



วารสารวิจัยและพัฒนา
วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

VRU Research and Development Journal // ISSN 2351-0366
Science and Technology

ปีที่ 14 ฉบับที่ 3 (เดือนกันยายน - เดือนธันวาคม 2562)
Volume 14 Number 3 (September - December 2019)



วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์ และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยีสารสนเทศ สู่นักวิจัย นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานบทความวิจัย เพื่อการพัฒนาพื้นที่ในระดับจังหวัด กลุ่มจังหวัด ตำบล หมู่บ้านหรือชุมชน แก่นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไปได้เสนองานผลงานวิจัยสู่สาธารณะ
3. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์ และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมไปถึงประสบการณ์ในการวิจัยระหว่างสถาบัน

เจ้าของ

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

ในพระบรมราชูปถัมภ์

กำหนดออกเผยแพร่

ปีละ 3 ฉบับ

ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน)

ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม)

ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม)

คณะที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุพจน์ ทราญแก้ว

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.มนัญญา คำวชิระพิทักษ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผศ.ดร.ปณณนุช นิลแสง

นางวารุณี จันทพงษ์

น.ส.กัญญาวิรุฬห์กุลพิพัฒน์เดชนาถ

กองบรรณาธิการ

1. รศ.ดร.วิลาศ พุ่มพิมล

2. รศ.ดร.กิริติ ชยะกุลศิริ

3. รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

4. รศ.ดร.ธีระชัย ธนानันต์

5. ผศ.ดร. กิตติพันธ์ เตชะกิตติโรจ

6. รศ.ดร.สุทธิพันธุ์ แก้วสมพงษ์

7. รศ.ดร.ชูสิทธิ์ ประดับเพชร

8. ผศ.ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร

9. ผศ.ดร.ปรียาพร โกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏ

พระนครศรีอยุธยา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปณจ.ประตูน้ำพระอินทร์

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180

โทรศัพท์/โทรสาร 0 2909 3036

E-mail: rdi_published@vru.ac.th

Website: <http://rd.vru.ac.th>

โรงพิมพ์

ศูนย์เรียนรู้การผลิตและจัดการธุรกิจสิ่งพิมพ์ดิจิทัล

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปณจ.ประตูน้ำพระอินทร์

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180

โทรศัพท์ 0 2529 0674 7, 0 2909 1633

Website: www.vru.ac.th

จำนวน 80 เล่ม

อัตราค่าธรรมเนียมบำรุงวารสาร

บทความละ 2,500 บาท

ข้อความและบทความในวารสารนี้
เป็นความคิดเห็นของผู้นิพนธ์โดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหา
และข้อคิดเห็นนั้นๆ แต่อย่างใด

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

VRU Research and Development Journal

Science and Technology

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สู่นักวิจัย และผู้สนใจทั่วไป และเพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และประสบการณ์ในการวิจัยระหว่างสถาบัน ซึ่งได้รับการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการจากศูนย์อ้างอิงดัชนีวารสารไทย (TCI) โดยถูกจัดให้เป็น วารสารกลุ่มที่ 2 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีกำหนดออกเผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – เดือนเมษายน) ฉบับที่ 2 (เดือนพฤษภาคม – เดือนสิงหาคม) ฉบับที่ 3 (เดือนกันยายน – เดือนธันวาคม) สำหรับนักวิจัยที่มีความประสงค์จะส่งต้นฉบับเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา สามารถส่งบทความวิจัยดังกล่าวมายังกองบรรณาธิการได้โดยตรง ทั้งนี้บทความวิจัยที่เสนอขอตีพิมพ์จะต้องไม่เคยหรือได้อยู่ในระหว่างขอเสนอลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่นมาก่อน ซึ่งบทความวิจัยดังกล่าวจะต้องได้รับการอ่านและประเมินคุณภาพพร้อมได้รับความเห็นชอบให้ตีพิมพ์เผยแพร่จากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขาวิชานั้น ๆ ของวารสารวิจัยและพัฒนา อย่างน้อย 2 ท่านก่อนลงตีพิมพ์ บทความวิจัยที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษรหรือมีการอ้างอิงอย่างถูกต้องชัดเจน โดยเนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนา เป็นความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์บทความวิจัยเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

ปัจจุบันวารสารวิจัยและพัฒนา ปีที่ 14 ฉบับที่ 3 (เดือนกันยายน – เดือนธันวาคม 2562) ฉบับนี้ได้รับรวบรวมบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 11 เรื่อง เผยแพร่ผ่าน 3 ช่องทางได้แก่ การจัดพิมพ์เป็นรูปเล่มวารสาร การเผยแพร่ออนไลน์ผ่านทางเว็บไซต์ <http://rd.vru.ac.th> และเว็บไซต์ <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/>

สุดท้ายนี้ ทางกองบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและส่งผลงานบทความวิจัยเข้าร่วมลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา อย่างดีตลอดมา

บรรณาธิการ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ
ประจำวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 14 ฉบับที่ 3

รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ	บุญกุศล
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเสฐียร	บุญสูง
รองศาสตราจารย์ ดร.มานะ	ชาวเมฆ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิกา	อัมพูช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรพัฒน์	วานิชวัฒนะโกศล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตา	พัทรวไล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิทรา	กิจธีระวุฒิมงษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นนรภัส	ถกลภักดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิภา	แพงศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณทิชา	เศวตบวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชชุพงษ์	วิบูลย์เจริญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตกัลยา	มฤครัฐอินแปลง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตตา	เรืองรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาทิพย์	จันทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิพันธ์	แก้วสมพงษ์
ดร.กุลรดา	ลอยหา
ดร.ภักพัฒน์	เดชชีวะ
ดร.วชิราภรณ์	พิกุลทอง
ดร.วิรามศรี	ศรีพจนารถ

สารบัญ

	หน้า
การเปรียบเทียบพฤติกรรมการเกิดเจล คุณสมบัติด้านการไหล และคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ ของเจลโอสที่ได้จากเมล็ดมะขามหวานและเปรี้ยวของประเทศไทย	1
พรรณวดี จุลภักดิ์ วุฒิชัย นาครักษา	
การพัฒนานวัตกรรมการผลิตปลาร้ามอยุ่อดักก้องสำเร็จรูป ชาวมอญบ้านศาลาแดงเหนือ อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี	12
นันท์ปภัทร์ ทองคำ วัณนี บุญวิทยา ภาสุรี ฤทธิเลิศ ھرรษา เวียงวะลัย อัจฉนภา สุขลิ้ม, ญัฐวุฒิ หัตถดล	
ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดประสิทธิภาพการขนส่งที่มีต่อเศรษฐกิจและการระบบขนส่ง ของประเทศไทย	24
ประภาวรรณ แพงศรี สิริรัตน์ พึ่งชมภู	
การศึกษาแนวทางการอนุรักษ์ขนมหวานพื้นเมืองให้เป็นแหล่งเรียนรู้ และส่งเสริมเส้นทางท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรี	32
ณปภา หอมหวล ชนานุช เงินทอง	
ผลของการแช่ท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง	42
ภารดี แซ่อึ้ง	
พฤษทางเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และการต้านอนุมูลอิสระของบัวฉัตรขาว	51
ณพัชร บัวฉวน	
การต้านอนุมูลอิสระของโคโคโอเลโอแซคคาไรด์ที่ผลิตด้วยโคโคซานเนสจากก้ามปู กระถินบ้านข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เเคู 630	62
มานะ ขาวเมฆ	
ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งมันเทศสีม่วงต่อลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และทางด้านประสาทสัมผัสของแอสเคร์	72
สุพิชญา คำคม หทัยชนก ลิ้มฐมากุล	
คุณสมบัติทางเคมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของน้ำส้มสายชูหมักจากส้มโอ 3 สายพันธุ์	86
วิลาวัลย์ บุญยศุภา กนกพร ละมัย ชุตติมา อุทัยหงษ์ สุปรียา เทพาลุน อรทัย วังหิน, พจพร ศรีแก่นทราย รุ่งนภา สรรวงศิริ อนุวัฒน์ ฝ่ายเทศ	
การพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนของชุมชนบ้านคลองอาราง : ชาสมุนไพรชาเย็นกลิ่นข้าวเหนียวดำคั่ว	95
ธิตยา ผจงฤทธิ์ จุริมาศ ตีอำมาตย์ สนิ่นาถ สุขทนารักษ์ เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา พชรลักษณ์ วัฒนไชย กนกวรรณ ปุณณะตระกูล วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ มนัญญา คำวชิระพิทักษ์	
ฤทธิ์ด้านออกซิเดชัน และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากมะตาด	104
สิตา ทิศาดลดิกล เอื้อมพร รัตนสิงห์	

การเปรียบเทียบพฤติกรรมการเกิดเจล คุณสมบัติด้านการไหล และคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของเจลโลสที่ได้จากเมล็ดมะขามหวานและเปรี้ยวของประเทศไทย

พรรณวดี จุลภักดี¹ วุฒิชัย นาครักษา^{1*}

Received : July 26, 2019

Revised : October 20, 2019

Accepted : December 23, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการเกิดเจล คุณสมบัติด้านการไหล และคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ ของแป้งเมล็ดมะขามที่ได้จากเมล็ดมะขามหวาน (พันธุ์ศรีชมภู) และเมล็ดมะขามเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน) โดยจากการตรวจสอบขนาดโมเลกุลของเจลโลส พบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีขนาดโมเลกุลอยู่ในช่วง 4×10^5 Daltons ประมาณ 70% มากกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวาน ซึ่งมีขนาดโมเลกุลอยู่ในช่วง $< 4 \times 10^5$ Daltons ประมาณ 35% และในช่วง 4×10^5 Daltons ประมาณ 49% ในด้านคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและคุณสมบัติในการละลาย พบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานมีค่าการดูดซับน้ำและค่าการละลายน้อยกว่าเจลโลสเมล็ดมะขามเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการศึกษาพฤติกรรมการเกิดเจลของเจลโลสโดยศึกษาปัจจัย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ความเข้มข้นของสารละลายเจลโลส มี 3 ระดับดังนี้ 1%, 1.5% และ 2% ปัจจัยที่ 2 คือ ค่าพีเอชมี 3 ระดับดังนี้ 3, 4 และ 5 โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) พบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าความแข็งแรงของเจลมากกว่าเจลโลส จากเมล็ดมะขามหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เจลโลสทั้งสองสายพันธุ์ที่ความเข้มข้น 2% ที่ pH3 ให้ค่าความแข็งแรงเจลมากที่สุด โดยการเพิ่มความเข้มข้นจะเพิ่มความแข็งแรงของเจล ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของค่า pH ส่งผลให้เจลอ่อนตัวและความแข็งแรงของเจลลดลง เมื่อศึกษาคุณสมบัติด้านการไหลของเจลโลส ด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์ พบว่าพฤติกรรมด้านการไหลของเจลโลสทั้งสองสายพันธุ์ที่ความเข้มข้น 2% ที่ pH3 แสดงพฤติกรรมการไหลแบบ Non-newtonian ชนิด pseudoplastic และเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าความหนืดมากกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวาน และจากการศึกษาคุณสมบัติการเป็นวิสโคอิลาสติก พบว่าเจลโลสทั้งสองสายพันธุ์มีค่าโมดูลัสสะสม (G') มากกว่าค่าโมดูลัสสูญเสีย (G'') ซึ่งแสดงถึงสถานะของอีลาสติก (elastic) หรือลักษณะคล้ายของแข็ง (solid-like) ในด้านคุณสมบัติทางด้านอิมันชัน พบว่าค่า Emulsifying activity (EA) และ Emulsion stability (ES) ของเจลโลสทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คำสำคัญ : เจลโลส พฤติกรรมการเกิดเจล คุณสมบัติด้านการไหล มะขามหวาน มะขามเปรี้ยว

¹ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: wootthichai.na@kmitl.ac.th

COMPARISON GEL BEHAVIOR, RHEOLOGY PROPERTIES AND SOME PHYSICO PROPERTIES OF JELLOSE FROM SWEET AND SOUR TAMARIND VARIETIES OF THAILAND

Punwadee Julapuk¹ Woatthichai Narkrugs^{1*}

Abstract

This research aims to comparison of Gel Behavior, Rheology Properties and some Physico Properties of Jellose from sweet (Sri Chom Phu variety) and sour (Grà Daan variety) Tamarind seed. The molecular weight of the gellose found that sour Jellose had a molecular weight of 4×10^5 Daltons, about 70% more than sweet Jellose, which has a molecular weight in Range $< 4 \times 10^5$ Daltons, approximately 35% and Daltons in the range of 4×10^5 , approximately 49%. In terms of Water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI) found that sweet Jellose had water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI) more than sour Jellose with statistical significance at 95% confidence level. And the study of gel characteristic of Jellose from by a factorial experiment plan in complete random design (CRD). The factors used in the study are 2 factors. The factor one is the concentration of gellose with 3 levels as follows: 1%, 1.5% and 2%. The factor two is the pH value with 3 levels as follows: 3, 4 and 5. Found that sour gellose had higher gel strength than sweet gellose with statistical significance at 95% confidence level. Both gellose at 2% concentration at pH3 gives the highest gel strength. By increasing the concentration will increase the gel strength while the increase in pH results in a weak gel and decreased gel strength. When study the rheology properties of Jellose with rheometer. Found that the flow behavior of both gellose at 2% concentration at pH3 showed the flow behavior Non-newtonian pseudoplastic type and sour Jellose has a viscosity greater than sweet Jellose. And when study the viscoelastic properties of Jellose found that both Jellose have a storage modulus (G'), more than loss modulus (G'') which indicates the state of elastic or the characteristics of solid-like. In terms of emulsifying properties, it showed that the emulsifying activity (EA) and emulsion stability (ES) of both Jellose showed no statistically significant difference at 95% confidence level.

Keywords : Jellose, Gel Behavior, Rheology Properties, Sweet tamarind, Sour tamarind

¹ Faculty of Agro-Industry King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Bangkok

* Corresponding author, e-mail: woatthichai.na@kmitl.ac.th

บทนำ

มะขาม (Tamarind) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Tamarindus indica* L. เป็นไม้ยืนต้นตระกูลถั่วที่มีขนาดใหญ่ ปัจจุบันมีปลูกกันมากโดยเฉพาะในเอเชีย เช่น อินเดีย บังคลาเทศ ศรีลังกา ไทย และอินโดนีเซีย (Kumar and Bhattacharya, 2008) ในประเทศไทยมีการปลูกมะขามหวานและมะขามเปรี้ยวตามจังหวัดต่างๆ ได้แก่ เพชรบูรณ์ เลย ลำปาง เชียงใหม่ นครราชสีมา ขอนแก่น และอุบลราชธานี (ชูศักดิ์, 2550) ในอุตสาหกรรมเมล็ดมะขามเป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปเนื้อมะขาม (Marathe *et al.*, 2002) เนื่องจากผลิตภัณฑ์จากมะขามจะใช้เฉพาะส่วนของเนื้อมะขาม ส่วนของเมล็ดมะขามจะเป็นของเหลือทิ้ง เมล็ดมะขามประกอบด้วยเปลือก (seed coat) ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง 20–30 % และเนื้อในเมล็ดที่มีสีขาวนวล 70–80 % (Kaur *et al.*, 2011) เนื้อในเมล็ดมะขามถูกใช้ในการผลิตแป้งเมล็ดมะขาม (Tamarind kernel powder : TKP) และเจลาติน (Jellose) หรือไซโลกลูแคน (Xyloglucan) หรือกัมจากเมล็ดมะขาม (Tamarind seed gum : TSG, Tamarind seed xyloglucan : TSX) (Marathe *et al.*, 2002)

เนื้อในเมล็ดมะขามประกอบไปด้วยไซโลกลูแคน (Xyloglucan) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ ไซโลกลูแคนเป็นเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นกัมที่ได้จากเมล็ดพืชชนิดหนึ่งที่สามารถพบได้ทั่วไปในผนังเซลล์ของพืช โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 3 ชนิดคือ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลไซโลส และน้ำตาลกาแลกโทส ต่อกันเป็นสายโซ่ยาว (Nisbet *et al.*, 2006; Nishinari *et al.*, 2007) โดยโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสต่อกันเป็นสายหลัก β -1,4 เชื่อมกับ D-glucan มีสายกิ่งเป็นน้ำตาลไซโลส โดยที่ตำแหน่ง O-6 ของ glucopyranosyl residue ถูกแทนที่ด้วย α -D-xylapyranose และมีกิ่งของน้ำตาลกาแลคโตสจับกับกิ่งของน้ำตาลไซโลส (York *et al.*, 1990 ; Nisbet *et al.*, 2006) ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารในญี่ปุ่นอนุญาตให้ใช้แป้งเมล็ดมะขามและเจลาติน สำหรับใช้เป็น สารเพิ่มความข้นหนืด (thickening), สารให้ความคงตัว (stabilizing) และสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agents) เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติด้านการไหลและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (Marathe *et al.*, 2002)

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเจลาตินที่ได้จากเมล็ดมะขามหวาน (พันธุ์ศรีชมภู) และเมล็ดมะขามเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน) เนื่องจากในประเทศไทยอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อมะขามวัตถุดิบส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดได้มาจากมะขามหวานสายพันธุ์ศรีชมภูและปัจจุบันเริ่มมีคนรู้จักแป้งเมล็ดมะขามและเจลาตินมากขึ้น ทราบว่ามีโรงงานรับซื้อเมล็ดมะขามเพื่อนำไปผลิตแป้งเมล็ดมะขามและเจลาติน ทำให้คนนำเมล็ดมะขามทั้งเมล็ดมะขามหวาน และเมล็ดมะขามเปรี้ยวสายพันธุ์กระดานไปขายที่โรงงาน จึงเกิดวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการเกิดเจล, คุณสมบัติด้านการไหล และคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของเจลาตินที่ได้จากเมล็ดมะขามหวาน (พันธุ์ศรีชมภู) และเมล็ดมะขามเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน) เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการเกิดเจล คุณสมบัติด้านการไหล และคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ ของแป้งเมล็ดมะขามที่ได้จากเมล็ดมะขามหวาน (พันธุ์ศรีชมภู) และเมล็ดมะขามเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

เจลโลสจากเมล็ดมะขามหวาน (พันธุ์ศรีชมภู) และเมล็ดมะขามเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทปิ่นเพชรจำกัด จังหวัดเพชรบูรณ์, ประเทศไทย

2. ตรวจสอบหาขนาดโมเลกุล

นำตัวอย่างเจลโลส มาหาค่าน้ำหนักโมเลกุลโดยใช้เทคนิค Gel permeation chromatography โดยใช้ DI เป็นตัวทำละลาย และใช้สาร Polyethylene เป็นสารละลายมาตรฐาน ปรับอัตราการไหลเท่ากับ 1.0 มิลลิลิตร/นาที่ และควบคุมอุณหภูมิที่ 40°C

3. ศึกษาคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและคุณสมบัติในการละลาย (Water absorption index; WAI and Water solubility index; WSI) (ดัดแปลงจาก Narkruga, 1996)

4. ศึกษาพฤติกรรมในการเกิดเจล (Gel characteristic) (ดัดแปลงจาก ลิ้นนาฏ, 2557)

เตรียมตัวอย่างที่มีความเข้มข้นเจลโลส 1%, 1.5% และ 2% (dry basis) โดยนำเจลโลสมาละลายในสารละลายน้ำตาล 50% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 85°C เป็นเวลา 30 นาที (คนตัวอย่างเรื่อยๆด้วยแท่งแก้ว) ให้ความเข้มข้นเป็น 50°บริกซ์ ปรับ pH ของตัวอย่างเป็น pH 3, 4 และ 5 ด้วยกรดซิตริก ตั้งทิ้งไว้ให้เซตตัว นำเจลที่ได้มาวัดค่าความแข็งแรงเจลด้วยเครื่อง Texture analyser โดยใช้หัววัด P/0.5R กดลงบนตัวอย่างเป็นระยะทาง 15 มิลลิเมตร ที่ความเร็ว 2 มม./วินาที จนสัมผัสเนื้อเจล

5. ศึกษาคุณสมบัติด้านการไหลของเจลโลส (Rheology properties)

นำเจลโลสที่มีความเข้มข้นเจลโลส 2% (dry basis) มาศึกษาคุณสมบัติด้านการไหล ด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์ (Rheometer) (MCR 102, Anton Paar GmbH, ประเทศออสเตรีย) เพื่อดูพฤติกรรมการไหล และความเป็นวิสโคอิลาสติก (liquid-like หรือ solid-like) ของเจลโลส โดยนำเจลโลสมาละลายในสารละลายน้ำตาล 50% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 85°C เป็นเวลา 30 นาที (คนตัวอย่างเรื่อยๆด้วยแท่งแก้ว) ให้ความเข้มข้นเป็น 50°บริกซ์ ปรับ pH ของตัวอย่างเป็น pH=3 ด้วยกรดซิตริก ตัวอย่างจะถูกวัดที่อุณหภูมิ 25±1°C โดยใช้หัววัด PP50/TG

6. ศึกษาคุณสมบัติทางด้านอิมัลชัน (Emulsifying properties) (ดัดแปลงจาก Yasumatsu *et al.*, 1972)

Emulsifying activity เตรียมตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของเจลโลส 2 % (dry basis) โดยนำเจลโลสมาละลายในสารละลายน้ำตาล 50% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำตัวอย่างมาให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิมากกว่า 85 °C คงไว้ที่อุณหภูมิช่วงนี้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (คนตัวอย่างเรื่อยๆด้วยแท่งแก้ว) ทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง เติมน้ำมันถั่วเหลือง 100 มิลลิลิตรลงในแต่ละตัวอย่าง แล้วทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่องโฮโมจีไนส์เซอร์ (Homogenizer, ประเทศเยอรมัน) ที่ความเร็วรอบ 10,000 rpm เป็นเวลา 1 นาที แบ่งของผสมใส่ใน centrifugal tubes นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge Thermo Legend mach 1.6R, ประเทศเยอรมัน) ที่ 1300 g เป็นเวลา 5 นาที

ค่า Emulsifying activity สามารถคำนวณได้จาก

$$EA = (\text{ความสูงของ emulsified layer}) / (\text{ความสูงทั้งหมด}) = 100\%$$

Emulsion stability เตรียมตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของเจลโลส 2 % (dry basis) โดยนำเจลโลสมาละลายในสารละลายน้ำตาล 50% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำตัวอย่างมาให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิมากกว่า 85 °ซ คงไว้ที่อุณหภูมิช่วงนี้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง(คนตัวอย่างเรื่อยๆด้วยแท่งแก้ว) จากนั้นเติมน้ำมันถั่วเหลือง 100 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิห้องแบ่งของผสมใส่ใน centrifugal tubes นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge Thermo Legend mach 1.6R, ประเทศเยอรมัน) ที่ 1300 g เป็นเวลา 5 นาที

ค่า Emulsion stability สามารถคำนวณได้จาก

$$ES = (\text{ความสูงของ emulsified layer}) / (\text{ความสูงทั้งหมด}) = 100\%$$

7. วิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้การทดสอบที (T-test) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ตรวจสอบหาขนาดโมเลกุล

จากการตรวจสอบหาน้ำหนักโมเลกุลของเจลโลส โดยใช้เทคนิค Gel permeation chromatography พบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานมีน้ำหนักโมเลกุล $\sim 3.49 \times 10^5$ Daltons (34.95%), $\sim 4.02 \times 10^5$ Daltons (48.79%) และ $\sim 10.39 \times 10^5$ Daltons (16.26%) ขณะที่เจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีน้ำหนักโมเลกุล $\sim 3.84 \times 10^5$ Daltons (15.77%), $\sim 4.03 \times 10^5$ Daltons (70.46%) และ $\sim 9.95 \times 10^5$ Daltons (13.77%) ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีขนาดโมเลกุลอยู่ในช่วง 4×10^5 Daltons ประมาณ 70% มากกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานซึ่งมีขนาดโมเลกุลอยู่ในช่วง $< 4 \times 10^5$ Daltons ประมาณ 35% และในช่วง 4×10^5 Daltons ประมาณ 49% เจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวจึงมีขนาดโมเลกุลใหญ่มากกว่าเจลโลส จากเมล็ดมะขามหวาน

ตารางที่ 1 ขนาดมวลโมเลกุลของเจลโลส

	ขนาดมวลโมเลกุล (Daltons)		
	$< 4 \times 10^5$	4×10^5	$> 4 \times 10^5$
เจลโลสหวาน (พันธุ์ศรีชมภู)	$\sim 3.49 \times 10^5$ (34.95%)	$\sim 4.02 \times 10^5$ (48.79%)	$\sim 10.39 \times 10^5$ (16.26%)
เจลโลสเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน)	$\sim 3.84 \times 10^5$ (15.77%)	$\sim 4.03 \times 10^5$ (70.46%)	9.95×10^5 (13.77%)

2. ศึกษาคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและคุณสมบัติในการละลาย (Water absorption index; WAI and Water solubility index; WSI)

จากการศึกษาคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและคุณสมบัติในการละลายของเจลโลสพบว่า เจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานมีการดูดซับน้ำและค่าการละลายมากกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากตารางที่ 2 แสดงค่าการดูดซับน้ำ (WAI) และการละลายน้ำ

(WSI) ของเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยว พบว่าเมื่อละลายเจลโลสด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 30 °ซ เจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าการดูดซับน้ำ 465.45 ± 0.18 และ 398.81 ± 7.01 เท่าของน้ำหนักเจลโลส ตามลำดับ และจากการตรวจสอบความสามารถในการละลายน้ำของเจลโลส คิดเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายได้ที่อุณหภูมิ 30 °ซ เจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าการละลายน้ำ 5.62 ± 0.62 และ $4.81 \pm 0.57\%$ ตามลำดับ

ซึ่งสอดคล้องกับขนาดมวลโมเลกุลของเจลโลส โดยเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานมีมวลโมเลกุลขนาดเล็กอยู่ในช่วง $3.49\text{--}4.02 \times 10^5$ Daltons มากกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวซึ่งมีขนาดมวลโมเลกุลส่วนใหญ่อยู่ที่ 4.03×10^5 Daltons ทำให้เจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานสามารถละลายและดูดซับน้ำ (ให้น้ำเกาะกับโครงสร้าง) ได้ดีกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวที่มีขนาดมวลโมเลกุลใหญ่กว่า (ซึ่งโครงสร้างของมันจะเกาะกันเอง)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติในการดูดซับน้ำ (WAI) และคุณสมบัติในการละลายของเจลโลส (WSI)

	การดูดซับน้ำ (WAI)	การละลาย (WSI) (%)
เจลโลสหวาน (พันธุ์ศรีชมภู)	475.02 ± 9.91^a	5.62 ± 0.62^a
เจลโลสเปรี้ยว (พันธุ์กระดาง)	398.81 ± 7.01^b	4.81 ± 0.57^b

หมายเหตุ: 1. ^{abc}... หมายถึง ตัวอักษรที่กำกับในแนวดิ่งเดียวกัน เมื่อมีตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ยจากการวัด 2 ซ้ำ $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ศึกษาพฤติกรรมการเกิดเจล (Gel characteristic)

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของเจลโลส และค่า pH ต่อพฤติกรรมการเกิดเจล จากตารางที่ 3 แสดงผลของค่าพีเอช (pH) และความเข้มข้นของเจลโลสต่อค่าความแข็งแรงของเจล พบว่า ค่า pH และความเข้มข้นมีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจลที่ได้ เมื่อ pH เพิ่มขึ้นที่ระดับความเข้มข้นของเจลโลสเท่ากัน มีผลทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ความเข้มข้นของเจลโลสที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นจะเพิ่มความแข็งแรงของเจล ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของค่าพีเอชส่งผลให้เจลอ่อนตัวและความแข็งแรงของเจลลดลง

จากตารางพบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าความแข็งแรงของเจลมากกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวที่ความเข้มข้น 2% ที่ pH3 ให้ค่าความแข็งแรงเจลมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Marathe (2002) ที่ศึกษาผลของ pH และความเข้มข้นของเจลโลสต่อค่าความแข็งแรงเจล เมื่อความเข้มข้นของเจลโลสเท่ากันที่ระดับ pH ต่างกัน พบว่าที่ pH3 ให้ค่าความแข็งแรงเจลมากที่สุด และจากงานวิจัยของสินีนานู (2557) ได้ศึกษาผลของ pH และความเข้มข้นของเจลโลสต่อพฤติกรรมการเกิดเจล พบว่า pH และระดับความเข้มข้นของเจลโลส มีผลทำให้ค่าความแข็งแรงเจลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเจลโลสจาก 1.0% ไปจนถึง 3.5% ค่าความแข็งแรงเจลมีค่าสูงขึ้นในทุกๆ pH ที่ทำการทดลอง และเมื่อ pH สูงขึ้นที่ระดับความเข้มข้นเจลโลสเท่ากันค่าความแข็งแรงเจลมีค่าลดลงตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลของพีเอช (pH) และความเข้มข้นของเจลโลส ต่อค่าความแข็งของเจล (Gel strength)

pH	Gel strength (g) ของเจลโลสที่ความเข้มข้นต่างๆ (%)					
	¹ เจลโลสหวาน (พันธุ์ศรีชมภู)			² เจลโลสเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน)		
	1	1.5	2	1	1.5	2
3	^A 18.23 ± 0.88 ^a	^A 29.33 ± 0.96 ^b	^A 55.59 ± 1.45 ^c	^A 20.85 ± 1.60 ^a	^A 30.32 ± 5.79 ^b	^A 62.28 ± 1.60 ^c
4	^B 15.36 ± 0.95 ^a	^B 18.56 ± 1.73 ^b	^B 43.68 ± 1.11 ^c	^B 16.75 ± 0.49 ^a	^B 21.07 ± 0.83 ^b	^B 46.00 ± 2.44 ^c
5	^C 5.93 ± 0.43 ^a	^C 12.87 ± 2.25 ^b	^C 27.45 ± 2.11 ^c	^C 7.71 ± 1.13 ^a	^C 15.42 ± 0.58 ^b	^C 23.08 ± 2.51 ^c

หมายเหตุ: 1. ^{abc}... หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างค่าความเข้มข้นที่ต่างกัน ตัวอักษรที่กำกับในแนวนอนเดียวกันเมื่อมีตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

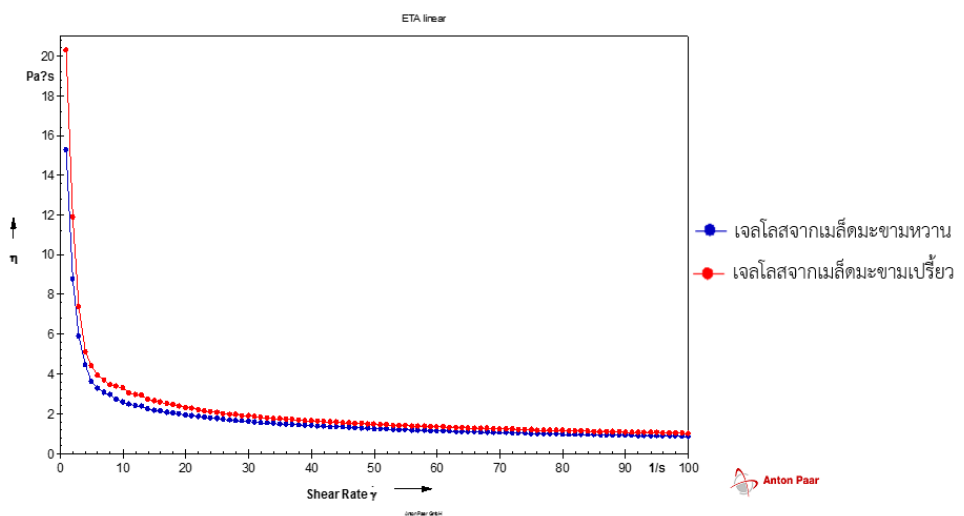
2. ^{ABC}... หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างค่าพีเอชที่ต่างกัน ตัวอักษรที่กำกับในแนวตั้งเดียวกันเมื่อมีตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ¹²³... หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสายพันธุ์ที่ต่างกัน ตัวอักษรที่กำกับในแนวนอนเดียวกันเมื่อมีตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ศึกษาคุณสมบัติด้านการไหลของเจลโลส (Rheology properties)

4.1 ศึกษาพฤติกรรมการไหล

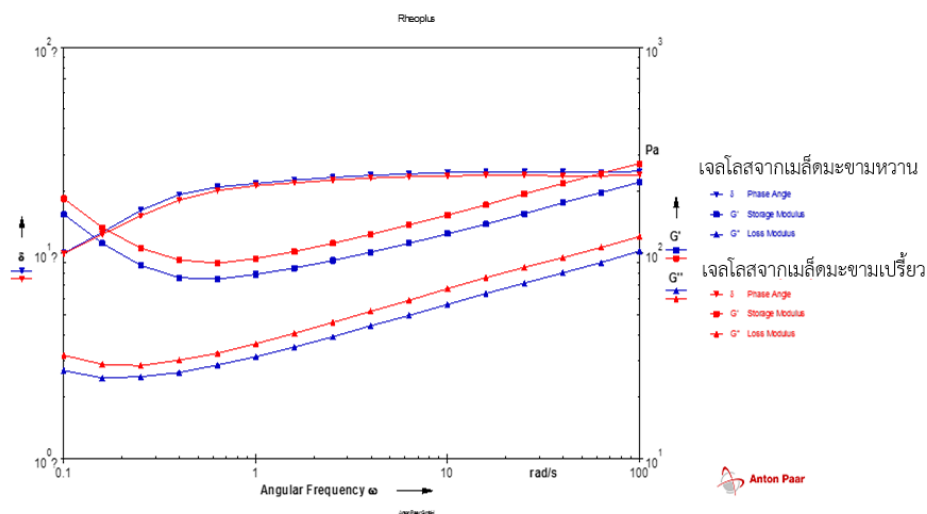


รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity) และอัตราเฉือน (shear rate) ของเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวาน (พันธุ์ศรีชมภู) และเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน) ที่ความเข้มข้น 2% ที่ pH3

โดยนำเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวที่ความเข้มข้น 2% ที่ pH3 มาศึกษาคุณสมบัติด้านการไหลด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์ (Rheometer) จากรูปที่ 1 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดปรากฏและอัตราเฉือน พบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยว แสดงพฤติกรรมการไหลแบบ Non-newtonian ชนิด pseudoplastic เนื่องจากกราฟแสดงให้เห็นค่าความหนืดลดลงเมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้น จากกราฟจะเห็นว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีความหนืดมากกว่าเจล โลสจากเมล็ดมะขามหวาน โดยเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity) เท่ากับ 0.869 Pa.s และ 1.02 Pa.s ตามลำดับ

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Somsiri (1997) ที่ได้สกัดเจลโลสโดยใช้สัดส่วนของแป้งเมล็ดมะขาม : น้ำ 1 : 40 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยสกัดที่อุณหภูมิ 25-30°C และ 85-90°C ใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงแยกตะกอน จากนั้นทำการแยกเจลโลสโดยตกตะกอนด้วย 95% ethanol 1-1.5 เท่าตัว กรองเก็บตะกอนด้วยผ้าแล้วนำไปอบที่ 60°C เจลโลสที่สกัดที่อุณหภูมิ 25-30°C และเจลโลสที่สกัดที่ 85-90°C มีค่า Apparent viscosity ของสารละลายที่ความเข้มข้น 3% อยู่ในช่วง หรือสูงกว่า 0.7538-0.7662 Pa.s และ 1.5150-1.7570 ตามลำดับ และเจลโลสที่สกัดที่อุณหภูมิ 25-30°C เข้มข้นตั้งแต่ 2% ขึ้นไปแสดงให้เห็นพฤติกรรมการไหลแบบ Non-newtonian ชนิด pseudoplastic เช่นเดียวกันกับเจลโลสที่สกัดที่ 85-90°C ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1.5% ขึ้นไป

4.2 ศึกษาคุณสมบัติการเป็นวิสโคอิลาสติก



รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่, ค่าโมดูลัสสะสมและค่าโมดูลัสสูญเสีย และค่าPhase angle(δ) ของเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวาน (พันธุ์ศรีชมภู) และเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน) ที่ความเข้มข้น 2% ที่ pH3

จากรูปที่ 2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่, ค่าโมดูลัสสะสมและค่าโมดูลัสสูญเสีย และค่าPhase angle (δ) ของเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวที่ความเข้มข้น 2% ที่ pH3 โดยจากการทดลองพบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานมีค่าโมดูลัสสะสม(storage modulus ; G') และมีค่าโมดูลัสสูญเสีย (loss modulus ; G'') เท่ากับ 153 (Pa) และ 26.8 (Pa) ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวที่มีค่าเท่ากับ 182 (Pa) และ 31.8 (Pa) ตามลำดับ ที่ความถี่เดียวกัน (Angular Frequency = 0.1 rad/s) เมื่อค่าโมดูลัสสะสมมีค่ามากกว่าค่าโมดูลัสสูญเสีย ($G' > G''$) จะแสดงถึงสถานะของอีลาสติก (elastic)หรือลักษณะคล้ายของแข็ง (solid like) ดังนั้นจึงสามารถบ่งบอกถึงสถานะได้ว่าสารละลายของเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีลักษณะคล้ายของแข็ง (solid-like) โดยสารละลายของเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีลักษณะคล้ายของแข็ง มากกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวาน

5. ศึกษาคุณสมบัติทางด้านอิมันชัน (Emulsifying properties)

จากตารางที่ 4 แสดงค่า Emulsifying activity (EA) และ Emulsion stability (ES) ของเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยว พบว่า ค่า EA และ ES ของเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 94.87 ± 0.44 และ $98.71 \pm 0.44\%$ ตามลำดับ ส่วนเจลโลส จากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 93.58 ± 0.89 และ $97.94 \pm 0.44\%$ ตามลำดับ ซึ่งเจลโลส จากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางด้านอิมันชันของเจลโลส

	Emulsifying activity (%)	Emulsion stability (%)
เจลโลสหวาน (พันธุ์ศรีชมภู)	94.87 ± 0.44^a	98.71 ± 0.44^a
เจลโลสเปรี้ยว (พันธุ์กระตาน)	93.58 ± 0.89^a	97.94 ± 0.44^a

หมายเหตุ: 1. abc...หมายถึง ตัวอักษรที่กำกับในแนวดิ่งเดียวกัน เมื่อมีตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ซ้ำ $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สรุปผลการวิจัย

จากการตรวจสอบหาขนาดมวลโมเลกุลของเจลโลส พบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีขนาดโมเลกุลใหญ่มากกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวาน โดยเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีขนาดโมเลกุลอยู่ในช่วง 4×10^5 Daltons ประมาณ 70% มากกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานซึ่งมีขนาดโมเลกุลอยู่ในช่วง $< 4 \times 10^5$ Daltons ประมาณ 35% และในช่วง 4×10^5 Daltons ประมาณ 49%

ส่งผลให้เมื่อศึกษาคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและคุณสมบัติในการละลาย พบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าการดูดซับน้ำและค่าการการละลาย 465.45 ± 0.18 และ 5.62 ± 0.62 ตามลำดับ มากกว่าแบ่งเมล็ดมะขามหวานซึ่งมี 398.81 ± 7.01 และ $4.81 \pm 0.57\%$ ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดเจลพบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าความแข็งแรงของเจลมากกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ความเข้มข้นของเจลโลสและค่า pH เท่ากัน และพบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวที่ความเข้มข้น 2% ที่

pH3 ให้ความแข็งแรงเจลมากที่สุด การเพิ่มความเข้มข้นจะเพิ่มความแข็งแรงของเจล ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของค่าพีเอชส่งผลให้เจลอ่อนตัวและความแข็งแรงของเจลลดลง และจากการศึกษาคุณสมบัติด้านการไหลของเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวที่ความเข้มข้น 2% ที่ pH3 ด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์พบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยว แสดงพฤติกรรมการไหลแบบ Non-newtonian ชนิด pseudoplastic เจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีความหนืดเท่ากับ 1.02 Pa.s มากกว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานที่มีค่าความหนืด 0.869 Pa.s และพบว่าเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าโมดูลัสสะสม (G') มากกว่าค่าโมดูลัสสูญเสีย (G'') ซึ่งแสดงถึงสถานะของอีลาสติคหรือลักษณะคล้ายของแข็ง ในด้านคุณสมบัติทางด้านอิมันชัน พบว่าค่า Emulsifying activity (EA) และ Emulsion stability (ES) ของเจลโลสจากเมล็ดมะขามหวานและเจลโลสจากเมล็ดมะขามเปรี้ยว ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทปิ่นเพชรจำกัดที่ได้ให้การสนับสนุนเจลโลสจากเมล็ดมะขามในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชูศักดิ์ สัจจงพงษ์. (2550). *มะขาม พืชสร้างอนาคต*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มติชน.
- สินีนาม สุชะวลี. (2557). *สมบัติของเจลโลสจากผงเมล็ดมะขามต่อพฤติกรรมการเกิดเจล*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- สิริกร หนูสิงห์ และวรางคณา สมพงษ์. (2558). *ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของกัมเมล็ดมะขาม (Tamarindus indica L.)*. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53.
- Kumar, C.S., & Bhattacharya, S. (2008). *Tamarind Seed : Properties , Processing and Utilization*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 48, 1–20.
- Kaur, P., Sandhu, K.S., & Kaur, J. (2011). Pasting properties of Tamarind (Tamarindus indica) kernel powder in the presence of Xanthan, Carboxymethyl cellulose and Locust bean gum in comparison to Rice and Potato flour. *J. Food Sci. Tech*, 69, 251–255.
- Marathe, R.M., Annapure, U.S., Singhal, R.S., & Kulkarni, P.R. (2002). Gelling behavior of polyose from tamarind kernel polysaccharide. *Food Hydrocolloids*, 16, 423–426.
- Narkrugsa, W. (1996). Change in some Physiochemical Properties of Tapioca and Glutinous rice Starches After Microwave Heating. *Kasertsart Journal (Nat.Sci.)*, 30, 532–538.
- Nisbet, D.R., Crompton, K.E., Hamilton, S.D., Shirakawa, S., Prankerd, R.J., Finkelstein, D.I., Horne, M.K., & Forsythe, J.S. (2006). Morphology and gelation of thermosensitive xyloglucan hydrogel. *Biophysical Chemistry*, 121, 14–20.
- Nishinari, K., Takemasa, M., Zhang, H., & Takahashi, R. (2007). Storage plant polysaccharides : Xyloglucan, galactomannans, glucomannans. In Kamerling, J.P. *et al.* (eds), *Comprehensive Glycoscience*. Elsevier, Amsterdam, 614–652
- Somsiri, A. (1997). *Pilot scale production of tamarind seed polysaccharide*. Faculty of graduate studies mahidol university.

- Yasumatsu, K., Sawada, K., Moritaka, S., Misaki, M., Toda, J., Wada, T., & Ishii, K. (1972). Whipping and Emulsifying Properties of Soybean Products. *Agricultural and Biological Chemistry*, 36(5), 719–727.
- York, W.S., Halbeek, H.V., Darvill, A.G. and Albersheim, P. (1990). Structural analysis of xyloglucan oligosaccharides by H^1 NMR spectroscopy and fast bombardment mass spectrometry. *Carbohydrate Research*, 200, 9–31.

การพัฒนานวัตกรรมการผลิตปลาร้ามอยอัดก้อนกึ่งสำเร็จรูป ชาวมอยบ้านศาลาแดงเหนือ อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี

นันทปภัทร์ ทองคำ^{1*} วัฒนีย์ บุญวิทยา² ภาสุรี ฤทธิเลิศ³ หรรษา เวียงวะลัย⁴ อัมมณา สุขลิ้ม⁵ ณัฐวุฒิ หัตถดล⁶

Received : July 12, 2019

Revised : October 20, 2019

Accepted : December 23, 2019

บทคัดย่อ

ปลาร้ามอยเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญในการประกอบอาหารของชาวมอยมาเป็นเวลานาน ได้แก่ ปลาร้า หลน ปลาร้าทรงเครื่อง และปลาร้าสับ การพัฒนาปลาร้ามอยในรูปแบบปลาร้ามอยอัดก้อนกึ่งสำเร็จรูป เพื่อเพิ่มความสะดวกสบาย ในการประกอบอาหารและอนุรักษ์วัฒนธรรมอาหารชาวมอย วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อผลิตปลาร้ามอยอัดก้อนกึ่งสำเร็จรูป โดยนำปลาร้ามอยสดมาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 25 นาที จากนั้นนำปลาร้ามอยอบแห้งไปบดเป็นผงแห้งด้วยเครื่องปั่นแห้ง และนำไปผสมกับกลีเซอรินก่อนอัดก้อนด้วยอุปกรณ์อัดก้อน แต่ละก้อนมีขนาด 25 กรัม พบว่าปริมาณกลีเซอรินที่เหมาะสมต่อการอัดก้อนคือร้อยละ 9 ต่อน้ำหนักปลาร้าป่นแห้ง ผลการทดสอบทางเนื้อสัมผัสพบว่าปริมาณกลีเซอรินที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแข็ง การเกาะรวมตัวกัน ค่าความเหนียว และค่าพลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยวเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ค่า aw ลดลง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสปลาร้าหลนจากปลาร้ามอยอัดก้อน ด้านสีไม่แตกต่างกัน ด้านกลิ่นและกลิ่นรสผู้บริโภคให้คะแนนลดลงเมื่อเพิ่มกลีเซอรินมากขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาร้าก๊อ (ม.พช.135/2557) ผลการถ่ายทอดนวัตกรรมปลาร้ามอยก๊อโดยการสาธิตและนำมาหลนเปรียบเทียบกับปลาร้ามอยสด พบว่าชาวมอยบ้านศาลาแดงเหนือ อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี ให้การยอมรับปลาร้ามอยก๊อไม่แตกต่างกับปลาร้ามอยสด

คำสำคัญ : ปลาร้ามอย ปลาร้าอัดก้อน ปลาร้ามอยอัดก้อน

¹⁻⁵ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

⁶ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: nathmyai@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: nunphat@vru.ac.th

AN INNOVATIVE PLA-RA MON CUBE PRODUCT: MON COMMUNITY IN NORTH SALA DAENG, SAMKHOK, PATHUMTHANI

Nunpaphat Tongcom^{1*} Wattanee Boonwittaya¹ Pasuree Rittilert¹
Hunsa Wiangwalai¹ Annapha Suklim¹ Nuttawut Huttadol²

Abstract

Pla Ra Mon (a traditional Mon's salt fermented fish) is a key ingredient in cooking ethnic Mon recipes, for example, Pla Ra Ron, Pla Ra Song Kreung, Pla Ra Sub. Pla Ra Mon was innovatively created into a new product called Pla Ra Mon cube which can be used instantly in cooking compared to a traditional Pla Ra Mon. Through this way, Mon food heritage culture was as well indirectly conserved. The purpose of this study was to produce Pla Ra Mon cube using the following steps: tray drying Pla Ra Mon at 70 °C for 25 min, powdering dried Pla Ra Mon with a blender, mixing with glycerin; and forming a cube by which each cube weighed approximately 25 g using a fabricated laboratory scale hand-press machine. Results showed that optimum glycerin content was 9% by powdered Pla Ra Mon. Increasing glycerin content yielded an increase in hardness, cohesiveness, stickiness and chewiness textural parameters, on the other hand, a_w was decreased. Sensory evaluations was performed in a laboratory on Pla Ra Ron recipe using an innovative Pla Ra Mon cube. Acceptance scores on color were not different, whereas odor and flavor acceptance scores were lowered with increased glycerin content. Total plate count, yeast and mold was in accordance with Thai Community Product Standard (135/2557). When sensory tested in Mon community located at North Sala Deang, Samkhok, Pathumthani, likewise, Pla Ra Ron recipe cooked with Pla Ra Mon cube was not differed from that of traditional Pla Ra Mon.

