนกเชื้อ เทคนิคแมสสเปกโตรเมตรี

คำนำ

ผักดองญี่ปุ่น หรือ ซุนกิ (Sunki) มีบทบาทมากในอาหารหมักของจังหวัดนากาโน่ ซึ่งห่างไกลทะเลเกลือจึงเป็นของหายาก ดังนั้นในกระบวนการดองจึงใช้หัวผักกาดเขียวและหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติกแทนการใช้เกลือ นิยมบริโภคเป็นเครื่องเคียงหรือส่วนผสมในซุป และเหลือบางส่วนไว้เป็นเชื้อตั้งต้นสำหรับการดองครั้งต่อไป (Endo และคณะ, 2008) ซึ่งใช้แบคทีเรียกรดแลคติกที่มีบทบาทในการสร้างกรดแลคติกทำให้ผักดองมีความเป็นกรด มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว ทั้งยังช่วยยับยั้งแบคทีเรีย ก่อโรคด้วย (ธารหทัย, 2556) โดยเฉพาะแลคโตบาซิลลัสเป็นแบคทีเรียกรดแลคติกกลุ่มใหญ่ที่สุด ซึ่งมีความหลากหลายของ ลักษณะทางฟีโนไทป์ สมบัติทางชีวเคมีและสรีระ (Axelsson, 1998) เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อนหรือทรงรี (Coccobacilli) นิยมนำ มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหมักดองชนิดต่าง ๆ รวมถึงมีบทบาทในกระบวนการผลิตซุนกิ งานวิจัยนี้จึงสนใจคัดแยกเชื้อ กลุ่ม

[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, Pathum Thani, 12130

[2] National Food Research Institute, NARO, 2-1-12 Kannodai, Tsukuba 305-8642, Japan

[2] National Food Research Institute, NARO, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba 305-8642, Japan

นี้โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเฉพาะเจาะจงกับแบคทีเรียกลุ่มแลคโตบาซิลลัส โดยเฉพาะ *L. delbrueckii, L. fermentum* และ *L. plantarum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีบทบาทสำคัญในผลิตภัณฑ์ซุนกิ (Kudo และคณะ, 2012)

ปัจจุบันวิธีการจัดจำแนกแบคทีเรียใช้การเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารแข็ง ทดสอบปฏิกิริยาทางเคมี และทางชีวโมเลกุล ได้แก่ AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA) และ MLST (Multilocus Sequence Typing) เป็นต้น แต่มีข้อจำกัดคือต้องปฏิบัติงานหลายขั้นตอน และใช้เวลานาน การจำแนกชนิด เชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี Matrix-assisted laser desorption/ionization-Time-of flight mass spectrometer (หรือ MALDI-TOF MS) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทันสมัย น่าเชื่อถือ สะดวกและรวดเร็ว เหมาะที่จะนำมาใช้แทนวิธีการดั้งเดิม (อ้างใน ปริชาติ, 2560) งานวิจัยนี้จึง สนใจนำเทคนิคดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการจัดจำแนกแบคทีเรียกรดแลคติกจากซุนกิ โดยมุ่งเน้นไปที่การคัดแยกเชื้อกลุ่มแลคโตบาซิลลัสโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะและสภาวะต่างกันในการคัดแยก และจัดจำแนกเชื้อที่คัดแยกได้ด้วยเทคนิค MALDI-TOF MS

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อและสภาวะในการบ่มเชื้อที่ใช้ในการจัดจำแนกแบคทีเรียกรดแลคติก

นำตัวอย่างซุนกิจากแหล่งต่าง ๆ ของประเทศญี่ปุ่น 3 แหล่ง ได้แก่ จังหวัดทาเนะ (Tane) เมืองคูโรส (Kurose) และ เมืองไคดะ (Kaida) มาเจือจางลำดับส่วนด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ จากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการเจือจางมาผสมลงในอาหาร เลี้ยงเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ อาหาร MRS (Difco) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อาหาร Modified RCM: mRCM (Nwamaioha และ Ibrahim, 2018) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และอาหาร Raffinose-MRS บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในกล่องสุญญากาศ จากนั้นสุ่มเขี่ยเชื้อในแต่ละจานเพาะเชื้อที่แต่ละความเจือจาง โดยเลือกจากลักษณะโคโลนีที่มีขนาดและลักษณะแตกต่างกัน เขี่ยเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งตามชนิดที่คัดแยกได้จำนวนทั้งหมด 235 ไอโซเลต บ่มที่อุณหภูมิดังกล่าวแล้วนั้น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปศึกษาต่อไป

ศึกษาการจัดจำแนกเชื้อโดยใช้เทคนิค MALDI-TOF MS

เขี่ยเชื้อป้ายลงบนถาด MALDI target plate หยดน้ำยา α-cyano-4-hydroxycinnamic acid ใน 50% acetonitrile/ 2.5% trifluoro-acetic acid (HCCA) 1 ไมโครลิตร ปล่อยให้แห้งอีกครั้ง ปรับเทียบความถูกต้องของเครื่อง Microflex LT (Bruker) ด้วยสารมาตรฐาน *Escherichia coli* strain DH5alpha ที่ ribosomal proteins เครื่องจะนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของเปปไทด์ และรูปแบบของ m/z peak ที่เรียงตัวกันเป็น peptide mass fingerprint (PMF) เปรียบเทียบแมสสเปกตรัมกับฐานข้อมูล (Bruker database version 3.0) ความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ จะรายงานเป็นคะแนน โดยคะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 2.0 ขึ้นไป มีความน่าเชื่อถือระดับสปีชีส์ คะแนนตั้งแต่ 1.7 ขึ้นไปแต่น้อยกว่า 2.0 มีความน่าเชื่อถือระดับจีนัส แต่ถ้าน้อยกว่า 1.7 ไม่สามารถรายงานผลได้ (ประยุกต์โดย ปริชาติ, 2560)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากตัวอย่างซุนกิทั้งสามแหล่ง ได้แก่ Tane, Kaida และ Kurose โดยใช้อาหาร เลี้ยงเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ อาหาร MRS (Difco) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อาหาร Modified RCM (Nwamaioha และ Ibrahim, 2018) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และอาหาร Raffinose-MRS บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในสภาวะไร้อากาศ สามารถแยกเชื้อได้ทั้งหมดจำนวน 235 ไอโซเลต แบ่งออกเป็นเชื้อที่แยกจากอาหาร MRS จำนวน 77 ไอโซเลต อาหาร Modified RCM จำนวน 68 ไอโซเลต และอาหาร Raffinose-MRS จำนวน 90 ไอโซเลต จากนั้น นำเชื้อแต่ละไอโซเลตไปจัดจำแนกโดยเทคนิค MALDI-TOF MS พบว่าสามารถระบุสายพันธุ์ของเชื้อที่คัดแยกได้ 4 สายพันธุ์ ดังนี้ *Lactobacillus fermentum, Lactobacillus delbrueckii, Lactobacillus reuteri* และ *Lactobacillus crispatus* แสดงดัง Figure 1 และ 2 โดยเทคนิค MALDI-TOF มีประสิทธิผลในการจำแนกเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว สอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ (ปาริชาติ, 2560)

จาก Figure 1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อแยกเชื้อโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกันออกไปส่งผลต่อชนิดและจำนวนของเชื้อที่จำแนกได้ โดยพบว่าในซุนกิจากทั้ง 3 แหล่ง พบว่ามีเชื้อ *L. delbrueckii* อยู่ในจำนวนมากเมื่อเทียบกับเชื้อสปีชีส์อื่น ๆ เนื่องจากอาหารเลี้ยงเชื้อ mRCM และ Raffinose-MRS เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะที่สามารถคัดแยกเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก นอกจากนี้ mRCM เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อคัดแยกเชื้อ *L. delbrueckii* (Nwamaioha และ Ibrahim, 2018) ซึ่งเป็นเชื้อที่มีบทบาทในการหมักซุนกิ จากผลการทดลองพบว่าการระบุสายพันธ์เชื้อที่คัดแยกได้ด้วยอาหาร mRCM เชื้อที่จำแนกได้ส่วนใหญ่

เป็น *L. delbrueckii* มีเพียง 2 ไอโซเลตที่ระบุเป็น *L. fermentum* ขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ยังคงเป็นอาหารที่สามารถใช้ แยกเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกได้หลากหลายสายพันธุ์ไม่มีความจำเพาะเจาะจงเหมือนอาหารกลุ่มที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยเฉพาะ อย่างไร ก็ตามงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ศึกษาชนิดของเชื้อในซุนกิยังพบ *L. fermentum* และ *L. plantarum* ด้วย (Endo และคณะ, 2008; Kudo และคณะ, 2012) สอดคล้องกับเชื้อที่จำแนกได้ในการทดลองนี้ สำหรับ *L. reuteri* จำนวน 2 ไอโซเลต (n=2) และ *L. crispatus* จำนวน 1 ไอโซเลต (n=1) พบเมื่อคัดแยกเชื้อด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS และ raffinose MRS นอกจากนี้เชื้อที่พบในซุนกิค่อนข้างแตกต่างจากเชื้อที่คัดแยกได้จากผักดองทั่วไปที่มักใช้เกลือร่วมด้วยในการดอง ได้แก่ ซาวเคราท์ กิมจิ ผักกาดดอง เป็นต้น โดยเชื้อที่มักพบในผักและผลไม้ดองมักจะเป็นพวก *L. plantarum, L. pentosus, L. brevis, L. acidophilus, L. fermentum, Leuconostoc fallax,* และ *L. mesenteroides* (Swain และคณะ, 2014) และเมื่อ พิจารณาจากแหล่งที่มาและเชื้อที่จัดจำแนกได้ พบว่าซุนกิจาก Kaida มีเชื้อกลุ่ม *L. delbrueckii* มากที่สุด รองลงมาเป็น *L. fermentum* ซึ่งจะพบมากในซุนกิจาก Tane แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของชนิดจุลินทรีย์ที่พบในซุนกิแต่ละพื้นที่ (Figure 2)

สรุปผล

การคัดแยกและจัดจำแนกเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกจากซุนกิด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน บ่มในสภาวะไร้ออกซิเจน สามารถแยกเชื้อได้ทั้งหมด 235 ไอโซเลต และจัดจำแนกโดยใช้เทคนิค MALDI-TOF MS สามารถระบุ สายพันธุ์เชื้อที่คัดแยกได้ 4 สายพันธุ์ ดังนี้ *L. fermentum, L. delbrueckii, L. reuteri* และ *L. crispatus*

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีสำหรับเงินทุนสนับสนุนงานวิจัยร่วมกับสถาบันอาหาร ประเทศญี่ปุ่น

เอกสารอ้างอิง

ธารหทัย มาลาเวช, 2556, การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียแลคติกเรียต่อใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตผักดองท้องถิ่นภาคใต้, รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

ปริชาติ บุญรอด, 2560, ประสิทธิผลในการจำแนกเชื้อแบคมีเรียแกรมบวกรูปร่างกลมด้วยวิธี MALDI-TOF MS, วารสารกรมการแพทย์, 42(6): 124-128.

Axelsson, L.T., 1993, Lactic Acid Bacteria: classification and physiology, In Lactic Acid Bacteria, (ed. Salminen, S. and Wright, A.V.) New York: Marcel Dekker pp. 1-64.

Endo, A., Mizuno, H. and Okada, S., 2008, Monitoring the bacterial community during fermentation of sunki, an unsalted, fermented vegetable traditional to the Kiso area of Japan, Letters in applied microbiology, 47(3): 221-226.

Kudo, Y., Oki, K. and Watanabe, K., 2012, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *sunki* subsp. nov., isolated from sunki, a traditional Japanese pickle, International Journal of systematic and evoluationary microbiology, 62: 2643-2649.

Nwamaioha, N.A. and Ibrahim, S.A., 2018, A selective medium for the enumeration and differentiation of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, Journal of Dairy Science, 101(6): 4953-4961.

Swain, M.R., Anandharaj, M., Ray, R.C., and Rani, R.P., 2014, Fermented fruits and vegetables of Asia: a potential source of probiotics, Biotechnology research international, Hindawi Publishing Corporation, 19 pages.

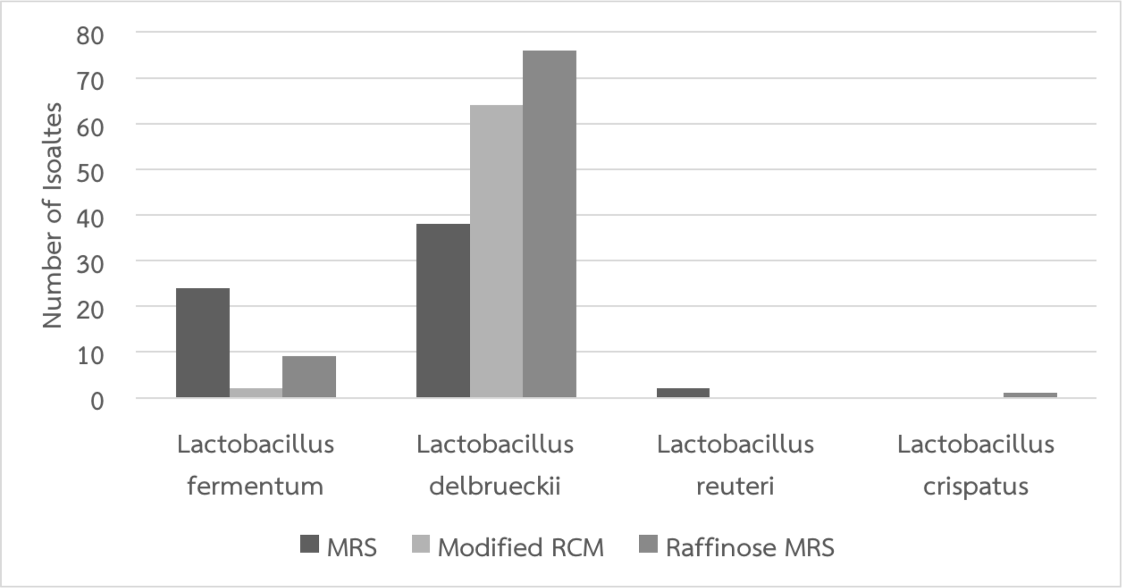


Figure 1 Number of isolates from Sunki by using different medium

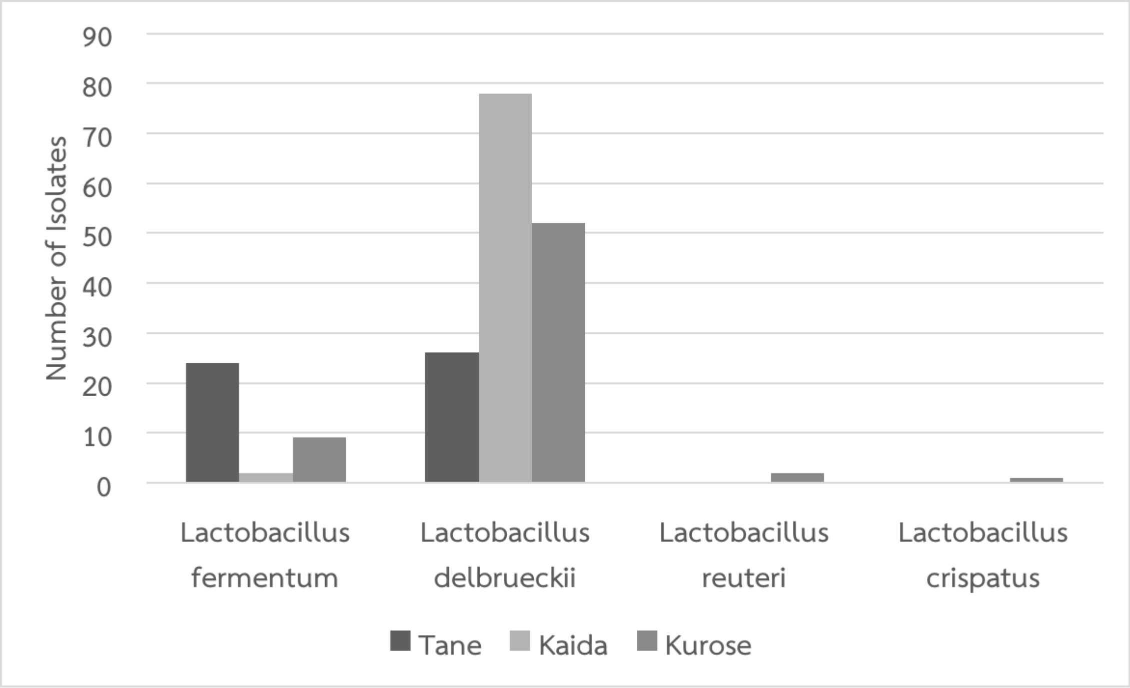


Figure 2 Number of isolates from Sunki at different source

ผลของการใช้ความร้อนด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์กรือโป๊ะเห็ดนางฟ้า

The Effect Heating Used Microwave on Physical and Chemical Properties of Oyster Mushroom Krupuk

วนิดา บุรีภักดี[1] ปัญญรัศม์ ลือขจร[1] และ นรินทร์ภพ ช่วยการ[1]
Bureepakdee, W.[1], Luekhajorn, P.[1] and Chuaykarn, N.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of heating with microwave on physical and chemical properties of oyster mushroom krupuk. The microwave power of 800 watt was used at difference times at 3 of 60 90 and 120s. The sensory qualities physico - chemical properties were determined. Results showed that time at 90 s received the highest score of color odor texture and overall which they were significantly different ($p \leq 0.05$). Shear force value was 11331.00, 6598.34 and 5167.65 g, respectively. Moreover, color value of products were decreased in Lightness (L*) but increased in redness (a*) and yellowness (b*) ($p<0.05$). When, heating time was increased until 120s it. was found that average water activity (a_w), moisture, fat, protein and crude fiber were 0.30 0.43 10.59 2.17 and 0.14 respectively. while, carbohydrate and ash contents were significantly increased ($p \leq 0.05$).
Keywords: Krupuk, Oyster Mushroom, Microwave

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพทางกายภาพและ เคมีของผลิตภัณฑ์กรือโป๊ะเห็ดนางฟ้า โดยใช้กำลังไฟที่ 800 วัตต์ ระยะเวลาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60 90 และ 120 วินาที นำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและด้านเคมี ผลการศึกษาพบว่า การให้ความร้อนที่ระยะเวลา 90 วินาที ได้รับคะแนนเฉลี่ย ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด แตกต่างจากระยะเวลาอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ค่าแรงตัด เท่ากับ 11331.00 6598.34 และ 5167.65 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสีพบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีภายในผลิตภัณฑ์ ค่าความสว่าง (L*) ลดลง ส่วนค่าสีแดง (a*) และ ค่าสีเหลือง (b*) มีค่าเพิ่มขึ้น($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นจนถึง 120 วินาที พบว่า มีปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน และปริมาณเส้นใยหยาบ มีค่าเฉลี่ยลดลงโดยมีค่าเท่ากับ 0.3 0.43 10.59 2.17 และ 0.14 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)
คำสำคัญ: กรือโป๊ะ เห็ดนางฟ้า ไมโครเวฟ

คำนำ

ข้าวเกรียบสดหรือกรือโป๊ะได้รับความนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ จัดเป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งที่ทำจากแป้งมันและเนื้อปลาบดเป็นส่วนประกอบหลัก ผสมให้เข้ากับเครื่องปรุงรส (จริยา, 2559) กรือโป๊ะเห็ดนางฟ้า คือข้าวเกรียบเห็ดนางฟ้าสด ได้จากการนำเห็ดนางฟ้าผสมแป้งมันและเครื่องปรุง ไม่มีส่วนผสมของเนื้อสัตว์ ขึ้นรูปแล้วนำไปนึ่ง หั่นเป็นชิ้น ใช้กระบวนการทอดให้น้ำมันท่วม (Deep frying) ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์ที่ทอดเสร็จใหม่ๆ จะมีลักษณะด้านนอกกรอบ เนื้อด้านในนุ่มเล็กน้อย นิยมรับประทานขณะอุ่นๆ ทำให้มีปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์สุดท้ายสูง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ลักษณะของทางด้านกายภาพเปลี่ยนไป เช่น ความกรอบลดลง เหนียว กระบวนการที่ใช้สำหรับปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร (พัชราภรณ์, 2558) จึงได้มีการประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟเพื่อลดปริมาณการดูดซับน้ำมัน ซึ่ง Barreto และคณะ (2019) รายงานว่าไมโครเวฟสามารถใช้ร่วมกับวิธีการอื่นเพื่อลดปริมาณน้ำมัน ใน มันฝรั่งทอด (Free-oil potato chip) และลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ (จิดาภา และคณะ, 2559) โดยหลักการคลื่นไมโครเวฟทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุลน้ำในอาหาร ใช้ระยะเวลาน้อย ลดการเปลี่ยนแปลงด้านสี กลิ่น รสชาติและสารอาหารของผลิตภัณฑ์ จึงได้นำเตาอบไมโครเวฟมาใช้ เพื่อ

[1] สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ต.บ่อยาง อ.เมือง สงขลา 90000
[1] Department of Home Economics, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

ศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วยเตาอบไมโครเวฟต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์กรือโป๊ะเห็ดนางฟ้า

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมกรือโป๊ะเห็ด ผสมเห็ดนางฟ้า แป้งมัน น้ำเปล่า พริกไทยขาว สาหร่ายอบแห้ง เกลือ และน้ำตาล เท่ากับ 35.46,35.46, 26.60, 0.53 0.53 0.53 และ 0.89 ตามลำดับ นวดด้วยน้ำร้อน บรรจุใส่ถุงพลาสติกรีดให้บาง นึ่งเป็นระยะเวลา 3 นาที พักไว้ในตู้เย็น 4 ชั่วโมง ตัดชิ้นขนาด ยาว*กว้าง*หนา 8x1x1 ซม. ทอดที่อุณหภูมิ 200 (±2) องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 นาที (พัชราภรณ์, 2558) จากนั้นนำเข้าอบด้วยเตาอบไมโครเวฟใช้กำลังไฟที่ 800 วัตต์ ระยะเวลาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 วินาที (ดัดแปลงจาก รอมลี และ ซูไฮมิน, 2562) นำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้ตัวอย่าง จำนวน 15 กรัม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมินผลโดยใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพโดยการวัดค่าสี L*, a*, b* ด้วยเครื่องวัดค่าสียี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorFlex สภาวะที่ทดสอบ CIELab Scale D65/10^0 port size 1.25 นิ้ว ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ วัดค่าแรงตัดขาดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer รุ่น TA-XTplus (Surrey,England) ใช้อุปกรณ์ Blade Set ขนาด load cell 50 kg ระยะตัด 15 มิลลิเมตรต่อวินาที Shearing force วัดแรงต้านสูงสุดที่ตัดตัวอย่างจนขาดจากกัน หน่วยเป็นกรัม ขนาด จำนวน 20 ซ้ำ และด้านเคมี โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เถ้า เส้นใย ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_W) (AOAC, 2000) การหาค่าร้อยละการอมน้ำมัน (Oil uptake relative variation) ดังสมตามวิธีการของ Garcia และคณะ (2002)

$$\text{Oil uptake relative variation (OU, \%)} = \left[\frac{A}{B} - 1\right] x100$$

โดยที่ A = ร้อยละของปริมาณไขมันในกรือโป๊ะหลังอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ

B = ร้อยละของปริมาณไขมันในกรือโป๊ะหลังก่อนอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ

การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิเคราะห์สถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของการให้ความร้อนแก่กรือโป๊ะเห็ดนางฟ้าด้วยเตาอบไมโครเวฟที่ระยะเวลา 60, 90 และ 120 วินาที พบว่าที่ระยะเวลา 90 วินาที ได้รับคะแนนการยอมรับด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม 7.88, 7.86, 8.13, 7.96 และ 8.36 ตามลำดับ แตกต่างจากระยะเวลาที่ 60 และ 120 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม ระยะเวลา 90 วินาที กรือโป๊ะเห็ดนางฟ้ามีลักษณะสีน้ำตาล มีกลิ่นหอมของเห็ดนางฟ้า มีความกรอบ ไม่อมน้ำมัน โดยเฉพาะด้านเนื้อสัมผัส หรือความกรอบของผลิตภัณฑ์ การใช้ระยะเวลาสั้น 60 วินาที ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ยังคงมีความเหนียวเล็กน้อย ในขณะที่ระยะเวลา 120 วินาที ก็ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบแข็งเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการอบพองข้าวเกรียบปลาด้วยเตาอบไมโครเวฟเมื่อระยะเวลาที่ 80 วินาทีส่งผลต่อความหนาแน่นได้ดีกว่าระยะเวลาที่ 60 และ 120 วินาที (รอมลี และ ซูไฮมิน, 2562) ซึ่งเมื่อพิจารณาจากทั้ง 3 ระยะเวลาพบว่า การให้ความร้อนที่ 60 และ 120 วินาทีนั้นมีผลต่อคะแนนด้านเนื้อสัมผัส ผลคะแนนการยอมรับในด้าน สีกลิ่น รสชาติเป็นผลมากจากการใช้วัตถุดิบอื่นเป็น เช่น สาหร่ายส่วนผสมในขั้นการผลิตเพื่อช่วยปรับปรุงสี และรสชาติของกรือโป๊ะเห็ดให้มีความใกล้เคียงกับกรือโป๊ะที่ทำจากเนื้อปลาทั่วไป

ค่าสี พบว่า ระยะเวลาการให้ความร้อนมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์กรือโป๊ะเห็ดนางฟ้า ส่งผลให้ค่า L* (ความสว่าง) ลดลง มีสีคล้ำขึ้น เมื่อพิจารณาค่า a* และค่า b* (Table 2) พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากความร้อนจากไมโครเวฟทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการระเหยของโมเลกุลน้ำและเกิดการสะสมของความร้อนเพิ่มขึ้นภายในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รอมลี เจะดอเลาะและ ซูไฮมิน เจ๊ะมะลี (2562) พบว่าการอบโดยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 800 วัตต์ ใช้ระยะเวลาที่ 40,60,80 และ120 วินาทีจะทำให้ค่า L* (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาลดลงตามระยะอบทำให้เกิดสีคล้ำและไหม้ ค่า a* (ค่าสีแดง-เขียว) และ ค่า b* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) มีแนวโน้มของความเป็นสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ค่าแรงตัด (Shear Force) พบว่า เมื่อระยะเวลาการให้ความความร้อนเพิ่มขึ้นค่าแรงตัดลดลง ($p \leq 0.05$) ลดความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลงจากโครงสร้างรูพรุนของชิ้นอาหารส่งผลต่อความร้อนจากไมโครเวฟและทำให้เกิดความกรอบได้ (Dutt และคณะ, 2016)

จาก Table 3 พบว่า ค่าความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์กรือโป๊ะเห็ดนางฟ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความชื้นที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดของข้าวเกรียบพร้อมบริโภคต้องไม่เกิน

ร้อยละ 4.0 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน,2554) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dutt และคณะ (2016) Barreto และคณะ (2019) ซึ่งสามารถลดความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในมันฝรั่งอบกรอบ จากการใช้งานเตาอบไมโครเวฟที่ 400-800 วัตต์ เช่นเดียวกับปริมาณโปรตีน ไขมัน และเส้นใยหยาบ ที่ลดลง เช่นเดียวกับรายงานโดย Gao และคณะ (2016) ที่ใช้วิธีการทอดร่วมกับเตาอบไมโครเวฟ พบว่าสามารถลดการดูดซับน้ำมัน ปริมาณไขมันในเฟรนฟรายด์ลดลงเท่ากับร้อยละ 25 ในขณะที่ความชื้นเท่ากับร้อยละ 3 รวมทั้งปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณเถ้าลดลง และให้พลังงานเท่ากับ 444.63 - 462.69 Kcal จากการเปรียบเทียบกรือโป๊ะเห็ดนางฟ้าทั้ง 3 ระยะเวลา พบว่าค่า การอมน้ำมัน (Oil uptake relative variation) มีค่าติดลบเพิ่มขึ้น คือจากร้อยละ -13.30 ถึงร้อยละ -34.59 แสดงว่าระยะเวลาการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การอมน้ำในผลิตภัณฑ์กรือโป๊ะเห็ดนางฟ้าลดลง ($p<0.05$) ซึ่งเกิดจากไมโครเวฟเพิ่มแรงกระตุ้นให้โมเลกุลของน้ำระเหยอย่างรวดเร็วส่งผลให้น้ำมันตรงบริเวณที่มีรูพรุนนั้นลดลง เป็นผลให้ค่าการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์น้อยลง (Gamble และ Rice, 1987) การลดลงของปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณไขมัน มีผลต่อระยะการเก็บรักษา และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสี กลิ่น รส ของผลิตภัณฑ์ (พร้อมลักษณ์, 2551)

สรุปผล

จากการศึกษาการใช้ความร้อนจากเตาอบไมโครเวฟที่ระยะเวลา 60, 90 และ 120 วินาที คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัส ระยะเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์คือ 90 วินาที เมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ส่งผลปริมาณไขมันลดลง อีกทั้งค่า การอมน้ำมัน (Oil uptake relative variation) นั้นลดลง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ให้ความกรอบเพิ่มขึ้น ค่าสีผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำลง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สำหรับการอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ นางสาวกมลวรรณ หอมดี และนักศึกษา ในการดำเนินให้งานวิจัยนี้บรรลุผลเป็นไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จิดาภา อาจารยะศิริ ธันยบูรณ์ อรัญนารถ ปทุม อรุณวัชรินทร์ พิมพร วงษ์สุทธิโชติ รสพร เจียมจริยธรรม และ สงวนศรี เจริญเหรียญ, 2559, การพัฒนาแคบหมูลดน้ำมันโดยการทอดด้วยเตาอบไมโครเวฟ, วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 32 (1), 167-177.

จริยา สุขจันทรา, 2559, การพัฒนาอาหารท้องถิ่นจากแป้งสาคู :หัวข้าวเกรียบแช่แข็ง, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 21 (2), 17-30

พัชราภรณ์ ยาบา , 2558, การศึกษาพารามิเตอร์สาหรับวิเคราะห์การอบแห้งกรือโป๊ะ, วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล, 2551, องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์อาหาร, ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณะสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

รอมลี เจะดอเลาะ และ ซูไฮมิน เจ๊ะมะลี, 2562, ผลของกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาการอบพองต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลาสำเร็จรูป, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 24 (1), 255-271.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2554, ข้าวเกรียบ, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

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

Barreto, I.M.A., Carciofia, B.A.M., Juniorc, A. M., Laurindo, J.B., and Tribuzib, G., 2019, Oil–free Potato Chips Produced by Microwave Multiflash Drying, Journal Food Engineering, 261: 133-139.

Dutt, S., Joshi, A., Raigond, P., Rudra, S. G., Sagar, V. R., Singh, B. and Singh, B. P., 2016, Development of Low Fat Potato Chips through Microwave Processing. Journal of food science and technology, 53(8): 3296–3303.

Gao, Z., Fangc, Z., Liud, H., Quana, X., Shene, Q. and Zhanga, M., 2016, Low Oil French Fries Produced by Combined Pre-Frying and Pulsed-Spouted Microwave Vacuum Drying Method, Journal food and bioproducts processing, 99: 109–115.

Gamble, M. H., Rice, P. and Selman, J. D., 1987, Relationship between Oil Uptake and Moisture Loss During Frying of Potato Slices from C.VR. Record U.K. Tubers, International Journal of Food Science and Technology, 22: 233-241.

Garcia, M.A., Ferrero, C., Bertola, N., Martino, M. and Zaritzky, N., 2002, Edible Coating from Cellulose Derivatives to Reduce oil Uptake in Fried Productse, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3: 391-397.

Table 1 Sensory score of heating used microwave at different time

Microwave Heating time (s)	Color	Odor	Flavor	Texture (Crispy)	Overall liking
60	6.51±1.55[b]	6.25±1.60[b]	5.95±1.77[b]	5.33±2.02[c]	6.11±1.65[b]
90	7.88±0.84[a]	7.86±0.79[a]	8.13±0.74[a]	7.96±0.90[a]	8.36±0.60[a]
120	6.43±1.24[b]	6.51±1.46[b]	6.45±1.69[b]	6.21±1.86[b]	6.30±1.66[b]

Values are expressed as the mean + standard deviation. Different letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

Table 2 Color and Shear force value of heating used microwave at different time

Microwave Heating time (s)	L*	a*	b*	Shear Force (g)
60	46.38 ±2.56[a]	3.48 ±1.02[c]	21.32 ±0.84[c]	11,331.00± 1,525.97[a]
90	45.46± 1.38[b]	3.97 ±1.33[b]	23.44± 2.09[b]	6,598.34 ±1,452.34[b]
120	43.81 ±1.69[c]	4.51± 1.63[a]	23.48± 1.44[a]	5,167.65 ±1,345.25[c]

Values are expressed as the mean + standard deviation. Different letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

Table 3 Chemical characteristics of heating used microwave at different time

Chemical characteristics	Microwave Heating time (s)		
	60	90	120
Protein	2.36 ± 0.03[a]	2.35 ± 0.04[b]	2.17 ± 0.01[c]
Fat	20.52 ± 0.36[a]	17.25 ± 0.05[b]	10.59 ± 0.14[c]
Carbohydrate	66.36 + 0.03[c]	74.51 + 0.03[b]	85.16 + 0.02[a]
Moisture	9.23 ± 0.20[a]	4.26 ± 0.05[b]	0.43 ± 0.00[c]
Ash	1.34 ± 0.01[c]	1.46 ± 0.03[b]	1.51 ± 0.02[a]
Crude Fiber	0.19 ± 0.01[a]	0.17 ± 0.01[b]	0.14 ± 0.01[c]
Energy (Kcal)	459.56 + 0.26[b]	462.69 + 0.07[a]	444.63 + 0.89[c]
a_w	0.70 ± 0.00[a]	0.45 ± 0.00[b]	0.30 ± 0.00[c]
OU%	-13.30 ± 0.94[c]	-26.27 ± 1.78[b]	-34.59 ± 1.86[a]

Values are expressed as the mean + standard deviation. Different letters in the same row indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

การพัฒนากระถางชีวภาพจากปุ๋ยหมักผักตบชวา
Development of Biological Pot from Water Hyacinth Compost

ปรัชวนี พิบำรุง[1] และ อันธิกา หุ่นโสภา[1]
Pibumrung, P.[1] and Hoonsopa, A.[1]

Abstract

The objective of this research was to determine the properties of biological pot from water hyacinth and manure compost. The experiment was a randomized complete block design with five treatments and three replications. The forming of biological pots compressed with hydraulic compressor at 100-150 newton. The properties of water absorption, porosity, compression test and plant nutrients were studied. The result showed that water absorption, porosity and compress test ranged at 64.05-94.35%, 52.02-83.41% and 6.59-9.80 x 10^3 N/m^2, respectively. In terms of average total major plant nutrients, with value of total nitrogen, available phosphorus and potassium of 0.48-1.31%, 1.05-1.38 % and 0.70-1.14%, respectively. The biological pot from water hyacinth compost without manure (control) had the highest average water absorption and porosity, whereas average compression test lowest. The biological pot from water hyacinth and mealworm waste compost had higher total major plant compared to the control ($p<0.01$).

Keywords: biological pot, water hyacinth, compost, plant nutrient

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของกระถางชีวภาพปุ๋ยหมักผักตบชวาและมูลสัตว์ วางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ขึ้นรูปกระถางด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิคแบบโยกด้วยแรงอัด 100-150 นิวตัน และศึกษาคุณสมบัติการดูดซับน้ำ ความพรุน การทนต่อแรงกดอัด และปริมาณธาตุอาหารพืช ผลการศึกษาพบว่า กระถางชีวภาพปุ๋ยหมักผักตบชวามีคุณสมบัติการดูดซับน้ำเฉลี่ย ความพรุนเฉลี่ย และการทนต่อแรงกดอัดเฉลี่ยระหว่าง 64.05-94.35%, 52.02-83.41% และ 6.59-9.80 x 10^3 N/m^2 ตามลำดับ ในด้านธาตุอาหารหลักของพืชกระถางชีวภาพปุ๋ยหมักผักตบชวามีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยระหว่าง 0.48-1.31%, 1.05-1.38 % และ 0.70-1.14% ตามลำดับ โดยกระถางชีวภาพปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ไม่ผสมมูลสัตว์ (ชุดควบคุม) มีค่าการดูดซับน้ำเฉลี่ย และความพรุนเฉลี่ยสูงสุด แต่มีการทนต่อแรงกดอัดเฉลี่ยต่ำสุด และกระถางชีวภาพปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลหนอนนกมีปริมาณธาตุอาหารหลักพืชเฉลี่ยสูงสุดแตกต่างจากกรรมวิธีชุดควบคุม

คำสำคัญ: กระถางชีวภาพ ผักตบชวา ปุ๋ยหมัก ธาตุอาหารพืช

คำนำ

การทำปุ๋ยหมักเป็นกระบวนการย่อยสลายอินทรียสารที่มีศักยภาพ ปุ๋ยหมักที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายสมบูรณ์โดยจุลินทรีย์แล้ว จะมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ไม่มีอินทรียสารวัชพืชและเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อพืช (Wu และคณะ, 2000) ปุ๋ยหมักใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติดินทั้งด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน รวมทั้งปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ดิน และสภาพแวดล้อม (บัญชา, 2556) การใช้ปุ๋ยหมักผักตบชวาเพื่อการเกษตรนั้น นอกจากความสำคัญเพื่อการใช้ประโยชน์วัชพืชน้ำแล้ว ยังเป็นประโยชน์ด้านการเพิ่มธาตุอาหารพืชอีกด้วย โดยปุ๋ยหมักผักตบชวาที่มีการใส่ปุ๋ยคอกลงไป จะช่วยเพิ่มแหล่งคาร์บอนสำหรับจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย ปุ๋ยหมักที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายแล้วจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนจากความเป็นกรดเข้าสู่ความเป็นกลาง (Singh และ Kalamdhad, 2015) มีธาตุอาหารพืชทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม (Singh และ Kalamdhad, 2013) ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และยับยั้งเชื้อโรคพืชจากดินอีกด้วย (Balasubramanian และคณะ, 2013)

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Department of Plant Production Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000

สำหรับกระถางปลูกพืชโดยทั่วไปนั้นเป็นกระถางพลาสติกที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ มีต้นทุนการผลิตต่ำและมีความทนทาน แต่เมื่อใช้แล้วจะเปลี่ยนเป็นขยะที่ย่อยสลายยากและสร้างปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม (Candido และคณะ, 2011) การพัฒนากระถางชีวภาพจากวัสดุธรรมชาติที่เหมาะสมเป็นกระถางปลูกพืชที่สามารถย้ายพืชปลูกนั้นลงดินพร้อมกระถาง รากพืชเจริญเติบโตต่อเนื่อง และกระถางย่อยสลายได้มวลชีวภาพและอนินทรียสารในดินสำหรับการเจริญเติบโตของพืชต่อไป นอกจากช่วยลดแรงงานการย้ายพืชปลูกลงดินแล้ว ยังเป็นการนำของเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ ลดการปนเปื้อนจากขยะในดิน รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายในการรีไซเคิลกระถางพลาสติกใช้แล้ว (Schettini และคณะ, 2013) อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของกระถางชีวภาพนั้นจะแตกต่างกันไปตามชนิดและส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระถางชีวภาพจากปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ผสมมูลสัตว์ต่างชนิดกัน เป็นการใช้ประโยชน์ผักตบชวาและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมปุ๋ยหมักผักตบชวา โดยการนำผักตบชวาทุกส่วนมาตัดสับให้มีขนาด 0.5-1.0 นิ้ว ทิ้งไว้ให้แห้ง ตั้งกองทำปุ๋ยหมักร่วมกับมูลสัตว์ (อัตราส่วนผักตบชวาต่อมูลสัตว์ 8:2 โดยน้ำหนัก) โดยใช้สารเร่ง พด. 1 และเชื้อราไตรโคเดอร์มาสด ผลิตปุ๋ยหมักจำนวน 5 สูตร สูตรละ 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) ปุ๋ยหมักผักตบชวา (ผักตบชวาไม่ผสมมูลสัตว์, ชุดควบคุม; WH) 2) ปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลหนอนนก (WHMW) 3) ปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลไก่ (WHCK) 4) ปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลสุกร (WHPG) และ 5) ปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลโค (WHCW) รดน้ำและกลับกองทุกสัปดาห์เป็นเวลา 2 เดือน เก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) การนำไฟฟ้า (Conductivity meter) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Walkley and Black, 1934) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดโดยเทคนิค Dry combustion โดยวิธี Medium-temperature resistance Furnace method) ปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl method ปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธี Spectrophotometric molybdovanadophosphate method และปริมาณโพแทสเซียมด้วยวิธี Flame photometric method (ปรัชวนี และชมพร, 2558) จากนั้นนำปุ๋ยหมักมาบดผสมกับกาวแป้งเปียก (อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 380 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร) คลุกเคล้าปุ๋ยหมักกับแป้งเปียก (อัตราส่วนผสมปุ๋ยหมักต่อกาวแป้งเปียกเท่ากับ 4:3 โดยน้ำหนัก) ให้เข้ากัน นำไปขึ้นรูปกระถางวางผึ่งลมให้แห้ง ตัดตัวอย่างแผ่นทดสอบจากด้านบนกระถางชีวภาพ ขนาด 1.5x7.5x10 cm^3 นำไปทดสอบการดูดซึมน้ำและการรับแรงกดอัด โดยใช้แรงกด 10.85x104 N/m^2 นาน 2 นาที (กิตติชัยและคณะ, 2558) วัดค่าความพรุน (เตือนใจ และคณะ, 2561) และวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช นำข้อมูลที่ได้มาทดสอบความแปรปรวนและวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมบัติด้านกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมักผักตบชวา

จาก Table 1 แสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยหมักผักตบชวาทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง (6.69-6.92) เมื่อการย่อยสลายสมบูรณ์ (Singh และ Kalamdhad, 2015) และค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยที่ระดับ 6.0-8.5 เหมาะสมสำหรับปลูกพืชทั่วไป ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของปุ๋ยหมักผักตบชวาทุกสูตรอยู่ในระดับไม่เค็ม (1.18-1.94 dS/m) ไม่กระทบกระเทือนต่อพืชปลูก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลหนอนนกมีค่าสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ไม่ผสมมูลสัตว์ (สูตรควบคุม) ปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ผสมมูลสัตว์ทุกสูตรมีปริมาณธาตุอาหารหลักเฉลี่ยสูงกว่าสูตรควบคุม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของมูลสัตว์จะมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าปุ๋ยหมักจากเศษพืช (Al-Turki, 2010) โดยปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลหนอนนกมีค่าปริมาณธาตุอาหารหลักเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาได้แก่ปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลไก่ เนื่องจากมูลหนอนนกให้ธาตุอาหารหลักสูงกว่ามูลไก่และมูลโค (ปรัชวนี และชมพร, 2558) แต่ปุ๋ยหมักในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณธาตุอาหารเฉลี่ยต่ำกว่าปุ๋ยหมักผักตบชวาจากมูลหนอนนกและมูลไก่ (ปรัชวนี และเพชรพิกุล, 2559) เนื่องจากส่วนผสมของมูลหนอนนกและมูลไก่ที่ใช้มีอัตราต่ำกว่า รวมทั้งไม่มีหินฟอสเฟตเป็นส่วนผสม โดยทั่วไประหว่างการทำปุ๋ยหมักจะมีปริมาณไนโตรเจนส่วนหนึ่งสูญเสียไปกับการระเหยในรูปแอมโมเนีย และก๊าซไนโตรเจนจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและดีไนตริฟิเคชัน รวมทั้งการสูญเสียไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ชะละลายไปกับน้ำได้บางส่วน (LÜ และคณะ, 2013, Yang และคณะ, 2019) อย่างไรก็ตามเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักแล้วปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะเพิ่มขึ้น (LÜ และคณะ, 2013) ซึ่งผลการศึกษาปุ๋ยหมักผักตบชวาทุกสูตรมีปริมาณอินทรียวัตถุ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่เกิน 20:1 และปริมาณธาตุอาหารหลักเฉลี่ยเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2557)

สมบัติกระถางชีวภาพปุ๋ยหมักผักตบชวา

จาก Table 2 กระถางชีวภาพจากปุ๋ยหมักผักตบชวามีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยระหว่าง 64.05-94.35% ความพรุนเฉลี่ยระหว่าง 52.02-83.24% การทนต่อแรงกดอัดเฉลี่ยระหว่าง 6.59-9.80 x 10^3 N/m^2 กระถางชีวภาพชุดควบคุมมีอัตราการดูดซับน้ำและความพรุนเฉลี่ยสูงสุด และการทนต่อแรงกดอัดเฉลี่ยต่ำสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกระถางชีวภาพจากปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลไก่ มูลสุกร และมูลโค แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกระถางชีวภาพจากปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลหนอนนก เนื่องจากมูลหนอนนกมีเส้นใยจากเศษพืชผัก ผลไม้ และเปลือกเมล็ดข้าวสาลีเป็นองค์ประกอบมากกว่ามูลสัตว์ทั่วไป ซึ่งปริมาณเส้นใยพืชมีส่วนประกอบหลักของเซลลูโลสและส่วนที่ไม่ใช่เซลลูโลส เป็นวัสดุธรรมชาติที่มีความเหมาะสมสำหรับการเป็นวัสดุคอมโพสิทชีวภาพ (De rosa, 2010) และส่งผลให้กระถางชีวภาพมีค่าการดูดซึมน้ำสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้การใช้อัตราส่วนของกาวแป้งเปียกสูงส่งผลให้พื้นผิววัสดุมีการอัดตัวกันแน่น และมีการดูดซับน้ำได้น้อยลง (กิตติชัย และคณะ, 2558) แสดงให้เห็นว่าอัตราการดูดซับน้ำขึ้นอยู่กับความหยาบละเอียด ความพรุน ขนาดและจำนวนช่องว่างของพื้นผิวกระถางชีวภาพกระถางที่มีพื้นผิวหยาบและมีความพรุนสูง จะสามารถดูดซับน้ำได้มากกว่ากระถางที่มีพื้นผิวละเอียด (Jirapornvaree และคณะ, 2017) สอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้โดยกระถางชีวภาพจากปุ๋ยหมักผักตบชวาที่มีความพรุนสูง จะมีค่าการดูดซับน้ำสูง และมีค่าการทนต่อแรงกดอัดต่ำ และค่าการดูดซับน้ำและการทนต่อแรงกดอัดของกระถางชีวภาพผักตบชวาในครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับกระถางชีวภาพผักตบชวา (66.51-75.60% และ 5.76-16.39 x 10^3 N/m^2 ตามลำดับ) (กิตติชัย และคณะ, 2558) และมีค่าความพรุนใกล้เคียงกับกระถางชีวภาพจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด (เตือนใจ และคณะ, 2561)

ด้านปริมาณธาตุอาหารหลักพบว่า กระถางชีวภาพปุ๋ยหมักผักตบชวามีค่าปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยระหว่าง 0.48-1.11 %, 1.05-1.38 % และ 0.70-1.14 % โดยกระถางชีวภาพชุดควบคุมมีปริมาณธาตุอาหารหลักเฉลี่ยต่ำสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกระถางชีวภาพปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลสัตว์ทุกชนิด และกระถางชีวภาพจากปุ๋ยหมักผักตบชวาทุกสูตรมีค่าปริมาณธาตุอาหารหลักเฉลี่ยต่ำกว่าปุ๋ยหมักจากผักตบชวาที่เป็นวัสดุตั้งต้นทุกสูตร เนื่องจากเมื่อนำมาขึ้นรูปเป็นกระถางชีวภาพจำเป็นต้องมีการใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน จึงทำให้กระถางชีวภาพมีส่วนผสมของกาวแป้งเปียกร่วมกับกับปุ๋ยหมัก อย่างไรก็ตามปริมาณธาตุอาหารหลักเฉลี่ยของการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าปริมาณธาตุอาหารหลักของกระถางชีวภาพจากผักตบชวา ขุยมะพร้าว และฟางข้าว (กิตติชัย และคณะ, 2558) และกระถางย่อยสลายได้จากอุตสาหกรรมสับปะรด (Jirapornvaree และคณะ, 2017) เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถางชีวภาพคือปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ผ่านกระบวนการหมักและย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์แล้ว จึงมีสมบัติและธาตุอาหารพืชเหมาะสมสำหรับการเป็นปุ๋ยในภาชนะปลูกและการย้ายพืชปลูกลงดินต่อไป

สรุปผล

ผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่ากระถางชีวภาพจากปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลสัตว์ทุกสูตรมีค่าการดูดซับน้ำเฉลี่ย และความพรุนเฉลี่ยต่ำกว่าชุดควบคุม แต่มีค่าการทนต่อแรงกดอัดและปริมาณธาตุอาหารหลักเฉลี่ยสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการพัฒนากระถางชีวภาพจากปุ๋ยหมักผักตบชวาผสมมูลสัตว์ จึงมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นภาชนะปลูกพืชที่ย่อยสลายและให้ธาตุอาหารพืชได้ดีกว่าการใช้ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2557, ประกาศกรมวิชาการเกษตรเรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557, ราชกิจจานุเบกษา, หน้า 4.

กิตติชัย โสพันนา วิชชุดา ภาโสม และอนันตสิทธิ์ ไชยวังราช, 2558, การประดิษฐ์และสมบัติของกระถางชีวภาพ, SNRU Journal of Science and Technology, 7(2): 1-7.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 10, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 547 หน้า.

เตือนใจ ปิยัง วรรณิภา ไชยชาญ และกัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์, 2561, การผลิตกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากกากตะกอนน้ำมันปาล์ม และวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 10(3): 497-511.

บัญชา รัตนีทู และศิราณี วงศ์กระจ่าง. 2556. คุณค่าของปุ๋ยหมักในการเกษตร. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 5(4): 174-183.

ปรัชวนี พิบำรุง และชมพร สุวินทรากร, 2558, ผลการใช้มูลหนอนนกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือยาวในระบบเกษตรอินทรีย์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46(3) (ฉบับพิเศษ): 313-316.

ปรัชวนี พิบำรุง และเพชรพิกุล วางมูล, 2559, การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาสำหรับชุมชน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 47(2) (ฉบับพิเศษ): 117-120.

Al-Turki, A.I., 2010, Quality Assessment of Commercially Produced Composts in Saudi Arabia, International Journal Agriculture Research, 5(2): 70-79.

Balasubramanian, D., Arunachalam, K., Arunachalam, A. and Das, A.K., 2013, Water Hyacinth [*Eichhornia crassipes* (Mart.) Sloms.] Engineered Soil Nutrient Availability in a Low-land Rain-fed Rice Farming System of North-east India, Ecological Engineering, 53: 3-12.

Candido, V., Castronuouo, D. and Miccolos, V., 2011, The Use of Biodegradable Pots for the Cultivation of Poinsettia, Acta Horticulturae, 1-8.

De Rosa, I. M., Kenny, J. M., Puglia, D., Santulli, C. and Sarasini, F., 2000, Morphological Thermal and Mechanical Characterization of Okra (*Abelmoschus esculentus*) Fibres as Potential Reinforcement on Polymer Composites, Composites Science and Technology, 70(1): 116-122.

Jirapornvaree, I., Suppadit, T. and Popan, A., 2017, Use of Pineapple Waste for Production of Decomposable Pots, International of Journal Recycling of Organic Waste in Agriculture, 6: 345-350.

Lasaridi K., Protopapa I., Kotsou M., Pilidis G., Manios T., and Kyriacou A., 2006, Quality Assessment of Composts in the Greek Market: the Need for Standards and Quality Assurance, Journal of Environment Management, 80: 58-65.

LÜ, D., Yan, B., Wang, L., Deng, Z., and Zhang, Y., 2013, Changes in Phosphorus Fractions and Nitrogen Forms During Composting of Pig Manure with Rice Straw, Journal of Integrative Agriculture, 12(10): 1855-1864.

Schettini, E., Santgata, G., Malinconico, M. et al., 2013, Recycled Wastes of Tomato and Hemp Fibres for Biodegradable Pots: Physio-chemical Characterization and Field Performance, Resources, Conservation and Recycling, 70: 9-19.

Singh, J. and Kalamdhad, A.S., 2013, Assessment of Bioavailability and Leachability of Heavy Metals During Rotary Drum Composting of Green Waste (Water Hyacinth), Ecological Engineering, 52: 59-69.

Singh, J. and Kalamdhad, A.S., 2015, Assessment of compost quality in agitated pile composting of water hyacinth collected from different sources, International of journal recycling of organic waste in agriculture, 4: 175-183.

Walkley, A. and Black, I. A., 1934, Soil Science pp. 29-38, In: Soil and Plant Analysis. By, C. S. Piper, (1966), Hans Publication, Bombay, p. 213- 229.

Wu, L., Ma, L.Q. and Martinez, C.A., 2000, Comparison of Methods for Evaluating Stability and Maturity of Biosolids Compost, Journal of Environment Quality, 29: 424-429.

Yang, X., Liu,E., Zhu, X., Wang, H., Liu, H., Liu, X. and Dong, W., 2019, Impact of Composting Methods on Nitrogen Retention and Losses During Dairy Manure Composting, International Journal Environment Research and Public Health, 16 (3324): 1-17.

Table 1 Properties of the water hyacinth compost.

Treatment		pH	EC (dS/m)	OM (%)	C/N	Total N (%)	Avail. P (%)	Avail. K (%)
WH		6.85	1.18 a	36.33	19.87	0.82 a	1.16 a	0.73 a
WHMW		6.77	1.94 b	34.16	13.47	1.49 b	1.48 b	1.50 b
WHCK		6.69	1.52 ab	33.45	14.80	1.31 b	1.37 ab	1.35 b
WHPG		6.90	1.40 ab	32.71	15.53	1.25 ab	1.32 ab	1.32 b
WHCW		6.92	1.35 ab	32.80	16.19	1.17 ab	1.30 ab	1.21 b
CV%		3.61	17.37	8.96	14.20	10.25	6.17	6.15
F-test		ns	*	ns	ns	**	**	**

Remark; ns, *, ** : not significantly, significantly different at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively

Table 2 Properties of the material samples from biological pots.

Treatment	water absorption (%)	porosity (%)	Compress test (X 10^3 N/m^2)	Total N (%)	Avail. P (%)	Avail. K (%)
WH	94.35 a	83.24 a	6.59 a	0.48 a	1.05 a	0.70 a
WHMW	88.64 ab	74.07 b	7.71 ab	1.31 b	1.38 b	1.14 b
WHCK	73.96 bc	61.67 c	8.65 bc	1.19 b	1.36 b	1.02 b
WHPG	66.47 c	55.53 c	9.26 cd	1.16 b	1.25 b	0.99 b
WHCW	64.05 c	52.02 c	9.80 d	1.11 b	1.22 b	0.93 b
CV%	9.84	6.99	5.73	17.69	5.58	8.45
F-test	**	**	**	**	**	**

Remark; ns, *, ** : not significantly, significantly different at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively

การใช้ไคโตซานร่วมกับสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการตรวจคุณภาพของมะเขือเทศราชินีตัดแต่งที่ปนเปื้อนเชื้อ *Escherichia coli*

Use of Chitosan and Carbon Dioxide Adsorption for the Quality Monitor of Fresh-cut Cherry Tomatoes Contaminated with *Escherichia coli*

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[1] พิมพ์วิภา ศรีธิ[1] และ พริมา พิริยางกูร[2]

Poubol, J.[1], Srithi, P.[1] and Phiriyangkul, P.[2]

Abstract

The use of chitosan and CO_2 absorption for quality monitoring of fresh-cut cherry tomatoes contaminated with *Escherichia coli* was studied. Fruits were washed and dipped in 100 ppm chlorinated water for 1 min. They were longitudinally cut into pieces and placed in vacuum plastic boxes, then they were inoculated with 1.5×10^8 CFU/ml of *E. coli* suspensions. A cup of 6 mL chitosan-2-amino 2-methyl 1-propanol (AMP) solution (0.5% chitosan + 10% AMP) were placed in the boxes. The lids were closed and stored at 10 and 37°C. O_2 and CO_2 concentrations were analyzed. Solubility and pH of chitosan-AMP solution were determined. Total microbial and *E. coli* of fresh-cut tomatoes were enumerated. The results showed that CO_2 increased with storage temperature. Chitosan-AMP solution could absorbed CO_2 resulting in dissolving chitosan crystal to clearer solution, which related to the decreasing of tomatoes quality. It could be used to monitor quality of fresh-cut tomatoes.

Keywords: Chitosan, 2-amino 2-methyl 1-propanol (AMP), *E. coli*, Cherry tomatoes

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้ไคโตซานร่วมกับสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการตรวจสอบคุณภาพมะเขือเทศราชินีตัดแต่งที่ปนเปื้อน *Escherichia coli* โดยล้างผลมะเขือเทศและจุ่มในน้ำคลอรีน 100 พีพีเอ็ม นาน 1 นาที หั่นเป็นชิ้นตามยาว บรรจุในกล่องพลาสติกสุญญากาศแล้วผสมกับสารแขวนลอย *E. coli* (1.5×10^8 CFU/ml) นำถ้วยที่บรรจุสารละลายไคโตซาน-2-amino 2-methyl 1-propanol (เอเอ็มพี) (ไคโตซานร้อยละ 0.5 + เอเอ็มพีร้อยละ 10) ปริมาตร 6 มิลลิลิตร ใส่ลงในกล่อง ปิดฝา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส วัดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การละลาย ความเป็นกรด-ด่างของสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพี นับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและ *E. coli* ในมะเขือเทศตัดแต่ง ผลการทดลองพบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เก็บรักษา โดยสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้เกิดการละลายของผลึกไคโตซานและได้สารละลายที่ใสขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของคุณภาพมะเขือเทศ ดังนั้นจึงสามารถใช้ตรวจสอบคุณภาพของมะเขือเทศตัดแต่งได้

คำสำคัญ: ไคโตซาน 2-อะมิโน 2-เมทิล 1-โพรพานอล (เอเอ็มพี) อี.โคไล มะเขือเทศราชินี

คำนำ

ไคโตซานเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติไม่เป็นพิษ สามารถละลายได้ในสภาวะที่มีความเป็นกรดแต่ไม่สามารถละลายได้ในน้ำ โดยจะพบเป็นผลึก (semi-crystalline) เกิดขึ้นในสารละลาย (Rinaudo, 2006) *E. coli* เป็นแบคทีเรียแกรมลบที่พบปนเปื้อนมากในผลิตผลทางการเกษตร โดยในระหว่างที่ *E. coli* เจริญจะสามารถสร้าง CO_2 ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำแล้วได้กรดคาร์บอนิก หาก CO_2 ละลายในสารละลายไคโตซานจะทำให้ได้สารละลายที่มีความใสมากขึ้น จึงสามารถนำการเปลี่ยนแปลงของสารละลายไคโตซานมาใช้เป็นดัชนีในการตรวจวัดการเจริญของ *E. coli* ที่ปนเปื้อนในมะเขือเทศตัดแต่งได้ มีรายงานการทดลองใช้สารละลายไคโต

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

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

ซานผสมสารดูดซับ CO_2 (AMP) ในการตรวจวัด CO_2 ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักกิมจิ (Jung และคณะ, 2013) ซึ่งพบว่าในระหว่างการหมัก lactic acid bacteria มีการเจริญและสร้าง CO_2 ซึ่งเมื่อ CO_2 ละลายในสารละลายไคโตซานที่บรรจุในภาชนะหมักกิมจิทำให้สารละลายไคโตซานมีความใสมากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถใช้สารละลายไคโตซานผสม AMP เป็นดัชนีในการบ่งบอกถึงการนำกิมจิไปรับประทานได้ (Jung และคณะ, 2013) ซึ่งการเติมสารดูดซับ CO_2 ลงในสารละลายไคโตซานจะช่วยให้สารละลายไคโตซานสามารถดูดซับ CO_2 ได้มากขึ้นและเกิดการละลายของไคโตซานได้มากขึ้น สารดูดซับ CO_2 มีหลายชนิด เช่น $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3, CaO (Lee, 2016) และ AMP (Jung และคณะ, 2013) เป็นต้น งานวิจัยนี้สนใจศึกษาถึงการใช้สารละลายไคโตซานร่วมกับ AMP ในการตรวจคุณภาพของมะเขือเทศราชินีตัดแต่งที่ปนเปื้อนเชื้อ *Escherichia coli*

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพี

ละลาย 50,000-190,000 Da low molecular weight chitosan (Sigma-Aldrich, USA) ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ดีที่สุดในการยับยั้งการเจริญของ *E. coli* (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2557) และ AMP (PanReac Applichem, Germany) ความเข้มข้นร้อยละ 10 ลงในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นดูดสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพี ปริมาตร 6 มิลลิลิตร ใส่ลงในถ้วยพลาสติกใส แล้วนำไปวางลงในกล่องพลาสติกสุญญากาศขนาดปริมาตร 2,000 มิลลิลิตร ที่เตรียมไว้สำหรับการเก็บรักษามะเขือเทศราชินีตัดแต่งที่หั่นครึ่งตามความยาวผล

2. การเตรียมสารแขวนลอยของเชื้อ *E. coli* และการปลูกเชื้อลงบนมะเขือเทศราชินีตัดแต่ง

ล้างเซลล์แขวนลอยของเชื้อ *E. coli* TISTR527 (ศูนย์จุลินทรีย์ วว. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) ซึ่งเพาะเลี้ยงในอาหาร nutrient broth (Himedia, India) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วจำนวน 2 ครั้ง เก็บเซลล์โดยปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge (CR21GIII, Hitachi Koki, Japan) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความเร็ว 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เจือจางให้ได้ความเข้มข้น 1.5×10^8 CFU/ml แล้วดูดเซลล์แขวนลอยของเชื้อปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เกลี่ยผสมให้ทั่วชิ้นมะเขือเทศราชินีตัดแต่งหนัก 30 กรัม ซึ่งบรรจุในกล่องพลาสติกสุญญากาศที่เตรียมไว้ในข้อ 1. ปิดฝากล่องให้สนิท นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน การเตรียมมะเขือเทศราชินีตัดแต่งทำโดยคัดเลือกผลที่ปราศจากตำหนิ ตัดเป็นชิ้นโดยหั่นครึ่งตามความยาวของผล ตอบ เป็นวิธีการที่ผู้วิจัยทดลองทำในงานวิจัยนี้ สำหรับน้ำหนักมะเขือเทศราชินีตัดแต่งได้เขียนไว้แล้วใน ข้อ 2.

3. การวัดการเปลี่ยนแปลงของสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพี และการตรวจคุณภาพของมะเขือเทศราชินีตัดแต่ง

วัดความเข้มข้นของ O_2 และ CO_2 ภายในภาชนะบรรจุด้วยเครื่องวัดก๊าซ (DP-28 MAP, Nanosens Sp. z.o.o., Poland) วัดความสามารถในการละลายของสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีด้วยเครื่องวัดสี (NR200, Shenzhen 3NH Technology Co., Ltd, China) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพี ด้วยเครื่องวัด pH (pHTestr® 10BNC, spear, EUTECH Instruments, Singapore) ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และ *E. coli* ในมะเขือเทศตัดแต่ง รายงานผลเป็นค่า Log CFU/g (วิธีการของ Poubol และคณะ, 2018) และตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของมะเขือเทศราชินีตัดแต่ง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดย Duncan's New multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงของสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพี และสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุมะเขือเทศราชินีตัดแต่ง

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีที่บรรจุในกล่องพลาสติก ซึ่งเก็บรักษามะเขือเทศราชินีตัดแต่งที่ปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* มีลักษณะเป็นสารแขวนลอยและมีตะกอนขุ่นขาวเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก (Figure 1) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากไคโตซานไม่ละลายน้ำจึงพบตะกอนขุ่นขาวเกิดขึ้น เมื่อเก็บรักษามะเขือเทศราชินีตัดแต่งไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส พบว่าสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เริ่มมีลักษณะใสขึ้นแต่ยังพบตะกอนขุ่นขาวเกิดขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่สารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เริ่มมีลักษณะใสแต่พบตะกอนขุ่นขาวเกิดขึ้นเยอะกว่าสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่าสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน มีลักษณะใสและไม่พบตะกอนขุ่นขาวเกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่าไคโตซานสามารถละลายได้หมด ในขณะที่สารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มี

ลักษณะเริ่มใสมากขึ้นแต่ยังพบตะกอนขุ่นขาวเกิดขึ้น แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน พบว่าไคโตซานสามารถละลายได้หมด เนื่องจากไคโตซานเป็นสารที่สามารถละลายได้ในสภาวะที่เป็นกรด (Rinaudc และคณะ, 1999) ดังนั้นการที่สารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีมีความใสมากขึ้นอาจเนื่องมาจากความเป็นกรดที่เพิ่มมากขึ้นของสารละลาย สอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่างที่พบว่าค่า pH ของสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีลดต่ำลง ซึ่งแสดงถึงความเป็นกรดที่เพิ่มมากขึ้น (Table 1)

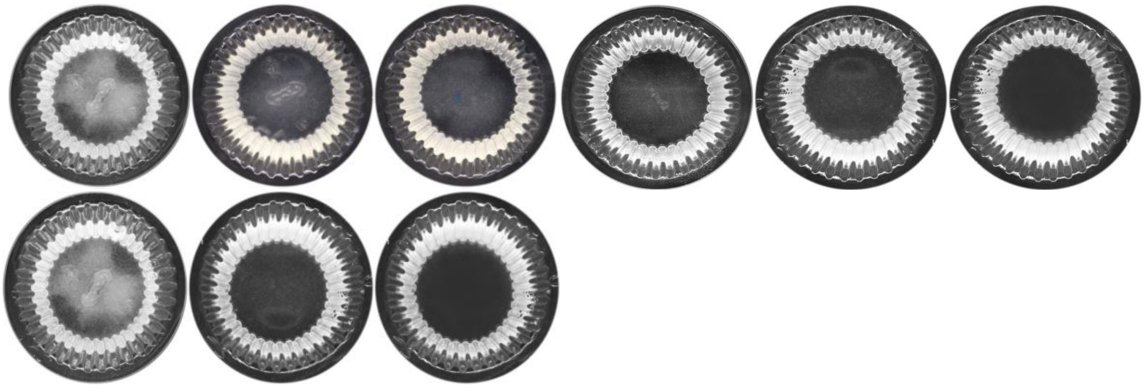


Figure 1 Appearance of chitosan-AMP solution inside fresh-cut tomato packages stored at 10 and 37°C for 15 days.

Table 1 Gas concentration (O_2 and CO_2) in the package, lightness (L* value) and pH of chitosan-AMP solution and microorganism (total count and *E. coli*) of fresh-cut cherry tomatoes stored at 10 and 37°C for 15 days.

Temperature (°C)	Days	Gas concentration (%)		L* value	pH	Microorganism (Log CFU/g)	
		O_2,	CO_2			Total count	*E. coli*
10	**0**	20.9	0	17.21	11.52	4.16	4.12
	3	20.9	0	20.22	9.45	4.49	3.48
	6	19.5	1	36.41	8.83	5.58	ND
	9	19.5	1	40.09	8.95	7.05	5.00
	12	17.8	2	42.26	8.90	5.90	ND
	15	14.8	2	45.68	8.86	6.22	6.61
37	**0**	20.9	0	17.21	11.52	4.16	4.12
	3	17.6	3	25.55	9.14	6.37	5.48
	6	13.7	6	36.49	8.81	8.25	7.28

ND: not determined

จากการตรวจวัดปริมาณก๊าซภายในภาชนะบรรจุมะเขือเทศราชินีตัดแต่ง พบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาในภาชนะบรรจุมีความเข้มข้นของ O_2 และ CO_2 เท่ากับร้อยละ 20.9 และ 0 ตามลำดับ (Table 1) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส พบว่าความเข้มข้นของ O_2 ลดลงในขณะที่มีความเข้มข้นของ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซในภาชนะบรรจุเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส *E. coli* สามารถเจริญได้ดีและสร้างก๊าซ CO_2 ได้สูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จึงเป็นเหตุให้มะเขือเทศมีการเสื่อมสภาพได้เร็วกว่า (Figure 2) จากการตรวจวัดค่าความสว่าง (L* value) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีที่บรรจุในภาชนะบรรจุมะเขือเทศตัดแต่ง พบว่าสารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีมีค่า L* value เพิ่มขึ้นในขณะที่มีค่า pH ลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งแสดงถึงสารละลายมีความเป็นกรดมากขึ้น จึงทำให้ไคโตซานละลายได้ดีและได้สารละสายที่มีความใสมากขึ้นดังนั้นจึงทำให้ค่า L* value เพิ่มมากขึ้น

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะเขือเทศราชินีตัดแต่งที่ปนเปื้อนเชื้อ *E. coli*

ในวันแรกของการเก็บรักษามะเขือเทศราชินีตัดแต่งมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ *E. coli* เท่ากับ 4.16 และ 4.12 Log CFU/g ตามลำดับ (Table 1) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ *E. coli* มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มะเขือเทศราชินีตัดแต่งมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ *E. coli* เพิ่มขึ้นเป็น 6.22 และ 6.11 Log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่มะเขือเทศราชินีตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ *E. coli* เพิ่มขึ้นสูงกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 8.25 และ 7.28 Log CFU/g ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดและ *E. coli* ในขณะที่อุณหภูมิ 10°C เป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าซึ่งจุลินทรีย์สามารถเจริญได้น้อยกว่า ดังมีรายงานการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเจริญของ *E. coli* ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่าง ๆ ซึ่งพบว่า *E. coli* เจริญได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับอุณหภูมิ 25 30 และ 45 องศาเซลเซียส (Noor และคณะ, 2013) สอดคล้องกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นและค่า pH ที่ลดต่ำลง (Table 1) อันเป็นผลมาจากการเจริญของจุลินทรีย์

Figure 2 Appearance of fresh-cut tomatoes during storage at 10 and 37°C for 15 days.

สรุปผล

สารละลายไคโตซาน-เอเอ็มพีสามารถดูดซับ CO_2 ภายในภาชนะบรรจุมะเขือเทศราชินีตัดแต่ง โดยได้สารละลายที่ใสขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ดังนั้นจึงสามารถใช้เป็นดัชนีในการตรวจสอบคุณภาพมะเขือเทศตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษาได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการวิจัยมุ่งเป้า วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ 2560 และได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนจากโครงการจัดตั้งภาควิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2562 ขอขอบคุณหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และ พริมา พิริยางกูร, 2557, ผลของสารละลายไคโทซานต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp., วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45(3/1): 69-72.

Jung, J., Lee, K., Puligundla, P. and Ko, S., 2013, Chitosan-based carbon dioxide indicator to communicate the onset of kimchi ripening, Food Science and Technology, 54: 101-105.

Lee, D.S., 2016, Carbon dioxide absorbers for food packaging applications, Trends in Food Science and Technology, 57: 146-155.

Noor, R., Islam, Z., Munshi, S.K. and Rahman, F., 2013, Influence of Temperature on *Escherichia coli* Growth in Different Culture Media, Journal of Pure and Applied Microbiology, 7(2): 899-904.

Poubol, J., Phiriyangkul, P. and Boonyaritthongchai, P., 2018, Antimicrobial Activity of Chitosan Coating on Asparagus Spears Against *Escherichia coli* and *Salmonella* sp., Acta Horticulturae, 1213: 511-516.

Rinaudc, M., 2006, Chitin and chitosan: properties and applications, Progress in Polymer Science, 31(7): 603-632.

Rinaudc, M., Pavlov, G. and Desbrieres, J., 1999, Solubilization of chitosan in strong acid medium, International Journal of Polymer Analysis and Characterization, 5(3): 267-276.

ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำเสริมโพรไบโอติก
Browning Iindex and Quality Changes of 'Khake Dam' Papaya Smoothies Enriched with Probiotic

พริมา พิริยางกูร[1] นันท์นภัส ขำโต[1] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[2]
Phiriyangkul, P.[1],Khamto, N.[1] and Poubol, J.[2]

Abstract

The aims of this study were (i) to evaluate the total soluble solid and (ii) to evaluate browning index and quality changes of 'Khake Dam' papaya smoothies enriched with *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) and *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) during storage at 4°C for 4 weeks. Ripe papaya pulp was macerated with sterile distilled water in the ratio of 2:1 (w/v), then, they were heated at 75°C for 15 seconds and cool down. They were inoculated with Lactic acid bacteria ($1.5x10^8$ CFU/ml) and kept in the refrigerator. The results showed that total soluble solid contents in all treatment trended to increase with the highest content was found at the 3rd week of storage (6.23-6.27°Brix). The color analysis revealed significantly changed in lightness (L* value), yellowness (b* value) and browning index. Visibility appearance of papaya smoothies in all treatment were dramatically changed at 3rd week of storage.

Keywords: Papaya Smoothies, Color change, Total soluble solid, Lactic acid bacteria

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อ 1) วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และ 2) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีและดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เสริมด้วยเชื้อ *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) และ *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยปั่นเนื้อมะละกอสุกกับน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วในอัตราส่วน 2:1 (w/v) จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที และทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติมแบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กทิก ($1.5x10^8$ CFU/ml) แล้วเก็บในตู้เย็น ผลการทดลองพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษา (6.23-6.27°Brix) จากการวิเคราะห์สีพบว่าค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*) และดัชนีการเกิดสีน้ำตาลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำเห็นได้ชัดในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษา

คำสำคัญ: มะละกอสมูทตี้ การเปลี่ยนแปลงสี ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มที่จะเลือกรับประทานอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอาหารและเครื่องดื่มเสริมสุขภาพ (Endrizzi และคณะ, 2006) แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเป็นจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในกระบวนการหมัก เนื่องจากเป็นการใช้เทคโนโลยีทางชีวภาพที่ช่วยรักษาและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มรสชาติ ยืดอายุการเก็บรักษา และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Karovicová และ Kohajdová, 2003; Cagno และคณะ, 2013) การใช้แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกสามารถส่งผลต่อปริมาณและชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผักและผลไม้ (Malaterre และคณะ, 2018) งานวิจัยนี้สนใจศึกษาการใช้มะละกอ (*Carica papaya* L.) กับแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก เนื่องจะมะละกอเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีรสชาติดี ประกอบด้วยวิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี และมีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น lycopene β-cryptoxanthin และ β-carotene ซึ่งมีปริมาณมากเมื่อผลเริ่มสุก (Sancho และคณะ, 2011) นอกจากนี้ยังประกอบด้วย phenol ซึ่งมีสมบัติช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและโรคหัวใจ และยังสามารถป้องกันการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากและมะเร็งลำไส้ได้ (Ali และคณะ, 2014) จุฑาทิพย์และคณะ

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

(2558) รายงานว่าน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เติมจุลินทรีย์โพรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* TISTR 1338 และ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถคงสภาพความเป็นผลิตภัณฑ์โปรไบโอติกได้นานถึง 4 สัปดาห์ โดยมีอัตราการอยู่รอดของเชื้อสูงกว่า 10^6 CFU/g จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการพบว่าน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำมีปริมาณกรดแลคติก วิตามินซี แคโรทีนอยด์ ไลโคปีน และสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (พริมา และคณะ; 2559) โดยผู้บริโภคยังให้การยอมรับในด้านสีเมื่อเก็บรักษามะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ (พริมา และคณะ, 2561) แต่อย่างไรก็ตามการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ในด้านสีมีความแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และการมองเห็นของผู้บริโภค ซึ่งสีของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกซื้อสินค้าของผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าสีมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ ได้แก่ ความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*), ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เติมและไม่เติม (ชุดควบคุม) แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกสายพันธุ์ *L. acidophilus* TISTR 1338 และ *L. casei* TISTR 1463

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลิตน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำผสมโพรไบโอติก (อัตราส่วนเนื้อมะละกอสุก 1 กิโลกรัม : น้ำ 500 มิลลิลิตร) โดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดทดลอง โดยชุดที่ 1 น้ำมะละกอสมูทตี้ที่ไม่เติมเชื้อโพรไบโอติก (ชุดควบคุม) ชุดที่ 2 น้ำมะละกอสมูทตี้ที่เติมเชื้อ *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) และชุดที่ 3 น้ำมะละกอสมูทตี้ที่เติมเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) โดยเติมเชื้อโพรไบโอติกให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 1.5×10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (total soluble solid, TSS) ด้วยเครื่อง RHBN-32ATC (ATC Brix) วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Choroma meter (รุ่น, cr-400) รายงานเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ค่าเฉดสี (Hue angle, h°) และค่าความเข้มของสี (Chroma, c*) วิเคราะห์ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index; BI) โดยคำนวณจากสมการ $BI = [100 * (X - 0.31)] / 0.17$ เมื่อ $X = (a^* + 1.75L^*) / (5.645L^* + a^* - 3.012b^*)$ (Ruangchakpet และ Sajjaanantakul, 2007) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan’s Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยใช้โปรแกรม R (The R Project for Statistical Computing) วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่ไม่เติมเชื้อโพรไบโอติก (ชุดควบคุม) และน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เติม *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์แรก (5.36°Brix) โดยมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 3 (6.24°Brix) และมีค่าลดลงเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 4 (5.97°Brix) ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Figure 1A) ซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ประกอบด้วยน้ำตาล กรดอินทรีย์ และแร่ธาตุ เป็นต้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้สอดคล้องกับที่มีรายงานการเพิ่มขึ้นของกรดแลกติกในน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำผสมโพรไบโอติก ในขณะที่น้ำมะละกอสมูทตี้ในชุดควบคุมมีปริมาณกรดแลกติกคงที่ (พริมา และคณะ, 2561) แสดงให้เห็นว่าปริมาณกรดแลกติกที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้สามารถบ่งชี้ถึงความอ่อนแก่ของผักผลไม้และความสดใหม่ Promyou และ Supapvanich (2016) รายงานว่ามะละกอพันธุ์แขกดำตัดแต่งพร้อมบริโภคเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เพิ่มขึ้น ในขณะที่กรดซาลิไซลิกช่วยชะลอการเพิ่มปริมาณของทั้งหมดที่ละลายได้และยืดอายุการเก็บรักษามะละกอ

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำในทุกชุดการทดลองพบว่าค่า a* มีค่าเป็นบวกซึ่งแสดงถึงสีแดง และมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure 1B-1G) ในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีสัมพันธ์กับค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลที่ $p<0.05$ ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของการเก็บรักษา โดยมีค่า b*, hue angle และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลมีค่าลดลง ในขณะที่ค่า L* และ c* มีค่าเพิ่มขึ้น (Figure 1D และ 1G) แสดงให้เห็นว่าค่าสีและค่าความสว่างของน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำมีการเปลี่ยนแปลงมากในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับในด้านสีและความชอบโดยรวมลดลงเมื่อเก็บรักษามะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำเป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ (พริมา และคณะ, 2561) จากการทดลองการยอมรับในด้านสีของผู้บริโภคแปรผันตรงกับค่า b*, hue angle และดัชนีการเกิดสีน้ำตาล แต่แปรผกผันกับค่า L* และ c*

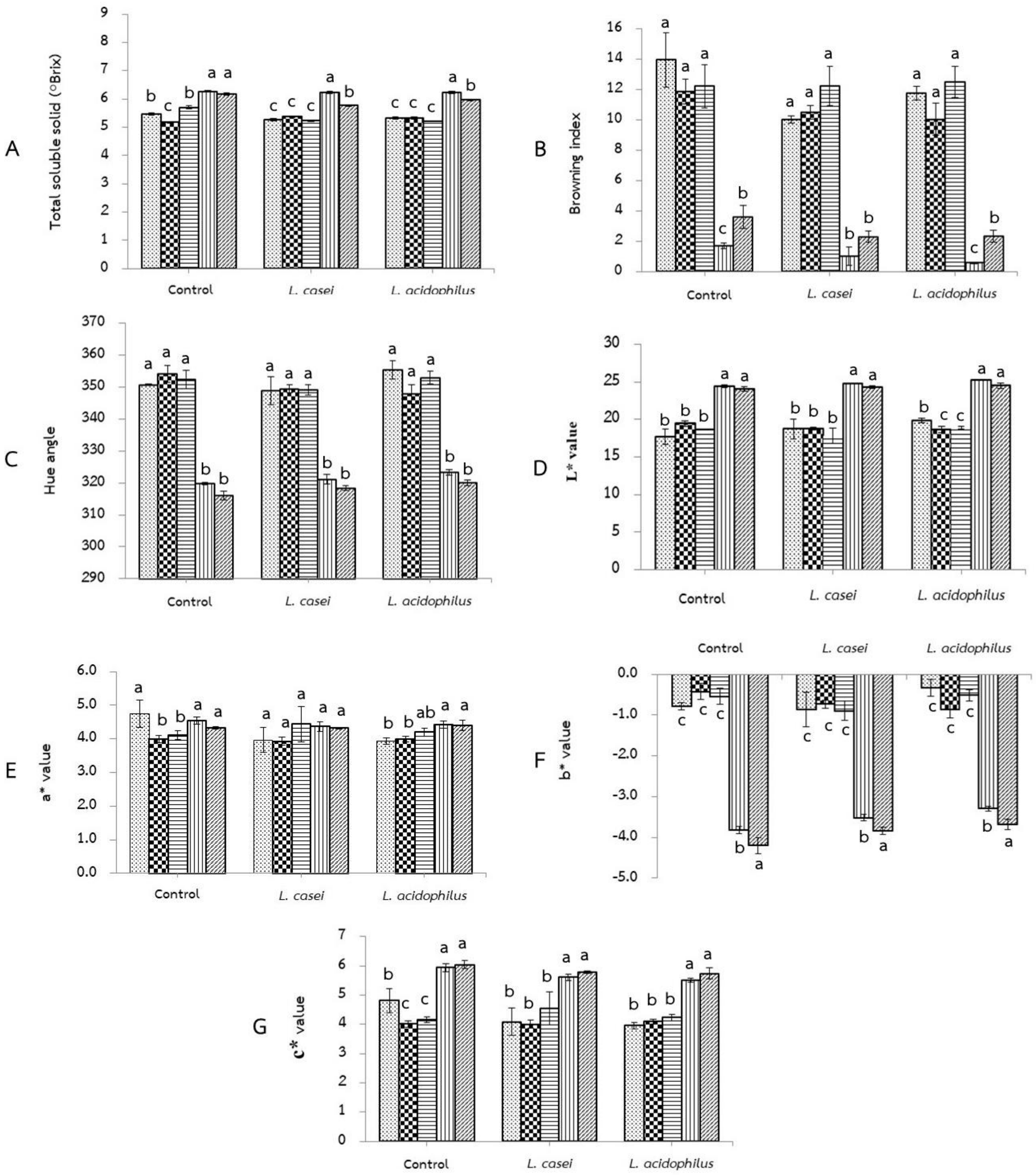


Figure 1 Total soluble solid (A), Browning Index (B), Hue angle (C), L* (D), a* (E), b* (F) and c* (G) values of "Khake Dam" papaya smoothies with probiotic *Lactobacillus casei* (TISTR 1463), *L. acidophilus* (TISTR 1336) and without probiotic (control) during storage at 4°C for 4 weeks (symbol , , , and represented at 0, 1, 2, 3 and 4 weeks of storage). Value are express as mean±S.E. Values not sharing a common letter are significantly different at $p<0.05$.

การเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นของน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหรือสารให้สี เช่น ไลโคปีนและแคโรทีนอยด์ โดยสารสีดังกล่าวอาจหลุดออกจากผนังเซลล์พืชหรือหลุดออกจากการเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโปรตีน ทำให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น (พริมา และคณะ, 2561) โดยเฉพาะถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 3 อาจส่งผลให้แคโรทีนอยด์ถูกทำลายได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเติมโปรตอนที่หมู่คาร์บอนิลจาก trifluoroacetic acid ส่งผลให้มีการเปลี่ยน cis-trans isomer และมีปฏิกิริยาการ

ย่อยสลายเกิดขึ้น (Mortensen และ Skibsted, 2000) จากงานวิจัยของพริมาและคณะ (2559) พบว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและวิตามินซีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณฟีนอลิกมีแนวโน้มลดลง ซึ่งการใช้แบคทีเรียผลิตกรดแลคติกในกระบวนการหมักส่งผลต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น การลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเนื่องจากการเปลี่ยนไปเป็นสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในรูปแบบอื่น และการลดลงของปริมาณน้ำตาล ในขณะที่ปริมาณ bioactive peptide, short chain fatty acid หรือพอลิแซคคาไรด์เพิ่มขึ้น (Malaterre และคณะ, 2018) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในระหว่างที่เกิดกระบวนการหมักอาจขึ้นกับสายพันธุ์ของเชื้อและชนิดของสารตั้งต้นในผักผลไม้

สรุปผล

น้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำในทุกชุดการทดลองมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3-4 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากหลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ประจำปี 2558 และได้รับการสนับสนุนการใช้สารเคมี อุปกรณ์ในงานวิจัยจากสาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เอกสารอ้างอิง

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

พริมา พิริยางกูร นันท์นภัส ขำโต และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, 2559, ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ฟีนอลิกและวิตามินซีในโพรไบโอติกมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 47: 425-428.

พริมา พิริยางกูร นันท์นภัส ขำโต และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, 2561, คุณสมบัติทางเคมีและลักษณะทางประสาทสัมผัสของโพรไบโอติกมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49: 501-504.

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

Endrizzi, I., Framondino, V., Ciaghi, R., and Gasperi, F., 2006, Towards a New Fruit Juice Line with a High healthy Power, Ingredienti Alimentari V, 1-7.

Cagno, R.D., Coda, R., Angelis, M.D., and Gobbetti, M., 2013, Exploitation of Vegetables and Fruits through Lactic Acid Fermentation, Food Microbiology, 33: 1-10.

Karovicová, J., and Kohajdová, Z., 2003. Lactic Acid Fermented Vegetable Juices, Horticultural Science, 30: 152-158.

Malaterre, A.S., Remize, F., and Poucheret, P., 2018, Fruits and Vegetables, As a Source of Nutritional Compounds and Phytochemicals: Changes in Bioactive Compounds during Lactic Fermentation, Food Research International, 104: 86-99.

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.

Promyou, S. and Supapvanich, S., 2016, Effects of Salicylic Acid Immersion on Physicochemical Quality of Thai Papaya Fruit ‘Kaek Dam’ during Storage, Acta Horticulturae, 105-112.

Ruangchakpet, A. and Sajjaanantakul, T., 2007, Effect of Browning on Total Phenolic, Flavonoid Content and Antioxidant Activity in Indian Gooseberry (*Phyllanthus emblica* Linn.), Kasetsart Journal (Natural Science), 41: 331-337.

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.

ผลของสารเคลือบผิวจากผักและผลไม้ต่อคุณภาพของสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 80
Effect of Coating from Vegetable and Fruit on the Quality of Strawberry cv. No. 80

เพ็ญแข รุ่งเรือง [1] กิริยา สังข์ทองวิเศษ [2] และธนากร น้อยนวล [1]
Rungrueng, P.[1], Sungthongwises, K. and Noinual, T.[1]

Abstract

The objective of this study was to extend shelf life of strawberries with vegetable and fruit extracts, stored at 4±2°C and 90-95% of relative humidity. Strawberry fruit was dipped with 1.5% chitosan, 1:5 (w/v) Okra extract, 3:100 (w/v) Hairy basil seeds extract and 1:2 (w/v) Dragon fruit extract, compared to non-coated (control). Results showed that the use of mucilage extract from hairy basil seeds could extend the shelf life of strawberries for 11 days. Strawberry fruit was dipped with Hairy basil seeds extract had minimum weight loss percentage of 3.68±0.46%, percentage of spoilage of 7.78±5.09 and non-fungal infection. Total soluble solids, firmness, titratable acidity, and vitamin C were at 7.93±0.31°Brix, 1.87±0.19 kg., 0.30±0.04%, 56.67±5.77 mg/100 g fresh weight, and color of skin (L*, a*, b*) was 36.84 ±0.91, 34.97±1.28 and 21.94±1.77, respectively.
Keywords: Dragon fruit, Hairy basil seeds, Okra, Shelf life, Strawberry

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาสตรอเบอรี่ด้วยสารเมือกจากผักและผลไม้ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 โดยนำผลสตรอเบอรี่จุ่มในสารละลายไคโตซาน 1.5 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียว อัตราส่วน 1:5 (w/v) เมลดแมงลัก อัตราส่วน 3:100 (w/v) และเปลือกแก้วมังกร อัตราส่วน 1:2 (w/v) เปรียบเทียบกับการไม่จุ่มสาร (ชุดควบคุม) พบว่า การใช้สารสกัดจากเมล็ดแมงลักสามารถยืดอายุการเก็บรักษาสตรอเบอรี่ได้นานที่สุดเท่ากับ 11 วัน โดยการจุ่มผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยสารสกัดเมล็ดแมงลักให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยสุดเท่ากับ 3.68±0.46 เปอร์เซ็นต์ การเน่าเสีย 7.78±5.09 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อรา ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความแน่นเนื้อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี เท่ากับ 7.93±0.31 องศาบริกซ์ 1.87±0.19 กิโลกรัม 0.30±0.04 เปอร์เซ็นต์ 56.67±5.77 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และมีค่าสีผิวผล (L* a* b*) เท่ากับ 36.84±0.91 34.97±1.28 และ 21.94±1.77 ตามลำดับ
คำสำคัญ: เปลือกแก้วมังกร เมล็ดแมงลัก กระเจี๊ยบเขียว การเก็บรักษา สตรอเบอรี่

คำนำ**

สตรอเบอรี่เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีมูลค่าต่อหน่วยค่อนข้างสูง เกษตรกรสามารถปลูกสตรอเบอรี่เพื่อผลิตผลสดได้ประมาณ 2,500 - 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเพื่อบริโภคสดอยู่ที่กิโลกรัมละ 40-80 บาท ส่งผลให้สตรอเบอรี่เป็นที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในบริเวณพื้นที่สูงและมีอากาศหนาวเย็น โดยเฉพาะบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย (ณรงค์ชัย, 2544) นอกจากนี้ในอำเภอด่านซ้าย และอำเภอภูเรือ จังหวัดเลย ยังมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกสตรอเบอรี่เพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับครัวเรือน และเป็นการสร้างอาชีพที่ยั่งยืน แต่ในหลายๆ พื้นที่เพาะปลูกสตรอเบอรี่ประสบปัญหาการเสื่อมคุณภาพของผลผลิต ทั้งการบอบช้ำเสียหายอันเนื่องมาจากลักษณะเส้นทางและความยาวไกลในการขนส่ง การขาดองค์ความรู้ในด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของเกษตรกร และการขาดเงินทุนในการสร้างห้องเย็นเพื่อเก็บรักษาผลผลิตในระหว่างการขนส่ง ซึ่งปัจจัยที่สำคัญในการคงคุณภาพรวมทั้งยืดอายุในการเก็บรักษา เป็นสาเหตุให้ผลผลิตสตรอเบอรี่เกิดความเสียหาย อีกทั้งยังประสบปัญหาเรื่องโรคที่เกิดจากเชื้อ *Botrytis cinerea* และ *Rhizopus* spp. ที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา จึงทำให้ไม่สามารถเก็บรักษาผลผลิตไว้ได้นาน (ปัทมา และ ทศพร, ม.ป.ป.) ทำให้มีระยะเวลาในการจัดจำหน่ายสั้น แนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวมีหลายวิธี เช่น การใช้สารเคมี หรือวิธีการควบคุมสภาพบรรยากาศโดยการเพิ่มระดับความเข้มข้นของ CO_2 ร่วมกับการเก็บรักษาสตรอเบอรี่ในสภาพที่อุณหภูมิต่ำ จะสามารถลดการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ แต่มีต้นทุนสูง (ปัทมา และ ทศพร, ม.ป.ป.) สำหรับการใช้สารเคมีในการควบคุมการเกิดโรคอาจเกิดสารตกค้างที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค

[1] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ 10600
[1]Kasertsart Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok. 10600
[2] สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น
[2] Department of Plant Science and Agricultural Resources (Agronomy section), Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen

ดังนั้นการเก็บรักษาสตรอเบอรี่เพื่อคงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยการใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคร่วมกับการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีก็จะสามารถช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวผลสตรอเบอรี่ได้นานขึ้น

กัมและมิวซิเลจ เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่พบส่วนใหญ่ในพืชมีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายคลึงกันแต่มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน โมเลกุลมีความโปร่งแสง และเป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิดเดียวหรือหลายชนิด ซึ่งจับกับส่วนของกรดยูโรนิก (Daniel, 2006) ทั้งกัมและมิวซิเลจไม่มีโครงสร้างทางเคมีที่แน่นอน เป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำ ซึ่งสามารถรวมตัวกับน้ำได้สารละลายที่มีความข้นหนืดหรือเจล (ปิยนุสร์, 2555) กัมจากเปลือกของผักและผลไม้บางชนิด ได้แก่ เพคติน (pectin) เป็นเฮเทอโรโพลีแซคคาไรด์ประกอบด้วยโพลิเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) ทำหน้าที่เป็นสารทำให้เกิดเจลในอาหาร และช่วยให้ความคงตัวและให้ความข้นหนืดในอาหาร ส่วนพืชที่ให้มิวซิเลจ ได้แก่ ส่วนผนังเซลล์ของเมล็ดพืชบางชนิด เช่น เมล็ดป่าน (linseed) เมล็ดมัสตาสด์ (mustard seed) ซึ่งทั้งกัมและมิวซิเลจจากสามารถนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บผักและผลไม้ได้ เช่น กรกช และคณะ (2559) นำโหระพาเคลือบผิวด้วยสารสกัดจากว่านหางจระเข้อัตราส่วน 1:10 และเปลือกส้มโอในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 12 วันที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่า โหระพามีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดควบคุม ด้วยคุณสมบัติของสารเมือกในผักและผลไม้ชนิดต่างๆ ดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ประโยชน์จากเปลือกแก้วมังกร กระเจี๊ยบเขียว และเมล็ดแมงลักในการยืดอายุการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่

อุปกรณ์และวิธีการ***

1. การเตรียมเมือกจากผักและผลไม้ชนิดต่างๆ

การเตรียมสารสกัดจากกระเจี๊ยบเขียวอัตราส่วน 1:5 (w/v) ใช้ผลกระเจี๊ยบเขียว 200 กรัมต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร การเตรียมสารสกัดจากเมล็ดแมงลักอัตราส่วน 3:100 (w/v) ใช้เมล็ดแมงลัก 30 กรัม ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร และการเตรียมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรอัตราส่วน 1:2 (w/v) ใช้เปลือกแก้วมังกร 500 กรัมต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร นำส่วนผสมแต่ละชนิดไปปั่นละเอียด โดยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ แล้วกรองด้วยผ้ากรอง (ผ้าขาวบาง) (ชมพูนุท, 2559) และเตรียมไคโตซาน 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยชั่งสารไคโตซาน 1.5 กรัม ละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อละลายจนหมดแล้ว ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

2. การเคลือบสารสกัดในผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 80

คัดเลือกผลสตรอเบอรี่ที่ระยะสีขาวส้ม มีความแก่ประมาณร้อยละ 60-70 ขนาดผลประมาณ 2-2.50 เซนติเมตร นำไปจุ่มด้วยสารสกัดชนิดต่างๆ ที่เตรียมไว้ โดยจุ่มให้ทั่วทั้งผลแล้วนำขึ้นทันที จากนั้นนำไปผึ่งให้แห้งบนถาดโฟม เป็นเวลา 10 นาที ห่อด้วยฟิล์มถนอมอาหารและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2°C เป็นเวลา 11 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) จัดการทดลองเป็น 5 ทรีทเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยกำหนดให้ 1 ซ้ำ เท่ากับ 30 ผล ประกอบด้วยทรีทเมนต์ต่างๆ คือ ทรีทเมนต์ที่ 1 จุ่มในน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) ทรีทเมนต์ที่ 2 จุ่มไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทรีทเมนต์ที่ 3 จุ่มสารสกัดกระเจี๊ยบเขียว* ทรีทเมนต์ที่ 4 จุ่มสารสกัดเมล็ดแมงลัก* และ ทรีทเมนต์ที่ 5 จุ่มสารสกัดเปลือกแก้วมังกร*

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลทุก 3 วัน ดังนี้ การสูญเสียน้ำหนัก การเข้าทำลายของเชื้อรา ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids: TSS) โดยใช้ Hand Refractometer ATAGO ความแน่นเนื้อ (กิโลกรัม) โดยใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity: TA) ปริมาณวิตามินซี ตามวิธีของพิมพ์ใจ (2550) และค่าสีผิวของผล ด้วยเครื่องวัด Chroma meter CR-400/DP-400

4. วิเคราะห์ความแปรปรวน

วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**

จากผลการศึกษาการเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยไคโตซาน 1.5 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดกระเจี๊ยบเขียว สารสกัดเมล็ดแมงลัก สารสกัดเปลือกแก้วมังกร และไม่เคลือบผิว (จุ่มน้ำเปล่า) ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 พบว่าสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารสกัดเมล็ดแมงลัก สามารถยืดอายุการเก็บรักษาสตรอเบอรี่ได้นาน 11 วัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 0.81±0.64 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบเปอร์เซ็นต์การเกิดเชื้อรา (Table 1) ส่วนการเคลือบผิวด้วยสารสกัดกระเจี๊ยบเขียวและการไม่เคลือบผิวจะเริ่มพบเชื้อราในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา และการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและสารสกัดเปลือกแก้วมังกรเริ่มพบเชื้อราในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ พิมพ์ใจ (2550) ที่พบว่า การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส มีลักษณะปรากฏดีกว่า มีการเข้าทำลายของเชื้อรา และการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บรักษาในอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Figure 2) ทั้งนี้เนื่องจากสารสกัดจากผักมีลักษณะเป็นเมือก จึงช่วยเคลือบผิวสตรอเบอรี่ได้โดยรอบทำให้การสูญเสียน้ำหนักที่เกิดจากการคายน้ำของผลเกิดได้น้อยและเกิดได้ช้าลง (กรกช และคณะ 2559) ส่วนผลของอุณหภูมิกับการเข้าทำลายของเชื้อรา พบว่า ปกติเชื้อราจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส และหากอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส การเจริญเติบโตของเชื้อราจะเกิดขึ้นได้ช้า ดังนั้นภายใต้การเก็บรักษาผลผลิตที่ 0 และ 5 องศาเซลเซียส จึงส่งผลให้เกิดการเข้าทำลายของเชื้อรา

ได้ช้ากว่าการเก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สำหรับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าความแน่นเนื้อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี ของผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยเมือกชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง (7.93±0.31) – (8.27±0.31) องศาบริกซ์ (1.46±0.46) – (1.87±0.19) กิโลกรัม (0.25±0.04) – (0.30±0.04) เปอร์เซ็นต์ และ (48.33±7.64) – (56.67±7.64) มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (Table 1) และพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Figure 3 และ 4) ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (Figure 5 และ 6) ในช่วงของการเก็บรักษา เนื่องจากการใช้อุณหภูมิต่ำและสารเคลือบผิวในการเก็บรักษา ช่วยลดอัตราการคายน้ำของผล และสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเมทาบอลิซึมต่างๆ ภายในผล ส่งผลให้กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นช้าลง (สายชล, 2555) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ เสาวคนธ์ (2544) ที่ใช้สารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวผลสาลี่ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 17 และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน พบว่า ให้ค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ Ayala-zavala และคณะ (2004) ศึกษาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของสตรอเบอรี่พันธุ์ chandler และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 วัน ให้ปริมาณกรดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับ ชินพันธ์ุ (2539) ที่พบว่าการเก็บรักษาผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของสีผิวผลสตรอเบอรี่พบว่า ค่าสีผิว L* a* b* ของผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบด้วยสารสกัดชนิดต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ให้ค่าสีผิวผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เนื่องจากสตรอเบอรี่ที่เคลือบด้วยสารสกัดมีปริมาณการสูญเสียน้ำน้อย intracellular compartmentation จึงไม่เกิดการเสียสภาพ ส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกและสารในกลุ่มแอนโทไซยานิน ไม่สามารถทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase จึงไม่เกิดสารประกอบ quinone ซึ่งสารประกอบนี้ให้สีน้ำตาล (Toivonen และ Brummell, 2008) เช่นเดียวกับงานทดลองของ พิมพ์ใจ (2550) ที่พบว่า การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลได้

Table 1 Percentage of spoilage, weight loss, color of skin and chemical compound of strawberry at 11 days after coating from vegetable and fruit.

Treatment	spoilage (%)	weight loss (%)	color of skin			chemical compound			
			L*	a*	b*	TSS (^{O}Brix)	%TA	Vitamin C (mg/100 g)	Firmness (kg)
start	0	0	49.96±7.59	30.21±10.0	31.29±3.61	9.6±0.2	0.38±0.03	0.38±0.11	2.49±0.20
control	2.22	1.06+0.09	37.84±0.99	36.76±0.55	28.37±1.10	8.26±0.31	0.26±0.01	56.67±7.63	1.82+0.09
Chitosan 1.5%	8.89	2.11+1.77	38.80±0.62	36.93±1.09	27.27±0.85	8.07±1.00	0.25±0.35	53.33±2.88	1.79+0.19
Okra	7.77	0.89+1.40	38.35±0.78	36.35±0.33	26.31±0.79	7.76±0.58	0.26±0.04	48.33±7.63	1.46+0.46
hairy basil seeds	0	0.81+0.64	39.60±2.41	35.91±1.10	25.87±2.85	7.93±0.31	0.29±0.04	56.67±5.77	1.87±0.19
Dragon fruit	6.67	2.40+2.16	40.57±1.55	35.46±1.50	25.48±1.59	8.20±0.2	0.25±0.03	55.00+5.00	1.72+0.10
F-test	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	70.45	32.12	8.86	3.67	7.04	6.48	15.03	15.38	11.19

ns = no significant difference at P > 0.05

สรุปผล

การยืดอายุการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 80 ด้วยวิธีการเคลือบผิวผลกับสารสกัดจากเมล็ดแมงลักและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 มีแนวโน้มช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ได้นาน 11 วัน โดยไม่พบเชื้อราเข้าทำลายเมื่อเทียบกับการไม่เคลือบสารและการใช้ไคโตซาน อย่างไรก็ตามการผลิตและการขนส่งผลสตรอเบอรี่ภายใต้ลักษณะเส้นทางราบ ความยาวไกลในการขนส่งที่สั้นลง ด้วยห้องควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยลดการเสียดสีของผล จะช่วยให้ผลผลิตสตรอเบอรี่ถึงมือผู้บริโภคได้เร็วขึ้นแล้ว ยังช่วยลดความเสื่อมของคุณภาพผลผลิตได้

เอกสารอ้างอิง

กรกช ชั้นจิรกุล อโณทัย นันทสุนทร โชคพิศิษฐ์ เทพสิทธา และอารีย์ ทองภักดี, 2559, ผลของสารเคลือบผิวจาก เปลือกส้มโอและว่านหางจระเข้ต่อการเก็บรักษาโหระพา, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 3(6): 323-331.

ชินพันธ์ หาภา, 2539, ผลของสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ต่อคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ชมพูนุท บัวเผื่อน, 2559, ผลของสารเคลือบว่านหางจระเข้และสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลมะนาวแป้น, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์, 2544, การปลูกสตรอเบอรี่, [สืบค้น], https://www.ku.ac.th/e-magazine/january44/ agri/strawberry/ [6/March/2020].

ปัทมา วิศาลนิตย์ และ ทศพร ทองเที่ยง, ม.ป.ป., การใช้ไคโตซานชะลอความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวของสตรอเบอรี่, ศูนย์วิจัยและบริการอุตสาหกรรมเกษตรและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปิยนุสร์ น้อยด้วง, 2555, กัมและมิวซิเลจจากพืช, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยสยาม, 7(1): 1-10.

พิมพ์ใจ สีหะนาม, 2550, ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) พืชสวน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สายชล เกตุษา, 2555, การใช้ 1-methylcyclopropene กับการผลิตพืชสวนสดหลังการเก็บเกี่ยว, วารสารราชบัณฑิตยสถาน, 37: 111-123.

เสาวคนธ์ นุสติ, 2544, ผลของการเคลือบผิวด้วยสารอิมัลชันและไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของสาลี่, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y. and Gonzalez-Aguilar, G.A., 2004, Effect of Storage Temperatures on Antioxidant Capacity and Aroma Compounds in Strawberry Fruit, Lebensmittel-Wissenshaft u.-Technologie, 37: 687-695.

Daniel, M., 2006, Medicinal Plants: Chemistry and Properties, (1sted.), New Hampshire: Science Publishers.

Toivonen, P.M.A. and Brummell, D.A., 2008, Review: Biochemical Bases of Appearance and Texture changes in Fresh-cut Fruit and Vegetable, Postharvest Biology and Technology, 48: 1-14.

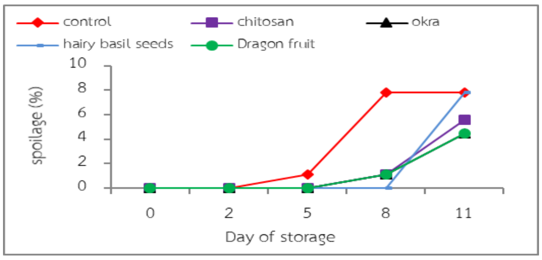


Figure 1 Percentage of spoilage of strawberry after coating from vegetable and fruit at 11 days

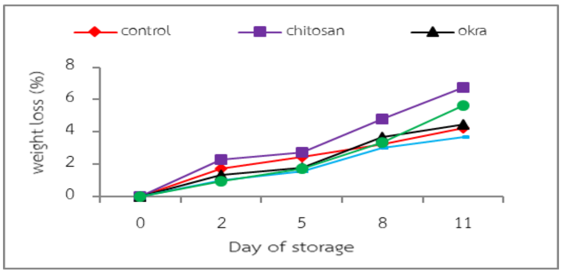


Figure 2 Changes of weight loss of strawberry after coating from vegetable and fruit at 11 days

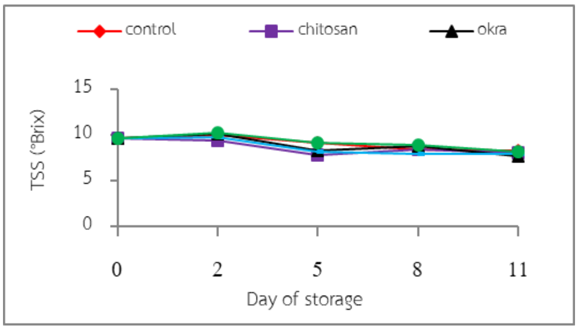


Figure 3 Changes of total soluble solids of strawberry after coating from vegetable and fruit at 11 days

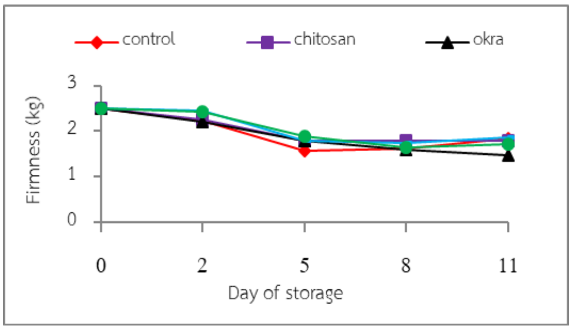


Figure 4 Changes in firmness of strawberry after coating from vegetable and fruit at 11 days

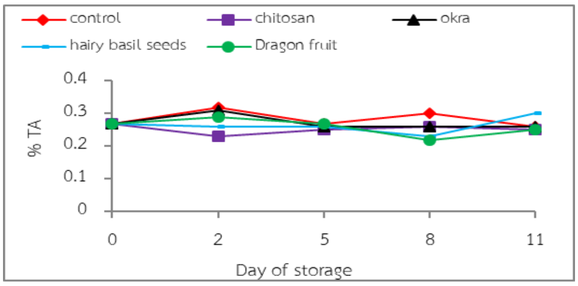


Figure 5 Changes of titratable acidity of strawberry after coating from vegetable and fruit at 11 days

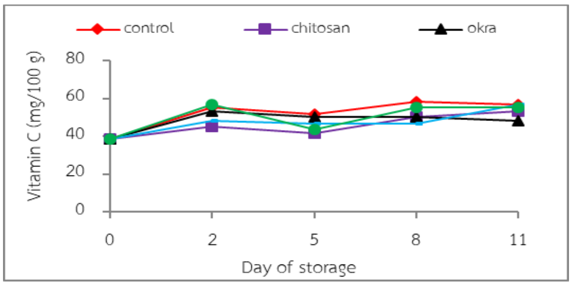


Figure 6 Changes in vitamin C of strawberry after coating from vegetable and fruit at 11 days

ศึกษาปริมาณหัวเชื้อ และน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตจากถั่ว 5 ชนิด
Study on Suitable Inoculum Size and Sugar Content for Five Beans Yoghurt Production

อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์[1] ยุพารัตน์ จาบถนอม[1] และ อรุณ อินทรักษ์[1]
Chaikulsareewath, A.[1], Jabtanom, Y.[1] and Intaraks, A.[1]

Abstract**

Inoculum size and sugar content for producing five beans yoghurt were investigated from five beans; soybean, red-bean, white-bean, black-bean and green-bean which beans ratio wew 63:12:10:8:7. The 9 ratios of inoculum size to sugar content were 5:4, 5:6, 5:8, 7:4, 7:6, 7:8, 10:4, 10:6 and 10:8 (v/w). Snsory evaluation for suitable formulas was evaluated by 9-point Hedonic scale. The highest acceptability was at ratio of 5:8 (v/w), which it was used to study physico-chemical properties of the yoghurt which its protein, fat, carbohydrate, moisture, fiber, and ash were 5.0, 1.36, 3.74, 89.50, 0.08, and 0.26%, respectively, and 0.42% total acidity which its pH was at 4.42 and total solid was 10.56%. Moreover, color values of L*, a*, b* were 75.72, 0.44 and 11.54, respectively. Although total plate count and lactic acid bacteria was at 1.9×10^7 and 9.8×10^5 CFU/ml, respectively, yeast, mold and coliform bacteria were not found.

Keywords: Yogurt, Five beans, Sensory evaluation

บทคัดย่อ**

ศึกษาปริมาณหัวเชื้อ และน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตจากถั่ว 5 ชนิด โดยนำน้ำนมถั่ว 5 ชนิด จากน้ำนม ถั่วเหลือง ถั่วแดง ถั่วขาว ถั่วดำ และถั่วเขียว ผสมกันในอัตราส่วน 63:12:10:8:7 จากนั้นแปรปริมาณหัวเชื้อ และน้ำตาลเป็น 9 อัตราส่วน เท่ากับ 5:4, 5:6, 5:8, 7:4, 7:6, 7:8, 10:4, 10:6 และ 10:8 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ 5:8 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) นำโยเกิร์ตดังกล่าวมาศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพ พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมี คือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น ใยอาหาร และเถ้า เท่ากับ ร้อยละ 5.06 1.36 3.74 89.50 0.08 และ 0.26 ตามลำดับ มีปริมาณกรดทั้งหมด ร้อยละ 0.42 และค่าพีเอช เท่ากับ 4.42 มีปริมาณของแข็งทั้งหมด ร้อยละ 10.57 ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 75.72 0.44 และ 11.54 ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และแบคทีเรียกรดแลคติก เท่ากับ 1.9×10^7 และ 9.8×10^5 CFU/ml ตามลำดับ ไม่พบยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม

คำสำคัญ: โยเกิร์ต ถั่วห้าชนิด การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

คำนำ***

ถั่วเป็นธัญพืชที่เต็มเปี่ยมไปด้วยสารอาหารและคุณประโยชน์มากมายที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะประโยชน์จากถั่ว 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วแดง ถั่วดำ ถั่วเขียว และถั่วขาว พบว่า ถั่วเหลือง ป้องกันการขาดแคลเซียม โรคความดัน โรคหัวใจ ป้องกันโลหิตจาง บำรุงระบบประสาท ถั่วเขียว ช่วยบำรุงร่างกาย รักษาไข้หวัด ลดความดันโลหิต ลดระดับไขมัน ลดคอเลสเตอรอล ลดระดับน้ำตาลในเลือด ป้องกันโรคกระดูกพรุน ถั่วแดง อุดมด้วยแอนโทไซยานิน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ชะลอการเกิดโรคไขมันอุดตันในหลอดเลือด โรคหลอดเลือดหัวใจแข็งตัว ถั่วดำ ช่วยบำรุงโลหิต บำรุงสายตา ขจัดพิษในร่างกาย ถั่วขาว มีสารฟาซิโอลามิน ช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ไม่ให้ย่อยอาหารประเภทแป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลทั้งหมด ทำให้ร่างกายมีการสะสมไขมันน้อยลง และดึงไขมันที่มีอยู่เดิมในร่างกายออกมาใช้ (สุทธิวัสส์, 2547; วรรณภา และคณะ, 2543) นมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยจุลินทรีย์จะย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก ทำให้โปรตีนเคซีน (Casein) ในนม เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพตกตะกอนเป็นเคิร์ด การผลิตโยเกิร์ต มีส่วนผสมสำคัญ ได้แก่ น้ำนม หัวเชื้อ สารให้ความคงตัว และสารให้ความหวาน จุดประสงค์หลักในการเติมสารให้ความหวานในโยเกิร์ต คือ เพื่อให้เชื้อผลิตกรด ซึ่งจะส่งผลต่อการเกิดเคิร์ต อีกทั้งยังช่วยเพิ่มกลิ่นรส (Tammine และ Robinson,

---

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม เพชรเกษม ภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160
[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam university, Petchkasem, Phasicharoen, Bangkok 10160

*** ผู้วิจัยไม่แก้ไขให้ถูกต้องตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

1985) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตหรือนมเปรี้ยวนอกจากเป็นนมโคแล้ว ยังสามารถผลิตได้จากธัญพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ ถั่วเหลือง ลูกเดือย และข้าวโพด เป็นต้น Trindade และคณะ (2001) ได้รายงานถึงการพัฒนารสชาติของโยเกิร์ตจากถั่วเหลือง เนื่องจากมีกลิ่นถั่ว (Beany flavors) ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ โดยหมักโยเกิร์ตด้วยหัวเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophiles* ร้อยละ 3 และมีการเติมน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 2 และงานวิจัยของอำพรรณ และเอกพล (2561) ได้ศึกษาการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มผสมน้ำผึ้ง โดยใช้หัวเชื้อจากโยเกิร์ต รสธรรมชาติ ตราดัชมิลล์ (*Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophiles*) พบว่าปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 9 ทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีลักษณะปรากฏ และกลิ่นรสได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด พบว่าจากประโยชน์มากมายของถั่ว 5 ชนิด รวมทั้งมีรายงานถึงการนำธัญพืชมาผลิตเป็นโยเกิร์ต แต่ยังไม่มีรายงานถึงการผลิตโยเกิร์ตจากถั่ว 5 ชนิด ดังนั้นทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำถั่ว 5 ชนิดมาเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตโยเกิร์ตโดยศึกษาปริมาณหัวเชื้อ (โยเกิร์ต รสธรรมชาติ ตราดัชมิลล์) และปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต เพื่อพัฒนาโยเกิร์ตให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค โดยการทดสอบความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ของโยเกิร์ตที่ผลิตได้

อุปกรณ์และวิธีการ**

การเตรียมน้ำนมถั่ว 5 ชนิด ทำตามวิธีของวรรณภา และคณะ (2543) โดยนำถั่วเหลือง ถั่วแดง ถั่วขาว ถั่วดำ และถั่วเขียว ตราไร่ทิพย์ บริษัทไร่ธัญญะ จำกัด มาแช่ด้วยน้ำ อัตราส่วน 1:6 นาน 6 ชั่วโมง ผสมถั่วต่อน้ำที่ผสม $NaHCO_3$ เข้มข้น ร้อยละ 0.25 ในอัตราส่วน 25:75 (ลดกลิ่นรสขมของถั่ว) ต้มให้เดือด 10 นาที ล้างถั่วที่ต้มเสร็จให้สะอาด นำมาปั่นผสมน้ำในอัตราส่วน 25:75 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร กรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำน้ำนมถั่วแต่ละชนิดมาผสมกันตามอัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลือง:น้ำนมถั่วแดง:น้ำนมถั่วขาว:น้ำนมถั่วดำ:น้ำนมถั่วเขียว เท่ากับ 63:12:10:8:7 (มิลลิลิตร) (ดัดแปลงตามสัดส่วนของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่ว 5 สี ตรา เนเจอร์ริช) การ**ศึกษาการผลิตโยเกิร์ต** โดยนำน้ำนมถั่ว 5 ชนิด ปริมาตร 100 มิลลิลตร คาราจีแนน ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก ให้ความร้อนโดยการต้ม 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเติมหัวเชื้อโดยแปรปริมาณหัวเชื้อ (โยเกิร์ต รสธรรมชาติ ตราดัชมิลล์) และน้ำตาลเป็น 9 อัตราส่วน เป็น 5:4 5:6 5:8 7:4 7:6 7:8 10:4 10:6 และ 10:8 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (ดัดแปลงจากงานวิจัยของ วรรณภา และคณะ, 2543) บ่มโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ศึกษาลักษณะปรากฏของการเกิดเคิร์ด สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ศึกษาปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลคติก) ใช้การวิเคราะห์โดยการไทเทรต ตามวิธีการของ A.O.A.C.(2000) วัดค่าพีเอช ด้วย pH meter (Eutech Instruments รุ่น pH 510) ทุกๆ ชั่วโมง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นทีมผู้วิจัยได้ศึกษาลักษณะเบื้องต้นของโยเกิร์ตโดยพิจารณาจากลักษณะปรากฏ การเกิดเคิร์ด และกลิ่น รส โดยคัดเลือกสูตรที่มีลักษณะโยเกิร์ตที่ดี คือ เกิดเคิร์ดที่เนียน มีความคงตัว ไม่แยกชั้น และมีกลิ่นรสเปรี้ยวหอมของโยเกิร์ต มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale ประเมินคุณภาพด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ คือ นักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม จำนวน 30 คน นำผลการประเมินมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance-ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s Multiple Range test ($p \leq 0.05$) นำสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาศึกษาคุณภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น ใยอาหาร และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000) ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลคติก) ใช้การวิเคราะห์โดยการไทเทรต ตามวิธีการของ AOAC (2000) และปริมาณของแข็งทั้งหมด ใช้วิธีการอบแห้ง ตามวิธีของ Bradley (1998) ค่าพีเอช ด้วย pH meter ค่าสีด้วยเครื่อง colorimeters (Hunter Lab รุ่น ColorFlex) จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียกรดแลคติก ยีสต์และรา และ โคลิฟอร์ม ด้วยวิธี coliform test และ MPN method (Harrigan, 1998)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง***

ศึกษาปริมาณหัวเชื้อต่อปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตจากถั่ว 5 ชนิด จำนวน 9 อัตราส่วน โดยมีปริมาณหัวเชื้อต่อปริมาณน้ำตาล เท่ากับ 5:4 (F1), 5:6 (F2), 5:8 (F3), 7:4 (F4), 7:6 (F5), 7:8 (F6), 10:4 (F7), 10:6 (F8) และ 10:8 (F9) โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก พบว่า เมื่อบ่มครบ 4 ชั่วโมง สูตร 5:4 (F1) และ 7:4 (F4) มีลักษณะเหลว ไม่คงตัว สูตร 10:4 (F7), 10:6 (F8) และ 10:8 (F9) มีกลิ่นรสเปรี้ยวมาก ส่วนสูตร 5:6 (F2), 5:8 (F3), 7:6 (F5) และ 7:8 (F6) เป็นโยเกิร์ตที่มีความคงตัว เคิร์ดมีลักษณะเนื้อเนียน มีกลิ่นรสที่เปรี้ยวปานกลาง และหอมกลิ่นโยเกิร์ต ดังนั้นจึงนำทั้ง 4 สูตรนี้มาใช้ในการทดสอบขั้นต่อไป และเมื่อพิจารณาปริมาณกรดทั้งหมด และค่าพีเอช ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Figure 1

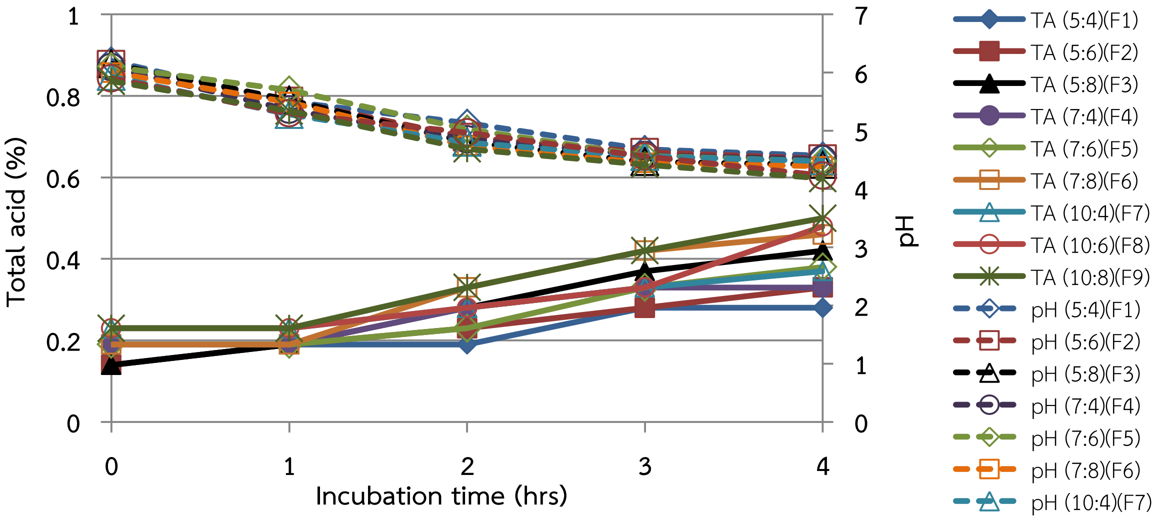


Figure 1 Total acid content and pH of five beans yoghurt fermented for 4 hrs.

จาก Figure 1 พบว่าเชื้อจะผลิตกรดเพิ่มขึ้น (พีเอชลดลง) ตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบที่ปริมาณหัวเชื้อที่เท่ากัน พบว่าที่เวลาการหมักเท่ากันเมื่อมีปริมาณน้ำตาลมากกว่าเชื้อจะผลิตกรดได้มากกว่า เมื่อเทียบที่ปริมาณน้ำตาลเท่ากัน พบว่าที่เวลาการหมักเท่ากันเมื่อมีประมาณหัวเชื้อมากกว่าทำให้เชื้อผลิตกรดได้มากตามไปด้วย เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติกใช้สารอาหารในน้ำนมถั่ว 5 ชนิด ในการเจริญ เช่น กรดอะมิโน และวิตามินต่างๆ รวมทั้งต้องการน้ำตาลซึ่งเป็นส่วนประกอบในการหมักจึงทำให้มีการผลิตกรดสูงขึ้นตามปริมาณของน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น โดยสามารถวิเคราะห์ปริมาณกรดจากร้อยละ 0.14-0.23 (เริ่มหมัก) เป็นร้อยละ 0.28-0.50 (ชั่วโมงที่ 4) และมีค่าพีเอชลดลง จาก 5.85-6.20 (เริ่มหมัก) เป็น 4.18-4.57 (ชั่วโมงที่ 4) การเกิดเคิร์ดของโยเกิร์ตเกิดจากจุลินทรีย์ซึ่งเป็นเชื้อผสมของ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ใช้น้ำตาลในน้ำนมถั่ว 5 ชนิด ในการเจริญ แล้วผลิตกรดแลคติก กรดที่สร้างขึ้นเรื่อยๆ นี้จะสลายสภาพความคงตัวของอนุภาคโปรตีนในน้ำนมถั่ว 5 ชนิด ทำให้การละลายของโปรตีนลดลง จนได้โยเกิร์ตเกิดเป็นเคิร์ดที่เป็นเจล อ่อนนุ่ม เนื่องจากโยเกิร์ตมีส่วนผสมหลัก คือถั่วเหลือง ทำให้การตกตะกอนของโปรตีนจึงใกล้เคียงกับค่า pI ของถั่วเหลือง พบว่าโปรตีนที่มีมากที่สุดในถั่วเหลือง คือ β-Conglycinin และ glycinin มีร้อยละ 40 และ 30 ของโปรตีนทั้งหมด ซึ่งมีค่า pI เท่ากับ 4.64 และ 4.90 ตามลำดับ (Tammine and Robinson, 1985; Renkema, 2001) เมื่อนำโยเกิร์ต 4 สูตร คือ สูตร 5:6 (F2), 5:8 (F3), 7:6 (F5) และ 7:8 (F6) มาทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale จากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ได้ผลทดสอบดังแสดงใน Table 1

Table 1 Sensory evaluation scores of five beans yoghurt.**

Formula (inoculum size (ml) : sugar content (g))	Sensory evaluation scores				
	Color [ns]	Odor [ns]	Taste	Texture[ns]	Total acceptability
2 (5:6)	6.23 ±1.35	5.77±1.65	5.17±1.48[b]	5.80±1.84	5.73±1.28[b]
3 (5:8)	6.60 ±1.27	5.47±1.69	6.43±1.81[a]	6.33±1.62	6.80±1.29[a]
5 (7:6)	6.43 ±1.10	5.60±1.42	5.23±1.61[b]	5.87±1.73	5.73±1.28[b]
6 (7:8)	6.03 ±1.35	5.53±1.71	6.53±1.81[a]	6.10±1.66	6.67±1.42[a]

a, b, c means with the different letters in the same column are significant at $p \le 0.05$, ns in the same column means are not significant at $p > 0.05$, Value represents from n=30

จาก Table 1 พบว่าทุกสูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีความแตกต่างในด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม โดยพบว่าสูตร 5:8 (F3) และ 7:8 (F6) ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดเพียงสูตรเดียว คือ สูตร 5:8 (F3) มาใช้ในการผลิตโยเกิร์ตและใช้ในการศึกษาคุณภาพของโยเกิร์ตต่อไป เนื่องจากมีการใช้หัวเชื้อในปริมาณต่ำกว่าสูตร 7:8 (F6) ซึ่งเป็นการประหยัดหัวเชื้อ

จากการวิเคราะห์คุณภาพของโยเกิร์ตสูตร 5:8 (F3) พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมี คือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น ใยอาหาร และเถ้า เท่ากับ ร้อยละ 5.06, 1.36, 3.74, 89.50, 0.08 และ 0.26 ตามลำดับ มีปริมาณกรดทั้งหมด ร้อยละ 0.42 และค่า

พีเอช 4.42 มีปริมาณของแข็งทั้งหมด ร้อยละ 10.57 ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 75.72, 0.44 และ 11.54ตามลำดับ พบว่าปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ เป็นไปตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 353 เรื่องนมเปรี้ยว (2556) ที่ว่าต้องมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.7 เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Deeth และ Tamine (1981) พบว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากนมวัวมีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ ร้อยละ 4.50, 1.60 และ 6.50 และงานวิจัยของปริญญพันธุ์ และคณะ (2553) พบว่าโยเกิร์ตจากถั่วเหลือง มีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 2.42 ปริมาณกรดแลคติก ร้อยละ 0.83 ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าสี พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสี L* (ความสว่าง) a*(สีเขียว/สีแดง) b*(สีน้ำเงิน/สีเหลือง) เท่ากับ 75.72 0.44 และ 11.54 ตามลำดับ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีไปทางสว่างมาก มีสีค่อนข้างไปทางสีแดง และทางสีเหลือง จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ พบว่าโยเกิร์ตมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก เท่ากับ 1.90 $\times 10^7$ และ 9.80 $\times 10^5$ CFU/ml ตรวจไม่พบยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม พบว่าโยเกิร์ตถั่ว 5 สี เป็นไปตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 353 เรื่องนมเปรี้ยว (2556) ที่ว่านมเปรี้ยวที่มีคุณภาพต้องมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดไม่น้อยกว่า 1.00 $\times 10^7$ โคโลนี ต่อนมเปรี้ยว 1 กรัม และตรวจพบยีสต์ราไม่เกิน 100 โคโลนี ต่อนมเปรี้ยว 1 กรัม สำหรับนมเปรี้ยวที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก และตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม น้อยกว่า 3 ต่อนมเปรี้ยว 1 กรัม ด้วยวิธี MPN (Most Probable Number)

สรุปผล**

เมื่อศึกษาปริมาณหัวเชื้อ และน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตจากถั่ว 5 ชนิด (ถั่วเหลือง ถั่วแดง ถั่วขาว ถั่วดำ และถั่วเขียว) โดยแปรปริมาณหัวเชื้อและน้ำตาล เป็น 9 สูตร พบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด คือ สูตรที่ 3 ซึ่งมีปริมาณหัวเชื้อ ร้อยละ 5 และปริมาณน้ำตาล ร้อยละ 8 หมักที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

คำขอบคุณ

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่สนับสนุนงบประมาณ อุปกรณ์ และครุภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

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.

ปริญญพันธุ์ เพชรจรัส อุมาพร วรรณเขตร์ และสุริยาพร สารกุล, 2553, การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำธัญพืชกับน้ำนมวัว, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร์, 41(3/1) (พิเศษ): 585-588.

วรรณภา ทาบโลกา น้ำผึ้ง อ่อนบึง และพนารัตน์ กงถัน, 2543, การพัฒนานมถั่วเหลืองสำหรับผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลือง [สืบค้น], http://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/2555/KC4906069.pdf [3/November/19].

สุทธิวัสส์ คำภา, 2547, "ถั่ว 5 สี สัมพันธ์กับธาตุทั้ง 5" พืชเศรษฐกิจ เอกสารนาฬิกาชีวิต, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 20 หน้า.

อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และเอกพล ชัยศรีรัตนกุล, 2561, ศึกษาปริมาณหัวเชื้อ น้ำผึ้ง และคาร์ราจีแนนที่เหมาะสมในการผลิตนมเปรี้ยวข้าวโพดพร้อมดื่มผสมน้ำผึ้ง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร์, 49(2) (พิเศษ): 645-648.

AOAC International, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th ed. (Horwitz, W. ed.) AOAC International, Gaithersburg, MD.

Bradley, R.L.Jr., 1998, Moisture and Total Solids Analysis, In Food Analysis, 2nd ed., (Nielsen, S.S. ed.), Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, MD, pp.119-131.

Deeth, H.C. and Tamine , A.Y., 1981, Yogurt : Nutritive and Therapeutic Aspects. Journal of Food Protection, 44: 78-86.

Harrigan, W.F., 1998, Laboratory Methods in Food Microbiology. 3rd ed., Academic Press, San Diego, 532 p.

Renkema, J.M.S., 2001, Formation, Structure and Rheological Properties of Soy Protein Gels, Ph D. Dissertation, Wageningen University, The Netherlands.

Tammine, A.Y. and Robinson, R.K., 1985, Yoghurt Science and Technology, Programon Press, Great Britain, 431 p.

Trindade, C.S., Terzi, S.C., Trugo, L.C., Della Modesta, R.C. and Couri, S., 2001, Development and sensory evaluation of soy milk based yoghurt, Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 51(1):100-104. (Abstract in English)

ผลของกระบวนการแปรรูปอาหารต่อปริมาณเมลาโทนินในผลิตภัณฑ์
Effect of Food Processing on Melatonin Content of Products

อุบลวรรณา ศรีมงคลลักษณ์[1] ณัฐหทัย สุทธิวงษ์[1] สุภาภรณ์ เลขวัต[1]
Srimongkoluk, U[1], Sutthiwong, N.[1], and Lekhavat, S.[1]

Abstract

This project aims to study the effect of process conditions of ginger, soy bean and pineapple on melatonin content. The research was divided into two parts. Firstly, the effect of technique and process conditions on melatonin content in ginger, soy bean and pineapple after heating process was studied. Secondly, food products containing natural melatonin such as salad dressing and herbal jelly drink were developed. It was found that the reduction of melatonin in ginger after heating was less than either in soy bean or pineapple. The results showed melatonin content in heated ginger are in ranged of 1975-3180 μg/g. dried sample. In addition, sample boiling at 72 C for 15 minutes, resulting in the least percentage loss at 6.25%. Salad dressing without heating showed melatonin content at 231.50 μg/g., while the sterilized herbal jelly drink has melatonin content equal 221.15 μg/g.

Keywords: Heating process, Ginger, Melatonin

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของสภาวะการแปรรูป ขิง ถั่วเหลือง และสับปะรด ที่มีต่อปริมาณเมลาโทนิน โดยงานวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกทำการศึกษาผลของเทคนิคและสภาวะในการแปรรูปที่มีต่อปริมาณเมลาโทนินใน ขิง ถั่วเหลือง และสับปะรด และส่วนที่สองพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสารเมลาโทนินตามธรรมชาติ ได้แก่ น้ำปรุงสลัดชนิดน้ำใส และเครื่องดื่มเจลลี่สมุนไพร ผลการวิจัยพบว่าเมลาโทนินในขิงเมื่อผ่านความร้อนมีค่าการลดลงต่ำกว่าถั่วเหลืองและสับปะรด โดยพบเมลาโทนินในช่วง 1,975-3,180 ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง ทั้งนี้พบว่ามีการลดลงของปริมาณเมลาโทนินน้อยที่สุดที่ 6.25% เมื่อต้มน้ำขิงที่อุณหภูมิ 72 ํซ เป็นเวลา 15 นาที และในผลิตภัณฑ์น้ำปรุงสลัดชนิดน้ำใสที่ไม่ผ่านความร้อนมีเมลาโทนิน 231.50 ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง ในขณะที่เจลลี่สมุนไพรที่มีการให้ความร้อนในระดับเสตอริไลส์ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำมีเมลาโทนิน 221.15 ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง

คำสำคัญ: การแปรรูป ขิง เมลาโทนิน

คำนำ***

เมลาโทนิน (Melatonin) มีชื่อทางเคมี N-acetyl-5-methoxytryptamine เป็นสารสื่อประสาทที่สังเคราะห์จากกรด อะมิโนแอล-ทริปโตเฟน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายสังเคราะห์เองไม่ได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น โดยการสังเคราะห์สารเมลาโทนินของร่างกายนั้นจำเป็นต้องกระตุ้นด้วยความมืด (light/dark cycle) โดยพบว่าปริมาณเมลาโทนินถูกสร้างสูงสุดที่เวลา 22.00-03.00 น. และมีปริมาณลดลงต่ำสุดในช่วงเวลากลางวัน (นาวา, 2558) จากการศึกษาข้อมูลระดับเมลาโทนินในกระแสเลือดระยะเวลา 24 ชั่วโมงในคนช่วงวัยต่างๆ พบว่า ผู้สูงอายุมีปริมาณเมลาโทนินเพียงครึ่งหนึ่งของวัยหนุ่มสาว จึงคาดว่าเมลาโทนินเป็นสาเหตุหนึ่งของอาการนอนไม่หลับในผู้สูงอายุ (ศูนย์วิจัยประสาทวิทยาศาสตร์, 2558) ปัจจุบันมีการนำเมลาโทนินมาใช้รักษาโรคชนิดต่างๆ เช่น ความผิดปกติด้านการนอนหลับ อาการปวดไมเกรน โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โรคหัวใจล้มเหลวเฉียบพลัน และป้องกันอาการเมาเวลาจากการเดินทางโดยเครื่องบิน เป็นต้น นอกจากนำเมลาโทนินมาใช้รักษาโรคชนิดต่าง ๆ แล้ว ยังพบว่าเมลาโทนินมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าวิตามินอี (Puerta, 2007) และเสริมภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายอีกด้วย โดยเมลาโท-นินจากแหล่งธรรมชาติพบมากในเนื้อสัตว์ และไข่ และยังพบในแหล่งพืชผลไม้ ได้แก่ ขิง สับปะรด ถั่วเหลือง สตรอเบอร์รี่ มะเขือเทศ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ มัลเบอร์รี่ และถั่วเขียว เป็นต้น (Xiao และคณะ, 2017) อย่างไรก็ตาม เมลาโทนินจากแหล่งธรรมชาติจะมีปริมาณลดลงเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน ซึ่ง Pothinuch และ Tongchitpakdee (2011) พบว่าชาใบหม่อนมี

---

[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

*** from reviewers

ปริมาณเมลาโทนินลดลงมากกว่าร้อยละ 80 หลังผ่านขั้นตอนการให้ความร้อนแบบลมร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับใบหม่อนสด และเมื่อเปรียบเทียบวิธีการทำแห้งพบว่าวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีการลดลงของสารเมลาโทนินต่ำกว่าการทำแห้งแบบลมร้อน (Murch, Simmons, และ Saxena, 1997) ปัจจุบันในตลาดยังมีผลิตภัณฑ์เมลาโทนินจำหน่ายไม่หลากหลาย ส่วนใหญ่พบในรูปของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เยลลี่ และผลิตภัณฑ์นมเสริมเมลาโทนิน จากผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายนั้นทำให้ผู้บริโภคมีตัวเลือกน้อย และบางผลิตภัณฑ์เหมาะกับผู้บริโภคเฉพาะกลุ่มวัย สำหรับประเทศไทยผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเมลาโทนินที่วางจำหน่ายพบว่ามีเพียงผลิตภัณฑ์นมเท่านั้น งานวิจัยนี้จึงต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสารเมลาโทนินให้มีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเทคนิคและสภาวะในการแปรรูปที่มีต่อปริมาณเมลาโทนินใน ขิง ถั่วเหลือง และสับปะรด และพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสารเมลาโทนินตามธรรมชาติ ได้แก่ น้ำปรุงสลัดชนิดน้ำใส และเครื่องดื่มเจลลี่สมุนไพร

อุปกรณ์และวิธีการ**

นำขิง ถั่วเหลือง และสับปะรดมาผ่านกระบวนการแปรรูปในรูปแบบ อบ ต้ม และนึ่ง ที่ระยะเวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ กัน ดังนี้

- ขิงสดล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก คั้นน้ำด้วยเครื่องคั้นแยกกาก นำส่วนน้ำมาต้มที่ระดับอุณหภูมิพาสเจอร์ไรซ์ 72 และ 80°ซ ระยะเวลา 15 และ 30 นาที
- ถั่วเหลืองนำมาแช่น้ำสะอาดนาน 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นล้างทำความสะอาด นึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด ระยะเวลา 15 และ 30 นาที
- สับปะรดนำมาปอกเปลือก ล้างทำความสะอาด หั่นเป็นแว่นความหนาประมาณ 1 ซม. เจาะแกนกลางออก ผ่าเป็นครึ่งวงกลม นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70°ซ ระยะเวลา 24 และ 30 ชั่วโมง

จากนั้นนำขิง ถั่วเหลือง สับปะรดที่ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป น้ำขิงต้ม และถั่วเหลืองนึ่งมาทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งกำหนดอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 50°ซ เก็บตัวอย่างหลังทำแห้งไว้ที่อุณหภูมิ -80°ซ เพื่อรอสกัดและวิเคราะห์สารเมลาโทนิน

พัฒนาสูตรน้ำปรุงสลัดน้ำใสขิง (18%) เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันมะกอกที่ 3 ระดับ ได้แก่ 38, 43 และ 48% ตามลำดับ โดยเริ่มจากการชั่งส่วนผสมทั้งหมดตามสูตร ใส่ภาชนะสำหรับผสม เขย่าส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันนาน 10 นาที และบรรจุลงภาชนะปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นระหว่างรอการวิเคราะห์

พัฒนาสูตรเครื่องดื่มเจลลี่สมุนไพรที่มีส่วนผสมของน้ำขิง น้ำขิงสกัด (8%) น้ำมะตูม และน้ำเก๊กฮวย โดยเปรียบเทียบปริมาณกรดฟอสฟอ-ริกที่ 0 และ 0.04% ทำการกวนส่วนผสมทั้งหมดที่อุณหภูมิ 82-85 °ซ นาน 8 นาที บรรจุใส่ภาชนะ ปิดฝาให้สนิท ทำการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรซ์ที่อุณหภูมิ 117 °ซ นาน 25 นาที

น้ำปรุงสลัดน้ำใสและเครื่องดื่มเจลลี่สมุนไพรที่ได้วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งละลาย ค่า pH ความหนืด สกัดและวิเคราะห์ปริมาณสารเมลาโทนิน และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกจำนวน 25 คน ใช้แบบสอบถาม 7-point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสหวาน รสชาติ ความชอบโดยรวม และการยอมรับผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test

ทำการสกัดและวิเคราะห์เมลาโทนิน (Burkhardt, 2001) โดย ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมเมทานอลเข้มข้น 6.25 มล. ปั่นผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปเขย่าในเครื่องเขย่าความถี่สูง (Astrason, USA) ที่ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 4 °ซ เป็นระยะเวลา 30 นาที และนำไปปั่นเหวี่ยง (Micro refrigerated centrifuge, Kubota 3740, Japan) ที่ความเร็วรอบ 6000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 4 °ซ ระยะเวลา 45 นาที แยกส่วนใสออก และนำตะกอนไปทำการสกัดซ้ำอีก 2 รอบ หลังจากนั้นนำส่วนใสที่สกัดได้ทั้ง 3 รอบไประเหยให้แห้งด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (Buchi รุ่น R-100, Switzerland) โดยควบคุมอุณหภูมิอ่างที่ 55°ซ ความดัน 85-90 มิลลิบาร์ ชะสารสกัดหยาบด้วยเมทานอลความเข้มข้น 5% ปริมาตร 2 มล. นำสารละลายที่ได้กรองผ่านคอลัมน์ที่บรรจุซิลิกาเจลประมาณ 4 กรัม ที่มีการชะคอลัมน์ด้วยเมทานอลเข้มข้น น้ำกลั่น และเมทานอลความเข้มข้น 5% ตามลำดับ หลังจากตัวอย่างผ่านคอลัมน์ ให้ชะไล่ตัวอย่างด้วยเมทานอลความเข้มข้น 80% แล้วจึงนำสารละลายที่ผ่านคอลัมน์ไประเหยด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศจนแห้ง ชะตัวอย่างที่ค้างฟลาสก์ด้วยเมทานอลความเข้มข้น 5% ปริมาตร 1 มล. นำสารสกัดกรองผ่าน syringe filter ขนาด 0.45 ไมครอน อีกครั้งก่อนนำไปวิเคราะห์หาเมลาโทนินด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (Thermo Scientific รุ่น Ultimate 3000, Germany)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง***

ผลของการศึกษาพบว่า กระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนวิธีต่าง ๆ และระยะเวลามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมลาโทนิน โดยการแปรรูปที่ใช้ความร้อนสูงและระยะเวลานานทำให้ปริมาณเมลาโทนินลดลงมากกว่าการใช้ความร้อนต่ำและระยะเวลาสั้น ($p \leq 0.05$) จากTable 1 พบว่าการต้มด้วยอุณหภูมิที่สูงและระยะเวลานานมีอัตราการสูญเสียเมลาโทนินสูงกว่าน้ำขิงที่ต้มที่

อุณหภูมิต่ำและระยะเวลาสั้น ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีอัตราการสูญเสียอยู่ในช่วง 6.64-26.66% ในขณะที่ถั่วเหลืองที่ผ่านการแปรรูปด้วยการนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด ระยะเวลา 15 และ 30 นาที ไม่มีผลต่ออัตราการสูญเสียเมลาโทนิน ทั้งนี้เนื่องจากการนึ่งเป็นการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์จากไอน้ำเดือด ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับความร้อนโดยตรง มีผลทำให้ปริมาณสารสำคัญลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการแปรรูปด้วยความร้อนชนิดอื่น (Simone และ Elmar, 2006) โดยถั่วเหลืองที่ผ่านการนึ่งมีอัตราการสูญเสียอยู่ในช่วง 20.54-22.56%

จากการทดลองยังพบว่าการอบสับปะรดที่อุณหภูมิ 60°ซ ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีการสูญเสียเมลาโทนินน้อยที่สุดเท่ากับ 7.45% และเมื่อเพิ่มระยะเวลาการอบเป็น 30 ชั่วโมง มีผลทำให้เกิดการสูญเสียเมลาโทนินเพิ่มขึ้น ในขณะที่สับปะรดที่อบที่อุณหภูมิ 70°ซ ระยะเวลา 24 และ 30 ชั่วโมง ส่งผลให้เมลาโทนินเกิดการสูญเสียถึง 100% (Figure 1)

จากการพัฒนาน้ำปรุงสลัดชนิดน้ำใสโดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันมะกอกที่ 38, 43 และ 48% พบว่า น้ำปรุงสลัดน้ำใสทั้ง 3 สูตร มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.26-3.46 ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 38.86-47.06 บริกซ์ ค่าความหนืด อยู่ในช่วง 193.46-228.66 เซนติพอยท์ การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความหวาน รสชาติ ความชอบรวม โดยผู้ทดสอบจำนวน 25 คน พบว่า คุณลักษณะที่ทำการทดสอบในทุกด้านไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยน้ำปรุงสลัดสูตรน้ำมัน 43% ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 4.96 คะแนน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารเมลาโทนินพบว่าในน้ำปรุงสลัดน้ำใสมีปริมาณเมลาโทนินเท่ากับ 231.50 ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง (Figure 2)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลลี่สมุนไพรที่เปรียบเทียบปริมาณกรดฟอสฟอริกที่ 0 และ 0.04% และผ่านการฆ่าเชื้อด้วยระบบสเตอริไรซ์ พบว่า มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 3.45-3.46 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความหวาน รสชาติ ความชอบรวม โดยผู้ทดสอบจำนวน 25 คน พบว่า เครื่องดื่มเจลลี่สมุนไพรทั้ง 2 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกด้านคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ โดยเครื่องดื่มเจลลี่สมุนไพรสูตรที่มีกรดฟอสฟอริก 0.04% ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าเท่ากับ 4.85 คะแนน และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณเมลาโทนินพบว่ามีค่าเท่ากับ 221.15 ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง (Figure 3) ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายตรวจพบปริมาณเมลาโทนิน 569.02 ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง ซึ่งมีปริมาณมากกว่าผลิตภัณฑ์น้ำปรุงสลัดน้ำใสและเครื่องดื่มเจลลี่สมุนไพร 2 เท่า อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์น้ำปรุงสลัดน้ำใสและเครื่องดื่มเจลลี่สมุนไพรถือเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพและไม่สามารถดื่มนมได้

สรุปผล

อุณหภูมิและเวลาของกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อปริมาณเมลาโทนินในลักษณะแปรผกผัน คือ เมื่อแปรรูปอาหารโดยใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานทำให้เมลาโทนินมีปริมาณลดลง และเมื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงสลัดน้ำใสที่ไม่ผ่านความร้อนพบว่า มีปริมาณเมลาโทนิน 231.50 ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง ในขณะที่เครื่องดื่มเจลลี่สมุนไพรที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยระบบสเตอริไรซ์มีปริมาณเมลาโทนิน 221.15 ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

นาวา สุเทพากุล, 2558, “เมลาโทนิน” ฮอร์โมนแห่งรัตติกาล, วาสารเพื่อการวิจัยและพัฒนา องค์การเภสัชกรรม, 22 (1): 13-17.

ศูนย์วิจัยประสาทวิทยาศาสตร์ สถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2558, เมลาโทนิน คือ?, วารสารเพื่อการวิจัยและพัฒนา องค์การเภสัชกรรม, 22 (1): 37-39.

Burkhardt S., Tan D-X., Manchester L., Hardeland R., and Reiter R. J., 2001, Detection and Quantification of the Antioxidant Melatonin in Montmorency and Balaton Tart Cherries (*Prunus cerasus*), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 4898-4902.

Murch, S. J., Simmons, C. B., & Saxena, P. K., 1997, Melatonin in Feverfew and Other Medicinal Plants, Lancet, 350(9091): 1598–1599.

Pothinuch, P. and Tongchitpakdee, S. (2011). Melatonin Contents in Mulberry (*Morus* spp.) Leaves: Effects of Sample Preparation, Cultivar, Leaf Age and Tea Processing, Food Chemistry, (128):415-419.

Puerta, C., Carrascosa-Salmoral, M. P., Garca-Luna, P. P., Lardone, P. J., Herrera, J. L., and Fernndez-Montesinos, R., 2007, Melatonin is a Phytochemical in Olive Oil. Food Chemistry, 104(2): 609–612.

Simone, B. and Elmar, S., 2006, Impact of Different Cooking Methods on Food Quality: Retention of Lipophilic Vitamins in Fresh and Frozen Vegetables, Food Engineering, 77(2): 327-333.

Table 1 Melatonin content of ginger, soy bean and pineapple after heating process.****

Sample	Heating Process	Melatonin Content (µg/g.sample)	Percentage Loss
Ginger	Non heating process	2,693.06	0*
	boiling 72°c time 15 min.	3181.98	0^{c}
	boiling 72°c time 30 min.	2514.29	6.64^{b}
	boiling 80°c time 15 min.	2194.33	18.52^{a}
	boiling 80°c time 30 min.	1975.15	26.66^{a}
Soy bean	Non heating process	7079.56	0*
	Steaming, time 15 min.	6947.00	20.54^{a}
	Steaming, time 30 min.	7452.79	22.56^{a}
Pineapple	Non heating process	2987.98	0*
	baking 60°c, time 24 hrs.	2765.46	7.45^{c}
	baking 60°c, time 30 hrs.	800.56	73.21^{b}
	baking 70°c, time 24 hrs.	0	100.00^{a}
	baking 70°c, time 24 hrs.	0	100.00^{a}

*control sample

** a,b,c,…Means with in a column of same material with different superscripts are significantly different (p≤0.05)

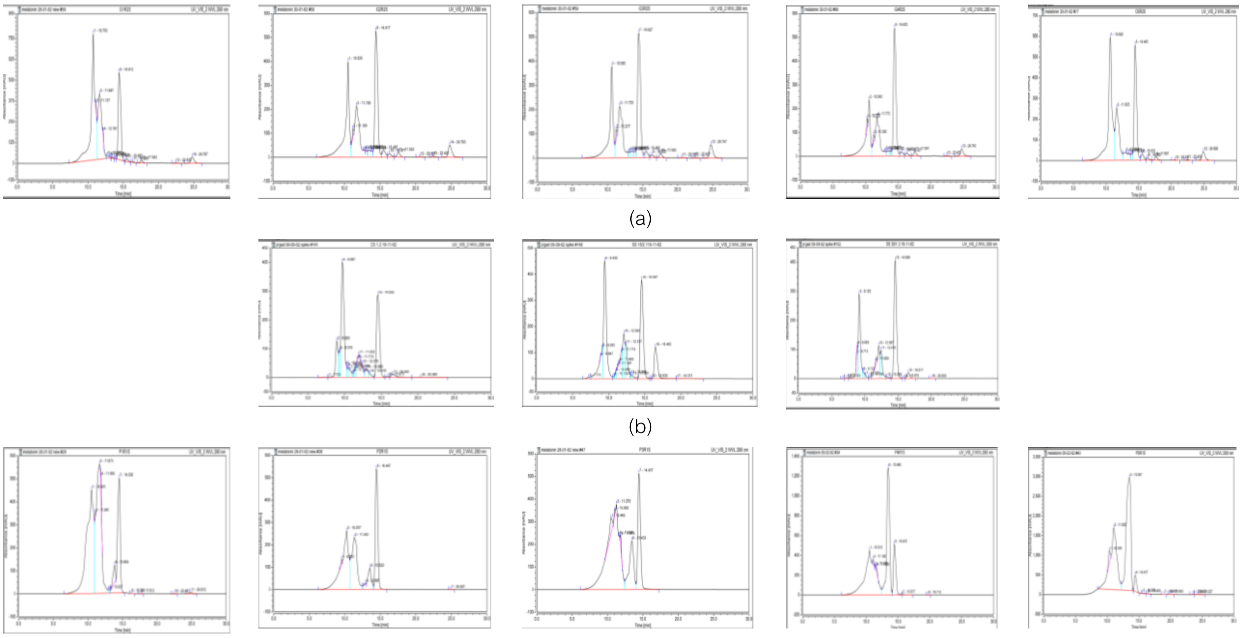
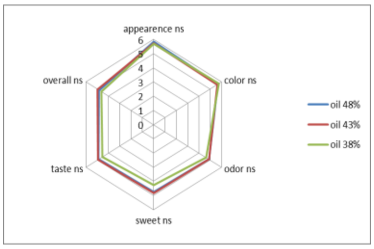


Figure 1 Chromatogram of Melatonin from (a) Ginger, (b) Soy bean and (c) Pineapple



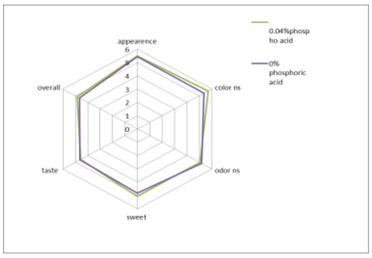


Figure 2 Sensory evaluation of Salad dressing

Figure 3 Sensory evaluation of Herbal jelly drink

การจัดการฟาร์มตามทฤษฎีใหม่: ทางเลือกสำหรับการอยู่รอดของคุณนงลักษณ์ เกตุแก้ว
Managing Farm Based upon the New Theory: Alternative for Survival of Ms. Nongruk Kedkaew

สาวิตรี รังสิภัทร์[1]
Rangsipaht, S.[1]

Abstract

The objectives of this research were to determine the optimal use of Ms. Nongruk Kedkaew's farmland division based upon the New Theory, to study how she managed her farm, and to seek for reasons why she succeeded in farm management. Key informants were Ms. Nongruk, two family members, and three agricultural extension officials at Ban Phaeo District Agricultural Extension Office, Samut Sakhon province. This research used Triangulation to validate the information. Findings revealed that farmland division was 60: 34: 4: 1: 1 which were fruit trees (60%): rice (34%): vegetable (4%): water storage (1%): accommodation (1%). Ms. Nongruk grew rice cv. Phitsanulok2 twice a year and earned income from rice 200,000 THB per year. Reasons of her success were: being a farm owner, having adequate water for farming, using local materials for reducing production costs, and using household account for making decisions about expenses and income for survival.
Keywords: farmer, New Theory, rice, Samut Sakhon province

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเรื่องนี้เพื่อ ศึกษาการกำหนดการใช้พื้นที่ทำฟาร์มที่เหมาะสมที่สุดตามทฤษฎีใหม่ ของคุณนงลักษณ์ เกตุแก้ว ศึกษาการจัดการฟาร์มของคุณนงลักษณ์และหาคำตอบว่าทำไมคุณนงลักษณ์จึงประสบความสำเร็จในการจัดการฟาร์ม ผู้ให้ข้อมูลหลักคือคุณนงลักษณ์และสมาชิกในครอบครัว 2 คนและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรที่สำนักงานเกษตรอำเภอบ้านแพ้ว จำนวน 3 คน งานวิจัยนี้ใช้ Triangulation ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของข้อมูล ผลการวิจัยพบว่าการแบ่งพื้นที่ทำฟาร์มเป็นสัดส่วน 60:34:4:1:1 ซึ่งคือไม้ผล(ร้อยละ60): ข้าว(ร้อยละ34): พืชผัก(ร้อยละ4): พื้นที่เก็บน้ำ(ร้อยละ1): ที่อยู่อาศัย(ร้อยละ1) คุณนงลักษณ์ ปลูกข้าว พันธุ์พิษณุโลก2 ปลูก2ครั้ง/ปี และมีรายได้จากการปลูกข้าว 200,000 บาท/ปี สาเหตุสำคัญของความสำเร็จของคุณนงลักษณ์เพราะเป็นเจ้าของฟาร์มเอง การมีน้ำเพียงพอสำหรับทำการเกษตร การใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นเพื่อลดต้นทุนการผลิต และการใช้บัญชีครัวเรือนเพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้จ่ายและรายได้เพื่อการอยู่รอด
คำสำคัญ : เกษตรกร ทฤษฎีใหม่ ข้าว จังหวัดสมุทรสาคร

Introduction**

In the current situations, farmers have to face risks and impacts of farming. Most risks caused by natural disasters are floods and droughts; plant diseases and pest dispersion which cause impacts on farm households such as reduction of agricultural produces, facing debt problems, loss of farmland, and lack of farm labors. Apart from the risks and impacts of farming, farmers encounter problems about price fluctuation and lack of price guarantee of agricultural produces. To solve the farm risks, impacts, and problems, His Majesty King Bhumibol Adulyadej has developed the New Theory to handle the farm problems by focusing on the water resource development and conservation, soil rehabilitation and conservation, sustainable agriculture, and self-reliance of farm families and community development (Inside Thailand, 2017). In the New Theory, the suggested ratio of land division was 30: 30: 30: 10 which was calculated from 15 rai per household. Each family had to grow rice approximately 5 rai (8,000 square meters) of land to have enough rice for consumption year round. For 5 rai of rice growing and 5 rai of fruit trees, vegetables or field crops (10 rai in all), there had to be about 3 rai for one pond or 10,900 cubic meters of water for sufficient use in the dry season and 2 rai for

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ10900
[1]Dept. of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Road, Chatuchak District, Bangkok 10900
** Reviewers'

accommodation or other purposes (Chaipattana Foundation, 2017). There are three levels of implementing the New Theory. Level one of the New Theory introduced a farmland division into proportion 30: 30: 30: 10 which were for individual benefits, in particular. Level two and level three of the New Theory was for the collective benefits at the community and nation levels. An application of the New Theory would lead to the better outcomes related to materials, social, cultural, and environmental aspects.

