



บทความวิจัย

- Some properties of new multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequence
- สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน และลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่บางส่วน
- ความคงตัวทางชีวภาพของเพปไทด์ไฮโดรไลเซตจากรำข้าวระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษาในเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลอง
- ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของส่วนแยกย่อยจากเปลือกลำต้นของส้มควาย
- การเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากเมล็ดแตงโม
- ผลของโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ของอาสาสมัครสาธารณสุข จังหวัดปทุมธานี
- ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดอำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ
- การวิเคราะห์อุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟโดยการใช้ทฤษฎีโครงข่าย



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2564

ISSN 2408-266X

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วยสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งเพื่อส่งเสริมให้เกิดความรู้ทางวิชาการแก่สังคมทั่วไป และสนับสนุนให้คณาจารย์ นักวิชาการ ผู้ทรงคุณวุฒิในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนักศึกษาเสนอผลงานวิชาการ

กำหนดเผยแพร่ ปีละ 2 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน
ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.อุไรพรรณ เจนวาณิชยานนท์ อาจารย์ ดร.จำรูญศรี พุ่มเทียน

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

อาจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ สุภักด์ดำรงกุล

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.บึงอร ฉางทรัพย์
รองศาสตราจารย์ ดร.ประยูรศักดิ์ เปลื้องผล
อาจารย์ ดร.สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา
อาจารย์ ดร.ชัชวาลย์ ช่างทำ
อาจารย์ ดร.นพมาศ อัครจันทโชติ
ศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ สุขสำราญ
ศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์
ศาสตราจารย์ ดร.อรรพรรณ ชัยสถากุล
ศาสตราจารย์ ดร.พิรพรรณ ดันอารีย์
ศาสตราจารย์ ดร.โกสุม จันทศิริ
ศาสตราจารย์ ดร.อรษา สุตเธียรกุล
ศาสตราจารย์ ดร.วรารุณี คุรุสง
ศาสตราจารย์ ดร.วิไล รังสาดทอง
รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลยุตต์ วรรณสว่าง

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ ภาสันต์
 รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ วิวัฒน์
 รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจภรณ์ ประภักดิ์
 รองศาสตราจารย์ ดร.สิริธร สโมสร
 รองศาสตราจารย์ ดร.สมฤดี สายหยุดทอง
 รองศาสตราจารย์ ดร.มาลินี พงศ์เสวี
 รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงศ์ ไชยนอก
 รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติการ สายธนู
 รองศาสตราจารย์ ดร.จันทนา จันทราพรชัย
 รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาติพิทย์ ศิริไพศาลพิพัฒน์
 รองศาสตราจารย์ ดร.ธิดิมา รุกขไชยศิริกุล
 รองศาสตราจารย์ ดร.อุดมศิลป์ ปิ่นสุข
 รองศาสตราจารย์ นพ.สมพล สงวนรังศิริกุล
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา จูอนุวัฒน์กุล
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภา มหากาญจนกุล

สถาบันวิทยสิริเมธี
 มหาวิทยาลัยมหิดล
 มหาวิทยาลัยมหิดล
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยบูรพา
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 มหาวิทยาลัยรามคำแหง
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฝ่ายพิสูจน์อักษรและตรวจการเขียนรายการอ้างอิง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี ชุ่มบัวทอง
 อาจารย์ ดร.นพมาศ อัครจันทโชติ
 อาจารย์ ดร.สุกัญญา เพชรศิริเวทย์

อาจารย์ ดร.สุรีย์พร ทอมวิเศษวงศา
 อาจารย์ ดร.พรสิริ คงแจ่ม
 อาจารย์ยุคลธร สถาปนศิริ

ฝ่ายเว็บไซต์และศิลปกรรมวารสาร

คุณเทพสุรีย์ จันสามารถ

คุณอาคม สิมโสม

ฝ่ายการเงิน

อาจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ สุภักด์ารงกุล

คุณอริศรา สิทธิพงษ์

ฝ่ายสมาชิกวารสารและประชาสัมพันธ์

อาจารย์ ดร.สุกัญญา เพชรศิริเวทย์

อาจารย์ตติภรณ์ ภัทรานุรักษ์โยธิน

เลขานุการกองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทร์เพ็ญ บางสำรวจ

อาจารย์ยุคลธร สถาปนศิริ

บทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวใจเฉลิมพระเกียรติเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
 กองบรรณาธิการไม่ส่วนกับความคิดเห็นในข้อเขียนเหล่านั้น
 พิมพ์ที่: ปรเกษย์โฆษณา เลขที่ 48/1 หมู่ที่ 5 ตำบลบ้านหม้อ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี
 โทร. 086-995-9575 อีเมล: apipoo.pat@gmail.com



รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความ (peer review)

ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความภายนอก

ศาสตราจารย์ ดร.บุษบา ยงสมิทธิ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ สมสุข	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.ดลิตา ต้นหยง	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.ภญ.วารีย์ ลิம்ப์วิกรานต์	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรินทร์ ชัยวิสุทธิทางกูร	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รองศาสตราจารย์ ดร.จิตบรรจง ตั้งปอง	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงยศ ออนุชปรีดา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.นุชนิภา นันทะวงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.นคร ไพศาลกิตติสกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ สพ.ญ.ดร.สฤณี กลั่นทกานนท์ ทองทรง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณี วัฒนศิริเวช	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เศรษฐฐเสถียร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.พรพรม ย่อยสูงเนิน	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อรพินท์ จินตสถาพร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อรวิษฐ์ กุมพล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล วัฒนพงศกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ละออง บุญเกษม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวัชร อัครสัมฤทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.ชานนท์ พรหมสกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์พรนิกา ศิริเพิ่มพูล	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุษา แทนขำ	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิตี บวรรัตนารักษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ บุญรัตน์กรกิจ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพรรณ สุนทรโชติ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวพจน์ กนกกันขพงษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศรภาภา ลีละวัฒน์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญดา เพ็ญโรจน์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตศิริ ราชตะนะพันธ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวภา อร่ามศิริรุจิเวทย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา มาลาพันธ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พบลีสิทธิ์ กมลเวชช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ผู้ช่วยศาสตราจารย์สายใจ ชาญเศรษฐิกุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย วิริยะพงษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงอรุณ อิศระมาลัย	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นราทิพย์ จันสกุล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รววัฒน์ มีวาสนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรินทร์ ชัยสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชฎาพร อุ่นศิริไฉย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญอร ไหมสุทธิสกุล	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศนัย ชุ่มวัฒนะ	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพบุญญ์ งามสอาด	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชานาพร โชคชัยศิริ	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี มนูญ์ชัชชากร	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี เจียมพานิชกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐจิรา อินตะใส	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อชฌา อระวีพร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาวุฒิ ประกอบผล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ อินทโกสุม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพิศ สอนโยธา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนากานต์ เกียรติอร่ามกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล อภิตติกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากรณ คำสุด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขต นครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา แก้วกระจาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐฉิณี ดีแท้	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ศิริพรอดุลศิลป์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร มัชฌิมะปุระ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เตมีย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร แนวบุตร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปัจจา โพธิ์หัง	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพิมพ์ ชูปาน	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศนิ จิระสถิต	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุมาพร ทาไธสง	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ อธิพรชัย	มหาวิทยาลัยบูรพา



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภัทร เมฆพ่ายัพ
 อาจารย์ ดร.ภญ.วิริยาพร ศิริกุล
 อาจารย์ ดร.พิมพ์ใจ แสงความสว่าง
 อาจารย์ ดร.เกษศิริรินทร์ รัทจร
 อาจารย์ ดร.ทิวธวัฒน์ นาพิรุณ
 อาจารย์ ดร.กุลวดี ตลโสภณ
 อาจารย์ ดร.ชนินท์ วงษ์ใหญ่
 ดร.วรัญญา วรคุณพิณีจ
 คุณจักรพงษ์ แยมี่ยม

มหาวิทยาลัยบูรพา
 มหาวิทยาลัยสยาม
 มหาวิทยาลัยพะเยา
 มหาวิทยาลัยทักษิณ
 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 มหาวิทยาลัยรังสิต
 สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง
 องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความภายใน

รองศาสตราจารย์ ภก.ชาญชัย สาดแสงจันทร์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี ชุ่มบัวทอง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์เมตตา โพธิ์กลิ่น
 อาจารย์ ดร.กิตติพัฒน์ โสภิตธรรมคุณ

อาจารย์ ดร.มธุรส อ่อนไทย
 อาจารย์ ดร.พนนา กิติไพศาลนนท์
 อาจารย์เปรมรัตน์ พูลสวัสดิ์
 อาจารย์ยุวธิดา ชิวปรีชา



บรรณาธิการแถลง

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ฉบับนี้เป็นฉบับที่ 2 ของปี พ.ศ. 2564 (กรกฎาคม-ธันวาคม) ซึ่งเป็นปีที่ 7 ของการดำเนินงานวารสาร ประกอบด้วยบทความวิจัย จำนวน 8 เรื่อง โดยมีเนื้อหาสาระที่ครอบคลุมสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพ รวมทั้งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ซึ่งบทความเหล่านี้ได้ผ่านกระบวนการกลั่นกรองทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละสาขาวิชา เพื่อให้ได้คุณภาพและถูกต้องทางวิชาการ ตามเกณฑ์มาตรฐานของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (Thai Journal Citation Index-TCI) โดยวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ได้ผ่านการรับรองคุณภาพอยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 1 จากการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI รอบที่ 4 พ.ศ. 2563-2567 ครั้งที่ 2 (2564-2567)

กองบรรณาธิการวารสารจะยังคงรักษาคุณภาพและมาตรฐานของวารสาร เพื่อเป็นสื่อกลางสำคัญในการแลกเปลี่ยนความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการของคณาจารย์ นักศึกษา นักวิจัย และนักวิชาการ เพื่อก่อให้เกิดการสร้างสรรค์ผลงานวิชาการทั้งทางด้านการศึกษาและการวิจัยให้ก้าวหน้าต่อไป พร้อมกันนี้กองบรรณาธิการวารสารยังได้พัฒนางานวารสาร โดยปรับปรุงการดำเนินงานของกองบรรณาธิการวารสารในทุกฝ่าย เพื่อให้สอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากทั้งผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความ (peer review) ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ เพื่อควบคุมคุณภาพบทความและวารสารให้ได้มาตรฐานระดับสูง และผู้เขียนบทความในการแก้ไขบทความจนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้อ่านและผู้สนใจ เพื่อนำประโยชน์ไปใช้ในการอ้างอิง พัฒนางานวิจัย ตลอดจนสามารถนำมาปรับปรุงเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้กองบรรณาธิการใคร่ขอเชิญชวนท่านผู้สนใจส่งบทความมาตีพิมพ์ที่วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยสามารถส่งต้นฉบับตามรายละเอียดที่อยู่ท้ายเล่มของวารสาร ซึ่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

อาจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ สุภัคดำรงกุล
หัวหน้ากองบรรณาธิการ



สารบัญ

บทความวิจัย

หน้า

- Some properties of new multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequence8
Tawan Ampawa and Alongkot Suvarnamani

- สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน และลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมปังแซนด์วิช.....16
 ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่บางส่วน
 Bioactive compounds, antioxidant activities and sensory characteristics of sandwich bread partially substituted with riceberry rice flour
สุพิชญา คำคม

- ความคงตัวของชีวภาพของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษาในเครื่องดื่ม.....29
 ฟังก์ชันจำลอง
 Bio-stability of peptide hydrolysate from rice bran during processing and storage in functional drink model
กุลรภัส วชิรศิริ ไตรดา วัลภา และยุทธศักดิ์ สุปการี

- ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของส่วนแยกย่อยจากเปลือกลำต้นของส้มควาย.....42
 Total phenolic contents and antioxidant activities of sub-fractions from stem barks of *Garcinia pedunculata*
เบญจมาศ ไชยลาภ และ ธเนศวร นวลใย

- การเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากเมล็ดแตงโม.....52
 Comparison of antioxidant activity and amount of total phenolic compound from watermelon seeds
ณวัตร ภัคดี รณชัย ภูวันนา และจตุพร ประทุมเทศ

- ผลของโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ของอาสาสมัครสาธารณสุข.....61
 จังหวัดปทุมธานี
 Effectiveness of health belief program to preventive behavior with COVID-19 of public health volunteers in Pathumthani province
สิริกาญจน์ กระจ่างโพธิ์

- ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดอำเภอศรีรัตนะ.....71
 จังหวัดศรีสะเกษ
 Knowledge, attitude and chemical insecticide use behavior of corn farmers in Sriratana district, Sisaket province
วันปิติ ธรรมศรี สิริพร พรหมอุทัย วนิตา บุษยาตรัส และสุชумаภรณ์ ศาลางาม

- การวิเคราะห์อุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟโดยใช้ทฤษฎีโครงข่าย.....82
 Railway level crossing accident analysis using network theory
รัฐพงศ์ มีสิทธิ์ ชยุต อภิขวันนัทกุล และศุภิสรานนท์ เรืองเสนา



Some properties of new multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequence

Tawan Ampawa and Alongkot Suvarnamani*

Division of Mathematics, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12110

Received: 7 July 2021/ Revised: 24 December 2021/ Accepted: 26 December 2021

Abstract

We know that the Fibonacci sequence is usually reloaded to pattern in nature. For example, it has been known that the arrangement of leaves or flowers around the stem is formed Fibonacci sequence which is called phyllotactic formations. In this paper, we studied about the Fibonacci-like sequence which have three dimensional. We found the new ideas for construction them. Then we described the basic concepts using for construction the new multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences. Moreover, some identities of them were proved.

Keywords: 3-Fibonacci sequence, Pulsating, Multiplicative, Number theory

Introduction

In the recent years, the coupled recurrence relations are popularized. They are the new sequences which are the ordinary recursive sequences with using two sequences of integers for construction. Then we got some result from the considering of two sequences identical. On the other hand, Fibonacci sequence is usually reloaded to pattern in nature. For example, it has been known that the arrangement of leaves or flowers around the stem is formed Fibonacci sequence which is called phyllotactic formations [1]. Thus, to understand the mathematical properties of the Fibonacci and the related sequences are important also from the pattern formation point of view. Moreover, the first researcher who introduced the idea of 2-Fibonacci (sometimes we called coupled Fibonacci) sequence is Atanassov [2]. He showed some curious properties in [3-6]. He explained the new construction of Fibonacci sequence which were defined and presented in many different ways for the generating coupled sequences. One of them is pulsating Fibonacci sequence. Then the new types of Fibonacci sequence, which is called the multiplicative pulsating Fibonacci sequence, was explained by Suvarnamani and Koyram [7] in 2015. They found that the explicit formulas for the form of its members.



That is $\alpha_{2k} = a^{\binom{3^{k-1}+(-1)^k}{2}} b^{\binom{3^{k-1}+(-1)^{k-1}}{2}} c^{\binom{3^{k-1}}{2}}$, $\beta_{2k} = a^{\binom{3^{k-1}+(-1)^{k-1}}{2}} b^{\binom{3^{k-1}+(-1)^k}{2}} c^{\binom{3^{k-1}}{2}}$ and

$\alpha_{2k+1} = \beta_{2k+1} = a^{\binom{3^{k-1}}{2}} b^{\binom{3^{k-1}}{2}} c^{2\binom{3^{k-1}}{2}}$ for every integer number $k \geq 0$, where the ordered pair of $\{\alpha_n\}$

and $\{\beta_n\}$ is a multiplicative pulsating 2-Fibonacci sequences with $\alpha_0 = a, \beta_0 = b, \alpha_1 = \beta_1 = c, \alpha_{2n} = \alpha_{2n-1} \cdot \beta_{2n-2}, \beta_{2n} = \beta_{2n-1} \cdot \alpha_{2n-2}, \alpha_{2n+1} = \beta_{2n+1} = \alpha_{2n} \cdot \beta_{2n}$ for every natural number n . In 2016, some identities of type of the multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequence were shown by Suvarnamani and Tatong [8]. After that Suvarnamani [9] defined the Fibonacci sequence which is the type of the multiplicative pulsating n -Fibonacci sequence and showed some results of them in 2017. Moreover, the complex pulsating Fibonacci sequence and some results of them were shown by Halıcı and Karatas [10]. So, the study of new ideas for the generalization of Fibonacci sequences in different ways to generate coupled sequences is very interesting. Therefore, we study about them in this paper. We describe the basic concepts for using to construction the multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences. The explicit formulas for the form of its members be showed. Then some fundamental properties of them are proved.

Material and Methods

We have to introduce some theoretical background for studying the properties of multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences. There are three topics: the multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences, the geometric sequence and the geometric series. The details are as follows.

1. The multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences

Next, we will introduce some types of Fibonacci-like sequence. If a, b, c and d are four fixed real numbers. We can construct the multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences in the following different ways:

Scheme 1: For the natural number n ,

$$\alpha_n = \begin{cases} \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is odd number} \\ \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-2} \cdot \gamma_{n-2}, & \text{where } n \text{ is even number} \end{cases},$$

$$\beta_n = \begin{cases} \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is odd number} \\ \alpha_{n-2} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-2}, & \text{where } n \text{ is even number} \end{cases},$$

$$\gamma_n = \begin{cases} \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is odd number} \\ \alpha_{n-2} \cdot \beta_{n-2} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is even number} \end{cases},$$

with conditions . $\alpha_0 = a, \beta_0 = b, \gamma_0 = c$



Scheme 2: For the natural number $n > 1$,

$$\alpha_n = \begin{cases} \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-2} \cdot \gamma_{n-2}, & \text{where } n \text{ is even number,} \\ \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is odd number} \end{cases},$$

$$\beta_n = \begin{cases} \alpha_{n-2} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-2}, & \text{where } n \text{ is even number,} \\ \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is odd number} \end{cases},$$

$$\gamma_n = \begin{cases} \alpha_{n-2} \cdot \beta_{n-2} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is even number,} \\ \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is odd number} \end{cases},$$

with conditions . $\alpha_0 = a, \beta_0 = b, \gamma_0 = c, \alpha_1 = \beta_1 = \gamma_1 = d$

The ordered pair of three sequences of each scheme is called a multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequence. Next, we introduced a new way for constructing the multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences. The details are as follows.

Scheme 3: For the natural number n ,

$$\alpha_n = \begin{cases} \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is odd number,} \\ \alpha_{n-2} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is even number} \end{cases},$$

$$\beta_n = \begin{cases} \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is odd number,} \\ \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-2} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is even number} \end{cases},$$

$$\gamma_n = \begin{cases} \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-1}, & \text{where } n \text{ is odd number,} \\ \alpha_{n-1} \cdot \beta_{n-1} \cdot \gamma_{n-2}, & \text{where } n \text{ is even number} \end{cases},$$

with conditions . $\alpha_0 = a, \beta_0 = b, \gamma_0 = c$

2. The geometric sequence

A sequence $\{a_k\}$ is called a geometric sequence if it has a common ratio r of each two consecutive terms. That means $\frac{a_{k+1}}{a_k} = r$ for k is a positive integer and all elements of $\{a_k\}$ are not zero.

3. The geometric series

A geometric series $\sum a_k$ is a series which $\{a_k\}$ is a geometric sequence with the common ratio r and the condition $a_1 = a$. Moreover, we have

$$(1) \quad \sum_{k=1}^n a_k = \frac{a(1-r^{n+1})}{1-r}.$$



- (2) $\sum_{k=1}^{\infty} a_k$ is convergent and $\sum_{k=1}^{\infty} a_k = \frac{a}{1-r}$ if $|r| \geq 1$.
- (3) $\sum_{k=1}^{\infty} a_k$ is divergent if $|r| < 1$.

Results and Discussion

Now we have some knowledge sufficiency for proving about properties of the multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences. Next, we will prove some properties of the multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences in form of scheme 3.

Theorem 1. If the ordered pair of $\{\alpha_n\}$, $\{\beta_n\}$ and $\{\gamma_n\}$ is a multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences of scheme 3 for every natural number n . Then we get $\alpha_{2n-1} = \beta_{2n-1} = \gamma_{2n-1} = a^{7^{n-1}} b^{7^{n-1}} c^{7^{n-1}}$,

$$\alpha_{2n} = a^{1+2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} b^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} c^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i}, \beta_{2n} = a^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} b^{1+2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} c^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} \text{ and } \gamma_{2n} = a^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} b^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} c^{1+2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i}.$$

Proof. Let the ordered pair of $\{\alpha_n\}$, $\{\beta_n\}$ and $\{\gamma_n\}$ be a multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences of scheme 3 for every natural number n . Then we can prove it by using the mathematical induction. First, let the statement $P(n) : \alpha_{2n-1} = \beta_{2n-1} = \gamma_{2n-1} = a^{7^{n-1}} b^{7^{n-1}} c^{7^{n-1}}$, $\alpha_{2n} = a^{1+2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} b^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} c^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i}$,

$$\beta_{2n} = a^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} b^{1+2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} c^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} \text{ and } \gamma_{2n} = a^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} b^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} c^{1+2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} \text{ for every natural number } n.$$

Consider the statement $P(n)$ when $n = 1$. Then we have

$$\begin{aligned} \alpha_{2(1)-1} &= \beta_{2(1)-1} = \gamma_{2(1)-1} = \alpha_0 \cdot \beta_0 \cdot \gamma_0 = abc = a^{7^{1-1}} b^{7^{1-1}} c^{7^{1-1}}, \\ \alpha_{2(1)} &= \alpha_0 \cdot \beta_1 \cdot \gamma_1 = (a)(abc)(abc) = a^3 b^2 c^2 = a^{1+2 \cdot 7^{1-1}} b^{2 \cdot 7^{1-1}} c^{2 \cdot 7^{1-1}}, \\ \beta_{2(1)} &= \alpha_1 \cdot \beta_0 \cdot \gamma_1 = (abc)(b)(abc) = a^2 b^3 c^2 = a^{2 \cdot 7^{1-1}} b^{1+2 \cdot 7^{1-1}} c^{2 \cdot 7^{1-1}}, \\ \gamma_{2(1)} &= \alpha_1 \cdot \beta_1 \cdot \gamma_0 = (abc)(abc)(c) = a^2 b^2 c^3 = a^{2 \cdot 7^{1-1}} b^{2 \cdot 7^{1-1}} c^{1+2 \cdot 7^{1-1}}. \end{aligned}$$

Thus $P(1)$ is true.

Next, we consider $P(n)$ for some natural number k . Then we assume that the statement $P(k)$ is true. That is,



$$\alpha_{2k-1} = \beta_{2k-1} = \gamma_{2k-1} = a^{7^{k-1}} b^{7^{k-1}} c^{7^{k-1}},$$

$$\alpha_{2k} = a^{1+2\sum_{i=0}^{k-1} 7^i} b^{2\sum_{i=0}^{k-1} 7^i} c^{2\sum_{i=0}^{k-1} 7^i},$$

$$\beta_{2k} = a^{2\sum_{i=0}^{k-1} 7^i} b^{1+2\sum_{i=0}^{k-1} 7^i} c^{2\sum_{i=0}^{k-1} 7^i},$$

$$\gamma_{2k} = a^{2\sum_{i=0}^{k-1} 7^i} b^{2\sum_{i=0}^{k-1} 7^i} c^{1+2\sum_{i=0}^{k-1} 7^i}.$$

Then we will show that $P(k+1)$ is true. So, we have

$$\alpha_{2(k+1)-1} = \beta_{2(k+1)-1} = \gamma_{2(k+1)-1} = \alpha_{2(k+1)-2} \beta_{2(k+1)-2} \gamma_{2(k+1)-2} = a^{1+6\sum_{i=0}^{k-1} 7^i} b^{1+6\sum_{i=0}^{k-1} 7^i} c^{1+6\sum_{i=0}^{k-1} 7^i} = a^{7^{k-1}} b^{7^{k-1}} c^{7^{k-1}}$$

$$\alpha_{2(k+1)} = \alpha_{2k} \beta_{2k-1} \gamma_{2k-1} = a^{\frac{7^k+2}{3}} b^{\frac{7^k-1}{3}} c^{\frac{7^k-1}{3}} = a^{1+2\sum_{i=0}^{(k+1)-1} 7^i} b^{2\sum_{i=0}^{(k+1)-1} 7^i} c^{2\sum_{i=0}^{(k+1)-1} 7^i}$$

$$\beta_{2(k+1)} = \alpha_{2k-1} \beta_{2k} \gamma_{2k-1} = a^{\frac{7^k-1}{3}} b^{\frac{7^k+2}{3}} c^{\frac{7^k-1}{3}} = a^{2\sum_{i=0}^{(k+1)-1} 7^i} b^{1+2\sum_{i=0}^{(k+1)-1} 7^i} c^{2\sum_{i=0}^{(k+1)-1} 7^i}$$

$$\gamma_{2(k+1)} = \alpha_{2k-1} \beta_{2k-1} \gamma_{2k} = a^{\frac{7^k-1}{3}} b^{\frac{7^k-1}{3}} c^{\frac{7^k+2}{3}} = a^{2\sum_{i=0}^{(k+1)-1} 7^i} b^{2\sum_{i=0}^{(k+1)-1} 7^i} c^{1+2\sum_{i=0}^{(k+1)-1} 7^i}$$

So, the statement $P(k+1)$ is true.

By mathematical induction, the statement $P(n)$ is true when n is a natural number.

Theorem 2. If the ordered pair of $\{\alpha_n\}$, $\{\beta_n\}$ and $\{\gamma_n\}$ is a multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences of scheme 3, then $\prod_{i=1}^n \alpha_{2i-1} = \prod_{i=1}^n \beta_{2i-1} = \prod_{i=1}^n \gamma_{2i-1} = (abc)^{\frac{7^n-1}{6}}$ for every natural number n .

Proof. Let the ordered pair of $\{\alpha_n\}$, $\{\beta_n\}$ and $\{\gamma_n\}$ be a multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences of scheme 3. Then we can prove it by using the mathematical induction.

First, let the statement $P(n): \prod_{i=1}^n \alpha_{2i-1} = \prod_{i=1}^n \beta_{2i-1} = \prod_{i=1}^n \gamma_{2i-1} = (abc)^{\frac{7^n-1}{6}}$ for every natural number n . Consider the statement $P(n)$ when $n=1$. Then we have

$$\prod_{i=1}^1 \alpha_{2i-1} = \prod_{i=1}^1 \beta_{2i-1} = \prod_{i=1}^1 \gamma_{2i-1} = abc = (abc)^{\frac{7^1-1}{6}}$$

Next, we consider the statement $P(n)$ for some natural number k . Then we assume that $P(k)$ is true. That is,



$$\prod_{i=1}^k \alpha_{2i-1} = \prod_{i=1}^k \beta_{2i-1} = \prod_{i=1}^k \gamma_{2i-1} = (abc)^{\frac{7^k-1}{6}}$$

Then we will show that $P(k+1)$ is true.

$$\prod_{i=1}^{k+1} \alpha_i = \prod_{i=1}^{k+1} \beta_{2i-1} = \prod_{i=1}^{k+1} \gamma_{2i-1} = (abc)^{7^k} (abc)^{\frac{7^k-1}{6}} = (abc)^{\frac{7^{k+1}-1}{6}}.$$

So, the statement $P(k+1)$ is true.

By mathematical induction, the statement $P(n)$ is true when n is a natural number.

Theorem 3. If the ordered pair of $\{\alpha_n\}$, $\{\beta_n\}$ and $\{\gamma_n\}$ is a multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences of scheme 3, then

- 1)
$$\prod_{i=1}^n \alpha_{2i} = \alpha_2 \cdot \alpha_4 \cdot \dots \cdot \alpha_{2n} < a^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} b^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} c^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}}$$
- 2)
$$\prod_{i=1}^n \beta_{2i} = \beta_2 \cdot \beta_4 \cdot \dots \cdot \beta_{2n} < a^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} b^{n+\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} c^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}}$$
- 3)
$$\prod_{i=1}^n \gamma_{2i} = \gamma_2 \cdot \gamma_4 \cdot \dots \cdot \gamma_{2n} < a^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} b^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} c^{n+\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}}$$

for every natural number n .

Proof. Let the ordered pair of $\{\alpha_n\}$, $\{\beta_n\}$ and $\{\gamma_n\}$ be a multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences of scheme 3. We have

$$\begin{aligned} 1) \quad \prod_{i=1}^n \alpha_{2i} &= \alpha_2 \cdot \alpha_4 \cdot \dots \cdot \alpha_{2n} = \left(a^{1+2\sum_{i=0}^0 7^i} b^{2\sum_{i=0}^0 7^i} c^{2\sum_{i=0}^0 7^i} \right) \left(a^{1+2\sum_{i=0}^1 7^i} b^{2\sum_{i=0}^1 7^i} c^{2\sum_{i=0}^1 7^i} \right) \dots \left(a^{1+2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} b^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} c^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} \right) \\ &= a^{n+2(n+7(n-1)+7^2(n-2)+\dots+7^{n-1})} b^{2(n+7(n-1)+7^2(n-2)+\dots+7^{n-1})} c^{2(n+7(n-1)+7^2(n-2)+\dots+7^{n-1})} \\ &< a^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} b^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} c^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \prod_{i=1}^n \beta_{2i} &= \beta_2 \cdot \beta_4 \cdot \dots \cdot \beta_{2n} = \left(a^{2\sum_{i=0}^0 7^i} b^{1+2\sum_{i=0}^0 7^i} c^{2\sum_{i=0}^0 7^i} \right) \left(a^{2\sum_{i=0}^1 7^i} b^{1+2\sum_{i=0}^1 7^i} c^{2\sum_{i=0}^1 7^i} \right) \dots \left(a^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} b^{1+2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} c^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} \right) \\ &= a^{2(n+7(n-1)+7^2(n-2)+\dots+7^{n-1})} b^{n+2(n+7(n-1)+7^2(n-2)+\dots+7^{n-1})} c^{2(n+7(n-1)+7^2(n-2)+\dots+7^{n-1})} \\ &< a^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} b^{n+\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} c^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}}. \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
3) \quad \prod_{i=1}^m \gamma_{2i} &= \gamma_2 \cdot \gamma_4 \cdot \dots \cdot \gamma_{2n} = \left(a^{2\sum_{i=0}^0 7^i} b^{2\sum_{i=0}^0 7^i} c^{1+2\sum_{i=0}^0 7^i} \right) \left(a^{2\sum_{i=0}^1 7^i} b^{2\sum_{i=0}^1 7^i} c^{1+2\sum_{i=0}^1 7^i} \right) \dots \left(a^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} b^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} c^{1+2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} \right) \\
&= a^{2(n+7(n-1)+7^2(n-2)+\dots+7^{n-1})} b^{2(n+7(n-1)+7^2(n-2)+\dots+7^{n-1})} c^{n+2(n+7(n-1)+7^2(n-2)+\dots+7^{n-1})} \\
&< a^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} b^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} c^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}}.
\end{aligned}$$

Next, we compare the different of each paper which is the similarity topic. First, Suvarnamani and Koyram [7] proved some properties of the multiplicative pulsating 2-Fibonacci sequences in 2015. Then Suvarnamani and Tatong [8] explained the multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences in 2016. So, we consider the multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences and its properties. We found that the results difference with previous works. That is, we showed some properties of the multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences with the new scheme in this paper. For future research, we can start from the finding of other properties of the multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences.

Conclusion

The formulas of multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequences were proved in this paper. For scheme 3, if n is a positive integer and $\alpha_0 = a, \beta_0 = b, \gamma_0 = c$, we get $\alpha_{2n-1} = \beta_{2n-1} = \gamma_{2n-1} = a^{7^{n-1}} b^{7^{n-1}} c^{7^{n-1}}$,
 $\alpha_{2n} = a^{1+2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} b^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} c^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i}$, $\beta_{2n} = a^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} b^{1+2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} c^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i}$ and $\gamma_{2n} = a^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} b^{2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i} c^{1+2\sum_{i=0}^{n-1} 7^i}$.

Moreover, we get $\prod_{i=1}^n \alpha_{2i-1} = \prod_{i=1}^n \beta_{2i-1} = \prod_{i=1}^n \gamma_{2i-1} = (abc)^{\frac{7^n-1}{6}}$, $\prod_{i=1}^n \alpha_{2i} < a^{n+\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} b^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} c^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}}$,
 $\prod_{i=1}^n \beta_{2i} < a^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} b^{n+\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} c^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}}$ and $\prod_{i=1}^n \gamma_{2i} < a^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} b^{\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}} c^{n+\frac{n(7^{n-1}-1)}{3}}$.

Acknowledgments

Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi support this research under the research grant number IRF62A0606. This work is a part of an activity defined in Memorandum of Understanding (MOU) between Faculty of Science, Hokkaido University Japan and Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology, Thailand.



References

1. Tanaka Y, Mimura M, Ninomiya H. A reaction diffusion model for understanding phyllotactic formation. *J Ind Appl Math* 2016;33(1):183-205.
2. Atanassov KT, Atanassov V, Shannon AG, Turner JC. *New visual perspectives on Fibonacci numbers*. World Scientific; 2002.
3. Atanassov KT. On a second new generalization of the Fibonacci sequence. *Fibonacci Q* 1986;24(4):362-5.
4. Atanassov KT. Remark on a new direction for a generalization of the Fibonacci sequence. *Fibonacci Q* 1995;33(3):249-50.
5. Atanassov KT. Pulsating Fibonacci sequences. *Notes Number Theory Discrete Math* 2013;19(3): 12-14.
6. Lee JZ, Lee JS. Some properties of the generalization of the Fibonacci sequence. *Fibonacci Q* 1987;25(2):111-17.
7. Suvarnamani A, Koyram S. Multiplicative pulsated Fibonacci sequence part 2. *Univers J Appl Math* 2015;3(5):89-93.
8. Suvarnamani A, Tatong M. Multiplicative pulsating 3-Fibonacci sequence. *Math J* 2016;61 (688):15-25.
9. Suvarnamani A. On the multiplicative pulsating n-Fibonacci sequence. *SNRUJST* 2017;9(2):502-8.
10. Halıcı S, Karatas A. On complex pulsating Fibonacci sequence. *Konuralp J Math* 2019;7(2) :274-8.



สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน และลักษณะทางประสาทสัมผัสของ ขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่บางส่วน

Bioactive compounds, antioxidant activities and sensory characteristics of sandwich bread partially substituted with riceberry rice flour

สุพิชญา คำคม

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

พระนครศรีอยุธยา 13000

Supichaya Khumkhom

Division of Home Economics, Faculty of Science and Technology,

Phranakorn Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakorn Si Ayutthaya, 13000

Received: 18 October 2021/ Revised: 20 December 2021/ Accepted: 24 December 2021

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิช จากการศึกษาพบว่า แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และแอมมา-ออริซานอล เท่ากับ 79.28, 8.02, 3.81, 1.55, 7.34 g/100 g และ 30.95 mg/100 g ตามลำดับ จากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิช พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 20 ได้รับความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคสูงสุด ($p < 0.05$) มีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และแอมมา-ออริซานอล เท่ากับ 47.88, 8.88, 4.67, 0.85, 37.75 และ 19.15 มิลลิกรัม โดยให้พลังงานทั้งหมด 270 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม เมื่อนำแป้งสาลีมาทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด พบว่าการเพิ่มระดับการทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่จากร้อยละ 0 ถึง 30 จะส่งผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ขนมปังเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระดับร้อยละ 20 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งหมด ฟลาโวนอยด์รวมทั้งหมด และแอนโทไซยานินรวมทั้งหมด เท่ากับ 115.94 mg GAE/100 g, 85.77 mg RE/100 g, 17.57 mg CyGE/100 g ตามลำดับ และมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH, ABTS, FRAP และ reducing power เท่ากับ 65.43, 116.96, 139.93 mg TE/100 g และ 97.72 mg AAE/100 g ตามลำดับ

คำสำคัญ: ขนมปังแซนด์วิช แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ



Abstract

This study investigated the effects of partially substituted of wheat flours with riceberry rice flour (RBF) on the bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory acceptance of sandwich bread (SWB). RBF had the highest nutritional value with carbohydrate, protein, fat, ash, moisture and γ -oryzanol content at 79.28, 8.02, 3.81, 1.55, 7.34 g/100 g and 30.95 mg/100 g sensory evaluation, it was found that sandwich bread made from RBF in substitution of 20% wheat flour earned the highest consumer overall liking acceptance score ($p \leq 0.05$). One hundred RSWB grams of the having 20% (RBF) had proximate values of carbohydrate (47.88 g), protein (8.88 g), fat (4.67 g), ash (0.85 g), moisture (37.75 g) and γ -oryzanol (19.15 mg), with total calories (270 kcal/100 g). Partially substitution of wheat flour with Riceberry rice flour (RBF) with increasing concentration 10, 20 and 30% (by wheat flour weight) resulted higher total phenolic content, total flavonoid content, total anthocyanin content and DPPH, ABTS, and FRAP free radical scavenging capacity. Sensory evaluation showed 20% (RBF) was an optimum concentration with corresponding total phenolic content, total flavonoid content, total anthocyanin content had 115.94 mg GAE/100 g, 85.77 mg RE/100 g, 17.57 mg CyGE/100 g, respectively and DPPH, ABTS, and FRAP free radical scavenging capacity of 65.43, 116.96, 139.93 mg TE/100 g and 97.72 mg AAE/100 g, respectively.

