



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal

เรียนรู้เพื่อรับใช้สังคม

ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2565

ISSN 2408-266X

Volume 8 No.1 January-June 2022



บทความวิจัย

- Improve Modified Class of Estimators in Estimating the Population Mean
- Aging effect of *Aloe vera* (L.) Burm. f. on tyrosinase inhibitory and antioxidant activities
- ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบของเพปไทด์ไฮโดรไลเซตจากรำข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการสกัดน้ำมัน
- การยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยสารสกัดรำข้าวหอมมะลิสุรินทร์ (กข 15) ในผลไม้เขียวสไลด์สด
- กระทบชีวภาพจากผักตบชวาโดยใช้แอมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน
- Effect of ethanol polarity and temperature on antioxidant activity, tyrosinase inhibition, and total phenol content of *Garcinia atroviridis* (Asam gelugor) fruits extract
- การประเมินความเสี่ยงของเกษตรกรสำหรับการปลูกข้าวปลอดภัยโดยเทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติวิชันนารี
- การผลิตผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวจากเปียร์มะเฟือง
- Antioxidant Properties of Tilapia Skin Collagen Peptides

30th

Anniversary
Huachiew Chalermprakiet University



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2565

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

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสิริ วนรัฐกาล

รองหัวหน้ากองบรรณาธิการ

อาจารย์ ดร.สุกัญญา เพชรศิริเวทย์

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.บังอร 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.อรวรรณ ชัยลภากุล

ศาสตราจารย์ ดร.พีรพรรณ ต้นอารีย์

ศาสตราจารย์ ดร.โกสุม จันทร์ศิริ

ศาสตราจารย์ ดร.อรษา สุตเชียรกุล

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยมหิดล

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



ศาสตราจารย์ ดร.วราวุฒิ ครูส่ง
ศาสตราจารย์ ดร.วีไล รังสาดทอง
รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลยุตต์ วรรณสว่าง
รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ ภาวสันต์
รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ วิวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจภรณ์ ประภักดิ์
รองศาสตราจารย์ ดร.สิริจร สโมสร
รองศาสตราจารย์ ดร.สมฤดี สายหยุดทอง
รองศาสตราจารย์ ดร.มาลินี พงศ์เสวี
รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงศ์ ไชยนอก
รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติการ สายธนู
รองศาสตราจารย์ ดร.จันทนา จันทราพรชัย
รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาติพิย ศรีไพศาลพิพัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.ธิดิมา รุกขไชยศิริกุล
รองศาสตราจารย์ ดร.อุดมศิลป์ ปีนสุข
รองศาสตราจารย์ นพ.สมพล สงวนรังศิริกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา จูนวนวัฒนกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภา มหากาญจนกุล

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

ฝ่ายพิสูจน์อักษรและตรวจการเขียนรายการอ้างอิง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี ชุ่มบัวทอง
อาจารย์ ดร.นพมาศ อัครจันทโชติ
อาจารย์ยุคลธร สถาปนศิริ

อาจารย์ ดร.สุรียพร หอมวิเศษวงศา
อาจารย์ ดร.สุกัญญา เพชรศิริเวทย์

ฝ่ายเว็บไซต์และศิลปกรรมวารสาร

คุณอาคม สิมโสม

ฝ่ายการเงิน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสิริ วนรัฐีกาล

คุณอริศรา สิทธิพงษ์

ฝ่ายสมาชิกวารสารและประชาสัมพันธ์

อาจารย์ตติภรณ์ ภัทรานุรักษ์โยธิน

เลขานุการกองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทร์เพ็ญ บางสำรวจ

อาจารย์ยุคลธร สถาปนศิริ

บทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ กองบรรณาธิการไม่มีส่วนกับความคิดเห็นในข้อเขียนเหล่านั้น



รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความ (peer review)

ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความภายนอก

ศาสตราจารย์ ดร.บุษบา ยงสมิทธิ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ สมสุข	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.ดลิตา ต้นหยง	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.ภญ.วารีย์ ลิ้มบัวภิรณานต์	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 ดร.จิตติ บวรรัตนารักษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ สพ.ญ.ดร.สฤณี กลั่นทกานนท์ ทองทรง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณี วัฒนศิริเวช	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เศรษฐเสถียร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.วีไลลักษณ์ ศิริพรอดุลศิลป์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.พรพรม ย่อยสูงเนิน	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อรพินท์ จินตสถาพร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อรวิชัย กุมพล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล วัฒนพงศกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ละออง บุญเกษม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนาวุฒิ ประกอบผล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวัชร อัศวสัมฤทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.ชานนท์ พรหมสกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์พรณิภา ศิริเพิ่มพูล	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุษา แทนข้า	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ มีวาสนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รองศาสตราจารย์ ดร.ทศนัย ชุ่มวัฒนนะ	มหาวิทยาลัยรังสิต
รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนาพร โชคชัยศิริ	มหาวิทยาลัยพะเยา
รองศาสตราจารย์ ดร.ไวพจน์ งามสอาด	มหาวิทยาลัยพะเยา
รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญอร ไหมสุทธิสกุล	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ บุญรัตนกรกิจ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพรรณ สุนทรโชติ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ กนกกันตพงษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศรภา ลีละวัฒน์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญดา เพ็ญโรจน์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตศิริ ราชตะนะพันธุ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขาวภา อร่ามศิริรุจิเวทย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา มาลาพันธุ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พบสิทธิ์ 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.พัชรินทร์ ชัยสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชฎาพร อุ่นศิริไฉย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุปรานี มนุรักษ์ชินากร	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี เจียมพานิชกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐจิรา อินตะใส	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ อินทโกสม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพิศ สอนโยธา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนากานต์ เกียรติอร่ามกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาสินี ปิระจิตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณภัทน์จันทร์ ด่านสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล อภิรติกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากรณ์ คำสุต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยวิทยาเขตนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุตินา แก้วกระจาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐินี ดีแท้	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร มัชฌิมะปุระ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เตมีย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร แนวนบุตร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ ขำพั้งสน	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปจราวา โปธิหัง	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพิมพ์ ชูปาน	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศนิ จิระสถิตย์	มหาวิทยาลัยบูรพา



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุมาพร ทาไธสง	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ อธิพรชัย	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุภัทร เมฆพ่ายัพ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เอนก สวระอินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
อาจารย์ ดร.ภญ.วิริยาพร ศิริกุล	มหาวิทยาลัยสยาม
อาจารย์ ดร.พิมพ์ใจ แสงความสว่าง	มหาวิทยาลัยพะเยา
อาจารย์ ดร.เกษศิริรินทร์ รัทจร	มหาวิทยาลัยทักษิณ
อาจารย์ ดร.ทิววัฒน์ นาพิรุณ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ ดร.กุลวดี ตลโสภณ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร.ชนินท์ วงษ์ใหญ่	มหาวิทยาลัยรังสิต
อาจารย์ ดร.เบญจวรรณ นิลวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ร.อ.หญิง ดร. มณฑลลี ธีรอภิศักดิ์กุล	วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า
ดร.วรัญญา วรคุลยพินิจ	สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง
คุณจักรพงษ์ แยมยิ้ม	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความภายใน

รองศาสตราจารย์ ภก.ชาญชัย สาดแสงจันทร์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุธีรา พึ่งสวัสดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา วิเศษมณี ลี	อาจารย์ ดร.ศิลา เต็มศิริฤกษ์กุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพัฒน์ โสภิตธรรมคุณ	อาจารย์ ดร.มจรุส อ่อนไทย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา ว่องตระกูล	อาจารย์เปรมรัตน์ พูลสวัสดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานทิพย์ รัตนศิลป์กุลชาญ	อาจารย์ยุวธิดา ชิวปรีชา



บรรณาธิการแถลง

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ในฐานะเป็นสื่อกลางสำคัญในการแลกเปลี่ยนความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการของคณาจารย์ นักศึกษา นักวิจัย และนักวิชาการ เพื่อก่อให้เกิดการสร้างสรรค์ผลงานวิชาการทั้งทางด้านการศึกษาและการวิจัยให้ก้าวหน้าต่อไป วารสารฉบับนี้เป็นฉบับที่ 1 ของปี พ.ศ. 2565 (มกราคม-มิถุนายน) ซึ่งเป็นปีที่ 8 ของการดำเนินงานวารสาร ประกอบด้วยบทความวิจัยจำนวน 9 เรื่อง โดยมีเนื้อหาสาระที่ครอบคลุมสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร 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 โดยปรับปรุงการดำเนินงานของกองบรรณาธิการวารสารในทุกฝ่าย เพื่อให้สอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI โดยเฉพาะอย่างยิ่งบทความทุกบทความจะต้องผ่านการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความ (Peer-review) ตรวจสอบสอบบทความอย่างน้อย 3 ท่าน วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อควบคุมคุณภาพบทความและวารสารให้ได้มาตรฐานระดับสูง รวมทั้งผู้เขียนบทความในการแก้ไขบทความจนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้อ่านและผู้สนใจ เพื่อนำประโยชน์ไปใช้ในการอ้างอิง พัฒนางานวิจัย ตลอดจนสามารถนำมาปรับปรุงเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้กองบรรณาธิการใคร่ขอเชิญชวนท่านผู้สนใจส่งบทความมาตีพิมพ์ที่วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยสามารถส่งต้นฉบับตามรายละเอียดในท้ายเล่มนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสิริ วนรัฐกาล
หัวหน้ากองบรรณาธิการ