In searching for the role model in managing farms based upon the New Theory, Ms. Nongruk Kedkaew **(Ms. Nongruk)** who had 21 years of farm experiences with an award in 2008 on the New Theory under the Sufficiency Economy Philosophy from Office of the Royal Development Project Board (ORDPB) was an outstanding farmer. Apart from the award from ORDPB, in 2010 she received the Outstanding Farmer Award in the integrated farming at the provincial level by Dept. of Agricultural Extension, Ministry of Agriculture and Cooperatives. Ms. Nongruk proved that the New Theory was the best alternative for her and her family survival. This research, therefore, focused on the lessons learned on how Ms. Nongruk managed her farms successfully by using the triangulation to validate the information which included 1) data triangulation by rechecking the data through different points in time; 2) investigator triangulation by discussing the findings with different interviewers; and 3) method triangulation by rechecking the findings consistency from the documentary studies, observation, and in-depth interview (Chanthawanit, 2012). The coherent information from the documentary studies, observation, and in-depth interview would certain the validity of the information obtained. In this research, three research questions on how Ms. Nongruk managed her farm based upon the New Theory were: 1. What was the optimal use of Ms. Nongruk's farmland? 2. How did Ms. Nongruk manage her farm? 3. Why did Ms. Nongruk succeed in farm management?

Materials and Methods**

This qualitative research was done during November 2017 to January 2018. The information was gathered from: 1) the documentary studies about the New Theory, best practices, and related researches; 2) the non-participant observation in the place where farmland of Ms. Nongruk was located at Moo4, Ban Klong Mapub, Klongton sub-district, Ban Phaeo district, Samut Sakhon province, Thailand; and 3) the in-depth interview with Ms. Nongruk, two family members, and three agricultural extension officials at Ban Phaeo District Agricultural Extension Office to answer the research questions about the farm management and reasons to succeed in farm management under the New Theory. The instrument to collect data from aforementioned six key informants was the in-depth interviews. Data were validated by using the triangulation.

Results and Discussion**

1. Optimal use of Ms. Nongruk's farmland

The New Theory has been developed to encourage self-reliance and tackle problems of food insecurity. It focuses on water resource development, soil rehabilitation, and sustainable agriculture for the community self-reliance (Chaipattana Foundation, 2017). Within 50 rai of farmland (1 rai=0.16 hectare, 0.4 acre), Ms. Nongruk divided them into 5 plots: the first plot (60%=30 rai) was for growing coconut, banana, aloe vera, and pandan trees; the second plot (34%=17 rai) was for rice cultivation; the third plot (4%=2 rai) was for growing lime trees and home grown vegetables; the fourth plot (1%=0.5 rai) was for water storage and raising Giant gourami and Tilapia fishes; and the last plot (1%=0.5 rai) was for accommodation and other purposes (Kedkaew, 2010).

In case of Ms. Nongruk, more or less land division could be applied or improved depending on the physical conditions and locations (Chaipattana Foundation, 2017).

2. How Ms. Nongruk managed her farm

In case of Ms. Nongruk, she grew rice variety Phitsanulok2 within 17 rai which took 110-115 days from rice seed broadcasting to harvesting. The production costs of rice cultivation included expenses for chemical fertilizers, hired labors, and rented farm machines. On the average, Ms. Nongruk spent 4,000 THB/rai (THB1=USD0.03) and received 850 kg/rai of rice grain. The sale prices of rice grain were between 6,500-6,700 THB/ton. The net income was around 100,000 THB/seasonal cropping. She could grow rice two seasonal cropping/year. As a result, rice cultivation would be the alternative for survival of Ms. Nongruk since she received a large amount of income each year. For other sources of income, she got money from selling fruits and home grown vegetables which were the daily, weekly, and monthly income. These findings corresponded with the study of Kantamara (2015) that the New Theory was implemented to optimize the use of farmland.

According to the New Theory, level one focused on farmers' benefits for enabling them to support themselves by having rice for domestic consumption all year round. In case of Ms. Nongruk, she succeeded in farm management at the level one which was the optimum benefits of land use. She also set up the waste management by using byproduct of rice such as rice stubble and paddy straw for further farm use which led to the overall environment improvements (Colon and Fawcett, 2006). For level two of the New Theory, Ms. Nongruk showed her abilities to become the coordinator of Moo4 Klong Mapub Village Funds since 2001 with 51 members managing the budget of 1,385,611 THB (Report of Community Organization Database, 2013). Her farm was also the learning center for farmers and people in the community. In this regard, it would help strengthen community to enable socially and economically rely on themselves. When considering Ms. Nongruk's leadership abilities, she was elected to be a village head after ending her term from the Sub-district Administration. For the level three of the New Theory, in 2008 Ms. Nongruk received an award on the New Theory under the Sufficiency Economy Philosophy from Office of the Royal Development Project Board (ORDPB) which showed the integration among the community, the royal project board, and the government office to develop the farmers' livelihoods.

3. Reasons why Ms. Nongruk succeeded in farm management

Elements of success in farm management of Ms. Nongruk were as follows:

3.1 **Being an owner of her farmland** Ms. Nongruk did not have to pay rent for farmland which reduced the production costs tremendously.

3.2 **Having sufficient water for farming** At Ms. Nongruk's farmland, there was sufficient water for agricultural purposes throughout the year. Water was from Damnoen Saduak Canal connected to Tha Chin River which supplied water for agricultural use the whole year round. Ms. Nongruk, therefore, did not face the risk of water scarcity for farming.

3.3 **Reducing the costs of production** Ms. Nongruk reduced the production costs in her farm by not burning rice stubble, using bio-extract to repel pests, and using manure and composts to grow vegetables.

3.4 **Recording the household account** Ms. Nongruk recorded her household account to analyze and to make decision about household expenses which helped her live without debts and burden.

3.5 **Managing income for survival** Ms. Nongruk divided income into four parts. The first part (50%) was for household expenses. The second part (30%) was for farm expenses. The third and the last part (10% each) were kept for medical expenses and savings.

These findings agreed with Naipinit, Promsaka Na Sakolnakorn, and Kraeksakul (2014) that the New Theory was one of the empirical evidences under the Sufficiency Economy Philosophy. Individuals could implement and could manage their livelihoods by growing vegetables for consumption or sale, domesticating animals, and saving money. Findings also agreed with the study of Lakmuang, Ratanachai, and Phapatigul (2016) that community leaders needed to have knowledge, understanding, and having positive attitude towards Sufficiency Economy Philosophy in order to impart its principles to people in the community for effective

implementation in their daily lives. To strengthen the New Theory under the dimensions of Sufficiency Economy Philosophy, the extension of its principles on the aspects of economy, society, knowledge and morality should be cognizant. The appropriate practices such as how to reduce production costs, how to wisely use the record of household account, and how to manage the household savings could be nurtured through the understanding values of Sufficiency Economy Philosophy (Thongpoon, Ahmad, and Mahmud, 2017).

Based upon the findings of this research, it was recommended that the optimum benefits of farmland should depend on its geographical conditions. Rice cultivation was necessary for being the main source of income for small-scale farmers. The use of rice byproduct such as rice stubble and paddy straw for cost reduction and environmental improvements was recommended. The New Theory's concept should be expanded for the strengths and sustainability of the community.

Summary**

The optimum use of Ms. Nongruk's farmland was divided into 60: 34: 4: 1: 1 which were: fruit trees (60%); rice (34%); vegetables (4%); water storage, accommodation and other purposes (1% each). Ms. Nongruk managed her farm by growing rice variety Phitsanulok2 twice a year and earned around 200,000 THB. The rest of her income was from selling fruits and vegetables. Ms. Nongruk succeeded in managing her farm because of having her own farm, having adequate water for farming, reducing the production costs, cutting expenses by using household account, and managing income for survival.

References**

Chaipattana Foundation, 2017, Philosophy of Sufficiency Economy. [Online], Available: http://www.chaipat.or.th/chaipat.or.th/Chaipat_english/ [July 5, 2017].

Chanthawanit, S, 2012, Qualitative Research Methods, 20th ed., Bangkok: Chulalongkorn University Press, 233 p.

Colon, M. and Fawcett, B., 2006, Community-Based Household Waste Management: Lessons Learnt from EXNORA's Zero Waste Management Scheme in Two South Indian Cities, Habitat Inter, 30 (4): 916-931.

Inside Thailand, 2017, Self-reliance Linking with Sufficiency Economy. [Online], Available: http:// Thailand.prd.go.th/showprintFriendly.php?nid=161&flag=2. [July7, 2017].

Kantamara, P., 2015, The New Theory: Sustainable Agriculture in Thailand. [Online], Available: www.cmmu.mahidol.ac.th/research/index.php/year?view=publication&task=show&id=520. [July 5, 2017].

Kedkaew, N., 2010, Outstanding Farmer Award in the Integrated Farming at the Provincial Level in 2010, Interview, June 6, 2010, 3 p.

Lakmuang, K., Ratanachai, A., and Phapatigul, P., 2016, Factors Related to an Application of Sufficiency Economy Philosophy in Daily Life of Rice Farmers in Songkha Province, Khon Kaen Agr. J, 44 (S.1): 99-104.

Naipinit, A., Promsaka Na Sakolnakorn, T., and Kraeksakul, P., 2014, Sufficiency Economy for Social and Environmental Sustainability: a Case Study of Four Villages in Rural Thailand, Asian Soc. Sc. 10(2): 102-111.

Report of Community Organization Database, 2013, Database in Samut Sakhon Province, [Online] Available: www.codi.or.th/downloads/report/certification/westregion/samutsakhon.htm. [Dec 29, 2017].

Thongpoon, S., Ahmad, N. H. and Mahmud, I., 2017, Sustainable Approach towards Thai SMEs: The Effects of Country Philosophy of Sufficiency Economy and Government Support, P1-22, In N. H. Ahmad. Handbook of Research on Small and Medium Enterprises in Developing Countries, IGI Global Publisher, 479 p.

การพัฒนาผงโรยข้าวสำเร็จรูปจากบ๊วยดอง
Development of Rice Seasoning from Pickled Plum

หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล[1] ตระกูล พรหมจักร[1] เนวิชญานี วุฒินิธิศานันท์[1] และ ตรีสินธุ์ โพธารส[2]
Nimitkeatkai, H.[1], Prommajak, T.[1], Wutthinithisanand, N.[1] and Potaros, T.[2]

Abstract

The aim of this research was to increase the value of rejected grade pickled plum which nonconform to the manufacturing standard. Pickled plum was used as an ingredient for rice seasoning product development. Experiment began with the removing of excess salt from pickled plum by soaking in water at various times before drying at 60°C until dry and ground into powder. The result showed that soaking time affected to color (L*a*b*), a_w, and salt content. Pickled plum soaking for 5 hours received the highest overall liking score. Rice seasoning from ground pickled plum was developed by mixture design. The optimum formula contained 73.6% ground fried fish, 12.3% white sesame, 4.1% ground pickled plum, 5% black sesame, 4% ground seaweed and 1% sugar. Chemical composition of developed product contained 29.02% protein, 28.70% fat, 26.30% fiber, 10.33% ash, 2.90% carbohydrate and 2.75% moisture content.

Keywords: Rice seasoning, Pickled plum, Product development, Value addition

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าบ๊วยดองตกเกรดที่ไม่ผ่านมาตรฐานจากโรงงาน นำมาพัฒนาเป็นส่วนผสมในผงโรยข้าว โดยเริ่มจากการกำจัดเกลือส่วนเกินในเนื้อบ๊วยดองด้วยการแช่น้ำที่ระยะเวลาต่างๆ ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้งแล้วนำไปบดให้เป็นผง พบว่าระยะเวลาในการแช่น้ำเพื่อกำจัดเกลือมีผลต่อค่าสี (L*a*b*) ปริมาณน้ำอิสระ และเกลือของบ๊วยดองผง โดยบ๊วยดองที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบชิมสูงที่สุด เมื่อนำบ๊วยดองผงมาพัฒนาสูตรโดยใช้แผนการทดลองแบบ Mixture design ในการหาปริมาณส่วนผสมหลัก พบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับของผู้บริโภคมีส่วนผสมสูตรดังนี้ ปลากรอบป่น 73.6% บ๊วยดองผง 4.1% งาขาว 12.3% งาดำ 5% สาหร่ายทะเล 4% และน้ำตาล 1% และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ พบว่ามีโปรตีน 29.02% ไขมัน 28.70% เส้นใย 26.30% เถ้า 10.33% คาร์โบไฮเดรต 2.90% และความชื้น 2.75%

คำสำคัญ: ผงโรยข้าว บ๊วยดอง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การเพิ่มมูลค่า

คำนำ**

บ๊วยดอง (Umeboshi) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำบ๊วยมาทำการดองเค็มและตากแห้งสลับกันไปเรื่อยๆ มีรสชาติเปรี้ยวและเค็มจัดจึงทำให้เก็บรักษาได้นาน โดยบ๊วยที่นำมาดอง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Prunus mume* Sieb.et Zuce อยู่ในวงศ์ Rosaceae (อ้างในณัฐรีพร, 2549) ชาวญี่ปุ่นนิยมรับประทานกับข้าวสวยและยังใช้เป็นส่วนผสมของข้าวปั้นหรือกับข้าวของข้าวกล่อง ภาคเหนือของประเทศไทยจัดเป็นแหล่งปลูกบ๊วยที่สำคัญแห่งหนึ่ง เนื่องจากมีภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของบ๊วย พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน และพะเยา (พิชิต, 2539) หนึ่งในผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานแปรรูปคือบ๊วยดองทั้งเมล็ดเพื่อส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น โดยมีเศษเหลือหรือตกเกรดไม่ได้มาตรฐานคือบ๊วยดองที่ไม่เต็มเมล็ดที่ทางโรงงานผู้ผลิตต้องนำไปจำหน่ายในราคาถูกหรือนำไปเป็นอาหารสัตว์ซึ่งมีราคาถูก (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์) ทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ ส่งผลกระทบต่อโรงงานแปรรูปและต่อเนื่องไปยังเกษตรกรผู้ปลูกบ๊วย อย่างไรก็ตามส่วนเศษบ๊วยดองที่มีรสเค็มจัดสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นได้ โดยการกำจัดเกลือบางส่วนก่อน จะทำให้ผลิตภัณฑ์จากเนื้อบ๊วยดองมีรสชาติไม่เค็มจนเกินไปและความชื้นไม่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเกลือมีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้นสูง (ณัฐรีพร, 2549)

---

[1]สาขาวิชาความปลอดภัยทางอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา อ.เมือง จ.พะเยา 56000
[1]Division of Food Safety, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Muang, Phayao 56000
[2]คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
[2]Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, Ongkharak, Nakhornnayok 26120
*** reviewers'

ผงโรยข้าว (Furikake) ตามพระราชบัญญัติอาหารของประเทศญี่ปุ่น หมายถึงผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สัตว์น้ำ หรือปศุสัตว์ โดยการอบแห้งและลดขนาดปลาโอแห้งเพื่อให้มีลักษณะเป็นผงเกล็ด แล้วนำมาปรุงรสหรือผสมกับส่วนผสมอื่นๆ เช่น สาหร่ายหรืองา (รจนา, 2551) เนื่องจากผงโรยข้าวมีส่วนผสมที่หลากหลาย กระบวนการแปรรูปที่ไม่ซับซ้อน เป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสำหรับเป็นเครื่องปรุงรสในอาหารประเภทเส้นชนิดอื่นนอกจากข้าว ทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหาร จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มโอกาสทางการตลาดและเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภค ดังนั้นการพัฒนาผงโรยข้าวสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพที่มีการผสมปลาอบแห้ง สาหร่าย งาขาวและงาดำ ในสัดส่วนที่เหมาะสมโดยไม่มีการเติมเกลือเพิ่ม จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเนื้อบ๊วยดองตกเกรดที่ได้จากโรงงานผลิตบ๊วยดองในจังหวัดเชียงราย มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนนำไปแช่น้ำที่ระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ 1, 5, 24 ชั่วโมง และ/หรือ แช่น้ำเป็นเวลา 5 และ 24 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำแล้วแช่ต่อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีอัตราส่วนของบ๊วยดอง:น้ำ คือ 1 : 2 จากนั้นนำบ๊วยดองไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้ง (ดัดแปลงจากวิธีการของอนุวัตร, 2549) นำบ๊วยดองแห้งมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดสับ(Tefal รุ่น BL3001) จนมีขนาดไม่เกิน 2 มิลลิเมตรนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีภายภาพ ได้แก่ ปริมาณเกลือ (Ranganna, 1977), ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (Rotronic รุ่น HygroLab c1) และค่าสี (L*a*b*) โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta รุ่น CR-100) การทดสอบทางประสาทสัมผัส (คะแนนความชอบ) โดยวิธี 7-point hedonic scale (1: ไม่ชอบมาก และ 7: ชอบมาก) โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan’s New Multiple Range Test

คัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดในการกำจัดเกลือ โดยพิจารณาจากคุณภาพทางเคมีกายภาพร่วมกับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม นำมาทดลองหาสูตรเบื้องต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตผงโรยข้าวสำเร็จรูป ที่มีส่วนผสมของปลากระตักทอดกรอบนำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องบด งาขาวและงาดำ (บริษัท ไร่ธัญญะ จำกัด) นำมาคั่วให้หอม และสาหร่ายทะเลแบบเส้นปรุงสุก (บริษัท นิโค-นิโค ฟู้ดส์ จำกัด) โดยใช้แผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ (mixture designs) ที่ดัดแปลงจากวิธีการของ นรินทร์และชัยพร (2561) โดยกำหนดปริมาณปลาป่นอยู่ในช่วง 65- 75% งาขาว 10-20% และบ๊วยดองผง 4-6% รวมกันเป็น 90% และกำหนดให้ส่วนผสมอื่นๆ คงที่ คัดเลือกสูตรสำหรับใช้ในการทดลอง โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกจุดบนพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมด้านเท่า จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ได้สูตรคัดเลือกมา 5 สูตร ดัง Table 1

Table 1 Components of rice seasoning recipe for mixture design.

Components (%)/Formular	1	2	3	4	5
Ground fried fish	75	65	75	66	70
White sesame	11	19	10	20	15
Ground pickled plum	4	6	6	4	5
Black sesame	5	5	5	5	5
Ground seaweed	4	4	4	4	4
Sugar	1	1	1	1	1

นำผงโรยข้าวที่ได้ในแต่ละสูตรในปริมาณ 1 ช้อนชา (0.8 กรัม) โรยบนข้าวหอมมะลิหุงสุก 1 ถ้วยเล็ก (30 กรัม) โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ประเมินคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์แบบ 7-point hedonic scale (7 :ชอบมาก และ 1: ไม่ชอบมาก)

นำผงโรยข้าวที่ถูกคัดเลือกมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า ตามวิธีการ A.O.A.C. (2000)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**

จากการศึกษาวิธีกำจัดเกลือบางส่วนจากเนื้อบ๊วยดองโดยการแปรระยะเวลาในการแช่น้ำ แล้วนำเนื้อบ๊วยดองผงมาประเมินคุณลักษณะทางเคมีกายภาพ ได้ผลดังนี้

Table 2 Effect of soaking time on physicochemical properties of ground pickled plum.

Properties/Soaking time	1 hr	5 hr	24 hr	5 + 24 hr	24 + 24 hr
Salt content (%)	5.55 ± 0.14^{a}	5.70 ± 0.22^{a}	5.11 ± 0.83^{b}	3.94 ± 0.92^{c}	3.07 ± 0.21^{c}
Water activity (a_w)	0.63 ± 0.03^{a}	0.62 ± 0.03^{a}	0.47 ± 0.03^{b}	0.41 ± 0.03^{c}	0.34 ± 0.10^{d}
Lightness (L*)	55.85 ± 0.57^{d}	66.49 ± 0.88^{a}	63.82 ± 0.70^{b}	61.82 ± 0.83^{c}	63.73 ± 1.15^{b}
Redness (a*)	8.23 ± 0.14^{a}	7.90 ± 0.17^{a}	5.59 ± 0.69^{c}	7.00 ± 0.17^{b}	7.12 ± 0.13^{b}
Yellowness (b*)	14.14 ± 0.17^{b}	15.79 ± 0.37^{a}	10.40 ± 0.80^{d}	13.33 ± 0.25^{c}	14.10 ± 0.23^{bc}

Values are the mean ± SD (n=3); different letters indicate significant differences by Duncan test at P<0.05.

จาก Table 2 จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการแช่น้ำ มีผลต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและลักษณะปรากฏของบ๊วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีปริมาณเกลือและน้ำอิสระลดลงเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำนานขึ้น มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น มีความเป็นสีแดงและสีเหลืองลดลงตามระยะเวลาที่แช่น้ำ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าระยะเวลาการแช่น้ำไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏ กลิ่นรสและรสชาติของบ๊วยดองผง แต่มีผลต่อความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยบ๊วยดองผงที่ผ่านการแช่ในน้ำ 5 ชั่วโมงมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าชุดทดลองอื่นๆ (ไม่แสดงข้อมูล) จึงนำมาใช้สำหรับการหาสูตรของผงโรยข้าวต่อไป

จากการออกแบบส่วนผสม (mixture design) เพื่อวิเคราะห์คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบชิมพบว่า คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นขึ้นอยู่กับสัดส่วนบ๊วยเป็นหลัก แสดงว่าบ๊วยช่วยให้ผงโรยข้าวมีลักษณะปรากฏและสีที่ผู้บริโภคยอมรับมากขึ้น และช่วยให้กลิ่นหอมแก่ผงโรยข้าว ในขณะที่การยอมรับด้านรสชาติขึ้นอยู่กับงา การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสขึ้นอยู่กับปลา ส่วนการยอมรับด้านอัตราส่วนของส่วนผสมและความชอบโดยรวมขึ้นอยู่กับปลาและงา แสดงว่าปริมาณบ๊วยที่มากเกินไปทำให้การยอมรับด้านรสชาติและความชอบโดยรวมลดลง

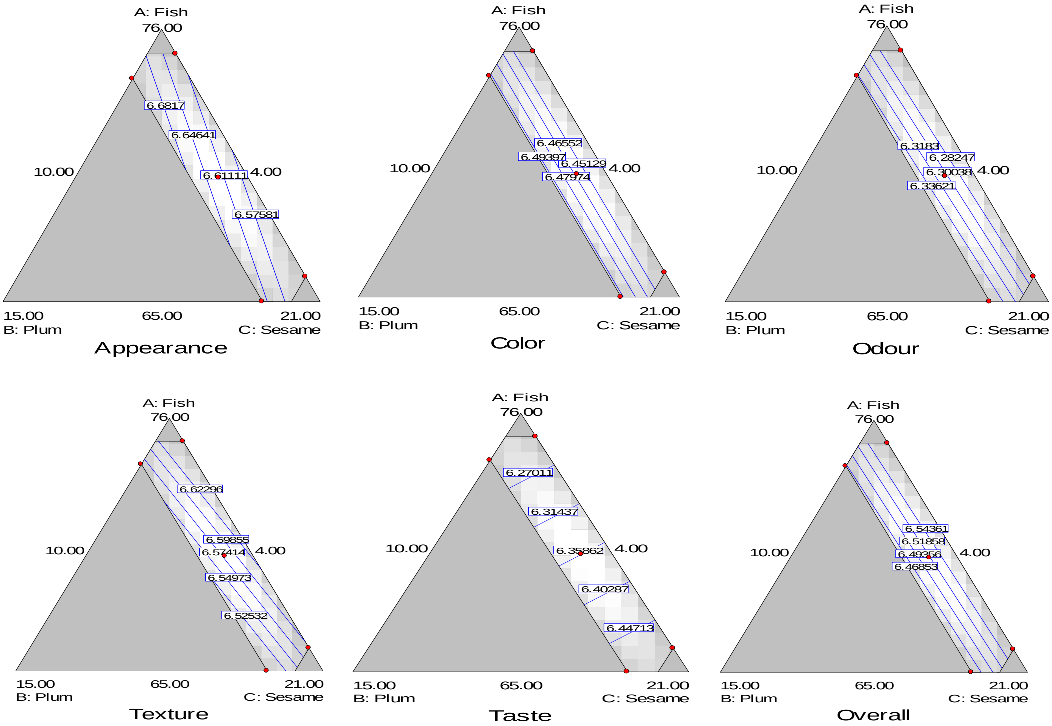


Figure 1 Mixture contour plot represented the effect of fish, pickled plum and sesame ratio on sensory scoreof rice seasoning.

เมื่อพิจารณาเฉพาะสมการคะแนนการยอมรับที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในระดับที่ยอมรับได้ อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมทั้ง 3 เพื่อให้ได้คะแนนการยอมรับทุกด้านสูงที่สุดคือ ปลาป่น 73.6% บ๊วยดองผง 4.08% และ งาขาว 12.3% (Figure 2)

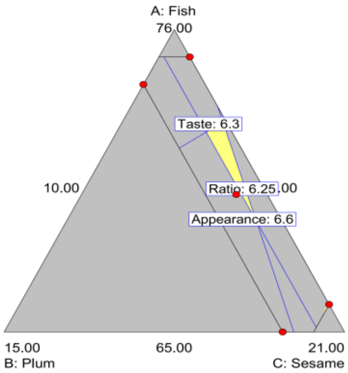


Figure 2 Overlaid contour plot represent the effect of ingredients on sensory score and area with high overall acceptability.

ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการวางแผนการทดลองด้วยการออกแบบส่วนผสมผงโรยข้าวจากปลาโอแห้ง ซึ่งพบว่าการผสมปลาโอแห้งและเกลือในสัดส่วนที่ไม่มากหรือน้อยเกินไปทำให้มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุด (เปล่งสุรีย์, 2546) นอกจากนี้การยอมรับของผู้บริโภคต่อผงโรยข้าวยังขึ้นอยู่กับกลุ่มผู้บริโภค การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวโดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างผงบูดูข้าวยำกับปลานิลรมควันป่นพบว่าผู้บริโภคประจำท้องถิ่นภาคใต้นิยมสูตรที่ผสมผงบูดูในอัตราส่วนสูง ในขณะที่ผู้บริโภคภาคกลางให้การยอมรับสูตรส่วนผสมไม่แตกต่างกัน (อทิตา, 2554) ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงโรยข้าวสำเร็จรูปที่พัฒนาได้พบว่ามีปริมาณโปรตีน 29.02% ไขมัน 28.70% เส้นใย 26.30% เถ้า 10.33% คาร์โบไฮเดรต 2.90% และความชื้น 2.75% โดยประมาณของน้ำหนักแห้งตามลำดับ (ไม่แสดงผลข้อมูล)

สรุปผล

ผงโรยข้าวสำเร็จรูปจากบ๊วยดองตกเกรด สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับบ๊วยดองได้ โดยการแช่น้ำเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อกำจัดเกลือส่วนเกิน ก่อนนำไปผสมกับส่วนผสมอื่นสำหรับผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวสำเร็จรูป ได้แก่ ปลากรอบป่น 73.6% งาขาว 12.3% บ๊วยดองผง 4.1% งาดำ 5% สาหร่ายทะเล 4% และน้ำตาล 1%

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยพะเยา สัญญาเลขที่ RD61007

เอกสารอ้างอิง

ณัฐรีพร จันทพันธ์, 2549, การผลิตน้ำบ๊วยผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

นรินทร์ เจริญพันธ์ และชัยพร แพภิรมย์รัตน์, 2561, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสจากลำไย, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 26(4): 631-640.

เปล่งสุรีย์ หิรัญตระกูล, 2546, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสำเร็จรูปจากปลาโอลาย (*Euthynnus affinis*), วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ประมง), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชิต ตุลพงษ์, 2539, ไม้ผลเขตหนาว, เชียงใหม่, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 177 หน้า.

รจนา นุชนุ่ม, 2551, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (ฟูริคาเกะ) จากปลาสลิด, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อทิตา ชนะสิทธิ์, 2554, การพัฒนาผงโรยข้าวรสบูดูจากปลานิลจิตรลดารมควันร้อน, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีทางอาหาร), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนุวัตร แจ้งชัด, ปนัดดา ตุ้งสวัสดิ์, อรุณศิริ ธราธรกุล, สุดนารี เหลืองวิลัย และกมลวรรณ แจ้งชัด, 2549, การพัฒนาบ๊วยแผ่นจากบ๊วยดอง, งานประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44, กรุงเทพฯ, หน้า 1-11.

A.O.A.C, 2000, Official Methods of Analysis 16th ed., Association of Official Analytical Chemist, Virginia.

Ranganna, S., 1977, Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Product, New Delhi: Tata McGraw Hill, 634 p.

ผลของสารเอทธิฟอนต่อการสุกของผลกาแฟและการเพิ่มคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเมล็ดกาแฟโรบัสตา
Effect of Ethyphon on Fruit Ripening and Increased Post-harvest Quality of Robusta Coffee Beans

กาญจนา เหลืองสุวาลัย[1] และ อดิศร อ่อซ้าย[1]
Luangsuvalai, K.[1] and Orsai, A.[1]

Abstract

This study explores the development of flowers and fruits of Robusta coffee (*Caffea robusta*) planted in an orchard in Tha Sae District, Chumphon Province. It was found that flower development from initial to full bloom can be divided into six stages of 4 months. For coffee fruit development, this process takes about 7 months until fruit reach its ripening. However, the effect of ethephon to accelerate the ripening of coffee fruits is studied. The ethephon solutions at concentration of 0, 250, 500, 750 and 1,000 mg/L were sprayed on fruit bearing since mature green stage for accelerating coffee fruit ripening. It was found that after spraying ethephon on the fruit branches for seven days, the number of ripen fruits increased significantly ($P<0.01$). However, all concentrations of ethephon result in an increase of poor quality of infertile and blacken beans and a reduction in the good quality of semi-ripening coffee beans.

Keywords: Robusta coffee, Ethephon, Fruit ripening, Coffee bean quality

บทคัดย่อ

การศึกษาการพัฒนาของดอกและผลของกาแฟโรบัสตา (*Caffea robusta*) ที่ปลูกในสวนของเกษตรกร อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร พบว่า การพัฒนาของดอกกาแฟเริ่มจากระยะตาดอกจนกระทั่งระยะดอกบาน สามารถแบ่งเป็น 6 ระยะ ใช้เวลา 4 เดือน สำหรับผลกาแฟใช้เวลาในการเจริญจนกระทั่งผลสุก ประมาณ 7 เดือน การทดลองใช้สารเอทธิฟอนความเข้มข้น 0 250 500 750 และ 1000 มก./ล. พ่นผลกาแฟสีเขียวระยะโตเต็มที่ เพื่อเร่งการสุกของผลกาแฟ พบว่าหลังจากการฉีดพ่นสารเอทธิฟอน 7 วัน ผลกาแฟที่สุกบนกิ่งมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) อย่างไรก็ตามการใช้สารเอทธิฟอนในทุกระดับความเข้มข้นทำให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟระยะผลเริ่มสุกมีคุณภาพต่ำ คือ เมล็ดลีบ และเมล็ดสีดำ และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟคุณภาพดีลดลงในผลกาแฟระยะผลเริ่มสุก

คำสำคัญ: กาแฟโรบัสตา เอทธิฟอน การสุกของผล คุณภาพเมล็ดกาแฟ

คำนำ*

เอทธิฟอน (ethephon) เป็นสารที่ปลดปล่อยเอทิลีน มีชื่อทางเคมีว่า 2-Chloroethylphosphonic acid ถูกนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอย่างกว้างขวาง เช่น เร่งการออกดอกของสับปะรด เร่งการไหลของน้ำยางพารา เร่งการสุกของผลไม้ และเร่งการเปลี่ยนสีของผลไม้ เป็นต้น Crisostoa และคณะ (1992) พบว่า 15 วันหลังการให้สารเอทิฟอนความเข้มข้น 100 และ 200 มก/ล กับต้นกาแฟอาราบิก้า สายพันธุ์ Guatemalan ทำให้จำนวนผลสุกที่เก็บเกี่ยวได้เพิ่มขึ้นจาก 15% เป็น 33% นอกจากนี้ยังช่วยลดแรงยึดติดกับขั้วผล (fruit detachment force : FDF) ทำให้เก็บเกี่ยวผลสุกได้ง่ายขึ้น และพบว่าเอทิฟอนทุกความเข้มข้นเร่งให้ใบร่วงเฉพาะในกิ่งที่มีผล แต่ไม่มีผลตกค้างหลังจากให้สารไปแล้ว 15 วัน นอกจากนี้ Ferrara และคณะ (2016) พบว่าการพ่นเอทธิฟอนกับผลองุนพันธุ Thompson Seedless ก่อนการเก็บเกี่ยว นอกจากช่วยลดแรงยึดติดกับขั้วของผล แล้วยังช่วยส่งเสริมคุณภาพของผลองุ่นอีกด้วย กาแฟพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เนื่องจากกาแฟเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น กาแฟที่นิยมปลูกในประเทศไทยมี 2 พันธุ์ คือ โรบัสตา (Robusta) และอาราบิกา (Arabica) โดยกาแฟโรบัสตา มีแหล่งปลูกสำคัญอยู่ทางภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ เป็นต้น ในปี 2561 มีพื้นที่ปลูก 181,137 ไร่ ซึ่งชุมพรเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด เป็นพื้นที่ปลูกที่ให้ผลผลิตแล้ว 120,572 ไร่ ผลผลิต 8,802 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) เกษตรกรนิยมขยายพันธุ์กาแฟโรบัสตาโดยนำเมล็ดจากต้นที่ให้ผลผลิตสูงไปเพาะ แต่เนื่องจากกาแฟเป็นพืชผสมข้ามทำให้ต้นที่ได้มีความแปรปรวน ส่งผลให้เมล็ดกาแฟมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ (บุญพา และชนินทร์, 2562) ต้นกาแฟจะเริ่มให้ผลผลิตครั้งแรกในปีที่ 3 หลังจากเพาะเมล็ด

---

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ถนนอิสรภาพ เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600
[1] Faculty of Science and Technology, Rajabhat Bansomdejchaopraya University 1061 Issaraphap street Thonbury district Bangkok 10600

กาแฟออกดอกเดือนมีนาคม-เมษายน และเริ่มเก็บเกี่ยวช่วงปลายเดือนตุลาคม-กุมภาพันธ์ (สุดารินทร์ และคณะ, 2558) การเก็บเกี่ยวนิยมใช้มือเก็บผลกาแฟแล้วปล่อยลงบนผ้าพลาสติกที่ดัดแปลงเป็นภาชนะรองรับ การเก็บเกี่ยวผลกาแฟใช้สีผิวผลเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยว ผลสีแดง หรือสีส้มแดง เป็นผลผลิตที่มีคุณภาพดี ไม่ควรเก็บผลสีเขียว ผลร่วง หรือผลที่สุกเกินไป ตามปกติกาแฟออกดอกหลายชุด ทำให้ดอกบานไม่พร้อมกัน ผลจึงสุกไม่พร้อมกัน หากต้องการผลผลิตที่มีคุณภาพดี ควรแบ่งการเก็บเกี่ยวเป็น 3 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 2–3 สัปดาห์ ส่งผลให้การเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่มีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนอื่น แต่ในทางปฏิบัติมักพบว่าผู้เก็บผลที่เป็นแรงงานรับจ้างจะเก็บผลกาแฟทุกระยะเนื่องจากสะดวกและเน้นปริมาณผลที่เก็บเกี่ยวได้มากเนื่องจากได้รับค่าแรงเก็บเกี่ยวตามน้ำหนักของผลกาแฟ ทำให้ส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดกาแฟ (กนกพร และคณะ, 2561) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์นำสารเอทธิฟอนมาเร่งการสุกของผลกาแฟโรบัสตาเพื่อให้สามารถเก็บเกี่ยวได้พร้อมกัน และเพิ่มคุณภาพของผลผลิตของเมล็ดกาแฟ

อุปกรณ์และวิธีการ*

ศึกษาการพัฒนาของดอกและผลของกาแฟโรบัสตา ทำโดยคัดเลือกต้นกาแฟที่สมบูรณ์ ที่ปลูกในสวนของเกษตรกร ต.สองพี่น้อง อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร ทำเครื่องหมายเพื่อทราบอายุดอกและผล สังเกตและนับวันในการเจริญและการพัฒนาของดอกและผลของกาแฟ บันทึกภาพและลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ปรากฏในแต่ละระยะ การศึกษาความเข้มข้นของสารเอทธิฟอนที่เหมาะสมต่อการเร่งการสุกของผลกาแฟ ทำการทำลองโดยคัดเลือกต้นกาแฟโรบัสตาอายุ 3 ปี จำนวน 20 ต้น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 5 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ เมื่อผลกาแฟส่วนใหญ่เจริญถึงระยะผลสีเขียวมีแถบคาดสีขาว พ่นสารเอทธิฟอนความเข้มข้น เข้มข้น 0, 250, 500, 750 และ 1000 มก/ล ทั่วทั้งต้น หลังพ่นสาร 7 วัน เก็บเกี่ยวผลทั้งต้น นำมาคัดแยกระดับการสุกของผลกาแฟ โดยแบ่งผลในแต่ละต้นออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มผลสีเขียว (green stage) กลุ่มผลสีเหลืองอมชมพู semi-ripening stage) และกลุ่มผลสีแดง (ripening stage) นำไปตากแห้ง และกะเทาะเปลือกเพื่อแยกเมล็ดกาแฟตามคุณภาพ บันทึกจำนวนผล น้ำหนักผลสด-แห้ง และจำนวนและน้ำหนักเมล็ดแยกตามกลุ่ม และคุณภาพของเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยว นำไปคำนวณเป็นร้อยละ และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาการพัฒนาของดอกและผลของกาแฟโรบัสตา พบว่า การพัฒนาของดอกกาแฟแบ่งเป็น 6 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เริ่มมองเห็นตาดอกขนาดเล็กมากลักษณะเป็นติ่งแหลม บริเวณโคนก้านใบทั้ง 2 ใบที่อยู่ตรงข้ามกัน ระยะที่ 2 ตาดอกเจริญสังเกตเห็นเป็นกลุ่มดอกมีสีเขียวอ่อน ระยะที่ 3 กลุ่มดอกมีขนาดเพิ่มขึ้น แต่ละกลุ่มมีดอกย่อยเป็นกระจุกๆ ละ 3-4 ดอก ทั้ง 3 ระยะใช้เวลาพัฒนาห่างกันประมาณ 1 เดือน เมื่อต้นกาแฟได้รับน้ำ (ฝน) จะพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 4 คือมองเห็นดอกมีขนาดใหญ่ขึ้นเป็นกลุ่มเบียดกันอยู่รอบกิ่งเนื่องจากก้านดอกสั้นมาก กลีบดอกยังเป็นสีเขียวอ่อน ระยะที่ 5 เมื่อต้นกาแฟได้รับน้ำ ดอกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีขาว ดอกและก้านดอกยาวขึ้น ระยะที่ 6 ระยะดอกบาน พร้อมผสมเกสร มองเห็นกลีบดอกและเกสรสีขาว ดอกมีกลิ่นหอมมาก ดอกใช้เวลาพัฒนาประมาณ 3.5-4.0 เดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของสุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ และเสาวนีย์ มีมุทา (2551) และพบว่าปี 2559 ต้นกาแฟออกดอก 3 รุ่น แต่ละรุ่นห่างกันประมาณ 1 เดือน ทำให้ผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน สำหรับการพัฒนาของผลพบว่าภายหลังจากดอกบาน 1 วัน ส่วนปลายกลีบดอกกาแฟเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้น กลีบดอกที่แห้งจะหลุดร่วงไป วันที่ 4 หลังจากดอกบาน สามารถสังเกตเห็นผลกาแฟขนาดเท่าเมล็ดถั่วเขียว (Figure 1) เมื่อผลกาแฟมีอายุ 3 เดือนหลังจากดอกบาน ผลมีสีเขียว ขนาดใหญ่ขึ้น แต่เมล็ดกาแฟภายในผลยังไม่มีกะลาเกิดขึ้น เมื่อผลกาแฟมีอายุ 5 เดือนมีกะลาแข็งหุ้มเมล็ด ผิวผลยังเป็นสีเขียวและเริ่มมีแถบขีดขาวเกิดบนผิวผล เมื่อผลมีอายุ 6 เดือนผลมีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อย และเริ่มเข้าสู่ระยะสุกโดยสังเกตสีผิวเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองอมชมพู เมื่อผลมีอายุ 7 เดือนหลังจากดอกบาน หลังจากนั้นผิวผลกาแฟจะทยอยเปลี่ยนเป็นสีแดง

หลังจากการพ่นสารเอทธิฟอนแก่ผลกาแฟก่อนการเก็บเกี่ยว 7 วัน เก็บเกี่ยวผลกาแฟทั้งต้นนำมาคัดแยกเป็น 3 กลุ่มตามระดับการสุกของผล คือ (1) ผลสุกผิวผลสีแดง (2) ผลเริ่มสุกผิวผลสีเหลืองอมชมพู และ (3) ผลดิบผิวผลสีเขียว พบว่าจำนวนผลกาแฟสุกเพิ่มขึ้น (P<0.01) เมื่อพ่นสารเอทธิฟอนความเข้มข้นสูงขึ้น (Table 1) สอดคล้องกับพีรพงษ์ (2541) พบว่า การใช้สารเอทธิฟอนบ่มกล้วยหอมพันธุ์ Grand Nain ทำให้ผลกล้วยสีเขียวอ่อนสุกภายในเวลา 72 ชั่วโมง และ ณัติฐพล และคณะ (2552) พบว่าสารเอทธิฟอนความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการเร่งการสุกของผลพลับพันธุ์ P2 มากที่สุด ผลกาแฟสดที่ได้รับสารเอทธิฟอน 0 250 500 750 และ 1000 มก./ล. มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักผลสดไม่แตกต่างกัน (P>0.05) สำหรับความชื้นของผลกาแฟพันธุ์โรบัสตากลุ่มสีแดงและผลสีเหลืองอมชมพู พบว่าความเข้มข้นเอทธิฟอนไม่ส่งผลต่อความชื้นของกาแฟ (P>0.05) ยกเว้น

กลุ่มสีเขียวมีความแตกต่าง (*P*<0.05) โดยพบว่าการใช้สารเร่งการสุกทำให้ความชื้นต่ำกว่าไม่ได้ใช้สาร (Table 1) ขณะที่ผลการศึกษาของสุมิตร และคณะ (2545) พ่นสาร เอทธิฟอนความ 1000 และ1500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลทุเรียนหมอนทองอายุ 78 วันหลังการเก็บเกี่ยว มีน้ำหนักสดและขนาดลดลง แต่มีน้ำหนักแห้งสูงกว่าผลที่ไม่ได้รับสารเอทธิฟอน หลังจากนำผลกาแฟไปตากแห้งและกะเทาะเปลือกเพื่อศึกษาคุณภาพของผลผลิต พบว่ากลุ่มผลสุกสีแดง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดคุณภาพดีสูงกว่าเมล็ดที่ได้จากผลกาแฟกลุ่มสีเหลืองอมชมพู และกลุ่มผลกาแฟสีเขียว ตามลำดับ และพบว่าเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพต่ำมีจำนวนน้อยในกาแฟกลุ่มผลสุกสีแดง และพบเมล็ดคุณภาพต่ำ (เมล็ดสีดำและเมล็ดลีบ) เป็นจำนวนมากในผลกาแฟกลุ่มสีเขียว และสีเหลืองอมชมพู (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากผลสีเขียวเป็นผลกาแฟที่เมล็ดยังเจริญไม่เต็มที่

สรุปผล

การพัฒนาของดอกกาแฟโรบัสตา สามารถแบ่งออกเป็น 6 ระยะ ใช้เวลารวม 3.5-4 เดือน ซึ่งต้นกาแฟจะทยอยออกดอกเป็น 3 รุ่น แต่ละรุ่นห่างกัน 1 เดือน และใช้เวลาในการพัฒนาผลนับจากดอกบานจนถึงระยะผลเริ่มสุก 7 เดือน สำหรับการใช้สารเอทธิฟอนพ่นผลกาแฟระยะผลแก่สีเขียวสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การสุกของผลกาแฟก่อนการเก็บเกี่ยวได้และทำให้เมล็ดกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้มีคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวบางประการดีขึ้น เนื่องจากมีปริมาณเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพต่ำลดลง

คำขอบคุณ

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา และคุณสมศักดิ์ อ่อซ้าย เกษตรกรเจ้าของสวนกาแฟ อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุและอุปกรณ์ในการศึกษาและทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กนกพร บุญญะอติชาติ ร่วมจิตร นกเขา ณัฐพงศ์ รัตนเดช และ วิมลมาศ บุญมี, 2561, การจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวและคุณภาพบางประการของผลกาแฟโรบัสตาในพื้นที่จังหวัดชุมพร, วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 5(2): 42-48.

บุญพา ชูผอม และ ชนินทร์ ศิริขันตยกุล, 2562, วิจัยกาแฟโรบัสตาเพื่อพัฒนาวิสาหกิจชุมชน จ.สตูล, หน้า 131-148, [สืบค้น], http://www.phtnet.org/download/pht_res/r36.pd [29/ July /19].

สุดารินทร์ รอดมณี อารีวรรณ เซ่งตระกูล ณัฐพล ขานหมัด, 2558, รายงานการวิจัย การศึกษากระบวนการการปลูกกาแฟ การแปรรูปกาแฟ และกระยวนการจัดการของวิสาหกิจชุมชน กลุ่มกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร, เอกสารวิจัยฉบับที่ 236, กลุ่มวิจัยและพัฒนาการปฏิรูปที่ดิน สำนักงานปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม. กรุงเทพฯ, 239 หน้า

ณัติฐพล ไข่แสงศรี อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป, 2552, ผลของกรดอะซีติก และเอทีฟอนต่อคุณภาพของพลับพันธุ์ P2, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(1): 269-272.

พีรพงษ์ แสงวนางค์กูล, 2541, การเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองและอิทธิพลของเอทธิฟอนในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ และเสาวนีย์ มีมุทา, 2551, การศึกษาพัฒนาของดอกกาแฟโรบัสต้าและการบังคับให้ดอกบานพร้อมกัน, วารสารเกษตร, 24(3): 225-231.

สุมิตร คุณเจตน์ พีรพงษ์ แสงวนางค์กูล และ จริงแท้ ศิริพานิช, 2545, อิทธิพลของเอทีฟอนต่อพัฒนาการและคุณภาพของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองหลังการเก็บเกี่ยว, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 33(6): 40-44.

Crisostoa, C.H., Grantzb, D.A., Osgooda, R.V., and Cida, L.R., 1992, Synchronization of Fruit Ripening in Coffee with Low Concentrations of Ethephon, Postharvest Biology and Technology, 1(4): 371-378.

Ferrara, G., Mazzeo, A., Matarrese A. M. S., Pacucci, C., Trani, A., Fidelibus, M.W., and Gambacorta, G., 2016, Ethephon As a Potential Abscission Agent for Table Grapes: Effects on Pre-Harvest Abscission, Fruit Quality, and Residue, Frontiers in Plant Science, 2016; 7: 620. Published online 2016 May 30. doi: 10.3389/fpls.2016.00620 [Online], Available : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4885227/ [October 19, 2004].

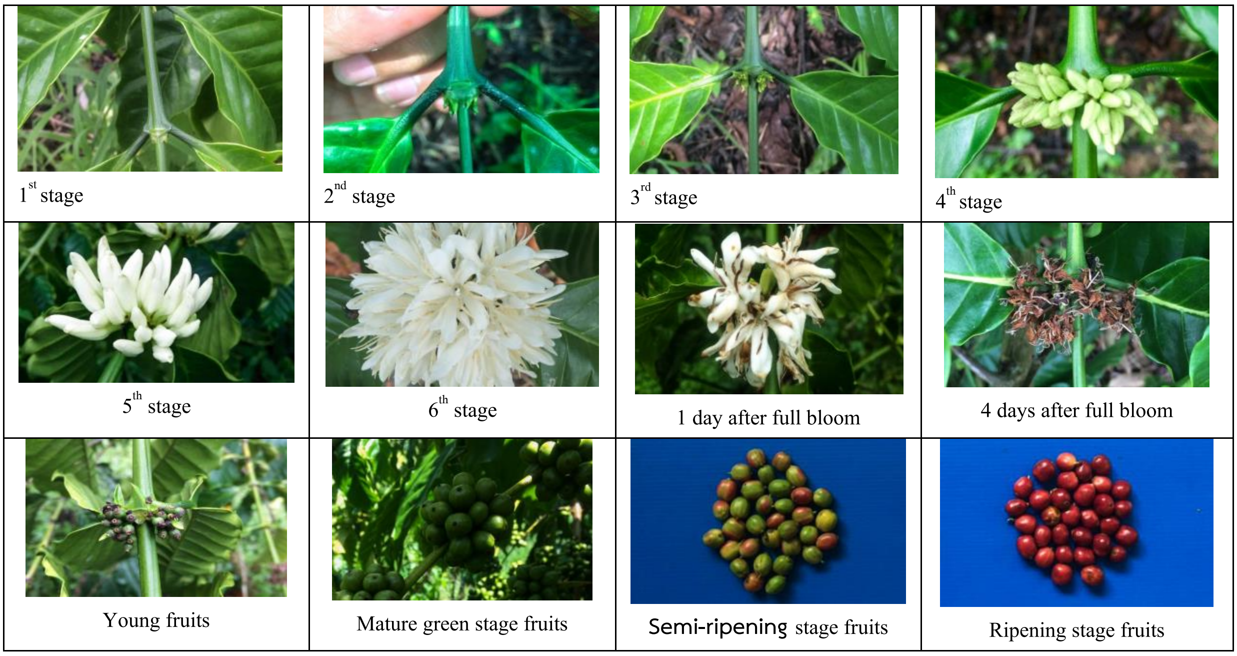


Figure 1 Flower development and fruit growth of the Robusta coffee.

Table 1 The percentage of coffee fruits and good quality of Robusta coffee beans in each stage after sprayed ethephon solutions for 7 days.

Ethephon (mg/L)	Total number of coffee fruits (%)			Moisture content of coffee fruits (%)		
	Ripening stage	Semi-ripening stage	Green stage	Ripening stage	Semi-ripening stage	Green stage
0	8.51±8.40^{b}	51.63±35.67	39.85±35.78	51.32±14.58	53.89±15.04	55.18±18.01^{a}
250	21.16±17.40^{b}	33.31±35.94	45.53±37.56	38.39±5.05	40.10±6.97	36.36±5.95^{bc}
500	51.70±11.22^{a}	31.32±15.07	16.98±6.65	55.78±16.27	48.19±8.47	48.45±12.13^{ab}
750	52.04±17.31^{a}	41.41±16.76	6.55± 9.97	42.19±10.82	47.34±14.52	33.45±3.49^{c}
1000	62.85±9.46^{a}	32.71±7.30	4.43± 5.13	56.93±14.38	45.66±11.54	32.50±2.61^{c}
F-test	**	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	59.03	22.43	82.05	16.89	10.54	24.50
Ethephon (mg/L)	Good quality of coffee beans (%)			Poor quality of coffee beans (%)		
	Ripening stage	Semi-ripening stage	Green stage	Ripening stage	Semi-ripening stage	Green stage
0	94.23±6.60	91.05±4.25^{a}	62.62±14.41	5.77±6.60	8.95±4.25^{b}	37.38±14.41
250	82.09±22.83	82.65±11.18^{a}	64.82±18.37	17.91±22.83	17.35±11.18^{b}	35.18±18.37
500	93.49±6.17	76.48±14.55^{ab}	57.26±22.52	6.51±6.17	23.52±14.55^{ab}	42.74±22.52
750	91.44±8.66	76.72±14.49^{ab}	53.12±8.02	8.56±8.66	23.28±14.49^{ab}	46.88±8.02
1000	93.99±5.12	60.64±9.81^{b}	44.11±9.29	6.01±5.12	39.36±9.81^{a}	55.89±9.29
F-test	ns	*	ns	ns	*	ns
CV (%)	5.63	14.37	14.63	57.31	49.51	18.92

* = significantly different at P= 0.05, ** = significantly different at P= 0.01, and ns = Not significantly different (P>0.05)

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)

การศึกษาคาริโอไทป์ของ *Crinum* sp. จากประเทศเมียนมา
Karyotype Study of an Aquatic *Crinum* sp. from Myanmar

ปกขวัญ หุตางกูร[1] เดชาธร ธนาสุตตะนิธิ[2] จินดารัตน์ พงศ์พลิศร[1] มัชฌิมา ใจสอาด[1] และ อุทร ดีเลือก[1]
Hutangura, P.[1], Thanasuttanithi, D.[2], Phongphalisorn, J.[1], Chaisa-ard, M.[1] and Deelouek, U.[1]

Abstract

Water onion (*Crinum thaianum*) has been classified as an endemic and endangered species of Thailand for more than 10 years. However, it has been recently founded the bulbs of an aquatic *Crinum* sp. sold in Thai local market. The plants were mentioned that they were collected from Myanmar and suspicious to be Thai endemic species, *Crinum thaianum*. This emerged the question whether these plants were *Crinum thaianum* which were readily dispersed in this region or they were the other species of *Crinum*. Thus, the karyotype of *Crinum* sp. from Myanmar was investigated using aceto-carmine squash method with root tip. The result showed that the chromosome number of unknown *Crinum* sp. from Myanmar was 2n = 36, including 4 pairs of large chromosomes, 1 pair of medium chromosomes and 13 pairs of small chromosomes. This result confirmed that the plant sample from Myanmar was not Thai endemic *Crinum thaianum* (2n=22).
Keywords: *Crinum thaianum*, Karyotype, Myanmar

บทคัดย่อ

พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) ได้ถูกจัดเป็นพืชถิ่นเดียวที่มีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ของประเทศไทยมานานกว่า 10 ปี เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการพบหัวของพืชในสกุลเดียวกันนี้วางจำหน่ายในท้องตลาดโดยอ้างว่าเป็นพลับพลึงธารที่ขึ้นอยู่ตามแหล่งน้ำในประเทศเมียนมาและถูกเก็บมาวางจำหน่าย ดังนั้นจึงมีการนำพืชตัวอย่างนี้มาทำการศึกษาคาริโอไทป์เพื่อตรวจพิสูจน์ว่าพืชที่นำเข้ามาจากเมียนมานี้เป็นพืชชนิดเดียวกับพลับพลึงธารหรือไม่ โดยทำการย้อมปลายรากแล้วนำมาศึกษาด้วยวิธีอะซิโตคาร์มีน สควอช (Aceto-Carmine Squash) จากการศึกษาทำให้ทราบว่าพืชที่มีลักษณะคล้ายพลับพลึงธารที่พบในประเทศเมียนมานั้นมีจำนวนโครโมโซม 2n = 36 โดยมีโครโมโซมขนาดใหญ่ 4 คู่ โครโมโซมขนาดกลาง 1 คู่ และโครโมโซมขนาดเล็ก 13 คู่ จึงสรุปว่าพืชสกุล *Crinum* ที่พบในประเทศเมียนมานั้นไม่ใช่สายพันธุ์เดียวกับพลับพลึงธารของไทย (*Crinum thaianum*) ที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น 2n = 22
คำสำคัญ: พลับพลึงธาร คาริโอไทป์ เมียนมา

Introduction

Water onion (*Crinum thaianum* Schulze) is the endemic species found only in the southern Thailand. It is an amphibian plant with attractive large inflorescence. The population of water onion has been declined since mistreatment with the plant and its habitat have been proceeding. Therefore, this species was listed as Endangered by International Union Conservation of Nature, IUCN and convincingly become Critically Endangered in the future. (Hutangura and Soonthornnawaphat, 2015). The *Crinum* sp. has been occasionally founded in the market in Chanthaburi province and claimed that these plants were *C. thaianum* which were collected from Myanmar. This raised a controversial suspicion to the academic and conservative sectors whether *C. thaianum* was distributed to Myanmar or it was another species of *Crinum*.

The karyotype is a reliable tool to identify plant species since each species has a specific

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพ 10800
[1] Dept. of Agro-industrial, Food and Environmental Technology, Fac. of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat1 Rd., Wonsawang, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand
[2] ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 272 ถนนพระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพ 10400
[2] Dept. of Plant Science, Faculty of Science, Mahidol University, 272 Rama 6 Rd., Thung Phaya Thai, Ratchathewi, Bangkok 10400, Thailand

characteristic chromosome complement. Thus, it has been being used to study plants in genus *Crinum* spp. which have many similar morphologies to identify plant species and study for breeding potentials, relationships, and evolution. In this study, the karyotype analysis was used to demonstrate whether the unknow Myanmar is *Crinum thaianum* or any other *Crinum* species known.

One-third of plant species in genus *Crinum* were studied cytologically and founded the constant chromosome number of 22. However, the chromosome numbers of 18, 22+2f, 24, 30, 33, 44 and 72 have also been reported in some species (Bose, 1965; Jones and Smith, 1967; Wahlstrøm and Laane, 1979; Lekhak and Yadav, 2011). The basic number of this genus was stable with x = 11 and most of them were diploid with 2n = 2x = 22 (Lekhak and Yadav, 2011). However, the different basic numbers of x = 6, 10, 12 and 15 were also submitted in some *Crinum* spp. (Bose, 1965; Jones and Smith, 1967; Wahlstrøm and Laane, 1979).

Although diploids were predominated for plants in genus *Crinum* (Lekhak and Yadav, 2011) but many series of polyploids in this genus including, triploid, tetraploid, hexaploid and octoploid were also reported (Jones and Smith, 1967; Wahlstrøm and Laane, 1979). However, meiotic studies in this genus were limited as meiosis occurred in young flowers grew deep inside the bulbs (Wahlstrøm and Laane, 1979; Lekhak and Yadav, 2011). Therefore, the information of the nature of ploidy in *Crinum* was not enough and difficult to specified since chromosome studies were mainly obtained from somatic counts (Khoshoo and Raina, 1968; Lekhak and Yadav, 2011).

Materials and methods

The Myanmar *Crinum* sp. specimens were obtained from the local market in Chanthaburi province, the east of Thailand. The bulbs were sold and declared that they were *Crinum thaianum* collected from Myanmar.

The bulbs were grown in plastic pots to observe the general morphological characteristics including flowering and seed setting of the plant samples and to obtain newly emerged roots. The root tips were collected and fixed in Carnoy's solution for 16 to 24 hours. The fixed root tips were then washed and hydrolyzed with 1N HCl at 60°C for 10 to 15 minutes. Subsequently, the root materials were washed and stained in Schiff's reagent for 30 minutes to 1 hour. The roots were then washed and squashed with 2% acetocarmine on glass slide and covered with a cover slip and observed under light microscope.

The length of chromosome (LT), length of short arm (Ls), length of long arm (Ll), total length of chromosome (ΣLT), relative length (RL), centromeric index (CI) and chromosome shape were studied. The shape of chromosomes were then classified, based on their centromeric positions and the size of chromosomes were also determined and grouped as large (L), medium (M) and small (S) followed the method modified by Chaisut (1989). Three mitotic cells were used for chromosome study.

Results and Discussions

Morphological study

Bulbs of *Crinum* sp. from Myanmar were cultured in plastic pots for 3 months to investigate their general morphologies. The plant samples showed similar characteristics when compared to Thai *Crinum thaianum*. However, it has been considered that *Crinum* sp. from Myanmar gave more flowers compared to *Crinum thaianum* when both were grown in captive habitat. Moreover, the seeds setting from Myanmar plants were very low. From four plants which gave six inflorescences, they produced only one seed from one flower. Nevertheless, low seed setting might normally happen when plants were grown outside their natural habitats.

Chromosome number study

Chromosome number of *Crinum* sp. from Myanmar was investigated in metaphase cells using

aceto-carmine squash method with root tip (Figure 1). The result showed that's *Crinum* sp.'s chromosome number was 2n = 36 which were new for the plants in this genus (Wahlstrøm and Laane, 1979). This chromosome number confirmed that the plant samples from Myanmar are not the same species as Thailand since *Crinum thaianum* chromosome number has been revealed as 2n = 2x = 22 and the basic number was x = 11 (Patchamongkolrat and Rittidate, 2014; Ergchue and Charoensuk, 2012; Pipatcharoenchai and Pradissan, 2008), which were similar to most of plant species in genus *Crinum* (Lekhak and Yadav, 2011; Wahlstrøm and Laane, 1979).

Karyotype analyzes

Although the certain basic number and ploidy level of Myanmar *Crinum* sp. were not possible since there was no previous report on this basic number of 36 and the meiotic study in this plant was still needed. However, in this study, the karyotype of Myanmar *Crinum* sp. was analyzed on the basis of diploid (2n=2x=36; x=18). Nevertheless, the basic number of this unknown species could be arguably evaluated as 12 (x=12) and was triploid (3x) since the new basic number of x=12 has been informed in population of *C. ornatum* (Jones and Smith, 1967) while there was no report on the basic number of x=18. Moreover, the triploid could be explained as the reason of low seed setting rate observed in this plant samples and they reproduced mainly asexually. However, the new chromosome number of *Crinum* sp. from Myanmar could also be derived from a hybrid of two *Crinum* species since this has been founded among some pairs of *Crinum* spp. (Wahlstrøm and Laane, 1979). Moreover, new basic numbers, polyploidy levels and karyotypic heterozygosity were also founded in some *Crinum* spp. due to the numeral and structural chromosome aberrations (Wahlstrøm and Laane, 1979; Khoshoo and Raina, 1968). In addition, the variation in polyploidy levels and heteromorphicity of the length of chromosome in the same species of *Crinum* that grown in different habitat were also reported (Wahlstrøm and Laane, 1979). These incidences made the exact determining of the basic number and nature of ploidy of the unknown Myanmar *Crinum* sp. without further meiotic examination became unlikely.

However, when the 36 chromosomes were analyzed on the basis of 2n=2x=36, the karyotype revealed 4 pairs of large chromosomes which were submetacentric and acrocentric chromosomes, 1 pair of medium chromosome which were acrocentric chromosome and 13 pairs of small chromosomes which were submetacentric and acrocentric chromosomes (Table 1). The ideogram of Myanmar *Crinum* sp. was shown in Figure 1. This karyotype pattern of unknown plants from Myanmar was confidently different from *Crinum thaianum* (Ergchue and Charoensuk, 2012; Patchamongkolrat and Rittidate, 2014).

Conclusion

The *Crinum* sp. samples from Myanmar were investigated and confirmed that they are not *Crinum thaianum* since the Myanmar *Crinum* sp. has chromosome number of 2n = 36 compared with 2n = 22, x = 11 in *Crinum thaianum*. The karyotype of Myanmar *Crinum* sp. also showed the different chromosome shapes and sizes compared to *Crinum thaianum*. However, the meiotic investigation is needed to be done to specify certain basic number and ploidy of this plant as the chromosome number.

Acknowledgement

We would like to thank Mr. Parutuch Luangsri-umporn, PhD. Student in Dept. of Agro-industrial, Food and Environmental Technology, Fac. of Applied Science, KMUTNB, for providing the bulbs of Myanmar *Crinum* sp. which were bought from the market in Chanthaburi. We also deeply thank uncle Luean Meesaeng, the old generous man in Kuraburi, Phang Nga province, who always kindly supports us the *Crinum thaianum* growing in his land for the research work.

References

Bose, S., 1964, Polyploidy in The Genus *Crinum*, Cytologia, 30: 349-353.

Chaisut, K., 1989, Cytology Laboratory hand book, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

Ergchue, W. and Charoensuk, Y., 2012, Chromosome Study of Water Onion (*Crinum thaianum*), B.Sc. thesis, Department of Agro-industrial, Food and Environmental Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

Hutangura, P. and Soonthornnawaphat, S., 2015, Water Onion (*Crinum thaianum*) Endangered Thai Endemic Species, Ruamsarn (1977), Bangkok.

Jones, K. and Smith, J.B., 1967, Chromosome Evolution in the Genus *Crinum*, Caryologia, 20(2): 163-179.

Khoshoo, T.N. and Raina, S.N., 1968, Cytogenetics of Tropical Bulbous Ornamentals I. Heterozygosity in *Crinum latifolium*, Cytologia, 33: 209-219.

Lekhak, M.M. and Yadav, S.R., 2011, Karyotype Studies in Two Critically Endangered and Endemic *Crinum* Species (Amaryllidaceae) from Northern-Western Ghats of India, Nucleus, 54(1): 25-30.

Patchamongkolrat, T. and Rittidate, S., 2014, Karyotype Study of *Crinum thaianum*, Special Project, Department of Agro-industrial, Food and Environmental Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

Pipatcharoenchai, W. and Pradissan, R., 2008, Biology of Onion Plant, *Crinum thaianum* Schulze, Technical Paper No. 65/2008, Inland Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Schulze, J., 1972, *Crinum thaianum* J. Schulze, A New Aquatic Species from Southeast Asia, in Traub, H.P. and H.N., Moldenke (eds.), Plant life, The American Plant Life Society, 27: 33-42.

Wahlstrøm, R. and Laane, M., 1979, Chromosome Analyses in African *Crinum* Species (Amaryllidaceae), Hereditas, 91: 183-206.

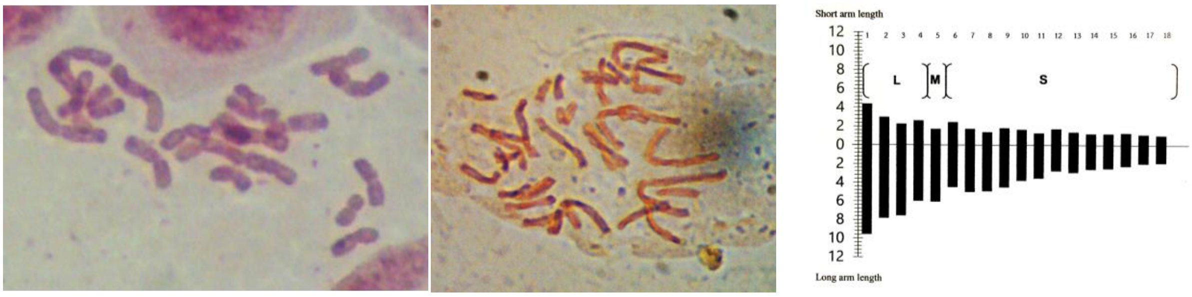


Figure 1 The mitotic metaphase cell from root tips of *Crinum thaianum* (left; from Patchamongkolrat and Rittidate, 2014) and *Crinum* sp. from Myanmar (middle) and the idiogram of Myanmar *Crinum* sp. (right) Remark: L = large, M = medium and S = small chromosome.

Table 1 The size and shape of chromosome of *Crinum* sp. from Myanmar

Size of chromosome	Shape of chromosome	Chromosome number
large	Acrocentric chromosome	1, 2 and 3
	Submetacentric chromosome	4
medium	Acrocentric chromosome	5
small	Submetacentric chromosome	6, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17 and 18
	Acrocentric chromosome	7, 8, 9 and 11

ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง การใช้พลังงานในการอบแห้ง และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายผักกาดทะเล

Effect of Drying Temperature on Drying Kinetics, Energy Consumption and Bioactive Compounds of Sea Lettuce

รติยา ธุวพาณิชยานันท์[1] ดลฤดี ใจสุทธิ์[1] และ จันทนา ไพรบูรณ์[2]
Thuwapanichayanan, R.[1], Jaisut, D.[1] and Praiboon, J.[2]

Abstract

Sea lettuce, a green seaweed, is rich in nutrients and bioactive compounds,but easily deteriorated. Drying can prolong its shelf life. The objective of this work was therefore to study the effect of hot air temperatures of 50, 65 and 80 °C on total phenolic content, total flavonoid content, antioxidant activity and specific energy consumption of sea lettuce drying. The results showed that the required drying times were 570, 420 and 270 min when drying was performed at 50, 65 and 80 °C, respectively. The sea lettuce dried at 80 °C had the highest total flavonoid content and DPPH radical scavenging activity. However, the drying temperature had no significant effect on the total phenolic content and antioxidant activity assessed by reducing activity. In addition, the total specific energy consumption of the drying process was insignificantly different at the drying temperatures of 50 and 80 °C, but lower than that of 65 °C.

Keywords: antioxidant activity, bioactive compounds, hot air drying, sea lettuce

บทคัดย่อ

สาหร่ายผักกาดทะเลเป็นสาหร่ายสีเขียวที่อุดมไปด้วยสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ แต่เน่าเสียได้ง่าย การอบแห้งจะช่วยยืดอายุในการเก็บรักษาสาหร่ายผักกาดทะเลได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิอากาศร้อนที่ 50, 65 และ 80 °C ที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงการใช้พลังงานจำเพาะในการอบแห้งสาหร่ายผักกาดทะเล จากผลการทดลองพบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 65 และ 80 °C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 570, 420 และ 270 นาที ตามลำดับ โดยสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระซึ่งหาโดยวิธีการขจัดอนุมูล DPPH สูงสุด อย่างไรก็ตามอุณหภูมิอบแห้งไม่ส่งผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระซึ่งหาโดยวิธีการรีดิวซ์ นอกจากนี้พบว่าการใช้พลังงานจำเพาะรวมในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 80 °C ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ต่ำกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C

คำสำคัญ: การอบแห้งด้วยอากาศร้อน กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สาหร่ายผักกาดทะเล

คำนำ*

สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) จัดอยู่ในกลุ่มของสาหร่ายสีเขียว มีชื่อสามัญว่า Sea Lettuce สาหร่ายชนิดนี้มีคุณค่าทางโภชนาการ มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูง (Yildiz และคณะ, 2012) แต่สาหร่ายผักกาดทะเลมีความชื้นสูง จึงเกิดการเน่าเสียได้ง่ายหลังการเก็บเกี่ยว การอบแห้งจะช่วยลดความชื้นและช่วยลดกิจกรรมของน้ำในสาหร่ายลง จึงช่วยยืดอายุในการเก็บรักษาได้***

การอบแห้งด้วยอากาศร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการอบแห้งสาหร่ายทะเล โดยการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิต่ำจะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนต่ำและอุณหภูมิของวัสดุต่ำ ซึ่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ไวต่อความร้อนอาจเกิดการสูญเสียน้อย แต่การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำอาจจะไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกได้ ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดมีปริมาณลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง (Madrau และคณะ,

1
[1] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ. งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900
[2] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Ngamwongwan Road, Lardyao, Chatuchak, Bangkok, 10900
[2] ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ. งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900
Department of Fishery Biology, Faculty of Fishery, Kasetsart University, 50 Ngamwongwan Road, Lardyao, Chatuchak, Bangkok, 10900

2009) นอกจากนี้การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำยังใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานอีกด้วย หากต้องการลดระยะเวลาในการอบแห้งสามารถทำได้ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิอากาศร้อน ซึ่งจะทำให้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนและอุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้น น้ำภายในวัสดุจะระเหยออกมาสู่ตัวกลางในการอบแห้งได้เร็วขึ้น ซึ่งการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง (75-80°C) ช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกได้ แต่อาจทำให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ไวต่อความร้อนเกิดการสูญเสียเพิ่มมากขึ้น (Madrau และคณะ, 2009) ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาผลของอุณหภูมิของอากาศร้อนที่มีต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายผักกาดทะเล ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของอุณหภูมิของอากาศร้อนที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง การใช้พลังงานในการอบแห้ง ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด รวมถึงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายผักกาดทะเล เพื่อให้ได้อุณหภูมิอากาศร้อนที่เหมาะสมสำหรับอบแห้งสาหร่ายผักกาดทะเล

อุปกรณ์และวิธีการ**

ล้างสาหร่ายผักกาดทะเลในน้ำสะอาด 2 รอบ แล้วนำมาใส่ตะกร้าที่มีรูเพื่อสะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปสับให้มีขนาดชิ้นเท่าๆ กัน แล้วบีบน้ำออก นำมาจัดเรียงใส่ถาดที่มีรู ถาดละ 120 กรัม จำนวน 6 ถาด และนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดโดยใช้อากาศร้อนอุณหภูมิ 50, 65 และ 80 °C ความเร็วลม 0.4 m/s จนกระทั่งความชื้นลดลงเหลือ 0.1 (เศษส่วนมาตรฐานแห้ง) และประเมินค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption, SEC) จากค่าการใช้พลังงานในระบบอบแห้ง (ประกอบด้วยพลังงานที่ใช้โดยขดลวดความร้อนและพัดลม) ในการระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม สำหรับการสกัดตัวอย่างสาหร่ายผักกาดทะเลสดและที่ผ่านการอบแห้ง ดัดแปลงมาจากวิธีของ Sachindra และคณะ (2010) ซึ่งจะสกัดด้วยเมทานอล 95% โดยใช้อัตราส่วนของตัวอย่างต่อเมทานอลเท่ากับ 1 ต่อ 20 (w/v) เขย่าด้วยเครื่อง Orbital shaker ที่อุณหภูมิห้อง (25±2 °C) ในที่มืดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 2 นำกากไปสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง ภายใต้เงื่อนไขการสกัดเดิม เก็บส่วนใสที่ได้ แล้วนำไปประเหยเมทานอลออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 °C นำสารสกัดที่ได้ไปผสมกับตัวทำละลาย (เมทานอล) เพื่อให้ได้ความเข้มข้นตามที่ต้องการ แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ 1) ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งใช้วิธี Folin-Ciocalteu ที่ดัดแปลงมาจาก Airanthi และคณะ (2011) โดยนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก โดยรายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด 2) ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ซึ่งใช้วิธี aluminium chloride colorimetric ที่ดัดแปลงมาจาก Subramanian และคณะ (2014) โดยนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของเควอซิทิน โดยรายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของเควอซิทิน/กรัมสารสกัด และ 3) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ใช้ 2 วิธี ได้แก่ 3.1) DPPH radical scavenging activity เป็นวิธีการวัดความสามารถของสารสกัดสาหร่ายผักกาดทะเลในการขจัดอนุมูลอิสระ DPPH ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ Yen และ Chen (1995) โดยนำสารละลายที่ที่ความเข้มข้น 2 mg/mL ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และ 3.2) Fe^{3+} Reducing activity เป็นวิธีการวัดความสามารถในการรีดิวซ์ Fe^{3+} ของสารสกัดสาหร่ายผักกาดทะเล ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ Yuan และคณะ (2005) โดยนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิก โดยรายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิก/กรัมสารสกัด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

Figure 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอัตราการอบแห้งสาหร่ายผักกาดทะเล เมื่ออบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ จากผลการทดลองพบว่า สาหร่ายผักกาดทะเลมีความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วง 7.2 ถึง 7.5 (เศษส่วนมาตรฐานแห้ง) ซึ่งใช้ระยะเวลา 570, 420 และ 270 นาที ในการอบแห้งให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 0.1 (เศษส่วนมาตรฐานแห้ง) เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 65 และ 80 °C ตามลำดับ โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะให้อัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ดังแสดงใน Figure 1 (b) ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูง สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจึงมีค่าสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ

Figure 2 แสดงค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งสาหร่ายผักกาดทะเลด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ จากผลการทดลองพบว่า ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวม (ผลรวมของความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของขดลวดความร้อนและพัดลม) เท่ากับ $138.6±8.4^{a}$, $172.1±6.3^{b}$ และ $149.9±1.1^{a,b}$ MJ/kg H_2O evaporated เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 65 และ 80 °C ตามลำดับ โดยความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวมเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C จะมีค่าต่ำสุด เนื่องจากความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในส่วนของขดลวดความร้อนซึ่งใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิอากาศมีค่าต่ำสุด สำหรับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C พบว่า

ขดลวดความร้อนจะใช้พลังงานในการเพิ่มอุณหภูมิอากาศมากกว่า แต่ระยะเวลาในการทำงานของขดลวดความร้อน (ระยะเวลาในการอบแห้ง) สั้นกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C ทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในส่วนของขดลวดความร้อนสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C เล็กน้อย แต่ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในส่วนของพัดลมเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C น้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C ดังนั้นความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวมเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 80 °C จึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ต่ำกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C

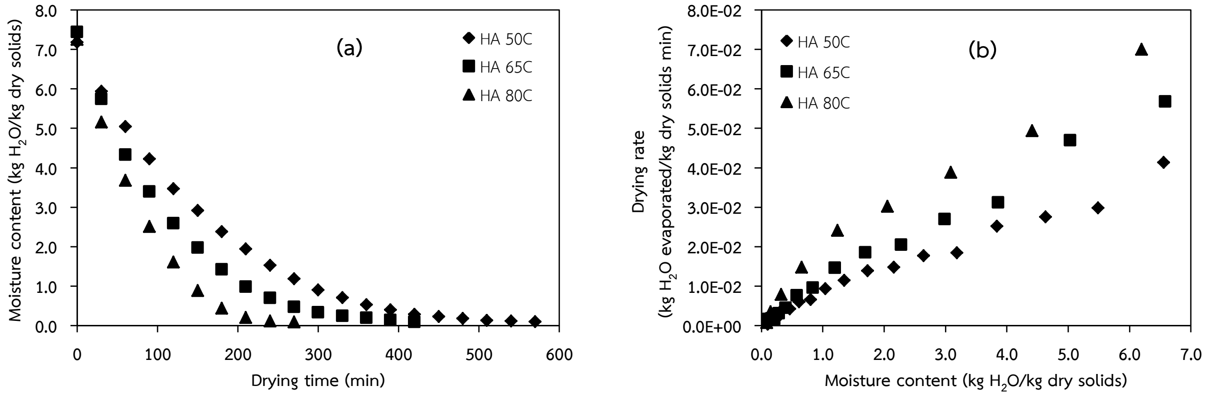


Figure 1 (a) Drying curves and (b) drying rate curves of sea lettuce dried at different drying temperatures*

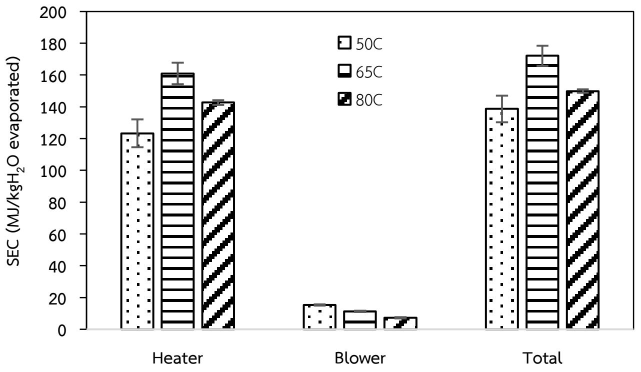


Figure 2 Specific energy consumption (SEC) of sea lettuce drying at different drying temperatures*

Table 1 แสดงปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในสาหร่ายผักกาดทะเลสดและสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งไม่ส่งผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด นอกจากนี้พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งไม่แตกต่างจากสาหร่ายผักกาดทะเลสด อย่างไรก็ตามการอบแห้งส่งผลต่อปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด โดยสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดน้อยกว่าสาหร่ายผักกาดทะเลสด นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งยังส่งผลต่อปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดอีกด้วย โดยสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงกว่าสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C มาก แต่สูงกว่าสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง อาจทำให้สารประกอบฟลาโวนอยด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยถูกปลดปล่อยออกมา (Chen และคณะ, 2011) แต่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C อาจทำให้การสูญเสียสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่ไวต่อความร้อนน้อย

เมื่อพิจารณากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า สาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระซึ่งหาโดยวิธีการขจัดอนุมูล DPPH สูงสุด นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการรีดิวซ์ Fe^{3+} ไม่แตกต่างจากสาหร่ายผักกาดทะเลสด และสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C แต่สูงกว่าสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงกว่าสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิอื่นดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

Table 1 Total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), DPPH radical scavenging activity and Fe^{3+} reducing activity of fresh and dried sea lettuce*

Sample Condition	TPC (mg GAE/g extract)	TFC (mg QE/g extract)	DPPH radical scavenging activity (%)	Fe^{3+} reducing activity (mg AA/g extract)
Fresh	17.22±0.87^{a}	237.72±2.98^{c}	91.96±0.13^{d}	7.04±0.10^{b}
Dried at 50 °C	16.20±1.20^{a}	214.72±3.27^{b}	58.40±0.24^{b}	6.77±0.28^{b}
Dried at 65 °C	14.88±2.14^{a}	197.45±2.06^{a}	54.85±1.02^{a}	4.16±0.68^{a}
Dried at 80 °C	14.82±2.36^{a}	221.48±4.98^{b}	63.18±0.20^{c}	6.57±0.32^{b}

Different letters in the same column indicate that the values are significantly different ($p < 0.05$)

สรุปผล*

การอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C ถึง 2.1 เท่า ทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวมมีค่าสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C เพียงเล็กน้อย แต่สาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C นั้นมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระซึ่งหาโดยวิธีการขจัดอนุมูล DPPH สูงสุด และมีความสามารถในการรีดิวซ์ Fe^{3+} ไม่แตกต่างจากสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C นอกจากนี้สาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกันยังมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการอบแห้งสาหร่ายผักกาดทะเลด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C จึงมีความเหมาะสมมากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 65 °C

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนในการทำงานวิจัย และภาควิชาเกษตรกลวิธาน ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Airanthi, M.K.W.A., Sasaki, N., Iwasaki, S., Baba, N., Abe, M., Hosokawa, M. and Miyashita, K., 2011, Effect of brown seaweed lipids on fatty acid composition and lipid hydroperoxide levels of mouse liver, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59: 4156–4163.

Chen, M.L., Yang, D.J. and Liu, S.C., 2011, Effects of drying temperature on the flavonoid, phenolic acid and antioxidative capacities of the methanol extract of citrus fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) peels, International Journal of Food Science and Technology, 46: 1179–1185.

Madrau, M.A., Piscopo, A., Sanguinetti, A.M., Caro, A.D., Poiana, M., Romeo, F.V. and Piga, A., 2009, Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots, European Food Research and Technology, 228: 441–448.

Sachindra, N.M., Airanthi, M.K.W.A., Hosokawa, M. and Miyashita, K., 2010, Radical scavenging and singlet oxygen quenching activity of extracts from Indian seaweeds, Journal of Food Science and Technology, 47: 94–99.

Subramanian, G., Stephen, J., Manjunathan, P. and Anusha, M.B., 2014, Biochemical composition of three selected green seaweeds from Vadakadu (Rameswaram) coast, Tamil Nadu, India, International Journal of Advances in Interdisciplinary Research, 1: 20-24.

Yen, G.C. and Chen, H.Y., 1995, Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43: 27-32.

Yildiz, G., Celikler, S., Vatan, O. and Dere, D., 2012, Determination of the Anti-Oxidative Capacity and Bioactive Compounds in Green Seaweed *Ulva rigida* C. Agardh, International Journal of Food Properties, 15: 1182-1189.

Yuan, Y.V., Bone, D.E. and Carrington, M.F., 2005, Antioxidant activity of dulse (*Palmaria palmata*) extract evaluated in vitro, Food Chemistry, 91: 485–494.

สถานภาพและปัญหาการใช้บรรจุภัณฑ์ของผู้สูงอายุในประเทศไทย*
Packaging Status and Using Problem for Elderly People in Thailand

บุษกร ประดิษฐนิยกูล[1] รัชนีวรรณ กุลจันทร์[1] วารี จารุวัฒนายนต์[1] และ วิสะนี เหนือเมฆิน[1]
Praditniyakul, B.[1], Kulchan, R.[1], Jaruwattanayon, W.[1] and Nuamekin, W.[1]

Abstract**

Packaging status and using problem for elderly people in Thailand was monitored. Results showed that the products and packaging consisted of construction material, cosmetics and spa, fashion products, food and beverages, health products and medical devices, furniture and household products and services for seniors often had encountered the problems in consuming and using packaging of these products. It was found that there were 4 problems in using packaging comprised of (1) Pull opening problem : top seal on plastic boxes and trays, plastic bags, easy-opening can and paper boxes (2) Tear opening problem : plastic bags, shrink film wrapping and seal tightly paper boxes (3) Rotation problem : various packaging caps and (4) Vision problem : reading on label packages, not clear and color separation. Therefore, the problems in using packaging of the elderly people were guidelines for convenient packaging development to be suitable and easy to use for elderly people.

Keywords: Packaging, Elderly people, Usage problem problem, Convenience

บทคัดย่อ**

การศึกษาโดยการใช้แบบสอบถามในการสำรวจความต้องการด้านบรรจุภัณฑ์และปัญหาการใช้บรรจุภัณฑ์ของผู้สูงอายุ พบว่าผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่เป็นที่ต้องการของผู้สูงอายุ ประกอบด้วย วัสดุอุปกรณ์ที่อำนวยความสะดวกในบ้าน, เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์สปา, เสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย, อาหารและเครื่องดื่ม, ผลิตภัณฑ์สุขภาพและอุปกรณ์การแพทย์, เฟอร์นิเจอร์และเครื่องใช้ และบริการด้านสุขภาพและการแพทย์ มักประสบปัญหาในการบริโภคและใช้บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ โดยพบว่าปัญหาความไม่สะดวกในการใช้บรรจุภัณฑ์ของผู้สูงอายุ คือ (1) ปัญหาจากการดึง-เปิด : แผ่นพลาสติกบนกล่องหรือถาดพลาสติก, ถุงพลาสติก, กล่องที่มีฝาครอบ, กระป๋องฝาดึงเปิด และกล่องกระดาษ ฯลฯ (2) ปัญหาจากการดึง ฉีก - : ถุงพลาสติก, ฟิล์มยืดห่อบรรจุภัณฑ์ และกล่องกระดาษผนึกแน่น (3) ปัญหาจากการหมุน-เปิดฝาขวดชนิดต่างๆ และ (4) ปัญหาจากการมองเห็น ทำให้การอ่านฉลากบรรจุภัณฑ์ไม่ชัดและแยกแยะสีไม่ได้ ข้อมูลการศึกษาปัญหาการใช้บรรจุภัณฑ์ของผู้สูงอายุในบทความนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์สะดวก(Convenient packaging) ที่เหมาะสม สำหรับผู้สูงอายุ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวต่อไป

คำสำคัญ: บรรจุภัณฑ์ ผู้สูงอายุ ปัญหาการใช้งาน ความสะดวก

คำนำ**

ประเทศไทยก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 ตามนิยามของ “สังคมสูงอายุ” ระบุว่าเป็นสังคมที่มีประชากรอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป มีมากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรทั้งประเทศ โดยมีสัดส่วนผู้สูงอายุประมาณร้อยละ 11.9 หรือ 7.6 ล้านคน (สุชาติ, 2554) และจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 14 ในปี พ.ศ.2563 (มยุรี, 2557) ซึ่งเป็นผลมาจากการดูแลตัวเอง และการมีวิทยาการทางการแพทย์ที่ดี ผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตเข้าสู่ตลาดสำหรับผู้บริโภคกลุ่มนี้ และมักประสบปัญหาในการบริโภคผลิตภัณฑ์ เนื่องจากความเสื่อมของสมรรถภาพทางกาย ได้แก่ ปัญหาด้านการเปิด-ปิดบรรจุภัณฑ์สินค้า ขณะอยู่ตามลำพัง หากเปิดบรรจุภัณฑ์ไม่ได้ผู้สูงอายุก็ไม่สามารถบริโภคผลิตภัณฑ์ได้ หรือต้องใช้อุปกรณ์ช่วย เช่น ใช้มีดหรือเครื่องมือที่มีคม ซึ่งอาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บได้ รวมทั้งปัญหาการอ่านฉลากสินค้าไม่ชัดเจน อ่านไม่ออก และแยกแยะไม่ได้ทั้งผลิตภัณฑ์

[1] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 196 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
[1] Thailand Institute of Scienctific and Technological Research (TISTR) 196 Phahonyothin Road Chatuchak Bangkok 10900

** From reviewers

อุปโภคบริโภคและยา (กันยาพร, 2553) ซึ่งการศึกษาปัญหาการใช้บรรจุภัณฑ์ของผู้สูงอายุในประเทศไทย ยังไม่มีผู้ศึกษามากนัก ดังนั้น การศึกษาโดยการสำรวจความต้องการสินค้าและปัญหาการใช้บรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ของผู้สูงอายุในแต่ละช่วงวัยในด้านต่างๆในบทความนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สะดวก (Convenient packaging) ของสินค้าที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ**

1.ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพผู้สูงอายุในประเทศไทยและความต้องการใช้สินค้าและบรรจุภัณฑ์ และแนวทางการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุจากข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลต่างๆ

2.สำรวจปัญหาและวิธีการใช้งานบรรจุภัณฑ์ของสินค้าอุปโภคบริโภคด้วยวิธีการสัมภาษณ์ผู้สูงอายุที่ทำการสุ่มตัวอย่างมา จำนวน 100 คน ด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) ประกอบด้วย 2 ส่วน จำนวน 10 ข้อ ส่วนแรกเป็นข้อมูลทั่วไป และส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลเพื่อสอบถามความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์และปัญหาการใช้บรรจุภัณฑ์ของผู้สูงอายุในด้านต่างๆ ทำการวิเคราะห์ ประมวลผล โดยวิธีการคำนวณเป็นร้อยละ และสรุปผลความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์และปัญหาการใช้บรรจุภัณฑ์ของผู้สูงอายุ

ผลและวิจารณ์ผล*

สถานภาพผู้สูงอายุและความต้องการใช้สินค้าและบรรจุภัณฑ์

ผลการศึกษาลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงวัยของผู้สูงอายุที่ได้จากการสำรวจผู้สูงอายุ 100 คน เป็นหญิง ร้อยละ67 และชาย ร้อยละ 33 ประกอบด้วย (1) วัยเกษียณเริ่มต้น(อายุ 60 – 69 ปี) ร้อยละ55 เพิ่งเกษียณอายุ มีรายได้ สุขภาพยังแข็งแรง แต่อาจจะต้องพึ่งพิงคนอื่นบ้าง (2) ช่วงแก่ปานกลาง (อายุ 70 – 79 ปี) ร้อยละ31 เป็นช่วงที่เริ่มเจ็บป่วยและเข้าร่วมกิจกรรมของสังคมน้อยลง (3) ช่วงแก่จริง (อายุ 80–89 ปี) ร้อยละ12 ผู้มีอายุยืนถึงระดับนี้ปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมยากขึ้น ไม่วุ่นวาย และ (4) ช่วงแก่จริง ๆ (อายุ 90 – 99 ปี) ร้อยละ2 ผู้มีอายุยืนถึงระดับนี้มีจำนวนค่อนข้างน้อย ถือเป็นระยะที่มีปัญหาทางสุขภาพ จากปัญหาทั้งข้อจำกัดทางกายภาพ และแนวโน้มที่ผู้สูงอายุจะต้องอยู่เพียงลำพังมากขึ้น (กรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการ 2555) จึงมีการนำกิจกรรม บริการทางการแพทย์ และมีการผลิตสินค้าเพื่อผู้สูงอายุในประเทศไทย โดยมีความต้องการบริโภคสินค้าที่ช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตมากขึ้น จากการสำรวจพบว่า ส่วนใหญ่มีความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม เน้นอาหารสุขภาพ มีคุณค่า ที่เหมาะกับผู้สูงวัย ร้อยละ19 รองลงมา คือ วัสดุอุปกรณ์ที่อำนวยความสะดวกในบ้าน เช่น พื้น/กระเบื้องกันลื่น ฯลฯ ร้อยละ17 ส่วนเฟอร์นิเจอร์และเครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น ที่นอน/หมอน/พนักพิงและราวจับ ร้อยละ15 เท่ากับการบริการด้านสุขภาพและการแพทย์ และสินค้าเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย ที่น้ำหนักเบา ให้ดูอ่อนกว่าวัย ดูแลง่าย ร้อยละ 13 เท่ากับผลิตภัณฑ์สุขภาพและอุปกรณ์การแพทย์ เช่น ไม้เท้า รถและเก้าอี้ไฟฟ้า และลำดับสุดท้าย คือ เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์สปา ร้อยละ 8% สอดคล้องกับการศึกษาของ วัชรธร และ ศุภกรณ์,(2556) ที่พบว่า ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ อาหารสุขภาพ และผลิตภัณฑ์เพื่อการชะลอวัย เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้สูงวัยต้องการมากที่สุด

Table 1 General information of samples

ช่วงอายุ (ปี)	ชาย (%)	หญิง (%)	อยู่กับครอบครัว(%)	อยู่กับพี่น้อง (%)	อยู่กับคนอื่น (%)
60-69	**35**	**64**	6	6	2
70-79	**12**	19	22	2	6
80-89	2	**10**	13	-	-
90-99	-	2	2	-	-

ที่มา: จากการสำรวจ

ปัญหาการใช้งานบรรจุภัณฑ์ของผู้สูงอายุ

ผลของการการสำรวจพบปัญหาการใช้งานบรรจุภัณฑ์ของผู้สูงอายุ เนื่องจากสมรรถภาพทางกายลดลง ประกอบด้วย

2.1 ปัญหาจากการดึง-เปิด พบว่าผู้สูงอายุมีปัญหาในการดึง-เปิดบรรจุภัณฑ์รูปแบบที่ 3 กระป๋องฝาดึงเปิดมากที่สุด รองลงมาคือถุงอาหาร, แผ่นพลาสติกบนถ้วย, Blister pack และถุงทิชชูเปียก ตามลำดับ (Figure 1)

2.2 ปัญหาจากการฉีก พบว่าผู้สูงอายุมีปัญหาในการดึง-ฉีก ฟิล์มหดรัดกล่องนมมากที่สุด รองลงมาคือ ซองซอสมะเขือเทศ, ฟิล์มหดรัดฝาขวดน้ำยาบ้วนปาก, แผ่นปิดถาดพลาสติก, ถุงอาหาร และฟิล์มหดรัดฝาขวดแยม ตามลำดับ (Figure 2)2.3 ปัญหาจากการหมุน-เปิด มักพบจากการหมุนบิดฝาขวดชนิดต่างๆ เนื่องจากลักษณะของฝาที่เล็ก แคบและแบน ทำให้นิ้วมือจับหมุนไม่สะดวก ประกอบกับวิธีการหมุนบิดฝาขวดของผู้สูงวัยที่แตกต่างกันตามสรีระทางกาย ผลการสำรวจพบว่า ผู้สูงวัย (Figure 3) แบบที่ 2 นิ้วมือไม่แข็งแรง นิ้วลื่น ใช้ข้อนิ้วกำฝาขวด มากที่สุด รองลงมาคือ แบบที่ 2 นิ้วมือแข็งแรง ใช้นิ้วหมุน และแบบที่ 3 นิ้วไม่มีแรง ใช้ฝ่ามือและอุ้งมือเปิด น้อยที่สุด จึงเกิดปัญหาในการหมุน-เปิดบรรจุภัณฑ์ (Figure 4) คือ ฝาขวดน้ำ มากที่สุด รองลงมาคือ ฝาน้ำยาซักผ้า, ฝาซองครีม, ฝาขวดแป้ง, ฝายาดม และฝาน้ำเกลือ ตามลำดับ

แบบที่ 1(ร้อยละ27) แบบที่ 2(ร้อยละ20) แบบที่ 3 (ร้อยละ33) แบบที่ 4 (ร้อยละ13) แบบที่ 5 (ร้อยละ7)

Figure 1 Pull opening of various packaging

แบบที่ 6 (ร้อยละ14) แบบที่ 7(ร้อยละ29) แบบที่ 8(ร้อยละ5) แบบที่ 9 (ร้อยละ24) แบบที่ 10(ร้อยละ9) แบบที่ 11(ร้อยละ19)

Figure 2 Tear opening of various packaging

แบบที่ 1(ร้อยละ29) แบบที่ 2(ร้อยละ60) แบบที่ 3(ร้อยละ11)

Figure 3 Rotation of elderly hands

แบบที่ 12เร้อยละ 29) แบบที่ 13(ร้อยละ9) แบบที่ 14(ร้อยละ19) แบบที่ 15(ร้อยละ24) แบบที่ 16(ร้อยละ14) แบบที่ 17(ร้อยละ5)

Figure 4 Rotation of various packagings

2.4ปัญหาจากการมองเห็นของผู้สูงอายุเกิดจากความเสื่อมของสายตาและโรคทางตาของผู้สูงอายุ ที่ทำให้ผู้สูงอายุไม่สามารถอ่านหรือเห็นตัวอักษร บนบรรจุภัณฑ์ที่มีตัวอักษรขนาดเล็ก แยกแยะสีไม่ได้ ส่งผลให้ไม่ทราบข้อมูลของผลิตภัณฑ์ ใช้ผลิตภัณฑ์ไม่ถูกต้อง จึงได้มีการนำหลักการออกแบบเพื่อมวลชน (UD design) และ Accessible Design (ชินวัฒน์, 2557) มาใช้เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สะดวก ที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุสำหรับการศึกษาต่อไป ได้แก่ สามารถบอกผลิตภัณฑ์ได้ง่าย,จับถือได้ถนัด} เปิดออกได้ง่าย, หยิบของออกจากบรรจุภัณฑ์ได้ง่าย, สามารถเข้าใจได้ง่าย, ใช้งานง่าย, เก็บรักษาง่าย, การกำจัดทิ้งได้ง่าย และการป้องกันการเกิดอันตรายในขณะใช้

สรุปผล*

ประเทศไทยเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์แล้ว จากการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุมีความต้องการสินค้าหลากหลาย เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของตนเอง และเนื่องจากข้อจำกัดทางกายภาพทางกายที่เสื่อมลง ทำให้ผู้สูงวัยมักประสบปัญหาในการบริโภคและใช้บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ประกอบด้วย ปัญหาจากการดึงเปิด: แผ่นพลาสติกบนกล่องหรือถาดพลาสติก, ถุงพลาสติกกระป๋องฝาดึงเปิด, ปัญหาจากการฉีก /ดึง: ถุงพลาสติก, ฟิล์มยืดห่อบรรจุภัณฑ์ และฯลฯ, ปัญหาจากการหมุนเปิดฝาขวดชนิดต่างๆ และปัญหาจากการมองเห็น ทำให้การอ่านฉลากบรรจุภัณฑ์ไม่ชัดเจน แยกแยะสีไม่ได้ จึงได้มีการนำหลักการออกแบบเพื่อมวลชน ((Universal design) และ Accessible Design มาใช้เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สะดวกที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุพร้อมทดสอบการใช้งานจริงกับผู้สูงอายุเพื่อต่อยอดงานวิจัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง**

กรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการ กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์.2555.การให้บริการสวัสดิการสังคมแก่ผู้สูงอายุโดยกรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการ กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์.[ออนไลน์].[อ้างถึงวันที่ 9 มิถุนายน 2558]. เข้าถึงจาก http://61.19.50.61/dsdw2011/module.php?odule=service&pg=servicedetail&serid=3

กันยาพร กุลฑลเสพย์.2553. ศึกษาและออกแบบบรรจุภัณฑ์ยาสำหรับผู้สูงอายุตามแนวคิดออกแบบเพื่อมวลชน.วารสารศิลปกรรมบูรพา 13 (1) :มิถุนายน-พฤศจิกายน 2553, 111-120.

ชินวัฒน์ ทองชัช, 2557, รูปลักษณ์จะไปในทิศทางไหน, วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 62(196): 32-36.

มยุรี ภาคลำเจียก, 2557, Universal Design Packaging, วารสารบรรจุภัณฑ์ไทย พฤษภาคม-มิถุนายน 2557: 63-65.

วัชราธร เพ็ญศศิธร และ ศุภกรณ์ ดิษฐพันธ์.2556.การออกแบบเรขศิลป์บนบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าสะดวกซื้อเพื่อผู้บริโภคสูงอายุ, วิทยานิพนธ์ (ศป.ด.), จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ,ศิลปกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต [ออนไลน์] สืบค้นจาก http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/43417

สุชาติ อุดมโสภกิจ, 2554, บทบาท วทน. ในสังคมสูงอายุ, Focus 38(126) April-May 2011: 38-42.*

การประยุกต์ใช้เมล็ดแฟล็กซ์ทดแทนไข่ไก่ต่อสมบัติทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของน้ำสลัดข้าวไรซ์เบอรี่

The Application of Used Flaxseed as an Egg Replacement on Physical, Sensory Properties and Nutritional Value of Riceberry Salad Dressing

ศิริวัลย์ พฤฒิวิลัย[1] และ นรินทร์ภพ ช่วยการ[1]
Pruettiwilai S.[1] and Chuaykarn N.[1]

Abstract

This study aimed to examine the effectiveness of flaxseed gel (FG) as an ingredient for egg replacement in Riceberry salad dressing (RSD) based upon two factors: nutritional value ; physical and sensory properties. Flaxseed gel as an egg replacement was added at 50 and 100% by weight and 100% RSD was control formula. Results showed that high FG caused significantly decreased in lightness (L*) and yellowness (b*), whereas, redness (a*) was significantly increased. The viscosity of the RSD with 50% FG was significantly decreased, while 100% FG was increased. Sensory properties of the RSD with 100% FG had the highest score of overall acceptability ($p \leq 0.05$), indicating that the satisfaction score of all attributes were "like very much". Additionally, the RSD with 100% FG was claimed as low calories (60 kcal) and free-cholesterol (0 mg) per a serving size.

Keywords: Salad dressing, Flaxseed gel, Egg replacement, Cholesterol

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเจลเมล็ดแฟลกซ์ (FG) ที่ใช้ทดแทนไข่ไก่ในน้ำสลัดข้าวไรซ์เบอรี่ต่อคุณค่าทางโภชนาการ และสมบัติทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส เริ่มการศึกษาโดยนำน้ำสลัดข้าวไรซ์เบอรี่มาเติม FG ทดแทนไข่ไก่ที่ระดับ 50% และ 100% โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับน้ำสลัดข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีไข่ไก่ 100% (สูตรควบคุม) ผลการทดลองพบว่า เมื่อเติม FG ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าลดลง ส่วนค่าสีแดง (a*) มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ความหนืดของน้ำสลัดข้าวไรซ์เบอรี่ที่เติม FG ที่ระดับ 50% มีค่าลดลง และเพิ่มขึ้นเมื่อเติม FG ที่ระดับ 100% จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า น้ำสลัดข้าวไรซ์เบอรี่ที่เติม FG ที่ระดับ 100% ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับโดยรวมสูงสุด ($p \leq 0.05$) และมีคะแนนเฉลี่ยความชอบในทุกคุณลักษณะอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก อีกทั้งยังเป็นน้ำสลัดชนิดพลังงานต่ำ (60 กิโลแคลอรี) ปราศจากคอเลสเตอรอล (0 มิลลิกรัม) ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

คำสำคัญ: น้ำสลัด เจลเมล็ดแฟลกซ์ การทดแทนไข่ไก่ คอเลสเตอรอล

คำนำ

ปัจจุบันสังคมไทยมีรูปแบบการบริโภคอาหารที่ไม่สมดุล ทำให้ร่างกายได้รับไขมันเกินความต้องการ ก่อให้เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเพิ่มขึ้น มีการรณรงค์ให้ประชาชนใส่ใจในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพในรูปแบบ 2:1:1 (สัดส่วนใน 1 มื้อแบ่งเป็นผัก 2 ส่วน ข้าว 1 ส่วน เนื้อสัตว์ 1 ส่วน) สลัดจัดเป็นทางเลือกหนึ่งที่ตอบสนองรูปแบบดังกล่าว เนื่องจากในจานสลัดมีส่วนประกอบหลักเป็นผักและผลไม้ที่เป็นแหล่งที่ดีของวิตามิน เกลือแร่ สารพฤกษเคมี และใยอาหาร ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของสลัดคือ น้ำสลัด น้ำสลัดชนิดต่าง ๆ มีไขมันเป็นส่วนประกอบหลัก ทำให้มีพลังงานค่อนข้างสูง โดยทั่วไปน้ำสลัดประเภทมายองเนส ไขมันทั้งหมดต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 สำหรับครีมสลัด ไขมันทั้งหมดต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 แต่ไม่ถึงร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก พิสิฐและคณะ (2559) ศึกษาเรื่องน้ำสลัดชนิดข้นจากข้าวไรซ์เบอรี่ โดยนำข้าวไรซ์เบอรี่มาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัด ในอัตราส่วนร้อยละ 70 ของน้ำหนักน้ำมันพืชทั้งหมด ให้ปริมาณไขมันและพลังงานลดลงเมื่อเทียบกับน้ำสลัดสูตรพื้นฐาน อย่างไรก็ตามพบว่า น้ำสลัดดังกล่าวใช้ไข่ไก่เป็นส่วนผสม ในไข่ไก่ 1 ฟองมีคอเลสเตอรอลเฉลี่ย 200 มิลลิกรัม มีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคไข่กับระดับคอเลสเตอรอลในเลือดผู้ป่วย พบว่า การกินไข่ที่ 1 ฟองต่อวันเพิ่มระดับคอเลสเตอรอล เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ

[1] สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา 90000
[1] Department of Home Economics, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Bo-yang, Muang, Songkhla 90000

ขาดเลือดมากขึ้นในผู้ป่วยเบาหวาน (จงจิตร, 2561) เมล็ดแฟลกซ์ (Flaxseed) มีสารประกอบสำคัญทั้งด้านคุณสมบัติเชิงหน้าที่และเชิงชีวภาพ ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า-3 โดยเฉพาะแอลฟา-ไลโนเลนิก (ALA) มีถึงร้อยละ 52 ของปริมาณไขมันทั้งหมด โปรตีนร้อยละ 20-25 สารลิกแนน (lignans) และมีเส้นใยอาหารสูง (Rubilar และคณะ, 2010) มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างเมล็ดแฟลกซ์และความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ พบว่า เมล็ดแฟลกซ์ลดระดับไลโปโปรตีน (lipoprotein) ลด LDL-Cholesterol ลดการดูดซึมกลูโคสและเพิ่มระดับกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3, ALA และ EPA ในเลือด (Bloedon, L.T. และ Szapary, P.O., 2004) นอกจากนี้มีการนำเมล็ดแฟลกซ์ผสมกับน้ำ เพื่อใช้ทดแทนไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเมล็ดแฟลกซ์มาทดแทนไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดข้าวไรซ์เบอรี่ เพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคที่มีปัญหาภาวะไขมันในเลือดสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมน้ำสลัดสูตรควบคุมตามวิธีการของพิสิฐและคณะ (2559) โดยใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่สุก น้ำตาลทราย เกลือป่น พริกไทยป่น มัสตาร์ด นมข้นหวาน น้ำส้มสายชู น้ำมันพืชและไข่ไก่ ร้อยละ 30.76,15.62,1.95,0.20,1.17,12.70,12.70,13.18 และ 11.72 (โดยน้ำหนักรวม) เตรียมเจลเมล็ดแฟลกซ์ โดยนำเมล็ดแฟลกซ์สีเหลืองทองบดละเอียด ผสมกับน้ำสะอาด คนให้เข้ากัน นำเจลที่ได้มาทดแทนไข่ไก่ที่ระดับร้อยละ 50 ของน้ำหนักไข่ไก่ (ไข่ไก่ร้อยละ 5.96 เจลเมล็ดแฟลกซ์ร้อยละ 4.18) และระดับร้อยละ 100 ของน้ำหนักไข่ไก่ (ไข่ไก่ร้อยละ 0 เจลเมล็ดแฟลกซ์ร้อยละ 8.50) นำน้ำสลัด 3 สูตรวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ วัดค่าสี L^*, a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Hunter Lab รุ่น Colorflex วิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer) วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี วัดค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Dancan ’s New Mutiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

นำน้ำสลัด 3 สูตรประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีม่วง กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความหนืด) ด้วยวิธี 5-point just about right scale และการยอมรับโดยรวมด้วยวิธี 5-point scoring testวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝน 30 คน นำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % นำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างจากคะแนนพอดีที่ระดับ 3.00 มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมทั่วไป 60 คน นำสูตรที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามฉลากโภชนาการฉบับเต็ม ประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน คอเลสเตอรอล ใยอาหาร น้ำตาล แคลเซียม เหล็ก โซเดียม วิตามินเอ (วิธี AOAC, 2016) วิตามินบีหนึ่ง และวิตามินบีสอง (วิธีของ Junaid และคณะ, 2008)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำสลัดจากข้าวไรซ์เบอรี่ (สูตรควบคุม) และน้ำสลัดสูตรที่ใช้เจลเมล็ดแฟลกซ์ทดแทนไข่ไก่ที่ระดับร้อยละ 50 และระดับร้อยละ 100 ของน้ำหนักไข่ไก่ (Table 1) พบว่า เมื่อทดแทนไข่ไก่ด้วยเจลเมล็ดแฟลกซ์ มีผลให้ค่าสีของน้ำสลัดมีค่า L^* และค่า b^* ลดลง ขณะที่ค่า a^* เพิ่มขึ้น ($p \le 0.05$) ความสว่างของน้ำสลัดทึบขึ้น สีอยู่ในโทนสีแดงและสีน้ำเงินมากขึ้นตามปริมาณเจลเมล็ดแฟลกซ์ที่ทดแทนลงไป สีของน้ำสลัดเป็นสีม่วงค่อนไปทางสีแดงมากขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำสลัดทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.76-3.96 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมายองเนสและครีมสลัด ที่กำหนดให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ไม่เกิน 4.1

ในขณะที่ค่าความหนืดลดลงเมื่อทดแทนไข่ไก่ด้วยเจลเมล็ดแฟลกซ์ที่ระดับร้อยละ 50 ($p \le 0.05$) เนื่องจากโปรตีนในเมล็ดแฟลกซ์และไข่แดงเป็นโปรตีนกลอบูลาร์(Globular protein) ที่มีลักษณะโครงสร้างเป็นก้อน มีสายเพปไทด์พันกันไปมา ทำให้มีช่องว่างในโมเลกุล น้ำสามารถแทรกตัวเข้าไปได้ จึงมีความสามารถอุ้มน้ำและกระจายตัวได้ดีในน้ำ เมื่อเติมลงไปในน้ำสลัดจึงมีผลให้น้ำสลัดมีความหนืดลดลง (Derkatch และคณะ, 2007) ทำให้เมื่อทดแทนด้วยเจลเมล็ดที่ระดับร้อยละ 100 ส่งผลให้ความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้น ($p \le 0.05$) เนื่องจากในเมล็ดแฟลกซ์มีมิวซิเลจ (Mucilage) ซึ่งเป็นกลุ่มใยอาหารที่ละลายน้ำได้ จัดอยู่ในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ มีคุณสมบัติเป็นสารให้ความคงตัวในอาหารและเพิ่มความหนืดให้กับอาหาร เมื่อเติมลงไปในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น (Sun และ Gunasekaran, 2009) และให้ผลสอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Wang และคณะ (2010) ที่พบว่า ความเข้มข้นของโปรตีนเมล็ดแฟลกซ์และมิวซิเลจที่มีปริมาณต่างกันมีผลต่ออิมัลชั่นและความหนืด ($p \le 0.05$)

เมื่อนำน้ำสลัด 3 สูตรไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า สูตรที่ใช้เจลเมล็ดแฟลกซ์ทดแทนไข่ไก่ร้อยละ 100 ได้รับคะแนนพอดีที่ระดับ 3.00 ($p>0.05$) ยกเว้นคุณลักษณะด้านสีม่วง ($p\leq0.05$) ทั้งนี้ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด ($p\leq0.05$) (Table 2) และเมื่อนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ พบว่า คะแนนความชอบทุกคุณลักษณะได้รับคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบมากถึงมากที่สุด โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 8.20-8.45 (Table 3)

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของน้ำสลัดจากข้าวไรซ์เบอรี่ที่ใช้เจลเมล็ดแฟลกซ์ทดแทนไข่ไก่ที่ระดับร้อยละ 100 พบว่า ต่อ 100 กรัมให้พลังงาน 212.79 กิโลแคลอรี ไขมัน 1.41 กรัม คอเลสเตอรอล 1.21 กรัม โปรตีน 1.67 กรัม คาร์โบไฮเดรต 48.35 กรัม ใยอาหาร 2.49 กรัม น้ำตาล 25.39 กรัม โซเดียม 858.99 มิลลิกรัม แคลเซียม 40.56 มิลลิกรัมและธาตุเหล็ก 0.73 มิลลิกรัม คุณค่าที่แสดงในฉลากโภชนาการฉบับเต็มต่อ 1 หน่วยบริโภค (30 กรัมหรือ 2 ช้อนโต๊ะ) ให้พลังงาน 60 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 15 กรัม น้ำตาล 8 กรัม ใยอาหาร <1 กรัม โซเดียม 260 มิลลิกรัม ไขมัน 0 กรัมและโคเลสเตอรอล 0 กรัม (Table 4) พลังงานที่ได้ส่วนใหญ่มาจากคาร์โบไฮเดรต เมื่อใช้เจลเมล็ดแฟลกซ์ทดแทนไข่ไก่ เป็นผลให้น้ำสลัดปราศจากโคเลสเตอรอลและไขมัน งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางในการคิดค้นและพัฒนานวัตกรรมทางด้านอาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

สรุปผล

ในการทำน้ำสลัดจากข้าวไรซ์เบอรี่สามารถใช้เจลเมล็ดแฟลกซ์ทดแทนไข่ไก่ได้ร้อยละ 100 เนื่องจากการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 5-point just about right scale, 5-point scoring test และวิธี 9-point hedonic scale ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดทุกคุณลักษณะ ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดให้สีม่วงแดง ค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมายองเนสและครีมสลัด ทั้งนี้น้ำสลัด 1 หน่วยบริโภค (30 กรัม) มีพลังงานต่ำ ปราศจากไขมันและโคเลสเตอรอล อุดมด้วยเส้นใยอาหาร วิตามินและเกลือแร่

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะศิลปศาสตร์ มทร.ศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัย ตลอดจนคณาจารย์และนักศึกษาในการเป็นผู้ทดสอบชิม ขอบคุณนางสาวณัฐธิดา ผ่องสุวรรณ นางสาวกนกพร อภัยรัตน์ และนายชาคริต พัฒโน ผู้ช่วยนักวิจัย ที่ทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จงจิตร อังคทะวานิช, 2561, ความสัมพันธ์ของการบริโภคไข่กับระดับโคเลสเตอรอล, วารสารโภชนาการ, 53(2): 1-12.

พิสิฐ เศวตรัชนีกร จิราพร นิลวัตร และ จุฑารัชต์ คลาดนาน, 2559, น้ำสลัดชนิดข้นจากข้าวไรซ์เบอรี่, รายงานการวิจัย, คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา, หน้า 28-30.

A0AC, 2016, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 20 th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Inc., United State of America, 3172 p.

Bloedon, L.T., and Szapary P.O., 2004, Flaxseed and Cardiovascular Rick, Nutrition Reviews, 62(1): 18-27.

Derkatch, S.R., Levachov, S.M., Kuhkushkina, A.N., Novosyolova, N.V., Kharlov, A.E., and Matveenko, V.N., 2007, Rheological Properties of Concentrated Emulsions Stabilized by Globular Protein in the Presence of Nonionics Surfactant, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 298: 225-234.

Junaid,A., Mohammed, S.M., Saeed, A.K., and Abdul, Q.K., 2008, HPLC Analysis of Water-Soluble Vitamins (B1, B2, B3, B5, B6) in In vitro and Ex vitro Germinated Chickpea, Biotechnology, 7(14): 2310-2314.

Rubilar, M., Gutierrez, C., Verdugo, M., Shene, C., and Sineiro, J., 2010, Flaxseed as a Source of Functional Ingredients, Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 10(3): 373-377.

Sun, C., and Gunasekaran, S., 2009, Effect of Protein Concentration and Oil-phase Volume Fraction on the Stabilities and Rheology of Menhaden Oil-in-water Emulsions Stabilized by Whey Protein Isolate with Xanthan Gum, Food Hydrocolloids, 23: 165-174.

Wang, B., Dong, L., Lijun, W., and Necati, O., 2010, Effect of Concentrated Flaxseed Protein on the Stability and Rheological Properties of Soybean Oil-in-water Emulsions, Journal of Food Engineering, 96: 555-561.

Table 1 Physical and chemical properties of Riceberry salad dressing with different ratio of flaxseed gel.

Physical and chemical properties	Riceberry salad dressing with different ratio of flaxseed gel (egg : flaxseed gel)		
	Control (100:0)	Formula 1(50:50)	Formula 2 (0:100)
L^* (Lightness)	$51.75^{a}\pm0.30$	$48.91^{b}\pm0.11$	$46.80^{c}\pm0.15$
a^* (Redness)	$11.25^{c}\pm0.06$	$11.75^{b}\pm0.08$	$12.28^{a}\pm0.09$
b^* (Yellowness)	$9.05^{a}\pm0.10$	$8.34^{b}\pm0.12$	$7.43^{c}\pm0.03$
Viscosity	$3,471.00^{a}\pm4.00$	$1,882.67^{C}\pm35.03$	$3,048.00^{b}\pm40.78$
pH^{ns}	3.96 ± 0.10	3.89 ± 0.10	3.76 ± 0.11

$^{a-c}$ Superscripts in row are significantly different ($p\leq0.05$), ns=not significant different

Table 2 Sensory attribute scores of Riceberry salad dressing with different ratio of flaxseed gel by 5-point just about right scale and 5-point scoring test.

Treatments	Color (purple)^{1}	Flavor^{1}	Taste^{1}	Viscosity^{1}	Overall acceptability^{2}
Control (100:0)	$2.50\pm0.86^{*}$	3.13 ± 1.25	3.00 ± 1.17	3.03 ± 0.81	3.13 ± 0.78^{b}
Formula 1(50:50)	2.77 ± 1.01	3.33 ± 1.06	3.06 ± 1.11	2.80 ± 0.81	2.97 ± 1.16^{b}
Formula 2 (0:100)	$3.50\pm0.68^{*}$	3.13 ± 0.78	3.14 ± 0.57	3.17 ± 0.59	4.43 ± 0.73^{a}

*Significant difference from the score of 3 (just-about-right score) ($p\leq0.05$), ^{1}Five-point just-about-right scale (5 = too much, 3 = just-about-right, 1 = too few), ^{2}Five-point scoring test (5 = most acceptable, 1 = least acceptable).

Table 3 Sensory attribute scores of Riceberry salad dressing with 100 % flaxseed gel by 9-point hedonic scale.

Treatment	Color (purple)	Flavor	Taste	Viscosity	Overall acceptability
Formula 2 (0:100)	8.28 ± 0.58	8.20 ± 0.68	8.43 ± 0.62	8.38 ± 0.67	8.45 ± 0.59

Table 4 Nutritional value of Riceberry salad dressing with 100 % flaxseed gel.

Nutritional values	Per 100 gm	Per 1 serving	%Thai RDI per 1 serving
Total energy (Kcal)	212.78	60	3
Energy from fat (Kcal)	12.71	0	0
Fat (g)	1.41	0	1
Carbohydrate (g)	48.35	15	5
Cholesterol (mg)	1.21	0	0
Protein (g)	1.67	0	-
Sugar (g)	25.39	8	-
Dietary fiber (g)	2.49	<1	3
Sodium (mg)	858.99	260	11
Calcium (mg)	40.56	-	2
Iron (mg)	0.73	-	1
Vitamin A (μg)	0	-	0
Vitamin B1 (mg)	0	-	0
Vitamin B2 (mg)	0	-	0

สมบัติต้านอนุมูลอิสระของข้าวไทยสีน้ำตาลอ่อน สีแดง และสีดำในรูปดิบและหุงสุกจากการย่อยในทางเดินอาหารแบบจำลอง

Antioxidant Properties of Raw and Cooked Thai Rice Grains with Light brown, Red and Black Pericarp Colors from Simulated In-Vitro Gastrointestinal Digestion

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[1] และ เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์[1]
Maisuthisakul, P.[1] and Apintanapong, M.[1]

Abstract

The present work evaluated changes in antioxidant activity (AOA) using the DPPH and the thiocyanate methods of nine genotype of Thai rice (*Oryza sativa* L) obtained from simulated in vitro gastrointestinal condition due to cooking procedure. Significant differences ($p < 0.05$) were observed in AOAs among genotypes with higher values obtained for grains with black pericarp colors than red and light brown samples. Genotype Kum and Hawm Nil exhibited the ability of antioxidant efficiency higher than α-tocopherol. Cooking method resulted in significant increase ranging 18-80% of antioxidant capacity of Hawm Nil, Jasmine105, Sin Lek rice genotypes ($p \leq 0.05$). This study was provided useful information for the cooked rice product manufacturers and consumer.
Keywords: antioxidant, Thai rice, gastrointestinal digestion, cooking

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการประเมินการเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity, AOA) ที่ส่งผลมาจากกระบวนการหุงสุกโดยใช้วิธี DPPH และ thiocyanate ของข้าวไทย 9 สายพันธุ์ (*Oryza sativa* L.) ที่ได้จากการจำลองระบบทางเดินอาหารแบบหลอดทดลอง ผลการวิจัยพบว่า AOA ในข้าวสายพันธุ์สีดำมีค่าสูงกว่าข้าวสายพันธุ์สีแดงและสีน้ำตาลอ่อนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) สายพันธุ์ก่ำและหอมนิลมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า α-tocopherol การหุงสุกทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวสายพันธุ์หอมนิล หอมมะลิ 105 และสินเหล็กเพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 18-80 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การศึกษาครั้งนี้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวสุกและผู้บริโภค
คำสำคัญ: ต่อต้านอนุมูลอิสระ, ข้าวไทย, จำลองระบบทางเดินอาหาร, การหุงสุก

บทนำ

ปัจจุบันการบริโภคข้าวสายพันธุ์สีแดงและดำได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจากมีสาร proanthocyanidins และ anthocyanins รวมถึงกรดฟีนอลิกและอนุพันธ์ในปริมาณที่สูง ทั้งนี้สารฟีนอลิกเหล่านี้ล้วนมีรายงานวิจัยว่าเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ (Bonoli และคณะ, 2004; Al-Farsi และ Lee, 2008; Maisuthisakul และ Changchub, 2014) อย่างไรก็ตามข้อมูลของสารฟีนอลิกที่ดีต่อสุขภาพควรได้รับการศึกษาในระบบย่อยในร่างกายมนุษย์ เพื่อเป็นข้อมูลที่ถูกต้องสำหรับการบริโภค นอกจากนี้ยังมีหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสารประกอบฟีนอลิกในอาหาร ได้แก่ ความร้อน การปรุงอาหาร และอื่นๆ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีที่ซับซ้อนในสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ ปฏิริยาพอลิเมอไรเซชัน การเกิดออกซิเดชัน และการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยา Maillard (Massaretto และคณะ, 2011) ของอาหารอีกด้วย

เป็นที่รู้กันดีว่าการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในข้าวในระหว่างการแปรรูปคือ การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้ง น้ำจะถูกดูดซึมเข้าสู่เมล็ดข้าวในระหว่างการแปรรูป ส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแป้งถูกแทนที่ด้วยพันธะระหว่างแป้งและโมเลกุลของน้ำ จากการค้นคว้ารายงานวิจัย พบรายงานการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของข้าวระหว่างการแปรรูป ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงน้ำตาลและกรดอะมิโนในระหว่างการแปรรูปข้าว (Kasai และคณะ, 2000) ปริมาณฟีนอลิกที่ละลายได้และไม่ละลายในข้าวระหว่างการแปรรูป (Massaretto และคณะ, 2011; Walter และคณะ, 2011) อย่างไรก็ตามรายงานผลของกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของข้าวที่ผ่านการแปรรูปหลังจากการย่อยในร่างกายมนุษย์ยังมีน้อยมาก

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

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดข้าวสีน้ำตาลอ่อน สีแดงและสีดำในรูปดิบ และหุงสุกที่ผ่านการสกัดในรูปแบบจำลองกระเพาะอาหารและลำไส้

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบ; ตัวอย่างข้าวกล้องสายพันธ์สีน้ำตาลอ่อน ได้แก่ สินเหล็ก หอมมะลิ 105 เล้าแตก และ หอมอุบล สายพันธ์สีแดง ได้แก่ สังข์หยด และหอมดอกมะลิแดง สายพันธุ์สีดำ ได้แก่ ก่ำ หอมกัญญา และ หอมนิลจำนวน 3 ชุด ได้รับความอนุเคราะห์จากเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดอุบลราชธานีในประเทศไทย ความชื้นของเมล็ดข้าวตามน้ำหนักแห้งตาม AOAC (1990) อยู่ในช่วง 11.52-13.17% เก็บเกี่ยวข้าวตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงมิถุนายน 2560 ข้าวที่มีความยาวพิเศษได้แก่ สายพันธุ์ หอมอุบล เล้าแตก หอมมะลิ 105 สินเหล็กและหอมมะลิแดง ชนิดข้าวเมล็ดยาวคือ หอมนิล (Maisuthisakul และ Changchud, 2014)

สารเคมี; Folin Ciocalteu reagent, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) โซเดียมคาร์บอเนตซื้อมาจาก Sigma Chemical Co. , Ltd (St. Louise, USA) สารเคมีและตัวทำละลายอื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นเกรดวิเคราะห์ที่ซื้อจาก Sigma-Aldrich Co. , Ltd (Steinheim, ประเทศเยอรมนี)

วิธีการหุงสุก; ชั่งน้ำหนักตัวอย่างข้าว 250 กรัม จากนั้นล้างด้วยน้ำประปาบนตะแกรง 3 ครั้ง โดยล้างนานครั้งละ 1 นาที เติมน้ำในข้าวด้วยอัตราส่วนข้าว 1 ส่วนต่อน้ำ 2 ส่วน (w / v) ข้าวหุงสุกโดยใช้หม้อหุงข้าว (TEFAL หม้อหุงข้าวดิจิตอล RK6011TH 0.7L, ฝรั่งเศส) ทิ้งข้าวสุกที่ให้เย็นลงแล้วจึงนำไปเก็บในถุงพลาสติกที่เก็บที่อุณหภูมิ -20 ° C จนกระทั่งวิเคราะห์

การย่อยในทางเดินอาหารแบบจำลอง; การย่อยในทางเดินอาหารแบบจำลองมี 2 ขั้นตอนคือการย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้ ตามวิธีของ Gil-Izquierdo และคณะ, 2002 จากนั้นสารสกัดถูกเก็บไว้ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิ-20°C จนกระทั่งวิเคราะห์ สารสกัดที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 นำสารสกัดที่ได้ไปวัดค่าสมบัติการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ferric thiocyanate เปรียบเทียบกับสารอ้างอิง (α-tocopherol, กรดเฟอรูลิก กรดแกลลิก) ทดลอง 3 ซ้ำ

Table 1 Raw grain and cooked grain yield (%) of nine domestic Thai rice grains [†].

Rice Types	Genotypes	Yield (%)	
		Raw grains	Cooked grains
Black	Hawm Nil	2.04 ^{d}±0.22	1.54 ^{d}±0.11
	Hawm Kanya	1.23 ^{c}±0.24	1.03 ^{c}±0.15
	Kum	0.86 ^{b}±0.17	0.56 ^{b}±0.11
Red	Red Jasmine	0.86 ^{b}±0.21	0.56 ^{b}±0.14
	Sang Yod	0.55 ^{a}±0.14	0.25 ^{a}±0.17
Light brown	Hawm Ubon	1.32 ^{c}±0.25	1.01 ^{c}±0.14
	Lao Tek	0.98 ^{b}±0.23	0.58 ^{b}±0.16
	Jasmine 105	0.49 ^{a}±0.14	0.29 ^{a}±0.09
	Sin Lek	1.34 ^{c}±0.26	1.08 ^{c}±0.15

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

การวิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ; ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวมของเมล็ดข้าวดิบและตัวอย่างข้าวหุงสุกหรือตัวอย่างอ้างอิงถูกวัดด้วยวิธี DPPH (Maisuthisakul และ Gordon, 2009) และวิธีไทโอไซยาเนตในระบบอิมัลชันของกรดไลโนเลอิก (Hu และคณะ, 2003) คำนวณประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในรูปของ 1 / AA_{50} ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ; ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลรวมทั้งการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ p <0.05 ด้วยโปรแกรมซอฟต์แวร์ SPSS (SPSS Inc. , Chicago, IL, USA)

ผลการศึกษาและการวิจารณ์

ถึงแม้ว่ามีงานวิจัยจำนวนมากได้รายงานความสามารถต้านอนุมูลอิสระของข้าว แต่ปริมาณฟีนอลิกจากข้าวหลังการดูดซึมเข้าสู่ในร่างกายยังไม่ชัดเจน ดังนั้นข้อมูลความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวในสภาพจำลองระบบทางเดินอาหารจึงควรถูกศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์ในการบริโภคข้าวต่อไป

สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดของเมล็ดข้าวและสารอ้างอิงด้วยวิธี DPPH ได้ผลดัง Table 2, 3 และ Table 4 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ของข้าวดิบสีดำสูงกว่าข้าวแดงและข้าวกล้องสีน้ำตาลอ่อนตามลำดับ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ของกลุ่มข้าวดำมีค่าในช่วง 61.5% ถึง 69.7% ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ของกลุ่มข้าวแดงมีค่าในช่วง 57.8% ถึง 61.9% และ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ของกลุ่มข้าวกล้องชนิดสีน้ำตาลอ่อนมีค่าในช่วง 43.05% ถึง 56.0% นอกจากนี้ตัวอย่างสารสกัดข้าวทั้งหมดยังแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ในอัตราที่สูงกว่า α-tocopherol ที่ 20 μM (Table 2 และ 4)

สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดของเมล็ดข้าวและสารอ้างอิงด้วยวิธี thiocyanate ได้ผลดัง Table 2, 3 และ 4 ประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระ (1 / AA_{50}) ด้วยวิธีไทโอไซยาเนตในระบบอิมัลชันของกรดไลโนเลอิกมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันกับความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH (%) แม้ว่าสารสกัดจากข้าวทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่ากรด ferulic แต่ข้าวสายพันธุ์ Hawm Nil มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า α-tocopherol

Table 2 Antioxidant capacity of nine domestic raw rice grains[†].

Samples	Genotypes	DPPH radical scavenging activity (%)	Antioxidant efficiency (1/AA_{50})
Black rice	Hawm nil	68.72 ^{e}±1.02	0.020 ^{bc}±0.002
	Hawm kanya	61.50 ^{d}±1.22	0.016 ^{b}±0.005
	Kum	69.74 ^{e}±1.34	0.024 ^{c}±0.003
Red rice	Red Jasmine	61.90 ^{d}±0.98	0.016 ^{b}±0.008
	Sang yod	57.80 ^{c}±0.86	0.011 ^{a}±0.006
Light brown rice	Hawm Ubon	45.30 ^{b}±0.73	0.007 ^{a}±0.004
	Lao tek	56.04 ^{c}±0.91	0.010 ^{a}±0.005
	Jasmine 105	43.05 ^{a}±0.95	0.008 ^{a}±0.002
	Sin lek	44.82 ^{a}±0.70	0.008 ^{a}±0.002

[†] The concentration of rice samples was range from 250-256 µg/mL. Means of three replications ± SD (standard deviation).; Different superscript letters mean significant differences (*P*<0.05) between conditions in each column. ND means not determine.

การหุงสุกมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดข้าวอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ดังแสดงใน Table 2 และ 3 การหุงสุกมีผลทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวหอมนิล หอมมะลิแดง สังข์หยด หอมมะลิ 105 และสินเหล็กสูงขึ้น การหุงสุกอาจทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของ proanthocyanidins, การทำให้เกิดโพลิเมอไรเซชันของ oligomeric และโพลีเมอร์ระหว่างโครงสร้าง dimers และ trimers ให้เป็นโครงสร้างใหม่ที่เปลี่ยนแปลงไป (Fuleki และ Ricardo da Silva, 2003) จึงส่งผลกระทบต่อโครงสร้างสารประกอบฟีนอลิก เช่นเดียวกับรายงานวิจัยของ Massaretto และคณะ (2011) ที่รายงานว่าการหุงสุกส่งผลกระทบกับสารประกอบฟีนอลิกที่ไม่ละลายน้ำของเมล็ดข้าวสีมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างจาก 74.4 -17.3 เป็น 144.7 - 38.2 mg FE / 100 กรัม (เพิ่มขึ้นประมาณ 100%) นอกจากนี้การวิจัยนี้ สารฟีนอลิกยังได้รับผลกระทบจากกระบวนการย่อยในร่างกายที่มีสภาวะกรด เป็นการย่อยให้โครงสร้างฟีนอลิกอีกครั้ง ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารฟีนอลิกแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน จึงควรได้รับการศึกษาต่อไป

Table 3 Antioxidant capacity of nine domestic cooked rice grains.

Samples	Genotypes	DPPH radical scavenging activity (%)	Antioxidant efficiency (1/AA_{50})
Black rice	Hawm nil	81.36 ^{f}±1.09	0.031 ^{c}±0.001
	Hawm kanya	52.34 ^{c}±1.16	0.013 ^{b}±0.005
	Kum	52.32 ^{c}±1.02	0.019 ^{b}±0.003
Red rice	Red Jasmine	68.23 ^{e}±0.48	0.014 ^{b}±0.004
	Sang yod	63.23 ^{d}±0.47	0.007 ^{a}±0.006
Light brown rice	Hawm Ubon	32.21 ^{a}±0.42	0.005 ^{a}±0.004
	Lao tek	44.32 ^{b}±0.25	0.007 ^{a}±0.005
	Jasmine 105	51.09 ^{c}±0.44	0.010 ^{a}±0.002
	Sin lek	80.21 ^{f}±0.70	0.030^{c}±0.002

[†] The concentration of rice samples was range from 250-256 µg/mL. Means of three replications ± SD (standard deviation).; Different superscript letters mean significant differences (*P*<0.05) between conditions in each column. ND means not determine.

Table 4 Antioxidant capacity of references†

Samples	DPPH radical scavenging activity (%)	Antioxidant efficiency ($1/AA_{50}$)
α-tocopherol	$41.83^{c}\pm0.02$	$0.017^{a}\pm0.000$
Ferulic acid	$67.31^{b}\pm0.04$	$0.034^{b}\pm0.000$
p-coumaric acid	$57.02^{a}\pm0.07$	ND

† The concentration of reference compounds was 20 μM. Means of three replications ± SD (standard deviation).; Different superscript letters mean significant differences ($P<0.05$) between conditions in each column. ND means not determine.

สรุป

จากการวิจัยแสดงให้เห็นถึงผลของการหุงต้มที่มีต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวไทย 9 สายพันธุ์ ซึ่งพบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวหอมนิล หอมมะลิแดง สังข์หยด หอมมะลิ 105 และสินเหล็กหลังการหุงสุกในระบบย่อยอาหารของมนุษย์มีค่าสูงขึ้น

คำขอบคุณ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย (UTCC)

เอกสารอ้างอิง

Al-Farsi, M.A. and Lee, C.Y., 2008, Optimization of Phenolic and Dietary Fiber Extraction from Date Seeds, Food Chemistry, 108: 977–985.

Bonoli, M., Marconi, E. and Caboni, M.F., 2004, Evaluation of the Extraction Capability of Different Solvent Mixtures and Pressurized Liquid Methods by Micellar Electro-kinetic Chromatography and Spectrophotometry, Journal of Chromatography A, 1057: 1–12.

Finocchiaro, F., Ferrari, B., Gianinetti, A., Dall'Asta, C., Galaverna, G., Scazzina, F. and Pellegrini, N., 2007, Characterization of Antioxidant Compounds of Red and White Rice and Changes in total Antioxidant Capacity During Processing, Molecular Nutrition & Food Research, 51: 1006-1019.

Fuleki, T. and da Silva, J.M.R., 2003, Effects of Cultivar and Processing Method on the Contents of Catechins and Procyanidins in Grape Juice, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 640-646.

Gil-lzquierdo, A., Zaírilla, P. and Tomas-Barberan, F. A., 2002, An In Vitro Method to Simulate Phenolic Compound Release from the Food Matrix in the Gastrointestinal Tract, European Food Research and Technology, 214: 155-159.

Giusti, M. and Wrolstad, R.E., 2005, Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-visible Spectroscopy, In Handbook of Food Analytical Chemistry, Wrolstad, R.E and Schwartz, S.J. (eds.), New York: Wiley. p. 19-31.

Hu, C., Zawistowski, J., Ling, W. and Kitts, D.D., 2003. Black Rice (*Oryza sativa* L. indica) Pigmented Fraction Suppresses Both Reactive Oxygen Species and Nitric Oxide in Chemical and Biological Model Systems, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 5271-5277.

Kasai, M., Ishiguro, K., Kyouda, H., Hamazono, T., Hatae, K. and Shimada, A., 2000, Change in the Amounts of Reducing Sugars and Free Amino Acids in Rice During the Cooking Processes, Journal of Home Economics of Japan, 51: 579–585.

Maisuthisakul, P. and Gordon, M. H., 2009, Antioxidant and Tyrosinase Inhibitory Activity of Mango Seed Kernel by Product, Food Chemistry, 117: 332-341.

Maisuthisakul, P. and Changchad, L., 2014, Effect of Extraction on Phenolic Antioxidant of Different Thai Rice (*Oryza Sativa* L.) Genotypes, International Journal of Food Properties, 7: 855–865.

Massaretto, I.L., Alves, M.F.M., de Mira, N.V.M., Carmona, A.K. and Marquez, U.M.L., 2011, Phenolic Compounds in Raw and Cooked Rice (*Oryza sativa* L.) and their Inhibitory Effect on the Activity of Angiotensin I-converting Enzyme, Journal of Cereal Science, 54: 236-240.

Passamonti, S., Vrhovsek, U., Vanzo, A. and Mattivi, F., 2003, The Stomach as a Site for Anthocyanins Absorption from Food, FEBS Letters, 544 (1-3): 210-3.

Talavéra, S., Felgines, C., Texier, O., Besson, C., Manach, C., Lamaison, J.L. and Rémésy, C., 2004, Anthocyanins Are Efficiently Absorbed from the Small Intestine in Rats, The Journal of Nutrition, 134 (9): 2275-9.

Vitaglione, P., Donnarumma, G., Napolitano, A., Galvano, F., Gallo, A., Scalfi, L. and Fogliano, V., 2007, Protocatechuic Acid is the Major Human Metabolite of Cyanidin-glucosides, The Journal of Nutrition, 137 (9): 2043-8.

ผลของการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วแดงหลวงต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว
Effect of Rice Flour Substitution with Red Kidney Bean Flour on Qualities of Rice Noodle

นวพร ลาภส่งผล[1] วริสรา อัศวนันทการ[1] และ อติมาพร ผุยนวล[1]
Lapsongphon, N.[1], Ussawanantakarn, W.[1] and Pouynaun, A.[1]

Abstract

The objectives of this research were to investigate the effect of rice flour substitution with red kidney bean flour on qualities of rice noodle. The rice flour and red kidney bean flour were varied at ratio of 100:0 (control), 80:20, 60:40, 40:60, and 20:80. Results showed that increasing ratio of red kidney flour increased cooking loss and tensile strength of rice noodles, decreased L* value, and increased a* and b* value ($P \leq 0.05$). Sensory evaluation showed that overall acceptance scores of rice noodles with 20% red kidney bean flour was significantly higher when compared with the control sample ($P \leq 0.05$). Preferable scores for color, odor, taste, texture and general acceptability of rice noodles were 6.47, 6.53, 6.83, 7.20 and 7.30, respectively. For chemical analysis, results showed that rice flour substitution with red kidney bean flour in rice noodle increased protein content (10.45%) compared to the control (7.36%) ($P \leq 0.05$).
Keywords: Rice flour, Red kidney bean flour, Rice noodle

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วแดงหลวงต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งถั่วแดงหลวงเท่ากับ 100:0 (ตัวอย่างควบคุม) 80:20 60:40 40:60 และ 20:80 ผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งถั่วแดงหลวงส่งผลให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าการสูญเสียเนื้อแป้งระหว่างการหุงต้มและค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้น มีค่าความสว่าง (L*) ลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนแป้งถั่วแดงหลวงร้อยละ 20 พบว่ามีค่าความชอบโดยรวมมากกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าค่าความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของ เท่ากับ 6.47, 6.53, 6.83, 7.20, และ 7.30 ตามลำดับ ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการทดแทนร้อยละ 20 มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 10.45) เมื่อเทียบกับเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่มีการทดแทนด้วยแป้งถั่วแดงหลวง (ร้อยละ 7.36) ($P \leq 0.05$)
คำสำคัญ: แป้งข้าวเจ้า แป้งถั่วแดงหลวง เส้นก๋วยเตี๋ยว

คำนำ

ก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากแป้งข้าวเจ้าเป็นหลัก นิยมบริโภคเป็นอาหารรองจากข้าว เนื่องจากให้พลังงาน และราคาถูก การผลิตก๋วยเตี๋ยวของไทยส่วนมากใช้ข้าวหักหรือที่เรียกว่าปลายข้าวเป็นวัตถุดิบ (วิภา, 2541) ทั้งนี้ข้าวที่ผ่านการขัดขาวเอาส่วนของรำข้าวออกจนหมดเมื่อนำมาแปรรูปจึงได้เส้นก๋วยเตี๋ยวสีขาว น่ารับประทาน แต่กับไม่มีคุณค่าทางโภชนาการหลงเหลืออยู่นอกจากคาร์โบไฮเดรต ปัจจุบันคนส่วนใหญ่หันมาให้ความสำคัญกับเรื่องสุขภาพมากขึ้น ผู้ผลิตจึงพยายามพัฒนาสูตรเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น นำข้าวหอมนิลมาผลิตเป็นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ (อริสรา, 2553) การใช้ข้าวกล้องสีงอกมาผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว (Thao และ Niwat, 2018) เป็นต้น ทั้งนี้ยังไม่มีรายงานในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยใช้แป้งถั่วแดงหลวงเป็นส่วนประกอบ

ถั่วแดงหลวง (*Phasecolus vulgaris* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจของภาคเหนือของไทย จัดเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีคุณค่าทางโภชนาการ นิยมนำมาทำขนมต่างๆ เช่น ถั่วแดงกวน ซุปถั่วแดง เป็นต้น จากการศึกษางานวิจัยพบว่า แป้งถั่วแดงหลวงอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ มีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 56.89-59.12 โปรตีนร้อยละ 20.93-23.32 ไขมันร้อยละ 3.14-3.53 เส้นใยร้อยละ 3.66-4.14 และเถ้าร้อยละ 4.60-4.67 (Siddiq และคณะ, 2010) สารต้านออกซิเดชั่น เช่น สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอย์

[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

และแทนนิน ซึ่งเป็นสารประกอบที่สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Amarowicz และ Pegg, 2008; Choung และคณะ, 2003) อย่างไรก็ตาม การศึกษาการใช้ประโยชน์จากแป้งถั่วแดงหลวงในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวยังมีค่อนข้างจำกัด จากข้อมูลโภชนาการของแป้งถั่วแดงหลวงข้างต้น หากสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีส่วนผสมของแป้งถั่วแดงได้ จะสามารถช่วยเพิ่มประโยชน์ให้กับผู้บริโภคได้ ผู้วิจัยจึงมีจุดมุ่งหมายที่จะผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีโปรตีนและเส้นใยสูง โดยใช้ถั่วแดงหลวงเป็นแหล่งเสริมโปรตีนและเส้นใย นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มสีให้กับเส้นก๋วยเตี๋ยวเพิ่มความแปลกใหม่ให้กับผู้บริโภค และเป็นการส่งเสริมเกษตรกรผู้ปลูกถั่วแดงหลวง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วแดงหลวงต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมแป้งถั่วแดงหลวง โดยนำเมล็ดถั่วแดงหลวง (บริษัท ไร่ทิพย์ จำกัด) แช่น้ำในอัตราส่วนถั่วแดงหลวงต่อน้ำเท่ากับ 1:4 กรัมต่อมิลลิลิตร นาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นบดละเอียดด้วยเครื่องปั่น ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 1 ชั่วโมง นำแป้งถั่วแดงหลวงส่วนที่ตกตะกอนมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Siddiq และคณะ, 2010) ได้ตัวอย่างที่มีความชื้นสุดท้าย 10% จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 18 เมช ก่อนนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

เตรียมแป้งผสม จำนวน 5 สูตร ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้า (บริษัทไทยวาฟูดโปรดักส์ จำกัด (มหาชน)) ต่อแป้งถั่วแดงหลวงเท่ากับ 100:0 (ตัวอย่างควบคุม) 80:20 60:40 40:60 และ 20:80 โดยสูตรของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ศึกษาประกอบด้วยแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งถั่วแดงหลวงร้อยละ 28.06 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 7.42 น้ำร้อยละ 64.08 และน้ำมันพืชร้อยละ 0.44 การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวดัดแปลงจากปกิตตา (2553) มีวิธีการดังนี้ ละลายส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นตวงน้ำแป้งปริมาณ 80 มิลลิลิตร เทใส่ถาดอะลูมิเนียมขนาด 25×12 เซนติเมตร ทำการเอียงถาดไปมาจนน้ำแป้งกระจายทั่วถาดอย่างสม่ำเสมอ นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) ปิดฝาทำการนึ่งนาน 5 นาที นำถาดออกทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วลอกแผ่นก๋วยเตี๋ยวออก ตัดเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก และนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นและเก็บในภาชนะปิดสนิทก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพและทดสอบทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ การวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Color Reader CR.10) ค่าการสูญเสียเนื้อแป้งระหว่างการหุงต้ม (cooking loss) (AACC, 2000) ค่าแรงดึงขาด (tensile strength) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-XT2) และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการใช้แบบทดสอบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scaling) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบในช่วงอายุ 19-22 ปี จำนวน 30 คน จากนั้นเลือกตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการทดแทนและไม่มีการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วแดงหลวง จากผลทางประสาทสัมผัสไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 2000)

วางแผนการทดลองแบบบลอคสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test; DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ค่าสี (Table 1) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังอบแห้งพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วแดงหลวง มีผลทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง ค่าสีแดง (a*) และ ค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการศึกษาพบว่าในถั่วแดงหลวงมีแอนโธไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน ในปริมาณสูง คิดเป็น 0.76 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (นิพัฒน์ และคณะ, 2561) จึงทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีปริมาณสีแดงม่วงขึ้นตามปริมาณการใช้แป้งถั่วแดงหลวง

ผลการวิเคราะห์ค่าการสูญเสียเนื้อแป้งระหว่างการหุงต้มพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าการสูญเสียเนื้อแป้งระหว่างการหุงต้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วแดงหลวง โดยสูตรที่มีการใช้แป้งถั่วแดงร้อยละ 80 แสดงค่าการสูญเสียเนื้อแป้งระหว่างการหุงต้มสูงที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 1.97 ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าแรงดึงขาด ซึ่งวิเคราะห์จากค่าแรงดึงสูงสุดที่ใช้ดึงเส้นก๋วยเตี๋ยวให้ขาด แสดงถึงค่าความแข็งแรงของเส้นก๋วยเตี๋ยว (Su และคณะ, 2010) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้แป้งถั่วแดงหลวง มีผลทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้น โดยสูตรที่มีการใช้แป้งถั่วแดงหลวงร้อยละ 40, 60 และ 80 มีค่าแรงดึงขาดสูงกว่าสูตรที่ไม่มีการใช้แป้งถั่วแดงหลวงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสามสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนของแป้งถั่วแดงหลวงมาก

ขึ้นถึงร้อยละ 40 มีผลทำให้ค่าคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.73, 6.87, 6.73, 6.67 และ 6.87 ตามลำดับ (Table 2) อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนของแป้งถั่วแดงหลวงเป็นร้อยละ 60 และ 80 มีผลทำให้คะแนนความชอบทุกด้านลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากผลการทดลองพบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วแดงหลวงร้อยละ 20 ให้ค่าคะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือสูตรที่มีการทดแทนร้อยละ 40 ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างทั้ง 2 สูตรไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเทียบกับเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่มีการทดแทน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Table 3) พบว่า สูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วแดงหลวงร้อยละ 20 และ 40 มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 10.45 และ 12.28 ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับสูตรที่ไม่มีการใช้แป้งถั่วแดงหลวง (ร้อยละ 7.36) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งอาจเป็นเพราะเนื่องจากในแป้งถั่วแดงหลวงมีปริมาณโปรตีนที่สูงถึงร้อยละ 20.93-23.32 (Siddiq และคณะ, 2010) ในขณะที่แป้งข้าวเจ้ามีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 6.92-8.65 (Han และคณะ, 2011) ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ใยอาหารและเถ้าพบว่า สูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วแดงหลวงร้อยละ 20 หรือ 40 และสูตรที่ไม่มีการใช้แป้งถั่วแดง มีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

สรุปผล

จากการทดลองพบว่าการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วแดงหลวงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก มีผลทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง ค่าสีแดง (a*) และ ค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ค่าการสูญเสียเนื้อแป้งระหว่างการหุงต้มมากขึ้น และค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วแดงหลวงร้อยละ 20 ให้ค่าคะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือสูตรที่มีการทดแทนร้อยละ 40 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ทั้ง 2 สูตรนี้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ถือว่าเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีนให้กับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

คำขอบคุณ

คณะผู้ศึกษาขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยและนำเสนอผลงานในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

นิพัฒน์ ลิ้มสงวน ประมวล ทรายทอง และสุภัคชนม์ คล่องดี, 2561, ความสามารถของถั่วชนิดต่าง ๆ ในการต้านอนุมูลอิสระและส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัส, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 26(5): 777-789.

ปกิตตา ศรีวรารักษ์, 2553, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวสดเสริมแอนติออกซิแดนซ์จากสารสกัดพืชผักพื้นบ้าน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม

วิภา สุโรจนะเมธากุล, 2541, คุณสมบัติของข้าวและการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่, เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการพัฒนาเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและขนมจีนโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, หน้า 33-48.

อริสรา รอดมุ้ย, 2553, การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวหอมนิล, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 5: 64-71.