Keywords: Sandwich bread, Riceberry rice flour, Antioxidant activities, Bioactive compounds

บทนำ

ขนมปัง (bread) จัดเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่นิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวางทั่วโลก รวมทั้งในประเทศไทย ขนมปังแซนด์วิช (sandwich bread) หรือขนมปังปอนด์ (loaf bread) มีปริมาณไขมันร้อยละ 3 ถึง 6 และมีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 10 ถึง 14 รวมทั้งยังมีรสชาติที่ดี ลักษณะของขนมปังเกิดจากการขึ้นฟูได้ด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ยีสต์ผลิตขึ้นมาจากกระบวนการหมัก (fermentation) [1] ซึ่งกรรมวิธีการผลิตขนมปังได้จากการนำแป้งสาลีมาผสมกับน้ำแล้วนวดรวมกันจนได้เป็นลักษณะที่เรียกว่า โด (dough) คือ มีลักษณะเป็นก้อนสีขาวนวลหรือสีเข้มตามชนิดของแป้งที่ใช้ สามารถจับเป็นก้อนและขึ้นรูปทรงต่าง ๆ ได้ตามความต้องการ จนกระทั่งนำเข้าเตาอบให้สุกจึงเรียกว่าขนมปัง มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักและส่วนผสมที่ใช้ ขนมปังมีส่วนผสมหลัก ได้แก่ แป้งสาลี น้ำยีสต์ และเกลือ [2] ขนมปังที่มีคุณภาพดีจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม สามารถรับประทานกับเนย แยม และแซนด์วิช

สเปรตได้อย่างหลากหลาย ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบไปด้วยแป้งที่ย่อยง่าย เมื่อรับประทานไปในปริมาณที่มากส่งผลให้ดัชนีน้ำตาลในเลือดสูง (Glycemic index, GI) และส่งผลต่อสุขภาพได้ในอนาคต ซึ่งเป็นปัญหาสุขภาพที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ก่อให้เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่าง ๆ ได้ เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน และโรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น ส่วนใหญ่ขนมปังที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาดมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำและใยอาหารน้อย จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดและต้องการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับขนมปังแซนด์วิชโดยการทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

ข้าว (*Oryza sativa* L.) จัดว่าเป็นเมล็ดธัญพืชที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ และเป็นอาหารหลักของประชากรกว่าครึ่งโลก แม้ส่วนใหญ่จะบริโภคข้าวขาวแต่ในปัจจุบันมีการพัฒนาพันธุ์ข้าวพิเศษที่มีสารสีในส่วนองเมล็ดข้าว เช่น ข้าวดำ ข้าวสีม่วง หรือข้าวแดง ซึ่งสารสีที่เกิดขึ้นประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เรียกว่า สารแอนโทไซยานิน [3]



จากรายงานการวิจัยทางการแพทย์พบว่าสารแอนโทไซยานิน นั้นมีฤทธิ์ในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน [4] ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด และเส้นเลือดอุดตันในสมอง [5] ปัจจุบันบริโภคข้าวสีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพสูงกว่าข้าวขาว เพราะข้าวขาวที่ผ่านกระบวนการขัดสีจะสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เช่น เถ้า โปรตีน ไขมัน และใยอาหาร ในขณะที่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (riceberry rice) เป็นข้าวสายพันธุ์ลูกผสมระหว่างข้าวหอมนิล และข้าวหอมมะลิ 105 ซึ่งเป็นที่รู้จักกันว่าอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าข้าวหอมนิล และข้าวหอมมะลิ 105 เป็นข้าวที่มีสีที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง รวมทั้งยังอุดมไปด้วยสารแกมมา-โอไรซานอล (γ -Oryzanol) ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพตัวหนึ่งที่สำคัญ และมีประโยชน์ในทางการแพทย์และทางเภสัชวิทยามากมาย [6] รวมทั้งยังมีสารในกลุ่มของแอนโทไซยานิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (Cyanidin-3-glucoside) และพีโอนิดิน-3-กลูโคไซด์ (Peonidin-3-glucoside) รวมทั้งยังมีสารประกอบฟีนอลิก และสารประกอบฟลาโวนอยด์ ซึ่งจากรายงานการวิจัย พบว่า ข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ เช่น ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง ลดระดับไขมันในเลือด ต้านการอักเสบ ยับยั้งการเกิดโรคเมอริ่ง และป้องกันโรคตับ รวมทั้งปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ [7, 8] จากประโยชน์ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ในการป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ ของข้าวไรซ์เบอร์รี่จึงถูกนำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายเมนู ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์เค้กึ่งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ [9] ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ซีส ข้าวไรซ์เบอร์รี่ [10] ซาลาเปาแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ [11] และโยเกิร์ตข้าวไรซ์เบอร์รี่ [12] เป็นต้น จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้งในแง่ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิช

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณสารแกมมา-โอไรซานอล

ของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ รวมทั้งศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน และการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิช ซึ่งจากองค์ความรู้ที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ในกลุ่มของขนมปัง อีกทั้งยังเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

เตรียมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่แบบไม่แห้ง ดัดแปลงวิธีการจาก นวพร [13] นำเมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่มาคัดแยกสิ่งสกปรกออกและนำมาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำพอหมาดและเทลงในถาดอบ เกลี่ยเมล็ดข้าวให้กระจายตัวสม่ำเสมอ นำเข้าตู้อบลมร้อนแบบถาด (tray dryer) จนเมล็ดข้าวแห้งสนิท ใช้อุณหภูมิประมาณ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำมาไปโม่แห้งด้วยเครื่องโม่แป้ง (pin mill) และร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานความละเอียดขนาด 100 เมช บรรจุใส่ถุงปิดผนึกสุญญากาศ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2. การวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานในตัวอย่างแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิชที่ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงสุด

นำแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิชข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดมาทำการวิเคราะห์

หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน (proximate compositions) ตามวิธี AOAC 2000 [14] ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน เถ้า ความชื้น ใยอาหาร พลังงาน รวมทั้งการวิเคราะห์สารแกมมา-โอไรซานอล



3. การศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิช

ทำการศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิช จำนวน 4 สูตร ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด โดยส่วนผสมแสดงดังตารางที่ 1 กรรมวิธีการผลิตขนมปังแซนดวิชแบบ 2 ขั้นตอน (สปันจ์โด) โดยดัดแปลงวิธีการมาจากโรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต [15] มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนของการเตรียมส่วนของสปันจ์ เริ่มต้นด้วยการผสมแป้งตามอัตราส่วนในตารางที่ 1 (นำมาร้อยละ 70) กับยีสต์ ด้วยเครื่องผสมแบบสองแขน ในขณะที่ผสมมีการเติมน้ำเย็น และนวดตีส่วนผสมนาน 10 นาที หลังจากนั้นพักก้อน สปันจ์ไว้ในตู้หมักที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 นาน 3-4 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนของการเตรียมโม้ เริ่มต้นจากการร่อนแป้ง (อีกร้อยละ 30) นมผงให้เข้ากัน

และนำน้ำตาลทราย เกลือ และน้ำเย็น มาผสมและคนให้ละลายเข้ากัน ใส่แป้งโดที่เตรียมไว้ในเครื่องนวดสองแขน ค่อย ๆ เติมส่วนผสมของเหลว จากนั้นฉีกสปันจ์ใส่ในส่วนผสมโดนวดจนเข้ากัน สุดท้ายเติมเนยขาวนวดผสมจนก้อนโดเนียน หลังจากนั้นพักก้อนโดในตู้หมัก เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำก้อนแป้งโดออกมาใส่ถาด ตัดแบ่งน้ำหนักคลึงเป็นก้อนกลมให้ผิวเรียบตึง พักไว้ 10 นาที จากนั้นใช้ไม้คลึงก้อนแป้งออกเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม แล้วม้วนเป็นแท่งกลมยาวเท่าพิมพ์ (ขนาด 4 × 12 × 3.6 นิ้ว) ปิดตะเข็บวางในพิมพ์ที่ทำเนยขาวแล้ว หลังจากนั้นพักก้อนโดในตู้หมักประมาณ 45 นาที นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ประมาณ 30-40 นาที นำขนมปังแซนดวิชออก พักไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำเข้าเครื่องสไลด์ขนมปังมีขนาดความหนา 1 เซนติเมตร และจัดเก็บใส่ถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนเพื่อนำไปวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชัน และการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมและปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับที่แตกต่างกัน

Ingredient	% Riceberry rice flour (RBF)			
	0 (RBF0)	10 (RBF10)	20 (RBF20)	30 (RBF30)
Sponge Method				
Bread flour (g)	300	270	240	210
Rice berry flour (g)	-	30	60	90
Cold Water (g)	165	165	165	165
Yeast (g)	3	3	3	3
Dough Method				
Bread flour (g)	200	180	160	140
Rice berry flour (g)	-	20	40	60
Milk powder (g)	20	20	20	20
Sugar (g)	25	25	25	25
Salt (g)	3	3	3	3
Cold water (g)	160	160	160	160
Shortening (g)	25	25	25	25



4. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และแอนโทไซยานินทั้งหมด ในผลิตภัณฑ์ขนมปังแช่แข็ง

นำผลิตภัณฑ์ขนมปังแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 4 ระดับ (ร้อยละ 0-30) จากข้อ 3 นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานความละเอียดขนาด 100 เมช และเก็บตัวอย่างผงขนมปังแช่แข็งในถุงลามิเนทกันความชื้นที่ -20 องศาเซลเซียส การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างผงขนมปังแช่แข็งตามวิธีการของ Kubola [16] โดยชั่งตัวอย่างผงขนมปังแช่แข็งหนัก 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร ร้อยละ 80 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร (สำหรับวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฟลาโวนอยด์ทั้งหมด) ในขณะที่การเตรียมสารสกัดสำหรับการวิเคราะห์แอนโทไซยานินทั้งหมด นำตัวอย่างผงขนมปังแช่แข็งหนัก 5 กรัม มาสกัดด้วย acidified methanol (methanol: 1M HCl (85:15, ปริมาตรต่อปริมาตร)) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และนำตัวอย่างสารสกัดไปปั่นหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา นาน 10 นาที [17] หลังจากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้มาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (PerkinElmer UV/VIS spectrometer Lambda 25, USA) ตามวิธีการของ Kubola และคณะ [16] และ Belwal และคณะ [17] และคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (Gallic acid equivalent: GAE) ในรูปของมิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งขนมปังแช่แข็ง (mg GAE/100g) [18] และคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานของรูทีน (Rutin equivalent: RE) ในรูปของมิลลิกรัมสมมูลย์ของรูทีนต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งขนมปังแช่แข็ง (mg RE/100g) [19] ในขณะที่สารแอนโทไซยานินทั้งหมดคำนวณในรูปของมิลลิกรัมสมมูลย์ของไซยานิดิน 3

กลูโคไซด์ (Cyaniding-3-glucoside equivalent: CyGE) ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งขนมปังแช่แข็ง (mg CyGE/100g) [16] โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

5. การศึกษาฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ขนมปังแช่แข็ง

นำสารละลายที่สกัดได้จากข้อ 4 มาทดสอบฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH, FRAP, ABTS และ Reducing power ตามวิธีการของ Kubola และคณะ [16] และ Gao และคณะ [18] และคำนวณหาฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันในรูปของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรล็อกซ์ (Trolox equivalent, TE) ต่อ 100 กรัมขนมปังแช่แข็ง (mg TE/100 g) และคำนวณในรูปของมิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid equivalent, AAE) ต่อ 100 กรัมขนมปังแช่แข็ง (mg AAE/100 g) ตามลำดับ และทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

6. การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังแช่แข็ง

นำผลิตภัณฑ์ขนมปังแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด มาประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 9 (9 = ชอบมากที่สุด ถึง 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาในสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่าง



ของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version (SPSS Inc., USA)

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ปริมาณ 100 กรัม พบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 79.28 กรัม ไขมัน 3.81 กรัม โปรตีน 8.02 กรัม ความชื้น 7.34 กรัม และเถ้า 1.55 กรัม ในขณะที่การวิเคราะห์สารแกมม่า-ออริซานอลในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่ามีปริมาณสารแกมม่า-ออริซานอลเท่ากับ 30.95 มิลลิกรัม (ตารางที่ 2)

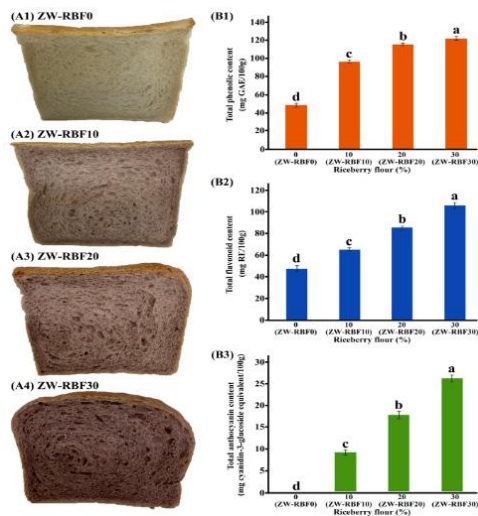
ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

Chemical composition	Rice berry flour (100 g)
Carbohydrate (g)	79.28
Fats (g)	3.81
Protein (g)	8.02
Moisture (g)	7.34
Ash (g)	1.55
γ-oryzanol (mg)	30.95

2. ผลของปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิช

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชที่พัฒนาขึ้นมาใหม่โดยการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ใน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 30 มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพที่

1B1-1B3) โดยผลิตภัณฑ์แซนด์วิชที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 49.07, 96.91, 115.95 และ 122.59 mg GAE/100 g ตามลำดับ หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 1.97-2.5 เท่า (ภาพที่ 1B1) และมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 47.87, 65.58, 85.77 และ 106.15 mg RE/100g ตามลำดับ หรือเพิ่มขึ้น 1.37-2.22 เท่า (ภาพที่ 1B2) ในขณะที่มีปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 0.00, 8.99, 17.57 และ 25.98 mg CyGE/100 g ตามลำดับ (ภาพที่ 1B3) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณการทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

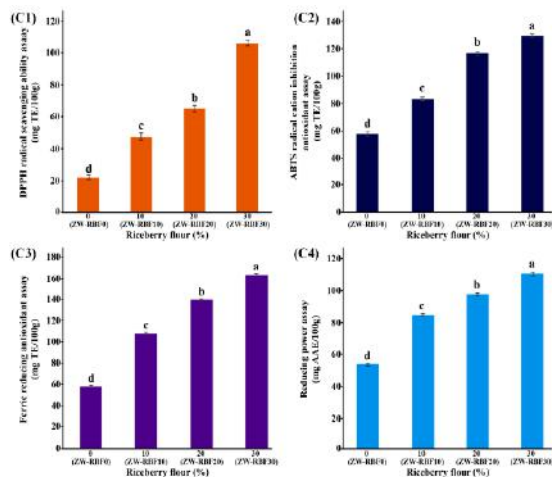


ภาพที่ 1 ผลผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิชที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ร้อยละ 0 (A1, ZW-RBF0), 10 (A2, ZW-RBF10), 20 (A3, ZW-RBF20) และ 30 (A4, ZW-RBF30) ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (B1) สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (B2) และสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (B3) ในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิชที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับที่แตกต่างกัน

3. ผลของปริมาณของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมต่อฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิช

ผลการทดสอบฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิชเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH, FRAP, ABTS และ Reducing power โดยการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด) แสดงดังภาพที่ 2 พบว่าการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 30 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิชมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) (ภาพที่ 2) การทดสอบฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH พบว่าผลิตภัณฑ์แซนดวิชมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน

เพิ่มขึ้นจาก 22.33 เป็น 106.51 mg TE/100 g (ภาพที่ 2 C1) ในขณะที่การทดสอบด้วยวิธี ABTS ผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิชมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นจาก 57.71 เป็น 130.01 mg TE/100 g (ภาพที่ 2 C2) ส่วนการทดสอบด้วยวิธี FRAP เพิ่มขึ้นจาก 58.36 เป็น 163.78 mg TE/100 g (ภาพที่ 2 C3) และการทดสอบด้วยวิธี Reducing Power เพิ่มขึ้นจาก 53.66 เป็น 110.69 mg AAE/100 g (ภาพที่ 2 C4) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิชที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณเพิ่มขึ้น มีผลทำให้มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผันแปรตามปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนดวิช



ภาพที่ 2 ประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันด้วยทดสอบด้วยวิธี DPPH (C1), FRAP (C2) , ABTS (C3) และ reducing power (C4) ในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับที่แตกต่างกัน

4. ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับที่แตกต่างกัน

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0-30) พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสได้แก่ ด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ทั้งนี้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 20 มีค่าคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสเฉลี่ยในทุกด้านสูงกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระดับร้อยละ 0, 10 และ 30 ของปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด และมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.54, 8.48, 8.95, 8.79, 8.80 และ 8.68 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับที่แตกต่างกัน

Riceberry rice flour (%)	Sensorial analysis of Sandwich using different proportions of RBF					
	Appearance	Colour	Odor	Flavor	Texture	Overall acceptance
0 (Control)	7.06±0.32b	6.94±0.47c	7.21±0.93c	7.32±0.71bc	7.22±0.56c	7.81±0.78c
10	7.11±0.53b	7.59±0.83b	7.40±0.63b	7.59±0.67b	7.58±0.65b	8.21±0.85b
20	8.54±0.38a	8.48±0.41a	8.95±0.34a	8.79±0.30a	8.80±0.21a	8.68±0.41a
30	6.44±0.52d	6.37±0.63d	6.18±1.27d	6.82±0.94d	6.98±0.71d	7.46±0.49d

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



5. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 20

ของส่วนผสมแป้งทั้งหมด หน้า 100 กรัม พบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรต หน้า 47.88 กรัม ไขมัน หน้า 4.67 กรัม โปรตีน หน้า 8.88 กรัม ความชื้น หน้า 37.72 กรัม เถ้า หน้า 0.85 กรัม โยอาหารทั้งหมด หน้า 1.15 กรัม และแกมมา-ออริซานอล หน้า 19.95 มิลลิกรัม (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังแซนด์วิชทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 20

Chemical composition	Riceberry bread (100 g)
Total calories (kcal)	270.00
Carbohydrate (g)	47.88
Fat (g)	4.67
Protein (g)	8.88
Moisture (g)	37.72
Ash (g)	0.85
Total dietary fiber (g)	1.51
γ -oryzanol (mg)	19.75

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ขนมปังแซนด์วิชเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ได้รับความนิยมรับประทานกันอย่างกว้างขวาง และจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งขนมปังแซนด์วิชที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปมักจะมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อนำไปใช้ในทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิช พบว่าในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ หน้า 100 กรัม มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต หน้า 79.28 กรัม ไขมัน หน้า 3.81 กรัม โปรตีน หน้า 8.02 กรัม ความชื้น หน้า 7.34 กรัม และเถ้า หน้า 1.55 กรัม ซึ่งจากผลการทดลองนี้ได้ผลแตกต่างกันเล็กน้อยกับการรายงานของ Kraithong และคณะ [20] ที่มีปริมาณของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนน้อยกว่า (77.06, 3.60 และ 7.54 กรัม ตามลำดับ) ในขณะที่ Tangsrianugul และคณะ [3] ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของพันธุ์ข้าวไทยมีสี พบว่ามีปริมาณโปรตีนและไขมันมากกว่า (8.65 และ 4.35 กรัม ตามลำดับ) แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่า โดยความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจจะเนื่องมาจากสภาพ

ภูมิประเทศของการเพาะปลูก สภาพและความอุดมสมบูรณ์ดินในพื้นที่ รวมทั้งกระบวนการผลิตแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่จากการทดลองของ Prangthipa และคณะ [8] พบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่มีสีที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลายชนิด ได้แก่ สารอัลฟา-โทโคฟีรอล แกมมา-ออริซานอล โพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน (ได้แก่ cyanidin-3-glucoside และ peonidin-3-glucoside) ซึ่งสารเหล่านี้มีฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS [11] และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณแกมมา-ออริซานอล (γ -oryzanol) ในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่ามีสารแกมมา-ออริซานอลเท่ากับ 30.95 mg/100 g ซึ่งแกมมา-ออริซานอลเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญที่ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ป้องกันโรคเบาหวาน และป้องกันโรคมะเร็ง ดังนั้นจากการทดลองนี้ช่วยสนับสนุนการใช้วัตถุดิบแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิช ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและการเพิ่มฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันอีกด้วย



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชโดยการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับที่แตกต่างกัน พบว่าการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็น 30 ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินทั้งหมดในผลิตภัณฑ์แซนด์วิชมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 49.07 เป็น 122.59 mg GAE/100 g และมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น 47.87 เป็น 106.15 mg RE/100 g ในขณะที่มีปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 0.00 เป็น 25.98 mg CyGE/100 g จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณการทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารแอนโทไซยานินเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญที่พบมากในแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ได้แก่ protocatechuic acid, ferulic acid และ cyanidin-3-glucoside สอดคล้องกับรายงานวิจัยของวิจิตรา และคณะ [21] พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยหอมเขียวเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 30 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเพิ่มขึ้นจาก 25.64 เป็น 35.71 mg GAE/100 g ในขณะที่ เพียรพรรณ และคณะ [22] ได้ทำการศึกษานขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องแดงที่ร้อยละ 0 ถึง 20 พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินเพิ่มสูงขึ้นจาก 42.04 เป็น 61.98 mg GAE/100 g และจาก 0.00 เป็น 19.39 mg CyGE/100 g ตามลำดับ และ Ranok และคณะ [10] ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 0 ถึง 100 พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นจาก 292.7 เป็น 812.70 mg GAE/100 g และจาก 0.00 เป็น 387.70 mg CyGE/100 g ตามลำดับ นอกจากนี้ Langs และคณะ [23] ได้ทำการศึกษผลิตภัณฑ์เค้กปราศจากกลูเตนที่เตรียมจากแป้งข้าวสีต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวสีน้ำตาล ข้าวสีดำ และข้าว

สีแดง พบว่าเค้กที่เตรียมจากข้าวสีดำมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด (550.86 $\mu\text{g/g}$) รองลงมาคือเค้กข้าวสีแดง (351.16 $\mu\text{g/g}$) และเค้กข้าวสีน้ำตาล (262.78 $\mu\text{g/g}$) ในขณะที่ Chlopicka และคณะ [24] ทำการศึกษาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในขนมปังธัญพืชที่เตรียมด้วยแป้งธัญพืช 3 ชนิดคือ แป้งบัควีท แป้งเมล็ดผักโขม และแป้งควินัว (ร้อยละ 15 และ 30 ของปริมาณส่วนผสมแป้งสาลี) พบว่าขนมปังที่ผลิตจากแป้งเมล็ดผักโขมร้อยละ 30 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดจาก 20.3 (ค่าปรับควบคุม) เป็น 34.9 $\mu\text{g/g}$ รองลง คือขนมปังบัควีทและขนมปังจากแป้งควินัวเท่ากับ 33.4 และ 28.7 $\mu\text{g/g}$ ตามลำดับ ดังนั้นจากการศึกษานี้จึงสรุปได้ว่าการใช้ข้าวมีสีมีศักยภาพ และเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญสำหรับการนำมาใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

การทดสอบฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิชที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระดับ (ร้อยละ 0-30) เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH, FRAP, ABTS และ Reducing power พบว่าการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แซนด์วิชมีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้น การทดสอบด้วยวิธี DPPH มีค่าเท่ากับ 22.33-106.51 mg TE/100g ในขณะที่การทดสอบด้วยวิธี ABTS มีค่าเท่ากับ 57.71-130.01 mg TE/100g ส่วนการทดสอบด้วยวิธี FRAP มีค่าเท่ากับ 58.36-163.78 mg TE/100g และการทดสอบด้วยวิธี Reducing Power assay มีค่าเท่ากับ 53.66-110.69 mg AAE/100g จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์แซนด์วิชที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้มีประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้น โดยผันแปรตามปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และสารแอนโทไซยานินทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ขนมปังแซนด์วิช ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Junejo และคณะ [25] ได้ทำการทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของขนมปังเสริมผงผักโขมด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS พบว่าการทดแทนผงผักโขมในปริมาณที่



เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง 3 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ขมปังมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) จาก 21.15 เป็น 49.45 $\mu\text{M TE}/100\text{g}$ (DPPH) จาก 210.88 เป็น 288.90 $\text{mg TE}/100\text{ g}$ (FRAP) และจาก 57.25 เป็น 78.43 $\mu\text{M TE}/100\text{ g}$ (ABTS) แสดงให้เห็นว่าการเติมผงผักโขมช่วยเสริมฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน เนื่องจากในผักโขมอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น polyphenols, lutein, lycopene, α -carotene, γ -tocopherol และ α -tocopherol รวมทั้งยังสอดคล้องกับการรายงานการวิจัยของ เพียรพรหม และคณะ [22] ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH ในผลิตภัณฑ์ขมปังที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิแดง พบว่าปริมาณการทดแทนที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ถึง 20 มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จาก 20.96 เป็น 42.14 $\mu\text{M TE}/100\text{ g}$

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ขมปังแช่แข็งที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระดับ (ร้อยละ 0-30) พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 20 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ขมปังแช่แข็งที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ร้อยละ 20 มีลักษณะเนื้อสีม่วงอ่อน และมีคุณภาพใกล้เคียงกับขมปังแช่แข็งสูตรควบคุม รวมทั้งผู้ทดสอบชิมให้ความสนใจเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้งในเรื่องของปริมาณสารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพที่จะได้รับเมื่อรับประทานเข้าไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ Robles-Ramírez และ Ortega-Robles [26] ซึ่งเป็นที่พึงพอใจของผู้ทดสอบทางด้านมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าผลิตภัณฑ์แช่แข็งเนื้อสีขาว ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แช่แข็งที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 พบว่ามีลักษณะเนื้อสีม่วงเข้มคล้ำมากเกินไป เนื้อสัมผัสมีลักษณะเนื้อแน่นมากขึ้น ผนังเซลล์และโพรง

อากาศเล็กกลังไม่สม่ำเสมอ ปริมาตรลดลง สาเหตุเหล่านี้เนื่องมาจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแป้งที่ปราศจากกลูเตน เมื่อทดแทนในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้โปรตีนกลูเตนลดลง ทั้งนี้กลูเตนเป็นโปรตีนที่มีอยู่ในแป้งสาลีที่มีสมบัติช่วยในการยึดหยุ่น และช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดรวมกับสารประกอบอื่น (binding power) รวมทั้งการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ภายในเซลล์ลดน้อยลง [27] ส่งผลทำให้โครงสร้างของขมปังไม่ดี ทำให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับน้อยสุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Mau และคณะ [28] การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศในผลิตภัณฑ์ขมปังปริมาณที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0-15)

สรุปข้อมูลจากงานวิจัยนี้พบว่า แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณองค์ประกอบเคมีพื้นฐานหรือสารอาหารสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและมีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันที่เหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขมปังแช่แข็งด้วยการทดแทนแป้งสาลี จากการวิจัยปริมาณที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ คือ ร้อยละ 20 ได้รับคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของขมปังแช่แข็งหนัก 100 กรัม ประกอบด้วยมีคาร์โบไฮเดรตหนัก 47.88 กรัม ไขมันหนัก 4.67 กรัม โปรตีนหนัก 8.88 กรัม ความชื้นหนัก 37.72 กรัม เถ้าหนัก 0.85 กรัม และแกมมา-ออร์นิทานอลหนัก 19.95 มิลลิกรัม รวมทั้งมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (115.95 $\text{mg GAE}/100\text{ g}$) ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (85.77 $\text{mg RE}/100\text{ g}$) และสารแอนโทไซยานิน (17.57 $\text{mg CyGE}/100\text{ g}$) และมีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH, FRAP, ABTS และ Reducing power เท่ากับ 65.43, 116.96, 139.93 $\text{mg TE}/100\text{ g}$ และ 97.72 $\text{mg AAE}/100\text{ g}$ ตามลำดับ ดังนั้นจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขมปังแช่แข็งชนิดใหม่ขึ้นมา จึงช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชัน



กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่ได้อำนวยความสะดวกเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Zhou W, Hui YH. Bakery products Science and Technology. 2nd ed. USA: John Wiley & Sons, Ltd.; 2014.
- Gao J, Weibiao Z. Oral processing of bread: Implications of designing healthier bread products. Trends Food Sci 2021;112:720-34.
- Tangsrianugul N, Wongsagonsup R, Manop S. Physicochemical and rheological properties of flour and starch from Thai pigmented rice cultivars. Int J Biol Macromol 2019;137:666-75.
- Dias ALDS, Pachikian B, Larondelle Y, Joëlle QL. Recent advances on bioactivities of black rice. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2017;20(6):470-76.
- Junga YK, Jooa KS, Rhob SJ, Yong-Ro K. pH-dependent antioxidant stability of black rice anthocyanin complexed with cycloamylose. LWT- Food Sci Technol 2020;129:109474.
- Wiriawattana P, Suwonsichon S, Thongchai S. Effects of drum drying on physical and antioxidant properties of riceberry flour. Agric Nat Resour 2018;52:445-50.
- Leardkamolkarn V, Thongthep W, Suttiarporn P, Kongkachuichai R, Wongpornchai S, Apichart W. Chemo preventive properties of the bran extracted from a newly-developed Thai rice: The Riceberry. Food Chem 2011;283:978-85.
- Prangthipa P, Surasianga R, Charoensiria R, Leardkamolkarn V, Komindr S, Yamborisuta U, Vanavichitd A, Ratchanee K. Amelioration of hyperglycemia, hyperlipidemia, oxidative stress and inflammation in steptozotocin-induced diabetic rats fed a high fat diet by riceberry supplement. J Funct Foods 2013;5:195-03.
- Laokuldilok N, Surin S, Nanthina D. Effect of using riceberry flour and xanthan gum on physical properties and estimated glycemic index of steamed rice cakes: optimization by D-optimal mixture design approach. J Food Sci Technol [Internet]. [cited 2021 Oct 1]. Available from <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05067-8.pdf>
- Ranok A, Dissamal P, Kupradit C, Khongla C, Musika , Seksan M. Physicochemical properties and antioxidant activity of gluten-free riceberry-cheese cracker under simulated gastrointestinal transit. J Food Sci Technol 2021;58(7):2825-33.
- สุพิชญา คำคม. ผลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ซาลาเปา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2563;28(11):2025-38.
- Anuyahong T, Chusak C, Sirichai A. Incorporation of anthocyanin-rich riceberry rice in yogurts: effect on physicochemical properties, antioxidant activity and in vitro gastrointestinal digestion. LWT-Food Sci Technol 2020;129: 109571.
- นวพร หงส์พันธุ์, กิรติ เงินสมบัติ, อินทุพร รัตนพิบูลย์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมมาลั่วจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 2562;24(2):782-94.
- AOAC association. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, Inc.; 2000.



15. โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต. หลักสูตร การฝึกอบรม 65 ชั่วโมง : ขนมปังและพาย. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต; 2554.
16. Kubola J, Siriamornpun S, Naret M. Phytochemical, vitamin C and sugar content of Thai fruits. Food Chem 2011;126:972-81.
17. Belwal T, Dhyani P, Bhatt ID, Rawal RS, Veena P. Optimization extraction conditions for improving phenolic content and antioxidant activity in *Berberis asiatica* fruits using response surface methodology (RSM). Food Chem 2016;207:115-24.
18. Gao QH, Wu PT, Liu JR, Wu CS, Parry JW, Min W. Physico-chemical properties and antioxidant capacity of different jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) cultivars grown in loess plateau of China. Sci Hort 2011;130:67-72.
19. Shao Y, Xu F, Sun X, Bao J, Trust B. Identification and quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperm of white, red and black rice kernels (*Oryza sativa* L.). J Cereal Sci 2014;59:211-18.
20. Kraithong S, Lee S, Saroat R. Physicochemical and functional properties of Thai organic rice flour. J Cereal Sci 2018;79:259-66.
21. วิจิตรรา เหลี้ยวตระกูล, วชิรญา เหลี้ยวตระกูล, วรภา วงศ์แสงธรรม, รัตนา หงษ์บุญเรือง, สรวิศ สิงห์ท้วม. ผลของปริมาณแป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อคุณลักษณะของขนมปัง. วารสารวิชาการและงานวิจัย มทร. พระนคร 2564;15(1):1-13.
22. เพียรพรรณ สุภาโคตร, ศิวพร แซ่เล้า, อรวรรณ ไบศิลา. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง. วารสารเกษตรพระวรุณ 2563;17(2): 273-87.
23. Langa GH, Kringel DH, Acunha TDS, Ferreira CD, Dias ARG, Zavareze EDR, Mauricio DO. Cake of brown, black and red rice: influence of transglutaminase on technological properties, in vitro starch digestibility and phenolic compounds. Food Chem 2020;318:126480.
24. Chlopicka J, Pasko P, Gorinstein S, Jedryas A, Pawel Z. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. LWT- Food Sci Technol 2012 ;46: 548-55.
25. Junejo SA, Rashid A, Yang L, Xu Y, Kraithong S, Yibin Z. Effects of spinach powder on the physicochemical and antioxidant properties of durum wheat bread. LWT- Food Sci Technol 2021;150:112058.
26. Robles-Ramírez MDC, Ortega-Robles E, Monterrubio-Lopez R, Mora-Escobedo R, María del Carmen BO. Barley bread with improved sensory and antioxidant properties. Int J Gastron Food Sci 2020;22:100279.
27. Ma J, Kaori F, Ma L, Gao M, Dong C, Wang J, Guangzhong L. The effects of extruded black rice flour on rheological and structural properties of wheat-based dough and bread quality. Int J Food Sci 2019; 54:1729-40.
28. Mau JL, Lee CC, Yang CW, Chen RW, Zhang QF, Sheng-Dun L. Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of bread partially substituted with aerial parts of sweet potato. LWT- Food Sci Technol 2020;117:108602.



ความคงตัวของชีวภาพของเพปไทด์ไฮโดรไลเซตจากรำข้าวระหว่างการแปรรูปและ
การเก็บรักษาในเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลอง
Bio-stability of peptide hydrolysate from rice bran during processing and
storage in functional drink model

กุลรภัท วชิรศิริ* โศรดา วัลภา และ ยุทธศักดิ์ สุกการี

ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ (ศนอ.) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
ปทุมธานี 12120

Kulraphat Wachirasiri*, Sorada Wanlapa and Yuttasak Subkaree

Expert Centre of Innovative Health Food (InnoFood), Thailand Institute of Scientific and
Technological Research (TISTR), Pathum Thani 12120

Received: 24 November 2021/ Revised: 25 December 2021/ Accepted: 27 December 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความคงตัวของชีวภาพของเพปไทด์ไฮโดรไลเซตจากรำข้าวในระหว่างการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มฟังก์ชันจำลอง ประกอบด้วยสภาวะที่มีปริมาณน้ำตาลในช่วง 0-15 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่เอชในช่วง 3.5-7.0 และเมื่อผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และระดับสเตอริไรส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นรวมกับการให้ความร้อนมีผลทำให้เครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองมีปริมาณฟีนอลิก ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นจาก 3.5 เป็น 7.0 มีผลทำให้เครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองที่มีน้ำตาลมีปริมาณฟีนอลิก ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในขณะที่เครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองที่ไม่มีน้ำตาลพบว่าการเปลี่ยนแปลง เมื่อพีเอชของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แต่ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระลดลงหลังให้ความร้อนในระดับสเตอริไรส์ที่พีเอช 3.5-4.5 การเก็บรักษาเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่าไม่ทำให้ปริมาณฟีนอลิก ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเกิดการเปลี่ยนแปลง ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซตที่ผลิตได้จากรำข้าวมีความคงตัวของชีวภาพสูงทั้งต่อการแปรรูปและการเก็บรักษา ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารฟังก์ชัน

คำสำคัญ: รำข้าว เพปไทด์ไฮโดรไลเซต ความคงตัวของชีวภาพ การกำจัดอนุมูลอิสระ เครื่องดื่มฟังก์ชันจำลอง



Abstract

The objective of this study is to investigate the bio-stability of peptide hydrolysate from rice bran in functional drink model subjected to different processing conditions, including addition of 0-15% (w/v) sugar, pH 3.5-7.0, moderate heat treatment of pasteurization at 63°C for 30 min and severe heat treatment of sterilization at 121°C for 15 min. The bio-stability during storage at 5°C for 28 days was also evaluated. The increases in sugar contents in the formulations and heat treatment resulted in the significant increases in total phenolic content (TPC), DPPH antioxidant activity and ferric reducing antioxidant power (FRAP) ($p \leq 0.05$). Considering only samples with sugar addition, TPC, DPPH antioxidant activity and FRAP of functional drink model decreased significantly with higher pH ($p \leq 0.05$). Pasteurization had no significant effect on TPC, DPPH antioxidant activity and FRAP, regardless of pH levels between 3.5 and 7.0 while those without sugar addition and having pH between 3.5 and 4.5 tended to have lower DPPH antioxidant activity after sterilization. No significant losses of TPC, DPPH antioxidant activity and FRAP throughout the 28 days of storage at 5°C. The results suggested that the peptide hydrolysate from defatted rice bran had high bio-stability during both processing and storage and it can be used as functional ingredient in food products thereby enriching them with bioactive compounds

Keywords: Rice bran, Peptide hydrolysate, Bio-stability, Free radical scavenging activity, Functional drink model

บทนำ

อาหารฟังก์ชัน (functional food) เป็นอาหารที่มีส่วนประกอบของสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ทำให้สุขภาพดีขึ้น ตลาดอาหารฟังก์ชันมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยมีแรงขับเคลื่อนมาจากความกังวลเกี่ยวกับโรคต่างๆ ที่เกิดขึ้น วิธีการใช้ชีวิตหรือพฤติกรรม การดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป ความรู้ความเข้าใจ เทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง รวมไปถึงอัตราการบริโภคของธุรกิจอาหารฟังก์ชันที่สูงกว่าอาหารทั่วไปเกือบ 3 เท่า ทำให้ดึงดูดผู้ประกอบการเข้ามาผลิตอาหารฟังก์ชันกันมากขึ้นเรื่อยๆ [1] เพปไทด์ไฮโดรไลเซตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยโปรตีนโมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีขนาดโมเลกุลเล็กมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ลดความดัน ลดคอเลสเตอรอล ด้านเซลล์มะเร็ง ยับยั้งเอนไซม์ Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) กระตุ้นภูมิคุ้มกัน ลดการอักเสบ กระตุ้นการทำงานของสมอง ปรับภูมิคุ้มกันเซลล์ ควบคุมสื่อประสาท ลดความเสี่ยงจากโรคหลอดเลือด และยับยั้งปฏิกิริยา lipid

peroxidation เป็นต้น [2-6] ด้วยเหตุนี้เพปไทด์ไฮโดรไลเซตจึงได้รับความสนใจนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารฟังก์ชันกันมากขึ้น

ความคงตัวของชีวภาพของเพปไทด์ไฮโดรไลเซตในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญ ฤทธิ์ทางชีวภาพของเพปไทด์ไฮโดรไลเซตอาจถูกทำลายในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา [7, 8] การแปรรูปมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อฤทธิ์ทางชีวภาพของเพปไทด์ไฮโดรไลเซต เช่น ปริมาณน้ำตาล ปริมาณเกลือ พีเอช อุณหภูมิ ระยะเวลาการให้ความร้อน ปริมาณโลหะ แสงยูวี และคุณสมบัติของฤทธิ์ทางชีวภาพ เป็นต้น [7, 9-12] การสูญเสียฤทธิ์ทางชีวภาพในระหว่างการแปรรูปอาจเกิดจากการทำลายหมู่อะมิโน (deamination) การออกซิเดชัน (oxidation) การย่อย (hydrolysis) และการจับเป็นวงแหวน (cyclization) [10, 12] ในการเก็บรักษาอาจมีปัจจัยที่ทำให้เพปไทด์ไฮโดรไลเซตถูกย่อยจนสูญเสียความคง ตัวอย่างเช่น จากการศึกษาของ



Khairallah [13] พบว่า การเก็บรักษาสารละลายเพปไทด์ หลังจากแปรรูปที่พีเอช 7.2 ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน จะทำให้พีเอชลดลงเหลือ 5.5 และเพปไทด์ มีความเข้มข้นลดลงเกือบครึ่ง [13] ดังนั้นมีความจำเป็น อย่างมากที่ต้องประเมินฤทธิ์ทางชีวภาพระหว่างการแปรรูป และการเก็บรักษา [14] งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษา ความคงตัวของชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระของ เพปไทด์ไฮโดรไลเซตที่ผลิตได้จากการย่อยรำข้าวด้วย เอนไซม์ ในระหว่างการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ฟังก์ชันจำลองและการเก็บรักษา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การผลิตเพปไทด์ไฮโดรไลเซตจากรำข้าว

เพปไทด์ไฮโดรไลเซตถูกผลิตด้วยกระบวนการที่ได้ออก การศึกษาของ กุลธรัส และคณะ [15] โดยใช้รำข้าว หนัก 20.0 กรัมแห้งต่อน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1 : 5) ปรับพีเอชเป็น 8.0 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ เติมเอนไซม์อัลคาเลส ปริมาตร 0.175 มิลลิลิตร (ปริมาณเอนไซม์ 0.00875 มิลลิลิตรต่อกรัม รำข้าวแห้ง) ย่อยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อัตราการเขย่า 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาของ เอนไซม์ด้วยการแช่ในน้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปรับพีเอชเป็น 7.0 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 6.0 โมลาร์ แยกกากที่เหลือออกด้วยวิธีการ บั่นเหวี่ยงที่ 8,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (ล้างกากด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 50 มิลลิลิตร) นำสารละลายเพปไทด์ไฮโดรไลเซตที่ได้ไปทำแห้ง ด้วยวิธี spray drying ที่อุณหภูมิเข้า-ขาออก 90/180 องศาเซลเซียส เก็บผงแห้งที่ได้ในถุงซิปล็อคที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปใช้ในการศึกษาความคงตัว