สารบัญ

บทความวิจัย

หน้า

- Improve Modified Class of Estimators in Estimating the Population Mean.....8
Napattchan Dansawad

- Aging effect of Aloe vera (L.) Burm. f. on tyrosinase inhibitory and antioxidant activities20
Benjamat Chailap and Thanesuan Nuanyai

- ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และต้านการอักเสบของเปปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 10528
 ที่ผ่านการสกัดน้ำมัน
 Bioactive activities of peptides extracted from Khao Dowk Mali 105 defatted rice bran
กุลกรภัส วชิรศิริ ไศรดา วัลภา สินี ศิริคุณ และ ยุทธศักดิ์ สุกการี

- การยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยสารสกัดรำข้าวหอมมะลิสุรินทร์ (กข 15) ในผลมะเขือยาวสไลด์สด.....41
 Inhibition of browning reaction by Surin jasmine (RD 15) rice bran extract treatment on freshly sliced eggplant
ฤทัยภัคดี ชาญศรี และ เนาวรัตน์ กองคำ

- กระถางชีวภาพจากผักตบชวาโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน.....56
 Biodegradable pots from water hyacinth using cassava starch and cassava pulp as binder
นิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล ธรพร บุศย์น้ำเพชร กนกวรรณ ศุภรนนท์ และ พิมพกา โพธิ์ลังกา

- Effect of ethanol polarity and temperature on antioxidant activity, tyrosinase inhibition,70
 and total phenol content of Garcinia atroviridis (Asam gelugor) fruits extract
Benjamat Chailap and Thanesuan Nuanyai

- การประเมินความเสี่ยงของเกษตรกรสำหรับการปลูกข้าวปลอดภัยโดยเทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติวิภังค์.....81
 Risk assessment of farmers for growing safe rice by the fuzzy technique of order preference similarity to the Ideal solution
ณัฐฐินี ดีแท้ นันทยา เก่งเขตรกิจ และ ปิ่นณวิช คำรอด

- การผลิตผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวจากเบียร์มะเฟือง.....92
 Production of body lotion from star fruit beer
สุภรณ์ทิภา ทากอง สุธัญญา เกษรบัว และ มงคล เพ็ญสายใจ

- Antioxidant Properties of Tilapia Skin Collagen Peptides.....102
Nuttapong Jantaratch, Wanchai Worawattanamateekul and Jirapa Hinsui



Improved Modified Class of Estimators in Estimating the Population Mean

Napattchan Dansawad

Department of Mathematics, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi,
Bangkok 10140, Thailand

Received: 19 December 2021/ Revised: 2 May 2022/ Accepted: 5 May 2022

Abstract

In this present paper, following the work of Yadav et al. [1], the author creates alternative class of estimators for estimating the population mean in situation of positive and negative correlations between supplementary and interested variables under simple random sampling without replacement (SRSWOR) scheme. Furthermore, this paper also introduces a modified class of estimators based on combination of alternative class of estimators and unbiased estimator. The expressions for the bias, Mean square error (MSE), and Minimum mean square error (MMSE) of all introduced estimators were considered. Both theoretical and numerical analysis were encouraging and supporting the performance of all introduced estimators for the mean estimation. The MSE and Percent relative efficiencies (PREs) were used as criteria for efficiency comparison between the new estimators and other existing estimators.

Keywords: ratio type estimation, product type estimation, supplementary variable, bias, population mean



Introduction

In many works related to survey sampling, the use of suitable supplementary information has been permeated the important role to enhance higher precision in the estimates of some population parameters under the SRSWOR scheme such as population total, population mean, population proportion, population variance, etc. One of the popular estimators of population parameters at present is the population mean. In creating any estimators for the population mean, if the relation between supplementary and interested variables is positive, the ratio type estimation first initiated proposed by Cochran [2] is a suitable estimator for the mean of population. On the other hand, if the relationship is negative, the product type estimation as envisaged by Robson [3] and Murthy [4] is appropriate.

In addition, several authors have applied the concept of Cochran [2], Robson [3], and Murthy [4] estimators with the purpose of producing a more efficient population mean estimation. For instance, Sisodia and Dwivedi [5] was first who used a coefficient of variation (C_x) of supplementary variable to improve the efficiency of the Cochran [2]'s estimator. Motivated by Sisodia and Dwivedi [5], Upadhyaya and Singh [6] proposed another ratio type estimator of population mean using the supplementary variable in the form of coefficient of variation (C_x) and coefficient of kurtosis ($\beta_2(x)$), whereas Singh et al. [7] established two ratio and product type estimators using transformation based on known value of coefficient of kurtosis ($\beta_2(x)$).

Kadilar and Cingi [8] suggested a class of ratio estimators for the estimation of population

mean by adapting the estimators in Upadhyaya and Singh [6] to the estimator in Singh and Tailor [9]. Previously, Kadilar and Cingi [10] also suggested a chain ratio estimator for estimating the population mean by adapting the estimators' type of Ray and Singh [11]. Al-Omari et al. [12] worked out two new estimators of the population mean using two modified simple random sampling (SRS) and ranked set sampling (RSS) methods when the first or third quartiles of the supplementary variable are available. Koyuncu and Kadilar [13] proposed a general family of combined ratio estimators for population mean using various known population parameters in simple random sampling.

In the next year, Yan and Tian [14] proposed two modified ratio type estimators based on the values of coefficient of skewness ($\beta_1(x)$) and kurtosis ($\beta_2(x)$) of supplementary variable. Subramani and Kumarpandiyani [15] introduced some new modified ratio type estimators using the linear combination of coefficient of variation (C_x) and median (M_d) of the supplementary variable for estimating the population mean. Jeelani and Maqbool [16] used the linear combination of coefficient of skewness ($\beta_1(x)$) and quartile deviation for proposing two modified ratio type estimators of population mean. Also, Jerajuddin and Kishun [17] introduced the use of sample size (n) to increase the performance of modify ratio type estimator. They showed that their estimator is more efficient in the term of the performance than other existing estimators of the population mean.

Pandey and Dubey [18] proposed product estimator for the population mean based on the known of coefficient of variation (C_x) of



supplementary variable which turns out to be an alternative estimator in the situation of the relation between supplementary and interested variables is negative. Singh [19] proposed new product estimators under the SRSWOR scheme using known parameters of the supplementary variable such as standard deviation (S_x), coefficient of skewness ($\beta_1(x)$) and coefficient of kurtosis ($\beta_2(x)$) of supplementary variable. By applying the estimator in Koyuncu and Kadilar [13], Yadav and Kadilar [20] also proposed an improved ratio and product family of estimators for the population mean using the information on the coefficient of variation (C_x) and

$$t_Y = \bar{y} \left(\frac{ab\bar{X} + cd}{ab\bar{x} + cd} \right), \quad (1)$$

where \bar{y} and \bar{x} denotes the sample mean of interested and supplementary variables respectively. \bar{X} denote the population mean of supplementary variables. a, b, c and d are real constants or the functions of known parameters of

the correlation coefficient (ρ) of the supplementary variable.

Previously, Khoshnevisan et al. [21] suggested using two supplementary information to create a general family of estimators of population mean that cover the other existing estimators. However, the estimator of Khoshnevisan et al. [21] was a quite difficult form to use in practice. Therefore, Yadav et al. [1] suggested adjusting the estimator of Khoshnevisan et al. [21] by removing and adding some values of constants. The estimator of Yadav et al. [1] is given as follows:

supplementary variable such as the inter-quartile range (Q_r), skewness ($\beta_1(x)$), kurtosis ($\beta_2(x)$), coefficient of variation (C_x), correlation coefficient (ρ), standard deviation (S_x), median (M_d), and so on.

The bias and the MSE of Yadav et al. [1] estimator, respectively, are

$$\text{Bias}(t_Y) = \lambda \bar{Y} (\theta^2 C_x^2 - \theta C_{yx}), \quad (2)$$

$$\text{MSE}(t_Y) = \lambda \bar{Y}^2 (C_y^2 + \theta^2 C_x^2 - 2\theta C_{yx}), \quad (3)$$

where $\lambda = (N - n) / Nn$, $\theta = ab\bar{X} / (ab\bar{X} + cd)$, $C_x^2 = S_x^2 / \bar{X}^2$, $C_y^2 = S_y^2 / \bar{Y}^2$, $C_{yx} = S_{yx} / \bar{Y} \bar{X}$,

$$S_y^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{Y})^2 / (N - 1), \quad S_x^2 = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2 / (N - 1), \quad \text{and} \quad S_{yx} = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{Y})(x_i - \bar{X}) / (N - 1).$$

Likewise, the MMSE of this estimator for the $\theta_{opt} = C_{yx} / C_x^2$ is equal to

$$\text{MSE}_{\min}(t_Y) = \lambda \bar{Y}^2 \left[C_y^2 - \frac{C_x^2}{C_{yx}^2} \right] \quad (4)$$



To improve the efficiency of the Yadav et al. [1] estimator, the author attempts to present two new classes of estimators for estimating the population mean by using the exponentiation method under SRSWOR. The bias, MSE, and MMSE of the new estimators have been obtained. In addition, comparative studies of the new estimators with other existing estimators have been assessed through theoretical and numerical analysis.

Methods

In this paper, the author is interested in improving the efficiency of Yadav et al. [1]’s estimator as a predictor of the mean of the population using the information supplementary when the correlation between interested and

supplementary variables is positive in the sample. Therefore, in this section, we introduced an alternative class of estimators in both situations of positive and negative correlation patterns. Furthermore, we also introduce a modified class of estimators based on a combination of alternative class of estimators and unbiased estimator. The details of the methods are as follows:

1. Proposed Alternative Class of Estimators

By adjusting the estimator of Yadav et al. [1], the author introduced an alternative class of estimators for estimating the population mean by using three supplementary information. The alternative class of estimators is given as follows:

$$t_N = \bar{y} \left(\frac{ab\bar{X} + cd}{ab\bar{x} + cd} \right)^g \tag{5}$$

where g is constant for creating the different estimators.