Keywords : Pla Ra Mon, Pla Ra Cube, Pla Ra Mon Cube

¹⁻⁵ Food Science and Technology Program, Department of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage

² Food Science and Technology student, Department of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: nathmyai@gmail.com

*Corresponding author, e-mail: nunpaphat@vru.ac.th

บทนำ

จังหวัดปทุมธานีเดิมเป็นถิ่นฐานบ้านเมืองมาแล้วไม่น้อยกว่า 300 ปี นับตั้งแต่สมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราชแห่งกรุงศรีอยุธยา คือเมื่อปีพุทธศักราช 2202 มังนันทมิตรได้กวาดต้อนครอบครัวมอญเมืองเมาะตะมะ อพยพหนีภัยจากศึกพม่าเข้ามาพึ่งพระบรมโพธิสมภาร สมเด็จพระนารายณ์มหาราชทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ครอบครัวมอญเหล่านั้นไปตั้งบ้านเรือนอยู่ที่บ้านสามโคก ต่อมาแผ่นดินสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชแห่งกรุงธนบุรี ชาวมอญได้อพยพหนีพม่าเข้ามาพึ่งพระบรมโพธิสมภารอีกครั้งที่ 2 สมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ตั้งบ้านเรือนที่สามโคก และครั้งสุดท้ายในรัชกาลพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย ได้มีการอพยพชาวมอญครั้งใหญ่จากเมืองเมาะตะมะเข้าสู่ประเทศไทยเรียกว่า “มอญใหญ่” พระองค์ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ชาวมอญบางส่วนตั้งบ้านเรือนอยู่ที่บ้านสามโคกอีกเช่นเดียวกัน (สำนักงาน ททท. กรุงเทพฯ, 2552) มอญกับไทยมีความใกล้เคียงกัน เพราะมีการแลกเปลี่ยนทางวัฒนธรรมซึ่งกันและกัน อาหารหลักของมอญ คือ ข้าวสอยกินกับแกง เช่น แกงกระเจียบ แกงมะตาด แกงลูกมะสัน แกงมะรุม แกงขี้เหล็ก แกงบอน น้ำพริก และปลาร้ามอญ มานพ (2561) กล่าวว่าปลาร้ามอญ “ก๊ะฮะลือกโมน” เป็นการถนอมอาหารที่สำคัญของคนมอญบ้านศาลาแดงเหนือ ต.เชียงรากน้อย อ.สามโคก จ.ปทุมธานี อีกรูปแบบหนึ่ง ปลาที่คนมอญใช้ทำปลาร้าได้แก่ ปลาเบญจพรรณ ปลาหมู ปลากระดี่ ปลาสวาย ปลาหมอ ปลาชะแยง นำตัวปลาที่ตัดหัวใส่ในบิ๊บเพื่อทำการโหลกให้เกล็ดปลาหลุดออกจนตัวปลาขาว นำปลาที่ผ่านการโหลกไปใส่กระบุงล้างน้ำให้สะอาด และหมักปลาในกระบุงทิ้งไว้ 1-3 คืน ขึ้นกับขนาดของปลา นำปลาที่หมักมาคลุกกับเกลือเม็ดที่ตำหยาบๆ ในอ่างเคลือบ หมักต่ออีก 1-2 คืน นำปลาออกจากกระบุงเทใส่กระด้ง เพื่อร่อนเอาเกลือออกแล้วนำไปผึ่งแดดพอให้หมาดๆ ต่อจากนั้นจะนำปลามาโหลกในครกไม้ บิ๊บ หรืออ่างเพื่อให้ปลาเข้าตัวปลานี้มี ระหว่างการโหลกจะนำเอาข้าวสุกแช่น้ำมาโรยใส่ตัวปลา นำปลาที่โหลกคลุกเคล้าข้าวสุกได้ที่แล้วใส่ในไห หรือโอ่ง อัดแน่นจนเต็มแล้วเอากาบไผ่ตัดให้มีขนาดเท่าปากไหมาปิดทับแล้วนำไม้ไผ่มาผ่าเป็นซี่ๆ ขัดกาบไผ่อีกทีหนึ่งทิ้งไว้ประมาณ 2-3 เดือน ปลาจะยุบตัว ระหว่างเดือนแรกต้องคอยมาอัดปลาให้แน่น ทำความสะอาดปากไหป้องกันไม่ให้มีหนอนทุกๆอาทิตย์ ปลาร้ามอญสามโคกเป็นอาหารพื้นบ้านที่มีเอกลักษณ์บ่งบอกถึงวัฒนธรรมที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษ ซึ่งมีขั้นตอนในการผลิตค่อนข้างยุ่งยาก ประกอบกับปัจจุบันมีชาวมอญผลิตเพื่อจำหน่ายค่อนข้างน้อยรายเกรงว่ากระบวนการผลิตปลาร้ามอญจะสูญหาย ทางคณะนักวิจัยมีแนวคิดในการนำปลาร้ามอญมาอัดเป็นก้อนก็สำเร็จรูปเพื่อสะดวกในการรับประทาน การเก็บรักษา และเพิ่มมูลค่าโดยจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ให้กับชาวมอญในภูมิภาคต่างๆ สำหรับ ปลาร้าก้อน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาร้าที่หมักได้ที่ นำไปผ่านความร้อน เช่น เคี้ยว หรืออบจนหมด อาจเติมหรือปรุงส่วนผสมอื่นเพื่อช่วยทำให้เป็นก้อน เช่น ปลาร้าปน หรือกลีเซอรินแล้วทำให้เป็นก้อน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาร้าก้อน, 2557)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณกลีเซอรินที่เหมาะสมในการทำปลาร้ามอญอัดก้อน
2. เพื่อศึกษาคุณภาพของปลาร้ามอญอัดก้อน ทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมปลาร้าอัดก้อน นำปลาร้ามอญที่หมักครบระยะเวลา 6 เดือน โดยเป็นปลาร้ามอญที่ทำจากปลากระดี่ที่ผู้วิจัยได้หมักโดยใช้ภูมิปัญญา ของพี่ลำดวล เรืองสว่าง ชาวมอญศาลาแดงเหนือ ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี นำปลาร้าและน้ำเปล่าในอัตราส่วน 1:1 ใส่หม้อตั้งไฟเคี่ยวที่อุณหภูมิ

100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 นาที นำไปกรองแยกเอาก้างออก นำไปเคี่ยวต่อให้ความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 60 กระบวนการผลิตปลาร้ามอยผงบี้สำเร็จรูปและปลาร้ามอยอัดก้อน ดังแสดงในภาพที่ 1



1. หั่น และสับปลาร้าให้ละเอียด



2. นำปลาร้าผสมกับน้ำสะอาดอัตราส่วน 1:1



3. เคี่ยวใช้ไฟแรง 100 °C พอน้ำเริ่มแห้งให้ใช้ไฟอ่อนค่อยๆเคี่ยวใช้เวลาประมาณ 25 นาที



4. เคี่ยวให้ความชื้นเหลือ 60% โดยชั่งน้ำหนัก



5. นำปลาร้าไปเกลี่ยให้ทั่วถาดบางๆ ถาดมีรูรองด้วยผ้าขาวบาง



6. นำไปอบที่ ตู้อบลมร้อน 70 °C นาน 2 ชั่วโมง



7. ผึ่งให้เย็นลง ประมาณ 10 นาที



8. นำไปปั่นความเร็วต่ำนาน 2 นาที



9. นำปลาร้าผงบี้มาผสมกับกลีเซอรีน



11. นำไปใส่บล็อกอัดก้อน แม่พิมพ์สี่เหลี่ยม ขนาด กว้าง 4 ซม. ยาว 5 ซม. สูง 3 ซม.



12. ปลาร้าอัดก้อน

ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตปลาร้ามอยผงบี้สำเร็จรูปและปลาร้ามอยอัดก้อน

2. การศึกษาปริมาณกลีเซอรินที่เหมาะสมในส่วนผสมปลาร้าก๊อ

โดยนำปลาร้ามอดูปนแห้ง ผสมกับกลีเซอรินโดยแปรปริมาณกลีเซอรินเป็น 4 ระดับ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 6, 9 และ 12 (โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก) ดังแสดงในตารางที่ 1 นำส่วนผสมไปอัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยม อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C นาน 3 ชั่วโมง (ดัดแปลงจากสมสมร และ เพ็ญพรรณ, 2553) นำปลาร้าผงชั่งน้ำหนัก 250 กรัม รองด้วยกระดาษบาง อัดลงในแม่พิมพ์สี่เหลี่ยมให้แน่น (นำออกมาห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยด์บรรจุลงในถุงที่เป็นอลูมิเนียมฟอยด์ปิดผนึกในสภาพอากาศปกติ และศึกษาคุณภาพต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 1 วัตถุประสงค์ในการผลิตปลาร้ามอดูก่อนผสมกลีเซอริน

วัตถุประสงค์ (กรัม)	ปริมาณ (กรัม)			
	ระดับ 0%	ระดับ 9%	ระดับ 12%	ระดับ 15%
ปลาร้าผง	500	500	500	500
กลีเซอริน	0	45	60	75

ที่มา: (ดัดแปลงจาก นภาพร, 2556)

2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพทั้ง 4 สูตร ได้แก่

2.1.1 วัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ได้แก่ Hardness, Adhesiveness, Springiness, Cohesiveness, Gumminess และ Chewiness หัววัด aluminum cylinder probe (P36R) with 25% compression force (Bah HB, et al., 2018)

2.1.2 วัดค่าสี L* a* และ b* เครื่องวัดสีแบบ color meter รุ่น CR-10 (Minolta, Japan) (นภาพร, 2556) วัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) ด้วยเครื่อง Aqualab Series

2.2 ทดสอบทางประสาทสัมผัส

2.2.1 ปลาร้าแบบก๊อ ทั้ง 4 สูตร คือที่เติมกลีเซอรินที่ 0, 9, 12 และ 15 % ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 25 คนทดสอบด้าน สี กลิ่น และกลิ่นรส โดยมีระดับคะแนน 1-3 เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาร้าก๊อ (มผช.135/2557)

2.2.2 นำปลาร้าหลนแบบก๊อสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยนำมาแปรรูปเป็นปลาร้าหลน และใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 25 คน ทดสอบด้าน สี กลิ่น และกลิ่นรส โดยมีระดับคะแนน 1-3 เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาร้าก๊อ (มผช.135/2557)

2.3 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ในสูตรที่เหมาะสมที่ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุดเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ได้แก่ วอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และหาปริมาณพลังงานทั้งหมด โดยวิธี Calories conversion factor ของ Atwater (2006) คำนวณโดยใช้ค่า conversion factor สำหรับโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน เท่ากับ 4, 4 และ 9 kcal/g ตามลำดับ

2.4 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ในสูตรที่เหมาะสมที่ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุดเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า ได้แก่

2.4.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม อ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาร้าก๊อ (มผช.135/2557)

2.4.2 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม อ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาร้าก๊อง (มพช.135/2557)

4. การถ่ายทอดนวัตกรรมปลาร้ามอยก๊อง มีการบันทึกวิดีโอความเป็นมาปลาร้ามอย การทำปลาร้ามอย และการทำปลาร้ามอยก๊องและนำไปหลน การทดสอบทางประสาทสัมผัสปลาร้าก๊องเปรียบเทียบกับปลาร้ามอยสดโดยนำมาหลนแล้วไปทดสอบกับผู้ชิมชาวมอยบ้านศาลาแดงเหนือ ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี โดยใช้การทดสอบการยอมรับแบบ 5-point hedonic scale (1 ไม่ชอบมากที่สุด 3 เฉยๆ 5 ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบ 23 คน

5. สถิติที่ใช้ในการวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ทางกายภาพ จุลินทรีย์ จะวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาปริมาณกลีเซอรินที่เหมาะสมในส่วนผสมปลาร้าก๊อง

1.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพทั้ง 4 สูตร ได้แก่

1.1.1 วัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) จะเป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ของเนื้อสัมผัสของอาหารที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีแรงมากระทำ โดยพบว่าค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) ค่าพลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยว (Chewiness) และค่าความเหนียว (Gumminess) เพิ่มขึ้นเมื่อใช้กลีเซอรินเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสามารถในการเกาะยึดติดผิววัสดุ (Adhesiveness) เป็นค่าติดลบโดยจะติดลบมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอริน ซึ่งระดับที่มีการเกาะยึดกับและมีความแข็งที่เหมาะสมในการทำปลาร้าก๊อง อยู่ที่ 9% ส่วนที่ระดับ 12% และ 15% จะแข็งเกินไปเกาะกันแน่นไป ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงค่าเนื้อสัมผัสปลาร้ามอยก๊องที่ใช้กลีเซอรินที่ระดับ 0, 9, 12 และ 15 %

คุณลักษณะ	ปริมาณกลีเซอริน (%)			
	0	9	12	15
Hardness	6341.95±5007.16	21777.02±15369.78	22544.02±13971.65	23996.11±12072.91
Adhesiveness	-9.33±6.99	-225.75±307.88	-312.18±190.16	-552.45±414.55
Springiness	0.82±0.84	1.21±0.73	1.39±0.91	1.44±0.91
Cohesiveness	0.75±0.81	1.05±0.73	1.17±0.82	1.25±1.15
Gumminess	2575.73±2790.23	8196.18±7787.05	8856.97±6676.44	8966.70±5873.40
Chewiness	1146.40±1374.70	3662.12±4015.69	4195.17±3329.00	4677.16±2869.77

1.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสี L^* a^* และ b^* และการวัดค่า a_w ผลการศึกษา พบว่าค่าสี L^* มีความแตกต่างกัน ที่ระดับ 9 12 และ 15 % มีความแตกต่างกันกับสูตรควบคุม เมื่อเติมกลีเซอรินปริมาณเพิ่มขึ้นปลาร้ามอยก๊องก่อนจะมีสีคล้ำขึ้น (ดังภาพที่ 2) ค่าสี L^* หรือความสว่างจะลดลง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับค่า a_w ที่ลดลง เนื่องจากทำปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างโปรตีนกับกลีเซอริน (Barrett et al. 1998)

ในขณะที่ a^* ไม่มีความแตกต่างกันเนื่องจากกลีเซอรินมีความใส ส่วนค่า b^* ที่ระดับ 9% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า a_w พบว่าทั้ง 4 สูตรมีความแตกต่างกัน โดยค่า a_w จะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรินมากขึ้น เนื่องจากกลีเซอรินเป็นสารประกอบ polyhydroxy alcohol ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ในโมเลกุลหลายหมู่ ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของกลีเซอรินจึงยิ่งทำให้มีการมีการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้มากขึ้น (พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์และคณะ, 2553) มีไปทำให้สัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำในอาหารเพิ่มขึ้น อาหารจึงมีความชื้นสัมพัทธ์และค่า a_w ในแนวโน้มที่ลดลง โดยมีค่า a_w ของปลาร้ามอยู้อัดก่อนควบคุมและทุกความเข้มข้นที่ใช้กลีเซอริน มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.85 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปลาร้าก๊อ (มผช.135/2557) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าสี L^* a^* และ b^* และค่า a_w ในปลาร้ามอยู้อัดก่อนที่ใช้กลีเซอรินที่ระดับ 0, 9, 12 และ 15 %

ปริมาณกลีเซอริน (%)	ค่าสี L^*	ค่าสี a^*	ค่าสี b^*	ค่า a_w
0	51.73 ^a ± 1.002	-0.80 ± 0.361	26.63 ^a ± 0.379	0.667 ^a ± 0.010
9	47.00 ^b ± 0.625	-0.37 ± 0.058	25.19 ^a ± 0.764	0.665 ^b ± 0.014
12	43.37 ^c ± 0.833	-0.47 ± 0.289	23.13 ^b ± 1.137	0.610 ^{bc} ± 0.013
15	43.03 ^c ± 0.586	-0.73 ± 0.208	22.50 ^b ± 0.721	0.588 ^c ± 0.022

หมายเหตุ : L^* = มีค่า 0 – 100 (0 สีดำ, 100 สีขาว)

a^* = แสดงสีแดง – เขียว (a เป็นบวก = สีแดง, a เป็นลบ = สีเขียว)

b^* = แสดงสีเหลือง – สีนํ้าเงิน (b เป็นบวก = สีเหลือง, b เป็นลบ = สีนํ้าเงิน)

1.2 ทดสอบทางประสาทสัมผัส

1.2.1 ปลาร้าแบบก๊อ ทั้ง 4 สูตร คือที่ใช้กลีเซอรินที่ 0, 9, 12 และ 15 % ผู้ทดสอบเป็นชาวมอยู โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานเป็นแบบ 1-3 คะแนน ตามเกณฑ์การประเมินของ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาร้าก๊อ (มผช.135/2557) ผลการทดสอบลักษณะปรากฏพบว่าปลาร้าก๊อที่ใช้กลีเซอริน 0 % มีลักษณะไม่เกาะรวมตัวกัน ร่วนแตกได้ง่าย ดังแสดงในภาพที่ 2 เมื่อนำปลาร้ามอยู้อัดก่อนทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และกลิ่นรส ความชอบรวม (ไม่มีความชอบรวมหรือคะ) ผู้บริโภคให้คะแนนมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณกลีเซอรินเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Chaiwanichsiri et al. (2011) ที่ใช้กลีเซอรอลเติมในซาลาเปาที่ระดับ 2.5 และ 5.0% (น้ำหนักแห้ง) ผู้บริโภคให้การยอมรับให้การยอมรับในทุกๆด้านลดลงตามปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) พบว่าเมื่อใช้กลีเซอรินมากขึ้นสีจะคล้ำมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่าผู้บริโภคชอบที่ใช้กลีเซอรินระดับ 9% เนื่องจากมีสีสว่างใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ด้านกลิ่น กลิ่นปลาร้าลดน้อยลงเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอริน ด้านกลิ่นรส พบว่าเมื่อปริมาณกลีเซอรินสูงขึ้นปลาร้าก๊อจะมีรสหวาน โดยเฉพาะที่ระดับ 12% และ 15 % เนื่องจากกลีเซอรินจัดอยู่ในกลุ่มน้ำตาลแอลกอฮอล์ ผู้บริโภคจึงยอมรับสูตรที่ใช้กลีเซอริน 9% คะแนนค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสปลาร้าหมักก่อนที่ใช้กลีเซอรินที่ระดับ 0, 9, 12 และ 15 %

ปริมาณ กลีเซอริน (%)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับ		
	สี	กลิ่น	กลิ่นรส
0 (Control)	2.88±0.44 ^a	2.16±0.62 ^a	2.24±0.66 ^{ab}
9	2.52±0.59 ^a	2.24±0.06 ^a	2.40±0.65 ^a
12	1.84±0.80 ^b	1.88±0.60 ^{ab}	1.96±0.54 ^{bc}
15	1.64±0.64 ^b	1.68±0.56 ^b	1.76±0.60 ^c

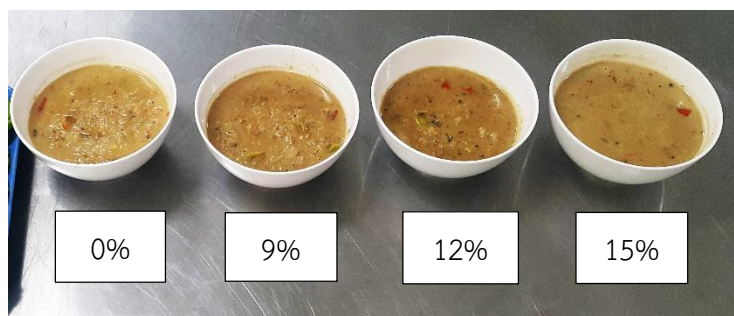
หมายเหตุ : ^{abc} คือ ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ภาพที่ 1** แสดงค่าสี L* a* และ b* ในปลาร้าหมักก่อนที่ใช้กลีเซอรินในระดับ 0, 9, 12 และ 15 %

1.2.2 ปลาร้าแบบก้อนสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยนำมาแปรรูปเป็นปลาร้าหลน และใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ด้านสีทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกัน ด้านกลิ่น สูตรที่ใช้กลีเซอริน 9% และ 12 % ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมและมีแนวโน้มสูตรที่ใช้กลีเซอริน 9% จะมีคะแนนสูง คือ 2.68 และด้านกลิ่นรส สูตรที่ใช้กลีเซอริน 9% ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม แต่แตกต่างกับสูตรที่ใช้กลีเซอริน 12% และ 15% เนื่องจากกลีเซอรินเป็นสารให้ความหวาน (ปัทมกรและก่องกาญจน์, 2547) การเติมกลีเซอรินในปริมาณมากจะทำให้รสชาติของปลาร้าหลนมีความหวานมากเกินไป ทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนด้านรสชาติมีแนวโน้มต่ำลงเมื่อปริมาณกลีเซอรินเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 3

ตารางที่ 5 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสปลาร้าหมักก่อนที่ใช้กลีเซอรินที่ระดับ 0, 9, 12 และ 15 %

ปริมาณ กลีเซอริน (%)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับ		
	สี ^{ns}	กลิ่น	กลิ่นรส
0 (Control)	2.68±0.748	2.80 ^a ± 0.645	2.88 ^a ± 1.201
9	2.60±1.472	2.68 ^{ab} ± 1.275	2.52 ^{ab} ± 1.475
12	2.40±1.323	2.60 ^{ab} ± 1.291	2.44 ^b ± 1.325
15	2.48±1.262	2.56 ^b ± 1.557	2.36 ^b ± 1.114



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบปลาร้าหมักก่อนหล่นที่ใช้กลีเซอรีนที่ระดับ 0, 9, 12 และ 15 %

1.3 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ในสูตรที่เหมาะสมที่ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุด เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ได้แก่ น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และปริมาณพลังงานทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่า คุณค่าทางโภชนาการปลาร้าอัดก้อนประกอบด้วยความชื้น 17.73 โปรตีน 20.38 กรัม ไขมัน 10.33 คาร์โบไฮเดรต 19.79 กรัม เถ้า 30.95 และ เส้นใย 0.82 และ ค่าพลังงาน และ a_w เท่ากับ 253.65 และ 0.665 ตามลำดับ ปลาร้าก้อน ที่ใส่กลีเซอรีน 9 % จะมีความชื้นสูงกว่าสูตรควบคุมโดยมีค่าเท่ากับ 21.75 โปรตีน 21.36 กรัม ไขมัน 8.24 คาร์โบไฮเดรต 20.04 กรัม เถ้า 28.42 เส้นใย 0.19 และ ค่าพลังงาน และ a_w เท่ากับ 239.76และ 0.667 ตามลำดับ ความชื้นน้อยกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากกลีเซอรีนมีคุณสมบัติดูดความชื้นป้องกันการระเหยความชื้น ทั้งสองสูตรมี ปริมาณโปรตีน โดยสูตรควบคุมมี 20.38 และสูตรที่ใช้กลีเซอรีน 9%มี 21.36 สอดคล้องกับ ศศิภาณุจัน และสิทธิเดช (2558) ศึกษาปลาร้าอัดก้อนพบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการ ประกอบด้วย โปรตีน 20.24 กรัม คาร์โบไฮเดรต 21.92 กรัม ไขมัน 6.42 กรัม แคลเซียม 126 มิลลิกรัม เหล็ก 2.65 มิลลิกรัม และฟอสฟอรัส 196 มิลลิกรัม

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของปลาร้าหมักก่อนสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับสูตรที่ยอมรับมากที่สุด

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของน้ำหนัก)	ปริมาณกลีเซอรีน (%)	
	0 (Control)	9
ความชื้น	17.73	21.75
โปรตีน	20.38	21.36
ไขมัน	10.33	8.24
เถ้า	30.95	28.42
ใยอาหาร	0.82	0.19
คาร์โบไฮเดรต	19.79	20.04
พลังงาน	253.65	239.76
a_w	0.667	0.665

การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในสูตรควบคุมและสูตรที่เติมกลีเซอรีน 9% มี $< 2.5 \times 10^2$ โดยไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาร้าก้อน (มผช.135/2557) ที่กำหนดไว้ต้องมีน้อยกว่า $1 \times$

10^4 โคโลนีต่อตัวอย่างปลาร้ามอยก๊อน 1 กรัม ส่วนยีสต์และรา ทุกเพลทมีจำนวนโคโลนีน้อยกว่า 10 พบบี ซึ่งตามเกณฑ์ ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม อ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาร้าก๊อน (มพช. 135/2557)

2. การถ่ายทอดนวัตกรรมปลาร้ามอยก๊อนและนำไปหลนเพื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ปลาร้าก๊อนเปรียบเทียบกับปลาร้ามอยสด ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยอัตราส่วนของปลาร้าก๊อนจะใช้ 250 กรัม ส่วนปลาร้าสดจะใช้ 500 กรัม กะทิสด 500 กรัม แล้วนำไปทดสอบกับผู้ชิมชาวมอยบ้านศาลาแดงเหนือ ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี ทดสอบการยอมรับของชาวมอยบ้านศาลาแดงเหนือโดยใช้การทดสอบการยอมรับแบบ 5-point hedonic scale (1 ไม่ชอบมากที่สุด 3 เฉยๆ 5 ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบ 23 คน ผลการทดสอบพบว่าชาวมอยบ้านศาลาแดงเหนือยอมรับปลาร้ามอยหลนที่ทำจากปลาร้ามอยสดและปลาร้ามอยก๊อนไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปลาร้ามอยก๊อน และปลาร้ามอยสด ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากันคือ 4.91 ± 0.42



ภาพที่ 4 การถ่ายทอดนวัตกรรมปลาร้ามอยก๊อนและนำไปหลนเพื่อทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสกับชาวมอยบ้านศาลาแดงเหนือ ต.เชียงรากน้อย อ.สามโคก จ.ปทุมธานี

สรุป

ปลาร้ามอยรูปแบบเดิมในปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบใหม่คือปลาร้ามอยอัดก้อนกึ่งสำเร็จรูปซึ่งสามารถนำไปใช้ทดแทนปลาร้ามอยสดในอัตราส่วนปลาร้าสด ต่อปลาร้าอัดก้อนกับ 1:2 โดย การศึกษาการผลิตนวัตกรรมปลาร้ามอยอัดใช้กลีเซอริน 9, 12, 15% พบว่า ปริมาณกลีเซอรินที่เหมาะสมคือ 9% ของน้ำหนักปลาร้ามอยแห้งป่น (กลีเซอรินเป็นสารที่จะทำให้ปลาร้าป่นมาจับตัวกันก่อนการอัดเป็นก้อนโดยใช้เครื่องอัด) เนื่องจากการใช้กลีเซอรินมากขึ้นจะทำให้ค่าความแข็ง การเกาะรวมตัวกัน ค่าความเหนียว ค่าพลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยวเพิ่มสูงขึ้น แต่ข้อดีของการใช้กลีเซอรินส่งผลให้ค่า a_w ลดลง ทำให้สามารถเก็บรักษา ปลาร้ามอยอัดก้อนได้นานกว่าปลาร้ามอยสด เมื่อนำปลาร้ามอยอัดก้อนที่ใช้กลีเซอรินระดับต่างๆกันมาทดสอบ ทางประสาทสัมผัสโดยใช้ปลาปลาร้ามอยหลน พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีไม่แตกต่างกัน ส่วนด้านกลิ่นและกลิ่นรสผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงเมื่อเพิ่มกลีเซอรินมากขึ้น ปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.135/2557) เมื่อนำนวัตกรรมปลาร้ามอยอัดก้อนไป ถ่ายทอดคั้นแก้มขมขานวามมอยโดยนำไปทำเป็นปลาร้ามอยหลน พบว่าขามมอยให้การยอมรับปลาร้ามอยหลนที่ ทำจากปลาร้ามอยอัดก้อนไม่แตกต่างไปจากปลาร้ามอยหลนที่ทำจากปลาร้ามอยสด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาในเรื่องอายุการเก็บรักษาเพื่อพัฒนาต่อยอดเชิงพาณิชย์
2. ควรมีการคิดค้นนวัตกรรมจากปลาร้ามอยให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง การอนุรักษ์พัฒนาและเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบอาหารจากภูมิปัญญาขามมอย อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย (ทุน วช) จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ปีงบประมาณ 2561 ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ขอขอบคุณป้าลำตวน เรื่องสว่าง พี่เรืองทิพย์ เรื่องสว่าง ที่ให้ความรู้และถ่ายทอดวิธีการผลิตปลาร้ามอย และปลาร้ามอยหลน ขอขอบคุณนายมานพ แก้วหยก ปราษฎ์ ขาวบ้าน บ้านศาลาแดงเหนือ ต.เชียงรากน้อย อ.สามโคก จ.ปทุมธานี ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของขามมอยบ้านศาลาแดงเหนือ ความรู้เกี่ยวกับอาหารมอย

เอกสารอ้างอิง

- นภาพร ก้อนมณี. (2556). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพของพริกแกงเผ็ดอัดก้อน. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ปัทมกร พรหมจรรย์ และ ก่องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์. (2005). การลดค่าออกเตอร์แอกติวิตีผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) กึ่งแห้ง. *Sonklanakarin J. Sci. Technol.* 27(3): 617-631.
- พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, มณฑิรา นพรัตน์, จุฬารัตน์ แจ้งกระจ่าง, ญาดา แสงพริ้ง และวันดี อยู่เจริญ. (2553). ผลของการลวก กรดซิตริกและกลีเซอรอลต่อคุณภาพของมะพร้าวอบแห้ง. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* 41(3/1) (พิเศษ): 145-148.
- มานพ แก้วหยก. (2561). *ปลาร้ามอย*. [ระบบออนไลน์]. สืบค้น 9 มีนาคม 2562 จาก https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=2162274357435141&id=1760062244323023.

- ศศิกาญจน์ หมอกมีชัย และ สิทธิเดช หมอกมีชัย. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาร้าภูมิปัญญาท้องถิ่นอีสานสู่ผลิตภัณฑ์แปรรูปเชิงพาณิชย์. การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ “ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3” 20-23 พฤษภาคม 2558. *ราชภัฏนครราชสีมา* :13-19.
- สมสมร แก้วบริสุทธิ์ และ พรรณ ศรีสกุลเตียว. (2553). โครงการการจัดการทรัพยากรน้ำในนาเกลือสินเธาว์เพื่อการเพาะเลี้ยงและแปรรูปสัตว์น้ำ เพิ่มรายได้ให้สมาชิกชุมชนสหกรณ์ผู้ผลิตเกลือสินเธาว์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นจาก https://www.kku.ac.th/news/v.php?q=0002925&l=th&fb_comment_id=1213225445371358_2019696941390867
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2557). *ปลาร้าก๊อ้น*. มาตรฐานเลขที่ มผช.135/2535. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงาน ททท.กรุงเทพ. (2552). เมืองไทยครีกครั้น เศรษฐกิจไทยคึกคัก ปทุมธานี. [ระบบออนไลน์]. สืบค้น 9 มีนาคม 2562 , จาก https://thai.tourismthailand.org/fileadmin/upload_img/Multimedia/Ebrochure/79/23-ปทุมธานี.pdf.
- Bah, HB., Du, X., Zheng, H., Wang, X., Diallo, A., Bah, H. and Soualiou, S. (2018). Comparing Microporous and Native Corn Starch as Binders on the Textural Properties of African Locust Bean Bouillon Cubes. *Journal of Food*.
- Barrett, A.H., Briggs, J., Richardson, M. and Reed, T. (1998). Texture and Storage Stability of Processed Beef Sticks as Affected by Glycerol and Moisture Levels. *Journal of Food Science*. 63(1): 84-87.
- Chaiwanichsiri, S., Poonnakasem, N. and Laohasongkram. K. (2011). Process development of ready-to-eat custard cream filled Chinese steamed bun. *Procedia Food Science*. 1:822-828.

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดประสิทธิภาพการขนส่งที่มีต่อเศรษฐกิจและการระบบขนส่ง ของประเทศไทย

ประภาวรรณ แพงศรี^{1*} สิริรัตน์ พึ่งชมภู²

Received : July 26, 2019

Revised : October 2, 2019

Accepted : December 23, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของโครงการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภาพ
แบบการขนส่งในอนาคตและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดประสิทธิภาพการขนส่ง (Logistics
Performance Index: LPI) ที่มีต่อเศรษฐกิจและการระบบขนส่งของประเทศไทย โดยใช้การวิเคราะห์เชิงลำดับ
ขั้น (Analytical Hierarchy Process: AHP) และการวิเคราะห์เชิงโครงสร้าง (Structural Equation Modeling,
SEM) ผลการวิจัย พบว่าปัจจัยด้านการดำเนินการทางด้านศุลกากรมีความสำคัญมากที่สุดและโครงการระเบียง
เศรษฐกิจภาคตะวันออก (EEC) เป็นโครงการที่สำคัญลำดับแรกที่มีผลต่อเศรษฐกิจประเทศไทย ส่วนในด้าน
ความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดประสิทธิภาพการขนส่งที่มีต่อเศรษฐกิจและการระบบขนส่งของประเทศไทย พบว่า
ปัจจัยด้านการขนส่งส่งผลต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตัวแปรสังเกตด้านเศรษฐศาสตร์ที่นิยม
ใช้ในโมเดลเศรษฐกิจ

คำสำคัญ : ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการขนส่ง การวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น การวิเคราะห์เชิงโครงสร้าง

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
จังหวัดปทุมธานี.

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
e-mail: sirirat.pungchompoo@gmail.com

ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: prapawan@vru.ac.th

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE LOGISTICS PERFORMANCE INDEX ON THE ECONOMY AND TRANSPORTATION SYSTEM OF THAILAND

Prapawan Pangsri^{1*} Sirirat Pungchompoo²

Abstract

The objective of this research was to prioritize the projects that affect the future transportation model changes and to study the relationship between the Logistics Performance Index (LPI) with the economy and transportation system of Thailand using the Analytical Hierarchy Process: AHP and Structural Equation Modeling: SEM. The result found that the most important aspects are customs operations and the Eastern Economic corridor: EEC was the first major project affecting the Thai economy. The relationship between Logistics Performance Index on the economy and the transportation system of Thailand found that transportation factors affect the economy of the country less than economic observation variables used in econometric models.

Keywords : Logistics Performance Index, Analytical Hierarchy Process, Structural Equation Modeling

¹ Assistant Professor, Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage.

² Assistant Professor Dr., Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya
e-mail: sirirat.pungchompoo@gmail.com

* Corresponding author, e-mail: prapawan@vru.ac.th

บทนำ

การขนส่งสำหรับการค้าระหว่างประเทศในปัจจุบัน มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางโลจิสติกส์ ทุกประเทศจะให้ความสำคัญในการสนับสนุนการพัฒนาโลจิสติกส์ของประเทศ เพื่อให้สามารถบริหารจัดการกระบวนการทั้งการนำเข้า และการส่งออกอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมศักยภาพด้านการแข่งขันสำหรับการค้าระหว่างประเทศ ซึ่งการค้าของแต่ละประเทศถือเป็นแรงขับเคลื่อนที่สำคัญของการขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังจากมีการเกิดขึ้นของกระแสโลกาภิวัตน์ ทำให้การลงทุนระหว่างประเทศและปริมาณการค้าเติบโตขึ้นอย่างก้าวกระโดด (Oxford Business Group, 2018) ปัจจัยที่มีผลกระทบกับการค้าโลก คือ การขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยการขยายตัวทางเศรษฐกิจนั้นเป็นผลมาจากการบริหารจัดการระบบการขนส่ง หรือโลจิสติกส์ภายในประเทศ ซึ่งในระยะเวลาที่ผ่านมาประเทศไทยให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ เพื่อสนับสนุนให้เป็นศูนย์กลางการค้า การบริการ และการลงทุนในภูมิภาค รวมทั้งสนับสนุนการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ แผนการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานทางคมนาคมจำนวนมากที่รัฐบาลมีการผลักดันอย่างต่อเนื่อง เช่น การลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานทางบก ทางราง ทางน้ำ และทางอากาศ ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกหรืออีอีซี (Eastern Economic Corridor: EEC) ซึ่งสามารถเชื่อมต่อเข้ากับโครงการ Belt and Road Initiative (BRI) ของจีนได้ในอนาคต B. Derudder et al., 2018)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

จัดลำดับความสำคัญของโครงการที่คาดว่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภาพแบบการขนส่งในอนาคตและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดประสิทธิภาพการขนส่ง (Logistics Performance Index: LPI) ที่มีต่อเศรษฐกิจและการระบบขนส่งของประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

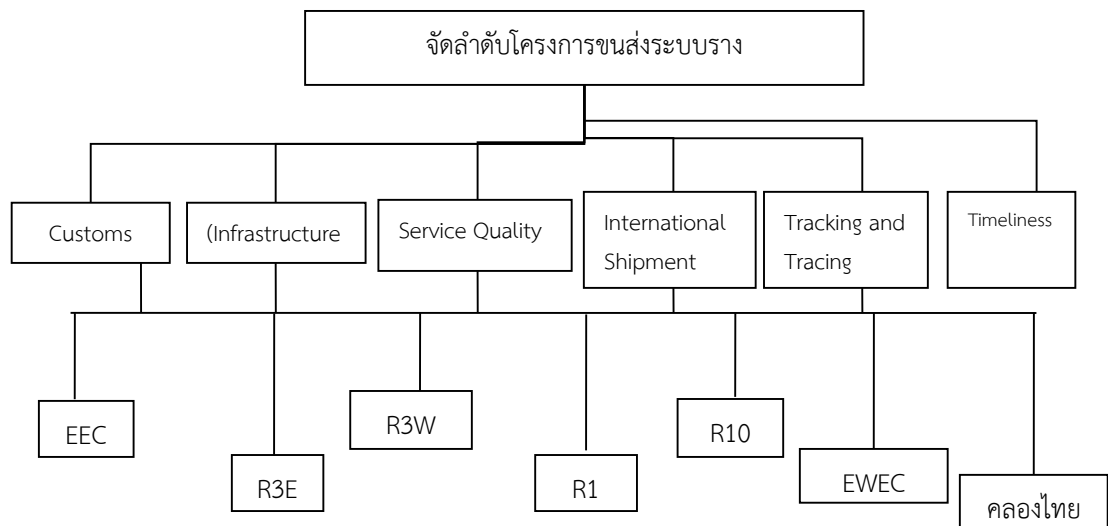
ศึกษาโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process: AHP) การกำหนดปัจจัยและหาค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยในการประเมินตัวชี้วัดด้านประสิทธิภาพโลจิสติกส์ (LPI) และจัดทำโมเดลความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างระหว่างตัวชี้วัดประสิทธิภาพการขนส่งที่มีผลต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยโดยใช้การวิเคราะห์เชิงโครงสร้าง (Structural Equation Modeling, SEM)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์การจัดลำดับโครงการโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process: AHP)

จากข้อมูลเบื้องต้น พบว่าประเทศไทยมีโครงการสำคัญหลายโครงการ และมีปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อดำเนินโครงการได้ 6 ด้าน ดังนี้ การดำเนินการทางด้านศุลกากร (Customs) คุณภาพของโครงสร้างพื้นฐานด้านการค้าและการขนส่ง (Infrastructure) ความสามารถและคุณภาพของธุรกิจโลจิสติกส์ในประเทศ (Logistics Competence/Service Quality) ความง่ายในการจัดการการขนส่งระหว่างประเทศ (International Shipment) ความสามารถในการสืบค้นสินค้าระหว่างมีการขนส่ง (Tracking and Tracing) และความตรงต่อเวลาในการจัดส่ง (Timeliness) (Investopia, 2018) ดังนั้นในการหาลำดับความสำคัญของโครงการภายใต้เกณฑ์ปัจจัยที่กำหนดนั้นจึงเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการเพื่อช่วยในการตัดสินใจ การศึกษาความเป็นไปได้ของการ

ดำเนินการปรับเปลี่ยนภาพแบบการขนส่งที่เชื่อมโยงภายใต้ กับโครงการสำคัญเพื่อการขนส่งสินค้าในตลาดโลก จำนวน 7 โครงการ ประกอบด้วย โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC), เส้นทางสาย แม่สาย-เชียงตุง-เชียงรุ่ง-คุนหมิง ไทยช่วยสร้างสะพานมิตรภาพ ข้ามแม่น้ำสาย แห่งที่ 2: R3E, เส้นทางสาย เชียงของ-หลวงน้ำทา-เชียงรุ่ง-คุนหมิง ไทย จีน และ ADB: R3W, トラด-เกาะกง-สเรอัมปีล: R1, เส้นทางเลียบชายฝั่งทะเลไทย-กัมพูชา-เวียดนาม: R10, การพัฒนาแนวพื้นที่เศรษฐกิจ ตะวันออก-ตะวันตก: EWEC และโครงการคลองไทย (M.Kon, 2018; N. Shaiful et.al,2016) โดยในการ จัดลำดับโครงการสามารถแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 1 แผนภูมิลำดับชั้น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามทฤษฎีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process; AHP) แสดงค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

ปัจจัย	ค่าน้ำหนัก
การดำเนินการทางด้านการศุลกากร	0.395
คุณภาพของโครงสร้างพื้นฐานด้านการค้าและการขนส่ง	0.155
ความสามารถและคุณภาพของธุรกิจโลจิสติกส์ในประเทศ	0.142
ความง่ายในการจัดการการขนส่งระหว่างประเทศ	0.210
ความสามารถในการสืบค้นสินค้าระหว่างมีการขนส่ง	0.065
ความตรงต่อเวลาในการจัดส่ง	0.032

จากการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของข้อมูลมีค่าเท่ากับ 0.08 ซึ่งค่าที่ได้น้อยกว่า 0.1 ดังนั้นจึงถือว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกัน จึงสามารถนำข้อมูลมาคำนวณในขั้นตอนต่อไปได้

ตารางที่ 2 ค่าน้ำหนักและลำดับความสำคัญของโครงการจากทุกปัจจัย

โครงการ	ค่าน้ำหนัก	ลำดับ
EEC	0.24283	1
R3E	0.15851	3
R3W	0.16564	2
R1	0.07489	5
R10	0.06820	6
EWEC	0.13103	4
โครงการคลองไทย	0.05384	7

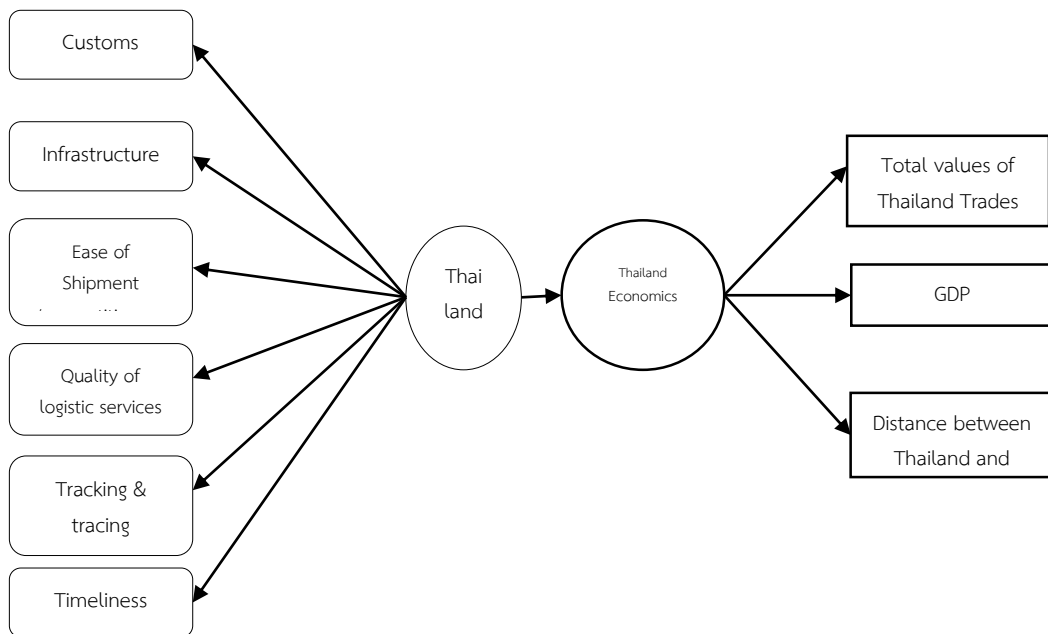
ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศคือ การดำเนินการด้านศุลกากร รองมาเป็นความสามารถและคุณภาพของธุรกิจโลจิสติกส์ในประเทศ ที่ไทยควรให้ความสำคัญในการพัฒนาการขนส่งก่อนเป็นขั้นต้นเพื่อรองรับการปรับเปลี่ยนภาพแบบการขนส่งแบบหลายภาพแบบที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โครงการที่มีความสำคัญในลำดับแรกคือโครงการ EEC อาจเนื่องจากเป็นโครงการที่เชื่อมต่อท่าเรือแหลมฉบังและรัฐบาลสนับสนุนเพื่อให้เกิดการเติบโตทางเศรษฐกิจ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดประสิทธิภาพการขนส่ง (Logistics Performance Index: LPI) ที่มีต่อเศรษฐกิจไทยโดยการวิเคราะห์เชิงโครงสร้าง (Structural Equation Modeling, SEM)

ในเบื้องต้นได้ตั้งสมมติฐานสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพระดับสำหรับตัวแปรคือ. H_0 : ปัจจัยย่อยแต่ละปัจจัยส่งผลกระทบต่อปัจจัยหลัก โดยใช้โปรแกรมสถิติ AMOS version 21. เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกต (Observed Variable) ที่ได้จากแบบสอบถามกับตัวแปรแฝง (Latent Variable) ซึ่งเป็นการกำหนดขึ้นจากการรวมกลุ่มของตัวแปรตามแนวคิดและทฤษฎีซึ่งได้ศึกษามา เพื่อยืนยันว่าองค์ประกอบเป็นไปตามหลักทฤษฎีและแนวคิดนั้น นอกจากนั้นยังสามารถเปรียบเทียบได้อีกว่าตัวแปรใดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรแฝงมากที่สุดโดยเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของตัวแปร การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่ 1 (First-order Factor Model) ผลที่ได้ คือ $CMIN = 603.62$, $GFI = 0.938$, $RMR = 0.002$ แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และพบว่าค่าน้ำหนักปัจจัย (Regression Weight) มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ นั้นแสดงให้เห็นว่า ความสำคัญสำหรับตัวแปรสังเกตได้ของปัจจัยแฝง “Thailand Logistics” นั้นเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับได้ดังต่อไปนี้ Quality of logistic services (1.699), Timeliness (1.430), Tracking & tracing (1.400), Customs (1.020), Infrastructure (1.000) และ Ease of Shipment /competitiveness (0.540)

จากนั้นจึงพิจารณาปัจจัยด้านเศรษฐกิจเพิ่มเติมโดยกำหนดเป็นปัจจัยแฝง “Thailand economics” โดยสามารถวัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร คือ มูลค่าการค้าระหว่างประเทศไทยกับประเทศคู่ค้าทั้งมูลค่าการนำเข้าและส่งออกรวมกัน (Total values of Thailand Trades) ,ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) และระยะทางที่ระหว่างประเทศไทยกับประเทศคู่ค้า (Distance Between Thailand and Countries) โดยจะเป็นการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่ 1 (First-order Factor Model)

ในการวิเคราะห์ผลกระทบของการขนส่งที่มีผลต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเพื่อพิจารณาความสัมพันธ์นั้นได้สร้างโมเดลเชิงโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โมเดลเชิงโครงสร้างตามทฤษฎี

สำหรับการวิเคราะห์โมเดลเชิงโครงสร้างในภาพที่ 2 พบว่า ในการประมาณค่าพารามิเตอร์นั้นใช้วิธี Maximum Likelihood Estimates (ML) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลและระบุให้แบบจำลองการประมาณค่าเฉลี่ยและ Intercepts เพื่อให้แบบจำลองที่ซับซ้อนสามารถประมาณค่าได้ แต่จากการประมาณค่าพบว่าโมเดลไม่มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ต้องมีการปรับปรุงโมเดล และข้อมูลมีขนาดใหญ่ อาจต้องมีการปรับข้อมูลโดยแยกพิจารณาข้อมูลใหม่ แต่อย่างไรก็ตามยังคงสามารถพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแฝงและตัวแปรสังเกตได้ผ่านค่าน้ำหนักปัจจัย (Regression Weight) ดังแสดงในตารางที่ 3 ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยแฝงด้านการขนส่งส่งผลต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยน้อยเมื่อเทียบกับตัวแปรสังเกตด้านเศรษฐกิจที่นิยมใช้ในโมเดลเศรษฐกิจ โดยมีย่านน้ำหนักปัจจัยระหว่างปัจจัยแฝง Thailand Logistics ต่อ

Thailand economics เพียง 0.056 เมื่อเทียบกับปัจจัย GDP แต่สูงกว่าปัจจัย Total values of Thailand Trades และ Distance Between Thailand and Countries

ตารางที่ 3 การประมาณค่า Standardized Regression Weights ของปัจจัย

			Estimate
Thailand economics	<---	Thailand Logistics	0.056
Total values of Thailand Trades	<---	Thailand economics	0.006
GDP	<---	Thailand economics	6.043
Customs	<---	Thailand Logistics	0.870
Infrastructure	<---	Thailand Logistics	0.688
Ease of Shipment /competitiveness	<---	Thailand Logistics	0.583
Quality of logistic services	<---	Thailand Logistics	0.825
Tracking & tracing	<---	Thailand Logistics	0.817
Timeliness	<---	Thailand Logistics	0.673
Distance Between Thailand and Countries	<---	Thailand economics	0.002

สรุป

ผลจากการวิจัยพบว่าปัจจัยด้านการดำเนินการทางด้านศุลกากรและคุณภาพของโครงสร้างพื้นฐานด้านการค้าและการขนส่งมีความสำคัญ และโครงการที่มีความสำคัญในลำดับแรกคือโครงการระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (EEC) ซึ่งเป็นโครงการที่จะส่งผลกระทบด้านเศรษฐกิจของประเทศไทย ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดประสิทธิภาพการขนส่งที่มีต่อเศรษฐกิจและการระบบขนส่งของประเทศไทย พบว่าปัจจัยด้านการขนส่งสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศน้อยเมื่อเทียบกับตัวแปรสังเกตด้านเศรษฐศาสตร์ที่นิยมใช้ในโมเดลเศรษฐกิจ

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยควรมีการศึกษาเชิงลึกเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นข้อสรุปในเชิงนโยบาย โดยทำการการศึกษาความเป็นไปได้ทั้งทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ผลกระทบจากข้อมูลทำให้ได้โมเดลปัจจัยที่ไม่ซ้อนทับสนิทตามทฤษฎีที่ควรจะเป็น ดังนั้นอาจต้องศึกษาเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์เชิงเศรษฐกิจระหว่างปัจจัยในงานวิจัยครั้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เกี่ยวข้องทุกท่านสำหรับข้อมูล คำแนะนำและข้อเสนอแนะทำให้งานวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี และได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย (ทุน วช.) จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีงบประมาณ 2561

เอกสารอ้างอิง

- B. Derudder, X. Liu, and C. Kunaka, (2018). *Connectivity Along Overland Corridors of the Belt and Road Initiative*. Washington DC,
- Investopia, (2018). Gross Domestic Product. November 28, 2018, [Online]. Retrieved from <https://www.investopedia.com/terms/g/gdp.asp>.
- M. Kon, (2018). How should China use 'B&R Initiative' to Expand its Exports. *J. Emerg. Issues Econ. Financ. Bank.*, vol. 7, no. 1, pp. 2487–2500.
- N. Shaiful Fitri Abdul Rahman, N. Haqimin Mohd Salleh, A. Fayas Ahmad Najib, and V. Y. H Lun, (2016). A descriptive method for analysing the Kra Canal decision on maritime business patterns in Malaysia. *J. Shipp. Trade*, vol. 1, no. 13, pp. 1–16,
- Oxford Business Group. (2018). China's Belt And Road Initiative To Reshape Routes In Thailand. *Thailand Business News*.