2. ความคงตัวของเพปไทด์ไฮโดรไลเซตในการแปรรูปเป็น ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มฟังก์ชันจำลอง

เตรียมเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองที่มีน้ำตาล ความเข้มข้น 0, 7.5 และ 15 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) เติมผงแห้งเพปไทด์ไฮโดรไลเซตให้มีความเข้มข้น 1.0

มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปรับพีเอชเป็น 3.5, 4.5 และ 7.0 ด้วย สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (พาสเจอร์ไรซ์) และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (สเตอริไรส์) ลดอุณหภูมิโดยการแช่ในน้ำเย็นจัด วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก (total phenolic content; TPC) ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) และความสามารถในการ รีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP)

3. ความคงตัวของเพปไทด์ไฮโดรไลเซตในระหว่างการ เก็บรักษาเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลอง

เตรียมเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองที่มีน้ำตาล ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) เติมผงแห้ง เพปไทด์ไฮโดรไลเซตให้มีความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตร ปรับพีเอชเป็น 3.5, 4.5 และ 7.0 ด้วยสารละลาย กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร นำไปให้ ความร้อนที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (พาสเจอร์ไรซ์) และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (สเตอริไรส์) ลดอุณหภูมิโดยการแช่ในน้ำเย็นจัด เก็บรักษา เครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศา เซลเซียส วิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด (TSS) ด้วยวิธีการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส วัดค่าพีเอช ด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH meter) ฟีนอลิก ฤทธิ์การกำจัด อนุมูลอิสระ และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ที่เวลา 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน

4. การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ประยุกต์จาก Thamnarathip และคณะ [16] โดยการเปิดต้ สารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอด ทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu (1:10, ปริมาตร ต่อปริมาตร) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย sodium carbonate (7.0 เปอร์เซ็นต์, น้ำหนักต่อปริมาตร) ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ ห้องในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร โดยใช้ น้ำกลั่นเป็น Blank



และใช้สารละลาย gallic acid (ความเข้มข้น 0.01-0.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นสารมาตรฐาน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดรายงานในหน่วย mg GAE/L

5. การวิเคราะห์การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging assay)

การวิเคราะห์การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ประยุกต์จากงานวิจัยของ Chen และคณะ [17] โดยการปิเปตสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (0.02 โมลาร์, พีเอช 6.0)

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \frac{(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}})}{A_{\text{control}}} \times 100$$

โดยที่ : A control คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ของ DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์

A sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ของ DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ผสมกับตัวอย่าง

6. การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidant power; FRAP)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidant power; FRAP) ประยุกต์จาก Thamnarathip และคณะ [16] ทำโดยการปิเปตสารละลาย FRAP ปริมาตร 3,000 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 100 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Blank และใช้สารละลาย $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ความเข้มข้น 100-1400 ไมโครโมลาร์) เป็นสารมาตรฐาน คำนวณผลที่ได้ให้แสดงออกมาในรูป $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{L}$ (สารละลาย FRAP (เตรียมเมื่อต้องการใช้) โดยการผสมสารละลาย acetate buffer (300 มิลลิโมลาร์, พีเอช 3.6) กับสารละลาย TPTZ (10 มิลลิโมลาร์) และสารละลาย $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (20 มิลลิโมลาร์) ในอัตราส่วน 10 : 1:1 โดยปริมาตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปใช้)

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ชุด (replication) และวิเคราะห์การทดลอง 3 ซ้ำ

ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย 2,2- diphenyl-1-picryl-hydrazyl radical (DPPH) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ในเอทานอลร้อยละ 95 โดยปริมาตร ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร และเติมตัวอย่าง ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณปริมาณการกำจัดอนุมูลอิสระ ตามสมการ

ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test (DRMT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Statistic (Version 19.0)

ผลการวิจัย

กระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่ผู้ผลิตและแปรรูปอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันต้องคำนึงถึง นอกจากเหนือจากความตระหนักด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อาหาร (food safety) ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสำคัญได้ นอกจากเรื่องของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสำคัญที่อาจเกิดขึ้นจากผลกระทบโดยตรงจากกระบวนการผลิตแล้ว องค์ประกอบผลิตภัณฑ์ความเป็นกรด-ด่างก็ล้วนมีผลต่อประสิทธิภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสำคัญเช่นกัน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการศึกษาความคงตัวของชีวภาพของเพปไทด์ไฮโดรไลเซตที่ผลิตได้จากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันทั้งในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษาของเครื่องดื่มฟังก์ชัน



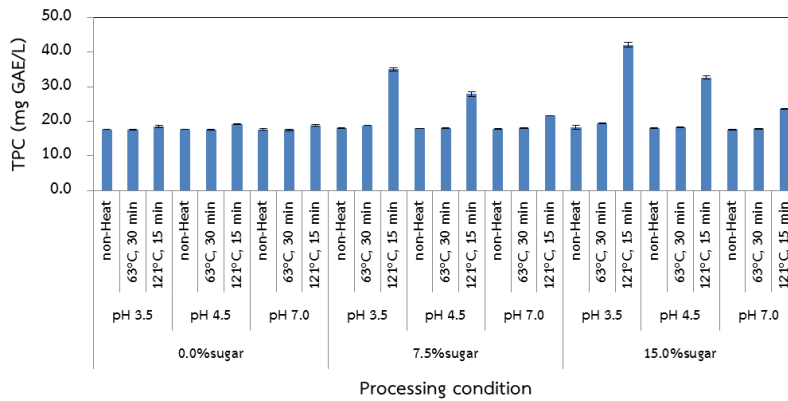
จำลองที่มีการเติมเพปไทด์ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัม ต่อมิลลิลิตร โดยเครื่องต้มฟังก์ชันจำลองประกอบด้วยสภาวะที่มีน้ำตาล 0-15 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ความเป็นกรด-ด่างหรือพีเอช 3.5-7.0 และผ่านกระบวนการผลิตด้วยความร้อนที่แตกต่างกัน 2 ระดับ คือ ระดับพาสเจอร์ไรซ์ อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และระดับสเตอริไรส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพของเครื่องต้มฟังก์ชันจำลองแต่ละสภาวะ (condition) ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา

1. ความคงตัวของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทในผลิตภัณฑ์เครื่องต้มฟังก์ชันจำลอง

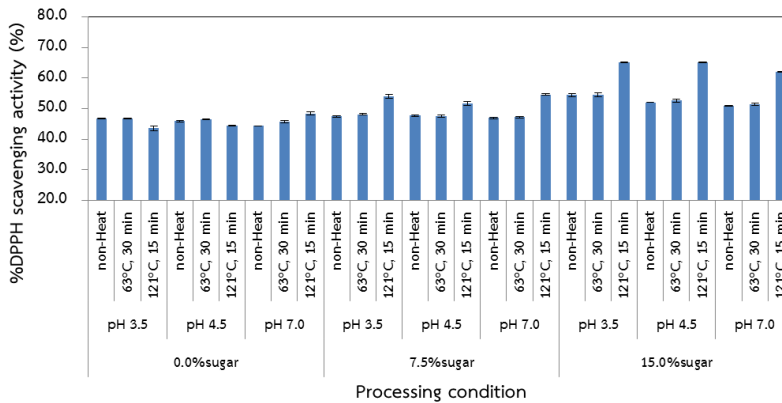
เครื่องต้มฟังก์ชันจำลองเตรียมด้วยกระบวนการดังแสดงในวิธีดำเนินการวิจัยข้อ 2 ผลของกระบวนการเตรียมเครื่องต้มฟังก์ชันจำลอง อันได้แก่ องค์ประกอบผลิตภัณฑ์ ความเป็นกรด-ด่าง และระดับความร้อนต่อปริมาณฟีนอลิก (TPC) ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) แสดงดังภาพที่ 1, 2 และ 3 ผลการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น (0-10 เปอร์เซ็นต์) และพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไปไม่ทำให้ปริมาณฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์เครื่องต้มฟังก์ชันจำลองที่ไม่ได้รับความร้อน (non-heat) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในขณะที่ปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) เมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนร่วมด้วย ทั้งนี้ปริมาณฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาคาราเมล (caramelization) ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลที่ความร้อนสูง หรืออาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างเพปไทด์และน้ำตาลซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องพิจารณาผลการทดลองฤทธิ์

ในการกำจัดอนุมูลอิสระร่วมด้วยว่า ปริมาณฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวสอดคล้องกับฤทธิ์ทางชีวภาพที่เพิ่มขึ้นหรือไม่ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านพีเอชและผลของการเปลี่ยนแปลงพีเอชต่อปริมาณฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์เครื่องต้มฟังก์ชันจำลอง ผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบที่ 7.5 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับความร้อนระดับสเตอริไรส์ (121 องศาเซลเซียส) ผลิตภัณฑ์ที่มีพีเอชน้อยกว่า 4.5 (พีเอช ≤ 4.5) จะมีปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะในสภาวะที่มีความเป็นกรดสูงหรือพีเอชต่ำจะเกิดปฏิกิริยา caramelization ได้ดี โดยกรดจะย่อยน้ำตาลได้ดี ส่งผลให้เกิดพอลิเมอร์ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มขึ้นดูคล้ำแสงได้ดีและผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นด้วย

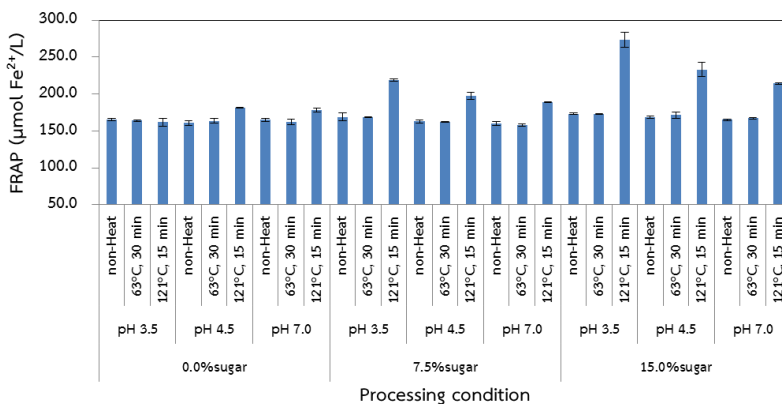
ภาพที่ 2 และ 3 แสดงผลวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระและความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของเครื่องต้มฟังก์ชันจำลองเพปไทด์ไฮโดรไลเซท ผลวิเคราะห์ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระและความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) เมื่อเครื่องต้มฟังก์ชันจำลองในสภาวะที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบและใช้ความร้อนร่วมด้วยพบว่าฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระและความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนระดับสเตอริไรส์และมีน้อยกว่า 4.5 (พีเอช ≤ 4.5) ทั้งนี้เพราะความร้อนจะทำให้น้ำตาลเกิดปฏิกิริยากับเพปไทด์หรือเรียกว่า Maillard reaction เกิดเป็นสารประกอบน้ำตาล - เพปไทด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดยมีความสามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระจับกับไอออนโลหะ กำจัด active oxygen species และทำลายองค์ประกอบของ hydroperoxide ได้ [18, 19]



ภาพที่ 1 ปริมาณฟีนอลของเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองเพปไทด์ไฮโดรไลเซท (a, b, c, ... แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญ $p \leq 0.05$)



ภาพที่ 2 ฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ของเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองเพปไทด์ไฮโดรไลเซท (a, b, c, ... แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญ $p \leq 0.05$)



ภาพที่ 3 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ของเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองเพปไทด์ไฮโดรไลเซท (a, b, c, ... แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญ $p \leq 0.05$)



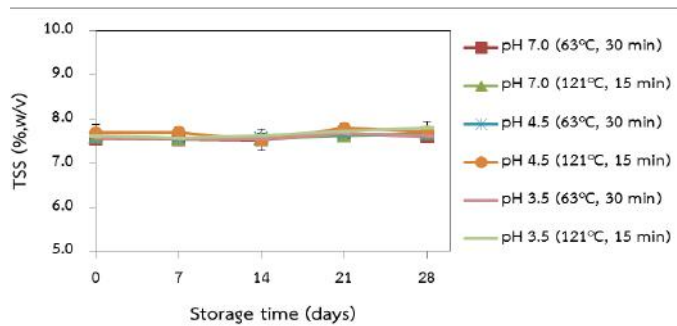
2. ความคงตัวของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทในระหว่างการเก็บรักษาเครื่องต้มฟังก์ชันจำลอง

การศึกษาความคงตัวของเพปไทด์ในระหว่างการจากการศึกษาเครื่องต้มฟังก์ชันจำลองเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากผลการทดลองความคงตัวของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทในผลิตภัณฑ์เครื่องต้มฟังก์ชันจำลองพบว่า ปริมาณน้ำตาลในเครื่องต้มฟังก์ชันจำลองรวมกับการให้ความร้อนและพีเอชมีผลต่อปริมาณฟีนอลิก และฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ทั้งนี้ในกระบวนการศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์จึงนำสภาวะดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาต่อไป อย่างไรก็ตามจากการสำรวจผลิตภัณฑ์เครื่องต้มที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์ที่มีการแสดงสูตรส่วนประกอบ อันได้แก่ น้ำผลไม้ เครื่องดื่มจากพืช ผัก ผลไม้ เครื่องดื่มแต่งกลิ่นรส ชา และกาแฟ พบว่าผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำตาลเป็นองค์ประกอบในสูตรอยู่ในช่วง 5-10 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด อีกทั้งปัจจุบันมีการเก็บภาษีเครื่องต้มที่มีการใช้น้ำตาลเป็นส่วนประกอบโดยอัตราการเก็บภาษีเครื่องต้มที่ขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำตาลที่ใช้ในสูตร การผลิตเครื่องต้มที่มีปริมาณน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูงก็มีแนวโน้มที่จะทำให้ต้นทุนการผลิตด้านวัตถุดิบและกระบวนการผลิตสูงด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับผู้บริโภคในปัจจุบันที่มีตระหนักเรื่องสุขภาพการหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มที่มีน้ำตาลสูง ด้วยเหตุนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ 7.5 เปอร์เซ็นต์ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นตัวแทนในการศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา โดยการเตรียมผลิตภัณฑ์ที่ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่พีเอช 3.5, 4.5 และ 7.0 และให้ความร้อนที่แตกต่างกันที่ 63 องศาเซลเซียส และ 121 องศาเซลเซียส

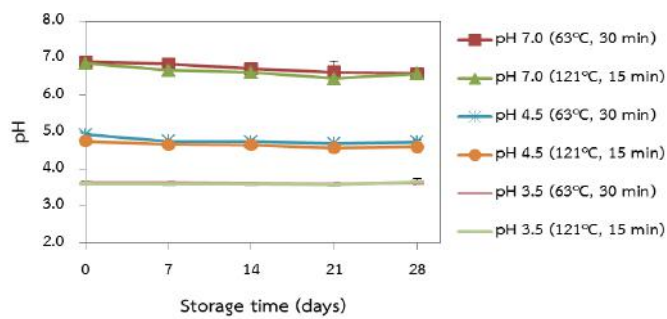
ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้นำไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์และรายงานผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ได้แก่ ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด พีเอช ปริมาณฟีนอลิก ฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ดำเนินการสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ทุก ๆ 7 วัน ผลการทดลอง (ภาพที่ 4-8)

ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดและพีเอชของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มฟังก์ชันจำลองที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 28 วัน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณระหว่างการเก็บรักษา จากกราฟแสดงให้เห็นว่าระดับการให้ความร้อนและพีเอชมีผลต่อปริมาณฟีนอลิกที่วิเคราะห์ได้ โดยผลิตภัณฑ์ที่พีเอช 3.5 และให้ความร้อนที่ 121 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณฟีนอลิกสูงสุด อย่างไรก็ตามปริมาณฟีนอลิกในแต่ละสภาวะการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษาและสิ้นสุดการเก็บรักษา (28 วัน)

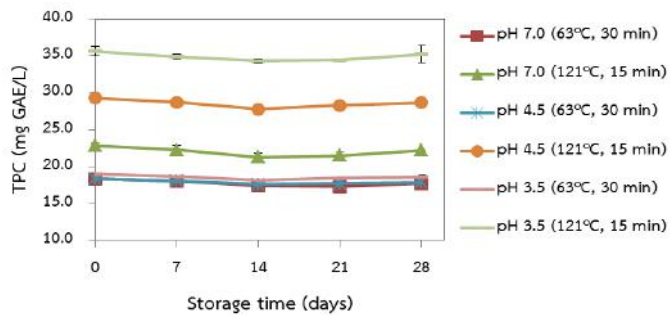
ฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระและความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มฟังก์ชันมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา โดยพบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องต้มฟังก์ชันจำลองมีแนวโน้มมีฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีพีเอช อย่างไรก็ตามแนวโน้มการเพิ่มขึ้นไม่ทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับอายุการเก็บที่ 0 วัน ระหว่างการเก็บรักษาและสิ้นสุดการเก็บรักษา ซึ่งผลที่ได้แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในผลิตภัณฑ์แต่ละช่วงเวลาที่แนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เริ่มต้น



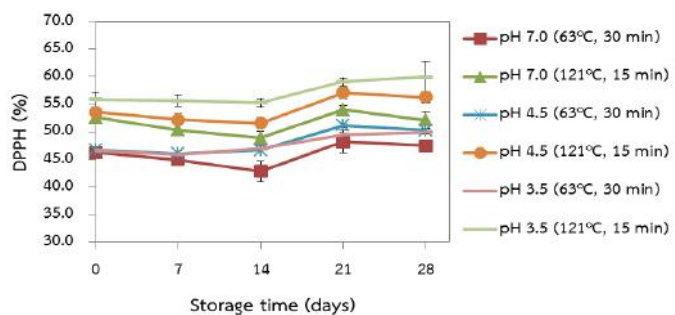
ภาพที่ 4 ปริมาณของแข็งละลายได้ (TSS) ของเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



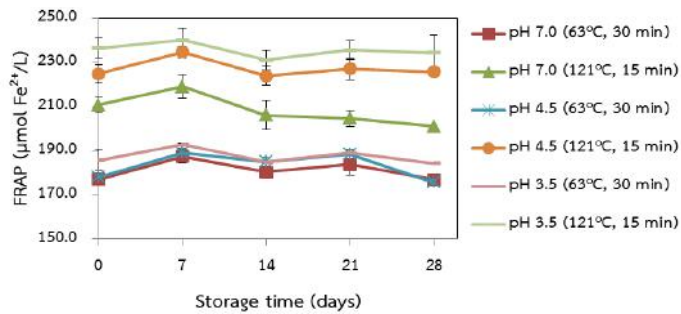
ภาพที่ 5 พีเอช (pH) ของเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 6 ปริมาณฟีนอลิก (TPC) ของเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 7 ฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) ของเครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 8 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ของเครื่องต้มฟังก์ชันจำลองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การศึกษาความคงตัวของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทในผลิตภัณฑ์เครื่องต้มฟังก์ชันจำลอง ที่ผ่านกระบวนการเตรียมที่สภาวะต่าง ๆ และเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ผลการศึกษาในสภาวะที่ไม่มีน้ำตาลและมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบผลิตภัณฑ์ให้ผลแตกต่างกันดังนี้ ผลการศึกษาเครื่องต้มฟังก์ชันจำลองสภาวะไม่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบที่พีเอช 3.5-4.5 จะมีฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระลดลงหลังผ่านการให้ความร้อนที่ 121 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากการแปรรูปที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทเปลี่ยนแปลงไปจนทำให้มีฤทธิ์ทางชีวภาพลดลง คล้ายคลึงกับผลการศึกษาของ Singh และ Vij [8] ซึ่งพบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส จะทำให้เพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ได้จากนมถั่วเหลืองหมัก (fermented soy milk) มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS และ DPPH ลดลง การศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Lopez-Sanchez และคณะ [11] และ Fu และคณะ [24] ซึ่งพบว่า ที่อุณหภูมิสูงกว่า 120 องศาเซลเซียส เพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ได้จากเมล็ดผักขมและ bovine collagen จะมีฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งเอนไซม์ ACE ลดลง

อย่างไรก็ดีการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์สำหรับเครื่องต้มฟังก์ชันจำลองที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ของฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระและความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านความร้อน ผลการทดลองที่ได้แตกต่างจากการศึกษา

ของ Liu และคณะ [9] และ Zhu และคณะ [10] ที่รายงานฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากหนอนไหมเพศผู้ (male silk moth) และเพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ได้จากแฮมจินหัว (Jinhua ham) ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของ Wang และคณะ [12] พบว่าฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (hydroxyl radical scavenging activity) ของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากปลาแมกเคอเรลจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส

นอกจากเรื่องของระดับของอุณหภูมิที่ได้รับแล้วชนิดของเพปไทด์และคุณสมบัติทางชีวภาพของเพปไทด์มีผลต่อความคงตัวของเพปไทด์เช่นกัน การศึกษาของ Singh และ Vij [8] พบว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ได้จากน้ำนมถั่วเหลืองหมัก (fermented soy milk) จะมีฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS และ DPPH ลดลง เมื่อผ่านความร้อน 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แต่ไม่มีผลต่อความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ ACE คล้ายคลึงกับการศึกษาของ Wang และคณะ [12] พบว่า เพปไทด์ไฮโดรไลเซท จากปลาแมกเคอเรลฤทธิ์ความสามารถกำจัดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (OH[•]) ลดลงเล็กน้อยที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส แต่ฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้น ซึ่งเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน คือ ฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงเล็กน้อยที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แต่ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มขึ้น



ในขณะที่เครื่องต้มฟังก์ชันจำลองสถานะที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบให้ผลที่แตกต่างจากการทดลองข้างต้น ผลการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำตาลและความร้อนมีผลต่อฤทธิ์ทางชีวภาพของเครื่องต้มฟังก์ชันจำลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลและระดับความร้อนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณฟีนอลิก ฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มขึ้น โดยฤทธิ์ทางชีวภาพที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจาก Maillard reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับเพปไทด์หรือกรดอะมิโน ได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาล (brown melanoid pigment) ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ [18, 19] โดยปฏิกิริยานี้จะขึ้นอยู่กับระดับความร้อน ระยะเวลา ฟีเอช การรวมตัวของน้ำตาลกับกรดอะมิโน ขนาดโมเลกุลของผลิตภัณฑ์และอัตราส่วนของสารตั้งต้น [20] ผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Zhang และคณะ [21] และ Ward และคณะ [22] ซึ่งพบว่าฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) ของเพปไทด์จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพปไทด์ผสมกับน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) เกิดปฏิกิริยา Maillard reaction Kang และคณะ [23] พบว่าเพปไทด์จากเศษซากราน่า (Rana debris collagen peptide) ที่เติมน้ำตาลไซโลส (peptide-xylose) จะมีฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเพปไทด์ (peptide) และน้ำตาลไซโลส (xylose) ที่อยู่อย่างอิสระ และรายงานผลของน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนสูงจะมีผลทำให้ปริมาณ (TPC) ฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระและความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มขึ้นด้วย ความร้อนเป็นปัจจัยหนึ่งส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับเพปไทด์ หรือปฏิกิริยา Maillard reaction [20] โดยปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิสูง

นอกจากปริมาณน้ำตาลและระดับความร้อนแล้ว ฟีเอชเป็นปัจจัยร่วมอย่างหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณ TPC ฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระและความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก โดยฟีเอชที่เพิ่มขึ้นจาก 3.5 เป็น 7.0 มีผลทำให้เครื่องต้มฟังก์ชันจำลองที่มีน้ำตาลมีปริมาณ TPC และฤทธิ์ทางชีวภาพลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เพราะฟีเอชเป็นปัจจัยหนึ่งส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยา Maillard reaction

[20] ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดได้สูงที่ฟีเอชต่ำ สอดคล้องกับหลายงานวิจัยซึ่งระบุว่า เพปไทด์ไฮโดรไลเซทจะมีความคงตัวทางชีวภาพสูงในช่วงฟีเอชที่มีความเป็นกรดเช่น ผลการศึกษาของ Wang และคณะ [12] และ Singh และ Vij [8] พบว่า เพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ได้จากปลาแมกเคอเรลและน้ำนมถั่วเหลืองหมักมีฤทธิ์คงที่ในการกำจัดอนุมูลอิสระเมื่อฟีเอช เท่ากับ 2.2-7.2 คล้ายคลึงกับการศึกษาของ Fu และคณะ [24] พบว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ได้จาก bovine collagen มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งเอนไซม์ ACE คงที่ในระหว่างการแปรรูปที่ฟีเอชช่วง 2.0-6.0 ส่วนการแปรรูปเพปไทด์ไฮโดรไลเซทในสถานะที่มีฟีเอชสูงหรือสถานะต่าง (ฟีเอช > 7.0) จะมีผลเสียต่อฤทธิ์ทางชีวภาพของเพปไทด์ไฮโดรไลเซท เช่น สูญเสียฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS, DPPH และฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งเอนไซม์ ACE [8] โดย Liu และคณะ [9] รายงานว่าฤทธิ์ทางชีวภาพของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทในการต้านอนุมูลอิสระ ORAC และ DPPH จะต่ำลง เมื่อฟีเอชมากกว่า 8 ทั้งนี้เนื่องจากฟีเอชสูงทำให้เพปไทด์เกิดปฏิกิริยา racemization ซึ่งทำให้เพปไทด์เปลี่ยนเป็นไอโซเมอร์ (isomer) ตลอดจนมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหมู่อะมิโน ($-NH_2$) หรือเรียกว่า deamination ทำให้โครงสร้างเปลี่ยนไปและสูญเสียฤทธิ์ทางชีวภาพ [9, 12] รวมถึงมีผลต่อขนาด โครงสร้าง ปริมาณกรดอะมิโนและคุณสมบัติของเพปไทด์ เช่น ความไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity) [8, 25]

การเก็บรักษาเครื่องต้มฟังก์ชันจำลองที่ผ่านการแปรรูปที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม ปริมาณ TPC มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษาและสิ้นสุดการเก็บรักษา (28 วัน) ในขณะที่ฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระและความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกมีแนวโน้มมีฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีค่าฟีเอช เท่ากับ 3.5 อย่างไรก็ตามแนวโน้มการเพิ่มขึ้นไม่ทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับอายุการเก็บที่ 0 วัน ผลการทดลองที่ได้ขัดแย้งกับการศึกษาของ



Khairallah [13] ซึ่งพบว่า การแปรรูปเพปไทด์ที่ได้จากรำข้าว เป็นเครื่องดื่มน้ำที่พีเอช 3.5 จะมีความคงตัวสูงเมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 42 วัน ในขณะที่ เครื่องดื่มจำลองที่พีเอช 7.0 ค่าพีเอชจะลดลงเหลือ 5.5 และ ความเข้มข้นของเพปไทด์ลดลง โดยความคงตัวของอาหาร ฟังก์ชันที่มีส่วนผสมของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจะขึ้นอยู่กับ ลำดับเพปไทด์ (peptide sequence) พีเอช และ ส่วนประกอบของอาหาร (food matrix) [14]

การศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าเพปไทด์ ไฮโดรไลเซทที่ผลิตได้จากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันมี ความคงตัวทางชีวภาพเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปเป็น เครื่องดื่มฟังก์ชันจำลองที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบโดยพีเอช ที่ ≤ 4.5 และผ่านความร้อนระดับระดับสเตอริไรส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ให้ฤทธิ์ทางชีวภาพ สูงสุด พิจารณาความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาเพปไทด์ ไฮโดรไลเซทในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มฟังก์ชันจำลอง พบว่า ปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ทางชีวภาพ DPPH และ FRAP ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน ผลที่ได้แสดงให้เห็นศักยภาพของเพปไทด์จากรำข้าวที่สกัดได้ ที่มี ความทนทานต่อกระบวนการแปรรูปและกระบวนการเก็บรักษา ตามสภาวะที่กำหนด สามารถนำเพปไทด์จากรำข้าวที่สกัดได้ ไปประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท โคราชโรงเสียงสงวน จำกัด ที่ให้การสนับสนุนรำข้าวเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัย ครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ผู้จัดการออนไลน์. กรุงเทพฯและโอกาสของ SMEs ชีวธุรกิจ Functional Foods กำลังรุ่ง. [อินเทอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 22 มี.ค. 2564]. เข้าถึงได้จาก: <https://mgronline.com/stockmarket/detail/9620000033492>
2. Ghribi AM, Sila A, Przybylski R, Nedjar-Arroume N, Makhoulouf I, Blecker C, et al. Purification and Identification of novel antioxidant peptides from enzymatic hydrolysate of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein concentrate. *J Funct Foods* 2015;12:516-25.
3. Kannan A, Hettiarachchy N, Narayan S. Colon and breast anti-cancer effects of peptide hydrolysates derived from rice bran. *Open Bioact Compd J* 2009;2:17-20.
4. Phantuwong N. Functional and biological properties of Sang Yod rice bran hydrolysate prepared by enzymatic hydrolysis and its application in rice pudding product. Ph.D. Thesis, Prince of Songkla University. Songkla; 2017.
5. Xu Z, Mao TM, Huang L, Yu ZC, Yin B, Chen ML, et al. Purification and identification immunomodulatory peptide from rice protein hydrolysates. *Food Agric Immunol* 2019;30(1): 150-62.
6. Yimit D, Hoxur P, Amat N, Uchikawa K, Yamaguchi N. Effects of soybean peptide on immune function, brain function, and neurochemistry in healthy volunteers. *Nutr* 2012;28(2):154-9.
7. ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ, ทิพย์สุดา เทพภูเขียว. ความคงตัวของไบโอแอคทีฟจากรำข้าวในเครื่องดื่ม จำลอง. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ภาควิชา เทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย ขอนแก่น. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2554.
8. Singh BP, Vij S. *In vitro* stability of bioactive peptides derived from fermented soy milk against heat treatment, pH and gastrointestinal enzymes. *LWT-Food Sci Technol* 2018;91:303-7.



9. Liu Y, Wan S, Liu J, Zou Y, Liao S. Antioxidant activity and stability study of peptides from enzymatically hydrolysate male silkworm. *J Food Process Preserv* 2016;0(0):1-10.
10. Zhu CZ, Zhang WG, Kang ZL, Zhou GH, Xu XL. Stability of an antioxidant peptide extracted from Jinhua ham. *Meat Sci* 2014;96:783-9.
11. Lopez-Sanchez J, Ponce-Alquicira E, Pedroza-Islas R, de la Pena-Diaz A, Soriano-Santos J. Effects of heat and pH treatments and *in vitro* digestion on the biological activity of protein hydrolysates of *Amaranthus hypochondriacus* L. grain. *J Food Sci Technol* 2016;53(12):4298-4307.
12. Wang X, Yu H, Xing R, Chen X, Liu S, Li P. Optimization of the extraction and stability of antioxidative peptides from mackerel (*Pneumatophorus japonicus*) protein. *Biomed Res Int* 2017;0(0):1-14.
13. Khairallah MG. Stability and sensory properties of rice bran peptide fraction incorporated orange juice. Theses and Dissertations, University of Arkansas. Fayetteville; 2009.
14. Rao Q, Kamdar AK, Labuza TP. Storage stability of food protein hydrolysates - A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2015;0(0):1-24.
15. กุลรภัส วชิรศิริ, ไศรดา วัลภา, มณีรัตน์ มีพลอย, ดำรงชัย สิทธิสำอางค์, ยุทธศักดิ์ สุขการี. ผลของปริมาณรำข้าวและเอนไซม์อัลคาเลสต่อระดับการย่อยโปรตีน ผลผลิต และฤทธิ์ทางชีวภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวสกัดน้ำมัน. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.* 2564;44(3):427-442.
16. Thamnarathip P, Jangchud K, Nitisinprasert S, Vardhanabhuti B. Identification of peptide molecular weight from rice bran protein hydrolysate with high antioxidant activity. *J Cereal Sci* 2016;69:329-35.
17. Chen GT, Zhao L, Zhao LY, Cong T, Bao SF. *In vitro* study on antioxidant activities of peanut protein hydrolysate. *J Sci Food Agric* 2007; 87:357-62.
18. Kchaou H, Benbettaieb N, Jridia M, Nasria M, Debeaufort F. Influence of Maillard reaction and temperature on functional, structure and bioactive properties of fish gelatin films. *Food Hydrocoll* 2019;97(105196):1-14.
19. Karseno K, Wuryatmo E, Yanto T, Setyowati R, Haryanti P. Effect of pH and temperature on browning intensity of coconut sugar and its antioxidant activity. *Food Res* 2018;2(1):32-38.
20. Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, Nicoli MC, Lericri CR. Review of nonenzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends Food Sci Technol* 2001;11:340-6.
21. Zhang C, Zhang N, Li Z, Tian Y, Zhang L, Zhang B. Stability of antioxidant peptides prepared from large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). *Curr Top Nutraceutical Res* 2016;14(1): 37-48.
22. Ward BP, Ottaway NL, Perez-Tilve D, Ma D, Gelfanov VM, Tschop MH, et al. Peptide lipidation stabilizes structure to enhance biological function. *Mol Metab* 2013;2:468-79.



23. Kang N, Song H, Zhang W, Zhao J, Zhang M, Xiong W, et al. Effect of substrate ratios and the species of sugar on the antioxidant activity of glycosylated products of the rana debris collagen peptide. E3S Web Conf 2019;78 (02006):2-7.
24. Fu Y, Young JF, Dalsgaard TK, Therkildsen M. Separation of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides from bovine connective tissue and their stability towards temperature, pH and digestive enzymes. Int J Food Sci Technol 2015;50:1234-43.



ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของส่วนแยกย่อยจาก
เปลือกลำต้นของส้มควาย

Total phenolic contents and antioxidant activities of sub-fractions from
stem barks of *Garcinia pedunculata*

เบญจมาศ ไชยลาภ และ ธเนศวร นวลใย*

สาขาวิชาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล
ประจวบคีรีขันธ์ 77110

Benjamat Chailap and Thanesuan Nuanyai*

Department of General Education, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology
Rattanakosin Wang Klai Kangwon Campus, Prachuap Khiri Khan 77110

Received: 13 September 2021/ Revised: 22 December 2021/ Accepted: 26 December 2021

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบและส่วนแยกย่อยจากเปลือกลำต้นของส้มควาย ส่วนแยกย่อยหกส่วน (Fr1-Fr6) สามารถแยกออกจากสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตทของเปลือกลำต้นส้มควาย (*Garcinia pedunculata*) ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโตกราฟีโดยการเพิ่มขั้วของตัวชะ สารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตท และส่วนแยกย่อยทั้งหกส่วนถูกวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค DPPH จากผลการทดสอบพบว่า สารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตทและส่วนแยกย่อย 1-3 (Fr1 - Fr3) มีค่า IC_{50} มากกว่า 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ส่วนแยกย่อย 4-6 (Fr4 - Fr6) มีค่าต้านอนุมูลอิสระที่ระดับค่า IC_{50} ในช่วง 43.19-92.49 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค ABTS พบว่าสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตทและส่วนแยกย่อย 1-2 (Fr1 - Fr2) มีค่า IC_{50} มากกว่า 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ส่วนแยกย่อย 3-6 (Fr3 - Fr6) มีค่าการต้านอนุมูลอิสระที่ระดับค่า IC_{50} ในช่วง 7.71- 65.71 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตทและส่วนแยกย่อย 1-6 (Fr1 - Fr6) อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.96 - 275.96 mgGAE/gDW โดยส่วนแยกย่อยที่ 4 (Fr4) แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด

คำสำคัญ: การต้านอนุมูลอิสระ ส่วนแยกย่อย คอลัมน์โครมาโตกราฟี ส้มควาย ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด



Abstract

The objective of this research was to compare the antioxidant activity of crude extracts and sub-fractions from the stem bark of *Garcinia pedunculata*. Six sub-fractions (Fr1-Fr6) were separated from ethyl acetate crude extract of *Garcinia pedunculata* stem bark using the column chromatography technique by the gradually increasing polarity of the eluent. The antioxidant activities of the ethyl acetate crude extract and six sub-fractions were evaluated using DPPH and ABTS techniques. It was found that, the ethyl acetate crude extract and sub-fractions 1 -3 (Fr1-Fr3) showed IC_{50} values greater than 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, while sub-fractions 4-6 (Fr4-Fr6) displayed IC_{50} values in the range of 43.19 -92.49 $\mu\text{g}/\text{mL}$. In addition, the antioxidant activity examined using the ABTS technique exhibited that the ethyl acetate crude extract and sub-fractions 1 -2 (Fr1-Fr2) showed IC_{50} values greater than 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ while sub-fractions 3-6 (Fr3-Fr6) showed IC_{50} values in the range of 7.71-65.71 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Total phenolic compounds of ethyl acetate crude extract and sub-fractions 1-6 (Fr1-Fr6) were ranged from 1.96 to 275.96 $\text{mg mgGAE}/\text{gDW}$. The sub-fraction 4 (Fr4) showed the highest antioxidant activities and total phenolic content.