For obtaining the expression of bias and MSE of these estimators, we consider the following relative of error terms, as $e_0 = (\bar{y} - \bar{Y}) / \bar{Y}$ and $e_1 = (\bar{x} - \bar{X}) / \bar{X}$.

Under SRSWOR scheme, we have the following expectations, $E(e_i) = 0; i = 0, 1$, $E(e_0^2) = \lambda C_y^2$, $E(e_1^2) = \lambda C_x^2$, and $E(e_0 e_1) = \lambda C_{yx} = \lambda \rho C_y C_x$.

Rewriting the introduced estimators from equation (5) in term of e_i ’s, we obtain

$$t_N = \bar{Y} (1 + e_0) (1 - \theta e_1)^{-g} \tag{6}$$

Equation (7) can be found by expanding the right-hand side of (6), multiplying out and neglecting any terms that containing powers of higher than two, including subtracting \bar{Y} on both sides, we have

$$t_N - \bar{Y} \approx \bar{Y} (e_0 - g\theta e_1 + \frac{g(g+1)}{2} \theta^2 e_1^2 - g\theta e_0 e_1) \tag{7}$$

After that, we just taking expectation on both sides of (7), so the bias of estimators as

$$Bias(t_N) = \lambda \bar{Y} \left[\frac{g(g+1)}{2} \theta^2 C_x^2 - g\theta \rho C_y C_x \right] \tag{8}$$



Following from equation (7), the MSE of these estimators is achieved by squaring and taking expectation on both sides of its, turns into the below equation

$$MSE(t_N) = \lambda \bar{Y}^2 [C_y^2 + g^2 \theta^2 C_x^2 - 2g\theta\rho C_y C_x] \tag{9}$$

The MSE of alternative class of estimators t_N from equation (9) is minimized for

$$\theta = C_{yx} / g C_x^2 \tag{10}$$

Substituting the value of θ from equation (10) into equation (9), thus the MMSE of alternative class of estimators t_N , as given by

$$MSE_{\min}(t_N) = \lambda \bar{Y}^2 C_y^2 (1 - \rho^2) \tag{11}$$

From the alternative class of estimators that showed in equation (5), we can generate a few members of Yadav et al. [1] estimator with its MSE by substituting the values for a, b, c, d and g as shown in the Table 1:

Table 1. A few members of Yadav et al. [1] estimator

Estimator	Values of constants/ functions					MSE
	a	b	c	d	g	
$t_{Y1} = \bar{y} \left(\frac{\beta_{2(x)} M_d \bar{X} + \rho}{\beta_{2(x)} M_d \bar{x} + \rho} \right)$	$\beta_{2(x)}$	M_d	ρ	1	1	$\lambda \bar{Y}^2 (C_y^2 + \theta_1^2 C_x^2 - 2\theta_1 C_{yx})$
$t_{Y2} = \bar{y} \left(\frac{\beta_{2(x)} M_d \bar{X} + \rho C_x}{\beta_{2(x)} M_d \bar{x} + \rho C_x} \right)$	$\beta_{2(x)}$	M_d	ρ	C_x	1	$\lambda \bar{Y}^2 (C_y^2 + \theta_2^2 C_x^2 - 2\theta_2 C_{yx})$
$t_{Y3} = \bar{y} \left(\frac{\beta_{1(x)} M_d \bar{X} + \rho}{\beta_{1(x)} M_d \bar{x} + \rho} \right)$	$\beta_{1(x)}$	M_d	ρ	1	1	$\lambda \bar{Y}^2 (C_y^2 + \theta_3^2 C_x^2 - 2\theta_3 C_{yx})$
$t_{Y4} = \bar{y} \left(\frac{\beta_{1(x)} M_d \bar{X} + \rho C_x}{\beta_{1(x)} M_d \bar{x} + \rho C_x} \right)$	$\beta_{1(x)}$	M_d	ρ	C_x	1	$\lambda \bar{Y}^2 (C_y^2 + \theta_4^2 C_x^2 - 2\theta_4 C_{yx})$
$t_{Y5} = \bar{y} \left(\frac{n \bar{X} + \rho}{n \bar{x} + \rho} \right)$	1	n	ρ	1	1	$\lambda \bar{Y}^2 (C_y^2 + \theta_5^2 C_x^2 - 2\theta_5 C_{yx})$
$t_{Y6} = \bar{y} \left(\frac{n \bar{X} + C_x}{n \bar{x} + C_x} \right)$	1	n	C_x	1	1	$\lambda \bar{Y}^2 (C_y^2 + \theta_6^2 C_x^2 - 2\theta_6 C_{yx})$
$t_{Y7} = \bar{y} \left(\frac{n \bar{X} + \rho C_x}{n \bar{x} + \rho C_x} \right)$	1	n	ρ	C_x	1	$\lambda \bar{Y}^2 (C_y^2 + \theta_7^2 C_x^2 - 2\theta_7 C_{yx})$
$t_{Y8} = \bar{y} \left(\frac{n \rho \bar{X} + C_x}{n \rho \bar{x} + C_x} \right)$	n	ρ	C_x	1	1	$\lambda \bar{Y}^2 (C_y^2 + \theta_8^2 C_x^2 - 2\theta_8 C_{yx})$
$t_{Y9} = \bar{y} \left(\frac{n C_x \bar{X} + \rho}{n C_x \bar{x} + \rho} \right)$	n	C_x	ρ	1	1	$\lambda \bar{Y}^2 (C_y^2 + \theta_9^2 C_x^2 - 2\theta_9 C_{yx})$



Similarly, a few members of alternative class of estimators t_N along with its MSE as given in Table 2:

Table 2. A few members of alternative class of estimators t_N

Estimator	Values of constants/ functions					MSE
	a	b	c	d	g	
$t_{N1} = \bar{y} \left(\frac{\beta_{2(x)}M_d\bar{x} + \rho}{\beta_{2(x)}M_d\bar{X} + \rho} \right)$	$\beta_{2(x)}$	M_d	ρ	1	-1	$\lambda\bar{Y}^2(C_y^2 + \theta_1^2C_x^2 + 2\theta_1C_{yx})$
$t_{N2} = \bar{y} \left(\frac{\beta_{2(x)}M_d\bar{x} + \rho C_x}{\beta_{2(x)}M_d\bar{X} + \rho C_x} \right)$	$\beta_{2(x)}$	M_d	ρ	C_x	-1	$\lambda\bar{Y}^2(C_y^2 + \theta_2^2C_x^2 + 2\theta_2C_{yx})$
$t_{N3} = \bar{y} \left(\frac{\beta_{1(x)}M_d\bar{x} + \rho}{\beta_{1(x)}M_d\bar{X} + \rho} \right)$	$\beta_{1(x)}$	M_d	ρ	1	-1	$\lambda\bar{Y}^2(C_y^2 + \theta_3^2C_x^2 + 2\theta_3C_{yx})$
$t_{N4} = \bar{y} \left(\frac{\beta_{1(x)}M_d\bar{x} + \rho C_x}{\beta_{1(x)}M_d\bar{X} + \rho C_x} \right)$	$\beta_{1(x)}$	M_d	ρ	C_x	-1	$\lambda\bar{Y}^2(C_y^2 + \theta_4^2C_x^2 + 2\theta_4C_{yx})$
$t_{N5} = \bar{y} \left(\frac{n\bar{x} + \rho}{n\bar{X} + \rho} \right)$	1	n	ρ	1	-1	$\lambda\bar{Y}^2(C_y^2 + \theta_5^2C_x^2 + 2\theta_5C_{yx})$
$t_{N6} = \bar{y} \left(\frac{n\bar{x} + C_x}{n\bar{X} + C_x} \right)$	1	n	C_x	1	-1	$\lambda\bar{Y}^2(C_y^2 + \theta_6^2C_x^2 + 2\theta_6C_{yx})$
$t_{N7} = \bar{y} \left(\frac{n\bar{x} + \rho C_x}{n\bar{X} + \rho C_x} \right)$	1	n	ρ	C_x	-1	$\lambda\bar{Y}^2(C_y^2 + \theta_7^2C_x^2 + 2\theta_7C_{yx})$
$t_{N8} = \bar{y} \left(\frac{n\rho\bar{x} + C_x}{n\rho\bar{X} + C_x} \right)$	n	ρ	C_x	1	-1	$\lambda\bar{Y}^2(C_y^2 + \theta_8^2C_x^2 + 2\theta_8C_{yx})$
$t_{N9} = \bar{y} \left(\frac{nC_x\bar{x} + \rho}{nC_x\bar{X} + \rho} \right)$	n	C_x	ρ	1	-1	$\lambda\bar{Y}^2(C_y^2 + \theta_9^2C_x^2 + 2\theta_9C_{yx})$

where $\theta_1 = \frac{\beta_{2(x)}M_d\bar{X}}{\beta_{2(x)}M_d\bar{X} + \rho}$, $\theta_2 = \frac{\beta_{2(x)}M_d\bar{X}}{\beta_{2(x)}M_d\bar{X} + \rho C_x}$, $\theta_3 = \frac{\beta_{1(x)}M_d\bar{X}}{\beta_{1(x)}M_d\bar{X} + \rho}$, $\theta_4 = \frac{\beta_{1(x)}M_d\bar{X}}{\beta_{1(x)}M_d\bar{X} + \rho C_x}$, $\theta_5 = \frac{n\bar{X}}{n\bar{X} + \rho}$,
 $\theta_6 = \frac{n\bar{X}}{n\bar{X} + C_x}$, $\theta_7 = \frac{n\bar{X}}{n\bar{X} + \rho C_x}$, $\theta_8 = \frac{n\rho\bar{X}}{n\rho\bar{X} + C_x}$, $\theta_9 = \frac{nC_x\bar{X}}{nC_x\bar{X} + \rho}$.