AACC, 2000, Approved methods (10th Ed), American Association of Cereal Chemists, St Paul. Minnesota, USA.

Amarowicz, R. and Pegg, R.B., 2008, Legumes as a source of natural antioxidants, European Journal of Lipid Science and Technology, 110(10): 865–878.

AOAC, 2000, Official Method of Analysis, 16 th ed. Washington Dc, The Association of Official Analytical Chemists.

Choung, M.G., Choi, B.R., An, Y.N., Chu, Y.H. and Cho, Y.S., 2003, Anthocyanin profile of Korean cultivated kidney bean, Journal of Agricultural Food Chemistry, 51(24): 7040-7043.

Han, H.M., Cho, J.H. and Koh, B.K., 2011, Processing properties of Korean rice varieties in relation to rice noodle quality, Journal of Food Science and Biotechnology, 20: 1277-1282.

Siddiq, M., Ravi, R., Harte, J.B. and Dolan, K.D., 2010, Physical and functional characteristics of selected dry

bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours, LWT-Food Science and Technology, 44: 232-237.

Su, J., Huang, Z., Yuan, X., Wang, X., and Li, M., 2010, Structure and properties of carboxymethyl cellulose/soy protein isolate blend edible films crosslinked by Maillard reactions, Carbohydrate Polymers, 79(1): 145–153.

Thao, N.T.T. and Niwat, C., 2018, Effect of germinated colored rice on bioactive compounds and quality of fresh germinated colored rice noodle, KMUTNB International Journal of Applied Science and Technology, 11(1): 27-37.

Table 1 Color, tensile strength (g) and cooking loss (%) of rice noodle with different levels of rice flour substitution with red kidney bean flour

Blended rice noodle	Color			Cooking loss (%)	Tensile strength (g)
	L*	a*	b*		
0RKB	50.85^{a}±0.80	-1.55^{d}±0.31	10.79^{d} ±0.71	0.55^{d} ±0.23	16.81^{c} ±1.60
20RKB	32.46^{b}±1.19	7.35^{c}±0.60	19.98^{c} ±1.87	1.01^{cd}±0.16	18.93^{c} ±0.66
40RKB	26.96^{c}±0.59	7.90^{c}±0.73	20.43^{bc}±0.18	1.30^{bc} ±0.12	29.15^{b} ±0.45
60RKB	26.82^{c}±0.51	11.09^{b}±0.84	22.32^{ab}±0.33	1.67^{ab}±0.19	31.62^{ab}±1.23
80RKB	26.78^{c}±0.21	14.62^{a}±0.98	22.71^{a} ±0.74	1.97^{a} ±0.37	32.80^{a} ±1.86

Means of the same column with different superscripts indicate significant difference (P≤0.05).
The ratios of rice and red kidney bean flours were 100:00 (0RKB), 80:20 (20RKB), 60:40 (40RKB), 40:60 (60RKB), and 20:80 (80=RKB)

Table 2 Effect of rice flour substitution with red kidney bean flour on sensory evaluation of rice noodle

Blended Rice noodle	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptance
0RKB	6.67^{a} ±1.63	5.83^{c} ±1.35	6.43^{abc}±1.17	6.23^{bc}±1.55	6.53^{bc}±1.28
20RKB	6.47^{ab}±1.78	6.53^{ab}±1.45	6.83^{a} ±1.12	7.20^{a} ±1.19	7.30^{a} ±1.26
40RKB	6.73^{a} ±1.55	6.87^{a} ±1.10	6.73^{ab} ±1.44	6.67^{ab}±1.75	6.87^{ab}±1.50
60RKB	6.00^{ab}±1.68	6.00^{bc}±1.52	6.27^{bc} ±1.17	5.73^{c} ±1.76	6.10^{c} ±1.16
80RKB	5.67^{b} ±1.75	5.53^{c} ±1.68	6.13^{c} ±1.46	5.87^{c} ±1.63	6.00^{c} ±1.14

Means of the same column with different superscripts indicate significant difference (P≤0.05).
The ratios of rice and red kidney bean flours were 100:00 (0RKB), 80:20 (20RKB), 60:40 (40RKB), 40:60 (60RKB), and 20:80 (80=RKB)

Table 3 Proximate composition (% wet basis) of rice noodle with and without red kidney bean flour

Blended Rice noodle	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)^{ns}	Crude fiber (%)^{ns}	Ash (%)^{ns}
0RKB	12.86^{a} ±0.12	7.36^{c} ±0.30	0.86±0.12	1.64 ±0.13	0.47±0.06
20RKB	10.77^{c}±0.13	10.45^{b}±0.29	0.89 ±0.27	1.76 ±0.07	0.55 ±0.15
40RKB	11.25^{b} ±0.12	12.28^{a} ±0.14	0.91 ±0.34	1.81 ±0.10	0.72±0.13

Means of the same column with different superscripts indicate significant difference (P≤0.05).
ns = not significantly differences (P>0.05)
The ratios of rice and red kidney bean flours were 100:00 (0RKB), 80:20 (20RKB), and 60:40 (40RKB)

การลดเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนและยืดอายุการเก็บรักษาผักกรีนคอสอินทรีย์ตัดแต่งพร้อมบริโภคโดยใช้น้ำอิเล็กโตรไลท์
Minimization of Microbial Contamination and Extending Shelf Life of Fresh-Cut Organic Green Cos Lettuce Using Electrolyzed Water

กัลยา ศรีพงษ์[1] ขวัญกลม เกตุแก้ว[1] ทันวลี ศรีนนท์[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2]
Sripong, K.[1], Ketkaew, K.[1], Srinon, T.[1], Uthairatanakij, A.[1,2] and Jitareerat, P.[1,2]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of electrolyte water (EW) on microbial contamination and quality of fresh-cut organic green cos lettuce. Fresh-cut green cos lettuce were immersed in electrolyte water at 100 and 200 ppm of Cl^- for 5 and 10 min. Fresh-cut green cos lettuce immersed in distilled water and sodium hypochlorite solution (100 ppm for 10 min) were used as the controls. All samples were kept under 4°C for 12 days. Application of EW and sodium hypochlorite solution reduced total bacteria, *E. coli* and yeasts and molds significantly in compared to distilled water treated sample (control). Especially treatments with EW at 200 ppm for 5 and 10 min showed the inhibitory effects higher than sodium hypochlorite treatment. In addition, treatment with EW had no effects on the color changes (ΔE), weight loss, chlorophyll content and vitamin C content of fresh-cut cos lettuce.
Keywords: Cos lettuce, Sodium hypochlorite, Electrolyte water

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำอิเล็กโตรไลท์ (EW) ต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของผักกรีนคอสอินทรีย์ตัดแต่ง ทำโดยแช่ผักกรีนคอสในน้ำ EW ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm นาน 5 และ 10 นาที ผักกรีนคอสที่แช่ในน้ำกลั่นและผักกรีนคอสที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 100 ppm นาน 10 นาที ใช้เป็นชุดควบคุม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน พบว่าผักกรีนคอสที่ผ่านการทำความสะอาดโดยการแช่ในน้ำ EW และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด *E. coli* และ ยีสต์และเชื้อรา ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผักที่แช่ในน้ำกลั่น โดยเฉพาะการแช่ในน้ำอิเล็กโตรไลท์ ความเข้มข้น 200 ppm นาน 5 และ 10 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 100 ppm นาน 10 นาที การแช่ผักในน้ำอิเล็กโตรไลท์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) การสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณคลอโรฟิลล์ และ วิตามินซี ของผักกรีนคอสตัดแต่ง
คำสำคัญ: ผักกรีนคอส โซเดียมไฮโปรคลอไรท์ น้ำอิเล็กโตรไลท์

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจบริโภคผักผลไม้ที่ผลิตในระบบเกษตรอินทรีย์ จึงทำให้ธุรกิจการผลิตหรือเพาะปลูกพืชแบบเกษตรอินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกวัน อย่างไรก็ตามผักผลไม้อินทรีย์ส่วนใหญ่มักจะมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์สูง เนื่องจากระบบการผลิตผักผลไม้อินทรีย์นั้นจะไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี เกษตรกรจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยพืชสด ซึ่งปุ๋ยเหล่านี้เป็นแหล่งสะสมของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคทางเดินระบบอาหารของมนุษย์ ดังนั้นการบริโภคผักอินทรีย์บางชนิดแบบรับประทานสด (ที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน เช่น ผักสลัดต่างๆ) ย่อมทำให้ผู้บริโภคมีความเสี่ยงสูงในการเจ็บป่วย แต่สำหรับวิธีการที่จะนำมาใช้ในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ในผักอินทรีย์นั้นจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงหรือไม่ใช้สารเคมี ซึ่ง Olmez และ Kretzschmar, (2009) ได้รวบรวมข้อมูลผลงานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมผักผลไม้อินทรีย์ตัดแต่งพร้อมบริโภค เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพของผักผลไม้อินทรีย์ตัดแต่งพร้อมบริโภค ได้แก่ โอโซน กรดอินทรีย์บางชนิด (citric acid, lactic acid, acetic acid) คลอรีนไดออกไซด์ peroxyacetic acid และ hydrogen peroxide ทั้งนี้รวมถึงการใช้น้ำอิเล็ก

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] Division of Postharvest Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand

โตรไลท์ด้วย (Sharma และ Demirci, 2003) น้ำอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyzed water, EW) เป็นน้ำที่เกิดจากการให้กระแสไฟฟ้ากับสารละลายโซเดียมคลอไรด์เจือจาง โดยโซเดียมคลอไรด์เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนอยู่ในสารละลายเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป ซึ่งน้ำ EW นิยมนำมาใช้ในการทำความสะอาดในอุตสาหกรรมอาหาร และมีรายงานว่าการใช้น้ำ EW มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียก่อโรคหลายชนิด เช่น *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes* และ *Escherichia coli* O157:H7 ในผักผลไม้ (Sharma และ Demirci, 2003) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำ EW ต่อการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพของผักกรีนคอสอินทรีย์ตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมน้ำ EW

เตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 6 ลิตร จากนั้นต่อเข้ากับเครื่อง AQUAECA-20 เครื่องจะดูดสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้าไปเพื่อผลิตน้ำ EW ทำการตรวจวัดปริมาณ free chlorine พบว่ามีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 600 - 800 ppm นำน้ำที่ได้มาทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่นเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของ free chlorine เท่ากับ 100 ppm และ 200 ppm สำหรับใช้ในการแช่ผักกรีนคอสตัดแต่ง

2. วิธีการทดลอง

ผักกรีนคอสอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง สั่งซื้อจากร้านโครงการหลวงดอยคำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำการคัดเลือกผักที่ไม่ปรากฏรอยช้ำ หรือร่องรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลง ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา สะเด็ดน้ำและผึ่งให้พอหมาด นำผักกรีนคอสที่เตรียมไว้ทำการปลูกเชื้อ *E. coli* สายพันธุ์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรคกับมนุษย์ ที่ความเข้มข้น 10^6 cfu/ml โดยการใช้ปิเปตดูดเซลล์แขวนลอยของเชื้อ ปริมาตร 120 ไมโครลิตร นำไปหยดบนใบผักกรีนคอส น้ำหนัก 150 กรัม ให้ทั่ว ผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปจุ่มแช่ใน EW ที่มีความเข้มข้นของ Cl^- เท่ากับ 100 ppm และ 200 ppm นาน 5 และ 10 นาที โดยใช้ผักที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไลท์ ความเข้มข้น 100 ppm นาน 10 นาที (control 1) และแช่ในน้ำกลั่น นาน 10 นาที (control 2) เป็นชุดควบคุม เมื่อครบกำหนดนำผักขึ้นมาสะเด็ดน้ำ และบรรจุลงในถุง Active (ความหนา 25 ไมครอน, OTR = 12,000 – 14,000 ตารางเมตรต่อวัน) ขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 20 x 30 เซนติเมตร น้ำหนักผักที่บรรจุเท่ากับ 150 กรัมต่อถุง และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของผักกรีนคอสทุกๆ 3 วัน แต่ละทรีตเมนท์มี 4 ซ้ำๆ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

ผลการทดลอง

1. ผลของน้ำ EW ต่อการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดที่ตรวจพบในผักกรีนคอสเริ่มต้นมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 log CFU/g fresh weight และพบว่าปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อผักกรีนคอสผ่านการแช่ด้วยน้ำ EW หรือสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ โดยหลังการทำทรีทเมนต์และสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ทันทีพบการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดลดลงเหลือ 3.13-3.71 log CFU/g fresh weight อย่างไรก็ตามปริมาณเชื้อแบคทีเรียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 12) พบว่าผักกรีนคอสที่แช่ในน้ำ EW ความเข้มข้น 200 ppm นาน 5 หรือ 10 นาที มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียน้อยที่สุด (4.22-4.25 log CFU/g fresh weight) รองลงมาได้แก่ ผักกรีนคอสที่แช่ในน้ำ EW ความเข้มข้น 100 ppm นาน 5 หรือ 10 นาที (4.54-4.66 log CFU/g fresh weight) ผักกรีนคอสที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 100 ppm นาน 10 นาที (4.56 log CFU/g fresh weight) และผักกรีนคอสที่แช่ในน้ำกลั่น (4.89 log CFU/g fresh weight) ตามลำดับ (Figure 1A) สำหรับปริมาณเชื้อ *E. coli* พบว่าการแช่ผักในน้ำ EW สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* ลงได้ประมาณ 2 log เมื่อเปรียบเทียบกับผักกรีนคอสที่แช่ในน้ำกลั่น และพบว่าการแช่ผักในน้ำ EW ความเข้มข้น 200 ppm นาน 5 หรือ 10 นาที มีประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* ได้ดีที่สุด โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบปริมาณเชื้อ *E. coli* เท่ากับ 1.88-1.90 log CFU/g fresh weight ในขณะที่น้ำ EW ความเข้มข้น 100 ppm นาน 5 หรือ 10 นาที สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* ได้เทียบเท่ากับการแช่ผักในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 100 ppm นาน 10 นาที (1.96-2.30 log CFU/g fresh weight) ส่วนผักที่แช่ในน้ำกลั่นมีปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* มากที่สุด (4.41 log CFU/g fresh weight) (Figure 1B) จากการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของยีสต์และเชื้อรา พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของยีสต์และเชื้อราลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อผักกรีนคอสผ่านการทรีทเมนต์ด้วยน้ำ EW หรือ สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าการแช่ผักกรีนคอสในน้ำ EW ความเข้มข้น 200 ppm นาน 10 และ 5 นาที มีปริมาณเชื้อ

ยีสต์และราน้อยที่สุด (3.16-3.33 log CFU/g fresh weight) รองลงมาคือ การใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 100 ppm นาน 10 นาที (3.34 log CFU/g fresh weight) และ น้ำ EW ความเข้มข้น 100 ppm นาน 5 และ 10 นาที (3.41-4.02 log CFU/g fresh weight) และชุดควบคุม (4.18 log CFU/g fresh weight) ตามลำดับ (Figure 1C)

2. ผลของน้ำ EW ต่อคุณภาพของผักกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค

การสูญเสียน้ำหนักของผักกรีนคอสตัดแต่งในทุกทรีทเมนต์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษาพบว่าผักกรีนคอสที่แช่ในน้ำ EW ความเข้มข้น 200 ppm นาน 10 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นผักกรีนคอสในทุกทรีทเมนต์มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 2A) การเปลี่ยนแปลงสีของผักกรีนคอสพิจารณาจากค่า ΔE พบว่าผักกรีนคอสในชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีมากที่สุดในระหว่างเก็บรักษานาน 9-12 วัน ในขณะที่ผักกรีนคอสที่แช่ในน้ำ EW หรือ สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ มีค่า ΔE ใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าผักกรีนคอสในทุกทรีตเมนต์มีค่า ΔE ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 2B) ปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักกรีนคอสในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 177.65 mg/100 g FW จากนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักกรีนคอสทุกทรีทเมนต์มีค่าลดลง โดยในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาผักกรีนคอสทุกทรีทเมนต์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 117.78-121.95 mg/100 g FW และพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักกรีนคอสในทุกทรีทเมนต์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure 3A) ส่วนปริมาณวิตามินซีของผักกรีนคอสมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยวันเริ่มแรกของการเก็บรักษาผักกรีนคอสมีปริมาณวิตามินซี เท่ากับ 6.38 mg/100 g FW และวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีปริมาณวิตามินซีลดลงเหลือ 1.99-2.60 mg/100 g FW การแช่ผักในน้ำ EW และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซีของผักกรีนคอสตัดแต่งเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 3B)

วิจารณ์ผล

น้ำ EW มีประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในผักกรีนคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยพบว่าการแช่ผักในน้ำ EW ความเข้มข้น 200 ppm นาน 5 หรือ 10 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 100 ppm นาน 10 นาที ทั้งนี้เนื่องจากน้ำ EW ที่เตรียมได้จากสารละลายโซเดียมคลอไรด์จะมีส่วนประกอบของสารออกซิไดซ์ที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซ chlorine และ กรด hypochlorus ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ชนัญชิดา และคณะ (2553) รายงานว่าน้ำ EW สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pennicillium digitatum* โดยมีผลทำให้เส้นใยของเชื้อราผิดปกติและสปอร์มีลักษณะโป่งบวม ซึ่งเป็นผลมาจากการที่กรด hypochlorus ที่สามารถแพร่ผ่านเข้าไปภายในเซลล์ของเชื้อราและเกิดการออกซิไดซ์กับกรดนิวคลีอิกและโปรตีนของเชื้อราทำให้เซลล์เกิดความเสียหาย นอกจากนี้ วันวิสา และ เกวลิน (2558) รายงานว่าค่า pH ที่เป็นกรดของ EW เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากสารอินทรีย์ที่มีสภาพเป็นกรดสามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และละลายได้ในชั้นไขมันส่งผลให้เยื่อหุ้มเซล์ถูกทำลาย ซึ่งเป็นสาเหตุให้สารภายในเซลล์เกิดการรั่วไหลออกมา และยังทำให้กรด hypochlorus ซึมเข้าสู่ภายในเซลล์จุลินทรีย์ได้ง่าย ส่งผลต่อกระบวนการ metabolism ที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Huang และคณะ, 2008) แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาคุณภาพของผักกรีนคอสในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าการแช่ผักในน้ำ EW ความเข้มข้น 100 หรือ 200 ppm นาน 5 หรือ 10 นาที ไม่มีผลต่อคุณภาพของผักกรีนคอสเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

สรุปผล

ผักที่ผ่านการทำความสะอาดโดยการแช่ในน้ำ EW มีผลช่วยลดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด *E. coli* และ ยีสต์และเชื้อรา ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่แช่ในน้ำกลั่น การแช่ผักกรีนคอสอินทรีย์ตัดแต่งในน้ำ EW ความเข้มข้น 200 ppm นาน 5 หรือ 10 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 100 ppm นาน 10 นาที โดยที่ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ปริมาณคลอโรฟิลล์ และ ปริมาณวิตามินซี ของผักกรีนคอสตัดแต่ง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน (ว.1) ประจำปี 2561

เอกสารอ้างอิง

ชนัญชิดา สิงคมณี กานดา หวังชัย และ จำนงค์ อุทัยบุตร, 2553, ผลของน้ำอิเล็กโทรไลต์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Penicillium digitatum* และการควบคุมการเน่าเสียของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งหลังการเก็บเกี่ยว, วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 2: 1-3.

วันวิสา เตชะวงศ์ และ เกวลิน คุณาศักดากุล, 2558, การใช้น้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าในการควบคุมเชื้อแบคทีเรียนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักอินทรีย์, วารสารเกษตร, 31(1): 39-46.

Huang, Y., Hung, Y., Hsu, S. and Huang, Y., 2008, Application of Electrolyzed Water in the Food Industry, Food Control, 19: 329-345.

Olmez, H. and Kretzschmar, U., 2009, Potential Alternative Disinfection Methods for Organic Fresh-cut Industry for Minimizing Water Consumption and Environmental Impact, LWT- Food Science and Technology, 42(3): 686-693.

Sharma, R.R. and Demirci, A., 2003, Treatment of *Escherichia coli* O157: H7 Inoculated Alfalfa Seeds and Sprouts with Electrolyzed Oxidizing Water, International Journal of Food Microbiology, 86: 231-237.

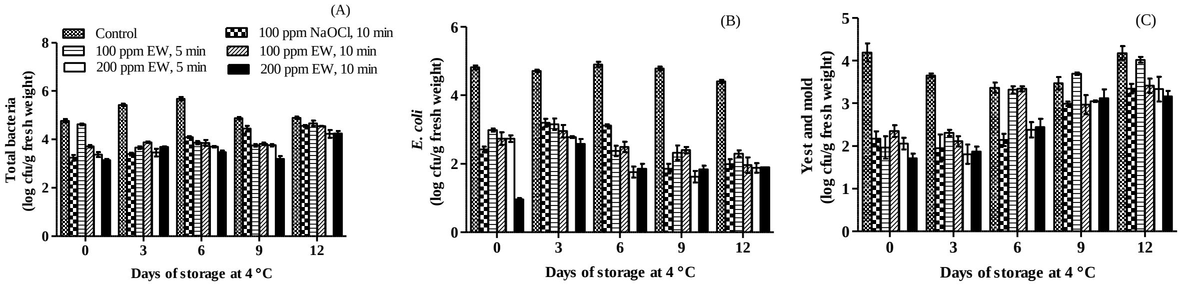


Figure 1 Total bacteria (A), total coliforms (B) and yeast and molds (C) of organic green cos treated with 100 and 200 ppm of EW for 5 and 10 min compared with 100 ppm of sodium hypochlorite and distilled water during storage at 4°C for 12 days.

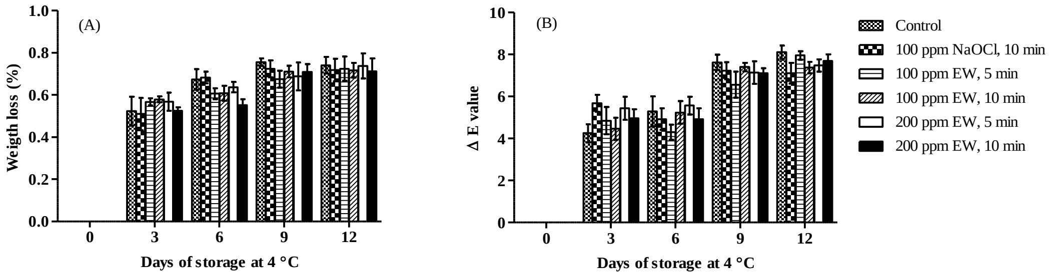


Figure 2 Weight loss (A) and ΔE value (B) of organic green cos treated with 100 and 200 ppm of EW for 5 and 10 min compared with 100 ppm of sodium hypochlorite and distilled water during storage at 4°C for 12 days.

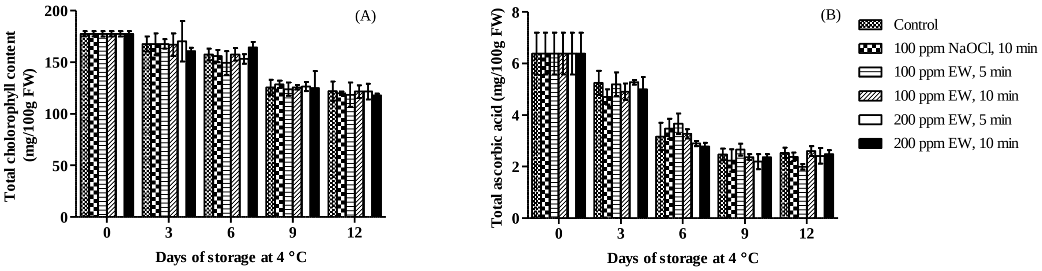


Figure 3 Total chlorophyll (A) and total ascorbic acid (B) of organic green cos treated with 100 and 200 ppm of EW for 5 and 10 min compared with 100 ppm of sodium hypochlorite and distilled water during storage at 4°C for 12 days.

ผลของ ethephon และ 1-MCP ต่อการสะสมของแคโรทีนอยด์ และอนุพันธ์ในมะม่วง
Effects of Ethephon and 1-MCP on Carotenoids and Its Derivative Accumulation in Mango Fruit

นฤมล ปิยะเสถียรรัตน์[1] Vo Thi Thuong[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] Masaya Kato[3] Gang Ma[3] Lancui Zhang[3] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2]
Piyasathianrat, N.[1], Thuong, V. T.[1], Uthairatanakij, A.[1,2], Kato, M.[3], Ma, G.[3], Zhang L.[3] and Jitareerat, P.[1,2]

Abstract

This research aimed to study the effects of 1-MCP and ethephon on carotenoids changes of mango fruit cv. Nam Dok Mai Si-thong. Mango fruit at 80% maturity stage were harvested, washed, and divided into 3 groups; mango treated with 250 ppb 1-MCP, 250 ppm ethephon, and non-treated (control). Samples were kept at room temperature (28±2°C) for 4 days. Result revealed that the peel of non-treated fruit contained the highest content of 9-cis-violaxanthin followed by alpha-carotene, beta-cryptoxanthin and all-trans-vioxanthin, whereas the lutein and beta-carotene contents were lowest. Ethephon treatment stimulated the accumulation of beta-carotene in mango peel while the 9-cis-violaxanthin content reduced. 1-MCP fumigation did not affect the changes of peel carotenoids contents. Considering the carotenoid contents in pulp, it was found that 1-MCP fumigation could reduce the carotenoid accumulation significantly. However, ethephon treatment resulted to enhance the accumulation of beta-carotene, alpha-carotene, beta-cyptoxanthin and all-trans-violaxanthin, while 9-cis-violaxanthin content trended to decrease.

Keyword: Ethephon, 1-MCP, Carotenoid, Mango

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ 1-MCP และเอทิฟอนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง มะม่วงในระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ นำมาล้างทำความสะอาด และแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม เพื่อรมด้วย 250 ppb 1-MCP จุ่มด้วยเอทิฟอน เข้มข้น 250 ppm และมะม่วงที่ไม่ได้จุ่มสาร (ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) นาน 4 วัน พบว่าที่เปลือกมะม่วงในชุดควบคุมมีการสะสมของ 9-cis-violaxanthin มากที่สุด รองลงมาคือ alpha-carotene, beta-cryptoxanthin และ all-trans-vioxanthin ในขณะที่ปริมาณ lutein และ beta-carotene มีน้อย และพบว่าการจุ่มมะม่วงในเอทิฟอน มีผลเร่งการสะสม beta-carotene ในเปลือก ในทางตรงข้ามพบว่าปริมาณ 9-cis-violaxanthin มีแนวโน้มลดลง และพบว่าการรม 1-MCP ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์ในเปลือกของมะม่วง เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์ในเนื้อมะม่วง พบว่าการรมด้วย 1-MCP มีผลทำให้เนื้อมะม่วงมีการสะสมสารประกอบแคโรทีนอยด์ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การจุ่มด้วยเอทิฟอนมีผลทำให้เนื้อมะม่วงมีการสะสมของ beta-carotene, alpha-carotene, beta-cyptoxanthin และ all-trans-violaxanthin เพิ่มสูงขึ้นในขณะที่ปริมาณ 9-cis-violaxanthin มีแนวโน้มลดลง

คำสำคัญ: เอทิฟอน 1-MCP แคโรทีนอยด์ มะม่วง

คำนำ

มะม่วงเป็นผลไม้เมืองร้อนที่ได้รับความนิยมมากเพราะมีรสชาติที่ดี และมีสีสันที่น่าดึงดูด สีของมะม่วงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับทางการตลาด (Ma และคณะ, 2018) อีกทั้งยังสามารถบอกถึงระยะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังบ่งบอกถึงคุณค่าทางโภชนาการ มะม่วงอุดมไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ สารประกอบโพลีฟีนอลิก และแคโรทีนอยด์ ซึ่งแคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุ เป็นกลุ่มสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกาย มีสารต้านอนุมูลอิสระที่มีบทบาทในการลดความเสี่ยงของมะเร็งบางชนิด (Masaya และคณะ, 2004) การสังเคราะห์แคโรทีนอยด์จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่สำคัญระหว่างการสุกของผลมะม่วง โดย

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพมหานคร
[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntein), Bangkok
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand
[3] Department of Biological Sciences, Faculty of Agriculture, Shizuoka University, 836 Ohya, Shizuoka 422–8529, Japan

การสะสมแคโรทีนอยด์จะมากขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโตของผลไม้และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างการสุก (Ma และคณะ, 2018) และในเชิงพาณิชย์ มีการใช้ 1- methylcyclopropene (1-MCP) เพื่อชะลอการสุก และมีการใช้เอทิฟอนเพื่อเร่งการสุกในผลไม้ (Wisutiamonkul และคณะ, 2017) โดยเอทิฟอนมีผลช่วยเร่งการออกดอกของพืช และเร่งการสุกของผลไม้หลายชนิดรวมถึงมะม่วงด้วย (Zhou และคณะ, 2010) ส่วน 1-MCP มีคุณสมบัติยับยั้งการผลิตเอทิลีน ลดการหายใจ และชะลอการสุกของผลไม้ (Singh และ Dwivedi, 2008) จากคุณสมบัติที่แตกต่างกันของ 1-MCP และเอทิฟอน ทำให้มีผลต่อการสะสมของแคโรทีนอยด์ในผลไม้มีความแตกต่างกันออกไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ 1-MCP และเอทิฟอนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวมะม่วงในระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ ล้างทำความสะอาด และแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม เพื่อรมด้วย 250 ppb 1-MCP ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จุ่มด้วยเอทิฟอน เข้มข้น 250 ppm นาน 1 นาที และมะม่วงที่ไม่ได้จุ่มสาร (ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) นาน 4 วัน จากนั้นแยกเก็บตัวอย่างส่วนเปลือกและเนื้อเพื่อแช่แข็งทันทีโดยใช้ไนโตรเจนเหลว และเก็บที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ 6 ชนิด คือ beta-carotene, beta-cyptoxanthin, All-trans-violaxanthin, 9-cis-violaxanthin, alpha-carotene และ lutein โดยนำตัวอย่างแช่แข็งมาสกัดด้วยสารละลาย hexane: acetone: ethanol (อัตราส่วน 50:25:25 ใน 100 มิลลิลิตร) จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ตามวิธีการของ Kato และคณะ, (2004) โดยใช้เครื่อง HPLC แบบ Reverse-phase HPLC system (Jasco, Tokyo, Japan) และมี Methanol ความเข้มข้น 6%, Methyl tert-butyl ether (MTBE) ความเข้มข้น 90% และน้ำ เป็น Mobile phase มีอัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที วางแผนการทดลองแบบ CRD แต่ละทรีตเมนท์ทำ 4 ซ้ำ

ผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ในเปลือกมะม่วง

การเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์ในเปลือกของผลมะม่วงหลังเก็บนาน 4 วัน พบว่าเปลือกมะม่วงในชุดควบคุมมีการสะสมของ 9-cis-violaxanthin มากที่สุด รองลงมาคือ alpha-carotene, beta-cryptoxanthin และ all-trans-vioxanthin ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณ lutein และ beta-carotene มีน้อย และพบว่าการจุ่มมะม่วงในเอทิฟอน มีผลเร่งการสะสม beta-carotene ในเปลือก ในทางตรงข้ามพบว่า 9-cis-violaxanthin มีแนวโน้มลดลง (Figure 1) อย่างไรก็ตาม พบว่าการรม 1-MCP ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์ในเปลือกของมะม่วง

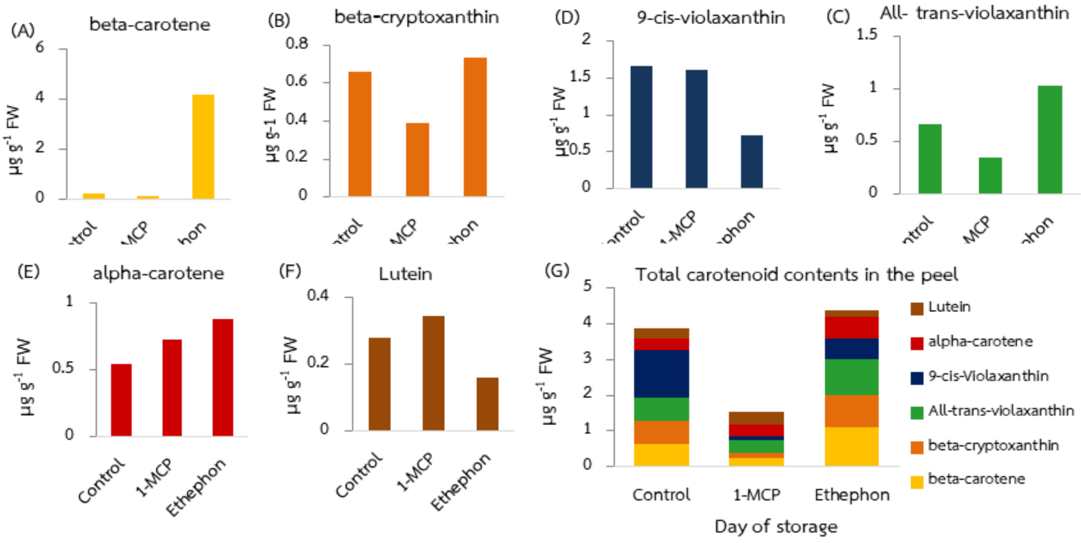


Figure 1 Beta-carotene (A), Beta-cyptoxanthin (B), All-trans-violaxanthin (C), 9-Cis-violaxanthin (D), Alpha-carotene (E), Lutein (F) and Total carotenoid contents in the peel (G) of mango treated with 250 ppb 1-MCP, 250 ppm ethephon and non-treated (control) during kept at room temperature (28±2°C) for 4 days.

2. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อมะม่วง

การเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์ในเนื้อของผลมะม่วงในระยะการเก็บรักษานาน 4 วัน เมื่อจุ่มด้วยเอทิฟอน พบว่าเนื้อมะม่วงมีการสะสมของ beta-carotene มากที่สุด รองลงมาคือ all-trans-violaxanthin, beta-cyptoxanthin, alpha-carotene, 9-cis-violaxanthin และ lutein ตามลำดับ แต่การรมด้วย 1-MCP มีผลทำให้เนื้อมะม่วงมีการสะสมสารประกอบแคโรทีนอยด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงในชุดควบคุมและมะม่วงที่จุ่มเอทิฟอน เมื่อพิจารณาผลของเอทิฟอน พบว่าเอทิฟอนส่งเสริมการสะสมของแคโรทีนอยด์ ในขณะที่ปริมาณ 9-cis-violaxanthin มีแนวโน้มลดลง (Figure 2)

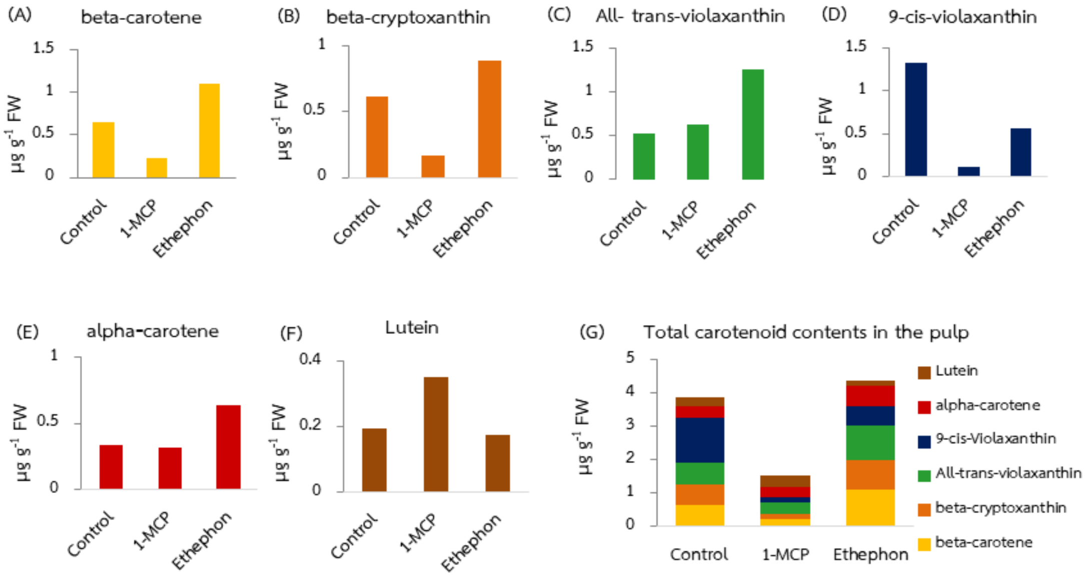


Figure 2 Beta-carotene (A), Beta-cyptoxanthin (B), All-trans-violaxanthin (C), 9-Cis-violaxanthin (D), Alpha-carotene (E), Lutein (F) and Total carotenoid contents in the pulp (G) of mango treated with 250 ppb 1-MCP, 250 ppm ethephon and non-treated (control) during kept at room temperature (28$\pm$2°C) for 4 days.

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ที่เปลือกและเนื้อมะม่วง มีการสะสมของ beta-carotene, beta-cyptoxanthin, all-trans-violaxanthin, 9-cis-violaxanthin, alpha-carotene และ lutein ตามลำดับ (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ma และคณะ, (2018) ที่รายงานว่าในเนื้อของผลมะม่วง มีการสะสมแคโรทีนอยด์ที่สำคัญ คือ beta-carotene, alpha-carotene, beta-cryptoxanthin, zeaxanthin และ lutein โดยแคโรทีนอยด์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างการสุก หรือหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งจากการทดลองชุดควบคุมมีการสะสมของ 9-cis-violaxanthin มากที่สุด ในขณะที่ปริมาณ lutein และ beta-carotene มีน้อย แต่พบว่าการจุ่มมะม่วงในเอทิฟอนมีผลเร่งการสะสม beta-carotene ในเปลือก ในทางตรงกันข้ามพบว่าปริมาณ 9-cis-violaxanthin มีแนวโน้มลดลง และเมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์ในเปลือกและในเนื้อมะม่วง พบว่า เอทิฟอนมีผลทำให้การสะสมของแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhou และคณะ (2010) ที่พบว่าการรม Ponkan ด้วยเอทิลีนหรือจุ่มด้วยเอทิฟอน ทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์รวมเพิ่มขึ้น อีกทั้งช่วยกระตุ้นการสะสมของ carotenoids ที่มีสีส้ม เช่น beta-carotene ในขณะที่เอทิลีนมีผลลดการสะสมของสารที่มีสีเหลือง เช่น ลูทีน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม พบว่าการรมผลมะม่วงด้วย 1-MCP ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์ในเปลือกของมะม่วง แต่เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบแคโรทีนอยด์ในเนื้อมะม่วง พบว่าการรมด้วย 1-MCP มีผลทำให้เนื้อมะม่วงมีการสะสมของสารประกอบแคโรทีนอยด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องมาจาก 1-MCP มีคุณสมบัติสามารถยับยั้งการผลิตเอทิลีน ลดอัตราการหายใจ และชะลอการสุกในผลไม้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wisutiamonkul และคณะ (2017) ที่พบว่าการรม 1-MCP มีผลช่วยชะลอการสุกในทุเรียน และชะลอการสะสมของ beta-carotene, alpha-carotene และ zeaxanthin

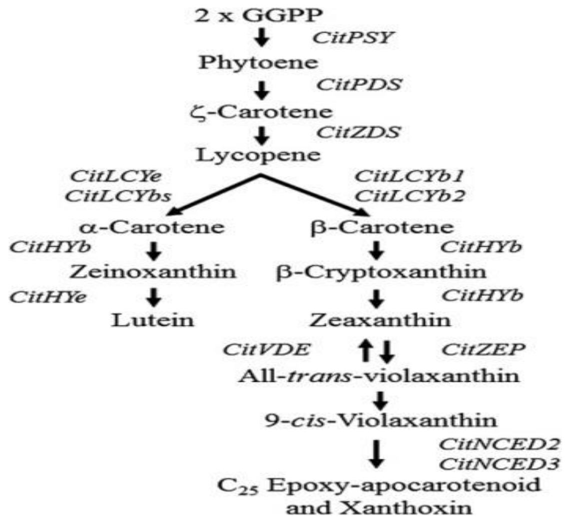


Figure 3 Carotenoid metabolism pathways (Yungyuen และคณะ, 2018)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนทุนการศึกษาให้กับนักวิจัย ขอขอบคุณ Department of Biological Sciences, Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Japan และขอบคุณ The United Graduate School of Agricultural Science (UGSAS), Gifu University ที่ให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Ma, X. Zheng, B., Ma, Y., Xu, W., Wu, H. and Wang, S., 2018, Carotenoid Accumulation and Expression of Carotenoid Biosynthesis Genes in Mango Flesh during Fruit Development and Ripening, Scientia Horticulturae, 237: 201–206.

Masaya, K., Yoshinori I. H., Matsumoto, M. S., Hiroshi, H. and Masamichi, Y., 2004, Accumulation of Carotenoids and Expression of Carotenoid Biosynthetic Genes during Maturation in Citrus Fruit, Plant Physiology, 134: 824–837.

Singh, R. and Dwivedi, U.N., 2008, Effect of Ethrel and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on Antioxidants in Mango (*Mangifera indica* var. Dashehari) during Fruit Ripening, Food Chemistry, 111: 951–956.

Wisutiamonkul, A., Ampomah-Dwamena, C., Allan, A. C. and Ketsa, S., 2017, Carotenoid Accumulation in Durian (*Durio zibethinus*) Fruit is Affected by Ethylene via Modulation of Carotenoid Pathway Gene Expression, Plant Physiology and Biochemistry, 115: 308–319.

Yungyuen, W., Ma, G., Zhang, L., Futamura, M., Tabuchi, M., Yamawaki, K. and Kato, M., 2018, Regulation of Carotenoid Metabolism in Response to Different Temperatures in Citrus Juice Sacs *In Vitro*, Scientia Horticulturae, 238: 384–390.

Zhou, J. Y., Sun, C. D., Zhang, L. L., Dai, X., Xu, C.J. and Chen, K. S., 2010, Preferential Accumulation of Orange-Colored Carotenoids in Ponkan (*Citrus reticulata*) Fruit Peel Following Postharvest Application of Ethylene or Ethephon, Scientia Horticulturae, 126: 229–235.

การใช้รีซิสแตนส์สตาร์ชจากสตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปรด้วยความร้อนชื้นในผลิตภัณฑ์ทองพับ
Use of Resistant Starch from Rice Starch Modified by Heat Moisture Treatment in Tong Pub Product

จิรนาถ บุญคง[1] ปิยนุสร์ น้อยด้วง[1] ชลธิชา สุขยืนยงค์[1] และซูมัยยะห์ บูระกะ[1]
Boonkong, J.[1], Noiduang, P.[1], Sookyounyong, C.[1] and Booraka, S.[1]

Abstract

Modified starch by a heat moisture treatment with the condition of 30% moisture content at 110°C for 90 min (R-HMT) was investigated. Comparison of resistant starch and amylose content between R-HMT among unmodified rice starch (URS) and commercial resistant starch (CRS) was studied. URS gave the lowest contents of resistant starch and amylose. The R-HMT and CRS content (0-25%, w/w) was applied in Tong Pub products. The highest amount of both modified starch substituted for URS was 25% (w/w). Its sensory evaluation and physicochemical properties results were appropriate for the products. Glucose digestibility was lower in Tong Pub product using the CRS than in that using R-HMT and URS, respectively. Shelf life stability of Tong Pub products was determined at 35 and 45°C for 28 days. The results showed that shelf life was longer in the product with the CRS and in that with the R-HMT and URS, respectively.

Keywords: Heat-moisture treatment, Modified starch, Rice starch, Resistant starch

บทคัดย่อ

ดัดแปรสตาร์ชข้าวเจ้าโดยวิธีให้ความร้อนชื้น ที่สภาวะความชื้นร้อยละ 30 อุณหภูมิ 110 °C นาน 90 นาที (R-HMT) ศึกษาปริมาณรีซิสแตนส์สตาร์ชและปริมาณอะมิโลสเทียบกับสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร (URS) และสตาร์ชดัดแปรทางการค้า (CRS) พบว่า URS มีปริมาณรีซิสแตนส์สตาร์ชและอะมิโลสต่ำสุด ศึกษาการใช้สตาร์ชดัดแปร R-HMT และ CRS ในผลิตภัณฑ์ทองพับ ที่ระดับร้อยละ 0-25 (โดยน้ำหนักแป้ง) พบว่าสตาร์ชดัดแปรทั้งสองชนิดสามารถทดแทนสตาร์ช URS ได้สูงสุดร้อยละ 25 ซึ่งมีคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และสมบัติทางเคมี-กายภาพที่เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ทองพับที่ใช้ CRS มีปริมาณกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายต่ำกว่า สูตรที่ใช้ R-HMT และสตาร์ช CRS ตามลำดับ การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทองพับที่อุณหภูมิ 35 และ 45 °C เป็นเวลา 28 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์ทองพับสูตร CRS มีอายุการเก็บรักษานานกว่าสูตร R-HMT และสูตร URS ตามลำดับ

คำสำคัญ : การให้ความร้อนร่วมกับความชื้น, สตาร์ชดัดแปร, สตาร์ชข้าวเจ้า, รีซิสแตนส์สตาร์ช

คำนำ

รีซิสแตนท์สตาร์ช (resistant starch, RS) คือ แป้งที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์และไม่ถูกดูดซึมภายในลำไส้เล็กของมนุษย์ได้ พบได้ตามธรรมชาติ หรือสามารถเตรียมได้จากวิธีการดัดแปรต่างๆ ได้แก่ วิธีทางกายภาพ เช่น การเกิดรีโทรกราเดชันของแป้ง (retrogradation) การใช้ความร้อนชื้น (heat moisture treatment) วิธีทางชีวเคมี เช่น การใช้เอนไซม์ในการย่อยแป้ง และวิธีทางเคมี เช่น การใช้สารเคมีในการทำแป้งดัดแปร เช่น การใช้โซเดียมโมโนคลอโรอะซิเตต ดัดแปรแป้งให้เป็นแป้งดัดแปรคาร์บอกซีเมทธิลสตาร์ช เป็นต้น (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) เนื่องจาก resistant starch มีสมบัติคล้ายเส้นใยอาหาร ซึ่งไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็กแต่ถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ภายในลำไส้ใหญ่ ได้เป็นกรดไขมันสายสั้นๆ เช่น acetate, propionate และ butyrate (Sajilata และคณะ, 2006) ซึ่งมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่ายและระบบหมุนเวียนเลือด ช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงของการเกิดโรคท้องผูก โรคอ้วน โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคหัวใจ และโรคเบาหวาน เป็นต้น (Higgins และคณะ, 2004) ในอุตสาหกรรมอาหารนิยมนำ resistant starch มาใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ขนมอบ คุกกี้ ขนมปังกรอบ เป็นต้น (Baixaul และคณะ, 2008) เพื่อช่วยให้อาหารมีเนื้อสัมผัสที่ดี ไม่ทำให้รสชาติและเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลง จากงานวิจัยของ จิรนาถ และคณะ (2558) ได้ศึกษาผลของความชื้นและระยะเวลาให้ความร้อนในการดัดแปรสตาร์ชข้าวเจ้าอะมิโลสสูง ตราช้างสามเศียร พบว่าสตาร์ชดัดแปร HMT-3 (ความชื้นร้อยละ 30 อุณหภูมิ 110°C นาน 90 นาที) มีสมบัติทางเคมี-กายภาพเหมาะสมที่สุด จากการวิเคราะห์ความหนืดด้วย RVA พบว่า peak viscosity, final viscosity breakdown และ setback มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับสตาร์ชไม่ดัดแปร มีโครงสร้างผลึกแบบ A-type มีค่า crystallinity (%) สูงกว่าสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-ray diffraction จึงเหมาะสมในการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเลือกใช้ในอาหารที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้าเป็นหลัก เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมทองพับ ซึ่งเป็นขนมไทยประเภทขบเคี้ยวที่รับประทานง่าย และได้รับความนิยม เพื่อพัฒนาให้เป็นอาหารสุขภาพมากขึ้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสตาร์ชข้าวเจ้า

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, บางหว้า, ภาษีเจริญ, กรุงเทพฯ, 10160
[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bang wa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

ดัดแปรต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ทองพับ เปรียบเทียบกับสตาร์ชดัดแปรทางการค้า และศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ และประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

ดัดแปรสตาร์ชข้าวเจ้าอะมิโลสสูง (ตราช้างสามเศียร บริษัทโรงงานเส้นหมี่ชอเฮง จำกัด) ด้วยวิธีให้ความร้อนร่วมกับความชื้น โดยควบคุมความชื้นเริ่มต้น 30% เวลาในการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110°C 90 นาที ซึ่งใช้รหัสสิ่งทดลอง คือ R-HMT (ประยุกต์โดย จิรนาถ และคณะ, 2558) ศึกษาปริมาณรีซิสแตนส์สตาร์ช (ชุดทดสอบ Resistant Starch Assay Procedure K-RSTAR (AOAC Method 2002.02) บริษัท Megazyme) และปริมาณอะมิโลส (Juliano, 1971) โดยวิธี colorimetric method และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงรุ่น UV-1601 Shimadzu Japan จากนั้นศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้สตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปร (R-HMT) และสตาร์ชดัดแปรทางการค้า (NOVELOSE®330 บริษัท Ingredion (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งใช้รหัสสิ่งทดลองคือ CRS ในผลิตภัณฑ์ทองพับ โดยแปรผันปริมาณสตาร์ชดัดแปรทั้งสองชนิด ที่ระดับ 5, 10, 15, 20 และ 25% (โดยน้ำหนักแป้ง) และใช้สตาร์ชข้าวเจ้าไม่ดัดแปรเป็นสูตรควบคุม ตามส่วนผสมดังนี้ สตาร์ชข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง น้ำตาลทราย กะทิ เกลือ ไข่ไก่ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559) ผสมให้เข้ากัน และหยอดลงพิมพ์เครื่องทำวาฟเฟิล ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ประกบพิมพ์ทับกัน ใช้เวลา 1.30 นาที เมื่อสุกแล้ว เอาออกวางผึ่งให้เย็น แล้วเก็บใส่ในภาชนะบรรจุปิดสนิท จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้งสามสูตร มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-points hedonic scale เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ และนำสูตรที่คัดเลือกมาศึกษาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) ค่า water activity (AQUA LAB รุ่น AW CX3TE) ค่าความแข็ง (Hardness) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser รุ่น TA-XT2) ค่าสี (วัดค่า L, a, b และคำนวณค่า Hue) โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab รุ่น Color Flex) และปริมาณกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ (Glucose Digestibility) ตามวิธีของ Holm และคณะ, (1985) ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทองพับในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนแบบมีซิปปิดผนึก สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่า Peroxide Value (P.V.) (AOAC, 2000) นำผลการทดลองมาทำนายอายุการเก็บโดยคำนวณจากปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์ (Kinetic reaction) ร่วมกับการใช้สมการของอาร์รีเนียส (Arrhenius equation) ที่อุณหภูมิ 35 และ 45° C และทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประยุกต์จาก รุ่งนภา, 2548)

การทดสอบค่าวิเคราะห์ทางเคมี-กายภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทุกการทดลอง สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ และการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองด้วย DMRT (Duncan’s Multiple Range Test) โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปร (R-HMT และ CRS) มีปริมาณ RS ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าสูงกว่าสตาร์ชข้าวเจ้าที่ไม่ดัดแปร (Table 1) ในสตาร์ชที่มีความชื้นมาก เมื่อให้ความร้อนและลดอุณหภูมิลง ทำให้สตาร์ชที่ผ่านการเกิดเจล มีการจัดเรียงโครงสร้างของอะมิโลสที่กระจายตัวออกมาด้วยพันธะไฮโดรเจนเกิดเป็นร่างแหสามมิติที่แข็งแรงและทนทานมากขึ้น (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ซึ่งส่งผลต่อการทนทานต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็ก สตาร์ชดัดแปร CRS มีปริมาณอะมิโลสสูงสุด รองลงมาคือ สตาร์ชดัดแปร R-HMT และ สตาร์ชที่ไม่ดัดแปร ตามลำดับ ซึ่งมีรายงานถึงความสัมพันธ์ในเชิงแปรผันตรงเชิงบวกระหว่างปริมาณอะมิโลสกับ RS (Imprapai และ Laohakunjit, 2010)

จากคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่าทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปร R-HMT ทุกระดับ มีคะแนนด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน (Table 2) โดยสูตรที่ใช้ R-HMT 15% มีคะแนนลักษณะปรากฏสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกับสูตรอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปรทางการค้า (CRS) 5% มีคะแนนทุกด้านสูงกว่าสูตรควบคุม (0%) แต่ไม่มีความแตกต่างกับสูตรอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีรีซิสแตนส์สตาร์ชมากที่สุด จึงคัดเลือกทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปร R-HMT และ CRS ทดแทนแป้งสาลี 25% (โดยน้ำหนักแป้ง) มาศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ พบว่าทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปร R-HMT มีค่าความชื้น ความแข็ง และค่าสีโดยรวม (Hue) ไม่แตกต่างกับทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปร CRS แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้สตาร์ชดัดแปรทั้งสองชนิดทดแทนได้ในระดับเดียวกันโดยไม่เปลี่ยนแปลงคุณภาพ และเมื่อเปรียบเทียบกับทองพับที่ใช้สตาร์ชไม่ดัดแปร ซึ่งมีความชื้น ปริมาณน้ำอิสระและค่าความแข็งมากกว่า (Table 4) ชี้ให้เห็นว่าทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปรทั้งสองชนิด มีความกรอบมากกว่า และสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า ส่วน ค่า Hue ซึ่งแสดงสีของทองพับทุกสูตร อยู่ในช่วง 67.90-69.73 แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีสีในโทนเดียวกัน คือสีเหลือง

ปริมาณกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ (Figure 1) พบว่าในช่วงเวลา 30-90 นาที ทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปร CRS มีปริมาณกลูโคสต่ำกว่า R-HMT และ สตาร์ชข้าวเจ้าที่ไม่ดัดแปร (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากสตาร์ชดัดแปร CRS มีปริมาณ RS และอะมิโลสสูงสุด (สอดคล้องกับผล Table 1) และที่เวลา 120 นาที ทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปรทั้งสองชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน และสตาร์ชที่ไม่ดัดแปรมีปริมาณกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์สูงสุดตลอดช่วง 0-120 นาที จากการศึกษาอายุการ

เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทองพับเป็นเวลา 28 วัน พบว่าทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปร CRS มีการเปลี่ยนแปลงค่า P.V. น้อยที่สุด รองลงมาคือ ทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปร R-HMT และสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร โดยมีค่าคงที่ (ค่า k) ที่อุณหภูมิ 35°C เท่ากับ 0.7226, 0.7713 และ 0.8837 ตามลำดับ (Figure 2A) และ ค่า k ที่อุณหภูมิ 45°C เท่ากับ 1.420, 1.498 และ 1.524 ตามลำดับ (Figure 2B) และเมื่อคำนวณค่า Q_{10} สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) ได้เท่ากับ 72, 62 และ 53 วัน ตามลำดับ และทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35° C ได้เท่ากับ 40, 36 และ 27 วัน ตามลำดับ

Table 1 Resistant starch and amylose content of unmodified rice starch, modified rice starch (R-HMT) and commercial resistant starch (CRS)

Starch	Resistant starch (mg/100 g)	Amylose (%)
Unmodified rice starch	3.69±0.64^{b}	29.26±0.09^{c}
R-HMT	107.20±16.62^{a}	52.47±0.14^{b}
CRS	111.00±11.75^{a}	82.36±5.05^{a}

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference (p≤0.05)

Table 2 Sensory evaluation of modified rice starch (R-HMT) Tong Pub Product by 30 consumers.

Level of R-HMT substitution (%)	Attribute					
	Appearance	Color^{ns}	Odor^{ns}	Taste^{ns}	Crispiness^{ns}	Overall^{ns}
0	7.11±1.07^{a}	6.58±1.35	6.94±1.05	6.56±1.11	6.72±1.16	6.78±0.96
5	6.89±1.29^{ab}	6.64±1.17	6.78±1.26	6.25±1.56	6.53±1.48	6.61±1.20
10	6.67±1.30^{ab}	6.61±1.23	6.47±1.21	6.75±1.17	6.83±1.36	6.89±1.31
15	7.11±1.31^{a}	7.00±1.25	6.97±1.17	6.69±1.28	6.89±1.02	6.86±1.12
20	6.44±0.84^{b}	7.17±1.28	6.61±1.17	6.39±1.44	6.47±1.45	6.44±1.39
25	6.58±1.26^{ab}	6.58±1.31	6.44±1.24	6.17±1.60	6.39±1.46	6.39±1.26

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference (p≤0.05); ns: not significant difference

Table 3 Sensory evaluation of commercial resistant starch (CRS) Tong Pub Product

Level of CRS substitution (%)	Attribute					
	Appearance	Color	Odor	Taste	Crispiness	Overall
0	6.25±0.78^{b}	6.33±0.84^{b}	6.36±1.00^{b}	6.25±0.99^{b}	6.97±1.02^{b}	6.39±1.11^{b}
5	7.17±1.06^{a}	7.25±0.98^{a}	7.39±1.00^{a}	7.42±1.07^{a}	7.64±1.15^{a}	7.44±1.26^{a}
10	7.11±1.26^{a}	7.28±1.01^{a}	7.14±1.03^{a}	6.89±1.11^{ab}	7.17±0.94^{ab}	6.92±1.19^{ab}
15	7.03±1.26^{a}	6.78±135^{ab}	6.97±1.14^{ab}	6.78±1.26^{ab}	7.58±1.15^{ab}	6.86±1.20^{ab}
20	6.86±0.99^{ab}	7.00±1.26^{a}	6.94±1.14^{ab}	6.61±1.20^{ab}	7.06±1.07^{ab}	6.97±1.18^{ab}
25	6.83±1.04^{ab}	7.17±1.12^{a}	6.86±1.18^{ab}	6.86±0.94^{ab}	7.06±1.26^{ab}	6.81±1.21^{ab}

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference (p≤0.05)

สรุปผล

สตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปรด้วยความร้อนชื้น (R-HMT) และสตาร์ช์ดัดแปรทางการค้า (CRS) ใช้ทดแทนสตาร์ชข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ทองพับได้สูงสุด 25% และมีคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ปริมาณกลูโคสที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ของทองพับที่ผลิตจากสตาร์ชดัดแปร CRS มีค่าต่ำสุด รองลงมาคือทองพับจากสตาร์ชดัดแปร R-HMT และสูตรควบคุมตามลำดับ และทองพับที่ใช้สตาร์ชดัดแปรทางการค้ามีอายุการเก็บรักษานานที่สุด จากการทดลองเห็นได้ว่าสตาร์ชดัดแปร R-HMT มีแนวโน้มที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้

Table 4 Physical properties of unmodified, R-HMT and CRS Tong Pub Product

Tong Pub Formulae	Moisture (%)	Water Activity	Hardness (N)	Hue (°)
Unmodified	4.04±0.24[a]	0.35±0.01[a]	22.56±4.32[a]	69.73±0.29[a]
R-HMT	2.09±0.07[b]	0.14±0.01[c]	7.31±0.39[b]	67.90±0.63[b]
CRS	2.09±0.05[b]	0.28±0.00[b]	6.01±0.99[b]	68.59±0.49[b]

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference (p≤0.05)

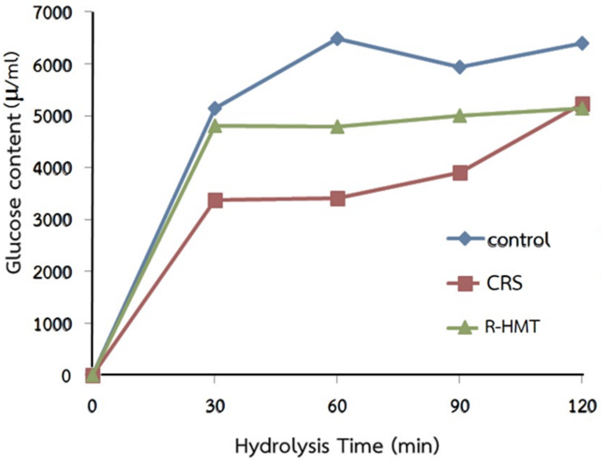


Figure 1 Glucose Digestibility (μg/ml) of Tong Pub Product

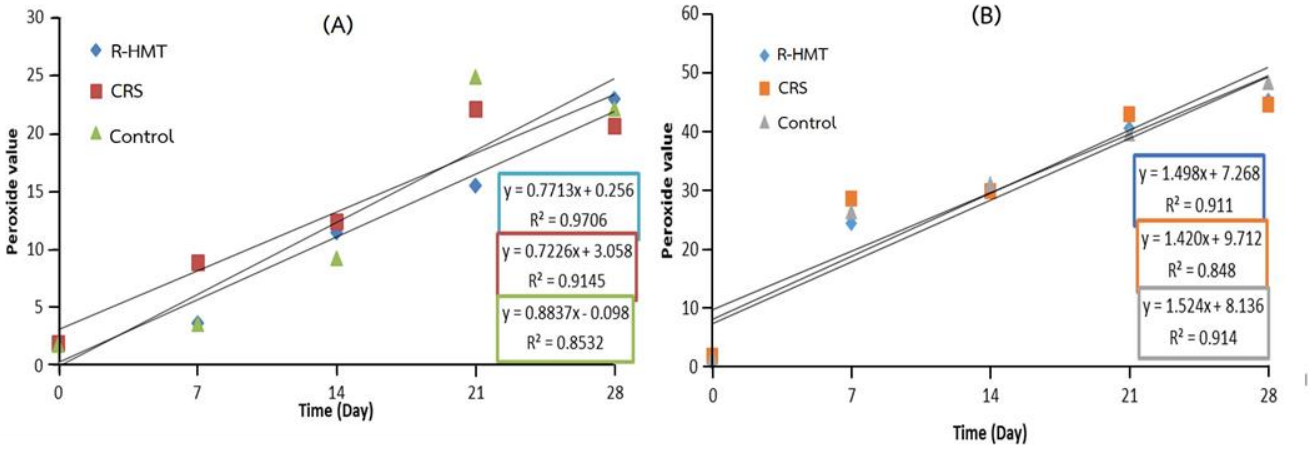


Figure 2 The peroxide value of Tong Pub Products that storage at 35°C (A) and 45°C (B)

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 303 หน้า.

จิรนาถ บุญคง ธนันพัชญ์ อภิธนสรณ์ และนูไอนี ล่ากูด, 2558, ผลของความชื้น และระยะเวลาให้ความร้อนต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของสตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปรโดยวิธีให้ความร้อนร่วมกับความชื้น, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46(3) (ฉบับพิเศษ): 713-716.

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

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, องค์ความรู้เรื่องข้าว, [สืบค้น], http://www.brrd.in.th/rkb/product/index.php-file=content.php&id=59.htm. [May 15, 2016].

A.O.A.C, 2000, Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists Inc., 17th ed., Virginia.

Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman, S.M., 2008. Muffins with Resistant Starch: Baking Performance in Relation to the Rheological Properties of the Batter, Journal of Cereal Science, 47: 502-509.

Higgins, J.A., Danna, H.R., Donahoo, W.T., Brown, I.L., Bell, M.L. and Bessesen, D.H., 2004. Resistant Starch Consumption Promotes lipid oxidation, Nutrition and Metabolism, 1: 1-8.

Holm, J., Bjorck, I., Asp, N.G., Sjoberg, L.B. and Lundquist, I., 1985, Starch Availability in Vitro and in Vivo After Flaking, Steam-Cooking and Popping of Wheat, Journal of Cereal Science, 3: 193-200.

Imprapai, K. Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N., 2010, Investigation Physical and Mechanical Properties of Edible Film from Cassava Starch and Rice Starch, Agricultural Science Journal, 41(3/1): 609-612.

Juliano, B.O., 1971, A Simplified Assay for Milled-Rice Amylose, Cereal Science Today, 16: 334-340.

Sajilata, M.G., Singhal, R.S., and Kullarni, P.R., 2006. Resistant starch: A Review Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 5 (1): 1-17.

คุณภาพเมล็ดทางกายภาพของข้าวพื้นเมืองในภาคใต้
Physical Grain Quality of Indigenous Rice in Southern Thailand

นันทิยา พนมจันทร์[1] และ สุธีรา สงพูล[2]
Panomjan, N.[1] and Songpool, S.[2]

Abstract

This study aimed to evaluate physical characteristics of 50 local rice varieties. Randomize complete block design with 3 replications, cultivated and evaluated 9 characteristics (husk color, seed shape, weight 100 grains, milling quality, whiteness, transparency and chalkiness) using Shannon's index (H'). Paddy was straw color (H'=0.073), brown furrow on straw background (H'=0.111), brown straw (H'=0.080), yellow (H'=0.048) and brown (H'=0.042). Pericarp red color was Niaw Lahng Ping Daeng variety (H'=0.146). Nuai Kheua was lightest variety (1.64 and 1.30 grams for paddy and brown rice, respectively) and highest weight was Dawk Pai variety (3.28 and 2.60 grams of grams for paddy and brown rice, respectively). Grain length was than 8 mm., slender paddy, medium brown rice shape, very white kernels (whiteness > 35%) and quite clear grain (transparency > 1.5%). Moderate to very high milling quality, except Dawk Pai variety was below standard, non-chalky 15 varieties and 35 varieties for chalkiness.

Keywords: Physical characteristic, Grain quality, Indigenous rice, Grain

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินความแปรปรวนลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวพื้นเมือง 50 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด จำนวน 3 ซ้ำ ปลูก ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง เก็บเกี่ยวตัวอย่างเมล็ดประเมิน 9 ลักษณะ (สีข้าวเปลือก สีข้าวกล้อง รูปร่างเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด คุณภาพการสี ความขาวและความใสของเมล็ดข้าวสาร และการเกิดท้องไข่) ด้วยดัชนีความหลากหลายของ Shannon’s index (H’) พบความหลากหลายระหว่างพันธุ์ในลักษณะสีเปลือกเป็นสีฟาง (H’= 0.073) ฟางขีดน้ำตาล (H’= 0.111) ฟางกระน้ำตาล (H’=0.080) เหลือง (H’=0.048) และน้ำตาล (H’=0.042) สีข้าวกล้องมีสีแดงพบเฉพาะพันธุ์เหนียวล้างปิ้งแดง (H’=0.146) พันธุ์หน่วยเขือมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเบาสุด (ข้าวเปลือก 1.64 กรัม และข้าวกล้อง 1.30 กรัม) และพันธุ์ดอกไผ่หนักมากสุด (ข้าวเปลือก 3.28 กรัม และข้าวกล้อง 2.60 กรัม) เมล็ดยาวมากกว่า 8 มิลลิเมตร รูปร่างข้าวเปลือก เรียวยาว ส่วนข้าวกล้องรูปร่างปานกลาง เมล็ดข้าวสารขาวมาก (ความขาว >35%) และค่อนข้างใส (ความใส >1.5%) คุณภาพการสีระดับปานกลางถึงสูงมาก ยกเว้นพันธุ์ดอกไผ่คุณภาพการสีต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน พบการเกิดท้องไข่ 15 พันธุ์ และเกิดท้องไข่น้อยจนถึงมาก 35 พันธุ์

คำสำคัญ: ลักษณะทางกายภาพ คุณภาพเมล็ด ข้าวพื้นเมือง เมล็ดข้าว

คำนำ

ลักษณะคุณภาพเมล็ดทางกายภาพของข้าวพื้นเมืองในภาคใต้ เช่น น้ำหนักเมล็ด สีข้าวเปลือก สีเยื่อหุ้ม ขนาดรูปร่างเมล็ดเป็นลักษณะที่สามารถมองเห็น ชั่ง หรือ วัด ได้ง่าย และบางลักษณะใช้กำหนดราคาในการซื้อขาย เช่น การเกิดท้องไข่ ความขาวและความใสของเมล็ดข้าวสาร และคุณภาพการสี (อ้างใน กัญญา, 2547) และยังคงมีความหลากหลายเกิดขึ้นบางลักษณะในข้าวพื้นเมือง เช่น สีเปลือก และสีเยื่อหุ้มเมล็ด (อ้างใน นันทิยา และวิจิตรา, 2554) ความหลากหลายทางพันธุกรรมจึงมีความสำคัญสำหรับการปรับปรุงพันธุ์และการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์สำหรับการอนุรักษ์พันธุกรรมข้าวเพื่อเก็บไว้ใช้ประโยชน์ มีรายงานว่าเมล็ดข้าวสีพันธุ์สังข์หยด ช่อจำปา เหนียว ลูกผึ้ง เหนียวดอกยง และข้าวนัง มีขนาดเมล็ดยาวมาก รูปร่างเรียวและรูปร่างปานกลาง เปลือกหุ้มเมล็ดสีฟางและสีน้ำตาล เป็นข้าวกลุ่มพันธุ์อินดิคาผลผลิตค่อนข้างต่ำตอบสนองต่อปุ๋ยน้อยแต่ปรับตัวเข้ากับ

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จังหวัดพัทลุง 93210
Department of Plant Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Campus, Phatthalung Province 93210
[2] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200
Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai Province 50200

สิ่งแวดล้อมได้ดีและมีเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นสีแดง (อ้างใน นันทิยา และคณะ, 2559) ข้าวสีพื้นเมืองพันธุ์สังข์หยดมีปริมาณแอนโทไซยานินส์ในแกลบและเมล็ดข้าวกล้องมากที่สุดเท่ากับ 2.15 และ 3.73 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (นันทิยา และกษมาพร, 2559) ข้าวสีที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงมีปริมาณแอนโทไซยานินส์ (0.35-1.39 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) น้อยกว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ (109.52-256.61 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) (Sompong และคณะ, 2510) เมล็ดที่มีความใสมีน้ำหนักเมล็ดมากกว่าเมล็ดขุ่น (นันทิยา และคณะ, 2561) ข้าวท้องไข่มีลักษณะขุ่นทั้งเมล็ด กลางเมล็ด หรือบางส่วนเมื่อขัดสีทำให้มีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักสูงและคุณภาพการสีต่ำส่งผลต่อการหุงต้ม (Kime และคณะ, 2000) ทั้งนี้ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิในแปลงปลูกที่เปลี่ยนแปลง (Tsutsui และคณะ, 2013) ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบ่งบอกถึงความแปรปรวนของพันธุกรรม ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ และระบบการผลิตของเกษตรกร เป็นประโยชน์สำหรับการประเมินความแปรปรวนภายในพันธุ์ในการคัดเลือกลักษณะไปใช้ประโยชน์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ ให้มีการนำเมล็ดพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไปใช้ประโยชน์มากขึ้นควบคู่กับการอนุรักษ์พันธุกรรมให้คงอยู่ในชุมชน

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างเมล็ดข้าวพื้นเมืองภาคใต้จำนวน 50 พันธุ์ คือ พันธุ์หน่วยเขือ เล็บนก สังข์หยด ช่อจำปา ช่อกำพรึด เหนียวล้างปิ้งแดง มะลิแดง ยาไทร ช้างอุ้ม เบาขี้ควาย หม้ายหญ้า นางมา นาทวี ลูกผึ้ง เจ๊ะหลี ลูกคราด คอนขาวป้อม ดอกไผ่ ขาวเผ่า บี้หล้า แม่หม้าย ปลอก พอน กาลาเซาะ กาเต๊ะ เมาะแยง หลีมามา เหลืองหอม ลูกปลา ขาว ลูกปลาขาว ขม หอมเบา ช่อลำเจียก ใบพลู นางพิม เหนียวขาว อีกู้ กือเซาะขาว ลูกปอ หนานหัก พวงหวาย กูนิง สามรวง ช่อปลีดา บือล่ม หางไทร บังป่า และลูกสงขลา แหล่งเชื้อพันธุ์จากจังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา ปลูกในแปลงของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง เพื่อรักษาพันธุ์ เพาะเมล็ดและย้ายปลูกเมื่ออายุ 25-30 วัน ทำการปักดำฤดูนาปี 2560/2561 จำนวน 1 ต้นต่อหลุม ใช้ระยะปลูก 25x25 ซม. จำนวน 4-6 แถว แถวละ 12 ต้น ใส่ปุ๋ย ดูแล และเขตกรรมตามระบบการปลูกข้าวในสภาพน้ำขัง เก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของแต่ละพันธุ์ ๆ ละ 22 ต้น เพื่อศึกษาความแปรปรวนภายในพันธุ์ และเปรียบเทียบลักษณะที่เกิดขึ้นระหว่างพันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ แบ่งตัวอย่างเมล็ดแต่ละพันธุ์เป็น 3 ซ้ำ ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ด ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดทางกายภาพ 9 ลักษณะ คือ สีข้าวเปลือก สีข้าวกล้อง น้ำหนัก 100 เมล็ด รูปร่างเมล็ด ความขาวของเมล็ดข้าวสาร ความใสของเมล็ดข้าวสาร คุณภาพการสี และการเกิดท้องไข่ เก็บข้อมูลแต่ละลักษณะดังนี้

(1) สีข้าวเปลือก สุ่มเมล็ดข้าวเปลือกและสังเกตด้วยตาเปล่า บันทึกจำนวนที่พบตามลักษณะ 10 สี คือ สีฟาง เหลือง ฟางกระน้ำตาล ฟางขีดน้ำตาล น้ำตาล ม่วงอ่อน ฟางกระม่วง ฟางขีดดำ ม่วง และดำ พันธุ์ละ 100 เมล็ด 3 ซ้ำ (IRRI, 1996)

(2) สีข้าวกล้อง ทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้ว สังเกตสีข้าวกล้องด้วยตาเปล่า บันทึกจำนวนลักษณะสีที่พบ 7 สี คือ สีขาว น้ำตาลอ่อน น้ำตาลมัน น้ำตาลเข้ม แดง ม่วงอ่อน และม่วงดำ พันธุ์ละ 100 เมล็ด 3 ซ้ำ (IRRI, 1996)

(3) น้ำหนัก 100 เมล็ด สุ่มเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง พันธุ์ละ 100 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ ชั่งน้ำหนัก แล้วนำมาคำนวณหาน้ำหนักต่อเมล็ด (IRRI, 1996)

(4) ขนาดเมล็ดพันธุ์ ทำการวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ด โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิตอล สุ่มเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 50 พันธุ์ พันธุ์ละ 10 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ บันทึกข้อมูลและหาค่าเฉลี่ย (IRRI, 1996)

(5) รูปร่างเมล็ด พิจารณาสัดส่วนความยาวต่อความกว้าง (L/W) น้อยกว่า 2.0 มิลลิเมตร เป็นเมล็ดป้อม L/W อยู่ระหว่าง 2.1-3.0 มิลลิเมตร เป็นเมล็ดปานกลาง และ L/W มากกว่า 3.0 มิลลิเมตร เป็นเมล็ดเรียว นำ L/W ของเมล็ดเปรียบเทียบกับเกณฑ์จำแนกรูปร่างเมล็ดข้าวเปลือกตามวิธี Matsuo (1952) เส้นทั้งสามแบ่งพื้นที่เป็นสามส่วน ได้แก่ เมล็ดใหญ่ (Large type) เมล็ดเรียว (Slender type) และเมล็ดป้อม (Round type) (IRRI, 1996)

(6) ความขาวของข้าวสาร สุ่มเมล็ดจากตัวอย่างข้าวสารจำนวน 50 พันธุ์ ๆ ละ 3 ซ้ำ มาวัดความขาวด้วยเครื่อง Milling Meter (Satake Corporation, Japan) รุ่น MM1D (IRRI, 1996)

(7) ความใสของเมล็ด สุ่มเมล็ดตัวอย่างข้าวสารจำนวน 50 พันธุ์ ๆ ละ 3 ซ้ำ วัดความโปร่งใสด้วยเครื่อง Milling Meter (Satake Corporation, Japan) รุ่น MM1D (IRRI, 1996)

(8) คุณภาพการสี ชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 50 พันธุ์ ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 50 กรัม ทำการขัดสีเอาเปลือกและเยื่อหุ้มเมล็ดทิ้ง ชั่งน้ำหนักส่วนข้าวสารและต้นข้าว และข้าวหัก คำนวณคุณภาพการสีตามเปอร์เซ็นต์ข้าวสารและต้นข้าว (IRRI, 1996)

(9) การเกิดท้องไข่ สุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวสาร 50 พันธุ์ ๆ ละ 100 เมล็ด ทำ 3 ซ้ำ ดูด้วยตาเปล่าผ่านกล้อง บันทึกผลตามเกณฑ์การจำแนก 4 กลุ่ม คือ ไม่เกิดท้องไข่ (ท้องไข่เท่ากับ 0%) เกิดท้องไข่น้อย (ท้องไข่ $<$10%) เกิดท้องไข่ปานกลาง (ท้องไข่ $\geq$ 11%-20%) และกลุ่มเกิดท้องไข่มาก (ท้องไข่ $>$ 20%) (IRRI, 1996)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้าวพื้นเมืองภาคใต้มีความหลากหลายภายในประชากรค่อนข้างแคบ พบความหลากหลายระหว่างพันธุ์ได้แก่ เปลือกเมล็ด (44%) เป็นสีฟาง (H'= 0.073) ฟางขีดน้ำตาล (H'= 0.111) ฟางกระน้ำตาล (H'=0.080) เหลือง (H'=0.048, 10%) และน้ำตาล (H'=0.042, 10%) ตามลำดับ สีข้าวกล้องมีความหลากหลายเฉพาะพันธุ์เหนียวล้างปิ้งแดงข้าวกล้องมีสีแดง (H'=0.146) ส่วนพันธุ์อื่นเป็นสีขาว สอดคล้องกับการศึกษาความหลากหลายในข้าวพื้นเมืองบริเวณลุ่มน้ำนาทวี จังหวัดสงขลา รายงานว่าสีเปลือกเมล็ดมีความหลากหลายสูงสุด (H'=1.118) (อรวรรณ และคณะ, 2553) ความหลากหลายของสีเปลือกเกิดจากการผสมข้ามที่เกิดขึ้นในช่วงดอกบาน (Deb, 2006) น้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยเบาสุดพันธุ์หน่วยเขือ (ข้าวเปลือก 1.64 กรัม และข้าวกล้อง 1.30 กรัม) และหนักสุดพันธุ์ดอกไผ่ (ข้าวเปลือก 3.28 กรัม และข้าวกล้อง 2.60 กรัม) เมื่อจำแนกข้าวพื้นเมือง 50 พันธุ์ตามลักษณะรูปร่างเมล็ดแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือเมล็ดป้อม (พันธุ์หน่วยเขือ) และเมล็ดเรียว (**Figure 1**) ลักษณะเมล็ดเร็วเป็นพันธุ์ข้าวที่ผู้บริโภคชอบ (กัญญา, 2547) เมล็ดข้าวสารลักษณะขาวมาก (ค่าความขาว >35%) และใส (ค่าความใส >1.5%) จะแตกต่างกันเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงและการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในแต่ละท้องถิ่นส่งผลให้พันธุ์พื้นเมืองมีลักษณะทางกายภาพของเมล็ดแตกต่างกันมาก (Frankel และคณะ, 1995) คุณภาพการสีระดับปานกลางถึงสูงมาก ยกเว้นพันธุ์ดอกไผ่คุณภาพการสีต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน การเกิดท้องไข่มีความแปรปรวนทั้งภายในและระหว่างพันธุ์ มี 15 พันธุ์ไม่เกิดท้องไข่ แต่ 35 พันธุ์เกิดท้องไข่น้อยถึงมาก (Figure 2) เมล็ดมีความขาวปานกลาง เนื่องจากความแปรปรวนทางพันธุกรรมและแวดล้อมในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน (Khush และคณะ, 1979) เช่น การจัดการปุ๋ย น้ำ ช่วงปลูก อุณหภูมิ และช่วงแสง เป็นต้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Bautista และคณะ (2009) รายงานว่าความแปรปรวนของปริมาณท้องไข่เกิดจากอิทธิพลของพันธุ์ข้าวและสภาพแวดที่ปลูกข้าวส่งผลให้เกิดท้องไข่ต่างกัน หากเกิดท้องไข่ปริมาณมากส่งผลให้เมล็ดข้าวแตกหักมากในกระบวนการขัดสีทำให้ได้ปริมาณต้นข้าวลดลง (Del Rosario และคณะ, 1968)

สรุปผล*

เมล็ดข้าวพันธุ์พื้นเมืองภาคใต้ยังคงมีค่าความหลากหลายภายในและระหว่างพันธุ์ ลักษณะสีเยื่อหุ้มเมล็ด และสีเปลือกเมล็ด ข้าวพื้นเมืองภาคใต้ 50 พันธุ์ ส่วนใหญ่มีรูปร่างเมล็ดเรียว ข้าวสารมีความใสและขาว คุณภาพการสีดี มีข้าวเมล็ดเรียวที่ไม่มีลักษณะท้องไข่เกิดขึ้นเลย 15 พันธุ์ ซึ่งเหมาะสำหรับการคัดเลือกเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ หรือพัฒนาพันธุ์เพื่อการค้า ทั้งนี้ควรมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพการหุงต้มร่วมด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวพื้นเมืองภาคใต้จำนวน 50 พันธุ์สำหรับการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กัญญา เชื้อพันธุ์, 2547, คุณภาพข้าวทางกายภาพ, *ใน* คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, หน้า 31-38.

สำเริง แซ่ตัน, 2553, ข้าวพันธุ์พื้นเมืองภาคใต้ เล่ม 2, ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, กรุงเทพฯ.

อรวรรณ สมใจ, จรัสศรี นวลศรี, และ ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2553, ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวพื้นเมืองบริเวณลุ่มน้ำนาทวี จังหวัดสงขลาโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดและเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41: 89-97.

Bautista, R.C., Siebenmorgen, T.J., and Counce, P.A., 2009, Rice Quality and Processing: Rice Kernel Chalkiness and Milling Quality Relationship of Selected Cultivars, Rice Research Studies, Pp. 220-229.

Deb, D., 2006, Flowering Asynchrony Can Maintain Genetic Purity in Rice Landraces, Current Science, 9: 155-157.

Del Rosario, A.R., Briones, V.P., Vidal, A.J., and Juliano, B.O., 1968, Composition and Endosperm Structure of Developing and Mature Rice Kernel, Cereal Chemistry, 45: 225-235.

Fowler, J., Cohen, L., and Jarvis, P., 1998, Practical Statistics for Field Biology, John Wiley & Sons Ltd., Chichester.

Frankel, O.H., Brown, A.H.D., and Burdon, J.J., 1995, The Conservation of Plant Biodiversity Cambridge, Cambridge University Press.

IRRI, 1996, Standard evaluation and utilization system for rice, IRRI publisher, Manila, Philippines.

Khush, G.S., Paule, C.M., and De La Cruz, 1979, Rice Grain Quality Evaluation and Improvement at IRRI, In Chemical Aspects of Rice Grain Quality, Los Banos.

Matsuo, T., 1952, Genecological Studies on Cultivated Rice, Bulletin of the Agricultural Chemical Society of Japan, D3: 1-111.

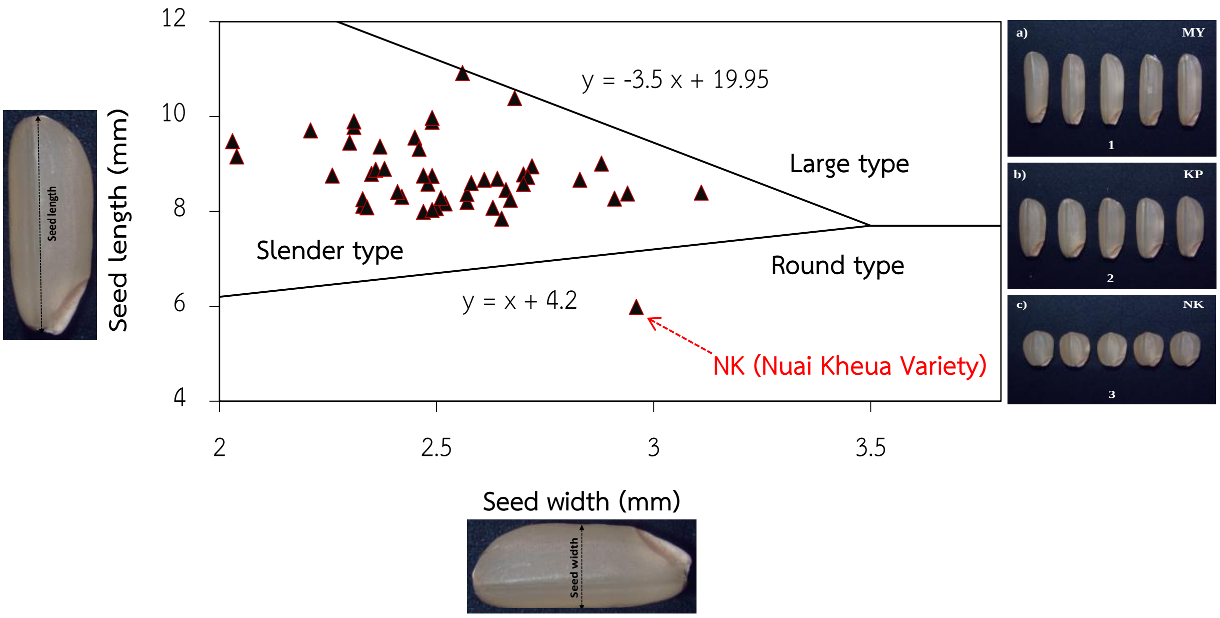


Figure 1 Variation of grain shape were observed in fifty local rice varieties from southern Thailand (n=4,500). Representative images of brown rice shape (ratio of length to width; L/W); 1= slender (over 3.0), 2= medium (2.1-30.), 3= bold (1.1-2.0) were observed in fifty local rice varieties from southern Thailand. a) MY (Mai Yah variety, L/W=3.45), b) KP (Khao Pom variety, L/W=2.59, and c) NK (Nuai Kheua variety, L/W=1.60).

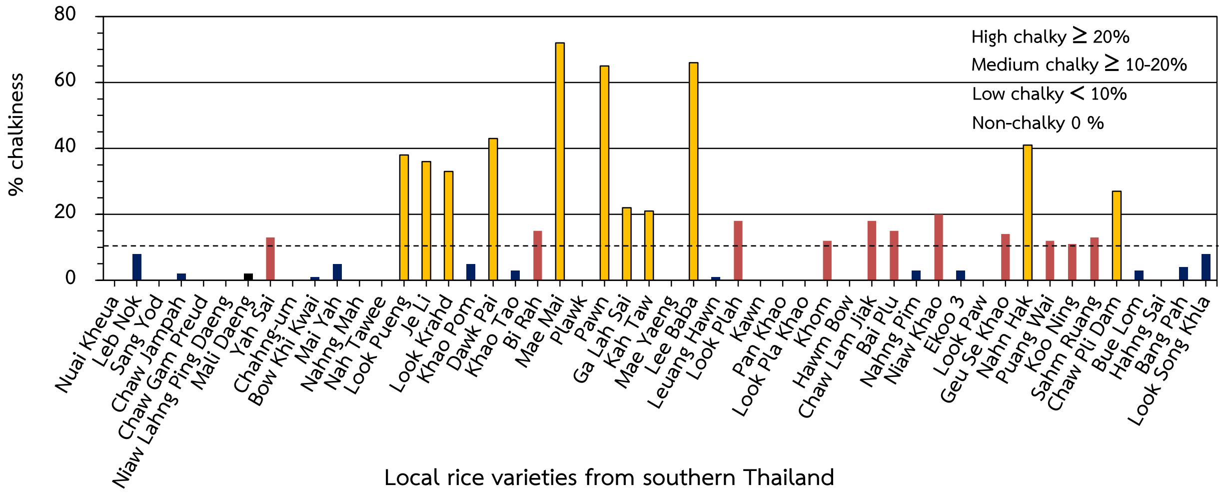


Figure 2 Variation of grain chalkiness were observed in fifty local rice varieties from southern Thailand.

การสูญเสียในถั่วลิสงที่อายุเก็บเกี่ยวต่างกัน
Losses in Peanuts at Different Harvesting Age

ภัควิไล ยอดทอง[1] และ จารุวรรณ บางแวก[1]
Yodthong, P.[1], and bangwaek, C.[1]

Abstract**

Harvesting age is one of the factor affecting the loss and changes in the quality of peanuts. This experiments, ‘Khon Kaen 6; peanut was harvested on three stages of harvesting ages; 110, 120 and 130 days after germination, to determine the amount of loss at different harvesting ages. Harvested crop was on Mr.Samran’s field in April 2018. Peanuts harvesting at 110 days after sprouting consisted the highest of field seed moisture and dry seed moisture. The yield of 9% seed moisture on harvesting age 110 days after germination was 557.17 kg/rai. It was found that the percentage of losses in the plot at the age of 130 days after germination was the highest loss of 57.08%. Aflatoxin of the 110-days was the highest at 5.54 ppb. Fat content of peanut harvesting on 110 days was the highest at 38.86% but it was not different from peanut harvesting on 110 days which its content was 37.35%. However, protein contents of all harvesting ages were not different.

Keywords: Peanut, Age, Harvest

บทคัดย่อ

อายุการเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการการสูญเสียและเปลี่ยนแปลงคุณภาพของถั่วลิสง จึงทำการทดลองเก็บเกี่ยวถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 6 จำนวน 3 ระยะเก็บเกี่ยว ได้แก่ อายุ 110 120 และ 130 วันหลังงอก เพื่อหาปริมาณการสูญเสียในแต่ละอายุ โดยทำการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงแปลงนายสำราญ โม้พิมพ์ ต.ศรีสุข อ.สีชมพู จังหวัดขอนแก่น ในเดือนเมษายน 2561 พบว่า ถั่วลิสง อายุเก็บเกี่ยว 110 วันหลังงอกมีความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวและความชื้นเมล็ดแห้งสูงที่สุด ส่วนปริมาณผลผลิตต่อไร่ที่ความชื้น 9% ที่อายุเก็บเกี่ยว 110 วันหลังงอกให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ 557.17 กก/ไร่ ส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียในแปลง พบว่า ที่อายุเก็บเกี่ยว 130 วันหลังงอกมีการสูญเสียมากที่สุดที่ 57.08 % ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินที่อายุเก็บเกี่ยว 110 วันหลังงอกมีปริมาณสูงที่สุดที่ 5.54 ppb เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 120 วันหลังงอกจะมีปริมาณไขมันสูงสุดที่ 38.86 % แต่ไม่แตกต่างจากอายุเก็บเกี่ยว 110 วันหลังงอกที่มีปริมาณไขมัน 37.35 % ในส่วนของปริมาณโปรตีน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทั้งอายุการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ระยะ

คำสำคัญ: ถั่วลิสง อายุ การเก็บเกี่ยว

คำนำ**

ถั่วลิสง (peanut หรือ groundnut) เป็นพืชไร่วงศ์ถั่ว (Leguminosae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Arachis hypogaea* L. เป็นถั่วเมล็ดแห้ง (legume) ซึ่งมีน้ำมันสูงจัดอยู่ในกลุ่มพืชน้ำมัน (oil crop) ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2562) มีคุณค่าทางอาหารสูง มีโปรตีนในเมล็ดร้อยละ 22.3 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำมันร้อยละ 50.2 ถ้าสกัดเอาไขมันออกไปโปรตีนจะเพิ่มถึงร้อยละ 60.1 มีไขมันที่มีคุณภาพดีสูง มากร้อยละ 50 - 60 ได้แก่ โอลิอิก, ลิโนลิอิก, และอาราคิดิต ซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ นอกจากนี้ยังมีวิตามินและเกลือแร่ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินบี1 บี 2 และไน อาซิน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

สุดถนอม (2527) ศึกษาผลของวันเก็บเกี่ยวที่มีต่อคุณภาพและผลผลิตของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง, สข 38, ไทนาน 9, RCM 387 และ NC 2 ในฤดูแล้งและฤดูฝนปี 2527 พบว่าผลผลิตเมล็ดพันธ์และผลผลิตทั้งเปลือกของถั่วลิสงทั้งสี่พันธุ์ที่ปลูกในฤดูแล้งสูงกว่าที่ปลูกในฤดูฝน สำหรับการเก็บเกี่ยวนั้นพบว่าถั่วลิสงที่เก็บเกี่ยวเร็วเกินไปมีผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ต่ำเนื่องจากมีฝักอ่อนมาก ฝักสุกแก่น้อย ส่วนการเก็บเกี่ยวช้าเกินไปทำให้ผลผลิตลดลงเช่นกัน เนื่องจากมีฝักสุกแก่เกินไปมาก มีฝักหลุดร่วงอยู่ในดิน

[1] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
[1] Postharvest and Processing Research and Development Division Department of Agriculture

และงอกคาต้น ในฤดูแล้งถั่วลิสงพันธุ์ สข 38 และ ไทนาน 9 ที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 74 วันหลังออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และ 67-74 วันหลังออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ มีคุณภาพและผลิตดีที่สุด ขณะที่พันธุ์ RCM 387 และ NC 2 นั้น การเก็บเกี่ยวที่อายุ 79-86 วันหลังออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ให้ผลผลิตเมล็ด ผลผลิตทั้งเปลือกและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ดีที่สุด สำหรับในฤดูฝนถั่วลิสงพันธุ์ สข 38 และไทนาน 9 ที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 67-74 วันหลังออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์และผลผลิตทั้งเปลือกสูงสุด ทั้งยังมีความงอกมาตรฐานและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สูงด้วย ส่วนพันธุ์ RCM 387 ควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 86 วันหลังออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พันธุ์ NC 2 การเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 79-86 วันหลังออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ให้เมล็ดที่มีคุณภาพดีที่สุด แต่ผลผลิตที่อายุ 86 วันหลังออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าที่อายุ 65-79 วันหลังออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์

ภารดี (2541) ศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และผลผลิตของถั่วลิสงเมล็ดโตพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์เกษตร 1 ที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่า การเก็บเกี่ยวถั่วลิสงทั้งสองพันธุ์ ที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูแล้งที่อายุ 100-156 วันหลังปลูกจะมีความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดลงเมื่อเก็บเกี่ยวล่าช้าออกไป การเก็บเกี่ยวที่อายุ 142 วันหลังปลูก มีคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงที่สุดเมื่อเทียบกับการเก็บเกี่ยวที่ระยะเวลาอื่น ๆ กล่าวคือ การเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาดังกล่าวนี้ มีจำนวนเมล็ดสุกแก่ และน้ำหนักเมล็ดสุกแก่มากที่สุด และยังมีเมล็ดขนาดใหญ่มากที่สุดด้วย ในด้านขององค์ประกอบผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การเก็บเกี่ยวที่อายุ 142 วันหลังปลูก มีจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักเมล็ด ผลผลิตฝักแห้ง ผลผลิตเมล็ดและเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ตลอดจนมีความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่วัดจากค่าดัชนีการงอกของเมล็ด ความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังผ่านการเร่งอายุ และความสามารถในการเก็บรักษาสูงสุด ฉะนั้นการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงทั้งสองพันธุ์ที่อายุ 142 วันหลังปลูกจึงเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด

ผลผลิตพืชจะมีปริมาณและคุณภาพสูงสุดที่ระยะสุกแก่ทางสรีระ (Physiological maturity) แต่ระยะนี้ไม่เหมาะที่จะเก็บเกี่ยวเพราะความชื้นสูง ถ้าเก็บเกี่ยวที่ระยะนี้ ต้องมีค่าใช้จ่ายในการลดความชื้นสูง หลังจากระยะนี้ พืชที่ให้เมล็ด ส่วนของเมล็ดจะหลุดจากขั้วผลจากต้นแม่ เกษตรกรมักจะทิ้งไว้บนต้นจนเมล็ดเปลี่ยนสี และความชื้นลดลง ไม่มีการสะสมอาหารในเมล็ดแล้ว ความชื้นเมล็ดก็จะลดลง สีของเมล็ดเปลี่ยนแปลงจากเขียวเป็นเหลือง ซึ่งจะเหมาะต่อการเก็บเกี่ยว ถ้าทิ้งไว้นานไม่เก็บเกี่ยว สีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ความชื้นลดลง การหลุดร่วงมากขึ้น เมล็ดจะกรอบแตกหักง่าย จึงต้องเลือกอายุเก็บเกี่ยว เพื่อเก็บเกี่ยวแล้วจะได้ผลผลิตที่มีปริมาณสูงและคุณภาพดีที่สุด ค่าใช้จ่ายในการลดความชื้นต่ำ

จากปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจึงควรนำศึกษาว่าขั้นตอนใดมีการสูญเสียและเปลี่ยนแปลงมากน้อยเท่าใด และหาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ตั้งแต่ อายุการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยว การนวด การทำความสะอาด วิธีการลดความชื้น ความชื้นที่เหมาะสม สภาพการเก็บรักษา ภาชนะบรรจุ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทำให้ปริมาณและคุณภาพลดลง มีผลให้มูลค่าของผลผลิตลดลง ดังนั้นจึงทำการศึกษาเพื่อหาปริมาณการสูญเสียในแต่ละอายุของการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง

อุปกรณ์และวิธีการ**

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยใช้ถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 6 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่ จากนายสำราญ โม้พิมพ์ ต.ศรีสุข อ.สีชมพู จังหวัดขอนแก่น ในเดือนเมษายน 2561 โดยทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วลิสงที่อายุต่าง ๆ 3 ระยะคือ 110 120 และ 130 วันหลังงอก วัดผลผลิต และเมล็ดที่ร่วงหล่นในแปลง วัดความชื้นเมล็ด นำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความงอก โดยวิธีของ ISTA 2019 ปริมาณโปรตีนโดยวิธี nitrogen combustion method ปริมาณไขมันโดยวิธี AOAC 2000 ปริมาณสารแอฟลาทอกซินโดยวิธี DOA-Aflatoxin ELIZA Test Kit ซึ่งทำการสกัดตัวอย่างด้วย 70 % เมทานอล 100 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปเขย่าและกรองเอาส่วนใสมาหยดลงหลุมทดสอบและหยดสารพิษมาตรฐาน จากนั้นนำไปอ่านค่าความเข้มสีด้วย Micro ELISA Reader ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**

อายุเก็บเกี่ยว 110 วันหลังงอก

พบว่ามีความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวเท่ากับ 39.50 % ปริมาณผลผลิตต่อไร่ที่ความชื้น 9 % เท่ากับ 557.17 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียในแปลง เท่ากับ 22.33 % (Table 1) ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินเท่ากับ 5.54 ppb ปริมาณไขมันเท่ากับ 37.35 % ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 27.78 % เปอร์เซ็นต์ความงอก เท่ากับ 49.50 % (Table 2)

อายุเก็บเกี่ยว 120 วันหลังงอก

พบว่ามีความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวเท่ากับ 35.57 % ปริมาณผลผลิตต่อไร่ที่ความชื้น 9 % เท่ากับ 540.22 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียในแปลง เท่ากับ 21.26 % (Table 1) ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินเท่ากับ 2.80 ppb ปริมาณไขมัน

เท่ากับ 38.86 % ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 28.15 % เปอร์เซ็นต์ความงอก เท่ากับ 52.50 % (Table 2)

อายุเก็บเกี่ยว 130 วันหลังงอก

พบว่ามีความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวเท่ากับ 32.16 % ปริมาณผลผลิตต่อไร่ที่ความชื้น 9 % เท่ากับ 309.85 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียในแปลง เท่ากับ 57.08 % (ตารางที่ 1) ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินเท่ากับ 3.15 ppb ปริมาณไขมัน เท่ากับ 34.95 % ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 28.24 % เปอร์เซ็นต์ความงอก เท่ากับ 50.50 % (Table 2)

ทั้งนี้อัตราการสูญเสียในแปลงเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ เกิดจากการใช้เสียมขุดชิดโคนต้นมากเกินไปทำให้เมล็ดเกิดความเสียหาย มีหนูหรือกระต่ายทำลายฝักถั่ว เมล็ดเน่าเนื่องจากความชื้นในดินสูงติดต่อกันเป็นเวลานาน เมล็ดมีราขึ้น ถั่วยืนต้นตายในแปลง เมล็ดงอก และฝักหลุดร่วงออกจากต้นฝังจมอยู่ในดิน ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์ความงอกมีเปอร์เซ็นต์ต่ำ เนื่องจากถั่วลิสงที่เก็บเกี่ยวใหม่ ๆ มีการฟักตัวสูงมาก ไม่ว่าจะเก็บเกี่ยวที่ระยะเวลาใดก็ตาม (ภารดี, 2541) ส่วนเชื้อรา *Aspergillus flavus* ทำให้เกิดสารพิษอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงนั้น สามารถเข้าสู่เมล็ดได้ตั้งแต่อยู่ในสภาพแปลงปลูกและหลังเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวล่าช้า อาจทำให้เชื้อรามีโอกาสเข้าสู่เมล็ดได้มากขึ้น (นิลุบล และคณะ, 2535)

Table 1 Moisture, yield, and loss in field of harvest age at 110 120 and 130 days after germination.

Harvest age (day)	Harvesting seeds Moisture (%)	Yield per rai at 9% humidity (kg./rai)	Loss in Field (%)
110	39.50 c	557.17 a	22.33 a
120	35.57 b	540.22 a	21.26 a
130	32.16 a	309.85 b	57.08 b
Mean	35.75	469.08	33.56
CV (%)	4.3	6.1	17.3

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

Table 2 The results of peanut analysis Harvest Age 110 120 and 130 days after germination.*

Harvest age (day)	Aflatoxin (ppb)	Fat (%)	Protein (%)	Germination (%)
110	5.54 b	37.35 ab	27.78	49.50
120	2.80 a	38.86 a	28.15	52.50
130	3.15 a	34.95 b	28.24	50.50
Mean	3.83	37.05	28.06	50.83
CV (%)	32.5	21.3	1.8	14.2

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

สรุปผล**

การเก็บเกี่ยวถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 6 ที่อายุเก็บเกี่ยว 120 วันหลังงอกให้คุณภาพและปริมาณผลผลิตต่อไร่ดีที่สุด และมีอัตราการสูญเสียในแปลงน้อยที่สุด แต่ทั้งนี้ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินสามารถพบได้ตั้งแต่การเก็บเกี่ยวที่ 110 วันหลังงอกแต่ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 20 ppb (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2555)

เอกสารอ้างอิง***

กรมสงเสริมการเกษตร. 2562. ถั่วลิสง:บทความวิชาการสถิติการปลูก ป44-51. สืบค้นจาก http://www.doae.doae.go.th/ วันที่ 28 ตุลาคม 2562

นิลุบล ทวีกุล วุฒิศักดิ์ บุตรธนู วีรชาติ แสงสิทธิ์ อมรา บัณฑิตวงษ์ สวิต กลางกัลยา และ กนกพร เมาลานนท์. 2535. ผลของอายุเก็บเกี่ยวต่อปริมาณเชื้อ A.flavus ในเมล็ดถั่วลิสง (ระยะที่ 2). รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2535. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2562. ถั่วลิสง. สืบค้นจาก http://www.foodnetworksolution.com วันที่ 28 ตุลาคม 2562.

ภารดี แซ่อึ้ง. 2541. อิทธิพลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และผลผลิตของถั่วลิสงเมล็ดโต. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2541. 130 หน้า.

สุดถนอม หอมดอก. 2527. ผลของวันเก็บเกี่ยวที่มีต่อคุณภาพและผลผลิตของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2527. 64 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2555. มาตรฐานสินค้าเกษตร : ถั่วลิสงแห้ง. 16 หน้า

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำพริก
Development of Chili Jelly Product

ธนพร เอมฤกษ์[1] และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1]
Emrerk, T.[1] and Thumthanaruk, B.[1]

Abstract

A variety of chili paste seasonings are commonly used in Thai cuisine. The chili seasoning offers different taste, smell, as well as deliciousness and can be produced in the powder or viscous form. This research was to develop Tom Yum jelly including dried pieces of spices and herbs. Results revealed that the best formula had 80% Tom Yum paste, 18.9% water, 1% carrageenan, and 0.1% agar powder and received the highest overall acceptance score of 6.03. The color parameter of L*, a*, b* value was 23.73, 15.28, and 19.98. The values of hardness and chewiness were 1344.6 N and 1386.6 N. Water activity (a_w) was 0.952. Both total plate count and mold had less than 10 colonies per gram.
Keywords: Jelly, Carrageenan, Chili, Seasoning

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์พริกแกงจำนวนมากเป็นเครื่องปรุงที่ได้รับความนิยมนำมาประกอบอาหารไทย เครื่องปรุงจะให้รสชาติ กลิ่น และ ความอร่อย ซึ่งมักจะผลิตอยู่ในรูปของผงหรือมีลักษณะข้นหนืด งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาพริกแกงรสต้มยำให้อยู่ในรูปของเยลลี่ที่มีส่วนประกอบเครื่องเทศและสมุนไพรยังคงลักษณะรูปร่างเมื่อนำมาปรุงอาหาร ผลการทดลองพบว่าสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ต้มยำประกอบด้วย เครื่องแกงต้มยำร้อยละ 80 น้ำร้อยละ 18.9 คาราจีแนนร้อยละ 1 และผงวุ้นร้อยละ 0.1 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.03 คะแนน) เยลลี่ต้มยำมีค่าสี L* a* b* เท่ากับ 23.73 15.28 และ 19.98 ตามลำดับ ค่าความแข็งและค่าการบดเคี้ยวเท่ากับ 1344.6 N และ 1386.6 N ตามลำดับ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) เท่ากับ 0.952 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์พบว่าน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง จำนวนราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง
คำสำคัญ: เยลลี่ คาราจีแนน พริกแกง เครื่องปรุง

คำนำ

ต้มยำ เป็นอาหารที่มีชื่อเสียงของประเทศไทยและเป็นที่รู้จักของคนทั่วโลก มีรสชาติจัดจ้านประกอบด้วยรสเปรี้ยว เค็ม เผ็ด นอกจากรสชาติที่มีความโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์แล้วยังมีกลิ่นหอมของสมุนไพรหลายชนิด เช่น ข่า ตะไคร้ ใบมะกรูด ซึ่งสมุนไพรเหล่านี้มีสารอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย ปัจจุบันผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปรสต้มยำมีมากมาย เช่น ผงปรุงรสรสต้มยำ ผงซุปก้อน เป็นต้น (กมลทิพย์,2559) ผลิตภัณฑ์เหล่านี้เพิ่มความสะดวกให้ผู้บริโภคเป็นอย่างมากและช่วยประหยัดเวลาในการประกอบอาหาร แต่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีรสชาติไม่มีเนื้อสัมผัสที่เหมือนกับอาหารจริงๆ โดยเยลลี่จะมีการผสมสารแต่งกลิ่นรสสังเคราะห์ผลไม้ต่างๆ ร่วมกับสารให้ความหวานและสารทำให้เกิดเจล (ชรินรัตน์, 2552) ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เยลลี่เป็นที่นิยมบริโภคมากในปัจจุบัน มีการพัฒนาเยลลี่จากผักและผลไม้หลายชนิด เช่น เยลลี่ผลไม้เสริมใยอาหารจากบุก (ลาวัลย์, 2539) กัมมี่เยลลี่รสมะนาววิตามินซีสูง (ศิมาภรณ์, 2546) เยลลี่เจลาตินผสมชาเขียว (พจนี, 2546) เยลลี่มะม่วง (วิภาพร, 2547) เยลลี่จากน้ำทับทิม (Vantura และคณะ,2013) ผลิตภัณฑ์เยลลี่มีการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ซึ่งเป็นพอลิเมอร์แสดงหน้าที่หลายด้าน เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นอิมัลซิไฟเออร์ หรือเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัว เป็นต้น (Phillips และ Williams, 2000) ส่วนใหญ่ไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมาจากธรรมชาติและดัดแปรจากธรรมชาติ (Sharma, 1981) คาราจีแนนเป็นสารที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่ สามารถละลายได้ในน้ำร้อน และเมื่อละลายจะเกิดเจล (Rees, 1969) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่พริกแกงต้มยำโดยจะมีผักต่างๆที่เป็นเครื่องต้มยำอยู่ภายใน เช่น ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กรุงเทพ 10800
Department of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharaj I Road, Bangsue, Bangkok 10800

โดยศึกษาสภาวะการอบแห้งของส่วนประกอบได้แก่ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด การขึ้นรูปเป็นเยลลี่แปรอัตราส่วนของคาราจีแนนและผงวุ้น และทดสอบอายุการเก็บรักษาและประเมินคุณภาพของเยลลี่รสต้มยำที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 1 เดือน ผลิตภัณฑ์เยลลี่ต้มยำจะช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้บริโภคในการประกอบอาหารได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งผัก ได้แก่ ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูด โดยล้างข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดด้วยน้ำเปล่า ล้างซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำไปสะเด็ดน้ำ จากนั้นหั่นข่าและตะไคร้ให้เป็นชิ้นเล็กๆ และฉีกใบมะกรูดเพื่อเอาก้านออก แล้วนำไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน อบแห้งแบบสองขั้นตอนคือการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วลดอุณหภูมิเป็น 75 องศาเซลเซียส ที่เวลา 0 30 60 90 120 นาที

การศึกษาการผลิตเยลลี่รสต้มยำ โดยดัดแปลงสูตรน้ำต้มยำจากสุทธิวัฒน์ (2554) โดยได้ทำการทดลองใช้อัตราส่วนของคาราจีแนนและผงวุ้นแตกต่างกัน 3 สูตรคือ สูตรที่ 1 (คาราจีแนนต่อผงวุ้น 1:0.1 กรัม) สูตรที่ 2 (คาราจีแนนต่อผงวุ้น 1.5:0.1 กรัม) และสูตรที่ 3 (คาราจีแนนต่อผงวุ้น 2:0.1 กรัม) โดยส่วนประกอบนั้นเป็นสูตรของทางบริษัทที่กำหนดไว้แล้ว ผสมผงคาราจีแนนและวุ้น และให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส คนจนกว่าผงคาราจีแนนและวุ้นจะละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทลงด้วยบรรจุภัณฑ์ปริมาณ 100 กรัม แล้วนำไปแช่เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การศึกษาอายุการเก็บรักษาเยลลี่รสต้มยำบรรจุในถ้วยพลาสติก โดยมีสูตรไม่ใส่วัตถุกันเสีย (ชุดควบคุม)และสูตรที่ใส่โซเดียมเบนโซเอต 0.25% นำเยลลี่รสต้มยำเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (7±3 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 1 เดือน

การวิเคราะห์คุณภาพ ผักอบแห้งตรวจสอบปริมาณความชื้น (Moisture content) โดยวิธีAOAC (2000) และคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count), *Escherichia coli*. และจำนวนยีสต์และรา ตามมาตรฐาน มผช.๑๓๖/๒๕๕๘ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แห้ง เยลลี่รสต้มยำตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* จำนวนยีสต์และรา และทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9- point Hedonic Scale การประเมินคุณภาพอายุการเก็บรักษาของเยลลี่รสต้มยำโดยการวัดสี ค่า a_w และตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. ๕๑๘/๒๕๔๗) ศึกษาระยะเวลาการละลายของผลิตภัณฑ์เยลลี่ต้มยำเมื่อผลิตภัณฑ์ละลายหมด แปรอุณหภูมิที่ 100 150 และ 200 องศาเซลเซียส (ชุกรี, 2557)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งพบว่าอุณหภูมิในการอบ 2 ช่วงคือ 80 และ 75 องศาเซลเซียสทำให้ผลิตภัณฑ์ผักแห้งมีลักษณะที่ดีกว่าการใช้อุณหภูมิเดียวตลอดระยะเวลากรอบแห้ง โดยพบว่าข่าแห้งใช้ อุณหภูมิ 80 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 และ 90 นาที ตะไคร้แห้งใช้อุณหภูมิ 80 และ 75 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 60 และ 60 นาที สำหรับใบมะกรูด (Figure 1) ตัวอย่างผักแห้งทุกชนิดมีปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐาน มผช.๑๓๖/๒๕๕๘ ซึ่งผลการทดลองมีแนวโน้มเดียวกับการทดลองของ ภูมิศักดิ์ (2549) ศึกษาอุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสมกับพืชที่เป็นเครื่องปรุง (กะเพรา พริก ข่า ใบมะกรูด โหระพา และตะไคร้) โดยพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงจะทำให้พืชที่เป็นเครื่องปรุงแต่ละชนิดมีการคงสภาพความสวยงามของสีดีกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ จึงทำให้ผักที่นำมาใช้ยังมีสีและลักษณะทางกายภาพไม่แตกต่างจากวัตถุดิบสด

ผลการแปรสูตรเยลลี่รสต้มยำ พบว่า การแปรปริมาณคาราจีแนน (1, 1.5 และ 2) และวุ้น (0.1) ที่ใช้ทั้ง 3 สูตร สามารถขึ้นรูปเป็นเจลได้ (Figure 2- Figure 4) ค่าความแข็งและความยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใส่คาราจีแนนเพิ่มขึ้น โดยคาราจีแนนเป็นเจลประเภทที่สามารถผันกลับได้เมื่อได้รับความร้อน แต่เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นก็จะกลับมาเป็นเจลอีกครั้ง (นิธิยา,2543) เยลลี่รสต้มยำสูตรที่ 1 ใช้คาราจีแนน 1 กรัมต่อผงวุ้น 0.1 กรัม ได้รับคะแนนการยอมรับทางคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 6.03 การใช้คาราจีแนนในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้คะแนนด้านความชอบโดยรวมและเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่คะแนนความชอบด้านกลิ่น สี และรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

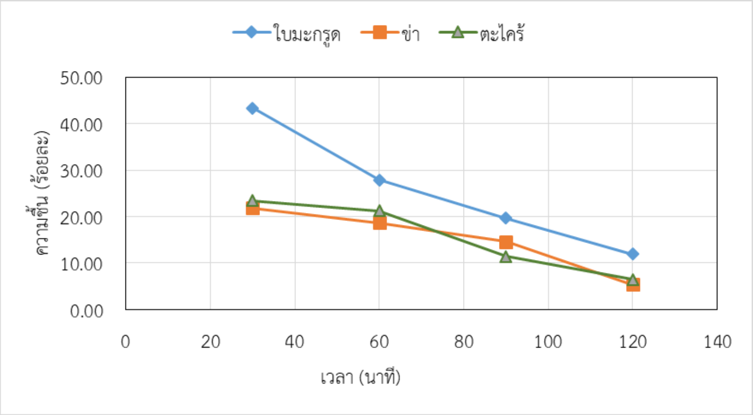


Figure 1 The graph showed relationship between moisture content of galangal, lemongrass and kaffir lime leaves by two-step drying at 80 °C and reduced to 75 °C at 30, 60, 90 and 120 minutes.

Figure 2 carrageenan: agar (1:0.1)

Figure 3 carrageenan: agar (1.5:0.1)

Figure 4 carrageenan: agar (2:0.1)

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาเยลลี่รสต้มยำพบว่า การเก็บผลิตภัณฑ์เยลลี่ต้มยำที่อุณหภูมิแช่เย็น ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ยับยั้งการเจริญเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ได้เนื่องจากเอ็นไซม์ของจุลินทรีย์ไม่สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิต่ำ (ณรงศักดิ์, 2559) เยลลี่รสต้มยำเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (7±3 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บได้เป็นระยะเวลาไม่เกิน 12 วัน ในขณะที่การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และมีการเติมโซเดียมเบนโซเอตปริมาณ 0.25 % พบว่า สามารถแก็บรักษาได้เป็นเวลา 1 เดือน ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด , *Escherichia coli* และจำนวนยีสต์และราไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช,๕๑๘/๒๕๔๗ และมีค่าวอเทอร์แอคทิวิตี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และผลการศึกษาระยะเวลาการละลายของผลิตภัณฑ์เยลลี่รสต้มยำพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการละลายจะใช้ระยะเวลาสั้นลงในการละลายทั้งก้อนของเยลลี่ โดยที่อุณหภูมิ 100 150 และ200 องศาเซลเซียล ใช้เวลาในการละลายของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 50 45 และ 30 นาที ตามลำดับ

สรุปผล

ผลการอบแห้งพบว่าข่าแห้งใช้ อุณหภูมิ 80 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 และ 90 นาที ตะไคร้แห้งใช้อุณหภูมิ 80 และ 75 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 60 และ 60 นาที มีปริมาณความชื้นลดลงตามระยะเวลาในการอบ และปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานมผช.๑๓๖/๒๕๕๘ เยลลี่รสต้มยำสูตรที่ 1 ใช้คาราจีแนน 1 กรัมต่อผงวุ้น 0.1 กรัม ได้รับคะแนนการยอมรับทางคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 6.03 ผลิตภัณฑ์เยลลี่รสต้มยำสูตรนี้ มีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 23.73 15.28 และ 19.98 ด้านเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความแข็งและพลังงานที่ใช้เคี้ยว เท่ากับ 1,344.6 และ 1,368.6 กรัม ตามลำดับ มีค่าความชื้นร้อยละ 74.95 ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.56 และค่า a_w เท่ากับ 0.952 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและราพบว่าอยู่ในมาตรฐานที่กำหนด การเติมโซเดียมเบนโซเอตปริมาณ 0.25 % สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่วัตถุกันเสียและอุณหภูมิในการละลายเยลลี่รสต้มยำสูงขึ้นจะใช้ระยะเวลาสั้นลง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนโครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากร STEM ประจำปี 2560 เพื่อการวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัย ขอขอบคุณคุณธีระวุธ ศิริทองนภา เจ้าของบริษัท ด.เด็ก กินผัก จำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านวัตถุดิบในการวิจัย ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆของการวิจัยมาโดยตลอด และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่สนับสนุนสถานที่ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และสุธีรา ศรีสุข, 2559, การพัฒนาและใช้ประโยชน์จากดาหลาเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเชิงสุขภาพ, คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร ราชภัฏยะลา

ชรินรัตน์ อุดเมืองคำ, 2552, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไก, วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ซุกรี แวสอเหาะ, 2557, ตัวอย่างสารเติมแต่งฮาลาล (คาราจีแนน), บทความวิชาการฮาลาล สถาบันฮาลาล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ [สืบค้น], http://www.halinst.psu.ac.th/th/knowledge-th/halalarticle-th/407-2014-05-15-04-31-16.html [17/Aug/19]

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2534, คอลลอยด์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 54-77

พจนี อุปโภชน์, 2546, การพัฒนาเจลลี่เจลาตินผสมชาเขียว, วิทยานิพนธ์ สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2549, การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชเครื่องปรุงอาหารไทยเพื่อการส่งออก, รายงานวิจัย, คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร

วิภาพร สกุลครู, 2547, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง, วิทยานิพนธ์, สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิมาภรณ มีแสง, 2546, การพัฒนาผลิตภัณฑกัมมี่เยลลี่รสมะนาววิตามินซีสูง, วิทยานิพนธ, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร

สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ ณัฐพัฒน์ วัฒนกฤษฎา ผาณิต ไทยยันโต และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์, 2554, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผัก, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับพิเศษ 42(2):509-512

ลาวัลย์ ฉัตรวิรุฬห์, 2539, การพัฒนาเยลลี่ผลไม้เสริมใยอาหาร, วิทยานิพนธ์, สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Phillips, G.O. and Williams, P.A., 2000, “Handbook of hydrocolloids”, New York, CRC press, pp. 87-213

Rees, R.A., 1969, “Structure Conformation and Mechanism in the Formation of Polysaccharide Gels and Networks, edited by Wolfrom, M.L., Tipson, R.S. and Horton, D., New York, Academic Press, pp. 104-148.

Sharma S.C., 1981, Gums and Hydrocolloid in Oil-water Emulsion, Food Technology, 35: 59-67.

Ventura, J., Alarcón-Aguilar, F., Roman-Ramos, R., Campos-Sepulveda, E., Reyes-Vega, M.L., Daniel Boone-Villa, V., Jasso-Villagómez, E.I., and Aguilar, C.N., 2013, Quality and Antioxidant Properties of a Reduced-sugar Pomegranate Juice Jelly with an Aqueous Extract of Pomegranate Peels, Food Chemistry, 136: 109–115

ผลของการใช้วิธีการทำความสะอาด และสภาวะการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ผงพริกแกงแดง
Effect of cleaning and drying condition of dried hot curry

วิริยะ เจริญโชคพาณิชย์[1] และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1]
Charoenchokpanich, W.[1] and Thumthanaruk, B.[1]

Abstract

The aim of research was to compare the cleaning method to reduce microbial in raw materials of hot curry paste and to study drying condition of dried hot curry. In this study, samples were washed by ozone 2 ppm, 2%$NaHCO_3$, $KMnO_4$ 25 ppm and ultrasonic at 50 kHz for 15 min. This study varied temperature of drying (60, 70 and 80°C) for 9 hr. Results showed that all washed samples had lower total microbial count (TMC), coliform spp. and *Escherichia coli*. Samples washed by $KMnO_4$ 25 ppm for 15 min showed the highest reduction of TMC of goat pepper, red onion, garlic, lemongrass, kaffir lime leave and galangal were 1.40, 1.98, 1.69, 1.06, 1.61 and 3.14 log cfu/g, respectively. The dried hot curry had the appropriate drying condition by hot air oven at 80°C for 6 hr, moisture of 11.59±0.48%, a_w of 0.37±0.01% and hue value of 43.83.

Keywords: Hot curry paste, Microbial count, Drying

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาเปรียบเทียบการใช้วิธีการทำความสะอาดเพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบพริกแกงแดง สภาวะการอบแห้งพริกแกงแดง โดยแปรการล้างวัตถุดิบด้วยโอโซน 2 ppm โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 2% โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) 25 ppm และเครื่องล้างความถี่สูง 50 kHz เป็นระยะเวลา 15 นาที แปรอุณหภูมิในการอบแห้ง (60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 9 ชั่วโมง พบว่า การล้างทุกสภาวะสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และอีโคไลได้ แต่วิธีการล้างด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในวัตถุดิบพริกแกงแดงได้สูงสุด โดยพริกชี้ฟ้า หอมแดง กระเทียม ตะไคร้ ใบมะกรูด และข่า มีปริมาณเชื้อลดจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงเท่ากับ 1.40, 1.98, 1.69, 1.06, 1.61 และ 3.14 log cfu/g ตามลำดับ การอบแห้งเครื่องพริกแกงแดงด้วยตู้อบลมร้อน สภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ผงพริกแกงแดงมีปริมาณความชื้นร้อยละ 11.59±0.48 ปริมาณน้ำอิสระ 0.37±0.01 และค่าสี Hue เท่ากับ 43.83

คำสำคัญ: พริกแกงแดง ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ การอบแห้ง

คำนำ

พริกแกงแดงหรือพริกแกงเผ็ดเป็นเครื่องปรุงรสที่มีความสำคัญ และได้รับความนิยมในอาหารไทย (นภาพร, 2556) ส่วนประกอบของพริกแกง ได้แก่ พริกสด พริกแห้ง ตะไคร้ ผิวมะกรูด หัวหอม กระเทียม ขิง ข่า รากผักชี ยี่หร่า และพริกไทย โดยวัตถุดิบในการทำพริกแกงจะต้องสะอาด และถูกหลักอนามัย เมื่อนำมาผลิตเป็นพริกแกงจึงจะทำให้มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่องน้ำพริกแกง มผช. 129/2556 ซึ่งถ้าวัตถุดิบพริกแกงไม่สะอาด หรือไม่ถูกหลักอนามัยอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ คือ อาจเกิดอาการท้องร่วง โดยมีสาเหตุจากเชื้อจุลินทรีย์ คือ อีโคไล (*E.coli*) (ธนิษฐา, 2554)

การล้างน้ำเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญขั้นตอนหนึ่งหลังจากที่มีการเก็บเกี่ยววัตถุดิบ ช่วยลดหรือทำลาย ฝุ่นละออง ดิน และเชื้อจุลินทรีย์ในผักสดได้ (Ssemanda และคณะ, 2018) แต่ขั้นตอนการล้างนั้นก็สามารถเกิดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้เนื่องจากความสกปรกของน้ำ และการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ จึงจำเป็นต้องมีการใช้สารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการล้าง และป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ (Sapers, 2009) Soriano และคณะ (2000) ศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผักกาดหอม ใช้ sodium hypochlorite ความเข้มข้น 70 ppm และ potassium permanganate ความเข้มข้น 25 ppm ล้างเป็นเวลา 2-7 นาที พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดตั้งต้น เท่ากับ 3.0-7.8 log cfu/g และปริมาณเชื้อโคลิฟอร์ม

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[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

ตั้งต้น เท่ากับ <0.47->3.38 log MPN/g ผลการล้างด้วย sodium hypochlorite และ potassium permanganate สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และโคลิฟอร์มได้ 2 log cfu/g และ 1 log MPN/g ตามลำดับ สุดสายชล และนันทวัน (2552) ศึกษาปริมาณเชื้อ *Salmonella Typhimurium* บนใบสะระแหน่ ใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 0, 15 และ 30 นาที โดยมีปริมาณเชื้อเริ่มต้น เท่ากับ 5 log cfu/g พบว่า การใช้สารโซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นเวลา 0, 15 และ 30 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อได้ 0.43, 0.48 และ 1.06 log cfu/g สมภพ (2558) ศึกษาปริมาณเชื้อในมะม่วงเขียวเสวย ใช้โอโซน 0 (ชุดควบคุม), 2, 4 และ 6 ppm เป็นเวลา 30 นาที พบว่า มะม่วงเขียวเสวย ใช้โอโซน 0 (ชุดควบคุม) มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด $2.48X10^5$ ส่วนความเข้มข้น 2, 4 และ 6 ppm ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด Muqbil และคณะ (2005) ศึกษากิจกรรมการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ใช้เครื่องล้างอัลตร้าโซนิค ความถี่ 45 kHz เป็นเวลา 10 นาที พบว่าสามารถลดปริมาณเชื้อ*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* และ *Salmonella choleraesuis* ตั้งต้นเฉลี่ย $2.05x10^9$, $3.65x\ 10^9$ และ $3.90x10^9$ cfu/ml ตามลำดับ เมื่อล้างด้วยอัลตร้าโซนิครอบแรกปริมาณเชื้อลดลง $2.45x10^8$, $1.99x10^7$ และ $1.07x10^7$ ตามลำดับ

เนื่องจากพริกแกงที่มีการจำหน่าย ปกติจะมีลักษณะที่แฉะ จากงานวิจัยของ นภาพร (2556) รายงานว่าพริกแกงเผ็ดมีความชื้นร้อยละ 72.85 และปริมาณน้ำอิสระ 0.89 มีค่าสูง ส่งผลต่อการเก็บรักษา และทำให้เชื้อจุลินทรีย์มีการเติบโตได้ง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของวิธีการล้างวัตถุดิบพริกแกงแดง และศึกษาการอบแห้งพริกแกงแดงเพื่อผลิตเป็นผง

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของวิธีการล้างในวัตถุดิบพริกแกงแดง โดยล้างด้วยโอโซน 2 ppm สารเคมี ได้แก่ โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 2% และโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) 25 ppm และเครื่องล้างความถี่สูง 45 kHz อัตราส่วน 1:20 w/v ระยะเวลา 15 นาที วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อน และหลังการล้าง ด้วยวิธีมาตรฐาน BAM ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total microbial count) โคลิฟอร์ม (Coliform spp.) เชื้ออีโคไล (*E.coli*)

ศึกษาการอบแห้งเครื่องพริกแกงแดงด้วยตู้อบลมร้อน โดยนำวัตถุดิบพริกแกงแดงที่ให้ผลสภาวะการล้างที่เหมาะสมที่สุด ใช้อัตราส่วนตามทางบริษัท ด.เด็กกินผัก จำกัด มาบดหยาบ และบดละเอียดจนได้พริกแกงแดง หลังจากนั้นนำพริกแกงแดงปริมาณ 50 กรัม ใส่ในถาดฟอยล์ขนาด 10 x 15 x 3 เซนติเมตร และอบแห้งพริกแกงโดยแปรอุณหภูมิ 3 อุณหภูมิ ได้แก่ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส (นภาพร, 2556) ระยะเวลา 9 ชั่วโมง วิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่ ความชื้น (AOAC, 1995) water activity (a_w) และค่าสี วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยวิธีมาตรฐาน BAM ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อรา วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบทดสอบความชอบ (5-point Hedonic Scale) จำนวน 20 คน มีประสบการณ์ในการรับประทานอาหารที่มีพริกแกงแดงเป็นส่วนประกอบ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นในตัวอย่างที่นำมาศึกษา ได้แก่ พริกชี้ฟ้า หอมแดง กระเทียม ตะไคร้ ใบมะกรูด และข่า มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 4.55, 4.98, 4.69, 6.46, 6.28 และ 6.14 log cfu/g ตามลำดับ ปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.15, 4.08, 3.15, 6.17, 5.87 และ 5.78 log cfu/g ตามลำดับ และมีปริมาณเชื้ออีโคไลเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.15, 3.00, 0.00, 3.45, 3.15 และ 0.00 log cfu/g ตามลำดับ การที่ตัวอย่างมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นสูงอาจเกิดจากการปนเปื้อนจากดิน หรือฝุ่น เกาะอยู่บริเวณพื้นผิวของวัตถุดิบระหว่างการเก็บเกี่ยว และกระบวนการล้างไม่ทั่วถึง ทำให้ไม่สามารถกำจัดเชื้อได้หมด (Ssemanda และคณะ, 2018) ดังนั้นเมื่อนำวัตถุดิบมาศึกษาเพื่อเปรียบเทียบวิธีการล้าง พบว่า การล้างทุกสภาวะสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และอีโคไลได้ (Figure 1) แต่การล้างวัตถุดิบด้วย $KMnO_4$ เข้มข้น 25 ppm ระยะเวลา 15 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้สูงสุด โดยพริกชี้ฟ้า หอมแดง กระเทียม ตะไคร้ ใบมะกรูด และข่า มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงเฉลี่ย 1.40, 1.98, 1.69, 1.06, 1.61 และ 3.14 log cfu/g ตามลำดับ ซึ่ง $KMnO_4$ เป็นสารออกซิไดซ์ มีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ โดยจะทำให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย เกิดการแตกออกของเยื่อหุ้มเซลล์ และเชื้อจุลินทรีย์จะตายลง รวมไปถึงยังทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีน จึงส่งผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (วรรณพร, 2558) และสารทำความสะอาด เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นสารที่มีความเป็นด่าง ส่งผลทำให้โครงสร้างโปรตีน และลิปิดเสียสภาพ นอกจากนี้โครงสร้างโมเลกุลของโซเดียมไบคาร์บอเนตประกอบด้วยหมู่ OH^- ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยากับลิปิดได้ โดยเฉพาะเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เซลล์บริเวณผิวหน้าถูกทำลาย (วรรณพร, 2558)

ผลการศึกษาการอบเครื่องพริกแกงแดงด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 9 ชั่วโมง พบว่า ในช่วงเริ่มแรกของการอบแห้งเปอร์เซ็นต์ความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของเครื่องพริกแกงแดงลดลงอย่างรวดเร็ว และค่อยๆ ลดลง แล้วคงที่ในที่สุด ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ นภาพร (2556) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิต และคุณภาพของพริกแกงเผ็ดอัดก้อน อบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ด้วย Tray dryer พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นมีอัตราลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มแรกในการอบแห้ง เมื่อระยะเวลาผ่านไปหลังจากนั้นค่อยๆ ลดลงแล้วคงที่ในที่สุด ซึ่งระยะเวลาในการอบแห้งมากจะยิ่งทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้น และปริมาณน้ำอิสระน้อยลง เนื่องจากเมื่อลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหารที่เปียก น้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอถูกพัดพาไป โดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ และค่อยๆ ลดต่ำลง เมื่อความดันไอด้านในของอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง (วิไล, 2557) โดยงานวิจัยนี้สภาวะในการอบแห้งที่เหมาะสม คือ พริกแกงแดงอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 7 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำพริกแกงแห้ง มผช.734/2548 ได้มีการระบุความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 ปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.6 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน $1x10^4$ cfu/g และเชื้อรา ไม่เกิน 100 cfu/g ผลการทดลองผลิตภัณฑ์พริกแกงแดงอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย 11.86±0.65 ปริมาณน้ำอิสระเฉลี่ย คือ 0.51±0.00 ค่า L*, a*, b* เฉลี่ย คือ 25.84, 16.93 และ 13.27 ตามลาดับ มีค่า Hue เฉลี่ย คือ 38.08 แสดงว่ามีสีค่อนไปในทางสีแดงส้ม อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 7 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย 9.58±0.68 ปริมาณน้ำอิสระเฉลี่ย คือ 0.50±0.01 ค่า L*, a*, b* เฉลี่ย คือ 30.08, 18.62 และ 17.93 ตามลาดับ มีค่า Hue เฉลี่ย คือ 43.91 แสดงว่ามีสีค่อนไปในทางสีแดง และอุณภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย 11.59±0.48 ปริมาณน้ำอิสระเฉลี่ย คือ 0.37±0.01 ค่า L*, a*, b* เฉลี่ย คือ 29.41, 15.79 และ 15.16 ตามลาดับ มีค่า Hue เฉลี่ย คือ 43.83 แสดงว่ามีสีค่อนไปในทางสีแดง โดยพริกแกงแดงอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง และ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน แต่อุณหภูมิ 80 องซาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำอิสระต่ำสุด และค่าสี Hue ในตัวอย่างอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส 7 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับตัวอย่างที่อบแห้งอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ที่ให้สีคล่ำลง นอกจากนี้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของพริกแกงแดงอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 7 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณเชื้อราเฉลี่ย $<1x10^3$ และ$<3.0x10^2$ ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำพริกแกงแห้ง มผช.734/2548 ที่ได้มีการระบุไว้ แต่อุณหภูมิอบแห้งพริกแกงแดง 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่ดีที่สุด เนื่องจากมีการได้รับคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบมากที่สุด คือ 4.65±0.31

สรุปผล

สภาวะการล้างวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์พริกแกงแดง เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อโคลิฟอร์ม (Coliform spp.) และเชื้ออีโคไล (*E.coli*) ดีที่สุด คือ การล้างวัตถุดิบด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) 25 ppm เป็นเวลา 15 นาที ส่วนการอบแห้งเครื่องพริกแกงแดงผงที่เหมาะสมที่สุด คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระต่ำสุด ความชื้น ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช.734/2548

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากร เพื่อการวิจัย และพัฒนาสำหรับภาคอุตสาหกรรม ประจำปี 2560 สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และนายธีระวุธ ศิริทองนภา กรรมการผู้จัดการ บริษัท ด.เด็กกินผัก จำกัด

เอกสารอ้างอิง

ธนิษฐา ทองมาเอง. 2554. การพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งสาหรับการตรวจนับเชื้อ *Clostridium perfringens* ในกะปิพริกแกงและน้ำพริก. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นภาพร ก้อนมณี. 2556. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพของพริกแกงเผ็ดอัดก้อน. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรรณพร ศรีสุคนธรัตน์. 2558. สารต้านเชื้อจุลินทรีย์ ที่ใช้ในบ้านเรือน หรือทางสาธารณสุข. กรุงเทพฯ : กลุ่มพัฒนาระบบวัตถุอันตราย สำนักควบคุมเครื่องสาอาง และวัตถุอันตรายสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.

วิไล รังสาดทอง. 2557. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สมภพ อยู่เอ. 2558. ผลของโอโซนต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย. วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2558, 365-381.

สุดสายชล หอมทอง และนันทวัน กรัตพงศ์. 2552. ผลของน้ำส้มสายชู กรดซิตริก และโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อการลดลงของ *Salmonella Typhimurium* บนใบสะระแหน่. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 14 : 18-25.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2548. น้ำพริกแกงแห้ง. มผช.734-2548.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2556. น้ำพริกแกง. มผช, 129-2556.

AOAC, 1995, Official Methods of Analysis 16th Ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. USA.

Bacteriological Analytical Manual, 2001, [online]. Aerobic Plate Count, Available Source: https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-aerobic-plate-count, August 20, 2019.

Bacteriological Analytical Manual, 2001, [online], Yeasts, Molds and Mycotoxins, Available Source: https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-yeasts-molds-and-mycotoxins, August 20, 2019.

Bacteriological Analytical Manual, 2002, [online], Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria, Available Source: https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliform-bacteria, August 20, 2019.

Muqbil, I., Burke, F.J., Miller, C.H. and Palenik. C.J., 2005, Antimicrobial Activity of Ultrasonic Cleaners, Journal of Hospital Infection, 60: 249-255.

Sapers, G.M., 2009, Chapter 16-disinfection of Contaminated Produce with Conventional Washing and Sanitizing Technology, In Sapers G.M., E.B. Solomon, and K.R. Matthews (Eds.), The Produce Contamination Problem (pp. 393-424), San Diego: Academic Press.

Ssemanda, J.N., Joosten, H., Bagade, M.C., Zwietering, M.H. and Reij, M.W., 2018, Reduction of Microbial Counts During Kitchen Scale Washing and Sanitization of Salad Vegetables, Food Control, 85: 495-503.

Soriano, J.M., Rico, H., Molto, J.C. and Manes, J., 2000, Assessment of the Microbiological Quality and Wash Treatments of Lettuce Served in University Restaurants, International Journal of Food Microbiology, 58(1-2): 123-128.

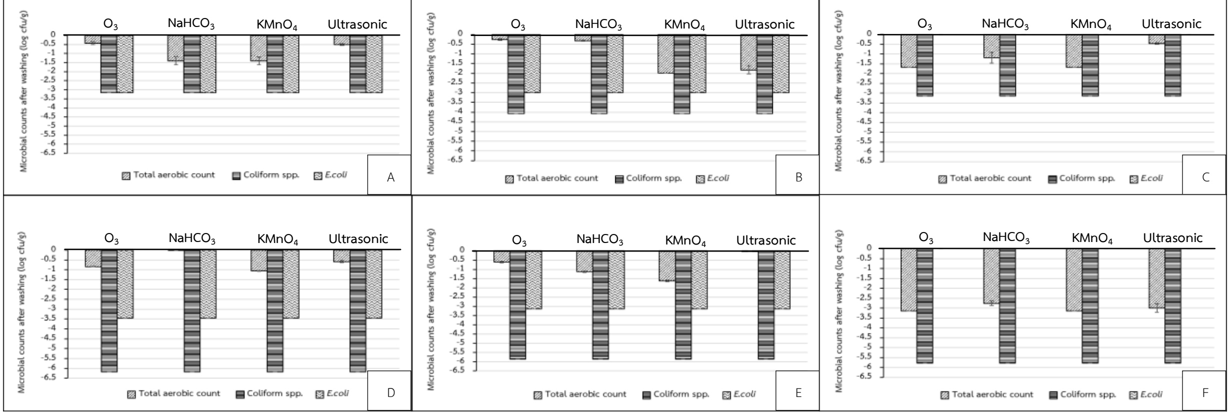


Figure 1 Microbial counts reduction due to washing of (A) goat pepper, (B) red onion, (C) garlic, (D) Lemongrass, (E) kaffir lime leave and (F) galangal.

การควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกระเทียมสดแบบบดหยาบด้วย Food additives
Microbial Control and Browning Protection of Coarse Grinding Garlic by Food Additives

กัลยา ศรีพงษ์[1] ขวัญกมล เกตุแก้ว[1] ทันวลี ศรีนนท์[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] ประกายดาว ยิ่งสง่า[3] Mao Seoka[4] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2]
Sripong, K.[1], Ketkaew, K.[1], Srinon, T.[1], Uthairatanakij, A.[1,2], Yingsanga, P.[3], Seoka, M.[4] and Jitareerat, P.[1,2]

Abstract

The aim of this research was to study the effects of food additives on reducing microbial contamination and browning of coarse grinding garlic. The samples were peeled, washed and then dipped in 1.5% and 3% of potassium sorbate (PS) or 1.5% and 3% of calcium carbonate (CCB) for 5 min. Afterward, the samples were dried and ground using a blender. The sample dipped in distilled water was the control. All of the samples were packed in a foam tray, sealed with polyvinylchloride (PVC) film and kept at 4 °C for 12 days. Results found that dipping with 1.5% and 3% of PS and CCB could reduce microbial contamination, especially dipping with 3% PS. In addition, 3% PS could delay browning, delay color changes, and it's resulting to the highest of overall acceptance score and decreased the activity of polyphenol oxidase (PPO), but did not affect to the total phenolic content.

Keywords: garlic, browning, potassium sorbate, calcium carbonate

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ food additives ต่อการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และชะลอการเกิดสีน้ำตาลในกระเทียมสดแบบบดหยาบ ทำโดยนำกระเทียมมาปอกเปลือก ล้างด้วยน้ำประปา แล้วนำมาแช่ในสารละลาย potassium sorbate (PS) หรือ สารละลาย calcium carbonate (CCB) ความเข้มข้น 1.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที ผึ่งกระเทียมให้แห้ง นำไปบดด้วยเครื่องปั่น บรรจุกระเทียมบดในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม polyvinylchloride (PVC) กระเทียมที่ผ่านการแช่ในน้ำกลั่นใช้เป็นชุดควบคุม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่าสารละลาย PS และ CCB ความเข้มข้น 1.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยเฉพาะสารละลาย PS ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด และพบว่าสารละลาย PS ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ มีผลชะลอการเกิดสีน้ำตาล ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี ส่งผลให้กระเทียมมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูง นอกจากนี้ยังส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ลดลง แต่ไม่มีผลต่อปริมาณของสารประกอบฟีนอล

คำสำคัญ: กระเทียม การเกิดสีน้ำตาล แคลเซียมคาร์บอเนต โปรแตสเซียมซอร์เบท

คำนำ

เมนูอาหารไทยส่วนมากนิยมใช้กระเทียมเป็นองค์ประกอบในการปรุงอาหารเพื่อให้ได้กลิ่นรส ซึ่งปัจจุบันมีการใช้กระเทียมในแต่ละวันเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะในร้านอาหาร เช่น ร้านสุกี้ ร้านจิ้มจุ่ม ร้านหมูกระทะ ร้านขายอาหารตามสั่ง โดยร้านอาหารส่วนใหญ่ต้องการความสะดวกและรวดเร็ว จึงไม่ต้องการเสียเวลาในการเตรียมล้าง สับ บด หรือหั่นกระเทียมสด ทำให้ในปัจจุบันเกิดธุรกิจการผลิตกระเทียมสดชนิดบดหยาบขึ้นมาจำหน่าย ปัญหาหลักของการผลิตกระเทียมสดชนิดบดหยาบคือ 1) การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในขบวนการผลิต ซึ่งมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพลดลง และมีอายุการเก็บรักษาหรือการใช้งานสั้นลง นอกจากนี้การบริโภคอาหารที่ใส่กระเทียมสดบดหยาบโดยตรงโดยที่ไม่ได้ผ่านความร้อนนั้นอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้หากกระเทียมนั้นมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค 2) การเกิดสีน้ำตาลหลังจากที่กระเทียมสดผ่านการบดหรือสับ เนื่องจาก

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] Division of Postharvest Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand
[3] สาขาเทคโนโลยีการจัดการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เขตบางเขน กรุงเทพ 10220
[3] Division of Agricultural Management Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bang Khen, Bangkok 10220, Thailand
[4] Faculty of Agriculture, Shizuoka University, 836 Ohya, Suruga-Ku, Shizuoka 422-8529, Japan

การบดหรือสับกระเทียมมีผลทำให้เซลล์พืชได้รับความเสียหาย ทำให้สารประกอบฟีนอลรั่วไหลออกมาทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) โดยมีออกซิเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสาร O-quinone และเมื่อรวมตัวกับสารประกอบอื่นๆ ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลขึ้น (Namiki, 1988) ทำให้กระเทียมบดมีลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ ซึ่งวิธีในการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดสีน้ำตาลในผักพร้อมบริโภคหรือพร้อมปรุงนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การลวกด้วยน้ำร้อนก่อนการแปรรูป การใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ การใช้กรดอินทรีย์ และการใช้สารปรุงแต่งอาหาร (Altunkaya และ Gokmen, 2009) เป็นต้น

การใช้สารปรุงแต่งอาหาร (Food additive) ซึ่งเป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงรสชาติ เนื้อสัมผัส ปรับ pH ของอาหาร และสามารถควบคุมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดยที่ไม่ส่งผลต่อรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร เช่น potassium sorbate (PS) และ calcium carbonate (CCB) ซึ่งเป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดย PS มีผลทำให้แรงดันภายในเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ลดลงและมีผลทำให้เซลล์ได้รับความเสียหายและตายในที่สุด (Ilhan และคณะ, 2006) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ PS และ CCB ต่อการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และลดการเกิดสีน้ำตาลในกระเทียมสดแบบบดหยาบ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำกระเทียมจีนที่ซื้อจากห้างสรรพสินค้ามาปอกเปลือก ล้างด้วยน้ำประปา แล้วนำกลีบกระเทียมมาแช่ในสารละลาย PS (Sigma Aldrich, Germany) ความเข้มข้น 1.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที หรือ สารละลาย CCB (Sigma Aldrich, Germany) 1.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที จากนั้นผึ่งกระเทียมให้แห้ง และนำไปบดหยาบด้วยเครื่องปั่นผักผลไม้ (Bosch, E-Nr: MMB 2001/10) จนได้กระเทียมแบบบดหยาบ แล้วบรรจุกระเทียมในถาดโฟม ขนาด 9 x 9 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว) ถาดละ 50 กรัม หุ้มด้วยฟิล์มยืดชนิด PVC ความหนา 10 ไมโครเมตร กระเทียมสดที่ผ่านการแช่ในน้ำกลั่นใช้เป็นชุดควบคุม เก็บรักษากระเทียมบดทุกทรีตเมนต์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน แต่ละทรีทเมนต์มี 4 ซ้ำ (ถาด) และทำการสุ่มเก็บตัวอย่างในวันที่ 0 3 6 9 และ 12 ของการเก็บรักษา เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้วิธี Spread plate ในอาหาร Plate Count Agar (PCA) สำหรับเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด และ Eosin Methylene Blue Agar (EMB) สำหรับเชื้อโคลิฟอร์ม และวิเคราะห์คุณภาพของกระเทียมบด ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงค่าสี (b* และ Hue angle) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-300 การเกิดสีน้ำตาล โดยการประเมินจากผู้ที่ผ่านการฝึกอบรม (5 = เกิดสีน้ำตาลมากกว่า 50% และ 1 = ไม่เกิดสีน้ำตาล) การยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค (5 = ชอบมากที่สุด และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) กิจกรรมเอนไซม์ PPO (Chen และคณะ, 2013) และ ปริมาณสารประกอบฟีนอล (Singleton และ Rossi, 1965) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)*

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลของสารละลาย PS และ CCB ต่อการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

การแช่กระเทียมในสารละลาย PS และ CCB ความเข้มข้น 1.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด และเชื้อโคลิฟอร์มลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกระเทียมที่แช่ในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) (Figure 1A-1B) ทั้งนี้เนื่องจากสารละลาย PS และ CCB มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกซิเดชั่นกรดไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรีย เช่น เอนไซม์ dehydrogenase และ succinic dehydrogenase เป็นต้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรีย สูญเสียความสามารถในการควบคุมการผานเข้าออกของสารตางๆ ภายในเซลล์ (Sofos และคณะ, 1986) และยังมีผลทำใหเอนไซมที่สำคัญตอการอยูรอดของเชื้อแบคทีเรีย เช่น Acetyl-CoA และ phosphoenolpyruvate สูญเสียกิจกรรมไป (Liewen และ Marth, 1985) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการใช้สารละลาย PS และ CCB ทำให้ค่า pH ของอาหารลดลง ซึ่งจัดเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

2. ผลของ PS และ CCB ต่อคุณภาพของกระเทียมสดแบบบดหยาบ

กระเทียมบดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลของกระเทียมบดมีสาเหตุมาจากการบดหรือสับกระเทียม ส่งผลให้เนื้อเยื่อที่ห่อหุ้มโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลถูกทำลาย ทำให้สารประกอบฟีนอลรั่วไหลออกมาทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ PPO โดยมีออกซิเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารตัวกลางที่ทำให้เกิดสีคือ O-quinone รวมตัวเป็นสารประกอบโมเลกุลใหญ่ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลขึ้น (Namiki, 1988) การแช่กระเทียมในสารละลาย PS ความเข้มข้น 1.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ และ CCB ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลของกระเทียมบดได้ (Figure 2A) ส่งผลให้กระเทียมบดที่ผ่านการแช่ในสารละลาย PS ความเข้มข้น 1.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ และ CCB ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนน

การยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคสูง (Figure 2B) และพบว่าสารละลาย PS และ CCB ความเข้มข้น 1.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า b* และ Hue angle ได้เมื่อเปรียบเทียบกับกระเทียมบดในชุดควบคุม (Figure 3A-3B) การลดการเกิดสีน้ำตาลของกระเทียมบดสอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ซึ่งพบว่าการแช่กระเทียมในสารละลาย PS ความเข้มข้น 1.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO (Figure 4A) ส่งผลให้กระเทียมบดเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากสารละลาย PS มีผลทำให้ค่า pH ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ PPO (Abbott และ Buta, 2001) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Abbott และ Buta, (2001) และ González-Aguilar และคณะ (2000) พบว่าการใช้สารละลาย PS ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ สามารถลดการเกิดสีน้ำตาล ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี และรักษาความแน่นเนื้อของลูกแพร์และมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค อย่างไรก็ตาม การแช่กระเทียมในสารละลาย PS และ CCB ความเข้มข้น 1.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลของกระเทียมบดเมื่อเปรียบกับชุดควบคุม (Figure 4B)

สรุปผล

การแช่กระเทียมในสารละลาย PS ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในกระเทียมบดได้ดีที่สุด รวมทั้งสามารถรักษาคุณภาพของกระเทียมบดในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีผลช่วยลดการเกิดสีน้ำตาล ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี ลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ส่งผลให้กระเทียมบดมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูง แต่ไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอล

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยจากทุนบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม ประจำปี 2562

เอกสารอ้างอิง

Abbott, J.A. and Buta, J.G., 2001, Effect of Anibrowning Treatment on Color and Firmness of Fresh Cut Pears, Journal of Food Quality, 25: 333-341.

Altunkaya, A. and Gokmen, V., 2009, Effect of Various Anti-browning Agents on Phenolic Compounds Profile of Fresh Lettuce (*L. sativa*), Food Chemistry, 117: 122-126.

Chen, Y., Wang, H., Xu, Y., Wu, J. and Xiao, G., 2013, Effect of Treatment with Dimethyl Dicarbonate on Microorganisms and Quality of Chinese Cabbage, Postharvest Biology and Technology, 76: 139-144.

González-Aguilar, G.A., Wang, C.Y. and Buta, J.G., 2000, Maintaining Quality of Fresh-cut Mangoes Using Antibrowning Agents and Modified Atmosphere Packaging, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(9): 4204-4208.

Ilhan, K., Arslan, U. and Karabulut, O.A., 2006, The Effect of Sodium Bicarbonate Alone or Combination with a Reduced Dose of Tebuconazole on the Control of Apple Scab, Crop Protection, 25: 963-967.

Liewen, M.B. and Marth, E.H., 1985, Growth and Inhibition of Microorganisms in the Presence of Sorbic acid: A Review, Journal of Food Protection, 48: 346-375.

Namiki, M., 1988, Chemistry of Millard Reaction: Recent Studies on the Browning Reaction Mechanism and the Development of Antioxidants and Mutagens, Advance Food Reservation, 32: 115-184.

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

Sofos, J.N., Pierson, M.D., Blocher, J.C. and Busta, F.F., 1986, Mode of Action of Sorbic Acid on Bacterial Cells and Spores, International Journal of Food Microbiology, 3: 1-17.

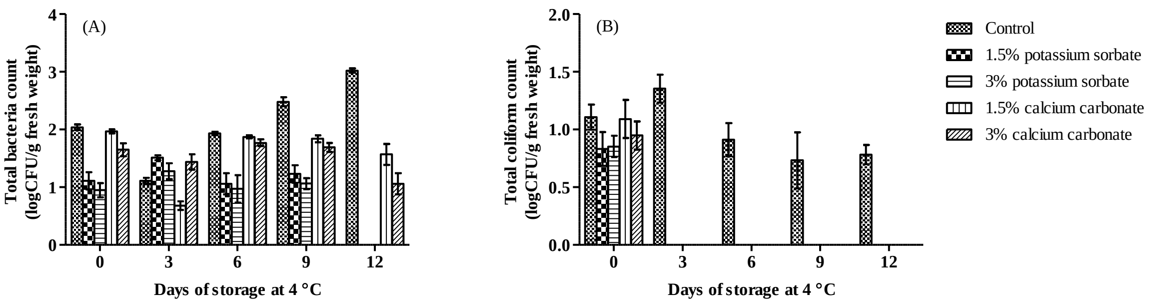


Figure 1 Total bacteria (A) and total coliforms (B) of coarse grinding garlic were immersed in 1.5 and 3% of potassium sorbate and calcium carbonated during storage at 4°C for 12 days. The sample immersed in distilled water was used as the control.