Keyword: Antioxidant, Sub-fraction, Column chromatography, *Garcinia pedunculata*, Total phenolic contents

บทนำ

จากรายงานการวิจัยของความสัมพันธ์ระหว่างอนุมูลอิสระในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการเสื่อมของเซลล์ที่ผ่านมามีความเป็นเรื่องที่น่าสนใจให้มีความสำคัญอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากการเสื่อมของเซลล์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ร่างกายของมนุษย์อ่อนแอทำให้เกิดโรค และเสียชีวิตในที่สุด [1] มีความพยายามในการใช้สารต้านอนุมูลอิสระหลากหลายชนิดเพื่อชะลอหรือยับยั้งกระบวนการการเสื่อมของเซลล์อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเจนของอนุมูลอิสระในเซลล์ ส่วนผสมสำหรับเป็นสารปรุงแต่งในอาหารและเครื่องสำอางหลากหลายชนิดสำหรับเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ถูกคิดค้นเป็นจำนวนมาก สารเหล่านี้ส่วนมากเป็นสารที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมี และอาจเป็นสารที่ไม่ได้มาจากธรรมชาติหรือการสังเคราะห์เลียนแบบธรรมชาติ ทำให้เกิดผลข้างเคียงต่อผู้บริโภค สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์บางชนิดถูกจำกัดการใช้ในบางประเทศอันเนื่องมาจากการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความไม่เป็นพิษต่อสุขภาพของผู้บริโภค [2] ด้วยเหตุผล

ดังกล่าวมีการศึกษาค้นคว้าสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากธรรมชาติมากขึ้น โดยคำนึงถึงความปลอดภัยและประโยชน์ต่อสุขภาพสำหรับผู้บริโภค [3] ส้มแขกเป็นพืชในตระกูล CLUSIACEAE (Guttiferae) ซึ่งเป็นต้นไม้พื้นเมืองทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยพืชสามสายพันธุ์ที่นิยมเรียกกันทั่วไปว่า “ส้มแขก” คือ *Garcinia gummi-gutta* (ส้มแขกสายพันธุ์อินโดนีเซีย), *Garcinia atroviridis* (ส้มแขกสายพันธุ์ภาคใต้ตอนล่าง) และ *Garcinia pedunculata* (ส้มแขกสายพันธุ์ภาคใต้ตอนกลาง) ผลแห้งทั้งสามสายพันธุ์ใช้สำหรับปรุงรสเพิ่มความเปรี้ยวให้กับอาหาร จึงนิยมนำมาปรุงเป็นอาหารพื้นบ้านภาคใต้ *G. pedunculata* เป็นสายพันธุ์ของส้มแขกที่พบได้ในภาคใต้ตอนกลางของประเทศไทยในเขตจังหวัดกระบี่ สตูล ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช มีผลใหญ่กว่าสายพันธุ์ *G. atroviridis* แต่รสชาติมีความเปรี้ยวคล้ายคลึงกันทำให้เกิดความสับสนในเรื่องของสายพันธุ์ ด้วยขนาดที่ใหญ่กว่าส้มแขกจึงเรียกในภาษาท้องถิ่นตามขนาดที่ใหญ่กว่าส้มแขก (*G. atroviridis*) ว่า “ส้มควาย” [4]



เมแทบอไลต์ทุติยภูมิของส้มควาย ได้แก่ สารกลุ่มแซนโทน ฟลาโวนอยด์ เบนโซฟีโนน แลคโตน และกรดฟีนอลิก ซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น การต้านอนุมูลอิสระ [5, 6] การต้านเนื้องอก [7, 8] การต้านเชื้อรา [9] และต้านการกลายพันธุ์ [7] นอกจากนี้ผลของส้มควายยังมีใบเตาแคโรทีนและกรดแอสคอร์บิกสูง ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะใช้สารสกัดของผลส้มควายในทางการแพทย์ อาหาร และเครื่องสำอาง [10] จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีสารสกัดหายากจากผลมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย [11] การลดอาการเบาหวานในหนูทดลอง [12] และการต้านอนุมูลอิสระ [13] แต่โดยส่วนมากจะมีการศึกษาในส่วนผลที่นิยมใช้ในการปรุงอาหาร การค้นคว้าวิจัยในส่วนลำต้นยังมีข้อมูลงานวิจัยค่อนข้างจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดและส่วนแยกย่อยของเปลือกลำต้นส้มควายโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายและใช้การสกัดด้วยเอทิลอะซิเตตและน้ำและนำชั้นเอทิลอะซิเตตซึ่งมีความเหมาะสมในการละลายสารกลุ่มแซนโทนมาแยกเป็นส่วนแยกย่อยด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโตกราฟี เพื่อนำข้อมูลวิจัยที่ได้รับจากการศึกษาพัฒนาสารสกัดจากเปลือกลำต้นส้มควายซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดภูเก็ต ซึ่งอาจนำไปใช้ในส่วนผสมอาหารและเครื่องสำอางที่จะเพิ่มมูลค่าให้กับพืชในท้องถิ่นนี้ในอนาคต

วิธีดำเนินงานวิจัย

สารเคมีและตัวทำละลาย

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองเช่น 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt, Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid, ซึ่งจากบริษัทซิกม่าอัลดริชประเทศสิงคโปร์ (Sigma Aldrich, Singapore) ตัวทำละลายชนิดต่างๆ จากบริษัทอาร์ซีไอ แล็บสแกน จำกัด สารเคมีและตัวทำละลายที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเกรดวิเคราะห์ (analytical reagent grade; AR)

ตัวอย่างส้มควาย

เก็บตัวอย่างเปลือกลำต้นส้มควายเมื่อเดือนตุลาคม 2562 ซึ่งเป็นช่วงติดผล จากอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย ตัวอย่างไม้อัดแห้งได้ถูกพิสูจน์เอกลักษณ์และเก็บไว้ที่หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพมหานคร (BKF No. 194897)

การสกัดและแยกส่วนแยกย่อย

เปลือกลำต้นของส้มควาย (7.5 กิโลกรัม) ถูกทำให้แห้งด้วยอากาศเป็นเวลาห้าวันและอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท ตัวอย่างถูกบดให้อนุภาคมีขนาด 40-60 เมช ซึ่งจะได้ผงเปลือกลำต้นแห้งหนัก 5.0 กิโลกรัม นำผงเปลือกลำต้นส้มควายแช่ในเมทานอล (MeOH) ปริมาตร 20.0 ลิตร เป็นเวลา 3 วัน สารละลายถูกแยกออกและนำกากสกัดใหม่อีกสองครั้ง รวมสารละลายเมทานอลและระเหยโดยใช้เทคนิคการลดความดัน (RV10, IKA, Germany) สกัดสารสกัดหายากเมทานอลด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตต (EtOAc) และน้ำที่อุณหภูมิห้อง ชั้นเอทิลอะซิเตตถูกรวมกันและระเหยแห้ง ซึ่งทำให้ได้สารสกัดหายากเอทิลอะซิเตตหนัก 18.99 กรัม

สารสกัดหายากเอทิลอะซิเตตหนัก 18.99 กรัม ถูกละลายในตัวทำละลายผสมไดคลอโรมีเทนและเมทานอล (1:1) สารละลายถูกทำให้แห้งบนซิลิกาเจลและใช้เทคนิคการแยกแบบโครมาโตกราฟีคอลัมน์ (ซิลิกาเจลขนาด 70-230 เมช) โดยใช้คอลัมน์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร ใช้ตัวทำละลายชะโดยเพิ่มหัวของตัวทำละลายตั้งแต่ร้อยละ 5 ถึง 100 โดยปริมาตรของอะซิโตนและเฮกเซน โดยใช้ปริมาตร 1.0 ลิตร เก็บตัวอย่างทุก 30 มิลลิลิตร ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีเพื่อรวมส่วนแยกย่อยที่มีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายกันโดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีแบบแผ่นบาง (Thin-layer chromatography) สามารถได้ส่วนแยกย่อยทั้งหมดทั้งหมด 6 ส่วนแยกย่อย (Fr1-Fr6)



การต้านอนุมูลอิสระชนิดดีพีพีเอช (DPPH Assay)

สารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตและส่วนแยกย่อย (Fr1-Fr6) ละลายด้วยเอทานอลให้มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ผสมสารละลายตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐาน (Trolox) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร กับสารละลายดีพีพีเอช (2,2-diphenyl -1-picrylhydrazyl radical) ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ในเอทานอล ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ลงในงาน 96 หลุม เขย่าให้เข้ากัน

เป็นเวลา 3 นาที (Eppendorf, ThermoMixer C, Germany) ทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร (Biochrome, EZ2000, UK) [14] เปรี่เซนต์การยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของดีพีพีเอชคำนวณตามสมการ (1) สำหรับค่า IC₅₀ คำนวณโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของความเข้มข้นของตัวอย่างที่ต่างกัน (10, 30, 50, 70 และ 90 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

$$\text{ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ} = \left\{ \frac{[A_{\text{ควบคุม}} - (A_{\text{ตัวอย่าง}} - A_{\text{เบงค์}})]}{A_{\text{ควบคุม}}} \right\} \times 100\% \quad (1)$$

A_{ควบคุม} = ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH 150 uL + Ethanol 50 uL

A_{ตัวอย่าง} = ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH 150 uL + Sample/standard 50 uL

A_{เบงค์} = ค่าการดูดกลืนแสงของ Ethanol 150 uL + Sample/standard 50 uL

การต้านอนุมูลอิสระชนิดเอบีทีเอส (ABTS Assay)

ผสมสารละลายเอบีทีเอส (2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) ที่มีความเข้มข้น 7.0 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร กับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (K₂S₂O₈) ที่มีความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 88 ไมโครลิตร เข้าด้วยกัน ทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 16 ชั่วโมง เจือจางสารละลายเอบีทีเอสด้วยเอทานอลให้มีระดับการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ให้มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.70±0.05 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ ถูกละลายด้วยสารละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (DMSO)

ความเข้มข้น 50 เปรี่เซนต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) ให้สารตัวอย่างมีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำสารละลายตัวอย่างหรือสารมาตรฐาน ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายเอบีทีเอส ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ในงาน 96 หลุม เขย่าและทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร [11] และคำนวณเปอร์เซนต์การยับยั้งของตัวอย่างตามสมการ (2) สำหรับการหาค่า IC₅₀ ทำเช่นเดียวกันแต่ใช้ความเข้มข้นของสารตัวอย่างในช่วง 10 - 90 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

$$\text{ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ} = \left\{ \frac{[A_{\text{ควบคุม}} - (A_{\text{ตัวอย่าง}} - A_{\text{เบงค์}})]}{A_{\text{ควบคุม}}} \right\} \times 100\% \quad (2)$$

A_{ควบคุม} = ค่าการดูดกลืนแสงของ 150 uL ABTS + 50 uL 50%DMSO

A_{ตัวอย่าง} = ค่าการดูดกลืนแสงของ 150 uL ABTS + 50 uL Sample/standard

A_{เบงค์} = ค่าการดูดกลืนแสงของ 150 uL Water + 50 uL Sample/standard

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content; TPC)

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ของสารสกัดจากส้มควายได้รับการทดสอบโดยใช้วิธีการของ Oliveira [11] โดยมีการดัดแปลงเล็กน้อยดังนี้ นำสารสกัดหยาบหรือส่วนแยกย่อยที่ละลายในไดเมทิลซัลฟอกไซด์ ความเข้มข้น 1.0

มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 12.5 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำปราศจากไอออน ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และน้ำยา Folin-Ciocalteu ปริมาตร 12.5 ไมโครลิตร ในงาน 96 หลุม และเขย่าเป็นเวลา 3 นาที (Eppendorf, ThermoMixer C, Germany) เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิมตัว (Na₂CO₃) ปริมาตร 25 ไมโครลิตร เขย่าเป็นเวลา 3 นาที

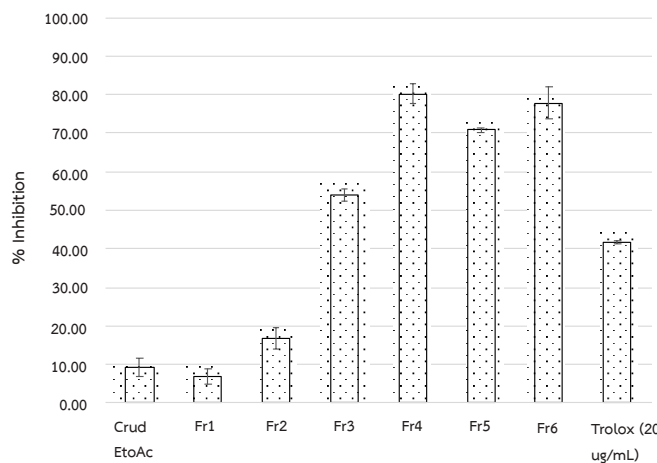
ตั้งทิ้งไว้ในที่ไม่มีแสง เป็นเวลา 60 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงของส่วนผสมด้วยเครื่องอ่านไมโครเพลท (Biochrome, EZ2000, UK) ที่ 720 นาโนเมตร โดยค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดถูกเทียบเป็นกรดแกลลิกที่ระดับความเข้มข้น 10-200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ผลการวิจัย

จากการอบแห้งเปลือกลำต้นส้มควายพบว่ามีปริมาณน้ำร้อยละ 33.33 ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยสะดวกต่อการทำแห้ง และป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อราในกระบวนการทำแห้งของวัตถุดิบในการสกัด เมื่อสกัดผงเปลือกลำต้นส้มควายแห้งด้วยตัวทำละลายเมทานอลและเอทิลอะซิเตต เมื่อขึ้นสารละลายเอทิลอะซิเตตถูกระเหยแห้งพบสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตต จำนวน 18.99 กรัม คิดเป็นร้อยละ 0.25 และ 0.37 ของน้ำหนักเปลือกลำต้นส้มควายสดและแห้งตามลำดับ จากการแยกส่วนแยกย่อยโดยเทคนิคคอลัมน์โครมาโตกราฟีด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของตัวชะและรวมส่วนแยกย่อยที่มีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกันโดยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโตกราฟีสามารถแยกส่วนแยกย่อยได้ทั้งหมด 6 ส่วนแยกย่อย ซึ่งมีน้ำหนักของส่วนแยกย่อยเท่ากับ 0.13, 0.46, 1.21, 5.03, 0.98 และ 0.13 กรัม สำหรับส่วน

แยกย่อยที่ 1-6 (Fr1 – Fr6) ตามลำดับ แสดงการเปรียบเทียบในภาพที่ 1 จากการแยกส่วนแยกย่อยพบว่าเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของตัวชะปริมาณของส่วนแยกย่อยจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้ตัวชะระบบอะซิโตนและเฮกเซนในอัตราส่วนร้อยละ 50 โดยปริมาตร พบว่าน้ำหนักของส่วนแยกย่อยเริ่มลดลง และในส่วนแยกย่อยที่ 4 (Fr4) มีปริมาณมากที่สุด ซึ่งเป็นช่วงของตัวชะซึ่งใช้ตัวทำละลาย อะซิโตนและเฮกเซนในอัตราส่วนร้อยละ 30-50 โดยปริมาตร

การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบและส่วนแยกย่อยเปลือกลำต้นส้มควายแสดงในภาพที่ 1 โดยสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตแสดงการต้านอนุมูลอิสระแบบดีพีพีเอชที่ระดับร้อยละ 9.23 ± 2.20 ในขณะที่ส่วนแยกย่อยทั้ง 6 (Fr1 – Fr6) แสดงการต้านอนุมูลอิสระแบบดีพีพีเอชที่ระดับ 6.89 ± 1.82 , 16.89 ± 2.75 , 54.07 ± 1.55 , 80.23 ± 2.70 , 70.84 ± 0.64 และ 77.85 ± 4.28 ตามลำดับ โดยส่วนแยกย่อยที่ 4 (Fr4) แสดงการต้านอนุมูลอิสระแบบดีพีพีเอชมากที่สุด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับส่วนแยกย่อยที่ 5 (Fr5) และ 6 (Fr6) ในขณะที่ส่วนแยกย่อยที่ 1 (Fr1) มีการแสดงการต้านอนุมูลอิสระแบบดีพีพีเอชต่ำที่สุด สำหรับสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตมีการต้านอนุมูลอิสระแบบดีพีพีเอชที่ใกล้เคียงกับส่วนแยกย่อยที่ 1

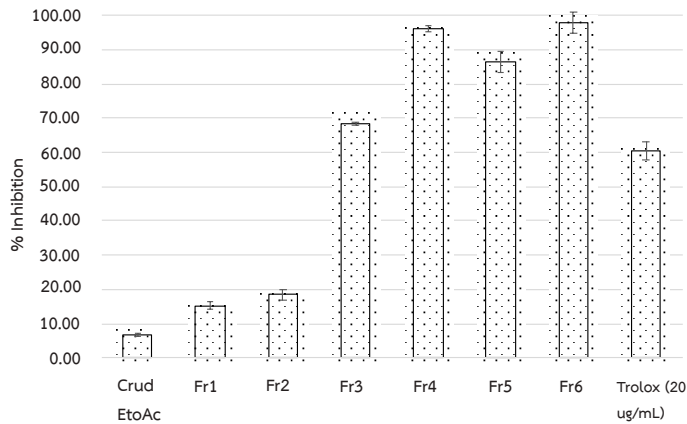


ภาพที่ 1 แสดงการต้านอนุมูลอิสระแบบดีพีพีเอช (DPPH) ของสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตต, ส่วนแยกย่อย 1 – 6 (Fr1 – Fr6) จากเปลือกลำต้นส้มควายและสารมาตรฐาน Trolox



ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบและส่วนแยกย่อยของเปลือกลำต้นส้มควายโดยเทคนิคเอบีทีเอส (ABTS) แสดงในภาพที่ 2 โดยสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตแสดงการต้านอนุมูลอิสระแบบเอบีทีเอสที่ระดับร้อยละ 6.72 ± 0.40 ในขณะที่ส่วนแยกย่อยทั้ง 6 (Fr1 – Fr6) แสดงการต้านอนุมูลอิสระแบบเอบีทีเอสที่ระดับ 15.29 ± 1.09 ,

18.47 ± 1.67 , 68.47 ± 0.52 , 95.92 ± 0.91 , 86.57 ± 3.04 และ 97.96 ± 3.16 ตามลำดับ โดยส่วนแยกย่อยที่ 6 (Fr6) แสดงการต้านอนุมูลอิสระแบบเอบีทีเอสมากที่สุด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับส่วนแยกย่อยที่ 4 (Fr4) และ 5 (Fr5) ในขณะที่สารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตมีการต้านอนุมูลอิสระแบบเอบีทีเอสที่ต่ำที่สุด



ภาพที่ 2 แสดงการต้านอนุมูลอิสระแบบเอบีทีเอส (ABTS) ของสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตต, ส่วนแยกย่อย 1 – 6 (Fr1 – Fr6) จากเปลือกลำต้นส้มควายและสารมาตรฐาน Trolox

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นพบว่าการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบและส่วนแยกย่อยที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร อาจเป็นค่าที่เกิดความคาดเคลื่อนซึ่งอาจเกิดจากความเข้มข้นของการต้านอนุมูลอิสระที่สูงเกินไปทำให้การเปรียบเทียบ

ข้อมูลผิดพลาดโดยเฉพาะอย่างยิ่งการต้านอนุมูลอิสระของส่วนแยกย่อยที่ 4 – 6 (Fr4 – Fr6) จึงทดลองหาค่าความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) ซึ่งแสดงข้อมูลในตารางที่ 1



ตารางที่ 1 แสดงค่าความเข้มของสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) ของสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตต ส่วนแยกย่อย 1 – 6 (Fr1 – Fr6) จากเปลือกลำต้นส้มควายและสารมาตรฐาน Trolox

Sample	Antioxidant activities (IC_{50} ; ug/mL)	
	DPPH	ABTS
Crude EtOAc	>100	>100
FR1	>100	>100
FR2	>100	>100
FR3	>100	65.71±4.89
FR4	50.80±2.47	7.71±1.51
FR5	92.49±2.59	35.74±2.70
FR6	43.19±0.71	53.39±3.20
Trolox	24.04±0.25	18.32±1.20

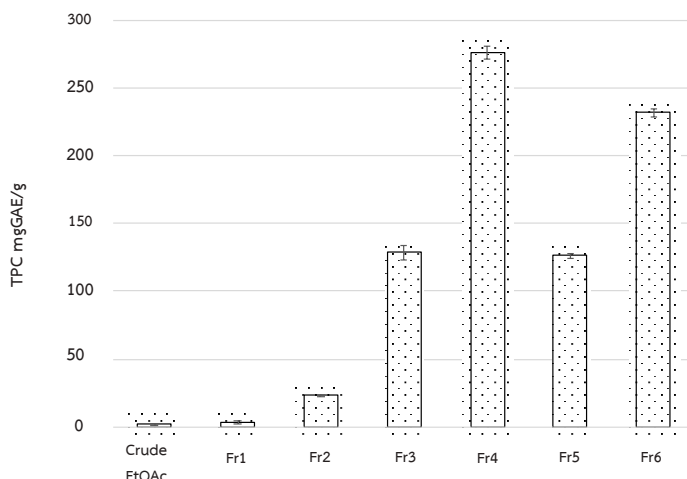
จากตารางที่ 1 การต้านอนุมูลอิสระแบบดีพีพีเอซ ส่วนแยกย่อยที่ 6 (Fr6) มีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระแบบดีพีพีเอซที่ดีที่สุด โดยแสดงค่า IC_{50} ที่ต่ำที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 43.19±0.71 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่ ส่วนแยกย่อยที่ 4 (Fr4) มีค่า IC_{50} ที่ใกล้เคียงกันที่ระดับความเข้มข้น 50.80±2.47 ในขณะที่การต้านอนุมูลอิสระแบบเอบีทีเอส ส่วนแยกย่อยที่ 4 (Fr4) มีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระแบบเอบีทีเอสที่ดีที่สุดที่ระดับ 7.71±1.51 ในขณะที่ความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระแบบเอบีทีเอสจะลดลง ดังจะเห็นได้จากค่า IC_{50} ของส่วนแยกย่อยที่ 5 (Fr5) และส่วนแยกย่อยที่ 6 (Fr6) ที่มีระดับค่า IC_{50} ที่ระดับความเข้มข้น 35.74±2.70 และ 53.39±3.20 ตามลำดับ

จากผลการทดลองข้างต้นปัจจัยของปริมาณสารฟีนอลิกน่าจะมีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบและส่วนแยกย่อยซึ่งปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบและส่วนแยกย่อยแสดงในตารางที่ 2 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตอยู่ที่ระดับ 1.96±0.25 mgGAE/gDW ในขณะที่ส่วนแยกย่อยทั้ง 6 (Fr1 – Fr6) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ระดับ 3.52±0.77, 23.11±0.44, 128.56±5.13, 275.96±4.38, 126.36±2.04 และ 231.53±3.35 mgGAE/gDW ตามลำดับ โดยส่วนแยกย่อยที่ 4 แสดงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับผลการต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 วิธี



ตารางที่ 2 แสดงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ของสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตและส่วนแยกย่อย 1 – 6 (Fr1 – Fr6)

Sample	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mgGAE/gDW)
Crude EtOAc	1.96±0.25
FR1	3.52±0.77
FR2	23.11±0.44
FR3	128.56±5.13
FR4	275.96±4.38
FR5	126.36±2.04
FR6	231.53±3.35



ภาพที่ 3 แสดงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ของสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตและส่วนแยกย่อย 1 – 6 (Fr1 – Fr6)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของส้มควาย (*G. pedunculata*) มีรายงานการวิจัยค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับส้มแขก (*G. atroviridis*) และจากการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกลำต้นส้มควายพบว่า ในสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระที่ต่ำมาก เมื่อผ่านโครมาโตกราฟีแบบคอลัมน์ในส่วนแยกย่อยมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระที่น่าสนใจ ปริมาณสารสกัดหยาบที่ใช้ตัวชะในระบบอะซีโตน/เฮกเซนพบว่าในส่วนแยกย่อยที่ 4 (Fr4) ให้น้ำหนักมากที่สุดที่ระดับ 5.03 กรัม คิดเป็นร้อยละต่อสารสกัดหยาบ

เอทิลอะซิเตตเท่ากับ 26.48 แสดงให้เห็นถึงปริมาณของสารในกลุ่มที่มีขั้วปานกลางค่อนข้างมากในส่วนของเปลือกลำต้นส้มควาย นอกจากนี้การต้านอนุมูลอิสระแบบดีพีพีเอช (DPPH) ของส่วนแยกย่อยที่ 4 (Fr4) ยังแสดงประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระแบบดีพีพีเอชที่สูงที่สุดที่ระดับ 80.23 ± 2.70 ในขณะที่สารสกัดหยาบส่วนเอทิลอะซิเตตแสดงประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระแบบดีพีพีเอชที่ระดับ 9.23 ± 2.20 ซึ่งมีประสิทธิภาพน้อยกว่าส่วนแยกย่อยที่ 4 (Fr4) ประมาณ 8 เท่า เช่นเดียวกับการต้านอนุมูลอิสระแบบเอบีทีเอส (ABTS) จากผลการทดลองดังกล่าวน่าจะเกิดจากสารสำคัญบางชนิดที่มีปริมาณสูงในส่วนแยกย่อยที่ 4 (Fr4)



น่าจะเป็นสารกลุ่มแซนโทนซึ่งมีสภาพความมีขั้วใกล้เคียงกัน และสารกลุ่มแซนโทนมีปริมาณการต้านอนุมูลอิสระที่สูง [15] ซึ่งสารกลุ่มแซนโทนสามารถพบได้ในส่วน เนื้อไม้ [16] และ ลำต้น [17] ในส่วนผลพบสารกลุ่มแซนโทนค่อนข้างน้อย เมื่อเพิ่มความมีขั้วของตัวชะสารกลุ่มแซนโทนน่าจะถูกชะ ออกมาในส่วนแยกย่อยที่ 1 – 3 (Fr1 – Fr3) แต่อาจมีปริมาณ ที่ไม่มากพอที่จะแสดงประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ และ เมื่อผ่านส่วนแยกย่อยที่ 4 (Fr4) ไปแล้วการเพิ่มความมีขั้ว ของตัวชะจะทำให้สารกลุ่มแซนโทนที่มีขั้วสูงขึ้นถูกชะออก มาแต่ น่าจะมีปริมาณสัดส่วนที่น้อยลงทำให้การแสดงผล ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระที่ต่ำกว่าส่วนแยกย่อยที่ 4 (Fr4) ซึ่งประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของส่วนแยกย่อย ที่ 4 มีประสิทธิภาพที่สูง สำหรับส่วนแยกย่อยที่ 3 และ 5 แม้ว่า จะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดใกล้เคียงกันแต่มีความแตกต่าง ของประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระอาจจะเกิดจากสารใน กลุ่มฟีนอลิกบางชนิดอาจแสดงประสิทธิภาพการต้าน อนุมูลอิสระที่ต่ำ ดังนั้นการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมในอนาคต โดยใช้การทำบริสุทธิ์และพิสูจน์ทราบโครงสร้างของสาร ด้วยวิธีทางสเปกโทรสโกปี และนำสารบริสุทธิ์ที่ได้ทดสอบ การต้านอนุมูลอิสระเพื่อยืนยันผลการวิจัยอีกครั้ง เพื่อที่นำ ข้อมูลที่ได้มาพัฒนาสารสกัดจากเปลือกลำต้นส้มควายเพื่อ ประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหรือเครื่องสำอาง โดยส้มควาย (*G. pedunculata*) ซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นของ จังหวัดทางภาคใต้ตอนกลางแถบจังหวัด สุราษฎร์ธานี กระบี่ ภูเก็ต และนครศรีธรรมราช ซึ่งลักษณะทางพฤกษศาสตร์มัก ทำให้เกิดความสับสนกับส้มแขก (*G. atroviridis*) ส้มควาย เป็นพืชที่มีความน่าสนใจในด้านเอกลักษณ์เชิงพื้นที่ และ จากการทดลองในครั้งนี้ น่าจะผลักดันให้สารสกัดจากส้ม ควายเป็นผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นหรือสามารถพัฒนาเป็นสิ่งบ่งชี้ ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indications) ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากเงิน รายได้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ประจำปีงบประมาณ 2562 (เลขที่สัญญา C-1/2562)

เอกสารอ้างอิง

1. Lee J, Koo N, Min DB. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2004;3(1):21-33.
2. Buxiang S, Fukuhara M. Effect of co-administration of butylated hydroxytoluene, butylated hydroxy anisole and flavonoid on the activation of mutagens and drugs-metabolizing enzymes in mice. *Toxicology* 1997;122(1-2):61-72.
3. Kim SY, Jeong SM, Park WP, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extracts. *Food Chem* 2006;97(3):472-749.
4. Gardner S, Sidisunth P, Chayamarit K. Forest trees of southern Thailand volume 1 (Acanthaceae to Escalloniaceae). Bangkok: Torch publishing project; 2015.
5. Sharma A, Joseph GS, Singh RP. Antioxidant and antiplatelet aggregation properties of bark extracts of *Garcinia pedunculata* and *Garcinia cowa*. *J Food Sci Technol* 2014;51(8):1626-31.
6. Mudoi T, Deka DC, Devi R. *In vitro* antioxidant activity of *Garcinia pedunculata*, an indigenous fruit of North Eastern (NE) region of India. *Int J Pharmtech Res* 2012;4(1):334-42.
7. Jayaprakasha GK, Negi PS, Jena BS. Antioxidative and antimutagenic activities of the extracts from the rinds of *Garcinia pedunculata*. *Innov Food Sci Emerg Technol* 2006;7(3):246-50.
8. Vo HT, Ngo NTN, Bui TQ, Pham HD, Nguyen LHD. Geranylated tetra oxygenated xanthenes from the pericarp of *Garcinia pedunculata*. *Phytochem Lett* 2015;13(2):119-22.



9. Joseph GS, Jayaprakasha GK, Selvi AT, Jena BS, Sakariah KK. Antiaflatoxic and antioxidant activities of *Garcinia* extracts. *Int J Food Microbiol* 2005;101(2):153-60.
10. Islam MZ, Hoque MM, Asif SM, Monalisa K. Chemical composition, Antioxidant capacities and storage stability of *Citrus macroptera* and *Garcinia pedunculata* fruits. *Emir J Food Agric* 2015;27(3):275-82.
11. Zoliansanga, Lalfakzuala R. Antibacterial activity and phytochemical screening of *Garcinia pedunculata* Roxb. ex Buch. - Ham. fruit extract by HPLC-ESI-MS. *J Pure Appl Microbiol* 2021;15(4):2183-94.
12. Biswajit S, Chandra GB. Study of the effect of *Garcinia pedunculata* fruit pulp on normal and alloxan induced diabetic mice. *Res J Chem Environ* 2021;25(6):142-7.
13. Kureshi AA, Hussain T, Mirgal A, Salvi SP, Barua PC, Talukdar M, et al. Comparative evaluation of antioxidant properties of extracts of fruit rinds of *Garcinia* species by *in vitro* assays. *Indian J Hortic* 2019;76(2):338-43.
14. Oliveira AS, Cercato LM, Souza MTS, Melo AJO, Lima BS, Duarte MC, et al. The ethanol extract of *Leonurus sibiricus* L. induces antioxidant, antinociceptive and topical anti-inflammatory effects. *J Ethnopharmacol* 2017;206:144-51.
15. Zafar S, Jian YQ, Li B, Peng CY, Choudhary MI, Rahman A, et al. Antioxidant nature adds further therapeutic value: an updated review on natural xanthenes and their glycosides. *Dig Chin Med* 2019;2(3):166-92.
16. Rao AVR, Sarma MR, Venkataraman K, Yemul SS. A benzophenone and xanthone with unusual hydroxylation patterns from the heartwood of *Garcinia pedunculata*. *Phytochem* 1974;13(7):1241-4.
17. Vo HT, Nguyen NTT, Maas G, Werz UR, Pham HD, Nguyen LHD. Xanthenes from the bark of *Garcinia pedunculata*. *Phytochem Lett* 2012;5(4):766-9.



การเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากเมล็ดแตงโม

Comparison of antioxidant activity and amount of total phenolic compound from watermelon seeds

นฤวัตร ภัคที รณชัย ภูวนานา* และ จตุพร ประทุมเทศ

สาขาวิชาแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
สกลนคร 47160

Naruwat Pakdee, Ronnachai Poowanna* and Jatuporn Prathumtet

Department of Thai Traditional Medicine, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of
Technology Isan, Sakon Nakhon Campus 47160

Received: 6 August 2021/ Revised: 22 December 2021/ Accepted: 26 December 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของเมล็ดแตงโม และการพัฒนาชาซงจากเมล็ดแตงโม ซึ่งเป็นการศึกษาเชิงทดลอง โดยนำเมล็ดแตงจากทั้งหมด 15 แหล่ง สกัดด้วยวิธีการหมักในเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ และต้มด้วยน้ำ วิเคราะห์คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity และหาปริมาณฟีนอลิกรวมทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ผลการศึกษาพบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากเมล็ดแตงโมที่สกัดด้วยเอทานอลและน้ำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยเมล็ดที่ได้มาจากจังหวัดอุดรธานีมีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงสุด (IC_{50} : 5.757 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ส่วนสารสกัดหยาบจากเมล็ดแตงโมที่สกัดด้วยน้ำของอำเภอพนนาแก้ว จังหวัดสกลนคร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงสุด (IC_{50} : 10.867 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเมล็ดแตงโมจากจังหวัดอุดรธานีที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งหมด ซึ่งมีค่า เท่ากับ 37.374 ± 0.336 mgGAE/g extract ส่วนประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเมล็ดแตงโมจากอำเภอพรรณานิคมที่สกัดด้วยน้ำมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งหมดสูงสุด ซึ่งมีค่า 18.298 ± 0.079 mgGAE/g extract สรุปได้ว่า สารสกัดจากเมล็ดแตงโมแต่ละแหล่งมีคุณสมบัติในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมแตกต่างกัน

คำสำคัญ: เมล็ดแตงโม สารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก



Abstract

The purpose of this study is to compare antioxidant activity, total phenolic compound content, and the development of tea from watermelon seeds collected from 15 different sources and extracted using a fermentation method, 95 percent ethanol, and boiling water. The 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method was used to examine the antioxidant properties. The Folin-Ciocalteu method was used to determine the total phenolic content. The quantitative data were analyzed using analysis of variance (ANOVA). The antioxidant activity of watermelon seeds extracted with 95 percent ethanol and water had significant differences ($p < 0.001$). The seeds obtained from Udon Thani province have the highest antioxidant efficiency (IC_{50} : 5.757 mg/ml). The crude extracts of watermelon seeds extracted from water of Phon Na Kaeo will be effective. The highest free radicals (IC_{50} : 10.867 mg/ml) and the antioxidant efficiency of watermelon seed crude extract from Udon Thani province, also extracted by 95 percent ethanol is related to the total amount of phenolic compounds, which is 37.374 ± 0.336 mgGAE/g extract. The effectiveness of crude extracted by water showed the highest inhibited free radicals of total amount of phenolic compounds was 18.298 ± 0.079 mgGAE/g extract. In conclusion, each source of watermelon seed extract has different antioxidant properties and a different total phenolic compound content.

Keywords: Watermelon seed, Antioxidants, Total phenolic compound

บทนำ

ปัจจุบันการดูแลสุขภาพเป็นสิ่งที่คุณทุกคนให้ความสำคัญ โดยมุ่งเน้นไปในด้านการป้องกันการเกิดโรคเนื่องจากพบว่า การเกิดการเจ็บป่วยด้วยโรคมะเร็งมีสาเหตุมาจากสารที่เรียกว่าสารอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระ คือ โมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวหรืออิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่อุณหภูมิสูงของโมเลกุล ทำให้โมเลกุลนี้มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อสารอื่น ส่งผลให้เกิดผลกระทบและเป็นสาเหตุหนึ่งในเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคชรา (aging) โรคมะเร็ง (cancer) โรคหัวใจขาดเลือด (coronary heart disease) เป็นต้น ขณะที่สารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทในการป้องกันการทำลายสารชีวโมเลกุลในร่างกายจากอนุมูลอิสระที่ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ [1] ซึ่งกลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติสามารถพบได้ในผักพื้นบ้าน เช่น ใบแมงลักและผลมะขาม [2] อาหารหรือเครื่องดื่มหลายชนิด รวมทั้งชาสมุนไพร โดยจากการศึกษาพบว่า ชาสมุนไพรหลายชนิดมีสารต้านอนุมูลอิสระ และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ชาดอกเก๊กฮวยมีประโยชน์

ช่วยในการลดความวิตกกังวล และช่วยผ่อนคลาย [3] และยังมีการพัฒนาสูตรชาสมุนไพรใบหม่อนที่มีส่วนผสมของเก๊กฮวยให้ฤทธิ์ทางชีวภาพสูง ทั้งการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส [4] เป็นต้น

แตงโม (*Citrullus lanatus*) มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศทางตอนเหนือของแอฟริกา จากนั้นมีการแพร่เข้ามาทางตอนกลางและใต้ของเอเชีย จนปัจจุบันมีการปลูกกันทั่วโลกในแถบประเทศโซนอบอุ่น สรรพคุณทางแผนไทยของแตงโมพบว่า รากช่วยแก้โรคบิด ท้องร่วง แก่ร้อนในกระหายน้ำ เปลือกสีเขียวช่วยคลายอาการปวดฟัน ขับปัสสาวะ บำรุงกำลัง แก้อ่อนเพลีย และเมล็ดช่วยในการขับพยาธิ คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อแตงโมมีสารอาหารต่าง ๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร โปรตีน เบต้าแคโรทีน และวิตามินอื่น ๆ [5] น้ำแตงโมสามารถช่วยลดอัตราการเต้นของหัวใจและลดอาการปวดกล้ามเนื้อ [6] ในเนื้อแตงโมมีสาร citrulline ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการหลั่งไนตริกออกไซด์ ซึ่งกระตุ้นการสร้างและซ่อมแซมเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ทำให้



ร่างกายเจริญเติบโต และควบคุมระบบการทำงานของร่างกายให้เป็นปกติ [7] มีสาร lycopene ที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ [8] รวมทั้งพบว่ามีสารสำคัญในกลุ่ม flavonoid, alkaloid และ tannin ในเมล็ด [9] จากการศึกษาส่วนสกัดน้ำของเมล็ดแตงโม จำนวน 5 สายพันธุ์ (กินรี ตอร์ปิโด ญานู๋ รันรัน และคิงอเรนจ์) พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด [10, 11] อีกทั้งยังมีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด และจากการทดสอบเบื้องต้นไม่พบความเป็นพิษต่อเซลล์ [12] นอกจากนี้ยังมีการรายงานแสดงให้เห็นว่าสารสำคัญต่าง ๆ ของแตงโม ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ฤดูกาล และสภาพภูมิประเทศที่ปลูก [13, 14] ทั้งนี้การค้นคว้าข้อมูลการวิจัยในประเทศไทยยังไม่พบการรายงานข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากเมล็ดแตงโมจากแหล่งที่แตกต่างกัน มีเพียงการรายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแตงโมที่ต่างสายพันธุ์ในประเทศไทย [15] และการศึกษาปริมาณสาร lycopene ซึ่งนำเมล็ดแตงโมจากจังหวัดสกลนครไปทดสอบ

ดังนั้นจึงมีความน่าสนใจที่จะศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และการพัฒนาชางจากเมล็ดแตงโม จำนวน 15 แหล่ง และเปรียบเทียบตัวทำละลาย จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ น้ำและเอทานอล โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในเมล็ดแตงโม เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกแหล่งที่มาของวัตถุดิบสำหรับพัฒนาเป็นชาขงเมล็ดแตงโมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองมี 2 การทดลอง ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด โดยวิธี 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity และวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิก รวมโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu colorimetric

1. การเตรียมสารสกัดเมล็ดแตงโม

นำเมล็ดแตงโมตอร์ปิโดจากกลุ่มเครือข่ายผู้ปลูกแตงโมจังหวัดสกลนครและจังหวัดใกล้เคียงทั้งหมด จำนวน

15 ตัวอย่าง ล้างทำความสะอาด แล้วนำไปล้างแดดให้แห้ง ทำการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำผงแตงโมหนัก 200 กรัม แช่ในสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ในอัตราส่วน 1:5 เป็นเวลา 7 วัน และเตรียมการสกัดจากน้ำ โดยนำผงเมล็ดแตงโมหนัก 200 กรัม ต้มในน้ำเดือด ปริมาตร 1.4 ลิตร เป็นเวลา 30 นาที (ในอัตราส่วน 1:7) จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางและกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ใส่ขวดสีชา ปิดฝาให้สนิท แล้วนำไปอบไล่ความชื้นด้วยเครื่อง hot air oven ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จนได้สมุนไพรรักษาเป็นผง นำไปคำนวณหา %yield ทำการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม และตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

2. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1) เตรียมสาร DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

การเตรียมสาร DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งสาร DPPH หนัก 0.008 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยเอทานอล เขย่าให้เข้ากันและเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที

2) การเตรียมสารมาตรฐาน ascorbic acid

การเตรียมสาร ascorbic acid เพื่อสร้าง standard curve โดยเตรียมที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำมาปรับให้มีความเข้มข้น 0.1, 0.05, 0.025, 0.0125 และ 0.00625 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ทั้งนี้จะมีการใช้สาร ascorbic acid ในแต่ละความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 2 มิลลิลิตร