2. Modified Class of Estimators

In this section, the author suggests a modified class of estimators by combining the estimators \bar{y} and t_N in order to find the MMSE of the suggest estimators. This modified class of estimators is given as follows:

$$t_N^* = \alpha\bar{y} + (1 - \alpha)t_N \tag{12}$$



where α is any chosen constant which makes the MSE of modified class of estimators t_N^* minimum.

Now consider adopting the same procedure in previous section, we can obtain the bias and MSE of t_N^* , as

$$Bias(t_N^*) = (1-\alpha)\lambda\bar{Y} \left[\frac{g(g+1)}{2}\theta^2 C_x^2 - g\theta\rho C_y C_x \right] \quad (13)$$

$$MSE(t_N^*) = \lambda\bar{Y}^2 \left[C_y^2 + (1-\alpha)^2 g^2 \theta^2 C_x^2 - 2(1-\alpha)g\theta\rho C_y C_x \right] \quad (14)$$

The MSE of modified class of estimators t_N^* from equation (14) is minimized for

$$\alpha = 1 - \frac{C_{yx}}{g\theta C_x} = \alpha_{opt}. \quad (15)$$

Substituting the value of α from equation (15) into equation (14), thus the MMSE of modified class of estimators t_N^* , as given by

$$MSE_{\min}(t_N^*) = \lambda\bar{Y}^2 C_y^2 (1-\rho^2) = MSE_{\min}(t_N) \quad (16)$$

It is observed from (16) that the MMSE of modified estimators t_N^* is equal to the MSE of the usual regression estimator.

3. Performance Comparisons

Under SRSWOR, it is generally known that the unbiased estimator \bar{y} has the value of MSE as

$$MSE(\bar{y}) = \lambda\bar{Y}^2 C_y^2 \quad (17)$$

Therefore, in comparing the performance of an alternative class of estimators t_N and modified estimators t_N^* with other existing estimators, we can show from expression (18) to (21), as

$$MSE(\bar{y}) - MSE_{\min}(t_N, t_N^*) = \lambda\rho^2\bar{Y}^2 C_y^2 > 0 \quad (18)$$

$$MSE(t_{Y(i)}) - MSE_{\min}(t_N, t_N^*) = (\theta_i C_x - \rho C_y)^2 > 0; \quad i = 1, \dots, 9 \quad (19)$$

$$MSE(T_{N(i)}) - MSE_{\min}(t_N, t_N^*) = (\theta_i C_x + \rho C_y)^2 > 0; \quad i = 1, \dots, 9 \quad (20)$$

$$MSE_{\min}(t_Y) - MSE_{\min}(t_N, t_N^*) = \rho^4 C_y^4 - 1 > 0 \quad (21)$$

When these conditions are true, we can extrapolate that the estimators t_N at its minimum condition and the estimators t_N^* will be more efficient than unbiased estimator \bar{y} and other existing estimators listed in Table 1 and 2.



4. Numerical Analysis

To investigate the performance of the introduced estimators, the author considered the data provided in Yadav et al. [1] and Dobson [22] for comparing the performance of their competing estimators, which details are as follows:

Population 1:

Yadav et al. [1] have used the data of peppermint oil production data in Barabanki district of Uttar Pradesh State of India, assumed that the yield of peppermint oil (in kilogram) and the area of the field (in Bigha) were taken as the interested and supplementary variables respectively. The details of any values that calculate from this group are as follows:

$$N = 150, n = 40, \bar{X} = 4.20, \bar{Y} = 33.46, S_x = 3.08, S_y = 25.50, C_x = 0.73, C_y = 0.76, M_d = 3, \rho = 0.91, \beta_{1(x)} = 2.80, \beta_{2(x)} = 16.44, \lambda = 0.02.$$

Population 2:

Dobson [22] presented data about times to death of patients suffering from leukemia. The data consists of a list of 17 leukemia patients, assumed that diagnosis time (weeks) was taken as interested variable and a list of seventeen leukemia patients as taken as supplementary variable. The descriptions of the parameters related to this population have been given as follows:

$$N = 17, n = 4, \bar{X} = 4.10, \bar{Y} = 62.47, S_x = 2.50, S_y = 54.35, C_x = 0.61, C_y = 0.87, M_d = 4, \rho = -0.68, \beta_{1(x)} = -0.48, \beta_{2(x)} = -0.68, \lambda = 0.19.$$

In comparing the performance of the introduced estimators over other existing estimators in this present study, we have used the percent relative efficiencies (PREs) as criteria for comparison with the unbiased estimator, which details are presented in the following tables.

Table 3. MSE and PREs of different estimators for Population 1

Estimator	MSE	PRE
\bar{y}	12.93329	100.00
t_{Y1}	2.25099	574.56
t_{Y2}	2.25236	574.21
t_{Y3}	2.23223	579.39
t_{Y4}	2.23713	578.12
t_{Y5}	2.24983	574.86
t_{Y6}	2.25104	574.55



Table 3. (cont.)

Estimator	MSE	PRE
t_{Y7}	2.25149	574.43
t_{Y8}	2.25055	574.67
t_{Y9}	2.24765	575.41
t_{N1}	47.27208	27.36
t_{N2}	47.32668	27.33
t_{N3}	46.31407	27.93
t_{N4}	46.62029	27.74
t_{N5}	47.22509	27.39
t_{N6}	47.27428	27.36
t_{N7}	47.29226	27.35
t_{N8}	47.25453	27.37
t_{N9}	47.13346	27.44
t_{N^*}, t_N^*	2.22323	581.73

Table 4. MSE and PREs of different estimators for Population 2

Estimator	MSE	PRE
\bar{y}	564.78590	100.00
t_{Y1}	1,323.68508	42.67
t_{Y2}	1,346.98356	41.93
t_{Y3}	1,300.38542	43.43
t_{Y4}	1,331.75378	42.41
t_{Y5}	1,434.91063	39.36
t_{Y6}	1,347.20768	41.92
t_{Y7}	1,415.40958	39.90
t_{Y8}	1,450.65380	38.93
t_{Y9}	1,468.69476	38.45
t_{N1}	300.18729	188.14



Table 4. (cont.)

Estimator	MSE	PRE
t_{N2}	299.91655	188.31
t_{N3}	300.72781	187.81
t_{N4}	300.06346	188.22
t_{N5}	301.17512	187.53
t_{N6}	299.91523	188.32
t_{N7}	300.59785	187.89
t_{N8}	301.75943	187.16
t_{N9}	302.55597	186.67
t_N, t_N^*	299.87934	188.34

From the numerical analysis in Table 3 and 4, it is well established that the introduced estimators t_N, t_N^* are more desirable over all the considered estimators under optimum condition for both population data sets. Because they give the largest and smallest values of PREs and MSE, respectively, as compared to other estimators within the same populations. Besides the introduced estimators t_N, t_N^* , we also consider the efficiency comparison between the other existing by using criterion of MSE and PREs under the same population groups, which details are as follows:

For the data of population 1, when the correlation between supplementary and interested variables is positive, the MSE and PRES of Yadav et al. [1] (t_{Y1}, \dots, t_{Y9}) estimators is very close to the introduced estimators t_N, t_N^* . Especially, the estimator t_{Y3} seems to be more suitable estimator in comparison to other estimators in this group, because it gives the closest values of MSE and PREs

to the introduced estimators t_N, t_N^* . Therefore, besides the estimators t_N, t_N^* , the estimators t_{Y3} can be used in this group. Also, when comparing the performance between the estimators of population 2 in the case of negative correlation, it has been seen that the MSE and PRES of the estimators T_{N1}, \dots, T_{N9} is very close to the introduced estimators t_N, t_N^* . Among all of estimators T_{N1}, \dots, T_{N9} , it is envisaged that the estimator T_{N2} is more appropriate than other estimators, because the MSE and PREs of its is very nearest to the introduced estimators t_N, t_N^* . Therefore, besides the estimators t_N, t_N^* , the estimator T_{N2} can be used in situation of negative correlation between supplementary and interested variables.

Finally, from the numerical analysis results, it is well established that the estimators t_N, t_N^* are more desirable over all the considered estimators and should be put into practice.



Results

It is well known in sample surveys that when the correlation between the interested and supplementary variables is positive, the performance of the ratio estimator is generally more efficient than the product estimator, which corresponds to the result of Table 3 and 4. Table 3 and 4 shows that the MSE of the introduced estimators t_N, t_N^* (at its optimum) are persistently less than over all other existing estimators in both situations of positive and negative correlation patterns. While the value of PRE of its are increasingly higher than other ones. Therefore, we can conclude that the introduced estimators t_N, t_N^* have better performance as compared to other estimators in the terms of MSE and PRE. However, besides the introduced estimators t_N, t_N^* , among all estimators, we have also suggested the estimator T_{N2} for the next choice because it gives bigger available.

Conclusions

In this present study, the author introduced an alternative class of estimators for population mean under SRSWOR by utilizing the information from supplementary variables, listed in the section of the proposed alternative class of estimators. In addition, a modified class of estimators is presented by combining the unbiased estimator and alternative class of estimators introduced in the previous section. The author clearly proved through theoretical and numerical analysis that the introduced estimators are always more efficient than other existing estimators in terms of PREs and MSE. Therefore, the introduced estimators are recommended to use in practice for estimating the

population mean when the supplementary information is available.