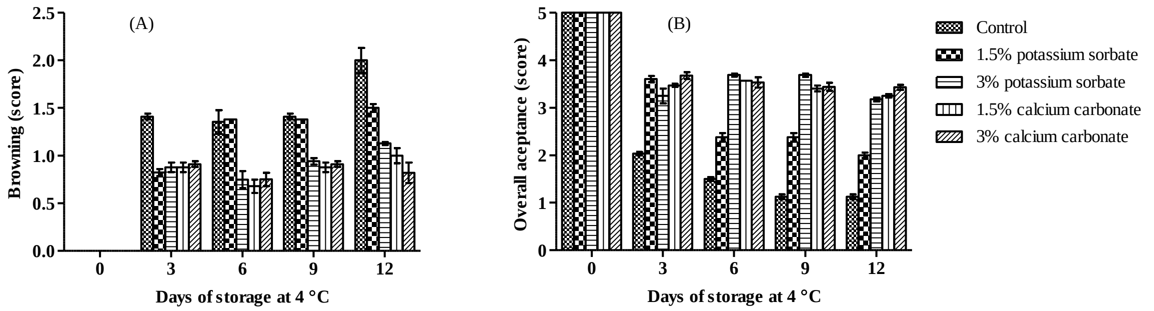


Figure 2 Browning (A) and overall acceptance (B) of coarse grinding garlic were immersed in 1.5 and 3% of potassium sorbate and calcium carbonated during storage at 4°C for 12 days. The sample immersed in distilled water was used as the control.

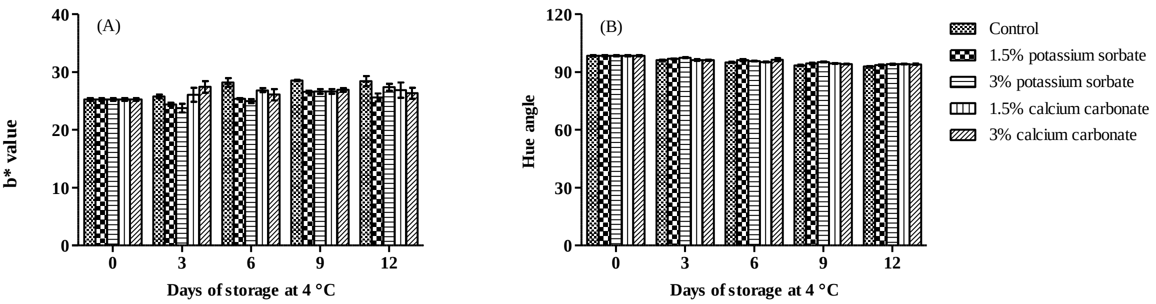


Figure 3 b* value (A) and Hue angle (B) of coarse grinding garlic were immersed in 1.5 and 3% of potassium sorbate and calcium carbonated during storage at 4°C for 12 days. The sample immersed in distilled water was used as the control.

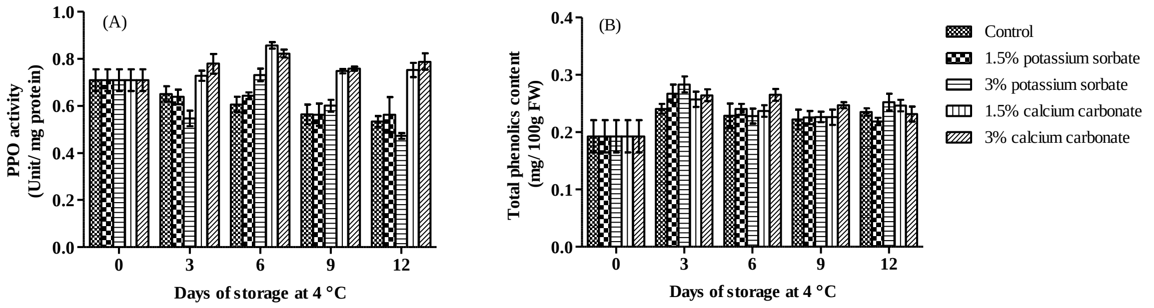


Figure 4 PPO activity (A) and total phenolics content (B) of coarse grinding garlic were immersed in 1.5 and 3% of potassium sorbate and calcium carbonated during storage at 4°C for 12 days. The sample immersed in distilled water was used as the control.

การเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากก้านผักตบชวาด้วยกรดและน้ำกลั่น
Comparison of Methods for Extracting Pectin from Water Hyacinth Stems with Acid and Distilled Water

พัทธ์ธีรา ตั้งอรุณสันติ[1] ปียนันท์ น้อยรอด[1] และ ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร[1]
Tangaroonsanti, P.[1], Noirod, P.[1] and Techavuthiporn, C.[1]

Abstract

The aim of this research was to compare between the extraction method of pectin from water hyacinth with hydrochloric acid and distilled water. This was executed by separating parts of stem of water hyacinth to examine by observing the temperature used for extraction at 65 and 80 °C for 60 min. Subsequently, results were found that the physical characteristics of pectin extracted from water hyacinth stem gave yellowish brown to dark brown color. The %yield of extraction from water hyacinth stems with hydrochloric acid at 80 °C gave the highest percentage about 1.42%. Also, the chemical property of the extracted pectin was analyzed. Extracted with hydrochloric acid at 80 °C showed the highest amount of methoxyl group was 87.50±0.00 classifying as high methoxyl pectin (HMP) and the content of galactoronic acid was 0.80%. In conclusion, extraction with hydrochloric acid had higher efficient pectin extraction than that of with distilled water.

Keywords: Water hyacinth, Pectin, Methoxyl, Galacturonic acid

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากก้านผักตบชวาด้วยกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่น โดยศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดที่ 65 และ 80 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการสกัด 60 นาที ลักษณะทางกายภาพของเพคตินที่สกัดได้ให้สีน้ำตาลอมเหลืองถึงสีน้ำตาลเข้ม ร้อยละผลผลิต (%yield) ของเพคตินที่สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสให้ผลผลิตมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ1.42 จากการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเพคตินที่สกัดได้ พบว่า การสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณเมทอกซิลมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 87.50±0.00 ซึ่งจัดเป็นชนิด High methoxyl pectin (HMP) และมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 0.80 โดยวิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดให้ประสิทธิภาพในการสกัดเพคตินสูงกว่าวิธีการสกัดด้วยน้ำกลั่น

คำสำคัญ: ผักตบชวา เพคติน เมทอกซิล กรดกาแลคทูโรนิก

คำนำ

เพคติน (Pectin) เป็นโพลีเมอร์สายยาวของกรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง α - (1-4) โดยสามารถพบเพคตินได้ในผลไม้ดิบหรือห่าม นิยมนำสารเพคตินไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา เช่น ใช้เป็นสารที่ก่อให้เกิดเจล (gelling agent) ใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด (thickening agent) และใช้เป็นสารเคลือบผักผลไม้ (coating agent) (กนกพร สังขรักษ์ และคณะ, 2554) ใช้ในการผลิตอาหารประเภทเจล เยลลี่ และอาหารเสริมต่าง ๆ รวมทั้งการใช้ในเครื่องสำอาง โดยส่วนใหญ่การผลิตเพคตินอยู่ในต่างประเทศ จึงจำเป็นต้องนำเข้า ทำให้ในประเทศไทยเกิดการวิจัยและพัฒนาเพคตินขึ้นจำนวนมาก มีการศึกษาหาปริมาณเพคตินในพืชหรือผลไม้ชนิดต่าง ๆ ตามความต้องการของอุตสาหกรรมอาหารเพิ่มมากขึ้น และมีการนำวัตถุดิบของเหลือใช้จำพวกเปลือกผลไม้ เศษของผักผลไม้ที่สามารถนำมาสกัดเพคติน โดยมีรายงานการศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกผลไม้หรือพืชต่าง ๆ ได้แก่ เปลือกส้มโอ (ฉัตรชัย สังข์ผุด และคณะ, 2548; วัชระ เวียงแก้ว, 2549) ใบเครือหมาน้อย (พรประภา ชุนถนอม, 2556) ฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู (องอาจ เด็ดดวง, 2553) เศษผักกาดขาวเหลือทิ้ง (กนกพร สังขรักษ์ และคณะ, 2554) และเปลือกตาลดิบ (ศิวะเทพ เรืองพรหม และคณะ, 2557) เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ต.บางโฉลง อ.บางพลี สมุทรปราการ 10540
[1] Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, HuachiewChalermprakiet University, Bang Chalong, Bang Plee, SamutPrakan, 10540.

สนใจศึกษาการสกัดเพคตินจากผักตบชวา เพราะมีการเจริญเติบโตอยู่เป็นจำนวนมากในแม่น้ำหรือลำคลอง ทำให้เกิดปัญหาในการสัญจร การแย่งน้ำและอากาศจากพืช จึงเป็นสิ่งที่ต้องนำมากำจัดและดัดแปลงวัตถุดิบเพื่อให้เกิดผลสูงสุด (อมรรัตน์ สีสุกอง และคณะ, 2551) โดยในการทดลองส่วนใหญ่ใช้กรดชนิดต่าง ๆ เช่น กรดไฮโดรคลอริก (ธานุวัฒน์ ลาภตันสุภผล และคณะ, 2556; ชินานาฏ วิทยาประภากร และคณะ, 2557; ธนาวรรณ สุขเกษม และคณะ, 2559) กรดไนตริก (พันธุ์เลิศ พรหมสาขา ณ สกลนคร และคณะ, 2560) และกรดซัลฟิวริก (ดุลย์จิรา สุขบุญญสถิต และคณะ, 2561) เป็นต้น จากงานวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยเลือกใช้กรดไฮโดรคลอริก เนื่องจากงานวิจัยส่วนใหญ่การสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกให้ปริมาณเพคตินมากที่สุด เพราะเป็นโมเลกุลขนาดเล็กสามารถปรับค่า pH ที่เหมาะสมในช่วง 3 – 4 จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นสารสกัดเพคตินมากกว่ากรดชนิดอื่น (ชินานาฏ วิทยาประภากร และคณะ, 2557) แต่การสกัดโดยใช้กรดอาจทำให้เกิดสารเคมีตกค้าง ซึ่งมีงานวิจัยที่ใช้น้ำกลั่นในการสกัดเพคติน (ธานุวัฒน์ ลาภตันสุภผล และคณะ, 2556; สุนันท์ วิทิตสิริ, 2557; เพ็ญวรัตน์ พันธ์ภัทรชัย และคณะ, 2560) ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่ลดอันตรายจากการใช้สารเคมี ลดค่าใช้จ่ายและลดของเสีย สามารถนำไปใช้งานด้านอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น จึงศึกษาผลของการเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่น นอกจากนี้อุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยสำคัญในการสกัด ซึ่งการใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม สามารถทำให้ปริมาณการสกัดเพิ่มขึ้น จากงานวิจัยต่าง ๆ พบว่ามีการศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัดในช่วง 30 – 90 นาที พบว่างานวิจัยส่วนมากใช้เวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินที่เวลา 60 นาที (ธานุวัฒน์ ลาภตันสุภผล และคณะ, 2556; สุนันท์ วิทิตสิริ, 2557) และจากผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าเมื่อทำการสกัดที่เวลา 90 นาที ทำให้สีของเพคตินที่ได้มีสีเข้ม (ดุลจิรา สุขบุญญสถิตย์ และคณะ, 2561) และใช้อุณหภูมิในการสกัดช่วง 60 – 100 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิสูงปริมาณผลผลิตในการสกัดมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อทำการสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณผลผลิตในการสกัดจะน้อย เนื่องจากความร้อนและอุณหภูมิสูงส่งผลให้โครงสร้างของเพคตินถูกทำลาย (ธนาวรรณ สุขเกษม และคณะ, 2559) และการศึกษาปริมาณเมทอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกที่ได้จากการสกัด สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งเกรดของเพคตินได้ตามระดับของเอสเทอริฟิเคชัน (degree of esterification) โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลสูง (high methoxyl pectin, HMP) สามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น แยม เยลลี่ เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายข้นหนืด แต่ไม่เกิดเจลและต้องมีการเติมน้ำตาลปริมาณร้อยละ 60 – 65 ใช้ได้ในสารละลายที่มีค่า pH ช่วง 2 – 3.5 และเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ (low methoxyl pectin, LMP) สามารถเกิดเจลได้ดีและรวดเร็วกว่าชนิดแรก (สุธิดา ทองคำ และคณะ, 2555; สุนันท์ วิทิตสิริ, 2557) จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง งานิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่นจากผักตบชวา โดยใช้เวลาในการสกัดที่ 60 นาที และอุณหภุมิ 65 และ 90 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์และวิธีการ

นำก้านผักตบชวามาล้างทำความสะอาดและหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปบดให้ละเอียด เก็บใส่ถุงปิดให้มิดชิด (ดัดแปลงจาก อดิศักดิ์ สินโสภาและคณะ, 2557) ขั้นตอนการสกัดเพคติน ดังนี้ ชั่งก้านผักตบชวาแห้ง 10 กรัม เติมสารสกัด (สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์ หรือน้ำกลั่น) และนำมาต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 65 และ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการสกัด 60 นาที (ดุลจิรา สุขบุญญสถิต และคณะ, 2561) นำมากรองขณะที่ร้อน และตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปตกตะกอนด้วยเอทานอลที่เย็นจัด แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศและตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำเพคตินที่สกัดได้มาบด และชั่งน้ำหนักแล้วเก็บใส่ถุงปิดสนิท

ขั้นตอนการหาปริมาณเมทอกซิล ดังนี้ ชั่งเพคตินที่สกัดได้มาบดละเอียด เติมเอทานอล ละลายด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันและใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ บันทึกปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ครั้งที่ 1 หลังจากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติมสารละลายไฮโดรคลอริก ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าจนสีชมพูหายไป หยดอินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน แล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนสีชมพูเริ่มปรากฏ แล้วบันทึกผลของปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ครั้งที่ 2 คำนวณหาค่า degree of esterification (DE) ขั้นตอนการหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก โดยการสร้างกราฟมาตรฐานและวิเคราะห์ตัวอย่างเพคตินที่สกัดได้ โดยชั่งน้ำหนักเพคตินที่กัดได้ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ปิเปตสารละลาย ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่น หลังจากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายคาร์บาซอล และสารละลายกรดซัลฟิวริก เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 25 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (ดัดแปลงจาก ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล และคณะ, 2556)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะทางกายภาพของเพคตินที่สกัดจากก้านผักตบชวา โดยวิธีการสกัดด้วยน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส โดยวิธีการสกัดด้วยน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส มีสีของเพคตินสีที่อ่อนกว่าวิธีการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งมีสีน้ำตาลอมเหลืองไปถึงสีน้ำตาลเข้ม มีสีของเพคตินสีที่อ่อนกว่าวิธีการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งมีสีน้ำตาลอมเหลืองไปถึงสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งสีของเพคตินที่สกัดได้จากก้านผักตบชวายังมีสีที่เข้มกว่าเพคตินทางการค้า อาจทำการฟอกสีโดยใช้สารเคมี เช่น ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ แล้วปรับค่า pH ให้เป็นกลาง

การวิเคราะห์หาปริมาณผลผลิตร้อยละเพคตินที่สกัดได้ โดยการนำก้านผักตบชวา มาชั่งน้ำหนักแห้งเริ่มต้น เมื่อนำมาสกัดเพคตินด้วยกรดไฮโดรคลอริก และน้ำกลั่น และนำมาอบแห้ง ทำการคำนวณหาผลผลิตร้อยละของเพคตินที่สกัดจากก้านผักตบชวา พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่น สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลผลิตร้อยละของเพคตินที่สกัดได้สูงกว่าที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยผลผลิตร้อยละของเพคตินที่สกัดจากก้านผักตบชวา ที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่ามากที่สุด คือ 1.42 และผลผลิตร้อยละของเพคตินที่สกัดจากก้านผักตบชวาที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำสุด คือ 0.41

การวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิลของเพคตินที่สกัดได้ โดยปริมาณเมทอกซิลสามารถแบ่งชนิดเพคตินได้ 2 ชนิด คือ เพคตินที่มีเมทอกซิลสูง (high methoxyl pectin) และเพคตินที่มีเมทอกซิลต่ำ (low methoxyl pectin) โดยเพคตินชนิดที่มีปริมาณเมทอกซิลสูงจะมีค่า DE มากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งสามารถเกิดเจลได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ร้อยละ 55-65 ผลการรทดลอง พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณเมทอกซิล (DE) สูงสุด (87.50±0.00%) และเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีปริมาณเมทอกซิล (DE) ต่ำสุด (71.43±0.12%)

จากการทดลองหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกที่สกัดจากก้านผักตบชวา โดยทำการคำนวณจากการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดกาแลคทูโรนิกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เทียบกับค่าการดูดกลืนแสง ได้สมการเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R^2 = 0.9985 ทำการคำนวณหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกที่สกัดจากก้านผักตบชวา พบว่า ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกที่สกัดจากก้านผักตบชวาด้วยกรดไฮโรคลอริกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีร้อยละกรดกาแลคทูโรนิกสูงสุด เท่ากับ 0.80% (v/v) โดยผลการทดลองสอดคล้องกับการหาปริมาณเมทอกซิล คือ เพคตินที่สกัดจากก้านผักตบชวาที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณเมทอกซิล และกรดกาแลคทูโรนิกมากที่สุด

สรุปผล

จากการศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากก้านผักตบชวาด้วยวิธีการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 65 และ 80 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าลักษณะทางกายภาพของเพคตินที่สกัดได้มีสีน้ำตาลอมเหลืองถึงสีน้ำตาลเข้ม การคำนวณปริมาณผลผลิตร้อยละของเพคตินที่สกัดได้พบว่าเพคตินที่สกัดจากก้านผักตบชวาด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณร้อยละของเพคตินมากที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 1.42 โดยเมื่อทำการสกัดเพคตินด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิสูงทำให้มีปริมาณร้อยละผลผลิตมากที่สุด การวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิล (DE) เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความสามารถในการก่อเจลของเพคติน พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่า DE เท่ากับ 87.50±0.00 ซึ่งสูงกว่าเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น โดยเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิสูงทำให้มีค่า DE สูง และพบว่าปริมาณเมทอกซิลที่ได้เป็นชนิด High methoxyl pectins (HMP) คือมีค่า DE มากกว่าร้อยละ 50 สามารถเกิดเจลที่มีความคงตัวความหนืดสูง สามารถนำไปใช้ได้ในผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่ หรือผลไม้กวน (สุธิดา ทองคำ และคณะ, 2555; สุนันท์ วิทิตสิริ, 2557) และการวิเคราะห์หาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าของกรดกาแลคทูโรนิกมากที่สุดร้อยละ 0.80 ทั้งนี้ผลการทดลองที่ได้ยังต้องมีกาศึกษาเพิ่มเติมและปรับปรุงในขั้นตอนของการสกัด การวิเคราะห์ผลที่ได้และศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนสถานที่การดำเนินงานจากหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

เอกสารอ้างอิง

กนกพร สังขรักษ์, เจนจิรา โตะแบ, 2554, เพคตินจากเศษผักกาดขาวและการประยุกต์ใช้การผลิตแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้, วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 14(2): 32-38.

ฉัตรชัย สังข์ผุด, จีราภรณ์ สังข์ผุด, นพรัตน์ ผาสุข, 2548, คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพคตินผงที่สกัดจากผลส้มโอ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตเชียงใหม่, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ชินานาฏ วิทยาประภากร และสมัชญ์ ทวีเกษมสมบัติ, 2557, การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุทางการเกษตร, วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5, กรุงเทพ, 183-189.

ดุลย์จิรา สุขบุญญสถิตย์, ณัฐกานต์ พรนิคม และณชล นัทยาย, 2561, คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพคตินจากกระเจี๊ยบขาว, แก่นเกษตร, 46(1): 1418-1423.

ธนาวรรณ สุขเกษม และขวัญจิตต์ อนุกูลวัฒนา, 2559, ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแพคตินจากกะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* L. var. *Capitata*) ภูทับเบิก อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 10(2): 262-268.

ธานุวัฒน์ ลาภตันสุภผล, ปฏิมา ทองขวัญ และขวัญจิตต์ อนุกูลวัฒนา, 2556, การสกัดเพคตินจากเปลือกผักและผลไม้, ว วิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2): 433-436.

วัชระ เวียงแก้ว, 2559, การสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ, รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์. กรุงเทพ.

ศิวะเทพ เรืองพรหม, กิตติชัย บรรจง, 2557, การเปรียบเทียบคุณลักษณะและผลผลิตของเพกตินจากเปลือกตาลดิบที่ใช้แอลกอฮอล์นำกลับมาใช้ใหม่ทดแทนเอธิลแอลกอฮอล์ 95% ในขั้นตอนการตกตะกอนและล้าง, วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 9(1): 3-11.

สุธิดา ทองคำ และพูนศิริ ทิพย์เนตร, 2555, การสกัดเพคตินจากจาวตาล, วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, 9(1): 3-11.

สุนันท์ วิทิตสิริ, 2557, การเปรียบเทียบปริมาณเพคตินจากซังขนุนหนังจำปากรอบโดยการสกัดด้วยน้ำร้อนและความดันไอสูง, วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 9(2): 995-112.

องอาจ เด็ดดวง, 2553, การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน, สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพ.

อดิศักดิ์ สินโสภา, นิศรา ธรรมวงค์ และอังคณา จันทรพลพันธ์, 2559, การเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาวแป้นโดยใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม วิธรการสกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤต วิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ และวิธีการสกัดด้วยอัลตราโซนิค, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 12, มหาสารคาม, 377-382.

อมรรัตน์ สีสุกอง, กัลยาภรณ์ จันตรี, ศรีสุดา หาญภาคภูมิ, นาฎลดา อ่อนวิมล, ทิฐิมา นวลบุญ, 2551, การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากวัชพืชท้องถิ่นในจังหวัดนนทบุรี, รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต, กรุงเทพ.

Table 1 Yield, Degree of esterification (DE) and Galacturonic acid content of extracted crude pectin from water hyacinth stems.

% yield	Temperature (°C)	Time (minute)	Extracted pectin	
			Hydrochloric acid	DI Water
	65	60	0.41	0.51
	80	60	1.42	0.90
Degree of esterification (DE)	65	60	71.43	83.33
	80	60	87.50	78.57
Galacturonic acid content	65	60	0.53	0.77
	80	60	0.80	0.33

การศึกษาสารออกฤทธิ์เชิงหน้าที่ของสารสกัดไพลเพื่อใช้เป็นสารชะลอวัย และสารแต่งสีจากธรรมชาติ
Study of Functional Ingredient of *Zingiber cassumunar* Extract as A Natural Anti-Aging and Color Source

ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง[1] จรัสฟ้า โหมดสุวรรณ[1] วิทวัส รัตนถาวร[1] อรพรรณ เสลามาศกุล[2] ณัติฐพล ไข่แสงศรี[3] อรพิน เกิดชูชื่น[2] และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2]
Rungruang R.[1], Modsuwan J.[1], Rattanathavorn W.[1], Selamassakul O.[2], Kaisangsri N.[1], Kerdchoechuen O.[2] and Laohakunjit, N.[2]

Abstract

The objectives of this research were to study the phenolics and curcuminoids content from *Zingiber cassumunar* Roxb. extract for natural anti-aging and color ingredient. *Z. cassumunar* was extracted with ethanol. It was found that the total phenolics and curcuminoids contents were 2.13±0.02 g GAE/g crude extract and 40.01±0.04 mg TCC/100g crude extract, respectively. Antioxidant activity by $DPPH^{•}$ and $ABTS^{•+}$ were 85.69±1.69% and 70.08±4.12%, respectively. The collagenase (collagen and gelatin substrate) inhibition activities was 85.69±1.69% and 70.08±4.12 %, respectively. Color physical characterization measured by colorimeter (L*, a*, b* and hue) of *Z. cassumunar* extract was 72.31±0.22, 11.11±0.11, 32.49±0.19 and 71.13±0.08, respectively which was yellow color.

Keywords: *Zingiber cassumunar*, Functional ingredient, Antioxidant activity, Natural color source

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารฟีนอลิก เคอร์คูมินอยด์ และฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดไพล สำหรับใช้เป็นสารชลอวัย และสารแต่งสีจากธรรมชาติ โดยสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล พบว่า สารสกัดไพลมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด เคอร์คูมินอยด์ เท่ากับ 2.13. ±0.02 g GAE/g crude extract และ 40.01±0.04 mg TCC/100g crude extract ตามลำดับ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ $DPPH^{•}$ และ $ABTS^{•+}$ เท่ากับร้อยละ 88.17±0.53 และ 86.94±0.41 ตามลำดับ ฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์คอลลาจิเนสโดยใช้คอลลาเจน และเจลาตินเป็นสารตั้งต้น พบว่า สารสกัดไพลมีร้อยละการยับยั้งเอนไซม์เท่ากับ 85.69±1.69 และ 70.08±4.12 ตามลำดับ สำหรับการวัดค่าสีด้วยเครื่อง Colorimeter แสดงค่า L* a* b* และ hue ของสารสกัดไพล พบว่า มีค่าเท่ากับ 72.31±0.22, 11.11±0.11, 32.49±0.19 และ 71.13±0.08 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าของสีเหลือง

คำสำคัญ: ไพล สารออกฤทธิ์เชิงหน้าที่ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ สารแต่งสีธรรมชาติ

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อน และกึ่งร้อนทำให้มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง หนึ่งในความหลากหลายที่โดดเด่นและมีศักยภาพสูงคือพืชสมุนไพรไทย กลุ่มสินค้าที่มีศักยภาพมากของตลาดสมุนไพรคือผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเครื่องสำอาง และอาหารเสริม โดยพืชสมุนไพรไทยที่ชื่อเสียง และเป็นที่รู้จักในตลาดโลกคือพืชในวงศ์ขิง เช่น ไพล โดยไพลจัดเป็นสมุนไพรไทยที่เป็น Product champion ที่ส่งเสริมตามแผนแม่บทแห่งชาติ ไพล มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zingiber cassumunar* อยู่ในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) พบมากในเขตร้อนและกึ่งร้อนโซนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย อินโดนีเซีย และมาเลเซีย ส่วนเหง้าใช้ปรุงอาหารและใช้เป็นยา เช่น จุกเสียดแน่นท้อง ท้องร่วง บรรเทาอาการหอบหืด หรือใช้เป็นยาสำหรับแก้เคล็ดบวม (embrocation) โดยพบสารในกลุ่มฟีนิลบิวทินอยด์ (phenylbutenoids) สารกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ เช่น cassumunarins และ cassumunins และสารในกลุ่มของ monoterpenoids, sesquiterpenoids, curcuminoid, napthoquinone, phenylbutenoid และ cyclohexene เป็นต้น (Kaewchoothong, 2009) มีการรายงานก่อนหน้านี้ พบว่า ไพล มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ ยับยั้งเชื้อ

[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, Thailand
[2]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150, Thailand
[3] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150
[3] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntien, Bangkok, 10150, Thailand

แบคทีเรีย และต้านอนุมูลอิสระ (Jeenapongsa และคณะ, 2003; Masuda และ Jitoe, 1994; Chienthavorn , 2011) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่สามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน หรือชะลอวัยได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารสำคัญ ฤทธิ์ทางชีวภาพ และลักษณะทางกายภาพในเรื่องของสีที่สกัดได้จากไพล เพื่อใช้เป็นสารชะลอวัย และสารแต่งสีจากธรรมชาติ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำส่วนเหง้าของไพลจาก บริษัท เวชพงศ์โอสถ จำกัด มาบดหยาบให้มีขนาดประมาณ 6×6 มิลลิเมตร ก่อนสกัดด้วย 50% เอทานอล ใช้อัตราส่วนไพลต่อเอทานอล เท่ากับ 1:5 (v/w) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง พร้อมเขย่า จากนั้นกรองและนำไประเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator) จากนั้นทำแห้งสารสกัดโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (BUCHI Mini Spray Dryer B-290) (ประยุกต์จาก Akdeniz และคณะ, 2017) แล้วนำผงสารสกัดเก็บในภาชนะบรรจุ หุ้มด้วยกระดาษฟรอยด์ และเก็บในตู้ดูดความชื้น สำหรับเตรียมนำไปวิเคราะห์ดังนี้

1) ศึกษาองค์ประกอบสารสกัด วิเคราะห์โดย Dynamic headspace-solid phase microextraction mass spectrometer (DHS-SPME-GC-MS) (ประยุกต์จาก Gaytán และคณะ, 2013) วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวม (Total phenolics) โดยใช้ Folin Ciocalteu วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง microplate reader ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณฟีนอลิก โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน gallic acid (ดัดแปลงโดย Rungruang และคณะ, 2019) วิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์รวม (Total curcuminoids content: TCC) (ประยุกต์จากงานวิจัยของ Laokuldilok และคณะ, 2016) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมิน

2) วิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radical scavenging activity และ ABTS radical scavenging capacity assay โดยใช้ความเข้มข้นของสารสกัด 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ดัดแปลงโดย Rungruang และคณะ, 2019)

3) วิเคราะห์ฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์คอลลาจิเนส (ประยุกต์จากงานวิจัยของ Pientaweeratch และคณะ, 2016) โดยใช้ชุด Kit ของ EnzChek® collagenase/gelatinase เอนไซม์คอลลาจิเนส จาก *Clostridium histolyticum* ใช้คอลลาเจน (DQ™ collagen) กับเจลาติน (DQ™ gelatin) เป็น substrate นำไปวัดค่าด้วย fluorescence intensity กำหนด excitation wavelength คือ 485 นาโนเมตร และ emission wavelength คือ 538 นาโนเมตร

4) วิเคราะห์ค่าสีของสารสกัด และศึกษาความคงตัวของสีที่ได้จากสารสกัดไพล (ประยุกต์จาก Jiménez-Aguilar และคณะ, 2011) โดยใช้เครื่องวัดสี colorimeter แสดงผลตาม CIE Chromaticity coordinate ของค่า L* a* และ b* และระบบ Munsell ของค่า Hue และ Chroma

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดเหง้าไพลแห้งด้วยด้วยตัวทำละลายเอทานอล พบว่า มีร้อยละของสารสกัด (%yield) เท่ากับ 5.57 ลักษณะทางกายภาพของสารสกัดเป็นผงแห้ง เมื่อวัดค่าสีด้วยเครื่อง colorimeter โดยแสดงในรูปของค่า L* a* b* และ hue ของสารสกัดไพล พบว่า มีค่าเท่ากับ 72.31±0.22, 11.11±0.11, 32.49±0.19 และ 71.13±0.08 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงของสีเหลือง สำหรับปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และเคอร์คูมินอยด์รวมมีปริมาณเท่ากับ 2.13. ±0.02 g GAE/g crude extract และ 40.01±0.04 mg TCC/100g crude extract ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สารสกัดด้วย DHS-SPME-GC-MS พบว่า ส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่มเทอร์ปีน เช่น (-)-terpinen-4-ol, terpinen-4-ol, α-terpineol และ -sesquiphellandrene (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mahardika และคณะ (2017) ที่พบสารชนิดเดียวกันคือ terpinen-4-ol และ β-sesquiphellandrene สำหรับการทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า สารสกัดไพลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยมีฤทธิ์ $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ เท่ากับร้อยละ 88.17±0.53 และ 86.94±0.41 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pukumpuang และคณะ (2012) ที่พบว่าสารสกัดจากไพลสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ได้ เนื่องจากในสารสกัดไพลมีสารในกลุ่มฟีนอลิกและเคอร์คูมิน ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (Wright, 2002) ฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์คอลลาจิเนส เนื่องจากคอลลาจิเนสเป็นเอนไซม์ที่มีผลต่อการเกิดริ้วรอย รวมทั้งรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ก็สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์คอลลาจิเนสได้ ซึ่งผลการศึกษาฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์คอลลาจิเนส ของสารสกัดไพล พบว่า มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์คอลลาจิเนสโดยใช้คอลลาเจน และเจลาตินเป็นสารตั้งต้น เท่ากับ 85.69±1.69 และ 70.08±4.12 ตามลำดับ เนื่องจาก สารในกลุ่มฟีนอลิกสามารถเข้าไปจับกับ Zn^{2+} ไอออน บริเวณ Active site ของเอนไซม์ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ (Rungruang และคณะ, 2019) สำหรับความคงตัวของสีที่ได้จากสารสกัดไพล ศึกษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีผล

การทดลองดังแสดงใน Table 2 พบว่า สีของสารสกัดจากไพลมีค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 32.03±0.19 ถึง 32.55±0.32 และมีค่า hue angle อยู่ในช่วง 70.28°±0.03 ถึง 71.13°±0.08 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 90° แสดงค่าอยู่ในช่วงของสารสีเหลือง

สรุป

การศึกษาสารออกฤทธิ์เชิงหน้าที่และฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดไพล พบว่า สารสกัดไพลมีสารหลักคือสารในกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ โดยพบสารหลักเมื่อวิเคราะห์ด้วย GC-MS คือ (-)-Terpinen-4-ol สำหรับฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่า สารสกัดไพลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งเอนไซม์คอลลาจิเนส โดยที่สารสกัดมีสีเหลือง และมีความคงตัวดีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย (สัญญาเลขที่ 22-ป1-ผ05-ด2) และขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบคุณนางสาวปวริศา เพ็ชร์งาม นายธนิสร เลิศศรีสุวัฒนา และนางสาวณิชา ทองเกตุแก้ว ที่ช่วยทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Akdeniz, B., Sumnu, G. and Sahin, S., 2017, The Effects of Maltodextrin and Gum Arabic on Encapsulation of Onion Skin Phenolic Compounds, Chemical Engineering Transactions, 57: 1891-1896.

Gaytán, V. G., Mendoza, M. D. L. N. R., Hernández, M. S., Trejo-Téllez, L. I., Santos, M. E. P. and Ponce, G. V., 2013, Volatile Components in the Flower, Pedicellate Ovary and Aqueous Residue of *Cymbidium* sp.(ORCHIDACEAE), Journal of Analytical Sciences Methods and Instrumentation, 3(04): 212.

Jeenapongsa, R., Yoovathaworn, K., Sriwatanakul, K. M., Pongprayoon, U. and Sriwatanakul, K., 2003, Anti-inflammatory Activity of (E)-1-(3, 4-dimethoxyphenyl) Butadiene from *Zingiber cassumunar* Roxb, Journal of Ethnopharmacology, 87(2-3): 143-148.

Jiménez-Aguilar, D. M., Ortega-Regules, A. E., Lozada-Ramírez, J. D., Pérez-Pérez, M. C. I., Vernon-Carter, E. J. and Welti-Chanes, J., 2011, Color and Chemical Stability of Spray-Dried Blueberry Extract Using Mesquite Gum as Wall Material, Journal of Food Composition and Analysis, 24(6): 889-894.

Kaewchoothong, A., 2009, Preparation and Quality Control of *Zingiber cassumunar* Extract with High-Yielded Anti-Inflammatory Activity Compounds [Online], Available http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2016/10342/1/345242.pdf [August 19, 2019]

Laokuldilok, N., Thakeow, P., Kopermsub, P. and Utama-Ang, N., 2016, Optimisation of Microencapsulation of Turmeric Extract for Masking Flavor, Food Chemistry, 194: 695-704.

Mahardika, R. W., Ibrahim, H., Nurulhusna, A. H. and Awang, K., 2017, Efficacy of Four Species of Zingiberaceae Extract Against Vectors of Dengue, Chikungunya and Filariasis, Tropical Biomedicine, 34(2): 375-387.

Masuda, T. and A. Jitoe., 1994, Antioxidative and Anti-inflammatory Compounds from Tropical Gingers: Isolation, Structure Determination, and Activities of Cassumunins A, B, and C, New Complex Curcuminoids from *Zingiber cassumunar*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42 (9): 1850-1856.

Pientaweeratch, S., Panapisal, V. and Tansirikongkol, A., 2016, Antioxidant, Anti-Collagenase and Anti-Elastase Activities of *Phyllanthus emblica*, *Manilkara zapota* and Silymarin: An *In Vitro* Comparative Study for Anti-Aging Applications, Pharmaceutical Biology, 54(9): 1865-1872.

Chienthavorn, O., Poonsukcharoen, T. and Pathrakorn, T., 2011, Pressurized Liquid and Superheated Water Extraction of Active Constituents from *Zingiber cassumunar* Roxb. Rhizome, Separation Science and Technology, 46(4): 616-624.

Pukumpuang, W., Thongwai, N. and Tragoolpua, Y., 2012, Total Phenolic Contents, Antibacterial and Antioxidant Activities of some Thai Medicinal Plant Extracts, Journal of Medicinal Plants Research, 6(35): 4953-4960.

Rungruang, R., Modsuwan, J., Srisukong, A. and Kaisangsri, N., 2019, Antioxidant and Anti-Wrinkle Activities of Tubtim Chumphae Rice Extract for Application in Facial Cosmetics, KMUTT Research and Development Journal, 42(1): 95-107.

Wright, J. S., 2002, Predicting the Antioxidant Activity of Curcumin and Curcuminoids, Journal of Molecular Structure*:* THEOCHEM, 591(1-3): 207-217.

Table 1 Volatile compounds of *Zingiber cassumunar* extracts.

No.	Volatile compounds	RI*	CA	RA (%)	No.	Volatile compounds	RI*	CA	RA (%)
1	Methoxy-phenyl-Benzoic acid	882.55	4.03	0.45	15	4-(1-methylethyl)-Propanal	1177.30	2.08	0.23
2	Alpha-thujene	887.42	3.97	0.44	16	Isobornyl acetate	1180.83	2.09	0.23
3	4-methyl-1-(1-methylethyl)-hexane	895.53	4.95	0.55	17	3-Carene	1270.60	9.17	1.02
4	α-Phellandrene Cyclopentene	979.92	15.37	1.71	18	α-Terpineol	1274.42	22.13	2.47
5	2-carene	981.35	25.87	2.89	19	Vanillin	1368.21	2.66	0.30
6	1-methyl-4-(1-mthylethyl)-Benzene	982.31	10.58	1.18	20	Caryophyllene	1370.73	1.28	0.14
7	Sabinene	983.28	23.64	2.64	21	Gramma-elemene	1370.93	1.20	0.13
8	γ-Terpinene	986.64	20.46	2.28	22	Benzaldhyde	1373.38	10.25	1.14
9	2,4,6-Cycloheptatrien-l-one	987.10	1.32	0.15	23	Alpha-curcumene	1465.94	11.21	1.25
10	Cis-beta-Terpineol	988.13	4.13	0.46	24	Alpha-zingiberene	1466.18	19.78	2.21
11	Terpinolene	990.07	7.08	0.79	25	Beta-Sesquiphellandrene	1468.07	60.98	6.80
12	Cis-hexane-2-ol	1076.20	2.13	0.24	26	Hexadecane	1564.11	1.42	0.16
13	4-methyl-1-(1-methylethyl)-3-Cyclohexene-1-ol	1085.23	443.7	49.4	27	3-methyl-1,2Dimethyl-6-nitroindolozine	1566.28	172.1	19.2
14	p-menth-1-en-8-ol-3-Cyclohexene-1-methanol	1173.14	11.24	1.25	28	Dicyclohexyl-1H-Imidazol-2-amine	1567.87	1.76	0.20

* Retention time calculated (National Institute of Standards and Technology NIST mass spectra library)

** CA= Correlative peak areax10^{7}, RA =relative peak area

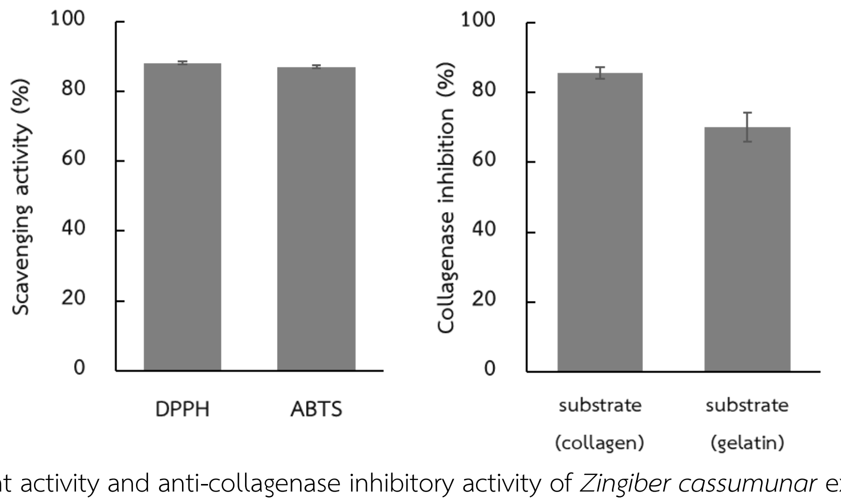


Figure 1 Antioxidant activity and anti-collagenase inhibitory activity of *Zingiber cassumunar* extracts.

Table 2 Color stability of *Zingiber cassumunar* extracts storage at 25°C.

Week	L*	a*	b*	Chroma	Hue
0	72.31±0.22^{a}	11.11±0.11^{d}	32.49±0.19^{a}	34.34±0.21^{a}	71.13°±0.08^{ab}
1	72.43±0.15^{a}	10.84±0.08^{e}	32.55±0.32^{a}	34.31±0.32^{ab}	71.23°±0.06^{a}
2	71.84±0.79^{ab}	11.22±0.02^{c}	32.03±0.19^{b}	33.94±0.17^{b}	70.68°±0.13^{bc}
3	71.11±0.32^{bc}	11.43±0.02^{b}	32.16±0.26^{b}	34.13±0.25^{ab}	70.43°±0.12^{c}
4	71.00±0.10^{c}	11.61±0.02^{a}	32.39±0.04^{ab}	34.40±0.03^{a}	70.28°±0.03^{c}

$^{a,b,c,...}$Means with different superscript in the same column differ significantly.

การเจริญเติบโตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักชีฝรั่งปลูกภายใต้แสง LED ชนิดต่างๆ
Plant Growth and Postharvest Quality of Culantro Grown under Different LED Lights

อภิชัย เจนจบ[1] สุกัญญา เอี่ยมลออ[4] ภาวิณี ถาวรนิตยกุล[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[3] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2]
Jenjob, A.[1], Aiamla-Or, S.[4], Tawornnitayakul, P.[1], Laohakunjit, N.[3] and Jitareerat, P.[1,2]

Abstract

Culantro (*Eryngium foetidum*), a culinary and a tropical perennial medicinal leafy green/herb commonly used around the world is a sensitive to daylight. Thus, the objective of this study was to study the types of LED light affecting plant growth and postharvest quality. Culantro plants were grown in modified plant factory under LED light; white, blue, green and red for 30 days. Results showed that all types of LED light had no effect on plant height, size of canopy, leaf area, leaf colour (Hue angle and a* value), chlorophyll, total phenolic contents and 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate (DPPH) free radical.
Keywords: Aantioxidants, LED light, Plant growth, Postharvest quality, Plant factory

บทคัดย่อ

ผักชีฝรั่ง (*Eryngium foetidum*) เป็นพืชที่ไวต่อช่วงแสง ที่นิยมใช้ในการปรุงอาหารและใช้เป็นพืชสมุนไพรที่ใช้กันทั่วไป ดังนั้นวัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาชนิดของแสงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักชีฝรั่งที่ปลูกในโรงงานผลิตพืชดัดแปลงภายใต้หลอด LED แสงสีขาว สีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า แสงจากหลอด LED ทุกชนิด ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม ขนาดใบ ค่าสีของใบ (Hue และค่า a*) ปริมาณคลอโรฟิลด์ ปริมาณสารฟีนอลลิกและสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH
คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ แสงแอลอีดี การเจริญเติบโตของพืช คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว โรงงานผลิตพืช

คำนำ

ผักชีฝรั่งเป็นผักพื้นบ้าน จัดเป็นพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ ที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะ คือ มีกลิ่นหอมช่วยดับกลิ่นคาวอาหาร ใช้ในการปรุงรส ประกอบอาหาร เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารที่สำคัญ ได้แก่ เส้นใย แคลเซียม เหล็ก โพแทสเซียม เป็นต้น การปลูกพืชในโรงเรือนและการใช้แสงไฟเทียมเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช และแสงนับเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (Naoya และคณะ, 2008) โดยทั้งความเข้มแสงและคุณภาพแสงล้วนสำคัญต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืช (Li และ Kobuta, 2009) พืชที่ปลูกภายใต้สภาพแสงน้อยมักจะเกิดปรากฏการณ์ photoinhibition มากกว่าพืชที่ปลูกภายใต้สภาพแสงที่มีความเข้มข้นสูง (Long และคณะ, 1994) นอกจากนี้แสงยังสามารถกระตุ้นให้พืชสร้างสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ (Liu และคณะ, 2015) เนื่องจากแสงสามารถควบคุมความยาวคลื่น และปริมาณแสงที่ให้ในแต่ละวันได้ (Heuveklink และคณะ, 2012) และปัจจุบันมีการนำหลอด LED (Light emitting diodes) มาใช้ในการศึกษาผลของช่วงความยาวคลื่นแสงที่จำเพาะต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช เนื่องจาก LED สามารถเปล่งแสงในช่วงคลื่นที่แคบได้ และความยาวคลื่นแสงที่จำเพาะนี้สามารถจำแนกผลของช่วงคลื่นแสงต่อพืชได้ดี (Noda และ Fujita, 2009) LED จึงเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับผลิตพืชในโรงเรือน และมีข้อได้เปรียบกว่าหลอดไฟแบบเดิมที่ใช้ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์, metal halide และ high pressured sodium (Mitchell และคณะ, 2012; Aube และคณะ, 2013) เนื่องจากหลอด LED มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน ไม่ก่อให้เกิดความร้อนจึงสามารถวางไว้ใกล้ต้นไม้ได้ และ photon flux ทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น สามารถ

---

[1]สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1]Division of Postharvest Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand
[2]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400
[2]Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok
[3]สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[3]Division of Biochemical Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand
[4]สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000
[4]Division of Crop Production Technology, Institute of Agricultural, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

ควบคุมการเปล่งแสงได้ มีอายุการใช้งานยาวนานถึง 50,000 ชั่วโมง และมีความปลอดภัยในการใช้งานเนื่องจากไม่มีสารปรอท ดังนั้นจึงมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และคุ้มค่าทางเศรษฐกิจด้วย (Pinho และคณะ, 2012; Duong และ Nguyen, 2010)

อุปกรณ์และวิธีการ

นำต้นผักชีฝรั่งที่ปลูกในกระถางขนาด 8 นิ้ว อายุ 3 เดือน มีความสูงและทรงพุ่มใกล้เคียงกัน นำไปวางบนชั้นที่ติดตั้งหลอดไฟ LED ในโรงเรือน และแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองคือ 1) แสงสีขาว (ชุดควบคุม) 2) แสงสีน้ำเงิน 3) แสงสีเขียว และ 4) แสงสีแดง ที่ความเข้มแสง 35-40 $\mu mol{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^{-1}$ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ต่อวัน จากนั้นทำการบันทึกข้อมูล ความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม ขนาดใบ (เซนติเมตร) ปริมาณคลอโรฟิลด์ (Spad) ทุกๆ 15 วัน นาน 30 วัน แล้วทำการเก็บเกี่ยวต้นผักชีฝรั่งเพื่อนำมาวัดสีใบโดยใช้เครื่อง CHROMA METER CR - 400 ปริมาณ Phenolics (ดัดแปลงมาจาก Shahidi และ Naczk, 1995) และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยวิธีการของ Brand-Willinams และคณะ, (1995)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การให้แสงภายใต้หลอด LED แสงสีขาว (ชุดควบคุม) สีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง ที่ความเข้มแสง 35-40 $\mu mol{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^{-1}$ เป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน นาน 30 วัน ไม่มีผลต่อความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม (Figure 1) และขนาดใบของผักชีฝรั่ง (Figure 2A) เช่นเดียวกับปริมาณคลอโรฟิลด์ พบว่า การให้แสง LED ทุกชนิดให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 2B) และเมื่อพิจารณาจากค่าสีของใบ (Hue และค่า a*) ปริมาณสารฟีนอลลิก และสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าแสง LED ทุกชนิดไม่ส่งผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักชีฝรั่ง (Figure 3 และ 4) ในขณะที่ Matysiak และ Kowalski, (2019) รายงานว่า การให้แสง LED สีแดง ที่ความเข้มแสง 130 $\mu mol{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^{-1}$ เป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน มีผลต่อความสูงของต้นและความยาวใบของผักร็อคเก็ต อีกทั้งแสงสีน้ำเงินมีผลต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลด์ของผักโขมและโหระพา (Yorio และคณะ, 2001; Amaki และคณะ, 2011) ในทางตรงกันข้าม วิจิตรา และคณะ, (2019) พบว่าแสง LED แสงสีขาว แดง และน้ำเงิน ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต สารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลของใบโหระพา อย่างไรก็ตาม ความเข้มแสงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเจริญเติบโตของพืช จากการทดลองนี้ความเข้มแสงที่ใช้อาจไม่เหมาะสมหรือต่ำเกินไปจึงไม่ส่งผลที่แตกต่างกันภายใต้การให้แสงสีต่างๆ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

การปลูกผักชีฝรั่งโดยให้แสงจากหลอด LED ทุกชนิด ไม่มีผลต่อ ความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม ขนาดใบ ค่าสีของใบ (Hue และค่า a*) ปริมาณคลอโรฟิลด์ ปริมาณสารฟีนอลลิก และสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางขุนเทียน) เป็นอย่างสูงที่อนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

วิจิตรา จันอุทัย พันธนา ตอเงิน และดร.จุฑามาศ ชัยวนนท์, 2019, ผลกระทบของแสงเทียมต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการเจริญเติบโตในพืชสกุล Ocimum ที่พบในไทย, การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, หน้า 492-504.

Amaki, W., Yamazaki, N., Ichimura, M. and Watanabe, H., 2011, Effects of Light Quality on the Growth and Essential Oil Content in Sweet Basil, Acta Horticulturae, 907: 91–94.

Aube, M., Roby, J. and Kocifaj, M., 2013, Evaluating Potential Spectral Impacts of Various Artificial Lights on Melatonin Suppression, Photosynthesis, and Star Visibility. PLOS One, 8: 1-15.

Matysiak, B. and Kowalski, A., 2019, White, Blue and Red LED Lighting on Growth, Morphology and Accumulation of Flavonoid Compounds in Leafy Greens, Zemdirbyste-Agriculture, 106: 281–286.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995, Use of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensmittel Wissenschaftund Technologie, 28: 25–30.

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: 25–33.

Li, Q. and Kubota, C., 2009, Effects of Supplemental Light Quality on Growth and Phytochemicals of Baby Leaf Lettuce, Journal of Environmental Sciences, Journal of Experimental Botany, 67: 59–64.

Lin, K.H., Huang, M.Y., Huang, W.D., Hsu, M.H., Yang, Z.W. and Yang, C.M., 2013, The Effects of Red, Blue, and White Light-emitting Diodes on the Growth, Development, and Edible Quality of Hydroponically Grown Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata), Scientia Horticulturae, 150: 86–91.

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): 1-9.

Long, S.P., Humphries, S. and Falkowski, P.G., 1994, Photo Inhibition of Photosynthesis in Nature, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecularbiology, 45: 633–662.

Naoya, F., Mitsuko, F., Yoshitaka, O., Sadanori, S., Shigeo, N. and Hiroshi, E., 2008, Directional Blue Light Irradiation Triggers Epidermal Cell Elongation of *Abaxial sideresulting* in Inhibition of Leaf Epinastyin Geranium Under Red Light Condition, Scientia Horticulturae, 115: 176–182.

Noda, S. and Fujita, M., 2009, Light-emitting Diodes: Photonic Crystal Efficiency Boost, Nature Photonics, 3: 129-130.

Shahidi, F. and Naczk, M., 1995, Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects, Applications, Lancaster: Technomic Publishing Co. Inc., London, 165 p.

Yorio, N.C., Goins, G.D., Kagie, H.R., Wheeler, R.M. and Sager, J.C., 2001, Improving Spinach, Radish, and Lettuce Growth Under Red Light-emitting Diodes (LEDs) With Blue Light Supplementation, HortScience, 36(2): 380–383.

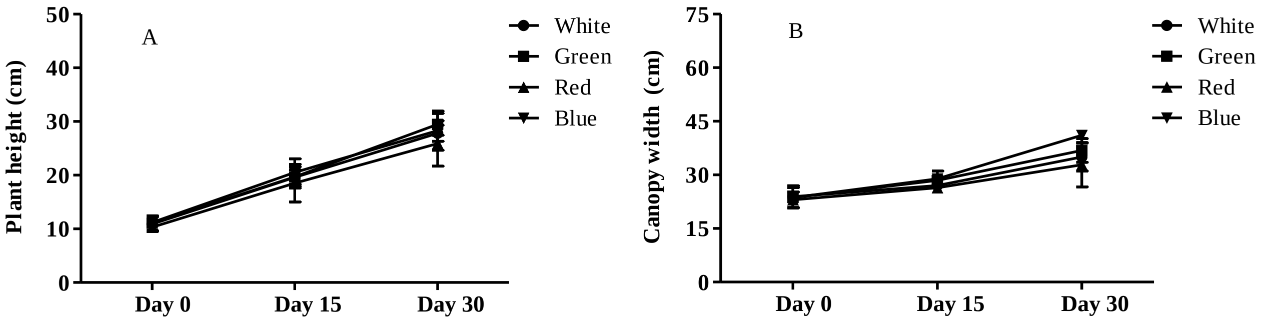


Figure 1 Effect of LED lights on plant height (A) and canopy width (B) during growing at ambient temperature for 30 days

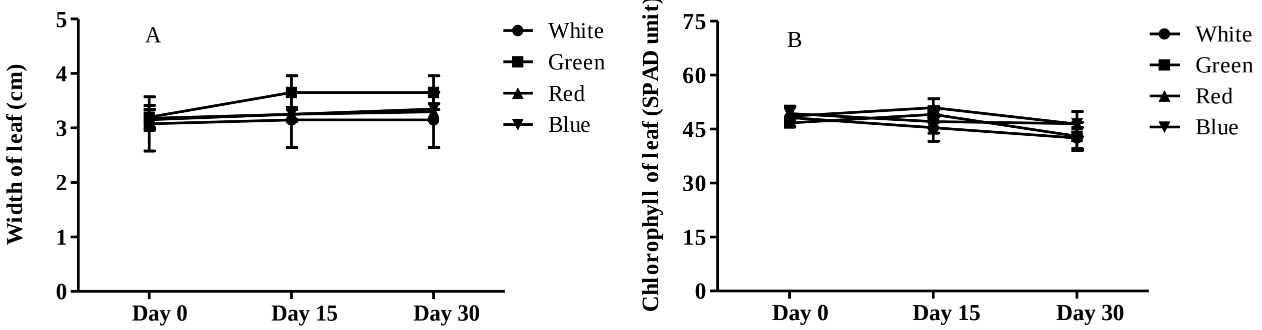


Figure 2 Effect of LED lights on leaf width (A) and chlorophyll contents (B) during growing at ambient temperature for 30 days

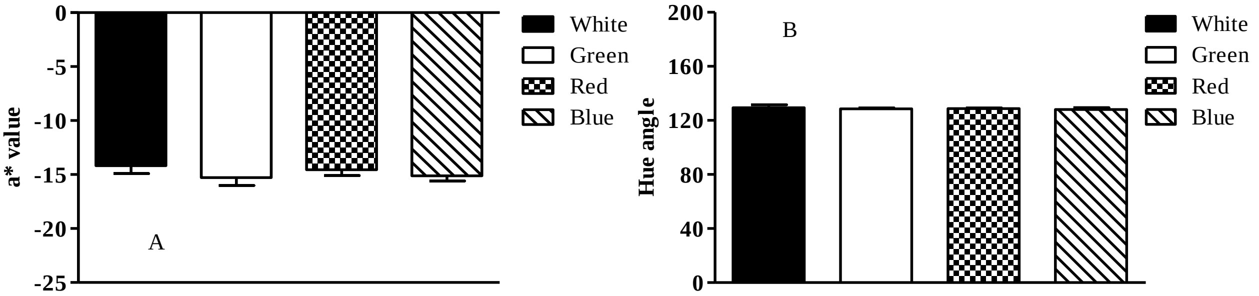


Figure 3 Effect of LED lights on a* value (A) and hue angle (B) during growing at ambient temperature for 30 days

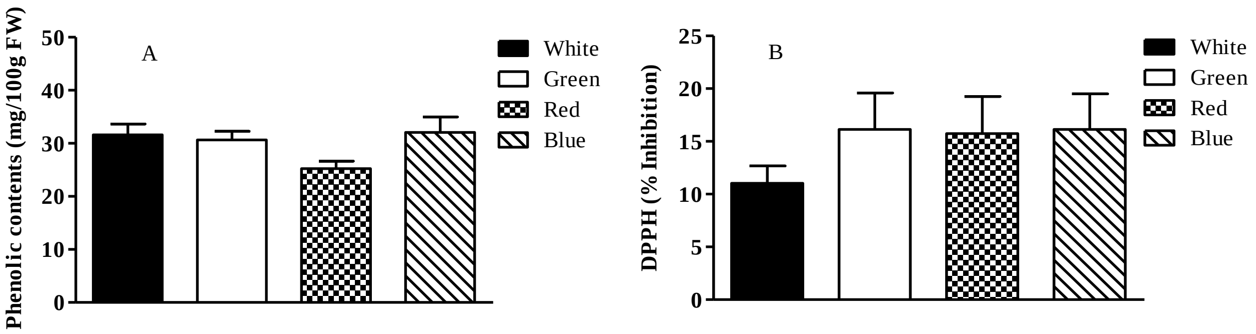


Figure 4 Effect of LED lights on Phenolic contents (A) and DPPH (B) during growing at ambient temperature for 30 days

เทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อร่วมกับกรดซิตริกเพื่อยับยั้งสารสีน้ำตาลในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกาแฟ *Coffea caneophora* (Robusta)

Surface Sterilization Technique Combined with Citric Acid to Inhibit Browning Substances of *Coffea caneophora* (Robusta) *In Vitro*

รงรอง หอมหวล[1] มณฑา วงศ์มณีโรจน์[1] สุลักษณ์ แจ่มจำรัส[1] รัตนา เอการัมย์[1] ราตรี คูหาพิทักษ์ธรรม[2] และ สุพิทย์ ขุนเพชร[3]

Homhual, R.[1], Wongmaneeroj, M.[1], Jamjumrus, S.[1], Akaram, R[1], Koohapitakthum, R.[2] and Khunphet, S.[3]

Abstract

The browning formation of phenolic substances in plant tissue cultures is a major obstacle for plant growth. This research studied how to solve the problem for inhibiting browning in apical buds of *Coffea caneophora* (Robusta) *in vitro* culture. Pretreatment apical buds using citric acid (antioxidant) at concentration 0, 0.01, 0.02 and 0.03% for 1-3 h and surface sterilization techniques and suitable size of apical buds for culture onto WPM (woody plant medium) were studied. Results found that pre-treated shoots in 0.03% citric acid for 1 h before disinfectant could significantly inhibit browning at the least browning score (1.50). Surface sterilization of 0.3 cm apical buds with 0.03% citric acid together with Clorox® solution had tendency to reduce the occurrence of browning in tissues. Brownish calli were established around the basal part of apical buds and could further develop to embryogenic callus on basal WPM with 0.5 mg/l TDZ after culturing for 5 months.

Keywords: *Coffea caneophora* (Robusta), Phenolic substances, Citric acid, *In Vitro*

บทคัดย่อ

การเกิดสารสีน้ำตาลจากสารประกอบฟีนอลิค ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นอุปสรรคสำคัญในการเจริญเติบโตของพืช งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการแก้ปัญหาในการยับยั้งสารสีน้ำตาลที่พบในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อตายอดกาแฟ *Coffea caneophora* (Robusta) โดยทดลองใช้กรดซิตริก (สารแอนตี้ออกซิแดนซ์) ความเข้มข้น 0 0.01 0.02 และ 0.03% ในการแช่ตายอดเป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง และศึกษาเทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อรวมถึงขนาดของชิ้นส่วนที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงตายอดกาแฟในอาหารสูตร WPM (woody plant medium) จากผลการทดลองพบว่า เมื่อแช่ตายอดในสารละลายกรดซิตริก 0.03% เป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนการฟอกฆ่าเชื้อช่วยยับยั้งการเกิดสารสีน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญมีค่า Browning score น้อยที่สุด (1.50) การฟอกฆ่าเชื้อตายอดขนาด 0.3 ซม ที่เติมกรดซิตริก 0.03% ร่วมกับสารละลายคลอร็อกซ์ มีแนวโน้มลดการเกิดสารสีน้ำตาลของเนื้อเยื่อ และเมื่อเลี้ยงในอาหาร พบว่า บริเวณรอบฐานของตายอดเกิดแคลลัสสีน้ำตาล และพัฒนาไปเป็นเอมบริโอจีนิคแคลลัส (embryogenic callus) ในอาหารสูตร WPM ที่เติม TDZ 0.5 มก./ล หลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 5 เดือน

คำสำคัญ: กาแฟโรบัสต้า สารสีน้ำตาล กรดซิตริก การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

คำนำ

กาแฟ (*Coffea spp.*) ที่นิยมปลูกเป็นการค้ามี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ อราบิก้า *Coffea arabica* (Arabica) และ โรบัสต้า *Coffea caneophora* (Robusta) ผู้วิจัยสนใจศึกษาพันธุ์กาแฟโรบัสต้าซึ่งให้ผลผลิตสูง มีความทนทานต่อโรคและอากาศร้อนได้ดีกว่าพันธุ์อราบิก้า ปัญหาที่พบในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกาแฟคือมักพบสารสีน้ำตาลหรือสารฟีนอลบริเวณรอยตัดของเนื้อเยื่อในระยะฟอกฆ่าเชื้อ และเพาะเลี้ยงในอาหาร จากการศึกษาเบื้องต้นของคณะผู้วิจัยพบว่าเมื่อฟอกฆ่าเชื้อยอดกาแฟพันธุ์โรบัสต้าโดยใช้สารละลายคลอร็อกซ์ 10% และ 5% นาน 10 นาที และ 5 นาที ตามลำดับ และล้างออกด้วยน้ำที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วจะเกิดสารสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดที่สัมผัสอาหาร เนื่องจาก ปฏิกริยาออกซิเดชันของ เอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) กับสารฟีนอลิกในเนื้อเยื่อกาแฟ (Monaco และคณะ, 1995) ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดและสะสมสารสีน้ำตาล โดยจุ่มเนื้อเยื่อกาแฟในสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆเช่น กรดซิตริกกับกรดแอสคอร์บิค (Krishna และคณะ, 2008) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาการเกิดสารสีน้ำตาลจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกาแฟโรบัสต้า โดยศึกษาความเข้มข้นกรดซิตริก เวลา เทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงตายอดกาแฟและศึกษาสารเร่งการเจริญเติบโต Thidiazuron (TDZ) ความเข้มข้นต่างๆ ในการชักนำให้เกิดแคลลัส หรือ เอมบริโอจี

[1] ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[1] Central Laboratory and Greenhouse Complex, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140
[2] ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ 113 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ต. คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง ปทุมธานี 12120
[2] National Center for Genetic Engineering and Biotechnology ,113 Thailand Science Park, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120
[3] สถานีวิจัยกาญจนบุรี คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต. วังด้ง อ.เมืองกาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี 71190
[3] Kanchanaburi Research Station, Faculty of Agriculture, Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Wang Dong Subdistrict, Mueang Kanchanaburi District, Kanchanaburi 71190

นิค แคลลัส เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการขยายพันธุ์ต้นกล้ากาแฟโดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. Pretreatment ตายอด (apical bud) กาแฟพันธุ์โรบัสต้า

ตัดตายอดกาแฟโรบัสต้า พันธุ์ FRT65 ขนาด 0.5 ซม. แช่ตายอดในสารละลาย citric acid เข้มข้น 0% (น้ำนึ่งฆ่าเชื้อ)(control), 0.01%, 0.02% และ 0.03% ทั้ง 4 ความเข้มข้น แช่เป็นเวลา 1 2 และ 3 ซม. ตามลำดับเมื่อครบเวลา นำตายอดที่ผ่านการ pretreatment แล้ว วางบนอาหารสูตร MS (1962) เป็นเวลา 24 ชม. ที่อุณหภูมิ 28°C ณ ห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ความเข้มแสง 15 µmol $m^{-2}s^{-1}$ 8 ชม./วัน จำนวนตายอดที่ใช้ทดลอง 5 ยอด/วิธี วางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test บันทึกผล เปอร์เซ็นต์จำนวนยอดสีเขียว และการเกิดสารสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดที่สัมผัสกับอาหาร (Browning score) ดัดแปลงจาก Ndakidemi *et al* (2014) โดยให้คะแนนดังนี้ 1= ไม่เกิดวงกว้างสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด 2= เกิดสีน้ำตาลเล็กน้อย 3 = เกิดสีน้ำตาลปานกลาง 4 = เกิดสีน้ำตาลมาก 5 = เกิดสีน้ำตาลมากที่สุด

2. เทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อตายอดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

ตัดตายอดกาแฟโรบัสต้า พันธุ์ FRT65 ขนาด 0.3 ซม.และ 0.5 ซม.แช่ ในสารละลาย citric acid 0.03% เปรียบเทียบกับตายอดขนาด 0.5 ซม.แช่ในน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ (control) เป็นเวลา 1 ชม เปรียบเทียบกับ แช่ในน้ำที่นึ่งฆ่าเชื้อเป็นเวลา 1 ชม. นำตายอดทั้ง 2 ขนาดที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย citric acid 0.03% ฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 10% และ 5% ที่เติม citric acid 0.03% เป็นเวลา 10 นาที และ 5 นาที ตามลำดับ ล้างด้วยน้ำนึ่งฆ่าเชื้อผสม citric acid 0.03% 2 ครั้ง สำหรับ control ฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีเดียวกัน แต่ไม่ผสม citric acid ในทุกขั้นตอน นำตายอดของแต่ละการทดลองเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS เป็นเวลา 1 เดือน อุณหภูมิ 28°C ความเข้มแสง 15 µmol $m^{-2}s^{-1}$ 8 ชม./วัน ทดลอง 10 ตายอด จำนวน 6 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT บันทึกผลเปอร์เซ็นต์จำนวนยอดสีเขียวและการเกิดสารสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3. ศึกษาการพัฒนาของยอดกาแฟโรบัสต้าในสูตรอาหาร WPM ที่เติม TDZ ความเข้มข้นต่างๆ

นำตายอดกาแฟพันธุ์ FRT65 ขนาด 0.3 ซม. ฟอกฆ่าเชื้อตามวิธีที่กล่าวแล้วข้างต้น เลี้ยงในสูตรอาหาร woody plant medium (WPM) ร่วมกับ Thidiazuron (TDZ) ความเข้มข้น 0 0.5 1 1.5 และ 2 มก/ล สูตรละ 10 ยอด 3 ซ้ำ วางแผนการและ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย เช่นเดียวกับการทดลอง ที่ 2 บันทึกผล เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน การเปลี่ยนแปลงของยอด การเกิดแคลลัส เป็นเวลา 2 -5 เดือน เปลี่ยนอาหารทุกเดือน วางไว้ที่ห้องควบคุมอุณหภูมิ 28°C ความเข้มแสง 15 µmol $m^{-2}s^{-1}$ 8 ชม./วัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Pretreatment ตายอด (apical bud) กาแฟพันธุ์โรบัสต้า

ตายอดที่แช่ในสารละลาย citric acid 0% (control) เป็นเวลา 3 ชม. เกิดสารสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดที่สัมผัสกับอาหารมีค่า Browning score มากที่สุด (4.00) ตายอดที่แช่ในสารละลาย citric 0.03% เป็นเวลา 3 ชม. มีค่า Browning score น้อยที่สุด (1.15) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย citric acid ให้สูงขึ้น ค่า Browning score จะลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Morfeine (2013) แช่ชิ้นส่วนกล้วยในสารแอนติออกซิแดนซ์ชนิดต่างๆ ก่อนฟอกฆ่าเชื้อ และ Krishna และคณะ (2008) กล่าวว่า สาร citric acid สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันลดการเกิดสารสีน้ำตาลจากสาร phenols อย่างไรก็ตามเมื่อแช่ตายอดในสารละลาย citric acid 0.02 และ 0.03% นาน 1-3 ชม.พบจำนวนยอดสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลลดลงโดยเฉพาะในสารละลาย citric 0.03% นาน 1 ชม. มีเปอร์เซ็นต์จำนวนยอดสีเขียวสูงสุด (60%) และ Browning score มีค่าลดลงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับไม่ใช้ citric acid หรือใช้ citric acid 0.01% นาน 1-2 ชม. (Table 1, Figure 1) แสดงว่าความเข้มข้นของสารละลาย citric acid มีผลยับยั้งการเกิดสารสีน้ำตาลที่ฐานของยอด หากใช้สารละลาย citric acid ความเข้มข้นต่ำจะใช้เวลาในการแช่ตายอดนานกว่าการใช้ citric acid ความเข้มข้นสูง โดยควรแช่ตายอดในสารละลาย citric acid 0.03% อย่างน้อย 1 ชม.

เทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อตายอดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

ตายอดขนาด 0.5 ซม. (control) เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมีค่า Browning score มากที่สุดคือ 3.13 ในขณะที่ตายอดขนาด 0.3 ซม. ที่แช่ด้วย citric acid 0.03% มีจำนวนยอดสีเขียวมากที่สุด (30%) และค่า Browning score น้อยที่สุด (1.68) (Table 2, Figure 2) แสดงว่าขนาดตายอดมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลที่ฐานอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การใช้ตายอดขนาดเล็ก มีแนวโน้มเกิดสารสีน้ำตาลน้อยกว่าขนาดใหญ่เนื่องจากปล่อยสารฟีนอลน้อยกว่าทำนองเดียวกับ Singh และ Pate (2016); Kaushal และคณะ (2005) กล่าวว่า เนื้อเยื่อพืชชิ้นเล็กมีการปล่อยสารฟีนอลลดลงในเนื้อเยื่อทับทิม และแอปเปิ้ล ตามลำดับ นอกจากนี้การแช่ตายอดก่อนการฟอกฆ่าเชื้อสามารถยับยั้งการสร้างสารฟีนอลทำให้ลดการเกิดสารสีน้ำตาลและชิ้นส่วนพืชยังเขียวอยู่สอดคล้องกับผลงานของ Onuoha และคณะ (2011); Ndakidemi และคณะ (2014) และ Aga และ Khillar (2017)

ศึกษาการพัฒนาของยอดกาแฟโรบัสต้าในสูตรอาหาร WPM ที่เติม TDZ ความเข้มข้นต่างๆ

ใน 2 เดือนแรกอาหารทดลองทุกสูตรมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ 16.67-20.0% ยอดมีสีเขียว ใบเริ่มคลี่ ไม่พบบริเวณรอยตัดที่ฐานของยอดและอาหารเป็นสีน้ำตาล และเมื่อเลี้ยงต่อในอาหารสูตรเดิมอีก 2 เดือนพบว่า ในอาหารทุกสูตรใบเริ่มเหลืองและบริเวณฐานเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

ไล่ขึ้นมาถึงส่วนยอด พบการสร้างแคลลัสสีน้ำตาลบริเวณรอบฐานของยอดเฉพาะในอาหารสูตร WPM ที่เติม TDZ 0.5 มก./ล ในขณะที่สูตรอื่นๆ ยอดเริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำและไม่มีการพัฒนา แสดงว่าสาร TDZ ความเข้มข้น 0.5 มก./ล. เหมาะสมในการกระตุ้นแคลลัส และเอมบริโอจีนิคแคลลัสมากกว่าการใช้สาร TDZ ความเข้มข้นสูงกว่า 0.5 มก./ล. เมื่อเลี้ยงต่อไปในอาหารสูตรเดิมเป็นเวลา 1 เดือน เกิดปุ่มก้อนสีขาว เขียว เหลือง ชมพูเกาะกันจำนวนมาก (embryogenic nodules) บนก้อนแคลลัสสีน้ำตาล และบางก้อนเริ่มยืดยาว (torbedo stage) (Table 3, Figure3) สอดคล้องกับ Giridhar และคณะ (2004) ที่พบว่าสามารถกระตุ้น embryogenic nodules ในกาแฟ *C. arabica* และ *C. canephora* จากใบ ไฮโปคอทิล และก้านได้ด้วยการใช้ TDZ ความเข้มข้นต่างๆ ในอาหารสูตร 1/2MS และ B5 วิตามิน แต่พบว่า TDZ ความเข้มข้น 0.91 ไมโคลโมล (0.2 มก./ล.) ดีที่สุดในการเพิ่มปริมาณ embryogenic nodules ในการทดลองนี้ อาจกล่าวได้ว่า TDZ 0.5 มก./ล เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตที่มีประสิทธิภาพในการชักนำให้เกิดแคลลัสและ เอมบริโอจีนิค แคลลัส ในการเพาะเลี้ยงตายอดกาแฟโรบัสต้า

สรุปผล

การยับยั้งการเกิดสารสีน้ำตาลจากการเพาะเลี้ยงตายอดกาแฟโรบัสต้าทำได้ โดยการ pretreatment ตายอดขนาด 0.3 ซม. ในสารละลาย citric 0.03% เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ร่วมกับเทคนิคฟอกฆ่าเชื้อที่เหมาะสมโดยเติมสาร citric acid 0.03% ในน้ำยาฟอกฆ่าเชื้อคลอร็อกซ์ และในน้ำนึ่งฆ่าเชื้อที่ล้างออก และเพาะเลี้ยงตายอดในอาหารสูตร WPM ที่เติม TDZ 0.5 มก./ล. เป็นเวลา 5 เดือน ทำให้เกิดแคลลัสและเอมบริโอจีนิคแคลลัส ซึ่งจะมีแนวโน้มพัฒนาเป็นต้นอ่อนต่อไป

คำขอบคุณ

การวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยมุ่งเป้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เอกสารอ้างอิง

Aga, E. and Khillare, Y., 2017, *In Vitro* Regeneration of Shoots from Apical and Axillary Bud Explants of *Coffea arabica* L., Journal of Medicinal Plants Studies, 5(1): 09-12.

Giridhar, P., Vinod K., Indu, E.P., Ravishankar, G.A. and Chandrasekara, A., 2004, Thidiazuron Induced Somatic Embryogenesis in *Coffea arabica* L. and *Coffea canephora* P ex Fr., Acta Botanica Croatica, 63(1): 25-33.

Kaushal, N., Modgil, M.,Thakur M. and Sharma, D.R., 2005, *In Vitro* Clonal Multiplication of An Apple Rootstock by Culture of Shoot Apices and Axillary Buds, Indian Journal Experimental Biology, 43: 561-565.

Krishna, K.L., Paridhavi, M. and Patel, J.A., 2008, Review on Nutritional and Pharmacological Properties of Papaya (*Carica papaya Linn*), Natural Product Radiance, 7:364-373.

Monaco L.C, Söndahl M.R, Carvalho A., Crocomo O.J, Sharp W.R. 1995, Application of Tissue Culture in the Improvement of Coffee. In: Applied and Fundamental Aspects of Plant Cells, Tissue and Organ Culture. (Eds): J. Reiaert and Y. P. S. Bajaj. Narosa Publ. House, India.

Morfeine, E.A., 2013, Effect of Anti-browning on Initiation Phase of *Musa* species Grand Naine, *In Vitro.* Journal of Forest Products & Industries, 2(2): 45-47.

Ndakidemi, C.F., Mneney, E., and Ndakidemi, P.A., 2014, Effects of Ascorbic acid in Controlling Lethal Browning *In Vitro* Culture of *Brahylaena huillensis* Using Nodal Segments, American Journal of Plant Sciences, 5:187-191.

Onuoha, I.C, Eze, J.C., and Unamba C.I.N., 2011, *In Vitro* Prevention of Browning in Plantain Culture, Journal of Biological Sciences, 11(1): 13-17.

Singh, P. and Pate, R., 2016, Factors Affecting *In Vitro* Degree of Browning and Culture Establishment of Pomegranate, African Journal of Plant Science, 10(2): 43-49.

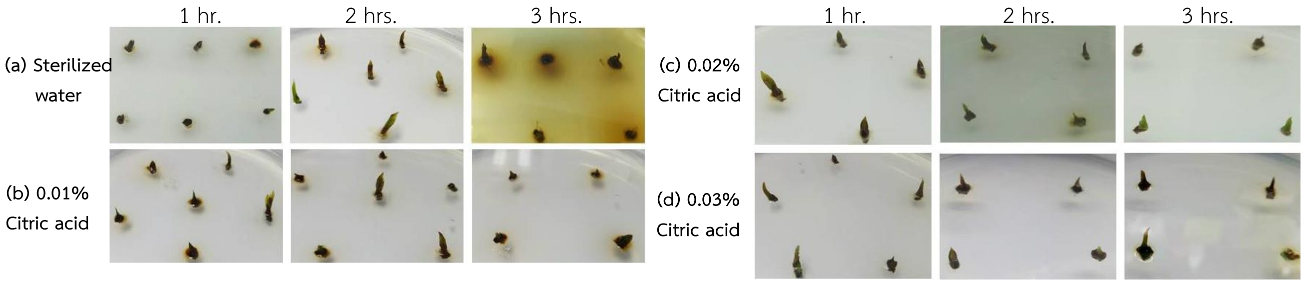


Figure 1 Explants 0.5 cm of *Coffea caneophora* (Robusta) showed browning occurrence cultured after 24 hrs.: Pre-treated explants with sterilized water (a) 0.01% citric acid (b) 0.02% citric acid (c) 0.03% citric acid (d) for 1, 2 and 3 hrs, respectively.

Table 1 Effect of pre-treatments and different period of time on browning scores and percentage number of green buds after 24 hrs. of culture.

Treatments	Browning scores (±S.E.)				% number of green buds		
	1 hr.	2 hrs.	3 hrs.	mean	1 hr.	2 hrs.	3 hrs.
Sterilized water	2.50±0.53^{bc}	3.10±0.52^{b}	4.00±0.71^{a}	3.20^{A}	0±0^{c}	0±0^{b}	0±0^{b}
0.01% Citric acid	2.20±0.54^{cd}	1.80±0.16^{de}	1.25±0.19^{ef}	1.75^{B}	30±0.47^{b}	25±0.44^{ab}	35±0.48^{a}
0.02% Citric acid	1.55±0.34^{ef}	1.50±0.58^{ef}	1.25±0.19^{ef}	1.43^{BC}	40±0.50^{ab}	35±0.48^{a}	40±0.50^{a}
0.03% Citric acid	1.50±0.58^{ef}	1.25±0.19^{ef}	1.15±0.19^{f}	1.30^{C}	60±0.50^{a}	50±0.51^{a}	40±0.50^{a}
F-Test	ns	ns	ns		*	*	*

* significant at (P ≤ 0.05), Means within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test

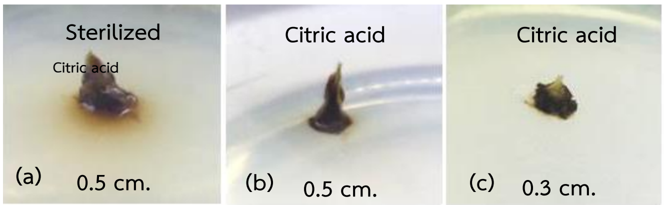


Figure 2 0.5 cm explants showed browning in sterilized water (a) pre-treated 0.5 cm (b) and 0.3 cm of apical buds (c) with 0.03% citric acid cultured on MS medium for 1 month.

Table 2 Effect of pre-treatments and size of apical buds on browning scores and percentage number of green apical buds after 1 month of culture.

Treatments	Apical bud size (cm)	Contamination (%)	Number of green apical buds (%)	Browning scores (±S.E.)
sterilized water	0.5	66.67	10	3.13±0.44^{a}
0.03% Citric acid	0.5	56.67	23.33	2.13±0.32^{b}
0.03% Citric acid	0.3	33.33	30	1.68±0.66^{c}
F-test	-		-	*

* significant at (P ≤ 0.05), Means within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test

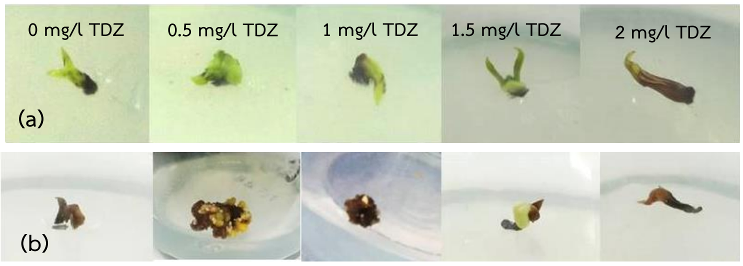


Figure 3 Shoot growth and callus initiation of 0.3 cm apical buds (Robusta) on WPM with 0-2 mg/l TDZ for 2 months (a) and 5 months (b).

Table 3 The change of apical buds (Robusta) onto WPM with (0-2 mg/l) of TDZ cultured for 2 and 5 months.

WPM	Contamination (%)	Number of green apical buds (%)	Change of apical buds	
			2 months	5 months
0 mg/l TDZ	16.67	13.33	green shoots	brown shoots, no callus formation
0.5 mg/l TDZ	16.67	33.33	green shoots	embryogenic nodules initiated on callus
1 mg/l TDZ	20.0	23.33	green shoots	brown callus formation
1.5 mg/l TDZ	20.0	20.00	green shoots	brown shoots, no callus formation
2 mg/l TDZ	16.67	13.33	become brown shoots	brown shoots, no callus formation

Agricultural Sci. J. 50(2)(Suppl.): 225-228 (2019) ว. วิทย์. กษ. 50(2)(พิเศษ): 225-228 (2562)

การศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ของผลอะโวคาโดเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์
A Study on Characteristics of Avocado Cultivars for Breeding Utilization

ขวัญหทัย ทนงจิตร[1], พิมพ์นิภา เพ็งช่าง[1], กัลยาณี สุวิทวัส[1] และ เรืองศักดิ์ กมขุนทด[1]
Tanongjid, K.[1], Phengchang, P.[1], Suvittawat, K.[1] and Komkhuntod, R.[1]

Abstract

Avocado leaf descriptors for 24 cultivars grown at Pakchong Research Station, Kasetsart University, Pak Chong, Nakhon Ratchasima was reported in The 13th National Horticultural Congress (2014) on the topic of "Survey, Collection and Characterization of Avocado Leaves". To complete characterization for avocado, fruit descriptors of 12 cultivars (Peterson, Fuerte, Buccanaer, Pinkerton, Pakchong3-3, Lula, Hall, Choquette, Whit Sell, 320, E-sine and Duke7) were studied more, including fruit shape, fruit base shape, fruit apex shape, fruit apex position, pedicel position on fruit, pedicel shape and fruit skin surface. Furthermore, agronomic traits for avocado fruit were also evaluated, including fruit weight, fruit size, fresh firmness, fresh thickness, skin thickness, fresh weight, skin weight, stone weight and stone size. The data collection was provided in the book of Database of Avocado Germplasm for further use in breeding approaches.

Keywords: Avocado, Characteristics of avocado

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ของใบอะโวคาโดที่ปลูกในสถานีวิจัยปากช่อง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา จำนวน 24 พันธุ์ ในรายงานการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 13 เรื่อง การสำรวจ รวบรวม และศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ของใบอะโวคาโด ประกอบด้วย รูปร่างใบ ปลายใบ ฐานใบ ขอบใบ แผ่นใบ เป็นต้น เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลจึงต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ของผล คือ ทรงผล รูปร่างขั้วผล รูปร่างปลายผล ตำแหน่งปลายผล ตำแหน่งขั่วผล รูปร่างขั้วผล ลักษณะผิว และประเมินผลลักษณะทางการเกษตรของผลอะโวคาโดพันธุ์ต่างๆ คือ น้ำหนักผล ขนาดของผล ความแน่นเนื้อ ความหนาเนื้อ ความหนาเปลือก น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเมล็ด และขนาดเมล็ด จำนวน 12 พันธุ์ คือ พันธุ์พริ้งเคอร์ตัน พันธุ์วิสเซลล์ พันธุ์บัคคาเนีย พันธุ์ลูล่า พันธุ์โชเควท พันธุ์ฮอลล์ พันธุ์ 320 พันธุ์อีทราย พันธุ์ปีเตอร์สัน พันธุ์เฟอร์เต้ พันธุ์ปากช่อง 3-3 และ พันธุ์ดูจ7 โดยจัดเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นรูปเล่มในหนังสือฐานข้อมูลเชื้อพันธุกรรมอะโวคาโดเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต

คำสำคัญ: อะโวคาโด ลักษณะประจำพันธุ์ของอะโวคาโด

คำนำ

ปัจจุบันอะโวคาโดที่ปลูกในประเทศไทยมีมานานกว่า 150 ปี แต่ไม่เป็นที่รู้จักมากนักทั้งที่อะโวคาโดเองเป็นผลไม้ที่ทั่วโลกรู้จักและยอมรับว่าเป็นไม้ผลเพื่อสุขภาพ แต่ในปัจจุบันพบว่าอะโวคาโดได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พื้นที่การปลูกเพิ่มมากขึ้น ราคาขายในท้องตลอดเพิ่มสูงขึ้น ความต้องการเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ แต่กลับสวนทางกับงานวิจัยในเรื่องอะโวคาโดที่ยังมีไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นตอบคำถามให้กับเกษตรกรผู้ปลูกอะโวคาโดโดยตรงว่า อะโวคาโดพันธุ์ไหนดีที่สุดมีคุณค่าทางโภชนาการสูง อะโวคาโดพันธุ์ไหนเหมาะที่จะปลูกในไทย (ฉลองชัย, 2534) สถานีวิจัยปากช่องได้รับทุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ใน ปี 2554 สามารถเก็บรวบรวมพันธุ์อะโวคาโดจากทั่วประเทศได้มาจำนวน 24 พันธุ์ จากมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 4 พันธุ์ คือ พันธุ์แฮส, พันธุ์เฟอร์เต้, พันธุ์พิ้งเคอร์ตัน และพันธุ์บัคคาเนีย จาก ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 5 พันธุ์ คือ พันธุ์บูช 8, พันธุ์ลูล่า, พันธุ์กัมปง, พันธุ์โชเควท และพันธุ์ฮอลล์ จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก จังหวัดตาก จำนวน 5 พันธุ์ คือ พันธุ์มูเซอ, พันธุ์อะนาฮิม, พันธุ์ A75, พันธุ์ A293 และ พันธุ์อีทราย และพันธุ์จากสถานีวิจัยปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 10 พันธุ์ คือพันธุ์ปีเตอร์สัน, พันธุ์บูช7, พันธุ์นาเดีย, พันธุ์จิมแม็กซิกันดอเนอร์, พันธุ์วิทเซล, พันธุ์รูเฮิลร์, พันธุ์ฟิลิปปินส์, พันธุ์ปากช่อง 3-3, พันธุ์เฟอร์เต้แฮส และ

[1] สถานีวิจัยปากช่อง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา
[1] Pakchong Research Station, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Pakchong, Nakhon Ratchasima 30130,Thailand

พันธุ์คาโน นำมาเก็บรักษาโดยการต่อกิ่งบนต้นตออะโวคาโด ปลูกในแปลงรวบรวมพันธุ์ในสถานีวิจัยปากช่อง ทำการเก็บข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ของใบอะโวคาโด ประกอบด้วย รูปร่างใบ ปลายใบ ฐานใบ ขอบใบ แผ่นใบ เป็นต้น (ขวัญหทัย, 2557) และทำการศึกษาลักษณะของผล และลักษณะทางการเกษตร เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลเชื้อพันธุกรรมอะโวคาโด สำหรับใช้ประโยชน์ในการผลิตและการปรับปรุงพันธุ์อะโวกาโดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีเก็บข้อมูลการทดลองที่ 1 เก็บข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ของผล ตามหลักเกณฑ์ของ International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI} 1995) จำนวน 20 ผล ได้แก่ รูปร่างผล (Fruit shape) รูปร่างฐานผล (Fruit base shape) รูปร่างปลายผล (Fruit apex shape) ตำแหน่งขั้วผล (Pedicel position on fruit) รูปร่างขั้วผล (Pedicel shape) ลักษณะผิว (Fruit skin surface) ขนาดของจุดบนผล (Lenticel size on fruit) และความหนาแน่นของจุดบนผล (Density of lenticel size on fruit)

1. รูปร่างผล (Fruit shape)

1	Oblate	6	Obovate
2	Spheroid	7	Pyriform
3	High spheroid	8	Clavate
4	Ellipsoid	9	Rhomboidal
5	Narrowly	10	Other

2. รูปร่างฐานผล (Fruit base shape

1	Depressed	2	Flattened
3	Inflated	4	Pointed

3. รูปร่างปลายผล (Fruit apex shape)

1	Deeply depressed	2	Slightly depressed
3	Flattened	4	Rounded
5	Pointed		

4. ตำแหน่งขั้วผล (Pedicel position on fruit)

1	Central	2	Asymmetrical
3	Very asymmetrical	4	Extremely asymmetrical

5. รูปร่างขั้วผล (Pedicel shape)

1	Cylindrical	2	Conical
3	Rounded	4	Other

6. ลักษณะผิว (Fruit skin surface)

1	Smooth	2	Intermediate	3	Rough

7. ขนาดของจุดบนผล (Lenticel size on fruit)

1	Small	2	Intermediate	3	Large

8. ความหนาแน่นของจุดบนผล (Density of lenticel size on fruit)

1	Sparse	2	Intermediate	3	Dense

วิธีเก็บข้อมูลการทดลองที่ 2 เก็บข้อมูลลักษณะทางการเกษตรของผล ตามหลักเกณฑ์ของ International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1995) จำนวน 20 ผล ได้แก่ น้ำหนักผล fruit weight น้ำหนักเนื้อ fresh weight น้ำหนักเปลือก skin weight น้ำหนักเมล็ด stone weight เปอร์เซ็นต์เนื้อ percent recovery ความแน่นเนื้อ fresh firmness ความกว้างผล Fruit diameter ความยาวผล Fruit length ความกว้างเมล็ด Stone diameter ความยาวเมล็ด Stone length ความหนาเนื้อผล Fresh thickness และ ความหนาเปลือกผล Skin thickness

1. เก็บข้อมูลน้ำหนักผลทั้งผล (fruit weight) จำนวน 20 ผล โดยชั่งเฉพาะน้ำหนักสด
2. แยกส่วนของเนื้อ เปลือกผล และเมล็ด เพื่อชั่ง น้ำหนักเนื้อ (fresh weight) น้ำหนักเปลือก (skin weight) และ น้ำหนักเมล็ด (stone weight)

3. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ที่ใช้ประโยชน์ได้ในผล (percent recovery) จากสูตร

$$\text{percent recovery} = \frac{\text{น้ำหนักผลส่วนที่รับประทานได้}}{\text{น้ำหนักผลทั้งหมด}} \times 100$$

น้ำหนักส่วนที่รับประทานได้ = น้ำหนักผล – น้ำหนักเมล็ด – น้ำหนักเปลือกผล

4. วัดความแน่นเนื้อ (fresh firmness) โดยเฉือนผิวเปลือกบริเวณกึ่งกลางผลทั้งสองข้างออก วัดความแน่นเนื้อโดยเครื่อง penetrometer โดยใช้หัวกดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร แปลงหน่วยกิโลกรัม/ตารางเซนติเมตรเป็นนิวตันโดยการคูณด้วย 9.807 (Kader, 1985)

5. วัดขนาดของผลโดยใช้ vernier callipers โดยวัดความกว้างผล (Fruit diameter) จากตรงกลางผล และความยาวผล (Fruit length) จากไหล่ผลถึงปลายผล

6. วัดขนาดของเมล็ดโดยใช้ vernier callipers โดยวัดความกว้างเมล็ด (Stone diameter) จากตรงกลางเมล็ด และความยาวเมล็ด (Stone length) จากไหล่เมล็ดถึงปลายเมล็ด

7. วัดความหนาของเนื้อผล (Fresh thickness) โดยใช้ vernier calipers จากเนื้อด้านนอกสุดตรงกลางเมล็ด จนถึงเนื้อด้านในสุด ก่อนถึงเมล็ด

8 วัดความหนาของเปลือกผล (Skin thickness) โดยใช้ vernier calipers ตรงกลางผล

9. บันทึกลักษณะของผลที่เปลี่ยนแปลงจากการสังเกตด้วยตาเปล่า และถ่ายภาพผลอะโวคาโด

ผลการทดลอง**

ผลการทดลองที่ 1

จากการศึกษาข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ของผล จำนวน 8 ลักษณะ คือ รูปร่างผล รูปร่างฐานผล รูปร่างปลายผล ตำแหน่งขั้วผล รูปร่างขั้วผล ลักษณะผิว ขนาดของจุดบนผล และความหนาแน่นของจุดบนผล จำนวน 12 พันธุ์ คือ พันธุ์พริ้งเคอร์ตัน พันธุ์วิสเซลล์ พันธุ์บัคคาเนีย พันธุ์ลูล่า พันธุ์โซเควท พันธุ์ฮอลล์ พันธุ์ 320 พันธุ์อีทราย พันธุ์ปีเตอร์สัน พันธุ์เฟอร์เต้ พันธุ์ปากช่อง 3-3 และ พันธุ์ดูจ7 (Table 1)

ผลการทดลองที่ 2

จากการประเมินผลลักษณะทางการเกษตรของผลอะโวคาโด จำนวน 12 ลักษณะ คือ น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเมล็ด เปอร์เซ็นต์เนื้อ ความแน่นเนื้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล ขนาดความยาวผล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเมล็ด ขนาดความยาวเมล็ด ความหนาเนื้อ และความหนาเปลือก จำนวน 12 พันธุ์ คือ พันธุ์พริ้งเคอร์ตัน พันธุ์วิสเซลล์ พันธุ์บัคคาเนีย พันธุ์ลูล่า พันธุ์โซเควท พันธุ์ฮอลล์ พันธุ์ 320 พันธุ์อีทราย พันธุ์ปีเตอร์สัน พันธุ์เฟอร์เต้ พันธุ์ปากช่อง 3-3 และ พันธุ์ดูจ7 ได้ทำการเก็บข้อมูลใน (Table 2)

สรุปผล

ในการศึกษาข้อมูลครั้งนี้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ของผล และ ลักษณะทางการเกษตร ได้เพียง 12 พันธุ์ คือพันธุ์ พันธุ์พริ้งเคอร์ตัน พันธุ์วิสเซลล์ พันธุ์บัคคาเนีย พันธุ์ลูล่า พันธุ์โซเควท พันธุ์ฮอลล์ พันธุ์ 320 พันธุ์อีทราย พันธุ์ปีเตอร์สัน พันธุ์เฟอร์เต้ พันธุ์ปากช่อง 3-3 และ พันธุ์ดูจ7 ลักษณะประจำพันธุ์ของผล จำนวน 8 และลักษณะลักษณะทางการเกษตรของผลอะโวคาโด จำนวน 12 ลักษณะ และเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นรูปเล่มเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในงานวิจัยเกี่ยวกับอะโวคาโดต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ขวัญหทัย ทนงจิตร, พินิจ กรินท์ธัญญกิจ, กัลยาณี สุวิทวัส, เรืองศักดิ์ กมขุนทด และพิมพ์นิภา เพ็งช่าง , 2557. การสำรวจรวบรวม และศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ของใบอะโวคาโด ใน การ ประชุมพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 13

ฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2534. อะโวคาโด. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 42 ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

IPGRI. 1995. Descriptors for Avocado (*Persea* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Table 1 Characterization of Avocado Fruit for 12 avocado cultivars at Pakchong Research station.

	Peterson	Fuerte	Buccanaer	Pinkerton	pakchong3-3	Lula	Hall	Choquette	Whit sell	320	E-sine	Duke7
Fruit shape	Spheroid	Pyriform	elliptical	Pyriform	High spheroid	Pyriform	Pyriform	Pyriform	Obovate	Clavate	Spheroid	Obovate
Fruit base shape	Flattened	Flattened	Inflated	Flattened	Inflated	Depressed	Inflated	Flattened	Inflated	Flattened	Flattened	Flattened
Fruit apex shape	Slightly depressed	Flattened	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded	Rounded	Flattened	Rounded	Rounded
Pedicel position on fruit	Central	Asymmetrical	Central	Central	Central	Central	Very asymmetrical	Central	Asymmetrical	Asymmetrical	Central	Asymmetrical
Pedicel shape	Cylindrical	Cylindrical	Conical	Cylindrical	Cylindrical	Cylindrical	Cylindrical	Conical	Cylindrical	Conical	Cylindrical	Cylindrical
Fruit skin surface	Smooth	Smooth	Intermediate	Rough	Intermediate	Intermediate	Intermediate	Smooth	Intermediate	Smooth	Intermediate	Smooth
Lenticel size on fruit	Intermediate	Small	Large	Intermediate	Large	Small	Intermediate	Intermediate	Intermediate	Intermediate	Intermediate	Small
Density of lenticel size on fruit	Dense	Sparse	Dense	Sparse	Dense	Intermediate	Dense	Intermediate	Intermediate	Dense	Dense	Intermediate

Table 2 Agricultural description of Avocado Fruit for 12 avocado cultivars at Pakchong Research station.

	Peterson	Fuerte	Buccanaer	Pinkerton	pakchong3-3	Lula	Hall	Choquette	Whit sell	320	E-sine	Duke7
Fruit weight (g.)	204.50	224.29	383.00	202.11	438.00	325.71	229.50	230.67	188.67	339.00	150.00	469.50
Fresh weight (g.)	150.00	162.14	264.00	110.53	308.00	251.43	153.50	172.00	100.00	251.00	85.71	337.50
Skin weight (g.)	17.50	25.00	52.00	40.00	72.00	21.43	30.50	22.00	43.33	33.00	31.43	78.00
Stone weight (g.)	29.00	35.71	66.00	45.26	56.00	47.14	33.00	34.67	43.33	51.00	32.86	49.50
% recovery	77.26	72.93	69.19	57.81	70.78	78.95	72.33	75.43	54.06	75.22	57.14	72.84
Fresh firmness (kg./cm^2)	0.32	0.19	0.22	0.28	0.39	0.28	0.25	0.20	0.33	0.28	0.38	0.21
Fruit diameter (cm.)	6.67	5.58	8.54	5.70	8.51	7.60	5.84	6.17	5.92	6.58	6.06	6.86
Fruit length (cm.)	7.47	12.65	10.70	10.68	10.96	11.93	11.77	9.50	10.89	14.31	6.82	18.34
Stone diameter (cm.)	3.55	3.42	4.72	3.75	4.41	4.16	3.21	3.78	3.72	3.61	3.87	3.68
Stone length (cm.)	3.16	5.57	4.45	5.47	4.20	4.49	5.38	4.00	5.47	7.14	3.24	7.80
Fresh thickness(cm.)	8.51	1.22	1.63	1.18	1.71	1.48	1.24	1.30	1.05	1.39	1.09	1.63
Skin thickness (mm.)	0.72	0.34	0.76	0.55	1.14	0.84	1.37	0.63	0.69	0.98	1.44	1.24

ประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งโรคใบจุดตาเสือของเผือกโดยชีววิธี*
Efficiency of *Trichoderma* sp. Against Leaf Blight Disease of Taro by Biological Control

เพชรพิกุล ขำอ่อน[1] และ กมลวรรณ สนใจยิ่ง[2]
Khumon, P.[1] and Sonjaiying, K.[2]

Abstract

Study the effect of *Trichoderma* sp. on the mycelial growth inhibition of taro leaf blight disease, caused by *Phytophthora colocasiae*. The experiment was performed on PDA plates which its result indicated average mycelial growth inhibition of *Trichoderma* sp. was 73.8%. The taro leaf were cleaned, punched with the needle and inoculated with the tested fungi. All inoculated samples were incubated for 7 days. The growth of the tested fungal mycelium was then observed, which the result showed that *Trichoderma* sp. could delay the mycelial growth of strains on taro leaf at 59.40%. Therefore, the *Trichoderma* sp. has a potential to be used to control leaf blight disease in taro leaf.

Keywords: Taro leaf blight disease, *Trichoderma* sp., Biological control

บทคัดย่อ

ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* sp.) ในการยับยั้งโรคใบจุดตาเสือของเผือก (Leaf blight disease: *Phytophthora colocasiae*) ทดสอบในจานอาหารเลี้ยงเชื้อและทดสอบบนใบเผือก พบว่าการทดสอบความสามารถในการยับยั้งเส้นใยเชื้อราก่อโรคใบจุดตาเสือของเผือกในอาหาร PDA แสดงการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราเฉลี่ยที่ 73.8% ทดสอบการยับยั้งการก่อโรคใบจุดตาเสือ โดยนำใบเผือกมาทำให้เกิดบาดแผลและปลูกเชื้อด้วยเชื้อราก่อโรคมาทดสอบ นำไปบ่มสภาวะที่เหมาะสมเป็นเวลา 7 วัน และสังเกตการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา พบว่าเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถยับยั้งการเจริญของบาดแผลได้ 59.40% จึงมีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมเชื้อราก่อโรคใบจุดตาเสือของเผือก

คำสำคัญ: โรคใบจุดตาเสือของเผือกหอม เชื้อราไตรโคเดอร์มา การควบคุมโดยชีววิธี

คำนำ

เผือก (*Colocasia esulenta* L.) เป็นพืชหัวที่เป็นอาหารที่สำคัญของมนุษย์และสัตว์ ในประเทศไทยมีการปลูกเผือกอยู่ทั่วไปทุกภาคของประเทศ ส่วนจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ นครสวรรค์ พิษณุโลก นครราชสีมา สุรินทร์ สระบุรี และพระนครศรีอยุธยา (ชนินทร์และคณะ, 2560) ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตของเผือกลดลงคือปัญหาเรื่องโรคและแมลงศัตรูพืช โดยพบว่าโรคที่มักสร้างความเสียหายให้กับผู้ปลูกเผือกเป็นอันดับต้นๆ คือ โรคใบจุดตาเสือ (taro leaf blight) ซึ่งมีสาเหตุจากเชื้อรา *Phytophthora colocasiae* Rac. ทำความเสียหายถึงระยะหลังการเก็บเกี่ยว (Misra และคณะ, 2008) ซึ่งโรคใบจุดตาเสือจะเริ่มระบาดเมื่อมีฝนตกและอากาศชุ่มชื้น ลักษณะอาการบนใบเกิดจุดสีน้ำตาล เห็นได้ชัดบนผิวใบขนาดใหญ่ขึ้นเป็นวงๆ บริเวณขอบแผลมีหยดสีเหลืองข้น ซึ่งตอนแห้งเป็นเม็ดๆเกาะอยู่เป็นวงๆ พอบีบจะแตกเป็นผงละเอียด สีเหมือนสนิม แต่สามารถขยายติดต่อกันได้ ทำให้ใบม้วนพับเข้าและแห้งเหี่ยว เชื้อนี้อาจเข้าทำลายหัวเผือกทำให้หัวเผือกเน่าเสียหาย เผือกที่เป็นโรคนี้ถ้ายังไม่เริ่มลงหัวหรือลงหัวไม่โตนักจะเสียหายหมด หัวที่ลงจะไม่ขยายเพิ่มขนาดสามารถทำให้ผลผลิตลดลง 50-100 เปอร์เซ็นต์ (อมรรัตน์, 2552; กลุ่มวิจัยโรคพืช, 2555) การป้องกันกำจัดโรคทำได้หลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ การเขตกรรม ชีววิธี การใช้พันธุ์ต้านทาน และการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช (สมศรี, 2537) การศึกษาวิธีการป้องกันกำจัดโรคโดยชีววิธีจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ปลอดภัยและได้รับความนิยมในปัจจุบัน โดยพบว่าเชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นเชื้อราปฏิปักษ์ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิด เช่น *Sclerotinia sclerotiorum*, *Verticillium* spp., *Bipolaris* spp., *Penicillium* spp.,

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เลขที่ 96 ถ.ปรีดีพนมยงค์ ต.ประตูชัย อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000
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
Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University 96, Pridi Banomyong Rd., Pratu Chai Si Ayutthaya, Phranakhon Sri Ayutthaya 13000, Thailand

Helminthosporium, *Fusarium*, *Armillaria*, *Venturia*, *Endothia*, *Diaporthe*, and *Gaeumannomyces* (Tang และคณะ, 2001) ดังนั้นการควบคุมโรคพืชด้วยเชื้อราปฏิปักษ์ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้สารเคมี งานวิจัยของ Nyoman และคณะ(2006) ได้ศึกษาการยับยั้งเชื้อ *Phytophthora cinnamomi* ด้วยจุลินทรีย์ที่คัดแยกจากปุ๋ยหมัก พบว่า*Trichoderma* sp., *Gliocladium penicillioides*, *Fusarium* sp. *Streptomyces* sp., *Pseudomonas* sp., และ *Bacillus* sp. สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. cinnamomi* ได้ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมโรคใบจุดตาเสือของเผือกโดยชีววิธีสามารถใช้เป็นคำแนะนำในการป้องกันกำจัดโรคใบจุดตาเสือของเผือกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สายพันธุ์เชื้อราไตรโคเดอร์มา ใช้เชื้อราไตรโครเดอร์มาสายพันธุ์การค้า (*Trichoderma harzianum*) และเชื้อรา *Trichoderma* sp.(T1) ซึ่งแยกได้จากดินอำเภอบ้านหมอ จังหวัดสระบุรี

2. เชื้อราก่อโรคสาเหตุโรคใบจุดตาเสือ แยกเชื้อรา *Phytophthora colocasiae* จากใบเผือกหอมที่แสดงอาการโรคใบจุดตาเสือของเผือกหอมที่อำเภอบ้านหมอ จังหวัดสระบุรี ด้วยวิธี Tissue transplanting วางเลี้ยงบนอาหาร PDA (วรรณวิไล, 2553) ซึ่งเชื้อรา *P. colocasiae* ที่แยกได้บริสุทธิ์นำไปจำแนกและพิสูจน์การเป็นโรคด้วยวิธีของ Koch (Koch’s Postulates) (Agrios, 1997) สังเกตการเจริญของเชื้อราทุกวันพร้อมทั้งสังเกตบาดแผลที่เกิดขึ้น

3. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคใบจุดตาเสือของเผือกหอมบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1 เตรียมเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์การค้า (*Trichoderma harzianum*) เชื้อรา *Trichoderma* sp.(T1) และเชื้อราก่อโรคสำหรับการทดสอบ เลี้ยงบนอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

3.2 ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์การค้า (*Trichoderma harzianum*) และเชื้อรา *Trichoderma* sp.(T1) ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคใบจุดตาเสือของเผือกบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี dual culture technique เมื่อโคโลนีของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อชุดควบคุมเจริญเต็มจานเพาะเชื้อวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเชื้อรา คำนวณประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มา (%) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา
P. colocasiae (percent inhibition of radial growth) โดยใช้สูตรคำนวณจาก Michael และ Nelson (1972)

$$\%\ \text{Inhibition radial growth} = \frac{(Do - Dx)}{Do} \times 100$$

Do = ค่าเฉลี่ยของรัศมีเชื้อรา *P. colocasiae* ในกรรมวิธีควบคุม

Dx = ค่าเฉลี่ยของรัศมีเชื้อรา *P. colocasiae* ในกรรมวิธีทดสอบ

4. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคใบจุดตาเสือบนใบเผือก ด้วยวิธี detached leaf technique ปลูกเชื้อตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Nath และคณะ, 2014) ประเมินความรุนแรงของการเกิดโรคโดยให้ระดับคะแนนที่ 0-6 (ประยุกต์จาก ชนินทร์ และคณะ, 2560) ดังนี้

ระดับ 1 = พืชไม่ปรากฏอาการโรค
ระดับ 2 = พืชปรากฏแผลใบจุดตาเสือที่ใบและส่วนต่างๆ 1-5 เปอร์เซ็นต์ของต้น
ระดับ 3 = พืชปรากฏแผลใบจุดตาเสือที่ใบและส่วนต่างๆ 6-10 เปอร์เซ็นต์ของต้น
ระดับ 4 = พืชปรากฏแผลใบจุดตาเสือที่ใบและส่วนต่างๆ 11-25 เปอร์เซ็นต์ของต้น
ระดับ 5 = พืชปรากฏแผลใบจุดตาเสือที่ใบและส่วนต่างๆ 26-50 เปอร์เซ็นต์ของต้น
ระดับ 6 = พืชปรากฏแผลใบจุดตาเสือที่ใบและส่วนต่างๆ มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของต้น

5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์โดยใช้ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ $\rho \leq 0.05$ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลอง**

1. การคัดแยกเชื้อราก่อโรคใบจุดตาเสือและการพิสูจน์การก่อโรค

1.1 การคัดแยกเชื้อราก่อโรคใบจุดตาเสือ สาเหตุจากเชื้อรา *Phytophtora colocasiae* ได้ลักษณะของเส้นใยไม่มีสี ไม่มีผนังกั้นเส้นใย การเจริญบนอาหาร PDA เต็มจากเลี้ยงเชื้อใช้เวลา 9 วัน

1.2 การพิสูจน์การก่อโรคใบจุดตาเสือ ผลการพิสูจน์การก่อโรคพบลักษณะบาดแผลที่ปรากฏบนใบเผือกเป็นจุดเล็กๆ

สีน้ำตาลเข้ม ใบที่เป็นจุดเกิดโรคที่ผิวด้านบนใบ เป็นลักษณะวงขยายกว้างออกไป

2. การทดสอบประสิทธิภาพเชื้อราไตรโครเดอร์มาสายพันธุ์การค้า (*Trichoderma harzianum*) และเชื้อรา *Trichoderma* sp.(T1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคใบจุดตาเสือบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

จากการทดลองพบว่าร้อยละการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราเฉลี่ยเท่ากับ 73.8 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) จึงสรุปได้ว่าเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคใบจุดตาเสือของเผือกได้ (**Figure 1 and 2)**

3. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์การค้า (*Trichoderma harzianum*) และเชื้อรา *Trichoderma* sp.(T1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคใบจุดตาเสือ

การยับยั้งการก่อโรคใบจุดตาเสือบนใบเผือก โดยทำบาดแผลที่ใบเผือกและปลูกเชื้อราก่อโรคบ่มไว้ในสภาวะที่เหมาะสมเป็นเวลา 7 วัน พบว่าเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถยับยั้งการเจริญของบาดแผลโรคใบจุดตาเสือได้ (Table2)

สรุปผล*

จากการแยกเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดตาเสือพบว่ามีสาเหตุจากเชื้อรา *Phytophtora colocasiae* จากนั้นทำการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์การค้า (*Trichoderma harzianum*) และเชื้อราไตรโคเดอร์มาที่แยกได้จากดิน *Trichoderma* sp.(T1) มาทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. colocasiae* โดยวิธีdual culture พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคได้ และการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์การค้า (*Trichoderma harzianum*) และเชื้อรา *Trichoderma* sp.(T1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคใบจุดตาเสือบนใบเผือก ผลการทดสอบพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคใบจุดตาเสือได้ จึงมีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาร่วมกับวิธีอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันและลดการเกิดโรคใบจุดตาเสือของเผือกได้ดียิ่งขึ้น

คำขอบคุณ

การวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากศูนย์สะเต็มศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง*

กลุ่มวิจัยโรคพืช, 2555, คู่มือโรคผัก, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ, 153 หน้า.

ชนินทร ดวงสอาด พรพิมล อธิปัญญาคม สุณีรัตน์ สีมะเดื่อ อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว พจนา ตระกูลสุขรัตน์ มะโนรัตน์ สุดสงวน สุทธิณี ลิขิตตระกูลรุ่ง, 2560, ทดลองประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดโรคใบจุดตาเสือของเผือกสาเหตุจากเชื้อรา, ในรายงานผลงานวิจัยประจำปี 2560 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, หน้า 1828 – 1834.

อมรรัตน์ ภู่ไพบูลย์, 2552, รา *Phytophthora* สาเหตุโรคพืชในประเทศไทย, เอกสารวิชาการ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 74 หน้า.

Aryantha, N.P. and Guest, D.I., 2006, Mycoparasitic and Antagonistic Inhibition on *Phytophthora cinnamomirands* by Microbial Agents Isolated from Manure Composts, Plant Pathology Journal, 5(3), 291-298.

Asseng, C. C., Nanda, D. G. L., Ebongo, L. E., Akono, N. P., Mbida, J. A., Ngono, N. A., Ambang, Z., Monkam, T. F. and Djouokep, L. G., 2017, Study of Symbiotic Pathogenic Microorganisms Associated with *Phytophthora colocasiae* Causal Agent of Taro Mildew (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), Plant Phytotherapy, p. 33-42.

Mickael A. H., Nelson P. E., 1972, Antagonistic Effect of Soil Bacteria on *Fusarium roseum* from Carnation, Phytopathology, 42: 315.

Misra, A.K., Sharma, K. and Misra, R.S., 2008, Effect of Benzyl Amino Purine on the Pathogen Growth and Disease Development of Taro Leaf Blight Caused by *Phytophthora colocasiae*, Journal of Plant Pathology, 90(2): 191-196.

Tang, W., Yang, H. and Ryder, M., 2001, Research and Application of *Trichoderma* spp. in Biological Control of Plant Pathogens, In: Bio-Exploitation of Filamentous Fungi (eds. Pointing, S.B. and Hyde, K.D.), Fungal Diversity Research Series, 6, 403-435.

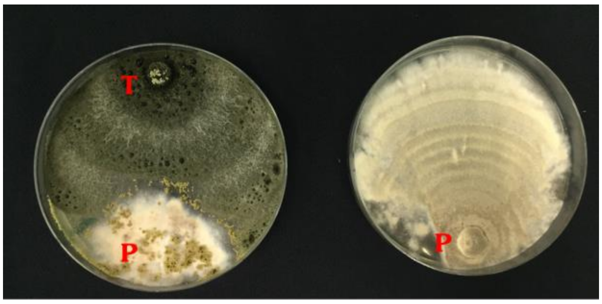


Figure 1 Dual culture of *Trichoderma harzianum* (commercial) and *Phytophthora colocasiae* on PDA

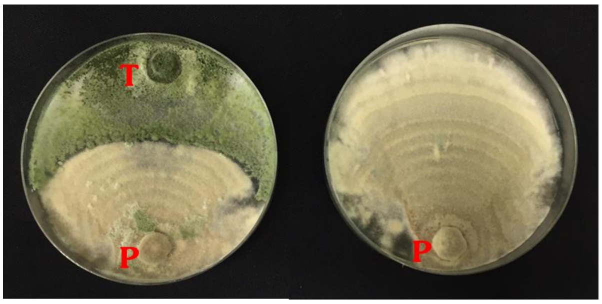


Figure 2 Dual culture of *Trichoderma sp.*(T1) and *Phytophthora colocasiae* on PDA

Table 1 Inhibition percentage of *Trichoderma harzianum* (commercial) and *Trichoderma* sp.(T1) on *P. colocasiae* growth in dual culture after 4 days.

Treatment	Inhibition (%)
Control	0.00^{a}
T. harzianum (commercial)	79.58^{b}
Trichoderma sp.(T1)	73.80^{b}

Table 2 Efficacy of *Trichoderma harzianum* (commercial) and *Trichoderma* sp.(T1) application of *P. colocasiae* leaf blight disease on taro leaves.

Treatment	%Inhibition (%)
Control	0.00^{a}
T. harzianum (commercial)	59.40^{b}
Trichoderma sp.(T1)	46.38^{c}

การศึกษาการเจริญเติบโตและปริมาณการผลิตสารสีของเชื้อรา *Monascus purpureus* TISTR 3615 โดยใช้เศษข้าว และรำข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน และไนโตรเจน

Study on Growth and Pigment Production of *Monascus purpureus* TISTR 3615 Using Broken Rice and Rice Bran as Carbon Source and Nitrogen Source

ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง[1] ณัฐชยา แซ่โก[1] สิทธิเจตน์ อุไรวิชัยกุล[1] จุฑามาศ ยอดโพธิ์ศรี[1] วรรณวิลัยรัตน์ ใยกระโทก[1] และพลอยพรรณ ทองยศ[1]
Rungruang R.[1], Sae-ko N.[1], Uraiwichaikul S.[1], Yodphosi J.[1], Yaikratok W.[1] and Tongyod P.[1]

Abstract

This research aimed to study on growth and pigment production of *Monascus purpureus* TISTR 3615 using broken rice and rice-bran of two rice varieties including Jasmine and Tubtim Chumphae, as carbon (C) and nitrogen (N) sources. Results showed that *M. purpureus* had the highest growth in C-N sources containing Jasmine rice bran (7.13±0.25 cm). However, growth of *M. purpureus* in broken Jasmine and Tubtim Chumphae rice and Tubtim Chumphae rice-bran was not different. For the pigmentation, *M. purpureus* produced yellow and red pigment, which the highest yellow and red pigments have produced in the usage of Jasmine rice-bran and the color intensity of outer cell was 0.37±0.15. Therefore, this study demonstrated that Jasmine rice-bran could be a potential as a carbon and nitrogen sources for *M. purpureus* growth and produced the great pigment.

Keywords: *M. purpureus* TISTR 3615, Natural pigment, Jasmine rice, Tubtim chumphae rice

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต และการผลิตสารสีของเชื้อรา *Monascus purpureus* TISTR 3615 โดยใช้เศษข้าว และรำข้าว 2 ชนิด คือ หอมมะลิ และทับทิมชุมแพ เป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจน ผลการศึกษาการเจริญเติบโต พบว่า การใช้รำข้าวหอมมะลิ มีการเจริญเติบโตของเชื้อราสูงที่สุด (7.13±0.25 เซนติเมตร) ส่วนการใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวทับทิมชุมแพ และรำข้าวทับทิมชุมแพมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน สำหรับการผลิตสารสี พบว่า เชื้อรามีการผลิตสารสีเหลือง และสีแดง โดยการใช้รำข้าวหอมมะลิมีการผลิตสารสีเหลือง และสีแดงสูงที่สุด และมีความเข้มของสีภายนอกเซลล์เท่ากับ 0.37±0.15 ดังนั้น การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใช้รำข้าวหอมมะลิมีประสิทธิภาพในการใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนที่ทำให้เชื้อรา *M. purpureus* เจริญเติบโต และผลิตสารสีได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: โมแนสคัส เพอพิวเรียส สารสีธรรมชาติ ข้าวหอมมะลิ ข้าวทับทิมชุมแพ

คำนำ

ปัจจุบันการใช้สารให้สีในตลาดโลกมีปริมาณสูงถึง 27.5 พันล้านเหรียญสหรัฐ หรือประมาณ 834 ล้านบาท โดยพบว่าในปี 2018 มีการใช้สารให้สีจากธรรมชาติ ร้อยละ 31 สีสังเคราะห์ร้อยละ 40 และที่เหลือคือสีกึ่งสังเคราะห์ (Mapari และคณะ 2010; Lv และคณะ, 2017) อย่างไรก็ตามเริ่มมีการศึกษาค้นคว้าสารให้สีที่ได้จากธรรมชาติเพิ่มขึ้น เนื่องจากสีสังเคราะห์อาจทำให้เกิดการแพ้ ระคายเคือง รวมทั้งอาจก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ของเซลล์ (Vendruscolo และคณะ, 2016) จึงทำให้มีการพัฒนาสารให้สีจากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น โดยสารสีธรรมชาติจะสังเคราะห์ได้จากพืช และจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารสีจากจุลินทรีย์เป็นสารสีที่ผลิตได้ง่าย และใช้เวลาในการผลิตน้อย เชื้อจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการผลิตสารให้สีคือ *Monascus sp.* สารสีของ *Monascus sp.* จะสร้างสารสีส้มเป็นเฉดสีแรก โดยกลไกการสังเคราะห์สารสีส้มจะผ่านวิถีการสังเคราะห์สาร polyketide ร่วมกับวิถีการสังเคราะห์ fatty acid จากนั้นเมื่อสารสีส้มทำปฏิกิริยากับ amino acid, peptides, proteins หรือ nucleic acid จะเปลี่ยนเป็นสารสีแดง และเมื่อสีส้มเกิดปฏิกิริยา reduction จะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นสารสีเหลือง (Hajjaj และคณะ, 2000; Wang et al., 2017) ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสี ได้แก่ สายพันธุ์จุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง แหล่งคาร์บอน และแหล่งไนโตรเจนในอาหาร

[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

เพาะเลี้ยง แต่แหล่งของคาร์บอน และไนโตรเจนมีราคาสูง ในปัจจุบันจึงมีการศึกษาการใช้วัสดุเหลือทิ้งมาใช้ทดแทนแหล่งของคาร์บอน และไนโตรเจน เช่น ซังข้าวโพด กลีเซอรีน เมล็ดข้าว ซากอ้อย และเปลือกมันฝรั่ง (Embaby และคณะ, 2018) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเศษข้าว และรำข้าว ของข้าว 2 ชนิด คือ ข้าวขาวหอมมะลิ 105 และข้าวทับทิมชุมแพต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Monascus purpureus* และปริมาณสารสีที่ผลิตได้ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และเป็นการลดระยะเวลา รวมถึงต้นทุนในการผลิตสารสีจากธรรมชาติ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเชื้อราสำหรับการทดลอง

เชื้อรา *Monascus purpureus* TISTR 3615 ได้จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย นำมาเพาะเลี้ยงบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 7 วัน สำหรับนำไปทดสอบต่อไป

การศึกษาการเจริญเติบโต

การศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อรา ประยุกต์จากงานวิจัยของ Embaby และคณะ (2018) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อโดยใช้เศษข้าวหอมมะลิ รำข้าวหอมมะลิ เศษข้าวทับทิมชุมแพ และรำข้าวทับทิมชุมแพ ใส่ลงในอาหาร PDA ร้อยละ 1 ปรับ ค่าพีเอชเท่ากับ 6.5 จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ เทอาหารลงในจานเพาะเลี้ยงจนแข็งตัว จึงนำเชื้อที่เตรียมไว้มาวางลงบนอาหาร นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง และสังเกตการเจริญเติบโตทุก ๆ 2 วัน โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (cm.) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ

การศึกษาการผลิตสารสีจากเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3615

เตรียมอาหาร Potato dextrose broth ที่มีส่วนผสมของเศษข้าวหอมมะลิ รำข้าวหอมมะลิ เศษข้าวทับทิมชุมแพ และรำข้าวทับทิมชุมแพ ร้อยละ 1 ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.5 แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ จากนั้นเจาะกล้าเชื้อที่เตรียมไว้ด้วย cork bore ให้มีขนาดเท่ากัน และใส่ลงในอาหารที่เตรียมไว้ นำไปเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิห้องพร้อมเขย่าตลอดเวลา ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เก็บตัวอย่างวันที่ 0, 4, 8 และ 12 นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 rpm ระยะเวลา 5 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 414, 507 และ 680 นาโนเมตร ประยุกต์จากงานวิจัยของ Embaby และคณะ (2018) จากนั้นเมื่อครบ 12 วัน นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง แล้วนำส่วน extracellular ไปวัดค่าสีด้วยเครื่อง colorimeter แสดงเป็นระบบสี CIE L* a* b* และ hue

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3615

การเจริญเติบโตของเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3615 บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีเศษข้าวและรำข้าวเป็นองค์ประกอบพบว่า ในระยะแรกเชื้อรามีการสร้างสปอร์และเส้นใยได้ดี บริเวณตรงกลางของโคโลนีมีสีส้มแดง และเส้นใยโดยรอบมีสีขาว ในวันที่ 10–12 เชื้อรามีการผลิตสารสีมากขึ้นโดยมีสีส้มแดงทั้งที่โคโลนีและในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงทั้งสูตรที่มีเศษข้าวหอมมะลิ รำข้าวหอมมะลิ เศษข้าวทับทิมชุมแพ และรำข้าวทับทิมชุมแพ (Figure 1) โดยเมื่อวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีในวันที่ 12 ของการเพาะเลี้ยง พบว่า เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรที่มีรำข้าวหอมมะลิโดยวัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ 7.13±0.25 เซนติเมตร ส่วนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมเศษข้าวหอมมะลิ เศษข้าวทับทิมชุมแพ และรำข้าวทับทิมชุมแพมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน (Figure 1)

การผลิตสารสีจากเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3615

การผลิตสารสีในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB เป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่า ในวันที่ 4 ของการเพาะเลี้ยง เชื้อราเริ่มมีการผลิตสารสีส้มในอาหารเพาะเลี้ยงสูตรที่มีเศษข้าวทับทิมชุมแพและรำข้าวทับทิมชุมแพอย่างชัดเจน เมื่อเพาะเลี้ยงไปจนถึงวันที่ 12 พบว่า อาหารสูตรที่มีเศษข้าวหอมมะลิ เศษข้าวทับทิมชุมแพ และรำข้าวทับทิมชุมแพมีลักษณะปรากฎของสีชัดเจนคือเป็นสีน้ำตาลแดง ส่วนอาหารสูตรที่มีรำข้าวหอมมะลิมีลักษณะปรากฎของสีเป็นสีแดง (Figure 2) สำหรับปริมาณสารสีที่วัดได้จากความยาวคลื่น 414 (สีเหลือง) พบว่า การใช้รำข้าวเป็นส่วนประกอบในอาหารส่งผลให้เชื้อมีการผลิตสารสีเหลืองมากกว่าการใช้เศษข้าว (Figure 3A) โดยการใช้อาหารสูตรที่มีรำข้าวหอมมะลิเชื้อมีการผลิตสีเหลืองสูงที่สุดในวันที่ 12 ของการเพาะเลี้ยง เท่ากับ 0.72±0.23 สำหรับการผลิตสารสีแดง พบว่า เชื้อรามีการผลิตสารสีมากขึ้นเมื่อระยะเวลาเพาะเลี้ยงนานขึ้น โดยการใช้อาหารสูตรที่มีรำข้าวหอมมะลิในวันที่ 12 ของการเพาะเลี้ยงเชื้อรามีการผลิตสารสีแดงสูงที่สุด เท่ากับ 0.68±0.24 รองลงมาคืออาหารสูตรที่มีเศษข้าวหอมมะลิ รำข้าวทับทิมชุมแพ และเศษข้าวทับทิมชุมแพ ตามลำดับ (Figure 3B) สอดคล้องกับการวิเคราะห์ความเข้มของสารสี ของการเพาะเลี้ยงในวันที่ 12 พบว่า การใช้อาหารสูตรรำข้าวหอมมะลิมีความเข้มของสีสูงสุด (0.37±0.15) รองลงมาคืออาหารสูตรรำข้าว

ทับทิมชุมแพ เศษข้าวหอมมะลิ และเศษข้าวทับทิมชุมแพตามลำดับ (Figure 3C) จากผลการทดลอง พบว่า การใช้รำข้าวในสูตรอาหารส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการผลิตสีมากกว่าการใช้เศษข้าว เนื่องจาก ในรำข้าวทั้งข้าวหอมมะลิ และข้าวทับทิมชุมแพอุดมไปด้วยแหล่งของไนโตรเจน กรดอะมิโน เปปไทด์ โปรตีน (Rungruang และคณะ, 2018; Inket and Phugan, 2005; Zarei และคณะ, 2017) จึงส่งผลให้เกิดการกระตุ้นกลไกการสังเคราะห์สารสี โดยกระบวนการสังเคราะห์สารสีจะผ่าน Polyketide synthase (PKS-mediated carbon chain elongation) และ Fatty acid biosynthetic pathway ก่อนและสร้างสารสีส้มเป็นสีแรก จากนั้นเมื่อเกิดปฏิกิริยา Reduction จะสร้างสารสีเหลือง และเกิดปฏิกิริยา Amination จะสร้างสารสีแดง (Wang และคณะ, 2017) สำหรับการวัดค่าสีด้วยเครื่อง Colorimeter แสดงเป็นระบบ CIE Hunter L*, a*, b* ของสารสีที่ได้จากวันที่ 12 ของการเพาะเลี้ยงผลการทดลอง พบว่า มีค่า a* เป็นบวก และมีค่า h* อยู่ระหว่าง 10.40±0.64 ถึง 25.21±0.21 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงของเฉดสีแดง (Table 1)

สรุป

จากการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3615 ในอาหารสูตรที่มีส่วนผสมของเศษข้าวหอมมะลิ รำข้าวหอมมะลิ เศษข้าวทับทิมชุมแพ และรำข้าวทับทิมชุมแพ พบว่า เชื้อราสามารถเจริญและผลิตสารสีได้ โดยเมื่อระยะเวลานานขึ้น เชื้อราสามารถเจริญเติบโตและผลิตสารสีได้มากขึ้นในทุกสูตรอาหาร แต่การใช้อาหารสูตรที่มีรำข้าวหอมมะลิเชื้อราสามารถเจริญเติบโตและผลิตสารสีได้ดีที่สุดในวันที่ 12 ของการเพาะเลี้ยง ดังนั้น จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ดีในการนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอน และไนโตรเจนสำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อรา เพราะจะสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตสารสี และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้

เอกสารอ้างอิง

Embaby, A. M., Hussein, M. N. and Hussein, A, 2018, Monascus Orange and Red Pigments Production by *Monascus purpureus* ATCC16436 through Co-Solid-State Fermentation of Corn Cob and Glycerol: An Eco-Friendly Environmental Low-Cost Approach, PloS one, 13(12): e0207755.

Hajjaj, H., Klaebe, A., Goma, G., Blanc, P. J., Barbier, E. and François, J., 2000, Medium-Chain Fatty acids Affect Citrinin Production in The Filamentous Fungus *Monascus ruber*, Applied and Environmental Microbiology, 66(3): 1120-1125.

Inket, S. and Phugan, P., 2005, Development of Cracker Supplemented with Jasmine Rice Bran Powder, Journal of Food Health and Bioenvironmental Science, 10(1): 121-136

Lv, J., Zhang, B. B., Liu, X. D., Zhang, C., Chen, L., Xu, G. R. and Cheung, P. C. K., 2017, Enhanced Production of Natural Yellow Pigments from *Monascus purpureus* by Liquid Culture: The Relationship Between Fermentation Conditions and Mycelial Morphology, Journal of bioscience and bioengineering, 124(4): 452-458.

Mapari, S. A., Thrane, U. and Meyer, A. S., 2010, Fungal Polyketide Azaphilone Pigments as Future Natural Food Colorants, Trends in biotechnology, 28(6): 300-307.

Rungruang, R., Modsuwan, J., Sea-Lee, N., Kaisangsi, N., Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N., 2018, Effect of pH on the Extraction of Anthocyanin and Antioxidation of Tubtim Chumphae Rice, Agricultural Science Journal, 49(2): 225-228.

Vendruscolo, F., Bühler, R. M. M., de Carvalho, J. C., de Oliveira, D., Moritz, D. E., Schmidell, W. and Ninow, J. L., 2016, *Monascus*: A Reality on the Production and Application of Microbial pigments, Applied biochemistry and biotechnology, 178(2): 211-223.

Wang, C., Chen, D. and Qi, J., 2017, Biochemistry and Molecular Mechanisms of *Monascus* Pigments, Bio-pigmentation and Biotechnological Implementations, 173-191.

Zarei, I., Brown, D. G., Nealon, N. J. and Ryan, E. P., 2017, Rice Bran Metabolome Contains Amino acids, Vitamins and Cofactors, and Phytochemicals with Medicinal and Nutritional Properties, Rice, 10(1): 24.

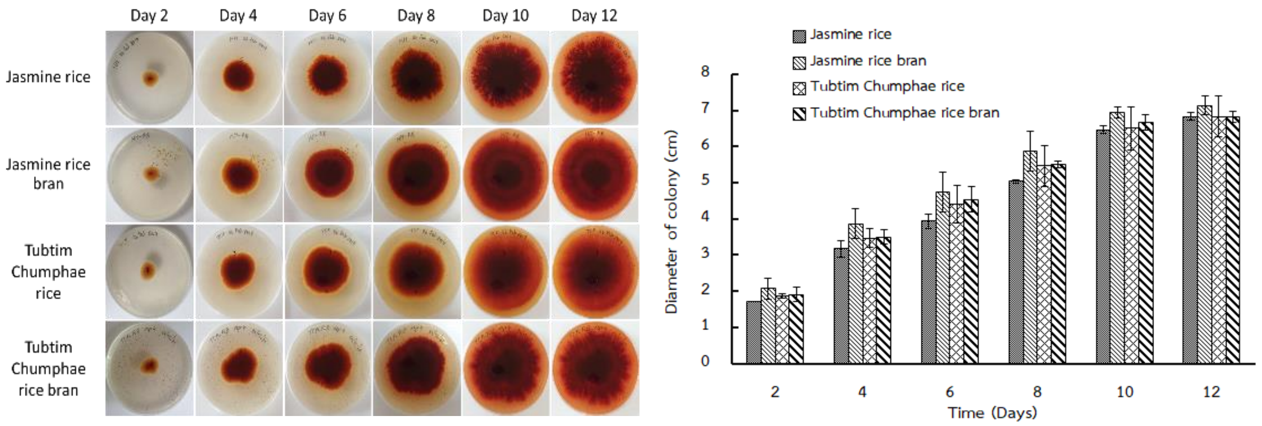


Figure 1 Culture morphology (left) and the growth of *Monascus purpureus* TISTR 3615 (right) in PDA contained of 1%Jasmine rice, Jasmine rice bran, Tubtim Chumphae rice and Tubtim Chumphae rice bran.

Figure 2 *Monascus purpureus* TISTR 3615 produce pigment in PDB contained 1% Jasmine rice, Jasmine rice bran, Tubtim Chumphae rice and Tubtim Chumphae rice bran during 12 day.

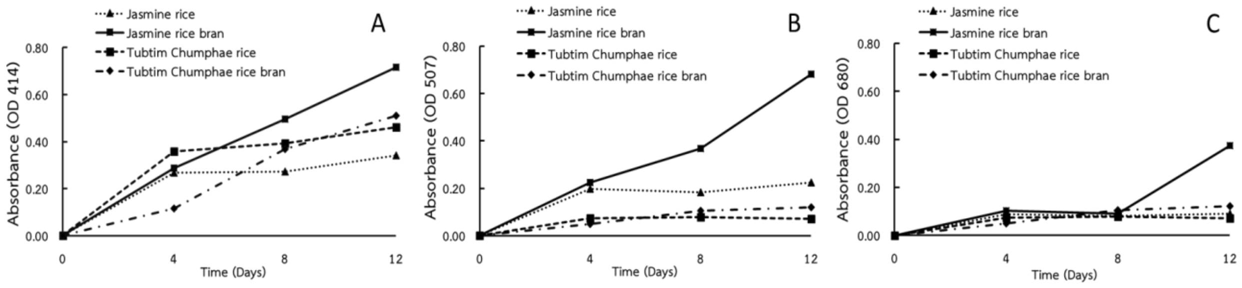


Figure 3 Production of pigments on PDB contained 1%Jasmine rice, Jasmine rice bran, Tubtim Chumphae rice and Tubtim Chumphae rice bran at Room temperature, 12 days.

Table 1 Color measured by CIE Hunter L*a*b* from extracellular of PDA with 1% Jasmine rice, Jasmine rice bran, Tubtim Chumphae rice and Tubtim Chumphae rice bran

Formula	L*	a*	b*	h*
PDB + 1%JR (Jasmin Rice)	27.16±0.50	1.72±0.95	0.31±0.17	10.40±0.64
PDB + 1%JRB (Jasmin Rice Bran)	26.70±0.59	1.06±0.06	0.38±0.01	19.88±1.33
PDB + 1%TCR (Tubtim Chumphae Rice)	28.05±0.33	2.47±0.01	1.16±0.02	25.21±0.21
PDB + 1%TCRB (Tubtim Chumphae Rice Bran)	28.66±0.46	4.32±0.10	1.13±0.01	14.68±0.24

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด แคโรทีนอยด์และโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองหมักด้วยโพรไบโอติกแบคทีเรีย
Total Soluble Solid, Carotenoid and Protein Content of Fermented Soy-Milk with Probiotic Bacteria

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

Abstract

Fermented soymilk was produced by *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) and *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) (1.2 x 10^9 CFU/ml) then stored at 4°C for 4 weeks. Total soluble solid, carotenoid and protein content were evaluated every week during storage. In the 2[nd] week, total soluble solid was significantly decreased and but the value (1.2-1.3°Brix) was constant. Carotenoid contents in both fermented and unfermented soy milks gradually decreased all storage time. Whereas, protein contents in fermented and unfermented soy milks remained constant during storage at 5.47-6.57 ug/ml. The results indicate that the fermentation by *L. casei* (TISTR 1463) and *L. acidophilus* (TISTR 1336) had no effect on the nutritional properties of soy milk with significant.

Keywords: fermented soymilk, carotenoid, total soluble solid, protein

บทคัดย่อ

นมถั่วเหลืองหมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) และ *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) (1.2 x 10^9 CFU/ml) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ปริมาณแคโรทีนอยด์และโปรตีนทุกสัปดาห์ระหว่างการเก็บรักษา พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในนมถั่วเหลืองหมักด้วย *L. acidophilus* มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ที่สัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา และหลังจากนั้นจะมีค่าคงที่ (1.2-1.3°Brix) ปริมาณแคโรทีนอยด์ในนมถั่วเหลืองหมักจากเชื้อทั้งสองชนิดและนมถั่วเหลืองที่ไม่ได้หมักจะมีปริมาณค่อย ๆ ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณโปรตีนในนมถั่วเหลืองหมักและไม่หมักมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.47-6.57 ug/ml จากผลการทดลองบ่งชี้ได้ว่าการหมักด้วยเชื้อ *L. casei* และ *L. acidophilus* ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการในนมถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: นมถั่วเหลืองหมัก แคโรทีนอยด์ ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ โปรตีน

คำนำ

ถั่วเหลือง (*Glycine max*) เป็นพืชวงศ์ถั่วที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจและมีคุณค่าทางโภชนาการมากที่สุดชนิดหนึ่ง โดยเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ โดยมีโปรตีนประมาณร้อยละ 40 (Nielsen, 1996) อีกทั้งยังประกอบด้วยเปปไทด์สายสั้นๆ ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ (Wynstra, 1986) คาร์โบไฮเดรต isoflavones, saponins, กรด phytic และไฟเบอร์ ซึ่งมีส่วนช่วยลดปัจจัยเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและโรคหลอดเลือด ช่วยลดอาการวัยหมดประจำเดือน ลดน้ำหนัก ลดอาการของโรคไขข้อ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย (Vij และคณะ, 2011) ลดการดูดซึมไขมันและลดอาการของโรคมะเร็ง (Messina และคณะ, 1994; Anderson และคณะ, 1998; Messina และ Loprinzi, 2001; Kurzer, 2008; Larkin และคณะ, 2009) ประชากรในประเทศแถบเอเชียตะวันออกนิยมรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลืองมานานนับศตวรรษ (Cao และคณะ, 2019) และประชากรในประเทศแถบตะวันตกได้ให้ความสนใจกับประโยชน์ของถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้น มีรายงานว่าการถนอมอาหารโดยวิธีการหมักสามารถช่วยเพิ่มการดูดซึมวิตามิน แร่ธาตุและ isoflavones ในถั่วเหลือง อีกทั้งยังช่วยปรับเปลี่ยนรสชาติทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารใหม่ ๆ (Rekha และ Vijayalakshmi, 2010) อาหารหมักจากถั่วเหลือง เช่น เทมเป้ นัตโต๊ะ มิโซะ ซอสถั่วเหลือง เป็นที่นิยมในเอเชียมานานและมี

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

ประโยชน์ต่อสุขภาพ Appukutty และคณะ (2015) และ Lin และคณะ (2016) รายงานว่านมถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักด้วยแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก (LAB) มีผลดีต่อระบบภูมิคุ้มกัน เนื่องจากมีการสังเคราะห์ active peptide ในระหว่างกระบวนการหมัก (Singh และคณะ, 2014)

เมื่อเก็บรักษานมถั่วเหลืองที่เติม *Lactobacillus acidophilus* TISTR 1338 และ *Lactobacillus casei* TISTR 1463 และนมถั่วเหลืองที่ไม่ได้เติมโพรไบโอติก (ชุดควบคุม) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีมากที่สุดในวันเริ่มต้นและมีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา โดยสารประกอบฟีนอลิกในชุดควบคุมมีปริมาณร้อยละ 66 ในขณะที่นมถั่วเหลืองผสม *L. acidophilus* และ *L. casei* มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกร้อยละ 38 และ 42 ตามลำดับ (พริมาและคณะ, 2558) Isoflavones จัดเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญในนมถั่วเหลือง นมถั่วเหลืองสามารถคงสภาพความเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกได้นานกว่า 4 สัปดาห์ นมถั่วเหลืองมีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง (จุฑาทิพย์และคณะ, 2559) นมถั่วเหลืองประกอบไปด้วยโปรตีนมากถึง 3.4% คาร์โบไฮเดรต (sucrose, raffinose and stachyose) (1.5%) (Bharat และคณะ (2020) และวิตามิน เช่น riboflavin ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จึงเป็นการวิเคราะห์สารสำคัญที่ละลายน้ำได้โดยภาพรวม นอกจากนี้นมถั่วเหลืองยังมีลิปิดเป็นองค์ประกอบ (1.8%) ซึ่ง carotenoid จัดเป็นสารสำคัญที่ละลายได้ในลิปิด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ปริมาณแคโรทีนอยด์ และปริมาณโปรตีนในนมถั่วเหลืองหมักโพรไบโอติก *L. acidophilus* และ *L. casei* เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์และวิธีการ

ปั่นถั่วเหลือง (*Glycine max*) ซีก (ไร่ทิพย์, บริษัท ไร่ธัญญะ จำกัด) ซีกที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 1 คืน (อัตราส่วนถั่วเหลือง 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 10 ลิตร) เติมเกลือสมุทรป่นละเอียด 2.5 กรัม ต่อถั่วเหลือง 1 กิโลกรัม กรองเอาแต่ส่วนน้ำด้วยผ้าขาวบาง นำไปต้มจนเดือด แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แบ่งออกเป็น 3 ชุดทดลอง ชุดที่ 1 นมถั่วเหลืองที่ไม่เติมเชื้อโพรไบโอติก (ชุดควบคุม) ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 คือ นมถั่วเหลืองที่เติมเชื้อโพรไบโอติก (10^9 CFU/มิลลิลิตร) *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) และ *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) ตามลำดับ ดังวิธีการของพริมาและคณะ (2558) จากนั้นบรรจุลงในขวดพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนที่ผ่านการลวกฆ่าเชื้อแล้ว นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ทุกสัปดาห์ของการเก็บรักษาทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ตรวจวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ด้วยเครื่อง RHBN-32ATC (ATC Brix) วิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ โดยคำนวณตามสมการของ George และคณะ (2011) (β-carotene = $4.624 \times A_{450} - 3.091 \times A_{503}$) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Bradford assay) โดยใช้ Bovine Serum Albumin (BSA) เป็นโปรตีนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา (สัปดาห์ที่ 0) นมถั่วเหลืองในชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด (3.76°Brix) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่านมถั่วเหลืองในชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา โดยในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่านมถั่วเหลืองในชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 3.1°Brix ในขณะที่นมถั่วเหลืองที่เติมเชื้อ *L. casei* และ *L. acidophilus* มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงอย่างรวดเร็วตลอดอายุการเก็บรักษา โดย มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 1.26 และ 1.23°Brix ($p<0.05$) ตามลำดับ (Figure 1A) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเชื้อโพรไบโอติกสามารถใช้น้ำตาลในนมถั่วเหลืองได้ ดังนั้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จึงลดลง ปริมาณแคโรทีนอยด์ในนมถั่วเหลืองมีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลอง (Figure 1B) ในขณะที่ปริมาณโปรตีน (Bradford protein) มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (Figure 1C) ระหว่างกระบวนการหมักแบคทีเรียสามารถเปลี่ยนแปลงสารต่าง ๆ ในนมถั่วเหลืองได้ มีการค้นพบ active peptide เกิดขึ้นในระหว่างการหมัก (Singh และคณะ, 2014) ดังนั้นถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักจึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Cao และคณะ, 2019) เหมาะเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่แพ้นมวัวและผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน

สรุปผล

การเติมโพรไบโอติก (*L. casei* และ *L. acidophilus*) ลงในนมถั่วเหลืองไม่มีผลต่อการลดปริมาณโปรตีน ดังนั้น นมถั่วเหลืองโพรไบโอติกจึงเป็นเครื่องดื่มที่ดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคและเป็นผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกที่น่าสนใจ

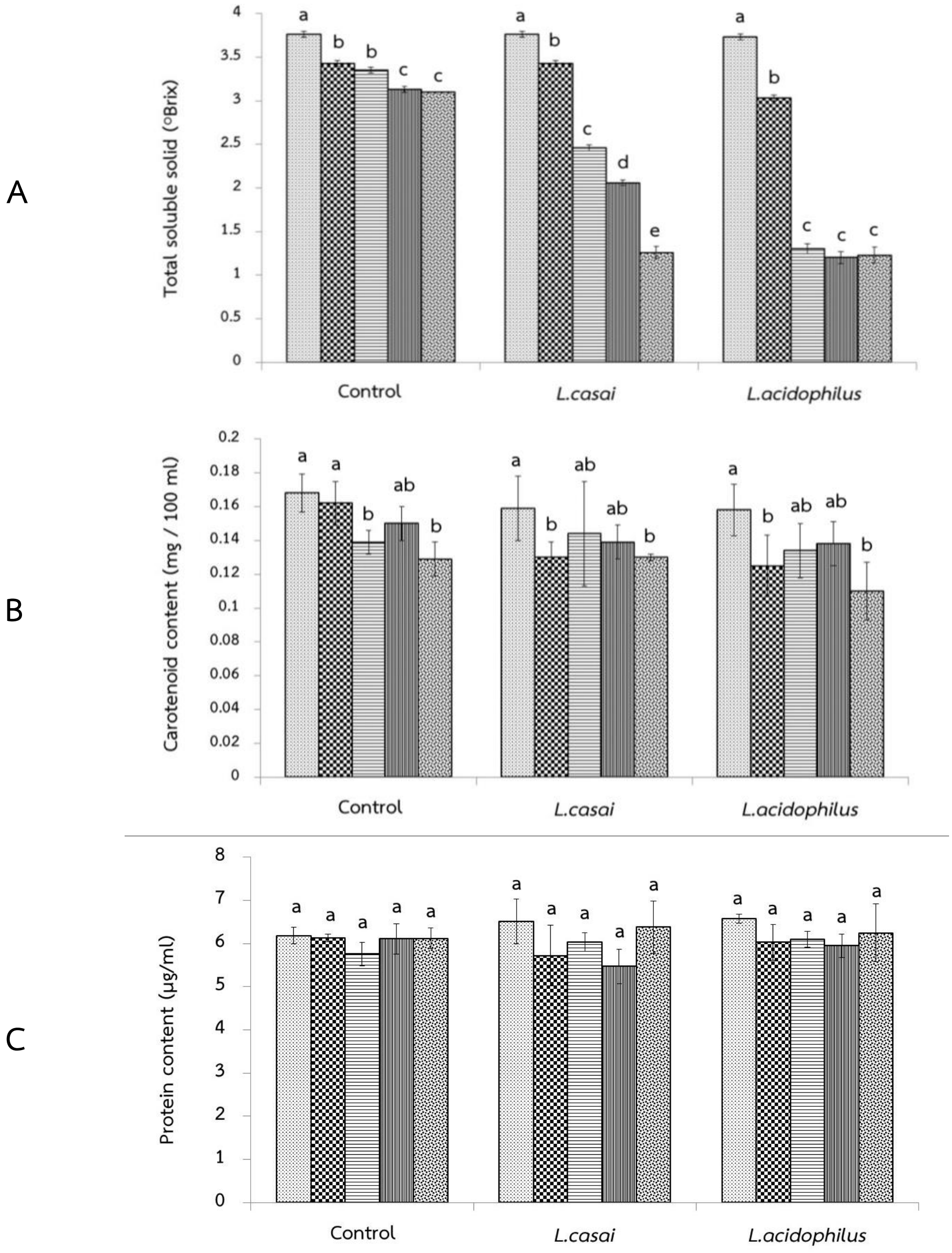


Figure 1 The value of total soluble solid (A), carotenoid content (B) and protein content of soy milk with probiotic *Lactobacillus casei* (TISTR 1463), and *L. acidophilus* (TISTR 1336) and without probiotic (control) during storage at 4°C for 4 weeks (symbol ▒, ▓, ▤, ▥ and ▩ represented at 0, 1, 2, 3 and 4 weeks of storage). Value are express as mean±S.E. Values not sharing a common letter are significantly different at $p<0.05$.

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากหลักสูตรจุลชีววิทยาและวิทยาศาสตร์ชีวภาพ และได้รับการสนับสนุนสารเคมีอุปกรณ์ในงานวิจัยจากสาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล และพริมา พิริยางกูร, 2559, ผลของนมถั่วเหลืองต่อการเจริญของโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus*, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 47(2): 41-44.

พริมา พิริยางกูร รัชฎา เลกุล และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, 2558, ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกในเครื่องดื่มนมถั่วเหลืองโปรไบโอติก, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46(3): 609-612.

Appukutty, M., Ramasamy, K., Rajan, S., Vellasamy, S., Ramasamy, R., and Radhakrishnan, A.K., 2015, Effect of Orally Administrated Soy Milk Fermented with *Lactobacillus plantarum* LAB12 and Physical Exercise on Murine Immune Responses, Beneficial Microbes, 6: 491–496.

Anderson, J.W., Blake, J.E., Turner, J., and Smith, B.M., 1998. Effects of Soy Protein on Renal Function and Proteinuria in Patients with Type 2 Diabetes, The American Journal of Clinical Nutrition, 68: S1347–1453.

Bharat, B., Kumkum, C.R., Mamta, K., Jayesh, J.A., Leon, M.T.D., Vijendra, M., 2020, Soymilk Bio-Enrichment by Indigenously Isolated Riboflavin-Producing Strains of *Lactobacillus plantarum*, LWT - Food Science and Technology, 119: 1108871.

Cao, Z.H., Johnson, J.M.G., Buckley, N.D., and Lin, Q.Y., 2019, Bioactivity of Soy-Based Fermented Foods: A review, Biotechnology Advances, 37: 223-238.

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.

Ikeda, Y., Iki, M., Morita, A., Kajita, E., Kagamimori, S., Kagawa, Y., and Yoneshima, H., 2006, Intake of Fermented Soybeans, Natto, is Associated with Bone Loss in Postmenopausal Women: Japanese Population-Based Osteoporosis (JPOS) study, The Journal of Nutrition, 136: 1323–1328.

Kurzer, M.S., 2008, Soy Consumption for Reduction of Menopausal Symptoms, Inflammopharmacology, 16: 227–229.

Larkin, T.A., Astheimer, L.B., and Price, W.E., 2009, Dietary Combination of Soy with a Probiotic or Prebiotic Food Significantly Reduces Total and LDL Cholesterol in Mildly Hypercholesterolaemic Subjects, European Journal of Clinical Nutrition, 63: 238–245.

Lin, Q.Y., Mathieu, O., Tompkins, T.A., Buckley, N.D., and Green-Johnson, J.M., 2016, Modulation of the TNFα-induced Gene Expression Profile of Intestinal Epithelial Cells by Soy Fermented with Lactic Acid Bacteria, Journal of Functional Foods, 23: 400–411.

Messina, M.J., Persky, V., and Setchell, K.D.R., Barnes, S., 1994, Soy Intake and Cancer Risk: a Review of the In Vitro and In Vivo data, Nutrition and Cancer, 21: 113–131.

Messina, M.J. and Loprinzi, C.L., 2001, Soy for Breast Cancer Survivors: a Critical Review of the Literature, The Journal of Nutrition, 131: 3095–3108.

Nielsen, N. C., 1996, "Soybean Seed Composition," In: D. P. S. Verma and R. C. Shoemaker, Eds., Soybean: Genetics, Molecular Biology and Biotechnology, CABI, Walling-ford, 127-163 p.

Rekha, C.R., and Vijayalakshmi, G., 2010. Bioconversion of Isoflavone Glycosides to Aglycones, Mineral Bioavailability and Vitamin B Complex in Fermented Soy Milk by Probiotic Bacteria and Yeast, Journal of Applied Microbiology, 109: 1198–1208.

Singh, B.P., Vij, S., and Hati, S., 2014, Functional Significance of Bioactive Peptides Derived from Soybean, Peptides, 54: 171–179.

Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S.N., and Bawa, A.S., 2008. Functional and Edible Uses of Soy Protein Products, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 7: 14–28.

Vij, S., Hati, S. and Yadav, D., 2011, Biofunctionality of Probiotics Soy Yoghurt, Food and Nutrition Sciences, 2: 502-509.

Wynstra, R. J., 1986, Intsoy Agenda: Expanding the Use of Soybeans, College of Agriculture, University of Illinois at Urbana, Champaign, 20 p.

ผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกร่วมกับบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาของสับปะรดตัดแต่ง
The Effect of Using Ascorbic Acid in Combination with Packaging on Shelf life of Fresh-cut Pineapple

ปรัชญา ม่วงรอด[1] และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1]
Muangrod, P.[1] and Thumthanaruk, B[1]

Abstract

The aim of this research was to study the effect of using ascorbic acid in combination with appropriate packaging to extend the shelf life of fresh-cut pineapple. The samples were dipped in 0, 0.5, 1 and 1.5% of ascorbic acid solution then packed in PET and PP food container and stored at 5°C. The results showed that changes in color, pH, titratable acidity, % weight loss, firmness and microbial count of fresh-cut pineapple decreased as the levels of ascorbic acid increased. However, ascorbic acid levels did not affect the total soluble solid (°Brix). In addition, the duration of storage increased CO_2 content but decreased O_2 content within the PP container. In this study, the use of 1% of ascorbic acid then packed in PP container and stored at 5 °C showed the best condition to extend the shelf life of fresh-cut pineapple up to 4 days.