การศึกษาแนวทางการอนุรักษ์ขนมหวานพื้นเมืองให้เป็นแหล่งเรียนรู้ และส่งเสริมเส้นทางท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรี

ณปภา หอมหวล^{1*} ชนานูช เงินทอง²

Received : August 2, 2019

Revised : August 24, 2019

Accepted : December 23, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) ศึกษาแนวทางการอนุรักษ์ขนมหวานพื้นเมืองเพชรบุรี โดยรวบรวมตำรับขนมหวานพื้นเมืองเพชรบุรี 2) จัดทำเส้นทางท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ด้านขนมหวานพื้นเมืองของจังหวัดเพชรบุรี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักท่องเที่ยว 60 คน โดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ผลการวิจัยพบว่า อำเภอเมือง คือ ขนมโค สูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับในระดับชอบมากที่สุดด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 6.45, 6.38, 6.25, 6.00 และ 6.60 อำเภอบ้านแหลม คือ ขนมไข่แมงดาเชื่อม สูตรที่ 1 ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 6.35, 6.76, 6.80, 6.77, 6.80 อำเภอบ้านลาด คือ ขนมหม้อแกง สูตรที่ 1 ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ย ด้านสี 6.55, 6.30, 6.55, 6.30, 6.60 ตามลำดับ อำเภอหนองหญ้าปล้อง คือ ขนมข้าวฟ่างเปียก สูตรที่ 3 ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัสและด้านความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 6.18, 6.20, 6.38, 6.58, 6.59 ตามลำดับ อำเภอชะอำ คือ ขนมโตนดเชื่อม สูตรที่ 2 ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 6.39, 6.38, 6.50, 6.59, 6.69 ตามลำดับ อำเภอท่ายาง คือ ขนมตาล สูตรที่ 1 ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 6.37, 6.44, 6.47, 6.59, 6.65 ตามลำดับ อำเภอเขาย้อย คือ ขนมข้าวเหนียวตัด สูตรที่ 2 ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 6.47, 6.24, 6.55 6.60, 6.60 ตามลำดับ เส้นทางท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ด้านขนมหวานพื้นเมืองจะถูกรวบรวมสูตรไว้ที่โรงเรียนการอาหารนานาชาติเพชรบุรี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

คำสำคัญ : ขนมหวาน พื้นเมือง

¹ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและศิลปประกอบการประกอบอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี

² นักวิจัย สถาบันวิจัยและส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี

e-mail: chananutn@hotmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: napapha4515@gmail.com

THE STUDY OF CONSERVATION METHODS FOR NATIVE SWEETS TO BE A LEARNING SOURCE AND PROMOTING TOURISM ROUTES IN PHETCHABURI PROVINCE

Napapha Homhual¹ Chananut Ngerntong²

Abstract

This research was to study guidelines for the conserving of Phetchaburi local desserts by collecting recipes of Phetchaburi local desserts and creating eco-tourism routes of Phetchaburi local desserts, to study consumers, satisfaction with Phetchaburi local desserts by testing on color, odor, taste, texture and overall preference By using the 7-Point Hedonic Scaling method. Frequency distribution, percentage, mean, average percentage, mean and average percentage and variance ANOVA were the statistical methods used to analyze the data. The results were which found that the second formula of Kanom Ko was the most acceptable in Muang district in all aspects, preference 6.45, 6.38, 6.25, 6.00 and 6.60. The of Khanom Khai Maeng Da was the most acceptable in Ban Laem district in all aspects, preference 6.35, 6.76, 6.80, 6.77, 6.80 The first formula of Khanom Mor Kaeng was the most acceptable in Ban Lad district in all aspects, preference 6.55, 6.30, 6.55, 6.30 and 6.60. The third formula of Khao Fang Peak was the most acceptable in Nong Ya Plong district in all aspects, preference 6.18, 6.20, 6.38, 6.58 and 6.59. The second formula of Tanod Chuam was the most acceptable in Cha-Am district in all aspects, preference 6.39, 6.38, 6.50, 6.59, 6.69. The second formula of Khanom Tan was the most acceptable in Tha-Yang district in all aspects preference 6.37, 6.44, 6.47, 6.59, 6.65. The second formula of Khanom Khao Niew Tad was the most acceptable in Khao-Yoi district in all aspects, preference 6.47, 6.24, 6.55, 6.60, 6.60.

Keywords : Dessert, Local

¹ Bachelor of Science Program in Technology and Culinary Art, Petchaburi Rajabhat University.

² Researcher Research Insatitute and Promote arts and Culture, Petchaburi Rajabhat University,
e-mail: chananutn@hotmail.com

* Corresponding author, e-mail: napapha4515@gmail.com

บทนำ

จังหวัดเพชรบุรีได้ชื่อว่าเป็นดินแดนที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยอาหารนานาชนิด ทั้งพืช ผัก ผลไม้ อาหารทะเล และขนมหวานพื้นเมืองที่มีความอร่อยเลิศรส ดังคำขวัญของจังหวัดเพชรบุรีที่ว่า "เขาวังคู่บ้าน ขนมหวาน เมืองพระ เลิศล้ำศิลปะ แดนธรรมะ ทะเลงาม" ดังนั้นหากจะเรียกว่าเมืองเพชรเป็นเมืองขนมหวานพื้นเมืองก็คงไม่ผิดเพราะเป็นแหล่งรวมของขนมหวานพื้นเมืองนานาชนิดที่เป็นที่รู้จักกันมาช้านาน อาทิ ขนมหม้อแกว่ ฝอยทอง ทองหยอด ทองหยิบ เม็ดขนุน บ้าบิน ขนมชั้น ขนมชี้หนู และข้าวเกรียบงา เป็นต้น ซึ่งขนมหวานพื้นเมืองดังกล่าวถือเป็นสินค้าบริโภคที่สำคัญที่ผลิตขึ้นจากภูมิปัญญาท้องถิ่น สืบทอดกันมาแต่บรรพบุรุษ จนถึงปัจจุบันและเป็นสินค้าพื้นเมืองที่ขึ้นชื่อของเมืองเพชรบุรี ซึ่งปัจจุบันเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนของท้องถิ่น โดยกำลังซื้อสินค้าในส่วนนี้ได้แก่ นักท่องเที่ยวทั่วไป ประชาชนในท้องถิ่นใกล้เคียงที่ซื้อไปจำหน่ายต่อในลักษณะของพ่อค้าคนกลาง และประชาชนในพื้นที่เองที่ซื้อเพื่อเป็นของฝากแก่ญาติมิตรเพื่อนฝูง แต่ในปัจจุบันพบว่า ขนมหวานพื้นเมืองบางชนิดกำลังจะถูกกลืนและกำลังจะสูญหายไปตามกาลเวลา หรือแม้กระทั่งรสชาติและเอกลักษณ์ของขนมหวานพื้นเมืองที่เป็นรสชาติดั้งเดิมก็แปรเปลี่ยนไปตามยุคสมัยที่มีปัจจัยและข้อจำกัดต่างๆ มากมาย เช่น การขาดผู้สืบทอดปัญหาในการเก็บรักษาเพราะคนไทยส่วนใหญ่มีส่วนผสมของน้ำกะทิ น้ำตาลทราย และไข่ จึงเกิดการเสียได้เร็ว โดยเฉพาะปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจที่มีอัตราการแข่งขันสูงที่เป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้ขนมหวานพื้นเมืองเปลี่ยนแปลงไปจากต้นตำรับหรือภูมิปัญญาท้องถิ่นดั้งเดิม งานวิจัยเรื่องนี้จึงต้องการอนุรักษ์ขนมหวานพื้นเมืองให้คงอยู่โดยการศึกษาแนวทางอนุรักษ์ขนมหวานพื้นเมืองให้เป็นแหล่งเรียนรู้และส่งเสริมเส้นทางการท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรีโดยทำเป็นเส้นทางการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเพื่อให้คนในชุมชนมีสภาพเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นบนพื้นฐานของหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการอนุรักษ์ขนมหวานพื้นเมืองเพชรบุรี โดยรวบรวมตำรับขนมหวานพื้นเมืองเพชรบุรี
2. เพื่อจัดทำคู่มือเส้นทางการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ด้านขนมหวานพื้นเมืองของจังหวัดเพชรบุรี

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากร คือ นักท่องเที่ยวที่มาจากจังหวัดเพชรบุรี ทั้งเพศชาย และเพศหญิง ที่มีช่วงอายุ 10 ปีขึ้นไป

กลุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. ผู้เชี่ยวชาญ และปราชญ์ชาวบ้านด้านขนมหวานเมืองเพชร จำนวน 5 ท่าน
2. นักท่องเที่ยวที่มาจากจังหวัดเพชรบุรี ทั้งเพศชายและเพศหญิง ที่มีช่วงอายุ 10 ปีขึ้นไป จำนวน 60 คน โดยวิธีสุ่มแบบบังเอิญ

การเตรียมสูตรอาหารมาตรฐาน

1. ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา ในการคัดเลือกสูตร
2. ลงพื้นที่จริงเพื่อถามผู้รู้หรือ ปราชญ์ชาวบ้านในการได้ซึ่งสูตรของแต่ละอำเภอโดยในแต่ละอำเภอมียารายการขนมที่ซ้ำกัน ผู้วิจัยจึงขอเลือกเมนูขนมที่มีความแตกต่างกัน

3. นำสูตรแต่ละสูตรกลับมาทำเป็นขนมต้นแบบ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อเลือกขนมที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละอำเภอ พร้อมกับขอข้อเสนอแนะ

4. เมื่อได้ขนมแต่ละอำเภอก็ให้ผู้วิจัยนำกลับมาทำซ้ำ และ พัฒนาสูตรเพิ่มเติม ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ
5. นำสูตรที่ได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน เพื่อให้ได้สูตรที่เป็นที่ยอมรับและเป็นสูตรมาตรฐาน

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

ตอนที่ 1 เป็นคำถามข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ เป็นลักษณะคำถามตัวเลือกจำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อขนม โดยการให้คะแนนความชอบ 7 – จุด (7 – point hedonic scaling) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ขนม ทั้ง 7 เมนูที่ปรับปรุงแล้วไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างจำนวน 60คน โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ (ครั้งที่1 จำนวน 20 คน, ครั้งที่ 2 จำนวน 20 คน และครั้งที่ 3 จำนวน 20 คน) เพื่อเป็นการทดสอบความเที่ยงตรงของสูตรอาหาร โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 7–Point Hedonic Scaling (1 =ไม่ชอบ และ 7= ชอบมากที่สุด) (เพ็ญขวัญ ชมปริดา, 2539) โดยใช้สถิติการแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างความคิดเห็นระหว่างสูตรการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. เลือกขนมเมืองเพชรที่แสดงถึงเอกลักษณ์ในแต่ละอำเภอ โดยคำนึงถึงวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่น และการสืบสานวัฒนธรรมในการทำขนมนั้นๆ โดยผู้เชี่ยวชาญและปราชญ์ชาวบ้าน จำนวน 5 ท่าน

ตารางที่ 1 ร้อยละของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ในการเลือกเลือกรายการขนมของแต่ละอำเภอ

อำเภอ	รายการขนมหวานเมืองเพชร	ความถี่	ร้อยละ
อำเภอเมือง	ขนมโค	3	60
	ขนมฝอยทอง	1	20
	ขนมหม้อแกง	1	20
อำเภอบ้านแหลม	ขนมไข่แมงดา	3	60
	ขนมไข่	1	20
	ขนมจาก	1	20
อำเภอบ้านลาด	ขนมหม้อแกง	3	60
	ขนมตาล	1	20
	ขนมโตนดทอด	1	20
อำเภอหนองหญ้าปล้อง	ขนมข้างฟางเปียก	3	60
	ขนมกล้วย	1	20
	ขนมข้าวเหนียวต้ม	1	20

ตารางที่ 1 (ต่อ)

อำเภอ	รายการขนมหวานเมืองเพชร	ความถี่	ร้อยละ
อำเภอชะอำ	ขนมโดนดัดเชื่อม	2	40
	ขนมไข่แมงดาเชื่อม	1	20
	ขนมสับปะรดเชื่อม	1	20
	ขนมหม้อแกง	1	20
อำเภอท่ายาง	ขนมตาล	2	40
	ขนมหม้อแกง	1	20
	ขนมโดนดัดทอด	1	20
	ขนมสาเกเชื่อม	1	20
อำเภอเขาย้อย	ขนมข้าวเหนียวตัด	3	60
	ขนมหม้อแกง	1	20
	ขนมกาละแม	1	20

2. ด้านข้อมูลพื้นฐาน พบว่า กลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 65 เพศชาย คิดเป็นร้อยละ 35 โดยส่วนใหญ่มีช่วงอายุระหว่าง 20-29 ปี คิดเป็นร้อยละ 25 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 42 โดยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเป็นนักเรียน/นักศึกษา และพนักงานเอกชน/โรงแรม คิดเป็นร้อยละ 44 และมีรายได้เฉลี่ย 20,001 – 25,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 27 ตามลำดับ

3. การยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมหวานพื้นเมืองเพชรบุรี จากกลุ่มตัวอย่าง 60 คน พบว่า **ขนมโค** สูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับสูงสุดในทุกด้าน ดังนี้

คะแนนความชอบในด้านสี สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด อยู่ในระดับชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.45$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านกลิ่น สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับ ชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.38$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านรสชาติ สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.25$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัส สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับชอบมาก ($\bar{X} = 6.00$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวม สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับ ชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.60$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

ขนมไข่แมงดาเชื่อม พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้านดังนี้

คะแนนความชอบในด้านสี สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด อยู่ในระดับชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.35$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านกลิ่น สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับ ชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.76$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัส สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับ ชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.59$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวม สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับ ชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.69$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

ขนมตาล พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้านดังนี้

คะแนนความชอบในด้านสี สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด อยู่ในระดับชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.37$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านกลิ่น สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับ ชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.44$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านรสชาติ สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.47$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัส สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับ ชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.59$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวม สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับ ชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.65$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

ขนมข้าวเหนียวตัด พบว่า สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้านดังนี้

คะแนนความชอบในด้านสี สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด อยู่ในระดับชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.47$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านกลิ่น สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับ ชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.24$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านรสชาติ สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.55$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัส สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับ ชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.60$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

คะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวม สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับ ชอบมากที่สุด ($\bar{X} = 6.60$) โดยทุกสูตรมีค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

3. จัดทำคู่มือเส้นทางท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ด้านขนมหวานพื้นเมืองของจังหวัดเพชรบุรี พบว่า อำเภอเมือง คือ ขนมโค อำเภอบ้านแหลม คือ ขนมไข่แมงดาเชื่อม อำเภอบ้านลาด คือ ขนมหม้อแกง อำเภอหนองหญ้าปล้อง คือ ขนมข้าวฟ่างเปียก อำเภอชะอำ คือ ขนมโดนดเชื่อม อำเภอท่ายาง คือ ขนมตาล และอำเภอเขาย้อย คือ ขนมข้าวเหนียวตัด โดยขนมเมืองเพชรถูกรวบรวมสูตรไว้ที่โรงเรียนการอาหารนานาชาติเพชรบุรี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เพื่อใช้ในการเรียนการสอน และใช้สำหรับการเผยแพร่ให้กับบุคคลทั่วไปได้เข้ามาศึกษา จัดได้ว่าเป็นหนึ่งในการอนุรักษ์ความเป็นขนมหวานเมืองเพชรบุรี สืบต่อไป

อภิปรายผล

แนวทางการอนุรักษ์ขนมหวานพื้นเมืองเพชรบุรี โดยรวบรวมตำรับขนมหวานพื้นเมืองเพชรบุรี พบว่า ขนมที่สามารถบอกเอกลักษณ์ของแต่ละอำเภอผลการวิจัยที่สมควรนำมาอภิปรายผล ดังนี้

1. แนวทางการอนุรักษ์ขนมหวานพื้นเมืองเพชรบุรี โดยรวบรวมตำรับขนมหวานพื้นเมืองเพชรบุรี พบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ขนมที่สามารถบอกเอกลักษณ์ของแต่ละอำเภอ มีดังนี้ อำเภอเมือง คือ ขนมโค ทั้งนี้เนื่องจากขนมโคมีไส้ที่ผัดกับน้ำตาลโดนดและส่วนใหญ่จะมีทำขายที่อำเภอเมือง อำเภอบ้านแหลม คือ ขนมไข่

แมงดาเชื่อม เนื่องจากอำเภอบ้านแหลมมีอาชีพส่วนใหญ่เป็นชาวประมง มีการจับสัตว์น้ำทางทะเลมากมาย หนึ่งในนั้นคือ แมงดาทะเลที่มีมาก อำเภอบ้านลาด คือ ขนมห่มอแกง เนื่องจากมีการปลูกต้นตาลมากที่สุดของ จังหวัดเพชรบุรี และน้ำตาลสดที่ได้จากอำเภอบ้านลาดมีสีสวย กลิ่นหอม รสชาติหวานกลมกล่อม เมื่อนำมาเคี่ยว เป็นน้ำตาลโตนดจึงได้น้ำตาลที่มีคุณภาพ เมื่อนำมาทำขนมหม้อแกงจึงมีความอร่อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับสุนันท์ นิลพงษ์ (2551) ที่พบว่า ขนมห่มอแกง ของชุมชนบ้านละหานใหญ่ อำเภอบ้านลาด มีลูกค้าซึ่งมาสั่งเป็นประจำ เพราะขนมมีคุณภาพ มีรสชาติอร่อย แหล่งผลิตมีความสะอาด อำเภอนองหญ้าปล้อง คือ ขนมข้าวฟ่างเปียก เนื่องจากข้าวฟ่างปลูกมากที่สุด คือที่อำเภอนองหญ้าปล้อง ชาวบ้านจึงนำมาทำข้าวฟ่างเปียก อำเภอลำทะเมนชัย คือ ขนมโตนดเชื่อม เนื่องจากอำเภอลำทะเมนชัยส่วนใหญ่มีพื้นที่ติดทะเล ส่วนใหญ่จึงมีอาชีพแปรรูปอาหารทะเล แต่มีการ รับซื้อจาวตาลจากอำเภอบ้านลาด เพื่อนำมาทำโตนดเชื่อม เพื่อขายเป็นสินค้าของฝาก เพราะโตนดเชื่อมมีอายุ การเก็บได้นานกว่าขนมชนิดอื่นของเพชรบุรี อำเภอยางชุมน้อย คือ ขนมตาล เนื่องจากอำเภอยางชุมน้อยมีการปลูกต้น ตาลมากรองจากอำเภอบ้านลาด ขนมที่ขึ้นชื่อของอำเภอ คือ ขนมทองม้วน และขนมตาล เพราะสีของลูกตาลสุก ที่ขึ้นในดินของอำเภอยางชุมน้อย ให้สีที่สวยงามเหมาะสำหรับนำมาทำขนมตาล และ อำเภอยางชุมน้อย คือ ขนมข้าวเหนียว ตัด เนื่องจากประชากรของอำเภอยางชุมน้อยมีหลายชาติพันธุ์ อาทิ ไทยทรงดำ ลาวพวน เป็นต้น ซึ่งมีวัฒนธรรมใน การบริโภคข้าวเหนียว เป็นหลัก ดังนั้นมีฝีมือในการนำข้าวเหนียวมาประกอบอาหารทั้งคาวและหวานได้เป็น อย่างดี

2. ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมหวานพื้นเมืองเพชรบุรี จากกลุ่มตัวอย่าง 60 คน พบว่า

ขนมโค สูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับสูงสุดในทุกด้าน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไส้ของขนม ได้เนื้อ มะพร้าวที่มีความมันที่ค่อยไปทางอ่อนซึ่งสอดคล้องกับ นิตดา หงส์วิวัฒน์ (2554) กล่าวว่ามะพร้าวที่มัน ที่เหมาะสำหรับโรยหน้าขนม นำไปกวนเป็นไส้ขนม นอกจากนี้ในสูตรยังใช้น้ำตาลโตนดแท้ เป็นส่วนผสมในการ ผัด ไส้ขนมจึงให้รสชาติที่กลมกล่อม และมีความเหนียวของไส้ขนมที่กำลังดี อีกทั้งสูตรนี้มีการใส่น้ำใบเตยไปนวดกับ แป้งจึงส่งผลให้เวลารับประทานมีกลิ่นหอมของใบเตยอีกด้วย

ขนมไข่แมงดาเชื่อม พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้าน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก สูตรนี้เป็นการใช้ไข่แมงดาสดในการผัดส่งผลให้เวลารับประทานมีความมัน และหวานจากน้ำตาลโตนด อีกทั้งเนื้อ สัมผัสไม่แข็งกระด้างจนเกินไป

ขนมหม้อแกง พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้าน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เป็นสูตรที่มีไข่เป็ดผสมหลักและใช้หัวกะทิ จึงส่งผลให้เนื้อสัมผัสของขนมหม้อแกงมีความนุ่มนวล หวานมัน และ มีกลิ่นหอมซึ่งสอดคล้องกับ เครือวัลย์ ศิริพงษ์ (2554) กล่าวว่า ขนมที่ใช้หัวกะทิจะมีความหอม หวาน มัน และมี เนื้อสัมผัสที่ดีเวลารับประทาน และสอดคล้องกับ นิตดา หงส์วิวัฒน์ (2554) กล่าวว่า ส่วนผสมของขนมหม้อแกง ที่ทำให้มีกลิ่นหอมหวาน และรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค คือ น้ำตาลโตนด และ ไข่ที่ใช้ ควรเป็นไข่เป็ด และน้ำกะทิต้องเป็นหัวกะทิ

ขนมข้าวฟ่างเปียก พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้านทั้งนี้อาจเนื่องจาก ใน สูตรนี้ได้เพิ่มเรื่องของน้ำใบเตยเป็นส่วนผสมเพื่อให้ได้กลิ่นหอม และใช้น้ำตาลโตนด เพิ่มความหอม หวานมากยิ่งขึ้น และ อัตราส่วนของเหลวมีปริมาณเหมาะสมส่งผลให้ข้าวฟ่างมีความชื้นหนืดที่พอดี ข้าวสุกทุกเม็ด สอดคล้องกับ อภิญา มานะโรจน์ (2556) กล่าวว่าลักษณะที่ดีของขนมข้าวฟ่างคือ มีลักษณะชื้น หนืด ข้างฟางพองตัว สุกทั่วกัน เนื้อนุ่ม

ขนมโตนดเชื่อม พบว่า สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้าน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ใน สูตรนี้มีขั้นตอนของการนำจาวตาลไปล้างน้ำให้สะอาด แล้วนำไปต้มประมาณ 5 นาที เพื่อที่เวลาเชื่อมจาวตาลน้ำตาล หวานจะค่อยๆเข้าไปในจาวตาล ส่งผลให้น้ำเชื่อมสามารถเข้าไปปลูกตาลได้ทั่วทั้งลูก เกิดความเงาใส และเวลาเชื่อมต้อง ไม่คนบ่อย จึงจะทำให้ไม่แตกหยาบ ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการเชื่อมโตนดของพื้นภูมิเพชรบุรี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

(2558) ที่มีวิธีการเชื่อมเช่นเดียวกันโดยมีเทคนิค และสอดคล้องกับภิญญา มานะโรจน์ (2556) กล่าวว่าลักษณะที่ดีของโตนดเชื่อม คือ จาวตาลฉ่ำน้ำเชื่อม ใส่ของน้ำเชื่อมและนุ่ม สุกใส่ทั้งชิ้น

ขนมตาล พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้าน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ขนมตาลสูตรนี้มีแป้งเค้กเข้ามาช่วยเรื่องของโครงสร้างแป้งส่งผลให้ขนมตาลมีความนุ่ม และเนื้อละเอียดเนียน สอดคล้องกับนิดดา หงส์วิวัฒน์ (2554) กล่าวว่าขนมไทยนิยมใช้แป้งเค้ก ช่วยให้ขนมมีความเบาฟู อีกทั้งยังมีน้ำมันาว ช่วยให้ขนมมีความนุ่มฟูยิ่งขึ้นและทำให้ของขนมมีความแตกเล็กน้อย ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีของขนมตาล

ขนมข้าวเหนียวตัด พบว่า สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้านทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในสูตรมีการเลือกพันธุ์ข้าวเหนียวเขี้ยวงู ซึ่งถือว่าเป็นสายพันธุ์ที่ดี ส่งผลให้ข้าวเหนียวตัด มีเนื้อสัมผัสที่ข้าวเหนียวนุ่ม แต่ยังเป็นเม็ดอยู่ สอดคล้องกับ กิจติยา แคดี (2557) ที่เลือกใช้ข้าวเหนียวเขี้ยวงูในการทำขนมไทย เพราะลักษณะของขนมที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่ดี และสอดคล้องกับนิดดา หงส์วิวัฒน์ (2554) การใช้ข้าวเหนียวเขี้ยวงูเพราะเมล็ดข้าวเหนียวเวลาสุกแล้วเมล็ดข้าวจะเรียวยาวสวย ด้านบนเป็นน้ำกะทิ ที่เลือกใช้หัวกะทิส่งผลให้ หน้าของขนมมีความหวานมัน และแต่งรสด้วยเกลือเล็กน้อย ส่งผลให้ความชอบโดยรวม ได้รับความพึงพอใจในระดับดีมาก

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ควรมีการเพิ่มในเรื่องของการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ เพื่อจะได้ทราบถึงคุณค่าทางโภชนาการ และจะได้นำไปเป็นข้อมูลเพื่อเป็นการส่งเสริมการขายให้กับชุมชน

ข้อเสนอแนะในครั้งต่อไป

1. ส่งเสริมด้านการตลาดให้กับขนมหวานเมืองเพชรในแต่ละชนิด และ ศึกษาช่องทางในการเพิ่มยอดขายให้กับผลิตภัณฑ์
2. ศึกษาด้านการส่งเสริมสุขภาพโดยเน้น ขนมไทยหวานน้อย เพื่อเป็นทางเลือกให้กับกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน และประชาชนทั่วไปที่ได้ให้ความร่วมมือทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมหวานเมืองเพชรทำให้ได้ผลการทดสอบของงานวิจัยที่สมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- กิจติยา แคดี. (2557). *ขนมไทย*. บริษัท สำนักพิมพ์บ้าน จำกัด. กรุงเทพมหานคร.
- เครือวัลย์ ศิริพงษ์. (2554). *ขนมไทยเลิศรส*. คลื่นอักษร. กรุงเทพมหานคร.
- เพ็ญขวัญ ชมปริดา. (2539). *การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พินภูมิเพชรบุรี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. (2558). *ภูมิทัศน์วัฒนธรรมเมืองเพชร เล่มที่ 9*. โครงการจัดทำหนังสือ “พินภูมิเพชรบุรี” เฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. บริษัทเพชรภูมิการพิมพ์ จำกัด. เพชรบุรี.
- นิดดา หงส์วิวัฒน์. (2554). *ขนมไทย*. บริษัทสำนักพิมพ์แสงแดด จำกัด. กรุงเทพมหานคร

สุนันท์ นิลพงษ์.(2554). พัฒนาศักยภาพน้ำพริกและขนมหวาน : ภูมิปัญญาท้องถิ่น บ้านละหานใหญ่ อำเภอบ้าน
ลาด จังหวัดเพชรบุรี. ม.ป.ท.
อภิญญา มานะโรจน์. (2556). ขนมหวานไทย. บริษัท สำนักพิมพ์บ้าน จำกัด. กรุงเทพมหานคร.

ผลของการแช่ท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

การดี แซ่ฮั้ง^{1*}

Received : August 18, 2019

Revised : August 30, 2019

Accepted : December 23, 2019

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการแช่ท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ทำการศึกษาในพื้นที่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปลูกทดลองระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง เดือนสิงหาคม 2561 โดยวางแผนการทดลอง แบบ Split Plot Design จำนวน 4 ซ้ำ เปรียบเทียบปัจจัยหลัก ประกอบด้วย วิธีการแช่ท่อนพันธุ์ 5 วิธี ได้แก่ ไม่แช่ท่อนพันธุ์ (ไม่แช่น้ำและไม่แช่สาร) แช่ด้วยน้ำเปล่า แช่ด้วยน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้ แช่ด้วยน้ำหมักชีวภาพจากปลา และแช่ด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปัจจัยรอง ประกอบด้วย พันธุ์มันสำปะหลัง 2 พันธุ์ ได้แก่ หัวยง 80 และ เกษตรศาสตร์ 72 ผลการทดลองพบว่า การแช่น้ำหมักผลไม้ในท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์หัวยง 80 ให้ค่าการเจริญเติบโตส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินสูงที่สุด ได้แก่ ความสูง 31.53 เซนติเมตร น้ำหนักสดกิ่งใบต่อต้น 12.93 กรัมต่อต้น น้ำหนักแห้งกิ่งใบต่อต้น 2.64 กรัมต่อต้น น้ำหนักสดรากต่อต้น 11.72 กรัมต่อต้น และ น้ำหนักแห้งรากต่อต้น 1.13 กรัมต่อต้น โดยให้ค่าสูงที่สุด เมื่อเทียบกับการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยวิธีอื่นและการแช่ท่อนพันธุ์ทุกวิธีในพันธุ์เกษตรศาสตร์ 72

คำสำคัญ : มันสำปะหลัง การแช่ท่อนพันธุ์ การเจริญเติบโต น้ำหมักชีวภาพ

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

*ผู้รับผิดชอบหลัก e-mail: fengpds@ku.ac.th

EFFECTS OF STEM SOAKING TREATMENT ON CASSAVA GROWTH

Pharadee Saeung^{1*}**Abstract**

Study of stem soaking treatment effects on cassava growth was studied at Phranakhon Si Ayutthaya area. Planting time was during June-August 2018. Experiment design was split plot design with 4 replications, 5 main factors (5 soaking treatments; unsoaking, water soaking, fruit bio-extract soaking, fish bio-extract soaking and vermicompost tea soaking) and 2 sub factors (2 cassava varieties; Heaw Bong 80 and Kasetsart 72). The results showed that fruit bio-extract soaking in Heaw Bong 80 gave the highest above-ground growth and under-ground growth; 31.53 cm height, 12.93 grams of branch-leaves fresh weight per plant, 2.64 grams of branch-leaves dry weight per plant, 11.72 grams of root fresh weight per plant, 1.13 grams of root dry weight per plant, when compared with other soaking treatments and every soaking treatments in Kasetsart 72.

Keywords : cassava, stem soaking, growth, bio-extract

¹ Agricultural Program, Science and Technology Faculty, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University

*Corresponding author, E-mail: fengpds@ku.ac.th

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชปลูกที่มีพื้นที่ปลูกมากเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศไทย เนื่องจากมีความต้องการใช้มันสำปะหลังมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับการผลิตเป็นอาหารจำพวกแป้ง และกลุ่มการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง บ่อน้ำเข้าสู่ระบบน้ำผ่านเชื้อเพลิงประเภทแก๊สโซฮอลล์ในปัจจุบัน ดังนั้นการควบคุมดูแลให้มีการปลูกให้มีความสมบูรณ์ส่งผลให้ผลผลิตมาก จึงมีความจำเป็นสำหรับเกษตรกรเป็นอย่างยิ่ง

การเตรียมท่อนพันธุ์ที่ดีและเหมาะสมในการปลูกเป็นสิ่งทีเกษตรกรให้ความสำคัญ โดยส่วนใหญ่ นิยมใช้สารเคมีในการแช่ท่อนพันธุ์ และมีเกษตรกรประมาณร้อยละ 24 ใช้สารที่ไม่ใช่สารเคมีในการแช่ท่อนพันธุ์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554) การใช้น้ำหมักชีวภาพ เป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ท่อนพันธุ์ให้ได้ธาตุอาหารสำหรับบำรุงการแตกกิ่งและรากของมันสำปะหลัง โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพหรือน้ำสกัดชีวภาพที่ได้จากการหมักคองจะประกอบไปด้วยจุลินทรีย์และสารอินทรีย์หลากหลายชนิดเป็นปุ๋ยเสริมให้แก่พืช เพื่อเสริมธาตุอาหารให้กับพืช ในขณะที่พืชกำลังเจริญเติบโต น้ำสกัดชีวภาพจะให้ทั้งธาตุอาหารและเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยการนำน้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยน้ำชีวภาพเจือจางใช้แช่เมล็ดพืช ก่อนนำไปเพาะกล้าน้ำสกัดชีวภาพจะสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้ดี (สมเกียรติ, 2547) ซึ่งมีการทดสอบใช้น้ำหมักชีวภาพในการกระตุ้นความงอกเมล็ดพันธุ์หลายชนิด โดยศรinya และ สุรพงษ์ (2555) ได้ทดสอบการใช้น้ำหมักชีวภาพผลไม้ในการแช่เมล็ดพันธุ์พริกจินดาดำ พบว่า การใช้น้ำหมักชีวภาพผลไม้ต่อน้ำอัตราส่วน 750:1 ทำให้เมล็ดพันธุ์พริกจินดาดำ มีความงอกและดัชนีการงอกสูงที่สุด ส่วนพรรณธิดาและคณะ (2561) ทดสอบการใช้น้ำปุ๋ยหมัก 4 สูตร ได้แก่ สูตรแนะนำจากกรมพัฒนาที่ดิน สูตรวิศวกรรมแม่โจ้ สูตรทดแทนมูลโคด้วยขุยมะพร้าวแบบที่ 1 และสูตรทดแทนมูลโคด้วยขุยมะพร้าวแบบที่ 2 ทดสอบกับอากของข้าวไร่พบว่า การใช้น้ำหมักค่อน้ำในสัดส่วนโดยปริมาตรที่ 1 ต่อ 100 มีผลทำให้ค่าลักษณะต่างๆ เกี่ยวกับความงอกของข้าวสูงที่สุด ดังนั้น การนำน้ำหมักชีวภาพมาแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังได้

สำหรับการทดสอบใช้สารละลายแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังของเกษรรา และคณะ (2557) พบว่า การใช้สารละลาย DHECD 4 ความเข้มข้นที่ 10^{-9} โมลาร์ แช่ท่อนพันธุ์มีผลส่งเสริมการเติบโตทางด้านลำต้นและเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังได้ นอกจากนี้ในปัจจุบันมีพันธุ์มันสำปะหลังที่ผ่านทดสอบการให้ผลผลิตสูงพบว่ามีจำนวนหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์เกษตรศาสตร์ 72 พันธุ์ห้วยบง 80 พันธุ์ห้วยบง 60 เป็นต้น (สกล, 2555) ดังนั้นเพื่อเป็นการศึกษาข้อมูลประกอบการปลูกมันสำปะหลังที่มีผลผลิตดีให้มีการเจริญเติบโตที่ดียิ่งขึ้น จึงควรทำการศึกษาถึงอิทธิพลของแช่ท่อนพันธุ์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง เพื่อนำเป็นข้อมูลประกอบการจัดการปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งเสริมให้มีได้มันสำปะหลังที่มีคุณภาพ และผลผลิตที่ดีต่อไป

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลของการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยน้ำและน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ เพื่อศึกษาผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง เพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมให้ได้ผลผลิตที่ต่อเกษตรกรได้ อีกทั้งเป็นการส่งเสริมให้ใช้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ไม่ทำให้เกิดซากเหลือทิ้งเป็นปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อม ตลอดจนจะเป็นแนวทางการลดการใช้สารเคมีและประหยัดต้นทุนในการปลูกมันสำปะหลังให้กับเกษตรกรด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการแช่ท่อนพันธุ์แบบต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก
2. เพื่อศึกษาผลของการแช่ท่อนพันธุ์แบบต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของส่วนใต้ดินของมันสำปะหลังที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สถานที่ทำการทดลอง พื้นที่ทดสอบในเขตตำบลประตูลำดวน อำเภอนครศรีอยุธยา จังหวัดนครศรีอยุธยา
2. วางแผนการทดลองแบบ Split Plot Design จำนวน 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT ตรวจสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้ วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)
ปัจจัยหลัก ประกอบด้วย วิธีการแช่ท่อนพันธุ์ 5 วิธี ได้แก่
วิธีแช่ท่อนพันธุ์ที่ 1 ไม่แช่ท่อนพันธุ์ (ไม่แช่น้ำและไม่แช่สาร)
วิธีแช่ท่อนพันธุ์ที่ 2 แช่ด้วยน้ำเปล่า (น้ำประปา) นาน 12 ชั่วโมง
วิธีแช่ท่อนพันธุ์ที่ 3 แช่ด้วยน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้ (อัตราส่วนน้ำหมัก 1 ส่วนต่อน้ำ 100 ส่วน โดยปริมาตร) นาน 12 ชั่วโมง
วิธีแช่ท่อนพันธุ์ที่ 4 แช่ด้วยน้ำหมักชีวภาพจากปลา (อัตราส่วนน้ำหมัก 1 ส่วนต่อน้ำ 100 ส่วน โดยปริมาตร) นาน 12 ชั่วโมง
วิธีแช่ท่อนพันธุ์ที่ 5 แช่ด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (อัตราส่วนน้ำหมัก 50 ส่วนต่อน้ำ 100 ส่วน โดยปริมาตร) นาน 12 ชั่วโมง

ปัจจัยรอง ประกอบด้วย พันธุ์มันสำปะหลัง 2 พันธุ์ ได้แก่ ห้วยบง 80 และ เกษตรศาสตร์ 72 ปลูกทดลองระหว่างเดือนมิถุนายน 2561 ถึง เดือนสิงหาคม 2561

วิธีปลูกโดยเตรียมใส่กระถาง โดยใช้ดินในเขตพื้นที่พระนครศรีอยุธยา ผสมกับทรายในอัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร ใส่ในกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร การเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังยาวประมาณ 25 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารชนิดต่างๆ ตามแบบที่กำหนดไว้ นาน 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นผึ่งให้แห้ง 30 นาที นำไปปลูกในกระถาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ปักแบบตรงลึกประมาณ 1 ใน 3 ของความยาวของท่อนพันธุ์ โดยวางระยะห่างระหว่างกระถาง เท่ากับ 30 เซนติเมตร ระหว่างแถว เท่ากับ 30 เซนติเมตร การดูแลรักษาหลังปลูกมันสำปะหลัง การกำจัดวัชพืชโดยใช้การถอนด้วยมือ เก็บเกี่ยวที่อายุ 1 เดือน

วิธีการเตรียมน้ำหมัก กรณีน้ำหมักชีวภาพผลไม้ น้ำหมักชีวภาพจากปลา ทำโดยการหมักวัสดุผสมกับกากน้ำตาล น้ำ และสารพัด.2 ตามวิธีการของกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) ในส่วนของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ใช้น้ำหมักที่ได้จากกระบวนการผลิตการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลดำ ไม่มีกลิ่นเหม็น (อานันท์, 2556)

การบันทึกข้อมูลพืช

ส่วนเหนือดิน ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนใบต่อต้น น้ำหนักสดและแห้งกิ่งใบต่อต้น ของมันสำปะหลังที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก

ส่วนใต้ดิน ได้แก่ จำนวนรากต่อต้น น้ำหนักสดและแห้งรากต่อต้น ของมันสำปะหลังที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก

วิธีการหาน้ำหนักแห้ง เก็บตัวอย่างพืชจากต้นที่สุ่มไว้มาอบในตู้อบไอร้อน (Hot air oven) โดยใช้ อุณหภูมิประมาณ 70-80 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักแห้งคงที่

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากข้อมูลการวิเคราะห์ผลในด้านต่างๆ แสดงในตารางที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

การเจริญเติบโตส่วนเหนือดิน

ความสูงของต้น

ผลของแช่ท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 30 วัน ในด้านความสูง พบว่า การแช่น้ำหมักผลไม้ในพันธุ์ห้วยบง 80 ให้ค่าความสูงของต้นสูงที่สุด คือ 31.53 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าการแช่วิธีอื่นๆ และมากกว่าการแช่น้ำหมักในพันธุ์เกษตรศาสตร์ 72

จำนวนกิ่งต่อต้น

ผลของแช่ท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 30 วัน ต่อจำนวนกิ่งต่อต้น พบว่า การแช่น้ำหมักและการแช่น้ำในพันธุ์ห้วยบง 80 ให้ค่าจำนวนกิ่ง 4.5-5 กิ่งต่อต้น ซึ่งมากกว่าการไม่แช่ท่อนพันธุ์ และมากกว่าการแช่ท่อนพันธุ์วิธีการต่างๆ ในพันธุ์เกษตรศาสตร์ 72

จำนวนใบต่อต้น

ผลของแช่ท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 30 วัน ต่อจำนวนใบต่อต้น พบว่า การแช่น้ำหมักผลไม้เดือนดินและการแช่น้ำในพันธุ์ห้วยบง 80 ให้ค่าจำนวนใบต่อต้นสูงที่สุด คือ 19.25 ใบต่อต้น มากกว่าการแช่ด้วยวิธีการอื่นๆ