References

1. Yadav SK, Dixit MK, Dungana HN, Mishra SS. Improved estimators for estimating average yield using supplementary variable. *Int J Math Eng Manag Sci* 2019;4(5):1228-38.
2. Cochran WG. *Sampling Techniques*. 3rd ed. New York, John Wiley & Sons; 1977.
3. Robson DS. Application of multivariate polykays to the theory of unbiased ratio-type estimation. *J Am Stat Assoc* 1957;52(280):511-22.
4. Murthy MN. Product method of estimation. *Sankhya, Series A*, 1964;26(1):69-74.
5. Sisodia BVS, Dwivedi VK. A modified ratio estimator using coefficient of variation of supplementary variable. *Jour Ind Soc Ag Statistics* 1981;33(2):13-8.
6. Upadhyaya LN, Singh HP. Use of transformed auxiliary variable in estimating the finite population mean. *Biom J* 1999;41(5):627-36.
7. Singh HP, Tailor R, Kakaran MS. An estimator of population mean using power transformation. *Jour Ind Soc Ag Statistics* 2004;58(2):223-30.
8. Kadilar C, Cingi H. An Improvement in estimating the population mean by using the correlation coefficient. *Hacet J Math Stat* 2006;35(1):103-9.
9. Singh HP, Tailor R. Use of known correlation coefficient in estimating the finite population mean. *SiT* 2003;6(4):555-60.
10. Kadilar C, Cingi H. Ratio estimators in simple random sampling. *Appl Math Comput* 2004;151(3):893-902.



11. Ray SK, Singh RK. Difference-cum-ratio type estimators. *J Ind Stat Assoc* 1981; 19(24):147-51.
12. Al-Omari Al, Jemain AA, Ibrahim K. New ratio estimators of the mean using simple random sampling and ranked set sampling methods. *Investig Oper* 2009;30(2):97-108.
13. Koyuncu N, Kadilar C. Efficient estimators for the population mean. *Hacet J Math Stat* 2009;38(2):217-25.
14. Yan Z, Tian B. Ratio method to the mean estimation using coefficient of skewness of supplementary variable. *Info Com App* 2010;106:103-10.
15. Subramani J, Kumarapandiyan G. Estimation of population mean using co-efficient of variation and median of an auxiliary variable. *Int J Probab Stat* 2012;1(4):111-8.
16. Jeelani MI, Maqbool S. Modified ratio estimators of population mean using linear combination of co-efficient of skewness and quartile deviation. *South Pac J Nat Appl Sci* 2013;31(1):39-44.
17. Jerajuddin M, Kishun J. Modified ratio estimators for population mean using size of the sample, selected from population. *Int J Sci Res Sci Eng Technol* 2016;2(2):10-6.
18. Pandey BN, Dubey V. Modified product estimator using coefficient of variation of supplementary variate. *Assam Stat Rev* 1988;2(2):64-6.
19. Singh GN. On the improvement of product method of estimation in sample surveys. *Jour Ind Soc Ag Statistics* 2003;56(3):267-75.
20. Yadav SK, Kadilar C. Improved class of ratio and product estimators. *Appl Math Comput* 2013;219(22):10726-31.
21. Khoshnevisan M, Singh R, Chauhan P, Sawan N, Smarandache F. A general family of estimators for estimating population mean using known value of some population parameter(s). *Far East J Theor Stat* 2007; 22(2):181-91.
22. Dobson J. *An Introduction to Generalized Linear Models*. 2nd ed. London, Chapman & Hall/CRC; 2002.



Aging effect of *Aloe vera* (L.) Burm. f. on tyrosinase inhibitory and antioxidant activities

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: 30 January 2022/ Revised: 1 May 2022/ Accepted: 14 May 2022

Abstract

Aloe vera (L.) Burm. f. (*Aloe barbadensis* Mill.) extract is an essential ingredient in a wide variety of cosmetic products. This research compares the antioxidant activity and tyrosinase inhibitors of *A. vera* extracted from leaves at different stages. The results could be applied in arranging *A. vera* leaf into grades for the cosmetic field. In this study, three stages of *A. vera* leaf: A1 (4-6 months), A2 (7-9 months), and A3 (10-12 months) were divided. In extraction processes, *A. vera* leaf samples were peeled and rinsed with deionized water. After *A. vera* gel was blended thoroughly and freeze-dried, *A. vera* powder was obtained. The results showed that the water content of *A. vera* leaf at A1, A2, and A3 were $98.00 \pm 0.02\%$, $97.10 \pm 0.02\%$, and $96.00 \pm 0.04\%$, respectively. *A. vera* powder was extracted with 80% v/v methanol and dried by vacuum rotary evaporator. The extract yields of all three stages (A1-A3) were $24.97 \pm 0.28\%$, $35.27 \pm 0.70\%$, and $32.20 \pm 0.29\%$, respectively. The antioxidant activity of methanol crude extracts was examined by using DPPH and ABTS techniques with Trolox as the standard. The samples (A1-A3) and standard Trolox showed the antioxidant activity against the DPPH radical in terms of percent inhibition at $41.76 \pm 0.57\%$, $40.72 \pm 2.31\%$, $37.01 \pm 2.22\%$, and $49.90 \pm 1.74\%$, respectively. The samples (A1-A3) and standard Trolox showed the antioxidant activity against the ABTS•+ radical in term of percent inhibition at $13.65 \pm 3.44\%$, $53.02 \pm 1.16\%$, $13.85 \pm 1.08\%$, and $74.88 \pm 2.15\%$, respectively. Among *A. vera* extracts from all three stages, the A2 showed the highest antioxidant activity derived from ABTS technique. Tyrosinase inhibition of *A. vera* extracts (A1-A3) was investigated and compared with standardized kojic acid at the concentration of 50 ug/mL. We found that *A. vera* extracted from A2 showed the highest tyrosinase inhibition at $18.68 \pm 0.99\%$, while *A. vera* A1, A2 stages, and the kojic acid showed tyrosinase inhibition at $17.93 \pm 0.80\%$, $15.74 \pm 1.17\%$, and $13.03 \pm 0.96\%$, respectively. The results showed that gel extract from *A. vera* at age 7-9 months had an antioxidant activity and tyrosinase inhibition suitable for cosmetic application.

Keyword: *Aloe vera* (L.) Burm. f., Tyrosinase inhibitory, Antioxidant activities

Corresponding author: thanesuan.nua@rmutr.ac.th



Introduction

Natural products were compounds from plants having various chemical structures such as xanthone, terpenes, polyphenol, anthraquinone, and so on [1]. These biologically active compounds showed antioxidant properties, which can be applied to cosmetic ingredients. For example, *A. vera* (*Aloe barbadensis*) is one of the plants widely used in the food and cosmetic industries because its gel can be soluble in water. Soluble phenolic compounds contained in *A. vera* play an important role in antioxidant capacity [2]. In addition, bioactive compounds isolated from *A. vera* gel have shown effective inhibition of tyrosinase. Tyrosinase is an enzyme that creates melanin or pigments, causing dark spots on the face skin. Many studies have attempted to find natural substances that can inhibit tyrosinase enzymes and apply them as cosmetic ingredients [3-6].

A. vera is a plant belonging to the family Asphodelaceae. It grows in the dry regions of Africa, Asia, Europe, and America [7]. The biological activities of this plant were wound healing, antifungal activities, antidiabetic, anti-inflammatory, anticancer, laxative, and gastroprotective properties [8]. In addition, the leaf gel is used externally to treat skin burn, eczema, reduce inflammation, and so on [9]. Chemical constituents consisting of leaf gel are vitamins, enzymes, minerals, sugars, lignin, saponins, salicylic acids, and amino acids [7]. The *A. vera* metabolites; glucose, fructose, alanine, valine, aspartic acid, 7-hydroxy-8-O-methylaloin, 7-hydroxyaloin A, 6'-malonylataloins A, and B changed to increase in different growth stages [10]. In agriculture, *A. vera* was harvested for use in the food industry. It was preferable to harvest large lower leaves and a maturity of 8-10 months because

of the largest leaf size. Besides the food industry, *A. vera* is also used in the cosmetic industry because many bioactive ingredients from *A. vera* extract are suitable for applying to cosmetic products assisting in cosmetic efficiency.

From the previous report, total phenolics, flavonoids, flavonols, and antioxidant activities of gel extracts were influenced by the growth periods of *A. vera* [11]. Moreover, the chemometric analyses of freeze-dried *A. vera* gel on the UV adsorption potential and concentration of aloin depended on the growth stages of *A. vera* [12].

From the above data, studies on the biological activities of *A. vera* extracts have been extensively reported [1-12]. Usually, harvesting the lower leaf of *A. vera* is commonly used for cosmetic purposes because of the large size and high yielding of gel. However, the aging effect of *A. vera* on antioxidant activity and tyrosinase inhibition has not been widely studied. Therefore, this research aims to study the effect of *A. Vera* age on tyrosinase inhibitory and antioxidant activities. The results of this study could reveal suitable harvesting period of *A. vera* for applying in cosmetic ingredients.

Materials and Methods

Chemicals and Reagents

Methanol was purchased from RCI Labscan (Bangkok, Thailand). The 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), L-3,4-dihydroxyphenylalanine (L-DOPA), mushroom tyrosinase, kojic acid, and Phosphate buffer were purchased from Sigma (Singapore). All other chemicals used were of analytical grade.