Keywords: Fresh-cut pineapple, Ascorbic acid, Extension of shelf life

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกร่วมกับบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของสับปะรดตัดแต่งสายพันธุ์ปัตตาเวีย โดยแปรระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดแอสคอร์บิกเป็นร้อยละ 0, 0.5, 1 และ 1.5 นำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือกล่อง PET และกล่อง PP แบบมีฝาปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C ผลการทดลองพบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ ค่าสี pH TA เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของสับปะรดตัดแต่งเกิดการเปลี่ยนแปลงลดลง แต่ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทำให้ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ชนิด PP เพิ่มขึ้น และ O_2 ลดลง โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษาคือ แช่สารละลายกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้นร้อยละ 1 บรรจุในกล่อง PP แบบมีฝาปิด และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C สามารถเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคได้นานถึง 4 วัน

คำสำคัญ: สับปะรดตัดแต่ง กรดแอสคอร์บิก การยืดอายุการเก็บรักษา

คำนำ

สับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr) เป็นผลไม้เขตร้อนที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก (อุไรวรรณ, 2558; วิบูลย์ และสันติ, 2557) เนื่องจากสับปะรดสดมีผลขนาดใหญ่ และมีเปลือกหนา ทำให้เกิดความยุ่งยากในการบริโภค ดังนั้นกระบวนการแปรรูปสับปะรดสดตัดแต่งจึงเป็นขั้นตอนที่ทำให้สะดวกต่อการบริโภคมากขึ้น (Azarakhsh และคณะ, 2014) กระบวนการผลิตสับปะรดสดตัดแต่งพร้อมบริโภค เริ่มจากขั้นตอนการล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก ตัดหรือหั่นเป็นชิ้น บรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แต่การตัดหรือหั่นนั้นจะเป็นการเพิ่มกระบวนการเสื่อมเสียสภาพต่างๆของผลไม้ตัดแต่ง เช่น การเกิดสีน้ำตาล การนิ่ม การเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ และการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งสาเหตุต่างๆเหล่านี้ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง (พนิดา และมยุรี, 2558; Azarakhsh และคณะ, 2014) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการศึกษาวิธีการลดปัญหาดังกล่าวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของสับปะรดสดตัดแต่ง

การใช้สารเคมี และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำร่วมกับการบรรจุในภาชนะที่เหมาะสม สามารถนำมาใช้เพื่อช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ตัดแต่งหลายชนิด เช่น การแช่ผลไม้ตัดแต่งในกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1°C สามารถช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล รวมทั้งยืดอายุในการเก็บรักษาของผลไม้ตัดแต่งได้ (Antoniolli และคณะ, 2012) นอกจากนี้ภาชนะบรรจุที่แตกต่างกันยังทำให้เกิดสภาวะบรรยากาศดัดแปลงที่แตกต่างกันซึ่งสภาวะ

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[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

บรรยากาศดัดแปลงนั้นมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค (ปรางค์ทอง และคณะ, 2560) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกร่วมกับบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันต่ออายุการเก็บรักษาของสับปะรดสดตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

สับปะรดสายพันธุ์ปัตตาเวีย ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ปอกเปลือก และตัดแต่งสับปะรดเป็นชิ้นเล็กๆ ความหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร นำชิ้นสับปะรดหลังการตัดแต่งแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือร้อยละ 0, 0.5, 1 และ 1.5 เป็นระยะเวลา 2 นาที (พนิดา และมยุรี, 2558) จากนั้นนำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือกล่อง PET และกล่อง PP แบบมีฝาปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Texture analyser โดยใช้หัวโพรบสแตนเลสทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ความเร็วในการกดหัวโพรบ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที (Azarakhsh และคณะ, 2014) และสี โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Laboratory Color Quest 45/O แสดงผลด้วยค่า L*, a*, b* วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$Brix) โดยใช้เครื่อง Refractometer ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของสับปะรดตัดแต่ง วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงภายในบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณ CO_2 และ O_2 โดยใช้เครื่องวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน ด้วยเครื่อง Oxybaby วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total microbial count) อีโคไล (*E. coli*) ด้วยวิธีมาตรฐาน BAM (2001) ยีสต์และรา (Yeast and Molds) ด้วยวิธีมาตรฐาน BAM (2002) และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และการยอมรับโดยรวม โดยใช้แบบสอบถามความชอบ แบบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของสับปะรดตัดแต่งที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดตัดแต่งเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น (Figure 1) ซึ่งอาจเป็นผลจากความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เก็บรักษาที่ค่อนข้างต่ำ (นินนาท และคณะ, 2556) โดยการแช่สารละลายกรดแอสคอร์บิกและเก็บรักษาในกล่อง PP มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าสับปะรดตัดแต่งที่ไม่ได้แช่สารละลายกรดแอสคอร์บิก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน จากร้อยละ 1.86±0.02 เป็นร้อยละ 1.71±0.01 ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของสับปะรดตัดแต่งทุกตัวอย่างจะมีค่าลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น โดยจะพบว่าสับปะรดตัดแต่งที่ผ่านการแช่สารละลายกรดแอสคอร์บิก ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 พบว่าสับปะรดตัดแต่งที่ผ่านการแช่สารละลายกรดแอสคอร์บิกทุกระดับความเข้มข้น มีค่าของความแน่นเนื้อที่ดีกว่าสับปะรดตัดแต่งที่ไม่ได้แช่สารละลายกรดแอสคอร์บิก (ร้อยละ 0, ชุดควบคุม) และสับปะรดที่บรรจุในกล่อง PP จะมีค่าความแน่นเนื้อที่ดีกว่าสับปะรดที่บรรจุในกล่อง PET โดยในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา การบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิด PP และ PET ค่าความแน่นเนื้อของสับปะรดที่ไม่ได้แช่สารละลายกรดแอสคอร์บิกจะมีการเปลี่ยนแปลงจาก 2.67±0.01 เป็น 1.65±0.01 นิวตัน และ 2.61±0.01 เป็น 1.55±0.01 นิวตัน แต่สับปะรดที่ผ่านการแช่สารละลายกรดแอสคอร์บิกมีการเปลี่ยนแปลงจาก 2.61±0.00 เป็น 1.78±0.00 นิวตัน และ 2.59±0.01 เป็น 1.67±0.01 นิวตัน หรือกล่าวได้ว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกร่วมกับการบรรจุในกล่อง PP ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อที่น้อยกว่า โดยสาเหตุการลดลงของความแน่นเนื้ออาจเป็นเพราะสารประกอบเพกทินถูกย่อยสลายทำให้ผนังเซลล์อ่อนนิ่มลง ความแน่นเนื้อจึงลดลง ค่าสีของสับปะรดตัดแต่งพบว่ามีค่า L* ลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จาก 72.44±0.57 เป็น 68.75±0.01 โดยที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยที่สุด (Figure 2) โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดตัดแต่งที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และเก็บรักษาในกล่อง PET และกล่อง PP พบว่า มีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกๆตัวอย่าง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 10.13±0.1 ถึง 13.4±0.2 กล่าวคือการแช่สารละลายกรดแอสคอร์บิก ไม่ได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นตัวอย่างสับปะรดตัดแต่งทุกตัวอย่างจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และ ค่า pH เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย โดยสับปะรดตัดแต่งที่แช่สารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของ pH น้อยกว่าสับปะรดตัดแต่งที่แช่สารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และสับปะรดตัดแต่งที่ไม่ได้แช่สารละลายกรดแอสคอร์บิก โดยมีค่าความเป็นกรดด่างที่เปลี่ยนแปลงไปจาก 3.76 เป็น 3.86, 3.77 เป็น 3.86, 3.72 เป็น 3.85 และ 3.50 เป็น 3.64 ตามลำดับ เนื่องจากกรดแอสคอร์บิกมีคุณสมบัติเป็นกรดจึงอาจทำให้ค่า pH เกิดการเปลี่ยนแปลงลดลง ซึ่ง

การเปลี่ยนแปลงของค่าpH ที่ลดน้อยลงส่งผลให้สับปะรดตัดแต่งยังคงมีค่า pH ที่ค่อนข้างต่ำ จึงเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ซึ่งปกติจะเกิดในช่วงของค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 6-7 (Lee และคณะ, 2003) ทำให้การเกิดสีน้ำตาลหรือสีคล้ำในสับปะรดลดลง สอดคล้องกับผลการวัดค่าสีที่ได้ การวัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มีการลดลงเล็กน้อย โดยที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 1.5 และ 1 มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยที่สุด คือจาก 0.61 เป็น 0.55 และ 0.62 เป็น 0.56 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงภายในบรรจุภัณฑ์เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่าปริมาณ CO_2 ในบรรจุภัณฑ์ PP เพิ่มสูงขึ้น ภายในกล่อง PP ของสับปะรดตัดแต่งที่ผ่านการแช่สารละลายกรดแอสคอร์บิกทุกระดับความเข้มข้นนั้นมีปริมาณ CO_2 มากกว่าสับปะรดตัดแต่งที่ไม่ได้แช่สารละลาย แต่ปริมาณ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาการหายใจของเซลล์พืชส่งผลให้มีปริมาณ CO_2 เพิ่มขึ้น และปริมาณ O_2 ลดลง ส่วนปริมาณ CO_2 และ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ชนิด PET นั้นไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ชนิด PET มีช่องว่างระหว่างฝาปิดทำให้ไม่สามารถเกิดสภาวะบรรยากาศดัดแปลงได้

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่แช่สารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ช้าที่สุด จำนวน $<3\times10^3$ CFU/g น้อยกว่าตัวอย่างอื่นที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ในทุกตัวอย่างของสับปะรดตัดแต่งไม่พบ *E. coli* และ Yeast & Molds ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าสับปะรดตัดแต่งที่แช่สารละลายกรดแอสคอร์บิก ร้อยละ 1 และเก็บรักษาในกล่อง PP ได้รับคะแนนทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมมากที่สุดในทุกตัวอย่าง เท่ากับ 7.55, 5.35, 5.65 และ 7.05 ตามลำดับ

สรุปผล

การนำสับปะรดสดตัดแต่ง แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นเวลา 2 นาที บรรจุในกล่อง PP และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 $^{\circ}$C สามารถช่วยยืดอายุในการเก็บรักษา หรือชะลอการเสื่อมสภาพของสับปะรดสดตัดแต่งได้ดีที่สุด ซึ่งประเมินจากคุณภาพต่างๆทั้งหมด โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ถึง 4 วัน มีค่าการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาน้อยที่สุด และมีคะแนนในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากร เพื่อการวิจัย และพัฒนาสำหรับภาคอุตสาหกรรม ประจำปี 2560 สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และนายธีระวุธ ศิริทองนภา กรรมการผู้จัดการ บริษัท ด.เด็กกินผัก จำกัด

เอกสารอ้างอิง

นินนาท ราชประดิษฐ์ จุฑาวัชร สุวรรณภพ และนฤพล สร้อยวัน, 2556, การศึกษาผลกระทบของรูปแบบการระบายอากาศที่มีต่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในสำนักงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน, วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร. ฉบับพิเศษ: 17-23.

ปรางค์ทอง กวานห้อง ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ คมจันทร์ สรงจันทร์ และจตุพร สิงโต, 2560, ชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค, วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, ปีที่ 4 ฉบับที่ 2: 40-45.

พนิดา เมฆทัพ และมยุรี กระจายกลาง, 2560, ผลของซิตริกและกรรมวิธีที่แตกต่างกันต่อคุณภาพการเก็บรักษาสับปะรดห้วยมุ่นตัดแต่ง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, ปีที่ 48 ฉบับที่ 3 (พิเศษ): 371-374.

วิบูลณ์ ทองภูศีรีไพร และสันติ ช่างเจรจา, 2557, ผลของโคลชิซีนต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาและคุณภาพของสับปะรด, วารสารนเรศวรพะเยา, ปีที่ 7 ฉบับที่ 1: 91-95.

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์, 2558, ผลของปุ๋ยไนโตรเจนรูปแบบต่างๆ ต่อผลผลิตและคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (*Ananus comosus* (L.) Merr.), วารสารวิชาการเกษตร, ปีที่ 33 ฉบับที่ 3: 255-264.

Antoniolli, L.R., Benedetti, B.C., Filho, M.D.S., Garruti, D.D.S. and Borges, M.D.F., 2012, Shelf Life of Minimally Processed Pineapples Treated with Ascorbic and Citric Acids, Bragantia, 71: 447-453.

Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H.M., Tan, C.P. and Adzahan, N.M., 2014, Lemongrass Essential oil Incorporated into Alginate-based Edible Coating for Shelf-life Extension and Quality Retention of Fresh-cut Pineapple, Postharvest Biology and Technology, 88: 1-7.

Bacteriological Analytical Manual, 2001, [online], Aerobic Plate Count, Available Source: https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-aerobic-plate-count, August 21, 2019.

Bacteriological Analytical Manual, 2001, [online], Yeasts, Molds and Mycotoxins, Available Source: https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-yeasts-molds-and-mycotoxins, August 21, 2019.

Bacteriological Analytical Manual, 2002, [online], Enumeration of *Escherichia coli* and Coliform Bacteria, Available Source: https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-4-enumeration-*escherichia-coli*-and-coliform-bacteria, August 20, 2019.

Lee, J.Y., Park, H.J., Lee, C.Y. and Choi, W.Y., 2003, Extending Shelf-life of Minimally Processed Apples with Edible Coatings and Antibrowning Agents, LWT - Food Science and Technology, 36: 323-329.

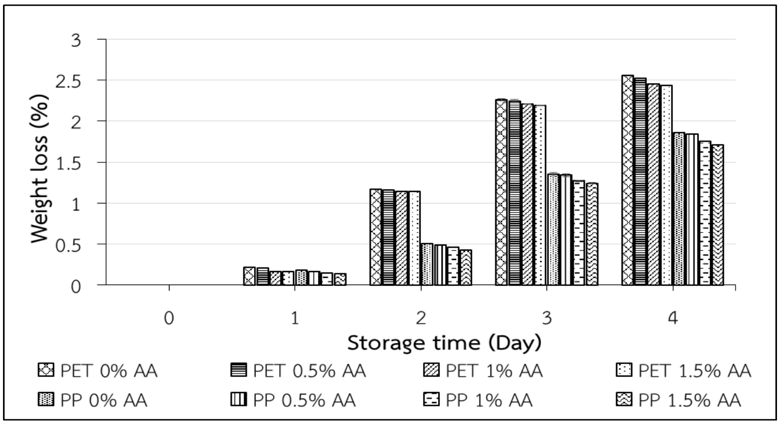


Figure 1 %Weight loss of fresh-cut pineapple at 4 days of storage.

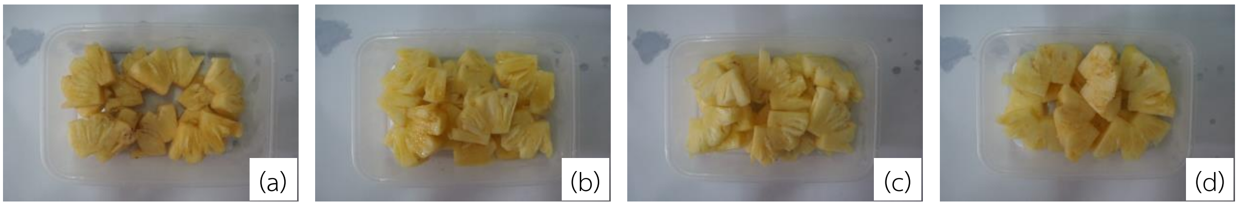


Figure 2 Fresh-cut pineapple kept for 4 days of storage in PP container (a) 0%AA (b) 0.5%AA (c) 1%AA (d) 1.5%AA.

การศึกษาผลของน้ำตาลต่อการเปลี่ยนแปลงสีกลีบดอกกล้วยไม้สกุลแวนด้าพันธุ์สันทรายบูล
Effect of Sugars on Petal Discoloration in *Vanda* 'Sansai Blue' Cut Flowers

ญาณิศา อัศวภาคิน[1,2],สุดารัตน์ ขุนเมือง[1,2], ปฐมพงศ์ เพ็ญไชยา[1,2] และมัณฑนา บัวหนอง[1,2]
Yanisa Ussawaparkin[1,2], Sudarat Khunmuang[1,2], Pathompong Panchaiya[1,2] and Mantana Buanong[1,2]

Abstract

Effect of sugars on petal discoloration in *Vanda* 'Sansai Blue' cut flowers was studied by holding flowers in distilled water as a control, 2% sucrose (Su), 2% glucose (Glu) and 2% Su + 2% Glu in an observation room (21±2°C, 70-80% RH, under cool-white fluorescent lights for 12 h/d) throughout the experimental period. 0.025 % TOG®-6 (140 mg L^{-1} active chlorine) was added into all treatments to inhibit the microbial growth in the vase solution. The result showed that treatments of sucrose and glucose alone significantly delayed the decreased fresh weight and induced lower ethylene production than the control and treatment of Su + Glu ($P\leq 0.01$). Additionally, inclusion of Su alone gave better results in the accumulation of total sugar and anthocyanin contents and maintaining flower quality than other treatments. However, no significant difference was observed in water uptake and respiration rate among treatments.

Keywords: Vanda, Ethylene, Anthocyanin, Sugar, Vase life

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของน้ำตาลต่อการเปลี่ยนแปลงสีกลีบดอกกล้วยไม้สกุลแวนด้าพันธุ์สันทรายบูล โดยนำช่อดอกกล้วยไม้มาปักแช่ในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม), สารละลายซูโครสความเข้มข้น 2 %, สารละลายกลูโคสความเข้มข้น 2 % และสารละลายซูโครส + กลูโคสความเข้มข้น 2 % ที่อุณหภูมิ 21±2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70 % ภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ นาน 12 ชั่วโมง/วัน ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยในทุกวิธีการมีการเติม TOG®-6 ความเข้มข้น 0.025 % (มี active chlorine ความเข้มข้น 140 mg L^{-1}) เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำปักแจกัน จากการศึกษา พบว่า การให้น้ำตาลซูโครส และกลูโคสแก่ดอกกล้วยไม้สามารถชะลอการลดลงของน้ำหนักสด และทำให้ดอกไม้มีการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าดอกกล้วยไม้ในชุดควบคุม และน้ำตาลซูโครส+กลูโคสได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P\leq 0.01$) นอกจากนั้น ยังพบว่า การปักแช่ดอกกล้วยไม้ในน้ำตาลซูโครสเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นให้ดอกกล้วยไม้มีการสะสมปริมาณน้ำตาลและแอนโทไซยานินในกลีบดอก และรักษาคุณภาพของดอกกล้วยไม้ได้ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม การให้น้ำตาลแก่ดอกกล้วยไม้ไม่มีผลต่อการดูดน้ำ และอัตราการหายใจ

คำสำคัญ: กล้วยไม้สกุลแวนด้า เอทิลีน แอนโทไซยานิน น้ำตาล อายุการปักแจกัน

คำนำ

แวนด้าพันธุ์สันทรายบูล ('Sansai Blue') เป็นแวนด้าลูกผสมระหว่าง *V. Crimson Glory* x *V. coerulea* ให้ดอกดกอย่างสม่ำเสมอ ช่อยาว จำนวนดอกในช่อเยอะ ดอกมีขนาดใหญ่ มีลายที่สวยงามและชัดเจน สีของดอกมีตั้งแต่สีฟ้าน้ำเงินจนถึงสีม่วงน้ำเงิน โดยสารสีของกลีบดอกแวนด้าพันธุ์สันทรายบูลนั้นมาจากโมเลกุลของรงควัตถุในกลุ่มของแอนโทไซยานิน (Khunmuang และคณะ, 2018) สีที่ปรากฏในผลิตผลจึงเป็นลักษณะทางคุณภาพที่สำคัญอย่างหนึ่ง เมื่อผลผลิตเกิดการเสื่อมสภาพ จะส่งผลให้สีมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย (Delgado-Vargas และ Paredes-Lopez, 2003) แอนโทไซยานินเป็นสารสีกลุ่มหนึ่งที่สำคัญในพืช ให้สีแดงถึงน้ำเงิน การเปลี่ยนสีของพืชโดยเฉพาะในดอกไม้ขึ้นอยู่กับการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของแอนโทไซยานิน (จริงแท้, 2549) ในปัจจุบัน มีหลายงานวิจัยที่ทำการศึกษาการใช้น้ำตาลเพื่อกระตุ้นการสะสมของแอนโทไซยานินให้เพิ่มขึ้น Ram และคณะ (2011) รายงานว่า น้ำตาลซูโครสความเข้มข้นต่าง ๆ สามารถชักนำให้มีการสะสมแอนโทไซยานินในเนื้อเยื่อคัลลัสของกุหลาบพันธุ์ 'Pusa

---

[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 กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand.

Ajay' ได้ และน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ยังช่วยเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินในแครอท (Rajendran และคณะ, 1992) และสตรอเบอรี่ (Mori และ Sakurai, 1994) ที่เจริญเติบโตในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ นอกจากนั้น การใช้ 8-HQS + น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 2% ชักนำให้มีการสะสมปริมาณน้ำตาลกูลโคส ฟรุกโตส และซูโครสในกลีบดอกได้อีกด้วย (Pun และ Ichimura, 2003) ดังนั้น การเติมน้ำตาลลงไปในน้ำปักแจกันจึงน่าจะช่วยชะลอการในการเปลี่ยนแปลงสีกลีบดอก โดยกระตุ้นการสะสมของแอนโทไซยานิน และปรับปรุงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกกล้วยไม้สกุลแวนด้าพันธุ์สันทรายบูล

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวช่อดอกกล้วยไม้สกุลแวนด้าพันธุ์สันทรายบูลจากฟาร์มกล้วยไม้สำเนาออร์คิด จังหวัดกาญจนบุรี โดยคัดเลือกช่อดอกที่มีความยาวสม่ำเสมอกัน และจำนวนดอกบานต่อช่อดอกไม่น้อยกว่า 4 ใน 5 ของดอกทั้งหมด หลังจากนั้นนำช่อดอกกล้วยไม้มาตัดปลายก้านดอกเฉียงประมาณ 45 องศา ใต้น้ำ ให้มีความยาวช่อดอกประมาณ 30 cm แล้วนำไปปักแช่ในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม), สารละลายซูโครสความเข้มข้น 2 %, สารละลายกลูโคสความเข้มข้น 2 % และสารละลายซูโครส+กลูโคสความเข้มข้น 2 % ที่อุณหภูมิ 21±2 $^{\circ}$C ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70 % ภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ นาน 12 ชั่วโมง/วัน ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยในทุกวิธีการมีการเติม TOG$^{®}$-6 ความเข้มข้น 0.025 % (จากบริษัท Gadot Agro Ltd., อิสราเอล ที่มี active chlorine ความเข้มข้น 140 mg L^{-1}) แล้วบันทึกข้อมูลทุกๆ 3 วัน จนกระทั่งดอกไม้หมดสภาพการยอมรับ วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยใช้ดอกกล้วยไม้ 1 ช่อดอก เท่ากับ 1 ซ้ำ และใช้ดอกกล้วยไม้ 6-8 ดอก/ชุดการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด, อัตราการดูดน้ำ, การเสื่อมสภาพของดอก และอายุการปักแจกัน สำหรับการวิเคราะห์การผลิตเอทิลีนในช่อดอก, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Dubois และคณะ, 1951) และแอนโทไซยานิน (Nakatsuka และคณะ, 2008) ในกลีบดอกในระยะดอกบาน (3) และดอกบานเต็มที่ (4) (Figure 1.) โดยใช้ดอกแวนด้า 3-5 ดอก/ชุดการทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ใช้โปรแกรม SAS1997 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษา พบว่า ดอกกล้วยไม้ในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด การดูดน้ำ และอัตราการหายใจลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการปักแจกัน (Figures 2A, B, C) แต่การปักแช่ช่อดอกกล้วยไม้สกุลแวนด้าพันธุ์สันทรายบูลในน้ำตาลซูโครส และกลูโคสสามารถชะลอการลดลงของน้ำหนักสด ในวันที่ 12 ถึงวันที่ 15 ของการปักแจกัน ได้ดีกว่าดอกกล้วยไม้ในชุดควบคุม และที่ปักแช่ในน้ำตาลซูโครส + กลูโคส อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P\leq0.01$) การสะสมน้ำตาลในกลีบดอกช่วยปรับสมดุลของน้ำโดยการชักนำให้ปากใบปิดและปรับ Osmotic potential ในดอกไม้ให้เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้การคายน้ำลดลงและสามารถดูดน้ำได้มากขึ้น (Halevy และ Mayak, 1981) อย่างไรก็ตาม ชนิดของน้ำตาลไม่มีผลต่อการดูดน้ำ และอัตราการหายใจ การเติมน้ำตาลซูโครส, กลูโคส และซูโครส + กลูโคสในน้ำยาปักแจกันแก่ดอกกล้วยไม้ยังส่งผลให้ดอกไม้มีการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาของการปักแจกัน (Figure 2D) ในดอกคาร์เนชั่น น้ำตาลสามารถยับยั้งการผลิตเอทิลีนโดยมีผลไปลดปริมาณ ACC และกิจกรรมของเอนไซม์ ACS และ ACO จึงชะลอการเสื่อมสภาพของดอกได้ (Verlinden และ Garcia, 2004) นอกจากนี้ ยังพบว่า ดอกกล้วยไม้ที่ปักแช่ในซูโครส และกลูโคสเพียงอย่างเดียวสามารถคงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในกลีบดอกในระยะดอกบาน (3) และดอกบานเต็มที่ (4) ได้ดีกว่าดอกกล้วยไม้ในชุดควบคุม และดอกกล้วยไม้ที่ปักแช่ในน้ำตาลซูโครส + กลูโคสได้ Norikoshi และคณะ (2016) รายงานว่า การใช้น้ำตาลซูโครสสามารถเพิ่มปริมาณของน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตสในกลีบดอก และในแวคิวโอลของดอกกุหลาบได้ (Figures 2E and F) การเติมน้ำตาลซูโครส หรือกลูโคสเพียงอย่างเดียวในน้ำยาปักแจกันยังกระตุ้นให้ดอกกล้วยไม้มีปริมาณแอนโทไซยานินในกลีบดอกทั้ง 2 ระยะการบานเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการปักแจกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P\leq0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figures 2G, H) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hara และคณะ (2003) ที่พบว่า น้ำตาลชักนำให้เกิดการสังเคราะห์แอนโทไซยานินใน hypocotyls แรดิช (*Raphanus sativus*) อาจจะเนื่องมาจากน้ำตาลซูโครสสามารถกระตุ้นให้มีการแสดงออกของยีนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แอนโทไซยานินได้ เช่น PAL, C4H, CHS, CHI, F3H, F3'H, FLS, DFR, LDOX, UFGT และ Transcription factor เช่น MYB75/PAP1 (Teng และคณะ, 2005; Solfanelli และคณะ, 2006) ในดอก *Paeonia suffruticosa* พันธุ์ 'Luoyang Hong' (Zhang และคณะ, 2015) และดอกพิทูเนีย (*Petunia hybrid*) น้ำตาลมีผลทำให้เกิดการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (Weiss, 2000) นอกจากนั้น น้ำตาลซูโครสยังสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของดอกไม้ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ (Figure 2I) และยืดอายุการปักแจกันได้นานที่สุด เท่ากับ 13.6 วัน ในขณะที่ดอกกล้วยไม้ในชุดควบคุม และที่ปักแช่ในน้ำตาลกลูโคสเพียงอย่างเดียว และ

น้ำตาลซูโครส + กลูโคส มีอายุการปักแจกันเพียง 9.8, 9.5, 10.3 วัน ตามลำดับ (ไม่แสดงข้อมูล) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของน้ำตาลที่เติมเข้าไปในน้ำยาปักแจกันเพื่อปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการปักแจกันดอกไม้นั้นขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของดอกไม้, ความเข้มข้นของน้ำตาลที่ใช้ และระยะเวลาการให้น้ำตาล

สรุปผล

การให้น้ำตาลแก่ดอกกล้วยไม้สกุลแวนด้าพันธุ์สันทรายบูลโดยเฉพาะน้ำตาลซูโครส และกลูโคสความเข้มข้น 2 % มีผลทำให้ดอกไม้มีการสะสมปริมาณน้ำตาลและแอนโทไซยานินในกลีบดอกมากที่สุด และสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้ได้ดีที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

เอกสารอ้างอิง

Delgado-Vargas, F. and Paredes-López, O., 2002, Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses, CRC Press LLC, NY, 327 p.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F., 1956, Colorimeter Method for Determination of Sugars and Related Substances, Analytical Chemistry, 28(3): 350-356.

Halevy, A.H. and Mayak, S., 1981, Senescence and Postharvest Physiology of Cut Flowers-Part2, Horticultural Review, 3: 59-143.

Hara, M., Oki, K., Hoshino, K., Kuboi, T., 2003, Enhancement of Anthocyanin Biosynthesis by Sugar in Radish (*Raphanus sativus*) Hypocotyls, Plant Science, 164: 259-265.

Khunmuang, S., Kanlayanarat, S., Wongchaochant, S., Wongs-Aree, C., Meir, S. and Buanong, M., 2018, Development of Means for Delaying Senescence and Prolonging the Vase Life of Cut Flowers of *Vanda orchid* cv. 'Sansai Blue', Acta Horticulturae, 1213: 581-586.

Mori, T. and Sakurai, M., 1994, Production of anthocyanin from Strawberry Cell Suspension Cultures; Effects of Sugar and Nitrogen, Journal Food Science, 59: 588-593.

Nakatsuka, A., Mizuta, D., Kii, Y., Miyajima, I. and Kobayashi, N., 2008, Isolation and Expression Analysis of Flavonoid Biosynthesis Genes in Evergreen Azalea, Scientia Horticulturae, 118(4): 314-320.

Norikoshi, R., Shibata, T., Niki, T., and Ichimura, K., 2016, Sucrose Treatment Enlarges Petal Cell Size and Increases Vacuolar Sugar Concentrations in Cut Rose Flowers, Postharvest Biology and Technology, 116: 59-65.

Pun, U.K. and Ichimura, K., 2003, Role of Sugars in Senescence and Biosynthesis of Ethylene in Cut Flowers, Japan Agricultural Research Quarterly, 4: 219-224.

Rajendran, L., Ravishanker, G.A., Venkataraman, L.V. and Prathiba, K.R., 1992, Anthocyanin Production in Callus Cultures of *Daucus carota* Is Influenced by Nutrient Stress and Osmoticum, Biotechnology Letters, 14: 707-712.

Ram, M., Prasad, K.V., Kaur, C., Singh, S.K., Arora, A. and Kumar, S. 2011, Induction of Anthocyanin Pigments in Callus Cultures of *Rosa hybrida* L. in Response to Sucrose and Ammoniacal Nitrogen Levels, Plant Cell Tissue Organ Culture, 104: 171-179.

Solfanelli, C., Poggi, A., Loreti, E., Alpi, A., Perata, P., 2006, Sucrose-specific Induction of the Anthocyanin Biosynthetic Pathway in Arabidopsis, Plant Physiology, 140: 637-646.

Teng, S., Keurentjes, J., Bentsink, L., Koornneef, M., Smeekens, S., 2005, Sucrose-specific Induction of Anthocyanin Biosynthesis in Arabidopsis Requires the MYB75/PAP1 Gene, Plant Physiology, 139: 1840-1852.

Verlinden, S. and Garcia, J.J.V., 2004, Sucrose Loading Decreases Ethylene Responsiveness in Carnation (*Dianthus caryophyllus* cv. White Sim) Petals, Postharvest Biology Technology, 31: 305-312.

Weiss, D., 2000, Regulation of Flower Pigmentation and Growth: Multiple Signaling Pathways Control Anthocyanin Synthesis in Expanding Petals, Physiologia Plantarum, 110: 152-157.

Zhang, C., Fu, J. Wang, Y., Gao, S., Du, D., Wu, F. and Dong, L., 2015, Glucose Supply Improves Petal Coloration and Anthocyanin Biosynthesis in *Paeonia suffruticosa* 'Luoyang Hong' Cut Flowers, Postharvest Biology Technology, 101: 73-81.

Figure 1. The blooming stage of cut *Vanda* 'Sansai Blue' flowers; (1) Bud, (2) Half bloom (3) Bloom and (4) Full bloom stage.

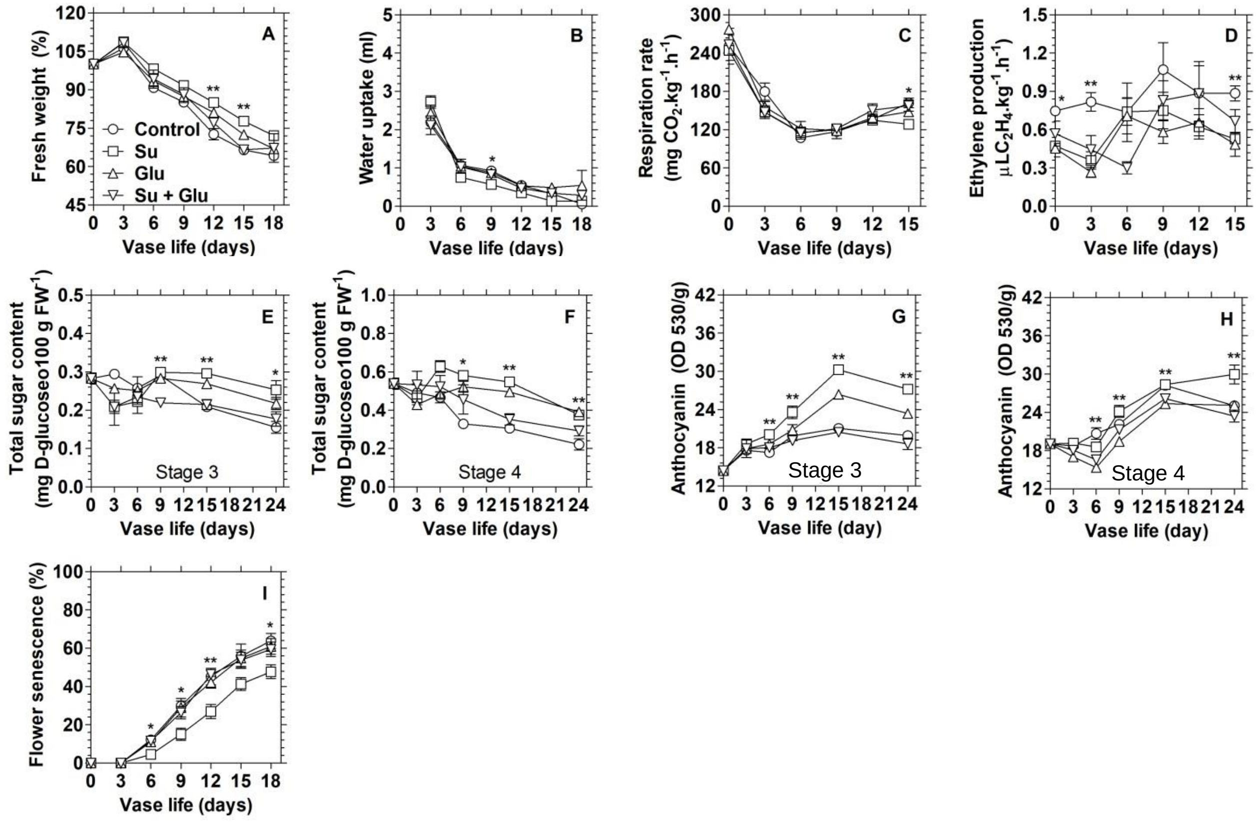


Figure 2. Fresh weight (A), water uptake (B), respiration rate (C), ethylene production (D), total sugar content (E-F), anthocyanin content (G-H) and flower senescence (I) of cut *Vanda* 'Sansai Blue' flowers holding in distilled water as a control, 2% sucrose (Su), 2% glucose (Glu) and 2% Su+2% Glu in an observation room (21 ± 2°C, 70-80% RH, under cool-white fluorescent lights for 12 h/d) throughout experimental period.

การชักนำการทนเค็มในถั่วเหลือง (*Glycine max* L. Merrill) โดยเชื้อราเอนโดไฟท์จากพืชป่าชายเลน
Induction of Salt Stress Tolerance in Soybean (*Glycine max* L. Merrill) by Mangrove Endophytic Fungi

สุพรรณิการ์ สมใจเพ็ง[1] และ นัทมล ไชยวัง[1]
Somjaipeng, S.[1] and Chaiyawang, N.[1]

Abstract

The objective in this study was to investigate salt tolerance activity of isolated mangrove endophytic fungi promoting plant growth under salt stress conditions. Of more than 46 isolates from mangrove plant samples (15 species) on the coastal of Chanthaburi and Rayong were isolated. Only 4 isolates including BUU7, BUU46, BUU69 and BUU81 exhibited higher mycelium growth rate under tested salts stress conditions. The different responses of fungal endophytes symbiotic with soybean to salt stresses were observed. Isolate BUU81 exhibited effective isolate for soybean increasing root length up to 0.31-fold over endophytic free plants and showed more growth promoting effects under salt stress conditions (100mM and 300mM NaCl). This was 0.35-fold (at 100mM NaCl) and 0.16-fold (at 300 mM NaCl) increased in shoot length when compared with non-inoculated soybean. Similar positive effects of this isolate on root length were observed under salt stress conditions.

Keywords: Endophytic fungi, Salinity stress, Soybean, Mangrove plants

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษากิจกรรมการทนเค็มของเชื้อราเอนโดไฟท์จากพืชป่าชายเลน ต่อการสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชภายใต้สภาวะความเครียดเนื่องจากความเค็ม จากการคัดแยกเชื้อราเอนโดไฟท์จากพืชป่าชายเลนตัวอย่างบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดจันทบุรีและระยอง ได้เชื้อราเอนโดไฟท์ทั้งหมด 46 ไอโซเลท มีเพียง 4 ไอโซเลทได้แก่ BUU7, BUU46, BUU69 และ BUU81 ที่มีอัตราการเจริญของเส้นใยสูงเมื่อทดสอบภายใต้สภาวะความเครียดเนื่องจากความเค็ม พบว่า ภายใต้สภาวะที่ไม่มีความเครียดเนื่องจากความเค็มเชื้อราเอนโดไฟท์ไอโซเลท BUU81 สามารถส่งเสริมการเจริญของรากถั่วเหลือง ส่งผลให้ความยาวรากเพิ่มขึ้น 0.31 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองที่ไม่มีการปลูกเชื้อ ภายใต้สภาวะความเครียดเนื่องจากความเค็ม (100 mM และ 300 mM NaCl) ถั่วเหลืองที่มีการปลูกเชื้อด้วยเชื้อราเอนโดไฟท์ BUU81 มีการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองดี โดยมีความยาวต้นเพิ่มขึ้น 0.35 เท่า (100 mM NaCl) และ 0.16 เท่า (300 mM NaCl) เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองที่ไม่มีการปลูกเชื้อ นอกจากนี้เชื้อราเอนโดไฟท์ไอโซเลท BUU81 ยังสามารถส่งเสริมการเจริญของรากถั่วเหลืองเมื่อทดสอบภายใต้สภาวะความเครียดเนื่องจากความเค็ม

คำสำคัญ: เชื้อราเอานโดไฟท์ ความเครียดเนื่องจากความเค็ม ถั่วเหลือง พืชป่าชายเลน

คำนำ

ดินเค็มเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อภาคเกษตรกรรม ทำให้การเจริญเติบโต ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตของพืชลดลง และอาจทำให้พืชตายได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืชที่ไวต่อความเค็ม เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารในดินไม่สมดุล และเกิดสภาวะเครียดเนื่องจากน้ำรวมทั้งมีการสะสมอิออนที่เป็นพิษภายในเซลล์มากเกินไป โดยโครงสร้างโปรตีนของพืชสามารถถูกทำลายได้เมื่อมีปริมาณโซเดียมมากเกิน 100 mM (Munns และ Tester, 2008) ดินเค็มสามารถเกิดได้จากปัจจัยทางธรณีวิทยา การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการใช้ปุ๋ยเคมีเช่นปุ๋ยไนโตรเจน (Han และคณะ 2015) ทำให้พื้นที่เพาะปลูกได้รับผลกระทบจากดินเค็มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลพบว่าพื้นที่ในเอเชียประมาณ 33.9% ได้รับผลกระทบจากดินเค็ม คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 1,216.875 ล้านไร่ (FAO, 2019) ส่งผลให้ผลผลิตพืชอาหารสำคัญลดลงอย่างต่อเนื่อง เช่น ธัญพืช (ข้าว, ข้าวสาลี, ข้าวโพด), พืชวงศ์ถั่ว (ถั่วเหลือง, ถั่วลูกไก่) และผักหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีผลต่อคุณภาพของอาหาร รวมทั้งความมั่นคงทางด้าน

---

[1] สาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี ต.โขมง อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี 22170
[1] Division of Agricultural Technology, Faculty of Science and Arts, Burapha University, Chanthaburi campus, Thamai, Chanthaburi 22170

อาหารด้วย ถั่วเหลืองเป็นหนึ่งในพืชอาหารสำคัญที่เป็นแหล่งโปรตีนและน้ำมันที่ดี ปัจจุบันไทยสามารถผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภค มีการนำเข้าประมาณ 98.70% ในขณะที่ประเทศไทยผลิตถั่วเหลืองได้เพียง 1.3% ของความต้องการใช้ในประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) จากปัญหาดังกล่าวทำให้ภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมการผลิตถั่วเหลืองในประเทศและเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกให้มากยิ่งขึ้นเพื่อลดการพึ่งพาการนำเข้า ถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่อดินเค็มแตกต่างกันขึ้นกับสายพันธุ์โดยทั่วไปความเค็มมีผลต่อชีวมวล ความสูงของต้น การสร้างเมล็ดลดลง การสังเคราะห์แสงและการสร้างโปรตีนของถั่วเหลืองลดลง (Essa, 2002) เชื้อราเอนโดไฟท์เป็นหนึ่งในกลุ่มจุลินทรีย์ที่ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในด้านการเกษตรและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สามารถสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มผลผลิต และเพิ่มความสามารถในการต้านทานความเครียดทางกายภาพเช่น ความเค็ม ความแห้งแล้ง (Redman และคณะ, 2001; Waqas และคณะ, 2012; Khan และคณะ, 2013) และสามารถพัฒนาไปเป็นสารชีวภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญและลดการใช้สารเคมีในการเพาะปลูก การศึกษานี้เป็นการคัดแยกเชื้อราเอนโดไฟท์จากพืชป่าชายเลนพื้นที่ชายฝั่งในเขตศูนย์การศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน จ.จันทบุรี ที่มีคุณสมบัติการชักนำการต้านทานการทนเค็มและส่งเสริมการเจริญเติบโตในต้นถั่วเหลือง

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดแยกเชื้อราเอนโดไฟท์ทนเค็มเบื้องต้น

เชื้อราเอนโดไฟท์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากการคัดแยกเชื้อราจากตัวอย่างพืชป่าชายเลน จากศูนย์การศึกษาและพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี (N 12° 34.283 E 101° 54.017) เก็บรักษาบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MEA ที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป เชื้อเริ่มต้นเตรียมได้จากเพาะเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร MEA บ่มที่ 25°C เป็นเวลา 7 วัน ใช้ cork borer ที่ฆ่าเชื้อแล้วเจาะอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเส้นใยเชื้อราเจริญ นำ mycelium agar plug ที่ได้ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 มม.) วางลงบนอาหารอาหารเลี้ยงเชื้อ MEA ที่มีเติม NaCl 300 ppm บ่มที่ 25°C วัดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 2 ทิศทางทุกวัน โดยอัตราการเจริญของเส้นใยในแนวรัศมีคำนวณได้จากสมการถดถอยเชิงเส้น

การทดสอบการชักนำการทนเค็มในถั่วเหลือง

แช่เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จากร้านจำหน่ายเมล็ดพันธุ์พืชใน อ. ท่าใหม่ จ. จันทบุรี ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ผิวแล้วในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 1 วัน ย้ายปลูกลงในถาดเพาะกล้าที่มีดินฆ่าเชื้อและมีการใส่เชื้อราเอนโดไฟท์ทดสอบจำนวน 1 ชิ้น รดน้ำทุกวันเมื่ออายุครบ 10 วันย้ายกล้าลงในถุงปลูกที่บรรจุดินที่ฆ่าเชื้อแล้ว รดต้นถั่วเหลืองด้วยสารละลาย Murashige และ Skoog (20 มล./กระถาง) นาน 5 วัน รดด้วย NaCl เข้มข้น 100 mM และ 300 mM นาน 7 วัน เก็บตัวอย่างพืชวัดความสูงต้นและราก น้ำหนักสดและแห้งต้น และปริมาณคลอโรฟิลล์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่รดด้วยน้ำเปล่า

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab 16 (Minitab, Inc., USA) เมื่อข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการกระจายของข้อมูลแบบปกติจะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และใช้วิธีการทดสอบแบบ Tukey’s multiple comparison test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบการชักนำการทนเค็มในต้นถั่วเหลือง (ภาพที่ 1) พบว่าภายใต้สภาวะที่มีความเค็ม เชื้อราเอนโดไฟท์เกือบทุกไอโซเลทสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองได้ดี ที่ความเข้มข้น NaCl 300 mM เชื้อราเอนโดไฟท์ BUU81 ความสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตดีกว่าไอโซเลทอื่น โดยมีความยาวรากเพิ่มขึ้น 1.24 เท่า และมีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากขึ้น 2.39 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการปลูกเชื้อราเอนโดไฟท์ การใช้เชื้อราเอนโดไฟท์ยังสามารถช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในต้นถั่วเหลืองที่มีการปลูกเชื้อทั้งก่อนและหลังการทดสอบการชักนำการทนเค็มเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการปลูกเชื้อ

จากผลการส่งเสริมการเจริญในต้นถั่วเหลืองโดยเชื้อราเอนโดไฟท์ที่มีความแตกต่างกันนี้ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของเนื้อเยื่อและความจำเพาะของพืชอาศัยใหม่ ความสามารถในการเจริญและเพิ่มจำนวน นอกจากนี้สิ่งแวดล้อมทางชีวภาพและกายภาพอาจมีผลต่อการเจริญของเชื้อราเอนโดไฟท์ด้วย (Kriel และคณะ, 2000; Rodriguez และคณะ, 2009) ความเครียดเนื่องจากความเค็มส่งผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพของต้นถั่วเหลืองหลายอย่างเช่นความสูง ความยาวราก น้ำหนักสด และจำนวนใบลดลงเป็นต้น (Dolatabadian และคณะ, 2011; Lubna และคณะ, 2018) ปริมาณเกลือที่มากเกินไปส่งผลให้มีการสะสม Na^+ และ Cl^- ภายในเซลล์ราก ลำต้น และใบ (Bustingorri และ Lavado, 2011) มีผลต่อโครงสร้างเอนไซม์และสารชีวโมเลกุลอื่น การสร้างโปรตีน การสังเคราะห์แสง และเยื่อหุ้มเซลล์เป็นต้น (Niu และคณะ, 1995; Mahajan และ Tuteja, 2005) เชื้อราเอนโดไฟท์มีกลไกหลายอย่างที่สนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชภายใต้สภาวะความเค็ม เช่นการสร้างฮอร์โมนกระตุ้นการเจริญ การเพิ่ม

การดูดซึมน้ำและสารอาหาร การเพิ่มการสังเคราะห์แสง และการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระเป็นต้น (Redman และคณะ, 2011; Radhakrisnan และคณะ, 2013) การทนเค็มในต้นถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นโดยการใช้เชื้อราเอนโดไฟท์ที่คัดแยกได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ทำให้ชีวมวลและการเจริญเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มปริมาณการดูดซึมน้ำในต้นถั่วเหลือง น้ำหนักแห้งที่ได้ในต้นถั่วเหลืองที่มีการปลูกมีค่าเฉลี่ยมากกว่าต้นถั่วเหลืองที่ไม่มีการปลูกเชื้อทั้งในสภาวะที่มีความเค็มและไม่มีความเค็ม ในดินเค็มมีค่า chemical potential สูงและมีค่า water potential ต่ำทำให้รากพืชไม่สามารถดูดซึมน้ำได้ทำให้ปริมาณน้ำในพืชลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อปลูกในดินเค็ม (Abdul และคณะ, 2013)

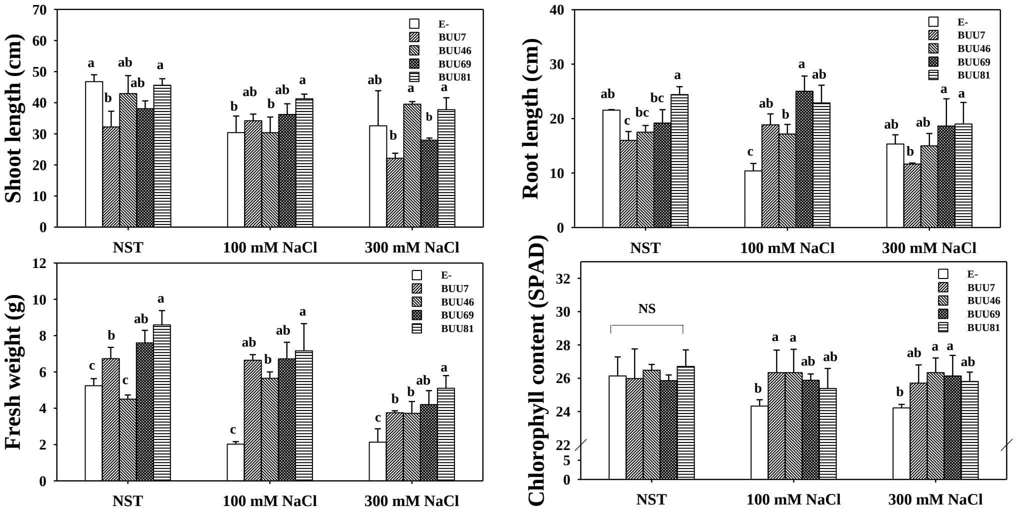


Figure 1 Influence of salt stress on growth parameters of endophyte-free (E-) and endophyte-inoculated soybean under greenhouse conditions. NST refers to no salt stress treatment. Bars labelled with the different letter indicate significant means difference. NS indicates not significant.

สรุปผล

การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของเชื้อราเอนโดไฟท์ที่คัดแยกได้ ในการลดความรุนแรงที่เกิดขึ้นจากความเค็ม และความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองทั้งภายใต้สภาวะที่ไม่มีความเค็มภายใต้สภาวะโรงเรือน ซึ่งอาจต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่เพาะปลูกเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราเอนโดไฟท์ภายใต้ สภาวะการเพาะปลูกจริง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพที่สามารถใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตต้นถั่วเหลืองในพื้นที่ดินเค็มต่อไป

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561, เร่งเครื่องพัฒนาผลิตถั่วเหลือง หวังลดการนำเข้า ดึงเกษตรกรเป็นศูนย์กลาง สร้างรายได้อย่างมั่นคง [สืบค้น], http://www.oae.go.th.

Abdul, M.M., Abdul, K.M., Moynul, H.M., Abdul, K.Q., Hirokazu, H. and Eiji, N., 2013, Response of Soybean to Salinity: III. Water Status and Accumulation of Mineral Ions, Tropical Agriculture and Development, 57(1): 41-48.

Bustingorri, C. and Lavado, R.S., 2011, Soybean Growth under Stable versus Peak Salinity, Scientia Agricola, 68(1): 102-108.

Dolatabadian, A., Modarres Sanavy, S.A.M. and Ghanati, F., 2011, Effect of Salinity on Growth, Xylem Structure and Anatomical Characteristics of Soybean, Notulae Scientia Biologicae, 3(1): 41-45.

Essa, T. A., 2002, Effect of Salinity Stress on Growth and Nutrient Composition of Three Soybean (*Glycine max* L. Merrill) Cultivars, Journal of Agronomy and Crop Science, 188(2): 86-93.

FAO, 2019, Salt-affected soils [Online], Available: http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/ management-of-soils/salt-affected -soils/more-information-on-salt-affected-soils/en/ [November 10, 2019].

Han, J., Shi, J., Zeng, L., Xu, J. and Wu, L., 2015, Effects of Nitrogen Fertilization on the Acidity and Salinity of Greenhouse Soils, Environmental Sciences and Pollution Research International, 22(4): 2976-2986.

Hutton, B. J., Sivasithamparam, K., Dixon, K.W. and Pate, J. S., 1996, Pectic Zymograms and Water Stress Tolerance of Endophytic Fungi Isolated from Western Australian Heaths (epacridaceae), Annals of Botany, 77(4): 399-404.

Khan, A.L. and Lee, I.J., 2013, Endophytic *Penicillium funiculosum* LHL06 Secretes Gibberllin That Reprograms *Glycine max* L. Growth During Copper Stress, BMC Plant Biology, 13(86): 1-14.

Kis-Papo, T., Oren, A., Wasser, S.P. and Nevo, E., 2001, Spatiotemporal Diversity of Filamentous Fungi in the Hyper Saline Dead Sea, Mycology Research, 105(6): 749-756.

Kriel, W.M., Swart, W.J. and Crous, P.W., 2000, Foliar Endophytes and Their Interactions with Host Plants, With Specific Reference to the Gymnospermae, Advances in Botanical Research, 33: 1-34.

Lubna, Asaf, S., Hamayun, M., Khan, A.L., Waqas, M. Khan, M.A., Jan, R., Lee, I.J. and Hussain, A., 2018. Salt Tolerance of *Glycine max*. L Induced by Endophytic Fungus *Aspergillus flavus* CSH1, via Regulating its Endogenous Hormones and Antioxidative System, Plant Physiology and Biochemistry, 128: 13-23.

Mahajan, S. and Tuteja, N., 2005, Cold, Salinity and Drought Stresses: An Overview, Archives of Biochemistry and Biophysics, 444(2): 139-58.

Min, Y. J., Park, M.S., Fong, J.J., Quan, Y., Jung, S., Lim and Y.W., 2014, Diversity and Saline Resistance of Endophytic Fungi Associated with *Pinus thumbergii* in Coastal Shelterbelte of Korea, Journal of Microbiology Biotechnology, 24(3): 324–333

Munns, R. and Tester, M., 2008, Mechanisms of Salinity Tolerance, Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.

Niu Xiaomu, Bressan, R.A., Hasegawa, P.M. and Pardo, J.M., 1995, Ion Homeostasis in NaCl Stress Environments, Plant Physiology, 109(3): 735–742.

Redman, R.S., Dunigan, D., Rodriguez, R.J., 2001, Fungal Symbiosis from Mutualism to Parasitism: Who Controls the Outcome, Host or Invader?, The New Phytologist, 151(3): 705-716.

Rodriguez, R.J., White, J.F., Arnold, A.E. and Redman, R.S., 2009, Fungal Endophytes: Diversity and Functional Roles, New Phytologist, 182(2): 314-330.

Waqas, M., Khan, A.L., Kamran, M., Hamayun, M., Kang, S.M., Kim, Y.H. and Lee, I.J., 2012, Endophytic Fungi Produce Gibberellins and Indoleacetic Acid and Promotes Host-Plant Growth during Stress, Molecules 17(9): 10754-10773.

การเสริมใยอาหารจากอัญชันในแป้งตอร์ติญาที่ผลิตจากแป้งผสมระหว่าง แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง

Supplementation of Butterfly Pea Fiber in Tortillas Produced from Rice and Tapioca Flour Mixture

อรณา ดีพรมกุล[1] ภัทชนิดา จันทร์หอม[1] นิพร เดชสุข[1] มณฑิรา นพรัตน์[2] และพรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1]
Deepromkul, O.[1], Chanhorm, P.[1], Dejsuk, N. [1], Nopharatana, M. [2] and Vongsawasdi, P. [1]

Abstract

The research aimed to 1) produce tortillas from rice and tapioca starch as wheat flour replacement and 2) improve tortillas texture by adding xanthan gum and supplementing butterfly pea fiber. The experiment was divided into 3 parts. Firstly, rice and tapioca starch ratios (30:70, 40:60, 50:50, 60:4 and 70:30) and xanthan gum concentration (0, 0.25 and 0.5% (w/w)) were determined. Secondly, butterfly pea fiber (1, 3 and 5%) was optimized. Results showed that tortillas made of flour at the ratio of 60:40 and xanthan gum concentration of 0.5% provided the similar texture as control. Tortillas consisted of greater fiber and anthocyanin content when butterfly pea increased ($p \leq 0.05$). Sensorial results revealed that tortilla with addition of 5% butterfly pea powder received the highest acceptance. Finally, shelf life of the tortilla was investigated. The sample could be stored at 4°C for 20 days with tortilla color changed from blue-violet to red-pink.

Keywords: Tortilla, Substitution, Butter fly pea powder, Fiber supplementation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแผ่นแป้งตอร์ติญา โดยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแผ่นแป้งด้วยการเติมแซนแทนกัมและเสริมเส้นใยอาหารจากผงอัญชัน การทดลองแบ่งเป็น 3 ตอนได้แก่ ตอนที่ 1 ศึกษาสัดส่วนแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง (30:70, 40:60, 50:50, 60:4 และ 70:30) และความเข้มข้นของแซนแทนกัม (0, 0.25 และ 0.5% (w/w)) ผลพบว่าแผ่นแป้งจากสูตร 60:40 และเติมแซนแทนกัม 0.5% มีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับแผ่นแป้งควบคุมมากที่สุด จากการศึกษาปริมาณผงอัญชันที่เหมาะสม (1, 3 และ 5%) ผลพบว่าแผ่นแป้งมีปริมาณใยอาหารและปริมาณแอนโทไซยานินสูงขึ้นเมื่อใช้ปริมาณผงอัญชันมากขึ้น ($p \leq 0.05$) ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าแผ่นแป้งที่เติมผงอัญชัน 5% ได้รับการยอมรับสูงสุด และตอนที่ 3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลพบว่าแผ่นแป้งมีอายุการเก็บรักษา 20 วัน โดยแผ่นแป้งเปลี่ยนสีจากสีม่วงน้ำเงินเป็นสีชมพูแดง

คำสำคัญ: แผ่นแป้งตอร์ติญา การทดแทน ผงอัญชัน การเสริมเส้นใยอาหาร

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคนิยมอาหารพร้อมรับประทานมากขึ้นเนื่องจากสะดวกและประหยัดเวลาการเตรียม แต่อาหารกลุ่มนี้มักประกอบด้วยแป้งเป็นหลักและมีปริมาณใยอาหารน้อย ซึ่งอาจนำไปสู่โรคไม่ติดต่อ NCDs ได้ นอกจากนี้แป้งที่นำมาใช้ส่วนใหญ่เป็นแป้งสาลีซึ่งมีโปรตีนกลูเตนที่ก่อให้เกิดโรคเซลิแอค (Celiac disease) หรืออาการแพ้กลูเตนในผู้บริโภคบางกลุ่ม ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการทดแทนแป้งสาลี โดยใช้ แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นแป้งเศรษฐกิจของประเทศไทย และปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสโดยการเติมแซนแทนกัม เพื่อช่วยให้เนื้อสัมผัสของแป้งมีความยืดหยุ่นและชะลอการเกิดรีโทรกราเดชันของแป้งได้ (Gambus และคณะ 2007) ส่วนการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับแผ่นแป้งตอร์ติญาจะทำโดยเสริมเส้นใยอาหารจากผงอัญชันที่มีสารแอนโทไซยานิน ซึ่งนอกจากจะมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอัดตันในสมองแล้ว ยังสามารถเปลี่ยนสีตามสภาวะความเป็นกรด-เบสได้ ซึ่งน่าจะใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงการเสื่อมเสียของแผ่นแป้งตอร์ติญาได้

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140
[1]Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thoonkru, Bangkok 10140
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140
[2]Department of Food Engineering, Faculty of Engineer, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thoonkru, Bangkok 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของสัดส่วนแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังและความเข้มข้นของแซนแทนกัมต่อเนื้อสัมผัสแผ่นแป้งตอร์ติญา

แปรค่าสัดส่วนของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 30:70, 40:60, 50:50, 60:40 และ 70:30 โดยแต่ละสูตรจะแปรค่าความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ 0, 0.25 และ 0.5 % (w/w) นำแป้งผสม 100 กรัม มาเติมน้ำ 75 มิลลิลิตร นวดและรีดให้เป็นแผ่นกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 17 เซนติเมตร หนา 1 มิลลิเมตร น้ำหนัก 40 กรัม จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 230°C เป็นเวลา 1 นาทีและนำมา 1) วิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT Plus, UK) โดยใช้ Load cell 5 กิโลกรัม และใช้หัวทดสอบแบบ Spherical probes (SMS P/1S) 2) วัดค่าความสามารถในการม้วนได้ของแผ่นแป้ง ซึ่งกำหนดเป็น Rollability score (5 = แผ่นแป้งมีลักษณะสมบูรณ์ไม่มีรอยแยก, 1 = แผ่นแป้งมีรอยแตกและขาดจนไม่สามารถม้วนได้ โดยแผ่นแป้ง Tortillas ที่มีคะแนนต่ำกว่า 3 คะแนน ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Rooney and Serna-Saldivar, 2015)

การศึกษาผลของความเข้มข้นเส้นใยอาหารต่อคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์และประสาทสัมผัสของแผ่นแป้งตอร์ติญา

การทดลองนี้ใช้ผงดอกอัญชันเป็นแหล่งใยอาหารโดยทดลองใช้ผงดอกอัญชัน 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 1%, 3% และ 5% (w/w) เติมลงในแป้งผสมสูตรที่ได้จากการทดลองก่อนหน้านี้ นำแผ่นแป้งที่ได้มาวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ปริมาณเส้นใยอาหาร (AOAC, 1995) ปริมาณแอนโทไซยานิน (Fuleki และ Francis, 1968) และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน จำนวน 24 คน ทำการทดสอบเชิงพรรณนาโดยใช้แบบทดสอบแบบ 5 point Scoring test (ด้านลักษณะปรากฏ 1 = แผ่นแป้งหนา แห้ง มีรอยขาดทั่วทั้งแผ่น 5 = แผ่นแป้งหนาสม่ำเสมอ ไม่มีรอยขาด/ ด้านเนื้อสัมผัส 1 = แผ่นแป้งร่วนและแข็ง เคี้ยวยาก 5 = แผ่นแป้งเหนียว นุ่ม เคี้ยวง่าย/ ด้านสี 1 = แผ่นแป้งมีสีไม่สม่ำเสมอและมีรอยด่าง 5= มีแผ่นแป้งมีสีเข้มตามธรรมชาติของอัญชัน และสีสม่ำเสมอ/ ด้านกลิ่น 1 = มีกลิ่นหมักของแป้งและกลิ่นอัญชันอย่างชัดเจน 5 = มีกลิ่นหอมของแป้งสุกและอัญชันเล็กน้อย / ด้านรสชาติ 1 = แผ่นแป้งมีรสชาติแปลกผิดปกติ เมื่อรับประทานคู่กับไส้กรอกแล้วไม่เข้ากันเลย 5 = แผ่นแป้งมีรสชาติดีไม่มีรสแปลกปลอม เมื่อรับประทานคู่กับไส้กรอกแล้วเข้ากันได้ดี) และทดสอบการยอมรับรวมโดยใช้การทดสอบแบบ 5 point Hedonic scale (5 = ชอบมากที่สุด 4 = ชอบ 3 = ชอบปานกลาง 2 = ชอบน้อย 1 = ชอบน้อยที่สุด)

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของแผ่นแป้งจากคุณสมบัติการเป็นอินดิเคเตอร์ของผงอัญชัน

เก็บรักษาแผ่นแป้งตอร์ติญาที่ทำจากแป้งผสมเสริมผงอัญชัน ในถุง Polyethylene ปิดสนิทและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$C ทำการวัดค่า pH (FiveEasy Plus, FP20, China), ค่า A_w (AQUALAB, 4TEV, USA) ปริมาณแอนโทไซยานิน และตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ทุก 4 วันจนกว่าจะพบว่ามีจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินค่ามาตรฐาน (5×10^5 CFU/กรัม) (BAM, 2001)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ถ้าพบมีนัยสำคัญทางสถิติจะนำค่าเฉลี่ยมาทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test โดยใช้โปรแกรม Statistics Package for the Social Sciences (SPSS) Version 16.0

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตอนที่1 ผลของสัดส่วนแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังและความเข้มข้นของแซนแทนกัมต่อเนื้อสัมผัสแผ่นแป้งตอร์ติญา

การเพิ่มสัดส่วนแป้งข้าวเจ้าในสูตรแป้งผสมจาก 30% เป็น 70% (แป้งมันสำปะหลังลดลงจาก 70% เป็น 30%) จะทำให้แผ่นแป้งมีค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการเจาะทะลุ (Maximum force) เพิ่มมากขึ้นจาก 6.81±1.26 N เป็น 2.94±0.58 N ค่าความสามารถในการยืดตัวของแผ่นแป้ง (Extensibility) และค่าพลังงานที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเกิดการฉีกขาด (Toughness) ลดลงจาก 32.80±2.01 mm. เป็น 15.30±1.87 mm. และจาก 132.38±23.82 N.mm. เป็น 38.58±7.84 N.mm. ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงผล) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลสสูง ซึ่งเมื่อเกิดเจลลาติไนเซชั่นจะได้เจลที่มีความข้นหนืดน้อย เมื่อเย็นลงจะจับตัวเป็นแผ่นแข็ง (Beynum และ Roels, 1985) ส่วนการเติมแซนแทนกัมลงในสูตรแม้ว่าจะทำให้แผ่นแป้งมี Maximum force, Extensibility และ Toughness เพิ่มมากขึ้น แต่เนื่องจากแซนแทนกัมมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความคงตัวของเจลโดยการลดการเกิดรีโทรเกรเดชันของอะไมโลส (Ferrero และคณะ,1994) โดยเข้าไปขวางการจับกันของสายโมเลกุลภายในระบบ (Mandala และ Bayas, 2004) จึงทำให้แผ่นแป้งมีความยืดหยุ่นและเหนียวขึ้น ผลที่ได้สอดคล้องกับค่าการม้วนตัว (Rollability) ที่พบว่าแผ่นแป้งสูตรที่มีแป้งมันสำปะหลังและแซนแทนกัมมากจะอยู่ในเกณฑ์ 5 คะแนนคือไม่มีการแตกของแผ่นแป้งเมื่อนำมาม้วน

สำหรับการพิจารณาเลือกสูตรแป้งเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไปจะใช้เกณฑ์ดังนี้คือแผ่นแป้งต้องเหนียว นุ่ม และยืดหยุ่นเพื่อให้ม้วนอาหารได้ง่ายและควรมีลักษณะใกล้เคียงกับแผ่นแป้งควบคุมที่ทำจากแป้งสาลี ซึ่งพบว่าแป้งผสมสูตรที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า 60% แป้งมันสำปะหลัง 40% แซนแทนกัม 0.5% มีค่า Maximum force, Extensibility, Toughness แตกต่างกับตัวอย่างควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 1)

Table 1 Texture qualities and water activity of tortilla y ของแผ่นแป้งตอร์ติญ่าสูตรที่ใกล้เคียงกับแป้งสาลีมากที่สุด

สูตรแป้ง Rice flour : Tapioca + Xanthan gum(%)	Maximum force ^{ns} (N)	Extensibility ^{ns} (mm)	Toughness ^{ns} (N.mm)	Rollability score ^{ns}
Wheat	4.72±1.10	18.68±1.15	50.42±14.09	4
60 : 40 + 0.50%	4.58±1.37	18.32±2.64	57.93±19.41	4

^{ns} Figures in the same column are not significant (p>0.05)

ตอนที่ 2 ผลของความเข้มข้นเส้นใยอาหารต่อคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์และประสาทสัมผัสของแผ่นแป้งตอร์ติญา

จาก Table 2 พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของผงอัญชัน ส่งผลให้แผ่นแป้งมีค่า Maximum force ลดลง เช่นเดียวกับค่า Toughness และ Extensibility เนื่องจากผงอัญชันไม่มีคุณสมบัติในการเกิดเจลแต่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำทำให้เมื่อเติมน้ำร้อนลงในแป้งผสมที่มีส่วนผสมของผงอัญชันอยู่ ผงอัญชันจะแย่งจับกับน้ำร้อนและลดความสามารถในการเกิดเจลของแป้งผสม ส่งผลให้แผ่นแป้งมีการยึดเกาะกันน้อยลงและมีความยืดหยุ่นต่ำลง อย่างไรก็ตามผลการเปรียบเทียบในเชิงสถิติพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของผงอัญชันมีผลต่อค่า Maximum force และ Toughness อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และการเติมผงอัญชันเพิ่มเป็น 5% ส่งผลให้แผ่นแป้งมีค่า Extensibility ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่า Rollability ที่มีคะแนนลดลงเหลือระดับที่ 3 ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารและปริมาณแอนโทไซยานินในแผ่นแป้งพบว่าการเพิ่มผงอัญชันจะทำให้แผ่นแป้งมีปริมาณเส้นใยอาหาร และปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.5$) (Table 3)

Table 2 Effect of butterfly pea concentration on textural qualities of tortilla

Butterfly pea powder (%)	Maximum force^{ns} (N)	Extensibility (mm)	Toughness^{ns} (N.mm)	Rollability (score)
0 (Control)	4.58±1.37	18.32±2.64^{a}	57.93±19.41	4
1	3.53±0.76	17.67±1.46^{a}	49.79±13.67	4
3	3.53±0.48	17.09±0.73^{ab}	44.30±5.87	3
5	3.32±0.31	15.04±0.24^{b}	44.12±1.18	3

* Figures in the same column with different superscripts (a, b, ...) are significant difference ($p\leq0.05$)

^{ns} Figures in the same column are not significant (p>0.05)

Table 3 Fiber and anthocyanin content in tortilla supplemented with different concentrations of butterfly pea powder

Butterfly pea powder (%)	**Fiber content* (g/100 g sample)**	**Anthocyanin content* (mg/L)**
0 (Control)	0.50±0.12^{a}	0.00±0.00^{a}
1	0.81±0.16^{a}	1.67±0.21^{b}
3	4.33±0.95^{b}	3.40±0.76^{c}
5	6.77±0.79^{c}	6.44±0.36^{d}

* Figures in the same column with different superscripts (a, b, ...) are significant difference ($p\leq0.05$)

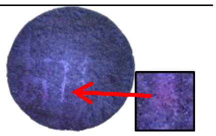
ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าแผ่นแป้งที่มีการเสริมผงอัญชัน 5% (w/w) ได้รับคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมมากสุด กล่าวคือ แผ่นแป้งมีความหนาสม่ำเสมอและแห้งแตกเล็กน้อย มีเนื้อสัมผัสเหนียว นุ่มเล็กน้อย เคี้ยวง่ายปานกลาง มีสีตามธรรมชาติแต่ไม่สม่ำเสมอ มีกลิ่นหอมของแป้งสุก ไม่มีกลิ่นอัญชัน ไม่มีรสแปลกปลอม เมื่อรับประทานคู่กับไส้กรอกแล้วเข้ากันได้ปานกลาง และผลการยอมรับโดยรวมพบว่าผู้ทดสอบชอบแผ่นแป้งที่มีการเสริมผงอัญชัน 5% (w/w) ในระดับมาก อาจเป็นเพราะผู้ทดสอบมีความคุ้นเคยกับการบริโภคดอกอัญชันในชีวิตประจำวันอยู่แล้ว ดังนั้นในการผลิตแผ่นแป้งจะใช้การเสริมใยอาหารที่ระดับความเข้มข้น 5% (w/w)

Figure 1 Sensorial results of tortilla with various butterfly pea powder concentration

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของแผ่นแป้งเสริมใยอาหารจากผงอัญชัน

จาก Table 3 พบว่า สีน้ำเงินของแผ่นแป้งจางลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแอนโทไซยานินและค่า pH ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดพบว่ามีจำนวนเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษาและมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (5×10^5 CFU/กรัม ในวันที่ 20 ซึ่งสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีของแผ่นแป้งบางตำแหน่งจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพูแดง จากผลการทดลองทั้งหมดจึงสรุปได้ว่าแผ่นแป้งมีอายุการเก็บรักษา 16 วัน

Table 3 Shelf life of tortilla with butterfly pea powder at 5 % W/W.

Parameters	Storage time (Days)			
	0	8	16	20
Appearance				
pH	5.93±0.02	5.73±0.03	5.61±0.02	5.56±0.01
A_w*	0.92 ± 0.01^{a}	0.93 ± 0.02^{c}	0.94 ± 0.01^{bc}	0.95 ± 0.03^{c}
Anthocyanin content (mg /L)	6.45 ± 0.36^{a}	5.36 ± 0.36^{b}	4.17 ± 0.12^{c}	4.05 ± 0.24^{c}
Total plate count (CFU /g)	2.6×10^{2}	2.4×10^{4}	6.9×10^{4}	6.9×10^{5}

* Figures in the same row with different superscripts (a, b, …) are significant difference ($p \leq 0.05$)

สรุปผล

การใช้แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสาปะหลังที่สัดส่วน 60:40 และแซนแทนกัมความเข้มข้น 0.5% สามารถทดแทนการใช้แป้งสาลีในแผ่นแป้งตอร์ติญาได้ และผงอัญชันช่วยเพิ่มปริมาณใยอาหารและแอนโทไซยานินในแผ่นแป้งตอร์ติญ่า โดยแอนโทไซยานินสามารถเป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมเสียของแผ่นแป้งจากการเปลี่ยนสีจากสีน้าเงินเป็นสีชมพูแดงเมื่อค่า pH ลดต่ำลง

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 1995, Official Method of Analysis of AOAC international, 16th ed., The Association of Official Analytical Chemists.

Bacteriological Analytical Manual Online, 2001, Chapter 3: Aerobic Plate Count, USFDA, Pp. 10, (http://www.cfsan.fda.gov)

Ferrero, C., Martino, M. N., and Zaritzky, N. E., 1994, Corn Starch/xanthan Gum Interaction and Its Effect on the Stability During Storage of Frozen Gelatinized Suspensions, Starch/Sta¨rke, 46: 300–308.

Fuleki, T. and Francis, F. J., 1968, Quantitative Methods for Anthocyanins, Journal of Food Science, 33: 72–77.

Mandala I.G., and Bayas E,. 2004, Xanthan Effect on Swelling, Solubility and Viscosity of Wheat Starch Dispersions, Food Hydrocolloid, 18: 191-201.

Rooney, L. W., and Serna-Saldivar, S. O., 1991, Sorghum, Cereal Science and Technology, 233-270.

VanBeynum, G.M.A. and Roels, J.A., 1985, Starch Conversion Technology, Marcel Dekker, Inc., New York, 326 p.

การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากมะไฟจีนด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายและคลื่นเสียงความถี่สูง
Extraction of Bioactive Compounds from Wampee (*Clausena lansium* (Lour.) Skeels) by Solvent and Ultrasound-Assisted Extraction

พุจิภัณฑ์ เกียรติธนนันทน์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัติฐพล ไข่แสงศรี[2]
Kieathananun, R.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, A.[1] and Kaisangsri, N.[2]

Abstract

This study aimed to examine bioactive compounds from seeds and leaves of wampee *(Clausena lansium* (Lour.) Skeels) extracted with solvent and ultrasound-assisted (UAE). Results showed that seed and leaf wampee extracted with 50% ethanol at 1:10 w/v of sample: solvent, for 24 h had radical scavenging activities by 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid ($ABTS^{•+}$) and by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ($DPPH^{•}$) of 0.049 and 0.114 mg Trolox/g crude-extract, and of 0.061 and 0.177 mg Trolox/g crude-extract, respectively. Total phenolic contents (TPC) were 23.88 and 73.11 mg GAE/g crude-extract, respectively. For UAE, results showed that extracts with 70% ethanol at 1:10 w/v of sample: solvent at 400 watt for 1 h had radical scavenging activities ($ABTS^{•+}$ and $DPPH^{•}$) and TPC in leaves of 0.112, 0.144 mg Trolox/g crude-extract, and 72.15 mg GAE/g crude-extract, respectively, which were higher than seeds extracts (0.052, 0.057 mg Trolox/g crude-extract and 20.15 mg GAE/g crude-extract, respectively).
Keywords: Bioactive compounds, Solvent extraction, Ultrasound-assisted extraction, Wampee

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้สกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเมล็ดและใบมะไฟจีนด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) และ การใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound-assisted extraction; UAE) พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยใช้อัตราส่วนเมล็ดและใบมะไฟจีนต่อเอทานอลร้อยละ 50 เท่ากับ 1:10 เวลา 24 ชั่วโมง ได้สารสกัดจากเมล็ดและใบที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 2,2′-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) ($ABTS^{•+}$) เท่ากับ 0.049 และ 0.114 mg trolox/g crude extract และ 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl ($DPPH^{•}$) เท่ากับ 0.061 และ 0.177 mg trolox/g crude extract ตามลำดับ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 23.88 และ 73.11 mg GAE/g crude extract ตามลำดับ สำหรับการสกัดด้วย UAE พบว่าอัตราส่วนเมล็ดและใบต่อเอทานอลร้อยละ 70 เท่ากับ 1:10 กำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ เวลา 1 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่สารสกัดจากใบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $ABTS^{•+}$, $DPPH^{•}$ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 0.112 และ 0.144 mg trolox/g crude extract และ 72.15 mg GAE/g crude extract ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าในเมล็ด 0.052 และ 0.057 mg trolox/g crude extract และ 20.15 mg GAE/g crude extract ตามลำดับ
คำสำคัญ: สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สกัดด้วยตัวทำละลาย การใช้คลื่นความถี่สูง มะไฟจีน

คำนำ

มะไฟจีน หรือ Wampee (*Clausena lansium* (Lour.) Skeels) เป็นผลผลิตทางการเกษตรประจำจังหวัดน่าน นิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลายประเภท ได้แก่ น้ำมะไฟจีน ไวน์มะไฟจีน แยมมะไฟจีน และมะไฟจีน 3 รส ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างยิ่งจากชาวจีน แต่ในกระบวนการแปรรูปมะไฟจีนมีของเหลือทิ้งจำนวนมาก ส่วนใหญ่เป็นเมล็ด ซึ่งมีปริมาณ 5-10 ตันต่อปี นอกจากนี้มะไฟจีนเป็นไม้ประเภทไม่ผลัดใบทำให้มีใบปริมาณมาก ส่วนของเมล็ดที่เหลือรวมทั้งใบนั้นเป็นผลพลอยได้ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มีรายงานว่าเมล็ดมีสรรพคุณทางยา สามารถบรรเทาอาการแก้ปวดท้อง ช่วยขับลม แก้ท้องอืด ช่วยย่อยอาหารและเจริญอาหาร รักษาหลอดลมอักเสบ และลดอาการเจ็บคอ อีกทั้งยังมีสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ได้แก่ ฟลาโว

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2]สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[2]Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

นอยด์ (flavonoids) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) และแทนนิน (tannins) ปริมาณมาก มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Elfalleh และคณะ, 2012) และยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมลบบางชนิด นอกจากนี้ส่วนของใบมีสรรพคุณในการบรรเทาอาการไข้หวัด แก้ไอ รักษาโรคมาลาเรีย และช่วยในการขับปัสสาวะ ตลอดจนใช้รักษารังแค และโรคผิวหนัง (พัชนันท์ และวิสาตรี, 2561) ซึ่งทั้งเมล็ดและใบมะไฟจีนมีสารออกฤทธิ์ที่มีคุณสมบัติสำคัญและมีประสิทธิภาพในการเป็นส่วนประกอบเชิงหน้าที่ การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีทั้งทางกายภาพ และเคมี ทางเคมี คือ การใช้ตัวทำละลายในการสกัด (solvent extraction) (Carla และคณะ, 2013) ซึ่งอาจเกิดการตกค้างของตัวทำละลายในผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยเมื่อใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัด พบว่าตัวทำละลายสามารถสกัดได้สูงกว่าวิธีอื่นๆ แต่สารเคมีเหล่านี้ไม่อนุญาตให้ใช้กับอาหาร จึงมีการใช้วิธีทางกายภาพร่วมกับตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัด เช่น การใช้วิธีอัลตราโซนิค (ultrasound assisted) ในการช่วยสกัด ซึ่งมีความปลอดภัยกว่าการสกัดด้วยวิธีทางเคมี และได้ปริมาณสารสำคัญสูง โดย Dent และคณะ (2015) เปรียบเทียบการสกัดสารฟีนอลิกจากเสจ (sage) โดยใช้วิธีดั้งเดิมและวิธีอัลตราโซนิคด้วยตัวทำละลายน้ำ พบว่าวิธีอัลตราโซนิคได้ปริมาณฟีนอลิกรวม rosemaric acid และฟลาโวนอยด์ เท่ากับ 4284, 2654, 1459 mg/100g และวิธีดั้งเดิม เท่ากับ 3493, 625, 866 mg/ 100g ซึ่งวิธีการเหล่านี้เป็นเทคนิคใหม่ มีการนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสาร และมีความปลอดภัยกว่าการสกัดด้วยวิธีทางเคมี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพื่อให้ได้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเมล็ดและใบมะไฟจีน

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมเมล็ดและใบมะไฟจีน อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง นำมาบด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช บรรจุในถุงพลาสติก เก็บที่ตู้ควบคุมความชื้น วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดและใบมะไฟจีน ได้แก่ โปรตีน ไขมัน กากใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000)

การสกัดด้วยตัวทำละลาย นำเมล็ดและใบมะไฟจีน สกัดด้วยตัวทำละลาย โดยมีอัตราส่วนระหว่างตัวอย่างต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:10 สัดส่วนน้ำต่อเอทานอล 0:100, 30:70, 50:50, 70:30 และ 100:0 ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นระเหยตัวทำละลาย นำไปวิเคราะห์ร้อยละผลผลิต ฤทธิ์การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2’-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid ($ABTS^{\bullet+}$) และ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ดัดแปลงตามวิธีของ Moreira และคณะ (2017) วางแผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ

การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง (ultrasonic extraction) นำเมล็ดและใบมะไฟจีน อัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลาย คือ 1:10 แปรสัดส่วนตัวทำละลาย คือ น้ำต่อเอทานอล 30:70 และ 100:0 ร่วมกับแปรสัดส่วนกำลังไฟฟ้า คือ 160, 280 และ 400 วัตต์ ระเหยตัวทำละลาย วิเคราะห์ร้อยละผลผลิต ฤทธิ์การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี $ABTS^{\bullet+}$ และ $DPPH^{\bullet}$ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วางแผนการทดลองแบบ 2x3x2 Factorial in Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นเลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุดมาแปรเวลา 15, 30 และ 60 นาที ระเหยตัวทำละลาย และวิเคราะห์ร้อยละผลผลิต ฤทธิ์การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ

ผลการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 17

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดและใบมะไฟจีนมีความชื้นร้อยละ 11.22 และ 6.44 ตามลำดับ พบว่าเมล็ดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า โปรตีน และเยื่อใยเท่ากับร้อยละ 57.60, 2.34, 9.63, 13.55 และ 16.88 ตามลำดับ ส่วนใบมะไฟจีนมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า โปรตีน และเยื่อใยร้อยละ 80.47, 0.86, 1.39, 13.60 และ 3.68 ตามลำดับ

การสกัดใบและเมล็ดมะไฟจีนด้วยน้ำและเอทานอล พบว่าส่วนของมะไฟจีน (เมล็ดและใบ) และสัดส่วนน้ำต่อเอทานอลมีอิทธิพลร่วมกัน ($p \leq 0.05$) ต่อร้อยละผลผลิต ฤทธิ์การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบทุกสัดส่วนของตัวทำละลายน้ำต่อเอทานอลในการสกัดสาร พบว่าการสกัดใบมะไฟจีนมีปริมาณสารสำคัญและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสารสกัดจากเมล็ด โดยการสกัดใบด้วยน้ำต่อเอทานอลร้อยละ 50:50 และ 70:30 มีค่าร้อยละผลผลิตสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 21.41 และ 21.31 ตามลำดับ การสกัดใบด้วยน้ำต่อเอทานอล (100:0) มีค่าการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี $ABTS^{\bullet+}$ สูงที่สุด เท่ากับ 0.116 mg trolox/g crude extract และมีค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ

63.65 mg GAE/g crude extract ส่วนการสกัดใบด้วยน้ำต่อเอทานอลร้อยละ 30:70 และ 50:50 มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย $DPPH^{\bullet}$ สูงที่สุด เท่ากับ 0.183 และ 0.177 mg trolox/g crude extract ตามลำดับ (Figure 1) จากการที่ใบมีสารพอลิฟีนอล แทนนิน คูมาริน และฟลาโวนอยด์ สูงกว่าเมล็ด(Chang และคณะ, 2018) ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารมีขั้ว ทำให้การใช้น้ำในการสกัดสารเหล่านี้มีประสิทธิภาพดีกว่าเอทานอล เป็นผลให้ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบฤทธิ์การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี $ABTS^{\bullet+}$ ที่ทดสอบได้ทั้งสารที่มีขั้วและไม่มีขั้ว มีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนและไฮโดรเจนอะตอม นอกจากนี้การทดสอบฤทธิ์การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี $DPPH^{\bullet}$ เป็นการทดสอบสารที่ไม่มีขั้ว มีความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอม จึงทำให้มีค่า $ABTS^{\bullet+}$ มากกว่า $DPPH^{\bullet}$ (Floegel และคณะ, 2011)

การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง พบว่าการสกัดใบด้วยเอทานอลร้อยละ 70 ร่วมกับกำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ เวลา 30 นาที พบว่าการสกัดจากใบได้ปริมาณสารสำคัญและประสิทธิภาพสูงกว่าเมล็ด โดยให้ร้อยละผลผลิต ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี $ABTS^{\bullet+}$ และ $DPPH^{\bullet}$ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในใบสูงที่สุด ($p\leq0.05$) เท่ากับร้อยละ 20.54, 0.211 และ 0.139 mg trolox/g crude extract และ 33.81 mg GAE/g crude extract ตามลำดับ (Figure 2) จากนั้นนำมาแปรเวลาสกัด พบว่าการสกัดใบด้วยน้ำต่อเอทานอล 30:70 เวลา 60 นาที มีร้อยละผลผลิต ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี $ABTS^{\bullet+}$ และ $DPPH^{\bullet}$ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 16.57, 0.112 และ 0.144 mg trolox/g crude extract และ 72.62 mg GAE/g crude extract ตามลำดับ (Figure 3) เนื่องจากวิธี UAE มีคลื่นความถี่ เมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวทำละลายทำให้เกิดฟองขนาดเล็กจำนวนมาก สามารถทำลายผนังเซลล์ได้ (อรัญญา และคณะ, 2558) จึงสกัดสารที่อยู่ในใบและเมล็ดออกมาได้ และเมื่อกำลังไฟฟ้าและเวลานานขึ้น สามารถสกัดสารได้มากขึ้นเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย และวิธี UAE พบว่ามีประสิทธิภาพการสกัดไม่แตกต่างกัน แต่วิธี UAE ใช้เวลาในการสกัดน้อยกว่า

สรุปผล

การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยตัวทำละลายที่อัตราส่วนระหว่างตัวอย่างต่อตัวทำละลาย 1:10 ทุกสัดส่วนน้ำต่อเอทานอล เวลา 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในใบสูงกว่าเมล็ด เช่นเดียวกับการใช้คลื่นความถี่สูง ที่น้ำต่อเอทานอล 30:70 กำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ เวลา 60 นาที ซึ่งทั้ง 2 วิธีการสกัด พบว่ามีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน แต่วิธี UAE ใช้เวลาน้อยกว่า และมีความปลอดภัยกว่า ดังนั้นจึงเลือกให้วิธีการสกัดด้วย UAE เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในใบและเมล็ดมะไฟจีน

เอกสารอ้างอิง

พัชนันท์ ทองศรีพันธ์ และวิสาตรี คงเจริญสุนทร, 2561, ประสิทธิภาพของส่วนสกัดจากมะไฟจีนร่วมกับยาแอมพิซิลลินและยาเตตราซัยคลินในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบฉวยโอกาสดื้อยา, วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 5, ฉบับที่ 1, หน้า 57-71.

อรัญญา พรหมกูล วรัญญา วงศ์ไชยสิทธิ์ ไอรดา อักษ์เสน และเกรียงไกร พัทยากร, 2558, การใช้คลื่นอัลตร้าโซนิคในการสกัดแอนโทไซยานินจากกากเม่า, แก่นเกษตร, 43 ฉบับพิเศษ 1, หน้า 830-835.

Carla, D.P., Erica, P., and Deborha, D., 2013, Comparison of Ultrasound-assisted Extraction with Conventional Extraction Methods of Oil and Polyphenols from Grape (*Vitis vinifera* L.) Seeds, Ultrasonics Sonochemistry, 20: 1076-1080.

Chang, X., Lu, Y., Lin, Z., Qiu, J., Guo, X., Pan, J., and Abbasi, AM., 2018, Impact of Leaf Development Stages on Polyphenolics Profile and Antioxidant Activity in *Clausena lansium* (Lour.) Skeels", BioMed Research International, 1-8.

Dent, M., Dragović-Uzelac, V., Elez Garofulić, I., Bosiljkov, T., Ježek, D., and Brnčić, M., 2015, Comparison of Conventional and Ultrasound-assisted Extraction Techniques on Mass Fraction of Phenolic Compounds from Sage (*Salvia officinalis* L.), Chemical and Biochemical Engineer Quarterly, 29: 475–484.

Elfalleh, W., Hannachi, H., Tlili, N., Yahia, Y., Nasri, N., and Ferchichi, A., 2012, Total Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Pomegranate Peel, Seed, Leaf and Flower, Journal of Medicinal Plants Research, 6: 4724-4730.

Floegel, A., Kim, DO., Chung, SJ., Koo, SI., and Chun, OK., 2011, Comparison of ABTS/DPPH Assays to Measure Antioxidant Capacity in Popular Antioxidant-rich US Foods, Journal of Food Composition and Analysis, 24: 1043-1048.

Moreira, M.M., Barroso, M.F., Boeykens, A., Withouck, H., Morais, S., and Delerue-Matos, C., 2017, Valorization of Apple Tree Wood Residues by Polyphenols Extraction: Comparison between Conventional and Microwave-assisted Extraction, Industrial Crops and Products, 104: 210-220.

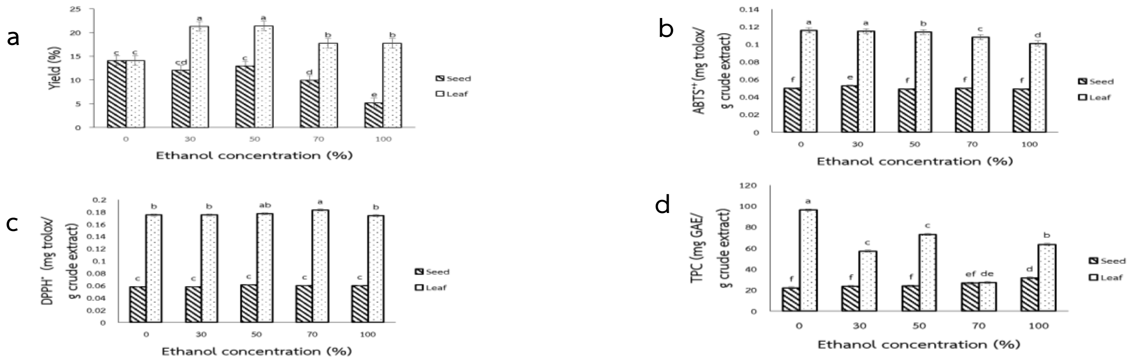


Figure 1 Effect of solvent extraction on a) yield (%), b) ABTS$^{•+}$, c) DPPH$^{•}$ and d) total phenolic contents (TPC) of seed and leaf wampee by various ratios of ethanol: water.

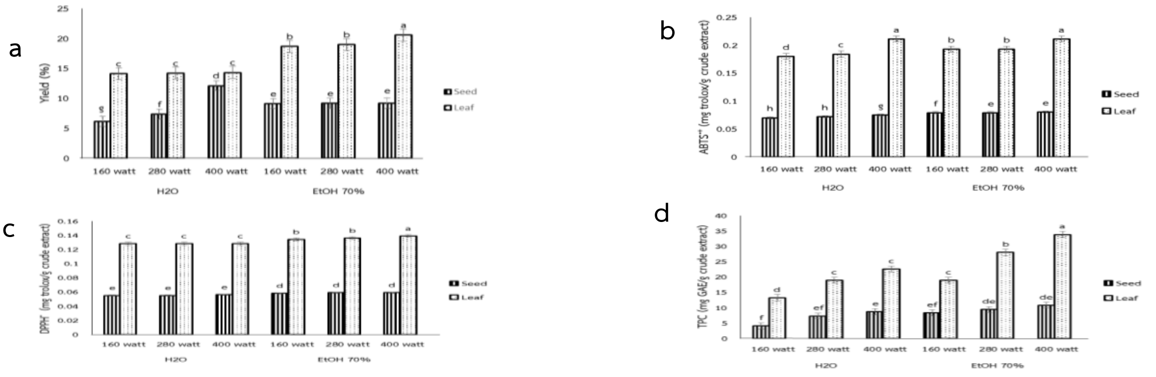


Figure 2 Effect of ultrasound-assisted extraction on a) yield (%), b) ABTS$^{•+}$, c) DPPH$^{•}$ and d) total phenolic contents (TPC) of seed and leaf wampee by various ratios of ethanol: water and power.

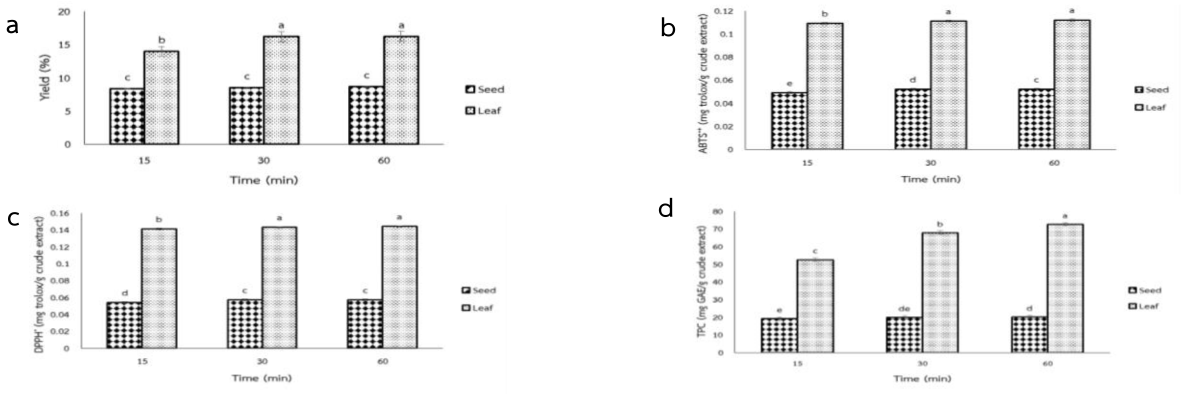


Figure 3 Effect of ultrasound-assisted extraction on a) yield (%), b) ABTS$^{•+}$, c) DPPH$^{•}$ and d) total phenolic contents (TPC) of seed and leaf wampee by various times.

การเปรียบเทียบการสกัดสารเคอร์คิวมินอยด์จากขมิ้นชันด้วยตัวทำละลาย และการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงอัลตราโซนิค

Comparison of Curcuminoid Extracts from Turmeric by Solvent Extraction and Solvent Combined with Ultrasound Assisted Extraction

ภาวินี ชาพรหมมา[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1] และ ณัติฐพล ไข่แสงศรี[2]
Chapromma, P.[1], Laohakunjit, N.[1], Uthairatanakij, A.[1], and Kaisangsri, N.[2]

Abstract

This research aimed to compare curcuminoid contents from turmeric (*Curcuma longa*) extracted by solvents and solvents combined with ultrasound assisted extraction (UAE). For solvents extraction method, ethanol concentrations at 0, 25, 50, 75 and 95% were used to extract for 24 h. Results showed that 75% ethanol had the highest yield (23.02%), but extracted with 95% ethanol showed the highest of total curcuminoid (338.42 mg/g crude extract), total phenolic (276.11 mg GAE/g crude extract) and total flavonoid contents (1447.22 mg QE/g crude extract). For solvents combined with UAE method, ethanol concentrations were varied at 0, 75 and 95% and ultrasound power at 160, 280 and 400 watts for 10 min. Results showed that power of ultrasound at 400 watt gave the highest yield at all concentrations of ethanol. However, extracts by 95% ethanol at 160 watt showed the highest of total curcuminoid (349.50 mg/g crude extract), total phenolic and total flavonoids content.

Keywords: Curcuminoids, Turmeric extraction, Ultrasound assisted extraction, Solvent extraction

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสารเคอร์คิวมินอยด์จากขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) ที่สกัดด้วยตัวทำละลายและตัวทำละลายร่วมกับ ultrasound assisted extraction (UAE) การสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 95% เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเอทานอลที่ 75% ให้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 23.02% แต่การสกัดเอทานอล 95% ได้ปริมาณเคอร์คิวมินอยด์ทั้งหมดสูงที่สุด (338.42 mg/g crude extract) ฟีนอลิกทั้งหมด (276.11 mg GAE/g crude extract) และฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (1447.22 mg QE/g crude extract) สูงที่สุด ส่วนการสกัดด้วยตัวทำละลายร่วมกับ UAE แปรความเข้มข้นเอทานอล ที่ 0, 75 และ 95% และแปรกำลังไฟฟ้าที่ 160, 280 และ 400 วัตต์ นาน 10 นาที พบว่าการสกัดด้วยเอทานอลทุกความเข้มข้น ที่ใช้กำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ ให้ปริมาณร้อยละผลิตที่ได้สูงที่สุด แต่สารสกัดขมิ้นที่ใช้เอทานอล 95% กำลังไฟฟ้า 160 วัตต์ มีปริมาณสารเคอร์คิวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุด (349.50 mg/g crude extract) รวมทั้งปริมาณฟีนอลลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุด

คำสำคัญ: เคอร์คิวมินอยด์ ขมิ้นชัน การสกัดด้วยคลื่นเสียงอัลตร้าโซนิค การสกัดด้วยตัวทำละลาย

คำนำ

ขมิ้นเป็นสมุนไพรล้มลุกอายุหลายปี อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae สกุล Curcuma สายพันธุ์ที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย คือ *Curcumar longa* ทั้งในเอเชียใต้และตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนของเหง้าเป็นส่วนที่มีประโยชน์มากที่สุดของขมิ้น สามารถนำมาทำสีย้อม อาหารและยา สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้จากขมิ้นประกอบด้วยสารหลักสองกลุ่มคือ น้ำมันหอมระเหย (essential oil) และสารกลุ่มเคอร์คิวมินอยด์ (curcuminoids) (ชัชวาลย์, 2558) โดยสารสำคัญในกลุ่มเคอร์คิวมินอยด์ประกอบด้วย Curcumin, Demethoxycurcumin และ Bisdemethoxycurcumin เป็นต้น ซึ่งสารกลุ่มนี้ละลายในตัวทำละลาย ethanol, alkalis, acetic acid และ chloroform แต่ไม่ละลายในน้ำ มีรายงานว่ามีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการเกิดมะเร็ง ต้านโรคเบาหวาน ต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา (Araújo และ Leon, 2001) อย่างไรก็ตามสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญขึ้นอยู่กับสภาพการปลูก วิธีการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว (เอ็จ, 2554) รวมทั้งวิธีการสกัดสาร การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชมีหลายวิธีทั้งการใช้สารเคมี ได้แก่ การสกัดโดยวิธีการแช่ (maceration) ด้วยตัวทำละลาย (solvents) แต่การสกัดวิธีนี้ต้องใช้ตัว

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1] School of School of Bioresources and Technology King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Soi Thian Thale 25, Bang Khun Thian Chai Thale Road, Tha Kham, Bang Khun Thian, Bangkok 10150
[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[2]Pilot Plant Development and Training Institute King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Soi Thian Thale 25, Bang Khun Thian Chai Thale Road, Tha Kham, Bang Khun Thian, Bangkok 10150

ทำละลายปริมาณมาก จึงอาจเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงและมีสารเคมีตกค้าง ส่งผลต่อการนำไปใช้เป็นส่วนผสมของอาหารและเครื่องสำอาง (Carla และคณะ, 2013) ตามบัญญัติขององค์การอาหารและยา ปี 2560 อนุญาตให้ใช้เฉพาะน้ำและแอลกอฮอล์ในการสกัดเท่านั้น ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นสารไม่มีขั้ว จึงมีการใช้วิธีการสกัดทางกายภาพมาใช้ร่วมด้วย ได้แก่ ultrasound assisted extraction มีรายงานการใช้ ultrasound ในการสกัดสารจากพืช เช่น การสกัดสารจาก *Withania somnifera* (Dhanani และคณะ, 2017), Ginseng saponins (Wu และคณะ, 2001) และ Marigold Flower (*Tagetes erecta*) (Barzana และคณะ, 2002) พบว่าสารสำคัญที่สกัดได้มีร้อยละผลผลิตเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสารเคอร์คิวมินอยด์จากขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) ที่สกัดด้วยตัวทำละลายและตัวทำละลายร่วมกับ ultrasound assisted extraction (UAE)

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพืชสำหรับการสกัด นำเหง้าขมิ้นชันมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 °C จนมี moisture content เท่ากับ6.44% จากนั้นนำขมิ้นชันที่แห้งแล้วมาบดให้เป็นผงละเอียดร่อนผ่านตระแกรงกรองขนาด 40 เมช

การสกัดสารเคอร์คิวมินอยด์ด้วยตัวทำละลาย นำขมิ้นมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50% (v/v) โดยแปรอัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ 1:5, 1:10, 1:20 และ 1:30 (w/v) เวลา 24 ชม วิเคราะห์สารสกัดทั้งทางกายภาพ เคมีและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ หลังจากนั้นนำภาวะที่ดีที่สุดมาสกัดต่อ โดยแปรสัดส่วนความเข้มข้นตัวทำละลายน้ำต่อเอทานอลที่ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 เป็นเวลา 24 ชม วิเคราะห์สารสกัดทั้งทางกายภาพ เคมีและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ

การสกัดสารเคอร์คิวมินอยด์ด้วยการใช้ตัวทำละลายร่วมกับ UAE นำขมิ้นที่เตรียมไว้มาสกัดด้วยเครื่อง ultrasound (รุ่น GT SONIC-P20 ประเทศจีน) โดยแปรสัดส่วนตัวทำละลายน้ำต่อเอทานอลที่ 100:0, 25:75 และ 0:100 ร่วมกับแปรกำลังไฟฟ้าที่ 160, 280 และ 400 วัตต์ นาน 10 นาที สารที่สกัดได้ทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ เคมีและการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ

วิเคราะห์ปริมาณร้อยละผลผลิตและค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Minolta color reader รุ่น CR-10) ปริมาณของสารเคอร์คิวมินอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin ciocalteu ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ วิเคราะห์สมบัติการต้านสารอนุมูลอิสระโดยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl Radical Scavenging Activity ($DPPH^{\bullet}$) และสมบัติการต้านสารอนุมูลอิสระโดยวิธี 2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) ($ABTS^{\bullet+)}$) (Yu และคณะ, 2014)

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติโดยค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS (Ver. 17)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสกัดขมิ้นด้วยตัวทำละลายที่อัตราส่วนขมิ้นต่อเอทานอล 50% (v/v) เป็นเวลา 24 ชม พบว่าที่อัตราส่วนขมิ้นต่อตัวทำละลาย 1:20 (w/v) ได้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด (ร้อยละ 21.96±0.17) ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากการสกัดที่อัตราส่วน 1:30 (w/v) ได้ร้อยละผลผลิต 23.64±0.17 แต่ที่อัตราส่วน 1:20 (w/v) ให้ปริมาณเคอร์คิวมินอยด์ ฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 266.99±10.35 mg /g crude extract, 226.79±2.71 mg GAE/g crude extract และ 654.33±8.07 mg QE/g crude extract ตามลำดับ และการสกัดที่ได้มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ สูงที่สุดเท่ากับ 3.59±0.06 mg Trolox/g crude extract และ 5.64±0.02 mg Trolox/g crude extract ตามลำดับ (Table 1) ค่า hue เท่ากับ 73.77±0.26 สารสกัดที่ได้เป็นสีเหลืองอมแดงเข้ม ทั้งนี้เนื่องจาก solid matrix มีปริมาณคงที่ ความต้องการผลผลิตที่สูงขึ้นอยู่กับตัวทำละลายที่มากขึ้นด้วย จึงคาดว่าความเข้มข้นระหว่างสารภายในเซลล์พืชและตัวทำละลายภายนอกที่มากขึ้นมีอัตราการสกัดมากกว่า อย่างไรก็ตามถ้ามีปริมาณตัวทำละลายมากเกินไป ส่งผลให้ไม่สามารถเพิ่มระดับความเข้มข้นและผลผลิตที่สกัดได้อีก นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในการถ่ายโอนมวลซึ่งจำกัดอยู่ภายในของของแข็งคงที่ ดังนั้นตัวทำละลายปริมาณมากไม่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ (Lou และคณะ, 2010) เมื่อนำขมิ้นต่อเอทานอลที่อัตราส่วน 1:20 (w/v) มาแปรความเข้มข้นของน้ำต่อเอทานอล พบว่าตัวทำละลายที่สัดส่วนน้ำต่อเอทานอล 25:75 มีร้อยละผลผลิตสูงที่สุด (ร้อยละ 23.23±1.75) และมีค่า hue เท่ากับ 66.77±0.23 สีที่ได้เป็นสีเหลืองอมแดงคล้ำ แต่สัดส่วนน้ำต่อเอทานอล 0:100 (95%EtOH) มีปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์ (338.42±2.16 mg/g crude extract) ฟีนอลิก (276.11±4.05 mg GAE/g crude extract) และฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (1447.22±64.73 mg QE/g crude extract) สูงที่สุด และมีค่า hue เท่ากับ 80.58±0.16 สีที่ได้เป็นสีเหลืองสว่าง (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจากสารกลุ่มเคอร์คิวมินอยด์มีขั้วน้อยจึงละลายในเอทานอลได้ดีกว่าเอทานอลที่ผสมกับน้ำซึ่งมีขั้วมากกว่า

ส่วนการสกัดด้วยตัวทำละลายร่วมกับ UAE ที่แปรความเข้มข้นของตัวทำละลายน้ำต่อเอทานอลและแปรกำลังไฟฟ้าที่อัตราส่วน 1:20 (w/v) นาน 10 นาที พบว่าที่กำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตสูงที่สุดทั้งตัวทำละลายน้ำต่อเอทานอล 100:0 และ 25:75 (v/v) (Table 3) เนื่องจากอัลตร้าซาวด์ทำให้เกิด cavitation effect มีผลต่อการถ่ายเทมวลและการเข้าถึงตัวทำละลายกับชิ้นส่วนพืชได้เร็วขึ้นโดยการทำลายผนังเซลล์แล้วให้ตัวทำละลายชะสารสำคัญออกมาจากพืช (Mason และคณะ, 1996) การใช้กำลังไฟฟ้ามากสามารถทำลายผนังเซลล์พืช ทำให้ร้อยละผลผลิตที่ได้จึงมากตามไปด้วย แต่การสกัดขมิ้นโดยใช้ตัวทำละลายน้ำต่อเอทานอล 0:100 ร่วมกับ UAE ที่ใช้กำลังไฟฟ้า 160 วัตต์ ให้ปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์ (314.14±4.52 mg/g crude extract) ฟีนอลิก (288.03±9.69 mg GAE/g crude extract) และฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (1,598.89±270.97 mg QE/g crude extract) รวมทั้งการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ เท่ากับ 3.78±0.14 และ 6.02±0.06 mg Trolox/g crude extract ตามลำดับ (Fig. 1) เนื่องจากการใช้กำลังไฟฟ้าสูงเกินไปอาจทำลายโครงสร้างสารสำคัญทำให้มีประสิทธิภาพลดลง

สรุปผล

การสกัดขมิ้นด้วยตัวทำละลายน้ำต่อเอทานอลอัตราส่วน 0:100 โดยการแช่สกัด 24 ชม ให้ปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทั้งวิธี $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ สูงที่สุด ส่วนการสกัดขมิ้นด้วยการใช้ตัวทำละลายร่วมกับ UAE ที่ใช้ตัวละลายน้ำต่อเอทานอลอัตราส่วน 0:100 ร่วมกับกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัลตร้าซาวด์ที่ 160 วัตต์ ให้ปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทั้งวิธี $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ สูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ชัชวาลย์ ช่างทำ, 2558, คุณประโยชน์และฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายของสมุนไพรขมิ้นชัน Usefulness and Various Biological Activities of *Curcuma longa* L., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

เอ็จ สโรบล, 2554, Mechanisms of Plant Responses to Global Climate Change, แก่นเกษตร 39 ฉบับพิเศษ 2: 22-26.

Araújo, C.A.C. and Leon, L.L., 2001, Biological Activities of *Curcuma longa* L., Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Vol. 96(5): 723-728.

Barzana, E., Rubio, D., Santamaria, R.I., Gracia-Correa, O., Gracia, F., Sanz, R.V.E. and Pez-MunglÄa, A.L., 2002, Enzyme-Mediated Solvent Extraction of Carotenoids from Marigold Flower (*Tagetes erecta*), Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 50, pp. 4491-4496.

Carla, D.P., Erica, P. and Deborha, D., 2013, Comparison of Ultrasound-assisted Extraction with Conventional Extraction Methods of Oil and Polyphenols from Grape (*Vitis vinifera* L.) Sseeds, Ultrasonics Sonochemistry, Vol. 20, pp. 1076-1080.

Dhanani, T., Shah, S., Gajbhiye, N.A. and Kumar, S., 2017, Effect of Extraction Methods on Yield, Phytochemical Constituents and Antioxidant Activity of *Withania somnifera*, Arabian Journal of Chemistry, Vol. 10, pp. S1193–S1199.

Lou, Z., Wang, H., Zhang, M. and Wang, Z., 2010, Improved Extraction of Oil from Chickpea under Ultrasound in a Dynamic System, Journal of Food Engineering, Vol. 98, pp. 13-18.

Mason, T.J., Paniwnyk, L. and Lorimer, J.P., 1996, The Uses of Ultrasound in Food Technology, Ultrasonics Sonochemistry, Vol. 3(3): 253–260.

Wu, J., Lin, L. and Chau, F., 2001, Ultrasound-assisted Extraction of Ginscng Saponins from Ginseng Roots and Cultured Ginseng Cells, Ultrasonics Sonochemistry, Vol. 8, pp. 347-352.

Yu, Z.L., Zhang, Z. and Zeng, W.C., 2014, Investigation of Antibrowning Activity of Pine Needle (*Cedrus deodara*) Extract with Fresh-cut Apple Slice Model and Identification of the Primary Active Components, European Food Research and Technology, Vol. 239, pp. 669-678.

Table 1 %Yield, color, total curcuminoid content (TCC), total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC) and anti-oxidant activity of turmeric extracted with 50% ethanol at ratio 1:5, 1:10, 1:20 and 1:30 (w/v) for 24 hr of turmeric extracted with 50%ethanol at ratio 1:5, 1:10, 1:20 and 1:30 (w/v) for 24 hr.

Sample : 50%EtOH (w/v)	%yield	h° (color)	TCC (mg /g crude extract)	TPC (mg GAE/g crude extract)	TFC (mg QE/g crude extract)	Anti-oxidant activity (mg trolox/g crude extract)	
						DPPH	ABTS
1:5	10.49±1.77[c]	67.06±0.45[d]	63.54±1.35[c]	195.83±6.76[c]	163.61±2.87[d]	0.49±0.01[c]	5.61±0.04[ab]
1:10	18.42±0.51[b]	70.44±0.32[c]	119.57±1.93[b]	211.004±1.32[b]	482.17±8.13[c]	0.50±0.00[c]	5.53±0.09[b]
1:20	21.96±0.17[a]	73.77±0.26[b]	266.99±10.35[a]	226.79±2.71[a]	654.33±8.07[a]	3.59±0.06[a]	5.64±0.02[a]
1:30	23.64±0.17[a]	75.52±0.14[a]	125.65±1.78[b]	214.76±0.43[b]	516.28±6.15[b]	3.20±0.04[b]	5.63±0.01[a]

[a,b,c] Means follow by different letters within the same column are significantly different (p ≤ 0.05).

Table 2 %Yield, color, total curcuminoid content, total phenolic content, total flavonoid content and anti-oxidant activity of turmeric extracted with 1:20 (w/v) at 0, 25, 50, 75 and 95% ethanol for 24 hr.

%Ethanol	%yield	h° (color)	TCC (mg /g crude extract)	TPC (mg GAE/g crude extract)	TFC (mg QE/g crude extract)	Anti-oxidant activity (mg trolox/g crude extract)	
						DPPH	ABTS
0%	6.18± 0.22[d]	87.42±0.03[a]	2.87±0.67[d]	8.10±1.74[e]	37.28±1.70[d]	0.35±0.00[c]	0.54±0.00[e]
25%	9.77± 0.42[c]	84.21±0.11[b]	3.80±0.04[d]	25.37±2.00[d]	52.17±3.92[d]	0.38±0.00[c]	0.57±0.01[d]
50%	20.32± 0.77[b]	72.71±0.15[d]	255.97±0.38[c]	202.32±2.02[c]	695.00±41.06[c]	3.26±0.04[b]	5.63±0.02[c]
75%	23.23± 1.75[a]	66.77±0.23[e]	307.64±1.32[b]	207.93±4.00[b]	952.22±82.57[b]	3.35±0.03[b]	5.74±0.02[b]
95%	21.06± 0.07[b]	80.58±0.16[c]	338.42±2.16[a]	276.11±4.05[a]	1447.22±64.73[a]	4.05±0.38[a]	5.86±0.02[a]

[a,b,c] Means follow by different letters within the same column are significantly different (p ≤ 0.05).

Table 3 %Yield and color of turmeric extracted with 1:20 (w/v) at 0, 25, 50, 75 and 95% ethanol and ultrasound power at 160, 280 and 400 watts for 10 min

Ethanol concentration	Power of ultrasound (watt)	%yield	color			
			L*	a*	b*	h°
0%	160	7.23±1.35^{g}	59.56±0.11^{b}	-1.02±0.06^{g}	32.61±0.69^{g}	91.8±0.15^{a}
	280	8.66±2.17^{g}	59.29±0.34^{b}	-0.97±0.05^{g}	35.55±1.20^{e}	91.56±0.12^{a}
	400	11.08±0.35^{f}	60.49±0.12^{a}	-1.46±0.16^{g}	33.89±0.08^{f}	92.47±0.27^{a}
75%	160	16.11±2.37^{e}	50.04±0.24^{f}	27.95±0.58^{c}	84.24±0.21^{c}	73.65±3.54^{c}
	280	16.67±0.82^{de}	47.91±0.06^{h}	32.21±0.15^{a}	81.10±0.21^{d}	68.36±0.01^{d}
	400	22.57±0.54^{a}	48.32±0.12^{g}	30.63±0.63^{b}	81.81±0.30^{d}	69.47±0.40^{d}
95%	160	18.63±0.15^{bc}	57.05±0.03^{e}	15.80±0.12^{d}	94.70±0.06^{b}	80.53±0.07^{b}
	280	18.64±0.10^{bc}	58.79±0.05^{c}	12.89±0.32^{f}	96.80±0.11^{a}	82.42±0.18^{b}
	400	19.14±0.24^{b}	58.19±0.03^{d}	14.03±0.82^{e}	96.16±0.17^{a}	81.70±0.46^{b}

^{a,b,c} Means follow by different letters within the same column are significantly different ($p \le 0.05$).

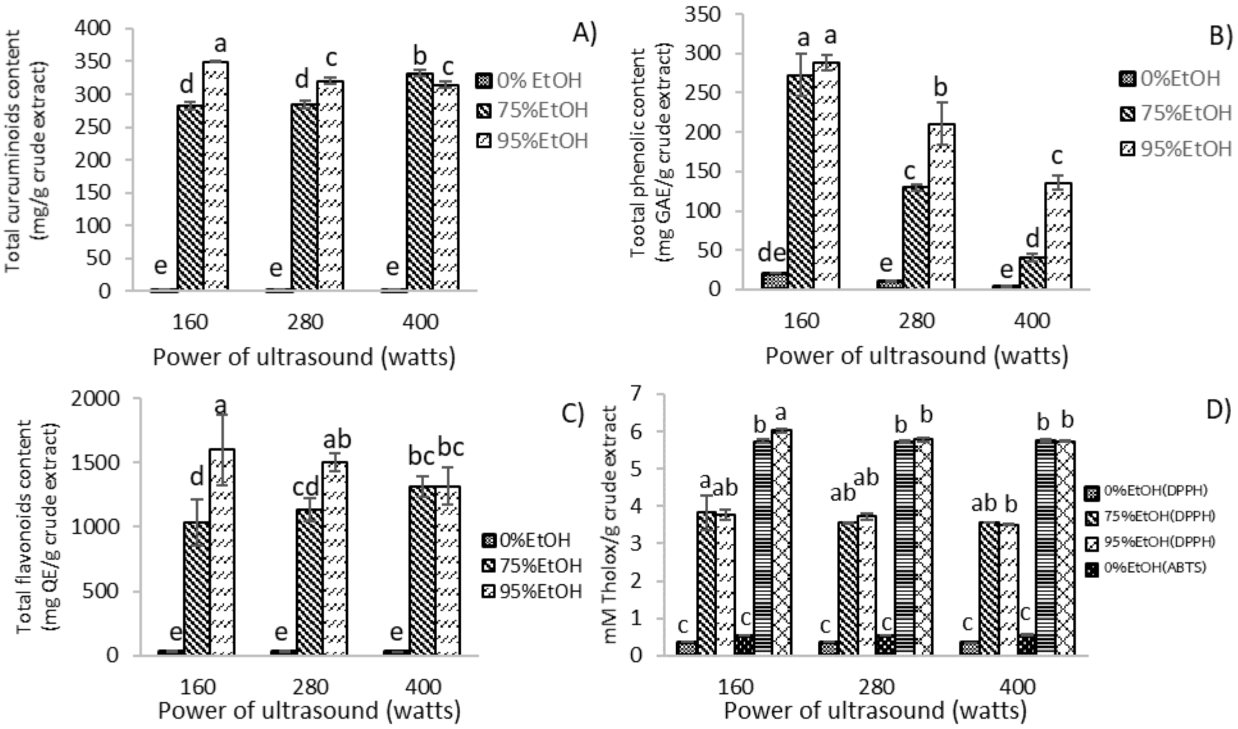


Figure 1 Chemical properties: (**A**) total curcuminoid content, (**B**) total phenolic content, (**C**) total flavonoid content and anti-oxidant activities: (**D**) anti-oxidant activity by DPPH$^{\bullet}$ assay and (**E**) anti-oxidant activity by ABTS$^{\bullet+}$ assay of turmeric extracted by UAE ^{a,b,c} Means follow by different letters within the same column are significantly different ($p \le 0.05$).

การเพิ่ม CH_4 ในแก็สชีวภาพ โดยใช้ขี้เถ้าจากชีวมวลเปรียบเทียบกับการใช้ NaOH
Enhancement of CH4 Production in Biogas Using Ash from Biomass Compared with NaOH

รัตนชัย ไพรินทร์[1]
Pairintra, R.[1]

Abstract

Normally biogas compose of CH_4 60%, CO_2 40%. The objective of this research is increasing CH_4 by using ash from biomass to absorb CO_2. Cow dung and goat dung are used as raw material Main parameters are ash from rice straw, rice husk and palm leaf compare with NaOH (aq) and separating CH_4 and CO_2. The initial pH of fermentation tank are set up at 11. The results showed that by using rice straw ash gave CH_4 84%, rice husk 82% and palm leaf 75%, while the amount of CH_4 by using NaOH was 90%. But the ash from biomass can protect the environment and reduce cost. For the separation of CO_2 in the long straight pipe, at the top of the 3 meter pipe contains 82% of CH_4 which better than 1, 2 meter pipe. If CH_4 yield > 90%, it can use as a fuel in automobiles.

Keywords: Cow and Goat Dung, Methane, Ash from Biomass, Initial pH

บทคัดย่อ

แก็สชีวภาพ (Biogas) ประกอบไปด้วย CH_4 60%, CO_2 40% การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของ CH_4 จะทำให้สามารถนำ Biogas ที่ได้ไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มปริมาณ CH_4 ให้สูงขึ้นโดยใช้ขี้เถ้าจากชีวมวลมาดูดซับ CO_2 โดยใช้มูลโค และมูลแพะในการหมัก Parameter ที่สำคัญในงานวิจัยนี้คือ การใช้ขี้เถ้าจากแกลบ, ฟางข้าว, และใบปาล์มลด CO_2 โดยเปรียบเทียบกับสารเคมีคือ NaOH (aq) นอกจากนั้นยังศึกษาการแยกระหว่าง CO_2 และ CH_4 โดยใช้หลักการความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุล มีการปรับค่า pH เริ่มต้นของถังหมักไปที่ 11 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขี้เถ้าจากฟางข้าวสามารถดูดซับ CO_2 ได้เป็นอย่างดี มี CH_4 85%, แกลบ 82% และใบปาล์ม 75% แม้นปริมาณ CH_4 อาจจะไม่สูงเท่ากับ NaOH (aq) ซึ่งมีสัดส่วนของ CH_4 > 90% ก็ตาม แต่ขี้เถ้าจากชีวมวลก็ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม และลดต้นทุนในการผลิต ส่วนการแยก CO_2 ในท่อตรง เมื่อเพิ่มความยาวของท่อสามารถแยก CH_4 ได้ดียิ่งขึ้น ปริมาณ CH_4 ในด้านบนของท่อยาว 3 เมตร มีปริมาณ CH_4 82% ดีกว่าท่อขนาด 1, 2 เมตร ซึ่งหากปริมาณ CH_4 > 90% สามารถนำไปใช้เป็น Compressed Bio-Methane เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ได้

คำสำคัญ: มูลโคและมูลแพะ มีเทน ขี้เถ้าจากชีวมวล ค่า pH เริ่มต้น

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีวัตถุเหลือทิ้งการภาคการเกษตรต่างๆมากมาย ซึ่งวัตถุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านั้นสามารถมาไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต Biogas ได้ ไม่ว่าจะเป็นเศษวัชพืช, มูลสัตว์ต่างๆ อีกทั้งข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในภาคกลางของประเทศไทยอยู่ที่ราว 33.3 C ซึ่งเป็นช่วงสภาวะแบบ **Mesophilic** (20-35 C) ที่มีความเหมาะสมในผลิต Biogas เป็นอย่างยิ่ง ในสภาวะเช่นนี้สามารถเกิด Biogas ได้ภายในเวลาประมาณ 10-20 วัน โดย การผลิต Biogas นั้นนอกจากจะได้พลังงานสะอาด (Clean Energy) ออกมาแล้ว ยังเป็นการช่วยกำจัดของเสีย แหล่งพาหะของโรคต่างๆที่เกิดขึ้นได้อีกด้วย Biogas โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย CH_4 60% และ CO_2 40% อาจจะมีแก็สอื่นๆปะปนอีกเล็กน้อยเช่น N_2, H_2S ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก Biogas 1 m^3 เมื่อคิดเป็น Energy Equivalent จะเทียบได้เท่ากับ LPG ประมาณ 0.46 kg, น้ำมันดีเซล 0.6 ลิตร, ไฟฟ้า 1.2 kWh B**iogas** ที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) หรือไปใช้กับการเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) เช่นใช้ในการให้ความร้อนแก่ลูกไก่ ลูกสุกรที่เพิ่งเกิดใหม่, ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ตลอดจนใช้ในการปรุงอาหาร แต่หากปริมาณ CH_4 มีค่าต่ำกว่า 55% การจุดติดไปจะไม่มี

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซ. เทียนทะเล 25 ถ. บางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Soi Thian Thale 25, Bang Khun Thian Chai Thale Road, Tha Kham, Bang Khun Thian Bangkok 10150

ความสม่ำเสมอ ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ชัยณรงค์ และคณะ (1) ได้นำมูลนกพิราบผสมกับมูลวัว, มูลนกพิราบผสมกับมูลหมู ในอัตราส่วน 1:1 และมูลโคไปหมักที่อุณหภูมิห้องปรกติ (เฉลี่ยที่ประมาณ 30 C) และที่อุณหภูมิควบคุมที่ 32 C ซึ่งปริมาณ CH_4 ที่ได้มีค่า 68, 65, 57% ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณ CH_4 ที่มีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่มีปริมาณ CH_4 เท่ากับ 74, 74, และ 73% ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอุณหภูมิมีผลต่อการเพิ่มปริมาณ CH_4 อีกทั้งระยะเวลาในการผลิต CH_4 มีค่าเฉลี่ย>60% (อัตราส่วนที่ต่ำที่สุดที่สามารถติดไฟได้เป็นอย่างดี) ยังสามารถผลิตได้นานกว่า และการหมักวัตถุดิบที่ต่างชนิดกันส่งผลให้เกิด CH_4 ได้ดีกว่าวัตถุดิบชนิดเดียว ธนัชพร (2) ได้ใช้ NaOH (aq) และ KOH (aq) ในการดูดซับ CO_2 ที่ได้จากการหมักมูลนกกระทา ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารเคมีทั้งสองชนิดสามารถทำให้ Yield ของ CH_4 เพิ่มขึ้นสูงกว่า 90% โดย KOH ให้ผลที่ดีกว่า NaOH (aq) เล็กน้อย ศิวรินทร์ และคณะ (3) ได้นำ Biogas ที่ได้จากการหมักมูลโคบรรจุลงในท่อตรงปลายปิดขนาด 1 เมตร และตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 2 วัน และนำไปตรวจสอบหาอัตราส่วนระหว่าง CH_4/CO_2 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนระหว่าง CH_4/CO_2 ที่ด้านบนของท่อมีค่าสูงกว่าด้านล่าง ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าหากสามารถทำการแยก CO_2 หรือเพิ่มปริมาณ CH_4 ให้สูงขึ้น จะสามารถนำเอา Biogas ที่ผลิตได้ไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ CH_4 ให้สูงขึ้น เมื่อคำนึงถึงต้นทุนในการผลิต และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้จะใช้ขี้เถ้าจากการเผาชีวมวลที่มีอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ขี้เถ้าจากแกลบ, ฟางข้าว และใบปาล์ม เพื่อดูดซับ CO_2 เปรียบเทียบกับการใช้ NaOH (aq) ในการดูดซับ นอกจากนั้นจะศึกษาการแยก CH_4 และ CO_2 โดยใช้หลักการความแตกต่างระหว่างน้ำหนักโมเลกุลในท่อตรงที่ใช้เก็บ Biogas ที่มีความยาวขนาดแตกต่างกัน และศึกษาการเพิ่มอุณหภูมิของถังหมักที่แตกต่างกันอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

มูลโค และมูลแพะใช้เป็นวัตถุดิบในการหมัก เนื่องจากมูลโคมีค่า C/N Ratio (Carbon : Nitrogen) ที่ 24 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมมากที่สุด หากใช้ฟางข้าว (C/N = 70), เปลือกข้าวโพด (C/N = 60) หรือเศษพืชอื่นๆที่มีค่า C/N สูงๆ จำเป็นต้องมีการ Pretreatment วัตถุด้วยกระบวนการทางเคมี หรือกระบวนการทางความร้อนก่อนการหมัก มิฉะนั้นได้ปริมาณ Biogas น้อย มีปริมาณ CH_4 ต่ำ และใช้เวลาในการหมักที่นานมากขึ้น อีกทั้งโคเป็นสัตว์สี่กระเพาะ ภายในกระเพาะมีแบคทีเรีย (Methanogen) ที่เหมาะสมในการผลิต CH_4 อยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนมูลแพะเป็นมูลสัตว์ที่หาง่าย แพะถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่นิยมเลี้ยงกันมากในเขตทุ่งครุ บางมด ใกล้กับมหาวิทยาลัย การหมักเป็นแบบ Batch โดยหมักในถังขนาด 6 ลิตร ในสภาวะไร้อากาศ ที่อุณหภูมิห้องซึ่งโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 30 C เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพ และลดระยะเวลาในการเกิด Biogas จึงมีการเพิ่มอุณหภูมิของถังหมักให้สูงขึ้นเป็น 35 และ 40 C โดยใช้อ่างน้ำร้อน ก่อนเริ่มทำการทดลองจะไม่มีการปรับ และมีการปรับ pH เริ่มต้นของถังหมักจาก 7 ให้เป็น 11 โดยใช้สารเคมีที่เป็นด่าง ซึ่งใช้ NaOH ในการปรับ การเก็บ Biogas ใช้หลักการแทนที่น้ำ เพื่อที่จะดูดซับ CO_2 จะให้ Biogas ไหลผ่านท่อลงสู่ถังเก็บ ซึ่งเป็นน้ำมีที่มีการเติมสารเคมีที่เป็นด่างคือ NaOH และขี้เถ้าที่ได้มาจากการเผาแกลบ ฟางข้าว และใบปาล์ม ทำการหมักเป็นระยะเวลา 45-60 วัน ตรวจวัดค่า pH ของถังหมัก, ตรวจวัดปริมาณ CH_4 และ CO_2 ที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง GC (Gas Chromatography) ส่วนการทดสอบการแยก Biogas ในท่อที่มีความยาวต่างกันนั้น จะอัด Biogas ที่ได้บรรจุลงในท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2.54 cm. เป็นท่อตรงปลายปิดที่มีขนาดความยาว 1, 2 และ 3 เมตร หลังจากนั้นตั้งทิ้งที่อุณหภูมิห้องปรกติไว้เป็นระยะเวลา 24 ชม. แล้วทำการตรวจวัดปริมาณสัดส่วนความเข้มข้นของ CH_4 ที่ด้านบนของท่อ และที่ด้านล่างของท่อด้วยเครื่อง GC ต่อไป

ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง

การปรับ pH ให้สูงขึ้นสามารถทำให้ผลิต CH_4 ได้ดีกว่าถังที่ไม่มีการปรับ pH เริ่มต้น การปรับค่า pH เริ่มต้นของถังหมักจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งของการหมัก โดยทั่วไปแล้วค่า pH เริ่มต้นจะอยู่ที่ประมาณ 7 หากไม่มีการปรับ pH ภายหลังจากการหมักผ่านไปได้ 5-7 วัน ค่า pH จะลดต่ำลงเรื่อยจนเหลือต่ำกว่า 5 ซึ่งทำให้ภายในถังมีสภาพเป็นกรดสูงขึ้น แบคทีเรียที่สร้าง CH_4 ตายได้ และไม่ว่าจะใช้วัตถุดิบเป็นมูลสัตว์ชนิดใดก็ตามควรปรับค่า pH เริ่มต้นไปที่ประมาณ >11 หลังจากนั้น pH ลดลง เป็น 7 เมื่อเปรียบเทียบกัน Biogas ที่ได้จากมูลโคจะมีปริมาณ CH_4 ที่สูงกว่า Biogas ที่ได้จากมูลแพะ เนื่องจากมูลโคมีค่า C/N Ratio ที่เหมาะสมกว่าคืออยู่ที่ 24 ในขณะที่มูลแพะอยู่ที่ 12 โดยค่า C/N Ratio ที่เหมาะสมควรอยู่ที่ประมาณ 20-30 อีกทั้งมูลโคมีแบคทีเรียที่ผลิต CH_4 มากกว่า มูลโคจึงสามารถผลิต Biogas ได้เร็วกว่าและนานกว่าการใช้มูลแพะ ซึ่งมูลโคใช้เวลาเพียง 7 วัน ในขณะที่มูลแพะใช้เวลาหมักถึง 25 วัน จึงทำให้ได้ CH_4>60% ซึ่งเป็นปริมาณ CH_4 ที่สามารถติดไฟได้อย่างต่อเนื่อง ปริมาณ CH_4 เฉลี่ยของมูลโคอยู่ที่ 76% ปริมาณ Total Biogas 9380 ml ในขณะ CH_4 ของมูลแพะอยู่ที่ 70% ปริมาณ Total Biogas 6247 ml ตลอดระยะเวลาการหมัก

การเพิ่มอุณหภูมิภายในถังหมักจากอุณหภูมิห้องปรกติ (30 C) ไปที่ 35, 40 C สามารถทำให้เกิด Biogas ได้เร็วขึ้น โดยมีปริมาณ CH_4 เฉลี่ยอยู่ที่ 76.5%, 72.5% และ 74.4% ระยะเวลาในการหมักจน Biogas สามารถจุดติดไฟได้อยู่ที่ 27, 8, และ 6 วัน ตามลำดับ จึงเห็นได้ว่าอุณหภูมิส่งผลต่อความเร็วในการเกิด CH_4 เพราะแบคทีเรียสามารถย่อยชีวมวลได้ดีขึ้น โดยเฉพาะที่ 40 C แต่ปริมาณ CH_4 ที่ผลิตได้ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากอย่างมีนัยสำคัญ หากคำนึงถึงเรื่องของพลังงานแล้ว การหมักที่สภาวะอุณหภูมิห้องมีความเหมาะสมมากกว่าเพราะสิ้นเปลืองพลังงาน (Input) น้อยกว่า การเพิ่มอุณหภูมิของถังหมักโดยวิธีการธรรมชาติอย่างหนึ่งคือ การนำถังหมักตั้งไว้ในที่กลางแจ้ง แต่การเพิ่มอุณหภูมิของถังหมักให้สูงมากเกินกว่า 40 C จะส่งผลเสียเพราะจะทำให้แบคทีเรียบางส่วนตายได้ และมีไอน้ำใน Biogas เพิ่มสูงขึ้น ไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง

การใช้ขี้เถ้าจากการเผาชีวมวลสามารถดูดซับ CO_2 ทำให้ปริมาณ CH_4 สูงขึ้นได้ โดยส่วนประกอบหลักของขี้เถ้าจากชีวมวลคือ CaO ซึ่งมีความเป็นด่าง เมื่อ Biogas ไหลผ่านถังน้ำเก็บที่มีขี้เถ้าจากชีวมวลผสมอยู่ CO_2 จะถูกดูดซับดังสมการโดย $CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3$ จากงานวิจัยของธนัชพร (2) แสดงให้เห็นว่า NaOH, KOH มีประสิทธิภาพที่ดีเป็นอย่างยิ่งในการดูดซับ CO_2 เนื่องจากอยู่ในรูปของสารละลาย Homogenous โดยมีปริมาณ CH_4 > 90% แต่เมื่อคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม และความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้ว ขี้เถ้าจากชีวมวลทั้งสามชนิดมีความเหมาะสมสำหรับเกษตรกรไทยมากกว่า เพราะสามารถหาได้ง่าย เป็นผลพลอยได้จากการเกษตร (Agriculture by product) ขี้เถ้าจากฟางข้าวสามารถดูดซับ CO_2 ได้เป็นอย่างดีมีปริมาณ CH_4 85.2 % เมื่อเทียบกับไม่มีการดูดซับ CO_2 ซึ่งมีปริมาณ CH_4 เพียง 50.4% หรือเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 35% ส่วนขี้เถ้าแกลบ 82.1 % เพิ่มขึ้นจากเดิม 27% และขี้เถ้าจากใบปาล์ม 74.9 % เพิ่มขึ้นจากเดิม 22% ดังแสดงใน Figure 1

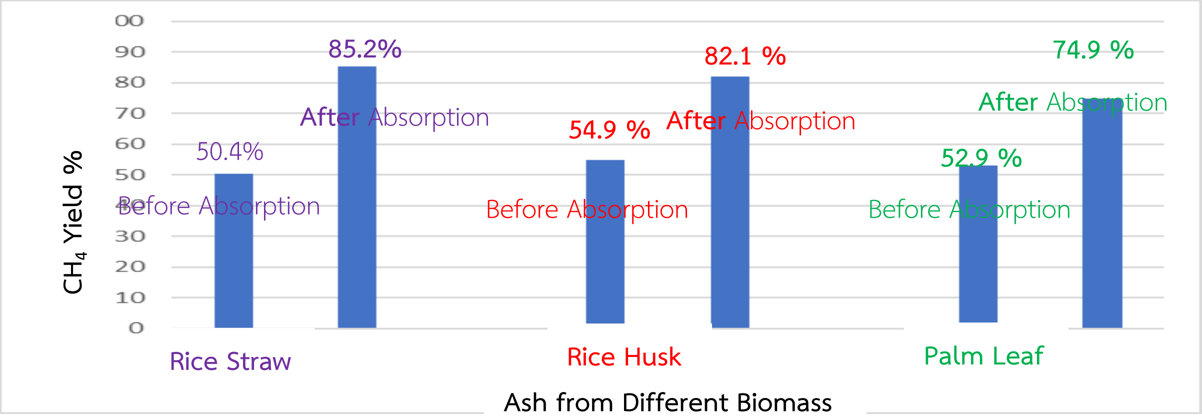


Figure 1 CH_4 Yield after CO_2 Absorption by Different Biomass Ash

ส่วนการแยก CH_4 และ CO_2 ในท่อตรงยาว โดยอาศัยหลักการแตกต่างระหว่างน้ำหนักโมเลกุลของ Gas ทั้งสองชนิด ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณ CH_4 ในท่อตรงยาวขนาด 1, 2 และ 3 เมตร มีปริมาณ CH_4 ที่ด้านบน 78.5%, 82% และ 82.2% ตามลำดับ ดังแสดงผลใน Figure 2 CH_4 ซึ่งมีน้ำหนักโลเลกุล 16 ซึ่งเบากว่า CO_2 ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 44 ซึ่งหนักกว่าเกือบ 3 เท่า ดังนั้น CH_4 ซึ่งเบากว่าจะลอยขึ้นด้านบน และ CO_2 ซึ่งหนักกว่าจะรวมตัวกันอยู่ด้านด้านล่าง การเพิ่มประสิทธิภาพในการแยก Gas ทั้งสองชนิดสามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิของ Gas ลง ซึ่งจะทำให้ Gas มีความหนาแน่นมากยิ่งขึ้น จะแยกตัวออกจากกันได้ดีขึ้น ซึ่งในทางปฏิบัติทำได้โดยการฝังท่อ Biogas ใต้ดิน ปลูกพืชคลุมดินและรดน้ำต้นไม้จะทำให้อุณหภูมิของดินลดลงได้ และสามารถทำให้ปริมาณ CH_4>90% ได้ การลดอุณหภูมิลงทุกๆ 10 C จะทำให้ gas มีความหนาแน่นขึ้นประมาณ 3-4%

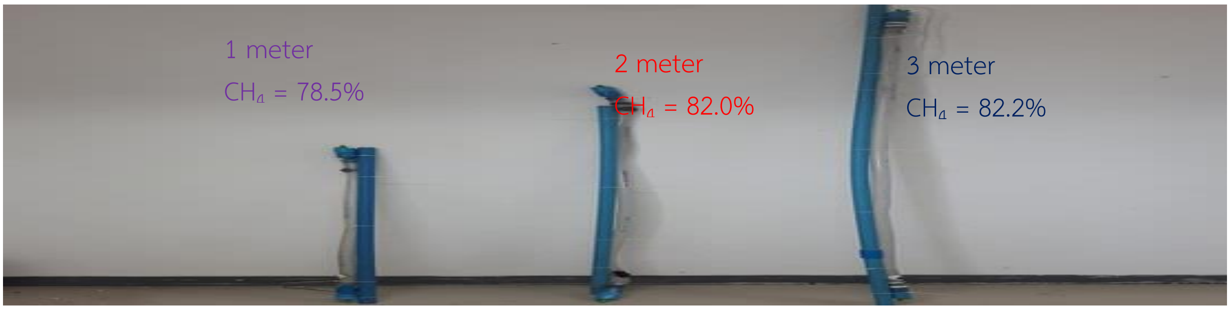


Figure 2 Methane Yield at the Top of Different Long Length Pipe

สรุปผลการทดลอง

การหมัก Biogas จากมูลโคจะให้ปริมาณ Biogas มี CH_4 เฉลี่ยสูงกว่ามูลแพะประมาณ 6% Total Biogas ดีกว่า 33% อีกทั้งยังใช้เวลาสั้นกว่าราว 18 วัน การเพิ่มอุณหภูมิของถังหมักช่วยทำให้เกิด Biogas ได้เร็วขึ้น แต่เมื่อคำนึงถึงการใช้พลังงานแล้ว การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มอุณหภูมิ และอุณหภูมิภายในถังหมักไม่ควรสูงเกิน 40 C ขี้เถ้าจากชีวมวลทั้งสามชนิดคือ ฟางข้าว แกลบ และ ใบปาล์ม สามารถดูดซับ CO_2 ได้เป็นอย่างดี ขี้เถ้าจากฟางข้าวสามารถดูดซับ CO_2 ได้ปริมาณ CH_4 85%, การแยก Biogas ในท่อตรงยาว ขนาด 3 เมตรจะได้ปริมาณมีปริมาณ CH_4 สูงที่สุดคือราว 82.2%

ข้อเสนอแนะ

หากรวมกระบวนการใช้ขี้เถ้าจากชีวมวลในการดูดซับ CO_2 (และใช้แบบสองขั้นตอน) และการแยก Biogas ในท่อตรงยาวแล้ว จะสามารถทำให้ $CH_4 > 90\%$ จะทำให้สามารถนำไปใช้อัดเป็น Compressed Bio-methane เพื่อใช้ในยานพาหนะต่อไปได้ และ Residue ที่เหลือจากการหมัก Biogas สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยบำรุงพืชได้ โดยผสมน้ำที่อัตราส่วน 1:10

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัลรัตน์ ผโลทัยสิทธิ์, คุณกิตติศักดิ์ โยดุสิต และคุณชัยยุทธ ไชยงาม และคุณหทัย บุญวัตร ในการให้ข้อมูล ขอขอบคุณ สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน ในการเอื้อเฟื้อการใช้เครื่อง Gas Chromatography ในการตรวจวิเคราะห์ ส่วนประกอบของ Biogas

เอกสารอ้างอิง

ชัยณรงค์ ธรรมากูล รัตนชัย ไพรินทร์ และ ศิริชัย เทพา, 2551, การกำจัดมูลนกพิราบโดยใช้ถังหมักชีวภาพ, การประชุมเสนอผลงานระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 10 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช (หน้า 20-26).

ธนัชพร ธานี, 2559, การลด CO_2 Biogas ที่ได้จากการหมักมูลนกกระทา โดยใช้ KOH (aq) และ NaOH (aq), วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศิวรินทร์ ธิวรรณ์ รัตนชัย ไพรินทร์ และ ณัฏฐ์ กาศยปนันทน์, 2561, การปรับปรุงคุณภาพแก๊สชีวภาพจากมูลโคโดยการลด CO_2, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 14 ระยอง, หน้า 676-682.

ผลของวิธีการแปรรูปที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของกุยช่าย
Effect of Different Processing Methods on Physico-chemical Properties of Chinese Chive Leaves

อังคณา จันทรพลพันธ์[1] ศิริยากร กุลซื่อ [1] และ สุนิสา หาเพียง[1]
Chantaraponpan, A.[1],Kunsue, S.[1], and Haphieng, S.[1]

Abstract

This study was designed to determine effect of four processing methods, namely steaming, blanching, stir frying and fermentation, on chemical and physical properties of Chinese chive leaves. Results showed that fermentation caused the greatest loss of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and total phenolic compounds compared to steaming, blanching and stir-frying ($p \leq 0.05$). The lowest loss of vitamin C was observed in steamed Chinese chive leaves ($p \leq 0.05$). The antioxidant activity of Chinese chive leave was determined using DPPH and FRAP assays. Among the processing methods, steaming showed the highest antioxidant activity. On the other hand, fermentation provided the lowest antioxidant activity base on both DPPH and FRAP assays. Compared to the fresh Chinese chive leave, the highest total color difference (ΔE) was obtained from fermentation. These results indicate that steaming is the best processing method in retention of vitamin C and antioxidant activity of Chinese chive leaves.

Keywords: steaming, blanching, stir frying, fermentation

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ตรวจสอบผลของวิธีในการแปรรูปสี่วิธี ได้แก่ การนึ่ง การลวก การผัด และการหมักดองต่อคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของกุยช่าย ผลการทดลองพบว่าการหมักดองทำให้กุยช่ายสูญเสียคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการนึ่ง การลวก และการผัด ($p \leq 0.05$) กุยช่ายที่ผ่านการนึ่งสูญเสียวิตามินซีต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) ตรวจวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของกุยช่ายโดยใช้วิธี DPPH และ FRAP เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแปรรูปทั้งสี่วิธีพบว่าการนึ่งให้กุยช่ายที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในทางตรงกันข้ามการหมักดองทำให้กุยช่ายมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบสีของกุยช่ายที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีต่างๆ กับกุยช่ายสดพบว่าการหมักดองทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE)สูงที่สุด ผลการทดลองเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการนึ่งเป็นวิธีการแปรรูปซึ่งช่วยรักษาปริมาณวิตามินซีและให้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของกุยช่ายที่ดีที่สุด

คำสำคัญ: การนึ่ง การลวก การผัด การหมัก

คำนำ

กุยช่าย (*Allium* tuberosum Rottler ex Spreng) เป็นพืชรับประทานใบที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งในประเทศไทยและหลายประเทศในเอเชีย เนื่องจากมีรสชาติเฉพาะตัวที่ดี มีคุณค่าทางโภชนาการและสรรพคุณทางยาสูง (Li และคณะ, 2018) สามารถบริโภคกุยช่ายได้ทั้งในรูปสด และหลังผ่านกระบวนการแปรรูปหลายแบบ เช่น การลวก การผัด และการหมักดอง เป็นต้น วิธีในการแปรรูปก่อนการบริโภคมีผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของผัก การให้ความร้อน เช่น การนึ่ง หรือการใช้ไมโครเวฟทำให้ปริมาณพฤกษเคมี เช่น สารประกอบโพลีฟีนอล แคโรทีนอยด์ และวิตามินซี รวมถึงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของผักเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ขึ้นกับสภาวะที่ใช้ในการแปรรูป ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และโภชนสารในผักแต่ละชนิด (Pellegrini และคณะ, 2010; Mazzeo และคณะ, 2011) อย่างไรก็ตามการศึกษาวิธีในการแปรรูปก่อนการบริโภคกุยช่ายยังมีอยู่น้อยมากตรงข้ามกับความนิยมในการบริโภคกุยช่ายที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของวิธีการแปรรูปกุยช่ายก่อนการบริโภคที่แตกต่างกัน 4 วิธีคือ การนึ่ง การลวก การผัด และการหมักดองต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของกุยช่ายเมื่อเทียบกับกุยช่ายดิบเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคในการเลือกวิธีการแปรรูปให้ได้รับประโยชน์จากการบริโภคสูงสุด

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
[1] Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai, Mahasarakham 44150

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวตัวอย่างกุยช่ายในเดือนกันยายน - ตุลาคม 2560 จากแปลงของเกษตรกรใน ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม คัดเลือกกุยช่ายที่มีใบสีเขียว ลำตันสมบรูณ์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของลำต้นเป็น 0.33±0.05 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ยเป็น 28.97±1.04 cm นำกุยช่ายล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำหั่นให้ได้ความยาว 3 cm จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ ดังนี้ **1) การนึ่ง** นำกุยช่าย 50 g นึ่ง 3 นาที **การลวก** นำกุยช่าย 50 g ลวกในน้ำเดือด 500 ml 3 นาที 2) **การผัด** นำกุยช่าย 50 g ผัดในกระทะที่มีน้ำมันถั่วเหลือง 7.5 g อุณหภูมิ 175-180°Cเป็นเวลา 3 นาที 3) **การหมักดอง** นำกุยช่าย 50 กรัมคั้นกับเกลือ 17.5 กรัม ล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วคั้นในน้ำซาวข้าว 50ml ที่มีเกลือ 17.5 g จนเข้ากันแล้วทิ้งไว้ 2 คืน ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เกิดการหมัก **ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของกุยช่ายดิบ และกุยช่ายที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีต่างๆ** ดังนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม ดัดแปลงจากวิธีขอ งLichtenthaler และ Buschmann (2001) ปริมาณวิตามินซีโดยใช้วิธีการไทเทรชั่นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดโดยใช้ Folin-Ciocalteu Method ความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระของ DPPH (DPPH radical scavenging activity) และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric Reducing Antioxidant Power assay, FRAP) ดัดแปลงจากวิธีของ อังคณา และคณะ (2561) และ Dasgupta และ De (2004) สีของกุยช่าย 3 คุณลักษณะได้แก่ Chroma, Hue value และ ΔE* โดยใช้เครื่อง Minolta Chroma Meter CR 400 และ pH ตรวจวัดโดยใช้ pH meter วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD)จำนวน3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

กุยช่ายดิบ และกุยช่ายที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการนึ่ง ลวก ผัด และหมักดอง มีลักษณะดังแสดงใน Figure 1 กุยช่ายที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการนึ่งมีสีเขียวอ่อน และมีลักษณะคล้ายคลึงกับสีของกุยช่ายดิบมากกว่ากุยช่ายที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีอื่นๆ ร้อยละของผลผลิต (%Yield) ของกุยช่ายที่ผ่านการนึ่ง ลวก และหมักดองไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยมีค่าเป็นร้อยละ 97.24, 97.93, และ 92.39 ตามลำดับ ในขณะที่การผัดให้ร้อยละของผลผลิตต่ำที่สุดคือร้อยละ 51.21 อาจเนื่องมาจากน้ำมันผัดมีจุดควันสูง ทำให้กุยช่ายที่ผ่านการผัดได้รับความร้อนมากกว่าวิธีการแปรรูปอื่นๆ ตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมีของกุยช่ายดิบ และกุยช่ายที่ผ่านนึ่ง ลวก ผัด และหมักดอง ผลการทดลองดังแสดงใน Table 1 ชี้ว่าการนึ่ง ลวก และผัดกุยช่ายไม่ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกุยช่าย ($p>0.05$) แต่กุยช่ายที่ผ่านการหมักดองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดต่ำกว่ากุยช่ายดิบ และกุยช่ายที่ผ่านการนึ่ง ลวก และผัด ($p\leq0.05$) กุยช่ายที่ผ่านการลวก ผัด และหมักดองมีปริมาณวิตามินซีต่ำกว่ากุยช่ายดิบ และกุยช่ายที่ผ่านการนึ่ง ($p\leq0.05$) (Table 1) วิตามินซีเป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ ไม่ทนต่อความร้อน และแสง การลวกกุยช่ายในน้ำร้อนอาจทำให้สูญเสียวิตามินซีจากการละลายน้ำ และการสลายตัวเนื่องจากความร้อน ส่วนการผัดที่ให้ความร้อนสูงถึง 180°C ทำให้วิตามินซีสลายตัวสูง ในขณะที่การหมักดองอาจทำให้สูญเสียวิตามินซีได้จากการคั้นน้ำผัก และการล้างผักด้วยน้ำ นอกจากนี้วิตามินซีอาจถูกทำลายโดยเอนไซม์ และจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ออกซิไดซ์วิตามินซีไปเป็น 2,3 deketogulonic acid ในปี ค.ศ.2009 Yuan และคณะ ศึกษาวิธีการปรุงอาหาร 5 ชนิด ได้แก่ การต้ม นึ่ง ไมโครเวฟ ผัดและทอดต่อปริมาณวิตามินซีของบร็อคโคลี่ และพบว่ายกเว้นการนึ่งแล้ววิธีการปรุงแบบอื่นทำให้บร็อคโคลี่สูญเสียวิตามินซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) Pellegrini และคณะ (2010) รายงานว่าการปรุงบร็อคโคลี่ด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่การต้ม การใช้ไมโครเวฟ การนึ่ง และนึ่งในเตาอบทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง ทั้งนี้การต้มและนึ่งทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงถึง 20% กุยช่ายดิบมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่ากุยช่ายที่ผ่านการนึ่ง ลวก ผัด และหมักดอง ($p\leq0.05$) Ismail และคณะ (2004) พบว่าการให้ความร้อนด้วยการลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 นาทีทำให้คะน้า ผักโขม กะหล่ำปลี หอมแดงและผักบุ้ง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงผลการทดลองใน Figure 2(A) แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระของ DPPH ของกุยช่ายดิบไม่แตกต่างกับกุยช่ายที่ผ่านการนึ่ง ($p>0.05$) แต่มีค่าสูงกว่ากุยช่ายที่ผ่านการลวกและผัด ($p\leq0.05$) กุยช่ายที่ผ่านการหมักดองมีความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระของ DPPH ต่ำสุด ($p\leq0.05$) นอกจากการผัดแล้วการลวก และการหมักดองมีผลให้ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของกุยช่ายต่ำลง ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกุยช่ายดิบ (Figure 2(B)) สอดคล้องกับ Mazzeo และคณะ (2011) ที่รายงานว่าผักโขมผ่านการนึ่งมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกไม่แตกต่างจากผักโขมสด ($p>0.05$) และการต้มมีผลให้ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของผักโขมลดลง ($p\leq0.05$) ในขณะที่ Wachtel-Galor และคณะ (2008) รายงานว่าบร็อคโคลี่ กระหล่ำดอก กระหล่ำปลี และกวางตุ้งที่ผ่านการนึ่งมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกสูงกว่าเมื่อผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ และการต้ม Giallourou และคณะ (2015) ศึกษาผลของการหุงต้มต่อปริมาณพฤกษเคมี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผักสลัดน้ำ (Watercress) และพบว่าการนึ่งและการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเป็นวิธีหุง

ต้มที่ช่วยรักษาพฤกษเคมีในผักสลัดน้ำได้ดีกว่าการต้มซึ่งพฤกษเคมีในผักที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมักสูญเสียโดยการละลายไปกับน้ำที่ใช้ต้ม

ผลการทดลองใน Table 1 พบว่ากุยช่ายที่ผ่านการหมักดองมี pH ต่ำกว่ากุยช่ายสดและกุยช่ายที่ที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีอื่นๆ ($p \leq 0.05$) กุยช่ายดิบ และหลังผ่านการแปรรูปด้วยวิธีต่างๆ มี Hue value อยู่ในช่วง 128.91 - 133.75 นั่นคือมีสีอยู่ระหว่างสีเหลืองถึงสีเขียว ความเข้มของสี (Chroma) ของกุยช่ายที่ผ่านการลวก ผัดและหมักดองต่ำกว่ากุยช่ายดิบ ($p \leq 0.05$) กุยช่ายที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการหมักดองมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE^*) สูงกว่ากุยช่ายที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีอื่นๆ อาจเนื่องมาจากสภาวะที่เป็นกรดของกุยช่ายที่ผ่านการหมักดองส่งผลให้คลอโรฟิลล์ที่มีสีเขียวถูกเปลี่ยนไปเป็นฟีโอไฟทิน (Pheophytin) ที่มีสีเขียวมะกอกจากปฏิกิริยาฟีโอไฟทิไนเซชัน(Pheophytinization) ซึ่งเป็นการแทนที่แมกนีเซียมในคลอโรฟิลล์ด้วยไฮโดรเจน (Pellegrinin, 2010) เมื่อพิจารณาร่วมกับปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกุยช่ายที่ผ่านการหมักดองใน Table 1 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากุยช่ายดิบ และกุยช่ายที่ผ่านการนึ่ง ลวก และผัด ($p \leq 0.05$) ชี้ให้เห็นว่าการหมักดองเป็นการแปรรูปอาหารที่ทำให้เกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในกุยช่ายมากกว่าการนึ่ง ลวก และผัด

สรุปผล

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของกุยช่ายดิบ และกุยช่ายที่ผ่านการแปรรูปด้วยการนึ่ง การลวก การผัด และการหมักดอง พบว่าการนึ่งเป็นวิธีการแปรรูปที่ช่วยรักษาปริมาณพฤกษเคมี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในกุยช่ายได้ดีกว่าการลวก ผัด และหมักดอง และยังพบว่าการหมักดองเป็นวิธีการแปรรูปที่ทำให้กุยช่ายสูญเสียพฤกษเคมี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

อังคณาจันทรพลพันธ์ เกศกนก ลครพล และสุภาวดี เทียบดอกไม้, 2561, ผลของระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผักชี (*Coriandrum sativum L.)*, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร(พิเศษ), 49(1): 273-276.