3) การเตรียมสารตัวอย่าง (สารสกัดเมล็ดแตงโมที่สกัดด้วยเอทานอลและน้ำ)

เตรียมสารละลายตัวอย่างให้มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาปรับความเข้มข้นเป็น 15, 12.5, 10, 5, 2.5, 1.25 และ 0.625 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 2 มิลลิลิตร โดยใช้เอทานอลและน้ำเป็นตัวทำละลาย



4) วิธีการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ปีเปดต์สารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ในแต่ละความเข้มข้น เติมสารละลายของ DPPH ในตัวทำละลายเอทานอล ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ในไมโครเพลททิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่า

ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงแบบไมโครเพลท โดย ascorbic acid เป็น positive control และคำนวณหาค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ที่ 50% (IC_{50}) โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid คำนวณดังสมการ

$$\% \text{ การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH} = \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \times 100$$

โดย A_{control} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH + Absolute ethanol
 A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง + DPPH

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

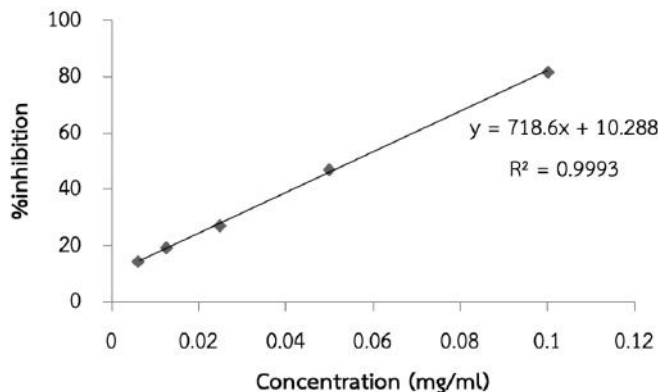
การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกโดยวิธี Folin-Ciocalteu โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิกและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร มีขั้นตอนดังนี้

- 1) เตรียมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent โดยนำ Folin-Ciocalteu 10 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 โดยปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
- 2) เตรียมสารมาตรฐานกรดแกลลิก ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น stock standard solution ด้วยเอทานอล เจือจางสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกด้วยเอทานอลให้มีความเข้มข้น 0.015625, 0.03125, 0.0625, 0.125 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 2 มิลลิลิตร
- 3) การเตรียม sodium carbonate anhydrous (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ โดยเตรียมสาร Na_2CO_3 หนัก 7 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

4) การเตรียมสารสกัดเมล็ดแดงโม โดยใช้เอทานอล และน้ำเป็นตัวทำละลาย ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นปรับให้มีความเข้มข้น 7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

5) วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม วิเคราะห์โดยใช้ Folin-Ciocalteu method โดยใช้ gallic acid เป็นสารมาตรฐาน สร้างกราฟมาตรฐานของสารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 0.25, 0.125, 0.0625 และ 0.03125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) โดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง microplate reader และคำนวณประมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมของกรดแกลลิกสมมูลกับ 1 กรัมของสารสกัด (mgGAE/g extract) โดยคำนวณตามสมการ $Y=718.6x + 10.288$ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 กราฟมาตรฐานของสารละลาย gallic acid

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการทดลองแสดงข้อมูลในรูปแบบของค่าเฉลี่ย และการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. ผลของการสกัดสารจากเมล็ดแตงโม

จากผลการทดลองพบว่า วิธีการสกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลน้ำหนักรสสกัดหยาบที่มากกว่าสกัดด้วยน้ำ โดยสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ที่มี %yield มากที่สุดคือ เมล็ดแตงโมจากขอนแก่น 4.61 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เมล็ดแตงโมจากอุดรธานี 4.51 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดแตงโมจากยโสธร 4.04 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดแตงโมจากโพธิ์นาแก้ว 2.68 เปอร์เซ็นต์ และน้อยที่สุดคือ เมล็ดแตงโมจากพรรณานิคม และพบว่าสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยน้ำที่มี %yield มากที่สุดคือ เมล็ดแตงโมจากพรรณานิคม มีค่าเท่ากับ 7.10 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เมล็ดแตงโมจากยโสธร 6.36 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดแตงโมจากอุดรธานี 3.86 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดแตงโมจากขอนแก่น 3.38 เปอร์เซ็นต์ และน้อยที่สุดคือ เมล็ดแตงโมจากโพธิ์นาแก้ว 1.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

2. ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH free radical scavenging activity โดยแสดงปริมาณความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ทำให้สารต้านอนุมูลอิสระลดลง 50% (IC_{50}) ของสารสกัดหยาบจากเมล็ดแตงโมจากอุดรธานี ขอนแก่น ยโสธร พรรณานิคมโดยเลือกแหล่งที่ 11 เป็นตัวแทนของแหล่งที่มาจากอำเภอพรรณานิคมและโพธิ์นาแก้ว เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid พบว่า ส่วนใหญ่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน ยกเว้นส่วนสกัดน้ำจากแหล่งจังหวัดขอนแก่น มีค่า IC_{50} เท่ากับ 22.492 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าแหล่งอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สรุปผลดังนี้ เมล็ดแตงโมจากแหล่งที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดพบในสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเมล็ดแตงโมแหล่งที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงเรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ เมล็ดแตงโมจากจังหวัดอุดรธานี จังหวัดยโสธร อำเภอพรรณานิคม อำเภอโพธิ์นาแก้ว และจังหวัดขอนแก่น โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 5.704, 6.101, 7.484, 8.214 และ 8.331 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนในสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยน้ำ เมล็ดแตงโมแหล่งที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงเรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ อำเภอโพธิ์นาแก้ว จังหวัดยโสธร อำเภอพรรณานิคม จังหวัดอุดรธานี และจังหวัดขอนแก่น โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 10.871, 13.995, 15.898, 18.653 และ 22.492 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 2)



3. ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

ผลการวิเคราะห์พบว่า ส่วนใหญ่แต่ละแหล่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดแดงโม่ที่นำมาจากจังหวัดขอนแก่นกับอำเภอพรหมานิคม จังหวัดสกลนคร โดยปริมาณของฟีนอลิกทั้งหมดเป็นค่าเฉลี่ยของสารสกัดแต่ละตัวอย่าง พบว่าสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงกว่าสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยน้ำ ซึ่งเมล็ดแดงโม่ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดในสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเรียงแหล่งเมล็ดแดงโม่จากมากไปหาน้อย ได้แก่ จังหวัดอุดรธานี จังหวัดยโสธร อำเภอพรหมานิคม จังหวัดขอนแก่น และอำเภอโพนนาแก้ว โดยมีค่าเท่ากับ 37.373, 23.972, 22.220, 21.531 และ 17.867 mgGAE/g extract ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.593 mgGAE/g extract ส่วนเมล็ดแดงโม่ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

น้อยที่สุดในสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยน้ำ โดยเรียงแหล่งเมล็ดแดงโม่จากมากไปหาน้อย ได้แก่ อำเภอพรหมานิคม จังหวัดยโสธร อำเภอโพนนาแก้ว จังหวัดอุดรธานี และจังหวัดขอนแก่น ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 18.298, 17.391, 16.399, 12.355 และ 11.935 mgGAE/g extract ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.276 mgGAE/g extract (ภาพที่ 3)

4. ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของชาเมล็ดแดงโม่

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของชาเมล็ดแดงโม่สุตรชาเสริมเก็กฮวย 20 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เวลา คือ 2, 3, 4 และ 5 นาที พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 2.459, 3.726, 2.236 และ 2.752 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 1.139, 0.976, 0.697 และ 0.557 mgGAE/g extract ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ร้อยละน้ำหนักของสารสกัดหยาบเมล็ดแดงโม่ที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ

แหล่งของเมล็ดแดงโม่	%yield	
	เอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์	น้ำ
1	4.51	3.86
2	4.61	3.38
3	4.04	6.36
4	1.72	6.90
5	2.68	1.20
6	1.18	4.50
7	1.71	6.10
8	1.67	5.30
9	1.78	6.50
10	1.35	6.20

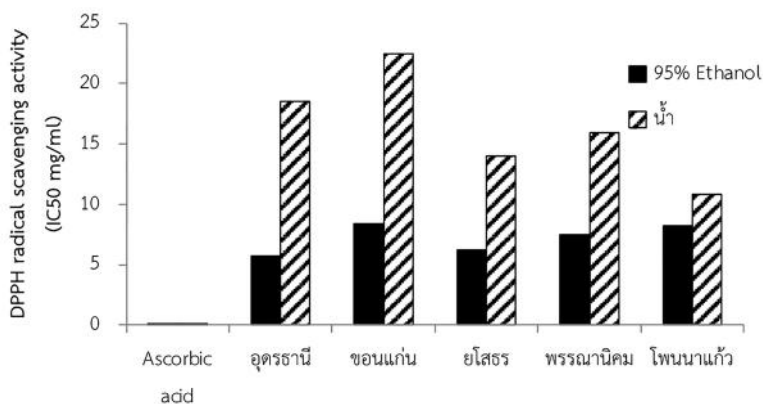


ตารางที่ 1 (ต่อ)

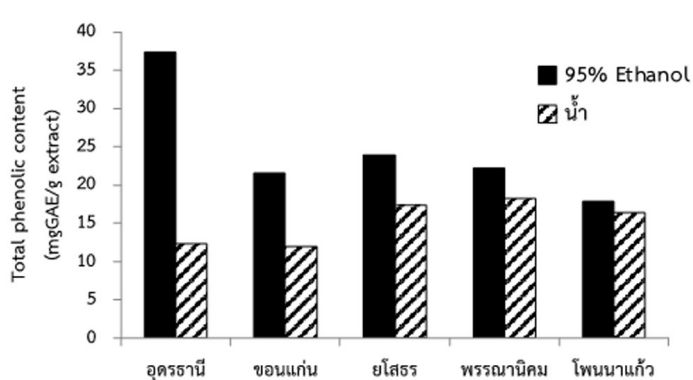
แหล่งของเมล็ดแตงโม	%yield	
	เอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์	น้ำ
11	2.78	7.10
12	1.91	6.40
13	2.50	7.00
14	1.70	6.30
15	2.52	7.06

หมายเหตุ ทำการเก็บเมล็ดแตงโมจากแปลง และเตรียมตัวอย่างให้เหมาะสม ได้แก่ การล้าง การตาก การอบแห้ง และการบด ทั้งนี้ตัวอย่าง จำนวน 15 ตัวอย่าง แสดงดังนี้

1. บ้านดงยาง ตำบลบ้านจันทน์ อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี
2. บ้านหนองน้ำขุ่น ตำบลโนนศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
3. บ้านดอนเชียง ตำบลลุมพุก อำเภอคำเขื่อนแก้ว จังหวัดยโสธร
4. บ้านคำข่า ตำบลไร่ อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร
5. บ้านโนนประดู่ ตำบลเชียงสี้อ อำเภอโพธินาแก้ว จังหวัดสกลนคร
6. บ้านหินแตก ตำบลไร่ อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร
7. บ้านเสาขวัญ ตำบลไร่ อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร
8. บ้านโคกสะอาด ตำบลไร่ อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร
9. บ้านคำข่าน้อย ตำบลไร่ อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร
10. บ้านโนนอุดม ตำบลไร่ อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร
11. บ้านไร่ ตำบลไร่ อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร
12. บ้านคำแหว ตำบลไร่ อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร
13. บ้านไฮ่ ตำบลไร่ อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร
14. บ้านทิดไทย ตำบลไร่ อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร
15. บ้านดงคำโพธิ์ อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร



ภาพที่ 2 ค่า IC₅₀ ของสารสกัดเมล็ดแตงโมจากแหล่งต่าง ๆ ที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ



ภาพที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดเมล็ดแตงโมจากแหล่งต่างๆ ที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการต้านฤทธิ์อนุมูลอิสระของเมล็ดแตงโมจากจังหวัดอุดรธานี จังหวัดขอนแก่น จังหวัดยโสธร อำเภอพรรณานิคม และอำเภอโพนนาแก้ว จังหวัดสกลนครที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ พบว่าเมล็ดแตงโมที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้มากกว่าเมล็ดแตงโมที่สกัดด้วยน้ำ โดยเมล็ดแตงโมจากจังหวัดอุดรธานีที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า IC₅₀ ดีที่สุด คือ 5.704±0.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผลที่ได้ขัดแย้งกับการศึกษาโดย สุพัตรา และคณะ [10] ที่รายงานว่าเมล็ดแตงโมที่สกัดด้วยน้ำมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเมล็ดแตงโมที่สกัดด้วยเอทานอล ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากเมล็ดแตงโมทั้งนี้ผลจากการทดลองพบว่า เมล็ดแตงโมที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากกว่าเมล็ดแตงโมที่สกัดด้วยน้ำ ซึ่งเมล็ดแตงโมที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมอยู่ในช่วง 17.867±0.22 ถึง 37.374±0.19 mgGAE/g extract เมล็ดแตงโมที่สกัดด้วยน้ำมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมอยู่ในช่วง 11.935±0.01 ถึง 18.298±0.05 mgGAE/g extract โดยเมล็ดแตงโมจากจังหวัดอุดรธานีที่สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด คือ

37.373±0.19 mgGAE/g extract เมื่อพิจารณาส่วนสกัดเอทานอลของเมล็ดแตงโมมีแนวโน้มที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์กันมากกว่าส่วนสกัดน้ำ จึงกล่าวได้ว่ากลุ่มสารในส่วนสกัดเอทานอลของเมล็ดแตงโมที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน่าจะเป็นสารกลุ่มฟีนอลิก แต่ส่วนสกัดน้ำอาจจะเป็นสารประกอบกลุ่มอื่นๆ เช่น flavonoid, alkaloid และ tannin [9]

จึงสรุปได้ว่า เมล็ดแตงโมมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยพบว่าแหล่งที่มาของเมล็ดแตงโม สภาพภูมิประเทศ และสภาพอากาศที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตามสามารถนำข้อมูลนี้ไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเป็นชาขงเมล็ดแตงโมได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์จากคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร และการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2562



เอกสารอ้างอิง

1. Duangjit S, Suwannarat K, Kittiphinitnunta K, Ongwisut P, Bumrunghai S, Ngawhirunpat S, et al. Role of natural antioxidants for topical applications: properties, efficacy, safety and novel delivery systems. *Isan J Pharm Sci* 2019;15(1):21-48.
2. Jankana S. Testing antioxidant activity and analysis of phenolic compounds in the Thai nature vegetables. *Naresuan Phayao J* 2013;6(3): 188-93.
3. สิริพันธุ์ จุลรังคคะ. เครื่องดื่มในงานบริการ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2555.
4. Srisopa A, Wongkrajang K. Development of antioxidant and anti- α -glucosidase mulberry leaf tea recipes with combination of aroma herbs. *TJST* 2020;9(2):218-29.
5. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย (Nutritive values of Thai foods). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก; 2535.
6. Tara Tarazona-Diaz MP, Alacid F, Carrasco M, Martinez I, Aguayo E. Watermelon juice : potential functional drink for sore muscle relief in athletes. *J Agric Food Chem* 2013;61(31):7522-8.
7. Bahri S, Zerrouk N, Aussel C, Moinard C, Crenn P, Curis E, et al. Citrulline : from metabolism to therapeutic use. *Nutrition* 2013;29(3):479-84.
8. Madhavi P, Vakati K, Rahman H. Evaluation of anti-inflammatory activity of *Citrullus lanatus* seed oil by *in-vivo* and *in-vitro* models. *Int J Pharm Res* 2012;2(4):104-8.
9. Sola AO, Temitayo OO, Olufunke A, Shittu F. Chemical composition, nutritional values and antibacterial activities of watermelon seed (*Citrullus lanatus*). *Int J Biochem Res Rev* 2019;27(1):1-9.
10. สุพัตรา ทองทา, เพชรรัตน์ ไสว, กล่าวขวัญ ศรีสุข. การศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์เพิ่มการผลิตไนตริกออกไซด์ของแตงโมบางสายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา* 2560;22 (ฉบับพิเศษ1):14-22.
11. Rahman H, Manjula K, Anoosha T, Nagaveni K, Eswaraiiah CM, Bardalai D. *In-vitro* anti-oxidant activity of *Citrullus Lanatus* seed extracts. *Asian J Pharm Clin Res* 2013;6(3):152-7.
12. Varghese S, Narmadh R, Gomathi D, Kalaiselvi M, Devaki K. Evaluation of hypoglycemic effect of ethanolic seed extracts of *Citrullus lanatus*. *J phytopharm* 2013;2(6):31-40.
13. Tlili I, Hdider C, Lenucci MS, Riadh I, Jebari H, et al. G. Bioactive compounds and antioxidant activities of different watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars as affected by fruit sampling area. *J Food Compost Anal* 2011;24(3):307-14.
14. Ratanaopa S, Sirisomboon P. Change in lycopene and soluble solids content of watermelon (Kinnaree variety) at different maturity. In: proceedings of the 14th TSAE National Conference, March 12-14, 2021; Khon Kaen, Thailand; 2021. p. 157-8.
15. Loypimai P, Pasakul T, Mongkolthai R. Comparisons of antioxidant activities and total phenolic content of fruit peels. *J Agric Sci* 2011; 42(2)(Suppl.):385-8.



ผลของโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19
ของอาสาสมัครสาธารณสุข จังหวัดปทุมธานี
Effectiveness of health belief program to preventive behavior with COVID-19
of public health volunteers in Pathumthani province

สมหมาย หิรัญนุช^{1*} สิริกาญจน์ กระจ่างโพธิ์¹ และ ไพลิน นุกุลกิจ²

¹ ภาควิชาการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี ปทุมธานี 1400

² ภาควิชาการพยาบาลเด็กและวัยรุ่น คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี ปทุมธานี 1400

Somma Hirunnu^{1*}, Sirikan Krajangpho¹ and Pailin Nukulkit²

¹ Department of Adult and Gerontological Nursing, Faculty of Nursing,
Pathumthani University, Pathumthani 1400

² Department of Pediatric Nursing, Faculty of Nursing, Pathumthani University, Pathumthani 1400

Received: 30 July 2021/ Revised: 25 December 2021/ Accepted: 27 December 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ของอาสาสมัครสาธารณสุข จังหวัดปทุมธานี กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครสาธารณสุข จำนวน 54 คน โดยเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม อย่างละ 27 คน เก็บข้อมูลระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน 2563 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) ข้อมูลส่วนบุคคล 2) โปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพ 3) แบบสอบถามความเชื่อด้านสุขภาพ และ 4) แบบสอบถามพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ได้แก่ โปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพ แบบสอบถามความเชื่อด้านสุขภาพ และแบบสอบถามพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน มีค่าเท่ากับ 1.00, 0.90 และ 1.00 ตามลำดับ และตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความเชื่อด้านสุขภาพ และพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.89 และ 0.82 ตามลำดับ ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปโดยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วยสถิติเชิงอนุมานด้วยการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) อาสาสมัครสาธารณสุขที่ได้รับโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพ มีพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 สูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 2) อาสาสมัครสาธารณสุขที่ได้รับโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพมีพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 บทสรุปพบว่า โปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพมีประโยชน์ในการส่งเสริมสุขภาพในการป้องกันโรคโควิด-19 ได้ ดังนั้นบุคลากรผู้เกี่ยวข้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันโรคโควิด-19 เพื่อส่งเสริมสุขภาพประชาชนต่อไป

คำสำคัญ: โปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพ พฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 อาสาสมัครสาธารณสุข



Abstract

This research was quasi experimental research. The purposes of this research were to effects of health belief program to preventive behavior with COVID-19 of public health volunteers in Pathumthani Province. The samples were 54 public health volunteers selected by purposive sampling between July to September 2020. Data were collected using the demographic data record form, the health belief program, the health belief questionnaire, and the COVID-19 preventive behavior questionnaire. The content validity by 5 qualified persons which health belief program, the health belief questionnaire, and the COVID-19 preventive behavior were at 1.00, 0.90 and 1.00 respectively. The reliability of health belief and behavior in COVID-19 prevention which was conducted using Cronbach's alpha coefficient, the result were 0.89 and 0.82, respectively. The descriptive statistics to analyze by using frequencies, percentages, means, standard deviation and inferential statistics by t-test. The results of the study showed that 1) the average scores of health belief model after experimental was higher than before participating in the program at statistically significant difference of 0.05. 2) The average scores of the behavior in COVID-19 prevention after experimental was higher than before participating in the program at statistically significant difference of 0.05. It can be concluded that the health belief programs are helpful in promoting health in the prevention of COVID-19. Therefore, relevant personnel can be applied to prevent the spread of COVID-19 to promote continuously good health.

Keyword: Health belief program, Preventive behaviors for Covid-19, Public health volunteers

บทนำ

โรคโควิด-19 เกิดจากการติดเชื้อไวรัส และมีการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็วไปทั่วโลกกลายเป็นภัยคุกคามที่รุนแรงกับคนทั่วโลก ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้ประกาศให้การระบาดนี้เป็นภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุขระหว่างประเทศ[1] ขณะนี้พบผู้ติดเชื้อโรคโควิด-19 ในหลายประเทศจากทุกภูมิภาคทั่วโลก มีผู้ติดเชื้อ จำนวน 6,866,121 ราย มีอาการรุนแรง จำนวน 53,652 ราย เสียชีวิต จำนวน 398,535 ราย โดยสถานการณ์ในประเทศไทยขณะนี้ (6 มิถุนายน 2563) พบผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด-19) แล้ว จำนวน 3,104 ราย และมีผู้เสียชีวิต จำนวน 58 ราย [2] ดังนั้นจากการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 จึงเป็นความท้าทายอย่างมากของการสาธารณสุขในด้านต่าง ๆ ทั้งการศึกษา การวิจัย และด้านการแพทย์ [3] เพื่อเตรียมและรับมือและหาแนวทางหรือมาตรการป้องกันเพื่อลดโอกาสการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อโรคโควิด-19

โรคโควิด-19 สามารถติดต่อผ่านระบบทางเดินหายใจ โดยทำให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ ตั้งแต่อาการคล้ายไข้หวัดธรรมดาไปจนถึงทำให้เกิดการเจ็บป่วยรุนแรงจนถึงเสียชีวิต [1] โดยเชื้อไวรัสจะแฝงตัวอยู่ในละอองเสมหะทางจมูกและปาก ผ่านการไอ การจาม หรือการพูดรวมถึงสารคัดหลั่งน้ำมูกและน้ำลายได้ เพราะหากได้รับเชื้อผ่านการสูดดมละอองฝอยเสมหะ ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในอากาศ หรือจากการสัมผัส จนนำไปสู่การติดเชื้อที่ระบบทางเดินหายใจ โดยไวรัสจะค่อย ๆ เพิ่มจำนวนมากขึ้น และกระจายไปยังเซลล์ข้างเคียง ทำลายเซลล์ในหลอดลมและปอด ทำให้ปอดอักเสบเกิดภาวะทางเดินหายใจล้มเหลวได้ [4] นำไปสู่การเสียชีวิตได้ และเนื่องจากที่ผ่านมาการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ยาวนาน จึงส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตของประชาชนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ทางสังคม เศรษฐกิจ โดยผลกระทบต่อตนเอง ตักงาน หรือถูกเลิกจ้าง สมาชิก



ครอบครัวต้องอยู่ห่างกันเพราะต้องรักษาระยะห่างทางสังคม รวมถึงสัมผัสกันในครอบครัวและชุมชนลดลงด้วย ส่งผลให้วิถีชีวิตเปลี่ยนไป [5] นอกจากนี้การระบาดของโรคที่ยาวนาน ยังส่งผลทำให้เศรษฐกิจตกต่ำ [6] ดังนั้นผู้ที่อยู่ใกล้ชิดกับผู้ติดเชื้อในระยะน้อยกว่า 1-2 เมตร จะมีโอกาสที่จะติดเชื้อได้ เพราะหลายคนอาจได้รับเชื้อไวรัสแต่ยังไม่แสดงอาการ ซึ่งการแยกผู้ป่วยกับบุคคลทั่วไปเมื่อเริ่มต้นมีอาการนั้น มีประสิทธิภาพน้อยกว่าที่คาดไว้ [7] จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมการติดเชื้อด้วยการเว้นระยะห่างทางสังคม (social distancing) การสวมหน้ากากอนามัยในการป้องกันโรค การหลีกเลี่ยงการสัมผัสบริเวณหน้า การรักษาสุขภาพให้แข็งแรง การเลี่ยงพื้นที่แออัดและการใกล้ชิดผู้ป่วย รวมทั้งกินอาหารร้อน ใช้ช้อนกลางเฉพาะของตนเอง และหมั่นล้างมือให้สะอาดด้วยสบู่อย่างถูกวิธี [8] ดังนั้นหากบุคคลมีความเชื่อด้านสุขภาพว่า การเจ็บป่วยหรือการเป็นโรคนั้น ๆ มีความรุนแรงต่อสุขภาพ หากไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำและมีพฤติกรรมในการป้องกันโรคที่ไม่เหมาะสมก็อาจส่งผลต่อการเกิดโรคได้ [9] จึงมีความจำเป็นที่ต้องส่งเสริมความเชื่อด้านสุขภาพที่ถูกต้องในการป้องกันโรค

สำหรับสถานการณ์การระบาดของและการติดเชื้อไวรัสโควิด-19 ในจังหวัดปทุมธานี พบว่า วันที่ 19 มีนาคม 2563 มีผู้ป่วยติดเชื้อโควิด-19 แล้ว จำนวน 2 ราย เผ่าระวังผู้ป่วยต้องสงสัย จำนวน 142 ราย [10] โดยจังหวัดปทุมธานี ได้มีมาตรการในการเฝ้าระวังติดตามผู้ที่เดินทางกลับมาจากประเทศกลุ่มเสี่ยงที่มีการระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 โดยความร่วมมือ ทั้งจากฝ่ายปกครอง สาธารณสุข กำนันผู้ใหญ่บ้าน และอาสาสมัครสาธารณสุข (อสม.) ในการเฝ้าระวังในพื้นที่อย่างใกล้ชิดและต่อเนื่อง รวมถึงการให้ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันโรคเชิงรุก การส่งเสริมพฤติกรรมในการป้องกันโรคโควิด-19 โดยสนับสนุนและส่งเสริมให้อาสาสมัครสาธารณสุข (อสม.) ซึ่งอยู่ในชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการให้บริการเชิงรุกในชุมชนเพื่อป้องกันโรค

อาสาสมัครสาธารณสุข (อสม.) เป็นบุคคลที่ได้รับการคัดเลือกจากประชาชนในหมู่บ้าน และผ่านการอบรมความรู้ด้านสุขภาพจากบุคลากรสาธารณสุขให้มาทำหน้าที่ให้ข้อมูลข่าวสาร ให้บริการด้านสาธารณสุขมูลฐาน

ประสานงานสาธารณสุขตลอดจนเป็นผู้นำการดำเนินงานพัฒนาสุขภาพอนามัย และคุณภาพชีวิตของประชาชนในชุมชน สำหรับประเทศไทยมี อสม. เป็นกำลังสำคัญของระบบบริการปฐมภูมิมาเนิ่นนาน เป็นกลุ่มคนที่มีความสำคัญยิ่งต่องานด้านสาธารณสุขมูลฐานของประเทศไทย [11] นอกจากนี้ อสม.ยังเป็นบุคลากรด่านหน้าที่สำคัญและมีพลังในการดำเนินการเฝ้าระวังและควบคุมการติดเชื้อโควิด-19 ในชุมชน และภายใต้การดำเนินงาน อสม. มีกิจกรรมการเยี่ยมบ้านโดยเคาะประตูการวัดอุณหภูมิ การให้ความรู้แก่ประชาชน และบันทึกข้อมูลกลุ่มเสี่ยงให้กับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข [12] ทั้งนี้ อสม. ยังมีชื่อเสียงไปทั่วโลกได้รับคำชมเชยจากหน่วยงานต่าง ๆ โดยเฉพาะในช่วงโควิดที่ผ่านมา อสม. เป็นผู้มีส่วนสำคัญทำให้ประเทศไทยมีระบบการดูแลสุขภาพระดับครอบครัวที่เข้มแข็งจนสามารถควบคุมการระบาดของโรคนี้ ส่งผลให้จำนวนผู้ติดเชื้อในประเทศไทยลดลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้หลายประเทศให้การยอมรับในการดำเนินการที่มีประสิทธิภาพ [13] ดังนั้นอาสาสมัครสาธารณสุขจึงมีบทบาทสำคัญในการป้องกันโรค โดยการเสริมสร้างความเชื่อพฤติกรรมด้านสุขภาพที่ถูกต้องให้กับประชาชนในชุมชน เพื่อให้มีความรู้ ความตระหนัก และร่วมมือกันช่วยลดการเกิดโรคและการแพร่ระบาด ซึ่งเป็นตามแนวคิดความเชื่อด้านสุขภาพของ Bekker [9] ซึ่งกล่าวว่า การที่บุคคลจะปฏิบัติพฤติกรรมเพื่อป้องกันโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ขึ้นอยู่กับความเชื่อของตนเองว่า ตนเองมีโอกาสเป็นโรคนั้น ๆ โรคนั้นมีความรุนแรง เชื่อในผลประโยชน์ของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคนั้น รวมถึงสิ่งชักนำให้เกิดการปฏิบัติซึ่งเป็นไปเพื่อการมีสุขภาพที่ดีและการรับรู้ความสามารถของตนเอง จะเป็นตัวผลักดันให้เกิดการเลือกปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคได้

คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานีได้ดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติที่ส่งเสริมสนับสนุนด้านสุขภาพให้กับประชาชนในเขตพื้นที่รับผิดชอบในเขตอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี เพื่อให้มีสุขภาพที่ดี และได้ประสานความร่วมมือด้านสุขภาพกับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบางกระดี่มาอย่างต่อเนื่อง



ในการออกให้บริการวิชาการแก่ชุมชนในการดูแลสุขภาพประชาชน และจากสถานการณ์ที่มีการระบาดของโรคโควิด-19 ซึ่งเป็นเรื่องใหม่สำหรับประชาชน การส่งเสริมองค์ความรู้ให้แก่ผู้เกี่ยวข้องจึงมีความสำคัญ และจากนโยบายของสาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี ที่สนับสนุนและส่งเสริมให้อาสาสมัครสาธารณสุขมีส่วนสำคัญในการดูแลสุขภาพพื้นฐานในการป้องกันโรคโควิด-19 เชิงรุก เนื่องจากเข้าถึงชุมชนได้ง่ายในการให้ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันโรคโควิด-19 จึงต้องมีการเตรียมความพร้อมให้แก่อาสาสมัครสาธารณสุข ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาถึงผลของโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ของอาสาสมัครสาธารณสุข จังหวัดปทุมธานี เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาและส่งเสริมสุขภาพให้กับอาสาสมัครสาธารณสุข และเพื่อนำความรู้สู่ประชาชนได้อย่างมีคุณภาพต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย คือ 1) เปรียบเทียบพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ก่อนและหลังได้รับโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพ และ 2) เปรียบเทียบพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพกับกลุ่มที่ได้รับการดูแลสุขภาพตามปกติ ในส่วนของกรอบแนวคิดการวิจัยนั้น ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวคิดความเชื่อด้านสุขภาพของ Becker [9] มาเป็นแนวทางในการศึกษาที่กล่าวว่า การส่งเสริมสุขภาพของบุคคลนั้นจะต้องมีการประเมินถึงการรับรู้ในสิ่งต่าง ๆ รวมถึงสิ่งชักนำไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้บุคคลนั้นมีพฤติกรรมการป้องกันโรคในทางที่ดี โดยการพัฒนาโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ประกอบด้วย 1) การสร้างแรงจูงใจในการปฏิบัติโดยการสร้างการรับรู้โอกาสเสี่ยงและการรับรู้ความรุนแรงต่อการเกิดโรค 2) การเพิ่มโอกาสในการปฏิบัติโดยสร้างการรับรู้ประโยชน์ และ 3) การลดอุปสรรคในการปฏิบัติพฤติกรรมโดยการสร้างการรับรู้อุปสรรค โดยมีตัวแปรตามที่ศึกษา คือ พฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลอง (quasi experimental research) แบบสองกลุ่มวัดผลก่อนและหลัง

การทดลอง (two group pre - post test) เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ของอาสาสมัครสาธารณสุข จังหวัดปทุมธานี โดยเก็บข้อมูลระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน 2563

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ อาสาสมัครสาธารณสุข เทศบาลตำบลบางกระตี ใน 5 หมู่บ้าน จำนวน 246 คน

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ อาสาสมัครสาธารณสุขเทศบาลตำบลบางกระตี จำนวนกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (G*Power) โดยกำหนด effect size เท่ากับ 0.7 ค่าแอลฟาเท่ากับ .05 และค่า power เท่ากับ 0.80 [14] ได้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 27 คน รวมจำนวนทั้งหมด 54 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม คัดเลือกกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยวิธีการจับคู่ (matching pair) ในข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ และระดับการศึกษา ซึ่งมีการแบ่งที่พหุศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแยกออกจากกันอย่างชัดเจนในแต่ละหมู่บ้าน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลากตามคุณสมบัติที่กำหนด ดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (inclusion criteria) โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- 1) เป็นอาสาสมัครสาธารณสุขในเขตเทศบาลตำบลบ้านใหม่ จังหวัดปทุมธานี
- 2) ไม่มีประวัติป่วยเป็นโรคโควิด-19
- 3) ยินดีให้ความร่วมมือเข้าร่วมโปรแกรมจนครบ

เกณฑ์การคัดออก (conclusion criteria) โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- 1) ป่วยเป็นโรคโควิด-19
- 2) ไม่สามารถเข้าร่วมโปรแกรมจนครบตามกำหนดได้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล



2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ โปรแกรมความเชื่อ ด้านสุขภาพ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยใช้ทฤษฎีแบบแผนความเชื่อ ด้านสุขภาพของ Becker [9] และการทบทวนวรรณกรรมและ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีกิจกรรมทั้งหมด 5 ครั้ง ใน 6 สัปดาห์

3) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถาม ความเชื่อด้านสุขภาพผู้วิจัยสร้างขึ้นจากแนวคิดของ Becker [9] และการทบทวนวรรณกรรม ได้แก่ การรับรู้ โอกาสเสี่ยง การรับรู้ความรุนแรง การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้ อุปสรรค และสิ่งชักนำสู่การปฏิบัติต่อการป้องกันโรคโควิด-19 จำนวน 30 ข้อ และแบบสอบถามพฤติกรรมกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำนวน 10 ข้อ

3. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ (content validity) ได้แก่ โปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพ แบบสอบถาม ความเชื่อด้านสุขภาพ และแบบสอบถามพฤติกรรม การป้องกันโรคโควิด-19 ตรวจสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน ประกอบด้วย อาจารย์พยาบาล จำนวน 2 คน พยาบาลวิชาชีพโรงพยาบาลชุมชน จำนวน 2 คน และ นักวิชาการสาธารณสุข จำนวน 1 คน ได้ค่าความตรงของ แต่ละเครื่องมือทั้งฉบับเท่ากับ 1.00, 0.90 และ 1.00 ตามลำดับ

การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (reliability) ได้แก่ แบบสอบถามความเชื่อด้านสุขภาพ และแบบสอบถามพฤติกรรมกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ผู้วิจัยนำไป ทดลองใช้กับอาสาสมัครสาธารณสุขที่มีลักษณะคล้ายกลุ่ม ตัวอย่างที่ศึกษา เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือโดยพิจารณา ความชัดเจน ความเข้าใจแนวคำถาม และความสมบูรณ์ ของภาษา จำนวน 30 คน แล้วนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์ ความเชื่อมั่นด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's Coefficient Alpha) มีค่าเท่ากับ 0.89 และ 0.82 ตามลำดับ

4. การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

ก่อนดำเนินการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอโครงร่าง งานวิจัยพร้อมเครื่องมือวิจัยเสนอต่อคณะกรรมการวิจัยของ สาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี และได้ผ่านการรับรอง ตามเอกสารเลขที่ PPHO-REC 2563/027 ลงวันที่ 24/07/2563 และเมื่อได้รับการพิจารณาตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการวิจัยโดยผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความเคารพ ในความเป็นบุคคลกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ตัดสินใจเข้าร่วมการ วิจัย ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย ประโยชน์ และ ความเสี่ยงใดบ้างที่จะได้รับการวิจัยครั้งนี้ ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ในการวิจัยจะมีเฉพาะผู้วิจัยทราบ และข้อมูลที่ได้ในการ วิจัยทุกอย่างจะใช้ประโยชน์ทางวิชาการและเสนอในภาพรวม เท่านั้น ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างปฏิเสธไม่เข้าร่วมการวิจัยหรือ ถอนตัวจากการวิจัยในภายหลัง ไม่ว่าจะด้วยเหตุผลใดก็ตาม ผลจากการปฏิเสธจะไม่ส่งผลกระทบต่อกลุ่มตัวอย่าง เมื่อกลุ่ม ตัวอย่างตัดสินใจแล้วให้เซ็นยินยอมในการเข้าร่วมวิจัย

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการ เก็บข้อมูลด้วยตนเอง หลังจากผ่านการอนุมัติมีขั้นตอน การเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1) ผู้วิจัยแนะนำตัวเองกับกลุ่มตัวอย่าง ชี้แจงวัตถุประสงค์ของ การวิจัย ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล และขอความร่วมมือ ในการทำวิจัย พร้อมทั้งพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่างตลอดการ ดำเนินการวิจัย

2) ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และ เริ่มดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามแบบแผนการดำเนินการ ทดลองตามรายละเอียด ดังนี้

5.1 การดำเนินการทดลอง

1) กลุ่มควบคุม เมื่อผ่านการประเมินและได้รับการคัดเลือก เป็นกลุ่มควบคุมแล้วปฏิบัติดังนี้

1.1) ผู้วิจัยประเมินพฤติกรรมกรรมการป้องกันโควิด-19 ก่อนการ ทดลอง (ทำ pre-test)

1.2) ได้รับการพยาบาลตามปกติ โดยการให้ความรู้ เกี่ยวกับ โรคโควิด-19

1.3) ประเมินผลในสัปดาห์ที่ 6



2) กลุ่มทดลอง เมื่อผ่านการประเมินและได้รับการคัดเลือกเป็นกลุ่มทดลองแล้วปฏิบัติดังนี้

2.1) ผู้วิจัยประเมินพฤติกรรมกรรมการป้องกันโควิด-19 ก่อนการทดลอง (ทำ pre-test)