Plant materials

The whole leaves of *A. vera* (*A. barbadensis*) were collected in January 2019 from Aloe vera Rai Mae Mali Kui Buri Community enterprise, Hat Kham Subdistrict, Kui Buri District, Prachuap Khiri Khan Province, Thailand. The voucher specimen of *A. vera* (Plant-006) was deposited at General Education

Department (Science), Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Wang Klai Kangwon Campus, Nongkae Subdistrict, Huahin District, Prachuap Khiri Khan Province, Thailand. Samples were randomly sorted by weight and age, as shown in table 1.

Table 1 Difference in the sizes and ages of the *A. vera* samples

Sample	Age (month)	Weight (gram) per leaf
A1	4-6	200-350
A2	7-9	350-500
A3	10-12	> 500

Sample Preparation

The whole fresh leaves of *A. vera* were washed with deionized water three times. The leaves were cut into pieces, and the *A. vera* gel was collected after removing the outer rind. All *A. vera* gels were homogenized with a homogenizer. All samples were freeze-dried over two days and kept at -20°C before extraction.

Determination of water content

The water content of *A. vera* gel was investigated for comparison to the bioactive ingredients of extract. Fresh *A. vera* weighing approximately 10.0 grams, weighed before baking, bake at 80 °C, until the weight is stable. Using the formula to calculate as follows.

$$\text{Water Content (\%)} = (W_{\text{dry}} / W_{\text{fresh}}) \times 100\% \quad (1)$$

where W_{dry} = Weight of *A. vera* after oven

W_{fresh} = Weight of *A. vera* before oven

Extraction

Methanolic crude extract from *A. vera* gel powder was carried out by a method described previously, with slight modifications [3]. First, the freeze-dried *A. vera* gel powder (1.0 g) was extracted with 80 mL methanol (80% v/v) using a magnetic stirrer at 200 rpm for 4 hours. After extraction, the extract was centrifuged at 3000 rpm for 10 min, and the supernatant was concentrated by vacuum rotary

evaporator at 40°C. Methanolic crude extract yields of the samples A1, A2, and A3 were $24.97 \pm 0.28\%$, $35.27 \pm 0.70\%$, and $32.20 \pm 0.29\%$, respectively.

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) assay

The antioxidant activity by 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) assay was evaluated as previously reported, with a slight modification [13]. A reaction mixture containing 50 uL of *A. vera* crude



extract (2.0 mg/mL in methanol) or Trolox (10 ug/mL in methanol) with 150 uL of DPPH solution (0.1 mM in methanol) were added to a 96-well microplate. The reaction mixture was incubated in

the dark at room temperature for 30 minutes and read at 517 nm. The results were revealed as a percentage of the DPPH as the following equation:

$$\text{Inhibition (\%)} = \{ [A_{\text{control}} - (A_{\text{test sample}} - A_{\text{blank}})] / A_{\text{control}} \} \times 100\% \quad (2)$$

where

$$\begin{aligned} A_{\text{control}} &= 150 \text{ uL DPPH} + 50 \text{ uL Methanol} \\ A_{\text{test sample}} &= 150 \text{ uL DPPH} + 50 \text{ uL Sample/standard} \\ A_{\text{Blank}} &= 150 \text{ uL Methanol} + 50 \text{ uL Sample/standard} \end{aligned}$$

2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) assay

The antioxidant capacity of 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) assay was evaluated as previously reported [13]. The stock solution of 7 mM ABTS (5 mL) was reacted with 2.45 mM potassium persulfate solution (88 uL). The reaction mixture was incubated at room temperature in the dark for 16 hours. Next, the solution of ABTS was diluted

with ethanol until the absorbance reached 0.7 ± 0.02 at 734 nm. The 50 uL of *A. vera* crude extract (2.0 mg/mL) or Trolox (10 ug/mL) and 150 uL of ABTS diluted solution were added to a 96-well microplate. The reaction mixture was incubated in the dark at room temperature for 10 minutes. Then, the absorbance was measured at 734 nm using a microplate reader. The results were revealed as a percentage of the ABTS as the following equation:

$$\text{Inhibition (\%)} = \{ [A_{\text{control}} - (A_{\text{test sample}} - A_{\text{blank}})] / A_{\text{control}} \} \times 100\% \quad (3)$$

where

$$\begin{aligned} A_{\text{control}} &= 150 \text{ uL ABTS} + 50 \text{ uL Ethanol} \\ A_{\text{test sample}} &= 150 \text{ uL ABTS} + 50 \text{ uL Sample/standard} \\ A_{\text{Blank}} &= 150 \text{ uL Water} + 50 \text{ uL Sample/standard} \end{aligned}$$

Tyrosinase inhibitor assay

Tyrosinase inhibitor assay of the extract on mushroom tyrosinase enzyme was analyzed by a method described previously, with some modification [14]. First, a 40 uL of *A. vera* crude extract (2.0 mg/mL in 50% DMSO), 80 uL phosphate buffer (pH 6.8), and 40 uL of 2.5 mM L-DOPA, were added to a 96-well microplate, and then 40 uL of

mushroom tyrosinase enzyme (150 U/mL) was added. The enzymatic reaction was incubated at room temperature for 10 min. The absorbance of the reaction was determined at 490 nm in a microplate reader (EZ2000, biochrome, UK). Kojic acid (50 ug/mL) was used as a standard. The following formula calculated the percentage of inhibition:



$$\text{Inhibition (\%)} = \left\{ \frac{[A_{\text{control}} - (A_{\text{test sample}} - A_{\text{blank}})]}{A_{\text{control}}} \right\} \times 100\% \quad (4)$$

where A_{control} = 80 uL phosphate buffer +40 uL 2.5 mM L-DOPA + 40 uL Tyrosinase + 40 uL 50% DMSO
 $A_{\text{test sample}}$ = 80 uL phosphate buffer +40 uL 2.5 mM L-DOPA + 40 uL Tyrosinase + 40 uL Sample
 A_{Blank} = 120 uL phosphate buffer +40 uL 2.5 mM L-DOPA + 40 uL Sample

Statistical analysis

Water content, antioxidant activities, tyrosinase inhibition, and data points for different antioxidation assays were analyzed in triplicate and expressed as mean ± SD.

Results and Discussion

Generally, *A. vera* harvested for industrial delivery or consumption was in the A3 (10-12 months), showing the giant leaves of *A. vera*. In

Table 2, it was found that the oldest *A. vera* leaf had the highest solid contents. In the samples of A1-A3, the solid contents were 2.00, 2.90, and 4.00%, respectively. Plant biosynthesis processes in which the internal chemicals were converted into more rigid plant structures such as cellulose, hemicellulose, lignin, and so on. These secondary substances had low water solubility, resulting in a more robust plant structure. Therefore, the older *A. vera* leaf had a higher solid content.

Table 2 Water content analysis of the *A. vera*

Sample	% Solid content	%Water content
A1	2.00 ± 0.02	98.00 ± 0.02
A2	2.90 ± 0.02	97.10 ± 0.02
A3	4.00 ± 0.04	96.00 ± 0.04

The DPPH antioxidant efficacy of all three *A. vera* extracts (A1-A3; 2.0 mg/mL) and Trolox as a standard (10 ug/mL) were compared (Figure 1). The samples (A1-A3) and Trolox showed the antioxidant activity of DPPH in term of percent

inhibition at 41.76 ± 0.57%, 40.72 ± 2.31%, 37.01 ± 2.22%, and 49.90 ± 1.74%, respectively. Three aloe extracts did not exhibit the different antioxidant effects using the DPPH technique.

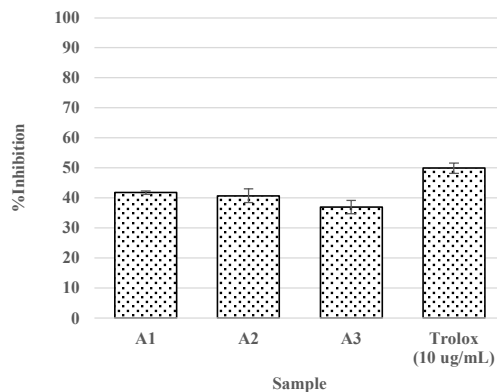


Figure 1 Antioxidant efficacy from DPPH technique of different stages of *A. vera* extract at the concentration of 2.0 mg/mL

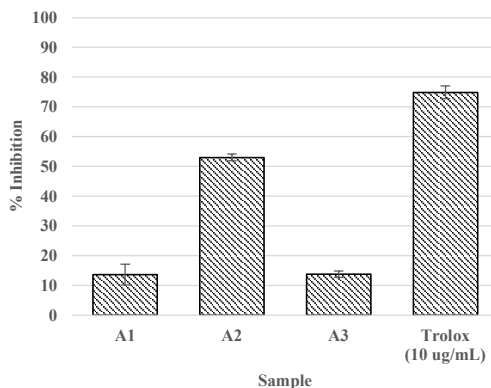


Figure 2 Antioxidant efficacy by ABTS technique of different stages of *A. vera* extracts at the concentration of 2.0 mg/mL

From figure 2, the antioxidant activity using the ABTS technique of *A. vera* extracts (2.0 mg/mL) and standard Trolox (10 ug/mL) was displayed. The samples (A1-A3) and a standard compound showed antioxidant activity against ABTS•+ in term of percent inhibition at 13.65 ± 3.44%, 53.02 ± 1.16%, 13.85 ± 1.08%, and 74.88 ± 2.15%, respectively. Among three *A. vera* extracts, the A2 stage showed the highest antioxidant activity derived from the ABTS technique.