Dasgupta, N. and De, B., 2004, Antioxidant Activity of *Piper betle* L. Leaf Eextract *In Vitro*, Food Chemistry, 88(2): 219–224.

Giallourou, N., Oruna-Concha, M.J. and Harbourne, N., 2016, Effects of Domestic Processing Methods on the Phytochemical Content of Watercress (*Nasturtium officinale*), Food Chemistry, 212: 411-419.

Ismail, A., Marjan, Z.M. and Foong, C.W., 2004, Total Antioxidant Activity and Phenolic Content in Selected Vegetables, Food Chemistry, 87(4): 581–586.

Li, Q.M., Luo, J.P., Pan, L.H. and Zha, X. Q., 2018, Evaluation of Renoprotective Effect of Chinese Chive Extracts on Adenine-induced Chronic Renal Failure, Food Science and Human Wellness, 7(4): 260-265.

Lichtenthaler, H.K. and Buschmann, C., 2001, Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-VIS Spectroscopy in Current Protocols in Food Analytical Chemistry, Wiley, New York, F4.3.1–F4.3.8 pp.

Mazzeo, T., N'Dri, D., Chiavaro, E., Visconti, A., Fogliano, V. and Pellegrini, N., 2011, Effect of Two Cooking Procedures on Phytochemical Compounds, Total Antioxidant Capacity and Color of Selected Frozen Vegetables, Food Chemistry, 128: 627-633.

Pellegrini, N., Chiavaro, E., Gardana, C., Mazzeo, T., Contino, D., Gallo, M., Riso, P., Fogliano, V. and Porrini, M., 2010, Effect of Different Cooking Methods on Color, Phytochemical Concentration, and Antioxidant Capacity of Raw and Frozen Brassica Vegetables, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(7): 4310-4321.

Wachtel-Galor, S., Wong, K.W. and Benzie, I.F.F., 2008, The Effect of Cooking on *Brassica* Vegetables, Food Chemistry, 110(3): 706-710.

Yuan, G. F., Sun, B., Yuan, J. and Wang, Q.M., 2009, Effects of Different Cooking Methods on Health-promoting Compounds of Broccoli, Journal of Zhejiang University Science B, 10(8): 580–588.

Figure 1 Raw, steamed, blanched, stir-fried and fermented Chinese chive leaves.

Table 1 Effect of different processing methodson chemical and physical properties of Chinese chiveleaves.

Properties	Processing method				
	Raw	Steaming	Blanching	Stir-frying	Fermentation
Chlorophyll A (mg/100 g FW)	13.31±1.14[a]	12.20±0.86[a]	12.31±1.61[a]	13.49±1.85[a]	9.09±0.90[b]
Chlorophyll B (mg/100 g FW)	6.26±0.53[a]	5.96±0.26[a]	5.79±0.55[a]	6.10±0.84[a]	4.86±0.44[b]
Total Chlorophyll (mg/100 g FW)	19.57±1.66[a]	18.16±1.11[a]	18.10±2.01[a]	19.60±2.68[a]	13.96±1.33[b]
Vitamin C (mg/100 g FW)	341.62±20.35[a]	342.50±21.22[a]	226.67±20.66[b]	186.67±41.31[c]	66.67±20.66[d]
Phenolic content (mg GAE/100 g FW)	64.80±1.07[a]	58.28±0.34[b]	54.47±1.57[c]	58.63±1.41[b]	42.09±0.25[d]
pH	6.28±0.05[bc]	6.32±0.05[b]	6.68±0.09[a]	6.23±0.08[c]	5.88±0.02[d]
Color parameter					
Chroma	25.76±4.32[a]	24.22±12.32[ab]	16.80±2.68[bc]	10.24±2.39[c]	10.53±3.00[c]
Hue	130.47±0.58[bc]	130.46±1.70[bc]	132.74±1.63[ab]	133.75±1.90[a]	128.91±3.34[c]
ΔE	0	11.09	17.51	18.63	20.05

Means within a row with different lower case letters are significantly different by DMRT ($P< 0.05$).

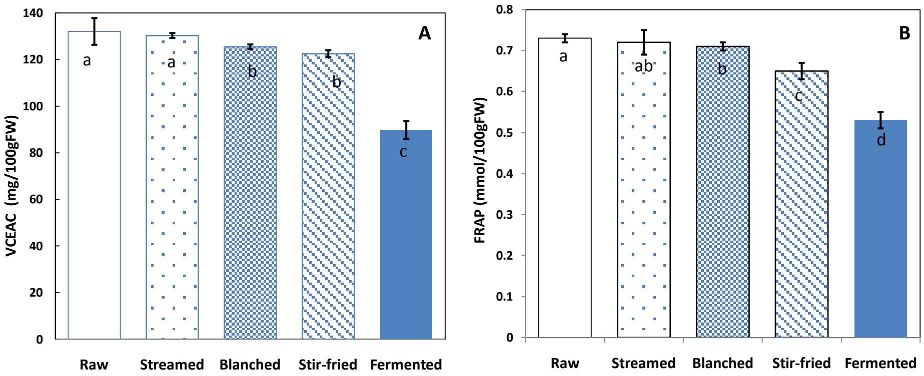


Figure 2 Effect of different processing methodson antioxidant activity of Chinese chive leaves evaluated by DPPH (A) and FRAP (B) assays.

การพัฒนากระบวนการผลิตกรดมาลิกจากกากมันสำปะหลังโดยการเสริมเอนไซม์กลูโคอะไมเลส ร่วมกับเชื้อ Meyerozyma caribbica Ay33-1

Development of Malic Acid Production from Cassava Plup by Glucoamylase Additional with *Meyerozyma caribbica* Ay33-1

ธัญญ์นภัส รัตนพัฒน์โภคิน[1][1] ทรงศักดิ์ วัฒนชัยเสรีกุล[2] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1,2] รัตติยา แววนุกูล[1,2] กนก รัตนะกนกชัย[1,2] และภัทรา ผาสอน[1,2]

Rattanapatpokin, T.[1], Wattanachaisaereekul, S[2]., Tachaapikoon, C.[1,2], Waeonuku, R.[1,2], Ratanakhanokchai, K[1]. and Pason, P[1,2].

Abstract

Meyerozyma caribbica Ay33-1 is promising yeast that growth and produced malic acid from cassava pulp directly. Due to the strain produced essential cassava pulp degrading enzyme, containing of amylase, cellulase and xylanase for hydrolysis macro polymer to oligosaccharide and fermentable sugar. The *M. caribbica* Ay33-1 produced malic acid 0.24 g/L in basal medium subjected with 3% cassava meal as carbon source at 37 ℃ for 70 h. Identification of cassava meal hydrolysis products in culture supernatant revealed accumulation of oligosaccharide series. Non-complete hydrolysis products because low glucoamylase at 0.46 U/mg. Here, additional of external glucoamylase (100 U/g cassava meal) after 24 h culture *M. caribbica* Ay33-1 increased malic acid production 14 fold (4.5 g/L) at 37 ℃ for 60 h. This work aimed to develop high malic acid production from cassava meal by supplementation external enzyme with single step *M. caribbica* Ay33-1 fermentation that reduce time and improve yield than conventional process.

Keywords: cassava pulp, malic acid, *Meyerozyma caribbica* Ay33-1, glucoamylase

บทคัดย่อ

Meyerozyma caribbica Ay33-1 เป็นยีสต์ที่เจริญเติบโตและผลิตกรดมาลิกจากกากมันสำปะหลังในขั้นตอนเดียว เนื่องจากเชื้อสามารถผลิตเอนไซม์จำเป็นต่อการย่อยกากมันสำปะหลัง ได้แก่เอนไซม์อะไมเลส เซลลูเลสและไซลาเนส สำหรับย่อยพอลิแซ็กคาไรด์ขนาดใหญ่ ให้เป็นพอลิเมอร์สายสั้นและน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โดย M. caribbica Ay33-1 ผลิตกรดมาลิกได้เท่ากับ 0.24 กรัมต่อลิตรเมื่อเลี้ยงในอาหารเบซอลที่มีกากมันสำปะหลัง ร้อยละ 3 เป็นแหล่งคาร์บอนได้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 70 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการย่อยกากมันสำปะหลังนั้นไม่สมบูรณ์ตรวจพบโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดต่างๆ สะสมในระบบจำนวนมาก เนื่องจากเชื้อผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสได้เพียง 0.46 ยูนิตต่อมิลลิกรัม ซึ่งไม่เพียงพอกับการย่อยสลายโอลิโกแซคคาไรด์ให้สมบูรณ์ เมื่อเติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (100 ยูนิทต่อกรัมกากมันสำปะหลัง)ในชั่วโมงที่ 24 พบว่าสามารถผลิตกรดมาลิกเพิ่มขึ้น 14 เท่า (3.5 กรัมต่อลิตร) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 60 ชั่วโมง ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถพัฒนากระบวนการผลิตกรดมาลิกจากกากมันสำปะหลังได้โดยการเสริมเอนไซม์กลูโคอะไมเลสร่วมกับเชื้อ *M. caribbica* Ay33-1 ในระบบการหมักแบบขั้นตอนเดียวเพื่อลดระยะเวลาในและเพิ่มผลผลิต

คำสำคัญ: กากมันสำปะหลัง กรดมาลิก เชื้อ *Meyerozyma caribbica* Ay33-1 เอนไซม์กลูโคอะไมเลส

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากที่สุดในโลก มีมูลค่ามากกว่า 29 ล้านบาทต่อปี ทั้งในรูปของมันอัดเม็ด และแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมัน จะมีกากมันสำปะหลังเหลือจากกระบวนการผลิตประมาณ 10 –15 % ของหัวมันสด (ปรารถนา และคณะ, 2552) กากมันสำปะหลังจากอุตสากรรม มีมากเกินกว่าปริมาณความ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Thian Thale 25 Rd., ThaKham, BangKhunThian, Bangkok 10150

[2]สถาบันวิจัยพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2]Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Thian Thale 25 Rd., ThaKham, BangKhunThian, Bangkok 10150

ต้องการ จึงเกิดปัญหากลายเป็นของเสียที่ต้องหาวิธีการกำจัด ดังนั้นการศึกษาหาแนวทางการจัดการกากมันสำปะหลัง โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และใช้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำ เน้นการจัดการให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และทำให้เกิดมูลค่าสูงขึ้น เช่น กรดมาลิก (Meek, 1975) ซึ่งกรดมาลิก (Malic acid) เป็นสารซึ่งมีมูลค่าสูง เป็นสาร"building block" เพื่อใช้โพลิเมอร์ในผลิตพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และถูกใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่น รส จึงมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย การใช้งานเชิงพาณิชย์อื่น ๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีความสนใจในการพัฒนากระบวนการผลิตกรดมาลิกจากกากมันสำปะหลังโดยเติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลส ร่วมกับเชื้อ *Meyerozyma caribbica* Ay33-1 เพื่อให้ได้ปริมาณมาลิกที่สูงขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาการเจริญในการผลิตกรดมาลิกจากกากมันสำปะหลังในอาหารสูตร basal medium นำเชื้อยีสต์ *M.caribbica* Ay33-1 มาศึกษาการเจริญเติบโตและผลิตกรดมาลิกได้สูงที่สุดในอาหารสูตร basal medium ที่ประกอบไปด้วย $CaCO_3$ 3% , Yeast extract 1%, $NaNO_3$ 0.03 % , $Mg_2SO_47H_2O$ 0.05%, KH_2PO_4 0.05% และใช้กากมันสำปะหลัง 3% เป็นแหล่งคาร์บอน การทดลองการเลี้ยงเชื้อ บ่มอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เก็บตัวอย่างเป็นเวลาทุก 4 ชั่วโมง จนกระทั่งครบ 192 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงเพื่อเก็บเซลล์และแยกส่วนใส นำสารละลายส่วนใสไปตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์โดยวิธี Bernfeld (1951) บันทึกข้อมูลผลผลิตน้ำตาลที่เกิดขึ้น (Wilson, 2014) ปริมาณโปรตีน (Lowryet และคณะ, 1951) ค่าพีเอช และ กรดมาลิก (Dong และคณะ, 2014)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Meyerozyma caribbica Ay33-1 เจริญเติบโตและผลิตกรดมาลิกได้ในอาหารสูตร basal medium ที่มีกากมันสำปะหลังร้อยละ 3 เป็นแหล่งคาร์บอน โดยมีช่วงการเจริญเติบโตระยะ log phase ระหว่าง 4-16 ชั่วโมง มีค่าการเจริญของเซลล์ประมาณ 4.7x107 cell/ml และอัตราการเจริญคงที่เข้าสู่ช่วง stationary phase ตั้งแต่ 16 ชั่วโมง มีค่าการเจริญเติบโตของเซลล์ 6.97x107 cell/ml ค่าพีเอชในอาหารค่อนข้างคงที่ สามารถผลิตกรดมาลิกเป็นผลิตภัณฑ์ที่เวลา 72 ชั่วโมงได้เท่ากับ 0.24 กรัม/ลิตร (Figure 1) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้แหล่งคาร์บอนเป็นกากมันสำปะหลังนั้นให้ค่าการเจริญเติบโตที่น้อย และ การผลิตกรดมาลิกต่ำ อันเนื่องมาจากปกติเชื้อ *M. caribbica* AY 33-1 จะใช้น้ำตาลกลูโคสที่เป็นน้ำตาลโมโนเมอร์ที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและผลิตกรดมาลิกได้โดยตรง แต่การใช้กากมันสำปะหลังโดยตรงที่ประกอบด้วยแป้ง และเส้นใย การจะได้น้ำตาลกลูโคสเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตนั้นเชื้อจุลินทรีย์จำเป็นต้องมีการผลิตเอนไซม์ในการย่อยกากมันสำปะหลังให้ได้ก่อน ดังนั้นการเจริญเติบโตจึงน้อยกว่าการเลี้ยงในน้ำตาลโดยตรงและการผลิตกรดมาลิกของเชื้อจึงจำเป็นต้องใช้เวลามากกว่า 70 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ผลผลิตมาลิกสูงสุด การเพาะเลี้ยงในกากมันสำปะหลังเชื้อ Ay33-1 สามารถผลิตเอนไซม์ชนิดต่างๆ ที่สำคัญในการย่อยกากมันสำปะหลังได้ดังนี้ อะไมเลส (amylase) 17.35 ยูนิตต่อมก.โปรตีน โพลูลาเนส (pullulanase) 4.69 ยูนิตต่อมก.โปรตีน กลูโคอะไมเลส (glucoamylase) 0.46 ยูนิตต่อมก.โปรตีน ไซลาเนส (xylanase) 0.89 ยูนิตต่อมก.โปรตีน และเซลลูเลส (cellulase) 5.12 ยูนิตต่อมก.โปรตีน ซึ่งย่อยพอลิแซ็กคารด์ในกากมันสำปะหลังเป็นพอลิเมอร์สายสั้นที่สามารถหมักเป็นกรดมาลิกต่อไป ดังนั้นจำเป็นต้องใช้เวลามากกว่า 70 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ผลผลิตมาลิกเพิ่มขึ้น

หลังจากตรวจสอบผลิตภัณฑ์จากการย่อยสลายกากมันสำปะหลังจากตัวอย่างน้ำหมักที่เวลา ต่างๆ ด้วยเทคนิคโครมาโทรกราฟฟี่ (Thin layer chromatography; TLC) พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จากการย่อยสลายเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์คือ โอลิโกแซกคาร์ไรด์ขนาดต่างๆ ที่มีกลูโคสตั้งแต่ 2-6 หน่วยขึ้นไปสะสมอยู่ในระบบ (Figure 2) เนื่องจาก *M. caribbica* Ay33-1 นั้นมีระบบเอนไซม์ที่สมบูรณ์เพราะมีเอนไซม์หลักที่ใช้ในการย่อยแป้งได้มากกว่าเชื้อยีสต์ชนิดอื่นๆที่เคยมีรายงานมาก่อนดังนั้นจึงเป็นเชื้อที่น่าสนใจทั้งในแง่ของการผลิตกรดมาลิกและการย่อยสลายโครงสร้างของวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรได้ แต่จะเห็นว่าประสิทธิ์ภาพการผลิตกรดมาลิกนั้นยังไม่มากพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหรรมจริงได้ ดังนั้นแนวทางต่อไปคือจะพัฒนากระบวนการผลิตกรดมาลิกจากกากมันสำปะหลังให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยทำการเพิ่มเอนไซม์ที่มีกิจกรรมต่ำ

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายกากมันสำปะหลังให้มีน้ำตาลในระบบมากพอที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและผลิตกรดมาลิกต่อไป ผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่มีค่ากิจกรรมต่ำ ไม่เพียงพอกับการผลิตน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้เจริญเติบโตและผลิตกรดมาลิกได้น้อย

การศึกษาการเจริญและการผลิตกรดมาลิกจากกากมันสำปะหลังเมื่อมีการเติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลสจากภายนอก

เมื่อเพิ่มเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (100 ยูนิทต่อกรัมกากมันสำปะหลัง) หลังเพาะเลี้ยงเชื้อผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่า *M.*

caribbica Ay33-1 มีช่วงการเจริญเติบโต (log phase) สองจุดคือที่เวลาตั้งแต่ 4-10 ชั่วโมง มีค่าการเจริญของเซลล์ ประมาณ 4.7x107 cell/ml และช่วงหลังเติมเอนไซม์ที่ 24-36 ช่วงโมงค่าการเจริญของเซลล์ ประมาณ 14.5x107 cell/ml และ ช่วงอัตราการเจริญคงที่ (stationary phase) ตั้งแต่ 36 ชั่วโมงเป็นต้นไป ส่วนค่าพีเอชในอาหารคงที่ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณมาลิกในน้ำเลี้ยงพบว่า *M. caribbica* Ay33-1 สามารถผลิตกรดมาลิกเป็นผลิตภัณฑ์เร็วขึ้นที่เวลา 60 ชั่วโมงได้เท่ากับ 3.48 กรัม/ลิตร (Figure 3)

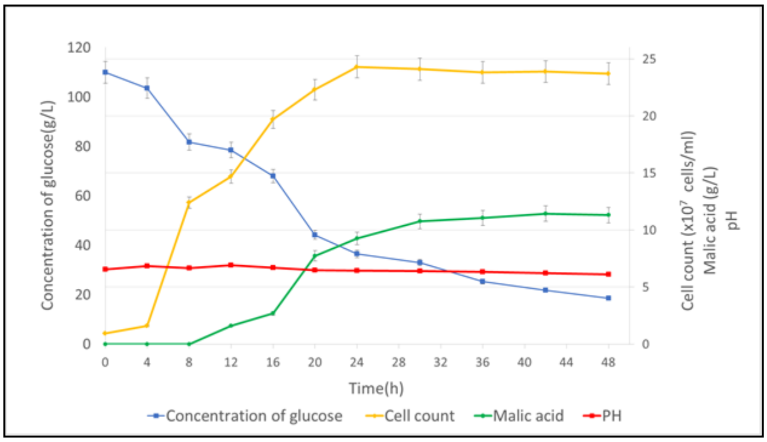


Figure 1 The time course of malic acid production, cell growth and pH concentration change during the batch fermentation in a shake-flask at 37 °C and 200 rpm. (YPD Medium)

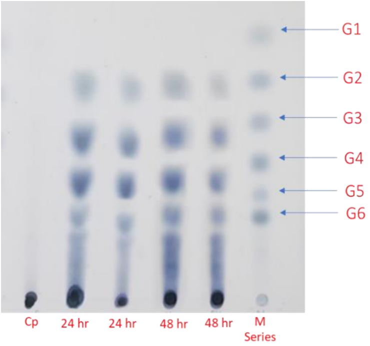


Figure 2 The hydrolysis product from supernatants at 24 and 48 h.

การเติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลสจากภายนอกเป็นการเพิ่มปริมาณกลูโคสในระบบได้และเพิ่มการผลิตกรดมาลิกได้เป็นอย่างดี จากผลการตรวจสอบน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากการย่อยกากมันสำปะหลังพบว่าที่เวลา 24 ชั่วโมง จะพบการสะสมของโอลิโกแซกคาร์ไรด์สายสั้นเกิดขึ้น แต่ไม่พบปริมาณน้ำตาลกลูโคสอาจเนื่องจากมีน้อยและเชื้อก็ยังใช้ในการเจริญเติบโต และได้ทำการเติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลสเข้าไป เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง พบว่าโอลิโกแซกคาร์ไรด์สายสั้นนั้นถูกตัดพันธะจนได้น้ำตาลกลูโคสให้เห็น และเมื่อเวลาผ่านไปพบว่า น้ำตาลกลูโคสนั้นก็เริ่มหมดไปจากระบบ เพราะเชื้อใช้ในการเจริญเติบโตและผลิตกรดมาลิก (Figure 4)

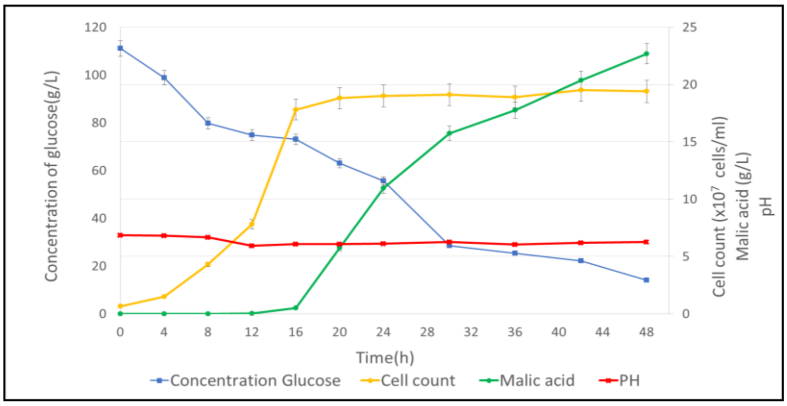


Figure 3Time course of malic acid production, cell growth and pH concentration change during the batch fermentation in a shake-flask at 37 °C and 200 rpm in Basal medium containing 3% of cassava pulp supplemented with enzyme glucoamylase.

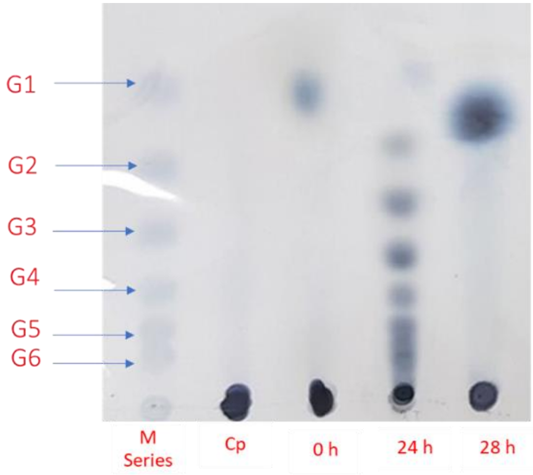


Figure 4The hydrolysis product from supernatants at 24 and 28 h under incubation of *M.caribbica* Ay33-1 supplemented with enzyme glucoamylase.

สรุปผล

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มเอนไซม์กลูโคอะไมเลสจากภายนอกเข้าไปจะช่วยในการย่อยสลายน้ำตาลโอลิโกแซกคาร์ไรด์สายสั้นในระบบเป็นการเพิ่มปริมาณกลูโคสในระบบให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและผลิตกรดมาลิกได้ เมื่อการทดลองที่ไม่มีการเติมเอนไซม์นั้นให้ค่าผลผลิตกรดมาลิกสูงสุดที่ 0.22 กรัมต่อลิตร การใช้กากมันที่มีการเติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลสลงไปนั้น สามารถผลิตกรดมาลิกได้สูงถึง 3.48 กรัมต่อลิตร และลดระยะเวลาในการผลิตได้

คำขอบคุณ

ผู้ดำเนินงานวิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. ภัทรา ผาสอน ขอบคุณสมาชิกห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเอนไซม์ สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยภายใต้แผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ตามทิศทางยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2562 ทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยประจำปี 2562 (ทุน วช. ปี 2562)

เอกสารอ้างอิง

ปรารถนา ปรารถนาดี จิรชัย พุทธกุลสมศิริ เจริญชัย โขมภักตราภรณ์ และชุมพล มณฑาทิพย์กุล, 2552, การจัดโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของผลิตภัณฑ์มันสาปะหลังในประเทศไทย, รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

Wilson, C.R., Butz, J.K., and Mengel, M.C., (2014, Methods for Analysis of Gastrointestinal Toxicants, Model Biomedical Science, 3 (2): 122-125.

Hu, R., Lin, L., Liu, T., Ouyang, P., He, B., and Liu, S., 2008, Reducing Sugar Content in Hemicellulose Hydrolysate by DNS Method, Biobased Materials and Bioenergy, 2 (2): 156–161.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, Biological Chemistry Biochemical, 193 (1): 265-267.

ผลของการรับประทานงาดำต่อการขับถ่ายในกลุ่มอาสาสมัครผู้สูงอายุ
Effects of Sesame Consumption in Relation to Bowel Movements among Elderly Volunteers

ปัณณธร ล่ำลือธรรม[1] โศภิดา สกุลรัง[1] ทองพูน เปี่ยมวัฒนาทรัพย์[1] สายฝน สายสุ่ม[1] ฉัตรภา หัตถโกศล[1]
Lumluetham, P.[1], Sakulrang, S.[1], Piamwattanasap, T.[1], Saisum, S.[1], Hudthagosol, C.[1]

Abstract

Currently, Thailand has become an aging society which their body deterioration systems of bowel movement problem has been the major trouble of their daily living. Therefore, sesame (*Sesamum indicum* L.), a tropical plant in Asia used as a natural pharmaceutical product, was introduced for studying the effects of sesame consumption on bowel movements in the elderly. Sixty elderly were matched into 3 groups (20 subjects per group); i.e., SPG (consumed sesame-power 30 g/d), SCG (consumed sesame-cream 30 g/d) and CG (control group or without sesame-consumption). Results showed that frequency of bowel movements and stool characteristics were measured using the Bristol Stool Form Scale for 12 weeks after sesame consumption. Results found that bowel movement frequency was significantly different among the three groups (P≤0.05). However, no significant difference was found in stool type (P=0.411). This study can be concluded that black sesame could increase bowel movements in older adults.

Keywords: older adults, black sesame, bowel movements

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ปัญหาส่วนใหญ่ของผู้สูงอายุคือเรื่องของการขับถ่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำงาดำ (*Sesamum indicum* L.) ซึ่งเป็นพืชเมืองร้อนในเอเชียและมีสรรพคุณเรื่องของการระบายมาศึกษาผลของการรับประทานงาดำต่อการขับถ่ายในกลุ่มอาสาสมัครผู้สูงอายุ ที่มีอายุ มากกว่า60 ปี และเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับประทานงาดำ (โดยแบ่งผู้สูงอายุทั้งหมด 60 คน ออกเป็น 3 กลุ่ม (20 คนต่อกลุ่ม) ได้แก่ กลุ่มผู้สูงอายุที่รับประทานงาผง (งาผง 30 กรัม/วัน), กลุ่มผู้สูงอายุที่รับประทานงาครีม (งาครีม 30 กรัม/วัน) และกลุ่มผู้สูงอายุควบคุม โดยบันทึกความถี่ของการขับถ่ายและลักษณะของอุจจาระ โดยใช้แบบ the Bristol Stool Form Scale เป็นเวลา 12 สัปดาห์หลังรับประทานงาดำ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่รับประทานงาดำมีความถี่ในการขับถ่ายความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ลักษณะของอุจจาระไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.411$) ผลการศึกษาสรุปได้ว่าผู้สูงอายุที่รับประทานงาดำมีความถี่ในการเคลื่อนไหวของลำไส้เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ผู้อาวุโส สมุนไพร อุจจาระ

Introduction*

Currently, Thailand is an elderly society due to people aged 60 years or over in Thailand totaled over 10 million (The National Statistical Office of Thailand, 2015). The physical and mental aspects of elderly citizen have been changed including the digestive system decrease. One important problem is constipation, leading to the nutritional status of the elderly decreasing (Boss 1981, Apanuntikul, 2007). Therefore, many studies showed some laxative drug, could help constipation in elderly (Schuster, et al., 2015). However, Elderly could not preferences laxative drug because bad taste and very expensive.

Sesame (*Sesamum indicum* L.), a plant found in tropical areas, many contains for promoting health. Lignans; sesamin and sesamolin in sesame seeds exhibit various pharmacology values such as antioxidant activity (Suja, et al., 2004), antitumor activity (Yokota, et al., 2007) and cholesterol-lowering (Visavadiya and

[1]1ภาควิชาโภชนวิทยา 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

Narasimhacharya, 2008). Moreover, sesame seed contains γ-tocopherol, many essential amino acids, high fiber, as well as vitamins and minerals (Bedigian, 2004), which are beneficial to human health.

Black sesame seeds contain more phenolic compounds than white sesame seeds (Fereidoon, et al., 2006), and may produce healthier effect. Another pharmaceutical benefit of sesame seed is natural laxative properties. Because, sesame seed had lubrication properties for discharge of stool (Hisham, 2019). However, reports about the intake of black sesames types regarding bowel movements have yet to be conducted. This research aimed to study the effect of black sesame (*Sesamum indicum* L.) on increasing bowel movements among elderly volunteers.

Materials and methods*

Sixty volunteers; age over 60 years, were recruited from the Elderly Club of Vajira Hospital. The inclusion criteria included no abnormal dietary habits such as vegetarian, having less than three meals daily, etc. Further criteria comprised using medicine, supplements or hormones that affect bowel movements, no history of food allergies, nuts or sesame, body mass index (BMI) between 18.5 to 30.0 kg/m^2 and illegible in Thai language. The study was under the regulation by the Ethics Committee on Human Research from the Faculty of Public Health, Mahidol University (COA. No. MUPH 2016-152) and the Institutional Review Board from the Faculty of Medicine, Vajira Hospital (COA 109/2560).

The subjects were divided into three groups which were SPG (sesame power), SCG (sesame cream) and CG (control group) using simple random sampling. SPG and SCG consumed 30 grams (2 tablespoons) of sesame products (Flower Food Products Co., Ltd. (Thailand)) in the morning or before bed for 12 weeks. Researchers collected general information from the interview and the data of the Bristol Stool Form Scale (BSFS) questionnaire was collected 3 times (Lewis and Heaton, 1997). All data were analyzed by SPSS software, Version 23 (Chicago, IL, USA). Differences with $P \leq 0.05$ were considered to be statistically significant.

Results and discussion*

During the study, nine subjects from each of the groups were lost to follow-up. Thirty-three patients completed the study and were included in the analysis. The demographic and anthropometric characteristics (Sex, Age, Weight, Height, and BMI) of the baseline period (no shows) were not statistically significant differences between groups ($P>0.05$). Mean frequency of bowel movements in weeks 8-12, CG was 1.12±0.37 times per day, SPG was 1.43±0.54 times per day, SCG was 1.64±0.77 times per day and statistically significant differences were found between groups as shown in Table 1 ($P \leq 0.05$) and SCG and CG between groups statistically significant differences. Because black sesame contains high fibers, it may increase the perception of bowel movements and result in increased frequency of bowel movements (Bliss et al., 2014). Moreover, fiber increases rectal distension and improves sensory awareness of the need to defecate (Hoffmann et al., 1995). In addition, Sesame cream had oil more than sesame power and that can be lubrication properties (Bove, et al., 2012). According to Table 2, comparing the consumed sesame groups and the control group, no statistically significant difference was found between normal and abnormal stools ($P > 0.05$).

In summary, bowel movements after consuming black sesame were investigated among elderly volunteers over 60 years and compared with the control group. Consuming black sesame helped increase the frequency of bowel movements, quite likely that the anti-constipation effect proved beneficial to prevent constipation among the elderly.

Acknowledgments

This article was written based on a data set of the B.Sc. project. We wish to thank volunteers in the Elderly Club of Vajira Hospital for cooperating in this study, Mrs. Khaemica Rojtangkom for contacting the volunteers, Lt. Satit Kurathong (M.D.) for caring for the volunteers, and Flower Food Products Co., Ltd. (Thailand) for supporting the product and funding used in this study.

References

Apanuntikul, M., 2007, Nutrition in Thai Elderly, Ramathibodi Nursing Journal, 13(3):242-58.

Bedigian, D., 2004, History and Lore of Sesame in Southwest Asia, Economic Botany, 58(3): 329-353.

Bliss, D.Z., Savik, K., Jung, H.J.G., Whitebird, R., Lowry, A. and Sheng, X., 2014, Dietary Fiber Supplementation for Fecal Incontinence: A Randomized Clinical Trial, Research in Nursing & Health, 37(5): 367–378.

Boss, G.R. and Seegmiller, J.E., 1981, Age-Related Physiological Changes and Their Clinical Significance. Western Journal of Medicine, 135(6): 434–440.

Bove, A., Bellini, M., Battaglia, E., Bocchini, R., Gambaccini, D., Bove, V., Pucciani, F., Altomare, D.F., Dodi, G., Sciaudone, G., Falletto, E. and Piloni, V., 2012, Consensus statement AIGO/SICCR diagnosis and treatment of chronic constipation and obstructed defecation (Part II: Treatment), World Journal of Gastroenterology, 18(36): 4994-5013.

Fereidoon, S., Chandrika, M.L.P. and Dana, S.W., 2006, Antioxidant Activity of White and Black Sesame Seeds and Their Hull Fractions. Food Chemistry, 99: 478-483.

Hisham M.O., 2019, A Novel Treatment for Constipation by Sesame Seeds, International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, 7(1): 400-403.

Hoffmann, B.A., Timmcke, A.E., Gathright, J.B. Jr., Hicks, T.C., Opelka, F.G. and Beck, D.E., 1995, Fecal Seepage and Soiling: A Problem of Rectal Sensation, Diseases of the Colon and Rectum, 38: 746–748.

Lewis, S.J. and Heaton, K.W., 1997, Stool Form Scale as a Useful Guide to Intestinal Transit Time, Scandinavian Journal of Gastroenterology, 32: 920–924.

Schuster, B.G., Kosar, L. and Kamrul R., 2015, Constipation in older adults, Canadian Family Physician, 61(2): 152–158.

Suja, K.P., Jayalekshmy, A. and Arumughan, C., 2004, Free Radical Scavenging Behavior of Antioxidant Compounds of Sesame (Sesamum indicum L.) in DPPH• System, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(4): 912–915.

The national statistical office of Thailand, 2015, Ministry of Information and Communication Technology. Primary reported of elderly population survey in Thailand, Bangkok, Thailand, p. 70.

Visavadiya, N.P., and Narasimhacharya, A.V., 2008, Sesame as a Hypocholesteraemic and Antioxidant Dietary Component. Food and Chemical Toxicology, 46(6): 1889–1895.

Yokota, T., Matsuzaki, Y., Koyama, M., Hitomi, T., Kawanaka, M., Enoki-Konishi M., Okuyama, Y., Takayasu, J., Nishino, H., Nishikawa, A., Osawa, T. and Sakai, T., 2007, Sesamin, a Lignin of Sesame, Down-regulates Cyclin D1 Protein Expression in Human Tumor Cells, Cancer Science, 98(9): 1447–1453.

Table 1 Bowel movements frequency in case and control groups.[1]

Week	SPG (n = 11)	SCG (n = 11)	CG (n = 11)	*P* value[a]
0-4	1.13 (0.30)	1.53 (0.74)	1.28 (0.48)	0.205
4-8	1.34 (0.50)	1.62 (0.60)	1.20 (0.47)	0.092
8-12	1.43 (0.54)[x,y]	1.64 (0.77)[x]	1.12 (0.37)[y]	0.032*
P value[b]	0.161	0.651	0.100	

[1]mean (SD) unit is times per day

[a] Comparison of difference between groups by One-way ANOVA

[b] Comparison of difference within groups by One-way repeated measures ANOVA

* Statistically significant (P≤0.05)

[x,y] Comparison with LSD post Hoc test

Table 2 Type of stool in case and control groups.[1]

Week	Type of stool [2]	SPG (n = 11)	SCG (n = 11)	CG (n = 11)	Chi-square test[a]
0-4	Normal	5 (45.5)	5 (45.5)	4 (36.4)	0.883
	Abnormal	6 (54.5)	6 (54.5)	7 (63.6)	
4-8	Normal	7 (63.6)	7 (63.6)	4 (36.4)	0.333
	Abnormal	4 (36.4)	4 (36.4)	7 (63.6)	
8-12	Normal	8 (72.7)	7 (63.6)	5 (45.5)	0.411
	Abnormal	3 (27.3)	4 (36.4)	6 (54.5)	

[1] number (percentage) unit is person

[2] Type of stool classified by Bristol Stool Form Scale (Types 3 and 4 are normal and other types are abnormal)

[a] Comparison of differences between groups by Chi-square test

Agricultural Sci. J. 50(2)(Suppl.): 281-284 (2019) ว. วิทย์. กษ. 50(2)(พิเศษ): 281-284 (2562)

ผลของแสงแอลอีดีต่อการเจริญเติบโต การกระตุ้นการสร้างสารพฤกษเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนผักขี้หูด
Effect of LED Light Spectrum on Growth, Enhancement Phytochemical Compounds and Antioxidant Activity in Rat-tailed Radish (*Raphanus caudatus* L.) Microgreens

นิภาพร โพธิ์ทอง[1] ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,2] วาริช ศรีละออง[1,2] ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1,2] และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,2]
Pothong, N.[1], Pongprasert, N.[1,2], Srilaong, V.[1,2], Photchanachai, S.[1,2] and Boonyarithongchai, P.[1,2]

Abstract

This study aims to examine effect of LED light (white, red, blue and red combined with blue LED) at 70±5 μmol·m^{-2}·s^{-1}, 16 hours.day^{-1} for 6 days compared with fluorescent, on growth and phytochemical accumulation and antioxidant activity in Rat-tailed radish microgreens. Results showed that irradiated with red LED was the highest of stem length. The total ascorbic acid and total phenolics tended to decrease, which the leaves under the red combined with blue LED were the highest on day 6 of irradiated 47.16 mg·100 g FW^{-1} and 220.56 mg GAE·100 g FW^{-1} respectively. The carotenoids tended to increase, which the leaves under the red combined with blue LED were the highest on day 6 of irradiated (6.17 mg·100 g FW^{-1}) and antioxidant activity tended to increase, which the leaves under the red LED was the highest on day 6 of irradiated (318.64 mg TEAC·100 g FW^{-1}). It is concluded that irradiation with red and blue LED can affect the photosynthesis of plants and can stimulate the production of phytochemical and antioxidant.
Keywords: Rat-tailed radish microgreens, LED light, Phytochemical, Antioxidant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของแสงแอลอีดี (สีขาว แดง น้ำเงิน แดงผสมน้ำเงิน) ที่ความเข้มแสง 70±5 μmol·m^{-2}·s^{-1} นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 6 วัน เทียบกับแสงฟลูออเรสเซนต์ ต่อการเจริญเติบโต การสร้างสารพฤกษเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนผักขี้หูด ผลการทดลองพบว่าต้นอ่อนที่ได้รับแสงแอลอีดีสีแดงมีความสูงของลำต้นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดและฟีนอลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง ซึ่งใบของต้นอ่อนภายใต้แสงแอลอีดีสีแดงผสมน้ำเงินมีค่าสูงสุดในวันที่ 6 ของการให้แสง โดยมีค่า 47.16 mg·100 g FW^{-1} และ 220.56 mg GAE·100 g FW^{-1} ตามลำดับ แคโรทีนอยด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งใบของต้นอ่อนภายใต้แสงแอลอีดีสีแดงผสมน้ำเงินมีปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุดในวันที่ 6 ของการให้แสง (6.17 mg·100 g FW^{-1}) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งใบของต้นอ่อนภายใต้แสงแอลอีดีสีแดงมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดในวันที่ 6 ของการให้แสง (318.64 mg TEAC·100 g FW^{-1}) แสดงให้เห็นว่าการให้แสงแอลอีดีสีแดงและสีน้ำเงินมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชและสามารถกระตุ้นการสร้างสารพฤกษเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดี
คำสำคัญ: ต้นอ่อนผักขี้หูด แสงแอลอีดี สารพฤกษเคมี สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ**

ต้นอ่อนหรือไมโครกรีนเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่กำลังได้รับความนิยมทั่วโลก ซึ่งได้จากการเพาะเมล็ดพันธุ์ผัก สมุนไพร หรือเมล็ดพืชอื่นๆ เก็บเกี่ยวได้จากลำต้นและใบเลี้ยงที่ได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่หรือหลังจากเพาะเมล็ดประมาณ 7-14 วัน ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช โดยมีลำต้นอวบ ความสูงประมาณ 1-3 นิ้ว และมีใบจริง 2–3 ใบ (อุดมลักษณ์ มัจฉาชีพ และคณะ, 2556) จัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ อีกทั้งมีคุณสมบัติป้องกันโรคหลายชนิด เนื่องจากไมโครกรีนมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของโปรตีน วิตามิน และมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผักชนิดเดียวกันที่เติบโตเต็มที่แล้ว (Samuoliene และคณะ, 2013) ต้นอ่อนผักขี้หูดเป็นไมโครกรีนอีกชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคเนื่องจากมีคุณค่าทางสารอาหารสูง เช่น Ascorbic acid, Total Chlorophyll

[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, Bangkhuntein, Bangkok 10150, Thailand
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand

และ Antioxidants เป็นต้น (อุดมลักษณ์ มัจฉาชีพ และคณะ, 2557) ซึ่งการเพาะปลูกพืชในห้องควบคุมและใช้แสงเทียมเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และเวลาที่ให้แสงในแต่ละวันได้ (Heuveklink และคณะ, 2006) โดยเฉพาะแสงแอลอีดีมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก โดยมีผลต่อการนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง และยังเป็นแหล่งพลังงานหลักในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชแทนแสงจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของแสงแอลอีดีสีขาว สีแดง สีน้ำเงิน สีแดงผสมน้ำเงินต่อการเจริญเติบโต การกระตุ้นการสร้างสารพฤกษเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนผักขี้หูด

อุปกรณ์และวิธีการ**

นำเมล็ดผักขี้หูดมาเพาะในกระถางพลาสติกขนาด 6.5x6.5x9.5 เซนติเมตร ที่มีฟองน้ำขนาด 6.5x6.5x0.5 เซนติเมตร วางในกระถางพลาสติก และรดน้ำทุกวัน โดยไม่ให้แสง 4 วันหลังจากการเพาะ จากนั้นทำการให้แสงซึ่งแบ่งชุดการทดลองเป็น 5 ชุดการทดลอง คือ 1) แสงฟลูออเรสเซนต์ (ชุดควบคุม) 2) แสงแอลอีดีสีขาว 3) แสงแอลอีดีสีแดง 4) แสงแอลอีดีสีน้ำเงิน 5) แสงแอลอีดีสีแดงผสมน้ำเงิน (อัตราส่วน 2:1) โดยให้แสงที่ความเข้มแสง 70±5 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 6 วัน ที่อุณหภูมิ 22±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75-80 นำไปวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ความสูงของลำต้น ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (Roe และคณะ, 1948) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (Miliauskas และคณะ, 2004) ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Aliu และคณะ, 2013) และความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Brand-Williams และคณะ, 1995) ของใบและลำต้น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

แสงเป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างหนึ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเป็นแหล่งพลังงานเบื้องต้นให้แก่การสังเคราะห์แสงเพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมี สำหรับนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช รวมไปถึงแสงสามารถกระตุ้นให้พืชสร้างสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ (Liu และคณะ, 2015) คุณภาพของแสงที่แตกต่างกันมีผลทำให้พืชแต่ละชนิดมีการสร้างสารสำคัญแตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่า ต้นอ่อนผักขี้หูดที่ได้รับแสงสีแดง มีความสูงของลำต้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 7.5 เซนติเมตร (Figure 1A) เนื่องจากแสงสีแดงมีผลต่อการกระตุ้นฮอร์โมนจิบเบอเรลลินในพืช ช่วยให้เซลล์เกิดการยืดยาว ทำให้ต้นอ่อนผักขี้หูดมีความสูงของลำต้นมากที่สุด (Arney และ Mitchell, 1969) แสงแอลอีดีสีแดงผสมน้ำเงินทำให้ต้นอ่อนผักขี้หูดมีแนวโน้มลดลงของปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (Figure 1B) และปริมาณฟีนอลทั้งหมด (Figure 1D) ซึ่งใบของต้นอ่อนผักขี้หูดมีค่าสูงสุดในวันที่ 6 ของการให้แสง คือ ค่า 47.16 $mg \cdot 100\ g\ FW^{-1}$ และ 220.56 $mg\ GAE \cdot 100\ g\ FW^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ Zhan และคณะ (2012) สนับสนุนว่าแสงสีน้ำเงินช่วยในการชักนำให้มีปริมาณฟีนอลลิกเพิ่มมากขึ้นในต้นอ่อนเคล ส่วนการใช้แสงแอลอีดีสีแดงผสมสีน้ำเงินทำให้พืชมีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น และมีผลให้พืชมีการสร้างกลูโคสที่มากขึ้น ซึ่งกลูโคสเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์วิตามินซี (Ying และคณะ, 2011) แสงแอลอีดีสีแดงผสมน้ำเงินทำให้ต้นอ่อนผักขี้หูดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของปริมาณแคโรทีนอยด์ (Figure 1F) ซึ่งใบของต้นอ่อนผักขี้หูดมีค่าสูงสุดในวันที่ 6 ของการให้แสง คือ ค่า 6.17 $mg \cdot 100\ g\ FW^{-1}$ อาจเนื่องมาจากในส่วนของแสงสีน้ำเงินที่ผสมอยู่กับแสงสีแดงเป็นช่วงคลื่นที่คลอโรฟิลล์ในพืชสามารถดูดกลืนได้ดี ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งยังมีรายงานว่าแสงสีน้ำเงินสามารถชักนำให้มีการสร้างคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ได้มากขึ้นในเบญจมาศ (Kim และคณะ, 2004) แสงแอลอีดีสีแดงทำให้ต้นอ่อนผักขี้หูดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (Figure 1H) ซึ่งใบของต้นอ่อนผักขี้หูดมีค่าสูงสุดในวันที่ 6 ของการให้แสง (318.64 $mg\ TEAC \cdot 100\ g\ FW^{-1}$) เนื่องจากแสงแอลอีดีสีแดงมีช่วงคลื่นที่คลอโรฟิลล์ในพืชสามารถดูดกลืนไว้ ทำให้พืชสร้างคลอโรฟิลล์ได้มากขึ้น จึงเป็นผลให้มีสารต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น การที่พืชผลิตสารต้านอนุมูลอิสระมาก ยังอาจเป็นเพราะพืชอยู่ในสภาวะเครียดที่เกิดจากการได้รับปริมาณแสงและอุณหภูมิที่มากับแสงมาก จึงทำให้พืชสร้างสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อกำจัด อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น (ณัฐกุล บุญวงศ์ และคณะ, 2558)

สรุปผล

แสงแอลอีดีมีผลกระตุ้นการสร้างสารพฤกษเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระ โดยแสงแอลอีดีสีแดงช่วยเพิ่มความสูงของลำต้นและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของต้นอ่อนผักขี้หูด แสงแอลอีดีสีแดงผสมสีน้ำเงินช่วยเพิ่มปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ปริมาณฟีนอลทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในโครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

อุดมลักษณ์ มัจฉาชีพ สิริวรรณ สุขนิคม จันทร์เพ็ญ บุตรใส สมพร สุวิมลธีระบุตร อรุณี สุรัตน์พิพิธ และสุรชัย มัจฉาชีพ, 2556, การศึกษาการผลิตไมโครกรีนพืชพื้นบ้าน โสน ขี้หูด และ เขียวน้อย เพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจของชุมชน, รายงานการวิจัยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

อุดมลักษณ์ มัจฉาชีพ สิริวรรณ สุขนิคม จันทร์เพ็ญ บุตรใส พาขวัญ ทองรักษ์ อรุณี ชัยศรี อัจฉรียา มณีน้อย สุรชัย มัจฉาชีพ และสมเจตน์ เจริญศรีสัมพันธ์, 2557, การศึกษาการผลิตไมโครกรีนพืชพื้นบ้านเพื่อการค้าในสภาพโรงเรือน, รายงานการวิจัยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

ณัฐกุล บุญวงศ์ เบญญา มะโนชัย และ Jeong Hwa Hong, 2558, อิทธิพลของคุณภาพแสงตอสารตานอนุมูลอิสระและลูทีนในดอกดาวเรือง, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53, หน้า 234-241.

Aliu, S., Gashi, B., Rusinovci, I., Fetahu, S. and Vataj, R., 2013, Effects of Some Heavy Metals in Some Morpho-Physiological Parameters in Maize Seedlings, American Journal of Biochemistry and Biotechnology, 2013, **Vol.** 9 (1), **pp.** 27-33.

Arney, S.E. and Mitchell D.L., 1969, The Effect of Abscisic on Stem Elongation and Correlative Inhibition, New Phytologist, Vol. 68, pp. 1001-1015.

Brand-williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995, Use of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensmittel Wissenschaftund Technology, Vol. 28, pp. 25-30.

Heuvelink, E., Bakker, M. J., Hogendonk, L., Janse, J., Kaarsemaker, R. and Maaswinkel, R., 2006, Horticultural Lighting in the Netherlands: New Developments, Acta Horticulturae, Vol. 711, pp. 25–33.

Kim, S.J., E.J. Hahn, J.W. Heo and K.Y. Paek, 2004, Effect of LEDs on Net Photosynthetic Rate, Growth and Leaf Stomata of Chrysanthemum Plantlets *In Vitro*, Scientia Horticulturae, Vol. 101, pp. 143-151.

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, Vol. 15(92), pp. 1-9.

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, Vol. 85, 231-237.

Roe, J.H., Milles, 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-Dinitrophenylhydrazine Method, Journal Biological Chemistry, Vol. 174, pp. 201–208.

Samuoliene, G., Brazaityte, A., Jankauskiene, J., Viršile, A., Sirtautas, R., Novičkovas, A., Sakalauskiene, S., Sakalauskaite, J., Duchovskis, P., 2013, LED Irradiance Level Affects Growth and Nutritional Quality of Brassica Microgreens, Central European Journal of Biology, Vol. 8, pp. 1241-1249.

Ying, L.X., G.S. Rong, X.Z. Gang and J.X. Lei., 2011, Regulation of Chloroplast Ultrastructure, Cross-section Anatomy of Leaves, and Morphology of Stomata of Cherry tomato by Different Light Irradiations of Light-emitting Diodes, Journal Horticultural Science, Vol. 46 (2), pp. 217–221.

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, Vol. 14, pp. 70–76.

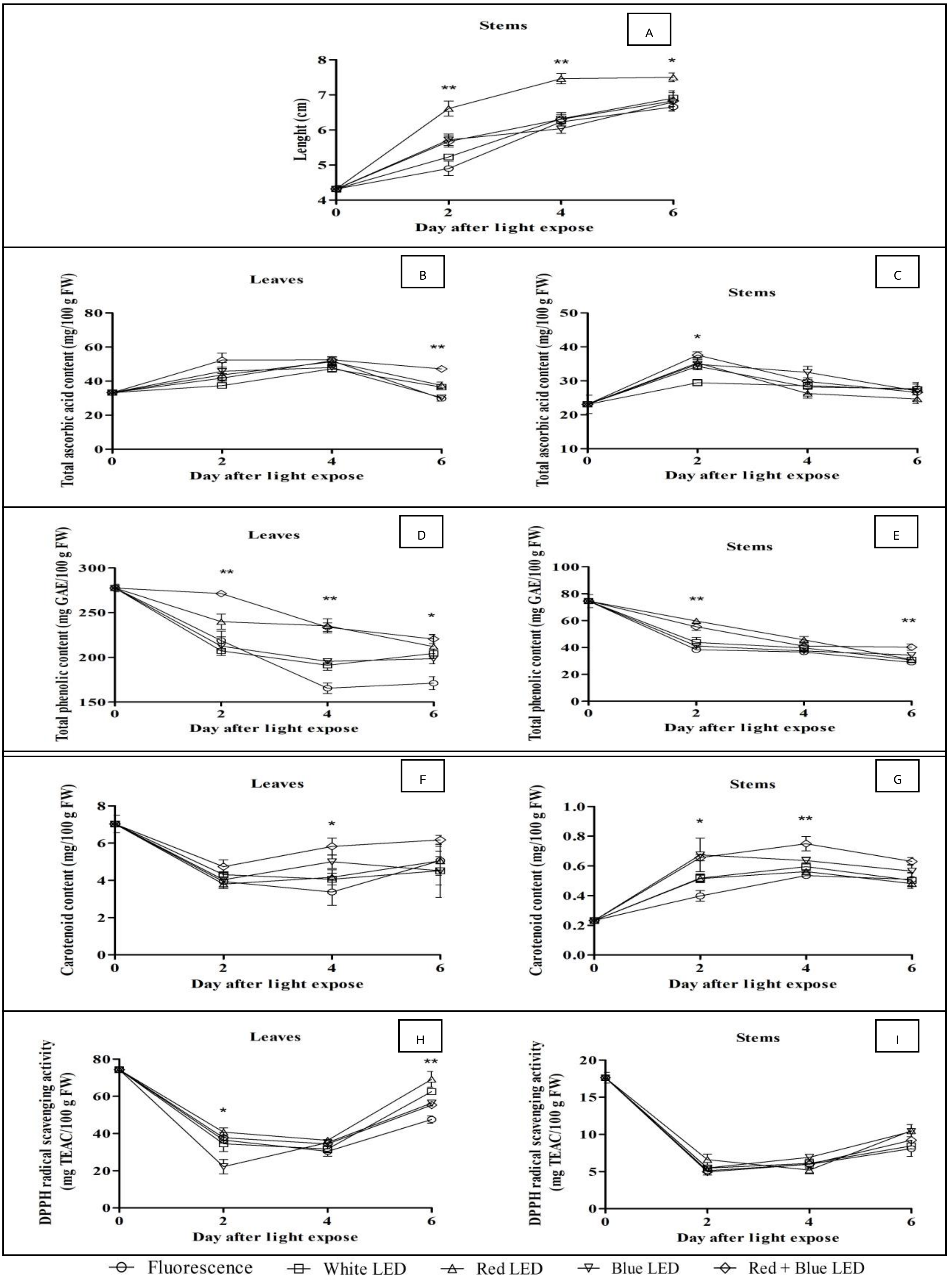


Figure 1 Length of stem (A), Total ascorbic acid content of leave (B) and stem (C), Total phenolic content of leave (D) and stem (E), Carotenoid content of leave (F) and stem (G), Antioxidant activity of leave (H) and stem (I) of rat-tailed radish microgreens that they were exposed with white, red, blue and red combined with blue LED (ratio of 2:1) at 70±5 $\mu mol{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^{-1}$, 16 $hours.day^{-1}$ for 6 days compared with the white light from fluorescent (control).

ผลของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากถั่วเหลืองต่อการเจริญและคุณภาพของผักกวางตุ้ง (*Brassica rapa* L.)
Effect of Soybean Protein Hydrolysate on the Growth and Quality of Pak-choy (*Brassica rapa* L.)

Ahmed, M.[1], อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1], ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2], เฉลิมชัย วงษ์อารี[1], และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1*]
Ahmed, M.[1], Uthairatanakij, A.[1], Laohakuljit, N.[2], Wongs-Aree, C.[1], and Jitareerat, P.[1*]

Abstract
The current study was to investigate the effects of soybean protein hydrolysate (SPH) on the growth and quality of Pak-choy plants. SPH (1.64 g of nitrogen/100 ml) at 50,000 ppm, 100,000 ppm was applied on Pak-choy seedling (after transplanting) 7 days intervals for 3 weeks. Plants treated with water were served as the control. Plants treated with SPHs at 50,000 ppm and 100,000 ppm showed no significant difference on the leaf area, fresh weight, dry weight, leaf color (L*, a*, b* values), the contents of chlorophyll, vitamin C, and total phenolics when compared with the control. Even there were no-significant different in plant growth and quality. The leaf area, fresh weight, dry weight, and antioxidant capacity (DPPH) of SPHs treated plants were higher than the control, especially at 50,000 ppm. Results implied that SPH may have the possibility to improve the plant growth and quality, but the optimal concentration need to be further studied.
Keywords: Soybean protein hydrolysate, Pak choy, plant growth, Chlorophyll, Vitamin C.

บทคัดย่อ
กาวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากถั่วเหลือง (soybean protein hydrolysate, SPH) ต่อการเจริญและคุณภาพของผักกวางตุ้ง ทำการพ่น SPH (1.64 g of nitrogen/100 ml) เข้มข้น 50,000 ppm, 100,000 ppm บนต้นกล้าผักกวางตุ้งทุกสัปดาห์ นาน 3 สัปดาห์ ต้นกล้าที่พ่นน้ำใช้เป็นชุดควบคุม พบว่า ผักที่พ่นด้วย SPH 50,000 ppm และ 100,000 ppm มีพื้นที่ใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง สีใบ (L*, a*, b* values) คลอโรฟิลล์ วิตามินซี และฟีนอลลิกทั้งหมด ไม่แตกต่างจากผักในชุดควบคุม อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกวางตุ้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ดูเหมือนว่าการพ่นด้วย SPH 50,000 ppm มีแนวโน้มทำให้พื้นที่ใบ น้ำหนักสด-แห้ง กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH ของผักสูงกว่าผักที่ไม่ได้พ่นสาร ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีความเป็นไปได้ที่ใช้ SPH เพื่อส่งเสริมการเจริญและพัฒนาคุณภาพของผัก แต่ต้องศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อไป
คำสำคัญ : โปรตีนไฮโดรไลเซทจากถั่วเหลือง ผักกวางตุ้ง การเจริญของพืช คลอโรฟิลล์ วิตามินซี

Introduction
Chinese cabbage (Pak Choi; *Brassica rapa* L.) was introduced in 15th century to South East Asia and currently cultivated in this region. Pak-Choi being one of the valued crops, has many benefits for human health. Morover, It contains dry matter content 5%, dietary fiber 10 g/kg, calcium 1,050 mg/kg, magnesium 190 mg/kg, sodium 650 mg/kg, potassium 2,520 mg/kg, and vitamin C 450 mg/kg of fresh matter (Pokluda, 2008). The presence of substantial number of phytochemicals in *Brassicea* family vegetables like existence of

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพมหานคร 10150
[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntein), Bangkok 10150, Thailand.
[2] สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพมหานคร 10150
[2] Division of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntein), Bangkok 10150, Thailand.

phenolic compounds have potential to benefit human health by preventing cancer, inflammatory diseases and scavenge free radicals (Lee et al., 2018). Only water, pesticides, fertilizers and optimal climate are important factors for plant growth. However, it is reported that soybean protein hydrolysates (PHs) at the dose of 30 ug/ml have potential to improve root hairs and improve plant growth hormones, resulted as improved *Brassica rapa* plant growth (Matsumiya and Kubo, 2011). PHs applied at 2.5 l/ha (protein concentration 815 g/kg) could increase the production and accumulation of antioxidant compounds in red grape plants (Parrado et al., 2007). As the human health is concerned, the aim of the study was to invetigate the effect of soy bean protein hydrolysate (SPH) to improve the plant growth and quality of pak choy plant.

Material and Methods

Pak Choy seedlings were grown in the green house located at KMUTT, Bangkok. After 28 day, SPH (1.64 g of total nitrogen/100 ml) at 0 (control; water) 50,000 and 100,000 ppm was applied on Pak-choy seedlings (25 days after transplanting) every 7 days for 3 weeks. Each treatment had five replicates (plants). Every week plants were harvested, washed with tap water, and the excess of tap water on plant surface was removed by keeping at room temperature for 15 minutes. The leaf area was measured by imaging with the Samsung Duos, model J7 with 13 mega pixels back camera. The images were processed in FijjiimageJ software. Chlorophyll content of leaf was recorded by SPAD Chlorophyll meter, model 502 made by KONICA MINOLTA SENSING, INC JAPAN. Color of pak choy leaves were detected by Colorimeter and the data were presented as L*, a*, and b* values. Each replicate, consisted 4 leaves, were selected for determining leaf area, cholorophyll content and color evaluation. Fresh weight of pak-choi plant was weighed using balance, then kept in hot air oven for 48 hours at 70°C until the weight did not change, and the dry weight was recorded. Vitamin C, phenolics content and antioxidant ($DPPH^{\cdot}$) were analyzed using spectrophotometer according to the method of Terada et al. (1978), Sripong et al. (2019), and Brand-Williams et al. (1995), respectively. The experiment was designed in CRD, data were analyzed by SAS program version 9.1 (SAS Inc. USA).

Results and Disscussion

The results revealed that Pak choy plants treated with SPH in 50,000 and 100,000 ppm were not significantly different in term of leaf area, fresh weight, dry weight, leaf color (L*, a*, and b*) values, total chlorophyll content, vitamin C content, and antioxidant capacity in compared to the control plants. However, the treatment with SPH at 50,000 ppm seemed to increase the plant growth as indicating by higher leaf area, fresh weight and dry weight than the control plants (Fig.1. A, B, C, D, E, F, G, H, I, J). Eratni et al. (2011) demostrated that apple dervied PHs applied on maize at low doses 0.1 and 1 ml/L improved plant growth. As low concentrations of protein hydrolystes are able to enhance plant nutrient use efficancy. Furthermore this result is also similar to previous studies that alfalfa, meat and legume derived PHS application at the concentration of 0.01, 0.1, 1 ml/L stimulated the root and shoot growth of maize seedling and resulted in increase biomass of root, shoot and productivity (Schiavon et al., 2008; Ertani et al., 2009). Ertani et al. (2009) demonstrated that maize seedlings treated with PHs stimulated the nitrogen uptake and improved plant growth. Nitrate reductase and glutamine synthase activities were increased both in roots and leaves of PHs treated maize seedlings. They are the key enzymes to convert nitrate into ammonia and ammonia to glutamine amino acid respectively. Moreover, glutamine is one of the nitrogen donating and precursors for

other amino acids thus the consequences as improved plant growth. Although the antioxidant capacity of SPH treated plant was not significant different to the control plants but our current study seemed to show that antioxidant capacity of SPH treated Pak-choy plants trended to increase, during cultivation was higher than the control after treating for 2 and 3 weeks. Many reports show that PHS are potential to modify primary and secondary metabolisms by stimulating the production and accumulation of antioxidant compounds of red grapes, banana and in Chilli respectively (Parrado et al., 2007; Gurav and Jadhav, 2013; Ertani et al., 2014).

Summary

Pak choy plants treated with SPH (1.64 g of total protein/100 ml) in 50,000 and 100,000 ppm showed no significant difference on leaf area, fresh weight, dry weight, leaf color, total chlorophyll content, vitamin C, total phenolics and antioxidant capacity as compared to the control (plants treated with water). Although SPH at the concentrations of 50,000 and 100,000 ppm did not show the significantly effects on the growth and physiochemical changes of plants but SPH at 50,000 ppm may have the potential to enhance the plant growth and antioxidant capacity when compared to control. However, the further study should be focused on the optimal concentration of SPH to promote the plant growth and physiochemical property.

Acknowledgements

This work is supported by Thailand International Cooperation Agency (TICA) Scholarship collaboration with King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT). We also acknowledge the Department Postharvest Technology, KMUTT and The United Graduate School of Agricultural Science (UGSAS), Gifu University, Japan to provide equipment facilities for this research.

Literature cited

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995, Use of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, LWT - Food Science and Technology, 28 : 25-30.

Ertani, A., Cavani, L., Pizzeghello, D., Brandellero, E., Altissimo, A., and Ciavatta, C., 2009, Biostimulant Activities of Two Protein Hydrolysates on the Growth and Nitrogen Metabolism in Maize Seedlings, Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences, 172: 237–244.

Ertani, A., Schiavon, M., Altissimo, A., Franceschi, C., and Nardi, S., 2011, Phenol-containing Organic Substances Stimulate Phenylpropanoid Metabolism in *Zea mays*, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, Vol, 174 (3) : 496-503.

Ertani, A., Pizzeghello, D., Francioso, O., Sambo, P., Sanchez-Cortes, S., and Nardi, S., 2014, *Capsicum chinensis* L. Growth and Nutraceutical Properties are Enhanced by Biostimulants in a Long-Term Period: Chemical and Metabolomic Approaches, Frontier of Plant Sciences, 5 : 375.

Gurav, R.G. and Jadhav, J. P., 2013, A Novel Source of Biofertilizer from Feather Biomass for Banana Cultivation, Environmental Science and Pollution Research, 20 : 4532–4539.

Lee, H., Oh, I.N., Kim, J., Jung, D., Cuong, N.P., Kim, Y. and Kim, B., 2018, Phenolic Compound Profiles and Their Seasonal Variations in New Red-Phenotype Head-Forming Chinese Cabbages, Journal of Food Science and Technology, 90: 433-439.

Matsumiya, Y. and Kubo, M., 2011, Soybean Peptide: Novel Plant Growth Promoting Peptide from Soybean, In: El-Shemy, H. (Ed.), Soybean and Nutrition. In Tech Europe Publisher, Rijeka, pp. 215–230.

Parrado, J., Escudero-Gilete, M.L., Friaza, V., Garcia-Martinez, A., González-Miret, M.L. and Bautista, J.D., 2007, Enzymatic Vegetable Extract with Bioactive Components: Influence of Fertilizer on the Colour and Anthocyanins of Red Grapes, Journal of the Science of Food and Agriculture, 87 (12): 2310-2318.

Pokluda, R., 2008, Nutritional Quality of Chinese Cabbage from Integrated Culture, Journal of Horticultural Science. (Prague), 35 (4): 145-50.

Schiavon, M., Ertani, A. and Nardi, S., 2008, Effects of an Alfalfa Protein Hydrolysate on the Gene Expression and Activity of Enzymes of TCA Cycle and N Metabolism in *Zea mays L*., Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56 : 11800–11808.

Sripong, K., Jitareerat, P. and Uthairatanakij, A., 2019, UV Irradiation Induces Resistance Against Fruit Rot Disease and Improves the Quality of Harvested Mangosteen, Postharvest Biology and Technology, 149, 187-194.

Terada, M., Watanabe, Y., Kunitomo, M. and Hayashi, E., 1978, Differential Rapid Analysis of Ascorbic and Ascorbic Acid 3-Sulfate by Dinitrophenylhydrazine, Analytical Biochemistry, 84: 604-608.

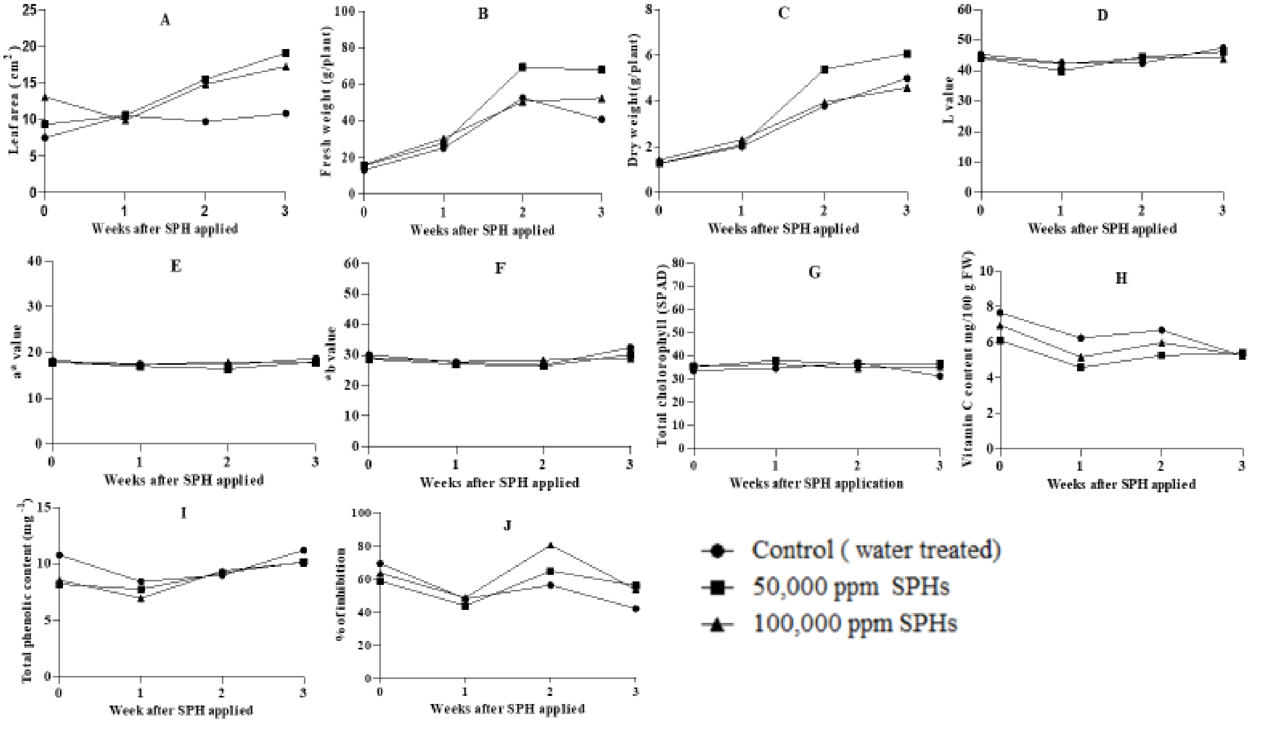


Figure.1. Changes in growth and quality of Pak choy plants treated with 50,000 ppm, 100,0 00 ppm and plants treated with water served as control, (A) Leaf area , (B) Fresh weight, (C) Dry weight (D) Color L values, (E) a* values, (F) b* values, (G) Total chlorophyll content, (H) vitamin C, (I) Total phenolic content, (J) Antioxidant capacity.

การศึกษากระบวนการแปรรูปต่อคุณภาพของชาสมุนไพรกะเพรา
Study of Processing Processes on the Quality of Holy Basil Herbal Tea

ชมพูนุท แสนเสนาะ[1] อลิษา สุนทรวัฒน์[1] และ ชวนพิศ จิระพงษ์[1]
Sansano, C.[1], Soontornwat, A.[1] and Jirapong, C.[1]

Abstract

Holy basil is an herbal plant that has many health benefits and medicinal properties. Processed herbal tea including fermented tea, non-fermented tea and freeze dry teas, could be from different parts of holy basil such as flower, young-leaves and mature leaves. From the experiment, it was found that pH of all holy basil herb tea was ranged at 6.86-7.43 and its color was golden-brown color. It was also found the highest total phenolics in holy basil tea obtained from mature leaves and the highest flavonoid content was found in fermented tea. When testing the ability of antioxidants by DPPH and ABTS methods, it was found that antioxidant activities of all processes of tea products were not different, but antioxidant (FRAP) reducing ability was in fermented tea process from mature holy basil leaves was high at 8 mg TE/g DW.

Keywords: Holy basil, Herbal tea, Ferment, Antioxidant

บทคัดย่อ

กะเพราเป็นพืชสมุนไพรที่มีประโยชน์และมีสรรพคุณทางยาหลากหลาย การนำมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่มชาสมุนไพรมีหลายกระบวนการ เช่น การหมัก การไม่หมัก และการทำชาแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และใช้ส่วนของกะเพรา เช่น ดอก ใบยอด และใบแก่ จากการทดลองพบว่าน้ำชาสมุนไพรกะเพรามีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.86-7.43 และมีสีเหลืองทอง-น้ำตาล มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดในน้ำชากะเพราจากส่วนของใบแก่ และพบปริมาณฟลาโวนอยดในน้ำชากะเพราะที่ผ่านกระบวนการหมักสูงที่สุด เมื่อทดสอบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่ากระบวนการในการผลิตชาทั้ง 3 แบบมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์สารต้านออกซิเดชัน (FRAP) พบว่ากระบวนการในการทำชาหมักทำให้น้ำชากะเพราจากใบแก่มีความสามารถในการรีดิวซ์สูง เท่ากับ 8 มิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

คำสำคัญ: กะเพรา ชาสมุนไพร การหมัก สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ*

กะเพรา (Holy basil; *Ocimum sanctum* L. เป็นพืชที่ใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน นอกจากมีกลิ่นหอม แล้วยังมีสรรพคุณทางยา รวมทั้งนิยมนำมาประกอบอาหาร หรือนำมาเป็นเครื่องดื่มชาสมุนไพร เนื่องจากในกะเพรามีสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสารกลุ่มฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ เช่น สารยูจีนอล (eugenol), cirsilineol, isothymusin, isothymonin, rosmarinic acid (Kelm และคณะ, 2000), orientin, and vicenin (Vrinda และ Uma Devi, 2001) ปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มบริโภคชามากขึ้นเพราะสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารโพลิฟีนอลในชา มีประโยชน์ต่อสุขภาพที่หลากหลาย เช่น ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (Yuan และคณะ, 2011) ซึ่งชนิดและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในชาที่แตกต่างกันเกิดจากกระบวนการผลิตชา โดยกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีในใบชา ทำให้สารประกอบโพลิฟีนอลเกิดการเปลี่ยนแปลงไป

การนำกะเพรามาทำเป็นเครื่องดื่มชาสมุนไพรโดยประยุกต์จากกระบวนการผลิตชาจากใบชา เนื่องจากการหมักชา หรือการนวดทำให้ใบชาช้ำเกิดเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส และเกิดเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดการรวมตัวของสารฟีนอลิกเป็นสารที่ให้สี กลิ่น และรสชาติเฉพาะในชา แต่ชาไม่หมักจะเป็นการนำชามาคั่วเพื่อหยุดการทำงานของเอมไซม์ไม่เร่งการเกิดปฏิกิริยา (ธีรพงษ์, 2555) และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นการทำแห้งที่อุณภูมิต่ำจึงอาจลดการสูญเสียคุณภาพได้ จึงได้เล็งเห็นประโยชน์นำกะเพรามาแปรรูปผลิตภัณฑ์เป็นชาสมุนไพรเพื่อผู้สูงอายุ กลุ่มคนรักสุขภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปชาสมุนไพรกะเพราต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ สารฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ของชาสมุนไพรกะเพรา

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สมุทรปราการ 10540 ประเทศไทย
[1] Division of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samutprakan 10540, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ*

กระบวนการแปรรูปชาสมุนไพรกะเพรา

กะเพราแบ่งออกเป็นส่วน ดอก ใบยอด และใบแก่ ทำการศึกษากระบวนการแปรรูปชาสมุนไพรกะเพราเป็นแบบชาหมัก (fermented) โดยนำกะเพรามานึ่งด้วยไอน้ำร้อน เป็นเวลา 3 นาที ผึ่งกะเพราในที่ร่ม เป็นเวลา 20 นาที ทำการนวดในกะเพราเป็นก้อนกลม เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ชาไม่หมัก (non-fermented) นำกะเพรามานึ่งด้วยไอน้ำร้อน เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำมาคั่วบนกะทะ เป็นเวลา 15 นาที และนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และทำแห้งชาสมุนไพรกะเพราด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง (freeze dry) โดยเปรียบเทียบกระบวนการทำชาสมุนไพรกับกะเพราสด โดยนำชาสมุนไพรที่ผ่านกระบวนการแปรรูปมาแช่ลงไปในน้ำเดือด ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำสารละลายที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ปริมาณฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH (Radical scavenging assay) (ดัดแปลงมาจาก Thaipong.,2006) วิธี ABTS (ดัดแปลงจาก Bramati et al., 2003 และ De Beer et al., 2003) และวิธี FRAP assay (Benzie and Strain,1996) โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก (Singleton และคณะ 1999) และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Pourmorad et al., 2006)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

กระบวนการแปรรูปชาสมุนไพรกะเพรามีขั้นตอนที่แตกต่างการกันออกไป ชาหมัก คือ การนำใบสดมาลดความชื้นและนวดเพื่อให้เอมไซม์เร่งปฏิกิริยา ทำให้สีของน้ำชาเป็นสีเหลืองเหลือบน้ำตาลแดง ชาไม่หมัก คือ นำใบสดมาคั่วเพื่อลดความชื้นและหยุดการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase; PPO) (ธีรพงษ์, 2555) จึงทำให้น้ำชามีสีเหลืองเหลือบน้ำตาล และการทำแห้งแบบแช่เยือกเป็นวิธีการดึงน้ำออกจากใบชาและเป็นการลดความชื้นของอาหารโดยการระเหิดน้ำออก วิธีนี้จะทำให้สีของน้ำชามีสีเหลืองทอง

จากการศึกษาคุณภาพหลังกระบวนการแปรรูปของน้ำชาสมุนไพรกะเพรา พบว่าในน้ำชากะเพรามีค่า pH อยู่ในช่วง 6.86-7.43 (Fig.1 a) ทั้งนี้การแบ่งส่วนของกะเพราออกเป็นส่วนของดอก ใบยอด และใบแก่ น้ำชาจากดอกกะเพราสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงถึง 34.58 mg GAE/g DW แต่เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปกลับพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงอย่างมาก อยู่ในช่วง 1.18 - 6.92 mg GAE/g DW (Fig.1 b) และมีปริมาณสูงในน้ำชากะเพราจากส่วนของใบแก่สด กระบวนการหมักชาทำให้มีปริมาณฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ในน้ำชาสมุนไพรกะเพราเพิ่มสูงขึ้นเป็น 2 เท่าจากกะเพราสด โดยเฉพาะจากส่วนของใบยอดและดอกกะเพรา (Fig.1 c) ซึ่งสารกลุ่มฟีนอลิกเมื่อผ่านกระบวนการหมักทำให้เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน อาจทำให้เกิดการรวมกลุ่มตัวกันเป็นสารประกอบใหม่ จึงทำให้มีปริมาณของฟลาโวนอยด์เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้กระบวนการอบแห้งในขั้นตอนการทำชาสมุนไพรอาจส่งผลต่อการลดลงของปริมาณฟีนอลิก เนื่องจากเกิดการจับรวมตัวกันของสารโฟลีฟีนอลกับสารอื่นๆ เช่น โปรตีน หรือมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารซึ่งทำให้ไม่สามารถสกัดออกมาได้ (Mrad et al., 2012) อย่างไรก็ตามในการอบแห้งยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของฟลาโวนอยด์จากที่จับอยู่กับน้ำตาลเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ aglycone ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่า (Xu and Chang, 2008)

การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ 3 วิธี คือ DPPH, ABTS และ FRAP assay พบว่า เมื่อทดสอบโดยวิธี DPPH และ ABTS radical scavenging assay น้ำชาจากส่วนดอกของกะเพรามีค่าต้านอนุมูลอิสระอยู่ที่ 540.02 mg TE/g DW และ 274.06 mg TE/g DW ตามลำดับ (Fig.1 d, e, f) แต่ลดลงเช่นเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกหลังผ่านกระบวนการแปรรูป ในขณะที่การทดสอบตามวิธี FRAP assay เป็นการศึกษาความสามารถในการรีดิวซ์หรือให้อิเล็กตรอนของสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบแก่สารอนุมูลอิสระที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น โดยสารที่ต้องการทดสอบจะเป็นตัวให้อิเล็กตรอนและสามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระได้ (Huang, 2005) กระบวนการในการทำชาหมักทำให้น้ำชาสมุนไพรกะเพราจากใบแก่มีความสามารถในการรีดิวซ์มากถึง 8.02 mg TE/g DW (Fig.1 f) นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณฟลาโวนอยด์ด้วยเช่นกัน จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าคุณภาพของน้ำชาสมุนไพรกะเพราหลังกระบวนการแปรรูปยังคงความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดี และน้ำชาที่ผ่านกระบวนการหมักจากส่วนของใบแก่ และดอกกะเพราสามารถนำไปเป็นทางเลือกหนึ่งในการเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เป็นการเพิ่มมูลค่าให้สมุนไพรพื้นบ้าน หรือสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานแก่เภสัชเวทต่อไปได้

สรุปผล

กระบวนการแปรรูปชาสมุนไพรกะเพราต่อคุณภาพของน้ำชาทางด้านการเป็นสารชีวโมเลกุล ผ่านกระบวนการ 3 วิธี คือ การทำชาหมัก ชาไม่หมัก และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จากส่วนต่าง ๆ ของกะเพราพบว่าทั้งส่วนของดอก ใบส่วนยอด และใบแก่ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ในกะเพรา นอกจากนี้กระกระบวนแปรรูปส่งผลให้ปริมาณฟีนอลลิคลดลง แต่มีฟลาโวนอยด์เพิ่มสูงขึ้นในกระบวนการทำชาหมัก ซึ่งส่งผลให้สารต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี FRAP เพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง*

ธีรพงษ์ เทพกรณ์, 2555, สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, ชา: กระบวนการผลิต และองค์ประกอบทางเคมีจากการหมัก,วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา.

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

Bramati, L., Aquilano, F. and Pietta, P.A., 2003, Unfermented Rooibos Tea: Quantitative Characterization of Flavonoids by HPLC-UV and Determination of the Total Antioxidant Activity, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51:7422-7474.

De Beer, D., Joubert, E., Gelderblom, C.A.W.; and Manley, M., 2003, Antioxidant Activity of South Red and White Dultiva Wines: Free Radical Scavenging, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51:902-909.

Huang, D., Ou, B. and Prior, R.L., 2005, The chemistry behind antioxidant capacity assays, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53:1841-1856.

Kelm, M.A., Nair, M.G., Strasbury, G.M. and Dewitt, P.L., 2000, Antioxidant and Cyclcoxgerase inhibitory phenolic compounds from *Ocimum sanctum* Linn, Phytomedicine, 7(1): 7-13.

Mrad, N.D., Boudhrioua, N., Kechaou, N.,Courtois, F. and Bonazzi, C., 2012, Influence of Air Drying Temperature on Kinetics, Physicochemical Properties, Total Phenolic Content and Ascorbic Acid of Pears, Food Bioproducts Processing, 90: 433-441.

Pourmorad, F., S.J. Hosseinimehr, and N. Shahabimajd., 2006, Antioxidant Activity, Phenol and Flavonoid Contents of Some Selected Iranian Medicinal Plants, African Journal of Biotechnology, 5(11): 1142-1145.

Singleton, V. L., Orthafer, R., Lamuela- Raventus, R.M., 1999, Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidant by Mean Folin-Ciocalteu Reagent, Methods in Enzymology, 299:152-178.

Thaipong. K, Boonprakob, U., Crosby, K., Luis, C.Z. and David, H.B., 2006, Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC Assays for Estimating Antioxidant Activity from Guava Fruit Extracts, Journal of Food Composition and Analysis, 19(6-7): 668-675.

Vrinda, B. and Uma Devi, P., 2001, Radiation Protection of Luman Lymphocyte Chromosomes *In Vitro* by Orientin and Vicenin. Mutation Research, 498(1-2): 39-46.

Xu, B., and Chang, S.K.C., 2008, Effect of Soaking, Boiling and Steaming on Total Phenolic Content and Antioxidant Activities of Cool Season Food Legumes, Food Chemistry, 110: 1-13.

Yuan, J.-M., Sun, C., and Butler, L.M., 2011, Tea and Cancer Prevention: Epidemiological Studies, Pharmacological Research, 64:123-13.

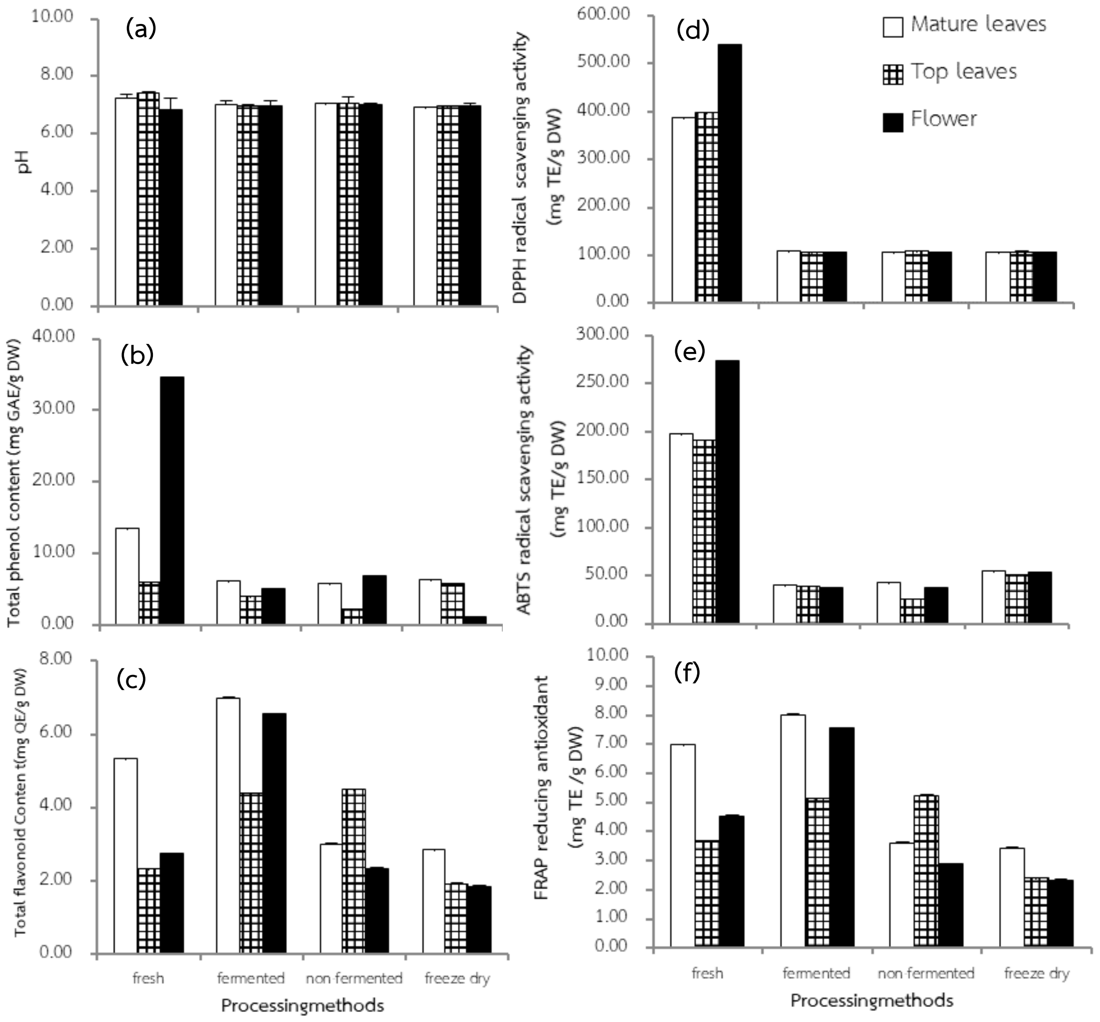


Figure 1 pH (a) total phenol content (b) total flavonoid content (c) DPPH radical scavenging activity (d) ABTS radical scavenging activity (e) and FRAP reducing antioxidant (f) of holy basil herbal tea in difference processing methods.

พิษเฉียบพลันของสารสกัดใบฝรั่งต่อปลานิล
Acute Toxicity of Guava Leaf Extract on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

กิตติมา วานิชกูล[1], บุณฑริกา ทองดอนพุ่ม[1], สมิง จำปาศรี[1] และ ณัฐวรรณ สุขสม [1]
Vanichkul, K.[1], Thongdonphum, B.[1], Champasri, S.[1] and Suksom, N.[1]

Abstract*

The aim of this study was to acute toxicity of guava leaf extract on Nile Tilapia. Static Bioassay test used to determine LC_{50} within 24-hr (24-hr LC_{50}) in fish which its size was around 1.5±0.2 cm. The results showed that the 24-hr LC_{50} was 200 ppm (178.76-228.26 ppm), slope function at 95 % confidence was 1.435 ppm (1.078-1.911 ppm) and safe concentration was 10 ppm. In addition, experimental fish that were obtained guava leaf extract showed swimming and open/close operculum to slow, increase excretion and death at the end of the experiment. Water qualities between trail were the standard level of aquaculture. The data of this experiment could be applied for using guava leaf extract in Nile Tilapia culture.

Keywords : Guava leaf, Toxicity, Nile Tilapia

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของสารสกัดใบฝรั่งต่อปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ขนาด 1.5±0.2 เซนติเมตร โดยวิธีชีววิเคราะห์น้ำนิ่ง (Static Bioassays) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของสารสกัดใบฝรั่งที่ทำให้ปลานิลตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (24-hr LC_{50}) เมื่อคำนวณหาค่าความเข้มข้นที่ทำให้ปลานิลตายด้วยการวิเคราะห์โพรบิท (Probit analysis) พบว่า ค่า 24-hr LC_{50} ของสารสกัดใบฝรั่งเท่ากับ 200 ppm (178.76-228.26 ppm) โดยมีค่าความลาดเอียง (Slope Function) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 1.435 ppm (1.078-1.911 ppm) และมีค่าความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Safe Concentration) เท่ากับ 10 ppm ซึ่งปลานิลที่นำมาทำการทดลองมีการตอบสนองต่อความเป็นพิษของสารสกัดใบฝรั่งด้วยการว่ายน้ำและเปิดปิดกระพุ้งแก้มที่ช้าลง การขับถ่ายเพิ่มขึ้น และตายในช่วงสิ้นสุดการทดลอง โดยมีค่าคุณภาพน้ำระหว่างการทดลองอยู่ในเกณฑ์การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการเลี้ยงปลานิลได้ต่อไป

คำสำคัญ : ใบฝรั่ง ความเป็นพิษ ปลานิล

คำนำ

ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากปลานิลมีรสชาติดี อร่อย สามารถนำมาปรุงและแปรรูปเป็นอาหารได้หลายประเภท (สมเจตน์, 2550) ส่งผลให้มีความต้องการของตลาดสูง โดยปลานิลมีผลผลิตต่อปีเฉลี่ย 200,000-250,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าทางการผลิตกว่า10,000 ล้านบาท ซึ่งถือว่ามีมูลค่าสูงสุดในกลุ่มสัตว์น้ำจืดทั้งหมด (กรุงเทพธุรกิจ, 2563 แต่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลยังคงประสบปัญหาเกี่ยวกับการตายในระหว่างการเลี้ยงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำรวมถึงสภาวะแวดล้อมในการเลี้ยง ทำให้ปลาเกิดภาวะเครียด สุขภาพอ่อนแอ และติดเชื้อได้ง่าย (วิเชียร, 2542) เกษตรกรนิยมนำยาปฏิชีวนะเข้ามาใช้ในระบบการเลี้ยงเพื่อแก้ปัญหาการตายที่เกิดขึ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดการตกค้างของยาในผลผลิตจากการเลี้ยงและตกค้างในสิ่งแวดล้อม ทั้งยังส่งผลให้มีการสะสมของยาในผู้บริโภค แนวทางการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่มีคุณสมบัติและฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ โดยไม่ก่อให้เกิดการตกค้างจึงเป็นทางเลือกของเกษตรกรที่จะนำมาใช้เพื่อเลี้ยงปลานิลที่มีคุณภาพ ปลอดภัย ไม่มีสารตกค้างได้ต่อไป

ฝรั่ง (Guava; *Psidium guajava*) จัดเป็นผลผลิตจากธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มีการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ มาอย่างช้านาน เนื่องจากในฝรั่งมีสารสำคัญ(bioactive compounds) หลากหลายชนิด เช่น tannins, phenolics, terpenes, saponins และ flavonoids เป็นต้น (Shager, 2017) และมีสรรพคุณที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าสามารถต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ต้านทานอนุมูลอิสระ และมีวิตามินสูง (Hobert และ Tietze, 1998; Haida และคณะ, 2011). โดยการศึกษาในสัตว์น้ำมีรายงานว่าสารสกัด

[1]สาขาประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ธัญบุรี ปทุมธานี 12130
[1]Fisheries Program, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

หยาบจากในฝรั่งสามารถยับยั้งเชื้อวิบริโอที่แยกจากกุ้งกุลาดำที่เป็นโรคได้ (สถาพร และอุษณีย, 2535) และ Direkbusarakom และคณะ (1997) รายงานว่า ใบฝรั่งมีผลในการป้องกันและการรักษาโรคติดเชื้อที่เกิดจากเชื้อ *A. hydrophila* ในปลาดุกบิ๊กอุย นอกจากนี้ สถิตย์ (2549) ยังรายงานว่า สารสกัดใบฝรั่งแบบหยาบที่ระดับความเข้มข้น 800 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้ง เชื้อ *A. hydrophila* ในจานทดลอง (in vitro) และการให้สารสกัดใบฝรั่งกับปลาคาร์ฟโดยวิธีการจุ่มมีผลเพิ่มอัตราการรอดของปลาได้

แม้ใบฝรั่งจะมีผลออกฤทธิ์ต่อเชื้อที่ดีแต่จากข้อมูลงานวิจัยเบื้องต้นพบว่างานวิจัยใบฝรั่งกับปลานิลมีการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นพิษน้อย งานวิจัยครั้งนี้จึงสนใจศึกษาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของสารสกัดใบฝรั่งต่อปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่ทำให้ปลานิลตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (24-hr LC_{50}) และประเมินค่าความปลอดภัยสำหรับการนำไปใช้ รวมถึงสังเกตการตอบสนองของปลานิลในระหว่างการได้รับสารสกัดใบฝรั่ง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงปลานิลต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองความเป็นพิษเฉียบพลันของสารสกัดใบฝรั่งต่อปลานิลในเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้วิธีชีววิเคราะห์ในน้ำนิ่ง (Static Bioassay Method) ในการทดสอบค่าความเป็นพิษของสารสกัดใบฝรั่ง การดำเนินการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยมีการทดลองขั้นต้น (Range Finding Test) เพื่อหาระดับความเข้มข้นของสารสกัดเพื่อนำไปทดสอบในขั้นละเอียด (Full Scale Test) ต่อไป

ในขั้นตอนการทดลองจะทำการเตรียมสารสกัดใบฝรั่งด้วยน้ำด้วยวิธีการแช่ (Maceration) (1:10 w/v) และกำหนดระดับความเข้มข้นของสารสกัดใบฝรั่งจำนวน 5 ระดับ พร้อมชุดควบคุม (0 ppm) สำหรับใช้ในการทดลองขั้นต้นเพื่อหาระดับของสารสกัดที่ทำให้ปลานิลตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และรอด 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำมากำหนดความเข้มข้นในการทดลองขั้นละเอียดโดยการใช้ log scale ปลานิลขนาด 1.5±0.2 เซนติเมตร ที่นำมาปรับสภาพในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 200 ลิตร เป็นเวลา 3 วัน จะถูกนำมาใส่ตู้กระจก ขนาด 6 x 12 x 7 นิ้ว จำนวนตู้ละ 20 ตัว เพื่อใช้ในการทดลอง บันทึกลักษณะการตอบสนอง และผลการตายของลูกปลานิลที่เกิดขึ้นในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยสังเกตปลานิลตายเมื่อไม่มีการเคลื่อนไหว และนำออกจากการทดลองทันที (สุรกาญจน์ และคณะ, 2554; Throp และ Lake, 1974) ข้อมูลที่ได้ ในแต่ละชุดทดลองมาคำนวณหาค่ามัธยฐานของความเป็นพิษและค่า LC_{50} ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบโปรบิท (Probit Analysis) ตามวิธีของ Litchfield และ Wilcoxon (1949) และการประเมินความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Safe concentration) มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนและหลังการทดลองซึ่งประกอบไปด้วย อุณหภูมิ (Temperature) ความเป็นกรด–ด่าง (pH) และออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองขั้นต้น(Range Finding Test) พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดใบฝรั่งที่ทำให้ปลานิลตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และระดับความเข้มข้นของสารสกัดใบฝรั่งสูงสุดที่ทำให้ปลานิลรอด 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 300 และ 50 ppm และเมื่อนำค่าที่ได้มากำหนดช่วงระดับความเข้มข้นในการทดลองขั้นละเอียดด้วย log scaleได้ระดับความเข้มข้นในขั้นละเอียด(Full Scale Test) ของสารสกัดใบฝรั่งที่ 0 100 132 173 228 และ 300 ppm และเมื่อนำมาใช้ทดลองความเป็นพิษของสารสกัดใบฝรั่งต่อปลานิลขนาด 1.5±0.2 เซนติเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ระดับความเข้มข้น 0 และ 100 ppm ไม่พบการตายของปลานิลตลอดระยะเวลาในการทดลอง ส่วนที่ระดับความเข้มข้นที่ 132 ppm ปลานิลเริ่มตายในชั่วโมงที่ 18 และมีการตายต่อเนื่องในชั่วโมงที่ 24 โดยมีอัตราการตายสะสมคิดเป็น 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ระดับความเข้มข้นที่ 173 ppm ปลานิลเริ่มมีการตายในชั่วโมงที่ 12 18 และ 24 โดยมีอัตราการตายสะสมคิดเป็น 15 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 228 ppm ปลานิลเริ่มมีการตายในชั่วโมงที่ 6 12 18 และ 24 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นอัตราการตายสะสม 10 25 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งในระดับความเข้มข้น 300 ppm ปลานิลเริ่มตายอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่ 3 6 12 18 และ 24 ชั่วโมง มีอัตราการตายสะสมคิดเป็น 15 30 58.33 78.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปลานิลที่ได้รับสารสกัดใบฝรั่งในระดับความเข้มข้นสูงจะมีการตายเร็วกว่าในปลานิลที่ได้รับสารสกัดที่มีความเข้มข้นในระดับต่ำกว่า และการตายที่เกิดขึ้นมีการสะสมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแสดงถึงค่าความเป็นพิษที่สูงในสารสกัดที่มีระดับความเข้มข้นมาก เช่นเดียวกับการทดลองของบุญธิดา (2538) ได้ทำการทดสอบค่าความเป็นพิษของสารสกัดใบฝรั่งในปลาดุกลูกผสมขนาด 4 - 5 เซนติเมตร ที่พบว่า มีการตายของปลาที่มากขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลานิล (เปอร์เซ็นต์) ในแต่ละระดับความเข้มข้น ที่เวลา 24 ชั่วโมง มาวิเคราะห์แบบโปรบิท (Probit Analysis) เพื่อหาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของปลานิลต่อสารสกัดใบฝรั่งที่ 24 ชั่วโมง จากกราฟแสดงความสัมพันธ์

ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดใบฝรั่งและอัตราการตายสะสมพบว่า ค่าความเป็นพิษของสารสกัดใบฝรั่งต่อปลานิลขนาด 1.5±0.2 เซนติเมตร มีค่ามัธยฐานความเป็นพิษ LC_{50} เท่ากับ 200 ppm โดยมีความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 200 (185.63-215.48) ppm และมีค่าความลาดเอียง (Slope Function) เท่ากับ 1.435 (1.078–1.911) และเมื่อนำมาคำนวณค่าความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Safe Concentration) ของสารสกัดใบฝรั่งต่อปลานิลขนาด ในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 10 ppm (Table 2) โดย บุญธิดา (2538) ได้ทำการทดสอบค่าความเป็นพิษของสารสกัดใบฝรั่งในปลาดุกลูกผสมขนาด 4 - 5 เซนติเมตร พบว่ามีค่า 96-hr LC_{50} เท่ากับ 295 ppm ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 295 (258.79–336.27) ppm ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าในการทดลองครั้งนี้ เนื่องจากปลาดุกมีอวัยวะช่วยหายใจจึงมีความอดทนต่อสภาพแวดล้อมและสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนต่ำได้ และความทนทานต่อสารในปลาแต่ละชนิดแตกต่างกันส่งผลให้ค่า LC_{50} ในการทดลองแตกต่างกัน นอกจากนี้ช่วงระยะเวลาในการทดลองและตัวทำละลายในการสกัดมีส่วนสำคัญต่อการออกฤทธิ์ของสารในแต่ละชนิดซึ่งส่งผลต่อค่าความเป็นพิษและค่า LC_{50} ที่เกิดขึ้น

Table 1 Cumulative mortality (percent) of Nile Tilapia were obtained guava leaf extract.

Time (min)	Guava leaf extract concentration (ppm)					
	0 (Control)	100	132	173	228	300
3	0	0	0	0	0	15
6	0	0	0	0	10	30
12	0	0	0	15	25	58.33
18	0	0	10	25	40	78.33
24	0	0	15	35	60	100

Table 2 LC50 at 24 hours of guava leaf which extracted by water in Nile Tilapia (ppm)

LC50 at 24 hrs.	Slope Function	Safe Concentration
200 (185.63-215.48)	1.435 (1.078-1.911)	10

ปลานิลขนาด 1.5±0.2 เซนติเมตร มีการตอบสนองต่อสารสกัดใบฝรั่งที่ระดับความเข้มข้น 132 173 228 และ 300 ppm โดยในช่วงต้นปลานิลปิดเปิดกระพุ้งแก้มเพิ่มมากขึ้น ว่ายน้ำช้าลง และในช่วงต่อมาเริ่มลอยนิ่งอยู่ก้นตู้ในลักษณะที่ไม่เคลื่อนไหว รวมถึงมีการขับถ่ายมากตามช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยในระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 173 ppm ขึ้นไปพบว่ามีขับถ่ายเพิ่มขึ้นตั้งแต่ชั่วโมงที่เริ่มพบการตาย นอกจากนี้ยังพบอาการตัวซีด การปิดเปิดของกระพุ้งแก้มช้าลงในช่วงท้ายของการทดลอง โดยในปลานิลที่ได้รับสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 228 และ 300 ppm ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นของสารสกัดใบฝรั่งที่สูงของการทดลองจะมีการตอบสนองและแสดงอาการต่าง ๆ อย่างรวดเร็วตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 และพบการตายต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง สอดคล้องกับ บุญธิดา (2538) รายงานว่า หลังจากการทดลองความเป็นพิษของสารสกัดใบฝรั่งในปลาดุกลูกผสมผ่านไป 6 ชั่วโมง ในระดับความเข้มข้นที่สูงกว่า 309 ppm ปลาส่วนใหญ่ขึ้นมาลอยตัวให้ลำตัวตั้งจากกับผิวน้ำ การเคลื่อนไหวน้อยลง และเริ่มมีการตาย โดยปลาที่ใกล้ตาย เริ่มว่ายน้ำช้าลง สูญเสียการทรงตัว ตกลงสู่พื้นก้นตู้ และค่อย ๆ นิ่งไปไม่เคลื่อนไหว กระพุ้งแก้มหยุดการปิดเปิดและลำตัวมีเมือกมาก ซึ่งอาการส่วนใหญ่คล้ายกับที่พบในการทดลองครั้งนี้

คุณภาพน้ำการทดลองมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27 - 28 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด–ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 6.53 – 6.82 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 3.35 – 3.80 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าคุณภาพน้ำในการทดลองไม่เกินเกณฑ์กำหนด (กรมประมง, 2530) ซึ่งแสดงว่าการตายของปลาในระหว่างการทดลองไม่เป็นผลเนื่องมาจากคุณภาพน้ำ

แต่การนำใบฝรั่งไปประยุกต์ใช้นั้นแม้มีรายงานการวิจัยในสัตว์น้ำระบุว่า ฝรั่งมีค่าความเป็นพิษต่ำต่อ salmon cell line และกุ้งกุลาดำ และสารสกัดมีประสิทธิภาพในการป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรียในปลาดุกได้ (Direkbusarakom และคณะ, 1997) แต่ก็มีข้อควรคำนึงโดย บังอร และคณะ (2547) รายงานว่าการใช้สมุนไพรฝรั่งระดับความเข้มข้นต่ำในระยะสั้นจะไม่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงใด ๆ แต่หากใช้ในระยะเวลาที่นานขึ้นอาจมีผลตกค้างและก่อให้เกิดพิษต่อเซลล์ร่างกายได้ ดังนั้นการนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ควรมีการศึกษาถึงข้อมูลด้านระยะเวลาและปริมาณการนำไปใช้ในสัตว์น้ำในระดับฟาร์ม ต่อไป

สรุปผล

การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของสารสกัดใบฝรั่งต่อปลานิล ขนาด 1.5±0.2 เซนติเมตร ในเวลา 24 ชั่วโมง (LC_{50}-24 hrs) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 มีค่าเท่ากับ 200 (185.63-215.48) ppm โดยมีค่าความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Safe Concentration) เท่ากับ 10 ppm โดยปลานิลจะมีการตายเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่ได้รับสารนานขึ้น โดยก่อนตายมีอาการว่ายน้ำช้าลง ลอยนิ่งอยู่ก้นตู้ และมีการขับถ่ายมากผิดปกติ

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง, 2530, เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด, เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 75/2530, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ.

กรุงเทพธุรกิจ, 2563, สกสว หนุนวิจัยการยกระดับการเลี้ยงปลานิลเพิ่มมูลค่าหมื่นล้าน, แหล่งที่มา: https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/867546. 16 เมษายน 2563.

วิเชียร หวัดสนิท, 2542, คู่มือการเลี้ยงปลานิล, สำนักพิมพ์เกษตรวิชาการ, กรุงเทพฯ.

บุญธิดา เกตุสมบูรณ์, 2538, การศึกษาผลของสารสกัดใบฝรั่งต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* และความเป็นพิษของปลาดุกลูกผสม, รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.

บังอร บัวคำไหล, สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์, บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ วีระวงค์คำ, 2547, ระดับและชนิดของสมุนไพรที่มีผลต่อการป้องกันโรคบิด, น.163-168, *ใน* การประชุมวิชาการสมุนไพรไทย โอกาสและทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ ครั้งที่ 2, 15-16 มกราคม 2547, โรงแรมสยามซิตี้, กรุงเทพฯ.

สถาพร ดิเรกบุษราคม และ อุษณีย์ เอกปณิธานพงศ์, 2535, ผลของสารสกัดหยาบจากใบฝรั่งต่อเชื้อวิบริโอที่แยกจากกุ้งกุลาดำที่เป็นโรค, รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2535, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

สถิตย์ อรุณแสง, 2549, การศึกษาคุณลักษณะต้านเชื้อแบคทีเรียแอโรโมนาส ไฮโดรฟิลล่าในปลาคาร์พด้วยสารสกัดใบฝรั่ง, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สัตวแพทยศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุรกาญจน์ ไพรชำนาญ, ยุพดีชัย สุขสันต์, วรรณชไม การถนัด และ บุญส่ง สุขเกษม, 2554, พิษเฉียบพลันของสังกะสีออกไซด์ต่อปลานิลแดง, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 19(1): 19-26.

Direkbusarakom, S.,Herunsalee, A., Yoshimizu, M., Ezura, Y. and Kimura, T., 1997, Efficacy of Guava (*Psidium guajava*) Extract against Some Fish and Shrimp Pathogenic Agents, p 359-363, *In* Proceeding of Disease in Asian Aquaculture III, Bangkok, Thailand.

Haida, K.S., Baron, A., and Haida, K.S., 2011, Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Two Varieties of Guava and Rue, Revista Brasileira de Ciências da Saúde, 28: 11-19.

Hobert I. and Tietze H.W., 1998, Guava as Medicine: A Safe and Cheap Form of Food Therapy, Pelanduk Publications, Kelana Jaya, Selangor, Malaysia.

Shager, G.I.A., 2017, Efficacy of Using Guava Leaves (*Psidium guajava*) as Nonspecific Immune Stimulant in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Egyptian Journal for Aquaculture, 7(2): 33-53.

Litchfield, J.T. and Wilcoxon, F., 1949, A Simplified Method of Evaluating Does Effect Experiments, Journal of Pharmacology and Experiment Therapeutics, 96: 99-113.

Thorp, V.J. and Lake, P.S., 1974, Toxicity Bioassays of Cadmium on Selected Freshwater Invertebrates and the Interaction of Cadmium and Zinc on the Freshwater Shrimp, *Paratya tasmaniensis* Riek, Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 25: 97-104.

ผลของเจลาตินเกล็ดปลาสลิดต่อเปลือกมะนาวในการผลิตเยลลี่ต้านอนุมูลอิสระ
The Effect of Sepatsiam Scales Gelatin to Dried Lime Peel in the Production of Antioxidant Jelly

อดิศักดิ์ วงศ์ษา[1] บังอร ฉางทรัพย์[1] และ พรพิมล กาญจนวาศ[1]
Wongsa, A.[1], Changsap, B.[1] and Kanjanavas, P.[1]

Abstract

This research studied on effect of fish gelatin to freeze-dried lime peel for jelly production. The comparison was performed by various ratio of fish gelatin per total weight that was divided into 5 formulas were 4.5% (A), 6.5% (B), 8.5% (C), 10.5% (D) and 12.5%(E) by weight, respectively and was fixed freeze-dried lime peel at 0.05%. Therefore, adding freeze-dried lime peel into jelly production is reason for food coloring agent, flavoring agent and increasing antioxidant. The results represented that formula E shown had higher acceptability indicating by yellow tone color index (L* 28.12, a* -0.10, b* 2.64, and *h*° 94.14), DPPH* radical scavenging property (0.81%) and texture (294.16 N), respectively.

Keywords: Fish scale, Jelly, Lime peel, Antioxidant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของเจลาตินจากเกล็ดปลาต่อผงเปลือกมะนาวในการผลิตเยลลี่ โดยทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนของเจลาตินต่อน้ำหนักโดยรวมทั้งหมด ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 สูตร คือ A, B, C, D และ E คิดเป็นร้อยละ 4.5, 6.5, 8.5, 10.5 และ 12.5 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยในแต่ละสูตรมีผงเปลือกมะนาวคิดเป็นร้อยละ 0.05 คงที่ เปลือกมะนาวแช่เยือกแข็งถูกใช้เพื่อการแต่งสี แต่งกลิ่นและเสริมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เยลลี่ จากการทดลองพบว่าเยลลี่สูตร E ให้ค่าสี ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH และให้ค่าเนื้อสัมผัสของเยลลี่ดีที่สุด โดยให้สีโทนสีเหลือง มีค่า L^* เท่ากับ 28.12 ค่า a^* เท่ากับ -0.10 ค่า b^* เท่ากับ 2.64 ค่า h° เท่ากับ 94.14 มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH* คิดเป็นร้อยละ 0.81 และมีค่าเนื้อสัมผัสของเยลลี่เท่ากับ 294.16 นิวตัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: เกล็ดปลา เยลลี่ เปลือกมะนาว สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

บริเวณเปลือกมะนาวมีสารที่สำคัญอยู่ในปริมาณมาก ได้แก่ สารดี-ลิโมนีน (d-Limonene) สารประกอบสารฟีนอลิก (phenolic compound) และสารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid) เช่น นารินจิน เฮสเปอริดิน และนารินจีนิน สารนารินจิน เป็นต้น โดยสารดังกล่าวจะมีรสชาติที่ขมแต่มีประโยชน์หลายอย่าง เช่น มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สามารถนำมาผสมเพื่อดับกลิ่น หรือใช้แต่งกลิ่นของผลิตภัณฑ์เยลลี่ สามารถลดอาการไข้หวัด และลดปัญหาการหายใจไม่สะดวก นอกจากนี้ยังพบว่าบริเวณเปลือกมะนาวจะมีสารสำคัญนี้มากว่าในเนื้อมะนาวอีกด้วย (Ani และ Abel, 2018) เปลือกมะนาวจะอุดมไปด้วยสารประกอบสารฟีนอลิกมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในผลิตภัณฑ์จากผลไม้และไก่ ได้แก่ *Salmonella typhi*, *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* เป็นต้น จึงมีการใช้สารสกัดจากเปลือกมะนาวมาเป็นบรรจุภัณฑ์ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร (Al-Dalali และคณะ, 2019) บริเวณเปลือกหรือชั้นฟลาวิโด (flavedo) จะมีคลอโรฟิลล์ และสารสีอื่นๆซึ่งสามารถใช้เป็นสีธรรมชาติ (Rafiq และคณะ, 2018) ในจังหวัดสมุทรปราการได้มีการแปรรูปปลาสลิดเป็นจำนวนมากจึงมีเกล็ดปลาสลิดที่เป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรสามารถนำมาสกัดเจลาติน เจลาตินส่วนใหญ่ตามท้องตลาดได้มาจากหมู ทำให้ผู้บริโภคกลุ่มมุสลิมไม่สามารถบริโภคได้ งานวิจัยนี้จึงสนใจสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาเพื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์เยลลี่เพื่อเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งทางการเกษตร แต่เยลลี่ที่ได้จากเกล็ดปลามักจะมีกลิ่นเฉพาะตัวซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้เปลือกมะนาวที่เหลือทิ้งจากการแปรรูปมาทำผงเพื่อใช้แต่งกลิ่นและสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ พร้อมยังมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคอีกด้วย โดยในงานวิจัยได้ศึกษาอิทธิพลของปริมาณเจลาตินที่มีผลต่อสีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เยลลี่

[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. การสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิดและตรวจสอบคุณภาพของเจลาติน

นำเกล็ดปลาสลิดมาล้างด้วยน้ำไหล จนใสผึ่งแดดให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมงจากนั้นนำมาสกัดเจลาตินตามวิธีดัดแปลงมาจาก วรรณวิมล (2540) เมื่อได้แผ่นเจลาติน นำแผ่นเจลาตินที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ ค่าสี ค่าความเป็นกรดด่าง โดยทำการละลายด้วยน้ำอุ่นที่ 40 องศาเซลเซียส และวัดค่าด้วยเครื่อง pH meter เก็บแผ่นเจลาตินแห้งไว้ในที่มิดชิดเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2. การเตรียมผงเปลือกมะนาวและตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

นำเปลือกมะนาวที่เป็นของเหลือทิ้งมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดจำนวน 3 ครั้ง หั่นเปลือกมะนาวโดยให้แต่ละชิ้นมีขนาดเท่ากับ 0.5 x 0.5 มิลลิเมตร หลังจากนั้นนำมาทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง freeze dry (LABCONCO; USA) โดยใช้อุณหภูมิ -50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 ชั่วโมง นำเปลือกมะนาวที่แห้งมาบดให้เป็นผงเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของเยลลี่ หลังจากนั้นเก็บใส่ถุงรักษาให้พ้นจากแสงและความชื้น และนำไปศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ใช้โทรล๊อกซ์ (trolox) เป็นสารมาตรฐาน (ดัดแปลงมาจาก Brand และคณะ 1995)

3. การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการทำเยลลี่จากเจลาตินเกล็ดปลาสลิดผสมผงเปลือกมะนาว

นำเจลาตินที่สกัดได้มาทำเป็นเยลลี่ โดยแบ่งออกเป็น 5 สูตร คือ A, B, C, D และ E โดยในแต่ละสูตรจะใช้เจลาตินร้อยละ 4.5, 6.5, 8.5, 10.5 และ 12.5 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และใส่ส่วนประกอบอื่นในอัตราส่วนคงที่ ซึ่งประกอบไปด้วย ผงบุกร้อยละ 1.5 น้ำตาลมอลติทอลร้อยละ 40 อะเซซัลเฟม-เคร้อยละ 0.05 และกรดซิตริกร้อยละ 0.75 นำส่วนผสมมาละลายด้วยน้ำเปล่าผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงมาที่ 45 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมผงเปลือกมะนาวที่เตรียมได้ลงไปในอัตราส่วนร้อยละ 0.05 คนให้เข้ากัน แล้วเทใส่พิมพ์รูปสี่เหลี่ยม และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนเยลลี่ขึ้นรูป เยลลี่แต่ละสูตรจะมีจำนวน 4 ซ้ำ นำเยลลี่ทุกสูตรออกจากพิมพ์ เพื่อนำไปศึกษาค่าเนื้อสัมผัส ค่าสี ค่าความเป็นกรดด่าง และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทำผงเปลือกมะนาวด้วยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

จากการนำเปลือกมะนาวที่เป็นของเหลือทิ้งมาทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและบดเป็นผง เมื่อศึกษาสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ได้ค่าความเข้มข้น เท่ากับ 0.198 ไมโครโมลาร์ต่อ 1 กรัม และมีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารอนุมูลอิสระ เท่ากับร้อยละ 1.24 และแสดงสีออกโทนเหลืองเขียวดัง Figure 1

Figure 1 Appearance of freeze dried lime peel

การศึกษาค่าสีของเยลลี่แต่ละสูตร

ผลการวัดสีวันแรกในแต่ละสูตรมีค่า L*, b* และ *h*° ดังแสดงค่าใน Table 1 ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) พบว่าค่า *h*° มีค่าเท่ากับ 90 องศา แสดงว่าอยู่ในโทนสีเหลือง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ทุกสูตรอยู่ในโทนสีเหลืองซึ่งเป็นสีที่ได้มาจากผงเปลือกมะนาว โดยปริมาณของเจลาตินที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เยลลี่มีสีออกโทนเหลืองเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังแสดงค่าใน Table 1 และเมื่อทำการเก็บรักษาเยลลี่ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในภาชนะใสปิดฝาเป็นระยะเวลา 13 วัน พบว่าสีเหลืองของเยลลี่จะค่อยๆ ลดลง ดังแสดงใน Figure 2

Table 1 Color characteristics of antioxidant jellies

Color index / Formula	L* (mean±SD)	a* (mean±SD)	b* (mean±SD)	*h°* (mean±SD)
A	28.35±1.34	-0.13±0.06	1.73±0.51	98.28±3.42
B	28.28±2.02	-0.12±0.25	1.82±0.50	97.65±1.58
C	28.23±2.45	-0.12±0.04	1.95±0.58	96.30±5.96
D	28.18±1.70	-0.11±0.06	2.42±0.01	94.40±2.49
E	28.12±3.88	-0.10±0.06	2.64±0.03	94.14±5.88

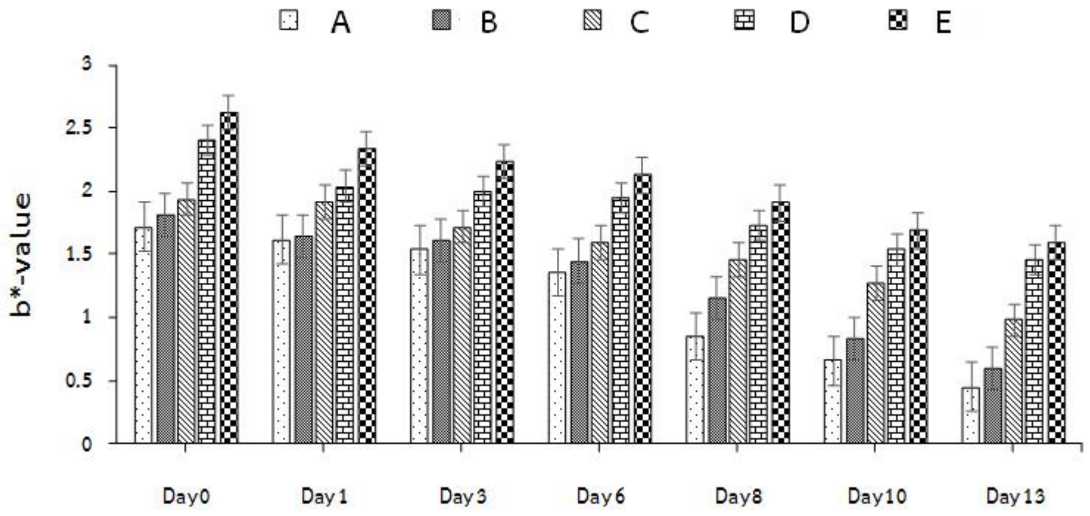


Figure 2 b*- value antioxidant jellies during storage at 4 ^{o}C for 13 days.

การศึกษาสัดส่วนของเจลาตินที่มีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากผงเปลือกมะนาว

ผงเปลือกมะนาวที่ผ่านการทำแห้งมีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 1.24 แต่เมื่อเติมผงเปลือกมะนาวลงในเยลลี่ พบว่าเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลง โดยสูตร E ซึ่งมีปริมาณเจลตินมากสุดจะมีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเท่ากับ 0.81±0.03 รองลงมาคือสูตร D มีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.62±0.02 สูตร C มีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.57±0.02 สูตร B มีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.44±0.02 และสูตร A มีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระต่ำสุดเท่ากับ 0.33±0.01 ตามลำดับ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่สูตร E มีปริมาณเจลาตินมากสามารถรักษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระไว้ได้ดีกว่าสูตรที่มีปริมาณเจลาตินน้อย เนื่องจากเจลาตินจากปลามีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Lv และคณะ, 2019; Yang และคณะ, 2019) จึงทำให้เยลลี่สูตร E มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าสูตรอื่น

การศึกษาเนื้อสัมผัสของเยลลี่แต่ละสูตร*

จากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของเยลลี่แต่ละสูตร พบว่ามีค่าแตกต่างกัน โดยสูตร E มีค่าเนื้อสัมผัสสูงที่สุดเท่ากับ 294.18±0.97 นิวตัน รองลงมา คือ สูตร D มีค่าเท่ากับ 274.48±0.83 นิวตัน สูตร C มีค่าเท่ากับ 230.42±0.63 นิวตัน สูตร B มีค่าเท่ากับ 196.41±0.75 และสูตร A มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 99.17±0.51 นิวตัน ค่าเนื้อสัมผัสจะบ่งบอกถึงความแข็งแรงของเยลลี่ โดยมีเจลาตินและบุกเป็นองค์ประกอบหลักในการขึ้นรูป เมื่อมีปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้นค่าความแข็งแรงของเยลลี่จะเพิ่มขึ้น ซึ่งเจลาตินจากปลาน้ำอุ่นจะให้เจลที่อ่อนและเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส (Muyonga และคณะ, 2004) เมื่อเปรียบเทียบเยลลี่

สูตร E กับมะม่วงหาวมะนาวโห่ พบว่ามีค่าเนื้อสัมผัสที่น้อยกว่าเยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่ (540.66 นิวตัน) ซึ่งใช้เพคตินและคาราจีแนนเป็นองค์ประกอบหลักในการขึ้นรูป (กลมพิพัฒน์, 2560) ดังนั้นสูตร E จึงมีโครงสร้างที่แข็งแรงสามารถคงรูปได้นานกว่าสูตร A-D ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Texture of antioxidant jellies.**

Formula	A	B	C	D	E
Gelatin (% w/v)	4.5	6.5	8.5	10.5	12.5
Texture (N)	99.17±0.51	196.41±0.75	230.42±0.63	274.48±0.83	294.18±0.97

สรุป

ผงเปลือกมะนาวในเยลลี่นอกจากจะช่วยแต่งสี และยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และดับกลิ่นไม่พึงประสงค์ของเจลาตินจากปลา โดยอัตราส่วนของเจลาตินในเยลลี่ที่เพิ่มขึ้นส่งผลช่วยให้สีเหลืองจากผงเปลือกมะนาวมีค่าสูงขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองน่ารับประทาน และช่วยเสริมฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเยลลี่ นอกจากนี้การเพิ่มสัดส่วนของเจลาตินทำให้เยลลี่มีค่าเนื้อสัมผัสและเนื้อมีความคงตัวมากขึ้น ทั้งเปลือกมะนาวและเกล็ดปลาสลิดเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีประโยชน์และมีคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือทิ้งทางการเกษตรและเป็นการลดขยะที่ทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมต่อไป

คำขอบคุณ

ขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กลมพิพัฒน์ ชนะสิทธิ์, 2560, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพมหานคร.

วรรณวิมล คล้ายประเสริฐ, 2540, การผลิตเจลาตินจากหนังปลากระพงแดง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Al-Dalali, S., Zheng, F. and Al-Farga, A., 2019, Prolonged the Shelf Life of Different Foods Using the Citrus By-product as Antimicrobial: A Review Article, Annals of Agricultural and Crop Sciences, 4 (1):1039.

Ani, P.N. and Abel, H.C., 2018, Nutrient, Phytochemical, and Antinutrient Composition of *Citrus maxima* Fruit Juice and Peel Extract, Food Science and Nutrition, 6(3): 653–658.

Brand, W.W., Cuvelier, M., and Berset, C., 1995, Use of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, LWT - Food Science and Technology, 28(1): 25-30.

Lv, L.C., Huang, Q.Y., Ding, W., Xiao, X.H., Zhang, H.Y., and Xiong, L.X., 2019, Fish gelatin: The novel potential applications, Journal of Functional Foods, 63

Muyonga, J.H., Cole, C.G.B. and Duodu, K.G., 2004, Characterisation of Acid Soluble Collagen from Skins of Young and Adult Nile Perch (*Lates niloticus*), Food Chemistry, 85: 81-89.

Rafiq, S., Kaul, R., Sofi, S.A., Bashir, N., Nazir, F. and Nayik, G.A., 2018, Citrus Peel as a Source of Functional Ingredient: A Review, Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 17(4): 351-358.

Yang, X.R., Zhao, Y.Q., Qiu, Y.T., Chi, C.F. and Wang, B., 2019, Preparation and Characterization of Gelatin and Antioxidant Peptides from Gelatin Hydrolysate of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) Bone Stimulated by in vitro Gastrointestinal Digestion, Marine Drugs, 17(2): E78.

การบ่งชี้ความสุกของทุเรียนหมอนทองโดยใช้เครื่องรามานสเปกโทรสโครปี
Identification of the Ripening of Durian 'Monthong' Using Portable Raman Spectroscopy

จณิสดา วรรธนะศานต์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฐติพล ไข่แสงศรี[2] และอภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1]
Wattanasan, J[1], Laohakuljit, N[2], Kerdchochuen, O[1], Kaisangsri, N[2], Uthairatanakij, A[1]

Abstract

Respiration is an important factor involved fruit ripening from unripe to ripen fruit. Fruit quality could be assessed by non-destructive equipment such as Raman spectroscopy. In this study, durian pulp at different stage (unripe, ripen and overripe) were analyzed the variation in composition using Raman spectroscopy. The result showed changes of composition in durian pulp during ripening process. Raman relative intensities in unripe was higher than ripen and overripe, it was confirmed that starch skeleton and amine groups were reduced from unripe to overripe stage. The presence of aldehydic sugars were increased in ripen and overripe stage, while phenolic compound were decreased in overripe durian. However, there is no significantly different change of lycopene and carotene in durian ripening. Therefore, Raman spectroscopy is an alternative technique to observe the changes in compositions of durian pulp. It could be applied to relate with physical, chemical and biological changes during durian ripening.
Keywords: Durian, Fruit ripening, Raman spectroscopy

บทคัดย่อ

กระบวนการหายใจของผลไม้เป็นปัจจัยที่ทำให้ผลไม้เปลี่ยนจากดิบไปเป็นสุก ซึ่งคุณภาพของผลไม้สามารถประเมินได้โดยเครื่องมือวิเคราะห์ที่ปราศจากการทำลาย เช่น เครื่องรามานสเปกโตรสโครปี งานวิจัยนี้จึงวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบในเนื้อทุเรียนที่ระยะแตกต่างกัน (ดิบ สุก และงอม) โดยใช้เครื่องรามานสเปกโตรสโครปี ผลการวิเคราะห์พบว่าองค์ประกอบของทุเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหายใจของทุเรียน โดยที่ค่าความเข้มสัมพัทธ์ (Raman relative intensity) ในระยะดิบสูงกว่าระยะสุก และระยะงอม ซึ่งยืนยันถึงการลดลงของแป้ง และกลุ่มเอมีน นอกจากนี้ยังพบน้ำตาลแอลดีไฮด์ในระยะสุก และระยะงอม อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงแคโรทีน และสารประกอบฟีนอลลิคไม่พบความแตกต่างในทั้งสามระยะ ดังนั้นเครื่องรามานสเปกโตรสโครปีเป็นเทคนิคทางเลือกหนึ่ง ที่สามารถบ่งชี้ความสุกของทุเรียน แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบในเนื้อทุเรียน และสามารถนำไปประยุกต์ เพื่อหาความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพระหว่างการสุกของทุเรียนได้
คำสำคัญ: ทุเรียน การหายใจของผลไม้ รามานสเปกโตรสโครปี

คำนำ

กระบวนการหายใจเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของผลไม้ (Cocci และคณะ, 2006) โดยเฉพาะทุเรียนที่เป็นผลไม้เศรษฐกิจของประเทศไทย และยังเป็นผลไม้ที่มีการหายใจอย่างต่อเนื่องหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้ว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงบางชนิดสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า เช่น การเปลี่ยนแปลงสี แต่การเปลี่ยนแปลงเชิงโมเลกุล หรือการเกิดปฏิกิริยาไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า (Cox และคณะ, 2004) โดยทั่วไปทุเรียนมีเปลือกที่แหลม และหนา ทำให้ไม่สามารถมองเห็นการสุกของเนื้อทุเรียนได้ ซึ่งการวิเคราะห์ความสุกของทุเรียน ทำได้โดยการเคาะฟังเสียงที่เปลือกทุเรียน ซึ่งไม่สามารถบอกความสุกของเนื้อทุเรียนได้อย่างแม่นยำ หรือการผ่าหรือหั่นเปลือกทุเรียนเพื่อสัมผัสเนื้อทุเรียนโดยตรง ปัจจุบันมีการนิยมใช้เครื่องมือในตรวจคุณภาพของผลไม้ เช่น การใช้เครื่อง Near-Infrared spectroscopy (NIR) เพื่อตรวจวัดความสุกของผลอะโวคาโด โดยอาศัยหลักการตก

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntien, Bangkok 10150
[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[3] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntien, Bangkok 10150

กระทบ และการดูดกลืนแสงบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเลกุล ซึ่งมีพันธะเกี่ยวข้อง (Olarewaju และคณะ, 2016) แต่เครื่อง NIR มีข้อจำกัดในเรื่องความไวต่อการสัมผัส (sensitivity) และยังส่องทะลุผ่านตัวกลาง เช่น น้ำ ไม่ได้ อีกทั้งยังต้องมีสมการของตัวอย่างนั้นๆโดยเฉพาะ (Bakeev, 2003) นอกจากนี้มีรายงานการวิจัยพบว่า เครื่องรามานสเปกโตรสโครปี (Raman Spectroscopy) ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพของผลไม้ต่างๆที่มีเปลือกบางได้โดยไม่ต้องผ่า หรือหั่นเปลือกผลไม้ เช่น การติดตามความสดของส้ม (Nekvapil และคณะ, 2018) และติดตามความสุกของมะเขือเทศ (Trebolazabala และคณะ, 2017) โดยอาศัยหลักการกระเจิงของอนุภาคแสงเมื่อชนกับโมเลกุลของสาร โดยสนใจที่อนุภาคแสงที่มีการกระเจิงแบบ raman ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอนุภาคหลังการชน ทำให้เกิดการสั่นซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนโพลาไรซ์ของโมเลกุล (polarizability) (Ozaki และ Sasic, 2007) จึงสามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีในผลไม้ได้ ยิ่งไปกว่านั้นเครื่องรามานสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างที่อยู่ในแก้ว พลาสติก หรือพอลิเมอร์บางๆได้ อย่างไรก็ตามทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีเปลือกหนา และยังไม่มีรายงานการวิจัยการตรวจวิเคราะห์ความสุกของทุเรียนด้วยเครื่องรามานสเปกโตรสโครปี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสุกของเนื้อทุเรียน บ่งชี้ความสุกของทุเรียนโดยใช้เครื่องรามานสเปกโตรสโครปี รวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างรามานสเปกตรัมและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างการสุกของทุเรียน

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากจังหวัดจันทบุรี เมื่อเริ่มสุกที่ 80% (120±2 วัน หลังจากต้นทุเรียนเริ่มออกดอก) แล้วนำทุเรียนมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 วัน ติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีวันที่ 1 3 และ 5

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของทุเรียนในแต่ระยะการสุก ด้วยเครื่องรามานสเปกโตรสโครปี (Agilent, Santa Clara, USA) โดยนำทุเรียนมาผ่าเอาเปลือกออกในวันที่ 1 3 และ 5 แล้วนำโพรบของเครื่องรามาน ซึ่งประกอบด้วยเลเซอร์ 830 นาโนเมตร สแกนเข้ากับเนื้อทุเรียนที่บรรจุอยู่ในถุงพลาสติก PP หลังจากนั้นเครื่องแสดงผลเป็นแถบรามานสเปกตรัม และติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี โดยนำเนื้อทุเรียนที่เหลือจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องรามาน มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (Total soluble solid: TSS) ตามวิธีของ Amornputti และคณะ(2014) และวิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของเนื้อทุเรียน โดยดัดแปลงจากวิธีของ Niponsak และคณะ(2015) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากวิเคราะห์รามานสเปกตรัม และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเนื้อทุเรียน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของทุเรียน โดยใช้เครื่องรามานสเปกโตรสโครปี พบว่า แถบรามานสเปกตรัม (Raman spectra) ของเนื้อทุเรียนในวันที่ 1 แสดงช่วงความถี่ (bands) ที่สำคัญ ได้แก่ 478, 862, 937, 1082, 1126 และ 1458 ซม$^{-1}$ ซึ่งแสดงองค์ประกอบของแป้ง พอลิแซคคาไรด์แคโรทีน สารประกอบไวนิล แคโรทีน สารประกอบอีเทอร์ และสารประกอบเอมีน ตามลำดับ (ตารางที่1) ส่วนเนื้อทุเรียนในวันที่ 3 พบช่วงความถี่ที่สำคัญเช่นเดียวกับวันที่ 1 แต่แถบรามานสเปกตรัมมีความเข้มสัมพัทธ์ (Raman relative intensity) น้อยกว่าวันที่1 เช่นเดียวกับเนื้อทุเรียนในวันที่ 5 ที่มีความเข้มสัมพัทธ์น้อยกว่าวันที่ 3 และวันที่ 1 (รูปที่1) อีกทั้งยังปรากฏช่วงความถี่ 537, 637 ซม$^{-1}$ ที่แสดงถึงองค์ประกอบของน้ำตาลแอลดีไฮด์ในวันที่ 3 และวันที่ 5 หมายถึงมีการลดลงขององค์ประกอบของแป้ง พอลิแซคคาไรด์แคโรทีน สารประกอบไวนิล สารประกอบอีเทอร์ และสารประกอบเอมีนของเนื้อทุเรียนจากวันที่ 1 แต่มีการเกิดขึ้นของน้ำตาลแฮลดีไฮด์ในวันที่ 3 และวันที่ 5 ซึ่งสอดคล้องกับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (TSS) ที่เพิ่มขึ้นจากวันที่ 1, 3, 5 มีค่าเท่ากับ 3.4, 6.7, และ 7.8 องศาบริกซ์ ตามลำดับ และสัมพันธ์กับค่าความแน่นเนื้อที่ลดลงจากวันที่ 1, 3, 5 มีค่าเท่ากับ 27.311, 3.609, และ 0.213 นิวตัน ทั้งนี้เป็นเพราะกระบวนการหายใจที่ทำให้สารประกอบข้างต้นลดลง และกระบวนการสุกของทุเรียนทำให้แป้งถูกเอนไซม์ย่อยเป็นน้ำตาล (Toivenen และ DoEll, 2002) นอกจากนี้ยังพบองค์ประกอบแคโรทีน ที่ช่วงความถี่ 1008, 1260, 1380,1524 ซม$^{-1}$ และสารประกอบฟีนอลลิค ที่ช่วงความถี่ 1602 ซม$^{-1}$ ซึ่งสารประกอบทั้งสองชนิดนี้ ไม่พบความแตกต่างอย่างชัดเจนของเนื้อทุเรียนทั้งสามวัน

สรุปผลการทดลอง

จากผลแถบสเปกตรัมที่มีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบแป้งของทุเรียนในวันที่ 1 3 และ5 สัมพันธ์กับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำที่เพิ่มขึ้น และค่าความแน่นเนื้อที่ลดลง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเนื้อทุเรียน ทำให้สามารถบ่งชี้ถึงระยะแต่ละระยะของทุเรียนได้ คือเนื้อทุเรียนในวันที่ 1 เป็นระยะดิบ เนื้อทุเรียนวันที่ 3 เป็นระยะสุก และเนื้อทุเรียนวันที่ 5 เป็น

ระยะงอม ดังนั้นการใช้เครื่องรามานสเปกโตรสโครปีจึงสามารถตรวจวิเคราะห์ความสุก และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของทุเรียน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์ความสุกในทุเรียนตัดแต่ง และผลไม้อื่นได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Table 1 Assignment of vibration modes identified in the spectra of durian at day1, day3 and day5 obtained with Raman spectroscopy and 830 nm laser excitation wavelength.

Wavenumber (cm^{-1})			Vibrational assignment	Molecular assignment
Day 1	Day 3	Day 5		
365 (wm)	368 (w)	365 (w)	Chain expansion	n-alkanes
409 (w)	408 (vw)	405 (vw)		
443 (w)	448 (vw)	449 (vw)	C-O-C bend	C-O-C in ethers
478 (vs)	478 (wm)	478 (vw)	C-O-C bend	Starch skeleton
525 (w)	526 (wm)	523 (w)	S-S stretch	dialkyl disulfides
	537 (w)	537 (w)	C-C=O bend	C-C=O in aldehyde
Wavenumber (cm^{-1})			Vibrational assignment	Molecular assignment
Day 1	Day 3	Day 5		
580 (w)	583 (vw)	583 (vw)	C-C-CN bend	C-C-CN in nitriles
	637	636 (w)	C-C-CHO bending	C-C-CHO in aldehyde
725 (w)	730 (w)	728 (vw)	CH_2 racking in methylene chains	-(CH_2)- in hydrocarbon
	749 (w)	742 (vw)	C_4O skeleton stretch	Tertiary alcohol
	844 (s)	841 (m)	CH_2 out of plane deformation	CH_2 in trisubstitutes alkenes
862 (s)	863 (m)	863 (wm)	Asymmetric C-O-C stretch	Polysaccharide carotene
		929 (w)	Symmetric C-O-C stretch	Aliphatic ethers
937 (s)	935 (wm)		CH_2 out of plane wag	$CH=CH_2$ in vinyl compound
1008 (wm)	1003 (w)	1003 (vw)	(C-CH_2) symmetric	carotene
1082 (vs)	1079 (s)	1075 (m)	C-O-C stretch	C-O-C in ether, ester
1126 (vs)	1126 (s)	1127 (m)	C-C-N bending	C-N-C in amines
1260 (wm)	1263 (wm)	1263 (w)	(=C-H) deformation in plane	β-carotene
1301 (w)	1304 (wm)	1304 (vw)	CH_2 twisting in plane	Lipids
1380 (w)	1387 (w)	1382 (vw)	Symmetric CH_3 bending	Carotene
1458 (vs)	1458 (vs)	1458 (m)	CH_2 scissors vibration	CH_2 in aliphatic compound
1524 (w)	1528 (vw)	1528 (m)	(C=C) stretch	Carotene (polyene backbone)
1602 (vw)	1558 (vw)		Ring stretch	Benzene ring in aromatic compound
1656 (w)	1655 (w)	1655 (vw)	C=C stretch	C=C in alkenes
1752 (vw)	1755 (vw)	1755 (vw)	C=O stretch; enol form	C=O in α-keto ester

vs: very strong, s: strong, m: medium, wm: weak medium, w: weak, vw: very weak.

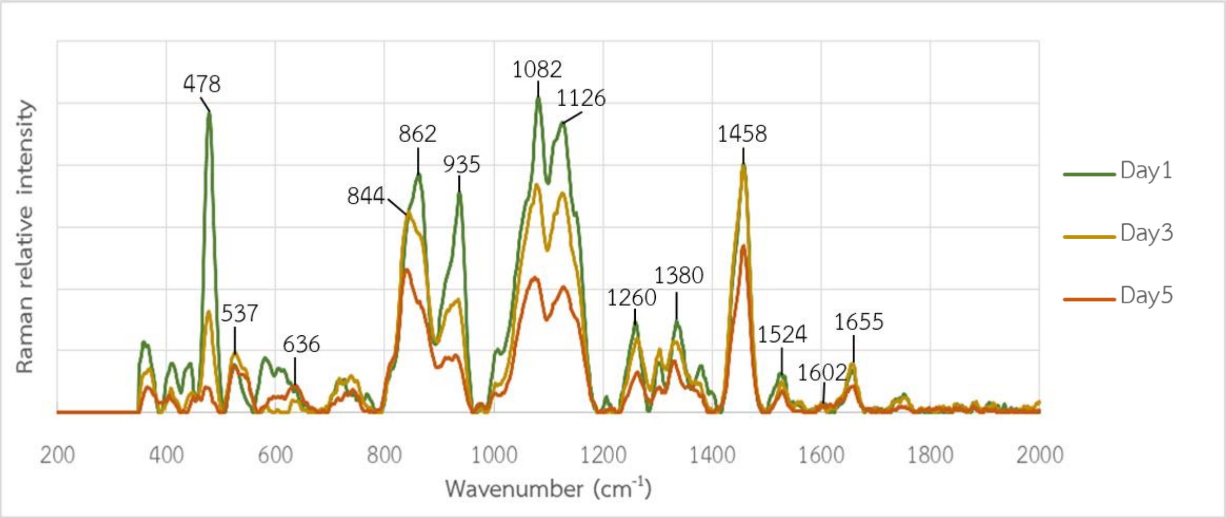


Fig.1 Raman spectra of durian at day1, day3 and day5.

เอกสารอ้างอิง

Amornputti, S., Ketsa, S. and Doorn, W.G., 2014, Effect of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Storage Life of Durian Fruit, Postharvest Biology and Technology, 97: 111-114.

Bakeev, K.A., 2003, Near-Infrared Spectroscopy as a Process Analytical Tool, Part I: Laboratory Applications, Spectroscopy, 18(11): 32-35.

Cocci, E., Rocculi, P., Romani, S. and Rosa, M.D., 2006, Change in Nutritional Properties of Minimally Processed Apples during Storage, Postharvest Biology and Technology, 39(3): 265-271.

Cox, K.A., McGhie, T.M., White, A. and Woolf, A.B., 2004, Skin Colour and Pigment Changes during Ripening of 'Hass' Avocado Fruit, Postharvest Biology and Technology, 31(3): 287-294.

Nekvapil, F., Brezestean, I., Barchewitz, D., Glamuzina, B., Chis, V. and Pinzaru, S.C., 2018, Citrus Fruits Freshness Assessment using Raman Spectroscopy, Food Chemistry, 242: 560-567.

Niponsak, A., Laohakunjit, N., and Kerdchoechuen, O., 2015, Contribution to Volatile Fingerprinting and Physio-Chemical Qualities of Minimally Processed Durian cv. Monthong during Storage: Identification of a Novel Chemical Ripeness Marker, Food Bioprocess Technology, 8: 1229-1243.

Olarewaju, O.O., Bertling, I., and Magwaza, L.S., 2016, Non-Destructive Evaluation of Avocado Fruit Maturity using Near Infrared Spectroscopy and PLS Regression Models, Scientia Horticulturae, 199:229-236.

Ozaki, Y. and Sasic, S., 2007, Introduction to Raman Spectroscopy: Pharmaceutical Applications of Raman Spectroscopy, John Wiley & Sons, Inc., United Kingdom, pp. 1-28.

Toivonen, P.M.A., and DeEll, J, R., 2002, Physiology of Fresh Cut Fruits and Vegetables in *O.Lamikanra* (Ed.), Fresh Cut Fruits and Vegetables, Florida: CRC, pp. 100-101.

Trebolazabala, J., Maguregui, M., Morillas, H., Diego, A. and Madariaga, J.M., 2017, Portable Raman Spectroscopy for an in-situ Monitoring the Ripening of Tomato (*Solanum lycopericum*) Fruits, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 180: 138-143.

การประยุกต์ใช้สารละลายขมิ้นชันฉายรังสีเป็นเวชภัณฑ์สำหรับการสมานแผล
Application of Radiation-treated Turmeric Solution as Topical Dressing for Wound Healing

พิมพ์พร อุทยารัตน์[1] รัตนากรณ์ เชียงหนุ้น[1] วชิราภรณ์ ผิวล่อง[1] สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1] วรรณี อังคศิริสรรพ[2] และ สุเมธ อำภาวงษ์[3]
Uttayarat, P.[1], Chiangnoon, R.[1], Pewlong, W.[1], Sajjabutr, S.[1], Angkhasirisap, W.[2], and Ampawong, S.[3]

Abstract

Turmeric is a well-known, traditional Thai herbal medicine for its anti-inflammation and antioxidant due to the presence of phytochemical curcumin. The aim of this research is to test the wound healing potential of crude turmeric as a topical dressing that can be conveniently prepared. Turmeric powder was dissolved in glycerol to make a 2 mg/mL solution and sterilized by gamma irradiation at 25 kGy. By HPLC analysis, the content of remaining curcumin was 34.3 $\pm$ 12.3 mg/g of starting turmeric. When applied on surgical wounds in rat model, irradiated turmeric solution could promote wound closure within 21 days similar to control wounds. However, histological analysis showed that turmeric-treated wounds had less edema within 7 days post-surgery. In addition, the accumulation of white blood cells, which were responsible for inflammatory response, was also observed to decrease, while collagen synthesis that constituted dermal structure was shown to increase within 14 days.
Keywords: turmeric, wound healing, curcumin, inflammation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทดสอบฤทธิ์ทางยาของขมิ้นชันจากสารพฤกษเคมีเคอร์คิวมิน (curcumin) ที่มีสรรพคุณต้านอนุมูลอิสระและการอักเสบ เพื่อพัฒนาเป็นเวชภัณฑ์สมานแผลที่สะดวกต่อการใช้งาน เตรียมสารละลายขมิ้นชันในกลีเซอรอลความเข้มข้น 2 mg/mL ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 25 กิโลเกรย์เพื่อปลอดเชื้อ วิเคราะห์ปริมาณ curcumin ที่คงเหลือด้วยเทคนิค HPLC พบว่ามีค่าอยู่ที่ 34.3 $\pm$ 12.3 mg/g ของขมิ้นชันตั้งต้น เมื่อใช้สารละลายขมิ้นชันฉายรังสีทำแผลผ่าตัดบนผิวหนังหนูทดลอง พบว่าบาดแผลสามารถปิดสนิทภายใน 21 วันเช่นเดียวกับแผลควบคุม อย่างไรก็ดีในระดับหนังแท้ผลการวิเคราะห์ทางพยาธิวิทยาแสดงให้เห็นว่า สารละลายขมิ้นชันฉายรังสีสามารถเสริมการสมานแผลเมื่อเปรียบเทียบกับแผลควบคุม โดยช่วยลดการบวมของแผลในช่วง 7 วันแรกหลังการผ่าตัด และลดการสะสมของเซลล์เม็ดเลือดขาวที่บ่งชี้ถึงสภาวะการอักเสบของแผล รวมถึงกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนคอลลาเจนที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างหนังแท้ภายในระยะเวลา 14 วันหลังการทำแผล
คำสำคัญ: ขมิ้นชัน การสมานแผล เคอร์คิวมิน การอักเสบ

คำนำ*

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เป็นพืชท้องถิ่นในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Thangapazham และคณะ, 2016; Hussain และคณะ, 2017) และเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในรูปแบบของเครื่องเทศที่ใช้ในการประกอบอาหาร สารพฤกษเคมีที่สำคัญของขมิ้นชัน คือ curcumin ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มสารฟีนอลิก curcuminoids ที่มีฤทธิ์เป็นยาด้านการต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และต้านการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (antibacterial) (Thangapazham และคณะ, 2016; Hussain และคณะ, 2017) ปัจจุบันกระทรวงสาธารณะสุขได้ขึ้นทะเบียนขมิ้นชันเป็นสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติในกลุ่มของยาขับลม บรรเทาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ (สำนักคณะกรรมการอาหารและยา)

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ 7 ตำบลทรายมูล อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26102
[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Moo 7, Tambol Saimon, Ongkarak, Nakorn Nayok 26120
[2] ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล นครปฐม 73170
[2] National Laboratory Animal Center, Mahidol University 999 Phuttamonthon 4 Road, Salaya, Nakhon Pathom 73170
[3] ภาควิชาพยาธิวิทยาเขตร้อน คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
[3] Department of Tropical Pathology, Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University, Ratchawithi Road, Ratchathewi, Bangkok 10400

เนื่องจาก curcumin เป็นสารที่มีอยู่แล้วในขมิ้นชัน ดังนั้นหากนำขมิ้นชันมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการพัฒนาวัสดุสมานแผลได้โดยตรง จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับพืชท้องถิ่นภายในประเทศ โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะทดสอบฤทธิ์ทางยาของขมิ้นชันในรูปของสารสกัดในกลีเซอรอลต่อกระบวนการสมานแผลในหนูทดลอง โดยใช้การฉายรังสีแกมมาปลอดเชื้อสารสกัดขมิ้นชันที่เตรียมได้ เพื่อพัฒนาเป็นเวชภัณฑ์สมานแผลที่ปลอดภัยและสะดวกต่อการใช้งาน

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารสกัดขมิ้นชันความเข้มข้น 2 mg/mL ในกลีเซอรอล ก่อนบรรจุลงในหลอดขนาด 2 mL เพื่อนำไปฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 25 กิโลเกรย์ ตามมาตรฐานการฉายรังสีเพื่อปลอดเชื้อวัสดุและอุปกรณ์ทางการแพทย์ (Marciniec, B. และ Dettlaff, K., 2008) ทั้งนี้ใช้ถุงน้ำแข็งประกบหลอดตัวอย่างในภาชนะฉายรังสี เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของสารสำคัญในตัวอย่างจากความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการฉายรังสี วิเคราะห์ปริมาณ curcumin ในสารสกัดขมิ้นชันก่อนและหลังการฉายรังสีด้วยเทคนิค HPLC ตามวิธีของ Sajjabut และคณะ (2012) โดยใช้คอลัมน์ Phenomenex C18 ขนาด 4.5 x 250 mm และ 85% เอทานอลเป็นเฟสเคลื่อนที่ โดยมีอัตราการไหลอยู่ที่ 0.8 mL/min วัดค่าที่ความยาวคลื่น 425 nm โดยใช้ UV detector และใช้สาร curcumin (Sigma-Aldrich, USA) ที่ความเข้มข้น 0.02 – 0.1 mg/mL เป็นสารมาตรฐาน ในขั้นตอนของการทดสอบในหนูทดลอง ได้รับอนุมัติจริยธรรมการทดสอบในสัตว์ทดลอง (RA 2017-43) จากศูนย์สัตว์ทดลองแห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล ทำแผลผ่าตัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm บนหลังของหนู Sprague Dawley ก่อนทำแผลด้วยสารสกัดขมิ้นชันปริมาตร 20 μL และปิดทับด้วยแผ่นฟิล์มปิดแผลทางการค้า Tegaderm™ ทั้งนี้แผลควบคุมไม่ได้รับสารสกัดขมิ้นชัน ถ่ายรูปแผลด้วยกล้องดิจิตอลวันที่ 7 14 และ 21 ก่อนสุ่มหนูบางส่วนมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อเยื่อทางพยาธิวิทยาด้วยการย้อมสี hematoxylin & eosin และย้อม Masson’s trichrome เพื่อการวิเคราะห์เชิงกึ่งปริมาณ (semi-quantitative) ความบวมของแผล การสะสมของเม็ดเลือดขาว และองค์ประกอบของเนื้อเยื่อใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นบริเวณบาดแผล โดยใช้เกณฑ์คะแนนตัวเลข 0 - 3 แสดงระดับปริมาณของผลการวิเคราะห์ตั้งแต่น้อยที่สุดจนถึงมากที่สุด (Sugihara และคณะ, 2012)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

หลังการฉายรังสีปลอดเชื้อที่ 25 กิโลเกรย์ ปริมาณสาร curcumin ในสารสกัดขมิ้นชันคงเหลืออยู่ที่ 34.3 ± 12.3 mg/g ของขมิ้นชันตั้งต้น (Figure 1) ซึ่งลดลงประมาณ 60% เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ฉายรังสี ทั้งนี้สารสำคัญในสมุนไพรแห้งต่างชนิด จะมีการเปลี่ยนแปลงหลังการฉายรังสีที่แตกต่างกัน เช่น ฟลาโวนอยด์ สารฟีนอลิก และน้ำมันหอมระเหยในโหระพาและโรสแมรี่ อาจไม่เปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อฉายรังสีแกมมาในช่วง 0-30 กิโลเกรย์ ในขณะที่สารจินเซโนไซด์ในผงโสมเกาหลีแดงยังสามารถคงคุณสมบัติได้หลังการฉายรังสีแกมมาที่ 7.5 กิโลเกรย์ (Monton 2013) สำหรับขมิ้นชันไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร curcumin ที่สกัดได้จากขมิ้นชันแห้งภายหลังการฉายรังสีแกมมาในช่วง 0-20 กิโลเกรย์ (Almeida และคณะ, 2018 และ Sajjabutt และคณะ, 2012) อย่างไรก็ดีในงานวิจัยนี้ สารสกัดขมิ้นชันในรูปของเหลวถูกนำไปฉายรังสี ดังนั้นการลดลงของสาร curcumin อาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสาร curcumin กับอนุมูลอิสระที่เกิดจากกระบวนแยกสลายด้วยรังสี (radiolysis) ของกลีเซอรอลที่ใช้เป็นสารสกัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Denisov และคณะ (2007) ที่เคยรายงานถึงการลดลงของ Fe^{3+} ในโปรตีนไมโอโกลบินจากปฏิกิริยารีดักชั่นของเหล็กจาก Fe^{3+} เป็น Fe^{2+} ภายหลังการฉายรังสีแกมมาในสารละลายที่มีส่วนผสมของกลีเซอรอล

ในส่วนของผลการสมานแผลพบว่าขนาดพื้นที่บาดแผลที่วัดจากภายนอก (Figure 2A) ในวันที่ 7 14 และ 21 ระหว่างแผลที่ทาด้วยสารสกัดขมิ้นชันไม่ได้แตกต่างจากแผลควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยแผลทั้งหมดมีการปิดของบาดแผล (% wound reduction) ที่ใกล้เคียงกัน และแผลสามารถสมานได้อย่างสมบูรณ์ในวันที่ 21 (Figure 2B) อย่างไรก็ดีผลการวิเคราะห์เนื้อเยื่อทางพยาธิวิทยา (Table 1) แสดงให้เห็นว่า แผลที่ได้รับสารสกัดขมิ้นชันมีการบวมของแผล (edema) ที่เริ่มลดลงภายใน 7 วันแรกหลังการผ่าตัดเมื่อเปรียบเทียบกับแผลควบคุม นอกจากนี้การสะสมของเซลล์เม็ดเลือดขาวจำพวก macrophage ในเนื้อเยื่อของแผลที่ได้รับสารสกัดขมิ้นชัน มีแนวโน้มที่ลดลงภายในวันที่ 14 และ 21 และน้อยกว่าแผลควบคุมอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงระยะเวลาดังกล่าว ส่วนเซลล์เม็ดเลือดขาวจำพวก foreign body giant cells มีการสะสมในแผลที่ได้รับสารสกัดขมิ้นชันน้อยกว่าแผลควบคุมในวันที่ 21 ในขณะเดียวกันการสังเคราะห์โปรตีนคอลลาเจนที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างหนังแท้มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในแผลที่ได้รับสารสกัดขมิ้นชันตลอดช่วงระยะเวลา 21 วันและมากกว่าในแผลควบคุม ทั้งนี้จากการคำนวณผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC พบว่าสาร curcumin ที่คงเหลือในสารสกัดขมิ้นชันปริมาตร 20 μL ที่ใช้ทำแผล มีค่าอยู่ประมาณ 1.37 μg หรือคิดเป็นความเข้มข้น 4.9 $\mu g/cm^2$ บนพื้นที่แผล ซึ่งความเข้มข้นดังกล่าวยังคงเพียงพอต่อการทำให้การสะสมของเซลล์เม็ดเลือดขาวที่

เกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบลดลง โดยสาร curcumin สามารถจับกับอนุมูลอิสระที่กระตุ้นโปรตีน NF-κB (Thangapazham และคณะ, 2016) ที่ก่อให้เกิดกระบวนการอักเสบของแผลให้อยู่ในระดับปกติ ส่งผลให้การสะสมของเซลล์เม็ดเลือดขาวลดลง และช่วยเสริมกระบวนการสมานแผลตามลำดับ

สรุปผล

ผลการทดลองในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดขมิ้นชันในกลีเซอรอลที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา สามารถนำมาใช้เป็นเวชภัณฑ์สมานแผลที่สะดวกต่อการใช้งาน ถึงแม้ว่าสาร curcumin ในสารสกัดขมิ้นชันจะลดลงหลังการฉายรังสี สารสกัดขมิ้นชันยังคงช่วยเสริมกระบวนการสมานแผลได้ในระดับของหนังแท้ โดยบาดแผลมีการบวมและการสะสมของเซลล์เม็ดเลือดที่ลดลง ในขณะที่ปริมาณโปรตีนคอลลาเจนมีเพิ่มมากขึ้น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณคุณจารุณัตต์ บุญนะโชติที่ช่วยเตรียมสไลด์เนื้อเยื่อสำหรับการวิเคราะห์ทางพยาธิวิทยา

เอกสารอ้างอิง

สำนักคณะกรรมการอาหารและยา, 2556, บัญชียาจากสมุนไพร [สืบค้น]. http://kpo.moph.go.th/webkpo/tool/Thaimed2555.pdf. [11/November/19].