น้ำหนักสดกิ่งใบต่อต้นและน้ำหนักแห้งกิ่งใบต่อต้น

ผลของแช่ท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังด้านน้ำหนักสดกิ่งใบต่อต้นและน้ำหนักแห้งกิ่งใบต่อต้นให้พบว่า การแช่น้ำหมักผลไม้ให้ค่าสูงที่สุด โดยมีน้ำหนักสดกิ่งใบ 12.93 กรัมต่อต้น และน้ำหนักแห้งกิ่งใบ 2.64 กรัมต่อต้น ซึ่งมากกว่าการแช่ด้วยวิธีการอื่นๆ และมากกว่าการแช่ของพันธุ์เกษตรศาสตร์ 72

ส่วนใต้ดิน

จำนวนรากต่อต้น

ผลของแช่ท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 30 วัน ต่อจำนวนรากต่อต้น พบว่า การแช่น้ำหมักปลาในพันธุ์ห้วยบง 80 และการแช่น้ำหมักผลไม้ในพันธุ์เกษตรศาสตร์ 72 ให้จำนวนรากสูงที่สุด คือ 42.25 ราก และ 41.75 ราก ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการแช่ด้วยวิธีการอื่นๆ

น้ำหนักสดรากต่อต้นและน้ำหนักแห้งรากต่อต้น

ผลของแช่ท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 30 วัน ต่อน้ำหนักสดรากต่อต้น และน้ำหนักแห้งรากต่อต้นให้ผลในแนวทางเหมือนกัน โดยพบว่า การแช่น้ำหมักผลไม้ในพันธุ์ห้วยบง 80 ให้ค่าน้ำหนักสดรากและน้ำหนักแห้งรากสูงที่สุดคือ 11.72 และ 1.13 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าวิธีการแช่อื่นๆ

ทั้งนี้ ผลของการแช่ท่อนพันธุ์ต่อค่าน้ำหนักราก มีความสอดคล้องกับการทดลองของ Polthanee and Manuta (2015) ทำการทดลองในมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ตรวจวัดการเจริญเติบโตที่อายุ 21 วันหลังปลูก ในสภาพโรงเรือนพบว่า การแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารละลายไนโตรเจนผสมกับฟอสฟอรัส มีผลทำให้มีค่าน้ำหนักรากสดมากกว่าการไม่แช่สารละลาย และ Khamthavong et al., (2012) ทดสอบพบว่า การแช่ท่อน

พันธุ์ด้วยสารละลายธาตุอาหารไม่มีผลต่อการเติบโตของส่วนเหนือดินของมันสำปะหลัง แต่มีผลต่อรากโดยทำให้ผลผลิตรากเพิ่มขึ้น ร้อยละ 25 และผลผลิตแบ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 30

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 72 ที่อายุ 1 เดือน ที่มีการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยวิธีต่างๆ

Varieties	Treatments	Plant height (cm)	Branch number	Leaves number	Branch - leaves fresh weight	Branch - leaves dry weight	Root number Per plant	Root fresh weight	Root dry weight
Huay Bong 80	Unsoaking	27.25 ab	4.00 ab	17.00 abc	8.08 ab	1.93 ab	35.50 bc	9.34 ab	0.83 ab
	Water soaking	29.90 ab	5.00 a	19.25 a	9.91 ab	2.12 ab	37.50 ab	8.22 bc	0.83 ab
	Fruit bio-extract soaking	31.53 a	4.50 a	16.25 bc	12.93 a	2.64 a	37.75 ab	11.72 a	1.13 a
	Fish bio-extract soaking	28.28 ab	4.50 a	17.00 abc	8.16 b	1.79 ab	42.25 a	9.28 ab	0.80 bc
	Vermicompost tea soaking	26.03 b	4.50 a	19.25 a	7.08 b	1.45 b	33.00 bcd	6.13 bcd	0.58 bc
Kasetasat 72	Unsoaking	25.75 ab	2.75 c	17.00 abc	7.15 b	1.37 b	29.00 d	5.05 d	0.48 bc
	Water soaking	26.18 b	2.75 c	17.50 ab	9.43 ab	1.86 ab	31.00 cd	6.98 bcd	0.67 bc
	Fruit bio-extract soaking	26.38 b	2.75 c	16.50 abc	7.84 b	1.59 b	41.75 a	8.37 bc	0.80 bc
	Fish bio-extract soaking	26.90 b	2.50 c	13.25 c	6.35 b	1.22 b	32.75 bcd	8.86 ab	0.85 ab
	Vermicompost tea soaking	27.78 ab	3.00 bc	16.00 bc	6.87 b	1.53 b	32.00 bcd	8.96 ab	0.86 ab
F-test		*	*	*	*	*	*	*	*
Mean of cultivars	Huay Bong 80	28.60 a	4.50 a	17.75	9.38 a	1.99 a	37.20 a	8.94 a	0.83 a
	Kasetasat 72	26.60 a	2.75 a	16.05	7.53 a	1.51 a	33.30 a	7.64 a	0.73 a
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mean of treatments	Unsoaking	26.50 a	3.38 a	17.00 a	7.98 a	1.65 a	32.25 b	7.19 a	0.66 b
	Water soaking	28.04 a	3.88 a	18.38 a	9.67 a	1.99 a	34.25 b	7.60 a	0.75 ab
	Fruit bio-extract soaking	28.95 a	3.63 a	16.38 a	10.39 a	2.12 a	39.75 a	10.04 a	0.96 a
	Fish bio-extract soaking	27.59 a	3.50 a	15.13 a	7.26 a	1.51 a	37.50 ab	9.07 a	0.82 ab
	Vermicompost tea soaking	26.90 a	3.75 a	17.63 a	6.97 a	1.49 a	32.50 b	7.54 a	0.72 ab
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*
Mean		27.60	3.63	16.90	8.45	1.75	35.25	8.29	0.78
CV (b) %		9.8	21.3	17.3	35.0	31.2	10.2	23.5	23.9

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างปัจจัย

* แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ให้อักษรต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

นอกจากนี้ ผลการทดสอบการแช่ท่อนพันธุ์มีผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังของพันธุ์ห้วยบง 80 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 72 มีการตอบสนองต่างกัน เป็นผลเนื่องจากการเติบโตของพืชและพัฒนาการของรากพืชมีปัจจัยที่ส่งผลได้แก่ พันธุกรรม สภาพดินที่รากเติบโตซึ่งประกอบด้วยคุณสมบัติของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการเติบโตและการเปลี่ยนสภาพทางการพัฒนาการของพืช เป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนพืชที่มีบทบาทในการควบคุม (ลิลลี่และคณะ, 2556)

เมื่อพิจารณาผลของวิธีการแช่ท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง พบว่า การแช่ท่อนพันธุ์ด้วยน้ำหมักหรือน้ำ มีแนวโน้มทำให้มันสำปะหลังมีค่าการเจริญเติบโตดีกว่าการไม่แช่ท่อนพันธุ์ เนื่องจากการแช่ท่อนพันธุ์ มีผลทำให้ น้ำ สารอาหาร และสารควบคุมการเจริญเติบโตถูกดูดซึมเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีย่อยสลายสารอาหารเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณที่กำลังเจริญเติบโต (จิรา, 2551) ทำให้มีแนวโน้มในการกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ดี โดยพบความแตกต่างที่ค่าจำนวนรากต่อต้นและน้ำหนักแห้งรากต่อต้น ซึ่งพบว่าการแช่น้ำหมักผลไม้ให้ค่าจำนวนรากสูงที่สุดคือ 39.75 รากต่อต้น และค่าน้ำหนักแห้งรากสูงที่สุดคือ 0.96 กรัมต่อต้น รองมาคือการแช่น้ำหมักปลาให้ค่าจำนวนราก 37.25 รากต่อต้นและค่าน้ำหนักแห้งราก 0.82 กรัมต่อต้น ทั้งนี้ มีผลเนื่องจากองค์ประกอบในน้ำหมักมีองค์ประกอบของธาตุอาหารและฮอร์โมนหลายประเภท โดยในน้ำหมักประเภทผลไม้มีส่วนประกอบธาตุไนโตรเจนร้อยละ 0.27 ธาตุฟอสฟอรัสร้อยละ 0.05 ธาตุโปแตสเซียมร้อยละ 0.63 และมีองค์ประกอบของฮอร์โมนในกลุ่มออกซินสูงถึง 48.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีผลในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ เร่งการเกิดรากของพืช และช่วยในการเจริญของราก นอกจากนี้ในน้ำหมักปลามีปริมาณกรดฮิวมิกที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของรากได้ดี โดยมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 3.36 ซึ่งมากกว่าน้ำหมักชนิดอื่น อีกทั้งในน้ำหมักผลไม้และน้ำหมักปลา มีองค์ประกอบของจุลธาตุประเภทสังกะสี ร้อยละ 0.0016 และ 0.0012 ตามลำดับ (กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550) ซึ่งธาตุสังกะสีมีบทบาทสำคัญในการสร้างฮอร์โมนกลุ่มออกซิน ตลอดจนมีส่วนในการสังเคราะห์โปรตีนด้วย (วิไลภรณ์, 2556) ทั้งนี้ การแช่ท่อนพันธุ์ที่มีองค์ประกอบของสารละลายสังกะสีมีผลในการเพิ่มความแข็งแรงและสมรรถนะในการดูดธาตุอาหารให้กับพืชได้ (เจนจิราและคณะ, 2560) มีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ การพัฒนาการเจริญเติบโตในระยะแรกนี้ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง เสริมสร้างการเจริญเติบโตด้านอื่นๆ และมีผลต่อเนื่องในระยะอื่นๆ ต่อไป

สรุป

การศึกษาผลของการแช่ท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 30 วัน พบว่า ในการแช่น้ำหมักผลไม้ในท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ให้ค่าการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดิน ได้แก่ ด้านความสูง น้ำหนักสดกิ่งใบต่อต้น น้ำหนักแห้งกิ่งใบต่อต้น มีค่าสูงที่สุด และค่าการเจริญเติบโตส่วนใต้ดิน ได้แก่ น้ำหนักสดรากต่อต้น และน้ำหนักแห้งรากต่อต้น มีค่าสูงที่สุด เมื่อเทียบกับการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยวิธีอื่นและการแช่ท่อนพันธุ์ในพันธุ์เกษตรศาสตร์ 72 ดังนั้นควรส่งเสริมให้มีการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยน้ำหมักผลไม้ให้กับมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ส่วนน้ำหมักที่ควรแนะนำให้แช่ท่อนพันธุ์รองมาคือ น้ำหมักปลาเนื่องจากให้ผลดีรองลงมา ทั้งนี้ การแช่ท่อนพันธุ์ดังกล่าวส่งผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังและส่งผลให้ได้ผลผลิตที่ดีต่อเกษตรกรต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาถึงผลกระทบของการแช่ท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตในระยะการเจริญเติบโตในระยะถัดไปเช่น การเจริญเติบโตที่อายุ 2 เดือน 6 เดือน เป็นต้น ตลอดจนการศึกษาถึงผลกระทบต่อผลผลิตของมันเป็นสำปะหลัง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ทำการวิจัย และขอขอบคุณ ดร.กิงกานท์ พานิชนอก นักวิจัยชำนาญการ สถาบันวิจัยเขาคินซอน คณะเกษตรวิทยาเขตบางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้สนับสนุนประสานการจัดหาท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ประกอบการวิจัยและให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2546). *สารเร่งประเภทจุลินทรีย์ พด.1 พด.2 พด.3 สำหรับเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตการเกษตร*. ม.ป.ท.กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2550). *มีอะไรในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ. เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี ชุดความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน (สนท.010008-2550)*. กรุงเทพฯ.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2554). *โครงการส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง ปี 2554*. รายงานวิจัยเชิงสำรวจ. กองวิจัยและพัฒนาการส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- เกษรรา เมทเมรุรัตน์ ลิลลี่ กาวีตะ มาลี ณ นคร และ อรุษา คำสุข. (2557). ผลของบราสซิโนสเตียรอยด์มีมิก (DHECD) ต่อการเติบโตทางลำต้น และผลผลิตของมันเป็นสำปะหลัง. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 สาขาพืช*. หน้า 167-174.
- จิรา ณ หนองคาย. (2551). *หลักและเทคนิคการขยายพันธุ์พืชในประเทศไทย*. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร. 366 หน้า.
- เจนจิรา หม่องอัน, สุคนธมาส เปรมปฐวิทย์, สยมพร นากกลาง, วาสนา เสนาพล และอารมณ จันทะสอน. (2660). การเพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้าข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลัง โดยวิธีการแช่เมล็ดและท่อนพันธุ์ในสารละลายแคลเซียม โบรอน และสังกะสี. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 9 ฉบับ 18 กรกฎาคม – ธันวาคม 2560*. หน้า 49-62.
- พรณิธา ณ เชียงใหม่, ณริสสา กิตติชัยชาญ, นำวียา บุญงาม, มรกต สมสถิต, युภา ปู่แดงอ่อน และ พิมพ์ใจ มีตุ้ม. (2561). อิทธิพลของน้ำปุ๋ยหมักต่อการงอกและลักษณะของรากในข้าวไร่ พันธุ์นาสาร. *แก่นเกษตร 46 ฉบับพิเศษ 1 : (2561)* หน้า 481-486.
- ลิลลี่ กาวีตะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์, สุริยา ตันติวิวัฒน์ และณรงค์ วงศ์กันทรการ. (2556). *สรีรวิทยาของพืช*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 270 หน้า.
- วิไลภรณ์ บุญญกิจจินดา. (2556). *สรีรวิทยาของพืช*. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสนามจันทร์ นครปฐม.
- ศรันยา คัมปาลี และ สุรพงษ์ ดำรงกิตติกุล. (2555). ผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพผลไม้ต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์พริก. *การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 (ภาคโปสเตอร์)*. หน้า 2339-2346.

- สกล ฉายศรี. (2555). *มันสำปะหลัง*. เอกสารประกอบคำบรรยาย ในการฝึกอบรม และถ่ายทอดความรู้ เรื่อง การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดและมันสำปะหลัง วันที่ 14 กรกฎาคม 2555 ณ อาคารฝึกอบรมสถานีวิจัยลพบุรี มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ อำเภโคกเจริญ จังหวัดลพบุรี.
- สมเกียรติ สุวรรณศิริ. (2547). *ปุ๋ยน้ำชีวภาพหรือน้ำสกัดชีวภาพ และการประยุกต์ในกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (อีเอ็ม) (ด้านการเกษตรและสิ่งแวดล้อม)*. สถาบันวิจัยเกษตรเขตชลประทาน, ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- อานัฐ ตันโช. (2556). *เกษตรธรรมชาติประยุกต์ : หลักการ แนวคิด เทคนิคปฏิบัติในประเทศไทย*. สำนักพิมพ์โอแอตเวอร์ไทซิง แอนด์ มีเดีย. เชียงใหม่. 584 หน้า.
- Polthanee A. and P. Manuta .(2015). Effect of Stake Priming with Nutrient Solution on Growth and Yield of Cassava Grown under Greenhouse and Field Conditions. *KHON KAEN AGR. J.* 43 (2) : 379-386 (2015).
- Khanthavong P., N. Phattarakul, S. Jamjod, T. M. Aye and B. Rerkasem. (2012). Effect of Stake Priming with Complete Nutrient Solution on Cassava Root and Starch Yield. *CMU.J.Nat.Sci.Special Issue on Agricultural & Natural Resources (2012) Vol.11 (1);* 75-80.

พฤษทางเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด
และการต้านอนุมูลอิสระของบัวฉัตรขาว

ณพัฐอร บัวฉุน^{1*}

Received : August 21, 2019

Revised : October 14, 2019

Accepted : December 23, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤษทางเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และการต้านอนุมูลอิสระของบัวฉัตรขาวทั้งแบบสดและแบบแห้ง โดยนำเกสร ใบ ก้านดอกดอก รังไข่ และกลีบดอกทั้งแบบสดและแบบแห้งของบัวฉัตรขาว ทำการสกัดด้วยเอทานอล จากนั้นนำสารสกัดหยาบบัวฉัตรขาวมาวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ผลการวิจัยพบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลของบัวฉัตรขาวแบบสดและแบบแห้งจะพบสารพฤษเคมีเบื้องต้น พบ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน โพลีฟีนอล และเทอร์ปีนอยด์ สารสกัดหยาบบัวฉัตรขาวแบบสดและแบบแห้งในเกสรมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และ ปริมาณฟลาโวนอยด์มากที่สุด เท่ากับ 798.00 และ 607.60 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด และ 69.82 และ 65.25 มิลลิกรัมเคอร์ซีตินต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด และจากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH free radical scavenging พบว่าสารสกัดหยาบบัวฉัตรขาวแบบสดและแบบแห้งในเกสรมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 2.03 และ 1.99 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ

คำสำคัญ : พฤษทางเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด การต้านอนุมูลอิสระ บัวฉัตรขาว

¹ สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

*ผู้รับผิดชอบหลัก e-mail: napattaorn@vru.ac.th

PHYTOCHEMICAL TOTAL PHENOLIC CONTENT TOTAL FLAVONOID CONTENT AND ANTIOXIDANT ACTIVITY FROM *NELUMBO NUCIFERA* GAERTN

Napattaorn Buachoon^{1*}

Abstract

The aim of present study is to screen the phytochemical, total phenolic content, total flavonoid content and antioxidant activity of *Nelumbo nucifera* Gaertn from both fresh and dried. The *Nelumbo nucifera* Gaertn both fresh and dried such as pollen leaf stalk ovary and petal extraction by ethanol. The crude extract of *Nelumbo nucifera* Gaertn analysis total phenolic content, total flavonoid content and antioxidant activity using DPPH Radical Scavenging method by UV-VIS Spectrophotometer. In this study, the Phytochemical screening of *Nelumbo nucifera* Gaertn extracts from both fresh and dried were flavonoids, coumarins, saponin, tannins, phlobatannins, and terpenoids. The extract both fresh and dried *Nelumbo nucifera* Gaertn showed the highest total phenolic content and total flavonoid content which was of about 798.00 and 607.60 mg GAE/g extract and of about 69.82 and 65.25 mg QE/g extract, respectively. The antioxidant activity using DPPH free radical scavenging method extracts of both fresh and dried *Nelumbo nucifera* Gaertn pollen is the highest antioxidant activity with EC₅₀ values of 2.03 และ 1.99 mg/mL, respectively.

Keywords : Phytochemical, Total Phenolic Content, Antioxidant activity, *Nelumbo nucifera* Gaertn

¹Chemistry Program , Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

*Corresponding author,e-mail: napattaorn@vru.ac.th

บทนำ

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) เป็นสารที่ช่วยต่อต้านหรือกำจัดอนุมูลอิสระ (Free Radicals) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันภายในร่างกาย ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถพบได้จากหลากหลายรูปแบบตามธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการออกซิเดชันที่ทำให้เหล็กกลายเป็นสนิม น้ำมันพืชที่มีกลิ่นเหม็นหืน ผลแอปเปิลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ และหากเป็นในร่างกายจะพบได้จากการย่อยสลายโปรตีนและไขมัน ซึ่งมาจากอาหารที่รับประทานเข้าไป การรับอนุมูลพิษทางอากาศ ควันบุหรี่ เชื้อโรค ฝุ่นละออง การรับเอารังสีจากแสงแดด หรือแม้กระทั่งการหายใจก็สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ กลายเป็นสารอนุมูลอิสระล่องลอยอยู่ในร่างกายและสร้างความเสียหายให้กับเซลล์ต่างๆ กลายเป็นอาการเจ็บป่วยและโรคต่างๆ เช่น โรคเมอเร็ง โรคหัวใจ โรคปอด โรคตับแข็ง และโรคเบาหวาน เป็นต้น (ณพัชร บัวฉวน, 2558).

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ตั้งอยู่ที่ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี และมีดอกไม้ประจำจังหวัดคือ บัวฉัตรขาว ชื่อวิทยาศาสตร์: *Nelumbo nucifera* Gaertn. ชื่อวงศ์: NYMPHACEAE ชื่อสามัญ: Sacred lotus ซึ่งในปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำโครงการอนุรักษ์บัวหลวงของจังหวัดปทุมธานี ซึ่งบัวหลวงมีหลายสายพันธุ์ ได้แก่ บัวพันธุ์ดอกสีชมพู (บัวแหลมชมพู) มีชื่อว่า ปทุม ปัทมา โกระนต หรือโกกนุด บัวหลวงพันธุ์ดอกสีขาว (บัวแหลมขาว) มีชื่อว่า บุนทริกหรือปทุมทริก บัวหลวงชมพูซ้อน (บัวฉัตรชมพู) มีชื่อว่า สัตตบงกช บัวหลวงขาวซ้อน (บัวฉัตรขาว) มีชื่อว่า สัตตบุษย์ โดยมีพื้นที่ปลูกบัวบริเวณเรือนไทยและบริเวณแปลงอนุรักษ์พันธุ์พืช

บัวฉัตรขาวจัดเป็นพืชสมุนไพรตามตำราแพทย์แผนไทย ทุกส่วนของบัวฉัตรขาวสามารถใช้ประกอบเป็นอาหาร และมีสรรพคุณใช้รักษาและป้องกันการเกิดโรคได้ เช่น เกสรของบัวหลวงสามารถปรุงเป็นยาหอมมีสรรพคุณขับปัสสาวะ ลดระดับน้ำตาลในเลือด รากของบัวฉัตรขาวมี สรรพคุณ ระงับอาการท้องร่วง เหงาและเมล็ดของบัวหลวงมีสรรพคุณเป็นยาบำรุงกำลัง รักษาอาการร้อนในกระหายน้ำ ขับเสมหะ ลดระดับน้ำตาลในเลือด ดีบัวหรือต้นอ่อนของบัวหลวงมีสรรพคุณบำรุงหัวใจ ขยายหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจ ยางจากก้านดอกใบและก้านดอกดอกของบัวฉัตรขาวมีสรรพคุณแก้โรคท้องเดิน ใบของบัวฉัตรขาวมีสรรพคุณบำรุงร่างกายให้ชุ่มชื้น กลีบดอกของบัวฉัตรขาวมีสรรพคุณใช้เป็นยาฝาดสมาน (กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2542) นอกจากนี้ยังสามารถนำเอาส่วนต่างๆ ของบัวฉัตรขาวมาเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางต่างๆ โดยมีสรรพคุณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต่อต้านและลดริ้วรอย

จากความสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical screening) เกี่ยวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในบัวฉัตรขาว ซึ่งเป็นสายพันธุ์ของบัวหลวงที่ปลูกในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสารพิษเคมีเบื้องต้นของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอลจากส่วนต่างๆ ของบัวฉัตรขาว ได้แก่ เกสร ใบ ก้านดอกดอกกรังไข่ และกลีบดอกทั้งแบบสดและแบบแห้ง
2. ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และสารต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอลจากส่วนต่างๆ ของบัวฉัตรขาว ได้แก่ เกสร ใบ ก้านดอกดอกกรังไข่ และกลีบดอกทั้งแบบสดและแบบแห้ง

3. ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอลจากส่วนต่างๆ ของบัวฉัตรขาว ได้แก่ เกสร ใบ ก้านดอกดอกฝรั่ง และกลีบดอกทั้งแบบสดและแบบแห้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมสกัดสารจากบัวฉัตรขาว (รัตน อินทรานุปรกรณ์, 2547)

นำตัวอย่างบัวฉัตรขาว ได้แก่ เกสร ใบ ก้านดอกดอกฝรั่ง และกลีบดอกทั้งแบบสดและแบบแห้ง มาหั่นให้ละเอียดด้วยมีด โดยทำการแยกแต่ละส่วนของบัวฉัตรขาว โดยจะแบ่งออกเป็น 10 ส่วน แล้วนำส่วนที่หั่นมาซึ่งให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำบัวฉัตรขาว 10 ส่วนของบัวฉัตรขาวที่เป็นเกสร ใบ ก้านดอกดอก ฝรั่ง และกลีบดอกทั้งแบบสดและแบบแห้ง มาสกัดด้วยตัวทำละลาย 95% เอทานอล ด้วยวิธีการแช่หมัก (maceration) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นทำการกรองสารละลายของตัวอย่าง โดยใช้การกรองด้วยสุญญากาศ นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary Evaporator) จะได้เป็นส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล (Ethanol Extract) แล้วชั่งน้ำหนักด้วยสารสกัดหยาบแต่ละตัวอย่างที่ได้ และเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบสารฟลักซ์เคมีเบื้องต้น และทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพต่อไป

การตรวจสอบสารฟลักซ์เคมีเบื้องต้น

การตรวจสอบสารฟลักซ์เคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบเอทานอลจากบัวฉัตรขาวโดยแบ่งการทดสอบสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ออกเป็น 9 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน โพลีฟีนอล เทอร์ปีนอยด์ สเตียรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอนดังนี้

1. การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

ซึ่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วย 50% เอทานอล ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่ากองส่วนที่ไม่ละลายออกนำของเหลวที่ได้จากการกรองใส่หลอดแมกนีเซียมชิ้นเล็กๆ ลงไป 1 ชิ้น และหยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จำนวน 5 หยด เขย่าแล้วนำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบฟลาโวนอยด์

2. การตรวจสอบแอนทราควิโนน (Anthraquinones)

ซึ่งสารสกัด 0.2 กรัมเตรียมสารละลาย 10% H_2SO_4 ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่านำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก แล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นำของเหลวที่ได้จากการกรอง (Filtrate) ไปเติมสารละลายแอมโมเนีย (10% NH_3) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่า ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีชมพูแดงเกิดขึ้นแสดงว่าพบแอนทราควิโนน

3. การตรวจสอบคูมาริน (Coumarin)

ซึ่งสารสกัด 0.2 กรัมละลายด้วย 50% เอทานอล ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (6 M $NaOH$) ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบคูมาริน

4. การตรวจสอบซาโปนิน (Saponins)

ใช้การทดสอบแบบการเกิดฟอง โดยชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที เขย่าอย่างแรง ถ้าปรากฏฟองถาวรเกิดขึ้นในหลอดทดลองแสดงว่าพบซาโปนิน

5. การตรวจสอบแทนนิน (Tannins)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรองเติมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (1% FeCl_3) จำนวน 5 หยด เขย่า ถ้าปรากฏสารละลายสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบแทนนิน

6. การตรวจสอบโพลบาแทนนิน (Phlobatannins)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรองเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (10% HCl) จำนวน 5 หยด เขย่า แล้วนำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบโพลบาแทนนิน

7. การตรวจสอบเทอร์ปีนอยด์ (Terpenoids)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง ค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงไป ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบเทอร์ปีนอยด์

8. การตรวจสอบสเตียรอยด์ (Steroids)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์มปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่ากรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมกรดกลูเซิลแอซีติก (Glacial acetic Acid) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่า แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4) จำนวน 3 หยด ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีน้ำเงินหรือน้ำเงินเขียวแสดงว่าพบสเตียรอยด์

9. การตรวจสอบคาร์ดิอิกไกลโคไซด์ (Cardiac glycosides)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (1% FeCl_3) จำนวน 5 หยด เขย่า เติมกรดกลูเซิลแอซีติก จำนวน 5 หยด เขย่าและค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงไป ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบคาร์ดิอิกไกลโคไซด์

การหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Leite & Dourado, 2013; Lingard & Singlaton, 1977)

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดกลูกลิกเข้มข้น 1,000 ppm และ 100 ppm และเจือจางจนมีความเข้มข้นเป็น 0, 20, 40, 60 และ 80 ppm จากนั้นสร้างกราฟมาตรฐานกรดกลูกลิก นำสารละลายที่เตรียมได้ในแต่ละความเข้มข้นไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร (A760) หลังจากนั้นวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดหยาบบัวฉัตรขาว

การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total Flavonoids Content)

การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี Aluminium trichloride (AlCl_3) colorimetric โดยใช้เคอร์ชิติน เป็นสารมาตรฐาน เมื่อทำการผสมสารละลายมาตรฐานเคอร์ชิติน ที่ความเข้มข้นต่างๆ หรือสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร กับสารละลายอะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ (AlCl_3 reagent) ความเข้มข้น 1.0% (w/v) ปริมาตร 1.8 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานเคอร์ชิติน ในหน่วย

มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซีตินต่อน้ำหนักสารสกัดแห้ง 1 กรัม (Quercetin equivalents, mg QE/g dried extract)

การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบบัวฉัตรขาวโดยการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH Radical

1. ชั่งสารละลายมาตรฐาน (BHT และ BHA) 0.0125 กรัม ละลายด้วย 99.99% เอทานอล ใส่ในขวด วัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Absolute Ethanol จนได้สารละลาย BHT และ BHA ที่มีความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐาน (BHT และ BHA) ที่มีความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Absolute Ethanol จะได้สารละลาย BHT ที่มีความเข้มข้น 500, 250, 125, 62.5, และ 31.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

3. ชั่งสารสกัดหยาบบัวฉัตรขาว 0.0125 กรัม ละลายด้วย 99.99% เอทานอล ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Absolute Ethanol จนได้สารละลายสกัดหยาบบัวฉัตรขาว ที่มีความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายสกัดหยาบบัวฉัตรขาว ที่มีความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Absolute Ethanol จะได้สารละลายสกัดหยาบบัวฉัตรขาว ที่มีความเข้มข้น 500, 250, 125, 62.5, และ 31.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

4. ปิเปตสารละลายมาตรฐาน (BHT และ BHA) ที่มีความเข้มข้นต่างๆ เติมสารละลาย DPPH 6×10^{-5} โมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีในที่มืด แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร และทำการทดลอง 3 ซ้ำ

5. ปิเปตสารละลายสกัดหยาบบัวฉัตรขาว ที่มีความเข้มข้นต่างๆ เติมสารละลาย DPPH 6×10^{-5} โมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีในที่มืด แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร และทำการทดลอง 3 ซ้ำ

6. คำนวณหา % DPPH Scavenging

7. พล็อตกราฟหาค่า IC₅₀ เปรียบเทียบกับ BHA, BHT สกัดหยาบบัวฉัตรขาว

ผลการวิจัย

ผลจากสกัดสารจากบัวฉัตรขาว

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของสารสกัดหยาบเอทานอลของบัวฉัตรขาว

สารสกัดสด	ลักษณะของสารสกัดที่ได้	สารสกัดแห้ง	ลักษณะของสารสกัดที่ได้
เกสร	ของเหลวข้นหนืดสีเหลืองเข้ม	เกสร	ของเหลวข้นหนืดสีเหลืองเข้ม
ใบ	ของเหลวข้นหนืดสีเขียวเข้ม	ใบ	ของเหลวข้นหนืดสีเขียวเข้ม
กลีบดอก	ของเหลวข้นหนืดสีเขียวเข้ม	กลีบดอก	ของเหลวข้นหนืดสีเขียวเข้ม
รังไข่	ของเหลวข้นหนืดสีเหลืองเข้ม	รังไข่	ของเหลวข้นหนืดสีเหลืองเข้ม
ก้านดอก	ของเหลวข้นหนืดสีเขียวเข้ม	ก้านดอก	ของเหลวข้นหนืดสีเขียวเข้ม

ตารางที่ 2 ร้อยละของสารสกัดหยาบเอทานอลของบัวฉัตรขาว

สารสกัดสด	ร้อยละสารสกัดหยาบ (%Yield)	สารสกัดแห้ง	ร้อยละสารสกัดหยาบ (%Yield)
เกสร	1.30	เกสร	1.09
ใบ	2.30	ใบ	2.02
กลีบดอก	1.06	กลีบดอก	1.29
รังไข่	1.93	รังไข่	1.14
ก้านดอก	2.91	ก้านดอก	2.63

ผลการสกัดจากบัวฉัตรขาวโดยวิธีการแช่ด้วยเอทานอล พบว่า สารสกัดหยาบบัวฉัตรขาวที่ได้มีลักษณะเหนียวหนืดสีเขียวเข้มและสีเหลืองหนืดเข้ม เมื่อนำมาหาร้อยละของสารสกัดหยาบบัวฉัตรขาว พบว่า สารสกัดที่ได้จากการสกัดจากบัวฉัตรขาวแบบสดของ เกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอกคิดเป็นร้อยละสารสกัดหยาบเท่ากับ 1.30 2.30 1.06 1.93 และ 2.91 ตามลำดับ และ การสกัดจากบัวฉัตรขาวแบบแห้งของ เกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอกคิดเป็นร้อยละสารสกัดหยาบเท่ากับ 1.09 2.02 1.29 1.14 และ 2.63 ตามลำดับ

การทดสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น

การทดสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบเอทานอลจากบัวฉัตรขาวทั้งแบบสดและแบบแห้งโดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 9 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน โพลีฟีนอล แทนนิน เทอร์ปีนอยด์ สเตียรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ อาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน พบว่า ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การทดสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบเอทานอลจากส่วนต่างๆ ของบัวฉัตรขาว

สารพิษเคมีเบื้องต้น	สารสกัดหยาบแบบสด					สารสกัดหยาบแบบแห้ง				
	เกสร	ใบ	ก้านดอก	รังไข่	กลีบดอก	เกสร	ใบ	ก้านดอก	รังไข่	กลีบดอก
ฟลาโวนอยด์	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
แอนทราควิโนน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
คูมาริน	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ซาโปนิน	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
แทนนิน	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
โพลีฟีนอล	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
เทอร์ปีนอยด์	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
สเตียรอยด์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
คาร์ดิแอกไกลโคไซด์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*หมายเหตุ - หมายถึง ทดสอบไม่พบสาร + หมายถึง ทดสอบพบสาร

จากตารางที่ 3 การทดสอบสารฟลักซ์เคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบเอทานอลของบัวฉวนขาวแบบสดและแบบแห้งจะพบสารฟลักซ์เคมีเบื้องต้น 6 ชนิด คือ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน โพลีฟีนอล และเทอร์ปีนอยด์

ผลการหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบบัวฉวนขาวเทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของกรดแกลลิกและค่าการดูดกลืนแสง ผลแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบจากส่วนต่างๆ ของบัวฉวนขาว

สารสกัดสด	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g crude extract)	สารสกัดแห้ง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g crude extract)
เกสร	798.00	เกสร	697.60
ใบ	689.26	ใบ	589.21
กลีบดอก	795.30	กลีบดอก	690.00
รังไข่	759.89	รังไข่	650.39
ก้านดอก	619.20	ก้านดอก	549.45

จากตารางที่ 4 พบว่า สารสกัดหยาบจากส่วนต่างๆ ของบัวฉวนขาวได้แก่ เกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอกแบบสด มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 798.00 689.26 795.30 759.89 และ 619.20 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด ตามลำดับ และแบบแห้งของ เกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอก มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 697.60 589.21 690.00 650.39 และ 549.45 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด ตามลำดับ

ผลการหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดหยาบบัวฉวนขาวเทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเคอร์ซีตินและค่าการดูดกลืนแสง ผลแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากส่วนต่างๆ ของบัวฉวนขาว

สารสกัดสด	ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mg QE/g extract)	สารสกัดแห้ง	ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mg QE/g extract)
เกสร	69.82	เกสร	65.25
ใบ	60.98	ใบ	58.43
กลีบดอก	69.47	กลีบดอก	64.40
รังไข่	65.32	รังไข่	63.78
ก้านดอก	59.34	ก้านดอก	50.59

จากตารางที่ 5 พบว่า สารสกัดหยาบจากส่วนต่างๆ ของบัวฉัตรขาวได้แก่ เกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอก แบบสด มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 69.82 60.98 69.47 65.32 และ 59.34 มิลลิกรัมเคอร์ซีตินต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด ตามลำดับ และแบบแห้งของ เกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอก แบบแห้ง มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 65.25 58.43 64.40 63.78 และ 50.59 มิลลิกรัมเคอร์ซีตินต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด ตามลำดับ

ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบบัวฉัตรขาวโดยการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH Radical Scavenging

จากการทดลองฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากบัวฉัตรขาวทดสอบโดยเทคนิค DPPH Radical Scavenging และจากการทดสอบการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยอาศัยหลักการจับอนุมูลอิสระด้วย DPPH Radical Scavenging เมื่อทำการละลายในเอทานอลจะเห็นเป็นสารละลายสีม่วง เมื่อ DPPH รับอิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนเรดิคัล จะทำให้มีค่าเสถียรมากขึ้นและเป็นผลให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลง

ผู้วิจัยวัดสมบัติการยับยั้ง DPPH Radical Scavenging แล้วนำมาหาค่าความเป็นเส้นตรงที่ความเข้มข้น 31-500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และนำมาหาค่า EC_{50} ของ BHT BHA และสารสกัดหยาบบัวฉัตรขาว ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่า EC_{50} ของ BHT BHA และสารสกัดหยาบบัวฉัตรขาวส่วนต่างๆ

สารสกัด	EC_{50} (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	สารสกัด	EC_{50} (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
BHT	2.19	BHA	2.44
เกสรสด	2.03	เกสรแห้ง	1.99
ใบสด	2.89	ใบแห้ง	2.17
กลีบดอกสด	2.11	กลีบดอกแห้ง	2.01
รังไข่สด	2.26	รังไข่แห้ง	2.00
ก้านดอกสด	2.45	ก้านดอกแห้ง	2.34

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบจากส่วนต่างๆ ของบัวฉัตรขาวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่า EC_{50} ของ เกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอกแบบสด เท่ากับ 2.03 2.89 2.11 2.26 และ 2.45 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ และเกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอกแบบแห้ง เท่ากับ 1.99 2.17 2.01 2.00 และ 2.34 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน BHT และ BHA ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 2.19 และ 2.44 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการทดลองทำการสกัดสารจากบัวฉัตรขาว โดยนำส่วนต่างๆ ของบัวฉัตรขาวมาแช่ด้วยเอทานอล พบว่า สารสกัดที่ได้จากการสกัดจากบัวฉัตรขาวแบบสดของ เกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอก คิดเป็นร้อยละสารสกัดหยาบเท่ากับ 1.30 2.30 1.06 1.93 และ 2.91 ตามลำดับ และการสกัดจากบัวฉัตรขาวแบบแห้งของ เกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอก คิดเป็นร้อยละสารสกัดหยาบเท่ากับ 1.09 2.02 1.29 1.14 และ 2.63

ตามลำดับ ซึ่งจากการหาค่าร้อยละของสารสกัดหยาบจะพบว่าสารสกัดหยาบแบบสดของบัวฉัตรขาวจากส่วนต่างๆจะมีร้อยละของสารสกัดหยาบมากกว่าสารสกัดแบบแห้ง

สารพฤษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบเอทานอลของบัวฉัตรขาวแบบสดและแบบแห้งที่ทำการทดสอบทั้งหมด 9 ชนิด จะพบสารพฤษเคมีเบื้องต้น 6 ชนิด คือ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน โพลีฟีนอล และเทอร์ปีนอยด์ แต่ไม่พบแอนทราควิโนน สเตียรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์

จากการหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดหยาบของส่วนต่างๆ ของบัวฉัตรขาวได้แก่ ได้แก่ เกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอก ทั้งแบบสดและแบบแห้ง พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีปริมาณค่อนข้างสูง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกันก็จะทำให้ทราบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจะมากกว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดซึ่งจากการศึกษาพบว่าสารกลุ่มปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์มีรายงานว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณพัชร บัวฉวน และเยาวนารถ งามนรท์(2561) และในการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูล DPPH ซึ่งอนุมูล DPPH เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วงอยู่ในรูปอนุมูลอยู่แล้วโดยไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูล อนุมูล DPPH เมื่ออยู่ในสารละลายจะมีสีม่วง และเมื่อมีสารต้านอนุมูลอิสระ ให้หรือรับอิเล็กตรอนแก่อนุมูล DPPH จะได้เป็นสาร diphenyl picrylhydrazyl (DPPH:H) ที่ไม่เป็นอนุมูลอีกต่อไป สีที่เกิดขึ้นจึงมีสีเหลืองนวล ซึ่งในการทดลองนี้พบว่า ฤทธิ์การต้านอนุมูล DPPH จะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารที่ทดสอบ โดยที่ค่า EC₅₀ ของสารสกัดหยาบของบัวฉัตรขาวของ เกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอกแบบสด เท่ากับ 22.03 2.89 2.11 2.26 และ 2.45 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ และเกสร ใบ กลีบดอก รังไข่ และก้านดอกแบบแห้ง เท่ากับ 1.99 2.17 2.01 2.00 และ 2.34 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน BHT และ BHA ซึ่งมีค่า EC₅₀ เท่ากับ 2.19 และ 2.44 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมกับฤทธิ์การกำจัดอนุมูล DPPH มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ กันญรัตน์ ภิรมย์มัน (2550) และ พัชร คล้ายวัฒนะ (2550) กลไกในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เกิดจากการให้หรือรับอิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ DPPH ของสารจำพวกฟีนอล ซึ่งจะได้เป็นสาร DPPH ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระอีกต่อไป ส่วน phenoxy radical ที่เกิดขึ้นจะจับกันเอง ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระหยุดลง และผลจากงานวิจัยจะสอดคล้องกับงานวิจัย มนสิชา ขวัญเอกพันธ์ และคณะ (2555) ได้สารสกัดจากส่วนเถาชะเอมไทย พบว่า สารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายร้อยละ 80 เมทานอล และร้อยละ 80 เอทานอล มีร้อยละของสารสกัดคือ 3.23 และ 6.12 และพบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยรวมเท่ากับ 10.54 ± 0.03 และ 10.18 ± 0.02 มิลลิกรัมแกลลิคแอสซิกต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ พิชยา ประเสริฐแสง และวรินทร์ ขวศิริ (2545) ที่ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของผลพลึงกาสา พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดผลพลึงกาสา พบสารบริสุทธิ์ 3 ชนิด และพบว่ามี Embelin เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อทำการศึกษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าสารสกัดผลพลึงกาสา มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงมาก และสอดคล้องกับ เกสรี่ กลิ่นสุนทร และคณะ (มปป.) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อแบคทีเรียของสมุนไพร พื้นบ้านของไทยจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ผักคราดหัวแหวน ผักบุ้งทะเล สมอไทย สมอพิเภก และส้มป่อย พบว่าสารสกัดจากสมอพิเภก และสมอไทย มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงที่สุด โดยมีปริมาณสารฟีนอลิกเท่ากับ 216.65 ± 10.55 196.90 ± 6.49 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ และมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ เท่ากับ 38.27 ± 3.21 , 33.90 ± 2.37 มิลลิกรัมสมมูลของเคเทคินต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ และสารสกัดจากสมอพิเภก สมอไทย มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (EC₅₀ เท่ากับ 0.0029 ± 0.0007

และ 0.0281 ± 0.0032 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) และ ABTS (EC_{50} เท่ากับ 0.822 ± 0.104 และ 1.058 ± 0.057 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) ได้ดี

เอกสารอ้างอิง

- กันญารัตน์ ภิรมย์มัน. (2550). *ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของส่วนสกัดจากต้นกระเทียมป่า และว่านริดสีดวง*. สาขาวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2542). *ผักพื้นบ้านภาคกลาง*. กรุงเทพฯ: องค์การส่งเสริมการค้าผ่านศึก.
- ณพัชร บัวฉุน. (2558). สารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากชะเอมไทย. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*. 10(2), 78-95.
- ณพัชร บัวฉุน และเยาวนารถ งามนนท์. (2561). การพัฒนาโลชั่นบำรุงผิวจากสารสกัดหยาบชะเอมไทยและพื้งกาสา. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 13 ฉบับที่ 2*, 74-85.
- ปฐวิมา บุญมาลี และ ปัทมา เทียนวรรณ. (2556). *ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและเอนไซม์ไทโรซิเนสของครีมตรีผลา*. ปริญาเภสัชศาสตร์ บัณฑิตคณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พัชรี คล้ายวัฒน์. (2550). *ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของส่วนสกัดจากต้นชิงแมงไซ้*. สาขาวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- พิชยา ประเสริฐแสง และ วรินทร์ ขวศิริ. (2545). *องค์ประกอบทางเคมีของผลพื้งกาสา (Ardisia colorata Roxb.) และฤทธิ์ทางชีวภาพ*. ปริญญานิพนธ์วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (เคมี). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัตนา อินทรานุปกรณ์. (2547). *การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มนสิชา ขวัญเอกพันธ์ และคณะ. (2555). *ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดจากส่วนเถาชะเอมไทย*. เชียงราย : มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- สุธาทิพย์ อินทรกำธรชัย และคณะ. (2555) *การพัฒนาครีมชะลอวัยผสมสารสกัดดอกมะลิลา*. เชียงราย: มหาวิทยาลัย แม่ฟ้าหลวง.
- Leite, L., &Dourado, L. (2013). Laboratory activities, science education and problem-solving skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 106, 1677-1686.
- Lingard, K., Singlaton, V.L.(1977). Totalphenal analysis Automation and comparison with manual method. *Am J EnolVitic*. 28, 49-55.

การต้านอนุมูลอิสระของโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ผลิตด้วยโคโตซานสจากก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เเคู 630

มานะ ขาวเมฆ^{1*}

Received : October 25, 2019

Revised : November 24, 2019

Accepted : December 23, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการต้านอนุมูลอิสระของโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ผลิตด้วยโคโตซานสจากก้ามปูกระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เเคู 630 อายุ 2 สัปดาห์ ด้วยอะซิเตตบัพเฟอร์ เข้มข้น 0.1 โมลาร์ พบว่ามีค่ากิจกรรมจำเพาะอยู่ในช่วง 0.0061-10.8040 ยูนิต/มิลลิกรัม โดยโคโตซานสจากก้ามปูมีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงสุด รองมาเป็นข้าว กข. 6 กระถินบ้าน และข้าวฟ่าง เเคู 630 ตามลำดับ พีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาของโคโตซานสที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เเคู 630 มีค่าเท่ากับ 4.5, 3.5, 4.5 และ 4.5 ตามลำดับ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาของโคโตซานสที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เเคู 630 มีค่าเท่ากับ 45, 45, 45 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยของโคโตซานสที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เเคู 630 ที่ใช้เวลาย่อย 30 นาที จะมีโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 1-6 ((GlcN)₁₋₆) และจะมีโมเลกุลขนาดเล็กของ (GlcN)₂ และ (GlcN)₃ เพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาย่อยเพิ่มเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง ในขณะที่ (GlcN)₄, (GlcN)₅ และ (GlcN)₆ ลดลง โดยโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดใหญ่ ((GlcN)₄, (GlcN)₅ และ (GlcN)₆) ที่ใช้เวลาย่อยที่ 30 นาทีของก้ามปูจะมีปริมาณมากที่สุด รองมาเป็นกระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เเคู 630 ตามลำดับ โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากโคโตซานสจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เเคู 630 สามารถต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และวิธี 1,10-ฟีแนนทรอลีนได้เหมือนกัน โดยเรียงตามลำดับคือ กระถินบ้าน ก้ามปู ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เเคู 630 โดยโคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากก้ามปูและกระถินบ้าน สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่า BHT เมื่อเปรียบเทียบค่า EC₅₀

คำสำคัญ : การต้านอนุมูลอิสระ โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ โคโตซานส ก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข.6 ข้าวฟ่าง เเคู 630

¹ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

* ผู้มีพันธหลัก e-mail: mana@vru.ac.th

ANTIOXIDANT ACTIVITY BY CHITOOLIGOSACCHARIDES OF CHITOSANASE FROM *SAMANCA SAMAN* (JACQ) MERR., *LEUCAENA LEUCOCEPHALA* DE WIT, *ORYZA SATIVA* RD. 6 AND *SORGHUM VULGARE* KU 630

Mana Kaomek^{1*}

Abstract

This research was aimed to study the antioxidant activity by chitooligosaccharides of chitosanase from two weeks seedlings, *Samanca saman* (Jacq) Merr., *Leucaena leucocephala* de wit, *Oryza sativa* RD. 6 and *Sorghum vulgare* KU 630 with 0.1 molar acetate buffer. The specific activity were 0.0061-10.8040 units/mg. The chitosanase from *Samanca saman* (Jacq) Merr. had the highest specific activity and decreased from *Leucaena leucocephala* de wit, *Oryza sativa* RD. 6 and *Sorghum vulgare* KU 630, respectively. The optimum pH were extracted from *Samanca saman* (Jacq) Merr., *Leucaena leucocephala* de wit, *Oryza sativa* RD. 6 and *Sorghum vulgare* KU 630 of 4.5, 3.5, 4.5 and 4.5, respectively. The optimum temperature were extracted from *Samanca saman* (Jacq) Merr., *Leucaena leucocephala* de wit, *Oryza sativa* RD. 6 and *Sorghum vulgare* KU 630 of 45, 45, 45 and 65 °C, respectively. Chitooligosaccharides obtained from the digestion of chitosanase which extracted from *Samanca saman* (Jacq) Merr., *Leucaena leucocephala* de wit, *Oryza sativa* RD. 6 and *Sorghum vulgare* KU 630 were used for digestion 30 min that will be chitooligosaccharides of 1-6 ((GlcN)₁₋₆). The small molecules of (GlcN)₂ and (GlcN)₃ were increased when the incubation time is increased to 1, 2 and 4 hours, while (GlcN)₄, (GlcN)₅ and (GlcN)₆ were decreased. The large molecules ((GlcN)₄, (GlcN)₅ and (GlcN)₆) of *Samanca saman* (Jacq) Merr. were incubated for 30 minutes that had the highest and *Leucaena leucocephala* de wit, *Oryza sativa* RD. 6 and *Sorghum vulgare* KU 630, respectively. Chitooligosaccharides obtained from chitosanase of *Samanca saman* (Jacq) Merr., *Leucaena leucocephala* de wit, *Oryza sativa* RD. 6 and *Sorghum vulgare* KU 630 can antioxidant when tested using DPPH and 1,10 phenanthroline. In order of which *Leucaena leucocephala* de wit, *Samanca saman* (Jacq) Merr., *Oryza sativa* RD. 6 and *Sorghum vulgare* KU 630. Chitooligosaccharides from *Samanca saman* (Jacq) Merr. and *Leucaena leucocephala* de wit were able to antioxidant better than BHT when compared with the EC₅₀.

Keywords : Antioxidant activity, Chitooligosaccharides, Chitosanase, *Samanca saman* (Jacq) Merr., *Leucaena leucocephala* de wit, *Oryza sativa* RD. 6 and *Sorghum vulgare* KU 630

¹ Program of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage,

* Corresponding author, e-mail: mana@vru.ac.t

บทนำ

ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินที่ตัดหมู่อะซิติลของเอนอะซิติลดีกลูโคซามีนเหลือเป็นดีกลูโคซามีนตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป ไคโตซานละลายในกรดอ่อน จับกับไอออนของโลหะได้ดี และมีฤทธิ์ทางชีวภาพ ปัจจุบันมีการนำไคโตซานมาใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น สารตกตะกอนในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม การป้องกันแบคทีเรียและเชื้อรา การกำจัดหมู่อะซิติลของไคโตซานมีผลต่อสมบัติและการทำงานของไคโตซาน ดังนั้นการนำไคโตซานไปใช้ประโยชน์จะต้องพิจารณาทั้งเปอร์เซ็นต์การเกิดอะซิติลและน้ำหนักโมเลกุล (Aam, et al., 2010)

ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Chotooligosaccharides) คือสายน้ำตาลที่เกิดจากการย่อยสลายไคตินและไคโตซานด้วยปฏิกิริยาเคมีของกรดหรือปฏิกิริยาของเอนไซม์ในกลุ่มไคติโนไลติก เช่น ไคตินเนสและไคโตซานเนส ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์นำมาใช้กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันโรคพืช ใช้ลดริ้วรอยในเครื่องสำอาง (Cui, Kong, & Zhang, 2012) ใช้ในการต้านโรคพืชอีกเสบ ใช้ลดคอเลสเตอรอลและไขมันในเส้นเลือด ใช้ควบคุมการปลดปล่อยด้วยสำคัญ (Coelho, et al., 2010) และใช้ในการต้านอนุมูลอิสระโดยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาด 4-7 โมเลกุลจะสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดี (Salgaonkar, et al., 2015) ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ละลายน้ำได้และมีประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำดีกว่าไคโตซาน ดังนั้น ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จึงมีมูลค่าสูงกว่าไคตินและไคโตซานมาก ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากนักเนื่องจากปกติจะอยู่ในรูปพอลิเมอร์ ดังนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนไคโตซานที่อยู่ในรูปพอลิเมอร์ให้เป็นโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยไคโตซานเนส ซึ่งพืชหลายชนิดมีไคโตซานเนสที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงจะเปลี่ยนไคโตซานเป็นไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ได้ดี

สารต้านอนุมูลอิสระมีความสำคัญในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สำหรับสิ่งมีชีวิตจะมีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระ กลไกการต้านอนุมูลอิสระมีหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระ การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน การหยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ การเสริมฤทธิ์และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระมีหลายชนิด เช่น สารต้านอนุมูลอิสระจากพืช ได้แก่ โคเอนไซม์ เอนไซม์คิวเทน (Beyer, 1992)

จากคุณสมบัติของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในการต้านอนุมูลอิสระ ผู้วิจัยจึงสนใจเอนไซม์ไคโตซานเนสจากพืช 4 ชนิดคือ ข้าว กข 6 กระถินบ้าน ก้ามปู และข้าวฟ่าง เคนู 630 ที่มีอายุ 2 สัปดาห์ ซึ่งมีผลการวิจัยของ รุ่งสรรค์ คำเสื่อ และสุภาณี ภาคารูป (2548) พบว่าต้นอ่อนอายุ 2 สัปดาห์ของพืชทั้ง 4 ชนิดมีค่ากิจกรรมจำเพาะของไคโตซานเนสสูงจะผลิตไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ได้ดี จึงนำไคโตซานสมาย่อยไคโตซานเป็นไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ และนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากพืชทั้ง 4 ชนิด มาหาชนิดและปริมาณ และนำมาทดสอบการต้านอนุมูลอิสระ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณร้อยละของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยของเอนไซม์ไคโตซานเนสจากก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข 6 และข้าวฟ่าง เคนู 630 ที่มีอายุ 2 สัปดาห์
2. เพื่อศึกษาไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ของเอนไซม์ไคโตซานเนสจากก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข 6 และข้าวฟ่าง เคนู 630 ที่มีอายุ 2 สัปดาห์ ในการต้านอนุมูลอิสระ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สกัดไคโตซานจากต้นอ่อนของพืช 4 ชนิด (Pillai, et al., 2009) โดยชั่งต้นอ่อนพืชอายุ 2 สัปดาห์ 10 กรัม บดและเติมโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอช 3.5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่มีฟีนอลเมธิลซัลโฟนิลฟลูออไรด์เข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ และพอลิไวนิลพอลิไพโรลิโดน 5 % ปั่นเหวี่ยงที่ 25,000 g 30 นาที จะได้สารสกัดไคโตซานเนส
2. หาค่ากิจกรรมของไคโตซานเนส (Tolaimate, et al, 2003) โดยนำสารสกัดไคโตซานเนส 200 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำไปต้ม 3 นาที แล้ว

ปั่นเหวี่ยงที่ 6,000 g เป็นเวลา 10 นาที ดูดสารละลายใส่ 1.5 มิลลิลิตร ผสมกับ Schales' Reagent ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ให้ความร้อน 15 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ 400 นาโนเมตร และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคซามีน

3. หาปริมาณโปรตีน (Lowry, et al., 1951) โดยนำสารสกัดโคโตซานสมา 10 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 ไมโครลิตร ด้วยโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์ พีเอช 4.5 เติมสารละลายผสมคอปเปอร์ซัลเฟต 2.5 มิลลิลิตร เขย่า ตั้งไว้ 10 นาที เติมสารละลาย 50 เปอร์เซ็นต์ โพลีน ปริมาตร 250 ไมโครลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานของโปรตีน

4. ศึกษาผลของพีเอชต่อการเร่งปฏิกิริยาในช่วง 3.0-10 (ช่วงต่าง 0.5) โดยพีเอช 3.0-6.0 ใช้โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอช 6.5-8.0 ใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ และพีเอช 8.5-10 ใช้ทริสไฮโดรคลอริก บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 20 นาที

5. ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส (ช่วงต่าง 5 องศาเซลเซียส) โดยใช้บัฟเฟอร์พีเอชที่เหมาะสม (ผลจากข้อ 4) บ่มที่อุณหภูมิ 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 และ 70 เป็นเวลา 20 นาที

6. ศึกษารูปแบบโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Tolaimate, et al., 2003) ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (TLC) 6.1 ผสม 1 มิลลิลิตรของสารละลายโคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์และ 1 มิลลิลิตร สารสกัดโคโตซานส บ่มที่ 45 องศาเซลเซียส 30 นาที จากนั้นนำไปต้มให้เดือด 3 นาที ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 6,000 g 10 นาที จะได้สารโคโตโอลิโกแซคคาไรด์

6.2 ผสมตัวทำละลาย เอ็นโพรพานอล : H₂O : NH₃ = 70 : 30 : 1 ใส่ในแท่งกักปิดฝา สปอตสารบนแผ่น TLC วางในแท่งกักตัวทำละลายเคลื่อนที่ระยะทาง 10 เซนติเมตร ทำให้แห้งและสเปรย์กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ บนแผ่น TLC นำไปวางบน Hot Plate ประมาณ 3-5 นาที วัดระยะทางและหาค่า R_f เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน

7. หาปริมาณของโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Koga, et al., 1998) ด้วยโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (HPLC) 7.1 นำสารมาตรฐานกลูโคซามีน และโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 2-6 หน่วย เข้มข้น 50, 100 และ 150 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร วิเคราะห์ด้วย HPLC โดยใช้สารเคลื่อนที่เป็น น้ำ : เมทานอล = 60 : 40 อัตราการไหล 1 มิลลิลิตร/นาที คอลัมน์ Shodex Asahipak NH2P-50 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นำพื้นที่พีคและค่าความเข้มข้นสารมาตรฐานสร้างกราฟ

7.2 นำสารโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้การย่อยของโคโตซานสจากพืชทั้ง 4 ชนิดมาวิเคราะห์ด้วย HPLC และหาปริมาณร้อยละโดยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานโคโตโอลิโกแซคคาไรด์

8. ศึกษาการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-ไดเฟนิล-1-พิกริลไฮดราซิล (Diphenyl-1-picrylhydrazyl Scavenging Capacity, DPPH) (Brand, et al., 1995)

8.1 เตรียมสารละลาย DPPH radical ในเอทานอลเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

8.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานของบิวทิลไฮดรอกซีโทลูอิน (Butylated Hydroxytoluene; BHT) เข้มข้น 2.5, 5, 10, 20, 40 และ 80 มิลลิกรัม/ลิตร ในเอทานอล ปิเปตสารมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มาปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ทำ 3 ซ้ำ สร้างกราฟมาตรฐานของบิวทิลไฮดรอกซีโทลูอิน ระหว่างค่าร้อยละการยับยั้ง กับค่า log ความเข้มข้นของ BHT

8.3 เตรียมสารตัวอย่างเข้มข้น 2.5, 5, 10, 20, 40 และ 80 มิลลิกรัม/ลิตร ปิเปตสารตัวอย่าง 1.5 มิลลิลิตร เติม DPPH ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ตั้งในที่มืดอุณหภูมิห้อง 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ทำ 3 ซ้ำ เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน BHT คำนวณค่าการต้านอนุมูลอิสระและค่า EC₅₀

9. ศึกษาการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 1,10-ฟีแนนทรอลีน (Szydłowska-Czemiak, et al., 2008)

9.1 เตรียมสารละลายเฟอร์ริลซัลเฟตเข้มข้น 50-250 มิลลิกรัม/ลิตร เตรียมสารละลาย 1,10-ฟีแนนทรอลีนเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ ตั้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร

9.2 ปิเปตสารตัวอย่าง 0.60 มิลลิลิตร เติมเฟอร์ริกคลอไรด์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ 1,10-ฟีแนนทรอลีนเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งไว้ในที่มืด 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ทำ 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของเฟอร์ริลซัลเฟต

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การศึกษาค่ากิจกรรมและค่ากิจกรรมจำเพาะของโคโตซานเนส

การศึกษาค่ากิจกรรมของโคโตซานเนสจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เเคยู 630 อายุ 2 สัปดาห์ พบว่าค่ากิจกรรม ปริมาณโปรตีน และค่ากิจกรรมจำเพาะอยู่ในช่วง 0.0348-19.2687 ยูนิต/มิลลิลิตร 1.2137-14.0220 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร 0.0061-10.8040 ยูนิต/มิลลิกรัม ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคซามีนและกราฟมาตรฐานโปรตีน ก้ามปูมีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงที่สุดคือ 10.8040 ยูนิต/มิลลิกรัม และข้าวฟ่าง เเคยู 630 มีค่ากิจกรรมจำเพาะน้อยที่สุดคือ 0.0061 ยูนิต/มิลลิกรัม พืชที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะเรียงจากมากไปน้อยคือ ก้ามปู ข้าว กข. 6 กระถินบ้าน และข้าวฟ่าง เเคยู 630 โคโตซานเนสที่สกัดได้จากต้นอ่อนก้ามปูและต้นอ่อนข้าว กข. 6 อายุ 2 สัปดาห์มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงกว่าจากแหล่งอื่น เช่น โคโตซานเนสจาก *Bacillus sp.* Strain KCTC0377BP มีค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 0.9062 ยูนิต/มิลลิกรัม (Yeon et al., 2004) และโคโตซานเนส จาก *Poenibacillus fukunensis* มีค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 0.8614 ยูนิต/มิลลิกรัม (Fukuda et al., 2007) ดังนั้น โคโตซานเนสจากพืชมีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงกว่าเอนไซม์โคโตซานเนสจากแบคทีเรียและเชื้อราเนื่องจากโคโตซานเนสจากพืชส่วนใหญ่จะเป็นชนิดภายใน จึงสามารถจับกับโครงสร้างโคโตซานได้ดีกว่า

2. การศึกษาพิเอชต่อการเร่งปฏิกิริยา

การศึกษาค่าผลของพิเอชต่อการเร่งปฏิกิริยาของโคโตซานเนสจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เเคยู 630 อายุ 2 สัปดาห์ ในช่วงพิเอช 3.0 ถึง 10.0 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าเอนไซม์สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีที่สุดในช่วงพิเอช 3.5-4.5

3. การศึกษาค่าผลของอุณหภูมิต่อการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์

การศึกษาค่าผลของอุณหภูมิต่อการเร่งปฏิกิริยาของโคโตซานเนสจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เเคยู 630 อายุ 2 สัปดาห์ ในช่วงอุณหภูมิ 30 ถึง 70 องศาเซลเซียส พบว่าเอนไซม์สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 45-65 องศาเซลเซียส

4. การศึกษารูปแบบโคโตโอลิโกแซคคาไรด์

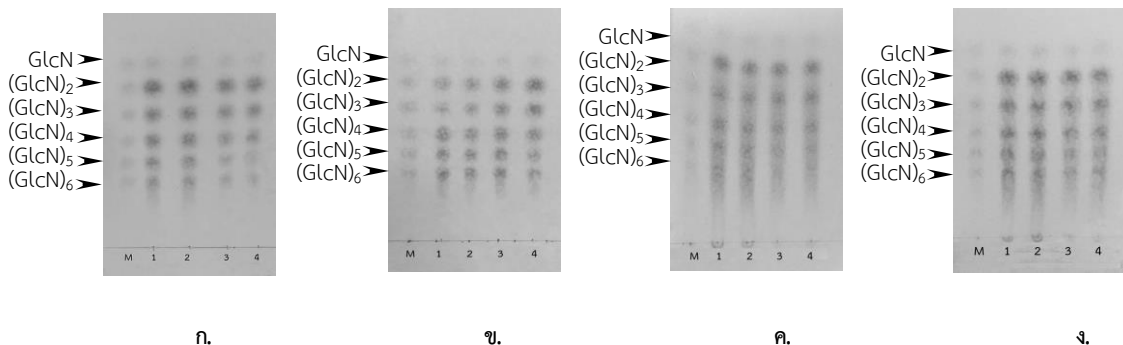
4.1 โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ของโคโตซานเนสจากต้นอ่อนก้ามปูที่ได้จากการย่อยสลายโคโตซานที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พิเอช 4.5 พบว่าเวลาในการบ่มที่ 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดต่าง ๆ โดยเวลาในการบ่ม 30 นาที จะได้โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดตั้งแต่ (GlcN)₁₋₆ โดยโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ไม่มีโมเลกุลใหญ่ ((GlcN)₄, (GlcN)₅ และ (GlcN)₆) จะมีจุดที่เข้มข้นกว่าโมเลกุลขนาดเล็ก แสดงว่ามีปริมาณโมเลกุลขนาดใหญ่มากกว่า แต่เมื่อใช้เวลาในการบ่มมากขึ้นเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จะมีโมเลกุลขนาดเล็ก (GlcN)₂ และ (GlcN)₃ เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 1 ก.

4.2 โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ของโคโตซานเนสจากกระถินบ้านที่ได้จากการย่อยสลายโคโตซานที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พิเอช 3.5 โดยใช้เวลาบ่มต่างกันที่ 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่า เวลาในการบ่มที่ 30

นาที่ 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดต่าง ๆ โดยเวลาในการบ่ม 30 นาที่ จะได้โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดตั้งแต่ $(\text{GlcN})_1-6$ โดยโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีโมเลกุลใหญ่ $(\text{GlcN})_4$, $(\text{GlcN})_5$ และ $(\text{GlcN})_6$ จะมีจุดที่เข้มกว่าโมเลกุลขนาดเล็ก แสดงว่ามีปริมาณโมเลกุลขนาดใหญ่มากกว่า แต่เมื่อใช้เวลานานการบ่มมากขึ้นเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จะมีโมเลกุลขนาดเล็ก $(\text{GlcN})_2$ และ $(\text{GlcN})_3$ เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 1 ข.

4.3 โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ของโคโตซานสจากข้าว กข 6 ที่ได้จากการย่อยสลายโคโตซานที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พีเอช 4.5 โดยใช้เวลาบ่มต่างกันที่ 30 นาที่ 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่า เวลาที่ใช้ในการบ่ม 30 นาที่ 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า GlcN และมีขนาดโมเลกุล $(\text{GlcN})_3$, $(\text{GlcN})_4$ และ $(\text{GlcN})_5$ เหมือนกันในการบ่มทุกช่วงเวลา ดังภาพที่ 1 ค

4.4 โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ของโคโตซานสจากข้าวฟ่าง เกลียว 630 ที่ได้จากการย่อยสลายโคโตซานที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส พีเอช 4.5 โดยใช้เวลาบ่มต่างกันที่ 30 นาที่ 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่า เวลาที่ใช้ในการบ่ม 30 นาที่ 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า GlcN และมีขนาดโมเลกุล $(\text{GlcN})_3$, $(\text{GlcN})_4$ และ $(\text{GlcN})_5$ เหมือนกันในการบ่มทุกช่วงเวลา ดังภาพที่ 1 ง.



ภาพที่ 1 รูปแบบโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ของโคโตซานสจากต้นอ่อนก้ามปู ก. กระถินบ้าน ข. ข้าว กข.6 ค. และข้าวฟ่าง เกลียว 630 ง. M: สารมาตรฐานโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 1-6 โมเลกุล $(\text{GlcN})_1-6$, 1: เวลาบ่ม 30 นาที่ 2: เวลาบ่ม 1 ชั่วโมง 3: ใช้เวลาบ่ม 2 ชั่วโมง และ 4: ใช้เวลาบ่ม 4 ชั่วโมง

5. การหาปริมาณร้อยละของโคโตโอลิโกแซคคาไรด์

เมื่อนำโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยโคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโคโตซานส จากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เกลียว 630 อายุ 2 สัปดาห์ ที่ใช้เวลาบ่ม 30 นาที่ 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง มาวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูงและเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกลูโคซามีนและโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 2 – 6 โมเลกุล พบว่า ปริมาณของโคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากต้นอ่อนก้ามปูมีกลูโคซามีน (GlcN) โคโตไบโอส $(\text{GlcN})_2$ โคโตไตรโอส $(\text{GlcN})_3$ โคโตเตตรโอส $(\text{GlcN})_4$ โคโตเพนโตส $(\text{GlcN})_5$ และโคโตเฮกซอส $(\text{GlcN})_6$ ร้อยละ 4.34-5.90, 19.90-38.12, 9.91-22.77, 16.34-21.44, 8.58-19.68 และ 8.28-24.73 ตามลำดับ ต้นอ่อนกระถินบ้านมีกลูโคซามีน โคโตไบโอส โคโตไตรโอส โคโตเตตรโอส โคโตเพนโตส และโคโตเฮกซอสร้อยละ 4.44-6.09, 21.40-40.89, 12.19-23.02, 15.30-20.67, 7.14-18.81 และ 7.56-22.49 ตามลำดับ ต้นอ่อนข้าว กข. 6 มีกลูโคซามีน โคโตไบโอส โคโตไตรโอส โคโตเตตรโอส โคโตเพนโตส และโคโตเฮกซอส ร้อยละ 2.83-4.00, 24.33-29.00, 23.50-23.17, 18.50-20.50, 11.33-16.50 และ 7.17-11.17 ตามลำดับ และต้นอ่อนข้าวฟ่าง 630 มีกลูโคซามีน โคโตไบโอส โคโตไตรโอส โคโตเตตรโอส โคโตเพนโตส และโคโตเฮกซอสร้อยละ 2.33-4.17,

23.33-28.00, 23.67-28.00, 19.50-21.67, 13.67-16.67 และ 8.50-10.83 ตามลำดับ ดังนั้นพบว่า พืชทั้ง 4 ชนิดจะมีปริมาณของโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดใหญ่มากกว่า เมื่อใช้เวลาในการบ่มน้อยและจะลดลงเมื่อใช้เวลาในการบ่มมากขึ้น โดยก้ามปูจะมีร้อยละของโคโตโอลิโกแซคคาไรด์มีโมเลกุลขนาดใหญ่มากที่สุดรองมาเป็นกระถินบ้าน ข้าว กข.6 และข้าวฟ่าง เค้า 630 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของมูนและคณะ (Moon *et al.*, 2017) ที่สกัดโคตินีน จากเชื้อแบคทีเรีย *Serratia marcescens* PRNK-1 เมื่อย่อยคอลลอลอยไฮโดรไลต์แล้วหาปริมาณของโคโอลิโกแซคคาไรด์พบว่า เมื่อใช้เวลาในการบ่มสั้นจะมีปริมาณของโคโตเอ็กโซสมากที่สุด รองมาเป็นโคโตเพนโตส และโคโตเตรโตสตามลำดับ

6. การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-ไดเฟนิล-1-พิกโคลราซิล (DPPH)

เมื่อนำโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยโคโตซานด้วยโคโตซานสซึ่งสกัดจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เค้า 630 อายุ 2 สัปดาห์ ที่เวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง มาศึกษาการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของการยับยั้ง DPPH ด้วย BHT ที่มี $EC_{50} = 16.60 \pm 0.01$ ไมโครกรัม/มิลลิลิตร พบว่า โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากโคโตซานสซึ่งสกัดจากต้นอ่อนก้ามปูที่บ่มด้วยเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง มีค่าการต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วงร้อยละ 15.22 ± 0.01 - 86.43 ± 0.01 , 17.52 ± 0.01 - 83.49 ± 0.01 , 18.37 ± 0.01 - 79.14 ± 0.01 และ 19.78 ± 0.01 - 72.82 ± 0.02 ตามลำดับ โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 11.75 ± 0.01 , 12.59 ± 0.01 , 14.13 ± 0.01 และ 16.98 ± 0.01 ตามลำดับ

โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยโคโตซานด้วยโคโตซานสซึ่งสกัดจากต้นอ่อนกระถินบ้านที่บ่มด้วยเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง มีค่าการต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วงร้อยละ 15.22 ± 0.01 - 86.43 ± 0.01 , 17.52 ± 0.01 - 83.49 ± 0.01 , 18.37 ± 0.01 - 79.14 ± 0.01 และ 19.78 ± 0.01 - 72.82 ± 0.02 ตามลำดับ โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 3.02 ± 0.01 , 3.24 ± 0.01 , 3.89 ± 0.01 และ 4.37 ± 0.01 ตามลำดับ

โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยโคโตซานด้วยโคโตซานสซึ่งสกัดจากต้นอ่อนข้าว กข.6 ที่บ่มด้วยเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง มีค่าการต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วงร้อยละ 15.22 ± 0.01 - 86.43 ± 0.01 , 17.52 ± 0.01 - 83.49 ± 0.01 , 18.37 ± 0.01 - 79.14 ± 0.01 และ 19.78 ± 0.01 - 72.82 ± 0.02 ตามลำดับ โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 15.49 ± 0.01 , 16.22 ± 0.01 , 19.05 ± 0.01 และ 23.44 ± 0.01 ตามลำดับ

โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยโคโตซานด้วยโคโตซานสซึ่งสกัดจากต้นอ่อนข้าวฟ่าง เค้า 630 ที่บ่มด้วยเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง มีค่าการต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วงร้อยละ 15.22 ± 0.01 - 86.43 ± 0.01 , 17.52 ± 0.01 - 83.49 ± 0.01 , 18.37 ± 0.01 - 79.14 ± 0.01 และ 19.78 ± 0.01 - 72.82 ± 0.02 ตามลำดับ โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 20.42 ± 0.01 , 22.91 ± 0.01 , 27.54 ± 0.01 และ 30.90 ± 0.01 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และค่า EC_{50} จากโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากต้นอ่อนพืช 4 ชนิด อายุ 2 สัปดาห์ กับสารต้านอนุมูลอิสระ BHT พบว่า โคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากต้นอ่อนก้ามปูที่บ่มด้วยเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง โคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากต้นอ่อนกระถินบ้านที่บ่มด้วยเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง โคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากต้นอ่อนข้าว กข. 6 ที่บ่มด้วยเวลา 30 นาที และ 1 ชั่วโมง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 50 ด้วยโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ใช้ปริมาณน้อยกว่า BHT โดยโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการบ่มที่เวลาน้อย (30 นาที) จะมีโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดใหญ่ ($(GlcN)_4$) มากกว่าจึงต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของซาลกอนการ์ (Salgaonkar, *et al.*, 2015) ทดสอบการต้านอนุมูลอิสระของโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยวิธี DPPH พบว่า โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดใหญ่ ($(GlcN)_{5-6}$) ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดเล็ก ($(GlcN)_{1-3}$) เมื่อเรียงลำดับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากพืชทั้ง 4 ชนิดกับ BHT จากค่า EC_{50} คือ กระถินบ้าน 30 นาที > กระถินบ้าน 1 ชั่วโมง > กระถินบ้าน 2 ชั่วโมง > กระถินบ้าน 4 ชั่วโมง > ก้ามปู 30 นาที > ก้ามปู 1 ชั่วโมง > ก้ามปู

2 ชั่วโมง> ข้าว กข. 6 30 นาที> ข้าว กข.6 1 ชั่วโมง> BHT> ก้ามปู 4 ชั่วโมง> ข้าว กข.6 2 ชั่วโมง> ข้าวฟ่าง เคยู 630 30 นาที> ข้าว กข.6 4 ชั่วโมง> ข้าวฟ่าง เคยู 630 1 ชั่วโมง> ข้าวฟ่าง เคยู 630 2 ชั่วโมง> ข้าวฟ่าง เคยู 630 4 ชั่วโมง ตามลำดับ

7. การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 1,10-ฟีแนนทรอลีน (1,10-Phenanthroline)

เมื่อนำโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยโคโตซานกับโคโตซานสจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เคยู 630 อายุ 2 สัปดาห์ ที่เวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง มาศึกษาการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 1,10-ฟีแนนทรอลีน และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต พบว่า โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากโคโตซานที่สกัดจากต้นอ่อนกระถินบ้านที่ใช้เวลาบ่ม 30 นาที มีการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดคือเปลี่ยนอนุมูลอิสระ Fe^{3+} ไปเป็น Fe^{2+} ได้มากที่สุด คือเท่ากับ 46.67 ± 0.01 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร รองลงมาเป็นโคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากกระถินบ้าน 1 ชั่วโมง> กระถินบ้าน 2 ชั่วโมง> กระถินบ้าน 4 ชั่วโมง> ก้ามปู 30 นาที> ก้ามปู 1 ชั่วโมง> ก้ามปู 2 ชั่วโมง> ข้าว กข.6 30 นาที> ข้าว กข.6 1 ชั่วโมง> BHT> ก้ามปู 4 ชั่วโมง> ข้าว กข.6 2 ชั่วโมง> ข้าวฟ่าง เคยู 630 30 นาที> ข้าว กข.6 4 ชั่วโมง> ข้าวฟ่าง เคยู 630 1 ชั่วโมง> ข้าวฟ่าง เคยู 630 2 ชั่วโมง> ข้าวฟ่าง เคยู 630 4 ชั่วโมง ตามลำดับ

สรุป

1. โคโตซานที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เคยู 630 อายุ 2 สัปดาห์ มีค่ากิจกรรมจำเพาะอยู่ในช่วง 0.0061 - 10.8040 ยูนิต/มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยโคโตซานสจากก้ามปูมีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงที่สุด รองมาเป็นข้าว กข. 6 กระถินบ้าน และข้าวฟ่าง เคยู 630 ตามลำดับ
2. พีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาของโคโตซานที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เคยู 630 อายุ 2 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 4.5, 3.5, 4.5 และ 4.5 ตามลำดับ
3. อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาของโคโตซานที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เคยู 630 อายุ 2 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 45, 45, 45 และ 65 องศาเซลเซียส
4. โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยของโคโตซานที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เคยู 630 อายุ 2 สัปดาห์ ที่ใช้เวลาย่อย 30 นาที จะมีโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 1-6 ($(\text{GlcN})_{1-6}$) และจะมีโมเลกุลขนาดเล็กของ $(\text{GlcN})_2$ และ $(\text{GlcN})_3$ เพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาบ่มเพิ่มเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง ในขณะที่ $(\text{GlcN})_4$, $(\text{GlcN})_5$ และ $(\text{GlcN})_6$ ลดลง โดยโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดใหญ่ ($(\text{GlcN})_4$, $(\text{GlcN})_5$ และ $(\text{GlcN})_6$) ที่ใช้เวลาบ่มที่น้อยของก้ามปูจะมีที่สุด รองมาเป็นกระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เคยู 630
5. โคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยของโคโตซานที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปู กระถินบ้าน ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เคยู 630 อายุ 2 สัปดาห์ สามารถต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และวิธี 1,10 ฟีแนนทรอลีนได้เหมือนกัน โดยเรียงตามลำดับคือ กระถินบ้าน ก้ามปู ข้าว กข. 6 และข้าวฟ่าง เคยู 630 โดยโคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากโคโตซานสบ่มที่เวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง จากต้นอ่อนก้ามปู และโคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากโคโตซานสบ่มที่เวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จากต้นอ่อนกระถินบ้าน และโคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากโคโตซานสบ่มที่เวลา 30 นาที และ 1 ชั่วโมง จากต้นอ่อนข้าว กข. 6 สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่า BHT เมื่อเปรียบเทียบกับค่า EC_{50} แสดงว่าโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดใหญ่คือ $(\text{GlcN})_4$, $(\text{GlcN})_5$ และ $(\text{GlcN})_6$ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดเล็ก GlcN , $(\text{GlcN})_2$ และ $(\text{GlcN})_3$

ข้อเสนอแนะ

1. นำผลิตผลโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง การเร่งการเจริญเติบโตของพืช และใช้ในการผสมอาหารบางชนิด

2. นำผลิตผลไคโตโอลิโกแซคคาไรด์มาแยกขนาดต่าง ๆ ออกจากกัน เพื่อเป็นสารบริสุทธิ์ที่มีมูลค่าสูง
มาก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์ของศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราช
ภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ และทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราช
ภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เอกสารอ้างอิง

- รุ่งสรรค์ คำเสือ และสุภาณี ภาคารูป. (2548). การตรวจหาเอนไซม์ไคโตซานเนสจากเมล็ดพืช. *โปรแกรมเคมี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*: ปทุมธานี.
- Aam, B. B., Heggset, E. B., Norberg, A. L., Sorlie, M., Varum, K. M. & Eijsink, V. G. H. (2010). Production of
Chitooligosaccharides and Their Potential Applications in Medicine. *Marine Drugs*. 8(5): 1482-
1517.
- Berger, L. R. & Reynold, D. M. (1958). The Chitinase System of a Strain of *Griseus*. *Biochimica et Biophysica
Acta*. 29(3): 522-534.
- Brand, W. W, Cuvelier, M. E. & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity.
Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 28(1):25-30.
- Coelho, J. F., Ferreira, P. C., Alves, P., Cordeiro, R., Fonseca, A. C., Gois, J.R. & Gill, M. H. (2010). Drug Delivery
System: Advanced Technologies Potentially Applicable in Personalized Treatments. *EPMA
Journal*. 1(1): 164-209.
- Cui, H., Kong, Y. & Zhang, H. (2012). Oxidative Stress, Mitochondrial Dysfunction, and Aging. *Journal of Signal
Transduction*. 11(6): 46-354.
- Fukuda, T., Isogawa, D., Takagi, M., Kato-murai, M., Kimoto, H., Kusaoke, H., Ueda, M. & Suye, S.I. (2007). Yeast
Cell-Surface Expression of Chitosanase from *Paenibacillus fukuinensis*. *Bioscience
Biotechnology and Biochemistry*. 71(11): 2845-2847.
- Koga,D., Yoshioka, T. & Arakane, Y. (1998). HPLC Analysis of Anomeric Formation and Cleavage Pattern by
Chitinolytic Enzyme. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 62(8): 1643-1646.
- Lowry, O. H., Rosebrougly N. J., Farr, A. L. & Randall, R. J. (1951). Protein Measurement with the Folin Phenol
Reagent. *Journal of Biological Chemistry*. 193: 256-257.
- Pillai, C. K. S., Paul, W. & Sharma, C. P. (2009). Chitin and Chitosan Polymers: Chemistry, Solubility and Fiber
Formation. *Progress in Polymer Science*. 4(2): 641-678.
- Salgaonkar, N., Prakash, D., Nawani, N. N., & Kapadnis, B.P. 2015. Comparative studies on ability of
N-acetylated chitooligosaccharides to scavenge reactive oxygen species and protect DNA from
oxidative damage. *Indian Journal of Biochemistry*. 14: 186-192.
- Szydlowska-Czemiak, A., Dianoczki, C., Recseg, K., Karlovis, G., & Szlyka, E. (2008). Determination of antioxidant
capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods. *Talanta*, 76: 899-905.

- Tolaimate, A., Desbrieres, J., Rhazi, M. & Alagui, A. (2003). Contribution to the Preparation of Chitins and Chitosan with Controlled Physic-chemical Properties. *Polymer*, 44(26): 7939- 7952.
- Yeon, J. C., Eun, J. K., Zhe, P., Young, C. Y. & Yong, C. S. (2004). Purification and Characterization of Chitosanase from *Bacillus* sp. Strain KCTC 0377BP and Its Application for the Production of Chitosan Oligosaccharides. *Applied Environmental Microbiology*. 70(8): 439-446.

ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งมันเทศสีม่วงต่อลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และทางด้านประสาทสัมผัสของเอแคลร์

หทัยชนก ลีปฐมากุล¹ สุพิชญา คำคม^{2*}

Received : October 25, 2019

Revised : November 16, 2019

Accepted : December 23, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เอแคลร์ที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศสีม่วง (PSPF) ในระดับที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50) ซึ่งมันเทศสีม่วงเป็นแหล่งของสารแอนโทไซยานิน การวัดค่าสี (ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*)) ของผลิตภัณฑ์เอแคลร์ด้วยเครื่องวัดสี พบว่าค่า L^* และ b^* มีค่าลดลง ในขณะที่ค่า a^* มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระดับของ PSPF เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง 50 เมื่อประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เอแคลร์ที่ทดแทนด้วย PSPF ที่ร้อยละ 30 รวมทั้งศึกษาคุณภาพทางสีและประสาทสัมผัสของส่วนตัวไส้เอแคลร์ที่เสริมเนื้อมันเทศที่ระดับที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 15, 20 และ 25) พบว่าการเสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงที่ร้อยละ 25 ในส่วนของไส้เอแคลร์มีผลต่อคุณภาพของสี โดยมีค่า a^* เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า L^* และ b^* มีค่าลดลง จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เอแคลร์ (100 กรัม) พบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 26.85 โปรตีนร้อยละ 5.50 ไขมันร้อยละ 11.38 เถ้าร้อยละ 0.90 ความชื้นร้อยละ 55.37 และพบจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1.8×10^3 CFU/g ดังนั้นสรุปได้ว่าการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 (เปลือกแป้ง) และเสริมเนื้อมันเทศสีม่วง (ตัวไส้) ร้อยละ 25 ทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการ และคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เอแคลร์เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : เอแคลร์, แป้งมันเทศสีม่วง, ลักษณะทางกายภาพ, คุณค่าทางโภชนาการ, ด้านประสาทสัมผัส

¹ 499/121 ศุภาลย์ เอลีท แขวงพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400. e-mail : Hlsipiral@hotmail.com

² หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

*ผู้นิพนธ์หลัก e-mail : supichaya_culinary@hotmail.com

EFFECT OF PARTIAL REPLACEMENT OF WHEAT FLOUR WITH PURPLE SWEET POTATO FLOUR ON PHYSICAL, NUTRITIONAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF ÉCLAIR

Hathaichanok Leepathamakul¹ Supichaya Khumkhom^{2*}

Abstract

The objective of this study was to investigate the physical, nutritional and sensory characteristics of Éclair substituted with different levels (0, 10, 20, 30, 40 and 50%) of purple sweet potato flour (PSPF) as sources of anthocyanin. colour parameters (lightness (L^*), redness (a^*) and yellowness (b^*)) of all Éclair were measured using a Hunter colorimeter. L^* and b^* values of Éclair decreased while a^* value increased with increase in level of PSPF from 0 to 50%. Sensory evaluation showed that Éclair substituted with 30% PSPF was acceptable. In addition, colour and sensory qualities of patties incorporated with purple sweet potato (PSP) at different levels (0, 15, 20 and 25%) were studied. PSP addition up to 25% had effect on the colour of patties and increased a^* value, while decreasing the L^* and b^* values of the patties. The patties incorporated with 25% PSP improved the overall sensory acceptance. The analysis of chemical composition of Éclair (100 grams) had carbohydrate content of 26.85%, protein content of 5.50%, fat content of 11.38%, ash content of 0.90%, moisture content of 55.37% and found microorganism less than 1.8×10^3 (CFU/g). Therefore, it can be concluded that the Éclair substituted with 30% PSPF and patties incorporated with 25% PSP improved the nutritional and the sensory characteristics of Eclair products.