2.2) ดำเนินการตามโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมกรรมการป้องกันโควิด-19 กิจกรรมครั้งที่ 1 (สัปดาห์ที่ 1) เริ่มต้นด้วยการสร้างสัมพันธภาพกับกลุ่มตัวอย่าง และดำเนินการตามโปรแกรมการประยุกต์ใช้แบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมกรรมการป้องกันโควิด-19 โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.2.1) สร้างแรงจูงใจในการปฏิบัติ (ใช้เวลาประมาณ 15 นาที) ประเมินการรับรู้และประสบการณ์เดิมของอาสาสมัครสาธารณสุขต่อพฤติกรรมกรรมการป้องกันโควิด-19 ผู้วิจัยซักถามถึงความเชื่อเกี่ยวกับการเกิดโรค ความเสี่ยงต่อการเกิดความรู้แรงของโรคและภาวะแทรกซ้อน การปฏิบัติตนที่ผ่านมา ข้อมูลที่ได้จากผู้วิจัยใช้เป็นข้อมูลในการสร้างเสริมการปฏิบัติตนที่เหมาะสมของอาสาสมัครสาธารณสุข หลังจากนั้นผู้วิจัยให้ความรู้เรื่อง โรคโควิด-19 และพฤติกรรมเสี่ยงที่ทำให้เกิดความรู้แรงของโรค หลังจากให้ความรู้ผู้วิจัยเปิดโอกาสให้กลุ่มตัวอย่างซักถามข้อสงสัยต่าง ๆ และร่วมกันวิเคราะห์และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม ซึ่งหัวข้อที่ใช้ในการบรรยายประกอบด้วย สาเหตุของการเกิดโรค อาการและอาการแสดงของโรค ภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นได้ ในช่วงท้ายของแต่ละหัวข้อผู้วิจัยทำการสรุปประเด็นเพื่อทำความเข้าใจร่วมกันกับกลุ่มตัวอย่างอีกครั้ง

2.2.2) เพิ่มโอกาสในการปฏิบัติให้มีพฤติกรรมกรรมการป้องกันโควิด-19 ที่ถูกต้อง (ใช้เวลาประมาณ 15 นาที) โดยการให้กลุ่มตัวอย่างอธิบายถึงประโยชน์ในการปฏิบัติตามพฤติกรรมที่ถูกต้องเพื่อการป้องกันการติดเชื้อโควิด-19

2.2.3) การลดอุปสรรคในการปฏิบัติพฤติกรรม (ใช้เวลาประมาณ 15 นาที) ให้อาสาสมัครสาธารณสุขร่วมกันอภิปรายถึงปัญหาและอุปสรรคของการปฏิบัติพฤติกรรมต่าง ๆ ในการป้องกันโรคที่ถูกต้องเหมาะสม และวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม และอุปสรรคที่ทำให้ไม่สามารถปฏิบัติตนในการป้องกันโรคโควิด-19 และร่วมแก้ไขข้อมูลหรือความเข้าใจผิด ๆ สร้างแรงจูงใจให้เกิดการปฏิบัติตน

2.2.4) การหาสิ่งชักนำสู่การปฏิบัติเพื่อการป้องกันโรค (ใช้เวลาประมาณ 10 นาที) โดยให้อาสาสมัครสาธารณสุขอธิบายถึงความตั้งใจและสามารถของตนในการปฏิบัติเพื่อป้องกันโรคโควิด-19 และร่วมกันวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติตน สามารถวางแผนในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม กำหนดพฤติกรรมที่ควรปฏิบัติ อย่างชัดเจน และกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมที่เหมาะสม

กิจกรรมครั้งที่ 2 (สัปดาห์ที่ 2) ผู้วิจัยโทรติดตามครั้งที่ 1 (ใช้เวลา 10-15 นาที) เพื่อทบทวนเนื้อหาตามสัปดาห์ที่ 1 และนัดหมายกิจกรรมครั้งต่อไป

กิจกรรมครั้งที่ 3 และ 4 (สัปดาห์ที่ 3 และ 4) ผู้วิจัยโทรติดตามครั้งที่ 2 และ 3 (ใช้เวลา 10-15 นาที) โดยผู้วิจัยสอบถามอาสาสมัครสาธารณสุขถึงการปฏิบัติตนที่ผ่านมา ปัญหา และอุปสรรคในการปฏิบัติที่ยังไม่สามารถปฏิบัติได้ และร่วมหาวิธีการแก้ไข และเปิดโอกาสให้กลุ่มตัวอย่างซักถามข้อสงสัย และพูดคุยให้กำลังใจให้เกิดการปฏิบัติตนอย่างต่อเนื่อง

กิจกรรมครั้งที่ 5 (สัปดาห์ที่ 5) (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที) เปิดโอกาสให้กลุ่มตัวอย่างแสดงความคิดเห็นสรุปปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมในการป้องกันโรคโควิด-19

สัปดาห์ที่ 6 ทำแบบสอบถามหลังการได้รับโปรแกรมทั้งสองกลุ่ม (ทำ post-test) และตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลหลังได้รับแบบสอบถามแล้ว ถ้าพบว่าคำตอบใดไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยขอให้กลุ่มตัวอย่างตอบเพิ่มเติมจนครบสมบูรณ์ ถูกต้อง ก่อนนำไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการวิเคราะห์สถิติ ดังนี้

- 1) ข้อมูลส่วนบุคคลของอาสาสมัครสาธารณสุข นำมาแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 2) คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนพฤติกรรมกรรมการป้องกันโควิด-19



ก่อนและหลังได้รับโปรแกรมของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองด้วยสถิติ Paired t-test

3) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนพฤติกรรมกำบังโรควิด-19 ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมด้วยสถิติ independent t-test

2. เปรียบเทียบพฤติกรรมกำบังโรควิด-19 ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมด้วยวิธีทางสถิติ Paired t-test พบว่า คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกำบังโรควิด-19 ของกลุ่มทดลองภายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 (ตารางที่ 1)

ผลการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่าง อายุระหว่าง 46 - 66 ปี คิดเป็นร้อยละ 64 เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 80 สถานภาพโสด คิดเป็นร้อยละ 52 เรียนจบระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 68

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบพฤติกรรมกำบังโรควิด-19 ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

พฤติกรรมกำบังโรควิด-19	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง		t	P-value
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD		
กลุ่มทดลอง	1.67	1.23	2.95	1.00	11.65	0.00**
กลุ่มควบคุม	1.54	1.05	1.95	0.80	1.65	0.06

หมายเหตุ ** มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

* มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3. เปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมกำบังโรควิด-19 ด้วยสถิติ independent t-test ภายหลังการทดลอง พบว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมี

คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกำบังโรควิด-19 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมกำบังโรควิด-19 ก่อนและหลังการได้รับโปรแกรม

พฤติกรรมกำบังโรควิด-19	หลังการทดลอง		t	P-value
	\bar{x}	SD		
กลุ่มทดลอง	2.95	1.00	12.86	0.01*
กลุ่มควบคุม	1.95	0.80		

หมายเหตุ ** มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

* มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การศึกษาคผลของโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ของอาสาสมัครสาธารณสุข จังหวัดปทุมธานี ผู้วิจัยอภิปรายผลตามสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. อาสาสมัครสาธารณสุขที่ได้รับโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพมีพฤติกรรมกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 สูงกว่าก่อนการทดลอง

จากผลการวิจัยพบว่า อาสาสมัครสาธารณสุขที่ได้รับโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพหลังการทดลองมีค่าคะแนนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องจากโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพนี้เป็นโปรแกรมที่ทำให้บุคคลเลือกปฏิบัติพฤติกรรมใด ๆ ออกมานั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้โอกาสเสี่ยงของแต่ละบุคคล มีความสอดคล้องกับแนวคิดของ Becker [9] ที่กล่าวว่า การที่บุคคลจะแสดงพฤติกรรมใด ๆ ออกมานั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นการรับรู้โอกาสเสี่ยง การรับรู้ความรุนแรงของปัญหา และการรับรู้อุปสรรค ซึ่งเมื่อบุคคลเชื่อว่ามีความรุนแรงเกิดขึ้นจะทำให้บุคคลเกิดการเลือกแนวทางการปฏิบัติที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของการรับรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของการปฏิบัติเพื่อการมีพฤติกรรมสุขภาพที่ดี

การที่ผู้วิจัยส่งเสริมความเชื่อด้านสุขภาพ โดยจัดกิจกรรมการให้ข้อมูลเป็นรายบุคคลเกี่ยวกับการรับรู้โอกาสเสี่ยง การรับรู้ความรุนแรงของโรค หากอาสาสมัครสาธารณสุขไม่ป้องกันตนเองก็จะมีโอกาสเกิดโรคได้ รวมถึงการให้ข้อมูลถึงประโยชน์และความสำคัญในการป้องกันโรคเพื่อที่จะนำข้อมูลไปสื่อสารต่อกับประชาชนในหมู่บ้านให้ดูแลตนเอง เพื่อป้องกันการเกิดโรคโควิด-19 ซึ่งหากมีสุขภาพที่ดี ไม่ติดเชื้อก็ทำให้เกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติพฤติกรรมที่เหมาะสมต่อไป สอดคล้องกับการศึกษาของ กิตติพร และคณะ [12] ที่พบว่า อสม. เมื่อมีการรับรู้ความรุนแรงของโรค จะทำให้การดำเนินงานควบคุมโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในชุมชนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 นอกจากนี้กลุ่มทดลองยังได้รับการติดตามทางโทรศัพท์ เพื่อทบทวน

ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันโควิด-19 การให้กำลังใจ กล่าวชมเชย และให้แนวทางปฏิบัติเพิ่ม ซึ่งการโทรศัพท์ติดตามผลยังสามารถเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่จะช่วยในการกระตุ้นเตือนให้อาสาสมัครสาธารณสุขยังสามารถงดพฤติกรรมที่เหมาะสมไว้ได้ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนสุขภาพ พบว่ามีการนำแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพมาทดลองใช้ โดยกลุ่มทดลองได้รับข้อมูลจากการเข้าร่วมกิจกรรม ประกอบกับมีการติดตามทางโทรศัพท์อีกครั้งหลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรม และได้ประเมินผลกิจกรรมในครั้งที่ 6 พบว่ากลุ่มทดลองที่เข้าร่วมโปรแกรมการให้ข้อมูลตามแนวคิดแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพมีคะแนนความร่วมมือในการรักษาสูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01

2. อาสาสมัครสาธารณสุขที่ได้รับโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพมีพฤติกรรมกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการดูแลตามปกติ

อาสาสมัครสุขภาพกลุ่มทดลองภายหลังเข้าร่วมโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพ มีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการพยาบาลตามปกติและสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ทั้งนี้เป็นผลจากอาสาสมัครสาธารณสุขได้เข้าร่วมโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพ ทำให้ได้รับความรู้เกี่ยวกับการป้องกันโรคโควิด-19 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของนฤมล และรชานนท์ [15] พบว่าอาสาสมัครสาธารณสุขหลังเข้าร่วมโปรแกรมมีสมรรถนะด้านความรู้ ความเชื่อด้านสุขภาพ และการปฏิบัติตัวในการป้องกันและควบคุมโรคติดเชื้อไวรัสซิกา หลังการทดลองดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และการที่ อสม.เกิดการรับรู้โอกาสเสี่ยงและความรุนแรงของโรค ซึ่งเป็นบทบาทที่สำคัญของ อสม. ในการควบคุมโรคติดเชื้อไวรัสโควิด-19 ด้วย [12] นอกจากนี้การรับรู้ประโยชน์จากการปฏิบัติตนในการป้องกันโควิด-19 และการรับรู้อุปสรรคที่เกิดขึ้นจากโรคโควิด-19 และมีการเลือกวิธีปฏิบัติตนที่ดีว่าเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ย่อมส่งผลให้มีการ



ปฏิบัติพฤติกรรมที่ดีในการป้องกันโรคโควิด-19 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า โปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพสามารถทำให้อาสาสมัครสาธารณสุขมีพฤติกรรมกำบังกันโควิด-19 ที่ถูกต้องและคงอยู่อย่างต่อเนือง

3. ข้อเสนอแนะการวิจัย

3.1 ข้อเสนอแนะด้านการนำผลการวิจัยไปใช้

ผู้บริหารที่ดูแลอาสาสมัครสาธารณสุข หัวหน้าชุมชนหรือผู้ที่สนใจ สามารถนำโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพที่พัฒนาขึ้นโดยการนี้ไปใช้ในหน่วยงานหรือชุมชนในการส่งเสริมพฤติกรรมเพื่อป้องกันโรคโควิด-19

3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย

ควรมีการศึกษาติดตามพฤติกรรมกำบังกันโควิด-19 หลังได้รับโปรแกรมในระยะยาวเพื่อดูความคงอยู่ของพฤติกรรมที่ได้จากการเข้าร่วมโปรแกรม รวมทั้งศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลทำให้พฤติกรรมเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นหรือลดลงตามกาลเวลาและสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณมหาวิทยาลัยปทุมธานีในการสนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Eurosurveillance Editorial Team. Note from the editors: World Health Organization declares novel coronavirus (2019-nCoV) sixth public health emergency of international concern. Euro Surveill 2020;25(5):200131e.

2. ศูนย์ปฏิบัติการข่าวกรองโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019. รายงานสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019. [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 6 มิย. 2563]. เข้าถึงได้จาก: [https:// ddc.moph.go.th/viralpneumonia/file/situation/situation-no155-060663.pdf](https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/file/situation/situation-no155-060663.pdf)
3. Ballesterio MFM, de Oliveira RS. The covid-19 outbreak and pediatric neurosurgery guidelines. Arch Pediatr Neurosurg 2020;2(1):53-4.
4. Fisher D, Heymann D. Q&A: the novel coronavirus outbreak causing COVID-19. BMC Med 2020;18(1):1-3.
5. บัญชา เกิดมณี, สุรัชย์ ธรรมทวีธิกุล, ญาณพินิจ วชิรสุรงค์, บดินทร์ชาติ สุขพบ, สมบัติ ทีฆทรัพย์. แนวคิดและทิศทางการแก้ปัญหาโควิด-19. วารสารก้าวทันโลก วิทยาศาสตร์ 2563;20(1):1-12.
6. สมบูรณ์ ขอสกุล. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมกำบังกันหน้ากากอนามัยแบบผ้าในการกำบังกันโควิด-19 ของประชาชนในจังหวัดปทุมธานี. วารสารพยาบาลสาธารณสุข 2564;35(2):22-38.
7. Ganyani T, Kremer C, Chen D, Torneri A, Faes C, Wallinga J, et al. Estimating the generation interval for COVID-19 based on symptom onset data. Euro Surveill. 2020;25(17):2000257.
8. สุรัชยา หนานมานะ, โสภณ เอี่ยมศิริถาวร, สุนนมาลย์ อุทุมกุล. โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19). วารสารสถาบันบำราศนราดูร 2563;14(2):124-33.
9. Becker MH. The health belief model and preventive health behavior. Health Educ Monogr 1974;2(4):354-85.



10. บ้านเมือง. ปทุมธานีพบติดเชื้อโควิด-19. [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 19 มี.ค. 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.banmuang.co.th/news/region/184513>
11. กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ. คู่มือ อสม. ยุคใหม่. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2554.
12. กิตติพร เนาว์สุวรรณ, นภษา สิงห์วีระธรรม, นวพร คำแสงสวัสดิ์. ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความรุนแรงของโรคต่อบทบาทการดำเนินงานควบคุมโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในชุมชนของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ในประเทศไทย. วารสารสถาบันบำราศนราดูร 2563;14(2):92-103.
13. กรุงเทพมหานคร. องค์การอนามัยโลก WHO ขึ้นชมไทย หลังลดจำนวนผู้ติดเชื้อ มีระบบที่ดี ปราบโคโรนาไวรัส. [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 3 ก.พ. 2564]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/876118>
14. Burns N, Grove SK. The practice of nursing research: conduct, critique and utilization. 5th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2005.
15. นฤมล วงศ์วัยรักษ์, รชานนท์ งามใจรัก. ผลของโปรแกรมการพัฒนาสมรรถนะในการป้องกันและควบคุมโรคติดเชื้อไวรัสซิกาของอาสาสมัครสาธารณสุขศูนย์แพทย์ชุมชนเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2560. วารสาร สคร.9 2562;25(3):24-33.



**ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร
ที่ปลูกข้าวโพดอำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ**

**Knowledge, attitude and chemical insecticide use behavior of corn farmers
in Sriratana district, Sisaket province**

วันปิติ ธรรมศรี* สิริพร พรหมอุทัย วนิตา บุชยาตรัส และ สุขุมภรณ์ ศาลางาม
หลักสูตรอาชีวอนามัย และความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร 10700

**Wanpiti Thammasri*, Siriporn Phomauthai, Wanida Budsayatrus and
Sukhumaporn Salangam**

Program of Occupational Health and Safety, Faculty of Science and Technology,
Suan Dusit University, Bangkok 10700

Received: 27 September 2021/ Revised: 20 December 2021/ Accepted: 24 December 2021

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงอย่างปลอดภัยในเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพด และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลต่อความรู้ความเข้าใจ ทักษะ และพฤติกรรมในการใช้สารเคมีกำจัดแมลง กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรคือเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพด จำนวน 320 คน ในตำบลศรีแก้ว อำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 92.00 ทักษะส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 97.00 และพฤติกรรมส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 98.00 จากการศึกษาความสัมพันธ์ปัจจัยส่วนบุคคลกับความรู้ความเข้าใจ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลง โดยใช้ฟิชเชอร์เอ็กแซค (Fisher's exact test) พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ เพศ ระดับการศึกษา รายได้ต่อปี และประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดมีความสัมพันธ์กับความรู้ความเข้าใจ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้สารเคมีของเกษตรกร ($p < 0.01$)

คำสำคัญ: สารเคมีกำจัดแมลง เกษตรกร ข้าวโพด ทักษะ พฤติกรรม



Abstract

The objectives of this research were to study the knowledge, attitude and behavior of the safe use of pesticide in corn farmers and relationship between personal factors and knowledge, attitudes and behaviors in using pesticides. The samples were to 320 people of corn farmers in Sriratana district, Sisaket province. The research instrument was a questionnaire. The results found that the farmers had high knowledge levels, 92 percent. The most of the attitudes had high levels, 97.00 percent and the most of the behavior had high levels, 98.00 percent. The study of the relationship of personal factors with knowledge, attitude and behaviors of used pesticide by using the fisher's exact test, the results found that the personal factors of age, gender, education level, annual income and corn growing experience was related to knowledge, attitude and behavior of all chemical use in agriculture ($p < 0.01$).

Keywords: Pesticides, Farmers, Corn, Attitude, Behavior

บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นจึงมีพื้นที่ที่เป็นเขตที่มีความอุดมสมบูรณ์สามารถประกอบอาชีพเกษตรเป็นอาชีพหลักได้ ซึ่งจังหวัดศรีสะเกษเป็นอีกหนึ่งจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจในพื้นที่อย่างต่อเนื่องทั้งเพื่อการส่งออกและแปรรูปอาหารสัตว์ [1] ในปัจจุบันการเกษตรมีความแตกต่างจากอดีตค่อนข้างมาก มีการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้เพิ่มมากขึ้นเพื่อต้องการเพิ่มผลผลิตให้ทันตามความต้องการของตลาด เกษตรกรจึงมีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเกษตรกรประสบปัญหาทางด้านศัตรูพืชที่ทำลายผลผลิตจนไม่เหลือให้เก็บเกี่ยว หรือเก็บเกี่ยวได้เพียงเล็กน้อยไม่พอต่อค่าใช้จ่ายภายในครอบครัว ค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูก และดูแลรักษาในครั้งต่อไป จึงเป็นเหตุผลที่เกษตรกรหันมาใช้สารเคมีกำจัดแมลงมากขึ้น และที่สำคัญปัจจุบันมีแมลงรบกวนมากขึ้น ดังนั้นการใช้สารเคมีจึงเป็นทางเลือกที่เกษตรกรคิดว่าดีที่สุดที่จะสามารถกำจัดแมลงศัตรูพืชได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลก่อให้เกิดความเสียหายเกิดอันตรายต่อสุขภาพเกษตรกร [2, 3] จากข้อมูลผู้ป่วยโรคจากพิษสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจังหวัดศรีสะเกษเพิ่มสูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2559 มีอัตราป่วย 57.49 ต่อประชากรแสนคน ปี พ.ศ. 2560-2562 มีอัตราป่วยร้อยละ 34.85, 13.44 และ 9.34 ต่อประชากรแสนคนตามลำดับ

ทั้งนี้อาเภอศรีรัตนะ พบว่ามีประชากรที่ป่วยจากพิษสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในช่วงปีดังกล่าว โดยประชากรในพื้นที่ปี พ.ศ. 2559-2562 มีอัตราป่วยร้อยละ 14.07, 19.88, 15.64 และ 11.16 ตามลำดับ [4] ศัตรูพืชในข้าวโพดส่วนใหญ่เป็นหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด เกษตรกรจึงมีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงในการแก้ไขปัญหาเป็นส่วนใหญ่ เช่น การใช้สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต (carbamate) ซึ่งเป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลีนเอสเตอเรสแบบชั่วคราว ระยะเวลาการออกฤทธิ์สั้น และสลายตัวได้เร็ว ทำให้ความเป็นพิษลดลง อย่างไรก็ตามหากเกษตรกรได้รับสัมผัสสารเคมีดังกล่าวทางปาก ผิวหนัง และการสูดดม จะทำให้มีอาการมึนงง ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย ภาวกรวยาย ม่านตาหรือคลื่นไส้ อาเจียน น้ำตาและน้ำลายไหล เหงื่อออกมาก ปวดท้องเกร็ง ชีพจรเต้นช้ากล้ามเนื้อเกร็ง [5] ซึ่งผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีต่อเกษตรกรสามารถพบได้ภายหลังจากการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยช่องทางการได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายเกษตรกรจะผ่านทางหายใจ ร้อยละ 65.45 รวมถึงพฤติกรรมที่ไม่ถูกต้องในการใช้สารเคมี เช่น ใช้มือเปล่า ผสมสารเคมี ไม่ล้างมือทุกครั้งก่อนรับประทานอาหารหรือดื่มน้ำก็เป็นช่องทางการได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายได้ [6] โดยจากข้อมูลการศึกษาเกษตรกรในพื้นที่



ตำบลศรีแก้ว อำเภอสรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ พบพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยในการใช้มือเกาศีรษะ ใช้มือขยี้ตา เมื่อมีสิ่งแปลกปลอมเข้าตา หรือเช็ดเหงื่อขณะฉีดพ่นสารเคมีกำจัดแมลง และการล้างเครื่องพ่นยาและอุปกรณ์ที่เป็นสารเคมีด้วยมือเปล่า ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดแมลงและมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคพิษสารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยช่วงระยะเวลาที่เกษตรกรมักมีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงกันมากที่สุดคือในช่วงก่อนหวานเมล็ด (คลุกเมล็ดก่อนปลูก) และหลังหวานเมล็ด (20-30 วัน)

ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดในเขตพื้นที่ตำบลศรีแก้ว อำเภอสรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ เนื่องจากมีอัตราป่วยที่ยังสูงมากกว่าร้อยละ 10 และในเขตอำเภอสรีรัตนะยังมีการนำสารเคมีกำจัดแมลงมาใช้ในการเพาะปลูกเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนและป้องกันแก้ไขปัญหาสุขภาพจากสารเคมีกำจัดแมลงให้กับเกษตรกรในพื้นที่ คณะผู้วิจัยจะนำข้อมูลไปใช้ในการส่งเสริมให้เกษตรกรมีความรู้ในการใช้สารเคมีที่ถูกต้อง และมีความปลอดภัยในการประกอบอาชีพต่อไป ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงอย่างปลอดภัยของเกษตรกรในตำบลศรีแก้ว อำเภอสรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรปลูกข้าวโพดในตำบลศรีแก้ว อำเภอสรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 320 คน จากประชากร 1,578 คน [1] เนื่องจาก Taro Yamane [7] เป็นตารางจำนวนตัวอย่างจากจำนวนประชากร เมื่อได้จำนวนตัวอย่างแล้วจึงเลือกตัวอย่างมาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ซึ่งเกษตรกรที่ทำการศึกษานี้เป็นเกษตรกรที่ยินดีให้ข้อมูลในการศึกษาวิจัย โดยเกษตรกรที่เข้าร่วมให้ข้อมูลการวิจัยสามารถออกจากการวิจัยได้ตลอดเวลา ซึ่งไม่มีผลกระทบใด ๆ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลไว้เป็นความลับ การเผยแพร่ผลการวิจัยจะนำเสนอเป็นทางวิชาการเท่านั้น

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ อายุ เพศ ระดับการศึกษา รายได้ครัวเรือน และประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพด

ตัวแปรตาม คือ ความรู้ในการใช้สารเคมีกำจัดแมลง ทักษะต่อการใช้สารเคมีกำจัดแมลง และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลง

3. การศึกษาครั้งนี้ได้รับการยกเว้นการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เอกสารเลขที่ SDU-RDI 2021-036

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ในครั้งนี้ คือ เครื่องมือแบบสอบถาม ซึ่งจากการตรวจสอบค่า Index of Item Objective Congruence: IOC จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

เท่ากับ 0.80 และค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.80, 0.83 และ 0.85 ซึ่งแบบสอบถาม แบ่งเป็น 5 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพด ส่วนที่ 3 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลง ส่วนที่ 4 ทักษะเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลง ส่วนที่ 5 พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลง

เกณฑ์การแปลความหมายความรู้ความเข้าใจ มีดังนี้

คะแนนรวม	การแปลผลความหมายระดับความรู้
0 – 6	มีความรู้ในระดับต่ำ
7 – 11	มีความรู้ในระดับปานกลาง
12 – 16	มีความรู้ในระดับดีมาก

เกณฑ์การแปลความหมายทัศนคติ มีดังนี้

คะแนนรวม	การแปลผลความหมายระดับทัศนคติ
1 – 16	มีทัศนคติในระดับต่ำ
17 – 32	มีทัศนคติในระดับปานกลาง
33 – 48	มีทัศนคติในระดับดีมาก

เกณฑ์การแปลความหมายพฤติกรรม มีดังนี้

คะแนนรวม	การแปลผลความหมายระดับพฤติกรรม
1 – 16	มีพฤติกรรมในระดับต่ำ
17 – 32	มีพฤติกรรมในระดับปานกลาง
33 – 48	มีพฤติกรรมในระดับดีมาก



5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ คือ ค่าร้อยละ (percentage) การแจกแจงความถี่ (frequency) และการทดสอบความสัมพันธ์แบบฟิชเชอร์เอ็กแซคต์ (Fisher's exact test)

ด้านรายได้เฉลี่ยต่อปี พบว่าส่วนใหญ่มีรายได้ต่อปี คือ 50,001-65,500 บาท คิดเป็นร้อยละ 44.00 และประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 11-20 ปี คิดเป็นร้อยละ 55.94

ผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลส่วนบุคคล พบว่าเกษตรกรที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 53.00 ด้านอายุ พบว่าส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 41-60 คิดเป็นร้อยละ 72.00 ด้านโรคประจำตัว พบว่าส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว คิดเป็นร้อยละ 77.50 ด้านการตรวจสุขภาพประจำปี พบว่าส่วนใหญ่ไม่ได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี คิดเป็นร้อยละ 55.00 ด้านระดับการศึกษา พบว่าส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาที่ระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 70.00

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพด พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกข้าวโพดพันธุ์แปซิฟิก 789 คิดเป็นร้อยละ 55 เกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงในช่วงก่อนหวานเมล็ด (คลุกเมล็ดก่อนปลูก) คิดเป็นร้อยละ 48 และหลังหวานเมล็ด (20-30 วัน) ร้อยละ 52 จากการศึกษาระดับความรู้ความเข้าใจในการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ พบว่า โดยรวมเกษตรกรมีระดับความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 92.00 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร

ระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร	ระดับคะแนน	จำนวน (N=320)	ร้อยละ
ต่ำ	0 – 6	0	0.00
ปานกลาง	7 – 11	25	8.00
ดีมาก	12 – 16	295	92.00
รวม		320	100.00

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความรู้ความเข้าใจในการใช้สารเคมีกำจัดแมลง โดยใช้ฟิชเชอร์เอ็กแซคต์ (Fisher's exact test) พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ เพศ ระดับการศึกษา รายได้ต่อปี และ

ประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดมีความสัมพันธ์กับความรู้ความเข้าใจในการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร ($p < 0.01$) (ตารางที่ 2)



ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลต่อความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลง

ปัจจัยส่วนบุคคล	ระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลง		p-value
	ดีมาก	ปานกลาง	
อายุ			<0.01
21 - 40	0	6	
41 - 60	211	19	
61 - 70	81	0	
มากกว่า 70	3	0	
เพศ			<0.01
ชาย	125	25	
หญิง	170	0	
ระดับการศึกษา			<0.01
ไม่ได้เรียน	10	25	
ประถมศึกษา	224	0	
มัธยมศึกษาตอนต้น	50	0	
มัธยมศึกษาตอนปลาย	9	0	
ปริญญาตรี	2	0	
รายได้ต่อปี			<0.01
น้อยกว่า 50,000 บาทต่อปี	72	25	
50,001 - 65,000 บาทต่อปี	141	0	
65,001 - 80,000 บาทต่อปี	82	0	
ประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพด			<0.01
ต่ำกว่า 5 ปี	0	1	
5 - 10	114	24	
11 - 20	179	0	
21 - 30	2	0	

จากการศึกษาระดับทัศนคติเกี่ยวกับการใช้สารเคมี โดยรวมเกษตรกรมีระดับทัศนคติอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 97.00 (ตารางที่ 3)



ตารางที่ 3 ระดับทัศนคติเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร

ระดับทัศนคติเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร	ระดับคะแนน	จำนวน (N=320)	ร้อยละ
ต่ำ	1 – 16	0	0.00
ปานกลาง	17 – 32	7	3.00
ดีมาก	33 – 48	313	97.00
รวม		320	100.00

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับทัศนคติเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร โดยใช้ฟิชเชอร์เอ็กแซค (Fisher's exact test) พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ เพศ ระดับการศึกษา รายได้ต่อปี และประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดมีความสัมพันธ์กับทัศนคติเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร ($p < 0.01$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลต่อทัศนคติเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลง

ปัจจัยส่วนบุคคล	ระดับทัศนคติเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลง		p-value
	ดีมาก	ปานกลาง	
อายุ			<0.01
21 - 40	0	6	
41 - 60	229	1	
61 - 70	81	0	
มากกว่า 70	3	0	
เพศ			<0.01
ชาย	143	7	
หญิง	170	0	
ระดับการศึกษา			<0.01
ไม่ได้เรียน	28	7	
ประถมศึกษา	224	0	
มัธยมศึกษาตอนต้น	50	0	
มัธยมศึกษาตอนปลาย	9	0	
ปริญญาตรี	2	0	



ตารางที่ 4 (ต่อ)

ปัจจัยส่วนบุคคล	ระดับทัศนคติเกี่ยวกับการใช้ สารเคมีกำจัดแมลง		p-value
	ดีมาก	ปานกลาง	
รายได้ต่อปี			<0.01
น้อยกว่า 50,000 บาทต่อปี	90	7	
50,001 - 65,000 บาทต่อปี	141	0	
65,001 - 80,000 บาทต่อปี	82	0	
ประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพด			<0.01
ต่ำกว่า 5 ปี	0	1	
5 - 10	132	6	
11 - 20	179	0	
21 - 30	2	0	

จากการศึกษาระดับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกรกลุ่มผู้ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ พบว่าโดยรวม เกษตรกรมีระดับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 98.00 (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ระดับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร

ระดับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร	ระดับคะแนน	จำนวน (N=320)	ร้อยละ
ต่ำ	1 - 16	0	0.00
ปานกลาง	17 - 32	6	2.00
ดีมาก	33 - 48	314	98.00
รวม		320	100.00

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร โดยใช้ฟิชเชอร์เอ็กแซค (Fisher's exact test) พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ เพศ ระดับการศึกษา รายได้ต่อปี และ ประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร ($p < 0.01$) (ตารางที่ 6)



ตารางที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร

ปัจจัยส่วนบุคคล	ระดับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลง		p-value
	ดีมาก	ปานกลาง	
อายุ			<0.01
21 – 40	0	6	
41 – 60	230	0	
61 – 70	81	0	
มากกว่า 70	3	0	
เพศ			<0.01
ชาย	144	6	
หญิง	170	0	
ระดับการศึกษา			<0.01
ไม่ได้เรียน	29	6	
ประถมศึกษา	224	0	
มัธยมศึกษาตอนต้น	50	0	
มัธยมศึกษาตอนปลาย	9	0	
ปริญญาตรี	2	0	
รายได้ต่อปี			<0.01
น้อยกว่า 50,000 บาทต่อปี	91	6	
50,001 - 65,000 บาทต่อปี	141	0	
65,001 - 80,000 บาทต่อปี	82	0	
ประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพด			<0.01
ต่ำกว่า 5 ปี	0	1	
5 – 10	133	5	
11 – 20	179	0	
21 – 30	2	0	



อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดในตำบลศรีแก้ว อำเภอศรีรัตน จังหวัดศรีสะเกษ พบว่าเกษตรกรที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วง 41-60 ปี โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว จากการสอบถามข้อมูลการตรวจสุขภาพประจำปีพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี ส่วนระดับการศึกษาของเกษตรกรพบว่า ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาที่ระดับประถมศึกษา ด้านรายได้เฉลี่ยต่อปีส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อปีอยู่ระหว่าง 50,001-65,500 บาท จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพดพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกข้าวโพดพันธุ์แปซิฟิก 789 ซึ่งเกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงมากในช่วงหลังหว่านเมล็ด (20-30 วัน) และก่อนหว่านเมล็ด (คลุกเมล็ดก่อนปลูก) ตามลำดับ

จากการศึกษาข้อมูลด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลง พบว่าระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 92.00 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความรู้ความเข้าใจในการใช้สารเคมีกำจัดแมลง โดยใช้การทดสอบแบบฟิชเชอร์เอ็กแซค (Fisher's exact test) พบว่าปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ เพศ ระดับการศึกษา รายได้ต่อปี และประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดมีความสัมพันธ์กับความรู้ความเข้าใจในการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร ($p < 0.01$) สำหรับข้อมูลการศึกษาด้านทัศนคติเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลง พบว่าระดับทัศนคติในการใช้สารเคมีกำจัดแมลงอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 97.00 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับทัศนคติในการใช้สารเคมีกำจัดแมลง โดยใช้การทดสอบแบบฟิชเชอร์เอ็กแซค (Fisher's exact test) พบว่าปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ เพศ ระดับการศึกษา รายได้ต่อปี และประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดมีความสัมพันธ์กับทัศนคติในการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร ($p < 0.01$) และจากการศึกษาข้อมูลด้านพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลง พบว่าระดับ

พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 98.00 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลง โดยใช้การทดสอบแบบฟิชเชอร์เอ็กแซค (Fisher's exact test) พบว่าปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ เพศ ระดับการศึกษา รายได้ต่อปี และประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกร ($p < 0.01$)

หากพิจารณาผลจากการศึกษาดังกล่าวจะเห็นได้ว่าปัจจัยส่วนบุคคลมีผลต่อความรู้ความเข้าใจ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยเฉพาะเกษตรกรส่วนใหญ่ที่มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพด เป็นระยะเวลา นานเฉลี่ย 11-20 ปี จะส่งผลทำให้เกษตรกรมีระดับความรู้ความเข้าใจในการใช้สารเคมีกำจัดแมลงที่ปลอดภัยอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งจากผลการศึกษาศาษตรกรในพื้นที่พบว่า เกษตรกรมีการอ่านคำแนะนำในฉลากข้างบรรจุภัณฑ์ เช่น ขนาด ปริมาณ วิธีป้องกันอันตราย และปฏิบัติอย่างเคร่งครัด ก่อนใช้ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานเกี่ยวกับระดับความรู้ความเข้าใจของเกษตรกร [8] ว่าเป็นความสามารถในการคิด และเข้าใจวิธีการ โดยการวัดระดับความรู้ความเข้าใจของเกษตรกรที่มีต่อการใช้สารเคมีกำจัดแมลงเป็นการวัดเพื่อถามระดับความจำ ความคิด ความเข้าใจ ที่เกษตรกรผู้ถูกวัดได้คิด วิเคราะห์ สังเคราะห์จากประสบการณ์ ความสามารถในการ จำ เข้าใจ และการนำสารเคมีกำจัดแมลงไปใช้ได้ถูกต้อง และเมื่อพิจารณาผลจากการศึกษาระดับด้านทัศนคติเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพด พบว่า โดยรวมเกษตรกรมีทัศนคติอยู่ในระดับดีมาก ได้แก่ การใช้สารเคมีกำจัดแมลงถ้าปฏิบัติตามคำแนะนำในฉลากอย่างเคร่งครัดจะปลอดภัยกว่า และการฉีดพ่นสารกำจัดแมลงควรอยู่เหนือลม เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการป้องกันตัวเองจากการสัมผัสสารเคมีของเกษตรกรตำบลหนองแก้วอำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ [9] ที่พบว่า ส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการป้องกันตัวเองจากการสัมผัสสารเคมีอยู่ในระดับสูง และมีทัศนคติเกี่ยวกับการป้องกันตัวเองจากการสัมผัสสารเคมีอยู่



ในระดับสูงเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาจากการศึกษาระดับด้านพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดในตำบลศรีแก้ว อำเภอศรีรัตนจังหวัดศรีสะเกษ พบว่าโดยรวมเกษตรกรมีพฤติกรรมอยู่ในระดับดีมาก เช่น การตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องพ่นก่อนใช้งาน การทำความสะอาดร่างกาย อาบน้ำฟอกสบู่ สระผม และเปลี่ยนเสื้อผ้าทันที เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรตำบลป่าไม้งามอำเภอเมืองจังหวัดหนองบัวลำภู [10] ที่พบว่าพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับดี และความสัมพันธ์ระหว่างความรู้กับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร พบว่าความรู้เรื่องการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ดังนั้นระดับความรู้ความเข้าใจที่ดีขึ้นส่งผลทำให้เกษตรกรมีระดับพฤติกรรมที่ดีขึ้นด้วย ซึ่งจากผลการศึกษาเกษตรกรในพื้นที่ครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดและใช้สารเคมีกำจัดแมลงเป็นระยะเวลา 11-20 ปี จะทำให้เกษตรกรมีความรู้ต่อการใช้สารเคมีกำจัดแมลง เมื่อเกิดความรู้ความเข้าใจ ย่อมส่งผลทำให้เกิดทัศนคติที่ดีต่อการใช้สารเคมีกำจัดแมลงที่ปลอดภัยด้วย ซึ่งนำไปสู่พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงที่ปลอดภัยตามมา โดยสอดคล้องกับการรายงานที่พบว่าพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชจะขึ้นกับระยะเวลาการประกอบอาชีพของเกษตรกร หากเกษตรกรประกอบอาชีพมาเป็นเวลานานจะมีพฤติกรรมในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในระดับดี [11] อย่างไรก็ตามยังมีเกษตรกรบางส่วนที่มีการใช้สารเคมีและประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดน้อยกว่า 10 ปี ที่มีความรู้ ทัศนคติและพฤติกรรมต่อการใช้สารเคมีที่ปลอดภัยในระดับที่น้อยกว่า ซึ่งจากผลการศึกษาระดับนี้เกษตรกรยังมีพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงที่ไม่ปลอดภัย เช่น การใช้มือเกาศีรษะ ใช้มือขยี้ตา เมื่อมีสิ่งแปลกปลอมเข้าตา หรือเช็ดเหงื่อขณะฉีดพ่นสารเคมีกำจัดแมลง และการล้างเครื่องพ่นยา และอุปกรณ์ที่เป็นอันตรายเคมีด้วยมือเปล่า โดยพฤติกรรมดังกล่าวมีความ

เสี่ยงส่งผลต่อการเจ็บป่วยต่อโรคพิษจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ต่อเนื่อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้แนะนำและส่งเสริมให้เกษตรกรลดการใช้สารเคมี และเพิ่มการปลูกข้าวโพดอินทรีย์มากขึ้นเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพและลดการปนเปื้อนของสารเคมีต่อสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาระดับนี้ทำให้พบปัญหาว่ายังมีเกษตรกรบางส่วนที่มีความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมต่อการใช้สารเคมีที่ปลอดภัยในระดับปานกลาง ซึ่งมีผลต่อพฤติกรรมในการใช้สารเคมีกำจัดแมลงที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้นจึงควรให้คำแนะนำและส่งเสริมการป้องกันทางด้านอาชีวอนามัย และความปลอดภัยให้กับเกษตรกรที่ยังมีประสบการณ์น้อยในการใช้สารเคมีกำจัดแมลง โดยเฉพาะการลดการใช้สารเคมี และเพิ่มการปลูกข้าวโพดอินทรีย์มากขึ้น เพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพเกษตรกร รวมถึงผู้บริโภค และลดการปนเปื้อนของสารเคมีต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ดินและน้ำ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง และเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดในตำบลศรีแก้ว อำเภอศรีรัตน จังหวัดศรีสะเกษทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการศึกษาระดับนี้

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดศรีสะเกษ. ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตร. [อินเทอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 12 พ.ค. 2564]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.opsmoac.go.th/sisaket-home>
2. วิทยา ดันอารีย์. รายงานการวิจัยการประเมินผลกระทบสุขภาพจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรในการปลูกพืชไร่ เขตเทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงใหม่; 2554.