Aggarwal, B. and Harikumar, K., 2009, Potential Therapeutic Effects of Curcumin, the Anti-inflammatory Agent, Against Neurodegenerative, Cardiovascular, Pulmonary, Metabolic, Autoimmune and Neoplastic Diseases, International Journal of Biochemistry and Cell Biology, 41(1): 40-59.

Chereddy, K., Coco, R., Memvanga, P., Ucakar, B., Rieux, A., Vandermeulen, G. and Préat V., 2013, Combined Effect of PLGA and Curcumin on Wound Healing Activity, Journal of Control Release, 171: 208-215.

Hussain, Z., Thu, H., Amjad, M., Hussain, F., Ahmed, T. and Khan, S., 2017, Exploring Recent Developments to Improve Antioxidant, Anti-inflammatory and Antimicrobial Efficacy of Curcumin: A Review of New Trends and Future Perspectives, Materials Science and Engineering Part C, 77: 1316-1326.

Marciniec, B. and Dettlaff, K., 2008, Radiation Sterilization of Drugs, In International Atomic Energy Agency (Ed.), Trends in Radiation Sterilization of Health Care Products, IAEA, Austria.

Sajjabut, S., Pewlong, W., Segsarnviriya, S., Pongpat, S. and Eamsiri, J., 2012, Agricultural Science Journal, 43: 109-112. **

Srivastava, A., Agarwal, R., Chatuverdi, T.P., Chandra, A., Singh, O.P., 2015, Clinical Evaluation of the Role of Tulsi and Turmeric in the Management of Oral Submucous Fibrosis: A Pilot, Prospective Observational Study, Journal of Ayurveda and Integrative Medicine, 6(1): 45-49.

Sugihara, A., Sugiura, K., Morita, H., Ninagawa, T., Tubouchi, K., Tobe, R., Izumiya, M., Horio, T., Abraham, N.G., Ikehara, S., 2000, Promotive Effects of a Silk Film on Epidermal Recovery from Full-thickness Skin wounds, Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 225(1): 58-64.

Takenaka, M., Ohkubo, T., Ohkadome, H., Sotome, I., Itoh, T. and Isobe, S., 2013, Effective Extraction of Curcuminoids by Grinding Turmeric (*Curcuma longa*) with Medium Chain Triacylglycerols, Food Science and Technology Research, 19(4): 655-659.

Thangapazham, R., Sharad, S. and Maheshwari R., 2016, Phytochemicals in Wound Healing, Advance Wound Care, 5(5): 230-241.

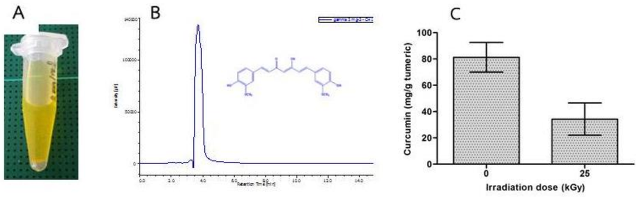


Figure 1 Analysis of curcumin by HPLC technique with (A) starting turmeric solution in glycerol, (B) chromatogram of curcumin in irradiated turmeric solution, and (C) curcumin content in turmeric solution before and after irradiation. Inset in (B) is adapted from Hussain และคณะ (2017) and kGy stands for kilogray.

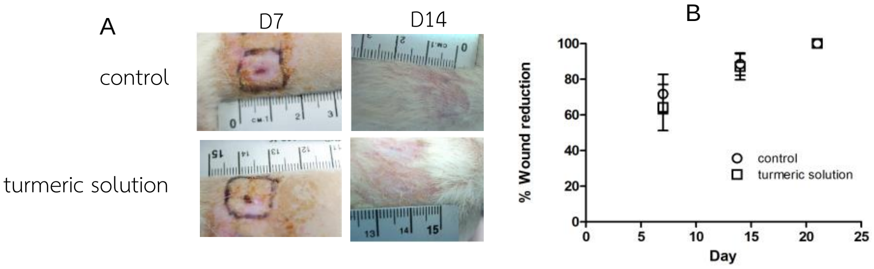


Figure 2 Wound closure determined from the reduction of wound area

Table 1 Histological examination of skin tissue with scale 0 – 3 representing none to maximum

	D7		D14		D21	
	ts	*c*	*ts*	*c*	*ts*	*c*
edema	0.5	2.3	1	0	0	0
macrophage	3	3	0.5	1	0.8	2
foreign body giant cells	1	1	0	0	1	3
collagen	1	0.5	2.8	1.8	2.2	1.5

Note: ts = turmeric solution, c = control

การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวหอมแม่พญาทองดำ
Fermented Vinegar Production from Maepaya Tongdum Rice

พิชามณชุ์ ธัญญโกเศศสุ[1] ปุญญิศา วัฒนะชัย[1] และ หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์[2]
Thanyakosetsuk, P.[1], Wattanachai, P.[1] and Sawannarat, Y.[2]

Abstract

This research aimed to produce fermented vinegar from ‘Maepaya Tongdum’ black rice. This study was to examine the optimum concentration of starter culture (loog-pang sato) at concentration of 0.5, 1 and 1.5% (w/w) in the production of rice wine. The ^{o}Brix was adjusted to 20^{o} Brix and fermented wine rice for 3 days. The result showed that ^{o}Brix and ethanol concentration were not different (p>0.05). The concentration of starter culture at 0.5 was chosen to produce fermented vinegar and adjusted the initial alcohol concentration to 7% then added *Acetobacter aceti* TISTR 354 5% (v/v). The fermentation was conducted for 4 days at 30 ^{O}C with agitation at 200 rpm. Fermented vinegar give the highest level of acetic acid were 6.15%, pH 3.39. Antioxidant activities for DPPH assay was 82.97 %. The fermented vinegar showed the color values of a*, b* and L* were 0.06±0.60 21.44±2.60 and 67.03±3.87, respectively.

Keywords: Fermented Vinegar, Maepaya Tongdum rice, antioxidant activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวดำแม่พญาทองดำ โดยศึกษาปริมาณหัวเชื้อตั้งต้น (ลูกแป้งสาโท) ที่ 0.5 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ต่อการผลิตไวน์ข้าว โดยปรับค่าองศาบริกซ์ เริ่มต้นที่ 20 องศาบริกซ์ ทำการหมักไวน์ข้าวเป็นเวลา 3 วัน พบว่า ปริมาณหัวเชื้อตั้งต้นทุกความเข้มข้นให้ค่าองศาบริกซ์และปริมาณแอลกอฮอล์ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ปริมาณลูกแป้งที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ถูกเลือกในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก ปรับปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ เติมแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 354 ปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) สภาวะการหมักที่ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 วัน พร้อมให้อากาศที่ 200 รอบต่อนาที พบว่า น้ำส้มสายชูหมักให้ปริมาณกรดอะซิติก 6.15 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชอยู่ที่ 3.39 มีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH อยู่ที่ 81.30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคุณสมบัติทางด้านสีของน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวดำแม่พญาทองดำมีค่า a* b* และ L* เท่ากับ 0.06±0.60 21.44±2.60 และ 67.03±3.87 ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำส้มสายชูหมัก, ข้าวหอมแม่พญาทองดำ, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

น้ำส้มสายชูหมัก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบที่เหมาะสม เช่น ธัญพืช ผลไม้ น้ำตาล กากน้ำตาล มาหมักกับส่าเหล่า แล้วนำมาหมักกับเชื้อน้ำส้มตามกรรมวิธีธรรมชาติ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) คุณประโยชน์ของน้ำส้มสายชูต่อร่างกายมีมากมาย เช่นช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในกระแสเลือด ลดค่าดัชนีน้ำตาลหรือค่า Glycemic Index (GI) ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดแม้ว่ามีการบริโภคอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง ซึ่งช่วยในการรักษาโรคเบาหวาน (Jenkins และคณะ, 2002) นอกจากนี้น้ำส้มสายชูหมักยังสามารถนำมาทำเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ สามารถพร้อมรับประทานได้ทันที มีประโยชน์ต่อร่างกายช่วยให้ระบบย่อยอาหารทำงานได้ดี ข้าวหอมแม่พญาทองดำ หรือข้าวพญาทองดำ เป็นข้าวอนุรักษ์พันธุ์พื้นเมืองที่ได้รับการรับรองให้ขึ้นทะเบียนตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 เป็นข้าวที่ปลูกในจังหวัดจันทบุรี มีลักษณะเด่นคือมีเมล็ดสีม่วงอมดำหนา ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่การปลูกเพิ่มมากขึ้นและส่งเสริมให้ปลูกเป็นข้าวอินทรีย์ขายเป็นสินค้าท้องถิ่น (รักบ้านเกิด, 2555) คุณสมบัติเด่นของข้าวหอมแม่พญาทองดำ คือมีสารแอนโทไซยานิน ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยคุณประโยชน์ทั้งจากน้ำส้มสายชูหมักและสารแอนโทไซยานินที่มีในข้าวหอมแม่พญาทองดำ งานวิจัยนี้จึงนำข้าวหอมแม่พญาทองดำ

---

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี 20131
[1]Department of Microbiology Faculty of Science, Burapha University Chonburi Province 20131
[2]คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จ. จันทบุรี 22000
[2] Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University Chantaburi Province 22000

ไปแปรรูปเป็นน้ำส้มสายชูหมักจากสาโท โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของหัวเชื้อตั้งต้น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และค่าสี เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพ เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวหอมแม่พญาทองดำ และยังสามารถพัฒนาต่อยอดไปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักอื่นๆได้อีก และสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับชุมชนเป็นและเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนอีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวหอมแม่พญาทองดำ จากคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จ.จันทบุรี แช่น้ำสะอาดค้างคืน หุงสุก ทิ้งให้เย็น นำมาคลุกกับลูกแป้งสาโทในอัตราส่วนข้าวสุกต่อลูกแป้ง ร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) (สุนันท์, 2561) บรรจุในโหลแก้วฆ่าเชื้อ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 x 12 นิ้ว) ปิดปากโหลด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หมักนาน 3 วัน จนกระทั่งเห็นน้ำออกจากเม็ดข้าวเกิดขึ้นภายในขวดโหล วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าพีเอช จากนั้นปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 20 องศาบริกซ์ การหมักต่อจนกระทั่งได้ไวน์ข้าว เก็บตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยเครื่อง Ebulliometer วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง Hand refractometer และค่าพีเอช ด้วยเครื่อง pH meter

ขั้นตอนการหมักน้ำส้มสายชู เริ่มจากการนำไวน์ข้าวมากรอง ตามด้วยการปั่นเหวี่ยง 2 ครั้งที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที และให้ความร้อนที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ทำให้เย็น ปรับปริมาณแอลกอฮอล์ให้ได้ 7 เปอร์เซ็นต์ ด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ เติมหัวเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR354 (ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยบูรพา) ความเข้มข้นร้อยละ 5 (ปริมาตรต่อปริมาตร) เขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซียส เวลา 4 วัน เก็บตัวอย่างน้ำส้มสายชูหมัก (ประวีณา, 2554) วิเคราะห์ค่าปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก วัดค่าความสามารถการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Brand-Williams และคณะ, 1995) และวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (ระบบ CIE L*a*b*) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ทำการทดลองละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์สถิติ โดยใช้โปรแกรม Minitab17 โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey’s range test ที่ระดับนัยสำคัญ $\rho \leq 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

จากการวิเคราะห์ไวน์ข้าวหอมแม่พญาทองดำ พบว่าอัตราส่วนของลูกแป้งที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในไวน์ข้าวมีค่าเพิ่มขึ้น (ข้อมูลไม่ได้แสดง) เนื่องจากกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสจากราในลูกแป้งทำการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล (saccharification) (ไพบูลย์ และพัฒนา,2549) แต่เนื่องจากข้าวหอมแม่พญาทองดำเป็นข้าวเจ้า ปริมาณอะไมโลสสูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเหนียว (ชูชาติ, 2559) จึงต้องมีการปรับปริมาณน้ำตาลให้มากขึ้น (20 องศาบริกซ์) เพื่อการเจริญและกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ (Alcoholic fermentation) ของยีสต์ที่มีในลูกแป้ง ผลการทดลองในช่วง 1-3 วันแรกหลังจากการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็วจนการหมักสิ้นสุด ปริมาณของแข็งลดลงอยู่ที่ 7.10, 7.70 และ 7.80 องศา บริกซ์ในชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ เนื่องจากยีสต์ใช้ไปในกระบวนการสร้างแอลกอฮอล์ ส่งผลให้ปริมาณแอลกฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก 3 วัน ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้ในชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 อยู่ที่ 12.70, 13.20 และ 12.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงดัง Table 1 อย่างไรก็ดีเมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าทุกชุดการทดลองปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่ค่าพีเอชในทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยพบว่าค่าพีเอชที่ลดลงเป็นผลมาจากยีสต์สร้างกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น กรดมาลิก กรดแลคติก กรดซักซินิค เป็นต้น

Table 1 Effect of the ratio of rice and starter culture on (%) alcohol content, Total soluble solid (^{o}Brix) and pH during alcoholic fermentation

Ratio : Starter culture	pH	Total soluble solid (^{o}Brix)	(%) Alcohol content
Treatment 1: 1:0.5	3.51 ± 0.22^{a}	7.10 ± 0.24^{a}	12.70 ± 1.13^{a}
Treatment 2 : 1.1	3.66 ± 0.00^{ab}	7.70 ± 0.14^{a}	$13.20\ 0.42^{a}$
Treatment 3 :1:1.5	3.71 ± 0.01^{b}	7.80 ± 0.28^{a}	$12.40\ 0.42^{a}$

$^{a-b}$ Means in the same column followed by different represent significant difference ($p<0.05$)

เนื่องจากปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นไม่มีความแตกต่างกันและปริมาณการใช้หัวเชื้อตั้งต้น จึงพิจารณาเลือกชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ไปศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักด้วย *Acetobacter aceti* ต่อไป โดยการปรับปริมาณแอลกอฮอล์ให้เท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอช 5.5 ความเข้มข้นของหัวเชื้อตั้งต้น 5 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) ระยะเวลาการหมัก 4 วัน พบว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ให้เปอร์เซ็นต์ของกรดอะซิติกไม่แตกต่างกัน โดยให้ค่าอยู่ที่ 6.15±0.07 และ 5.98±0.04 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งปริมาณกรดอะซิติกที่ได้ในทั้งสองชุดการทดลองเป็นไปตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ที่กำหนดให้มีปริมาณกรดอะซิติกไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 กรัมต่อ100 มิลลิลิตร (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543)

Table 2 Acetic acid production and Antioxidant activity from Maepaya Thongdom rice on the fourth day of fermentation.

Ratio : Starter culture	pH	Total soluble solid (^{o}Brix)	Acetic acid concentration (%)	DPPH : %inhibition (Mean±SD)
Treatment1 1:0.5	3.39±0.08^{a}	3.38±0.24^{a}	6.15±0.07^{a}	82.97±2.75
Treatment 2 1:1	3.38±0.00^{a}	3.80±0.00^{a}	5.98±0.04^{a}	82.47±1.42

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวหอมแม่พญาทองดำ ด้วยวิธี DPPH หลังการหมักสิ้นสุดในวันที่ 4 พบว่า น้ำส้มสายชูหมักมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (%inhibition) ที่ 82.97 และ 82.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงดัง Table 2 ซึ่งเห็นได้ว่าน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวหอมแม่พญาทองดำนั้นมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง และสูงกว่าน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ลืมผัว (72.53%) (วิลาวัลย์ และคณะ, 2560) น้ำส้มสายชูหมักจากเนื้อผลกาแฟ (38.21%) (นฤมล และคณะ 2562) การทดสอบค่าสีในผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักทั้งสองเมื่อสิ้นสุดหมักในวันที่ 4 แสดงดัง Table 3 พบว่า น้ำส้มสายชูหมักมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ที่ 67.03-67.93 น้ำส้มสายชูหมักมีค่าความสว่างมากเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความใส ค่า a* อยู่ที่ 0.06-0.10 ส่วนค่า b* (สีเหลือง) อยู่ที่ 21.44-22.28 ซึ่งเป็นสีของน้ำส้มสายชูหมัก (figure 1)

Table 3 The color measuring of “Maepaya Tongdum” Fermented Vinegar on the fourth day of fermentation

Ratio : Starter culture	L*	a*	b*
Treatment 1: 1:0.5	67.03±3.87	0.06±0.60	21.44±0.60
Treatment 2 : 1.1	67.93±0.12	0.10±0.05	22.28±0.28

L value represents lightness*

a value represents redness*

b value represents yellowess*

Figure 1 Maepaya Tongdum Rice Vinegar

จากการทดลองเห็นว่าข้าวหอมแม่พญาทองดำนั้นสามารถนำมาใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้ หากในอนาคตการหมักน้ำส้มสายชูจากข้าวหอมแม่พญาทองดำเพื่อนำไปผลิตขายเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน ต้องมีการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางสารอาหารตามที่ประกาศกระทรวงฯกำหนดต่อไป

สรุปผล

การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวหอมแม่พญาทองดำ โดยใช้อัตราส่วนของข้าวต่อลูกแป้งที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงสุดที่ 6.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 204 พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ 82.40 เปอร์เซ็นต์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชูชาติ กุดเป้ง วิชัย เสริมผล และวราวุธ ธนะมูล, 2559, การผลิตสาโทจากพันธุ์ข้าวพื้นเมืองชนิดต่างๆในจังหวัดนครราชสีมา, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาตรการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

นฤมล บุญมี นักรบ นาคประสม ชนวัฒน์ นิทัศน์วิจิตร พัฒนา เฟื่องฟู จริยาพร สังข์ภิรมย์ และกาญจนา นาคประสม, 2562, การหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดอะซิติกในระหว่างกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูจากเนื้อผลกาแฟ, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 27(2): 1038-1053.

บัณฑวรรณ ธุระพระ จันทนา บุญยะรัตน์ เยาวเรศ ชูลิขิต และสุภาวดี ดาดวี, 2559, การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในส้มโอ, วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน (ฉบับพิเศษ), 11: 80-91.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ. 2543 เรื่องน้ำส้มสายชู, ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 118 ตอนพิเศษ 6ง. ลงวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2544

ประวีณา ลาภา, 2554, การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้อง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รักบ้านเกิด (2555). ข้าวหอมแม่พญาทองดำ ข้าวโบราณสายพันธุ์เก่าเกิดใหม่ [สืบค้น], https://www.rakbankerd.com/agriculture [14/Apr/20].

วิลาวัลย์ บุณย์ศุภา, 2560, คุณสมบัติทางเคมี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำ 2 แบบ, วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 9(10) : 69-78.

สุนันท์ นวลเพ็ง, 2561, การเปรียบเทียบน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวหอมนิลและข้าวไรซ์เบอรี่, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ), 49(2) : 605-608.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มสายชูหมัก, มผช.326/2547 [สืบค้น]. จาก http://service.ifrpd.ku.ac.th/[14/Apr/20].

ไพบูลย์ ด่านวิรุทัย และพัฒนา เหล่าไพบูลย์, 2549, กระบวนการผลิตสาโท: ไวน์ผลไม้และสาโท ผลิตด้วยความมั่นใจได้อย่างไร, สำนักพิมพ์คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น, หน้า 268-269.

Brand-Williams W, Curvelier ME and Berset C., 1995, Use of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensm Wiss Technology, 28: 25-30.

Jenkins, D,J., Kendal, C.W., Augustin, L.S., Franceschi, S., Hamidi, M., Marchie, A., Jenkins, A.L. and Axelsen, M., 2002, Glycemic Index: Overview of Implications in Health and Disease, The American Society for Clinical Nutrition, 76: 266-273.

การศึกษาความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร
The Study of Consumer Test on Meal Replacement Drink

ไปรยา แก้วจันทรานนท์[1] และ นันท์ชนก นันทะไชย[1]
Kaeochantranond, P.[1] and Nanthachai, N.[1]

Abstract

This research aimed to study proper ingredients for meal replacement drink by surveying 150 respondent consumers. Results showed that consumers preferred product with low sugar and high dietary fiber, which banana, pumpkin and apple were good sources of carbohydrate. Then, data were transferred for obtaining energy per portion of the product which was 250–300 kcal, total fat less than 1.5 gram per 100 milliliters and fiber more than 1.5 gram per 100 kilocalories. The variable ingredients were banana, pumpkin and apple. Milk and red bean were fixed as the constant ingredient. Results showed that 10 formulations could be further evaluated by sensory test with 50 panelists. The meal replacement drink contained with banana, pumpkin and apple of 66.66, 16.67 and 16.67%, respectively. Moreover, product containing only pumpkin as carbohydrate had significantly highest sensory scores of appearance, color, flavor, taste, viscosity and overall acceptance ($p \leq 0.05$).

Key words: Drinking, Survey of consumers, Mixture design, Nutritional value

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร ทำการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร จำนวน 150 คน ผลการสำรวจพบว่าผู้บริโภคต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลน้อย ใยอาหารสูง และวัตถุดิบแหล่งคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ กล้วย ฟักทอง และแอปเปิล จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มากำหนดขอบเขตคุณค่าทางโภชนาการหนึ่งหน่วยบริโภคของผลิตภัณฑ์ คือพลังงานทั้งหมด 250 – 300 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมดไม่เกิน 1.5 กรัมต่ออาหาร 100 มิลลิลิตร ใยอาหารไม่น้อยกว่า 1.5 กรัมต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี ปัจจัยที่ต้องการศึกษา ได้แก่ กล้วย ฟักทอง และแอปเปิล และปัจจัยคงที่ได้แก่ นมและถั่วแดง ได้สูตรการทดลอง 10 สูตร นำไปทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้บริโภคจำนวน 50 คน ผลทางทดสอบพบว่า ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหารที่ประกอบด้วย กล้วย ฟักทอง และแอปเปิล ร้อยละ 66.66, 16.67 และ 16.67 และสูตรที่ใช้ฟักทอง ร้อยละ 100 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความข้นหนืดและความชอบโดยรวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ : เครื่องดื่ม การสำรวจผู้บริโภค แผนการทดลองแบบส่วนผสม คุณค่าทางโภชนาการ

คำนำ

อาหารปั่นผสม (Blenderized Diet) เป็นอาหารที่มีสารอาหารครบ 5 หมู่ มีลักษณะเป็นอาหารเหลว โดยการทำให้สุกและปั่นผสมตามสัดส่วนที่กำหนดโดยมีการคำนวณพลังงานและสารอาหารตามต้องการ อาหารปั่นผสมนี้มักใช้ในโรงพยาบาลให้กับผู้ป่วยที่ได้รับอาหารทางสาย ผู้ป่วยจะได้รับพลังงานและสารอาหารตามคำสั่งแพทย์ โดยไม่คำนึงถึงรสชาติเนื่องจากเป็นการให้อาหารผ่านทางสายยาง (กระทรวงสาธารณสุข, 2561) ในปัจจุบันพบว่าประชาชนส่วนใหญ่เริ่มมีความสนใจในด้านอาหารที่ส่งผลต่อสุขภาพมากขึ้น ผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ได้มีการปรับสูตรของผลิตภัณฑ์ เช่น การลดปริมาณน้ำตาล การลดปริมาณไขมัน การเพิ่มปริมาณใยอาหาร และการเพิ่มสารอาหารเกลือแร่บางชนิด เช่น แคลเซียม เป็นต้น ถั่วแดงหลวง เป็นพืชที่เริ่มนำเข้ามาปลูกเป็นครั้งแรกโดยโครงการหลวงในปี พ.ศ.2514 ถั่วแดงหลวงมีใยอาหาร 23.8 กรัมต่อถั่วแดงหลวงดิบ 100 กรัม (กองโภชนาการ, 2554) เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเมล็ดแห้งอื่นๆ พบว่ามีปริมาณใยอาหารค่อนข้างสูง และผลิตภัณฑ์ที่คนไทยนิยมบริโภคตั้งแต่เด็กจนถึงวัย

[1] สาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 พหลโยธิน 87 ซอย 2 ประชาธิปัตย์ ธัญบุรี ปทุมธานี 12130
[1]Division of Food Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2 Phaholyothin 87 Soi 2, Prachathipat, Thanyaburi, Pathum Thani, 12130

สูงอายุ คือ นมวัว เป็นแหล่งของ แคลเซียม ที่มีส่วนช่วยในกระบวนการสร้างกระดูกและฟันที่แข็งแรง ด้านอาหารและโภชนาการมีการแบ่งประเภทนมวัว ตามปริมาณสัดส่วนของไขมัน ได้แก่ นมสด(เต็มมันเนย) นมพร่องมันเนย และนมขาดมันเนย (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) หลักเกณฑ์ด้านพลังงานและสารอาหารของผลิตภัณฑ์จะต้องมีไขมันทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ต่ำและเป็นแหล่งของใยอาหาร เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่มีความสนใจด้านสุขภาพ และได้ทำการสำรวจความคิดเห็นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร ในด้านวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต เพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหารเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยผู้วิจัยนำหลักการของอาหารปั่นผสม ที่มีสารอาหารครบ 5 หมู่ นำมาพัฒนาเพื่อเน้นการยอมรับจากผู้บริโภคในด้านรสชาติและทางประสาทสัมผัส มีการรับประทานได้ง่ายเมื่อเทียบกับการรับประทานอาหารในมื้ออาหาร รวมถึงทำการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคเพื่อหาวัตถุดิบหลักในการผลิตเครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสำรวจความต้องการจากผู้บริโภค

สำรวจตัวแทนผู้บริโภค กลุ่มวัยทำงาน ที่อาศัยในเขตเมืองและปริมณฑล กลุ่มอายุ 20 – 60 ปี จำนวน 150 คน เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร ในหัวข้อ วัตถุดิบประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันที่เหมาะกับผลิตภัณฑ์

2. ขอบเขตด้านโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร

กำหนดพลังงาน 250 – 300 กิโลแคลอรีต่อผลิตภัณฑ์ ได้ผลจากการสำรวจผู้บริโภคและอยู่ในช่วงของพลังงานที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ทดแทนมื้ออาหารต่อหน่วยบริโภค (กระทรวงสาธารณสุข, 2532) ไขมันทั้งหมดไม่เกิน 1.5 กรัมต่ออาหาร 100 มิลลิลิตร และเป็นแหล่งของใยอาหาร ไม่น้อยกว่า 1.5 กรัมต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี (กระทรวงสาธารณสุข, 2541)

3. การเตรียมสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร

คัดเลือกวัตถุดิบ 3 อันดับแรกจากผลการสำรวจ ได้จำนวนสูตรทั้งหมด 10 สูตร ดังแสดงใน Table 1 และเลือกใช้นมเต็มมันเนย นมพร่องมันเนย และถั่วแดงหลวง เป็นปัจจัยคงที่ นำวัตถุดิบที่ได้นำมาล้าง (washing) หั่น (preparing) ทำให้สุก (cooking) นำมาปั่นรวมกัน (Blending) และทำการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 7 นาที (Petruzzi และคณะ, 2017)

Table 1 The ingredient percentage of meal replacement drink.

Formula	Ingredient (Percent)		
	Banana	Pumpkin	Apple
1	100.00	0.00	0.00
2	0.00	100.00	0.00
3	0.00	0.00	100.00
4	50.00	50.00	0.00
5	50.00	0.00	50.00
6	0.00	50.00	50.00
7	33.33	33.33	33.33
8	66.66	16.67	16.67
9	16.67	66.66	16.67
10	16.67	16.67	66.66

4. การทดสอบด้านประสาทสัมผัส

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) กลุ่มผู้ทดสอบเป็นผู้ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ให้คะแนนตามลำดับความชอบ (Hedonic scale) ช่วงคะแนน 1 – 9 (1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) ที่มีต่อลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น และการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค ทำการทดสอบทั้งหมด 2 รอบ ครั้งที่ 1 ทำการทดสอบทั้งหมด 10 สูตร คัดเลือกสูตรโดยคัดเลือกสูตรที่มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูง

ที่สุด 4 อันดับแรก มาทดสอบด้านประสาทสัมผัสครั้งที่ 2 ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบทางสถิติแบบ Duncan's new multiple-rang test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการสำรวจตัวแทนผู้บริโภค เพศชายและหญิงใกล้เคียงกัน ร้อยละ 50.6 และ 49.4 ตามลำดับ ในด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกวัตถุดิบคาร์โบไฮเดรต 3 อันดับแรก ได้แก่ กล้วยหอม ฟักทอง และ แอปเปิล ร้อยละ 67.3 45.5 และ 36.5 ตามลำดับ ด้านปริมาตรของเครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหารที่กลุ่มตัวอย่างยอมรับได้ใน 1 หน่วยบริโภค คือ 250 – 300 กิโลแคลอรี ร้อยละ 41.0 ราคาของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม พบว่า ร้อยละ 41 และ 39.1 เลือกราคาต่ำกว่า 35 บาท และ 35 – 40 บาทต่อผลิตภัณฑ์ ความต้องการของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร พบว่า มีความใกล้เคียงกัน ได้แก่ มีใยอาหาร น้ำตาลน้อย และผลิตโดยวัตถุดิบธรรมชาติ

Table 2 Sensory evaluation of Meal Replacement Drink (n = 50)

Treatments	Appearance	Colour	Odor	Taste	Viscosity	Overall liking
1	6.90±1.77^{a}	7.22±1.28^{a}	7.24±1.13^{a}	7.34±1.41^{a}	7.12±1.36^{a}	7.28±1.26^{a}
2	6.40±2.18^{bc}	6.70±1.75^{bc}	6.88±1.49^{ab}	6.90±1.58^{abc}	6.78±1.95^{abc}	7.02±1.54^{ab}
3	6.24±2.02^{c}	6.40±1.85^{c}	6.26±1.60^{c}	6.14±1.63^{d}	6.34±1.76^{c}	6.24±1.70^{c}
4	6.70±1.81^{abc}	6.68±1.46^{bc}	6.70±1.34^{b}	6.58±1.62^{bcd}	6.74±1.60^{abc}	6.64±1.61^{bc}
5	6.82±1.61^{ab}	6.94±1.36^{ab}	7.00±1.34^{ab}	7.06±1.52^{ab}	6.94±1.48^{ab}	7.10±1.40^{ab}
6	6.78±1.76^{ab}	6.92±1.50^{ab}	6.84±1.25^{ab}	6.62±1.52^{bcd}	6.92±1.55^{ab}	6.66±1.52^{bc}
7	6.68±1.80^{abc}	6.66±1.55^{bc}	6.68±1.52^{b}	6.44±1.63^{cd}	6.48±1.60^{bc}	6.72±1.37^{bc}
8	7.00±1.53^{a}	7.00±1.18^{ab}	6.98±1.25^{ab}	7.20±1.43^{a}	7.12±1.17^{a}	7.24±1.30^{a}
9	6.70±1.71^{abc}	6.62±1.63^{bc}	6.70±1.54^{b}	6.62±1.59^{bcd}	6.70±1.50^{abc}	6.74±1.66^{b}
10	6.60±1.73^{abc}	6.68±1.25^{bc}	6.64±1.10^{bc}	6.62±1.40^{bcd}	6.74±1.29^{abc}	6.66±1.25^{bc}

^{abc} Means followed by different letters within the same column are significantly different (p≤0.05).

ผลจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร จากกลุ่มผู้ทดสอบเป็นผู้ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ดังแสดงใน Table 2 พบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 5 6 และ 8 มีคะแนนความชอบด้านสีและกลิ่น ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ในขณะที่คะแนนความชอบโดยรวมและในด้านรสชาติของสูตรที่ 1 2 5 และ 8 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

นำสูตรที่คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ได้แก่ สูตรที่ 1 2 5 และ 8 ทำการทดสอบด้านประสาทสัมผัสครั้งที่ 2 ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ดังแสดงใน Table 3 พบว่า สูตรที่ 2 และ 8 มีคะแนนความชอบสูงที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความหนืดและความชอบโดยรวม สัดส่วนของวัตถุดิบหมวดคาร์โบไฮเดรตในสูตรที่ 2 มีสัดส่วนของฟักทองร้อยละ 100 มีผลขัดแย้งกับงานวิจัยของ Adubofuor และคณะ (2016) ที่พบว่า สูตรที่มีสัดส่วนของฟักทองร้อยละ 100 มีคะแนนการยอมรับต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากงานวิจัยนี้มีการเติมนมครบส่วนและนมพร่องมันเนยเป็นปัจจัยคงที่ อาจส่งผลให้สัดส่วนของสูตรดังกล่าวส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภค และสูตรที่ 8 มีสัดส่วนของ กล้วยหอม ฟักทองและแอปเปิลร้อยละ 66.66 16.67 และ 16.67 ตามลำดับ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Riberiro และคณะ(2017) พบว่า สมูทตี้ที่มีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของกล้วยส่งผลต่อความชอบโดยรวมที่เพิ่มขึ้น โดยกล้วยมีส่วนทำให้สมูทตี้มีความหวานที่เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ Aderinola (2018) พบว่า ความหวานที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ในสูตรที่มีสัดส่วนของ สับปะรด กล้วยและแอปเปิล ร้อยละ 45 40 และ 15 มีคะแนนด้านการยอมรับสูงที่สุด

Table 3 Sensory evaluation of Meal Replacement Drink 2nd Time (n = 30)

Treatments	Appearance	Colour	Odor	Taste	Viscosity	Overall liking
1	7.36 ± 1.22^{b}	7.36 ± 1.27^{a}	7.18 ± 1.16^{b}	6.91 ± 1.40^{b}	6.94 ± 1.32^{b}	7.15 ± 1.33^{c}
2	7.36 ± 1.22^{a}	7.76 ± 1.23^{a}	7.85 ± 1.12^{a}	7.85 ± 1.03^{a}	7.58 ± 1.27^{a}	7.94 ± 0.97^{a}
5	7.42 ± 1.12^{b}	7.24 ± 1.30^{a}	7.15 ± 1.18^{b}	7.24 ± 1.37^{b}	7.21 ± 1.39^{ab}	7.42 ± 1.06^{bc}
8	7.58 ± 0.90^{ab}	7.51 ± 0.79^{a}	7.21 ± 1.08^{b}	7.42 ± 1.15^{ab}	7.24 ± 1.03^{ab}	7.73 ± 0.61^{ab}

[abc] Means followed by different letters within the same column are significantly different ($p\leq0.05$).

สรุปผล

ผู้บริโภคเลือก กล้วย ฟักทองและแอปเปิล เป็นวัตถุดิบหมวดคาร์โบไฮเดรตในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหาร โดยผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทดแทนมื้ออาหารที่ประกอบด้วย กล้วย ฟักทอง และแอปเปิล ร้อยละ 66.66, 16.67 และ 16.67 และสูตรที่ใช้ฟักทอง ร้อยละ 100 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความข้นหนืดและความชอบโดยรวมสูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข, 2532, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 121) พ.ศ.2532 เรื่อง อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก, ราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ เล่มที่106 ตอนที่ 103 (ลงวันที่ 1 กรกฎาคม 2532).

กระทรวงสาธารณสุข, 2541, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ.2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ, ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่115 ตอนที่ 47 ง (ลงวันที่ 11 มิถุนายน 2541).

กระทรวงสาธารณสุข, 2556, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 350) พ.ศ.2556 เรื่อง นมโค, ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่130 ตอนพิเศษ 87 ง (ลงวันที่ 24 กรกฎาคม 2556).

กระทรวงสาธารณสุข, 2561, มาตรฐานโรงพยาบาลอาหารปลอดภัย, บริษัท บอร์น ทู บี พับลิชชิ่ง จำกัด, สมุทรสาคร, 108 หน้า.

กองโภชนาการ, 2554, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของไทย, โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ, 132 หน้า.

Aderinola, T.A., 2016, Nutritional, Antioxidant and Quality Acceptability of Smoothies Supplemented with Moringa oleifera Leaves, Beverages 2018,4,104.

Adubofuor, J., Amoah, I., Agyekum, P.B., 2016, Physicochemical Properties of Pumpkin Fruit Pulp and Sensory Evaluation of Pumpkin-Pineapple Juice Blends, American Journal of Food Science and Technology, 4: 89 -96.

Petruzzi, L., Campaniello, D., Speranaza, B., Corno, M.R., Sinigaglia, M. and Bevilacqua, A., 2017, Thermal Treatments for Fruit and Vegetable Juices and Beverages, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety: 668 – 691.

Riberiro, L.D., Santos, J.G., Gomes, F.D., Cabral, L.M., Sa, D., Matta, V.M. and Freitas, S.P., 2017, Sensory Evaluation and Antioxidant Capacity as Quality Parameters in the Development of a Banana, Strawberry and Jucara Smoothie, Food Science and Technology, 38(4): 653-660.

การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศเชอรี่ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง
Carbondioxide Application for Extending Shelf Life of Cherry Tomato in Modified Atmosphere

ภาณุมาศ โคตรพงศ์[1] สุทธิณี สงวนทรัพย์[1] จุฑามาศ ช่างประดิษฐ์[1] และณัฐชนนท์ มณีรัตน์[1]
Kotepong, P.[1], Sa-nguansap, S.[1] Changpradit, J.[1] and Maneerat, N.[1]

Abstract

This study explores the carbondioxide application of extending shelf life of cherry tomato under modified atmosphere condition. Cherry tomato was packed on clamshell trays in the amount of 250 gram/tray for control treatment. For four modified atmosphere treatments with carbondioxide application, the sample were put in low density polyethylene (LDPE) plastic bags under different four treatments: 1) normal atmosphere modification 2) gas concentration (5% O_2 + 5% CO_2), 3) gas concentration (5% O_2 + 10% CO_2) and 4) gas concentration (5% O_2 + 15% CO_2). They were then kept at 5 $^{\circ}$C for 28 days. The results showed that cherry tomato of modified atmosphere (5% O_2 + 15% CO_2) had higher score on firmness, lightness (L*), red color (a*), total soluble solids (TSS) and vitamin C content than cherry tomato of other treatments. The results of this experiment indicated that carbondioxide application could prolong shelf life of cherry tomato in modified atmosphere packaging.

Keywords: Carbondioxide application, Modified atmosphere Packaging, Shelf life, Cherry tomato

บทคัดย่อ

การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศเชอรี่ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยบรรจุมะเขือเทศเชอรี่บนถาด Calm shell tray บรรจุ 250 กรัม และใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด low density polyethylene ร่วมกับการใช้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน จำนวน 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) สภาพบรรยากาศปกติ 2) ก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 5% 3) ก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 10% และ 4) ก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 15% นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 $^{\circ}$C เป็นเวลา 28 วัน พบว่า มะเขือเทศเชอรี่ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศเริ่มต้น O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 15% มีค่าความแน่นเนื้อ ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณวิตามินซีสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับถุงบรรจุภัณฑ์ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศเชอรี่ได้นานขึ้น

คำสำคัญ: การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ อายุการเก็บรักษา มะเขือเทศเชอรี่

คำนำ

มะเขือเทศเชอรี่เป็นพืชผักเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูงแต่มีการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวได้ง่าย เนื่องจากมะเขือเทศเชอรี่ มีเปลือกบาง และฉ่ำน้ำ จึงต้องมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีเพื่อช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษา เช่น การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere; MA) โดยทั่วไปจะมีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ประกอบด้วยก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5-10% และก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 2-15% ขึ้นกับชนิดของผลิตผล เช่น การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่มีการปรับแต่งบรรยากาศที่มีก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5-10% ต่อก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 5% ทำให้เกิดการชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค (สิริลักษณ์ และวีระศักดิ์, 2553) และผักหวานบ้านในถุง PE ที่มีการบรรจุก๊าซ O_2 และ CO_2 ความเข้มข้น 5% สามารถลดการหลุดร่วงของใบและยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 15 วัน (อดิศักดิ์, 2549) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ที่เหมาะสมในถุงบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศเชอรี่ ซึ่งไม่มีรายงานการเก็บรักษาผลมะเขือเทศเชอรี่ภายใต้การดัดแปลงสภาพบรรยากาศร่วมกับบรรจุภัณฑ์พลาสติกจึงทำการศึกษาการเก็บรักษาผลมะเขือเทศเชอรี่พันธุ์ CH154 ภายใต้สภาพดัดแปลงสภาพบรรยากาศ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผละเขือเทศให้ยาวนานขึ้น และลดการสูญเสียของผลมะเขือเทศระหว่างการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายได้เป็นอย่างดี

[1] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900
[1] Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, 50 Phaholyothin Rd., Chatuchack, Bangkok 10900

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดสอบสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์โดยนำถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE ที่จำหน่ายทางการค้า ได้แก่ ความหนาของฟิล์ม อัตราการซึมผ่านไอน้ำ อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจน และทำการเก็บเกี่ยวผลมะเขือเทศพันธุ์ CH 154 ในระยะที่ผลสุกแดง จากแปลงเกษตรกร อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม ขนส่งมาด้วยรถห้องเย็นมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตร นำผลมะเขือเทศเชอรี่ มาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้งแล้วบรรจุมะเขือเทศเชอรี่บนถาด Calmshell tray จำนวน 250 กรัม/ถาด ในกรรมวิธีควบคุม (control) และใส่ในถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE ในกรรมวิธีที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงบรรจุภัณฑ์เบื้องต้น จำนวน 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) สภาพบรรยากาศปกติ (ไม่ใส่ก๊าซ O_2 และ CO_2) 2) ก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 5% 3) ก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 10% และ 4) ก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 15% ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลานาน 28 วัน โดยทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 7 วัน ดังนี้

1. ปริมาณก๊าซออกซิเจนและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำการเก็บตัวอย่างอากาศภายในบรรจุภัณฑ์ นำไปวัดด้วยเครื่อง gas chromatography โดยมีตัวตรวจวัดคือ thermal conductivity detector (TCD) รายงานผลหน่วย %

2. คุณภาพของผลมะเขือเทศ

2.1 การสูญเสียน้ำหนักผลสด ทำการชั่งน้ำหนักผลสดในทุกๆ 7 วันที่ทำการตรวดวัดคุณภาพของผล แล้วนำมาคำนวณในสมการที่ 1 รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักผลสด

$$\text{\% การสูญเสียน้ำหนักผลสด} = \frac{\text{น้ำหนักผลสดเริ่มต้น - น้ำหนักผลสดวันที่บันทึกผล x 100}}{\text{น้ำหนักผลสดเริ่มต้น}} \quad (1)$$

2.2 การเปลี่ยนสีผิวผลมะเขือเทศ ด้วยเครื่องวัดสี (KONICA MINOTA.,รุ่น CR-10, Japan) ระบบ L a b (C.I.E.) โดย L* คือค่าความสว่าง a* คือค่าแดง b* คือค่าสีเหลือง

2.3 ความแน่นเนื้อผล ทำการวัดความแน่นเนื้อของผลมะเขือเทศโดยใช้เครื่อง Texture analyzer (LLOYD Instruments., รุ่น LX plus, United Kingdom) กำหนดแรงกด 1 กิโลกรัม ความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะในการวัด 10 มิลลิเมตร ใช้หัววัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร กดลงกลางผล รายงานผลเป็นหน่วย นิวตัน (N)

2.4 ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ (total soluble solid: TSS) นำน้ำคั้นมะเขือเทศมาตรวจวัดด้วยเครื่อง Digital refractometer (ATAGO PR-101, Japan) รายงานผลเป็น °Brix

2.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) โดยใช้น้ำคั้นมะเขือเทศ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ในการไทเทรตด้วย NaOH ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ phenolphthalein 1% เป็นตัว indicator โดยมีจุดยุติที่ pH 8.2 น้ำคั้นจะเปลี่ยนสีเป็นสีชมพู นำค่าปริมาณ NaOH ที่ใช้ต่อ 1 ตัวอย่างมาคำนวณ ในสมการที่ 2 รายงานหน่วย %TA ดังนี้

$$\% \text{ TA} = (A \times B \times 0.064)/C \quad (2)$$

กำหนดให้ค่า A = ปริมาตรสาร NaOH ที่ใช้ต่อ 1 ตัวอย่าง (มิลลิลิตร), B = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH และ C = ปริมาตรน้ำคั้นที่ใช้ (มิลลิลิตร)

2.6 ปริมาณกรดแอสคอรบิค โดยใช้น้ำคั้นมะเขือเทศ 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรด Oxalic 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย dye solution (สารละลาย 2,6- dichlorophenolindophenol:DCPIP) และคำนวณหาปริมาณวิตามินซีโดยการนำกรด ascorbic 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรด Oxalic 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย dye solution เช่นเดียวกัน คำนวณในสมการที่ 3 รายงานในหน่วย mg Ascorbic acid/100 ml juice (AOAC, 2000)

$$\text{Ascorbic acid} = A / B \times 100 \quad (3)$$

กำหนดให้ค่า A = ปริมาณของสาร dye solution ที่ใช้กับน้ำคั้น และ B = ปริมาตรของสาร dye solution ที่ใช้กับสารละลายมาตรฐาน (ascorbic acid)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

1. สมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์

จากการวิเคราะห์สมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ LDPE ที่ใช้ในการทดลอง 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

2. การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์

ปริมาณก๊าซออกซิเจนชุดควบคุมมีปริมาณออกซิเจนประมาณ 20 % ในวันที่ 7ของการเก็บรักษา และคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน เมื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีการดัดแปลงสภาพอากาศมีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 5% ชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 0.08% (วันที่ 7) จนถึง 0.1% (วันที่ 28) กรรมวิธีดัดแปลงสภาพอากาศพบว่ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 1% สูงกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่ามะเขือเทศที่อยู่ในสภาพดัดแปลงสภาพอากาศมีอัตราการหายใจที่สูงกว่าชุดควบคุมเนื่องจากมีปริมาณออกซิเจนลดลงและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น

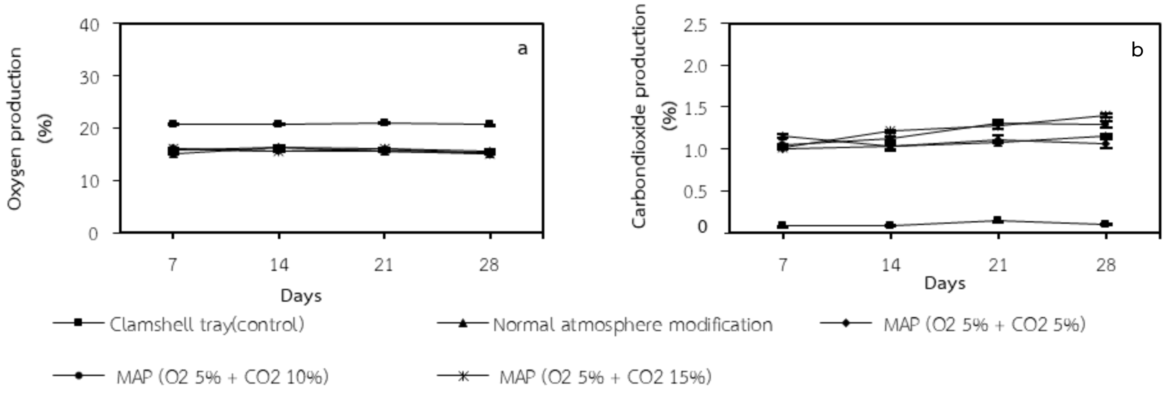


Figure 1 Changes in oxygen and carbon dioxide content (%) of cherry tomato during storage under different of modified atmosphere packaging (MAP) treatment at 5 °C.

3. คุณภาพของผลมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษา

3.1 การสูญเสียน้ำหนัก มะเขือเทศเชอรี่ในชุดควบคุมการสูญเสียน้ำหนัก 0.5 0.74 0.9 และ 1.88% ในวันที่ 7 14 21 และ 28 ตามลำดับในขณะที่มะเขือเทศที่บรรจุอยู่ในสภาพดัดแปลงบรรยากาศทุกๆ กรรมวิธี ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.3% เท่านั้น (figure 2c)

3.2 การเปลี่ยนแปลงสีของผลมะเขือเทศเชอรี่ที่บรรจุในถุง LDPE ที่มีก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 15% มีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีแดง (a*) สูงกว่าวิธีการอื่นๆ เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ในมะเขือเทศเชอรี่ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (figure 2d, 2e และ 2f)

3.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี
มะเขือเทศเชอรี่ที่บรรจุในถาด clamshell tray และบรรจุอยู่ในถุง LDPE ทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน มะเขือเทศเชอรี่ที่บรรจุในถุง LDPE ที่มีก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 15% มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และ ปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีอื่นๆ แต่พบว่า ปริมาณวิตามินซี441.05 mg/100mlสูงกว่ามะเขือเทศกรรมวิธีอื่นๆ ตลอดระเวลาการเก็บรักษา 28 วัน (figure 2g 2h และ 2j)

3.4 ความแน่นเนื้อผล มะเขือเทศเชอรี่ที่บรรจุในถุง LDPE ที่มีก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 15% มีความแน่นเนื้อประมาณ 5-6 N ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่ามีค่าสูงกว่ามะเขือเทศชุดควบคุมและกรรมวิธีอื่นๆ (figure 2i)

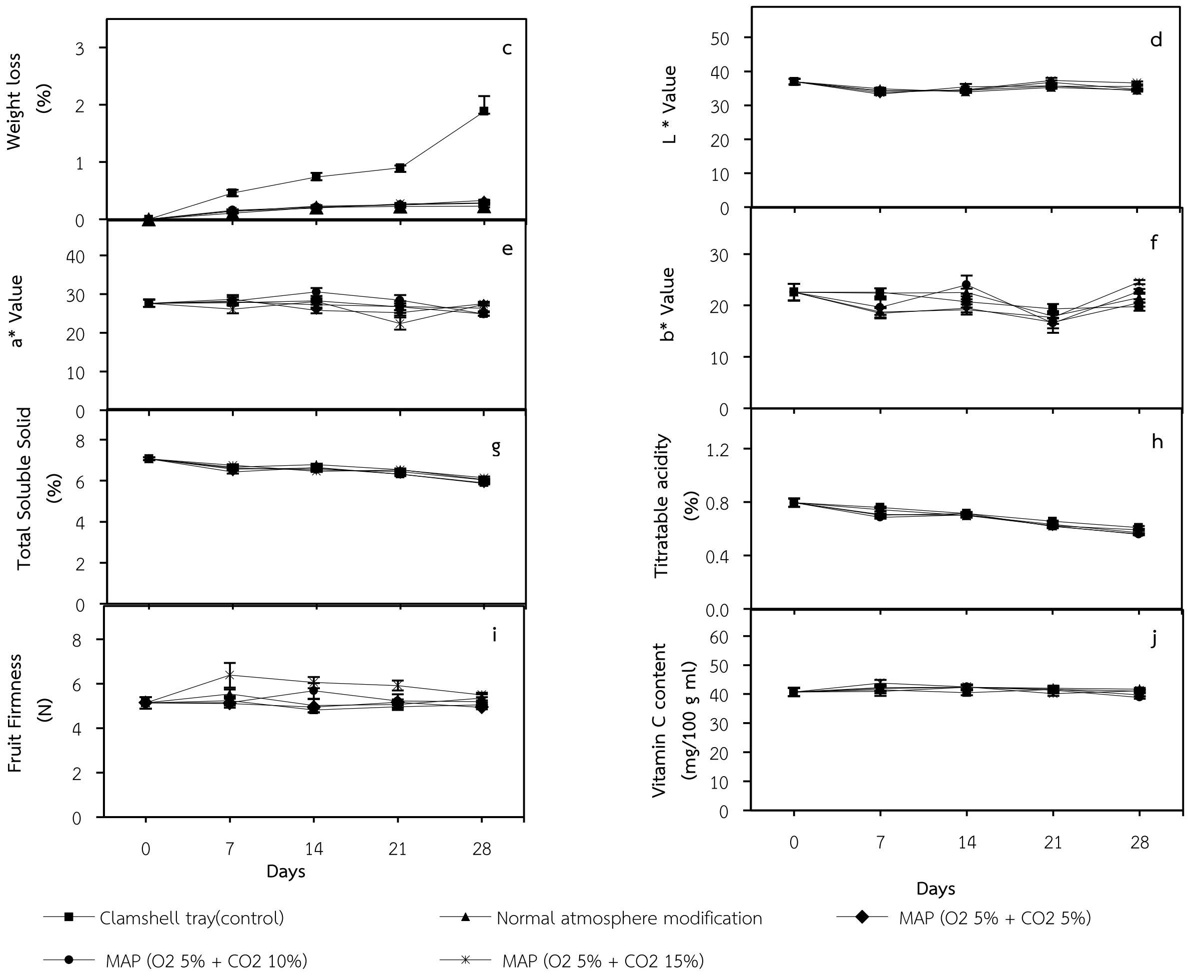


Figure 2 Changes in Weight loss (c), L* (d), a*(e), and b*(f) values, total soluble solids (g) , titratable acidity (h), , fruit firmness (i) and vitamin C content (j) of tomatoes during storage under different of modified atmosphere packaging (MAP) treatment at 5 °C for 28 days.)**

สรุปผลการทดลอง

การเก็บรักษามะเขือเทศเชอรี่ในถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มีความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้น โดยปรับให้มีก๊าซ O_2 ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ CO_2 ความเข้มข้น 15% มีคุณภาพดีที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศเชอรี่ได้นาน 28 วัน

เอกสารอ้างอิง

สิริลักษณ์ แสวงผล และ วีระศักดิ์ เลิศสิริโยธิน, 2553, ผลของสภาวะการเก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศที่มีต่อการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ) 41(1): 436-439.

อดิศักดิ์ ชั้นประเสริฐ, 2549, ผลของอุณหภูมิ ความชื้น เอทิลีนและสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพการเก็บรักษายอดผักหวานบ้านพันธุ์ทองผาภูมิ,วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

AOAC, 2000, Vitamins and Other Nutrients, Official Methods of Analysis (Chapter 45), 17th ed., Washington D.C., pp. 16-20.

ความสัมพันธ์ของการผลิตเอทิลีนและอุณหภูมิต่อคุณภาพมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองระหว่างการเก็บรักษา
The Relationship of Ethylene Production and Temperatures on the Quality of Mango cv. Nam Dok Mai Si Tong during Storage

ภาณุมาศ โคตรพงศ์[1] ทิวาพร ผดุง[2] สุทธิณี สงวนทรัพย์[1] จุฑามาศ ช่างประดิษฐ์[1] และณัฐชนนท์ มณีรัตน์[1]
Kotepong, P.[1], Phadung, T.[2], Sa-nguansap, S.[1] Changpradit, J.[1] and Maneerat, N.[1]

Abstract

This study of ethylene production of mango during storage under different temperatures aimed to evaluate the use of a suitable ethylene absorber in order to reduce amounts of ethylene accumulating in the packages. Mangos with maturity stage of 70% were picked and put in packages, 6 mangos per 1 package. Then, they were stored at 10, 15, 20 and 25°C for 14 days. Findings revealed that mango produced more ethylene when the storage temperatures were higher, which was related to the temperature, displaying the linear regression equation of Y= 0.026X - 0.2656 (Y = amount of ethylene produced (μl/Kg.hr), X = storage temperature). The products were with the best quality when stored under the temperature of 10°C, when calculating the amounts of ethylene accumulating in the packages during 14 days storage. This study could help to improve efficiency absorption ethylene production.

Keywords: Ethylene production, Temperature, Storage, Mango

บทคัดย่อ

ศึกษาอัตราผลิตเอทิลีนของมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกันเพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินการใช้สารดูดซับเอทิลีนเพื่อลดปริมาณเอทิลีนที่สะสมในกล่องบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม โดยเก็บเกี่ยวผลมะม่วงที่มีความแก่ 70 % ใส่ในกล่องบรรจุภัณฑ์ 6 ผลต่อกล่องจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 15 20 และ 25 °C นาน 14 วัน พบว่า คุณภาพผลผลิตดีที่สุดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมการเก็บรักษาสูงขึ้นโดยมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิดังสมการถดถอยเชิงเส้นตรง ดังนี้ Y= 0.026X - 0.2656 โดย Y คือ อัตราการผลิตเอทิลีน (ไมโครลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง) และ X คือ อุณหภูมิในการเก็บรักษา นำไปคำนวณปริมาณเอทิลีนที่สะสมในกล่องบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษานาน 14 วัน ในการศึกษาต่อไปสามารถนำสมการที่ได้นี้ไปใช้ในการคำนวณปริมาณการใช้สารดูดซับเอทิลีน สามารถใช้สารดูดซับเอทิลีนได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพียงพอต่อปริมาณผลิตผล

คำสำคัญ: การผลิตเอทิลีน อุณหภูมิ การเก็บรักษา มะม่วง

คำนำ*

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเป็นไม้ผลกลุ่มไคลแมกทิลิค (climacteric) ส่งผลให้มีการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว เมื่อได้รับเอทิลีนหรืออุณหภูมิที่สูงขึ้น (Wills และคณะ, 1998) จึงทำให้เกิดการเสื่อมสภาพได้ง่ายระหว่างการขนส่ง แต่เนื่องจากการเก็บรักษามะม่วงในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อการผลิตเอทิลีนที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดปัญหาการจัดการเรื่องปริมาณสารดูดซับเอทิลีนให้เพียงพอต่อสภาพอุณหภูมิเก็บรักษาและปริมาณของผลมะม่วงขณะนั้นๆ และยังพบว่าผลของการเก็บรักษามะม่วงในระยะสุกแก่โดยเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นานถึง 21 วัน (Bayleyegn และ Ayele, 2018) ดังนั้นได้ทำการศึกษาเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ของอัตราการผลิตเอทิลีนของมะม่วง ในสภาพอุณหภูมิที่ 10 15 20 และ 25 องศาเซลเซียส และคุณภาพของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อนำค่าอัตราการผลิตเอทิลีนที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณสารดูดซับเอทิลีนที่จะใช้ในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ในสภาพอุณหภูมิต่างๆ ในการศึกษาต่อไป

[1] [1] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900
Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, 50 Phaholyothin Rd., Bangkok 10900
[2] กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร 50 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2] Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture, 50 Phaholyothin Rd., Chatuchak, Bangkok, 10900
*****

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีระยะการพัฒนาของของ 70 เปอร์เซ็นต์ คัดเลือกผลที่มีขนาดและสีผิวใกล้เคียงกัน มาทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าและสารละลายไฮเปอร์คลอไรด์ 0.02% จากนั้นผึ่งผลให้แห้ง และตาข่ายโฟม บรรจุใส่กล่องๆ ละ 6 ผล เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับดังนี้ 1) 10 องศาเซลเซียส 2) 15องศาเซลเซียส 3) 15 องศาเซลเซียส 4) 20 องศาเซลเซียส และ 5) 25 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน วันที่ 1, 7 และ 14 วันที่ทำการเก็บรักษา ดังนี้

อัตราการผลิตเอทิลีน ทำการตรวจวัดอัตราการผลิตเอทิลีนภายใต้ระบบปิด ด้วยเครื่อง gas chromatography โดยมี Flame ionization detector (FID) เป็นตัวตรวจวัด รายงานผลหน่วย μlC_2H_4/kgxhr

การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือก ของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ ด้วยเครื่องวัดสี (KONICA MINOTA.,รุ่น CR-10, Japan) ด้วยระบบ L a b (C.I.E.) โดยที่ L* คือค่าความสว่าง a* คือค่าสีแดง b* คือค่าสีเหลือง

การสูญเสียน้ำหนักผลสด ทำการชั่งน้ำหนักผลสดในทุกๆ วันที่ทำการตรวจวัดคุณภาพ และนำค่าที่ได้มาคำนวณตามสมการ (1) รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักผลสด

$$\text{\% การสูญเสียน้ำหนักผลสด} = \frac{\text{น้ำหนักผลสดเริ่มต้น - น้ำหนักผลสดวันที่บันทึกผล}}{\text{น้ำหนักผลสดเริ่มต้น}} \times 100 \quad (1)$$

ตรวจวัดคุณภาพของผลมะม่วงในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ดังนี้

ความแน่นเนื้อ ทำการวัดความแน่นเนื้อของผลมะม่วงโดยใช้เครื่อง Texture analyzer (LLOYD instruments., รุ่น LX plus, United Kingdom) กำหนดแรงกด 1 กิโลกรัม ความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะทางในการวัด 10 มิลลิเมตร กดลงกลางผลมะม่วง รายงานผลเป็นหน่วย นิวตัน(N)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid: TSS) นำน้ำคั้นมะม่วงมาตรวจวัดด้วยเครื่อง Digital refractometer (ATAGO PR-101, Japan) รายงานผลเป็น °Brix

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) โดยใช้น้ำคั้นมะม่วง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วย NaOH ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ phenolphthalein 1% เป็นตัว indicator โดยมีจุดยุติที่ pH 8.2 น้ำคั้นจะเปลี่ยนสีเป็นสีชมพู นำค่าปริมาณ NaOH ที่ใช้ต่อ 1 ตัวอย่างมาคำนวณ ในสมการที่ 2 รายงานหน่วย %TA

$$\% \text{ TA} = (A \times B \times 0.064)/C \quad (2)$$

กำหนดให้ A = ปริมาตรสาร NaOH ที่ใช้ต่อ 1 ตัวอย่าง (มิลลิลิตร), B = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH
และ C = ปริมาตรน้ำคั้นที่ใช้ (มิลลิลิตร)

ปริมาณกรดแอสครอบิค โดยใช้น้ำคั้นมะม่วง 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรด Oxalic 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย dye solution (สารละลาย 2,6 - dichlorophenolindophenol: DCPIP) สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูอมม่วง คำนวณหาปริมาณกรดแอสคลอบิค โดยการนำกรด ascorbic 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรด Oxalic 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย dye solution เช่นเดียวกัน คำนวณในสมการที่ 3 รายงานในหน่วย mg Ascorbic acid/100 ml juice (AOAC, 2000)

$$\text{Ascorbic acid} = (A / B) \times 100 \quad (3)$$

กำหนดให้ค่า A = ปริมาณของสาร dye solution ที่ใช้กับน้ำคั้น และ B = ปริมาตรของสาร dye solution ที่ใช้กับสารละลายมาตรฐาน (ascorbic acid)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ในสภาพอุณหภูมิเก็บรักษา 10 15 20 และ 25 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน พบว่า เมื่อเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิและระยะเวลานานขึ้นอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น เนื่องจากปัจจัยในเรื่องอุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็นตัวเร่งกระบวนการผลิตเอทิลีนในผลไม้ให้เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน (Sivakumar และคณะ, 2011) โดยมีความสัมพันธ์กับกับอุณหภูมิดังสมการเส้นตรง เส้นตรง ดังนี้ Y= 0.026X - 0.2656 โดย Y คือ ปริมาณการผลิตเอทิลีน

(ไมโครลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง) และ X คือ อุณหภูมิในการเก็บรักษา การเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่อุณหภูมิ 10, 15, 20 และ 25 องศาเซลเซียส (Figure 1)

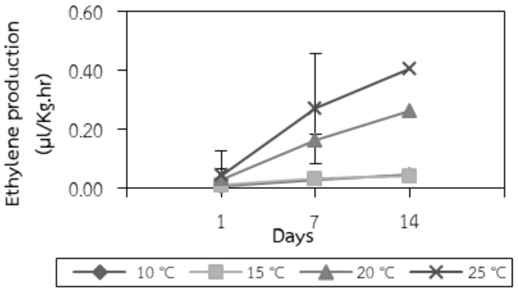


Figure 1 Ethylene production of mango stored at different temperature for 14 days.

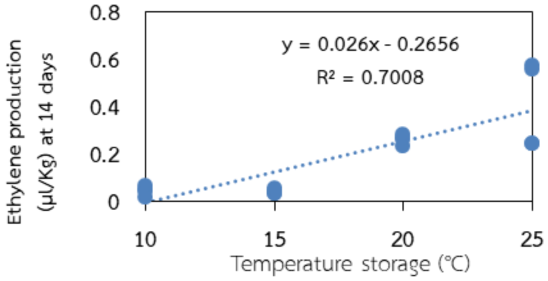


Figure 2 The relationship of Ethylene production with temperature stored for 14 days.

คุณภาพของผลมะม่วง

คุณภาพของผลมะม่วงเมื่อเก็บรักษานาน 14 ในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกันทั้ง 4 ระดับ พบว่า มะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10 องศาเซลเซียส) มีเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักผลสดต่ำ และจะมีเปอร์เซ็นต์การสุญเสียน้ำหนักผลสดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น เนื่องจากสภาพอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้ผลเกิดการคายน้ำเพิ่มมากขึ้น (จริงแท้, 2553) (Figure 3a) การเปลี่ยนสีเปลือกผลมะม่วง (Figure 3b-d) ค่าความสว่าง (L*) พบว่าเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้นความสว่างของผลจะลดลง (figure 3b) ค่าสีแดง (a*) พบว่าเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน มะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียสมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และ ค่าสีเหลือง (b*) พบว่าเมื่อเก็บรักษาในแต่ละอุณหภูมิระยะเวลานานขึ้นมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่ามะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (15, 20,และ 25 องศาเซลเซียส) เริ่มมีการพัฒนาเข้าสู่ระยะสุก (Penchaiya และคณะ, 2020) และเนื่องจากความแน่นเนื้อที่ตรวจวัดได้มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน (figure 4e) ปริมาณของแข็งที่ตรวจวัดได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรต และปริมาณกรดแอสคลอบิคในวิธีการเก็บรักษา 10 องศาเซลเซียสมีปริมาณสูงกว่าวิธีการอื่นๆ (Figure 4f-h)

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

การเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในสภาพอุณหภูมิต่ำ (10 องศาเซลเซียส) พบว่า มะม่วงมีการเสื่อมสภาพน้อยที่สุด เนื่องจากมีอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำ และเมื่อเก็บรักษาในอุณหภูมิที่สูงขึ้น การเสื่อมสภาพของผลมะม่วงจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน จึงได้สมการความสัมพันธ์อัตราการผลิตเอทิลีนกับอุณหภูมิ ที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการผลิตเอทิลีนในสภาพอุณหภูมินั้นๆ เพิ่มจะนำสารดูดซับเอทิลีนมาใช้ในปริมาณที่เหมาะสมต่อไป

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

จริงแท้ ศิริพานิช, 2553, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช, พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.

AOAC, 2000, Vitamins and Other Nutrients, Official Methods of Analysis (Chapter 45), 17th ed. Washington, D.C. 16-20.

Bayleyegn, A. and L. Ayele, 1998, Effect of low temperature storage on ripening and quality of mango (*Mangifera indica* L.), Journal of Agricultural Science and Research, 5(7): 570-576.

Penchaiya, P., L. Tijskens, M.M., Uthairatanakij, A., Srilaong, V., Tansakul, A., and Kanlayanarat, S., 2020, Modelling Quality and Maturity of 'Namdokmai Sithong' Mango and Their Variation During Storage, Postharvest Biology and Technology, 159: 111000.

Sivakumar, D., Y. Jiang and E. M. Yahia, 2011, Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain, Food Research International, 44: 1254-1263.

Wills R., McGlasson B., Graham D.and, D. Joyce, 1998, **Postharvest: An introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals,** 4th edition. CAB International, Wallingford, Oxford, UK. 262.

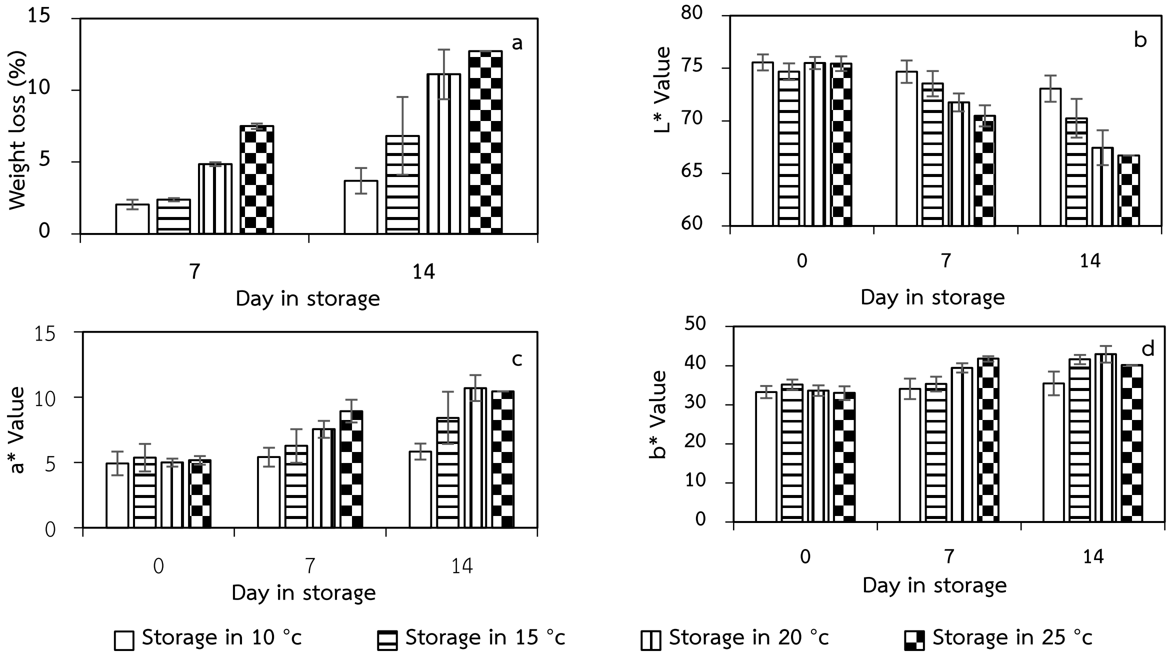


Figure 3 Weight loss (a), L* value (b), a* value (c) and b* value (d) of mango stored at different temperature for 14 days.

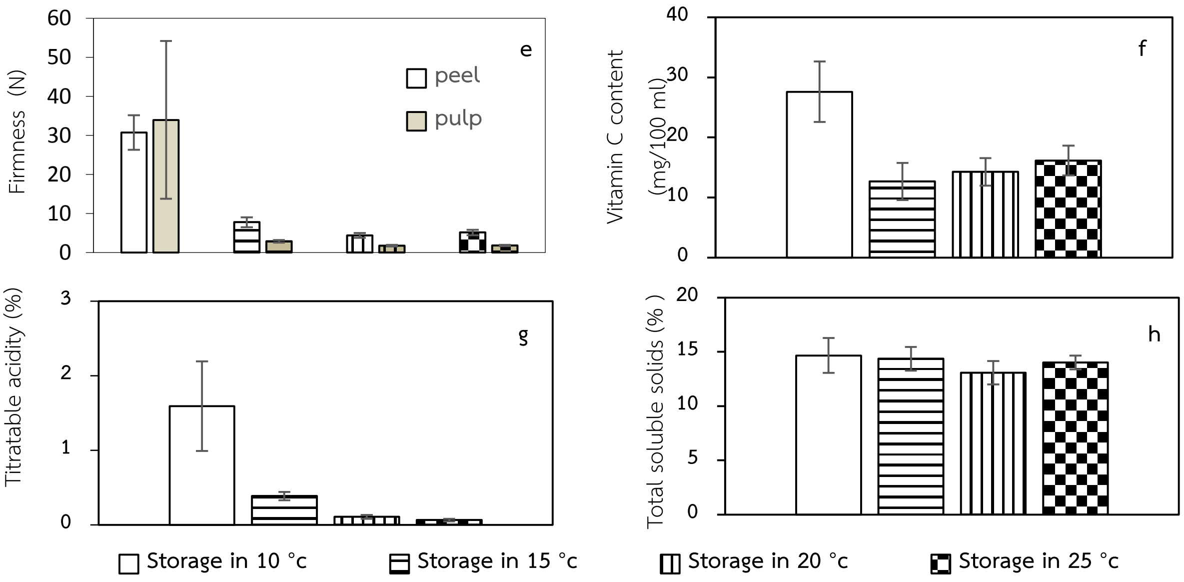


Figure 4 Firmness (e), vitamin c content (f), titratable acidity (g), and total soluble solids (h) of mango stored at different temperature for 14 days.

การเจริญเติบโตของกล้วยไข่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 2 ในหน่อตามที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลในอายุที่ต่างกัน
Growth of Banana "Kluai Khai Kasetsart 2" on Sucker via Applying Paclobutrazol on Different Periods.

พิมพ์นิภา เพ็งช่าง[1]* กัลยาณี สุวิทวัส[1] ขวัญหทัย ทนงจิตร[1] และ ภาสันต์ ศารทูลทัต[2]
Phengchang, P.[1], Suvittawat, K.[1], Tanongjid, K.[1] and Saradhuldhat, P.[2]

Abstract

The growth of Banana "Kluai Khai Kasetsart 2" on newly sucker were studied via applying paclobutrazol concentrations 500 mg a.i./plant on different periods on newly sucker were 2, 3 and 4 months after planting compared to water (control) in 2 months after planting. The experiment was at Pakchong Research Station, Nakhon Ratchasima. Results showed that pseudostem height decreased after 2 month applying paclobutrazol, pseudostem height after 2 months planting was shorter than control 58.8 and 67.8 cm respectively. Circumference was different on month 5th, in addition, it was found that all treatment had petioles length shorter as compared to control, at 7th month. After planting for 2, 3, 4 months and control showed average petioles length about 37.4, 38.9, 38.2 and 43.9 cm, respectively, which the 2 months after planting was minimal than other treatments. This stdy could be concluded that paclobutrazol had a significant effect on growth of Banana "Kluai Khai Kasetsart 2".

Keywords : Banana (Kluai Khai), Kluai Khai Kasetsart 2, Growth, Paclobutrazole

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตของกล้วยไข่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 2 ในหน่อตาม ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมสารออกฤทธิ์/ต้น ในช่วงอายุหน่อที่แตกต่างคือ 2, 3 และ 4 เดือนหลังปลูก กับต้นอายุ 2 เดือนที่ไม่ใช้สารพาโคลบิวทราโซล (ควบคุม) ทำการทดลองที่สถานีวิจัยปากช่อง จ.นครราชสีมา จากการศึกษาพบว่าความสูงของลำต้นเทียมเริ่มลดลงหลังจากได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นเวลา 2 เดือน โดยต้นที่ได้รับสารหลังปลูก 2 เดือน มีความสูงของลำต้นเทียมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับต้นที่ไม่รับสาร 55.8 และ 67.8 ซ.ม. ตามลำดับ ขนาดรอบวงต้นเริ่มเห็นความแตกต่างตั้งแต่เดือนที่ 5 โดยต้นที่ได้รับสารหลังปลูก 2 เดือน มีขนาดเส้นรอบวงต้นต่ำต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าทุกต้นที่ได้รับสารในทุกช่วงอายุจะมีความยาวก้านใบสั้นลงเมื่อเทียบกับต้นที่ไม่รับสาร โดยในเดือนที่ 7 ต้นที่ได้รับสาร 2, 3 ,4 เดือนและต้นที่ไม่ได้รับสาร มีความยาวก้านใบเฉลี่ย 37.4, 38.9, 39.2 และ 43.9 ซ.ม. ตามลำดับ ดังนั้นสารพาโคลบิวทราโซลจึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของกล้วยไข่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 2 ในหน่อตามอย่างชัดเจนทางสถิติ เมื่อได้รับสารหลังปลูกเป็นเวลา 2 เดือน

คำสำคัญ : กล้วยไข่ กล้วยไข่เกษตรศาสตร์ 2 การเจริญเติบโต, พาโคลบิวทราโซล

คำนำ

กล้วยไข่ 'Kluai Khai' [*Musa* (AA group) กลุ่มย่อย Sucrier] เป็นกล้วยที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างหนึ่งของไทย พื้นที่ปลูกกล้วยไข่ พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ 'กล้วยไข่กำแพงเพชร' และ 'กล้วยไข่เกษตรศาสตร์ 2' ซึ่งกล้วยไข่เกษตรศาสตร์ 2 นั้น เป็นกล้วยไข่พันธุ์ใหม่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เบญจมาศ, 2557) มีรสชาติหวาน อร่อย การเรียงตัวของหวีเป็นระเบียบ แต่ปัญหาสำคัญประการหนึ่งของการผลิตกล้วยไข่คือลำต้นเทียมของกล้วยไข่นั้นมีลักษณะลำต้นผอมบาง โดยเฉพาะในรุ่นหน่อตามพบว่าลำต้นเทียมมักสูงยืดยาวกว่ารุ่นแรก จึงเป็นปัญหาในการจัดการ เกษตรกรต้องใช้ไม้ไผ่ช่วยในการค้ำลำต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตและยากต่อการจัดการ และหากบริเวณปลูกมีลมพัดแรงมักหักกลางลำต้น โดยงานวิจัยในกล้วยพบว่าการใช้สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol, PBZ, PP333) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์มี

[1] สถานีวิจัยปากช่อง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรบางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30130
[1] Pakchong Research Station, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture, Kasetsart University, Pakchong, Nakhon Ratchasima 30130
[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2] Tropical Fruit Research and Development Center, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakorn Pathom, 73140

คุณสมบัติเป็นสารควบคุมพืช มีคุณสมบัติเป็นสารที่ช่วยชะลอการเจริญเติบโตของพืช สามารถช่วยลดความสูงของลำต้นเทียมได้ซึ่งอาจทำให้ต้นแข็งแรงได้มากขึ้น (Hedden, 1983; El-Otmani และคณะ, 1992) อย่างไรก็ตามงานวิจัยโดยพิมพ์นิภาและคณะ (2561) พบว่าสารพาโคลบิวทราโซลนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไข่เกษตรศาสตร์ 2 อย่างชัดเจน ทั้งความสูงของลำต้นเทียม ขนาดเส้นรอบวงของลำต้นเทียม ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบช่วงอายุที่เหมาะสมและผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตในหน่อตามของกล้วยไข่เกษตรศาสตร์ 2

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการปลูกต้นกล้วยไข่เกษตรศาสตร์ 2 ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ลงในแปลงปลูกระยะห่าง 2x2 เมตร เมื่อต้นกล้วยไข่เกิดหน่อตามเลือกหน่อที่มีขนาดและอายุหน่อในช่วงเดียวกัน จากนั้นใช้สารพาโคลบิวทราโซลในอัตราความเข้มข้น 500 mg a.i./ต้น ราดบริเวณโคนต้นกล้วยไข่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 2 ในรุ่นหน่อตามในช่วงอายุต่างๆ ดังนี้ 2, 3 และ 4 เดือน ส่วนต้นควบคุม (control) คือหน่อตามอายุ 2 เดือนที่ไม่ได้ใช้สาร (น้ำเปล่า) วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น/ทรีทเมนต์ ตามวิธีการของ พิมพ์นิภาและคณะ (2561) ติดตามการเปลี่ยนแปลงรายเดือนในช่วงระยะการเจริญเติบโต เป็นระยะเวลา 7 เดือน โดยบันทึกข้อมูลความสูงของลำต้นเทียม (pseudostem) ขนาดรอบวง (circumference) ของลำต้นเทียม ระยะห่างระหว่างกาบใบ (Leaf blade spacing) ความยาวก้านใบ (Petioles length) สถานที่ทำการศึกษาวิจัย ณ สถานีวิจัยปากช่อง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต.ปากช่อง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่าทุกช่วงอายุปลูกหลังการให้สารพาโคลบิวทราโซลทางดินในหน่อตามกล้วยไข่เกษตรศาสตร์ 2 เริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตต่างๆ ดังนี้ ความสูงของลำต้นเทียมเริ่มลดลงหลังจากได้รับสารพาโคลบิวทราโซลแล้วเป็นเวลา 2 เดือน โดยต้นที่ได้รับสารในหน่อตามอายุ 2 เดือน มีความสูงของลำต้นเทียมต่ำที่สุดในทุกเดือนเมื่อเทียบกับหน่อที่ได้รับสารอายุ 3, 4 เดือนและหน่อที่ไม่รับสาร (Table 1) ขนาดรอบวงต้นเริ่มเห็นความแตกต่างตั้งแต่เดือนที่ 5 โดยต้นที่ได้รับสารในหน่อตามอายุ 2 เดือน มีขนาดเส้นรอบวงต้นน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับหน่อที่ได้รับสารอายุ 3, 4 เดือนและหน่อที่ไม่รับสาร เช่นเดียวกับระยะห่างระหว่างกาบใบ ต้นที่ได้รับสารในหน่อตามอายุ 2 เดือน มีระยะห่างระหว่างกาบใบแคบที่สุดตั้งแต่เดือนที่ 1 – 3 และจากเดือนที่ 4 เป็นต้นไประยะห่างระหว่างกาบใบไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าทุกต้นที่ได้รับสารในทุกช่วงอายุมีความยาวก้านใบสั้นลงเมื่อเทียบกับต้นที่ไม่รับสาร โดยในเดือนที่ 7 ต้นที่ได้รับสาร 2, 3 ,4 เดือนและต้นที่ไม่ได้รับสาร มีความยาวก้านใบเฉลี่ย 37.4, 38.9, 39.2 และ 43.9 ซ.ม. ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งพบว่าสารพาโคลบิวทราโซลมีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไข่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 2 ในรุ่นหน่อตามอย่างชัดเจน โดยส่งผลทำให้ความสูงของลำต้นเทียมลดลง ระยะห่างระหว่างกาบใบแคบลงและความยาวก้านใบสั้นลง เช่นเดียวกับการทดลองของ พิมพ์นิภา และคณะ (2561) และ El-Otmani และคณะ (1992) โดยพาโคลบิวทราโซลมีคุณสมบัติในการชะลอการเจริญเติบโตของพืช โดยยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลินในพืชซึ่งทำหน้าที่ส่งเสริมการขยายขนาดเซลล์ (Hedden, 1983)

สรุปผล

สารพาโคลบิวทราโซลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของกล้วยไข่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 2 ในหน่อตามอย่างชัดเจน โดยจะส่งผลทำให้ความสูงของลำต้นเทียมลดลง ขนาดรอบวงต้นลดลง ระยะห่างระหว่างกาบใบแคบลงและความยาวก้านใบสั้นลง โดยผลของสารพาโคลบิวทราโซลจะแสดงออกอย่างชัดเจนในต้นที่ได้รับสารในหน่อตามอายุ 2 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

พิมพ์นิภา เพ็งช่าง ภาสันต์ ศารทูลทัต กัลยาณี สุวิทวัส พินิจ กรินท์ธัญญกิจ เรืองศักดิ์ กมขุนทด และ ขวัญหทัย ทนงจิตร, 2561, ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไข่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 2, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49(1) พิเศษ : 416-418

เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2557, กล้วย, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ, 512 หน้า.

El-Otmani, M, N Cheikh and M Sedki, 1992, Effects of Paclobutrazol on Greenhouse-grown Bananas in Morocco, Scientia Horticulturae, 49: 255-266.

Hedden, P, 1983, Gibberellin Metabolism and the Mode of Action of Plant Growth Regulators, East Malling Research Station, 1982:147-148.

Table 1 Effect of paclobutrazol on pseudostem height and circumference at different periods.

age (paclobutrazol application)	1nd month		2rd month		3st month		4st month		5st month		6st month		7st month	
	PH (cm.)[1/]	C (cm.)	PH (cm.)	C (cm.)	PH (cm.)	C (cm.)	PH (cm.)	C (cm.)	PH (cm.)	C (cm.)	PH (cm.)	C (cm.)	PH (cm.)	C (cm.)
2 month (control)	40.7	15.5	67.8^{a}	18.2	92.7^{a}	30.5	128.9^{a}	40.4	170.1^{a}	55.6^{a}	194.8^{a}	57.3^{a}	228.4^{a}	61.0^{a}
2 month	41.4	14.7	55.8^{c}	17.9	66.4^{c}	29.7	81.2^{a}	38.8	110.6^{c}	41.9^{c}	137.7^{a}	49.8^{c}	163.7^{a}	52.4^{c}
3 month	40.1	15.1	66.2^{b}	19.1	80.8^{b}	31.0	101.7^{c}	39.1	122.5^{b}	50.4^{b}	155.1^{b}	53.2^{b}	177.9^{c}	55.3^{b}
4 month	42.0	16.3	68.3^{a}	20.2	93.9^{a}	30.8	118.6^{b}	39.9	137.7^{b}	54.8^{b}	164.0^{b}	58.1^{a}	188.0^{b}	61.2^{a}
F-test	ns	ns	**	ns	**	ns	**	ns	**	**	**	**	**	**

[1/] ns: no statistical significant difference, **: significant at P<0.05

Means with similar letter in the column were not significantly different with DMRT

PH = Pseudostem height   C = Circumference

Table 2 Effect of paclobutrazol on leaf blade spacing and petioles length at different periods.

age (paclobutrazol application)	1nd month		2rd month		3st month		4st month		5st month		6st month		7st month	
	LS (cm.)[1/]	PL (cm.)	LS (cm.)	PL (cm.)	LS (cm.)	PL (cm.)	LS (cm.)	PL (cm.)	LS (cm.)	PL (cm.)	LS (cm.)	PL (cm.)	LS (cm.)	PL (cm.)
2 month (control)	6.2^{b}	17.1	9.9^{a}	22.7^{a}	10.5^{a}	25.7^{a}	10.6	30.4^{a}	10.5	37.1^{a}	10.4	42.1^{a}	10.5	43.9^{a}
2 month	3.6^{c}	15.9	4.5^{c}	11.4^{b}	5.1^{a}	14.5^{c}	9.8	22.3^{c}	9.9	27.3^{c}	10.0	33.3^{bc}	10.2	37.4^{c}
3 month	7.4^{a}	16.5	7.7^{b}	21.4^{a}	7.9^{b}	23.0^{b}	10.4	26.7^{b}	10.3	31.2^{b}	10.3	35.9^{b}	10.4	38.9^{b}
4 month	6.0^{b}	16.7	6.5^{b}	21.9^{a}	6.7^{c}	24.9^{a}	10.1	28.3^{b}	10.2	30.6^{b}	10.1	35.8^{b}	10.3	39.2^{b}
F-test	**	ns	**	**	**	**	ns	**	ns	**	ns	**	ns	**

[1/] ns: no statistical significant difference, ** : significant at P<0.05

Means with similar letter in the column were not significantly different with DMRT

LS = Leaf blade spacing   PL = Petioles length

ผลของการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสในบะหมี่สด
Effect of Hom-nil Rice Flour as Wheat Flour Substituted on Physicochemical and Sensory Property in Fresh Noodle

เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์[1] และ เกศศิริ เหล่าวชิระสุวรรณ[1]
Ieowsakulrat, S.[1] and Laowachilasuwan, K.[1]

Abstract

This study aimed to replace wheat flour with Hom-nil rice flour in fresh noodle by varying at 0 (control), 20, 40 and 60% (by wheat flour weight). It was found that high amount of Hom-nil flour in noodle resulted in decreased color values of L*, b* and tensile strength property ($p \leq 0.05$). The overall acceptance and proximate property of control and 20% formula were not different ($p > 0.05$), but anthocyanin of 20% formula was 6.21 fold of control. The shelf life of 2 formulas kept in plastic pack at $5 \pm 1^{\circ}$C was longer about 10 days. The 74% from 100 consumers interested to buy the 20% formula. Moreover, inclination result showed that percentage of consumers that like to very like of taste, odor, texture and overall acceptance of 20% Hom-nil noodle were 77, 62, 79 and 85, respectively.

Keywords: Fresh noodle, Wheat flour, Hom-nil rice flour

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้แป้งข้าวหอมนิลมาผลิตบะหมี่สด ทำการทดลองผลิตบะหมี่โดยการแปรปริมาณแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 0 (สูตรควบคุม) 20 40 และ 60% โดยน้ำหนักแป้ง ผลการศึกษาพบว่า บะหมี่สูตรที่มีปริมาณแป้งข้าวหอมนิลมากขึ้นทำให้ค่า L* b* และค่าแรงดึงขาดลดลง ($p \leq 0.05$) ซึ่งบะหมี่สูตร 20% ได้รับการยอมรับโดยรวมจากผู้ชิมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$) ถึงแม้ว่าองค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่สูตร 20% มีปริมาณไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ($p > 0.05$) แต่ปริมาณแอนโทไซยานินของบะหมี่สดแป้งข้าวหอมนิล 20% มีสูงกว่า 6.21 เท่า และสามารถเก็บบะหมี่สดทั้งสองชนิดในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ $5 \pm 1^{\circ}$C ได้นานอย่างน้อย 10 วัน ผลการทดสอบผู้บริโภค 100 คน พบว่า 74% สนใจซื้อบะหมี่สดแป้งข้าวหอมนิล 20% และผลประเมินความชอบ พบว่าจำนวนผู้ทดสอบที่มีความชอบระดับมากถึงมากที่สุดในด้านรสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เท่ากับ 77 62 79 และ 85% ตามลำดับ

คำสำคัญ: บะหมี่สด แป้งสาลี แป้งข้าวหอมนิล

คำนำ**

ข้าวหอมนิลเป็นข้าวเจ้าที่มีสีม่วงเข้มซึ่งเป็นรงควัตถุแอนโทไซยานินที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีใยอาหาร และซีลีเนียมสูง (เกษตรวิรุฬ, 2559; ผาณิต และคณะ, 2555) จึงมีการนำข้าวหอมนิลหรือแป้งข้าวหอมนิลมาผลิตเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เช่น เครื่องดื่มน้ำข้าวหอม (เสาวนีย์ และทวีศักดิ์, 2559) บะหมี่จัดเป็นอาหารที่ชาวเอเชียนิยมบริโภคโดยมีแป้งสาลีและน้ำ หรืออาจมีไข่เป็นส่วนผสม งานวิจัยที่มีการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น บะหมี่และมี่สั้ว (สายพิณ และคณะ, 2543) พบว่าบะหมี่อบแห้งที่ผลิตได้มีการใช้แป้งข้าวเจ้าที่ทดแทนแป้งสาลีได้ที่ 25-50% แต่เมื่อทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยการทำเป็นบะหมี่แห้งและบะหมี่น้ำสามารถใช้แป้งข้าวเจ้าได้ถึง 25–45% งานวิจัยที่มีการใช้แป้งข้าวเจ้าที่มีสีเข้มทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อื่น เช่น บราวนี่ (นิพาดา และคณะ, 2560) ขนมขบเคี้ยว(สมหวังและคณะ, 2562) พบว่าสามารถใช้แป้งข้าวเจ้าที่มีสีเข้มเพื่อทดแทนแป้งสาลีได้เพียงบางส่วนเนื่องจากมีสีและเนื้อสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัส ส่วนงานวิจัยที่เกี่ยวกับบะหมี่สดจะมีการใช้วัตถุดิบอื่นผสมด้วยเพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น แก่นตะวัน (ดวงใจ และคณะ, 2556) เนื้อตาล (พรทวี และคณะ, 2557) เมล็ดปอ (Zawawi, 2014) ซึ่งบะหมี่สดที่ได้มีสีและเนื้อสัมผัสที่แตกต่างจากบะหมี่สดสูตรปกติ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้แป้งข้าวหอมนิลมาผลิตบะหมี่สดโดยการทดแทนแป้งสาลี ทั้งนี้เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์บะหมี่สดที่เป็นอีกทางเลือกของผู้บริโภค

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดินแดง กทม. 10400
[1] School of Science and Technology, University of Thai Chamber of Commerce , Din Dang , Bangkok 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาปริมาณแป้งข้าวหอมนิลที่ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตบะหมี่สด นำข้าวหอมนิลมาปั่นละเอียดด้วยเครื่องบด แบบ Pin-mill (Bonny, รุ่น YPS-102) แล้วนำร่อนผ่านตะแกรงขนาด 130 mesh ได้เป็นแป้งข้าวหอมนิล จากนั้นนำมาผลิตเป็นบะหมี่สดโดยมีส่วนประกอบ ได้แก่ แป้งข้าวสาลี โซเดียมไบคาร์บอเนต เกลือและไข่ แล้วเติมแป้งข้าวหอมนิลที่เตรียมมาเพื่อผลิตบะหมี่สด 4 สูตรได้แก่ สูตรควบคุม (แป้งสาลี 100%) (ผาณิต, 2559) สูตรทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิล 20 40 และ 60% (โดยน้ำหนักแป้งสาลี) วิธีการผลิตบะหมี่ (ผาณิต, 2559) เริ่มจากนำส่วนผสมมาผสมให้เข้ากัน จากนั้นนวดจนได้ก้อนโด พักไว้ 20 นาที นำมารีดและตัดให้เป็นเส้นบะหมี่ นำผลิตภัณฑ์บะหมี่ทั้ง 4 สูตรมาประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ชิม(กึ่งฝึกฝน) 30 คน เสริฟด้วยเส้นที่ลวกในน้ำเดือด 2 นาทีและผ่านน้ำอุณหภูมิปกติจากนั้นสะเด็ดน้ำใส่น้ำมันพืชเล็กน้อย และใช้แบบสอบถาม 9 point-Hedonic scale วัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab D25 (DP-9000) และวัดเนื้อสัมผัสเป็นค่าแรงดึงขาด ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (LLOYDTAplus) นำผลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธีของ Duncan's New Multiple Rank Test โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS version 12

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาสมบัติของบะหมี่ข้าวหอมนิลที่ได้คะแนนการยอมรับที่ดีสุดจากการประเมินทางประสาทสัมผัสในขั้นตอนที่ 1 นำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน และไขมัน ตามวิธี AOAC (2005) สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตใช้วิธี By difference และวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน ด้วยวิธี pH differential และศึกษาอายุการเก็บในถุงพลาสติก Polythylence ที่อุณหภูมิ 4 ±2 $^{\circ}$C นาน 10 วัน รวมทั้งทดสอบทางด้านจุลินทรีย์เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่า สูตรที่มีปริมาณแป้งข้าวหอมนิลมากขึ้นทำให้ค่า L* b* และค่าแรงดึงขาดของบะหมี่สดลดลง ($p \leq 0.05$) ซึ่งจากลักษณะปรากฏของบะหมี่ที่เติมแป้งข้าวหอมนิลมากขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นเนื่องจากแป้งข้าวหอมนิลที่มีสีเข้ม (Figure 1) สำหรับค่าแรงดึงขาดที่ลดลงจะสอดคล้องกับคะแนนความชอบของผู้ชิมที่ลดลงตามปริมาณแป้งข้าวหอมนิลที่มากขึ้น (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจากบะหมี่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลทำให้ปริมาณกลูเตนลดลง ซึ่งกลูเตนส่งผลต่อความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ เมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่น ค่าแรงดึงขาดของบะหมี่จะแตกต่างกันขึ้นกับวัตถุดิบที่ใส่เพิ่มเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ การเสริมด้วยเนื้อตาล (พรทวี และคณะ, 2557) เมล็ดปอ (Zawawi, 2014) จะทำให้บะหมี่มีแรงดึงขาดน้อยลงแบบเดียวกับงานวิจัยนี้ ส่วนการเสริมด้วยแก่นตะวัน(ดวงใจ และคณะ , 2556) จะทำให้มีค่าแรงดึงขาดเพิ่มมากขึ้น จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าบะหมี่สูตร 20% ของแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีได้รับการยอมรับโดยรวมจากผู้ชิมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p>0.05$) ในทุกด้าน ดังนั้นผลของอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บะหมี่สด คือ การทดแทนด้วยระดับ 20%

สำหรับผลศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่สูตรแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลี 20% เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมพบว่ามีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ($p>0.05$) (Table 3) แต่ปริมาณแอนโทไซยานินของบะหมี่สดแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลี 20% มีมากกว่าสูตรควบคุม 6.21 เท่า (ปริมาณแอนโทไซยานินของแป้งสาลีและแป้งข้าวหอมนิลเท่ากับ 0.015 และ 0.038 cyaniding-3-glucoside equivalent, mg/L ตามลำดับ) ในการศึกษาอายุการเก็บพบว่าสามารถเก็บบะหมี่สดทั้งสองชนิดในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 5±1°C ได้นานอย่างน้อย 10 วัน (ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรามีปริมาณน้อยจนนับไม่ได้) เมื่อนำบะหมี่สดสูตรแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลี 20% ไปสอบถามผู้บริโภค 100 คน ณ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุต่ำกว่า 30 ปี จากการสอบถามเกี่ยวกับการไปทานอาหารประเภทเส้นในร้านก๋วยเตี๋ยว พบว่า จำนวนคนที่ทานอาหารประเภทก๋วยเตี๋ยว 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ และ 3 -4 ครั้งต่อสัปดาห์เท่ากับ 44 และ 32 คน (ตามลำดับ) อาหารที่ชอบบริโภคที่ร้าน (เลือกได้มากกว่า 1 คำตอบ) ได้แก่ บะหมี่และเกี๊ยว (55) บะหมี่ (41) เส้นเล็ก (33) เส้นหมี่ (32) (Figure 2) โดยเหตุผลที่ชอบทาน ได้แก่ รสชาติ (54) ความเหนียว (47) สี (41) เมื่อผู้ตอบแบบสอบถามได้ชิมบะหมี่สดสูตรแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลี 20% พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามมีความชอบระดับมากถึงมากที่สุดในด้านรสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เท่ากับ 77 62 79 และ 85% ตามลำดับ (Table 4) ผู้ตอบแบบสอบถาม 62% ที่ไม่เคยทานข้าวหอมนิล และมี 74% สนใจซื้อบะหมี่สดแป้งข้าวหอมนิล 20% ด้วยเหตุผลว่า อร่อย (14) บะหมี่มีคุณภาพ (11) มีประโยชน์ (10) จากข้อมูลการทดสอบบะหมี่สดสูตรแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลี 20% ด้วยผู้บริโภคพบว่า เป็นกลุ่มเป้าหมายเนื่องจากเป็นผู้ที่เข้าร้านก๋วยเตี๋ยวบ่อยและอาหารเส้นที่นิยมเป็นพวกบะหมี่ โดยผลประเมินที่ได้แสดงให้เห็นว่ามีคนที่ไม่เคยทานข้าวหอมนิลยังชอบผลิตภัณฑ์นี้และมีความสนใจที่จะซื้อสูงด้วย ส่วนเหตุผลของการซื้อมีความหลากหลาย

เช่น อร่อย (14) มีประโยชน์ (11) มีคุณภาพ (10) แปลกใหม่ (10) มีสารแอนติ้ออกซิแดนซ์ (9)

สรุปผล

บะหมี่สูตรที่มีปริมาณแป้งข้าวหอมนิลมากขึ้นทำให้ค่า L* b* และค่าแรงดึงขาดลดลง ($p \leq 0.05$) บะหมี่สูตร 20% ได้รับการยอมรับโดยรวมจากผู้ชิมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่สูตร 20% มีปริมาณไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม($p > 0.05$) แต่ปริมาณแอนโทไซยานินของบะหมี่สดแป้งข้าวหอมนิล 20% มีมากกว่า 6.21 เท่า และสามารถเก็บบะหมี่สดทั้งสองชนิดในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 5±1°C ได้นานอย่างน้อย 10 วัน ผลการทดสอบผู้บริโภค 100 คน พบว่า ผลประเมินความชอบ พบว่าจำนวนผู้ทดสอบที่มีความชอบระดับมากถึงมากที่สุดในด้านรสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เท่ากับ 77, 62, 79 และ 85% ตามลำดับ และ 74% สนใจซื้อบะหมี่สดแป้งข้าวหอมนิล 20%

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นางสาวอลิสา เพ่งกุล และ นายกิตติภัค วาดเขียน ที่ช่วยในการทำวิจัยและเก็บข้อมูลในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เกษตรวิรุฬ. ข้าวเจ้าหอมนิล [สืบค้น], http://www.kasetvirul.com/index.php. [14/January/16].

ดวงใจ มาลัย ชุติมณฑน์ ชัยชวลิต สุพรรษา จันทร์เพ็ญ และสุชานุช ไหมละเอียด, 2556, การพัฒนาบะหมี่สดโดยการเติมผงแก่นตะวัน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร : 44(2), 269-272.

นิพาดา ศิริภักดิ์ นิสา ยศสมบัติ สุดารัตน์ พุ่มชื่น ทรงพรรณ สังข์ทรัพย์ และ อุทัยวรรณ ฉัตรธง, 2560, ผลของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางประสาทสัมผัสของบราวนี่, การประชุมวิชาการระดับชาติ "นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017" "วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน", A757-A767.

ผาณิต รุจิรพิสิฐ วิชชุดา สังข์แก้ว และเสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์, 2555, คุณค่าทางอาหารของข้าว 9 สายพันธุ์และการผลิตข้าวผสมเพื่อสุขภาพ (โครงการ 1 ไร่ 1 แสน), มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

ผาณิต รุจิรพิสิฐ, 2559, ปฏิบัติการการขึ้นรูปและการทำรูปร่าง, เอกสารประกอบการสอน-วิชาวิทยาศาสตร์การอาหารเบื้องต้น, สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพฯ, 45 หน้า.

พรทวี ธนสัมบัณณ์ จันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา สาวิตรี ประสิ่งชอบ และนิตยา งามเสงี่ยม, 2557, การทดแทนเนื้อตาลผงในผลิตภัณฑ์บะหมี่สด, วารสารวิจัย มสด 7(1): 105-123.

สมหวัง เล็กจริง ปารมี หนูนิ่ม สุจินดา บุตตะจีน และ ปัทมา จันทวงค์, 2562, ผลของการทดแทนแป้งข้าวสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสังข์หยดต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว, วารสารแก่นเกษตร 47 (ฉบับพิเศษ 1): 679 – 684.

สายพิณ มณีพันธ์ วารุณี วารัญญานนท์ สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ วิภา สุโรจนะเมาะกุล รัศมี ศุภศรี และ พัชรี ตั้งตระกูล, 2543, การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้น : มี่สั้วและบะหมี่, รายงานการวิจัยชุดโครงการวิจัยข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว, กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 464 – 517.

เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์ และทวีศักดิ์ พงษ์ปัญญา, 2559, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวหอมเพื่อสุขภาพ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 47(2): 145-148.

Zawani, N., Gangadharan, P., Ahma Zaini, R., Samsudin, M.G., Karim, R., and Maznah, I., 2014, Nutritional Values and Cooking Quality of Defatted Kenaf Seeds (DKSY) Noodles, International Food Research Journal 21(2): 603 – 608.

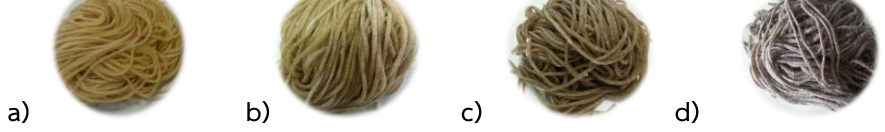


Figure 1 Appearance of a) control b) 20% c) 40% and d) 60% Hom-nil fresh noodle

Table 1 Result of physical and chemical properties of Hom – nil fresh noodle formula

Hom-nil noodle formula	Color			Tensile strength
	L*	a*	b*	(N)
Control	67.51^{a} ± 1.18	0.69 ± 0.05	22.78 ± 1.35	12.60 ± 1.09^{a}
20%	64.20 ± 1.21	1.83 ±0.49	16.64 ± 1.10	9.86 ± 0.11^{b}
40%	58.80 ± 1.07	2.46 ± 0.47	14.86 ± 1.60	8.72 ± 0.18^{c}
60%	56.36 ± 2.08	4.37 ± 0.77	13.25 ± 0.74	6.27 ± 0.08^{d}

a,b,c : Values with different letter in same column significantly different. (p≤0.05)

Table 2 Result of sensory evaluation of Hom–nil fresh noodle formula

Hom-nil noodle formula	Test score					
	Appearance	Color^{ns}	Odor^{ns}	Taste	Texture	Overall acceptance
Control	6.73^{ab} ±2.05	7.10 ±1.86	6.67 ±1.88	7.37^{a} ±1.40	7.03^{ab} ± 1.10	7.63^{a} ±1.40
20%	6.07^{b} ±1.72	7.13 ±1.22	6.73 ±1.36	7.90^{a} ±1.30	7.37^{a} ± 0.81	7.70^{a} ±0.99
40%	6.30^{b} ±1.34	6.60 ±1.25	6.50 ±1.28	6.50^{b} ±1.50	6.77^{b} ± 0.97	6.47^{b} ±0.94
60%	7.17^{a} ±1.26	7.03 ±1.35	6.60 ±1.77	5.03^{c} ±1.43	6.27^{c} ± 1.08	5.67^{c} ±1.32

a,b,c : Values with different letter in same column significantly different. (p≤0.05), ns : non significantly different (p>0.05)

Table 3 Chemical composition of control noodle and 20% Hom-nil noodle

Hom-nil noodle formula	Moisture^{ns} (%)	Ash^{ns} (%)	Protein^{ns} (%)	Fat^{ns} (%)	Carbohydrate^{ns} (%)	Anthocyanin (cyaniding-3-glucoside equivalent, mg/L)
Control	27.07±0.26	1.28±0.05	1.48±0.30	3.23±0.32	67.01±0.15	0.040
20%	27.11±0.24	1.42±0.02	1.32±0.45	3.77±0.26	66.08±0.19	0.248

a,b,c : Values with different letter in same raw significantly different. (p≤0.05), ns : non significantly different (p>0.05)

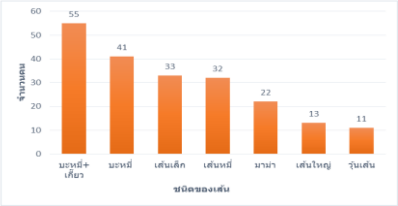


Figure 2 Food that consumer liked

Table 4 Result of consumer evaluation of Hom-nil noodle

Consumer acceptance (%)	5-point Hedonic scale				
	5	4	3	2	1
Taste	14	63	22	1	0
Flavor	22	40	32	6	0
Texture	21	58	20	1	0
Overall acceptance	35	50	14	1	0

1= disliked very much, 3 = neither liked nor disliked , 5 = liked very much

ผลของวัสดุเพาะและอาหารเสริมโปรตีนต่อการเจริญและการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ดถั่งเช่าสีทอง

Effect of Culturing Material and Protein Supplement on the Growth and Bioactive Compound Production of *Cordyceps militaris*

ไพรินทร์ กปิลานนท์[1] สุริยา ฤธาทิพย์[1] และ อุทร ดีเลือก[1]
Karpilanondh, P.[1], Ruthathip, S.[1] and Deelouek, U.[1]

Abstract

Cordyceps (*Cordyceps militaris*) is a popular medicinal mushroom due to high content of bioactive ingredients cordycepin. This study aimed to investigate culturing substrates (whole-grain Sung-Yod; WSY, wholegrain Mun-Poo; WMP, whole-grain Riceberry; WR, and broken-milled Riceberry; BR), and protein supplements (silk-worm; SW, silk-pupa; SP, chicken-egg: CE, and red-bean) affecting growth and bioactive compound of Cordyceps mushroom. It was found that mushroom cultivated on all substrate could generate mycelium and fruiting body; however, mushroom grown on WMP with SW could generate the fastest mycelium, while its cultivation on WMP with SP yielded the highest number of fruiting body (22.50±1.29 fruiting body). The mushroom grown on whole-grain and BR with SP yielded the highest biomass (36.00±1.08 and 41.00±3.55 g wet weight) with cordycepin content of 66.87 and 78.05 µg/g, respectively. The results from this study suggest that cultivation material and protein supplements affect the growth and bioactive compound production of Cordyceps mushroom.

Keywords: Protein supplement, Bioactive compound, *Cordyceps militaris*

บทคัดย่อ

เห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) เป็นเห็ดสมุนไพรที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีปริมาณคอร์ไดเซปินซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติเป็นยา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัสดุเพาะเลี้ยง 4 ชนิด คือ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมมันปู ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ และอาหารเสริมโปรตีน ได้แก่ หนอนไหม ดักแด้ไหม ไข่ไก่ และถั่วแดงต่อการเจริญและการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ดถั่งเช่าสีทอง ผลการทดลองพบว่าเห็ดถั่งเช่าสีทองมีการเจริญของเส้นใยและให้ดอกบนข้าวทั้ง 4 ชนิด โดยเห็ดถั่งเช่าที่เพาะเลี้ยงโดยใช้ข้าวหอมมันปูเติมอาหารเสริมผสมหนอนไหม มีการเจริญของเส้นใยบนวัสดุเพาะเร็วที่สุด ในขณะที่เห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนข้าวมันปูผสมอาหารเสริมดักแด้ไหมให้จำนวนดอกสูงสุด (22.50±1.29 ดอก) เห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงด้วยข้าวไรซ์เบอร์รี่และปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เติมอาหารเสริมผสมดักแด้ไหม ให้น้ำหนักดอกสดสูงที่สุดคือ 36.00±1.08 และ 41.00±3.55 กรัม โดยมีปริมาณคอร์ไดเซปินเท่ากับ 66.87 และ 75.05 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าชนิดของวัสดุเพาะและอาหารเสริมโปรตีนที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงมีผลต่อการเจริญและการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ดถั่งเช่าสีทอง

คำสำคัญ: อาหารเสริมโปรตีน สารออกฤทธิ์ทางยา เห็ดถั่งเช่าสีทอง

คำนำ

เห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) จัดเป็นเชื้อราปรสิตของแมลง (Entomopathogenic fungi) ในกลุ่ม Ascomycetes (Das และคณะ, 2010) เป็นเห็ดที่พบอยู่ทั่วไปในที่ที่มีอุณหภูมิระหว่าง 10-28 องศา-เซลเซียส เป็นเห็ดที่มีส่วนประกอบของสารอาหาร วิตามิน เกลือแร่ มีสรรพคุณเป็นยา มีฤทธิ์เสริมภูมิคุ้มกัน ต้านอนุมูลอิสระ ลดการอักเสบ เพิ่มการไหลเวียนเลือด บำรุงไตและปอด (Nakamura และคณะ, 2005) ปัจจุบันเห็ดถั่งเช่าสีทองเป็นเห็ดสมุนไพรที่ได้รับความนิยมสูงมาก ทำให้มีราคาสูง จึงมีการเพาะเลี้ยงเป็นอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย วิธีการเพาะที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือวิธีการเพาะโดยใช้ธัญพืชเป็นวัสดุหลัก และอาหารเสริมสูตรต่างๆ ที่มีแหล่งโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน ไนโตรเจนและคาร์บอน

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 1518 ถนนประชาราษฎร์1, เขตบางซื่อ, กทม. 10800 ประเทศไทย
[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat 1 Road, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand

เสริม เพื่อให้ได้ผลผลิตและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่โพลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) แมนนิทอล (mannitol) หรือกรดคอร์ไดเซปิก (cordycepic acid) อะดีโนซีน (adenosine) คอร์ไดเซปิน (cordycepin) เออโกสเตอรอล (ergosterol) เป็นต้น ซึ่งคอร์ไดเซปินมีฤทธิ์ช่วยเพิ่มพลังภายในร่างกาย มีคุณสมบัติบำรุงไตและปอด ช่วยต้านอนุมูลอิสระ กระตุ้นการไหลเวียนของโลหิต ช่วยรักษาสมดุลของคลอเรสเตอรอลในหลอดเลือด ช่วยลดการอักเสบ สามารถต้านการเกิดเนื้องอกและต้านเซลล์มะเร็ง (Shashidhar และคณะ, 2013) จึงทำให้เห็ดถั่งเช่าเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์เห็ดสมุนไพรหรืออาหารเสริมสุขภาพอย่างแพร่หลาย ทำให้ปริมาณเห็ดถั่งเช่าสีทองที่มีคุณภาพดีคือมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติเป็นยา เช่น คอร์ไดเซปิน ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัสดุเพาะเลี้ยง 4 ชนิด คือ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมมันปู ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ และอาหารเสริมโปรตีน ได้แก่ หนอนไหม ดักแด้ไหม ไข่ไก่ และถั่วแดง เพื่อให้ได้ผลผลิตและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญคือ คอร์ไดเซปิน

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) จากฟาร์มเห็ดในจังหวัดปราจีนบุรี บนวุ้นอาหาร PDA ในจานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร บ่มที่อุณหภูมิ 18 และ 20 องศาเซลเซียส ในที่มืด เป็นเวลา 30 วัน เพื่อศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใย เตรียมหัวเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารเหลว PDB ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่หัวเชื้อจากวุ้นอาหาร PDA ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น บ่มในสภาวะที่ให้ออกซิเจน (เขย่า) ที่ความเร็ว 105 รอบต่อนาที และไม่ให้ออกซิเจน (ไม่เขย่า) บ่มที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อนำมาทำหัวเชื้อ

เตรียมอาหารสูตรดัดแปลงโดยใช้ธัญพืช 4 ชนิด คือ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมมันปู ข้าวไรซ์เบอร์รี่และปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ 25 กรัม เติมอาหารเสริมประกอบด้วย เปปโตน ยีสต์ กลูโคส วิตามินบีรวม 50 มิลลิลิตร และอาหารเสริมผสมโปรตีน ได้แก่ ดักแด้ไหม หนอนไหม ไข่ไก่และถั่วแดง อย่างละ 3.5 กรัม ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 16 ออนซ์ ทำการทดลอง 4 ซ้ำ นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 30 นาที แล้วหยอดเชื้อเห็ดลงไปปริมาตร 3 มิลลิลิตรต่อขวด บ่มที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ในที่มืด เมื่อเส้นใยเจริญเต็มผิวหน้าอาหาร กระตุ้นให้เกิดตุ่มดอกโดยให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสง 1,000-2,000 ลักซ์ เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 30-60 วัน ใช้ชุดอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและแสง บันทึกผลการเปลี่ยนสีของเส้นใย ความหนาแน่นของเส้นใย ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญของเส้นใยเต็มอาหารเลี้ยงเชื้อ การพัฒนาของเส้นใยเป็นตุ่มดอก และการพัฒนาจากตุ่มดอกเป็น stroma เก็บผลผลิตเห็ดโดยแยกส่วนหมวกดอกและฐานดอก อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์หาปริมาณคอร์ไดเซปินด้วย HPLC ตามวิธีการของ Huang และคณะ (2009)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทองบนอาหารวุ้น PDA บ่มที่อุณหภูมิ 18 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน พบว่าเส้นใยของเห็ดถั่งเช่าสีทองมีการเจริญแพร่กระจายเต็มจานแก้วเลี้ยงเชื้อทั้งหมด มีอัตราการเจริญของเส้นใยมากที่สุด 1.67 ± 0.42 เซนติเมตร เมื่อบ่มครบ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีอัตราการเจริญของเส้นใยมากที่สุด 1.56±0.32 เซนติเมตร เมื่อบ่มครบ 18 วัน (Figure 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang และคณะ (2018) ศึกษาอัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดถั่งเช่าที่อุณหภูมิ 4 – 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่าการบ่มเส้นใยที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีอัตราการเจริญของเส้นใยดีกว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารเหลว PDB เป็นเวลา 14 วัน พบว่าในสภาวะที่ให้ออกซิเจน (เขย่า) มีการเจริญเกิดเป็นเพลเล็ท (pellet) กระจายตัวเต็มอาหารเหลว และในสภาวะที่ไม่ให้ออกซิเจน (ไม่เขย่า) พบว่ามีการเจริญของเส้นใยแผ่เต็มผิวหน้าอาหารเหลว PDB (Figure 2) สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ จิรนันท์ และคณะ (2557) ทำการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาวในสภาวะที่ให้ออกซิเจน (เขย่า) มีการเจริญเป็น pellet จะก่อให้เกิดความหนืดของอาหารเหลว PDB น้อยกว่าการเพาะเลี้ยงเส้นใยในสภาวะไม่ให้ออกซิเจน (ไม่เขย่า) ที่มีการเจริญเป็นเส้นใยส่งผลให้เกิดการถ่ายเทมวลได้ดี

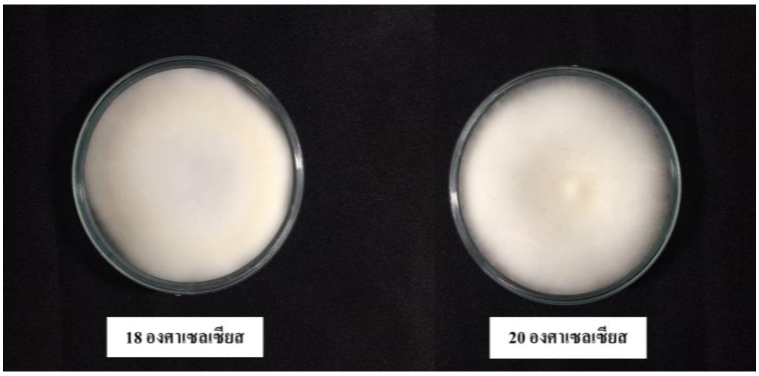
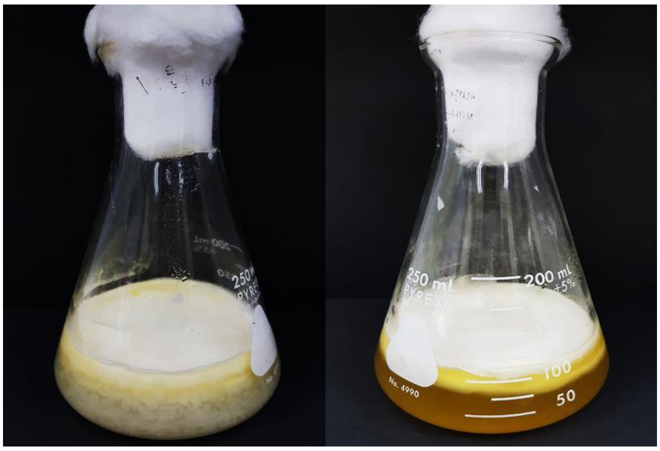


Figure 1 Mycelial growth of *Cordyceps militaris* in PDA at 18 °C and 20 °C



Shaking 105 rpm/min Non shaking

Figure 2 Mycelial growth of *Cordyceps militaris* in PDB

จากการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทองด้วยอาหารดัดแปลง 20 สูตรทดลอง ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส บ่มในที่มืดเป็นเวลา 7-14 วัน หรือจนกว่าเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทองจะเจริญเติมบนหน้าอาหารดัดแปลง พบว่าข้าวหอมมันปูเติมอาหารเสริม มีการเจริญของเส้นใยเต็มผิวหน้าอาหารเร็วที่สุด เมื่อบ่มครบ 7.25 ± 0.00 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับสูตรข้าวสังข์หยดเติมอาหารเสริม และสูตรข้าวไรซ์เบอร์รี่เติมอาหารเสริมใช้เวลาในการบ่ม 7.25 ± 1.89 และ 7.75 ± 1.50 วัน ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกับสูตรปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เติมอาหารเสริม มีการเจริญของเส้นใยเมื่อบ่มครบ 10.00 ± 0.00 วัน ไม่สอดคล้องกับรายงานวิจัยของรัฐพล และคณะ (2559) ที่ใช้เวลาในการบ่มเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทองเต็มผิวหน้าอาหารที่มีข้าวหอมมันปูเป็นวัสดุหลักในการเพาะ นาน 37 วัน เนื่องจากสูตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงและสภาวะในการบ่มแตกต่างกัน โดยใช้เมล็ดข้าวมันปู เมล็ดข้าวสังข์หยด เมล็ดข้าวหอมนิล เมล็ดข้าวสาลี และเมล็ดเดือย อาหารเสริม ได้แก่ Glucose 15 กรัม Peptone 10 กรัม Yeast Extract 10 กรัม Dihydrogen Potassium 1 กรัม Magnesium Sulfate 0.5 กรัม และ Thiamine 0.5 กรัม ผสมลงในน้ำต้มมันฝรั่ง 1,000 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในที่มืด

ผลของอาหารเสริมเติมโปรตีนหนอนไหม ดักแด้ไหม ไข่ไก่และถั่วแดงในสูตรอาหารดัดแปลงธัญพืช 4 ชนิดได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมมันปู ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าข้าวหอมมันปูเติมอาหารเสริมผสมหนอนไหมมีการเจริญของเส้นใยเต็มผิวหน้าอาหารเร็วที่สุด 7 วัน และทุกสูตรเจริญเต็มผิวหน้าอาหารเมื่อบ่มครบ 10 วัน เมื่อกระตุ้นด้วยแสงจะมีการเปลี่ยนสีของเส้นใยจากสีขาวเป็นสีเหลืองและสีเหลืองปนส้ม ข้าวไรซ์เบอร์รี่และปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เติมอาหารเสริมผสมดักแด้ไหม จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองปนส้มเข้มเร็วที่สุด 3 และ 5 วัน หลังให้แสง ตามลำดับ และมีความหนาแน่นของเส้นใยมากกว่าทุกสูตร การพัฒนาของเส้นใยเป็นตุ่มดอก เมื่อบ่มครบ 30 วัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การพัฒนาของตุ่มดอกเป็น stroma ที่มีสีส้มและรูปร่างกระบอง สอดคล้องกับรายงานของ รัฐพล และคณะ (2559) ข้าวหอมมันปูเติมอาหารเสริมผสมดักแด้

ไหม ให้จำนวนดอกหรือ stroma สูงสุด 22.50 ± 1.29 ดอก รองลงมาคือข้าวไรซ์เบอร์รี่และปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เติมอาหารเสริมผสมดักแด้ไหม มีจำนวน 22.00 ± 1.94 และ 21.50 ± 1.04 ดอก ตามลำดับ รัฐพลและคณะ (2559) พบว่าสูตรดักแด้ไหม สูตรตั๊กแตนปาทังก้าและสูตรดักแด้ไหมผสมอาหารเสริมไม่มีการพัฒนาของตุ่มดอกเป็น stroma โดยผลการศึกษาของ Waraporn (2013) พบว่าการเลี้ยง *Cordyceps* sp.บนดักแด้ไหมไม่สามารถพัฒนาเป็น stroma ได้ แต่ *C. militaris* พบว่าตุ่มดอกพัฒนาเป็น stroma ได้ (Mu และคณะ, 2010) ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เติมอาหารเสริมผสมดักแด้ไหมให้น้ำหนักดอกสดที่มีสีส้มเข้มมากที่สุด รองลงมาคือข้าวไรซ์เบอร์รี่เติมอาหารเสริมผสมดักแด้ไหม 41.00 ± 3.55 และ 36.00 ± 1.08 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำดอกเห็ดหรือ stroma มาวิเคราะห์ปริมาณสาร cordycepin พบว่ามีปริมาณ เท่ากับ 75.05 และ 66.87 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่สายพันธุ์เห็ด สูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง ความเป็นกรด-เบสของอาหาร สภาวะแวดล้อมในการเพาะเลี้ยง ระยะเวลาที่เพาะเลี้ยงและเก็บผลผลิต รวมถึงวิธีการวิเคราะห์สาร (Hsieh และคณะ, 2005; Hung และคณะ, 2009)

สรุปผล

การวิจัยนี้ได้สูตรอาหารที่เตรียมจากวัสดุหลัก คือปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เติมอาหารเสริมผสมดักแด้ไหม สำหรับเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง (*C. militaris*) จนได้ดอกเห็ดหรือ stroma ที่มีสีส้มเข้ม 41.00 ± 3.55 กรัมและมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ cordycepin 75.05 ไมโครกรัมต่อกรัม เพื่อเป็นแนวทางในการเพาะเลี้ยงให้ได้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพปริมาณมาก และนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ประจำปี 2562 และขอบคุณผู้ช่วยวิจัยคุณอติกานต์ พิทักษ์โสภณ ที่ให้ข้อมูลเบื้องต้นในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

รัฐพล ศรประเสริฐ อนงคณ์ หัมพานนท์ และสยาม อรุณศรีมรกต, 2559, การเพาะเลี้ยง *Cordyceps militaris* ด้วยเมล็ดธัญพืชและแมลงในท้องถิ่นและประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Trichophyton rubrum* และ *Staphylococcus aureus*, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 26(2): 239-251.

Hsieh, C.,Tsai, M., Hsu, T., Chang, D. and Lo, C., 2005, Medium Optimization for Polysaccharide Production of *Cordyceps sinensis*, Applied Biochemistry and Biotechnology, 120(2): 145-157.

Huang, L., Li, Q., Chen, Y., Wang, X. and Zhou, X., 2009, Determination and Analysis of Cordycepin and Adenosine in the Products of *Cordyceps* spp., African Journal of Microbiology Research, 3(12): 957-961.

Waraporn, S., 2003, Development of Culture Media Inducing Stroma Production of *Cordyceps* sp., Khon Kaen Agriculture Journal, 20: 492-497.

Mu, X., Fa, J.C., Shuai, C., Yu, L. C., Xing, L., Jiao, L., Xue, H., and Hong, L.X., 2010, Effects of Light Hours on Growth and Development of *Cordyceps militaris*, Journal of Hebei Agricultural Sciences, 14: 160-170.

ผลการใช้ถุงพลาสติกต่างชนิดต่ออายุการเก็บของมะหลอดแผ่น
Effect of Difference Plastic Bags on Shelf life of Bastard Oleaster Sheets

รัชนีวรรณ กุลจันทร์ [1] , ปนิดา บรรจงสินศิริ[2], บุษกร ประดิษฐ์ นิยกูล[1], พิพัฒน์ เนียมเปรม[1]
Kulchan, R. [1]*, Banjongsinsiri, P.[2], Praditniyaku,l B.[1], Neamprem, P. [1]

Abstract

Bastard Oleaster is a plant of the subtropical. Fruit is a very rich source of vitamins and minerals. It is processed to many products and one of this is Bastard Oleaster sheets. Shelf life of this product in different plastic bags was studied. Three different characteristics of plastic film which are code OPP, MET and ALU were formed to bag (area 0.0162 m^2) and 25g of product was packed and kept at 25±2°C. Every month, 3 replications of samples were picked to analyze in vitamin C, A_w, Organisms, Total color difference and sensory. The result showed that shelf life of sheets packed in MET and ALU had 6 months, while shelf life of product in OPP is 4 months because vitamin C loss and dark color of sheets showed so fast in OPP. Although the vitamin C remaining, A_w, sensory and organism test of product in all bag had accepted.

Keywords: Bastard Oleaster, Fruit, Shelf life, Plastic bag

บทคัดย่อ

มะหลอดเป็นพืชแถบกึ่งร้อนและอบอุ่น ผลมะหลอดอุดมด้วยวิตามินและแร่ธาตุ ดังนั้นจึงถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายและหนึ่งในนั้นคือมะหลอดแผ่น สำหรับทดลองนี้เป็นการศึกษาอายุการเก็บของมะหลอดแผ่นในถุงพลาสติกที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ รหัส OPP รหัส MET และ รหัส ALU โดยนำแต่ละชนิดมาขึ้นรูปเป็นถุง (พื้นที่ 0.0162 $ม^2$) แล้วบรรจุมะหลอดแผ่น 25 ก. จากนั้นเก็บที่อุณหภูมิ 25±2°C ทุกเดือนจะทำการชักตัวอย่างๆ ละ 3 ซ้ำ ไปวิเคราะห์ วิตามิน C ค่า A_w ปริมาณจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงสีและการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลปรากฏว่า มะหลอดแผ่นที่บรรจุในถุง MET และ ALU มีอายุการเก็บ 6 เดือน ขณะที่มะหลอดแผ่นที่บรรจุในถุง OPP มีอายุเพียง 4 เดือน ทั้งนี้เพราะมีวิตามินซีที่เหลืออยู่ต่ำกว่า 80% และมีสีคล้ำดำเร็วมาก ถึงแม้คุณภาพอื่นๆ เช่น ค่า Aw ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์มะหลอดแผ่นที่บรรจุในถุงทุกชนิดจะยังคงได้รับการยอมรับอยู่ก็ตาม

คำสำคัญ: มะหลอด ผลไม้ อายุการเก็บ ถุงพลาสติก

คำนำ

มะหลอด (Bastard Oleaster) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Elaeagnus latifolia* L. วงศ์ Elaeagnaceae สกุล elaeagnus เป็นไม้ผลพื้นบ้านที่พบทั่วไปเกือบทุกภาคของประเทศไทย มีสรรพคุณทางยา ดอกและผลรับประทานเป็นยาสมาน คุมธาตุ บรรเทาอาการคลื่นไส้อาเจียน (เต็ม, 2544) นอกจากนี้ Seal (2012) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลมะหลอดพบว่ามีธาตุอาหาร สูงกว่าพืชผักพื้นเมืองหลายชนิด จึงเหมาะที่จะนำมาแปรรูปทั้งทางอาหารและยา เพื่อส่งเสริมเกษตรกรมีอาชีพ มีรายได้ดี และสามารถผลิตจำหน่ายได้ด้วยเทคโนโลยีที่ไม่ยุ่งยาก ได้แก่ มะหลอดแผ่น ในการทดลองนี้ได้ศึกษาอายุการเก็บของมะหลอดแผ่นบรรจุในถุงพลาสติก 3 ชนิด ที่มีองค์ประกอบและคุณสมบัติต่างกันซึ่งอาจส่งผลต่ออายุการเก็บที่ต่างกันด้วยทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการเลือกใช้ให้เหมาะกับการตลาดหรืออายุการเก็บที่ต้องการจะขาย

[1] ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 196 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
Thai Packaging Centre, Thailand Institute of Scientific and Technological Research 196 Phahonyothin R. Ladyao, Chatuchak, Bangkok Thailand 10900
[2] ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
Expert Center of Innovation Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research 35 Moo 3, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani Thailand 12120

อุปกรณ์และวิธีการ

นำมะหลอดแผ่น 25 กรัม บรรจุในถุง ขนาด กว้าง 6 นิ้ว ยาว 9 นิ้ว ที่มีองค์ประกอบของพลาสติก OPP20/CPP20 (รหัส OPP), OPP20/PE15/MPET12/PE18/CPP30 (รหัส MPET) และPET12/PE22/AlU7/PE10/LL60 (รหัส ALU)ซึ่งมีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 2.505, 1.268 และ 0.014 ก./ตรม.วัน และมีค่าอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน 928, 1.567 และ 0.034 มล./ตรม.วัน ตามลำดับ

OPP

MET

ALU

จากนั้นนำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่มีอุณหภูมิภายใน 25±2°ซ. ทุกเดือนเป็นเวลานาน 6 เดือนจะทำการชักตัวอย่างรหัสละ 3 ซ้ำไปวิเคราะห์การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณวิตามินซี (ใช้วิธีไตเตรทตามวิธีการของนันทวันและคณะ, 2560) ปริมาณน้ำอิสระ (ใช้เครื่อง Novasina รุ่น lab Touch-aw) การเปลี่ยนสี (ใช้เครื่อง Minolta CR-400 และวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงสีตามวิธีการของ hunt, 1991) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (สำหรับ Aerobic Plate Count และ Yeast & Mold ตามวิธีการของ FDA ส่วน Staphylococcus aureus ตามวิธีของ AOAC)และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale ทดสอบกับผู้ชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาอายุการเก็บพบว่า ปริมาณวิตามินซีของมะหลอดแผ่น (Figure 1) ที่บรรจุในถุง OPP มีการลดลงมากเกือบ 80% ตั้งแต่เดือนที่ 4 ขณะที่มะหลอดแผ่นในถุง MET และ ALUยังคงมีปริมาณวิตามินซีเหลืออยู่สูงกว่า 80 %ที่ระยะการเก็บ 6 เดือน แสดงว่าการเก็บในถุง MET และ ALU สามารถรักษาปริมาณวิตามินซีที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ และเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำอิสระ (water activity, aw) ของมะหลอด (Figure 1) ซึ่งมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น มะหลอดแผ่นในถุง ALU มีค่า aw เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด รองลงมาเป็น METและ OPP ตามลำดับ เนื่องจากถุง ALU มีค่าการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำดีกว่าถุง MET และ OPP อย่างไรตามก็ค่า aw ของมะหลอดแผ่นที่บรรจุในถุงทุกชนิดที่ระยะการเก็บ 6 เดือน ยังมีค่าต่ำกว่า 0.6 ซึ่งยังอยู่ในระดับต่ำ จึงไม่เหมาะกับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งรา ยีสต์และแบคทีเรีย (Abbas, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เชื้อในตารางที่ 1 ที่พบว่า Aerobic Plate Count, Yeast & Mold และ *Staphylococcus aureus* ของมะหลอดแผ่นที่บรรจุในถุง OPP MET และ ALU เกือบทุกระยะการเก็บมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในอาหารประเภทผลไม้กวน มีเพียงเดือนที่ 3 เท่านั้นที่พบ Aerobic Plate Count ของมะหลอดแผ่นที่บรรจุในถุง OPP และMET มีค่าเกินมาตรฐาน แต่เมื่อวิเคราะห์ในเดือนที่ 4-6 ไม่พบอีก ทั้งนี้อาจเกิดจากการรั่วของถุงทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อได้

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสีของมะหลอดจากค่าความแตกต่างของสีหรือ TCD (total color difference) Figure 2 พบว่ามะหลอดแผ่นที่เก็บในถุงทุกชนิดมีสีเปลี่ยนไปมากตั้งแต่เดือนแรก แต่มะหลอดแผ่นที่บรรจุในถุง MET มีการค่า TCD ต่ำที่สุด ลองลงมาเป็น ALU และ OPP ตามลำดับ เมื่อสังเกตสีมะหลอดแผ่นที่เก็บในถุง OPP จะมีสีเข้มกว่ามากตั้งแต่เดือนที่ 4 เมื่อเทียบกับที่เก็บในถุง MET และ ALU ดัง Figure 3

Figure 4 เป็นผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะหลอดแผ่นบรรจุถุงพลาสติกชนิดต่างๆ โดยผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว จำนวน 10 คน พบว่า จากระดับคะแนน 1-9 ระดับ 5 เป็นระดับที่ชี้ว่าผู้บริโภคไม่ยอมรับ จากผลการให้คะแนนของผู้บริโภคที่มีต่อแต่ละคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มะหลอดแผ่นที่บรรจุในถุงทั้ง OPP MET และALU ที่เก็บที่อุณหภูมิ 25°ซ. ผู้บริโภคยังให้คะแนนในระดับสูงกว่า 5 ซึ่งยังยอมรับอยู่แม้จะเก็บมานาน 6 เดือนแล้ว อย่างไรก็ตามมะหลอดแผ่นที่บรรจุในถุง OPP มีคะแนนต่ำกว่าถุงอื่นอย่างชัดเจนตั้งแต่ 2 เดือนแรกที่เก็บ

สรุปผล

จากผลการทดลองสรุปได้ว่ามะหลอดแผ่นที่บรรจุในถุง OPP จะมีอายุการเก็บเพียง 4 เดือน เพราะมีวิตามินซีที่เหลืออยู่ต่ำกว่า 80% และมีสีเข้ม ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแม้ว่าผลการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ยังไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดก็ตาม ขณะที่มะ

หลอดแผ่นที่บรรจุในถุง MPET และ ALU ยังมีวิตามินซีที่เหลืออยู่สูงกว่า 80% และมีสีในระดับที่ยอมรับได้ถึงระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน โดยยังคงมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้งด้าน สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมที่ผู้บริโภคยังยอมรับ

เอกสารอ้างอิง

เต็ม สมิตินันทน์. 2544, ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม), ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ, 810น.

Hunt, R.W.G. 1991, Measuring Color. 2nd ed., UK: Ellis Horwood Ltd, Chichester.

Seal, T. 2012, Evaluation of Nutritional Potential of Wild Edible Plants, Traditionally Used by the Tribal People of Meghalaya State in India, American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology, 2(1): 19-26.

Abbas, K.A., Saleh, A. M., Mohamed, A. and Ola L., 2009, The Relationship Between Water Activity and Fish Spoilage During Cold Storage: A Review, Journal of Food, Agriculture and Environment, 7 (3&4): 86-90.

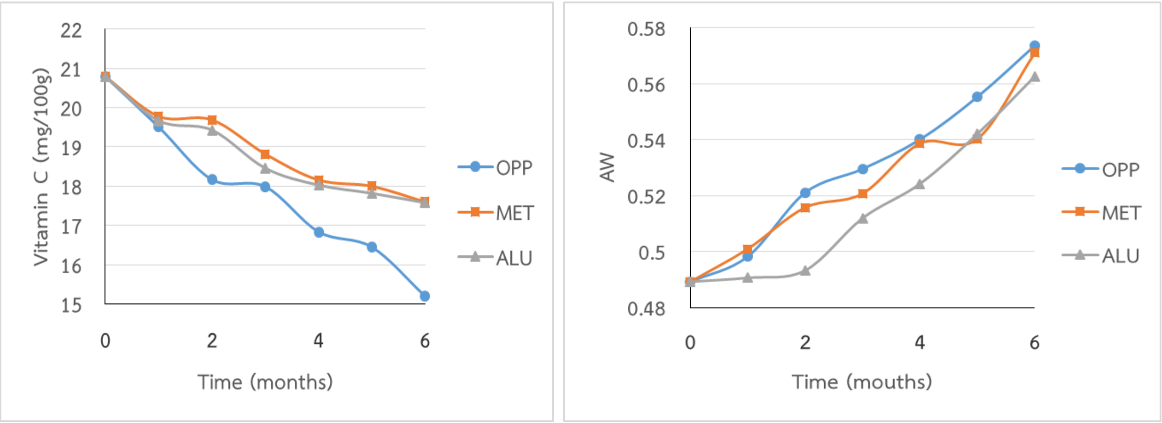


Figure 1 Vitamin loss (left) and Water activity (right) of Bastard Oleaster Sheets in different plastic bags

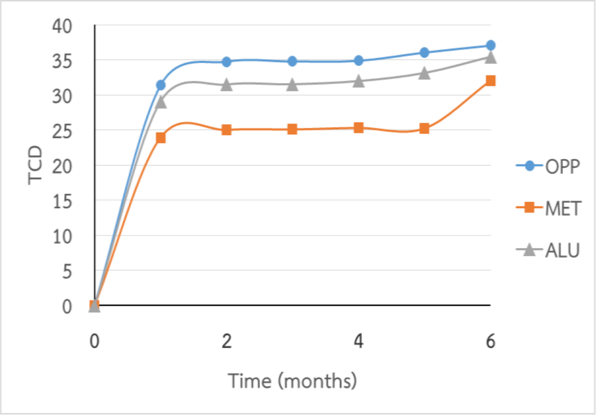


Figure 2 Total difference color of Bastard Oleaster Sheets in different plastic bags

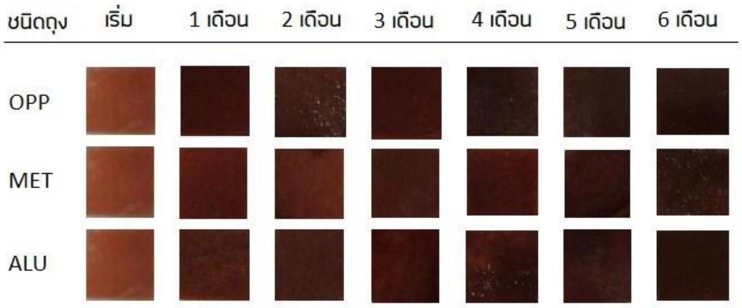


Figure 3 The color of Bastard Oleaster Sheets in different plastic bags

Table 2 Microorganisms of Bastard Oleaster Sheets in different plastic bags.

Date		Months																	
		1			2			3			4			5			6		
Items	start	OPP	MET	ALU	OPP	MET	ALU	OPP	MET	ALU	OPP	MET	ALU	OPP	MET	ALU	OPP	MET	ALU
Aerobic Plate Count	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	33x102	45	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Yeast & Mold	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Staphylococcus aureus	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

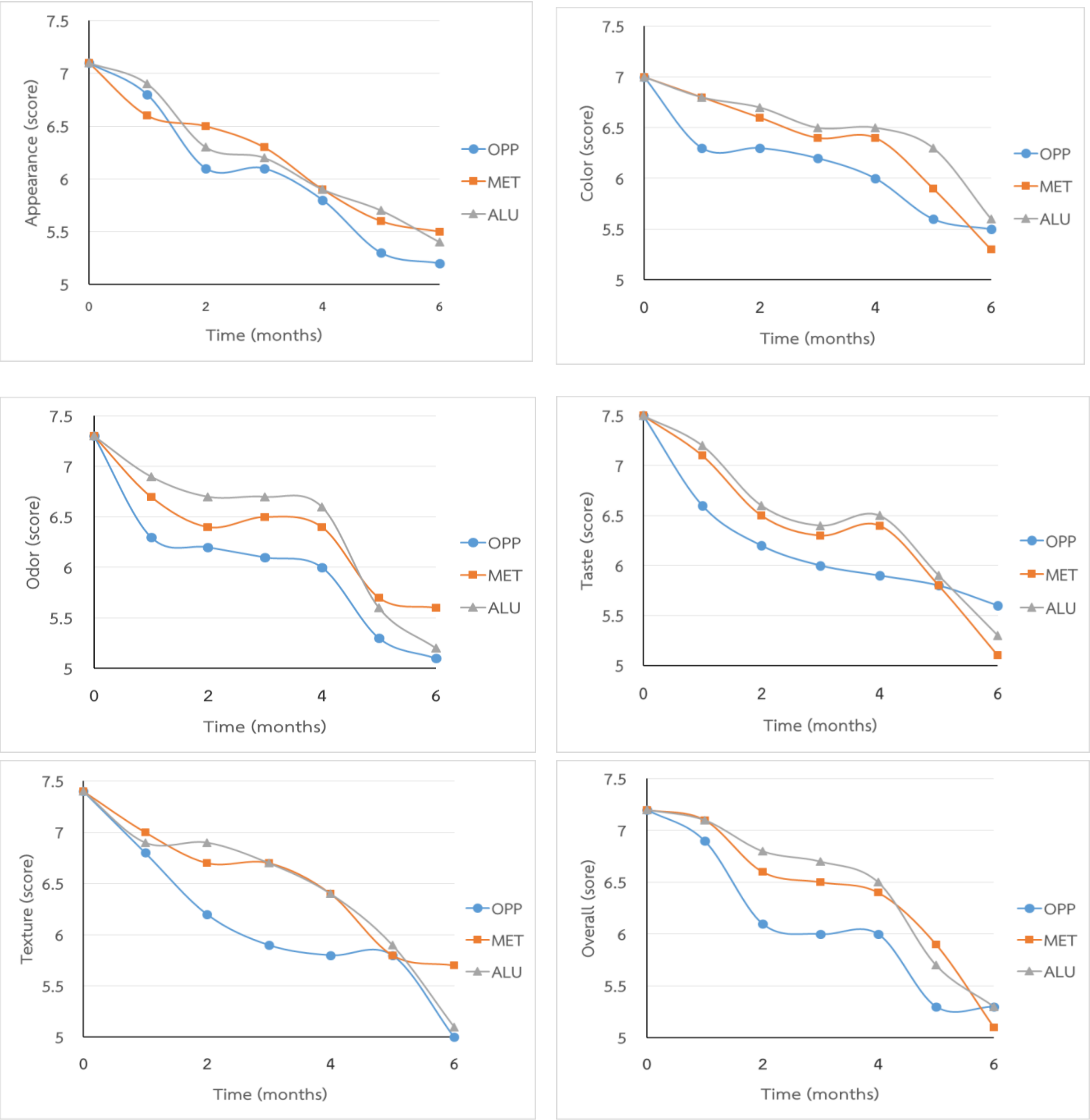


Figure 4 Sensory score of Bastard Oleaster Sheets in different plastic bags.

ผลของสูตรอาหารดัดแปลงต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วยไม้เหลืองจันทบูร
Effect of Modified Culture Media on Growth of *Dendrobium friedericksianum* Rchb.f Seedling

พรมงคล จิระกิตติดุลย์[1] และ กนกวรรณ ถนอมจิตร[1]
Jiragittidoon, P.[1] and Thanomchit, K.[1]

Abstract

The study on growth of *Dendrobium friedericksianum* Rchb.f seedlings from germinated seed was conducted by culturing *in ivtro* with modified Vacin and Went (1949) (VW), 1 and 2 g/L Esteem® fertilizer (20-20-20) containing with 0 and 10% carrot juice, for 16 weeks. The experimental design was a 3×2 factorial in randomized complete block design. It was found that adding carrot juice resulted in greater fresh weight, pseudobulb diameter, leaf width, leaf length, root diameter, and root length than the control and no carrot juice addition, even though they were not significantly different. Although the usage of 2 g/L Esteem® with carrot juice addition decreased significantly in root diameter, the average leaf length increased significantly. This study could be concluded that adding carrot juice could promote a great growth and development of psuedobulb of *D. friedericksianum*.