Keyword : Éclair, purple sweet potato flour, physical characteristic, nutritional characteristic, sensory characteristic

¹ 499/121 Supalai elite , Phayathai , Ratchathewi , Bangkok 10400.e-mail : Hlspiral@hotmail.com

² Division of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Phranakorn Si Ayutthaya Rajabhat University. e-mail :Supichaya_culinary@hotmail.com

*corresponding author , e-mail : supichaya_culinary@hotmail.com

บทนำ

มันเทศ (Sweet potato) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Ipomoea batatas* L. เป็นพืชหัวใต้ดินที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมีการเพาะปลูกมากในหลายทวีป เช่น แอฟริกา อเมริกาใต้ และเอเชีย ซึ่งพันธุ์มันเทศที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ เช่น พันธุ์เนื้อสีขาว (white sweet potato) เนื้อสีเหลือง (yellow sweet potato) เนื้อสีส้ม (orange potato) และเนื้อสีม่วง (purple sweet potato) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่ามีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 851 ไร่ และมีผลผลิตเฉลี่ยต่อปี 2,700 ตัน ซึ่งหัวมันเทศสีม่วงมีราคาขายต่ำเฉลี่ยกิโลกรัมละ 8 บาท ซึ่งต่ำกว่ามันเทศสีม่วงญี่ปุ่นประมาณ 10-20 เท่า ดังนั้นการแปรรูปมันเทศสีม่วงให้อยู่ในรูปแปงเพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารในกลุ่มผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศ ซึ่งมันเทศเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ (Zhang *et al.*, 2018; Guo *et al.*, 2019) รวมทั้งยังมีวิตามิน เกลือแร่ โยอาหาร และสารพฤกษเคมีที่สามารถออกฤทธิ์ได้ทางชีวภาพหลากหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) สารฟลาโวนอยด์ (flavonoid compounds) สารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) สารสีรงควัตถุแคโรทีนอยด์ (carotenoids) และพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) ที่มีฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือดและป้องกันโรคอ้วน (Jang *et al.*, 2019; Zhuang *et al.*, 2019) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Grace *et al.*, 2014; Tang *et al.*, 2015) ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Chen *et al.*, 2019) ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Tang *et al.*, 2019) ยับยั้งการเกิดเนื้องอก (Wu *et al.*, 2015) โดยกลุ่มและปริมาณของสารเหล่านี้ที่พบจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์และสีของเนื้อมันเทศ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tang และคณะ (2015) พบว่ามันเทศเนื้อสีม่วงมีสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินในปริมาณสูง รวมทั้งยังมีฤทธิ์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระมากกว่ามันเทศเนื้อสีขาว สีส้ม และสีเหลือง (Tang *et al.*, 2015) จากประโยชน์และความสำคัญของมันเทศสีม่วงจึงเป็นที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นแปงมันเทศสีม่วงและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์คุกกี้มันเทศสีม่วง (นรินทร์ เจริญพันธ์, 2561)

ชูเฟสตรี้ (Choux pastry) มีต้นกำเนิดมาจากประเทศฝรั่งเศส ซึ่งคำว่าชู (Choux) ในภาษาฝรั่งเศส แปลว่า กะหล่ำปลี จึงเป็นที่มาของชื่อขนม เนื่องจากเมื่อบีบแปงชูให้เป็นทรงกลมแล้วนำไปอบ เนื้อแปงจะพองฟู และมีรอยแตกบนหน้าขนม ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกะหล่ำปลี โดยด้านในของชูจะกลวง เนื้อแปงมีรสจืด สดใสครีมรสหวานหอม (ดวงใจ สัมพันธ์ปรีดา, 2556) ซึ่งทำจากแปงที่กวนสุกด้วยน้ำและไขมันแล้วตีรวมกับไข่ เพื่อให้แปงขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบไอน้ำที่ระเหยจากความชื้นที่เกิดขึ้นในระหว่างการอบเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการขยายตัว คุณสมบัติของชูเฟสตรี้ที่อบสุกแล้ว จะมีลักษณะพองเบา และภายในกลวง ซึ่งผลิตภัณฑ์จากที่เตรียมแปงชูเฟสตรี้และเป็นที่นิยมนกันมากในจำพวกชูเฟสตรี้ทั้งหลาย ได้แก่ ครีมพัฟ (Craem puff) และเอแคลร์ (Eclairs) โดยครีมพัฟจะมีรูปร่างกลมหรือรี ในขณะที่เอแคลร์จะมีรูปร่างยาว ทั้งสองผลิตภัณฑ์นี้นิยมบรรจุไส้ด้วยครีมคัสตาร์ด (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2554) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เอแคลร์มีส่วนผสมหลักเป็นแปงสาลี ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ และจากประโยชน์ในเชิงของสุขภาพของมันเทศสีม่วงจึงมีแนวคิดในการศึกษาผลของการทดแทนแปงสาลีบางส่วนด้วยแปงมันเทศสีม่วงในผลิตภัณฑ์เอแคลร์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้น ซึ่งองค์ความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จากมันเทศสีม่วงที่ได้สามารถนำไปถ่ายทอดสู่ชุมชนท้องถิ่นหรือนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเบเกอรี่เชิงพาณิชย์ต่อไป

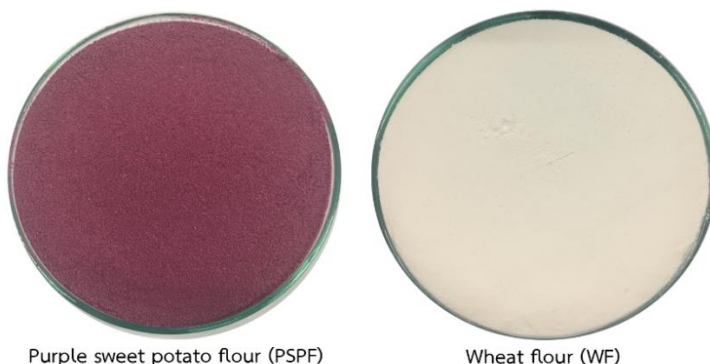
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมสำหรับการทดแทนแป้งสาลีต่อลักษณะสีและทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งแอแคลร์
2. เพื่อศึกษาปริมาณการเสริมเนื้อมันเทศสีม่วงที่มีต่อลักษณะของสี และทางด้านประสาทสัมผัสในส่วนของไส้ผลิตภัณฑ์แอแคลร์
3. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์แอแคลร์

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง

นำมันเทศสีม่วงสายพันธุ์กะปิที่ซื้อมาจากเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศในอำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง (purple sweet potato flour, PSPF) ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งโดยการนำมันเทศสีม่วงสายพันธุ์กะปิแท้ ซื้อมาจากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น ปอกเปลือก และนำไปนึ่งต้มน้ำเดือด หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งด้วยไอน้ำความดันสูงที่อุณหภูมิ 120-170 องศาเซลเซียส แป้งมันเทศสีม่วงจะมีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ และจะถูกชูดอกโดยใบมีดที่สัมผัสกับผิวของลูกกลิ้ง หลังจากนั้นนำมันเทศสีม่วงที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางมาบั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด และนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.25 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) และเก็บรักษาในถุงลามิเนทกันความชื้นที่ -20 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของแป้งมันเทศสีม่วงและแป้งสาลี

2. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการทดแทนด้วย PSPF ในผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งแอแคลร์และส่วนของไส้แอแคลร์

2.1 นำผลิตภัณฑ์แอแคลร์ที่ผ่านการคัดเลือกมารับพื้นฐานมาศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการทดแทน WF บางส่วนด้วย PSPF ในผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งแอแคลร์ 6 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 (100:0) สูตรควบคุม, ร้อยละ 10 (90:10), ร้อยละ 20 (80:20), ร้อยละ 30 (70:30), ร้อยละ 40 (60:40) และร้อยละ 50 (50:50) ของ WF ทั้งหมด

2.2 กรรมวิธีการผลิตเปลือกแป้ง (Crust) เริ่มต้นโดยการร่อนแป้งสาลีและแป้งมันเทศสีม่วงพักไว้ หลังจากนั้นนำน้ำกับเนยสดต้มจนเดือดและเติมแป้งลงไป กวนพอสุกยกกลงพักไว้ให้อุ่น ใส่ไข่ไก่ลงตีให้เข้ากันที่ละฟอง ตักส่วนผสมใส่ถุงบีบ บีบให้เป็นรูปร่างและนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ส่วนของไส้ (Patties) ใส่ส่วนผสมทั้งหมดลงในหม้อคนให้แบ่งและเนื้อมันเทศสีม่วงละลาย (ร้อยละ 15, 20 และ 25) ยกขึ้นตั้งไฟกลาง กวนจนแป้งสุกและส่วนผสมขึ้นขึ้น ปิดเตา พักไว้ให้เย็น นำตัวไส้ใส่ถุงบีบ แล้วบีบเข้าด้านข้างของตัวเปลือกจนเต็ม (เสมอพร สังวาสี, 2558)

3. การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งและส่วนของไส้แแคลร์

นำผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งแแคลร์ที่ทดแทนด้วย PSPF ที่ระดับร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ของส่วนผสมของแป้งสาลีทั้งหมด และส่วนของไส้แแคลร์ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงในระดับที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 15, 20 และ 25) มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-Point hedonic scale test จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน คะแนนเท่ากับ 1 คือไม่ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 9 คือ ชอบมากที่สุด

4. การวิเคราะห์ลักษณะสี องค์ประกอบทางเคมี และทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แแคลร์

4.1 นำผลิตภัณฑ์แแคลร์ (เปลือกแป้งและตัวไส้) ที่ผลิตได้มาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพดังต่อไปนี้ การวิเคราะห์ค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a^*) ด้วยเครื่องวัดค่าสี รุ่น Color Quest XE (Hunter Lab, USA)

4.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการ AOAC (2016) และการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) AOAC (2016)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

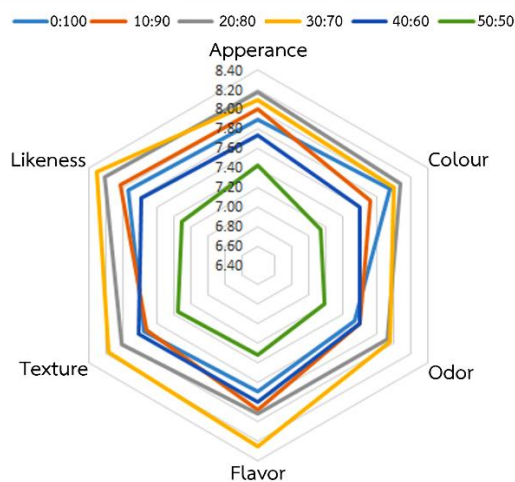
ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วย PSPF ในผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งแแคลร์

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งแแคลร์ (Crust) ที่ทดแทนด้วย PSPF ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด และนำมาประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scaling test แสดงดังภาพที่ 2 พบว่าผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งแแคลร์ที่ทดแทนด้วย PSPF ในปริมาณที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าคะแนนเฉลี่ยทุกคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เปลือกแป้ง (Crust) ที่ทดแทนด้วย PSPF ร้อยละ 30 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด มีค่าคะแนนเฉลี่ยในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

สูงที่สุด ซึ่งมีค่าคะแนนเท่ากับ 7.96, 8.26, 8.18 และ 8.32 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับความชอบมาก เนื่องจากการทดแทนด้วย PSPF ที่เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 30 ทำให้เปลือกแป้งแอคลอร์มีลักษณะเฉพาะตัวที่แปลกใหม่ รวมทั้งมีกลิ่นเฉพาะตัวที่เกิดจากสารประกอบระเหยที่ให้กลิ่นรส (volatile flavor compounds) จึงทำให้ผู้ทดสอบมีความชอบที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นในด้านลักษณะที่ปรากฏและสี มีค่าเฉลี่ยคะแนน 8.10 และ 8.00 ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งแอคลอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศสีม่วงที่ร้อยละ 20 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด



ภาพที่ 2 ค่าคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเปลือกแป้งแอคลอร์ (Crust) ที่ทดแทนด้วย PSPF ในระดับที่ต่างกัน

รองลงมา คือ ร้อยละ 20, 10, 0 (ชุดควบคุม), 40 และ 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยทุกคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสอยู่ในระดับความชอบน้อยถึงชอบปานกลาง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการทดแทนด้วย PSPF ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นนั้น มีผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิม โดยผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งแอคลอร์ (Crust) ที่ทดแทนด้วย PSPF ร้อยละ 40 และ 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด มีคะแนนเฉลี่ยทุกคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสต่ำกว่าแอคลอร์ตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 1) ซึ่งอยู่ในระดับความชอบน้อย ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แอคลอร์ตำรับที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วย PSPF ร้อยละ 40 และ 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั้น เนื่องจากในส่วนของเปลือกแป้งแอคลอร์มีลักษณะของสีม่วงเข้มเกินไปจึงทำให้ผู้ทดสอบชิมไม่คุ้นเคยกับสีในลักษณะนี้ รวมทั้งยังมีกลิ่นเฉพาะตัวของพืชหัวใต้ดิน และรสชาติของแป้งมันเทศสีม่วงที่มีมากเกินไป รวมทั้งยังส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพ คือ มีเปลือกหนา การพองตัว ลักษณะภายในกลวงลดลง และมีปริมาตรต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่สตาร์ชถูกเปลี่ยนมาเป็นเจลในขณะกระบวนการกวนแป้งสุกก่อน ซึ่งส่วนของเจลจะเกิดการขยายตัวพร้อมกับไข่ที่ขยายตัว และไอน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการอบ ทำให้เกิดโครงสร้างที่พองขยายตัวลดลง รวมทั้งการทดแทน PSPF ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนกลูเตน (gluten) ที่มีอยู่ในแป้งสาลีลดลง ทำให้กำลังของแป้ง (strength) มีความสามารถอุ้มก๊าซที่ขึ้นฟูไว้ได้น้อยลง (นรินทร์ เจริญพันธ์, 2561) ดังนั้น

เอแคลร์ที่ใช้แป้งสาลี (WF) ร้อยละ 100 (WF100: PSPF0) จึงมีความสามารถทำให้เกิดการขยายตัวดี ภายในกลวง และการพองตัวขึ้นในระหว่างกระบวนการอบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิมลวรรณ วาศและคณะ (2556) พบว่าขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะต่ำกว่าขนมปังที่ไม่ได้ผสมแป้งมันเทศสีม่วงและการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 10 ถึง 30 ทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลง ค่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นลดลง เช่นเดียวกับสุจิตตา เรืองรัมย์ และคณะ (2561) ทำการพัฒนาสูตรขนมปังแซนวิชโดยใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 20 , 40, 60 และ 80 ของน้ำหนักแป้ง พบว่าการนำรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการอบมาทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ขนมปังแซนวิชมีค่าความแข็งสูงขึ้น แต่ค่าความยืดหยุ่นปริมาตรจำเพาะลดลง

คุณภาพสีของเปลือกแป้งเอแคลร์เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อตัวผลิตภัณฑ์ ผลจากการผลิตเอแคลร์โดยการทดแทน PSPF ในปริมาณที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 10, 20 , 30 , 40 และ 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด) แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าปริมาณการทดแทนจากร้อยละ 0 ถึง 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งเอแคลร์มีสีม่วงอ่อนถึงม่วงเข้ม โดยผลิตภัณฑ์เปลือกแป้งเอแคลร์มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) โดยลดลงจาก 66.28 เป็น 35.05 และ 34.09 เป็น 3.83 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จาก 2.44 เป็น 7.40 เมื่อปริมาณการทดแทนของ PSPF เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนมีผลทำให้เปลือกแป้งเอแคลร์มีสีม่วงเพิ่มขึ้น เนื่องมาจาก PSPF ประกอบด้วยรงควัตถุสีม่วง-แดงของแอนโทไซยานินในปริมาณที่สูง โดยส่วนใหญ่เป็นสารแอนโทไซยานินกลุ่ม peonidin และ cyaniding 3 sophoroside-5-glucoside (Zhu *et al*, 2010) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดุลจิรา สุขบุญญสถิต และคณะ (2560) พบว่าคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศสีส้มมีค่า L^* ลดลง และค่า b^* เพิ่มขึ้น เนื่องจากมันเทศสีส้มมีรงควัตถุเป็นสารจำพวกแคโรทีนอยด์ ส่งผลให้คุกกี้มีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งสุจิตตา เรืองรัมย์ และคณะ (2561) พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง 80 ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง ส่งผลให้ค่า L^* และค่า b^* ลดลง ในขณะที่ค่า a^* เพิ่มขึ้น เนื่องจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่มีรงควัตถุสีม่วง-น้ำเงินของแอนโทไซยานิน ส่วน Sirichokworakit และคณะ (2015) พบว่าการการเติมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อุดมไปด้วยสารแอนโทไซยานิน ส่งผลให้สีของเส้นก๋วยเตี๋ยมีค่า L^* และ b^* ลดลง ในขณะที่ค่า a^* เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยมีสีม่วงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะสีของเปลือกแป้งผลิตภัณฑ์เอแคลร์ที่ทดแทน WF บางส่วนด้วย PSPF ในระดับที่แตกต่างกัน

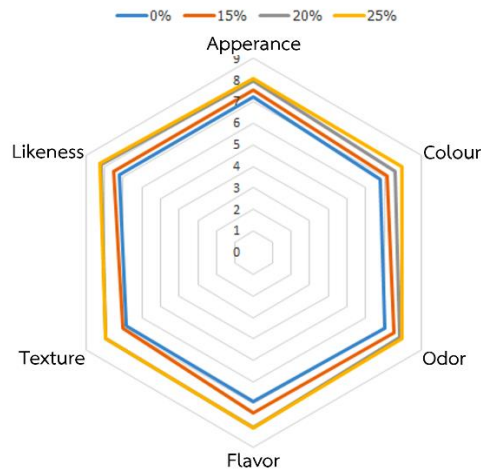
อัตราส่วนระหว่าง PSPF ต่อ WF		สีของเปลือกแป้งผลิตภัณฑ์เอแคลร์		
		L^*	a^*	b^*
0:100		66.28±1.16a	2.44±0.30d	34.09±1.36a
10:90		48.76±6.80b	3.57±0.80d	14.85±1.29b
20:80		48.64±2.26b	4.71±0.04c	11.67±0.36c
30:70		44.89±2.01bc	6.00±0.83b	7.38±1.25d
40:60		40.90±3.64d	6.99±0.39ab	5.06±1.31e
50:50		35.05±2.34d	7.40±0.13a	3.83±0.20e

^{a-c} ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการเสริมเนื้อมันเทศสีม่วงในส่วนของไส้เอแคลร์

ผลการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสของไส้เอแคลร์ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงในระดับที่แตกต่างกัน (0, 15, 20 และ 25) ได้แก่ ด้านลักษณะที่ปรากฏ ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อส่วนของไส้ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงในแต่ละด้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนของไส้เอแคลร์ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงร้อยละ 25 มีค่าคะแนนเท่ากับ 8.08, 7.94, 7.92, 8.12, 7.94 และ 8.26 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับความชอบมาก ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเติมเนื้อมันเทศสีม่วงทำให้ส่วนของไส้เอแคลร์มีความหวานจากน้ำตาล (กรณีการ กุลยณี, 2557) มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวของพืชหัวใต้ดิน

และมีความชื้นหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชัน (อัจฉรา ดลวิทยาคูณ, 2556) ดังนั้นจากผลการทดลองเมื่อเสริมเนื้อมันเทศสีม่วงร้อยละ 25 จึงทำให้ส่วนของไส้ผลิตภัณฑ์แอแคลร์มีลักษณะชื้นหนืดไม่คืนตัว เมื่อนำมาบรรจุในเปลือกแบ่งแอแคลร์จึงทำให้ส่วนของไส้ไม่ไหลออกมาภายนอกเปลือกแบ่งแอแคลร์



ภาพที่ 3 ค่าคะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไส้ผลิตภัณฑ์แอแคลร์ (Crust) ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงในระดับที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพสีของเนื้อมันเทศสีม่วงเมื่อนำมานึ่งให้สุก พบว่ามีค่า L^* , a^* และ b^* มีค่าเท่ากับ 44.12, 16.21 และ -7.85 ตามลำดับ เมื่อนำมาเนื้อมันเทศสีม่วงมาเสริมในส่วน of ไส้แอแคลร์ในปริมาณร้อยละ 0 ถึง 25 ส่งผลทำให้ส่วนของไส้แอแคลร์มีค่า L^* และ b^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จาก 62.13 เป็น 22.19 และจาก 38.09 เป็น -5.29 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จาก 1.94 เป็น 7.29 แสดงดังตารางที่ 2 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าส่วนของไส้แอแคลร์มีสีม่วงเพิ่มขึ้น ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของนพพร หงส์พันธุ์ (2019) พบว่าขนมอาลาวีตัวรับที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ไม่แห้งในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 25 ถึง 50 มีผลทำให้ขนมอาลาวีมีสีม่วงอ่อนจนถึงม่วงเข้มจากสารสีแอนโทไซยานิน และจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมเนื้อมันเทศสีม่วงในส่วน of ไส้แอแคลร์มีผลทำให้ไส้แอแคลร์มีสีม่วงเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ลักษณะสีในส่วนของไส้ผลิตภัณฑ์แอแคลร์ที่เสริมด้วยน้ำมันเทศสีม่วงในระดับที่ต่างกัน

ปริมาณการเสริมน้ำมันเทศสีม่วง (ร้อยละ)	ลักษณะของสีไส้ของผลิตภัณฑ์แอแคลร์		
	L^*	a^*	b^*
 0	62.13±1.16a	1.94±0.20d	38.09±1.36d
 15	34.20±0.30a	2.53±0.50c	-1.55±0.07a
 20	29.15±0.84b	5.88±0.09b	-3.05±0.07b
 25	22.19±0.41c	7.29±0.28a	-5.29±0.37c

^{a-d} ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์แอแคลร์

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์แอแคลร์มารับควบคุมและผลิตภัณฑ์แอแคลร์ที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 30 ในส่วนของเปลือกแป้ง และการเสริมน้ำมันเทศร้อยละ 25 ในส่วนของไส้แอแคลร์ ซึ่งได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าในตำรับควบคุมมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน โยอาหาร เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงานทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 50.34, 5.72, 9.55, 0.13, 0.56, 19.58 และ 190.81 ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แอแคลร์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (ในส่วนของเปลือกแป้งและส่วนของไส้) มีปริมาณความชื้นร้อยละ 55.37 โปรตีนร้อยละ 5.50 ไขมันร้อยละ 11.38 โยอาหารร้อยละ 0.53 เถ้าร้อยละ 0.90 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 26.85 และพลังงานทั้งหมดร้อยละ 231.82 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีไขมันเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 9.55 เป็น 11.38 กรัม โยอาหารเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.13 เป็น 0.53 กรัม เถ้าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.56 เป็น 0.90 กรัม คาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 190.81 เป็น 231.82 กรัม และโยอาหารเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.13 เป็น 0.53 กรัม เนื่องจากสารอาหารเหล่านี้มีอยู่ในมันเทศเนื้อสีม่วง เมื่อนำมาทดแทนในส่วนของเปลือกแป้งและเสริมในส่วนของตัวไส้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์แอแคลร์มีคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้น และเมื่อนำมาทดสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าผลิตภัณฑ์แอแคลร์มันเทศสีม่วงและแอแคลร์มารับควบคุมตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1.8×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่างแอแคลร์ 1 กรัม ซึ่งค่าที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแอแคลร์ (มพช. 874/2548) ที่

กำหนดมาตรฐานที่กำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีได้ไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ดังนั้นผลิตภัณฑ์เอแคลร์มันเทศสีม่วงสามารถรับประทาน และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เอแคลร์ดำรับควบคุมและเอแคลร์มันเทศสีม่วง

องค์ประกอบทางเคมี	ผลิตภัณฑ์เอแคลร์ (ดำรับควบคุม)	ผลิตภัณฑ์เอแคลร์มันเทศสีม่วง (เปลือก+ไส้)
ความชื้น	50.34	55.37
โปรตีน	5.72	5.50
ไขมัน	9.55	11.38
ใยอาหาร	0.13	0.53
เถ้า	0.56	0.90
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	19.58	26.85
พลังงานทั้งหมด	190.81	231.82

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เอแคลร์ด้วยการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วย PSPF ในปริมาณที่แตกต่างกันจากร้อยละ 0 ถึง 50 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนด้วย PSPF ในเปลือกแป้งเอแคลร์ ส่งผลให้เปลือกแป้งเอแคลร์มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น จึงทำให้เปลือกแป้งเอแคลร์มีสีม่วงแดงเพิ่มขึ้น โดยเปลือกแป้งเอแคลร์ที่ทดแทนด้วย PSPF ร้อยละ 30 ของส่วนผสมแป้งสาลีทั้งหมด มีค่าคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ด้านลักษณะที่ปรากฏ ด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรอื่น ๆ ซึ่งอยู่ในระดับความปานกลาง-ชอบมาก และเมื่อทำการศึกษาในส่วนของตัวไส้เอแคลร์ (patties) ที่เสริมด้วยเนื้อมันเทศสีม่วงในปริมาณที่ต่างกันจากร้อยละ 0 ถึง 25 ของส่วนผสมทั้งหมด พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อมันเทศสีม่วงทำให้ส่วนของตัวไส้เอแคลร์มีความชื้นหนืด ไม่คืนตัวของแป้ง รวมทั้งส่งผลให้ความสว่าง (L^*) และ ค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับในส่วนเปลือกแป้งเอแคลร์ และเมื่อนำผลิตภัณฑ์เอแคลร์มันเทศสีม่วงดังกล่าว (เปลือกแป้ง+ส่วนของไส้เอแคลร์) มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงานรวมทั้งหมด เท่ากับ 55.37, 5.50, 11.38, 0.90, 26.85, 231.82 ตามลำดับ รวมทั้งการนำผลิตภัณฑ์เอแคลร์มันเทศสีม่วงไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ (Total plate count) พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1.8×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเอแคลร์ (มพช. 874/2548) ที่กำหนดมาตรฐานที่กำหนดให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อ 1 กรัม ดังนั้นจากการพัฒนา

ดํารับผลิตภัณฑ์เอแคลร์มันเทศสีม่วงที่ทดแทนด้วย PSPF (ส่วนของเปลือกแป้ง) และเสริมเนื้อมันเทศสีม่วง (ส่วนของตัวไส้) จึงเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารแอนโทไซยานิน รวมทั้งการศึกษาฤทธิ์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระในส่วนของเปลือกแป้งและส่วนของไส้ผลิตภัณฑ์เอแคลร์

2. แป้งมันเทศสีม่วงเป็นแป้งที่ปราศจากโปรตีนกลูเตน ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตน (Coeliac disease) ในการนำมาทดแทนในผลิตภัณฑ์กลุ่มเบเกอรี่ควรพิจารณาชนิดของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น และความยืดหยุ่นต่ำลง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการอนุเคราะห์และสนับสนุนเครื่องมือวิจัยจากสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

- จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2554). *เบเกอรี่และเทคโนโลยีเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ดลจิรา สุขบุญญสถิตย์ บุษยา เรืองศักดิ์ วาหิตย์ ศรีทอง และโสภิตา เชื้อขุดทด. (2560). ผลของการใช้แป้งมันเทศทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะของคุกกี้. *แก่นเกษตร 45 (ฉบับพิเศษ 1)*: 1060-1065.
- นวพร หงส์พันธุ์ กิรติ เงินสมบัติ และอินทุพร รัตนพิบุรย์. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลาวจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 24(2)*: 782-794.
- นรินทร์ เจริญพันธ์. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากมันเทศ. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 13(1)*: 32-43.
- วิมล วรรณวาศ ณีภูษา คงโนนกอก และอโนชา สุขสมบูรณ์. (ม.ป.ป) ผลของการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อคุณลักษณะของขนมปัง. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2) (พิเศษ)*: 241-244
- สุจิตตา เรืองรัมย์ กนกวรรณ จัตุวงษ์ และอบเชย วงศ์ทอง. (2561). การพัฒนาสูตรขนมปังแซนวิชโดยใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลี. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 13(1)*: 123-138.
- เสมอพร สักวาสี. (2558). *จานอร่อย ขนมอบ*. สำนักพิมพ์อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง: กรุงเทพมหานคร.

- Chen, H., Sun, J., Liu, J., Gou, Y., Zhang, X., Wu, X., Sun, R., Tang, S., Kan, J., Qian, C., Zhang, N. & Jin, C. (2019). Structural characterization and anti-inflammatory activity of alkali-soluble polysaccharides from purple sweet potato. *International Journal of Biological Macromolecules*. 131: 484-494.
- Grace, M.H., Yousef, G.G., Gustafson, S.J., Truong, V.D., Yencho, G.C. & Lila, M.A. (2014). Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids associated with sweet potato storage and impacts on bioactive properties. *Food Chemistry*. 145: 717-724.
- Guo, K., Liu, T., Xu, A., Zhang, L., Bian, X. & Wei, C. (2019). Structural and functional properties of starches from root tubers of white, yellow, and purple sweet potatoes. *Food Hydrocolloids*. 89: 829-836.
- Jang, H.H., Kim, H.W., Kim, S.Y., Kim, S.M., Kim, J.B. & Lee, Y.M. (2019). In vitro and in vivo hypoglycemic effects of cyaniding 3-caffeoyl-phydroxybenzoylsphoroside-5-glucoside, an anthocyanin isolated from purple-fleshed sweet potato. *Food Chemistry*. 272: 688-693.
- Sirichokworrakita, S., Phetkhuta, J. & Khommoon, A. (2015). Effect of Partial Substitution of Wheat Flour with Riceberry Flour on Quality of Noodles. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 197: 1006-1012.
- Tang, C., Sun, J., Liu, J., Jin, C., Wu, X., Zhang, X., Chen, H., Gou, Y., Kan, J., Qian, C. & Zhang, N. (2019). Immune-enhancing effects of polysaccharides from purple sweet potato. *International Journal of Biological Macromolecules*. 123: 923-930.
- Tang, Y., Cai, W. & Xu, B. (2015). Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. *Food Science and Human Wellness*. 4: 123-132.
- Wang, S., Nie, S. & Zhu, F. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Food Research International*. 89: 90-116.
- Wu, Q., Qu, H., Jia, J., Kuang, C., Wen, Y., Yan, H. & Gui, Z. (2015). Characterization, antioxidant and antitumor activities of polysaccharides from purple sweet potato. *Carbohydrate Polymers*. 132: 31-40.
- Zhang, L., Zhao, L., Bian, X., Guo, K., Zhou, L. & Wei, C. (2018). Characterization and comparative study of starches from seven purple sweet potatoes. *Food Hydrocolloids*. 80: 168-176.
- Zhuang, J., Lu, J., Wang, X., Wang, X., Hu, W., Hong, F., Zhao, X.X. & Zheng, Y.L. (2019). Purple sweet potato color protects against high-fat diet-induced cognitive

deficits through AMPK-mediated autophagy in mouse hippocampus. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 65: 35-45.

Zhu, F., Cai, Y. Z., Yang, X. S., Ke, J. X., & Corke, H. (2010). Anthocyanins, hydroxycinnamic acid derivatives, and antioxidant activity in roots of different Chinese purple-fleshed sweet potato genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58: 7588-7596.

คุณสมบัติทางเคมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของน้ำส้มสายชูหมักจากส้มโอ 3 สายพันธุ์

วิลาวัลย์ บุญยสุภา^{1*} กนกพร ละมัย¹ ชูติมา อุทัยหงษ์¹
สุปรียา เทพาลุน¹ อรทัย วังหิน¹ พงพร ศรีแก่นทราย¹ รุ่งนภา สรวงศิริ¹ อนุวัฒน์ ฝ่ายเทศ¹

Received : November 29, 2019

Revised : December 16, 2019

Accepted : December 23, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ส้มโอที่ผลิตจากส้มโอ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ทองดี ท่าซ้อย และทับทิมสยาม เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตได้ และทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มด้วยวิธี 9-point hedonic rating scale ไวน์ส้มโอที่หมักได้หลังปรับค่าปริมาณแอลกอฮอล์ เป็นร้อยละ 4 แล้วเติมเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter pasteurianus* ที่มีปริมาตรร้อยละ 10 ปริมาตร/ปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 วัน ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างในวันที่ 0, 5, 10 และ 15 ของการหมัก พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มลดลง ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังสิ้นสุดการหมัก พบว่า น้ำส้มสายชูหมักจากส้มโอสายพันธุ์ทองดี มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุด คือ ร้อยละ 5.46 น้ำส้มสายชูหมักจากส้มโอสายพันธุ์ทองดี ทับทิมสยาม และท่าซ้อย มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระวัดโดยวิธี DPPH เท่ากับ ร้อยละ 57.75 55.31 และ 33.65 ตามลำดับ จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูส้มโอหมักพร้อมดื่มพบว่าได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับความชอบปานกลาง

คำสำคัญ : น้ำส้มสายชูหมัก; ส้มโอสายพันธุ์ทองดี ส้มโอสายพันธุ์ท่าซ้อย ส้มโอสายพันธุ์ทับทิมสยาม ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

¹ สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: wilawanboonsupa@gmail.com

CHEMICAL PROPERTIES, ANTIOXIDANT ACTIVITY AND SENSORY EVALUATION OF FERMENTED VINEGAR FROM 3 CULTIVARS OF PUMMELO.

Wilawan Boonsupa^{1*} Kanokporn Lamai¹ Chitima Uthihong¹ Supanee Teppalun¹
Orathai Wanghin¹ Pojaporn Srikaensai¹ Ruegnapa Suensiri¹ Aniwat Paitap¹

Abstract

This study was conducted to produce fermented vinegars from three cultivars of pummelo, namely Thong Dee, Takoy and Tubtim Siam cultivars. The aim of the present study was to determine the chemical properties of the vinegars and their antioxidant activities. Sensory evaluation of the vinegars based on the 9 point hedonic rating scale was included in this study. Vinegar fermentation was performed by inoculating 10% (v/v) of *Acetobacter pasteurianus* into each of three rice wines with their initial alcohol content were adjusted to 4 % (v/v). The fermentation was conducted for 15 days at ambient temperature (30 °C) and sampling was performed at 5-day intervals. It was observed for all samples that the level of alcohol decreased continuously over the fermentation period, which was consistent to the increased level of total acidity. At the end of the fermentation process the fermented vinegar produced from the Thong Dee exhibited the highest level of acetic acid of 5.46 %. Antioxidant activities observed for the vinegars produced from the Thong Dee, Tubtim Siam and Takoy cultivar were 57.75 55.31 and 33.65 %, respectively. The results of the consumer acceptance test of ready-to-drink fermented pummelo vinegar showed that the average score of overall acceptance was not significantly different. ($P \geq 0.05$). The score was like moderately.

Keywords : fermented vinegar; Thong Dee; Takoy; Tubtim Siam; antioxidant activity

¹ Department of Biology, Faculty of Science and technology, Rajabhat Maha Sarakham University

* Corresponding Author, e-mail : wilawanboonsupa@gmail.com

บทนำ

ส้มโอ หมายถึง ผลไม้ตระกูลส้มชนิดหนึ่ง ที่มีกรดซิตริกเป็นส่วนประกอบมากที่สุด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus maxima* Merr. ส้มโอสามารถจัดแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามลักษณะสีของเนื้อผล คือ กลุ่มสีเหลืองอ่อน เช่น พันธุ์ขาวพวง กลุ่มสีเหลืองอมเขียว เช่น พันธุ์ขาวแป้น กลุ่มสีชมพูอ่อน เช่น พันธุ์ทองดี พันธุ์ท่าข่อย และกลุ่มสีชมพูแก่ เช่น พันธุ์ทับทิมสยาม นอกจากนี้เนื้อส้มโอ 100 กรัมมีโปรตีน 0.5 กรัม และไขมัน 0.2 กรัม คาร์โบไฮเดรต 17.8 กรัม แคลเซียม 21 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 18 มิลลิกรัม วิตามินเอ 10 หน่วยและวิตามินซี 58 มิลลิกรัม [1]

สารแอนติออกซิแดนท์ คือสารสังเคราะห์หรือสารที่ได้จากธรรมชาติที่เติมลงไปในการผลิตผลิตภัณฑ์ มีความสามารถในการชะลอการเสื่อมสภาพของเซลล์ในร่างกาย ตัวอย่างของสารแอนติออกซิแดนท์ ได้แก่ สารโพลีฟีนอลิก วิตามินเอ และวิตามินซี

น้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ เป็น น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักผลไม้ต่างๆ การผลิตน้ำส้มสายชูหมักมีการหมัก 2 ขั้นตอน คือ การหมักน้ำตาลให้เกิดแอลกอฮอล์ โดยใช้ยีสต์ในสภาวะที่ไม่มีอากาศ ตามด้วยการหมักแอลกอฮอล์ให้เกิดกรดแอซิติก ด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม *Acetobacter* และ *Gluconobacter* ในภาวะที่มีออกซิเจน น้ำส้มสายชูที่หมักได้ มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติของกลิ่นวัตถุดิบ ปัจจุบันนิยมนำน้ำส้มสายชูหมักไปใช้เป็นเครื่องดื่มผสมน้ำผึ้งและน้ำอุ่นเพื่อสุขภาพ ทำให้ระบบย่อยอาหารดีขึ้น การนำส้มโอไปผลิตเป็นน้ำส้มสายชูหมัก เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถแปรรูปส้มโอให้เป็นเครื่องดื่มสุขภาพ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของส้มโอ ในการทดลองนี้ได้ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพ กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากส้มโอ 3 สายพันธุ์ (พันธุ์ทองดี พันธุ์ท่าข่อย และพันธุ์ทับทิมสยาม)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตได้ และทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มด้วยวิธี 9-point hedonic rating scale

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิธีการผลิตไวน์ส้มโอ

น้ำส้มโอ มาล้างให้สะอาดแล้วผ่านเปลือกเอาเฉพาะเนื้อนำไปคั้นและผสมน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:1 ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้ได้เท่ากับ 4 ด้วยน้ำปูนใสปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 21 องศา บริกซ์ โดยใช้น้ำตาลทราย นำน้ำส้มโอ มาทำการหมักเชื้อโดยใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ตั้งน้ำส้มโอ ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส จากนั้นถ่ายลงขวดที่สะอาด ใส่เชื้อยีสต์ผงที่ใช้สำหรับทำไวน์ *Saccharomyces cerevisiae* Premier Blanc จาก ร้าน V uncle Pi ยีสต์และอุปกรณ์ โดยการละลายยีสต์ผงในน้ำอุ่นปริมาณ 60 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ตูดเชื้อยีสต์ลงในไวน์ โดยใช้อัตราส่วนสารละลายยีสต์ต่อปริมาตรน้ำส้มโอเท่ากับ 8 มิลลิลิตร/ 1 ลิตร ปิดฝาขวดพลาสติกด้วยผ้าขาวบางที่รัดหนึ่งยาง เพื่อให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถระบายออกได้ หมักไวน์เป็นเวลา 5 วัน เมื่อหมักไวน์ครบ 5 วันทำการดูดส่วนใสลงในขวดใหม่ จากนั้น พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และบ่มไวน์ที่อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วัน

2. วิธีการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์ส้มโอ

จากไวน์ส้มโอของแต่ละสายพันธุ์ที่เตรียมได้ นำไปปรับปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับร้อยละ 10 โดยใช้ น้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว ถ่ายเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ร้อยละ 10 ที่เตรียมจากอาหารเลี้ยงเชื้อ Glucose yeast broth เขย่าบนเครื่องเขย่า เป็นเวลา 1 วัน ลงในไวน์ส้มโอแต่ละสายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 2 ฟลาสก์ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร นำไปเขย่า บนเครื่องเขย่า shaker เป็นเวลา 15 วัน เก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 5, 10, 15 เมื่อหมักน้ำส้มสายชู ครบ 15 วัน ทำการหยุดกระบวนการหมัก โดยการพาสเจอร์ไรส์น้ำส้มสายชูที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

ในระหว่างการหมักไวน์และน้ำส้มสายชู ตรวจคุณภาพทางเคมี ดังนี้

1. วัดแอลกอฮอล์ โดยการเก็บตัวอย่างไวน์ใส่ microtube ปิดด้วยพาราฟิล์มเก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วัดปริมาณแอลกอฮอล์ ด้วยเครื่อง gas chromatography- Flame Ionization Detector (GC-FID) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC-2014 มีรายละเอียดคือ ใช้ Capillary column ชนิด Rtx-wax (ความยาวของคอลัมน์ 30 มิลลิเมตร, เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร, ความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร.) ระบบการฉีดสาร ประกอบด้วยอุณหภูมิของส่วนฉีดสาร 150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของคอลัมน์เริ่มต้นจาก 40 องศาเซลเซียส (คงไว้ 1 นาที) และเพิ่มขึ้นในอัตรา 10 องศาเซลเซียส/นาที จนเป็น 100 องศาเซลเซียส (คงไว้ 1 นาที) ก๊าซพาเป็นก๊าซฮีเลียม อัตราการไหล 99.7 มิลลิลิตร/นาที ปริมาตรที่ฉีด 1 ไมโครลิตร ใช้ split mode ในอัตราส่วน 45.0 [2]

2. ตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ โดยใช้เครื่อง (Refractometer)

3. ตรวจวัดความเป็นกรด-เบส โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (pH meter)

4. ตรวจวัดปริมาณกรดทั้งหมดโดยการไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล โดยใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาไลน์เป็น indicator

5. การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ด้วย DPPH [3]

เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 mM โดยละลายด้วย ethanol 95% ปิเปตตัวอย่างมา 1.5 ml. และ ปิเปต DPPH 1.5 ml. ให้ทำปฏิกิริยากันในหลอดทดลองนำไปเขย่าให้เข้ากัน รอให้สารละลายทำปฏิกิริยากัน 20 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 517 nm ใช้เอทานอลเป็น blank

$$\text{inhibition (\%)} = ((A_{\text{DPPH}} - A_{\text{Sample}})/A_{\text{DPPH}}) \times 100$$

เมื่อกำหนดให้ A_{DPPH} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH Control

A_{Sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังทำปฏิกิริยากับ DPPH

6. การทดสอบประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากไวน์ส้มโอ โดยมีส่วนผสมดังนี้ น้ำส้มสายชูจากไวน์ส้มโอ 200 กรัม น้ำผึ้ง 150 กรัม น้ำเปล่า 150 กรัม ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำน้ำส้มสายชูจากไวน์ส้มโอไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบแบบ 9-point Hedonic scale ช่วงคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) -9 (ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบชิม โดยเป็นผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ให้

คะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นน้ำส้มสายชู รสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบรวม วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD)

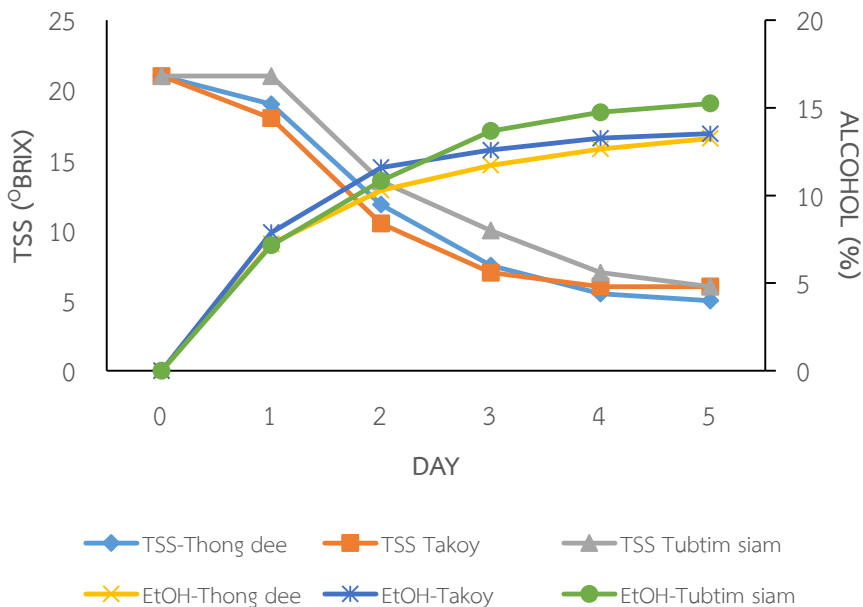
วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design) ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ด้วยวิธี one way anova และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยโปรแกรม spss

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. คุณภาพทางเคมีของไวน์ในระหว่างการหมัก

ผลวิเคราะห์ทางเคมี ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณกรดทั้งหมด จากการหมักไวน์ส้มโอเป็นเวลา 5 วัน โดยพบว่าในวันที่ 5 ไวน์ที่ทำจากส้มโอสายพันธุ์ทับทิมสยามมีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดเป็น $15.24 \pm 0.50\%$ (ภาพที่ 1) ปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์เกิดจากการย่อยน้ำตาลของยีสต์เปลี่ยนให้เป็นเอทานอล จากการทดลองพบว่าไวน์ส้มโอมีปริมาณแอลกอฮอล์มากกว่าไวน์ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (11.45%) [1] การหมักไวน์เป็นเวลา 5 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าอยู่ระหว่าง 5-6 องศาบริกซ์ (ภาพที่ 1) เนื่องจากกระบวนการหมักไวน์ เป็นกระบวนการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ โดยการเปลี่ยนไพรูเวตให้เป็นเอทานอลในสภาพที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน โดยยีสต์จะใช้น้ำตาลส่วนหนึ่งในการเจริญเพื่อเพิ่มปริมาณเซลล์ และบางส่วนจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์สารเมแทบอไลต์อื่นๆ ได้แก่ เอทานอล ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรดอะซิติก กรดแล็กติก กรดซัคซินิก เป็นต้น [4]

จากการทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของไวน์ที่ทำจากส้มโอทั้ง 4 สายพันธุ์ด้วยวิธี DPPH ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระนี้จะช่วยในการป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคต่อกระจุก และสารอนุมูลอิสระนี้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารบำรุงสุขภาพอีกด้วย ถ้าร่างกายของเรามีสารต้านอนุมูลอิสระที่เพียงพอจะช่วยลดโอกาสที่จะเป็นโรคเรื้อรังที่เป็นอันตรายเหล่านี้ได้ ผลการตรวจสอบพบว่า ไวน์ที่ทำจากส้มโอสายพันธุ์ทับทิมสยามมีร้อยละกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดที่ 69.31 ± 0.41 (ตารางที่ 2) จากการวิจัยเห็นได้ว่า สายพันธุ์ของส้มโอที่นำมาทำไวน์ส่งผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในไวน์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ [5] ศึกษาเรื่องสายพันธุ์ของเชอร์รี่ 9 สายพันธุ์ที่มีผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของไวน์ พบว่า ไวน์เชอร์รี่ที่ทำจากสายพันธุ์ Shandong มีค่า EC_{50} น้อยที่สุด มีค่า 0.17 ± 0.01 มิลลิกรัมของไวน์

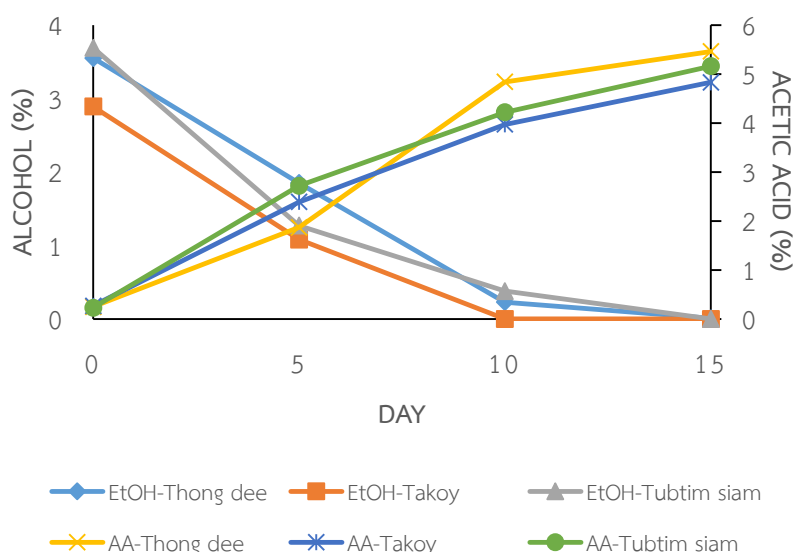


ภาพที่ 1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้(องศาบริกซ์) และปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ) ของไวน์ส้มโอ ที่ทำจากส้มโอ 3 สายพันธุ์

2 คุณภาพทางเคมีของน้ำส้มสายชูในระหว่างการหมัก

2.1 ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณกรดทั้งหมด

ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณกรดทั้งหมด จากการผลิตน้ำส้มสายชูจากส้มโอทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ทองดี ท่าซ้อย และทับทิมสยาม โดยทำการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter pasteurianus* เป็นเวลา 15 วัน พบว่าในวันที่ 15 ของการหมักน้ำส้มสายชู น้ำส้มสายชูที่หมักจากส้มโอทั้ง 3 สายพันธุ์ มีปริมาณแอลกอฮอล์ลดลงตลอดระยะเวลาในการหมัก และหมดลงในวันที่ 15 ของการหมัก ดังแสดงในรูปที่ 2 ในส่วนของปริมาณของกรดทั้งหมดพบว่าในวันที่ 15 ของการหมักน้ำส้มสายชู น้ำส้มสายชูจากส้มโอสายพันธุ์ทองดี มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ $5.46 \pm 0.26\%$ ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งน้ำส้มสายชูจากส้มโอสายพันธุ์ทองดี มีปริมาณกรดทั้งหมดมากกว่าน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากแครนเบอร์รี่ ($5.01 \pm 0.01\%$) จากงานวิจัยของ [6] ซึ่งทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสในน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ จากการหมักน้ำส้มสายชู พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณของกรดทั้งหมดจากการหมักน้ำส้มสายชูจากส้มโอทั้ง 3 สายพันธุ์ ในช่วงเวลาวันที่ 0-15 พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ลดลง และมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการหมัก โดยปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 4.83-5.46 เนื่องจากแบคทีเรียเปลี่ยนแอลกอฮอล์ ให้เป็นกรด แอซิติก โดยเริ่มต้นในน้ำหมักมีสารอาหารต่างๆ อย่างพอเพียงมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม หลังจากนั้นเมื่อเกิดการหมักสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง คือ มีค่าความเป็นกรด-เบสลดลงสารอาหารต่างๆลดลง และปริมาณของแอลกอฮอล์ที่เป็นสารอาหารในการหมักลดลง ทำให้ปริมาณการเกิดขึ้นของกรดทั้งหมดต่ำลง และคงที่ในที่สุด



ภาพที่ 2 ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ) และปริมาณกรดอะซิติก(ร้อยละ) ของน้ำส้มสายชูส้มโอ ที่ทำจากส้มโอ 3 สายพันธุ์

3. การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูหมักจากส้มโอ 3 สายพันธุ์

จากการที่ได้ทำการทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูที่ทำจากส้มโอทั้ง 3 สายพันธุ์ด้วย DPPH พบว่าน้ำส้มสายชูที่ทำจากส้มโอสายพันธุ์ทองดี มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 57.75 ± 3.75 (ตารางที่ 2) ซึ่งส้มโอสายพันธุ์ทองดีมีลักษณะของเนื้อเป็นสีชมพูอ่อน และมีรสหวาน จากงานวิจัยของ [7] พบสาร naringin เป็นสารฟลาโวนอยด์ที่พบมากที่สุดที่ส้มโอไทย โดยส้มโอสายพันธุ์ทับทิมสยามและสายพันธุ์ทองดีมีปริมาณสาร naringin สูงที่สุดจากการเปรียบเทียบกับส้มโอ 5 สายพันธุ์ และส้มโอสายพันธุ์ทองดีเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง (60 มิลลิกรัม/100 กรัมของส่วนที่บริโภคได้) จากการทดลอง พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูที่ทำจากส้มโอสายพันธุ์ทองดี มีปริมาณสูงกว่าน้ำส้มสายชูที่ทำจากแคนตาลูป ($53.78 \pm 0.75\%$) [8]

ตารางที่ 2 ร้อยละกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของไวน์และน้ำส้มสายชูที่ทำจากส้มโอ 3 สายพันธุ์

ส้มโอ สายพันธุ์ต่างๆ	DPPH (% inhibition)	
	ไวน์	น้ำส้มสายชู
ทองดี	49.57 ± 0.74^c	57.75 ± 3.75^a
ท่าช้อย	64.44 ± 0.54^b	33.65 ± 4.04^b
ทับทิมสยาม	69.31 ± 0.41^a	55.31 ± 0.01^a

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มที่เตรียมจากน้ำส้มสายชูหมักจากส้มโอ 3 สายพันธุ์

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากส้มโอ 3 สายพันธุ์ (ทองดี, ท่าซ้อย และทับทิมสยาม) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสแบบ Hedonic 9 scale Test โดย สเกลคะแนน คือ

- 9 - ชอบมากที่สุด
- 8 - ชอบมาก
- 7 - ชอบปานกลาง
- 6 - ชอบเล็กน้อย
- 5 - บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
- 4 - ไม่ชอบเล็กน้อย
- 3 - ไม่ชอบปานกลาง
- 2 - ไม่ชอบมาก
- 1 - ไม่ชอบมากที่สุด

โดยเลือกกลุ่มตัวอย่าง 30 คน จากการวิเคราะห์พบว่าน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มที่ทำจากส้มโอต่างสายพันธุ์มีคะแนนการยอมรับด้านความใส กลิ่น สี รสชาติและความชอบรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และการยอมรับในภาพรวมพบว่า น้ำส้มสายชูที่ผลิตจากไวน์ส้มโอพันธุ์ท่าซ้อยมีระดับความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 6.63 ± 1.77 ซึ่งจัดอยู่ในระดับความชอบปานกลาง ดังแสดงในรูปที่ 3



ภาพที่ 3 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม

สรุป

ผลการทดลองหมักน้ำส้มสายชูจากส้มโอสายพันธุ์ต่างๆ พบว่า น้ำส้มสายชูหมักจากส้มโอสายพันธุ์ทองดี มีปริมาณกรดทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ ร้อยละ 5.46 และ ร้อยละ 57.75 ตามลำดับ จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูส้มโอหมักพร้อมดื่มพบว่าได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากไวน์ส้มโอพันธุ์ท่าข่อยมีระดับความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 6.63 ± 1.77 ซึ่งจัดอยู่ในระดับความชอบปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและศูนย์เครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ประวีณา รังคะวงศ ปริญญาธรณ อิศรานูวัฒน์ และ จำไพ เกษทสาธ (2558). การเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดแครงในอาหารเหลวและคุณสมบัติของเส้นใยที่ผลิตได้. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 33(5), 420-427.
- มณชัย เดชสังกรานนท์ อมรรัตน์ สีสุทอง และ สุวรรณ พิชัยวงศ์ (2549). *การผลิตไวน์จากส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งด้วยกระบวนการปลอดสารเคมี*. โครงการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- วิลาวัลย์ บุญยสุภา เกษดาวรรณ พลจันทร์ จุริมาศ แก้วเกษร จิตารัตน์ จันดอนแดง กมลลักษณ์ นันทฤทธิ์ และ กนกพงษ์ บัวพัฒน์. (2560). คุณภาพทางเคมี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์. *วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 19 ฉบับที่ 2*: 187-196.
- วันเพ็ญ จิตรเจริญ. (2556). *คู่มือไวน์เมกเกอร์*. เชียงใหม่; สำนักพิมพ์บริษัทเชียงใหม่พรีนติ้ง จำกัด.
- เสาวภา ไชยวงศ์ สุจิตต์ ส่วนไพโรจน์ อีรพงษ์ เทพภรณ์ โรมรัน ชุศรี และ อุไรวรรณ ขุนจันทร์ (2553). *การประเมินสารออกฤทธิ์สำคัญในกลุ่ม Flavonoids และ Anthocyanins ของส้มโอพันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ขาวแตงกวา พันธุ์ขาวใหญ่ และพันธุ์ทับทิมสยาม ที่ปลูกในประเทศไทย*. รายงานการวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย.
- Boonsupa, W. (2019). Chemical properties, antioxidant activities and sensory evaluation of berry vinegar. *Walailak Journal of Science and Technology*. Vol. 16 (6): 887-896.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss Technology* 28:25- 30.
- Xiao, Z., Fang, L., Niu, Y., & Yu, H. (2015). Effect of Cultivar and Variety on Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Cherry Wine. *Food Chemistry* 186: 69–73.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนของชุมชนบ้านคลองอาราง : ชาสมุนไพรชายากลิ่นข้าวเหนียวดำคั่ว

ธิดิยา ผจงฤทธิ์¹ จุริมาศ ดีอำมาตย์² สีนินาถ สุขทนารักษ์² เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา²
พัชรลักษณ์ วัฒนไชย² กนกวรรณ ปุณณะตระกูล² วีระศักดิ์ ศรีสารัตน์² มณัญญา คำวัชรระพิทักษ์^{2*}

Received : December 13, 2019

Revised : December 18, 2019

Accepted : December 23, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากชาสมุนไพรชาสมุนไพรชายากลิ่นข้าวเหนียวดำคั่วแบบของชงเยื่อกระดาศ เพื่อเป็นแนวทางการผลิตเป็นสินค้าชุมชนของชุมชนบ้านคลองอาราง จังหวัดสระแก้ว โดยศึกษาอัตราส่วนของใบชายาอบแห้งและข้าวเหนียวดำคั่วที่ระดับ 100:0, 70:30 และ 40:60 คัดเลือกอัตราส่วนที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ 3 (40:60) ที่มีใบชายาอบแห้งร้อยละ 40 ข้าวเหนียวดำคั่วร้อยละ 60 บรรจุขนาด 2 กรัม ในซองชาเยื่อกระดาศขนาด 6.5x5 เซนติเมตร ซึ่งวิเคราะห์วัตถุดิบเริ่มต้นคือ ใบชาชายา มีค่าความชื้นร้อยละ 10.36 ค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 42.43, 1.37 และ 5.00 ตามลำดับ ให้ค่าสีของใบชาคือ สีเขียวเข้มอมน้ำตาล สำหรับข้าวดำคั่ว (ข้าวเหนียวดำคั่ว) มีค่าความชื้นร้อยละ 12.33 และมีค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 42.43, 10.33 และ 5.20 ตามลำดับ สำหรับชาสมุนไพรชายากลิ่นข้าวเหนียวดำคั่วแบบของชงเยื่อกระดาศ สูตรที่ 3 มีค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 42.40, 1.43 และ 8.5 ตามลำดับ เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาสมุนไพรที่ผ่านการชงพบว่าใบชาสูตรที่ 3 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.32, 7.61, 7.03, 7.00 และ 7.26 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ชาสมุนไพร, ใบชา, ข้าวเหนียวดำคั่ว, ชงเยื่อกระดาศ

¹ นักศึกษาปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

² หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: home_ecovru2@hotmail.com

ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: e-mail: manunya@vru.ac.th

PRODUCT DEVELOPMENT OF CHONG ARANG COMMUNITY : CHAYA HERBAL TEA WITH ROASTED BLACK GLUTINOUS RICE AROMA

Thitiya Pajonglert¹ Jureemart Deeammert² Sineenart Sukthanaruk²
Benjang Autchaliyapota² Patcharaluk Watthanachai² Kanokwan Punnatakul²
Veerasak Seerarat² Manunya Khamwachiraphitak^{2*}

Abstract

The objective of this research was developed Chaya Harbal Tea with roasted black glutinous rice aroma to be a guideline for production as a product of the community of Ban Khlong A Rang community, Sra-Kaew Province. The treatments were ratio of dried chaya leaves (*Cnidioscolus aconitifolius ssp. aconitifolius breckon*) and roasted black glutinous rice at 100: 0, 70: 30 and 40:60, which contained 2 grams of samples in a 6.5 x 5 cm in sachet tea bag. The results showed that the tea made of 40% dried chaya tea leaves and 60% roasted black glutinous rice was the best treatment as formula 3. The moisture content of dried chaya tea leaves was 10.36%. The color parameters of Chaya tea leaves were 42.43 (L*), 1.37 (a*) and 5.00 (b*) and its color was dark brown green color. The roasted black glutinous rice had 12.33% moisture content. The L*, a* and b* values of the roasted black glutinous rice were equal to 42.43, 10.33 and 5.20, respectively. Whereas, the color of the selected Chaya herbal tea with roasted black glutinous rice aroma formula 3 were 42.40 (L*), 1.43 (a*) and 8.5 (b*). The sensory evaluation of the brewed tea was determined using hedonic 9-point scale. The color, clarity, smell, feeling after test, overall liking score of the formula 3 was 7.32, 7.61, 7.03, 7.00 and 7.26 respectively.