3. สุธาสิณี อั้งสูงเนิน. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2558;9 (1):50-63.
4. กระทรวงสาธารณสุข. ข้อมูลผู้ป่วยโรคจากพิษสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจังหวัดศรีสะเกษ. [อินเทอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 10 พ.ค. 2564]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.moph.go.th/>
5. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยาสารเคมีกำจัดแมลง. [อินเทอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 10 พ.ค. 2564]. เข้าถึงได้จาก: http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=396
6. สิริภรณ์กัญญา เรื่องไชย, ยรรยงค์ อินทร์ม่วง. ผลกระทบจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อสุขภาพของเกษตรกรผู้ปลูกยาสูบในตำบลลำห้วยหลวง อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์. วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ขอนแก่น 2554;18(1):48-60.
7. Taro Yamane. Statistics: an Introductory analysis. New York: Harper & Row; 1973.
8. ชัยวัฒน์ สัมมา. การมีส่วนร่วมในโครงการหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า (30 บาทรักษาทุกโรค) ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านในเขตอำเภอเมืองตราด จังหวัดตราด. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. จันทบุรี; 2548.
9. กวิศทรารินทร์ คณะพันธ์, กาญจนา แซ่อึ้ง. ความรู้ทัศนคติ และพฤติกรรมการป้องกันตัวเองจากการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในนาข้าวของเกษตรกรตำบลหนองแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ. วารสารการแพทย์และสาธารณสุขมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2563;3(3): 187-98.
10. นัสพงษ์ กลิ่นจำปา, ดาริวรรณ เศรษฐีธรรม. พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรตำบลป่าไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู. วารสารวิชาการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 นครราชสีมา 2562; 25(2):26-34.
11. วัชรภรณ์ วงศ์สกุลกาญจน์, ศิริศักดิ์ มังกรทอง, ประจวบลาภ เทียงแท้. พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกร: กรณีศึกษาอำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี. วารสารราชพฤกษ์ 2561;16(1):55-64.



การวิเคราะห์อุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟโดยใช้ทฤษฎีโครงข่าย Railway level crossing accident analysis using network theory

รัฐพงศ์ มีสิทธิ์* ชยุต อภิขวณันท์กุล และ ศุภิสรานนท์ เรืองเสนา

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

Ratthaphong Meesit*, Chayut Aphichavanungul and Supisaranon Reangsen

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University, Chonburi 20131

Received: 8 September 2021/ Revised: 27 December 2021/ Accepted: 29 December 2021

บทคัดย่อ

การเกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ เป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อทั้งชีวิตและความน่าเชื่อถือของประชาชนที่มีต่อระบบขนส่งทางรางในประเทศไทย งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้ทฤษฎีโครงข่าย (network theory) เพื่อหาความเชื่อมโยงของปัจจัยอันตรายต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ รวมถึงรู้ต้นตอของปัญหาเพื่อที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะได้นำไปแก้ไขอย่างเป็นรูปธรรม การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟจากข่าวทั้งหมด 138 ข่าว (11 ปีย้อนหลัง พ.ศ. 2553-2563) ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยอันตรายที่สามารถนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุได้ง่ายที่สุด คือ การไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร รองลงมาคือ การมีอุปกรณ์ความปลอดภัยบริเวณจุดตัดทางรถไฟที่ไม่เหมาะสม และอันดับที่สามเกี่ยวกับความไม่สมบูรณ์ทางด้านร่างกายของผู้ขับขี่ เช่น ตาบอดสี หูตึง เป็นต้น นอกจากนี้ ผลการศึกษายังพบอีกว่า การบริหารจัดการจุดตัดทางรถไฟและการบำรุงรักษาที่ยังขาดประสิทธิภาพเป็นปัจจัยอันตรายหลักที่เชื่อมโยงไปสู่กลุ่มปัจจัยอันตรายจากอุปกรณ์และโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งเป็นกลุ่มปัจจัยอันตรายที่มีความเสี่ยงสูงที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุที่พบบ่อยที่สุด ณ จุดตัดทางรถไฟ คือ รถไฟชนรถยนต์

คำสำคัญ: จุดตัดทางรถไฟ อุบัติเหตุ ความปลอดภัยทางถนน ทฤษฎีโครงข่าย



Abstract

Accident at level crossing is a significant problem that can affect both the safety of people and the reliability of rail transportation in Thailand. This paper presents the application of the network theory to investigate the connection of the hazards and the root causes of level crossing accidents. 138 cases of accidents were collected from the news (2010 - 2020) and used as a data in this study. As results, it is found that traffic violation, having improper safety equipment at level crossing and physical problem of the drivers seem to be the hazards that can easily link to a level crossing accident. In addition, the results also illustrate that inefficient level crossing management (e.g., operation and maintenance) could be the root cause of the common type of level crossing accidents in Thailand which is “train crashes with passenger car”.

Keywords: Railway level crossing, Accident, Road safety, Network theory

บทนำ

โครงข่ายระบบขนส่งทางรางของไทยมีเส้นทางให้การให้บริการกว่า 4,000 กิโลเมตร กระจายไปในหลายพื้นที่ของประเทศ ได้แก่ เส้นทางสายเหนือ สายตะวันออกเฉียงเหนือ สายตะวันออก สายใต้ และสายแม่กลอง การเดินรถไฟในเส้นทางเหล่านี้ส่งผลให้การขนส่งคนและสินค้าไปยังภูมิภาคต่าง ๆ สามารถทำได้ง่ายขึ้น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันของประเทศในภาพรวม อย่างไรก็ตาม ภัยที่การมีเส้นทางรถไฟอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ นั้น สิ่งทีหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ การมีจุดตัดทางรถไฟ

บนโครงข่าย ในปัจจุบันประเทศไทยมีจุดตัดทางรถไฟทั้งหมดจำนวน 2,657 แห่ง (ภาพที่ 1) เป็นจุดตัดที่ได้รับอนุญาตจำนวน 1,981 แห่ง และจุดตัดที่ไม่ได้รับอนุญาต (ทางลักผ่าน) จำนวน 676 แห่ง [1] ซึ่งการมีจุดตัดทางรถไฟในระบบเป็นจำนวนมากนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางลักผ่าน เป็นปัญหาสำคัญที่นำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุและการเดินรถไฟล่าช้าส่งผลกระทบต่อทั้งชีวิตของประชาชนและความน่าเชื่อถือของระบบขนส่งทางรางในประเทศไทย



ภาพที่ 1 ตัวอย่างจุดตัดทางรถไฟแบบมีเครื่องกั้น ณ จังหวัดชลบุรี



จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดทางรถไฟ 5 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2562 มีจำนวนอุบัติเหตุเกิดขึ้นทั้งหมด จำนวน 359 ครั้ง มีผู้เสียชีวิต จำนวน 135 ราย และผู้บาดเจ็บ จำนวน 358 คน [1] โดยเฉลี่ยแล้วพบว่า ทุก ๆ 5 วัน จะเกิดอุบัติเหตุ 1 ครั้ง และจะทำให้มีผู้บาดเจ็บอย่างน้อย 1 คน ยิ่งไปกว่านั้นยังพบอีกว่าการเกิดอุบัติเหตุ ทุก ๆ 3 ครั้ง อาจส่งผลให้มีผู้เสียชีวิต 1 ราย ซึ่งในมุมมองของระบบขนส่งทางรางถือว่าไม่สามารถยอมรับได้ ถึงแม้การก่อสร้างสะพานข้ามทางรถไฟและทางลอดใต้ทางรถไฟสามารถป้องกันการเกิดอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดทางรถไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่สูงจึงไม่สามารถจัดให้มีสะพานหรือทางลอดได้ทุกจุด ทำให้ยังคงเกิดปัญหาอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟอยู่ในปัจจุบัน [2]

ด้วยเหตุดังกล่าวที่ผ่านมาจึงมีงานวิจัยเกิดขึ้นมากมายที่ได้ทำการศึกษาเพื่อแก้ปัญหานี้ ยกตัวอย่าง เช่น Hu และคณะ [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงของอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ อาซิรญาณ์ และคณะ [4] ได้ทำการตรวจสอบความปลอดภัยของจุดตัดทางรถไฟเพื่อหาความเหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกั้นอัตโนมัติสำหรับจุดตัดทางรถไฟแบบควบคุมด้วยป้ายจราจร ดลฤทธิ และคณะ [5] ได้ทำการตรวจสอบความปลอดภัยบริเวณจุดตัดทางรถไฟและพัฒนารายการตรวจสอบความปลอดภัยที่สามารถใช้ได้ทั่วไป Jeremy และคณะ [6] ศึกษาความปลอดภัยของผู้ขับขี่บริเวณจุดตัดทางรถไฟในประเทศออสเตรเลียโดยใช้การสัมภาษณ์กลุ่มประชากรเพื่อเก็บข้อมูลด้านประสบการณ์และพฤติกรรมของผู้ขับขี่ในการข้ามจุดตัดทางรถไฟ Sirkku [7] เปรียบเทียบการเกิดอุบัติเหตุที่จุดตัดทางรถไฟระหว่างจุดตัดแบบ passive (จุดตัดที่ควบคุมด้วยเครื่องหมายจราจรเท่านั้น) และแบบ active (จุดตัดที่ควบคุมด้วยสัญญาณไฟกระพริบ เสียงเตือน และเครื่องกั้นชนิดต่าง ๆ) สุดท้าย ยุทธนา และคณะ [8] ได้ทำการศึกษาแนวทางการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณจุดตัดทางรถไฟในเขตพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรีโดยใช้วิธีเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ

กับ Railroad-highway grade crossing handbook (revised second edition August 2007) ของสหรัฐอเมริกา จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าโดยส่วนใหญ่งานวิจัยที่ผ่านมามุ่งเน้นไปที่การหาปัจจัยการเกิดอุบัติเหตุ (contribution factors) และการพัฒนาวิธีการตรวจสอบความปลอดภัย (safety audit checklists) ณ จุดตัดทางรถไฟ ทั้งนี้ยังมีงานวิจัยไม่มากที่ทำการหาความเชื่อมโยงของปัจจัยอันตรายในการเกิดอุบัติเหตุ (hazards) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุเชิงลึก

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาหาปัจจัยอันตรายที่ส่งผลกระทบต่อ การเกิดอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดทางรถไฟ โดยใช้ทฤษฎีโครงข่าย (network theory) วิธีนี้จะสามารถวิเคราะห์หาความเชื่อมโยงของปัจจัยอันตรายต่าง ๆ ที่มีผลทำให้เกิดอุบัติเหตุในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป ณ บริเวณจุดตัดทางรถไฟ ผลการศึกษาจะทำให้เข้าใจห่วงโซ่ของการเกิดอุบัติเหตุ รวมถึงรู้รากของปัญหาที่จะนำไปสู่ข้อเสนอแนะแนวทางการจัดปัญหาไปจากสังคมไทยอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดบริเวณจุดตัดทางรถไฟของประเทศไทย 11 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2563 รวมทั้งหมด จำนวน 138 ข่าว โดยข้อมูลเหล่านี้ถูกรวบรวมจากข่าวของสถานีโทรทัศน์ เว็บไซต์ข่าวประจำวัน เว็บไซต์ท้องถิ่น และจากบุคลากรในหน่วยงานด้านความปลอดภัยทางถนนที่ได้นำเสนอไว้ในสื่อออนไลน์ต่าง ๆ เช่น Facebook หรือ YouTube เป็นต้น การเก็บรวบรวมข้อมูลในลักษณะนี้มีข้อดีคือ ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ภาพข่าวหรือบางครั้งคลิปวิดีโอ ณ จุดเกิดเหตุ และยังสามารถเปรียบเทียบข้อมูลจากหลายแหล่งที่มาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการระบุปัจจัยอันตรายที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากเหตุการณ์ในข่าวนั้น ๆ



2. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ทฤษฎีโครงข่าย

การศึกษาค้นคว้านี้จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุ จุดตัดทางรถไฟโดยใช้ทฤษฎีโครงข่ายตามที่ได้นำเสนอ โดย Jintao และคณะ [9] โดยวิธีการนี้มีชื่อว่า “Railway operational accident causation network (ROACN)” ซึ่งเป็นวิธีการสร้างความเชื่อมโยงของปัจจัยอันตรายที่จะนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุ ในเบื้องต้นขั้นตอนการสร้าง ROACN สามารถสรุปได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

2.1. ระบุปัจจัยอันตรายพื้นฐานจากรายงานข่าวอุบัติเหตุ

การระบุปัจจัยอันตรายของการเกิดอุบัติเหตุเป็นขั้นตอนแรกในการสร้าง ROACN รายงานข่าวอุบัติเหตุแต่ละข่าวจะถูกนำมาวิเคราะห์โดยละเอียดเพื่อหารูปแบบการเกิดอุบัติเหตุและปัจจัยอันตรายทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้น

ข้อมูลที่ค้นพบจะถูกนำมาตั้งรหัสและจัดหมวดหมู่ ซึ่งในการศึกษาค้นคว้านี้รูปแบบการเกิดอุบัติเหตุถูกแบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม (ตารางที่ 1) ประกอบไปด้วย เกือบชน (A01) รถไฟชนคน (A02) รถไฟชนจักรยาน (A03) รถไฟชนรถจักรยายนต์ (A04) รถไฟชนรถยนต์ (A05) รถไฟชนรถโดยสารสาธารณะ (A06) รถไฟชนรถบรรทุก (A07) และปัจจัยปัจจัยอันตรายถูกแบ่งเป็น 4 กลุ่ม (ตารางที่ 2) ได้แก่ ปัจจัยอันตรายที่เกิดจากพฤติกรรมของมนุษย์ (H) ปัจจัยอันตรายจากอุปกรณ์และประเภทโครงสร้างพื้นฐาน (EI) ปัจจัยอันตรายจากสิ่งแวดล้อม (E) และปัจจัยอันตรายจากการจัดการและองค์กร (M) ตัวอย่างรายละเอียดการกำหนดรหัสของรูปแบบการเกิดอุบัติเหตุและปัจจัย(ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 รหัสและรูปแบบการเกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ

รหัสอุบัติเหตุ	รูปแบบการเกิดอุบัติเหตุ
A01	เกือบชน
A02	รถไฟชนคน
A03	รถไฟชนจักรยาน
A04	รถไฟชนรถจักรยายนต์
A05	รถไฟชนรถยนต์
A06	รถไฟชนรถโดยสารสาธารณะ
A07	รถไฟชนรถบรรทุก



ตารางที่ 2 รหัสและปัจจัยอันตรายของการเกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ (Hazardous factors)

กลุ่มปัจจัยอันตราย	ปัจจัยอันตราย	คำอธิบาย
อันตรายที่เกิดจากพฤติกรรมมนุษย์ (Human-type: H)	H01: ไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร	การกระทำที่ไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบที่กำหนดไว้หรือการฝ่าฝืนกฎจราจร เช่น การไม่หยุดชะลอรถไฟก่อนข้ามจุดตัด การขับรถอ้อมเครื่องกั้น จอดรถล้ำเส้นหยุดก่อนถึงเครื่องกั้น โทรศัพท์ระหว่างขับขี่ การดื่มสุรา เป็นต้น
	H02: ไม่คุ้นเคยเส้นทาง	ผู้ขับขี่เป็นคนนอกเขตพื้นที่ ที่ไม่คุ้นชินกับเส้นทางโดยไม่ทราบว่าเส้นทางไหนจะมีการตัดผ่านของทางรถไฟ
	H03: การถูกรบกวนระหว่างขับขี่	การที่ผู้ขับขี่ถูกรบกวนจากสิ่งเร้า เช่น การเปิดเพลงเสียงดัง การฟังวิทยุ การพูดคุยในรถทำให้ไม่มีสมาธิจดจ่ออยู่กับการขับขี่
	H04: ผู้ขับขี่ไม่สามารถทำการหยุดรถได้ก่อนถึงจุดตัดทางรถไฟ	การที่ผู้ขับขี่ได้ทำการเบรกในระยะกระชั้นชิด แต่รถไม่สามารถหยุดได้ในทันที ทำให้เกิดการไถลเนื่องจากน้ำหนักรถหรือความเร็ว
	H05: ความสามารถทางด้านร่างกาย	ความสามารถทางด้านร่างกายไม่สมบูรณ์ เช่น การมองเห็น อ่อนเพลีย มีโรคประจำตัว โรคลมชัก ตาบอดสี ตาพร่า หูหนวก หรือหูตึง เป็นต้น
อันตรายจากอุปกรณ์และประเภทโครงสร้างพื้นฐาน (Equipment and Infrastructure-type: EI)	EI01: อุปกรณ์จุดตัดทางรถไฟชำรุดเสียหาย	อุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่อความปลอดภัยบริเวณจุดตัดทางรถไฟเกิดการบกพร่องชำรุดเสียหาย เช่น คานกั้นเอียง ป้ายจราจรสีซีดจาง และเครื่องหมายบนพื้นทางหลุดล่อน เป็นต้น
	EI02: ยานพาหนะขัดข้องไม่สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ	การชำรุดเสียหายของอุปกรณ์รถยนต์ขณะวิ่งผ่านจุดตัดทางรถไฟ เช่น ล้อติดบริเวณจุดตัดทางรถไฟจนทำให้ล้อหลุดหรือชำรุด เบรกเสียทำให้ไม่สามารถเบรกได้ รถยนต์เสียบริเวณจุดตัดทางรถไฟทำให้ไม่สามารถวิ่งต่อไปได้ เป็นต้น
	EI03: อุปกรณ์ความปลอดภัยบริเวณจุดตัดทางรถไฟหรือในแนวเส้นทางรถไฟไม่เพียงพอ (ทางลักผ่าน)	ในบริเวณนั้น ๆ มีอุปกรณ์ด้านความปลอดภัย เช่น เครื่องกั้น ป้ายจราจร และสัญญาณไฟกระพริบ เป็นต้น ไม่เพียงพอและไม่เป็นไปตามมาตรฐาน
	EI04: การติดตั้งอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสมบริเวณจุดตัดทางรถไฟ	การติดตั้งอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยที่ไม่เหมาะสมกับจุดตัด เช่น บางจุดตัดควรมีการติดตั้งเครื่องกั้นเนื่องจากเป็นพื้นที่ ที่มีผู้สัญจรไปมาเป็นจำนวนมากแต่มีการติดตั้งเพียงป้ายจราจรเพื่อเตือนผู้ขับขี่เท่านั้น
	EI05: สภาพขบวนรถไฟที่มีความชำรุดเสียหาย	สภาพขบวนรถไฟที่มีความชำรุดเสียหาย เช่น ตู้รถไฟหรือล้อหลุด เป็นต้น
	EI06: สภาพพื้นผิวจราจร	สภาพพื้นผิวจราจรบริเวณจุดตัดทางรถไฟเป็นอันตราย เช่น เป็นหลุมเป็นบ่อ
	EI07: ไฟส่องสว่างไม่เพียงพอ	ไม่มีการติดตั้งระบบไฟส่องสว่าง และบางจุดมีการติดตั้งแต่ความส่องสว่างที่ไม่เพียงพอ
	EI08: ลักษณะทางเรขาคณิตของถนน	ลักษณะทางเรขาคณิตของถนนมีความบกพร่อง เช่น ระยะหยุดรถไม่เพียงพอ ความลาดชันที่ไม่เหมาะสม และผิวจราจรบริเวณทางรถไฟที่ไม่ครอบคลุมกับความกว้างของถนน เป็นต้น



ตารางที่ 2 (ต่อ)

กลุ่มปัจจัยอันตราย	ปัจจัยอันตราย	คำอธิบาย
อันตรายจากสิ่งแวดล้อม (Environment-type: E)	E01: สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย	เช่น ฝนตกหนักและน้ำท่วม เป็นต้น
	E02: มีสิ่งกีดขวางการมองเห็น	ต้นไม้ พงหญ้า ป้ายโฆษณา และ สิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ บดบังทัศนวิสัยในการมองเห็น ทำให้รถยนต์ที่กำลังวิ่งข้ามผ่านจุดตัดทางรถไฟไม่สามารถมองเห็นรถไฟที่กำลังวิ่งเข้าใกล้ได้อย่างชัดเจน
อันตรายจากการจัดการและองค์กร (Management and organization-type: M)	M01: การจัดการจุดตัดทางรถไฟและบำรุงรักษาไม่เพียงพอ	ขาดการจัดการและบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ติดตั้งบริเวณจุดตัดทางรถไฟ พื้นที่บริเวณโดยรอบ รวมถึงขบวนรถไฟ
	M02: การจัดการพื้นที่ข้างทางรถไฟไม่มีประสิทธิภาพ	มีการลักลอบอาศัยอยู่บริเวณข้างทางรถไฟ เช่น มีแหล่งชุมชนอยู่ข้างทางรถไฟทำให้มีการลักลอบสร้างทางลักผ่าน
	M03: การจัดการควบคุมจรรยาบรรณจุดตัดทางรถไฟ	การบริหารจัดการจรรยาบรรณบริเวณจุดตัดทางรถไฟขาดประสิทธิภาพส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุ

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการกำหนดรหัสและปัจจัยอันตรายของการเกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ

วันและเวลา	เหตุการณ์	ปัจจัยอันตรายและรูปแบบการเกิดอุบัติเหตุ
วันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ. 2561 เวลา 10.00 น.	ณ จังหวัดสระบุรี เกิดเหตุขบวนรถไฟชนกับรถยนต์ เนื่องจากไม่กั้นทางรถไฟเกิดเหตุขัดข้องไม่สามารถปิดลงมากั้นทางรถไฟได้สมบูรณ์ ทำให้ผู้ขับขี่รถยนต์คาดว่าขบวนรถไฟยังไม่มาถึง จึงขับผ่านไปถึงแม้จะมีเสียงเตือน ทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น	<ul style="list-style-type: none"> - การบำรุงรักษาไม่เพียงพอ (M01) - อุปกรณ์จุดตัดทางรถไฟชำรุดเสียหาย (EI01) - ไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร (H01) - รถไฟชนรถยนต์ (A05)
วันที่ 7 ตุลาคม พ.ศ. 2562 เวลา 09.00 น.	ณ จังหวัดสงขลา เกิดเหตุการณ์รถกระบะวิ่งฝ่าสัญญาณไฟ บริเวณจุดตัดทางรถไฟที่เป็นทางหลักผ่าน ทำให้รถกระบะถูกรถไฟชนอย่างรุนแรง	<ul style="list-style-type: none"> - อุปกรณ์ความปลอดภัยบริเวณจุดตัดทางรถไฟไม่เพียงพอ (EI03) - ไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร (H01) - รถไฟชนรถยนต์ (A05)

2.2 ระบุความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยอันตรายและอุบัติเหตุ

การระบุความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยอันตรายและอุบัติเหตุ คือ การหาความสัมพันธ์และลำดับของปัจจัยอันตรายที่นำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุในแต่ละรูปแบบ โดยทั่วไปการเกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัยที่เป็นลำดับเชื่อมโยงกัน ดังนั้นการเรียงลำดับตามความเชื่อมโยงของเหตุการณ์จะทำให้รู้ถึงรากของปัญหา

และที่มาของการเกิดอุบัติเหตุ นั้น ๆ ยกตัวอย่างเช่น เหตุการณ์ A ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ B เชื่อมโยงไปกับเหตุการณ์ C จึงทำให้เกิดอุบัติเหตุ D การเชื่อมโยงเหล่านี้สามารถเขียนได้ในรูปแบบของคู่อันดับเหตุการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์ ดังสมการที่ 1 ดังนั้นจากตัวอย่างในตารางที่ 3 คู่อันดับของเหตุการณ์สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 4

$$\{(A, B), (B, C), (C, D)\}$$

(1)

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการเขียนคู่ลำดับเหตุการณ์การเกิดอุบัติเหตุจากข้อมูลในตารางที่ 3

ปัจจัยอันตรายและรูปแบบการเกิดอุบัติเหตุ	คู่อันดับของเหตุการณ์
<ul style="list-style-type: none"> - การบำรุงรักษาไม่เพียงพอ (M01) - อุปกรณ์จุดตัดทางรถไฟชำรุดเสียหาย (EI01) - ไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร (H01) - รถไฟชนรถยนต์ (A05) 	{(M01, EI01), (EI01, H01), (H01, A05)}
<ul style="list-style-type: none"> - อุปกรณ์ความปลอดภัยบริเวณจุดตัดทางรถไฟไม่เพียงพอ (EI03) - ไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร (H01) - รถไฟชนรถยนต์ (A05) 	{(EI03, H01), (H01, A05)}

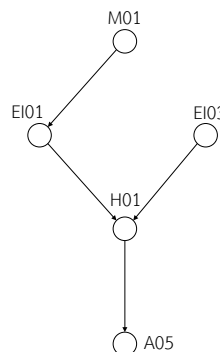
2.3 สร้าง ROACN

การเชื่อมโยงกันของปัจจัยอันตรายที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุสามารถเขียนในรูปแบบของเมทริกซ์จัตรัส (ROACN Adjacency Matrix: RAM) ยกตัวอย่างเช่น จากตารางที่ 4 มีตัวแปรทั้งหมด 5 ตัว ได้แก่ M01 EI01 EI03 H01 และ A05 ทำให้ได้เมทริกซ์จัตรัสที่มีขนาด 5x5 และสามารถระบุความสัมพันธ์ที่ได้จากคู่ลำดับเหตุการณ์โดยกำหนดให้ถ้า

ตัวแปรทั้งสองเชื่อมโยงกันให้ระบุเป็นเลข 1 และไม่เชื่อมโยงกันให้ระบุเป็นเลข 0 ดังภาพที่ 2(a) เมื่อได้ RAM แล้วขั้นตอนต่อไปคือการสร้างโครงข่ายการเกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ ขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยการนำตัวเลขใน RAM มาวาดเป็นโครงข่ายอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ (ROACN) แบบระบุทิศทาง (directed graph) ดังภาพที่ 2(b)

	H01	EI01	EI03	M01	A05
H01	0	0	0	0	1
EI01	1	0	0	0	0
EI03	1	0	0	0	0
M01	0	1	0	0	0
A05	0	0	0	0	0

(a)



(b)

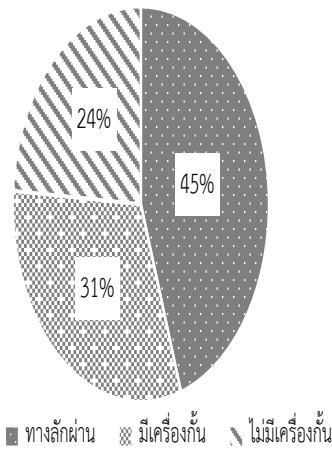
ภาพที่ 2 เมทริกซ์จัตรัส RAM (a) และโครงข่ายการเกิดอุบัติเหตุ (b) จากตัวอย่างในตารางที่ 3

ผลการวิจัย

1. ประเภทจุดตัดทางรถไฟกับการเกิดอุบัติเหตุ

จากภาพที่ 3 พบว่าจุดตัดทางรถไฟที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุด คือ ทางลักผ่าน คิดเป็นร้อยละ 45 จากประเภทจุดตัดทางรถไฟทั้งหมด ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าทางลักผ่านเป็นจุดตัดที่ไม่ได้รับอนุญาตจากการรถไฟแห่งประเทศไทย ไม่มี

การติดตั้งอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยตามมาตรฐานจึงทำให้เกิดอุบัติเหตุอยู่บ่อยครั้ง รองลงมาคือ จุดตัดทางรถไฟแบบมีเครื่องกั้นและจุดตัดทางรถไฟแบบไม่มีเครื่องกั้น คิดเป็นร้อยละ 31 และ 24 ตามลำดับ ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เหล่านี้ สอดคล้องกับข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุที่เสนอโดยการรถไฟแห่งประเทศไทยปี พ.ศ. 2563 [10]

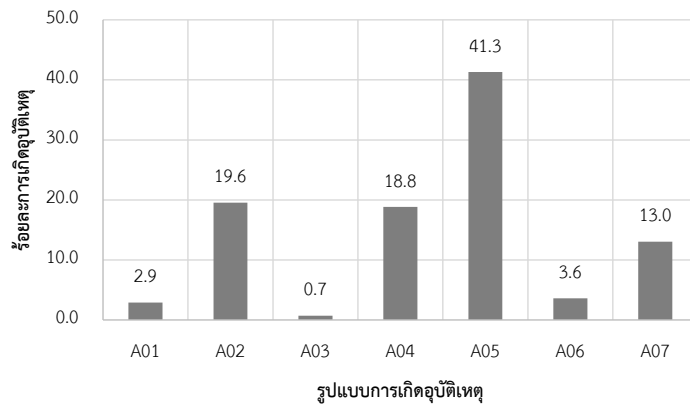


ภาพที่ 3 ประเภทจุดตัดทางรถไฟกับการเกิดอุบัติเหตุ

2. รูปแบบการเกิดอุบัติเหตุ

ภาพที่ 4 แสดงรูปแบบการเกิดอุบัติเหตุ ณ บริเวณจุดตัดทางรถไฟตามคำนิยามในตารางที่ 1 พบว่า รถไฟชนกับรถยนต์ (A05) เป็นรูปแบบการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 41.3 นี้ก็เพราะว่าคนไทยส่วนใหญ่นิยมเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคล ส่งผลให้จำนวนการเกิดอุบัติเหตุรูปแบบนี้สูงตามไปด้วย รองลงมาเป็นอุบัติเหตุ

ที่เกิดจากรถไฟชนกับคนที่เดินข้ามสัญญาณ (A02) รถไฟชนกับรถจักรยานยนต์ (A04) และ รถไฟชนกับรถบรรทุก (A07) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 19.6 18.8 และ 13.0 ตามลำดับ ส่วนรูปแบบอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดคือ รถไฟชนรถจักรยาน (A03) ซึ่งสมเหตุสมผลเพราะว่าประเทศไทยมีคนใช้จักรยานในการสัญจรค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับยานพาหนะประเภทอื่น ๆ

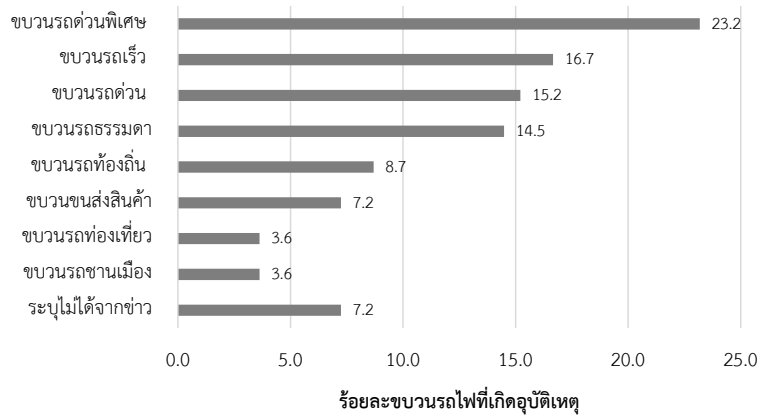


ภาพที่ 4 รูปแบบการเกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ

3. ประเภทขบวนรถไฟที่เกิดอุบัติเหตุ

ภาพที่ 5 แสดงสถิติประเภทของขบวนรถไฟที่เกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ พบว่าประเภทขบวนรถไฟที่มีการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด คือ รถด่วนขบวนพิเศษ คิดเป็นร้อยละ 23.2 นี้ก็เพราะว่าขบวนรถประเภทนี้มีการเดินทางแบบต้นทาง-ปลายทาง มีจุดรับ-ส่งผู้โดยสารระหว่างทางน้อย ทำให้สามารถใช้ความเร็วได้ถึง 100 - 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จึงอาจเป็นเหตุให้เมื่อมีเหตุการณ์ไม่คาดคิด ณ จุดตัดทางรถไฟ พนักงานเดินรถไฟจึงไม่สามารถหยุดขบวนรถไฟได้ทัน จึงเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น รองลงมาเป็นขบวนรถเร็ว ขบวนรถด่วน ขบวนรถธรรมดา ขบวนรถท้องถิ่น ขบวนขนส่งสินค้า ขบวนรถท่องเที่ยว และขบวนรถชานเมือง ซึ่งสามารถคิดเป็นร้อยละ 16.7, 15.2, 14.5, 8.7, 7.2, 3.6 และ 3.6 ตามลำดับ

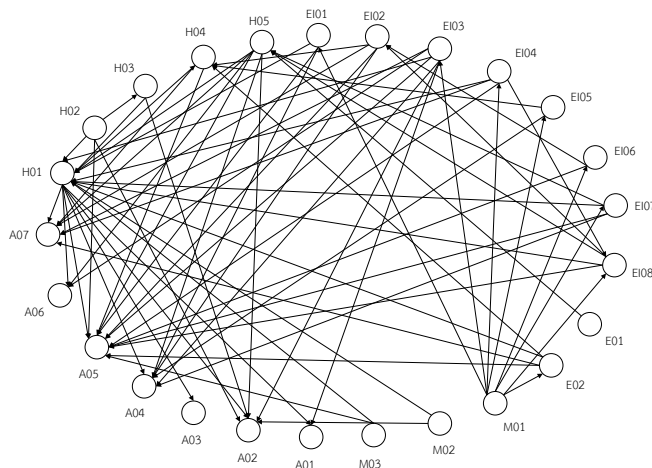


ภาพที่ 5 ประเภทขบวนรถไฟที่เกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ

4. โครงข่ายปัจจัยอันตรายการเกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ

ภาพที่ 6 แสดงโครงข่ายปัจจัยอันตรายที่นำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ เบื้องต้นพบว่าทุกปัจจัยอันตรายที่กำหนดในตารางที่ 2 สามารถเชื่อมโยงไปสู่อุบัติเหตุแต่ละรูปแบบได้ ยกตัวอย่างเช่น การจัดการพื้นที่ข้างทางรถไฟที่ไม่มีประสิทธิภาพ (M02) สามารถทำให้เกิดอุบัติเหตุรถไฟชนคนเดินเท้า (A02) ได้โดยตรง และปัจจัย M02 ยังมีอิทธิพลต่อการไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร (H01) ซึ่งสามารถเชื่อมโยงไปสู่การเกิดอุบัติเหตุรูปแบบอื่น ๆ ได้ ในภาพรวมรูปแบบอุบัติเหตุ A05 (รถไฟชนกับรถยนต์) เป็นรูปแบบอุบัติเหตุที่

สามารถเกิดขึ้นได้จากหลากหลายเส้นทางการเชื่อมโยงของปัจจัยอันตราย ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลในภาพที่ 4 ที่พบว่า A05 เป็นรูปแบบการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมากที่สุด นอกจากนี้ในโครงข่ายปัจจัยอันตราย M01 (การบริหารจัดการจุดตัดทางรถไฟและการบำรุงรักษาขาดประสิทธิภาพ) ดูเหมือนว่าจะเป็นแหล่งกำเนิดของหลายเส้นทางการเกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ ซึ่งจากภาพจะเห็นว่า M01 เป็นจุดที่มีความเชื่อมโยงไปสู่ปัจจัยอันตราย EI (อันตรายจากอุปกรณ์และประเภทโครงสร้างพื้นฐาน) เป็นจำนวนมากและส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุในหลากหลายรูปแบบ



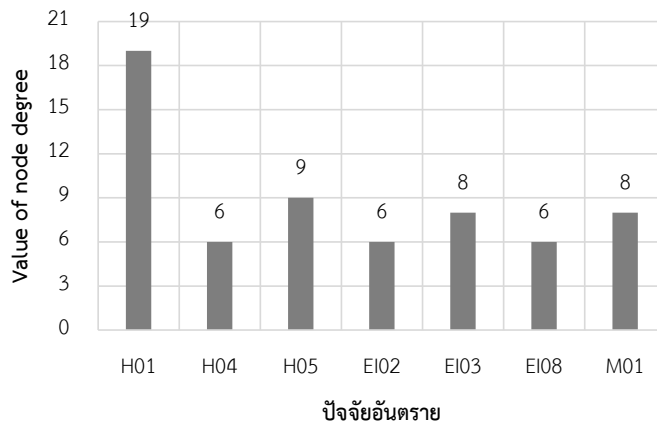
ภาพที่ 6 โครงข่ายปัจจัยอันตรายที่จะนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟ



5. การวิเคราะห์ค่าการเชื่อมต่อ

ค่าการเชื่อมต่อ (value of node degree) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัยอันตรายต่อการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งค่านี้สามารถหาได้จากการนับจำนวนการเชื่อมต่อที่มาถึงของปัจจัยอันตรายนั้น ๆ ยกตัวอย่างเช่น ปัจจัยอันตราย EI08 มีการเชื่อมต่อทั้งหมด 6 เส้นทาง ดังนั้นค่าการเชื่อมต่อของปัจจัยนี้เท่ากับ 6 นั่นเอง ภาพที่ 7 แสดงปัจจัยอันตรายที่มีค่าการเชื่อมต่อมากกว่าค่าเฉลี่ยเชื่อมต่อเฉลี่ยของทุกปัจจัย (5.5) พบว่าปัจจัยอันตราย H01

(การไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร) มีค่าการเชื่อมต่อมากที่สุด คือ 19 รองลงมาคือ H05 (ความสามารถทางด้านร่างกายไม่สมบูรณ์) EI03 (การติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยบริเวณจุดตัดทางรถไฟไม่เพียงพอ) และ M01 (การบริหารจัดการจุดตัดทางรถไฟและการบำรุงรักษาขบวนรถประสิทธิภาพ) ซึ่งมีค่าการเชื่อมต่อ คือ 9, 8 และ 8 ตามลำดับ ดังนั้นถ้าจะลดปัญหาอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟอย่างยั่งยืนปัจจัยอันตรายเหล่านี้ควรได้รับการแก้ไขเป็นลำดับต้น ๆ