Keywords: Vacin and Went, Esteem®, *Dendrobium friedericksianum* Rchb.f, Plant growth and development

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วยไม้เหลืองจันทบูร (*Dendrobium friedericksianum* Rchb.f) ที่ได้จากการเพาะเมล็ด นำมาเลี้ยงในอาหารสูตร Vacin and Went (1949) (VW) ดัดแปลง กับอาหารสูตรปุ๋ย Esteem® (20-20-20) 1 และ 2 กรัมต่อลิตร ที่ไม่มีการเติมน้ำแครอทและมีการเติมน้ำแครอท เป็นเวลา 16 สัปดาห์ วางแผนทดลองแบบ 3×2 factorial in completely randomized design พบว่า การเติมน้ำแครอท ทำให้ค่าเฉลี่ยของ น้ำหนักสด เส้นผ่าศูนย์กลางลำลูกกล้วย ความกว้างใบ ความยาวใบ เส้นผ่าศูนย์กลางราก และ ความยาวราก มากกว่าการไม่เติมน้ำแครอท โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการเพิ่มธาตุอาหารสูตร Esteem® ร่วมกับการเติมน้ำแครอท มีผลทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยของความยาวใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การเติมน้ำแครอทสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและพัฒนาของต้นกล้ากล้วยไม้เหลืองจันทบูร

คำสำคัญ: อาหารสูตร Vacin and Went อาหารสูตรปุ๋ย Esteem® กล้วยไม้เหลืองจันทบูร การเจริญเติบโตของพืช

คำนำ

ประเทศไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรมของกล้วยไม้เป็นอย่างมาก มีจำนวนกล้วยไม้ที่พบทั้งหมด 174 สกุล 1154 ชนิด (สลิล, 2558) แต่ปริมาณกล้วยไม้ในธรรมชาติมีปริมาณลดลง มีความเสี่ยงต่อการใกล้สูญพันธุ์หรือบางพันธุ์อาจสูญพันธุ์ไปแล้ว (ครรชิต, 2550) ตัวอย่างกล้วยไม้ที่พบเฉพาะถิ่น ซึ่งหายากและมีความเสี่ยงใกล้สูญพันธุ์ คือ กล้วยไม้หวายเหลืองจันทบูร หรือเรียกอีกอย่างว่า หวายเหลืองนกขมิ้น มี 2 ชนิดพันธุ์ คือ พันธุ์ที่มีดอกสีเหลืองทั้งดอก และพันธุ์ที่มีแต้มสีน้ำตาลหรือม่วงแดงอยู่ที่โคนกลีบปาก เป็นกล้วยไม้อยู่ในสกุล Dendrobium เป็นพืชอิงอาศัย (epiphytic plant) โดยเกาะอาศัยอยู่บนต้นไม้ ลำลูกกล้วยมีลักษณะเป็นทรงกระบอง ห้อยโค้งลง มีลักษณะการเจริญเติบโตทางด้านข้าง หรือแบบแตกกอ (sympodial) ระบบรากเป็นแบบรากกึ่งอากาศ เมื่อออกดอกอาจมีการทิ้งใบ ดอกจะบานได้นานประมาณ 3-4 สัปดาห์ (สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร, 2556) อย่างไรก็ตามเมล็ดกล้วยไม้ในธรรมชาติมีอัตราการงอกต่ำ เนื่องจากเมล็ดกล้วยไม้มีอาหารสะสมภายในเมล็ดน้อยมากหรือแทบไม่มี (ครรชิต, 2550) จึงต้องอาศัยเชื้อราที่มีความจำเพาะเจาะจงกับกล้วยไม้ในการงอกและการเจริญเติบโต

ในปัจจุบันนิยมนำไปเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารสังเคราะห์ สูตรอาหารที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ ได้แก่ อาหารสูตร Vacin and Went, 1949 ดัดแปลง (VW) (ครรชิต, 2550) แต่หลังจากที่เพาะเลี้ยงจนได้ ต้นกล้ากล้วยไม้แล้ว จำเป็นต้องเพาะเลี้ยงต่ออีกระยะหนึ่งเพื่อให้ต้นกล้าแข็งแรง อาจมีการใช้ธาตุอาหารหลากหลาย รวมทั้งน้ำแครอท ซึ่งมีโปรตีน

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture. Kasetsart University, 50 Ngamwong Wan Road, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 1, 0.2 และ 7 ตามลำดับ โดยคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส น้ำตาลฟรุกโตส และน้ำตาลกลูโคส (USDA, 2008) นอกจากนี้น้ำแครอทยังมี วิตามินและแร่ธาตุสารสำคัญต่างๆ เช่น วิตามิน B1 B2 C E แร่ธาตุ Ca P Fe Mg เป็นต้น (Arscot และ Tanumihardio, 2010) รวมทั้งกรดแอบไซซิก (Abscissic acid, ABA) (Puchooa และ Ramburn, 2004) จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ *Phalaenopsis* hybrid 'Pink' ที่มีการเติมน้ำแครอทร้อยละ 10 ส่งผลให้มีความยาวราก ความยาวใบ และความสูงต้นเพิ่มขึ้น (Zahara, 2016) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นใช้น้ำแครอทผสมในอาหารสูตร Vacin and Went เทียบกับอาหารสูตรปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วยไม้เหลืองจันทบูรหลังจากเพาะเลี้ยงในอาหารเป็นเวลา 6 เดือน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำฝักกล้วยไม้เหลืองจันทบูรจากสวนเงาะของคุณสุลัคน์ ณ รังษี จังหวัดตราด มาเพาะเมล็ดบนอาหารสูตร VW ดัดแปลง เพาะเมล็ดจนเป็นต้นกล้า Seedling กล้วยไม้เหลืองจันทบูรอายุประมาณ 6 เดือน มีใบ 2-3 ใบ ความสูงประมาณ 0.7-1.2 เซนติเมตร นำมาถ่ายขวดในขวดขนาด 700 มิลลิลิตร ขวดละ 44 ต้น จำนวน 3 ซ้ำ โดยเลี้ยงบนอาหารสูตร VW หรืออาหารสูตรปุ๋ย Esteem® (20-20-20) ปริมาณ 1 และ 2 กรัมต่อลิตร โดยมีการเติมสารอาหาร ได้แก่ น้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร กล้วยหอมสับ 100 กรัมต่อลิตร ผงถ่านกัมมันต์ 2 กรัมต่อลิตร ผงวุ้น 7 กรัมต่อลิตร น้ำตาล 20 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ น้ำแครอท (ได้จากการนำแครอทสดไปผ่านเครื่องแยกกากเพื่อสกัดให้ได้เฉพาะน้ำแครอท) ปริมาณ 0 และ 100 มิลลิลิตรต่อลิตร เพาะเลี้ยงภายใต้ที่มีความเข้มแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 µmol $m^{-2}s^{-1}$ (cool daylight 36W ยี่ห้อ Philip ผลิตในประเทศไทย) เป็นเวลา 14 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 25±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 สัปดาห์ บันทึกผลการเจริญเติบโตของต้นกล้วยไม้ดังนี้ น้ำหนักสด ความกว้างทรงพุ่ม ความสูงทรงพุ่ม จำนวนลำลูกกล้วย เส้นผ่าศูนย์กลางลำลูกกล้วย ความสูงลำลูกกล้วย จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ และอัตราการรอดชีวิต วางแผนการทดลองแบบ 3x2 Factorial in Randomized Complete Block Design ดังนี้

ทรีตเมนต์ 1 สูตรอาหาร Vacin and Went ดัดแปลง
ทรีตเมนต์ 2 สูตรอาหาร Vacin and Went ดัดแปลง + 10% น้ำแครอท
ทรีตเมนต์ 3 สูตรอาหารปุ๋ย (20-20-20) Esteem® 1 กรัมต่อลิตร
ทรีตเมนต์ 4 สูตรอาหารปุ๋ย (20-20-20) Esteem® 1 กรัมต่อลิตร + 10% น้ำครอท
ทรีตเมนต์ 5 สูตรอาหารปุ๋ย (20-20-20) Esteem® 2 กรัมต่อลิตร
ทรีตเมนต์ 6 สูตรอาหารปุ๋ย (20-20-20) Esteem® 2 กรัมต่อลิตร + 10% น้ำแครอท

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง ไม่พบอิทธิพลร่วมของสูตรอาหารและความเข้มข้นของน้ำแครอทต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักสด ความกว้างและความสูงของทรงพุ่ม จำนวน ความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลาง ของลำลูกกล้วยไม้ (pseudobulb) (Table 1) และไม่มีผลต่อ จำนวนใบ ความกว้างของใบ จำนวนราก และความยาวของราก (Table 2) แต่พบอิทธิพลในความยาวของใบ และ เส้นผ่านศูนย์กลางของราก (Table 2) อย่างไรก็ตาม การเติมน้ำแครอทส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วยไม้เหลืองจันทบูร ได้แก่ น้ำหนักสด เส้นผ่าศูนย์กลาง ความกว้างและความยาวของใบ เส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของราก โดยการเติมน้ำแครอท ร้อยละ 10 มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วยไม้เหลืองจันทบูร ที่ดีกว่าการไม่ใช้น้ำแครอท ในการทดลองนี้ พบอิทธิพลของสูตรอาหารที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต เพียง 2 คุณลักษณะ คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของลำลูกกล้วย และความกว้างของใบ (Table 1 และ 2) โดยสูตร Esteem® 2 g/L ส่งผลต่อการเจริญมากกว่าสูตรอื่นๆ ในการทดลองครั้งนี้ ถึงแม้จะไม่พบอิทธิพลร่วมของอาหารสูตรปุ๋ย และน้ำแครอท ต่อการรอดชีวิตของต้นกล้ากล้วยไม้เหลือจันทรบูรก็ตาม แต่แนวโน้มการใช้อหารสูตรปุ๋ย Esteem® 2 g/L ร่วมกับน้ำแครอท 10% มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด (Table 3)

การศึกษาการเลี้ยงต้นกล้ากล้วยไม้เหลืองจันทบูรบนอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยเปรียบเทียบปัจจัยสูตรอาหาร คือ อาหารรสูตร VW อาหารสูตรปุ๋ย (20-20-20) Esteem® 1 และ 2 กรัมต่อลิตร พบว่า อาหารสูตรปุ๋ย Esteem 2 กรัมต่อลิตร มีความกว้างของใบ และเส้นผ่าศูนย์กลางของ psuedobulb ต้นกล้ากล้วยไม้เหลืองจันทรบูรมากที่สุด อาจเนื่องมาจากในปุ๋ยยี่ห้อ Esteem (20-20-20) นั้นมีธาตุอาหารรอง และจุลธาตุผสมอยู่ในปุ๋ย (Mg B Cu Fe Zn และ Mn) สำหรับอิทธิพลของการเติมน้ำแครอท พบว่าต้นกล้ากล้วยไม้มีการพัฒนาของ น้ำหนักสด เส้นผ่าศูนย์กลางลำลูกกล้วย ความกว้างใบ ความยาวใบ เส้นผ่าศูนย์กลางราก และความยาวราก เพิ่มมากกว่าการไม่เติมน้ำแครอทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Zahara (2016) ที่ศึกษาการเติมน้ำแครอท 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในการเลี้ยงต้นกล้ากล้วยไม้ฟาแลนน็อปซิส ในน้ำแครอทน

อกจากมีธาตุอาหารแล้วยังมีวิตามิน B (Arscott และ Tanumihardjo, 2010) และ ฮอร์โมนพืชในกลุ่มออกซิน คือ Indole-3-acetic acid (IAA) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช และสารยับยั้งการเจริญเติบโต Abscisic acid (ABA) (Puchooa และ Ramburn, 2004) ที่เป็นสารชักนำให้พืชเกิดการปรับตัวเพื่อการเจริญเติบโตที่ดีอีกด้วย

Table 1 Fresh weight, plant canopy (width, height), pseudobulb (number, height and diameter) of *Dendrobium friedericksianum* Rchb.f seedling after cultured on modified Vacin and Went, Esteem fertilizer (20-20-20) (1 and 2 g/L) with 0 and 10% carrot juice for 14 weeks.

Treatment	Carrot juice (%)	Fresh weight (g)	Plant canopy		Pseudobulb		
			width (cm.)	height (cm.)	number	height (cm.)	diameter (cm.)
Vacin and went	0	1.25 bc	4.19	5.32	3.07	2.62	0.21 c
Vacin and went	10	1.95 a	5.36	7.08	2.30	3.79	0.24 b
Esteem® 1 g/L	0	1.16 c	5.06	6.44	2.23	3.18	0.23 b
Esteem® 1 g/L	10	1.69 ab	5.05	6.72	3.03	3.25	0.24 b
Esteem® 2 g/L	0	1.17 c	5.11	6.54	2.53	3.21	0.23 b
Esteem® 2 g/L	10	1.74 ab	5.97	7.13	2.47	3.76	0.26 a
C.V.%		19.53	10.61	11.22	17.49	20.51	3.42
Treatment		ns	ns	ns	ns	ns	*
juice		*	ns	ns	ns	ns	*
Treatment×juice		ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns Means are not significantly different.

* Means significantly different at 95% when compare Duncan's Multiple Range Test (DMRT) method

Table 2 Leaf number, width, and length; and root number, diameter and length of *Dendrobium friedericksianum* Rchb.f seedling after cultured on modified Vacin and Went, Esteem fertilizer (20-20-20) (1 and 2 g/L) with 0 and 10% carrot juice for 14 weeks.

Treatment	Carrot juice (%)	Leaf			Root		
		number	width (cm.)	length (cm.)	number	diameter (cm.)	length (cm.)
Vacin and went	0	10.10	0.31 d	2.12 b	23.47	0.10 c	2.26 c
Vacin and went	10	8.73	0.40 bc	3.02 a	27.40	0.14 a	2.81 ab
Esteem® 1 g/L	0	9.07	0.38 c	2.78 a	22.37	0.11 bc	2.44 bc
Esteem® 1 g/L	10	10.77	0.42 b	2.70 a	27.93	0.13 ab	2.65 abc
Esteem® 2 g/L	0	9.33	0.40 bc	2.57 ab	23.53	0.11 bc	2.37 c
Esteem® 2 g/L	10	10.13	0.47 a	2.99 a	28.17	0.12 ab	2.86 a
C.V.%		16.72	4.46	10.59	11.32	7.08	9.04
Treatment		ns	*	ns	ns	ns	ns
juice		ns	*	*	ns	*	*
Treatment×juice		ns	ns	*	ns	*	ns

ns Means are not significantly different.

* Means significantly different at 95% when compare Duncan's Multiple Range Test (DMRT) method

Table 3 Survival percentage of *Dendrobium friedericksianum* Rchb.f after transplanting for 1 month.

Treatment	Carrot juice (%)	survival percentage
Vacin and went	0	71.277
Vacin and went	10	78.193
Esteem 1 g/L	0	89.62
Esteem 1 g/L	10	86.673
Esteem 2 g/L	0	85.953
Esteem 2 g/L	10	97.327
C.V.%		13.40
Treatment		ns
juice		ns
Treatment×Block		ns

ns Means are not significantly different.

* Means significantly different at 95% when compare Duncan's Multiple Range Test (DMRT) method

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการเพาะเลี้ยงต้นกล้ากล้วยไม้เหลืองจันทบูรบนอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยแปรสูตรอาหาร Vacin and Went (VW) อาหารสูตรปุ๋ย (20-20-20) Esteem® 1 และ 2 กรัมต่อลิตร ที่มีการเติมน้ำแครอท ร้อยละ 0 และ 10 ถึงแม้จะไม่พบอิทธิพลร่วมของสูตรอาหารและน้ำแครอท ต่อน้ำหนักสด ความกว้างทรงพุ่ม ความสูงทรงพุ่ม จำนวนลำลูกกล้วย ความสูงลำลูกกล้วย เส้นผ่าศูนย์กลางลำลูกกล้วยจำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนราก เส้นผ่านศูนย์กลางราก และความยาวราก แต่พบว่าการเพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร Esteem® 2 กรัมต่อลิตร หรือในอาหารที่เติมน้ำแครอท ร้อยละ 10 ส่งผลให้ต้นกล้าเทียมกล้วยไม้เหลืองจันทบูรมีการเจริญที่ดีกว่า

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณสุลัคน์ ณ รังษี จังหวัดตราด ที่สนับสนุนกล้วยไม้เหลืองจันทบูร ขอบคุณภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน และขอบคุณ รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น และ รศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ ถนอมจิตร, 2541, การขยายพันธุ์กล้วยไม้ว่านน้ำทอง (*Ludisia discolor* (Ker-Gawl.) A. Rich.) ในสภาพปลอดเชื้อ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ครรชิต ธรรมศิริ, 2550, เทคโนโลยีการผลิตกล้วยไม้, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์ บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

จิตราพรรณ พิลึก, 2548, การปลูกเลี้ยงกล้วยไม้, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงทพฯ.

สลิล สิทธิธรรม, 2558, คู่มือกล้วยไม้. พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์ สารคดี. นนทบุรี.

สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร, 2556, คู่มือการจำแนกชนิดกล้วยไม้สกุลหวายโดยไม่ใช้ดอกสำหรับ พนักงานเจ้าหน้าที่ตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518, สำนักพิมพ์ บริษัท โชติกา บิสเน็ส พริ้น จำกัด, กรุงเทพฯ.

Arscott, S.A., and Tanumihardjo, S.A., 2010, Carrots of Many Colors Provide Basic Nutrition and Bioavailable Phytochemicals Acting as a Functional Food, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9: 223-239.

Puchooa, D. and Ramburn, R, 2004, A Study on the Use of Carrot Juice in the Tissue Culture of *Daucus carota*, African Journal of Biotechnology, 3 (4): 248-252.

USDA, National Nutrient Database for Standard Reference, Release 21, 2008, Composition of Foods Raw, Processed, Prepared, Available from: http://www.nal.usda.gov/finc/foodcomp/search/, 16 May 2019.

Zahara, M., Data, A., and Boonkorkaew, P., 2016, Effect of Sucrose, Carton Juice and Culture Media on Growth and Net CO_2 Exchange Rate in Phalaenopsis Hybrid 'Pink', Scientia Horticulturae, 205: 17-24.

ผลของสารสกัดจากกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum*) ต่อปริมาณสารฟีนอลิก
Effect of Extracts from Banana (*Musa sapientum*) on Phenolic Contents

นงนุช สังข์อยุทธ์[1]*, ศตายุ พานแก้ว[2], แสงตะวัน กลิ่นถนอม[2], รุ่งทิวา วงศกรทรัพย์[2] และ นงพงา จรัสโสภณ[3]
Sungayuth, N.[1]*, Parnkaew, S.[2], Klinthanorm, S.[2], Wongsakornsup, R.[2] and Jarussophon, N.[3]

Abstract

Study of phenolic contents from six parts of banana (*Musa sapientum*); peel, pulp, blossom, leaf, stem and fruit bunch was conducted. The contents of phenolic compounds analyzed by using HPLC technique and total phenolics used by Folin-Ciocalteu method were monitored. Results indicated that the total phenolics of all parts were significantly higher than the pulp which total phenolics were the greatest in bunch than leaf, peel, stem, pulp, respectively. The total phenolics of dried extracts were higher than the fresh extracts. However, ten phenolic compounds were found which fresh extracts have higher content which catechin, *p*-coumaric acid and ferulic acid were abundant in banana leaf extracts.
Keywords: Banana, Fresh extracts, Dried extracts, Phenolic compounds

บทคัดย่อ

ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจากส่วนประกอบกล้วย (*Musa sapientum*) 6 ส่วน คือ เปลือก, เนื้อ, ปลี, ใบตอง, ก้านเครือ และ ก้านหวี วิเคราะห์ด้วยเทคนิคการแยกประสิทธิภาพสูง (HPLC) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ผลการศึกษาพบว่า ส่วนต่างๆของกล้วย มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจากทุกส่วนสูงกว่าส่วนเนื้อ โดยจากการวิเคราะห์พบว่า มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดจากมากไปน้อย เรียงตามลำดับ ดังนี้ ก้านหวี > ใบตอง > เปลือก > ก้านเครือ > ผล นอกจากนี้พบว่า การสกัดตัวอย่างแบบแห้งจะได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่า อย่างไรก็ตาม พบปริมาณสารฟีนอลิกเฉพาะ 10 ชนิด ซึ่งการใช้วิธีสกัดตัวอย่างแบบสดให้ปริมาณสูงกว่าแบบแห้ง โดยเฉพาะสาร คาเทชิน กรดพารา-คูมาริก และกรดเฟอรูลิก จากใบตองสด
คำสำคัญ: กล้วย สารสกัดสด สารสกัดแห้ง สารประกอบฟีนอลิก

คำนำ

การแปรรูปกล้วยทั้งในระดับอุตสาหกรรมและระดับวิสาหกิจชุมชนมีวัสดุจากกล้วยปริมาณมาก Amri FSA. และคณะ (2018) พบว่า ในผลกล้วยสุกมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงระหว่าง 307.22-386.22 มิลลิกรัม ต่อกรดแกลลิกสมมูล ต่อ 100 กรัมเนื้อกล้วย โดยใช้เมธานอลเป็นสารสกัด สามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกรวมจากผงกล้วยสุกแห้ง 500 กรัมออกมาได้สูงที่สุดถึง 36.03 กรัม เมื่อเทียบกับตัวทำละลายอื่นๆ ได้แก่ เฮกเซน (3.09 กรัม) เอทิลอะซิเตต (5.22 กรัม) คลอโรฟอร์ม(4.23 กรัม) บิวทานอล(6.01 กรัม) และน้ำ (10.23%) Chompunut U. และคณะ (2017), Nittaya K. และคณะ (2018), Wirivutthikorn, W. (2018). พบว่า วิธีการอบแห้งตัวอย่างมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ลดลง Varipat A. และ Naraporn P. (2015) ศึกษาพบว่าผลของสารประกอบฟีนอลลิกทั้งหมดต่อคุณสมบัติของยาเนื่องจากต้องการใช้ตัวทำละลายที่ปลอดภัยต่อการประยุกต์ใช้เป็นอาหาร ยา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจเลือกใช้เอทานอลในการสกัด นอกจากนี้ ยังศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดสดและสกัดแห้งที่มีผลต่อความหลากหลายของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และชนิดของสารประกอบฟีนอลิกในส่วนต่างๆของกล้วยด้วย เพื่อการนำไปใช้ในการจัดการเพิ่มมูลค่าวัสดุจากกล้วย ทั้งทางด้านผลิตภัณฑ์อาหาร ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ และอื่น ๆ

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และศิลปะศาสตร์ สำนักสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี เลขที่ 199 หมู่ 9 ต.ลุ่มสุ่ม อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี 71150
[1] Division of Sciences and Liberal Arts, School of Interdisciplinary Studies, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 199, Moo 9, Lumsum Sub-district, Saiyok District, Kanchanaburi Province, 71150
[2] สาขาอุตสาหกรรมอาหาร สำนักสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี เลขที่ 199 หมู่ 9 ต.ลุ่มสุ่ม อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี 71150
[2] Division of Food Industry, School of Interdisciplinary Studies, Mahidol University Kanchanaburi Campus, 199, Moo 9, Lumsum Sub-district, Saiyok District, Kanchanaburi Province, 71150
[3] โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน เลขที่ 1 หมู่ 6 ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[3] Chemistry Division, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, 1, Moo 6, Kamphaeng Saen Sub-district, Kamphaeng Saen District, Nakhon Pathom Province, 73140 *********P

อุปกรณ์และวิธีการ

กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum*) จากสวนเตรียมตัวอย่างแบบแห้งโดยนำส่วนต่าง ๆ ของกล้วย 6 ส่วน ได้แก่ (1) เปลือก (2) เนื้อ (3) ปลี (4) ใบตอง (5) ก้านเครือ และ (6) ก้านหวี หั่นให้มีขนาดเล็ก อบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้ง เก็บตัวอย่างในโถดูดความชื้น การเตรียมตัวอย่างสดหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปสกัด ชั่งน้ำหนักกล้วย 200 กรัม แช่ตัวอย่างในเอทานอล 95% ในอัตราส่วนตัวอย่างต่อเอทานอล 1:2 ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง สกัด 2 ครั้ง นำไประเหยเอทานอลออกจนหมดด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ชั่งน้ำหนักสารสกัดที่ได้ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สารสกัดหยาบ ดังนี้

$$\text{\% สารสกัดหยาบ} = \frac{\text{น้ำหนักของสารสกัด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารประกอบฟินอลิกที่อยู่ในรูปกรดฟินอลิกโดยวิธี HPLC ตามวิธีของ Ti และคณะ (2014) โดยนำสารละลายสารสกัดกล้วยทั้ง 12 ตัวอย่างกรองด้วย ฟิลเตอร์ขนาด 0.20 ไมครอน นำไปวิเคราะห์โดยเครื่อง HPLC (Hitachi CM-5000) ใช้ ACES-C18 Ar column (250 × 4.6 มิลลิเมตร) วัฏภาคเคลื่อนที่ประกอบด้วยเมทานอล 0.1 เปอร์เซ็นต์ กรดไตรฟูออโรอะซีติกในน้ำ และกรดอะซิโตไนไตรล์ ระบบตัวทำละลายแบบเกรเดียนต์ อัตราการไหล 0.8 มิลลิลิตรต่อวินาที ด้วยตัวตรวจวัดอัลตราไวโอเลต (UV detector) ที่ความยาวคลื่น 280 และ 325 นาโนเมตร เป็นเวลา 35 นาที โดยใช้สารละลายมาตรฐานกรดฟินอลิกผสมในห้องปฏิบัติการ 10 ชนิด ที่ความเข้มข้น 0.001, 0.002, 0.005, 0.0125 และ 0.0250 ppm ได้แก่ (1) กรดโปรโตคาเทชูอิก (2) กรด 4-ไฮดรอกซีเบนโซอิก (3) กรดคลอโรจีนิก (4) คาเทชิน (5) กรดวานิลลิก (6) กรดคาเฟอิก (7) กรดไซรินจิก (8) กรดพารา-คูมาริก (9) กรดซินามิก และ(10) กรดเฟอรูลิก ให้ความสัมพันธ์เส้นตรงมีค่า R^2 ระหว่าง 0.9957-0.9985

โดยค่ารีเทนชันไทม์ ± 0.15 (นาที) ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร เปรียบเทียบดครมาดตแกรมของสารละลายมาตรฐานฟีนอลิก 10 ชนิด สารสกัดสดจากเปลือก และสารสกัดแห้งจากเปลือก ตาม Table 1

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดตามวิธีของ Shahid และคณะ 2005 ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ย ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 กราฟมาตรฐานที่ค่าการดูดกลืนแสง 740 นาโนเมตร กรดแกลลิกเข้มข้น 25, 50, 100, 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร y=0.084x และ R^2 = 0.9904

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**

ส่วนต่างๆของกล้วย พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าส่วนเนื้อ ทั้งการสกัดสดและสกัดแห้ง และจากการสกัดแห้งจะให้ปริมาณสูงกว่าแบบสกัดสด แสดงผลตาม Table 2 โดยเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก พบว่า

การสกัดแห้ง ก้านหวีแห้ง มีปริมาณสารประกอบกรดฟินอลิกทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 538.36 ± 0.15 mg GAE/100 g DW รองลงมาคือ ใบตองแห้ง (519.63 ± 0.09) เปลือกแห้ง(432.88 ± 0.12) ก้านเครือแห้ง (350.23 ± 0.10) ปลีแห้ง (194.47 ± 0.04) และ เนื้อแห้ง (78.08 ± 0.20)

การสกัดสด ใบตองสด (349.77 ± 0.04) ก้านเครือสด (296.35 ± 0.05) ก้านหวีสด (258.90 ± 0.27) ปลีสด (242.46 ± 0.45) เปลือกสด (303.65 ± 0.05) เนื้อสด (138.36 ± 0.18) และ ตามลำดับ

หากพิจารณาเฉพาะสารฟีนอลิกทั้ง 10 ชนิดที่นิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ อาหารเสริม เครื่องสำอาง ซึ่งมีประโยชน์มากในการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และอื่นๆ พบว่า การใช้วิธีสกัดตัวอย่างแบบสดจะคงปริมาณมากกว่าแบบแห้ง โดยเฉพาะ คาเทชิน 214 มก./กก. กรดพารา-คูมาริก 362 มก./กก. และกรดเฟอรูลิก 414 มก./กก. จากใบตองสด นั้นอาจจะสรุปได้ว่า การเตรียมตัวอย่างสด หรือ แห้ง ส่งผลต่อปริมาณและความหลากหลายของสารประกอบฟีนอลิก ตาม Table 3

สรุปผล

ส่วนต่างๆ ของตัวอย่างกล้วยน้ำว้ามีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าส่วนเนื้อ จึงน่าสนใจที่จะนำสารประกอบฟีโนลิกจากส่วนวัสดุนอกจากเนื้อกล้วยไปใช้ประโยชน์ พบว่า มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดจากมากไปน้อย เรียงตามลำดับ ดังนี้ ก้านหวี (bunch) > ใบตอง (leaf) > เปลือก (peel) > ก้านเครือ (stem) > ปลี (blossom) > ผล (pulp) และถึงแม้การสกัดตัวอย่างแบบแห้งจะได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าแต่หากต้องการปริมาณสารฟีนอลิก คาเทชิน กรดพารา-คูมาริก และกรดเฟอรูลิก จากใบตอง การใช้วิธีสกัดตัวอย่างแบบสดจะให้ปริมาณมากกว่าแบบแห้ง ซึ่งมีประโยชน์มากในการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และอื่นๆ จึงอาจจะสรุปได้ว่า การเตรียมตัวอย่างแบบสดหรือแบบแห้งส่งผลต่อปริมาณและความหลากหลายของสารประกอบฟีนอลิก

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Amri FSA., Hossain MA. (2018). Comparison of total phenols, flavonoids and antioxidant potential of local and imported ripe bananas. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences; 5(4): 245-251.

Chompunut U, Ekaruth S. and Klaokwan S. (2017). Effects of Drying Methods and Extraction Conditions on Total Phenolic and Flavonoid content and Antioxidant Activities of Helicteres isora L. Fruit Extracts. Chemistry Department, Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Faculty of Science, Burapha University.

Nittaya K., Areya C., Naparat C. and Siriporn L. (2018). *Effect of drying on total phenolic contents and antioxidant activities in herbal infusions.* Khon Kaen Agriculture Journal. 46.

Ti., H., Q. Li., R. Zhang., Y. Deng., Z. Wei., J. Chi and Y. Zhang. (2014). *Free and bound phenolic profiles and antioxidant activity of milled fractions of different indica rice varieties cultivated in southern china*. Food Chemistry 159: 166-174.

Wirivutthikorn, W. (2018). Effect of Okra Drying on Phenolic Compound in Mixed Green Tea Okra and Jasmine. Agricultural Science Journal. 49(2)(Suppl.): 625-628.

Varipat Areekul, Naraporn Phomkaivon. (2015). Thai Indigenous Plants: Focusing on Total Phenolic Content, Antioxidant Activity and Their Correlation on Medicinal Effects. KMITL Science and Technology Journal; 15: 10-23.

รัตนา ม่วงรัตน์, พงศธร ถ้ำทอง, จรัสศรี หลวงพันธ์. (2559). การสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากเปลือกกล้วยหอมทอง โดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายที่สภาวะต่ำกว่าจุดวิกฤติ. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) 8: 54-65.

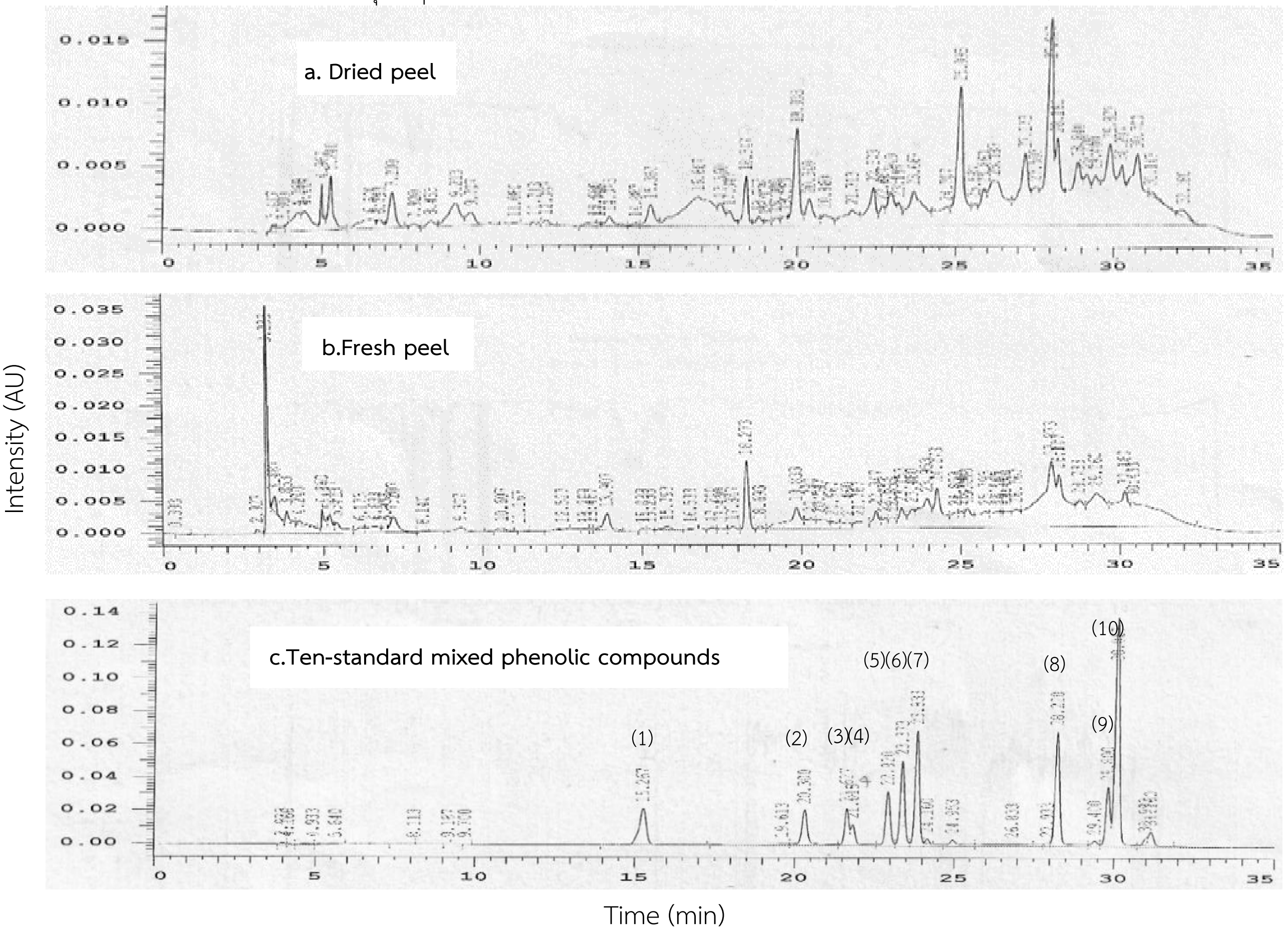


Figure 1 Retention time ± 0.05 (min) of Chromatograms at 280 nm for (a) Dried peel, (b) Fresh peel and (c) Ten-standard mixed phenolic compounds at concentration 0.025 ppm: (1) protocatechuic acid, 15.267 (2) 4-hydroxybenzoic acid, 20.300 (3) chlorogenic acid, 21.627 (4) catechin, 21.813 (5) vanillic acid, 22.920 (6) caffeic acid, 23.373 (7) syringic acid, 23.833 (8) p-coumaric acid, 28.220 (9) sinapic acid, 29.800 and (10) ferulic acid, 30.067.

Table 1 Percentage of crude extracts from 200 g of six-banana components in dried and fresh preparation

Banana component	Weight of crude extract (g)		% Crude extract	
	Dried	Fresh	Dried	Fresh
(1) Peel	3.01±0.34	7.18±0.52	1.50±0.67	3.59±0.26
(2) Pulp	2.73±0.55	2.94±0.41	1.36±0.78	1.47±0.21
(3) Blossom	8.33±0.30	4.54±0.48	4.16±0.65	2.27±0.24
(4) Leaf	4.78±0.08	9.24±0.33	2.39±0.04	4.62±0.17
(5) Stem	1.02±0.26	3.06±0.21	0.51±0.13	1.53±0.11
(6) Bunch	1.61±0.05	2.34±0.77	0.80±0.53	1.17±0.39

Table 2 Total phenolic content (mg GAE/100 g DW) by Folin-Ciocalteu method of crude extracts from six-banana components in dried and fresh preparation

Banana component	Total phenolic content (mg GAE/100 g DW)	
	Dried	Fresh
(1) Peel	432.88 ± 0.12^{abc}	303.65 ± 0.05^{cd}
(2) Pulp	78.08 ± 0.15^{d}	138.36 ± 0.18^{d}
(3) Blossom	194.47 ± 0.04^{cd}	242.46 ± 0.45^{bcd}
(4) Leaf	519.63 ± 0.09^{ab}	349.77 ± 0.04^{abcd}
(5) Stem	350.23 ± 0.10^{abcd}	296.35 ± 0.05^{abcd}
(6) Bunch	538.36 ± 0.15^{a}	258.90 ± 0.27^{abcd}

Tukey's Honesty Significant Difference (HSD) , Minitab 16 ($p > 0.05$)

Table 3 Contents of ten-phenolic acids (mg/kg) of crude extracts from six-banana components in dried and fresh preparation: (1) protocatechuic acid (2) 4-hydroxybenzoic acid (3) chlorogenic acid (4) catechin (5) vanillic acid (6) caffeic acid (7) syringic acid (8) p-coumaric acid (9) sinapic acid and (10) ferulic acid

Banana component		Contents of ten-phenolic acids (mg/kg)									
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Peel	Dried	0.06	0.09	0.10	0.31	0.11	0.02	0.03	0.09	0.35	3.95
	Fresh	0.32	8.50	7.49	22.00	6.05	5.27	11.41	17.56	ND	8.05
Pulp	Dried	ND	0.13	ND	0.05	0.06	0.006	ND	0.01	ND	0.006
	Fresh	ND	11.75	ND	ND	1.19	ND	1.52	1.03	7.82	ND
Blossom	Dried	0.06	0.14	0.12	ND	0.15	0.04	0.01	0.11	0.25	ND
	Fresh	1.10	11.58	ND	ND	5.71	1.74	ND	8.55	ND	11.62
Leaf	Dried	ND	0.34	0.06	0.63	0.26	0.03	0.08	0.81	ND	0.05
	Fresh	6.46	1.20	74.09	214.34	43.20	21.99	41.10	361.98	ND	414.43
Stem	Dried	0.35	0.46	0.34	0.35	0.33	0.75	0.13	0.83	1.26	ND
	Fresh	9.92	0.92	13.63	26.17	8.85	15.01	3.27	24.64	23.08	2.57
Bunch	Dried	0.44	0.22	0.19	ND	0.38	0.14	0.28	0.20	0.26	0.05
	Fresh	5.54	1.10	17.18	15.58	45.42	0.43	4.67	42.26	18.28	6.69

ND = NOT Detected

การศึกษาการเจริญเติบโตข้าวปทุมธานี 1ต่อการวัดปริมาณคลอโรฟิลด์ในใบข้าวที่ค่าสหสัมพันธ์กับ ดัชนีพืชพรรณ (Green-Red Vegetation Index)

Study of Green-Red Vegetation Index on Leaf Nitrogen Related to Growth of Pathumtani 1 Rice

อิสอัค บูรณ์เจริญ[1] ธรรมนูญ เกิดแป้น [1] ณัฐภัสสร ภิวัฒกุลวรุตม์ [1]*ประณต มณีอินทร์ [1]
Boonjaroen , I. [1], Kerdpaen, T. [1], Phiwatkunwarut, N. [1] and Maniin, P. [1]

Abstract

The purpose of this study was to find the leaf chlorophyll index of 'Pathumtani 1' rice at difference growth stages using photographical Green-Red Vegetation Index (GRVI) from a Drone, compared with chlorophyll meter (SPAD-502). Nitrogen levels were varied at 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 N/rai, with 3 replications, and Nitrogen was applied 3 times. The result showed that the different amount of chlorophyll to the rice at tillering stage has relation to number of spad meter (R^2=0.8722) and the rice at booting stage has relation to number of spad meter (R^2 = 0.724). Moreover, the number of spad meter of the rice at tillering stage has relative to GRVI (R^2=0.789) and the booting stage also has relative to GRVI (R^2=0.8184). In sum, this technique to use GRVI can predict the amount of Nitrogen in the rice leaves in both tillering and booting stages.

Keywords: GRVI, Drone, chlorophyll, nitrogen

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวัดระดับคลอโรฟิลด์นในใบข้าวปทุมธานี 1 ตามระยะพัฒนาการของข้าว ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพ Green-Red Vegetation Index (GRVI) จากอากาศยานไร้คนขับเปรียบเทียบกับการวัดด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPAD-502) โดยมีการให้ปริมาณไนโตรเจน 6 ปริมาณ คือ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 N/ไร่ และแบ่งใส่ 3 ครั้งๆละเท่ากัน คือก่อนปลูก ระยะแตกกอ และ ระยะตั้งท้อง ผลการศึกษาพบว่า ที่ระยะแตกกอปริมาณคลอโรฟิลล์ มีค่าสหสัมพันธ์ R^2=0.8722 ระยะตั้งท้องปริมาณคลอโรฟิลล์ มีค่าสหสัมพันธ์ ที่ R^2=0.724 ซึ่งในระยะแตกกอปริมาณคลอโรฟิลล์ จาก SPAD-502 มีความสัมพันธ์กับค่า GRVI R^2=0.789 ระยะตั้งท้องค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ มีความสัมพันธ์กับค่า GRVI R^2=0.8184 ผลการศึกษาสรุปว่า ค่าคลอโรฟิลด์และค่าGRVIมีความสัมพันธ์กันทั้งระยะแตกกอและระยะตั้งท้อง

คำสำคัญ: ดัชนีพืชพรรณ อากาศยานไร้คนขับ คลอโรฟิลล์มิเตอร์ ปุ๋ยไนโตรเจน

คำนำ

ปัจจุบันเกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวให้สูงขึ้น ปุ๋ยเคมีเป็นที่นิยมในกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกข้าวโดยเฉพาะในเขตชลประทาน การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยการผลิตที่จำเป็น ทั้งนี้ยังพบว่าเกษตรกรยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน มีการใส่ปุ๋ยเคมีปริมาณมากในแต่ละฤดูปลูก ทำให้ปริมาณธาตุอาหารหลัก ทั้งไนโตรเจน และฟอตฟอรัส ที่ใส่ปริมาณมากเกินความจำเป็นในแต่ละครั้งที่ปลูกข้าว ทำให้เกิดการชักนำทั้งโรค และแมลงระบาดในแปลงปลูกข้าวมากขึ้น ผลผลิตข้าวที่ได้มีคุณภาพต่ำ และต้นทุนการผลิตสูงไม่คุ้มกับราคาข้าวที่ได้การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมีคำแนะนำให้แบ่งใส่หลายๆครั้งใน1 ฤดูปลูกเพราะปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปุ๋ยที่สูญเสียได้ง่ายในสภาพที่มีน้ำขัง นอกจากนี้เกษตรกรยังใส่ปุ๋ยไม่ตรงกับเวลาที่ข้าวต้องการใช้ ได้แก่ คำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะที่ข้าวสร้างรวงอ่อน เพื่อให้ข้าวสร้างปริมาณเมล็ดต่อรวงได้มาก ในการปฏิบัติจริงนั้น พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเมื่อข้าวตั้งท้อง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ต้นข้าวมีการสร้างจำนวนเมล็ดต่อรวงไปแล้ว การใส่ปุ๋ยในช่วงข้าวตั้งห้องจึงไม่ได้ทำให้เพิ่มจำนวนเมล็ดข้าวต่อรวงแต่อย่างใด ซึ่งช่วงเวลาสร้างรวงอ่อนนั้นจะเกิดขึ้นก่อนข้าวตั้งท้อง 5-7 วัน

ในปัจจุบันของการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรแบบสมัยใหม่ (Modern Agriculture Management) นั้น ได้มีเครื่องมือในการสำรวจในแปลงปลูก อาทิเช่น เครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงของใบและการคำนวณค่าความเข้มข้นของการตอบสนองธาตุไนโตรเจน เครื่องมือวัดค่าความชื้นของพืชและดิน เครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ และสถานีตรวจวัดอากาศ เป็นต้น ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้มีข้อจำกัดในด้านที่ไม่สามารถวัดข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง ครอบคลุมพื้นที่ขนาดเล็ก (Small Scale Analysis)และต้องใช้เวลานานในการตรวจวัดเพื่อวินิจฉัยสถานภาพของพืช

[1] **มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 10900**
[1]**Ransit University, Province Pathum Thani 10900**

จากข้อจำกัดดังกล่าว ในการวิจัยครั้งนี้จะเป็นการทดสอบและพัฒนาข้อมูลภูมิสารสนเทศเกษตร (Farm Management Information System : FMIS) เข้าไปบูรณาการในการตัดสินใจการการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวหอมปทุมธานี 1 ในยะแตกกอ เพื่อลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยในโตรเจนให้กับเกษตรกร ช่วยให้ได้ปริมาณปุ๋ยที่ถูกต้องแม่นยำ และที่มากกไปกว่านั้นยังใส่ปุ๋ยได้ถูกที่อย่างแม่นยำ โดยจะทำการประยุกต์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก กล้องมัลติสเปกทรอลกล้องถ่ายภาพความร้อน ดัชนีพืชพรรณ และแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถตรวจวัดข้อมูลได้แบบต่อเนื่อง (Continuous Data) และครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ (Large Scale Analysis) และเป็นการสร้างต้นแบบความสามารถในเทคโนโลยี FMIS ให้กับประเทศ ที่จะสามรถนำไปใช้กับงานส่งเสริมการผลิตข้าวแปลงใหญ่ได้เป็นอย่างดี

อุปกรณ์และวิธีการ

- บ่อซีเมน 18 บ่อ เส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ซม
- พันธุ์ข้าวหอมปทุมธานี 1 (Pathum Thani 1)
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- ทราย 200 ลิตร ต่อบ่อ
- ปุ๋ย สูตร16- 20 -0แลปุ๋ยยูเรีย
- โดรน และ โปรแกรม pix4d และ QGIS
- เครื่อง SPAD-502
-เครื่องวัดEC

ขั้นตอนการดำเนินงานครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

1) ขั้นตอนการปลูกข้าวหอมปทุมธานี1โดยมีการให้ปริมาณปุ๋ยไนโตเจนที่ต่างกัน

ใช้ทรายเป็นวัสดุในการปลูก ในแต่ละบ่อจะมีจำนวน 100เมล็ด และการให้ปุ๋ย 6 กรรมวิธี ให้ปุ๋ยสูตร 16-20-0 และ 46-0-0 ใน กรรมวิธีที่ 1 0,0 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 2 10,2 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 3 20,4 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 4 30,6 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 5 40,8 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 6 50,10 กก./ไร่ ตามลำดับ วิธีละ 3 ซ้ำ รวมเป็น 18 วงบ่อ ใส่เมล็ดข้าวหอมปทุมธานี 100 เมล็ด/บ่อ และมีการรักษาระดับน้ำที่ 5ซม. ซึ่งจะมีการล้างทรายเพื่อลดค่าECให้ต่ำกว่า500 ไมโครซีเมนต์ และมีการใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 หลังปลูก 20 วัน (ระยะแตกกอ) และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 หลังปลูก 40 วัน (ระยะตั้งท้อง)

ในการเก็บข้อมูล เก็บข้อมูล 2 ครั้งคือเก็บข้อมูลระยะ แตกกอ และตั้งท้องข้าว โดยจะเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่อง SPAD-502 ในการเก็บค่าคลอโรฟิลล์ในข้าว โดยวัด 2 ใบ ใบละ3จุด ต่อ 1 กรรมวิธี

2) การประมวลผลภาพถ่ายจาก UAV

1. UAVบินเก็บข้อมูลภาพถ่าย จากนั้นนำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศมา orthomosaic image บน cloud pix4d

2.นำภาพที่ ud pix4d ใส่สูตร (GRVI)Green-Red Vegetation Index ทำการแยก จากสูตร

$$GRVI = \frac{\rho_{green} - \rho_{red}}{\rho_{green} + \rho_{red}}$$

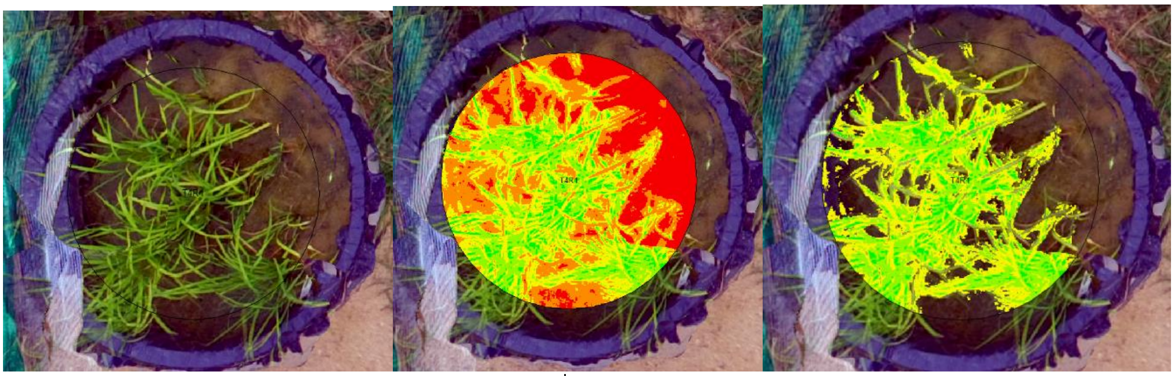
โดย GRVI คือ ค่าดัชนีที่สะท้อนพืชพรรณ

ρgreen คือ TOA reflectance ของช่วงคลื่นสีเขียว

ρred คือ TOA reflectance ของช่วงคลื่นสีแดง

3.ภาพบ่อข้าวหอมปทุมธานี1ที่แยกดินออกไปแล้วหา Pixel ที่ซ้ำกันมากที่สุดจากภาพแต่ละบ่อ และบันทึกผล

ใช้ชุดคำสั่ง classification ในโปรแกรม QGIS แบ่งคลาสเป็น 4-6 classification เลือกมาเฉพาะส่วนที่เป็นต้นข้าว จากนั้นบันทึกผล



แสดงภาพถ่ายปกติ ภาพที่ทำGRVI ภาพค่าใกล้เคียงพืช

การจำแนกภาพ (classification) หาภาพใกล้เคียงพืชมากที่สุด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในระยะแตกกอ พบว่า การให้ปุ๋ยที่ 50 กก./ไร่ มีค่า Chlorophyll มากที่สุดอยู่ที่ 43.000spad unit และพบว่าการให้ปุ๋ยที่ 0 กก./ไร่ มีค่า Chlorophyll น้อยที่สุดอยู่ที่ 17.760 spad unit อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-VALUE 0.05) ทั้งนี้ ที่ระยะข้าวตั้งท้อง(Reproductive stage) การให้ปริมาณปุ๋ยที่ 50 กก./ไร่ มีผลให้ค่า Chlorophyll มากที่สุดอยู่ที่ 38.167spad unit และ การให้ปริมาณปุ๋ยที่ 0 กก./ไร่ ให้ค่า Chlorophyll น้อยที่สุดอยู่ที่ 28.367 spad unit อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\rho \leq 0.05$)

การให้ปริมาณปุ๋ยที่แตกต่างกันมีค่าความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์ ในใบข้าวที่ค่า(R^2) เท่ากับ 0.8722 และในระยะข้าวตั้งท้องการให้ปริมาณปุ๋ยที่แตกต่างกันมีค่าความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์ ในใบข้าวที่ค่า(R^2) เท่ากับ 0.7249

ทั้งนี้พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าGRVI ที่ (R^2) เท่ากับ 0.818 และในระยะตั้งท้อง พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าGRVI ที่ (R^2) เท่ากับ 0.7891

สรุปผล

จากการทดลองทำให้ทราบว่า ค่าคลอโรฟิลด์และค่าGRVIมีความสัมพันธ์กันทั้งระยะแตกกอและระยะตั้งท้อง

กิตตกิรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคตะวันออก (ศทอภอ.) ที่เป็นสถานที่ให้ความรู้และสถานที่ในการทำโครงการพิเศษครั้งนี้ และขอขอบคุณโรงเรือนนวัตกรรมเกษตรเกษตร มหาวิทยาลัยรังสิต

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555) ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. [Online]. เข้าถึงได้จาก:htpp://www.oae.go.th/main.php?filename-agri_production. [31 สิงหาคม 2562].

Blackmer, T.M., Schepers, J.S., Varvel, G.E., and Walter-Shea, E.A., 1996, Nitrogen Deficiency Detection Using Reflected Shortwave Radiation from Irrigated Corn Canopies, Agronomy Journal, 88, 1–5.

Scharf, P.C. and Lory, J.A., 2002, Calibrating Corn Color from Aerial Photographs to Predict Sidedress Nitrogen Need, Agronomy Journal, 94, 397–404.

Table 1 Effect of nitrogen management on Vegetative Stag and Reproductive of Chlorophyll and GRVI of Vegetative Stages.

N kg/rai	Vegetative Stage Chlorophyll (SPAD unit)	Reproductive Stage Chlorophyll (SPAD unit))	GRVI of Vegetative Stage	GRVI of Reproductive Stage
0	17.760 d	28.367d	-0.0223 c	28.367d
10	32.633 c	31.367cd	0.007 c	31.367cd
20	33.933 c	34.233bc	0.039 bc	34.233bc
30	35.533 bc	34.267bc	0.073 bc	34.267bc
40	38.100 b	36.733ab	0.132 ab	38.167a
50	43.000 a	38.167a	0.196 a	36.733ab
F-test	*	*	*	*

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 ($p<0.05$)

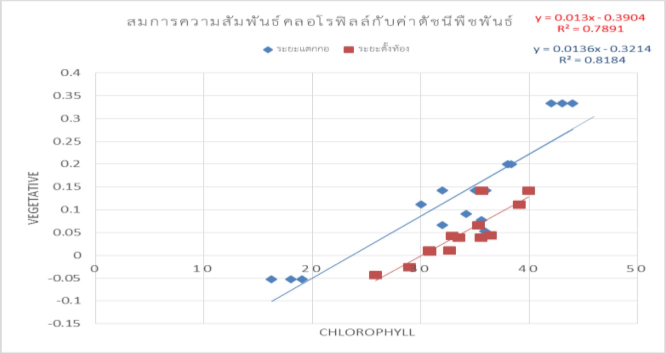


Figure 1 Green-Red Vegetation Index (GRVI) on Rice Leaf Nitrogen Relationship to Chlorophyll (SPAD unit) of ‘Pathumtani 1’ Rice.

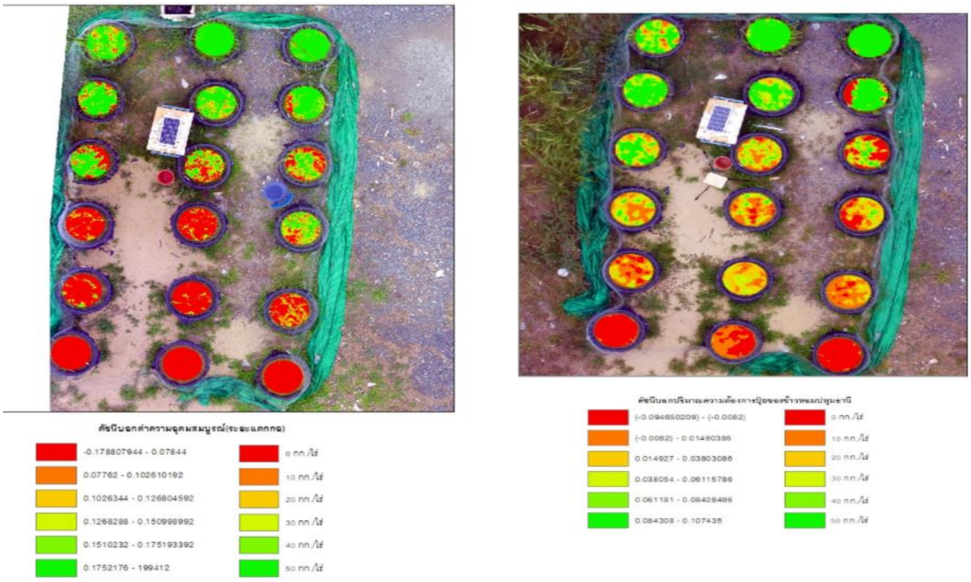


Figure 2 Green-Red Vegetation Index (GRVI) on Rice Leaf Nitrogen Relationship to Chlorophyll (SPAD unit) of ‘Pathumtani 1’ Rice

ผลของการใช้ LED สีต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต คุณภาพของผลผลิต และปริมาณไนเตรทในผักกาดหอม ภายใต้โรงเรือนควบคุมสภาพอากาศ

Effects of the usage of Different LED Colors on Growth, Quality and Nitrate Content of Lettuce in Evaporation Greenhouse

บัญญัติ เศรษฐฐิติ[1] พชรอร แก้วเจริญ[1] และสักการ ไก่แก้ว[1]

Saitthiti, B.[1], Kaeocharean, P.[1] and Kaikaew, S.[1]

Abstract*

The objective was to investigate effects of the usage of different LED colors on growth, quality and nitrate content of lettuce, Green Oak, Red Oak, Red Coral, and Butterhead grown in hydroponic systems in evaporation greenhouses; that received lights from red and blue color LED (48 hours before harvesting), red color, blue color, green color, white color, and red-green-blue (RGB) color. The results revealed that Green Oak lettuce receiving RGB LED had the greatest shoot fresh weight and shoot dry weight, while green LED had the highest vitamin C and lowest nitrate content. In Red Oak lettuce, using red LED had the highest vitamin C and carotenoid, with low nitrate content. As for Red Coral lettuce, receiving blue LED light had the greatest shoot fresh weight and shoot dry weight, while RGB LED had the highest vitamin C and low nitrate content. Butterhead lettuce receiving RGB LED had lowest nitrate content but high number of leaves, chlorophyll and vitamin C.

Keywords: Lettuce, LED, Nitrate, Hydroponics, Evaporation Greenhouse

บทคัดย่อ*

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ LED สีต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต คุณภาพของผลผลิต และปริมาณไนเตรทของผักกาดหอมกรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค เรดโครอล และบัตเตอร์เฮด ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ ภายในโรงเรือนควบคุมสภาพอากาศ โดยมีการให้แสงจาก LED สีแดงน้ำเงิน (48 ชม. ก่อนเก็บเกี่ยว) สีแดง สีน้ำเงิน สีเขียว สีขาว และสีแดงเขียวน้ำเงิน พบว่า การปลูกผักกาดหอมในโรงเรือนที่มีการใช้ LED สีแดงเขียวน้ำเงิน ทำให้ผักกาดหอมกรีนโอ๊ค มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุด แต่การใช้ LED สีเขียว ทำให้มีวิตามินซีมากที่สุด และมีปริมาณไนเตรทต่ำที่สุด สำหรับผักกาดหอมเรดโอ๊ค การใช้ LED สีแดง ทำให้มีวิตามินซีและแคโรทีนอยด์มากที่สุด และมีปริมาณไนเตรทต่ำ ส่วนผักกาดหอมเรดโครอลที่ได้รับแสง LED สีน้ำเงิน มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุด ในขณะที่ LED สีแดงเขียวน้ำเงิน ทำให้มีวิตามินซีมากที่สุด และมีปริมาณไนเตรทต่ำ สำหรับผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดที่ได้รับแสง LED สีแดงเขียวน้ำเงิน มีปริมาณไนเตรทต่ำที่สุด และมีจำนวนใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และวิตามินซีสูง

คำสำคัญ: ผักกาดหอม LED ไนเตรท ไฮโดรโปนิกส์ โรงเรือนควบคุมสภาพอากาศ

คำนำ*

การใช้แสงเทียมในการปลูกพืช ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งในเชิงคุณภาพ (ความยาวคลื่นแสง) และเชิงปริมาณ (ความเข้มแสง) เพื่อส่งเสริมการสังเคราะห์แสงของพืช เพราะพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อช่วงความยาวคลื่นแสง และความเข้มแสงแตกต่างกัน เช่น ในต้นถั่วเหลือง และต้นแรดดิช พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มของแสงสีน้ำเงิน ส่งผลให้ลำต้นสั้นลง ในขณะที่ความสูงของลำต้นข้าวสาลี ไม่มีการตอบสนองต่อแสงสีน้ำเงิน (Cope และ Bugbee, 2013) และในช่วงความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันยังส่งผลให้พืชมีการตอบสนองที่แตกต่างกัน เช่น ผักกาดที่ได้รับแสงสีน้ำเงินอย่างเดียว มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงกว่าผักกาดที่ได้รับแสงสีแดง หรือแสงสีเขียวเพียงอย่างเดียว (Muneer และคณะ, 2014; Xiaoying และคณะ, 2012) ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีของแสง LED เข้ามาใช้ในระบบการผลิตพืชมากขึ้น เพราะหลอดไฟ LED มีข้อดีหลายอย่าง เช่น สามารถกำหนดสเปกตรัม และความเข้มของแสงได้ ให้พลังงานแสงที่สูง ปลดปล่อยความร้อนต่ำ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และมี

[1] ภาควิชานวัตกรรมเกษตร คณะนวัตกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 12000

[1] Agricultural Innovation, Rangsit University, Pathum Thani, 12000

อายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าหลอดไฟทั่วไปถึง 100 เท่า (Yeh และ Chung, 2009) และสามารถชักนำให้พืชเกิดการเจริญเติบโตได้ แต่อาจทำให้รูปแบบการเจริญเติบโตแตกต่างกันไป เมื่อได้รับสีที่แตกต่างกัน (Kim และคณะ, 2004) เช่น ผักกาดหอมที่ปลูกภายใต้แสง LED สีแดงสีน้ำเงินสีขาว มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง รูปร่างของใบ สี ความหวาน และความกรอบดีที่สุด และมีสารอาหารสูงกว่าผักกาดหอมที่ปลูกภายใต้แสงจาก LED สีแดงน้ำเงิน และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Lin และคณะ, 2013) นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพของแสง LED มีผลต่อการลดปริมาณการสะสมไนเตรทในผัดกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ (Chen และคณะ, 2015) งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้ LED สีต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต คุณภาพของผลผลิต และปริมาณไนเตรทในผักกาดหอม 4 ชนิด ภายใต้โรงเรือนควบคุมสภาพอากาศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการผลิตผักภายในโรงเรือนที่สามารถผลิตผักให้มีคุณลักษณะพิเศษบางอย่าง (Functional vegetable) มีความปลอดภัย และตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ*

การทดลองนี้ทำการทดลอง ณ โรงเรือนควบคุมสภาพอากาศ คณะนวัตกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยรังสิต วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design ; CRD) จำนวน 8 ซ้ำ โดยมีการให้แสงจาก LED สีต่าง ๆ 6 กรรมวิธี ได้แก่ LED สีแดงน้ำเงิน (48 ชม. ก่อนเก็บเกี่ยว) สีแดง สีน้ำเงิน สีเขียว สีขาว และสีแดงเขียวน้ำเงิน โดยมีการติดตั้งไฟ LED แบบเส้นบนรางไฮโดรโปรนิกส์ และใน 1 ราง จะติดตั้ง LED 1 กรรมวิธี ซึ่งเป็นการให้แสงภายใต้ทรงพุ่มในช่วงกลางคืน จำนวน 12 ชั่วโมงต่อวัน และทำการทดลองกับผักกาดหอม 4 ชนิด ได้แก่ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค เรดโครอล และบัตเตอร์เฮด และปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ระบบ NFT โดยใช้สารละลาย A (ประกอบด้วย แคลเซียมไนเตรท ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$) 1,150 กรัม เหล็ก Fe-EDDHA 6% 20 กรัม และเหล็ก Fe-EDDHA 13.2% 40 กรัม ผสมน้ำ 10 ลิตร) และสารละลาย B (ประกอบด้วยแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$) 600 กรัม โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) 500 กรัม โมโนโปแทสเซียมฟอสเฟต (MKP) 270 กรัม และจุลธาตุ 20 กรัม ผสมน้ำ 10 ลิตร) ปรับค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และใช้ pH meter เป็นเครื่องมือในการวัดค่า pH ให้มีค่าอยู่ในช่วง 5.5 - 6 ปรับค่าการนำไฟฟ้า (EC) ด้วย EC meter ให้อยู่ในช่วง 1 - 1.2 µS/cm การทดลองนี้ทำการทดลองในเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน 2561 และเก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อผักกาดหอมอายุ 49 วันหลังเพาะเมล็ด และบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ น้ำหนักสดของต้นและราก น้ำหนักแห้งของต้นและราก และวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณแคโรทีนอยด์ ตามวิธีการของ Shabala และคณะ (1998) และ Lichtenthaler (1987) รวมถึงวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท และปริมาณวิตามินซีโดยใช้เครื่องมือ RQ-Flex Reflextotechhnique ยี่ห้อ Merk

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

จากการทดลองผลิตผักในโรงเรือนควบคุมสภาพอากาศที่มีการให้แสง LED สีต่าง ๆ พบว่า ผักกาดหอมกรีนโอ๊คที่ได้รับแสง LED สีแดงเขียวน้ำเงิน มีน้ำหนักสดของต้นและราก และน้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุด (39.27 3.67 และ 2.16 กรัมต่อต้นตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim และคณะ (2004) ที่พบว่าผักกาดที่ได้รับแสงผสมระหว่างสีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดงมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าต้นที่ได้รับแสงผสมระหว่างสีน้ำเงินและสีแดง นอกจากนี้ยังพบว่า LED สีเขียว ทำให้ผักกาดหอมกรีนโอ๊คมีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด (3,700 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด) และมีปริมาณไนเตรทต่ำที่สุด (2,025 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด) (Table 1)

สำหรับผักกาดหอมเรดโอ๊ค พบว่า LED สีขาว ทำให้มีจำนวนใบมากที่สุด (19 ใบ) แต่การใช้ LED สีแดง ทำให้มีปริมาณวิตามินซีและปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุด (4,300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด 892.50 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสดตามลำดับ) และทำให้มีปริมาณไนเตรทเพียง 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen และคณะ (2015) ที่พบว่า แสงสีแดงเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอมในระบบไฮโดรโปนิกส์

สำหรับผักกาดหอมเรดโครอล พบว่า LED สีน้ำเงิน ทำให้มีน้ำหนักสดของต้นและราก น้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุด (45.17 6.22 และ1.84 กรัมต่อต้นตามลำดับ) และมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงเพราะมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าการได้รับแสงสีแดง หรือแสงสีเขียว โดยสอดคล้องกับ Muneer และคณะ (2014) และ Xiaoying และคณะ (2012) ที่พบว่า ผักกาดที่ได้รับแสงสีน้ำเงินอย่างเดียว มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงกว่าผักกาดที่ได้รับแสงสีแดง หรือแสงสีเขียวเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่า LED สีแดงเขียวน้ำเงิน ทำให้ผักกาดหอมเรดโครอลมีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด และมีปริมาณไนเตรทเพียง 2,850 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (Table 3)

สำหรับผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด (Table 4) พบว่า LED สีแดงเขียวน้ำเงิน ทำให้ผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุด (0.976 0.343 และ 1.319 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ)

รวมทั้งทำให้มีปริมาณวิตามินซีสูง (3,350 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด) และทำให้มีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุด (3,125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด) ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ Zhou และคณะ (2012) ที่พบว่า การให้แสงสีแดงและน้ำเงินก่อนการเก็บเกี่ยว 48 ชั่วโมง ทำให้ความเข้มข้นของไนเตรทในใบผักกาดหอมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่น้ำตาลและวิตามินซีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าการให้แสง LED สีต่าง ๆ มีผลทำให้ผักกาดหอมทั้ง 4 ชนิด มีค่าไนเตรทตกค้างต่ำกว่าค่ามาตรฐานตามที่สหภาพยุโรปกำหนด (4,000 - 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด) (The European Commission, 2011)

สรุปผล

จากการทดลองพบว่า LED สีแดงเขียวน้ำเงิน ทำให้ผักกาดหอมกรีนโอ๊ค มีน้ำหนักสดของต้นและราก และน้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุด แต่ LED สีเขียว ทำให้ผักกาดหอมกรีนโอ๊ค มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด และมีปริมาณไนเตรทต่ำที่สุด สำหรับผักกาดหอมเรดโอ๊ค การให้แสง LED สีแดง จะทำให้ผักกาดหอมเรดโอ๊คมีปริมาณวิตามินซี และปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุด และทำให้มีปริมาณไนเตรทต่ำ ส่วนผักกาดหอมเรดโครอลที่มีการให้แสง LED สีน้ำเงิน จะมีน้ำหนักสดของต้นและราก น้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุด ในขณะที่การให้แสง LED สีแดงเขียวน้ำเงินกับผักกาดหอมเรดโครอล จะทำให้มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด และมีปริมาณไนเตรทต่ำ สำหรับผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด พบว่า LED สีแดงเขียวน้ำเงิน ทำให้มีจำนวนใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และปริมาณวิตามินซีสูง และทำให้ปริมาณไนเตรทต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการให้แสง LED ในทุกกรรมวิธีมีผลทำให้ผักกาดหอมทั้ง 4 ชนิด มีค่าไนเตรทตกค้างต่ำกว่าค่ามาตรฐานตามที่สหภาพยุโรปกำหนด ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการผลิตผักในโรงเรือนให้มีความปลอดภัย และมีคุณลักษณะพิเศษบางอย่าง (Functional vegetable) ที่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคได้

Table 1 Growth, pigment content, vitamin C content and nitrate content of Green Oak lettuce grown in different LED colors.

LED	Plant height (cm)	Plant canopy (cm)	Number of leaves (leave)	Shoot FW (g/plant)	Root FW (g/plant)	Shoot DW (g/plant)	Root DW (g/plant)	Chlorophyll a (mg/g FW)	Chlorophyll b (mg/g FW)	Total Chlorophyll (mg/g FW)	Nitrate (mg/Kg FW)	Vitamin C (mg/Kg FW)
Red+Blue	15.88	28.38	16.25	38.65 ab	4.19 ab	2.07 ab	0.42	0.988	0.358	1.346	2,400	1,600 c
Red	17.25	30.00	17.38	37.41 ab	3.33 bc	1.8 ab	0.18	0.844	0.316	1.160	2,825	3,300 ab
Blue	16.13	29.38	14.63	33.19 b	3.74 abc	1.82 ab	0.24	0.870	0.340	1.210	2,050	1,800 c
Green	17.75	29.38	15.13	28.35 b	2.57 c	1.42 b	0.14	0.919	0.343	1.262	2,025	3,700 a
White	15.63	30.88	16.88	39.27 ab	3.67 abc	2.16 ab	0.24	0.975	0.357	1.332	2,225	1,900 c
RGB	14.38	27.38	16.38	51.17 a	4.66 a	2.64 a	0.31	0.888	0.318	1.206	2,875	2,900 b
F-test	Ns	ns	Ns	*	*	**	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	**
C.V.(%)	22.02	16.10	17.16	23.98	21.89	21.54	51.51	9.11	9.83	9.16	12.15	7.12

ns = not significant difference, * = significant difference at P ≤ 0.05, ** = significant difference at P ≤ 0.01

Table 2 Growth, pigment content, vitamin C content and nitrate content of Red Oak lettuce grown in different LED colors.

LED	Plant height (cm)	Plant canopy (cm)	Number of leaves (leave)	Shoot FW (g/plant)	Root FW (g/plant)	Shoot DW (g/plant)	Root DW (g/plant)	Chlorophyll a (mg/g FW)	Chlorophyll b (mg/g FW)	Total Chlorophyll (mg/g FW)	Carotenoids (µg/g FW)	Nitrate (mg/Kg FW)	Vitamin C (mg/Kg FW)
Red+Blue	10.75	28.25	15.00 b	36.83	5.48	1.98 a	0.25	1.882	0.783	2.665	857.50	2,600	2,150 d
Red	11.25	30.75	16.00 ab	51.05	6.66	2.84 a	0.40	2.035	0.832	2.867	892.50	3,000	4,300 a
Blue	12.13	30.75	16.00 ab	42.59	6.18	2.44 a	0.32	1.809	0.762	2.571	795.00	3,275	2,050 d
Green	9.50	28.25	14.00 b	32.79	5.44	1.92 a	0.33	1.876	0.754	2.630	817.50	2,700	2,850 c
White	11.75	32.38	19.00 a	45.68	6.40	2.53 a	0.40	1.849	0.780	2.629	817.50	2,675	3,450 b
RGB	11.38	30.63	16.00 ab	46.15	5.53	0.34 b	0.34	1.918	0.781	2.699	837.50	3,200	2,400 d
F-test	ns	ns	*	ns	Ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
C.V.(%)	18.04	16.9	18.48	25.94	19.25	23.4	22.49	8.63	8.99	8.48	10.07	17.63	3.18

ns = not significant difference, * = significant difference at P ≤ 0.05, ** = significant difference at P ≤ 0.01

Table 3 Growth, pigment content, vitamin C content and nitrate content of Red Coral lettuce grown in different LED colors.

LED	Plant height (cm)	Plant canopy (cm)	Number of leaves (leave)	Shoot FW (g/plant)	Root FW (g/plant)	Shoot DW (g/plant)	Root DW (g/plant)	Chlorophyll a (mg/g FW)	Chlorophyll b (mg/g FW)	Total Chlorophyll (mg/g FW)	Carotenoids (µg/g FW)	Nitrate (mg/Kg FW)	Vitamin C (mg/Kg FW)
Red+Blue	10.75	28.25	14.50	18.41 c	2.57 c	1.05 b	0.20 c	0.271	0.109	0.380	215.00	2,625	1,550 b
Red	11.25	30.75	15.50	24.52 bc	3.41 bc	1.26 ab	0.22 bc	0.266	0.110	0.376	212.50	3,925	2,400 a
Blue	12.13	30.75	16.25	45.17 a	6.22 a	1.84 a	0.35 ab	0.348	0.143	0.491	277.50	2,300	1,750 b
Green	9.50	28.25	13.75	33.75 b	4.74 b	1.80 a	0.39 a	0.248	0.105	0.353	200.00	3,550	2,000 ab
White	11.75	32.38	18.50	29.18 bc	4.15 b	1.51 ab	0.27 abc	0.305	0.131	0.436	247.50	3,150	1,550 b
RGB	11.38	30.63	15.63	27.64 bc	3.99 bc	1.18 b	0.22 bc	0.306	0.127	0.433	242.50	2,850	2,450 a
F-test	ns	ns	Ns	**	**	**	*	ns	ns	ns	ns	Ns	**
C.V.(%)	21.44	22.28	18.14	18.55	16.07	19.13	30.58	17.91	18.38	17.84	17.2	18.41	6.45

ns = not significant difference, * = significant difference at P ≤ 0.05, ** = significant difference at P ≤ 0.01

Table 4 Growth, pigment content, vitamin C content and nitrate content of Butterhead lettuce grown in different LED colors.

LED	Plant height (cm)	Plant canopy (cm)	Number of leaves (leave)	Shoot FW (g/plant)	Root FW (g/plant)	Shoot DW (g/plant)	Root DW (g/plant)	Chlorophyll a (mg/g FW)	Chlorophyll b (mg/g FW)	Total Chlorophyll (mg/g FW)	Nitrate (mg/Kg FW)	Vitamin C (mg/Kg FW)
Red+Blue	13.06 a	26.75	16.00 b	38.65 ab	4.19	2.07 b	0.42	0.917 ab	0.315 ab	1.232 ab	4,100	1,750 c
Red	12.75 a	26.25	19.00 ab	37.41 b	3.33	1.80 b	0.18	0.789 bc	0.280 bc	1.069 bc	4,050	2,850 ab
Blue	13.38 a	32.13	22.00 a	33.19 a	3.74	1.82 a	0.24	0.851 abc	0.294 abc	1.145 abc	3,525	1,650 c
Green	9.58 b	27.94	18.00 b	28.35 b	2.57	1.42 b	0.14	0.888 abc	0.307 ab	1.195 abc	3,375	2,250 bc
White	14.63 a	30.13	22.00 a	39.26 ab	3.67	2.16 ab	0.24	0.720 c	0.250 c	0.970 c	3,975	3,350 a
RGB	11.48 ab	31.48	19.00 ab	51.16 ab	4.66	2.64 ab	0.31	0.976 a	0.343 a	1.319 a	3,125	3,050 a
F-test	**	ns	*	**	ns	**	ns	*	*	*	ns	**
C.V.(%)	17.72	15.86	18.33	20.83	32.81	22.79	36.97	12.78	11.67	12.37	8.95	7.62

ns = not significant difference, * = significant difference at P ≤ 0.05, ** = significant difference at P ≤ 0.01

เอกสารอ้างอิง

Chen, R., Liu, H., Song, S., Sun, G. and Chen R., 2015, Effects of Light Quality on Growth and Quality of Lettuces in Hydroponic, Proc. 12th China International Forum on Solid State Lighting (SSLCHINA). November 2-4, 2015, Shenzhen, China.

Cope, K.R. and Bugbee, B., 2013, Spectral Effects of Three Types of White Light- Emitting Diodes on Plant Growth and Development: Absolute Versus Relative Amounts of Blue Light, Hortscience, 48(Suppl.4): 504–509.

Kim, H.H., Goins, G, D., Wheeler, R, M. and Sager, J, C., 2004, Green-Light Supplementation for Enhanced Lettuce Growth under Red and Blue-Light-Emitting Diodes, Hortscience, 39(Suppl.7): 1617-1622.

Lichtenthaler, H.K., 1987, Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes, Methods in Enzymology, 148:350-380.

Lin, K.H., Huang, M.Y., Huang, W.D., Hsu, M.H., Yang, Z.W. and Yang, C.M., 2013, The Effects of Red, Blue, and White Light-Emitting Diodes on the Growth, Development, and Edible Quality if Hydroponically Grown Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*), Scientia Horticulture, 105: 86-91.

Maynard, D.N. and Baker, A.V., 1972, Nitrate Content of Vegetable Crops, HortScience, 7(3) June 1972: 224-246.

Muneer, S., Kim, E.J., Park, J.S. and Lee, J.H., 2014, Influence of Green, Red and Blue Light Emitting Diodes on Multiprotein Complex Proteins and Photosynthetic Activity under Different Light Intensities in Lettuce Leaves (*Lactuca sativa* L.), International Journal of Molecular Sciences, 15: 4657-4670.

Shabala, S.N., Shabala, S.I., Martynenko, A.I., Babourina, O. and Newman, I.A., 1998, Salinity Effect on Bioelectric Activity, Growth, Na^+ Accumulation and Chlorophyll Fluorescence of Maize Leaves: a Comparative Survey and Prospects for Screening, Australian Journal of Plant Physiology, 25: 609-616.

The Commission of the European Communities, 2011, Commission Regulation (EC) No. 1258/2011 of December 2011, Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs, Official Journal of the European Communities, no. L 320: 15-17.

Xiaoying, L., Shirong, G., Taotao, C., Zhigang, X. and Tezuka, T., 2012, Regulation of the Growth and Hotosynthesis of Cherry Tomato Seedlings by Different Light Irradiations of Light Emitting Diodes (LED), African Journal of Biotechnology, 11(22): 6169-6177.

Yeh, N. and Chung, J.P., 2009, High-Brightness LEDs-Energy Efficient Lighting Sources and Their Potential in Indoor Plant Cultivation, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13: 2175–2180.

Zhou, W.L., Liu, W.K. and Yang, Q.C., 2012, Quality Change in Hydroponic Lettuce Grown under Pre-Harvest Short Duration Continuous Light of Different Intensity, The Journal of Horticulture Science and Biotechnology, 87(5): 429-434.

ผลของจัดการน้ำต่อการเจริญเติบโต และปริมาณสารแอนโทไซยานินของข้าวโพดหวานสีม่วงหลังนา
Effect of Irrigation on Growth, Yield, and Anthocyanin on Purple Sweet Corn after Rice

สุบรรณ จิตนิยม[1] อภิสิทธิ์ กล้าหาญ[1] ชาญภพ จั่นทอง[1] และ *ประณต มณีอินทร์[1]
Jitniyom,S.[1], Krakan,A.[1] , Jantong,C [1] and *Maniin,P [1*].

Abstract
Sweet corn is an important economic crop of Thailand, which it could be grown after rice harvest for increase income of the farmers. This experiment is designed as RCBD, consisting of 3 treatments of irrigation at 500, 400 and 300 millimeters/rai respectively with 4 replications. The results show the growth of Purple sweet corn at 60 days after planting that the 400 milliliter/rai irrigation had the highest amount of leaves and weight of fresh root. Moreover, the growth of Purple sweet corn at 75 days after planting showed that the 500 mm/rai irrigation had the highest root length, fresh root weight and dry root weight. In sum, at 400 mm/rai irrigation had the most amount of seeds per rows and amount of rows per pods. However, the different on amount of irrigation did not have any cause to anthocyanin content.
Keywords: Sweet corn, Anthocyanin, Water management

บทคัดย่อ
ข้าวโพดหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อประเทศไทย การปลูกข้าวโพดหลังนาเพื่อที่จะเปลี่ยนแปลงพื้นที่ว่างหลังจากทำนาเพื่อที่จะหารายได้เสริมให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกข้าว โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี 4 ซ้ำ มีการให้น้ำที่ระดับ 500, 400 และ 300 มิลลิเมตร/ไร่ ผลการทดลองดังนี้ การเจริญเติบโตข้าวโพดหวานที่ระยะ 60 วันหลังการปลูก พบว่าการให้น้ำที่ระดับ 400 มิลลิเมตร/ไร่ ให้ผลจำนวนใบ และน้ำหนักรากสดมากสุด และการเจริญเติบโตข้าวโพดหวานที่ระยะ 75 วันหลังการปลูกพบว่าการให้น้ำที่ระดับ 500 มิลลิเมตร/ไร่ ให้ผลความยาวราก น้ำหนักรากสด และน้ำหนักต้นแห้งสูงสุด ทั้งนี้พบว่าการให้น้ำที่ระดับ 400 มิลลิเมตร/ไร่ ให้ผลจำนวนเมล็ด/แถว และจำนวนแถว/ฝักสูงสุด แต่พบว่าปริมาณการให้น้ำที่แตกต่างกันไม่ทำให้มีปริมาณสารแอนโทไซยานินต่างกัน
คำสำคัญ: ข้าวโพดหวาน สารแอนโทไซยานิน, การจัดการน้ำ

คำนำ
ข้าวโพดหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่มี ความสำคัญต่อประเทศไทย โดยแต่ละปีประเทศไทยผลิตข้าวโพดหวานได้มากกว่า 4 แสนตัน ในปี พ.ศ. 2552-2553 ประเทศไทยผลิตข้าวโพดหวานฝักสดได้ 435,937 และ 460,850 ตัน จากพื้นที่ปลูก 224,681 และ 227,911 ไร่ ตามลำดับ ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกเฉลี่ย 2,029-2,110 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ข้าวโพดหวานสีม่วง เป็นข้าวโพดหวานที่ทานฝักสด และมีปริมาณสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) สูง ซึ่งสารตัวนี้เป็นตัวเดียวกับที่มีในดอกอัญชันที่นิยมนำมาต้มดื่มเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ เป็นสารรงควัตถุสีม่วง-แดง ที่มีความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระสูง โดยมีจำนวนมากทั้งในเมล็ด ซัง และไหมข้าวโพด ซึ่งนำเมล็ดมารับประทานตามปกติก็ได้ หรือจะนำไหมกับซังมาต้มเพื่อสกัดสาร (เติมเอกสารอ้างอิง?) (ธนวัฒน์, 2558)

น้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่งในการผลิตพืชทุกชนิด (plays vital roles) และเป็นตัวกลางในปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ (Behboudian และ Mills, 2013) นอกจากน้ำยังช่วยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ เนื่องจากน้ำสามารถเก็บความร้อนต่อหน่วยได้สูง และที่มากไปกว่านั้นน้ำยังช่วยในกระบวนการผลิต ATP จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าหากพืชขาดน้ำหรือ ได้รับน้ำไม่เพียงพอแล้ว จะไม่สามารถดำรงชีวิตได้ตามปกติ และทำให้ผลผลิตลดลง สำหรับข้าวโพดนั้น ความต้องการน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตมีค่าน้อย และเพิ่มขึ้นตามอายุ และถึงจุดสูงสุดในช่วงระยะกลางฤดูปลูก (mid- season stage) ซึ่งเป็นระยะออกดอก และระยะน้ำนม พอหลังจากระยะนี้ ปริมาณการใช้น้ำจะลดลง (ธีรวัฒน์, 2555) เกษตรกรส่วนใหญ่

[1]คณะนวัตกรรมเกษตร วิทยาลัยนวัตกรรมเกษตร เทคโนโลยีชีวภาพ และอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 12000
[1]Faculty of Agricultural Innovation, College of Agricultural Innovation Food and Biotechnology, Rangsit University, ***F***

ปลูกข้าวโพดในฤดูฝนเพื่อลดต้นทุนการจัดการน้ำ แต่ปริมาณและการกระจายของฝนมักจะไม่สม่ำเสมอตลอดฤดู อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต จึงทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของการขาดน้ำในระหว่างการเจริญเติบโตทางลำต้นต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของข้าวโพดหวาน (Doorenbos และ Pruitt, 1977) การขาดน้ำอย่างรุนแรง และยาวนานในช่วง 2 สัปดาห์หลังออกไหม ผลผลิตข้าวโพดลดลงถึง 33 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเมล็ดลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนเมล็ดต่อต้นลดลง 15 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ความต้องการน้ำการตอบสนองต่อปริมาณน้ำที่ได้รับ และความทนทาน ต่อการขาดน้ำในข้าวโพดอาจแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับช่วงการเจริญเติบโต ชนิดและพันธุ์ที่ใช้ ชนิด และความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมถึงสภาพ ภูมิอากาศ (Harder และคณะ 1982) เมื่อข้าวโพดเกิดสภาวะแล้ง จะมีการปรับตัวเพื่อให้อยู่รอดในสภาวะแล้งได้ โดยการผลิตพลังงานไปกระตุ้นให้เกิดการสร้างแอนโทไซยานินและแคโรทีนอยด์เพื่อป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ (Young, 1991) ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยเพื่อศึกษาผลการจัดการน้ำต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารแอนโทไซยานินกับข้าวโพดหวานราชินีทับทิมสยามหลังนา และศึกษาดูว่าปริมาณน้ำช่วงใดที่ทำให้ข้าวโพดหวานสามารถดำรงชีวิตและให้ผลผลิตที่มีสารแอนโทไซยานินสูงที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลการจัดการน้ำต่อการเจริญเติบโต และปริมาณสารแอนโทไซยานินของข้าวโพดหวานสีแดง “ราชินีทับทิมสยาม” แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์ บริษัท สวีทซีดส์ ดยใช้แผนการแบบ RCBD ทำการศึกษา ณ ศูนย์ศึกษาและเรียนรู้นวัตกรรมเกษตรทฤษฎีใหม่และเกษตรอินทรีย์ มหาวิทยาลัยรังสิต ตำบล หนองสาหร่าย อำเภอ พนมทวน จังหวัด กาญจนบุรี ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ขนาดของแปลงปลูกทดลองย่อยมีขนาด 900 ตารางเมตร มีการให้น้ำแบบระบบน้ำหยดปริมาณการให้น้ำ 2.0 ลิตร/ชั่วโมง/หัวน้ำหยด กรรมวิธีที่1 ให้น้ำที่ระดับ 300 มิลลิเมตร/ ไร่ กรรมวิธีที่ 2 ให้น้ำที่ระดับ 400 มิลลิเมตร/ไร่ และกรรมวิธีที่ 3 ให้น้ำที่ระดับ 500 มิลลิเมตร/ไร่ (ตามคำแนะนำของกรรมวิชาการเกษตร) โดยมีการเก็บผลที่ระยะการเก็บผลที่ระยะ90วันหลังงอก โดยเก็บข้อมูล ความสูงต้น จำนวนใบ ขนาดลำต้น ความยาวราก ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักรากสด น้ำหนักต้นสด น้ำหนักใบสด น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักลำต้นแห้ง น้ำหนักใบแห้ง น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปลอกเปลือก จำนวนเมล็ด/แถว จำนวนแถว/ฝัก ความยาวฝัก ความกว้างฝัก น้ำหนัก200เมล็ด และปริมาณแอนโทไซยานินโดยวิธีการ pH-differential method ร่วมกับ spectrophotometry ที่ความยาวคลื่น 510และ 700 นาโนเมตร (บรรณพิชญ์และคณะ 2559)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 ผลของการจัดการน้ำที่แตกต่างกันในระยะการเก็บเกี่ยวของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า ความสูง , จำนวนใบ , ขนาดลำต้น และความกว้างทรงพุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ ($\rho \geq 0.05$) ทั้งนี้พบว่าการให้น้ำที่แตกต่างกันในระยะการเก็บเกี่ยวมีผลให้ความยาวรากของข้าวโพดหวานสีม่วงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยที่ระดับการให้น้ำที่ 300 และ 500 มิลลิเมตรต่อไร่ให้ความยาวรากของข้าวโพดหวานสีม่วงสูงสุดที่ 26.00 และ 24.00 เซนติเมตร

จาก Table งที่ 2 ผลของการจัดการน้ำที่แตกต่างกันในในระยะการเก็บเกี่ยวของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า น้ำหนักใบสด , น้ำหนักต้นสด , น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักใบแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ ($\rho \geq 0.05$) ทั้งนี้พบว่าการให้น้ำที่แตกต่างกันในระยะการเก็บเกี่ยวมีผลให้น้ำหนักรากสด และน้ำหนักต้นแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระดับการให้น้ำที่ 500 มิลลิเมตรต่อไร่ ให้น้ำหนักรากสดสูงสุดที่ 23.98 กรัม และน้ำหนักต้นแห้งสูงสุดที่ 8.08 กรัม

จาก Table ที่ 3 ผลของการจักการน้ำที่แตกต่างกันในระยะการเก็บเกี่ยวของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า น้ำหนักฝักทั้งเปลือก , น้ำหนักฝักปลอกเปลือก , ความยาวฝัก , ความกว้างฝัก และน้ำหนัก 200 เมล็ด ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ ($\rho \geq 0.05$) ทั้งนี้พบว่าการให้น้ำที่แตกต่างกันในระยะการเก็บเกี่ยวมีผลให้จำนวนเมล็ดต่อแถวที่ระดับการให้น้ำ 400 มิลลิเมตรต่อไร่ มีค่าสูงสุดที่ 19 เมล็ดต่อแถว ที่ระดับการให้น้ำ 300 และ400 มิลลิเมตรต่อไร่ มีผลให้จำนวนแถวต่อเมล็ดมี่ค่าสูงที่สุดที่ 12 แถว ผลของการจัดการระดับน้ำที่แตกต่างกันของข้าวโพดหวานสีม่วงไม่มีผลต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวโพดหวานสีม่วง

ที่ระยะออกดอก (Reproductive stage) พบว่าความสูงต้นของข้าวโพดหวานสีม่วง 134.55 เซนติเมตร ทั้งนี้พบว่าในการรายงานของกรมวิชาการเกษตรพบว่า ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงให้ความสูง 150 เซนติเมตร ที่ระยะการเก็บเกี่ยว (Harvesting stage) พบว่าน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวานสีม่วง 77.405 กรัม ทั้งนี้พบว่า ธนวัฒน์ และคณะ(2558) มีค่าน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกมีค่าสูงกว่าการทดลองอยู่ที่ 173.5 กรัม พบว่าความกว้าง , ความยาวฝัก และจำนวนแถวต่อฝักของข้าวโพดหวานสีม่วงมีค่าอยู่ที่ 3.54 , 11.543 เซนติเมตร และ 12 แถว ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ กิตติ และคณะ(2558) ทีมีความยาวฝัก 10-15 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-3.5 เซนติเมตร จำนวนแถวเมล็ด 8-12 แถว พบว่าข้าวโพดหวานสีม่วงที่มีการให้น้ำที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งนี้พบว่ามีค่าปริมาณสารแอนโทไซยานินอยู่ที่ระหว่าง 98.01-103.40

ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด มิลลิกรัมสมูลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อลิตร (mg/L) ทั้งนี้ในรายงานของ รัตนา และคณะ (2558)พบว่าความเข้มข้นของสาร แอนโธไซยานินทั้งหมดที่สกัดได้มากที่สุดจากซังแห้งของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยน้ำโดยใช้เทคนิคการสกัด แบบอัลตราโซนิคมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 377.50 มิลลิกรัมสมมูลย์ของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อลิตร การปลูกข้าวโพดหวานสีม่วงหลังนาให้ปริมาณผลผลิตน้อยกว่าการปลูกข้าวโพดหวานสีม่วงในแปลงข้าวโพดหวานสีม่วงทั่วไป เนื่องด้วยโครงสร้างและชนิดของดินนาไม่มีความเหมาะสมกับการปลูกข้าวโพดหวานสีม่วงหลังนา

สรุปผล

การให้น้ำที่ระดับ 500 มิลลิเมตร/ไร่ ให้ผลความยาวราก น้ำหนักรากสด และน้ำหนักต้นแห้งสูงสุด ทั้งนี้พบว่าการให้น้ำที่ระดับ 400 มิลลิเมตร/ไร่ ให้ผลจำนวนเมล็ด/แถว และจำนวนแถว/ฝักสูงสุด ข้าวโพดหวานสีม่วงที่มีการให้น้ำที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณสารแอนโทไซยานิน ทั้งนี้พบว่ามีค่าปริมาณสารแอนโทไซยานินอยู่ที่ระหว่าง 98.01-103.40 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด มิลลิกรัมสมูลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อลิตร ดั้งนั้นการทดลองนี้แนะนำให้ปลูกข้าวโพดหวานสีแดง “ราชินีทับทิมสยาม”ที่การให้น้ำที่ระดับ 400 มิลลิเมตร/ไร่ จะทำให้ได้ผลผลิตและปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิตที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และศูนย์ศึกษา และเรียนรู้นวัตกรรมเกษตรทฤษฎีใหม่และเกษตรอินทรีย์ รวมไปถึงห้องปฏิบัติการเคมี วิทยาลัยนวัตกรรมเกษตรเทคโนโลยีชีวภาพและอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิตที่ให้สถานที่ในการทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ ศักดา เวียงนนท์ และภาคภูมิ ศรีโพธิ์, 2558, การทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ชั่วที่2 และสายพันธุ์ผสมกลับ เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง, วารสารวิชาการ มทร.สุวรรณภูมิ, 3(1): 34-40.

ธนวัฒน์ เสนเผือก สกุลกานต์ สิมลา และสุรศักดิ์ บุญแต่, 2558, ผลของระยะปลูกและจำนวนต้นต่อหลุมที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง ในระยะรับประทานฝักสด, วารสารวิจัยการเกษตร, 33(1): 30-41.

ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส อำไพ เรืองฤทธิ์ ศิริพร ศรีภิญโญวณิชย์ ธนสิน ทับทิมโต และวรรษมน มงคล, 2555, การตอบสนองต่อการขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ด ของข้าวโพดหวานจากยีนชรังเคน 2 พันธุ์อินทรี 2, วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 31(3): 49-56.

รัตนา ม่วงรัตน์ ศุจินทรา สุวรรณ์ และปนิดดา ศุทธกิจ, 2558, ผลของสภาวะต่าง ๆ ในการสกัดแบบอัลตราโซนิคต่อ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 23(5): 784-794.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555, ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร [สืบค้น], htpp://www.oae.go.th/main.phpfilename-agri_production [31/August/19].

Behboudian M.H. and Mills T.S., 2013, Plant Yield and Water Use. pp. 855–857. In: Encyclopedia of Waterscience [Online], Available: http://www.ererutbare.com/doi/abs/10.1201/N0E0849396274.ch207. [April 12, 2019].

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O., 1977, Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper. 24, FAO, Rome, 144 p.

Giusti, M.M. and Wrolstad, RE., 2001, Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-visible Spectroscopy. In: Wrolstad RE, AcreeTE, An H, Decker EA, Penner MH, Reid DS, Schwartz SJ,Shoemaker CF, Sporns P (eds) Current Protocols in Food Analytical Chemistry, 1st Edn, Wiley, New York, pp. F1.2.1–1.2.13.

Harder, H. J. Carlson, R. E. and Show, R. H., 1982, Yield, Yield Components, and Nutrient of Corn Grain as Influenced by Post-silking Moisture Stress. 74: 275-278.

Young, A.J., 1991, The Protective Role of Carotenoids in Higher Plants, Physiologia Plantarum, 83: 702-708.

Table 1 Effect of irrigation on growth, height number of leaves stem size root length and canopy on Purple Sweet Corn after Rice

irrigation (mm)	height (cm)	number of leaves	stem size (cm)	root length (cm)	canopy (cm)
300	119.97	6.300	14.293	26.00a	26.335
400	116.8	6.650	12.497	17.00b	24.085
500	127.55	7.525	14.04	24.00a	26.75
F-test	ns	ns	ns	*	ns

a,b,c Difference letters in the same column indicate significant differences (p≤0.05). ns = not significantly different (p < 0.05).

Table 2 Effect of irrigation on growth, fresh root weight fresh weight stem fresh leaf weight dry root weight dry stem weight dry leaf weight on Purple Sweet Corn after Rice

irrigation (mm)	fresh root weight (g)	fresh stem weight (g)	fresh leaf weight (g)	dry root weight (g)	dry stem weight (g)	dry leaf weight (g)
300	14.165ab	50.793	9.465	16.122	4.4875ab	4.835
400	11.223b	36.627	13.79	14.225	3.535b	4.1375
500	23.98a	58.758	9.42	17.902	8.08a	4.6375
F-test	*	ns	ns	ns	*	ns

a,b,c Difference letters in the same column indicate significant differences (p≤0.05). ns = not significantly different (p < 0.05

Table 3 Effect of irrigation on growth, ear weight shank weight number of seeds/rows number of rows/pods ear length ear width weight 200 seeds on Purple Sweet Corn after Rice

irrigation (mm)	Ear weight (g)	Shank weight (g)	number of seeds/rows (seed)	number of rows/pods (row)	ear length (cm)	weight 200 seeds (g)	Total anthocyanin (mg/L)
300	94.82	72.02	16.83ab	12.503a	10.5	55.81	103.30
400	96.73	77.405	19.082a	12.668a	11.543	55.492	98.01
500	102.17	65.645	15.335b	11.418b	10.875	54.745	103.40
F-test	ns	ns	*	*	ns	ns	ns

,a b c Difference letters in the same column indicate significant differences (p≤0.05). ns = not significantly different (p < 0.05

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบทางเคมีของใบโปร่งฟ้า
Antioxidant Activitity and Chemical Composition of *Murraya siamensis Craib* Leaves

เพลินพิศ ยะสินธ์[1] และเยี่ยมศิริ มณีพิศมัย[1]
Yasin, P[1]. and Maneepisamai, M.[1]

Abstract

This research aimed to investigate the antioxidant activity and chemical composition of *Murraya siamensis Craib* Leaves. The plants were extracted using hexane, ethyl acetate and ethanol by maceration and soxhlet extraction. The antioxidant activity of all six extracts were investigated using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) method. The results found that the highest antioxidant activity was presented in the extract obtained from ethanol by maceration with IC_{50} valuve at 0.473 mg/L. The experiment was compared to standard 6-hydroxy-2 5 7 8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox), which has IC_{50} at 0.014 mg/L. Furthermore, the chemical composition of the *Murraya siamensis Craib* leaves extract with ethanol by maceration which has the hightest antioxidation activity was carried out using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). It was found that the main composition was anethole.

Keywords: Antioxidant activity, Chemical composition, *Murraya siamensis Craib* Leaves

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางเคมีของใบโปร่งฟ้า ซึ่งสกัดด้วยตัวทำละลาย คือ เฮกเซน เอทิลอะซีเตท และเอทานอล โดยใช้วิธีการการแช่ในตัวทำละลาย (maceration) และวิธีการสกัดด้วยซอหกเล็ท (soxhlet) การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดทั้ง 6 ชนิด โดยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากใบโปร่งฟ้าด้วยเอทานอล ตามวิธีการแช่ด้วยตัวทำละลาย แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ซึ่งมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระได้ 50% (IC_{50}) เท่ากับ 0.473 mg/L โดยทำการทดลองเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน 6-hydroxy-2 5 7 8-tetramethylchroman-2-Carboxylic acid (Trolox) ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.014 mg/L นอกจากนี้ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากใบโปร่งฟ้าด้วยเอทานอลตามวิธีการแช่ด้วยตัวทำละลาย ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยใช้วิธี Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) นั้น ผลการวิเคราะห์พบว่ามีสารที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ anethole

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ องค์ประกอบทางเคมี ใบโปร่งฟ้า

คำนำ*

โปร่งฟ้า เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Murraya siamensis* Craib วงศ์ RUTACEAE เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ทนแล้งได้ดี ใบมีลักษณะรูปไข่ปลายแหลม ผิวใบมันประกอบด้วยต่อมน้ำมันกระจายทั่วทั้งใบเมื่อส่องดูจะมองเห็นเป็นจุดใสทั้งใบ มีรสหวาน กลิ่นหอมเฉพาะตัวเผ็ดร้อนและซ่า ใช้รับประทานเป็นผักสดจิ้มน้ำพริก หรือลาบ (ทักษิณ และคณะ, 2552) ในการใช้เป็นยาสมุนไพร ใช้ใบต้มดื่มหรือกินสด แก้ไอและเจ็บคอเนื่องจากไข้หวัด ไอ หอบ หืด ไอจากการแพ้ฝุ่นละอองเกสรหรือแพ้อากาศ (โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งพาตนเอง, 2562) มีสรรพคุณที่น่าสนใจของใบโปร่งฟ้าอีกประการหนึ่งคือเกี่ยวกับการเลิกบุหรี่ เมื่อใบโปร่งฟ้าสด 1-2 ใบมาเคี้ยว เมื่อสูบบุหรี่เข้าไปจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้รสชาติของบุหรี่เปลี่ยนไป รู้สึกพะอืดพะอมไม่อยากสูบบุหรี่หรือเลิกสูบบุหรี่ได้ในที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากใบโปร่งฟ้ามีไนเตรทเป็นสารองค์ประกอบ ซึ่งจะมีผลต่อต่อมรับรส และมีฤทธิ์ทำให้ลิ้นฝาดหรือชา (สุรสิทธิ์ และคณะ, 2559)

ปัจจุบันผู้คนในสังคม ได้ตระหนักถึงประโยชน์และความสำคัญของสมุนไพรในการดูแลสุขภาพมากขึ้น ทำให้ความต้องการใช้สมุนไพรเพื่อดูแลสุขภาพมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งผลิตภัณฑ์สมุนไพรเพื่อใช้ในการเลิกบุหรี่ซึ่งปัจจุบัน

[1] สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม 39/1 ถนนรัชดาภิเษก แขวง จันทรเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
[1] Department of Chemistry, Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University, 39/1 Rachadaphisek Rd., Chandrakasem, Chatuchak, Bangkok 10900

มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น น้ำยาบ้วนปาก ลูกอม หมากฝรั่ง หรือ ในรูปเครื่องดื่มสำเร็จรูป เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบโปร่งฟ้า โดยทำการสกัดใบโปร่งฟ้าด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิดด้วยวิธีการแช่ด้วยตัวทำละลาย และซอหกเล็ท แล้วทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบโปร่งฟ้า และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด ทั้งนี้เพื่อเป็นองค์ความรู้ และแนวทางทางในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ*

เตรียมสารสกัดจากใบโปร่งฟ้าโดยใช้เฉพาะส่วนใบ จาก จ.ลำพูน เก็บช่วงเดือนกันยายน ล้างและผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดด้วยเครื่องบดอาหาร Sharp รุ่น EM-ICE POWER จนเป็นผงละเอียด โดยร่อนผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 600 ไมครอน แล้วใส่ในถุงพลาสติกเก็บในตู้ดูดความชื้น จากนั้นทำการสกัดสารจากใบโปร่งฟ้าบดละเอียดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือเฮกเซน เอทิลอะซีเตท และ 95% เอทานอล สกัดสารโดยใช้ ในอัตราส่วน พืช 1 กรัม ต่อ ตัวทำละลาย 10 มิลลิลิตร ด้วยวิธีการแช่ด้วยตัวทำละลาย (Maceration) และ วิธีซอหกเล็ท (Soxhlet) ซึ่งวิธีการแช่ ใช้ใบโปร่งฟ้าบดละเอียดแช่ด้วยตัวทำละลาย เป็นเวลา 7 วัน เก็บในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง (Chanan และคณะ, 2019) ส่วนวิธีซอหกเล็ท สกัดโดยใช้ชุดสกัดซอหกเล็ท เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือจนกว่าตัวทำละลายที่อยู่ในขวดสกัดจะใส (Tiwaporn และ Walairut, 2005) จากนั้นทำการกรองแยกกาก ระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ Buchi รุ่น R-100 จนกระทั่งได้สารสกัด ชั่งน้ำหนักและค่านวณร้อยละสารสกัดที่ได้ต่อน้ำหนักใบโปร่งฟ้าแห้ง (% yield) ดังแสดงใน Table 1 แล้วทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH (Mensor และคณะ, 2001) เป็นการวัดความสามารถของสารสกัดแต่ละชนิดในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยการรีดิวซ์ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระ โดยใช้สารสกัดจากใบโปร่งฟ้า 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 0.2 มิลลิโมลาร์ DPPH 2 มิลลิลิตร โดยมีเอธานอล 1 มิลลิลิตร และ DPPH 2 มิลลิลิตร เป็นหลอดควบคุม ผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้ที่มืด อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร และมี Trolox เป็นสารมาตรฐาน โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วคำนวณความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารแต่ละชนิด ดังนี้ % inhibition = $[(Abs_{DPPH} - Abs_{DPPH+test}) \times 100] / Abs_{DPPH}$) และเขียนกราฟระหว่าง % inhibition และความเข้มข้นของสารสกัดเพื่อหาค่า IC_{50} (ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50%) ดังแสดงใน Table 2 โดยผลการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ONE WAY ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากใบโปร่งฟ้าซึ่งที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด ด้วย GC-MS โดยส่วนของ GC ยี่ห้อAgilent รุ่น GC 6890 (Agilent Technology, USA) ใช้การฉีดที่ปริมาตร 1.0 ไมโครลิตร (split ratio เท่ากับ 1: 50) ใช้คอลัมน์ AT-5 ms (30 m, 0.25 mm i.d., 0.25 film thickness; Altech Technologies) แกสตัวพาคือฮีเลียม, อัตราการไหลเทากับ 1 มิลลิลิตร/นาที, อัตราการไหล เทากับ 1 มิลลิลิตร/นาที, โปรแกรมอุณหภูมิเริ่มตน 50 องศาเซลเซียสและสุดทาย 250 องศาเซลเซียส ส่วน MS (ยี่ห้อ Agilent Technology, รุ่น 5973N mass selective detector) อุณหภูมิของ ion source เป็น 230 องศาเซลเซียส ประมวลผลด้วย Agilent Chem Station

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง*

จากการทดลอง พบว่าสารสกัดจากใบโปร่งฟ้าที่ได้จากการแช่ด้วยตัวทำละลาย และซอหกเล็ท ด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณแตกต่างกัน โดยการสกัดที่ได้จากวิธีซอหกเล็ทด้วยจะให้ปริมาณสูงที่สุดรองลงมาคือ สารสกัดด้วยเอทิลอะซีเตทและเฮกเซน โดยมี % yield ดังนี้คือ 5.49, 4.93 และ 4.39 ตามลำดับ ส่วนปริมาณสารสกัดที่ได้จากวิธีการแช่ด้วยตัวทำละลาย พบว่าสารสกัดด้วยเอทานอล จะให้ปริมาณสูงที่สุดรองลงมาคือ สารสกัดด้วยเอทิลอะซีเตทและเฮกเซนโดยมี % yield ดังนี้คือ 2.34, 1.85 และ 1.22 ตามลำดับ จากผลการสกัดสารทั้ง 2 วิธีนั้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายจะให้ปริมาณสารสกัดสูงสุด รองลงมาคือ เอทิลอะซีเตทและเฮกเซนตามลำดับ และการสกัดด้วยซอหกเล็ทจะให้ปริมาณสารสกัดสูงกว่าวิธีการแช่ด้วยตัวทำละลาย ดังแสดงใน Table 1 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ดวัยวธิ DPPH assay พบว่าสารสกัดแต่ละชนิดมีค่า IC_{50} ที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH ดังแสดงใน Table 2 พบว่า สารสกัดแต่ละชนิดมีค่า IC_{50} ที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสารสกัดด้วยเอทานอลตามวิธีการแช่ด้วยตัวทำละลายแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดด้วยค่า IC_{50} เท่ากับ 0.473 mg/L รองลงมา คือสารสกัดด้วยเอทานอลตามวิธีซอหกเล็ท สารสกัดด้วยเฮกเซนตามวิธีการแช่ สารสกัดด้วยเฮกเซนตามวิธีซอหกเล็ท สารสกัดด้วยเอทิลอะซิเตทตามวิธีการแช่ และสารสกัดด้วยเอทิลอะซีเตทตามวิธีซอหกเล็ทตามลำดับ

โดยสารมาตรฐาน Trolox ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.014 mg/L ส่วนผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากใบโปร่งฟ้าด้วยเอทานอลตามวิธีการแช่ด้วยตัวทำละลาย ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ด้วยเทคนิค GC-MS พบว่าประกอบด้วยสารทั้งหมด 3 ชนิด ดังแสดงใน Figure 1 และ Table 3 โดยมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ anethole (83.919%)

สารสกัดจากใบโปร่งฟ้าด้วยเอทานอลตามวิธีการแช่ด้วยตัวทำละลาย ซึ่งพบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากมี anethole เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่ง anethole เป็นสารหอม (aromatic compound) ที่มีฤทธิ์ต้านมะเร็ง (Preetha และคณะ, 2008) และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพชนิดหนึ่ง (Abdelaaty และคณะ, 2011) ซึ่งอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดมะเร็ง (พิศมัย, 2548) และรายงานของ Lam และคณะ (2008) ที่พบว่า anethole dithiolethione ซึ่งเป็นสารอนุพันธุ์ของ anethole นั้นมีฤทธิ์ยับยั้งมะเร็งปอดที่เกิดจากการสูบบุหรี่ได้เป็นอย่างดี

สรุปผล

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งพบว่าใบโปร่งฟ้ามีสารองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดี ดังนั้นควรทำการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ เช่น ฤทธิ์ต้านมะเร็งปอด ความเป็นพิษต่อเซลล์และฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพร รวมทั้งผลิตภัณฑ์ทางเลือกเพื่อการเลิกสูบบุหรี่จากใบโปร่งฟ้า ได้ต่อไปในอนาคต

Table 1 Extraction yield of extracts

solvent	% yield of extracts	
	maceration	soxhlet
hexane	1.22	4.39
ethyl aetate	1.85	4.93
ethanol	2.34	5.49

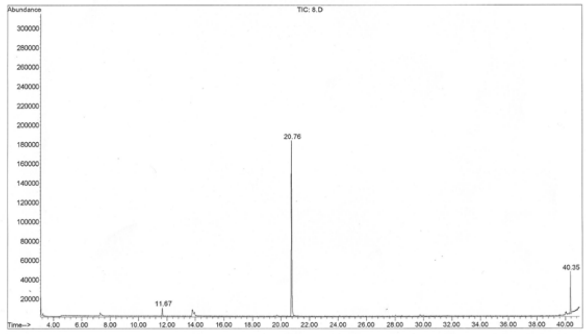


Figure 1 GC- MS chromatogram of *Murraya siamensis Craib* Leaves extracted with ethanol by Maceration

Table 2 Antioxidant Activities of *Murraya siamensis Craib* Leaves extract

method	Solvent	IC_{50} (mg/L)
maceration	hexane	0.777 ± 0.091
	ethyl acetate	1.741 ± 0.172
	ethanol	0.473 ± 0.095
soxhlet	hexane	1.393 ± 0.271
	ethyl acetate	1.956 ± 0.474
	ethanol	0.490 ± 0.030
Trolox		0.014 ± 0.007

IC_{50} Concentration (mg/L) for a 50% inhibition. The data are expressed as mean ± standard deviation and significantly different ($p \leq 0.05$), respectively.

Table 3 Chemical component of *Murraya siamensis Craib* Leaves extract analyzed by GC-MS

Name of compound	RT (min)	% peak area
1,3-dichlorobenzene	11.675	3.676
anethole	20.761	83.919
ethyl palmitate	40.352	12.405

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมในการสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สมุนไพรเพื่อสุขภาพ, 2562, โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งพาตนเอง, มติชนสุดสัปดาห์ ฉบับวันที่ 13 - 19 กันยายน.

ทักษิณ อาชวาคม สมัย เสวครบุรี บัวใส สมสูง และฤทัยวรรณ รินไธสง, 2552, พืชกินได้ป่าสะแกราช, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

พิศมัย เหล่าภัทรเกษม, 2548, บทบาทของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในการป้องกันและรักษามะเร็ง, ศรีนครินทร์เวชสาร. 20(3): 180-189.

สุรสิทธิ์ วงษ์สัจจานันท์ จรรยา มุ่งงาม พงษ์ศักดิ์ แก้วศรี ทศวรรษ แผนสมบูรณ์ และ เรวัตร จินดาเจี่ย, ผลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่อปริมาณผลผลิตและการผลิตสารไนเตรตของใบโปร่งฟ้า, 2559, วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 3 (Suppl.3): M04/35-38.

Abdelaaty A. S., Abeer Y. I., Saber F. H., Elsayed A. O., Faiza M. H., Fawzia H. A., and Mahmoud A. S., 2011, Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Essential Oils from Organically Cultivated Fennel Cultivars, Molecule, 16: 1366-1377.

Chanan, P., Saranyou, O., Justhamas, S., and Panuwat, T., 2019, Influences of Extraction Methods on Extraction Yield and Antioxidant Activity of Thai Herbal Extracts, Thai Journal of Science and Technology, '5: 493-508.

Lam, S., MacAulay, C., Le Riche, J.C., Dyachkova, Y., Coldman, A., Guillaud, M., Hawk, E., Christen,M. O., and Gazdar, A. F., 2002, A randomized phase IIb trial of anethole dithiolethione in smokers with bronchial dysplasia, Journal of the National Cancer Institute, 94: 1001–1009.

Mensor, L.L., Menezes, F.S., Leitão, G.G., 2001, Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method, Phytotherapy Research, 15(2): 127-130.

Preetha, A., Ajaikumar, K., Chitra, S., Kuzhuvelil, H., Sheeja, T., Oiki, L., Bokyung, S. and Bharat, A., 2008, Cancer is a Preventable Disease that Requires Major Lifestyle Changes, Pharmaceutical Research, 25(9): 2097–2116.

Tiwaporn and Walairut. Study of appropriate extraction methods and conditions of Turmeric (Curcuma longa L.) and bactericidal activity of Turmeric crude extract. Proceedings of 44th Kasetsart University Annual Conference. Administration pp. 250-257 on January 30 – Febuary 2005

การศึกษานำร่องสำหรับการสกัดอินูลินจากรากของแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) ด้วยวิธีไมโครฟิลเตรชัน อัลตร้าฟิลเตรชันและการแลกเปลี่ยนไอออน โครมาโตกราฟี

Pilot Scale Inulin Extraction and Purification from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Roots Assisted by Microfiltration, Ultrafiltration and Ion Exchange Chromatography

สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] รัชนี ไสยประจง[1] และ พิมพ์มนิดา พิวัฒนาทักษ์[2]

Pinitglang, S.[1] Saiprajong, R.[1] and Piwattanatak, P.[2]

Abstract

A pilot study for the microfiltration, ultrafiltration and ion exchange chromatography assisted extraction of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) roots is presented. The influence of microfiltration and ultrafiltration parameters (maximum temperature (°C) > 100, maximum operating pressure <10 bar, pore size microfiltration membrane 0.20 micron, ultrafiltration molecular weight cutoff 8,000 Dalton and pH resistant of membrane 1.0-4.0) on soluble matter extraction and purification, inulin content and inulin purity are investigated. The deionization and decolorization the inulin powders using ion exchange chromatography methods. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) analyses proved that the purified inulins have a characteristic molecular composition similar to commercial inulin product such as Orafti® HSI. Degree polymerization of inulin is analyzed by using matrix assisted laser desorption/ionization time-of-flight (MALDI/TOF) mass spectrometry**.** The current study has suggested that the pilot scale inulin from Jerusalem artichoke roots could be used as an optimization and scale-up industry of inulin extraction to produce as commercial inulin for the food industry.

Keywords: Inulin, Microfiltration, Ultrafiltration, Jerusalem artichoke

บทคัดย่อ

การศึกษานำร่องการกัดอินูลินจากรากของแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) โดยวิธีการกรองด้วยไมโครฟิลเตรชัน อัลตร้าฟิลเตรชันและการแลกเปลี่ยนไอออน โครมาโตกราฟี โดยใช้พารามิเตอร์ของไมโครฟิลเตรชันและ อัลตร้าฟิลเตรชันดังนี้ อุณหภูมิสูงสุด > 100(°C), ความดันใช้งานสูงสุด <10 บาร์, ขนาดของรูพรุนเมมเบรนไมโครฟิลเตรชันมีขนาด 0.20 ไมครอน, การคัดกรองน้ำหนักโมเลกุลของเมมเบรนอัลตร้าฟิลเตรชันมีขนาด 8,000 ดาลตันและเมมเบรนมีค่าต้านทานต่อความเป็นกรดเบสอยู่ในช่วง 1.0-4.0 ทำการตรวจสอบปริมาณอินูลินและความบริสุทธิ์ของอินูลินที่สกัดได้ ดำเนินการกำจัดไอออนและกำจัดสีในอินูลินโดยใช้วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน โครมาโทกราฟี และนำอินูลินที่สกัดได้มาวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ตรวจสอบองค์ประกอบโมเลกุลทางเคมีมีลักษณะคล้ายกับผลิตภัณฑ์อินูลินในเชิงพาณิชย์เช่น Orafti® HSI โดยใช้ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) การศึกษาระดับพอลิเมอไรเซชันของอินูลินโดยใช้ Matrix-assisted laser desorption/ionization–time of flight (MALDI-TOF) mass spectrometry จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าปริมาณอินูลินในรากของแก่นตะวันสามารถนำมาใช้ในการผลิตอินูลินในเชิงพาณิชย์สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร

Keywords: อินูลิน ไมโครฟิลเตรชัน อัลตร้าฟิลเตรชัน แก่นตะวัน

คำนำ

อินูลิน (Inulin)คือ คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) จัดเป็น เส้นใยอาหาร (dietary fiber) ประเภทที่ละลายได้ในน้ำ (soluble fiber) ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารและไม่ให้

[1] สาขาวิชานวัตกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพ 10400

[1] Department of Food Innovation, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce 126/1 Vibhavadee Rangsit Road, Dindaeng, Bangkok, 10400

2 ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด 120 หมู่ 4 ถนนราชสีมา-โชคชัย ตำบลหนองบัวศาลา อำเภอเมือง จังหวัด นครราชสีมา 30000

[2] Division of Research and Product Development, Sanguanwongse Industries Co., Ltd. 120 Moo 4, Ratchasima-Chokchai Road, Nong Bua Sala, sub-District, Muang District, Nakhon Ratchasima 30000

พลังงาน แต่ถูกย่อยได้ด้วยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ อินูลินเป็นโภชนเภสัช ที่พบในผักและผลไม้หลายชนิด และยังพบใน หอมหัวใหญ่ กระเทียม แก่นตะวัน หัวชิคอรี (chicory) โครงสร้างโมเลกุลของอินูลินโมเลกุลของอินูลิน เป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharide) กล่าวคือ มีโมเลกุลของน้ำตาลมากกว่า 1 ชนิดมาเชื่อมต่อกัน โดยเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลฟรักโทส (fructose) 10-60 โมเลกุล จึงอาจเรียกว่า ฟรักแทน (fructans) แต่มีโมเลกุลที่ปลายสุดด้านหนึ่งเป็นน้ำตาลกลูโคส (glucose) โครงสร้างโมเลกุลของอินูลิน เหมือนกับโอลิโกฟรักโทส (oligofructose) ซึ่งเป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) แต่อินูลินเป็นพอลิเมอร์ที่มีสายยาวกว่า จึงไม่มีรสหวาน และละลายได้เพียงเล็กน้อย ขณะที่โอลิโกฟรักโทส (oligofructose) มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวน้อยกว่า 10 โมเลกุล ทำให้มีรสหวานเล็กน้อย (relative sweetness) ประมาณ 30-50% เมื่อเทียบกับน้ำตาลซูโครส (sucrose) และละลายในน้ำได้ดี แหล่งที่พบอินูลินในอาหาร

อินูลินเป็นเส้นใยอาหารที่พืชเก็บสะสมไว้ เป็นอาหารพบในพืช ผักและผลไม้หลายชนิด เหมือนการสะสมสตาร์ซ (starch) พบได้ในหัวกระเทียม หอมหัวใหญ่หน่อไม้ฝรั่ง (asparagus) กล้วย ดอกอาร์ติโชค (artichoke) แก่นตะวัน และหัวชิคอรี (chicory) เป็นต้น ประโยชน์ของอินูลินต่อสุขภาพอินูลินเป็นเส้นใยอาหาร จึงไม่จัดเป็นสารอาหารเนื่องจากไม่ให้พลังงาน แต่มีประโยชน์ ต่อสุขภาพและมีบทบาทในร่างกาย (functional food) มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) คือเป็นอาหารของแบคทีเรียในกลุ่มโปรไบโอติก (probiotic) การใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร อินูลินดูดน้ำได้ดี ใช้เป็นเป็นส่วนผสมทดแทนไขมัน (fat substitute) ในอาหารที่มีไขมันต่ำหลายชนิด เนื่องจากให้ความหนืด มีเนื้อเนียน มีลักษณะเนื้อเป็นครีม ให้ความรู้สึกในปาก (mouth feel) คล้ายไขมัน เช่น ผลิตภัณฑ์นม (diary product) ไอศกรีม ลูกอม และเบเกอรี (bakery)

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดสารจากพืช

นำส่วนหัวของแก่นตะวัน มาล้างให้สะอาดปลอกเปลือกและสไลด์ให้มีความหนาประมาณ 3.5มิลลิเมตร นำมาสกัดด้วยเครื่อง Water bath ด้วยอัตรส่วน แก่นตะวัน : น้ำ เท่ากับ 1 : 2 สกัดที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ระหว่างการสกัด กวนตัวอย่างด้วยเครื่อง Overhead stirrer ที่ความเร็ว 300 rpm นำมา Centrifuge 6000 rpm แยกส่วนน้ำและตะกอนออกจากกัน เก็บตัวอย่างส่วนน้ำไว้ เพื่อนำวิเคราะห์ด้านอื่นๆต่อไป

การขจัดสีของพืช

การขจัดสีด้วยการนำส่งบริษัท LPE (Liquid Purification Engineering) จำกัด โดยใช้กระบวนการ Microfiltration (MF), Ultrafiltration (UF) และ Ion-exchange Resins (IER) โดยตัวอย่างที่นำส่งมีปริมาตร 80 ลิตร ซึ่งสกัดจากแก่นตะวัน 40 กิโลกรัม

การทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย

นำสารสกัดที่ผ่านการขจัดสีแล้ว ระเหยด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) เท่ากับ 18 °Brix และนำตัวอย่างไปทำแห้ง โดยใช้ ระเหยด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) เท่ากับ 18 °Brix และนำไปทำแห้งโดยใช้ Condition

Inlet temp 140°C, Outlet temp 85°C, Feed rate 4 ml / min, Air flow 414 L / hour และนำผงที่ได้มาเก็บไว้ในถุงปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี *(Chemical analysis)*

-ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid) ด้วย Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รายงานผลเป็น °Brix

- วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) ด้วยวิธี Phenol sulfuric
- วิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ด้วยวิธี 3,5 Dinitrosalicylic colorimetric method (DNS)

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ *(Physical analysis)*

1. Scanning Electron Microscopy (SEM)
2. Fourier transform Infrared (FTIR) Spectroscopy
3. MALDI-TOF Mass Spectrometer

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของวัตถุดิบ โดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลทั้งหมด *(Total sugar)* น้ำตาลรีดิวซ์ *(reducing sugar)* และปริมาณอินูลินจากแก่นตะวัน ระหว่างแป้งแก่นตะวัน และ หัวสดแก่นตะวัน (Teble1) พบว่าการใช้หัวสดแก่นตะวันมาสกัดสามารถให้ปริมาณอินูลินที่สูงกว่าการใช้แป้งแก่น ตะวันมาสกัดถึง *6.99%*

Table 1 Total sugar, reducing sugar and inulin percentage of Jerusalem artichoke tuber powder and Jerusalem artichoke tuber

Jerusalem artichoke	Total Sugar (mg/ml)	Reducing sugar (mg/ml)	Inulin (%)
Jerusalem artichoke tuber powder	60.52	14.12	10.08
Jerusalem artichoke tuber	94.17	8.82	17.07

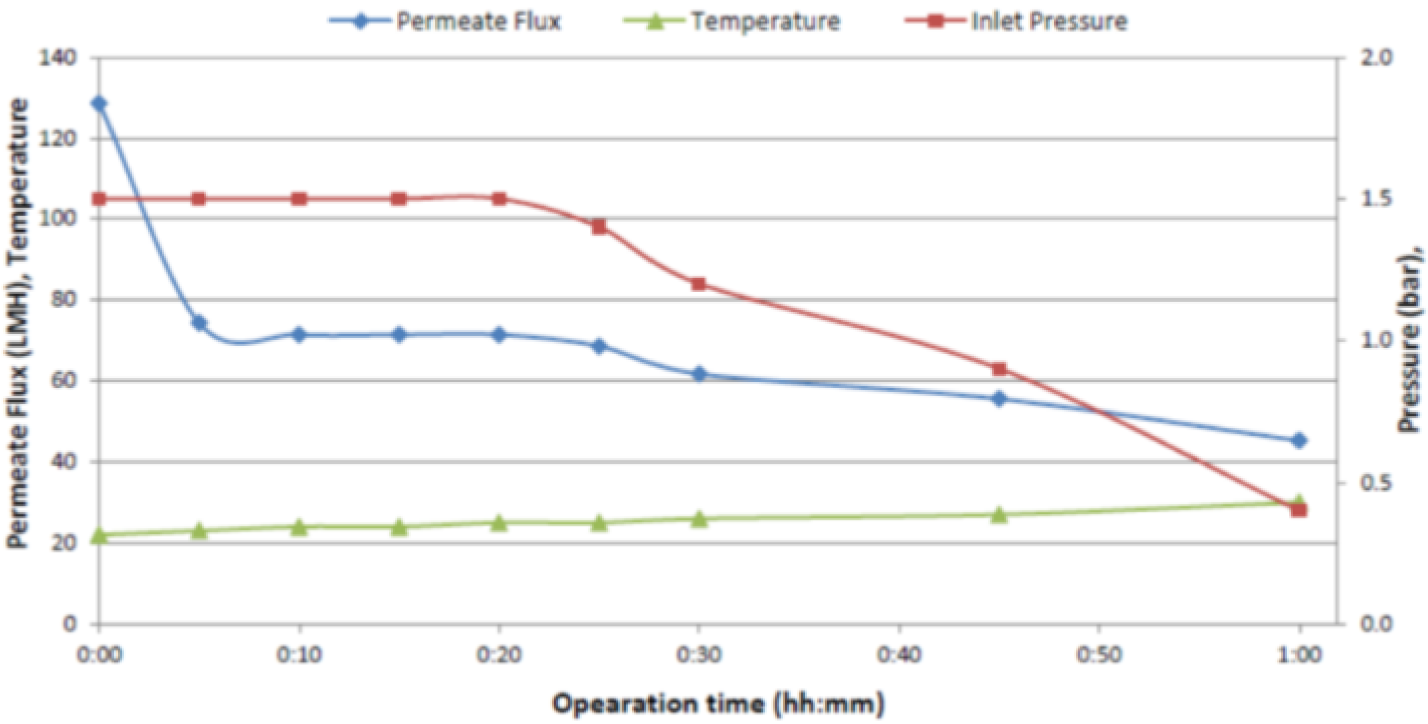


Figure 1 Permeate flux, pressure and temperature during microfiltration operation

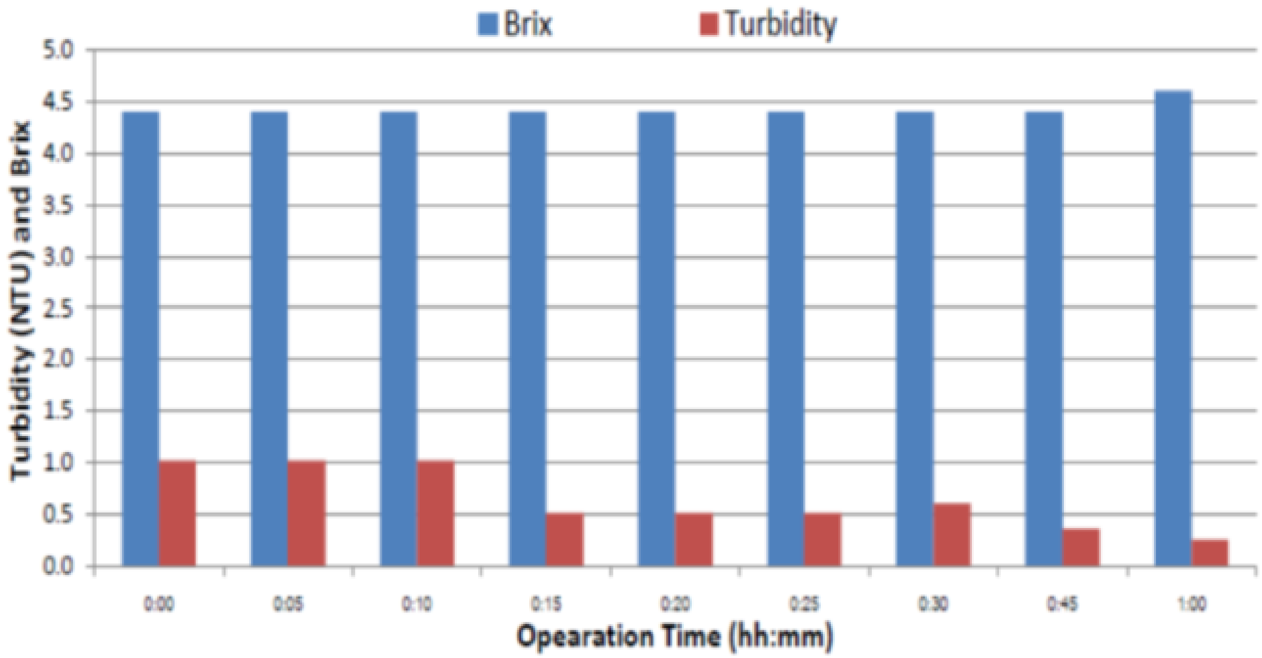


Figure 2 Turbidity and brix of microfiltration permeate during microfiltration operation

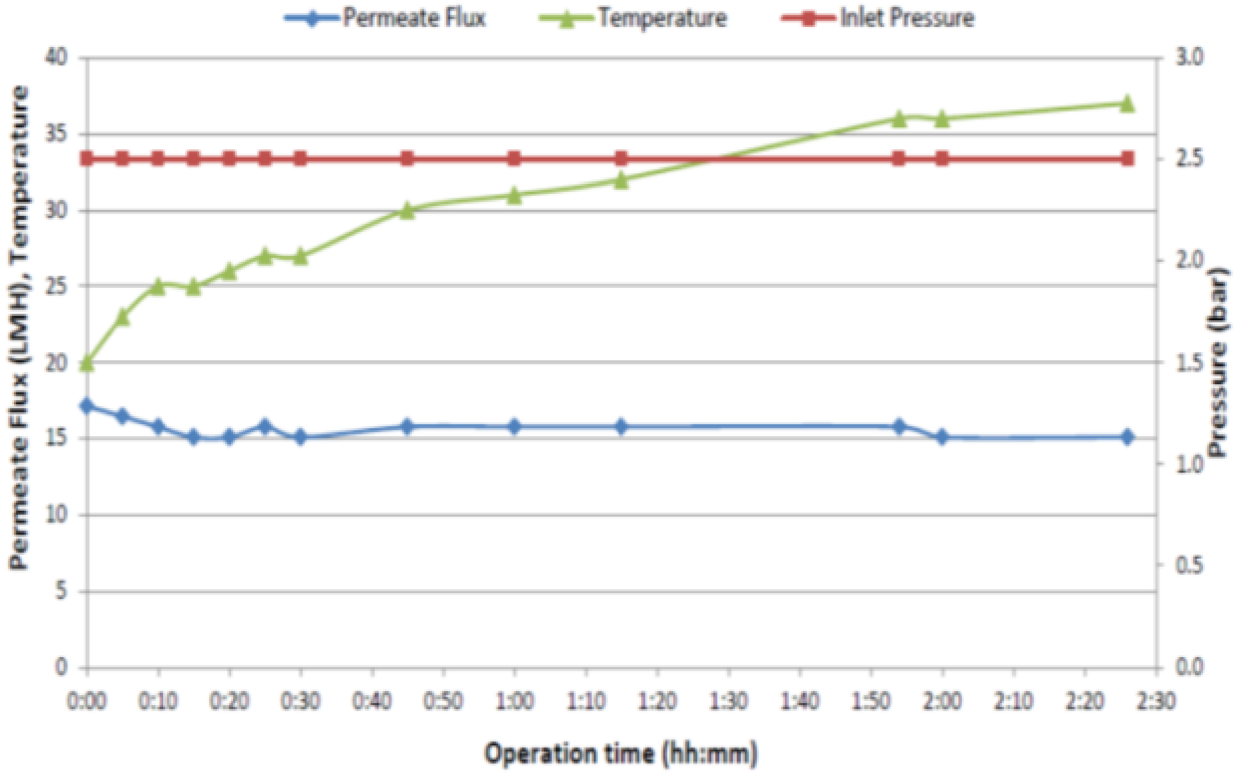


Figure 3 Permeate flux, pressure and temperature during ultrafiltration operation

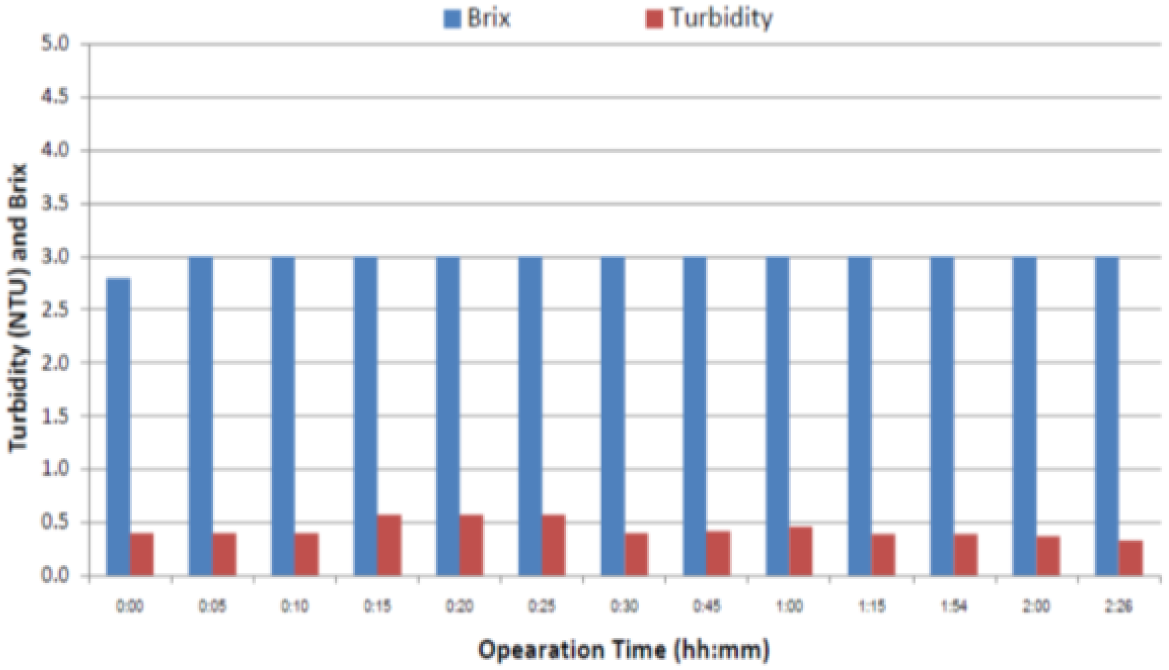


Figure 4 Turbidity and brix of ultrafiltration permeate during ultrafiltration operation

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี *(Chemical analysis)*

Table 2 Chemical analysis of crude inulin extract from Jerusalem artichoke tuber

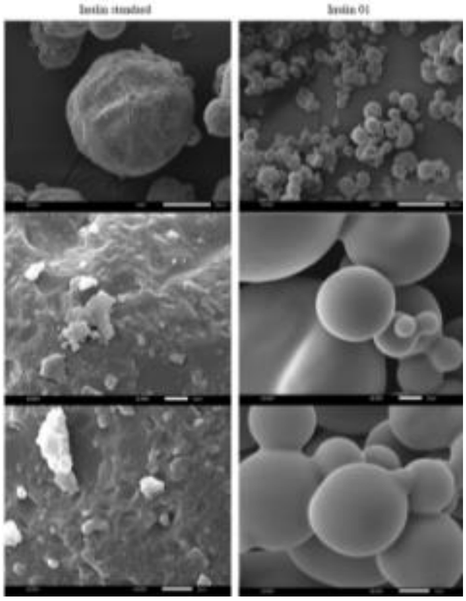
Parameter พารามิเตอร์	Unit หน่วย	Method วิธีทดสอบ	Water Sample (ตัวอย่างน้ำ)
Appearance	-	SM, Part 2110	Green & Turbid
Turbidity	NTU	SM, Part 2130 B.	89.8
pH (at 25°C)	-	In-House Method: WI-TM-702-01 Based on SM, Part 4500-H^+ B.	4.7
Conductivity	Micro siemen.cm^{-1}	SM, Part 2510 B.	3,360
TDS	mg/L	SM, Part 2510 A.	2,184
P-Alkalinity	mg/L as $CaCo_3$	SM, Part 2320 B.	Nil
M-Alkalinity	mg/L as $CaCo_3$	SM, Part 2320 B.	<5.0
Total Hardness	mg/L as $CaCo_3$	SM, Part 2340 C.	245
Chloride	mg/L as Cl^-	SM, Part 4500-Cl^- B.	352
Brix	Percent	Refractometer	4.8
TSS	mg/L	SM, Part 2540 D.	85.3

Table 3 Elimination of color from inulin extract by cation anion exchange chromatography

Cation Resins					Anion Resins				
OP Time	Brix	Turbid	pH	Volume Acc (ml)	OP Time	Brix	Turbid	pH	Volume Acc (ml)
0:00	4.2	404	4.22	-	0:00	0.2	-	10.2	0
0:30	3.2	561	2.16	0	0:20	0.4	-	8.66	900
0:45	3.6	530	2.13	500	0:40	-	-	-	-
1:00	4	606	2.16	1250	0:45	3.6	647	6.43	0
1:12	-	-	-	2250	0:53	-	-	-	300
1:30	4	647	2.12	4000	1:04	-	-	-	520
1:45	-	-	-	5000	1:20	3.6	650	6.47	920
2:00	4	638	2.14	5750	1:30	-	-	-	1240
2:30	4	694	2.13	6750	1:36	-	-	-	1540
3:00	4	653	2.17	7950	1:50	3.6	457	6.02	1990
3:30	4	580	2.13	9250	2:20	3.6	549	6.13	2990
4:00	4	579	2.16	10550	2:50	3.8	463	6.29	4090
4:30	4	646	2.15	12300	3:20	3.6	452	6.5	5590
5:00	3.8	571	2.14	13800	3:50	3.8	497	6.69	7190
5:30	4	589	2.13	14150	4:20	3.6	451	6.02	8690
6:00	4	596	2.13	15550	4:50	3.6	457	5.83	10240
6:30	4	565	2.13	16950	5:20	3.6	450	5.6	11740
7:00	4	548	2.14	18500	5:50	3.6	520	6.04	13300
7:20	4	-	-	19150	6:20	3.6	479	5.99	14700
					6:50	3.6	462	6.34	16250
					7:20	3.6	416	6.53	17750
					7:25				**18150**

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ *(Physical analysis)*

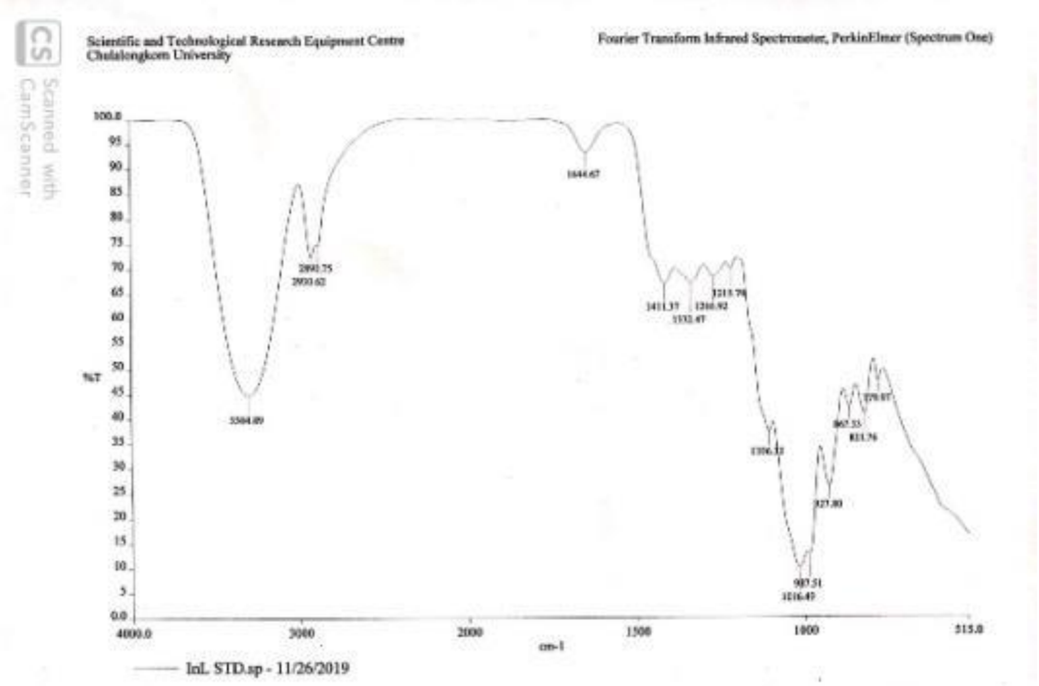
ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพด้วยวิธี Scanning Electron Microscopy (SEM)



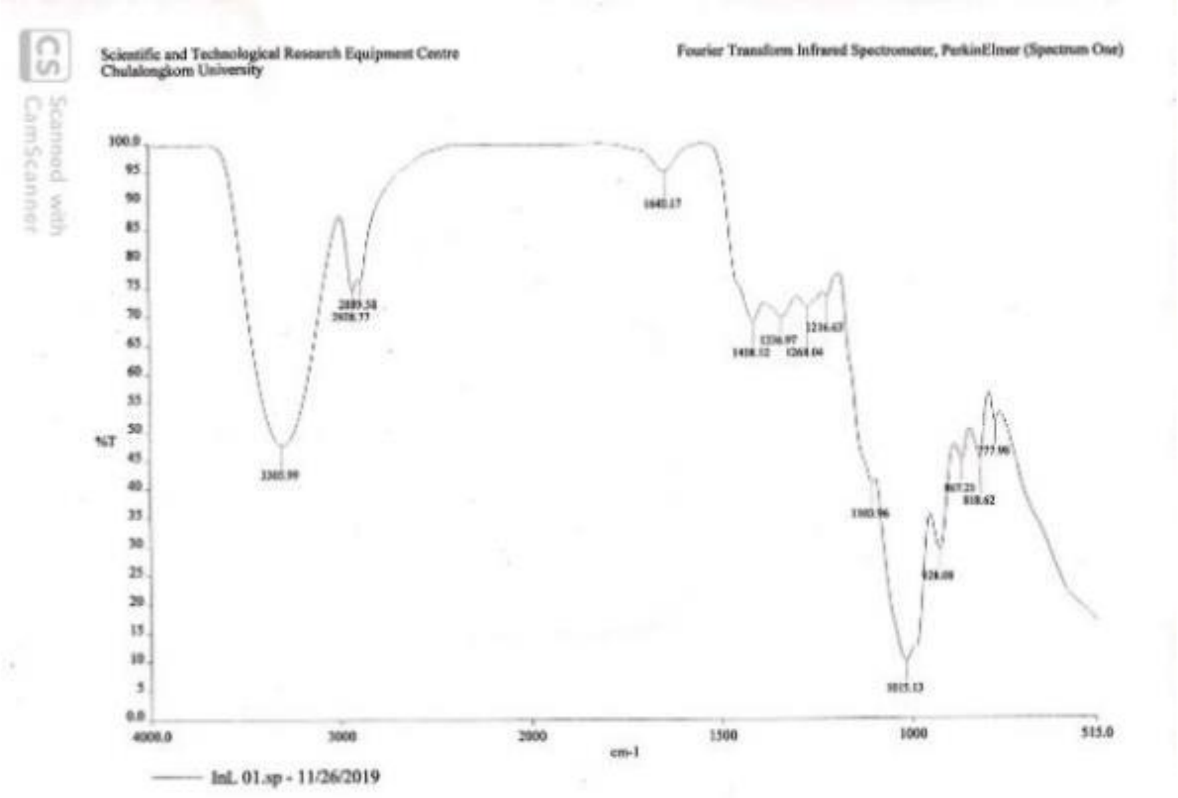
A B

Figure 5 SEM micrographs at 500X, 6,000X and 8,000X magnification of inulin powder sample: (A) commercial inulin powder (Orafti®HSI); (B) purified inulin powder

ผลการวิเคราะห์อินฟาเรดสเปกตรัมของตัวอย่าง ด้วยวิธี Fourier transform Infrared (FTIR) Spectroscopy



A



B

Figure 6 Infrared spectra of inulin powder from (A) standard commercial inulin powder (Orafti®HSI) and (B) the produced inulin from Jerusalem artichoke tuber powder

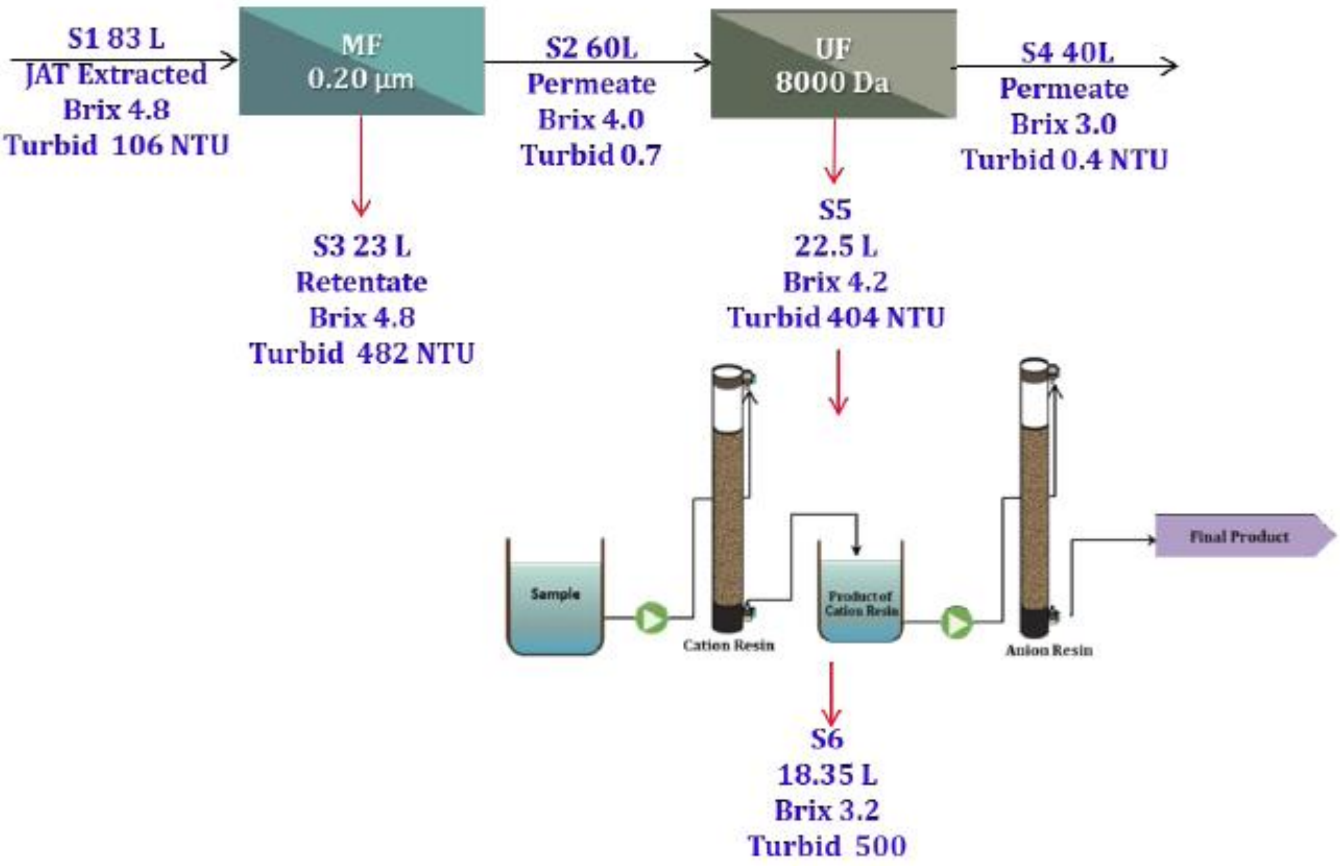


Figure 7 Process and overall trial purification of inulin by microfiltration, ultrafiltration and cation anion exchange chromatography

สรุปผล

จากผลการทดลองประสิทธิภาพของไมโครฟิลเตรชัน เมมเบรน ตามรูปที่ 1 สามารถใช้ในการกำจัดอนุภาคขนาดใหญ่ที่แขวนลอยออกจากสารสกัดอินูลิน โดยจากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการซึมผ่านของไมโครฟิลเตรชัน เมมเบรนที่ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 10 นาทีแรกจากนั้นค่อยๆลดลงเมื่อการทำงานเพิ่มขึ้น อัลตร้าฟิลเตรชันเมมเบรน นำมาใช้ในการแยกอินูลินที่มี DP> 50 ออกจากจากอินูลินที่มีขนาดเล็กซึ่งแสดงให้เห็นว่าการซึมผ่านของของเหลวค่อยๆลดลงในช่วง 10 นาทีแรก ตามรูปที่ 3 จากนั้นรักษาความคงตัวตลอดการทำงาน การนำไมโครฟิลเตรชันมาประยุกต์ใช้ สามารถนำมาใช้เพื่อการแยกอินูลิน และของแข็งที่ละลาย (Brix) ที่ละลายปนอยู่สามารถแยกออกมาในขั้นตอนนี้ ส่วนขั้นตอนการทำอัลตร้าฟิลเตรชัน ตามรูปที่ 4 แสดงค่า brix ของสารละลายที่ซึมผ่านเมมเบรนในระหว่างกระบวนการทำอัลตร้าฟิลเตรชัน ผลการศึกษาพบว่าของแข็งที่ละลายได้บางชนิดสามารถผ่านเมมเบรนที่มี molecular weight cut-off 8 kDa ในขณะที่อนุภาคขนาดใหญ่ไม่สามารถผ่านเมมเบรนได้ การกำจัดสีออกจากสารสกัดอินูลินสามารถทำได้ด้วยการทำ cation anion exchange โครมาโตกราฟี เพื่อกำจัดสีในส่วนของอินูลิน เม็ดสีอาจเป็นสีธรรมชาติชนิดฟลาโวนอยด์หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยามิลลาร์ด โดยทั่วไปแล้วเม็ดสีเหล่านี้จะมีขนาดเล็กและการประยุกต์ใช้ขั้นตอน cation anion exchange โครมาโตกราฟี นี้สามารถนำมาใช้กำจัดสีเหลืองออกจากสารอินูลินที่สกัดได้

เอกสารอ้างอิง

Abou-Arab, A.A., Talaat, H.A., and Abu-Salem, F.M., 2011, Physicochemical Properties of Inulin Produced from Jerusalem Artichoke Tubers on Bench and Pilot Plant Scale, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(5): 1297–1309.

Kaur, N. And Gupta, A.K., 2002, Applications of Inulin and Oligofructose in Health and Nutrition, Journal of Biosciences, 27, 703–714. https:// doi.org/10.1007/BF02708379.

Barclay, T. and Ginic-Markovic, M., 2010, Inulin: A Versatile Polysaccharide with Multiple Pharmaceutical and Food Chemical Uses, Journal of Excipients and Food Chemicals, 1: 27–50.

Cieślik, E., Kopeel, A., and Praznik, W., 2005, Healthy Properties of Jerusalem Artichoke Flour (*Helianthus tuberosus* L.), Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Series Food Science and Technology, http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue2/art-37.html

Jilu, S., Yingmin, J., and Yaxin, S., 2003, Development and Utilization of Jerusalem Artichoke Resources, Journal of Food Science and Technology, 1: 27–29.

Li, H., Zhu, H., Qiao, J., Du, J., and Zhang, H., 2012, Optimization of the Main Liming Process for Inulin Crude Extract from Jerusalem Artichoke Tubers, Frontiers of Chemical Science and Engineering, 6(3): 348–355. https://doi.org/10.1007/s11705-012-1295-0

Simonovska, B., 2000, Determination of Inulin in Foods, Journal of AOAC International, 83(3): 675–678.

Srinameb, B., Nuchadomrong, S., Jogloy, S., Patanothai, A., and Srijaranai, S., 2015, Preparation of Inulin Powder from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Tuber, Plant Foods for Human Nutrition, 70: 221–226. https://doi.org/10.1007/s11130-015-0480-y

Tanjor, S., Judprasong, K., Chaito, C., anf Jogloy, S., 2012, Inulin and Fructooligosacharides in Different Varieties of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.), KKU Research Journal, 17(1): 25–34.

Saengkanuk, A., Nuchadomrong, S., Jogloy, S., Patanothai, A., and Srijaranai, S., 2011, A Simplified Spectrophotometric Method for the Determination of Inulin in Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Tubers, European Food Research and Technology, 233: 609–616. https://doi.org/10.1007/s00217-011-1552-3

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

ผู้ทรงคุณวุฒิ
การประชุมและเสนอผลงานวิชาการพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนครั้งที่ 8

รศ.ดร. รวี เสรฐภักดี
ศ. ดร. ปราณี อาจเปรื่อง
รศ. ดร. สรัญญา วัชโรทัย
รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
ผศ. รัชนี ไสยประจง
ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล
ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
ศ. ดร. อรรถพล นุ่มหอม
ผศ. ดร. รัตนชัย ไพรินทร์
รศ. ดร. ประภาพร ตั้งกิจโชติ
รศ. สมภพ ฐิตะวสันต์
ดร. ทรงพล สมศรี
ดร. อมรา ชินภูติ
ดร. วันทนา ตั้งเปรมศรี
ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี

คณะกรรมการจัดงานประชุมฯ

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี
ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
ผศ. ดร. รัตนชัย ไพรินทร์
ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล
ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
ผศ. รัชนี ไสยประจง

คณะทำงานจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ฉบับพิเศษ ปีที่ 45 ฉบับที่ 2

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
นางสาวรัชฎาภรณ์ คะประสบ
นางสาวอรพรรณ เสลามาศสกุล
นางสาวนภาภรณ์ แซ่ลี้
นางสาวภัสจนันท์ หิรัญ
นายณัติฐพล ไข่แสงศรี
นางนภัสสร เพียสุระ
นางสาวพัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์
นางสาวชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น
นางสาวอรัญญา นิพนธ์ศักดิ์
นายกีระติ ธรรมพันธ์
นางสาวจินดาพร คงเดช
นายวรายุทธ จันทร์ปลอด
นางสาวกุลนิภา ธนรุ่งรังสี
นายฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง
นายสรศักดิ์ งามสง่า
นางสาวขวัญชนก กลิ่นกลั่น
นางสาวสุญาณี มงคลตรีรัตน์
นางสาวฆนรส เรืองศิริ

การประชุมและเสนอผลงานวิจัย พืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 12

12th National Conference on Tropical and Sub-tropical Crops

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มจธ.

Center for Research and Development of Tropical and Sub-tropical Crops

www.crdc.kmutt.ac.th