Keywords : Herbal tea, Chaya harbal leaves, Roasted black glutinous rice, sachet tea bag

¹ Undergraduate student, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage

² Department of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: home_ecovru2@hotmail.com

* Co-responding Author e-mail: manunya@vru.ac.th

บทนำ

ชายา “Chaya” (*Cnidoscolus aconitifolius ssp. aconitifolius breckon*) หรือที่คนไทยรู้จักในชื่อ “คะน้าเม็กซิโก” เนื่องจากเป็นผักที่มีแหล่งกำเนิดจากประเทศเม็กซิโกและเมื่อนำมาประกอบอาหารจะมีรสชาติคล้ายกับคะน้าทั้งใบและลำต้นอ่อน มาจากภาษาสเปน ไม้พุ่มขนาดเล็กต้นสูงได้ถึง 6 เมตร ใบมีลักษณะเป็นทรงเมเปิ้ลโดยทั่วไปจะมี 3 แฉกแล้วแต่ลักษณะของแต่ละสายพันธุ์ มีการนำเข้ามาปลูกที่ประเทศไทยและได้เป็นที่แพร่หลายกลายเป็นผักพื้นบ้าน ใบชายาถือเป็นผักที่ให้คุณค่าทางสารอาหารสูง โดยใน 100 ก. ประกอบด้วย น้ำร้อยละ 85.3 คาร์โบไฮเดรตรวมร้อยละ 4.2, โปรตีนร้อยละ 5.7, ไขมันร้อยละ 0.4, โยอาหารร้อยละ 1.9 มีแคลเซียม 199.4 มิลลิกรัม., โพแทสเซียม 217.2 มิลลิกรัม., ฟอสฟอรัส 39.0 มิลลิกรัม., เหล็ก 11.4 มิลลิกรัม., วิตามินซี 164.7 มิลลิกรัม. และวิตามินเอ 0.085 มิลลิกรัม. นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่ามีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าผักใบเขียวอื่น 2-3 เท่า (Kuti, J.O. and E.S. Torres., 1996 and Kuti JO, Kuti HO., 1999) นิยมนำไปประกอบอาหารต่าง ๆ แต่ผักชายาไม่สามารถรับประทานแบบสดทั่วไปได้เพราะในใบชายาใบสดมีปริมาณไซยาไนด์เจือจางอยู่ ซึ่งหากมีปริมาณไซยาไนด์สะสมในร่างกายมากเกินไป อาจทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อนำใบไปต้มสุกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที ปริมาณสารอาหารใบชายามีดังนี้ โปรตีน 8.25 กรัม คาร์โบไฮเดรต 7.23 กรัม โยอาหาร 1.94 มิลลิกรัม แคลเซียม 421 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 63 มิลลิกรัม วิตามินเอ 8.52 มิลลิกรัม ชายายังมีสรรพคุณช่วยรักษาในหลายโรค มีฤทธิ์ต้านจุลชีพหลายชนิด มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ช่วยปกป้องหลอดเลือดและหัวใจ ต้านอนุมูลอิสระ ลดน้ำตาลในเลือด และลดไขมันในเลือด (Pérez-González MZ. et al., 2017, García-Rodríguez RV, et al., 2014, Miranda-Velasquez L., 2010) แต่ทั้งหมดเป็นการศึกษาในรูปแบบของสารสกัดและสารสำคัญที่แยกได้จากส่วนใบ เช่น สารในกลุ่ม flavonoids, alkaloids และยังเป็นเพียงการศึกษาในระดับหลอดทดลองและสัตว์ทดลอง

จากคุณสมบัติดังกล่าว ประกอบกับ การได้เข้าพูดคุยกับกลุ่มชุมชนหมู่บ้านคลองอาราง จังหวัดสระแก้ว ปี 2559 จึงเกิดกิจกรรมเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนด้วยสิ่งที่มีหรือต้นทุนในชุมชนเองนั้น โดยเริ่มจากพบว่าในชุมชนมีต้นชายาขึ้นเรียงรายแทบทุกบ้าน และคนในชุมชนทราบว่ามีสรรพคุณทางยา และได้นำมาบริโภค จึงเกิดแนวความคิดทางการผลิตเป็นสินค้าชุมชนของชุมชนบ้านคลองอาราง จังหวัดสระแก้ว โดยผลิตเป็นใบชายา เนื่องจากชาเป็นพืชที่นำมาทำเป็นเครื่องดื่ม เป็นที่นิยมบริโภคของคนทั่วโลก และเครื่องดื่มจากชาชายาพาสเจอร์ไรส์ ซึ่งเป็นหนึ่งในกิจกรรมภายใต้โครงการ การบูรณาการเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนด้านอาหารของหมู่บ้านคลองอาราง ภายใต้แผนงาน หมู่บ้านต้นแบบน่าอยู่ ด้วยการพัฒนาแบบพลังร่วม ตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ และเผยแพร่ในนิทรรศการ Thailand Research Expo 2018 แล้วนั้น หลังจากนั้นได้ดำเนินการร่วมกับชุมชนเพื่อการพัฒนาต่อเนื่องเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้นในรูปแบบของชาชง โดยทางชุมชนเสนอให้เสริมคุณสมบัติของชาชงด้วยข้าวกล้องชุมชน

“ข้าวกล้อง” ภาษาพื้นเมืองทางภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของข้าวเหนียวดำ อุดมไปด้วยคุณค่าทางสารอาหารและสรรพคุณทางยา ในเมล็ดข้าวกล้องมีสารสำคัญชื่อ แกมมา-โอไรซานอล (gamma oryzanol) ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) สามารถลดคลอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และเพิ่มระดับของ HDL ในเลือด มีผลต่อการทำงานของต่อมไธมัส ยับยั้งการอักเสบของกระเพาะอาหารและการรวมตัวของเกล็ดเลือด ลดน้ำตาลในเลือด และแอนโทไซยานิน ช่วยการหมุนเวียนของกระแสเลือด ขะลอ การเสื่อมของเซลล์ในร่างกาย มีธาตุเหล็ก สังกะสี วิตามินเอ วิตามินอี วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 เป็นต้น (จริญจิต เฟื่องรัตน์, 2554)

ดังนั้น การวิจัยนี้จึงได้เป็นการพัฒนา ต่อยอดเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ชาชายา ที่ชุมชนสามารถนำไปขยายผลเชิงพาณิชย์เพื่อส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชนใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้นในรูปแบบของชาชง และเสริมคุณประโยชน์ด้วยข้าวกล้องของชุมชน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ที่มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาโดยหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของใบชาชายาอบแห้ง และข้าวเหนียวดำคั่วเพื่อพัฒนาเป็นชาชายากลิ้นข้าวเหนียวดำคั่วแบบของชาชง และศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และเคมีบางประการ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมใบชาชายา และ ข้าวเหนียวดำคั่ว

การเตรียมใบชาชายา คล้ายกับการทำชาเขียวโดยเป็นกระบวนการที่ไม่ต้องผ่านวิธีการหมักชา โดยเลือกใบชาชายาที่มีสีเขียวเข้มขนาดใบ 7-10 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาดแล้วพักไว้ 10 -15 นาที หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร ลวกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที สะเด็ดน้ำ 2 นาที แล้วอบแห้งอบในเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที หรือใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ 7 ชั่วโมง (จรรยา แก่นจันทร์ และสถาปัตย์ ชะนากกลาง, 2560) แล้วนำไปคั่วต่อในกระทะที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที (วัดความชื้นจนกระทั่งมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 14) บรรจุในถุงสุญญากาศเก็บอุณหภูมิห้องหลีกเลี่ยงแสงแดด

ข้าวเหนียวดำคั่ว กระบวนการผลิตตัดแปลงจาก วรารักษ์ วิทยาภรณ์ (2555) โดยนำข้าวเหนียวดำ ตรา ข้าวทอง (KHAOTHONG) แขน้ำ 1 คั้นล้างทำความสะอาด และนำข้าวที่แช่ไว้ไปนึ่งจนสุกโดยข้าวเหนียวดำ 500 กรัม ต่อน้ำ 1500 มิลลิลิตร นาน 30 นาที อบแห้งในเครื่องอบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 100 นาที แบ่งปันครั้งละ 30 กรัม ความเร็วสูงสุด 2 วินาที คั่วข้าว อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที (วัดความชื้นจนกระทั่งมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 14) บรรจุในถุงสุญญากาศเก็บอุณหภูมิห้องหลีกเลี่ยงแสงแดด

การวัดค่าความชื้น (Moisture balance) ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w ; Aqualab Series3 รุ่น Aw CX 3) ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter; Chroma Meter CR – 300) ของใบชาชายาอบแห้ง และข้าวเหนียวดำคั่ว

2. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างชาชายาต่อข้าวเหนียวดำคั่ว 3 ระดับ คือ 100:0, 70:30, 40:60 น้ำหนักรวม 2 กรัม เพื่อบรรจุใส่ซองชาแบบถุงเยื่อกระดาษ ขนาด 6.5×5 เซนติเมตร เป็นชาชายากลิ้นข้าวเหนียวดำคั่ว

ตรวจวัดคุณภาพ โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการชงชา 1 ซองต่อน้ำร้อน อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แช่ชงชา นาน 2 นาที (1 นาทีเขย่าชงชาขึ้นลง 10 ครั้ง) ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบจำนวนทั้งหมด 30 คน โดยใช้สเกลแบบ 9-point hedonic scaling ซึ่งมีเกณฑ์คะแนน 1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

การวางแผนการทดลอง ตรวจสอบสมบัติต่างๆ ทางกายภาพและเคมีโดยใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) การทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้แผนการทดสอบแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design , RCBD) เพื่อหาค่าเฉลี่ยวิเคราะห์ความแปรปรวน

ของตัวอย่างที่มีมากกว่า 3 ตัวอย่างขึ้นไปโดยวิธี One-way anova และหาความแตกต่างด้วย (Duncan's New Multiple Range Test) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. คุณสมบัติของของใบชายาอบแห้งและข้าวเหนียวดำคั่ว

ต้นชายา ใบชายาสด และใบชายาที่ผ่านการทำแห้ง และข้าวเหนียวดำที่ผ่านการคั่วและบดคั่ว แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ต้น และใบชายาสด (ภาพบน) ใบชายาอบแห้งและข้าวเหนียวดำคั่ว (ภาพล่าง)

ตารางที่ 1 ค่าความชื้น ค่าสี และค่า a_w ของใบชายาอบแห้งและข้าวเหนียวดำคั่ว

ลักษณะทางกายภาพและเคมี	ใบชายาอบแห้ง	ข้าวเหนียวดำคั่วบด
ค่าความชื้น	10.36	12.33
ค่าสี		
ค่า L*	42.43	43.33
ค่า a*	1.37	10.33
ค่า b*	5.00	5.20
ค่า a_w	0.66	0.48

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

จากตารางที่ 1 ใบชายา ที่ผ่านการลวกใบชาและทำแห้ง มีค่าความชื้นร้อยละ 10.36 ค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 42.43, 1.37 และ 5.00 สีเขียวเข้มอมน้ำตาล ลักษณะเหมือนชาทั่วไป ซึ่งเป็นผลจาก

ระหว่างการทำแห้ง ใบชายาเมื่อได้รับความร้อนสีเขียวของคลอโรฟิลล์ที่มีในใบชายาเปลี่ยนเป็นฟิโอฟิตินทำให้ชารมีสีเขียวเข้มอมน้ำตาล และมีค่า a_w เท่ากับ 0.66 ส่วนข้าวคั่ว (ข้าวเหนียวดำคั่ว) มีค่าความชื้นร้อยละ 12.33 ค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 42.43, 10.33 และ 5.20 สีเข้มขึ้นเมื่อเทียบกับสีข้าวคั่วก่อนการคั่วซึ่งเป็นผลจากการให้ความร้อนในการคั่วทำให้เกิดสีและปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันของน้ำตาลในแป้งข้าว และมีค่า a_w เท่ากับ 0.48

เมื่อนำใบชายาและข้าวคั่วมาผสม เป็นชาของใบชายาอบแห้งผสมข้าวเหนียวดำคั่วสำหรับชงผ่านเยื่อกระดาษ ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของทั้ง 3 สูตร คือ ใบชายาอบแห้ง:ข้าวเหนียวดำคั่วบด สูตร 1(100:0), สูตร 2 (70:30), สูตร 3 (40:60) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 2) โดยมีค่า L^* อยู่ระหว่าง 41.47-42.43 ค่า a^* อยู่ระหว่าง 1.37-1.43 และค่า b^* อยู่ระหว่าง 5.00-8.53 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าสีของใบชายาอบแห้งผสมข้าวเหนียวดำคั่ว

ลักษณะทางกายภาพและเคมี		ใบชายาอบแห้งผสมข้าวเหนียวดำคั่ว		
		ใบชายาอบแห้ง:ข้าวเหนียวดำคั่วบด		
		สูตร 1 (100:0)	สูตร 2 (70:30)	สูตร 3 (40:60)
ค่าสี				
	ค่า L^{*ns}	42.43±0.74	41.47±1.33	42.40±1.15
	ค่า a^{*ns}	1.37±1.21	1.40±0.10	1.43±1.11
	ค่า b^{*ns}	5.00±0.78	6.63±4.17	8.53±0.81

หมายเหตุ ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)

2. ปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมของใบชายาอบแห้งต่อข้าวเหนียวดำคั่วบดของน้ำชาจากชาของเยื่อกระดาษ

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำชาชากลิ่นข้าวเหนียวดำคั่ว

ปัจจัยคุณภาพ	น้ำชาชากลิ่นข้าวเหนียวดำคั่ว		
	ใบชายาอบแห้ง:ข้าวเหนียวดำคั่วบด		
	สูตร 1 (100:0)	สูตร 2 (70:30)	สูตร 3 (40:60)
สี	6.84±1.13 ^b	6.48±0.81 ^b	7.32±0.94 ^a
ความใส	6.26±1.09 ^b	6.19±0.98 ^b	7.61±0.92 ^a
กลิ่น	6.26±1.26 ^b	6.00±1.02 ^b	7.03±1.11 ^a
ความรู้สึกล้นกลืน	6.23±0.80 ^b	6.06±1.00 ^b	7.00±1.18 ^a
ความชอบโดยรวม	6.35±0.80 ^b	6.19±0.91 ^b	7.26±1.00 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอน หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การทดสอบคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชาชายา กลิ่นข้าวเหนียวดำคั่วในอัตราส่วนต่างกันทั้ง 3 สูตร ผู้วิจัยจึงเลือกสูตรที่ 3 คือ สูตรที่มีส่วนผสมของใบชาชายา อบแห้งต่อข้าวเหนียวดำคั่ว 40:60 โดยสูตรดังกล่าวได้รับคะแนนยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี ความใส กลิ่น ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 และ สูตรที่ 3 ได้รับความชอบโดยรวมมากที่สุด (7.26) รองลงมาคือสูตรที่ 1 (6.35) และ 2 (6.19) ด้านสีผู้ทดสอบให้ความชอบสูตรที่ 3 มากที่สุด (7.32) รองลงมาคือสูตรที่ 1 (6.84) และ 2 (6.48) เนื่องจากสูตรที่ 3 มีส่วนผสมของชาชายาอบแห้งในปริมาณที่ น้อยกว่าสูตรอื่นทำให้มีสีเขียวที่อ่อนกว่า สูตรที่ 1 และ 2 ด้านความใสพบว่า ผู้ทดสอบให้ความชอบสูตรที่ 3 มากที่สุด (7.61) รองลงมาคือสูตรที่ 1 (6.26) และ 2 (6.19) อาจเนื่องจากสูตรที่ 3 มีส่วนผสมของข้าวคั่ว มากกว่าสูตรอื่นซึ่งอาจเป็นตัวที่ทำให้เกิดตะกอนละเอียดที่ผ่านจากช่องเยื่อกระดาษมากกว่า ด้านกลิ่นสูตรที่ 3 ที่มีสัดส่วนของข้าวคั่วมากที่สุดได้รับความชอบมากที่สุด (7.03) รองลงมาคือสูตรที่ 1 (6.26) และ 2 (6.00) อัน เป็นผลจากกลิ่นข้าวคั่วนั่นเองจึงทำให้สูตรที่ 3 มีกลิ่นหอมข้าวคั่วมากกว่าสูตรอื่น และส่งผลถึงความรู้สึกหลัง กลืน พบว่า ผู้ทดสอบให้ความชอบสูตรที่ 3 มากที่สุด (7.00) รองลงมาคือสูตรที่ 1 (6.23) และ 2 (6.06) ทำให้มี กลิ่นหอมข้าวคั่วและมีกลิ่นหอมติดอยู่หลังกลืนน้ำชามากกว่า

ชาที่จัดเป็นชาที่ไม่ผ่านการหมัก การเปลี่ยนแปลงของสีจึงเป็นผลการลอกและการทำแห้งเป็นหลัก ต่างจากชาที่ผ่านการหมักเช่น ชาเขียว ชาอู่หลงซึ่งเป็นชาที่หมักเพียงบางส่วน และชาดำเป็นชาที่หมักอย่าง สมบูรณ์ ในระหว่างการหมัก (ธีรพงษ์ เทพภรณ์, 2555)



ภาพที่ 2 ของชาเยื่อกระดาษ ขนาดบรรจุ 2 กรัม ในของชาเยื่อกระดาษขนาด 6.5x5 เซนติเมตร และน้ำชาจาก ชายาผสมข้าวเหนียวดำคั่วสูตรที่ 3

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากชายาเพื่อเป็นแนวทางผลิตเป็นสินค้าชุมชนของชุมชนบ้านคลองอาราง จังหวัดสระแก้ว โดยการนำใบชายาอบแห้งมาผสมกับข้าวเหนียวดำคั่ว คัดเลือกอัตราส่วนที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ 3 ที่มีใบชายาอบแห้งร้อยละ 40 ข้าวเหนียวดำคั่วร้อยละ 60 บรรจุขนาด 2 กรัม ในซองชาเยื่อกระดาษขนาด 6.5x5 เซนติเมตร โดยมีวิธีการเตรียมใบชาสดดังนี้ โดยเลือกใบชาที่มีสีเขียวเข้มขนาดใบ 7-10 เซนติเมตรล้างทำความสะอาดแล้วพักไว้ 10 -15 นาทีหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร ต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสระยะเวลา 10 นาทีสัปดาห์น้ำ 2 นาที อบแห้งอบในเครื่องอบลมร้อน 60 องศาเซลเซียสระยะเวลา 60 นาที หรือใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ 7 ชั่วโมง แล้วนำไปคั่วต่อในกระทะที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสระยะเวลา 2 นาที วิธีการเตรียมข้าวเหนียวดำคั่วโดยนำข้าวเหนียวดำแช่น้ำ 1 คืน ล้างทำความสะอาดนำข้าวที่แช่ไว้ไปนึ่งจนสุกโดยข้าวเหนียวดำ 500 กรัม ต่อน้ำ 1,500 มิลลิลิตร นาน 30 นาที อบแห้ง อบในเครื่องอบลมร้อน 60 องศาเซลเซียสระยะเวลา 60 นาที แบ่งปันครั้งละ 30 กรัม ความเร็วสูงสุด 2 วินาที คั่วข้าว อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 7 นาที ค่าสีของชาใบชายาอบแห้งผสมข้าวเหนียวดำ คั่วสูตรที่ 3 มีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 42.40, 1.43 และ 8.53 น้ำชาสูตรที่ 3 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน สี ความใส กลิ่น ความรู้สึกหลังกลืน ความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.32, 7.61, 7.03, 7.00 และ 7.26 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอบคุณ ชุมชน หมู่บ้านหมู่บ้านคลองอาราง จังหวัดสระแก้ว และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) สำนัก 3

ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับโภชนาการและอายุเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

- จริญจิต เพ็งรัตน์ และสุวัฒน์ เจียรคงมั่ง. (2554) . “ข้าวเหนียวดำ” หลากประโยชน์ หลายแนวคิด เสริมเศรษฐกิจไทยสู่สากล. ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ ขอนแก่น, สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.
- จรรยา แก่นจันทร์ และสถาปต์ ชะนานกลาง. (2560).การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. ปัญหาพิเศษ สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
- ธีรพงษ์ เทพกรณ์. (2555). ผลของการศึกษา ชา: กระบวนการผลิต และองค์ประกอบทางเคมีจากการหมัก. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 17 (2):189-196.
- García-Rodríguez RV, Gutiérrez-Rebolledo GA, Méndez-Bolaina E, Sánchez-Medina A, Maldonado-Saavedra O, Domínguez-Ortiz MÁ, et al. (2014). *Cnidocolus chayamansa* Mc Vaugh, an important antioxidant, anti-inflammatory and cardioprotective plant used in Mexico. *J Ethnopharmacol.* 151(2) :937-943.
- Kuti, J.O. and Torres, E.S. (1996). Potential nutritional and health benefits of tree spinach. In: Janick J, editor. Progress in new crops. Arlington: ASHS Press VA. 516-520.

- Kuti J.O, Kuti HO. (1999). Proximate composition and mineral content of two edible species of *Cnidoscolus* (tree spinach). *Plant Foods Hum Nutr.* 53 (4) :275-283.
- Miranda-Velasquez L, Oranday-Cardenas A, Lozano-Garza H, Rivas-Morales C, Chamorro-Cevallos G, Cruz-Vega DE. (2010). Hypocholesterolemic Activity from the Leaf Extracts of *Cnidoscolus chayamansa*. *Plant Foods for Human Nutrition.* 65 (4) :392-395.
- Pérez-González M.Z., Gutiérrez-Rebolledo, G.A., Yépez-Mulia, L., Rojas-Tomé, I.S., Luna-Herrera, J., Jiménez-Arellanes, M.A. (2017). Antiprotozoal, antimycobacterial, and anti-inflammatory evaluation of *Cnidoscolus chayamansa* (Mc Vaugh) extract and the isolated compounds. *Biomed Pharmacother.* 89:89-97.

ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากมะตาด

สิตา ทิศาดลติก^{1*} เอี่ยมพร รัตนสิงห์²

Received : September 1, 2019

Revised : November 11, 2019

Accepted : December 23, 2019

บทคัดย่อ

มะตาดเป็นพืชพื้นบ้านของจังหวัดปทุมธานีใช้ในการประกอบอาหารเป็นไม้ประดับและมีสรรพคุณทางยาพื้นบ้าน แต่ยังไม่พบข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของมะตาดมากนักวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ Total phenolic และหาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเนื้อผลและเปลือกผลมะตาด ด้วยวิธี DPPH และ FRAP assay ผลมะตาดตัวอย่างเก็บจากจังหวัดปทุมธานี ที่ส่วนศึกษาคือเปลือกและเนื้อผลมะตาดสดและแห้ง มะตาดแห้งเตรียมโดยนำผลมะตาดสดมาอบที่อุณหภูมิประมาณ 45-40°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมงหาปริมาณน้ำของผลมะตาดในรูป % ความชื้น นำส่วนเปลือกและเนื้อของผลมะตาดสดและแห้งมาสกัดด้วยเอทานอล โดยวิธีการหมัก นำสารสกัดหยาบที่ได้ไปหาปริมาณ Total Phenolic และหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระผลการวิจัยพบว่า % ความชื้นของเปลือกและเนื้อของผลมะตาดสด เท่ากับ 88.40 และ 69.19 ตามลำดับ % ผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเนื้อมะตาดแห้งมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 19.06 ส่วนสารสกัดหยาบจากเปลือกมะตาดสด มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 2.34 ผลการวิเคราะห์หาสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่าสอดคล้องกันทั้งสองวิธีคือสารสกัดจากเนื้อผลมะตาดแห้งมีค่า IC₅₀ น้อยที่สุด เท่ากับ 0.004 mg/ml จึงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด ส่วนสารสกัดจากเปลือกมะตาดแห้ง มีค่า IC₅₀ มากที่สุด เท่ากับ 0.26mg/ml มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด สารสกัดหยาบจากเนื้อผลมะตาดแห้งมีปริมาณ Total phenolic มากที่สุดเท่ากับ 80.34 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัม ตัวอย่างรองลงมาเป็นเปลือกผลมะตาดสดและเนื้อผลมะตาดสด และเปลือกผลมะตาดแห้ง มีปริมาณ Total phenolic น้อยที่สุดตามลำดับ (10.29 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง) ผลการวิจัยนี้สรุปว่าสารสกัดจากเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดมีปริมาณ Total phenolic และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระปริมาณสูง อาจมีศักยภาพในการเป็นสารต้านการอักเสบหรือสารต้านมะเร็งควรมีการศึกษาสมบัติอื่นๆเพิ่มเติม

คำสำคัญ : มะตาด (*Dillenia indica*) Total phenolic สารต้านอนุมูลอิสระ สารสกัดเอทานอล

¹ อาจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตรศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

² อาจารย์ โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

*ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: sita@vru.ac.th

ANTIOXIDANT ACTIVITIES AND TOTAL PHENOLIC CONTENTS OF CRUDE ETHANOLIC EXTRACT FROM MATAT (*DILLENIA INDICA*)

Sita Tisadondilok^{1*} Auamporn Rattanasing²

Abstract

Dillenia indica (Matat)) is locally plant in Pathumthani. The fruits are normally used as flavoring agent for curries. Matat plants are used as decoration and locally medicine. The objectives of this research were to analyze the amount of total phenolic and to evaluate antioxidant activities of all crude extracts using DPPH and FRAP assay. Both peel and pulp of fresh and dried Matat were studied. Matat fruits were collected from the village in Pathumthani Province. Fresh Matat fruits were dried at 40-45 °C for 48 hours. It was found that the level of moisture from both peels and flesh of fresh Matat were 88.40% and 69.19%, respectively. The percentage yield of crude extracts from dried Matat flesh was the highest (19.06%), whereas the lowest percentage yield of crude extracts was from fresh Matat peels (2.34%). The total phenolic contents of the crude extracts were determined by the Folin–Ciocalteu method using gallic acid as the standard solution. It was found that the level of total phenolic content of crude extracts of both peels and flesh of fresh and dried Matat were 70.91, 10.29, 67.10, and 80.34 mg gallic acid equivalent/ g sample, respectively. The test of antioxidant activities from both peels and flesh of fresh and dried Matat in ethanol via DPPH method was performed. The IC₅₀ values of the fresh and dried Matat peels were obtained at 0.017 mg/ml and 0.26 mg/ml, respectively. By contrast, the IC₅₀ values of the fresh and dried Matat flesh were 0.019 mg/ml and 0.004 mg/ml, respectively. Finally, the IC₅₀ values of the test of antioxidants via FRAP method were 79.634, 0.135, 73.388, and 144.785 mgEqFeSO₄ / g sample, respectively. These finding suggest that the extract of dried fruit pulp and fruit peels of Matat have high content of phenols and flavonoid may presented the potent antioxidant and anticancer activities. Further study should be determinated.

Keywords : *Dillenia indica* (Matat), total phenolic, antioxidant, ethanolic extract

¹ Science Education Teacher, Faculty of Science and Technology Valaya Alongkorn Rajabhat University In the royal patronage Pathum Thani Province

² Instructor, Naval Air Academy Nawaminthasatthirathirat

* Co-responding Author e-mail: sita@vru.ac.th

บทนำ

อนุมูลอิสระ (free radical) เป็นสารที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์ เช่นกระบวนการสร้างพลังงาน (ATP) และการเจริญเติบโตของเซลล์ นอกจากนี้ยังเกิดจากการรับสารพิษจากสิ่งแวดล้อม เช่น สารเคมี รังสี หรือยาบางชนิด สารอนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร ความไวสูง สามารถทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆ ในร่างกายทำให้โครงสร้างการทำงานของเซลล์และเนื้อเยื่อต่างๆ ถูกทำลายหรือเปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดความเสื่อมของร่างกายและก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น หลอดเลือดตีบ หัวใจวาย เบาหวานหรือมะเร็ง ในสภาวะปกติร่างกายจะมีกระบวนการควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้มีมากเกินไปโดยการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระขึ้นมา แต่บางสภาวะถ้าร่างกายมีสารอนุมูลอิสระมากเกินไปหรือกระบวนการควบคุมเสียสมดุล ร่างกายจะอยู่ในภาวะความเครียดจากการออกซิเดชัน (Oxidative stress) เกิดการทำลายสารชีวโมเลกุลเช่นไขมัน โปรตีน สารพันธุกรรม ทำให้เกิดอันตรายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อต่างๆ ได้ ดังนั้นร่างกายจึงต้องการสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอกหรือธรรมชาติเช่นจากอาหารจำพวกผัก ผลไม้และสมุนไพร มาช่วยควบคุมหรือกำจัดสารต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกาย (อชิตาและคณะ, 2562)

มีงานวิจัยจำนวนมากระบุว่าอาหารจำพวกผัก ผลไม้ และสมุนไพร มีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดเช่น สารประกอบฟีนอลิกส์ วิตามินซี วิตามินอี (Rosillo, Alarcon and Sanchez, 2016) กลุ่มสารประกอบฟีนอลิกส์ (TP) จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีสารต่างๆ เป็นองค์ประกอบมากเช่นฟลาโวนอยด์ กรดแกลลิก แครโธทีนอยด์ แทนนินและแอนโทไซยานิน เป็นต้น สารเหล่านี้มีส่วนทำให้พืชมีสีต่างๆ กัน นอกจากนี้สารกลุ่มฟีนอลิกส์ในธรรมชาติที่พบในพืชจะมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและส่วนต่างๆ ของพืชด้วย การรับประทานอาหารพวกพืชผัก ผลไม้ ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระมาก จะทำให้ร่างกายได้รับสารต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น บรรเทาและช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดจากการทำลายเซลล์ของอนุมูลอิสระได้ จึงช่วยป้องกันโรคต่างๆ ที่มีสาเหตุจากการทำลายอนุมูลอิสระได้ (นันทิยา, จริญญาพร, ศุภเกต และอัจฉราพร, 2557) และ (Lobo, Phatak, and Chandra, 2010)

มะตาดเป็นไม้ผลมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Dillenia indica* ตระกูล Dilleniaceae เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในอินเดีย พม่า และไทย พบได้ทั่วไปในป่าดิบชื้นและริมแม่น้ำลำธาร ในภาคกลาง มีมากที่จังหวัดปทุมธานี และเป็นไม้พื้นบ้านที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของจังหวัดปทุมธานี เป็นที่รู้จักกันแพร่หลาย โดยเฉพาะในชุมชนชาวไทยเชื้อสายรามัญจะนิยมปลูกต้นมะตาดไว้ในสวนบริเวณบ้านแทบทุกหลัง เพื่อนำผลมะตาดมาประกอบอาหารประจำวัน เช่น แกงส้มมะตาด แกงคั่วมะตาด ใช้เป็นร่มเงาให้ความร่มรื่น เนื่องจากใบมะตาดมีจำนวนมากและมีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังนิยมปลูกเป็นไม้ประดับเนื่องจากมะตาดมีดอกที่สวยงาม และเส้นใบมีลักษณะเป็นริ้วสวยงาม มะตาดมีประโยชน์มากมาย นอกจากนำมาประกอบอาหาร เป็นไม้ประดับ ทำเครื่องเรือน เครื่องมือการเกษตรแล้วในตำรายาโบราณได้ระบุสรรพคุณทางยาของ ผลมะตาดว่าผลมะตาดมีรสเปรี้ยว ใช้รับประทานเป็นยาบำรุงร่างกาย ช่วยในการขับถ่าย เมล็ดช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ใบและเปลือกต้นใช้เป็นยาแก้ท้องเสีย นอกจากนี้ชาวอินเดียใช้น้ำคั้นจากใบ เปลือก ต้น และผลมะตาดมาผสมกันแล้วนำมาดื่ม เพื่อใช้รักษาอาการท้องเสียและรักษาโรคมาเลเรีย (Sharma; et al. 2001) และจากการสืบค้นรายงานการวิจัยพบว่า งานวิจัยของ Most และคณะ (2009) ได้ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ ของสารสกัดจากส่วนของลำต้นมะตาดที่ปลูกในประเทศบังกลาเทศ พบว่ามีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อราได้ นอกจากนี้ Arbianti และคณะ (2008) ได้ศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ จากสารสกัดหยาบจากใบมะตาดที่ปลูกในประเทศอินเดีย ผลการวิจัย พบว่าสารสกัดหยาบจากใบมะตาดมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสำหรับในเมืองไทยจากการศึกษาค้นคว้า ยังไม่พบผู้วิจัยศึกษา

องค์ประกอบทางเคมี และสารออกฤทธิ์ ชีวภาพของสารสกัดหยาบจากส่วนต่างๆของมะตาด ทำให้ไม่มีข้อมูลในเชิงวิทยาศาสตร์รับรองเนื่องจากเป็น พืชเฉพาะถิ่นยังไม่มีการศึกษามะตาดปรากฏมากนัก

ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาวิจัยเพื่อหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเช่นสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ได้จากสารสกัดหยาบจากเนื้อผลและเปลือกผลของมะตาด ด้วยการสกัดพืชตัวอย่างด้วยตัวทำละลายเอทานอลซึ่งเป็นพืชพื้นบ้านของจังหวัดปทุมธานีที่ยังไม่ได้รับการส่งเสริมหรือ สนับสนุนให้มีการศึกษาวิจัยถึงฤทธิ์ทางชีวภาพอย่างจริงจัง ผลการวิจัยอาจใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการใช้ ประโยชน์ในด้านต่างๆ หรือนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนามะตาด ให้เป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพจำหน่าย เชิงพาณิชย์ต่อไป เช่น สบู่เหลว โลชั่นจากผลมะตาด และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น แยม หรี สมุนไพร เป็นต้นซึ่งจะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของมะตาด ผลไม้พื้นเมืองที่เป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดปทุมธานีและทำให้ชุมชนมีเศรษฐกิจดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. วิเคราะห์หาปริมาณTotal phenolic ของสารสกัดหยาบที่ได้จากเนื้อผลและเปลือกผลมะตาด
2. ศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดด้วยวิธี

DPPH radical scavenging assay และ FRAP assay

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พืชตัวอย่าง

มะตาดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากจังหวัดปทุมธานี ส่วนที่ใช้คือเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดแก่ทั้งแบบสดและอบแห้ง

2. การเตรียมสารสกัดหยาบจากผลมะตาด

2.1 การเตรียมผลมะตาด

คัดเลือกผลมะตาดสดที่แก่ นำมาล้างด้วยน้ำสะอาดจำนวน 2 ครั้ง ผึ่งให้แห้ง นำเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆและแยกเป็นสี่กลุ่ม ได้แก่ เนื้อผลมะตาดสด เนื้อผลมะตาดแห้ง เปลือกผลมะตาดสด และเปลือกผลมะตาดแห้ง กลุ่มที่เป็นเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดแห้งทำโดยนำเนื้อผล และเปลือกผลมะตาดสดที่หั่นแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส อบต่อเนื่องจนแห้งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.2 การหาค่าความชื้นของเนื้อผลและเปลือกผลมะตาด

ความชื้นของเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดทำโดยชั่งเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดสดจำนวน 200 กรัม ใส่ในภาชนะสุญญากาศไปอบที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักที่หายไปหลังอบ ทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วคำนวณหาร้อยละสารระเหย และปริมาณน้ำในผลมะตาดตัวอย่างจากสูตร

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ})}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

3. การสกัดพืชตัวอย่าง

สกัดสารสำคัญจากเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดโดยใช้เปลือกผล และเนื้อมะตาดสดอย่างละ 2 กิโลกรัม ใส่ในโหลแก้ว แช่ด้วย 95% เอทานอล จำนวน 5 ลิตรและ 3 ลิตร ตามลำดับ ส่วนเปลือก และเนื้อมะตาดแห้งใช้อย่างละ 0.5 กิโลกรัม ใส่ในโหลแช่ด้วย 95% เอทานอล จำนวน 5 ลิตรและ 3 ลิตร ตามลำดับ ปิดปากโหลทั้งสี่ด้วยกระดาษพอยล์แช่สารตัวอย่างทั้งหมดเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ในแต่ละโหลมากรองเอากากออกด้วยเครื่อง sunction นำสารสกัดที่ได้ทั้งหมดมาระเหยตัวทำละลายออก ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุนที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส จนได้สารสกัดหยาบของเนื้อและ เปลือกผลมะตาดทั้งสี่กลุ่มคำนวณหาร้อยละผลผลิตของสารสกัดที่ได้ทั้งหมด เก็บสารสกัดที่ได้ไว้ในภาชนะ ปิดสนิทและเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส

4. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบที่ได้จากเนื้อผลเปลือกผลมะตาด

วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากสารสกัดหยาบที่สกัดได้ทั้งสี่กลุ่มโดยใช้วิธี Folin-ciocalteu colorimetric โดยมีกรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน โดยการเตรียมสารละลาย มาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำมาเติมน้ำ สารละลายฟอร์ลิน และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น ของสารมาตรฐานกรดแกลลิกและค่าการดูดกลืนแสง จะได้กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก จากนั้นนำสารสกัดหยาบที่ได้จากเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดทั้ง 4 กลุ่ม มาชั่งจำนวน 10 มิลลิกรัม และปรับปริมาตรด้วย 99.9% เอทานอล จนได้สารละลาย 5 มิลลิลิตร หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยการนำมาเติมน้ำ สารละลายฟอร์ลิน และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร นำมาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

5. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะตาดด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะตาด ทั้ง 4 กลุ่ม ด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay เป็นการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลาย DPPH ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระที่เสถียรและสามารถรับอิเล็กตรอนได้ มีสีม่วงเข้ม สามารถดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เมื่อทำปฏิกิริยากับสารที่สามารถให้อิเล็กตรอนหรือสารต้านอนุมูลอิสระแล้ว สารละลาย DPPH จะเกิดเป็นสารประกอบที่เสถียร สีม่วงจะจางลง ซึ่งตรวจสอบได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสง วิธีการทดสอบทำโดยเตรียมสารสกัดหยาบมะตาดที่มีความเข้มข้น 100 µg/ml นำมาเจือจางด้วยเอทานอล ให้ได้ความเข้มข้น 20, 40, 60 และ 80 µg/ml และเตรียมสารละลายมาตรฐาน (Trolox) ที่มีความเข้มข้น 500 µg/ml แล้ว นำมาเจือจางด้วยเอทานอล ให้ได้ความเข้มข้น 31.25, 62.5, 125, 250 และ 500 µg/ml และเตรียมสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 500 ไมโครลิตรมาผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 mM ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลาย DPPH ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จะแปรผันตรงกับปริมาณที่เหลือของอนุมูลอิสระ DPPH คำนวณหาค่าร้อยละความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดตัวอย่าง เทียบกับความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐาน Trolox (%inhibition) โดยใช้สูตร

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{\text{control} - \text{sample}}{\text{control}} \times 100$$

ในการรายงานผลจะรายงานค่าเป็น IC_{50} ซึ่งหมายถึง ปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดมะตาดที่ทำให้สารละลาย DPPH ลดลง 50% โดยตัวเลข IC_{50} ที่มีค่าต่ำ แสดงว่าสารสกัดมะตาดตัวอย่างมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง

6. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะตาดด้วยวิธี FRAP

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP assay เป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (สารละลาย FRAP) เตรียมสารละลาย FRAP โดยใช้ Acetate buffer, TPTZ 10 mM ในสารละลาย HCl เข้มข้น 40 mM และสารละลาย Ferrous chloride 20 mM ในอัตราส่วน 10:1:1 (v/v) เตรียมสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสไอออนที่ความเข้มข้น 200, 400, 600, 800 และ 1,000 ไมโครโมลาร์จากนั้นนำมาเติมสารละลาย FRAP ที่เตรียมไว้ปริมาตร 950 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร แล้วสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานเฟอร์รัสไอออน และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร จะได้กราฟมาตรฐานเฟอร์รัสไอออน