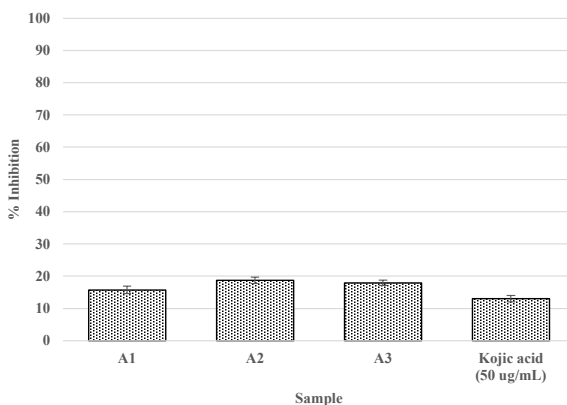


Figure 3 Tyrosinase inhibitor of different stages of *A. vera* extract at an extract concentration of 2 mg/mL

Tyrosinase inhibition of *A. vera* extracts (A1-A3; 2.0 mg/mL) was investigated and compared with standardized kojic acid at the concentration of 50 ug/mL. From figure 3, the tyrosinase inhibition efficacy of *A. vera* extracted at the A2 stage showed the highest tyrosinase inhibitory efficacy at 18.68 ± 0.99%. While *A. vera* extracted at stages, A1 and A3 showed tyrosinase inhibitory efficacy at 15.74 ± 1.17% and 17.93 ± 0.80%, respectively. In contrast, the standard compound (kojic acid) showed tyrosinase inhibitory at 13.03 ± 0.96%.

Conclusion and Suggestions

As a result, the slow reaction between DPPH radical and antioxidant might cause less antioxidant activity. In addition, some substances



with low solubility in ethanol may precipitate after the reaction, especially *A. vera* extract. Consequently, *A. vera* in phases A1 and A2 had similar DPPH antioxidant efficiency, while A3 *A. vera* had lower DPPH antioxidant efficiency. The ABTS antioxidant efficacy test results showed that *A. vera* in phase A2 had the highest percent inhibitory value at $53.02 \pm 1.16\%$. It implied that the older *A. vera* had the lower water solubility because the strong plant structure led to fewer antioxidants in *A. vera* extract in phase A3. On the other hand, the plant biosynthesis processes of *A. vera* in phase A1 might not be as finished well as *A. vera* in phase A2, bringing about low antioxidant activity [15].

The *A. vera* extract demonstrated efficacy in inhibiting tyrosinase. Among all *A. vera* extracts, the *A. vera* in phase A2 showed higher tyrosinase inhibitory efficacy. Nevertheless, their tyrosinase inhibitions did not display the difference significantly.

A. vera has found an extensive application in cosmetic due to its beneficial moisturizing emollient effect and its effect on treating of scar tissue [16]. The development of effective processes in extracting *A. vera* gel leaves that preserve and maintain almost all bioactive chemicals has been investigated. However, the research data about the suitable duration of harvesting *A. vera* leaves to produce the *A. vera* extract that can manifest a better antioxidant effect is still ambiguous. This research found that *A. vera* extracted in stage A2 (7-9 months) displayed better antioxidant effects and a tyrosinase inhibition effect. The results could be applied in arranging the *A. vera* leaves into grades for the cosmetic field and increasing the value of *A. vera*.

Acknowledgments

This work was financially supported by the Rajamangala University of Technology Rattanakosin and The Thailand Research Fund (Grant No. RDG61A0027-01).

References

1. Spencer D, Rachel O, Linli Z, Liyuan J, Yuhang Z, Kadekaro L. Natural antioxidants: Multiple mechanisms to protect skin from solar radiation. *Front Pharmacol* 2018;24(9):1163–9812.
2. Martinez AT, Ortiz RC, Flores MEJ, Diaz PO, Reyes SVA, Jasso GMA, et al. *In vitro* fermentation of polysaccharides from *Aloe vera* and the evaluation of antioxidant activity and production of short chain fatty acids. *Molecules* 2019;24(19): 3605–25.
3. Gupta SD, Masakapalli SK. Mushroom tyrosinase inhibition activity of *Aloe vera* L. gel from different germplasms. *Chin J Nat Med* 2013;11(6): 616–20.
4. Yagi A, Kanbara T, Morinobu N. Inhibition of mushroom-tyrosinase by *Aloe* extract. *Planta Med* 1987;53(6):515–7.
5. Choi S, Lee SK, Kim J-E, Chung M-H, Park Y-I. Aloesin inhibits hyperpigmentation induced by UV radiation. *Clin Exp Dermatol* 2002;27(6):513–5.
6. Jones K, Hughes J, Hong M, Jia Q, Orndorff S. Modulation of melanogenesis by aloesin: A competitive inhibitor of tyrosinase. *Pigment Cell Res* 2002;15(5):335–40.
7. Surjushe A, Vasani R, Saple DG. *Aloe vera*: A short review. *Indian J Dermatol* 2008;53(4):163–6.



8. Hamman JH. Composition and applications of *Aloe vera* leaf gel. *Molecules* 2008;13(8):1599–616.
9. Hekmatpou D, Mehrabi F, Kobra R, Atefeh A. The effect of *Aloe vera* clinical trials on prevention and healing of skin wound: A systematic review. *Iran J Med Sci* 2019;44(1):1–9.
10. Lee S, Do SG, Kim SY, Kim J, Jin Y, Lee CH. Mass spectrometry-based metabolite profiling and antioxidant activity of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) in different growth stages. *J Agric Food Chem* 2012;60(65):11222–8.
11. Ray A, Gupta SD, Ghosh S. Evaluation of anti-oxidative activity and UV absorption potential of the extracts of *Aloe vera* L. gel from different growth periods of plants. *Ind Crops Prod* 2013;49:712–9.
12. Ray A, Ghosh S. Chemometrics for functional group distribution, and UV Absorption potential of *Aloe vera* L. Gel at different growth periods. *Mater Today Proc* 2018;5(10):22245–53.
13. 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.
14. Yu LL, Hu WC, Ding G, Li RT, Wei JH, Zou ZM, et al. Gusanlungionosides A-D, Potent tyrosinase inhibitors from *Arcangelisia gusanlung*. *J Nat Prod* 2011;74(9):1009–14.
15. Femenia A, Sánchez ESS, Simal S, Rosselló C. Compositional features of polysaccharides from *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. *Carbohydr Polym* 1999;39(2):109-17.
16. Eshun K, He Q. *Aloe Vera*: A valuable ingredient for the food, Pharmaceutical and Cosmetic Industries—A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2010;44(2):91–6.



ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและด้านการอักเสบของเพปไทด์ไฮโดรไลเซท
จากรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการสกัดน้ำมัน
Bioactive activities of peptides extracted from Khao Dowk Mali 105
defatted rice bran

กุลรภัท วชิรศิริ* โสรดา วัลภา สินี ศิริคุณ และ ยุทธศักดิ์ สุกการี

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

Kulraphat Wachirasiri*, Sorada Wanlapa, Sinee Siricoon and Yuttasak Subkaree

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

Received: 29 March 2022/ Revised: 12 May 2022/ Accepted: 18 May 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและด้านการอักเสบของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือที่ได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันรำข้าว เพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวเตรียมด้วยกระบวนการย่อยการำข้าวโดยใช้เอนไซม์อัลคาเลสปริมาณร้อยละ 0.875 เอนไซม์ต่อรำข้าวแห้งเพปไทด์ไฮโดรไลเซท ที่ผลิตได้นำมาศึกษาชนิดและปริมาณกรดอะมิโน (amino acids profile) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) และความสามารถในการต้านการอักเสบ (anti-inflammatory activity) ผลการทดลองพบว่า เพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ผลิตได้ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่อยู่ในรูปเพปไทด์สายสั้น (short polypeptide) ร้อยละ 27.66 มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ($IC_{50} = 1.15$ mg/mL) และสามารถรีดิวส์เฟอร์ริก (FRAP) 157.12 ไมโครโมล Fe^{2+} ต่อกรัม นอกจากนี้เพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถต้านการอักเสบด้วยการยับยั้งการผลิตสารก่ออักเสบชนิด Tumor necrosis factor- α (TNF- α), Interleukin-6 (IL-6), Interleukin-1 β (IL-1 β) และ Nitric oxide (NO) ได้ร้อยละ 49.07, 34.66, 44.98 และ 41.13 ตามลำดับของเซลล์แมคโครฟาจ RAW 264.7 ที่ถูกกระตุ้นให้อักเสบด้วย Lipopolysaccharide (LPS) เพียงอย่างเดียว ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระและด้านการอักเสบ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารฟังก์ชัน (functional food) หรืออาจนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: รำข้าว เพปไทด์ไฮโดรไลเซท ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ด้านการอักเสบ



Abstract

The aim of this research was to study the antioxidant and anti-inflammatory activities of peptide hydrolyzate from defatted Khao Dawk Mali 105 rice bran (DFRB), which is agricultural waste from the rice bran oil industry. Peptide hydrolysate from DFRB was obtained by enzymatic hydrolysis by Alcalase (0.875%). Amino acid profile, ability of antioxidant and anti-inflammatory activity of peptide hydrolysate were evaluated. The DFRB peptide hydrolysate (DFRBH) consisted of 27.66% of amino acids in the form of short polypeptides. It had ability to scavenge DPPH radical ($IC_{50} = 1.15$ mg/mL) and reduce ferric ion (FRAP) ($157.12 \mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$). The anti-inflammatory by inhibition the production of pro-inflammatory mediators, tumor necrosis factor- α (TNF- α), interleukin-6 (IL-6), interleukin-1 β (IL-1 β) and nitric oxide (NO) of DFRBH aqueous solution at 5% concentration were 49.07%, 34.66%, 44.98% and 41.13% of lipopolysaccharide (LPS)-stimulated RAW 264.7 macrophage cells. These results suggested that DFRBH could potentially be used as ingredient for functional food and therapeutic agent against oxidant and inflammatory diseases.