ภาพที่ 7 ปัจจัยอันตรายที่มีค่าการเชื่อมต่อ (node degree) สูงกว่าค่าเฉลี่ย

6. การวิเคราะห์ระยะทางระหว่างปัจจัยอันตรายไปสู่การเกิดอุบัติเหตุ

ตารางที่ 5 แสดงระยะทางเฉลี่ยที่สั้นที่สุด (average shortest path) จากกลุ่มปัจจัยอันตรายไปสู่การเกิดอุบัติเหตุ แต่ละรูปแบบ โดยกำหนดให้ระยะการเชื่อมต่อระหว่างปัจจัยอันตรายไปสู่ปัจจัยอันตราย หรือระหว่างปัจจัยอันตรายไปสู่รูปแบบการเกิดอุบัติเหตุมีค่าเท่ากับ 1 ผลการวิเคราะห์พบว่ากลุ่มปัจจัยอันตราย H (อันตรายที่เกิดจากพฤติกรรมของมนุษย์) ดูเหมือนว่าจะมีระยะทางเฉลี่ยที่สั้นที่สุดไปสู่การเกิดอุบัติเหตุในภาพรวมโดยมีระยะทางอยู่ที่ 1.51 รองลงมาคือ กลุ่ม M และ กลุ่ม EI ซึ่งมีค่าระยะทางอยู่ที่ 1.95 และ 1.96 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามหากพิจารณาในรายละเอียดไปที่รูปแบบอุบัติเหตุที่เกิดบ่อยที่สุดซึ่งคือ A05 (รถไฟชนรถยนต์) จะเห็นว่ากลุ่มปัจจัยอันตราย EI (อันตรายจากอุปกรณ์และประเภทโครงสร้างพื้นฐาน) เป็นกลุ่มที่น่ากังวลเนื่องจากมีระยะทางเฉลี่ยไปสู่อุบัติเหตุที่สั้นที่สุด คือ 1.13

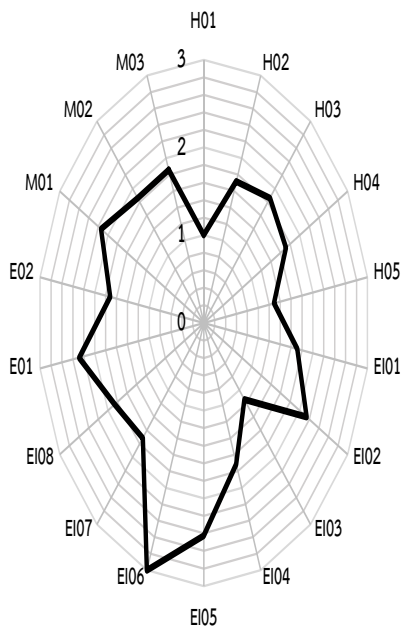
ดังนั้นหากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องการที่จะลดอุบัติเหตุรถไฟชนรถยนต์ ปัจจัยอันตรายจากอุปกรณ์และประเภทโครงสร้างพื้นฐานควรได้รับการแก้ไขอย่างเป็นรูปธรรม

นอกจากนี้หากพิจารณาเชิงลึกถึงระยะทางเฉลี่ยที่สั้นที่สุด จากปัจจัยอันตรายแต่ละตัวไปสู่การเกิดอุบัติเหตุ ดังแสดงในภาพที่ 8 จะพบว่าปัจจัยอันตราย H01 การไม่ปฏิบัติตามกฎจราจรจะเป็นตัวแปรที่สามารถทำให้เกิดอุบัติเหตุได้โดยตรง (ระยะทางเฉลี่ยเท่ากับ 1) รองลงมา คือ EI03 (การติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยบริเวณจุดตัดทางรถไฟไม่เพียงพอ) และ H05 (ความสามารถทางด้านร่างกายไม่สมบูรณ์) ซึ่งมีค่าระยะทางเฉลี่ยที่สั้นที่สุดไปสู่การเกิดอุบัติเหตุคือ 1.14 และ 1.29 นี้แสดงให้เห็นว่าในการขับขบวนรถไฟผ่านจุดตัดทางรถไฟ ถ้าขณะนั้นมีปัจจัยอันตรายเหล่านี้เกิดขึ้น โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุก็จะมีความถี่ขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นปัจจัยอันตรายเหล่านี้ควรถูกพิจารณาแก้ไขจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อลดปัญหาอุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟอย่างยั่งยืน



ตารางที่ 5 ระยะทางเฉลี่ยที่สั้นที่สุด (average shortest path) จากกลุ่มปัจจัยอันตรายไปสู่การเกิดอุบัติเหตุแต่ละรูปแบบ

กลุ่มปัจจัยอันตราย	รหัสอุบัติเหตุ							
	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	All
H	1.80	1.20	1.80	1.60	1.20	1.60	1.40	1.51
EI	2.38	2.38	2.50	1.38	1.13	2.38	1.63	1.96
E	2.50	2.00	2.50	2.00	1.50	2.00	1.50	2.00
M	2.00	1.67	2.33	2.00	1.67	2.00	2.00	1.95



ภาพที่ 8 ระยะทางที่สั้นที่สุดเฉลี่ย (average shortest path) จากปัจจัยอันตรายไปสู่การเกิดอุบัติเหตุในภาพรวม

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

บทความวิจัยนี้เสนอวิธีการวิเคราะห์อุบัติเหตุ ณ จุดตัดทางรถไฟโดยใช้ทฤษฎีโครงข่าย เพื่อหาปัจจัยอันตรายที่ส่งผลกระทบต่อ การเกิดอุบัติเหตุ การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะทำให้สามารถหาความเชื่อมโยงของปัจจัยอันตรายต่าง ๆ รวมถึงรู้ต้นตอของปัญหาที่ควรทำการแก้ไขเพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุ ณ บริเวณจุดตัดทางรถไฟ การศึกษาใช้ข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบริเวณจุดตัดทางรถไฟของประเทศไทย จากการรวบรวมข่าวทั้งหมด จำนวน 138 ข่าว 11 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2563 โดยผลการศึกษพบว่าจุดตัดทาง

รถไฟที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุด คือ ทางหลักผ่าน รูปแบบการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นน้อยที่สุด คือ รถไฟชนกับรถยนต์ และประเภทขบวนรถไฟที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูงสุดเป็นอันดับหนึ่ง คือ ขบวนรถด่วนพิเศษ เหล่านี้เป็นการค้นพบปัญหาหลักที่ควรได้รับการพิจารณาแก้ไข ในส่วนของผลการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีโครงข่ายสามารถสรุปได้ว่า ทุกปัจจัยอันตรายสามารถเชื่อมโยงไปสู่การเกิดอุบัติเหตุได้อย่างไรก็ตามเส้นทางไปสู่การเกิดอุบัติเหตุจะใกล้หรือไกลก็ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรอื่น ๆ ที่อยู่ในเส้นทาง ปัจจัยอันตรายที่อยู่ใกล้ที่สุดกับการเกิดอุบัติเหตุ คือ การไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร



รองลงมาเป็นเรื่องของการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัย บริเวณจุดตัดทางรถไฟที่ไม่เหมาะสม และอันดับที่สามเกี่ยวกับความสามารถทางด้านร่างกายของผู้ขับขี่ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น อ่อนเพลีย มีโรคประจำตัว ตาบอดสี หรือหูตึง เป็นต้น ทั้งหมดนี้ควรได้รับการแก้กันอย่างจริงจัง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัจจัยอันตรายที่เกี่ยวกับการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัย เนื่องจากส่วนใหญ่มีความเชื่อมโยงมาจากปัจจัยอันตรายที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการจุดตัดทางรถไฟ และการบำรุงรักษาที่ยังขาดประสิทธิภาพ จึงนำไปสู่การเกิดขึ้นของกลุ่มปัจจัยอันตรายที่เกี่ยวกับอุปกรณ์และประเภทโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งเป็นกลุ่มปัจจัยอันตรายที่มีระยะทางเชื่อมต่อนั้นที่สุดที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุรถไฟชนรถยนต์นั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.). ผลการดำเนินการแก้ไขปัญหาจุดตัดรถไฟกับถนน. [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 10 กรกฎาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.mot.go.th>
2. สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม (สนข.). โครงการศึกษาจัดทำแผนแก้ไขอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดทางรถไฟกับถนนสำหรับรถไฟทางไกล. [อินเทอร์เน็ต]. 2553 [เข้าถึงเมื่อ 6 กรกฎาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.mot.go.th>
3. Hu SR, Li CS, Lee CK. Investigation of key factors for accident severity at railroad grade crossings by using a logit model. *Saf Sci* 2010;48(2):186-94.
4. อาชิรญาณ์ ภัทรธนะวัฒน์, รัตน์พงษ์ ชังซั่ว, วชิระ วิจิตรพงษ์, อรรถวิทย์ อุบายคิน. การตรวจสอบความปลอดภัยของจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร: เส้นทางที่ศึกษาสถานีป่าเส้าถึงสถานีสารภี. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ The 5th Atrans Symposium and The 4th Atrans Student Chapter Session - การขนส่งเพื่อชีวิตที่ดี

กว่ากับการเตรียมตัวเข้าสู่การรวมประชาคมอาเซียน ในหัวข้อ Transportation for A Better Life: Preparing for Asean Integration วันที่ 24 สิงหาคม 2555. กรุงเทพฯ; 2555. หน้า 127-134.

5. ดลฤทธิ เสฎฐสุวจะ, ประเมศวร์ เหลือเทพ. การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดทางรถไฟกรณีศึกษาสถานีรถไฟคลองแจะ-ควนเนียง จังหวัดสงขลา. *Rajabhat J Sci Humanit Soc Sci* 2561; 19(1):99-110.
6. Jeremy D, Nadja I, Angela W. Motorist behaviour at railway level crossings: an exploratory study of train driver experience. In: proceedings of Australasian Road Safety Research Policing Education Conference 2005, November 14-16, 2005; Wellington, New Zealand; 2005. p. 127-132.
7. Sirkku L. Comparison of fatal motor vehicle accidents at passive and active railway level crossings in Finland. *IATSS Res* 2016;40(1):1-6.
8. ยุทธนา โนนศรีชัย, อาทิตยา นิมอนงค์, โชคชัย ปัตถามา, ธนกร วัฒนสมบัติกุล. แนวทางการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณจุดตัดทางรถไฟ กรณี ศึกษาจุดตัดทางรถไฟ จังหวัดปราจีนบุรี. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 14-16 พฤษภาคม 2557. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น; 2557. หน้า 2483-2495.
9. Jintao L, Felix S, Wei Z, Jiebei Z. Understanding railway operational accidents using network theory. *Reliab Eng Syst* 2019;189:218-31.
10. กรมการขนส่งทางราง. โครงการศึกษาเพื่อลดอุบัติเหตุจุดตัดทางถนนและทางรถไฟ. [อินเทอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 5 กรกฎาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: <https://drtcrossing.com>



คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับบทความเพื่อตีพิมพ์ใน วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วยสาขาวิชาต่าง ๆ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ได้แก่ จุลชีววิทยา ชีววิทยา พันธุศาสตร์ และเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นต้น
2. วิทยาศาสตร์กายภาพ ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ และสถิติ เป็นต้น
3. วิทยาศาสตร์สุขภาพ ได้แก่ แพทยศาสตร์ สัตวแพทยศาสตร์ เภสัชศาสตร์ เทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด

พยาบาลศาสตร์ และสาธารณสุขศาสตร์ เป็นต้น

4. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
5. วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

โดยรับพิจารณาตีพิมพ์บทความวิจัย (research article) และบทความวิชาการ (review article) ทั้งรูปแบบภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ทั้งนี้ผลงานวิชาการที่ส่งมาจะต้องไม่เคยตีพิมพ์หรืออยู่ระหว่างการรอพิจารณาตีพิมพ์จากวารสารวิชาการอื่น

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ มีกำหนดออกวารสารปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-เดือนมิถุนายน และฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม-เดือนธันวาคม ซึ่งจะรับพิจารณาตีพิมพ์ผลงานวิชาการทั้งจากบุคคลภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

หลักเกณฑ์การพิจารณาบทความ

บทความที่ส่งมาพิจารณาควรมีคุณค่าทางวิชาการ โดยผู้เขียนเป็นผู้ทำการทดลอง สร้างสรรค์ หรือเกี่ยวข้องกับงานโดยปราศจากการคัดลอกผลงานวิจัยหรือบทความของผู้อื่น นำเสนอถึงแนวความคิดหรือหลักการใหม่ที่เป็นไปได้ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี และนำไปสู่การพัฒนาหรือเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการวิจัย มีความสมบูรณ์ในเนื้อหา ภาษา ตลอดจนความชัดเจนของสมมติฐานหรือวัตถุประสงค์

บทความจะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้น ๆ จำนวน 2-3 คน ซึ่งกองบรรณาธิการสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขบทความ และอาจส่งกลับคืนให้ผู้เขียนแก้ไขเพิ่มเติมหรือพิมพ์ต้นฉบับใหม่ แล้วแต่กรณี เพื่อปรับปรุงบทความให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นก่อนการตีพิมพ์ ทั้งนี้ต้นฉบับที่ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ของการเขียนที่กำหนดเท่านั้นจึงจะได้รับการพิจารณา และดำเนินการประเมินบทความก่อนการตีพิมพ์

การยอมรับบทความที่จะตีพิมพ์เป็นสิทธิของกองบรรณาธิการ และกองบรรณาธิการไม่รับผิดชอบความถูกต้องของเนื้อหา หรือความถูกต้องของบทความที่ส่งมาตีพิมพ์ทุกเรื่อง

ข้อกำหนดทั่วไปของการพิมพ์บทความ

1. พิมพ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Word for Windows
2. พิมพ์บนกระดาษ A4 หนึ่งหน้าเดียว โดยมีระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว (2.54 เซนติเมตร) และจัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์
3. ใช้ตัวอักษรแบบ TH Sarabun New



4. ระยะห่างของการพิมพ์แบบ 1.5 line space พิมพ์แบบเสมอนหน้า-หลัง (justified)
5. การกำหนดขนาดและชนิดตัวอักษร

ข้อความ	ขนาด	ชนิด	การจัดหน้ากระดาษ
ชื่อเรื่อง (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)	18	ตัวหนา	กึ่งกลาง
ชื่อผู้เขียน	16	ตัวปกติ	กึ่งกลาง
ที่อยู่หรือหน่วยงานสังกัดของผู้เขียน	14	ตัวปกติ	กึ่งกลาง
อีเมลติดต่อเฉพาะผู้เขียนประสานงาน (corresponding author)	14	ตัวปกติ	กึ่งกลาง
หัวข้อบทคัดย่อ (abstract)	16	ตัวหนา	กึ่งกลาง
หัวข้อเรื่องใหญ่	14	ตัวหนา	ชิดซ้าย
หัวข้อเรื่องย่อย	14	ตัวหนา	ชิดซ้าย
บทคัดย่อ คำสำคัญ เนื้อเรื่อง (วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย อภิปราย และสรุปผลการวิจัย กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง)	14	ตัวปกติ	ชิดซ้ายขวา
คำบรรยายรูปภาพ	14	ตัวปกติ	กึ่งกลาง
คำบรรยายตาราง	14	ตัวปกติ	ชิดซ้าย

รายละเอียดการจัดเตรียมต้นฉบับ

1. **ชื่อเรื่อง** มีทั้งชื่อเรื่องภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้น กระชับ และสื่อความหมายตรงกับเรื่องที่ทำ สำหรับชื่อภาษาอังกฤษนั้น อักษรตัวแรกของภาษาอังกฤษให้พิมพ์ด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่
2. **ชื่อผู้เขียนและสถานที่ทำงาน** ชื่อผู้เขียนใช้ชื่อ-นามสกุลเต็ม ไม่ต้องระบุค่านำหน้าชื่อ ตำแหน่งทางวิชาการ และคุณวุฒิ โดยให้มีการกำกับเลขยกกำลังต่อท้ายชื่อ สำหรับผู้เขียนประสานงาน (corresponding author) ให้ทำเครื่องหมายดอกจันหรือไว้ท้ายชื่อ พร้อมระบุหมายเลขโทรศัพท์และอีเมล สำหรับชื่อสถานที่ทำงานควรพิมพ์ให้ตรงกับตัวเลขยกกำลังที่กำกับไว้ท้ายชื่อผู้เขียน กรณีมีผู้เขียน จำนวน 2 คน ให้ใช้ “และ/and” คั่น สำหรับผู้เขียนมากกว่า 2 คน ขึ้นไป กรณีภาษาไทยให้เว้นวรรค 2 ครั้งคั่น กรณีภาษาอังกฤษให้ใส่จุลภาค (,) คั่น และเว้นวรรค 1 ครั้ง ระหว่างแต่ละคน
3. **บทคัดย่อ** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยนำเสนอสาระสำคัญของเรื่อง ครอบคลุมถึงวัตถุประสงค์ บทนำ วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย อภิปรายและสรุปผลการวิจัย มีความยาวไม่เกิน 250 คำ กรณีบทความเป็นรูปแบบภาษาไทย ให้จัดลำดับบทคัดย่อภาษาไทยขึ้นต้น และกรณีบทความเป็นรูปแบบภาษาอังกฤษ ให้จัดลำดับบทคัดย่อภาษาอังกฤษขึ้นต้น
4. **คำสำคัญ** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษอย่างละ 3-5 คำ ทั้งนี้ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความ
5. **เนื้อหา** รายละเอียดของการเตรียมต้นฉบับบทความแต่ละประเภทมีดังนี้
 - 5.1 **บทความวิจัย (research article) ความยาวไม่เกิน 12 หน้า**
(รวมเอกสารอ้างอิง ตาราง รูปภาพ และแผนภูมิ)
 - **บทนำ** นำเสนอความสำคัญหรือที่มาของปัญหาวิจัย สาระสำคัญจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นำเสนอไว้ตอนท้ายของบทนำ



- **วิธีดำเนินการวิจัย** นำเสนอรายละเอียดที่จำเป็นของการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล
- **ผลการวิจัย** นำเสนอผลการวิจัยที่สมบูรณ์ ชัดเจน โดยอาจนำเสนอด้วยตาราง แผนภูมิ หรือรูปภาพ พร้อม

มีการบรรยายประกอบ

- **อภิปรายและสรุปผลการวิจัย** เป็นการวิเคราะห์ ประเมิน และตีความผลการวิจัยว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ มีการเทียบเคียงผลการวิจัยกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมการอ้างอิงหลักวิชาการหรือทฤษฎี และอาจมีข้อเสนอแนะประเด็นที่ควรทำวิจัยต่อไป

- **กิตติกรรมประกาศ** แสดงความขอบคุณต่อองค์กรหรือบุคคลที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยหรือให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

- **เอกสารอ้างอิง** ควรเป็นบทความที่ได้รับการตีพิมพ์หรือกำลังจะได้รับการตีพิมพ์ และระบุรายการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วน โดยใช้ Vancouver style

5.2 บทความวิชาการ (review article) ความยาวไม่เกิน 12 หน้า

(รวมเอกสารอ้างอิง ตาราง รูปภาพ และแผนภูมิ)

นำเสนอเนื้อหาทางวิชาการที่ได้จากเอกสารวิชาการทั่วไป สามารถสอดแทรกความคิดเห็นของผู้เขียนที่มีการอ้างอิงจากหลักวิชาการประกอบบทความได้ ประกอบไปด้วย บทความย่อยทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ บทนำ เนื้อหา บทสรุป และเอกสารอ้างอิง

6. รูปภาพและตาราง

รูปภาพ

ความละเอียดของรูปภาพไม่น้อยกว่า 600 dpi สำหรับภาพขาว-ดำ และไม่น้อยกว่า 300 dpi สำหรับภาพสี ระบุลำดับที่ของรูปภาพ โดยใช้คำว่า “ภาพที่.....” (Figure.....) และคำบรรยายใต้ภาพอยู่ส่วนล่างกึ่งกลางของภาพ ส่วนที่เป็นสัญลักษณ์ให้นำเสนอในส่วนของคำบรรยายใต้ภาพ พร้อมทั้งแนบไฟล์รูปภาพที่ประกอบในเนื้อหาร่วมกับไฟล์เอกสารปกติดด้วย

ตาราง

ระบุลำดับที่ของตาราง โดยใช้คำว่า “ตารางที่.....” (Table.....) และคำบรรยายตารางอยู่ส่วนบนชิดขอบซ้ายของตาราง

การนำรูปภาพ แผนภูมิ หรือตารางมาอ้างอิงประกอบในบทความจะต้องมีการอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของข้อมูลให้ถูกต้อง ไม่ละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่น

การเขียนเอกสารอ้างอิง

1. การอ้างอิงในเนื้อหา

การอ้างอิงในเนื้อหาใช้ระบบ Vancouver style ให้อ้างเลขลำดับที่ที่กำกับชื่อผู้แต่ง โดยระบุเลขลำดับที่ไว้ในวงเล็บท้ายข้อความตามลำดับการอ้างอิงก่อน-หลัง เช่น จีราวรรณ และคณะ [1] พบว่า *Geobacillus stearothermophilus* PTL38 ผลิตเอนไซม์ไลเปสที่สามารถทำงานได้ดีที่ค่าพีเอชเท่ากับ 6.0 และอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 60 องศาเซลเซียส หรือมีการค้นพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกมะกรูดและกระชายมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียก่อโรคแกรมบวกที่ดีที่สุด [2]

2. การอ้างอิงเอกสารท้ายบทความ

การอ้างอิงท้ายบทความใช้ระบบ Vancouver style โดยเรียงลำดับให้ตรงกับหมายเลขในเอกสารอ้างอิงที่ได้ทำการอ้างอิงในเนื้อหา



ตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิง

1. หนังสือหรือตำรา

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. พิมพ์ครั้งที่. เมืองหรือสถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์.

1. สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล. พันธุวิศวกรรมเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2548.
2. Watson JD, Baker TA, Bell SP, Gann A, Levine M, Losick R. Molecular biology of the gene. 5th ed. San Francisco: Pearson Education, Inc.; 2004.

2. วารสาร

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่องหรือชื่อบทความ. ชื่อวารสาร ปีที่พิมพ์;ปีที่(ฉบับที่):หน้า.

1. วรจนา วิเศษมณี, กาญจนา หริ่มเพ็ง. ความเป็นพิษเฉียบพลันและการกลายพันธุ์จากสารมลพิษรวมในน้ำและตะกอนดิน กรณีศึกษาคลองชวดหมัน จังหวัดสมุทรปราการ. วารสาร มฉก. วิชาการ 2554;14(28):153-73.
2. Supakdamrongkul P, Bhumiratana A, Wiwat C. Characterization of an extracellular lipase from the biocontrol fungus, *Nomuraea rileyi* MJ and its toxicity toward *Spodoptera litura*. J Invertebr Pathol 2010;105(3):228-35.

3. รายงานจากการประชุมวิชาการ

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ใน: ชื่อคณะบรรณาธิการ, editors. ชื่อเอกสารรายงานการประชุม วันที่ เดือน ปี; เมืองที่สัมมนา, ประเทศ. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. หน้า.

1. วรจนา ศักดิ์สงค์, หิรัญญา จันทร์เกลี้ยง, ปิยาภรณ์ สุภักด์ดำรงกุล. การศึกษาประสิทธิภาพของเจลล้างมือผสมสารสกัดจากธรรมชาติในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 2 วันที่ 21 มีนาคม 2557. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. กรุงเทพฯ; 2557. หน้า 289-97.
2. Supakdamrongkul P, Wongthong A, Komkaew S. Production and characterization of a novel high-alkaline and thermal stable lipase from *Bacillus* sp. HCU3-2 and potential application as detergent formulation. In: proceedings of the 7th AOHUPO Congress and 9th International Symposium of the Protein Society of Thailand, August 6-8, 2014; Bangkok, Thailand; 2014. p. 259-68.
3. Deci EL, Ryan RM. A motivational approach to self: Integration in personality. In Dienstbier R, editor. Nebraska Symposium on Motivation: Vol. 38. Perspectives on Motivation. Lincoln: University of Nebraska Press; 1991. p. 237-88.



4. พจนานุกรม

ชื่อพจนานุกรม. พิมพ์ครั้งที่. เมืองหรือสถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. คำศัพท์; หน้า.

1. พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชัน; 2546. หน้า 1488.
2. Stedmin's medical dictionary. 26th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995. Apraxia; p. 119-20.

5. วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อวิทยานิพนธ์. ระดับปริญญาของวิทยานิพนธ์, ชื่อมหาวิทยาลัย. จังหวัด; ปีที่พิมพ์.

1. อัจฉรา คอประเสริฐศักดิ์. การศึกษาแบคทีเรียผลิตเอนไซม์ไลเปสที่มีผลต่อการย่อยสลายน้ำมันและน้ำเสียประเภทไขมันสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2542.
2. Darling CW. Giver of due regard: the poetry of Richard Wilbur. Ph.D. Thesis, University of Connecticut. USA; 1976.

6. หนังสือพิมพ์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือพิมพ์ วัน เดือน ปี; หน้า.

1. สายใจ ดวงมาลี. มาลาเรียม 3 จว.ใต้ตอนบน สธ.เร่งคุมเข้มกันเชื้อแพร่หนัก. คม-ชัด-ลึก 7 มิถุนายน 2548; 25.
2. Di Rado A. Trekking through college: Classes explore modern society using the world of Star Trek. Los Angeles Time March 15, 1995; p. A3

7. เว็บไซต์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร [ประเภทของสื่อ]. ปีที่พิมพ์ [เข้าถึงเมื่อ]; ปีที่:[หน้า]. เข้าถึงได้จาก: URL ของเว็บไซต์ที่อ้างอิงข้อมูล

1. ชีร์เกียรติ เกิดเจริญ. นาโนเทคโนโลยีความเป็นไปได้และทิศทางในอนาคต. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ [อินเทอร์เน็ต]. 2542 [เข้าถึงเมื่อ 13 ก.ค. 2558]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.nanotech.sc.mahidol.ac.th/index.html>
2. Macia E, Paris S, Chabre M. Binding of the pH and polybasic C-terminal domains of ARNO to phosphoinositides and to acidic lipids. Biochemistry [Internet]. 2001 [cited 2004 May 19]. Available from: <http://pubs.acs.org/cgi-bin/article.cgi/bichaw/2001/40/05pdf/bi005123a.pdf>



การส่งบทความ

การส่งบทความเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสาร ให้ผู้เสนอจัดเตรียมต้นฉบับบทความและแบบเสนอบทความ โดยดำเนินการจัดส่งเอกสารดังกล่าวแบบออนไลน์ทางเว็บไซต์ของวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ <http://scijournal.hcu.ac.th/ojs> ดังรายละเอียดต่อไปนี้

กำหนดไฟล์เอกสารที่ต้องส่งทั้งแบบ MS Document และ PDF ไฟล์ ประกอบด้วย

1. แบบเสนอบทความ
 2. ต้นฉบับบทความ
 3. ไฟล์ภาพประกอบบทความ
 4. เอกสารแสดงผลคัดลอกวรรณกรรม (Plagiarism checking report) เช่น ระบบตรวจสอบอักขรวิสุทธิ์ และ Turnitin
 5. เอกสารการขอจริยธรรมงานวิจัย (โดยเฉพาะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบในคนและสัตว์ทดลอง)
- ทั้งนี้หากพบปัญหาในการส่งเอกสารแบบออนไลน์ โปรดติดต่อสอบถามมายังกองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ดังรายละเอียดด้านล่างนี้

การติดต่อสอบถามข้อมูล

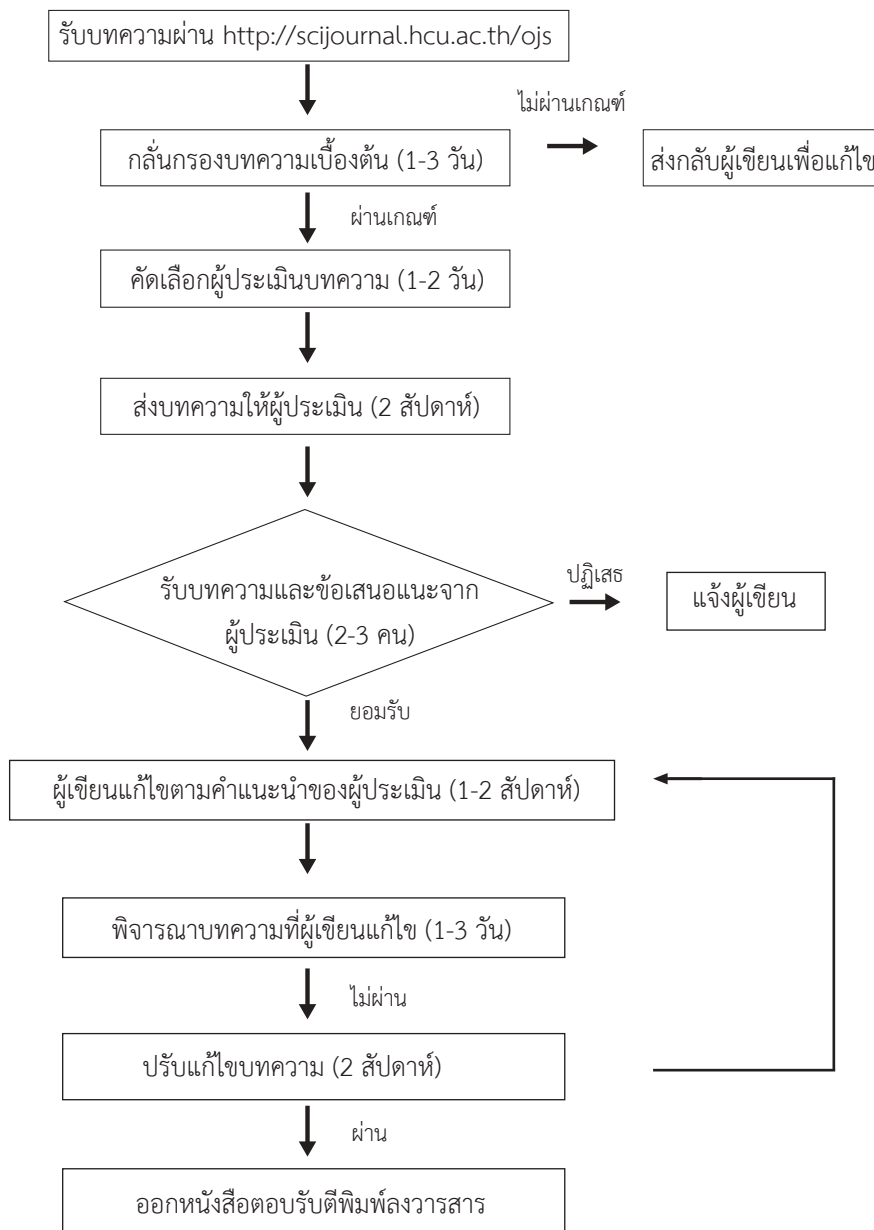
สามารถติดต่อสอบถามข้อมูลได้ที่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เลขที่ 18/18 ถนนเทพรัตน กม.18 ตำบลบางโฉลง อำเภอบางพลี สมุทรปราการ 10540 โทรศัพท์ 02-312-6300 ต่อ 1180, 1256 โทรศัพท์มือถือ 086-374-2561 อีเมล hcujournal.sci@gmail.com



เว็บไซต์วารสาร : <http://scijournal.hcu.ac.th/ojs>



ขั้นตอนการส่งบทความลงวารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ





เรียนรู้เพื่อรับใช้สังคม

แบบเสนอบทความเพื่อพิจารณาพิมพ์ใน
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
(Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ข้าพเจ้า [นาย/นาง/น.ส./ดร./ผศ./รศ./ศ./อื่น ๆ (ระบุ)].....

- ขอส่ง [] บทความวิจัย [] บทความวิชาการ
สาขา [] วิทยาศาสตร์ชีวภาพ [] วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
[] วิทยาศาสตร์สุขภาพ [] วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
[] วิทยาศาสตร์กายภาพ

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย).....

ชื่อเรื่อง (ภาษาอังกฤษ).....

คำสำคัญ (ภาษาไทย).....

(ภาษาอังกฤษ).....

ผู้เขียนทั้งหมด (ภาษาไทย).....

ผู้เขียนทั้งหมด (ภาษาอังกฤษ).....

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้.....

โทรศัพท์.....โทรศัพท์มือถือ.....โทรสาร.....

ชื่อ-นามสกุลของผู้ประสานงาน (corresponding author).....อีเมล.....

- ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ [] เป็นผลงานของข้าพเจ้าแต่เพียงผู้เดียว
[] เป็นผลงานของข้าพเจ้าและผู้ร่วมงานตามที่ระบุในบทความ

โดยบทความนี้ยังไม่เคยได้รับการตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่นใด ข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วมยอมรับหลักเกณฑ์การพิจารณาต้นฉบับ ทั้งยินยอมให้กองบรรณาธิการมีสิทธิ์พิจารณาและตรวจแก้ไขต้นฉบับได้ตามที่เห็นสมควร พร้อมทั้งมอบลิขสิทธิ์บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ให้แก่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ และหากมีการฟ้องร้องในเรื่องการละเมิดลิขสิทธิ์เกี่ยวกับส่วนหนึ่งหรือส่วนใด ๆ ในบทความ ให้ถือเป็นความรับผิดชอบของข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วมแต่เพียงฝ่ายเดียว

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่.....



เรียนรู้เพื่อรับใช้สังคม

ใบสมัครสมาชิก
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
(Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal)

เรียน กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....
ที่อยู่ปัจจุบันเลขที่.....ซอย.....ถนน.....
ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....
จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....โทรสาร.....
อีเมล.....
สถานที่ทำงานเลขที่.....ซอย.....ถนน.....
ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....
จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....โทรสาร.....

มีความประสงค์ สมัครสมาชิกใหม่ ต่ออายุการเป็นสมาชิก เลขที่สมาชิก.....
 รับวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 1 ปี จำนวน 2 ฉบับ 200 บาท ตั้งแต่ฉบับที่.....ถึง.....
โดยขอให้จัดส่งวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ไปยัง ที่อยู่ปัจจุบัน สถานที่ทำงาน

การชำระเงิน

ข้าพเจ้าได้ชำระเงิน จำนวน.....บาท (.....) โดย
 เงินสด (ชำระเงินกับสำนักงานเลขานุการคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)
 โอนเงินเข้าบัญชีออมทรัพย์ ชื่อบัญชี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ธนาคารธนชาต สาขามหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เลขที่ 168-2-00999-7
 ธนาณัติสั่งจ่าย ปณ. บางพลี เลขที่.....
ในนามมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ทั้งนี้ท่านประสงค์ให้ออกใบเสร็จรับเงินในนาม

บุคคล ชื่อ-นามสกุล (นาย/นาง/นางสาว).....
 สถาบัน.....
ตาม ที่อยู่ปัจจุบัน สถานที่ทำงาน

ลงชื่อ.....
(.....)
วันที่.....

หมายเหตุ : กรุณาส่งใบสมัครสมาชิกวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ และเอกสารการชำระเงินถึง
กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
เลขที่ 18/18 ถนนเพชรตัน กม.18 ตำบลบางไผ่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540
โทรศัพท์ : 02-312-6300 ต่อ 1180, 1256 อีเมล : hcujournal.sci@gmail.com

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ หลักสูตรที่เปิดสอน

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

มุ่งเน้นการศึกษาที่มีความทันสมัยด้านเทคโนโลยี บนพื้นฐานภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติจากการทำงานจริง

โอกาสในการประกอบอาชีพ

- โปรแกรมเมอร์
- ผู้ดูแลฐานข้อมูล
- นักพัฒนาเว็บไซต์
- นักวิจัยและพัฒนา
- นักพัฒนาซอฟต์แวร์
- นักวิเคราะห์และออกแบบระบบ
- สามารถประกอบกิจการธุรกิจอาชีพ

อิสระและธุรกิจส่วนตัว เช่น การเปิดร้าน
จำหน่ายอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ การเปิดบริษัทรับ
วิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาซอฟต์แวร์ รวมถึง
ถึงการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์
เคลื่อนที่เพื่อสร้างรายได้เพิ่มเติม เป็นต้น



เว็บไซต์หลักสูตร: <http://project.cs.hcu.ac.th/index.php>

มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตให้มีความรู้และทักษะ ทางจุลชีววิทยาพื้นฐานและประยุกต์ เพื่อนำจุลินทรีย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ในระดับอุตสาหกรรม



โอกาสในการประกอบอาชีพ

- เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ฝ่ายควบคุมการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหาร เครื่องดื่ม ยา เครื่องสำอาง และสิ่งแวดล้อม
- นักวิชาการ นักวิจัย ผู้ช่วยวิจัยในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เช่น กรมประมง สถาบันอาหาร และกรมวิทยาศาสตร์บริการ
- เจ้าของธุรกิจส่วนตัวผลิตผลิตภัณฑ์อาหารจากจุลินทรีย์ เช่น แหนม โยเกิร์ต ไวน์



มุ่งเน้นความรู้ในศาสตร์ที่ครอบคลุมเกือบทุกด้าน ของพื้นฐานวิชาทางการแพทย์ และแขนงอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับสุขภาพมนุษย์

โอกาสในการประกอบอาชีพ

- นักวิทยาศาสตร์การแพทย์
- นักวิชาการ นักวิจัย ผู้ช่วยวิจัย ในหน่วยงานต่าง ๆ
- ครูและอาจารย์
- พนักงานหน่วยงานภาคเอกชนด้านธุรกิจการแพทย์
- ธุรกิจส่วนตัวด้านการนำเข้าและขายผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์



มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตในสายวิชาชีพ นักวิทยาศาสตร์ด้านอาหาร

โอกาสในการประกอบอาชีพ

- นักวิทยาศาสตร์ด้านอาหาร
- นักวิชาการ นักวิจัย ในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน
- นักพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร
- เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารและอุตสาหกรรมแช่แข็ง เจ้าหน้าที่ควบคุมฝ่ายผลิตในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารและอุตสาหกรรมแช่แข็ง
- ผู้ประกอบการและเจ้าของกิจการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร หรือเป็นผู้นำเข้าวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปอาหาร หรือธุรกิจส่งออกอาหารและอาหารแปรรูป



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

หลักสูตรที่เปิดสอน

1. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปัญญาประดิษฐ์

ชื่อหลักสูตร

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปัญญาประดิษฐ์

Bachelor of Science Program in Artificial Intelligence

ชื่อปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปัญญาประดิษฐ์

วท.บ. (ปัญญาประดิษฐ์)

Bachelor of Science (Artificial Intelligence)

B.Sc. (Artificial Intelligence)

2. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

ชื่อหลักสูตร

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

Bachelor of Science Program in Computer Science

ชื่อปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

วท.บ. (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

Bachelor of Science (Computer Science)

B.S. (Computer Science)

3. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์

ชื่อหลักสูตร

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์

Bachelor of Science Program in Medical Science

ชื่อปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การแพทย์)

วท.บ. (วิทยาศาสตร์การแพทย์)

Bachelor of Science (Medical Science)

B.Sc. (Medical Science)

4. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

ชื่อหลักสูตร

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

Bachelor of Science Program in Food Science and Technology

ชื่อปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

Bachelor of Science (Food Science and Technology)

B.Sc. (Food Science and Technology)

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

เลขที่ 18/18 ถนนเทพรัตน กม.18 ตำบลบางโจลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540

โทรศัพท์ 02-312-6300 และ 02-713-8100 ต่อ 1180

เว็บไซต์ : <http://sci.hcu.ac.th>

<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/scihcu/index>

Contact

Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University

18/18 Debaratana Road k.m. 18 Samutprakarn 10540 Thailand

Tel : +662-312-6300, 02-713-8100 ext. 1180

Website : <http://sci.hcu.ac.th>

<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/scihcu/index>