เตรียมสารสกัดหยาบมะตาดที่ได้จากเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดทั้ง 4 กลุ่ม ให้มีความเข้มข้น 2 mg/ml ด้วยตัวทำละลาย 99.99 % เอทานอล การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดหยาบจากผลมะตาดทั้ง 4 กลุ่ม ทำโดยการนำสารละลาย FRAP ปริมาตร 950 ไมโครลิตรเติมสารละลายสารสกัดหยาบจากผลมะตาด จำนวน 50 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 10 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ 595 นาโนเมตร และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาหาปริมาณฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากผลมะตาดทั้งสี่กลุ่ม โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ เฟอร์รัสซัลเฟต รายงานความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ในรูปของ FRAP Value ค่า FRAP Value ยิ่งมีค่ามากแสดงว่าสารละลายตัวอย่างมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมาก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์หาร้อยละความชื้นของเปลือกผลและเนื้อผลมะตาดสดพบว่าเปลือกมะตาดสดมีร้อยละความชื้นเท่ากับ 88.40 ซึ่งมากกว่าส่วนเนื้อผลมะตาดสดที่มีร้อยละความชื้นเท่ากับ 69.19 สารสกัดหยาบของเปลือกผลและเนื้อผลมะตาดทั้งสดและแห้งทั้งสี่กลุ่มที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นของหนืดสีน้ำตาลเข้ม นำมาคำนวณหาร้อยละผลผลิต พบว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อผลมะตาดแห้งมี % yield มากที่สุดเท่ากับ 19.06 รองลงมาคือ เนื้อผลมะตาดสด และเปลือกผลมะตาดแห้งมี %yield เท่ากับ 9.40 และ 7.83 ตามลำดับ ส่วนเปลือกผลมะตาดสดมี %yield น้อยที่สุด เท่ากับ 2.34 รายละเอียดดังตารางที่ 1

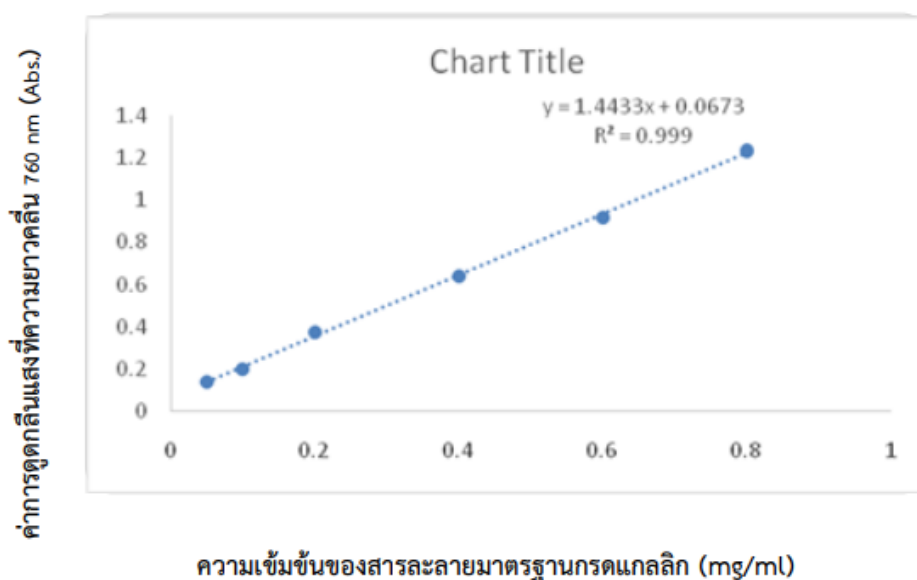
ตารางที่ 1 ร้อยละความชื้นและร้อยละผลผลิตของเปลือกผลและเนื้อผลมะตาดทั้งสดและแห้ง

ชนิดของพืช	ส่วนของพืช	ร้อยละความชื้น (% ความชื้น)	ร้อยละผลผลิต (% yield)
มะตาดสด	เปลือก	88.40	2.34
	เนื้อ	69.19	9.40
มะตาดแห้ง	เปลือก		7.83
	เนื้อ		19.06

2. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากสารสกัดหยาบมะตาดทั้งสี่ กลุ่ม โดยใช้ Folin-ciocalteu colorimetric method วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร แสดงในตารางที่ 2 และสร้างกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้ความสัมพันธ์เป็นกราฟเส้นตรงที่มีสมการ $y = 1.4433x + 0.0673$ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.999 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิกและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร แสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (mg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง (abs.)
0.05	0.141
0.1	0.200
0.2	0.376
0.4	0.641
0.6	0.97
0.8	1.233

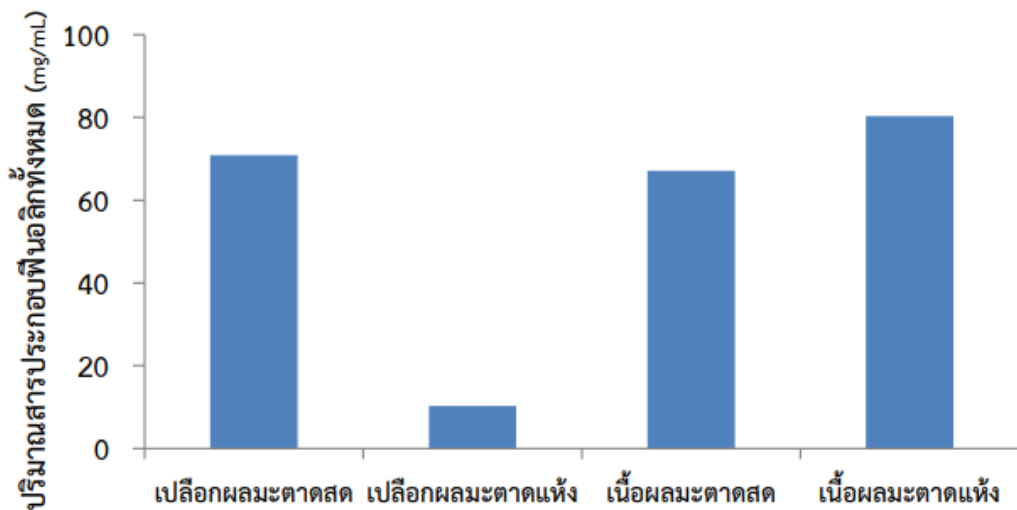


ภาพที่ 1 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

จากการคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ผลการวิเคราะห์พบว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากเนื้อผลมะตาดแห้ง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด มากที่สุด คือ เท่ากับ 80.34 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง สารสกัดหยาบที่สกัดจากเปลือกผลมะตาดสด และเนื้อผลมะตาดสด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 70.91 และ 67.10 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ส่วนเปลือกผลมะตาดแห้งตามลำดับ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 10.29 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง รายละเอียดดังตารางที่ 3 และภาพที่ 2 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบที่ได้จากผลมะตาดทั้ง 4 กลุ่ม

ตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 2 วิธีของสารสกัดหยาบ ที่ได้จากผลมะตาดทั้ง 4 กลุ่ม

ส่วนของผลมะตาด	Total phenolic acid (mg of gallic acid /g)	การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	
		วิธีDPPH	วิธีFRAP
		IC50 (mg/ml)	(mg of FeSO4 /g)
เปลือกสด	70.91	0.017	79.634
เปลือกแห้ง	10.29	0.26	0.135
เนื้อสด	67.10	0.019	73.388
เนื้อแห้ง	80.34	0.004	144.785



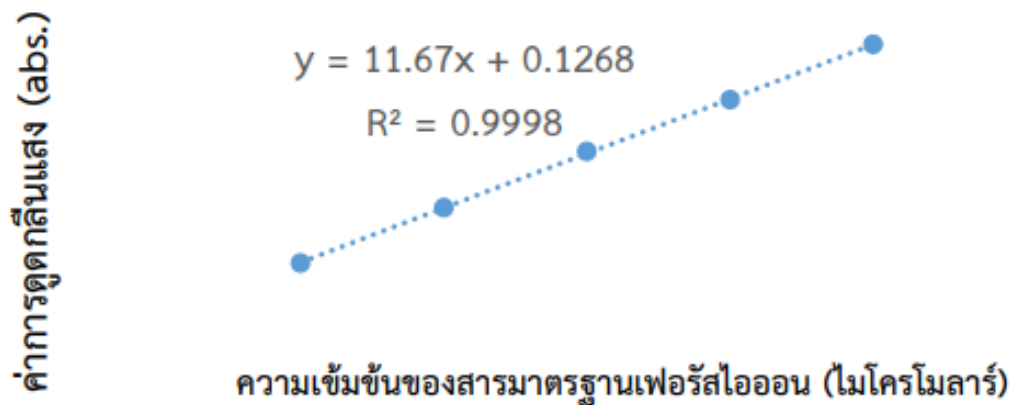
ภาพที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบที่ได้จากผลมะตาดทั้ง 4 กลุ่ม

3. ผลการทดสอบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะตาดทั้ง 4 กลุ่ม ด้วยวิธีการ DPPH radical scavenging assay พบว่าสารสกัดจากเนื้อผลมะตาดแห้ง IC_{50} มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 0.004 mg/ml รองมาคือ สารสกัดเปลือกมะตาดสด สารสกัดเนื้อผลมะตาดสด และสารสกัดเปลือกผลมะตาดแห้ง มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.017, 0.019 μ g/ml และ 0.26 mg/ml ตามลำดับ ส่วนสารมาตรฐาน Trolox มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.003 mg/ml แสดงว่าสารสกัดจากเนื้อผลมะตาดแห้งมีฤทธิ์ต้าน อนุมูลอิสระดีที่สุด ส่วนเปลือกผลแห้ง มีมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด ส่วนสารสกัดที่ได้จาก สดและเปลือกผลมะตาดสดจะมีมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน รายละเอียดดังตารางที่ 3

4. ผลการทดสอบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบที่ได้จาก เนื้อผลและเปลือกผลมะตาดด้วยวิธี FRAP assay พบว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานเฟอรรัส ไอออนมีค่ามากขึ้น เมื่อสารละลายมาตรฐานเฟอรรัสไอออนมีความเข้มข้นมากขึ้น รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานเฟอรรัสไอออน และค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ได้กราฟมาตรฐานเฟอรรัสไอออน ที่มีความสัมพันธ์เป็นกราฟเส้นตรงที่มีสมการ คือ $y = 11.67x + 0.1268$ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9998 แสดงดังภาพที่ 3

ตารางที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเฟอรัสไอออน

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเฟอรัสไอออน (mg/mL)	ค่าการดูดกลืนแสง (abs.)
200	0.357
400	0.594
600	0.835
800	1.056
1,000	1.293



ภาพที่3 กราฟมาตรฐานเฟอรัสไอออน

ผลการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายสารสกัดหยาบจากผลมะตาด ทั้งสี่กลุ่มด้วยวิธีFRAP assay พบว่า เปลือกผลมะตาดสด เปลือกผลมะตาดแห้ง เนื้อผลมะตาดสดและเนื้อ ผลมะตาดแห้ง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 79.เท่ากับ 634, 0.135, 73.388 และ 144.785 มิลลิกรัมสมมูล เฟอรัสซัลเฟต ต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่3แสดงว่าสารสกัดหยาบจากเนื้อ ผลมะตาดแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด รองลงมาเป็นสารสกัดหยาบจากเปลือกผลมะตาดสด และ สกัดหยาบจากเปลือกผลมะตาดแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดจากผลการทดสอบจะเห็นว่ารสชาติ หยาบที่ได้จากเนื้อผลมะตาดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสารสกัดหยาบจากเปลือกผลมะตาด และถ้า เปรียบเทียบระหว่างสารสกัดหยาบที่ได้จากเนื้อผลสดและผลแห้ง พบว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อของผล มะตาดแห้งจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มากกว่า สารสกัดหยาบที่ได้จากเนื้อของผลมะตาดสดส่วน หยาบที่ได้จากเปลือกของผลมะตาดสดจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสารสกัดหยาบที่เปลือกของสดหยาบที่ ผลมะตาดแห้ง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ Total phenolic และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากเนื้อผลและเปลือกผลมะตาด DPPH ด้วยวิธี radical scavenging assay และ FRAP assay ผลการวิจัยพบว่าเปลือกผลมะตาดสดและเนื้อผลมะตาดสดมีปริมาณสารระเหยและปริมาณน้ำ คิดเป็นร้อยละ 88.40 และ 69.19 เมื่อนำสารสกัดหยาบจากมะตาดทั้ง 4 กลุ่ม มาหาร้อยละ การผลิต (% yield) พบว่าเนื้อผลมะตาดแห้งมี %yield มากที่สุดเท่ากับ 19.06 รองลงมาคือเนื้อผลมะตาด สด และเปลือกผลมะตาดแห้งมี % yield เท่ากับ 9.40 และ 7.83 ตามลำดับ ส่วนเปลือกผลมะตาดสดมี %yield น้อยที่สุดเท่ากับ 2.34 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบที่ได้จากเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดพบว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อผลมะตาดแห้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 80.34 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง รองลงมาเป็นเปลือกผล มะตาดสดและเนื้อผลมะตาดสด ส่วนสารสกัดหยาบจากเปลือกผลมะตาดแห้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมดน้อยที่สุด เท่ากับ 10.29 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์หาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดทั้งสดและแห้งด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay พบว่า สารสกัดจากเนื้อผลมะตาดแห้ง IC₅₀ มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 0.004 mg/ml ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน Trolox (ค่า IC₅₀ เท่ากับ 0.003 mg/ml) แสดงว่าสารสกัดจากเนื้อผลมะตาดแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน Trolox และดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดมะตาดทั้ง 4 กลุ่ม รองมาคือ สารสกัดจากเปลือกมะตาดสดและสารสกัดจากเนื้อผลมะตาดสดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน มีค่าคือ IC₅₀ เท่ากับ 0.017 และ 0.019 µg/ml ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็น 5.7 เท่า และ 6.33 เท่า ของสารมาตรฐาน Trolox ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับผลการ ทดลองของ Borah, B และ Bharali, R. (2016) ที่พบว่า สารสกัดจากผลมะตาดสดในประเทศอินเดียมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูง (IC₅₀ 46 µg/ml) เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยใช้กรด ascorbic เป็นสารมาตรฐาน (ค่า IC₅₀ 41 µg/ml) ในขณะที่สารสกัดจากเปลือกผลมะตาดแห้ง มีค่า IC₅₀ มากที่สุดเท่ากับ 0.26 mg/ml ซึ่งคิดเป็น 65 ของสารมาตรฐานเท่า Trolox แสดงว่าเปลือก ผลมะตาดแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด

สำหรับผลการทดสอบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากเนื้อผลและเปลือกผลมะตาด ด้วยวิธี FRAP assay ผลการวิจัยพบว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากเปลือกผลมะตาดสด เปลือกผล มะตาดแห้ง เนื้อผลมะตาดสดและเนื้อผลมะตาดแห้ง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP เท่ากับ 79.634, 0.135, 73.388 และ 144.785 มิลลิกรัมสมมูลเฟอรรัสซัลเฟตต่อกรัมตัวอย่าง ในการทดสอบวิธีนี้ถ้าค่า FRAP มากแสดงถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าค่า FRAP ที่ต่ำกว่า ดังนั้นจากผลการวิจัยสารสกัดหยาบจากเนื้อผลมะตาดแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด (144.785 มิลลิกรัมสมมูล เฟอรรัสซัลเฟตต่อกรัมตัวอย่าง) รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากเปลือกผลและเนื้อผลมะตาดสดที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูงใกล้เคียงกัน ในขณะที่สารสกัดหยาบจากเปลือกผลมะตาดแห้งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์หาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบที่ได้จากเนื้อผลและเปลือกผลมะตาดทั้งสองวิธีจะเห็นว่ามีการทดสอบที่เป็นไปในแนวทางเดียวกันคือ สารสกัดหยาบ จากเนื้อผลมะตาดแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดและสารสกัดหยาบจากผลมะตาดสดทั้งเปลือกและเนื้อ ผลจะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูงใกล้เคียงกันนอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถในการต้าน อนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบที่ได้จากเนื้อและเปลือกผลมะตาดจะมีความสัมพันธ์ในเชิงตรงกับปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่มีอยู่ในสารสกัดหยาบตัวอย่าง นั่นคือสารสกัดจากผลมะตาดส่วนที่มีปริมาณ สารประกอบฟีนอลิก

ทั้งหมดมาก จะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากเช่นกันส่วนสารสกัดจากผลมะตาดส่วนที่มี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อย จะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยด้วย ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Alabri et.al. (2014); Vaidya et. al. (2014); Tisadondilok S and Senawong T.(2017); Dipal G and Priti M. (2013) และ รัชณี เพ็ชรช้าง (2014) ที่พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมดที่พบในสารสกัดหยาบจากพืช จะมีความสัมพันธ์ในเชิงตรงกับปริมาณฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลจากเนื้อมะตาดแห้งและสด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงและค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox ซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์ สารสกัดจากมะตาดน่าจะมีประโยชน์ในการเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของร่างกาย อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาองค์ประกอบที่สำคัญและสมบัติทางชีวภาพอื่นๆ ของสารสกัดจากผลมะตาดและส่วนอื่นของต้นมะตาด เพิ่มเติม เช่นสารสกัดจากใบหรือเปลือกต้นมะตาดเพื่อยืนยันผลการศึกษานี้ให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่มอื่นเพิ่มเติม เช่น สารกลุ่มสเตอรอยด์ –เทอร์ปีนส์ และฟลาโวนอยด์ในสารสกัดหยาบที่ได้จากเปลือกผลและเนื้อผลมะตาดแห้ง หรือส่วนอื่นๆ ของมะตาด เช่นใบหรือเปลือกต้น เพื่อศึกษาคุณสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น สมบัติการต้านมะเร็ง การต้านเชื้อแบคทีเรียและการต้านการอักเสบ เป็นต้น
2. สารสกัดหยาบที่ได้จากเนื้อผลมะตาดแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง สามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ หรือใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางหรือผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดได้ เพื่อส่งเสริมปริมาณการบริโภคและสร้างมูลค่าเพิ่มของมะตาด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

เอกสารอ้างอิง

- นันทิยา สมภาร จริญญาพร เนาวบุตร ศุภเกต แสนทวีสุข และอัจฉราพร แฉวหมอ. (2557). การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดผักแพวในหลอดทดลองในร่างกายของหนูแรท. *ธรรมศาสตร์เวชสาร*. 14(1): 60-71.
- รัชณี เพ็ชรช้าง.(2557). การส่งเสริมสมบัติต้านอนุมูลอิสระปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในปลายยอดผักหวานบ้านที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยการฉายรังสียูวีซี. *NaresuanUniversity. Journal: Science and Technology*. 22(2): 116-125.
- อชิตาจารย์โชติกมล ปวีตรา พูลบุตร คะนิงนิตย์ คาภากุล วราภรณ์ ยุบลพาส ภูริดา นาสิงบุตร กนกนุช จันทะคาม อาภาภิษฐ์ บัวเขียว เกสราภรณ์ งามญาติและฐิติพร พลศรี. (2562). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำร้อนของยอดอ่อนผักขาว. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 27(3): 473-484.
- Alabri THA, Musalami AHSA, Hossain MA, Weli AM, and Al-Riyami Q. (2014). Comparative study of phytochemical screening, antioxidant and antimicrobial capacities of fresh and

- dry leaves crude plant extracts of *Datura metel* L. *Journal of King Saud University – Science*. 26(3): 237-243.
- Arbianti, R., Utami, T.S., Kurmana, A., & Sinaga, A. (2008). *Comparison of Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Dillenia indica Leaves Extracts Obtained using Various Techniques*. N.P.n.p.
- Borah, B and Bharali, R. (2016). In Vitro evaluation of Antioxidant Activities and Chemopreventive Potential of *Dillenia indica* Linn Fruit on DMBA Induced Skin Papillomagenesis in Mice. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 7(10): 4045-4054.
- Dipal Gandhi and Priti Mehta. (2013). *Dillenia indica* Linn. and *Dillenia pentagyna* Roxb Pharmacognostic, Phytochemical and Therapeutic aspects. *J App Pharm Sci*. 3 (11): 134-142.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A. and Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacogn Rev*. 4: 118-126.
- Most, N. P., Mohammad S. R., Mohammad S. I. and Mohammad, A. R. (2009). Chemical and biological investigations of *Dillenia indica* Linn. *A Journal of the Bangladesh Pharmacological Society (BDPS) Bangladesh J Pharmacol*. 4: 122-125.
- Riachi LG, De Maria CAB. (2015). Peppermint antioxidants revisited. *Food Chemistry*. 176:72-81.
- Rosillo, M., Alarcon, C. and Sanchez, M. (2016). An update on dietary phenolic compounds in the prevention and management of rheumatoid arthritis, *Chem. Sci*. 7: 2943-2969.
- Sharma, H. K., Chhangte, L., & Dolai, A. K. (2001). Traditional medicinal plants in Mizoram, India. *Fitoterapia*. 72: 146-161.
- Tisadondilok S, Senawong T. (2017). Antioxidant activities and anticancer screening of ethanolic extracts from *Baccaurea macrophylla* Muell and *Elatiospermum tapos* Blume. *Journal of Thai Interdisciplinary Research*. 12(5): 11-18.
- Vaidya BN, Brearley TA, Joshee N. (2014). Antioxidant capacity of fresh and dry leaf extracts of sixteen *Scutellaria* species. *Journal of Medicinally Active Plants*. 2(3): 42-49.
- WetWitayaklung, Penpun., Charoenteeraboon, Juree., Limmatvapirat, Chutima., and Phaechamud, Thawatchai. (2012). Antioxidant Activities of some Thai Exotic Fruits Cultivated in Thailand. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 3(1): 12-21.

ภาคผนวก

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 13180

โทรศัพท์ 0 2909 3036 โทรสาร 0 2909 3036 E-mail: rdi_journalsci@vru.ac.th Website http://rd.vru.ac.th

แบบนำส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ข้าพเจ้าชื่อ (นาย, นาง, น.ส., ยศ) นามสกุล
2. วุฒิการศึกษาสูงสุด ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก
คุณวุฒิ สาขา
สถาบัน
- ☐ สำเร็จการศึกษา ☐ กำลังศึกษา ปีที่คาดว่าจะสำเร็จการศึกษา วันที่
3. สถานะภาพของผู้นิพนธ์บทความวิจัย ☐ อาจารย์ ☐ นักศึกษาปริญญาเอก ☐ นักศึกษาปริญญาโท ☐ บุคคลทั่วไป
ตำแหน่งทางวิชาการ ตำแหน่งทางบริหาร
4. ชื่อหน่วยงาน/สถานที่ทำงาน
เลขที่ ถนน ซอย ตำบล/แขวง
อำเภอ/เขต จังหวัด รหัสไปรษณีย์
โทรศัพท์ โทรสาร
E-mail
5. ที่อยู่สำหรับติดต่อและจัดส่งเอกสาร
เลขที่ ถนน ซอย ตำบล/แขวง
อำเภอ/เขต จังหวัด รหัสไปรษณีย์
โทรศัพท์ โทรสาร
มือถือ
E-mail
6. มีความประสงค์ขอส่งบทความเรื่อง
ชื่อบทความ(ภาษาไทย)
ชื่อบทความ(ภาษาอังกฤษ)

เพื่อลงตีพิมพ์ในวารสาร วิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ยังไม่เคยนำลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับใดๆ มาก่อน ทั้งนี้ ข้าพเจ้าได้ศึกษากฎเกณฑ์และคำแนะนำในการส่งบทความวิจัยเพื่อนำลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์แล้ว และยินดีปฏิบัติตามเงื่อนไขทุกประการ พร้อมนี้ข้าพเจ้าได้ชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นจำนวนเงิน 2,500 บาทเรียบร้อยแล้ว

โดยชำระเป็น ☐ โอนเงินผ่านทางธนาคารกรุงศรีอยุธยา สาขาย่อยนวนคร ชื่อบัญชี สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 258-1-84630-3

ลงชื่อ.....ผู้นำส่งบทความวิจัย

(.....)

วันที่/...../.....

ระเบียบการตีพิมพ์บทความวิจัย
วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ในการส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อให้การตีพิมพ์บทความวิจัยเป็นไปโดยเรียบร้อยได้มาตรฐาน TCI และเป็นประโยชน์ทั้งผู้ส่งบทความวิจัย ผู้ใช้ประโยชน์จากบทความวิจัย รวมทั้งสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในการจัดทำวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จึงได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ ตลอดจนคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับ ดังนี้

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสาร

1. เป็นบทความวิจัยในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
2. บทความวิจัยที่ส่งมาพิจารณาตีพิมพ์ลงในวารสารต้องเป็นบทความวิจัยที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อนและไม่อยู่ระหว่างเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารอื่น
3. เนื้อหาในต้นฉบับควรเกิดจากการสังเคราะห์ความคิดขึ้นโดยผู้เขียนเอง ไม่ได้ลอกเลียนหรือตัดทอนมาจากผลงานวิจัยของผู้อื่น หรือจากบทความอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต หรือปราศจากการอ้างอิงที่เหมาะสม
4. ผู้ส่งบทความวิจัยต้องชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นจำนวนเงิน 2,500 บาท โดยสามารถโอนเงินผ่านบัญชี ธนาคารกรุงศรีอยุธยา สาขาขอนแก่น ชื่อบัญชี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 258-1-84630-3 พร้อมส่งสำเนาหลักฐานการชำระเงินบำรุงวารสารฯ ได้ 3 ช่องทาง ดังนี้
 - 4.1 ไปรษณีย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 1 หมู่ที่ 20 กม.48 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 13180 โดยวงเล็บมุมซองว่า (ชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์)
 - 4.2 โทรสาร 0 2909 3036
 - 4.3 E-mail address: rdi_journalsci@vru.ac.th
หรือเว็บไซต์ <https://tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/index>
5. ผู้เขียนบทความวิจัยต้องดำเนินการปรับแก้ไขบทความตามผลการอ่านประเมินของกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อย่างต่อเนื่องตลอดการตีพิมพ์ หากผู้เขียนบทความวิจัยซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าผู้นิพนธ์บทความไม่ปฏิบัติตามระเบียบการตีพิมพ์บทความวิจัยวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ กองบรรณาธิการมีสิทธิ์แจ้งยกเลิกการพิจารณาตีพิมพ์บทความวิจัยโดยไม่คืนเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
6. บทความวิจัยที่ส่งมาจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ต่อเมื่อได้ผ่านกระบวนการประเมินเห็นสมควรให้ตีพิมพ์เผยแพร่โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์แต่งตั้งขึ้น อย่างน้อย 2 ท่าน

คำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับ วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. **การเตรียมต้นฉบับ** ต้นฉบับบทความวิจัยต้องจัดทำสำหรับกระดาษขนาด B5(JIS) (18.2 ซม. X 25.7 ซม.) ความยาว 15 หน้ากระดาษ ตามรูปแบบวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ พิมพ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Word เวอร์ชัน 2007 ขึ้นไป
2. **การตั้งค่าหน้ากระดาษ** ระยะขอบกระดาษด้านบน (Top Margin) 2.54 เซนติเมตร ด้านซ้าย (Left Margin) ด้านขวา (Right Margin) และด้านล่าง (Bottom Margin) 2 เซนติเมตร
3. **รูปแบบตัวอักษร** ใช้ TH SarabunPSK เท่านั้น ชื่อหัวข้อพิมพ์เป็นตัวหนา ขนาด 14 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ และเนื้อหาพิมพ์เป็นตัวปกติ ขนาด 14 Point จัดกระจายหน้ากระดาษ
4. **องค์ประกอบบทความวิจัยประกอบด้วย**
 - 4.1 **ชื่อเรื่อง** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกินภาษาละ 2 บรรทัด สามารถอธิบายสาระของเรื่องได้ที รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
 - 4.2 **ชื่อผู้นิพนธ์บทความ** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ชื่อเต็มไม่ต้องระบุคำนำหน้าชื่อ ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลเรียงลำดับตามจำนวนผู้นิพนธ์บทความและใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) ไว้บนเลขยกเพื่อแสดงว่าเป็นผู้นิพนธ์หลัก รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ โดยใส่รายละเอียดที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความและอีเมลผู้นิพนธ์หลักในเชิงอรรถ
 - 4.3 **ที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความ** ใส่รายละเอียดในเชิงอรรถข้อความที่เขียนไว้ส่วนล่างของหน้ากระดาษและมีเส้นคั่นระหว่างเชิงอรรถกับตัวบทคัดย่อ (Abstract) อย่างชัดเจน โดยขีดเส้นคั่นจากริมกระดาษด้านซ้าย ไปทางด้านขวาประมาณ 1 นิ้ว หรือ 7 ตัวอักษร ใส่ตัวเลขกำกับไว้เหนือตัวอักษรตัวแรกเล็กน้อย ตัวเลขต้องตรงกับตัวเลขที่กำกับไว้กับชื่อผู้นิพนธ์บทความ ให้ระบุตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี) สถานที่ทำงาน หน่วยงานหรือสถาบัน และอีเมลแอตเดรส (E-mail Address) ของผู้นิพนธ์บทความทุกท่าน เช่น นักศึกษาระดับ.... สาขา.... คณะ มหาวิทยาลัย.... อีเมล.... หรือ อาจารย์.... สาขา..... คณะ..... มหาวิทยาลัย.... อีเมล.... หรือ ตำแหน่ง... บริษัท... ที่อยู่... อีเมล... รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 12 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ
 - 4.4 **บทคัดย่อ(Abstract)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 350 คำ โดยใช้จำนวนให้กระชับ ชัดเจนที่สุด รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 14 Point จัดกระจายหน้ากระดาษ
 - 4.5 **คำสำคัญ(Keyword)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษอยู่ใต้บทคัดย่อ(Abstract) คำสำคัญภาษาไทย จำนวน 3 – 5 คำเรียงตามลำดับอักษรระหว่างคำวรรค 2 วรรค ส่วน Keyword หรือคำสำคัญภาษาอังกฤษให้เรียงตามคำสำคัญภาษาไทยคั่นระหว่างคำด้วยจุลภาค (.)
 - 4.6 **เนื้อหาของบทความวิจัย** ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้
 - 4.6.1 **บทนำ** เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย
 - 4.6.2 **วัตถุประสงค์ของการวิจัย** ให้ชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัย
 - 4.6.3 **วิธีดำเนินการวิจัย** ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่มตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล
 - 4.6.4 **ผลการวิจัยและอภิปรายผล** เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็นลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพ ประกอบการอธิบาย ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มีเส้นขอบตารางด้านซ้ายและขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5 ตาราง สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจนและมีคำบรรยายได้รูป จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ กรณีที่จำเป็นอาจใช้ภาพสีได้

- 4.6.5 **สรุป** เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยและควรมีการอภิปรายผลการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการนำผลไปใช้ประโยชน์ และการให้ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต
- 4.6.6 **ข้อเสนอแนะ** ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป
- 4.6.7 **กิตติกรรมประกาศ** (ถ้ามี) ข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ
- 4.6.8 **เอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง** การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ

4.7 การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิงในระบบ APA (American Psychological Association)

- 4.7.1 ชื่อวารสาร ชื่อหนังสือ และปีที่ (Volume) ไม่ใช่ชื่อย่อ
- 4.7.2 ชื่อภาษาอังกฤษ เขียนชื่อผู้แต่งโดยขึ้นต้นด้วย Last name ตามด้วยจุลภาค (,) และชื่อย่อตามด้วยมหัพภาค (.)
- 4.7.3 ชื่อไทย เขียนชื่อผู้แต่งโดยขึ้นต้นด้วยชื่อตัว ตามด้วยนามสกุล
- 4.7.4 กรณีผู้แต่งมากกว่าหนึ่งคน ให้เขียนชื่อผู้แต่งทั้งหมดทุกคน คั่นระหว่างชื่อด้วยจุลภาค (,) และมีคำว่า “and” หรือ “&” ในกรณีชื่อภาษาอังกฤษ หรือ “และ” ในกรณีชื่อภาษาไทยก่อนชื่อสุดท้าย
- 4.7.5 ถ้าไม่มีชื่อผู้แต่ง ให้ขึ้นต้นด้วยชื่อเรื่อง หรือชื่อวารสาร หรือชื่อหนังสือ ตามด้วยปีที่พิมพ์
- 4.7.6 ถ้าผู้แต่งเป็นหน่วยงาน หรือองค์กร ให้ใช้ชื่อหน่วยงานหรือองค์กรแทนชื่อผู้แต่ง
- 4.7.7 เรียงลำดับรายการตามตัวอักษรชื่อผู้แต่ง รายการที่มีทั้งเอกสารภาษาไทยและอังกฤษ ให้นำข้อมูลภาษาไทยขึ้นก่อน
ตามด้วยข้อมูลภาษาอังกฤษ พิมพ์โดยใช้ระยะห่างระหว่างบรรทัด อย่างน้อย (At least) 12 Point
- 4.7.8 บรรทัดที่สองและบรรทัดต่อไปของแต่ละรายการให้ย่อหน้าเข้ามา 7 ตัวอักษร หรือ 1.25 เซนติเมตร
- 4.7.9 การอ้าง – อ้างโดย(ชื่อผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์)
- 4.7.10 ไม่อ้างโดยใช้คำว่า “และคณะ” หรือ “และคนอื่นๆ” หรือ et al. ยกเว้นกรณีอ้างในเนื้อเรื่องที่มีผู้แต่งตั้งแต่สามคนขึ้นไปและหลังจากได้มีการอ้างครั้งแรกไว้ก่อนหน้านี้แล้ว หรือการอ้างที่มีผู้แต่งตั้งแต่หกคนขึ้นไป
- 4.7.11 การอ้างจากวารสารและนิตยสารให้ระบุหน้าแรกถึงหน้าสุดท้าย โดยไม่ใช่คำย่อ “p.” หรือ “pp.” นอกจากหนังสือ
- 4.7.12 การติดต่อส่วนตัวโดยสื่อใดๆ ก็ตาม สามารถอ้างอิงได้ในเนื้อเรื่อง แต่ต้องไม่มีการระบุไว้ในรายการเอกสารอ้างอิง เพราะผู้อื่นไม่สามารถติดตามข้อมูลเหล่านั้นได้
- 4.7.13 การอ้างอิงจาก Website ให้ระบุวัน เดือน ปีที่พิมพ์ ถ้าไม่ปรากฏให้อ้างวันที่ทำการสืบค้น และระบุ URL ให้ชัดเจน ถูกต้อง เมื่อจบ URL address ห้ามใส่จุด (.) ข้างท้าย
- 4.7.14 Website ไม่บอกวันที่ ให้ระบุ n.d.
- 4.7.15 หลัง มหัพภาค “.” (period) เว้น 2 บรรทัด
- 4.7.16 หลัง จุลภาค “,” (comma) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.17 หลัง อัฒภาค “;” (semicolon) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.18 หลัง ทวิภาค “:” (colons) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.19 รูปแบบและตัวอย่างการอ้างอิงจากสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ

- รูปแบบ: 1. หนังสือหรือตำรา
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อหนังสือ./ครั้งที่พิมพ์(ถ้ามี). //เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
ไพรัช รัชชพิงค์, และกฤษณะ ช่างกล่อม. (2541). **งานพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศแห่งชาติ
เพื่อการศึกษา**. กรุงเทพฯ: แพร่พิทยา.
Mitchell, T. R., & Larson, J. R., Jr. (1987). **People in organizations: An introduction to
organizational behavior** (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- รูปแบบ: 2. หนังสือหรือตำราที่มีบรรณาธิการ
ตัวอย่างเช่น ชื่อบรรณาธิการ(ผู้รวบรวม). //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อหนังสือ./เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
อดุลย์ วิริยเวชกุล, (บก.). (2541). **คู่มือจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา**. นครปฐม:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
Gibbs, J. T., & Huang, L. N. (Eds.). (1991). **Children of color: Psychological
interventions with minority youth**. San Francisco: Jossey-Bass.
- รูปแบบ: 3. วิทยานิพนธ์
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อวิทยานิพนธ์./ระดับวิทยานิพนธ์./มหาวิทยาลัย.
พรพิมล เฉลิมพลาณภาพ. (2535). **พฤติกรรมการแสวงหาข่าวสารและการใช้เทคโนโลยีการ
สื่อสารของบริษัทธุรกิจเอกชนที่มียอดขายสูงสุดของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์
วารสารศาสตรมหาบัณฑิต คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
Almeida, D.M. (1990). **Fathers' participation in family work: Consequences for
fathers' stress and father-child relations**. Unpublished master's thesis,
University of Victoria, Victoria British Columbia, Canada.
- รูปแบบ: 4. รายงานการประชุมหรือสัมมนาทางวิชาการ
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //ปีที่พิมพ์.//ชื่อเรื่อง.//ชื่อเอกสารรวมเรื่องรายงานการประชุม./วัน เดือน ปี สถานที่จัด.
เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
กรมวิชาการ. 2538. **การจัดกิจกรรมส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน**. การประชุมปฏิบัติการณรงค์เพื่อ
ส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน, 25-29 พฤศจิกายน 2528 ณ วิทยาลัยครูมหาสารคาม
จังหวัดมหาสารคาม. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1991). **A motivational approach to self:
Integration in personality**. In R. Dienstbier (Ed.), *Nebraska Symposium on
Motivation: Vol. 38. Perspectives on Motivation* (pp. 237-288). Lincoln:
University of Nebraska Press. *Motivation: Vol. 38. Perspectives on
Motivation* (pp. 237-288). Lincoln: University of Nebraska Press.
- รูปแบบ: 5. พจนานุกรม
ตัวอย่างเช่น พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. (2546). กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชัน.
Shorter Oxford English dictionary (5 th ed.). (2002). New York: Oxford
University Press.

6. วารสาร/นิตยสาร

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).// ชื่อเรื่อง.// ชื่อวารสารหรือนิตยสาร, ปีที่ (ฉบับที่), หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.
ตัวอย่างเช่น ชำนิ กิ่งแก้ว, และอุษา คณ. (2551). การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์. *วารสารเทคโนโลยีภาคใต้*, 1(2), 27-35.
- Klimoski, R., & Palmer, S. (1993). The ADA and the hiring process in organizations. *Consulting Psychology Journal: Practice and Research*, 45(2), 10-36.

7. บทความจากหนังสือพิมพ์

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์, เดือน, วันที่).// ชื่อเรื่อง.// ชื่อหนังสือพิมพ์, หน้าที่นำมาอ้าง.
ตัวอย่างเช่น สายใจ ดวงมาลี. (2548, มิถุนายน 7) มาลาเรียลาม3จว.ได้ตอนบน สธ.เร่งคุมเข้มกันเชื้อแพร่หนัก. *คม-ชัด-ลึก*, 25.
- Di Rado, A. (1995, March 15). Trekking through college: Classes explore modern society using the world of Star Trek. *Los Angeles Time*, p. A3.

8. สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).// ชื่อเรื่อง.// สืบค้นจาก// URL
Author, A. A. (Year). **Title of post**. Retrieved from URL
- ตัวอย่างเช่น สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ กระทรวงวัฒนธรรม. (2545). **ประเพณีใส่กระเจดชาวไทยพวนสอนให้รู้จักแบ่งปัน มีน้ำใจ**. สืบค้นจาก http://www.m-culture.go.th/culture01/highlight/highlightdetail.php?highlight_id=114&lang=th
- Lynch, T. (1996). **DS9 trials and tribble-ations review**. Retrieved from <http://www.bradley.edu/psiphi/DS9/ep/503r.html>

5. **การส่งต้นฉบับ** ผู้มีพันธบัตรความต้องการส่งต้นฉบับที่พิมพ์ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในรูปแบบ Word Document (.docx) และ PDF File (.pdf) พร้อมแบบนำส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์และสำเนาหลักฐานการชำระเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มาที่เว็บไซต์ <https://tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/index> บทความวิจัยที่ปฏิบัติตามคำแนะนำจะได้รับพิจารณาดำเนินการโดยทันที

6. การประเมินบทความวิจัย และลิขสิทธิ์ในการตีพิมพ์เผยแพร่

- 6.1 **การอ่านประเมินต้นฉบับ** บทความวิจัยต้นฉบับที่ส่งเข้ามาเพื่อลงตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จะได้รับการอ่านประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขานั้น ๆ อย่างน้อยจำนวน 2 ท่านต่อเรื่องและส่งผลการอ่านประเมินคืนผู้ที่มีพันธบัตรความให้เพิ่มเติม แก้ไข แล้วแต่กรณี โดยบทความที่ผ่านการประเมินได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผู้มีพันธบัตรความจะได้รับหนังสือแจ้งพิจารณาการตีพิมพ์ พร้อมวารสารฉบับที่บทความวิจัยนั้นลงตีพิมพ์ จำนวน 1 ฉบับ

- 6.2 **ลิขสิทธิ์บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์** ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษร

- 6.3 **ความรับผิดชอบ** เนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นความรับผิดชอบของผู้มีพันธบัตรความหรือผู้เขียนเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

รูปแบบบทความวิจัย
และพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

[illegible]

2.54 ซม.

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ¹//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ²//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ³// (ตัวหนาขนาด 12 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

Abstract (ตัวหนาขนาด 14 point ชิดซ้าย)
Abstract must be written in Thai and English, within a maximum of 350 words for each language

ย่อหน้า 1.25 ซม. หรือประมาณ 7 ตัวอักษร

2 ซม. 2 ซม.

..... (ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)
(เว้น 14 point)

Keyword:,,,, (ตัวปกติขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)
(เว้น 14 point)

.....

¹Position, Office address, Email address: author 1
²Position, Office address, Email address: author 2
³Position, Office address, Email address: author 3
*Corresponding author, e-mail:

2 ซม.

2.54 ซม.

บทนำ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ให้ชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัย.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

วิธีดำเนินการวิจัย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่มตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็นลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพประกอบการอธิบาย ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มีเส้นขอบตารางด้านซ้ายและขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5 ตาราง สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจนและมีคำบรรยายใต้รูป กรณีที่จำเป็นอาจใช้ภาพสีได้.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

2 ซม.

สรุป (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการนำผลไปใช้ประโยชน์.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

2 ซม.

ข้อเสนอแนะ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

กิตติกรรมประกาศ(ถ้ามี) (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

เอกสารอ้างอิง (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) เท่านั้น ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อกับเอกสารภาษาต่างประเทศ.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

2 ซม.

[ชื่อเรื่องบทความวิจัยภาษาไทย (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวหนา, จัดกึ่งกลาง)]

[ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย]^{1*} [ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย]² [ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย]³

บทคัดย่อ

บทคัดย่อ ควรจะสรุปเนื้อหาทั้งหมดของบทความวิจัย โดยใช้จำนวนให้กระชับ ชัดเจนที่สุด มีความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 350 คำ รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 14 point จัดกระจายแบบไทย “ชื่อเรื่อง” มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกินภาษาละ 2 บรรทัด และให้อธิบายสาระสำคัญของเรื่องได้ดี รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ “ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย” มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ชื่อเต็มไม่ต้องระบุค่านำหน้าชื่อ ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลพร้อมใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงถึงความสำคัญของการเป็นผู้นิพนธ์หลัก หากมีผู้นิพนธ์บทความมากกว่าหนึ่งท่านให้ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลเรียงลำดับตามจำนวนผู้นิพนธ์พร้อมใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงถึงความสำคัญของการเป็นผู้นิพนธ์หลัก รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ และใส่รายละเอียดที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความไว้ในเชิงอรรถส่วนล่างของกระดาษ โดยระบุตำแหน่งทางวิชาการหรือตำแหน่งทางบริหาร(ถ้ามี) สถานที่ทำงาน หน่วยงานหรือสถาบัน และอีเมลแอดเดรส (E-mail Address) ของผู้นิพนธ์บทความทุกคน เช่น ¹ นักศึกษาระดับ ... สาขา... คณะ... มหาวิทยาลัย... อีเมล: หรือ อาจารย์... สาขา... คณะ... มหาวิทยาลัย... อีเมล: หรือ ตำแหน่ง... บริษัท... ที่อยู่.... อีเมล: ... * ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล:รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวเอียง ขนาด 12 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ.....

คำสำคัญ : คำสำคัญ คำสำคัญ คำสำคัญ

¹ นักศึกษา หลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล :

² อาจารย์ประจำหลักสูตร ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล :

³ เจ้าหน้าที่การเงิน บริษัท ธุรกิจการพิมพ์ จำกัด จังหวัดนนทบุรี อีเมล :

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล :

[First A. Author1]^{1*} [Second B. Author2]² [Third C. Author3]³

Abstract must be written in Thai and English, within a maximum of 350 words for each language.

language.

* Corresponding author, e-mail :

บทนำ

[บทนำ เป็นส่วนของความสำคัญและมูลเหตุที่นำไปสู่การวิจัย].....
 (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

[วัตถุประสงค์ของการวิจัย เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การ
 ศึกษาวิจัย]..... (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

วิธีดำเนินการวิจัย

[วิธีดำเนินการวิจัย ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่ม
 ตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์
 ข้อมูล]..... (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

[ผลการวิจัยและอภิปรายผล ควรเสนอผลที่ชัดเจน ตรงประเด็น เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็น
 ลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพประกอบการอธิบาย] ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มี
 เส้นขอบตารางด้านซ้ายและด้านขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5
 ตาราง และมีคำอธิบายตาราง เช่น

ตารางที่ 1 รูปแบบ ขนาดและลักษณะของตัวอักษร

ส่วนประกอบ	ขนาดอักษร	ลักษณะอักษร
ชื่อบทความ (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)	TH SarabunPSK, 14	หนา
ชื่อผู้เขียน (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)	TH SarabunPSK, 14	หนา
สถานที่ติดต่อ(ระบุในเชิงบรรณ)	TH SarabunPSK, 12	เอียง, ปกติ
บทคัดย่อ / Abstract	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
คำสำคัญ / Keywords	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
หัวข้อหลัก	TH SarabunPSK, 14	หนา
หัวข้อย่อย	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
เนื้อความทั่วไป	TH SarabunPSK, 14	ปกติ

ตารางที่ 1 รูปแบบ ขนาดและลักษณะของตัวอักษร (ต่อ)

ส่วนประกอบ	ขนาดอักษร	ลักษณะอักษร
ตารางและภาพ	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
กิตติกรรมประกาศ	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
เอกสารอ้างอิง	TH SarabunPSK, 14	ปกติ

สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจน มีขนาดของรูปภาพที่เหมาะสมและมีคำบรรยายใต้รูปภาพ

รูปภาพ

ภาพที่ 1 ตัวอย่างการจัดรูปภาพ (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

สรุป

เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็น.....
(TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

ข้อเสนอแนะ

[เนื้อหาข้อเสนอแนะ ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป] (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

กิตติกรรมประกาศ

[กิตติกรรมประกาศ ให้เขียนถึงข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ]
(TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

เอกสารอ้างอิง

[การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ให้ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) เท่านั้น ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ]..... (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

ขั้นตอนการตีพิมพ์บทความวิจัย
วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