Keywords: Rice bran, Peptide hydrolysate, Antioxidant activity, Anti-inflammatory activity

บทนำ

อนุมูลอิสระ (free radical) เป็นสารที่ไม่เสถียรเนื่องจากขาดอิเล็กตรอนสามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลข้างเคียงส่งผลให้โมเลกุลข้างเคียงเกิดความไม่เสถียร และทำปฏิกิริยาต่อเป็นลูกโซ่ ปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดความเสียหายแก่เซลล์และเกิดโรคเสื่อมต่างๆ เช่น โรคหลอดเลือด โรคมะเร็ง โรคข้ออักเสบ โรคหอบหืด โรคเบาหวาน โรคไต และโรคตาเสื่อม เป็นต้น [1] การอักเสบเป็นกลไกการตอบสนองทางชีวภาพของระบบภูมิคุ้มกันเพื่อป้องกันร่างกายที่เกิดจากการบาดเจ็บเนื้อเยื่อ การบุกรุกของเชื้อโรคหรือสารเคมีต่างๆ [2] ในระหว่างการบาดเจ็บและการบุกรุกของเชื้อโรคจะมีการหลั่งสารก่ออักเสบหลายชนิด เช่น TNF- α , IL-1, IL-5, IL-6, IL-1 β และ NO เป็นต้น สารเหล่านี้ถูกหลั่งออกมาเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกันอย่างไรก็ดี การหลั่งสารในปริมาณมากเกินไป และการหลั่งสารแบบเรื้อรังจะนำไปสู่การก่อโรคหลายชนิด เช่น โรคลำไส้อักเสบ โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ โรคหอบหืด โรคมะเร็ง โรคเบาหวานและโรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น [2] การอักเสบแบบเรื้อรังมีผลทำให้อนุมูลอิสระถูกผลิตขึ้นเป็น

จำนวนมากส่งผลทำให้การอักเสบเกิดมากขึ้น [1] อนุมูลอิสระออกซิเจน (Reactive Oxygen Species; ROS) สามารถเพิ่มการอักเสบโดยการกระตุ้นการปล่อยสารก่ออักเสบด้วยการเพิ่มเซลล์แมคโครฟาจ (Macrophage) ตรงตำแหน่งที่มีการอักเสบซึ่งส่งผลให้มีการอักเสบต่อเนื่องและเรื้อรัง [2] วงจรนี้จะทำลายระบบต่างๆ ในร่างกาย [1] ด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการต้านการอักเสบจึงเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีในการค้นหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นอาหารฟังก์ชันหรือนำไปใช้ในทางการแพทย์สำหรับป้องกันโรคต่างๆ [2] เพปไทด์ไฮโดรไลเซต (Peptide Hydrolysate) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยโปรตีนโมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีขนาดโมเลกุลเล็กมีประสิทธิภาพในด้านอนุมูลอิสระและการอักเสบ ปัจจุบันได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพราะมีความปลอดภัยและไม่มีรายงานผลข้างเคียงเมื่อบริโภคปริมาณสูงและต่อเนื่อง เพปไทด์ไฮโดรไลเซตสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ด้วยการให้และรับโปรตอนหรืออิเล็กตรอน การล้อมจับกับโลหะหนัก และควบคุมการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation-Reduction) หรือ



ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Reaction) [1] นอกจากนี้ยังสามารถต้านการอักเสบได้โดยการยับยั้งการผลิตสารก่ออักเสบเช่น TNF- α , IL-6, IL-1 β และ NO เป็นต้น [2, 3] อย่างไรก็ตามปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณสมบัติทางชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระและการต้านการอักเสบของเพปไทด์ไฮโดรไลเซท คือ ชนิดและแหล่งที่มาของวัตถุดิบตลอดจนกระบวนการผลิตเพปไทด์ไฮโดรไลเซท เนื่องจากชนิดและแหล่งที่มาของวัตถุดิบมีผลต่อคุณภาพโปรตีนโดยรวมของวัตถุดิบ ในขณะที่กระบวนการผลิตมีผลกระทบต่อส่วนใหญ่อุณหภูมิ ขนาดของกรดอะมิโนและสมบัติทางกายภาพอื่นๆ เช่น ความสามารถในการละลายน้ำ (water solubility) ความสามารถในการเกิดโฟม (foaming capacity) ของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ผลิตได้ งานวิจัยนี้เลือกใช้รำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกแล้ว (defatted rice bran) ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันรำข้าวมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเพปไทด์ไฮโดรไลเซท เนื่องจากมีปริมาณมากไม่ขึ้นอยู่กับฤดูกาล ราคาวัตถุดิบต่ำ มีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูง ปริมาณไขมันต่ำ ไม่มีสารที่ก่อให้เกิดการแพ้ (food allergen) [4] และผลจากจากการสืบค้นเอกสารพบว่า รำข้าว ข้าวและธัญพืชที่นำมาผลิตเป็นเพปไทด์มีความสามารถและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบได้ [2, 5-7] แต่ประสิทธิภาพและฤทธิ์ที่เกิดขึ้นนั้นมีปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัตถุดิบ กระบวนการผลิตเพปไทด์เป็นหลัก ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทตลอดจนชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ผลิตได้จากรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกแล้วโดยเพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่นำมาศึกษานี้ผ่านกระบวนการผลิตด้วยการย่อยด้วยเอนไซม์ (enzymatic hydrolysis)

วิธีดำเนินการวิจัย

รำข้าวและเอนไซม์

รำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ผ่านการสกัดน้ำมันออกแล้ว (defatted rice bran) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท โคราซโรงสียงสงวน จำกัด เก็บรักษาไว้ในถุงพลาสติก

ชนิด LDPE (Low density polyethylene) แบบมีซิปป ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส เอนไซม์ที่ใช้เป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีนทางการค้าชนิด Alcalase 2.4 FG ยี่ห้อ Brenntag สั่งซื้อจากบริษัท Brenntag Ingredients (Thailand) Public Company Limited

การผลิตเพปไทด์ไฮโดรไลเซท

ซึ่งรำข้าวปริมาณ 20.0 กรัมแห้งต่อน้ำกลั่นปริมาณ 100 มิลลิลิตร ปรับพีเอชส่วนผสมเป็น 8.0 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ จากนั้นเติมเอนไซม์อัลคาเลสปริมาณร้อยละ 0.875 เอนไซม์ต่อรำข้าวแห้ง นำไปบ่มในเครื่องเขย่าชนิดควบคุมอุณหภูมิ (incubator shaker) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อัตราการเขย่า 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ด้วยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปรับพีเอชของสารที่ได้ให้เป็น 7.0 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 6.0 โมลาร์ กำจัดตะกอนแขวนลอยและกากรำข้าวที่เหลือด้วยวิธีการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำสารละลายที่ได้ไปทำแห้งด้วยวิธี การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) ที่อุณหภูมิขาเข้า - ขาออก 90/180 องศาเซลเซียส เก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ได้ในถุงซิปล็อคที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของเพปไทด์ไฮโดรไลเซท

การวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดทำโดยการซังเพปไทด์ไฮโดรไลเซทลงในหลอดทดลองแล้วเติม 6N HCl ปริมาณ 5 mL จากนั้นให้ความร้อนโดยใช้ heating block ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง เติมน้ำมาตรฐานลงไปในการละลายที่ย่อยได้และเจือจางด้วย deionized water กรองสารละลายด้วยเมมเบรนขนาด 0.45 μ m แล้วผสมสารละลายที่ผ่านการกรองกับ AccQ-Fluor derivatization buffer และ AccQ-Fluor derivatization reagent เพื่อทำให้เป็นสารอนุพันธ์จากนั้น



ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ด้วย heating block ก่อนฉีดเข้าเครื่อง HPLC การวิเคราะห์ ปริมาณกรดอะมิโนอิสระทำได้โดยการผสมเพปไทด์ไฮโดรไลเซ ทกับกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1N จากนั้นเติมสาร มาตรฐานและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น กรองสารละลายด้วย Cellulose acetate membrane ขนาด 0.22 µm สารละลายที่ได้นำมาผสมกับ AccQ-Fluor derivatization buffer และ AccQ-Fluor derivatization reagent เพื่อ ทำให้เป็นสารอนุพันธ์ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ด้วย heating block ก่อนฉีด เข้าเครื่อง HPLC นำตัวอย่างที่เตรียมไว้จากข้างต้นไป วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด (total amino acid) และปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (Free amino acid) ด้วยเครื่อง HPLC (Waters Alliance 2695) โดยใช้ detector ชนิด Jasco FP2020 fluorescence Detector (EX: 250, EM: 395 nm) และคอลัมน์ชนิด Poroshell C18 (4.6*100 mm, 2.7µm) ดำเนินการด้วยสภาวะที่มีอัตราการไหล 1.2 mL/ min อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ะล้างด้วย sodium

acetate buffer/acetonitrile/water และ derivatization reagent เป็น waters AccQ-Fluor Reagent เทียบผลที่ได้ กับกราฟมาตรฐานของกรดอะมิโนแต่ละชนิด

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ เพปไทด์ไฮโดรไลเซท

การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging assay)

การวิเคราะห์การกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) ประยุกต์จากงานวิจัยของ Chen และคณะ [8] โดยการดูต สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (0.02 M, pH 6.0) ปริมาณ 1.0 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl radical (DPPH) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ในเอทานอลร้อยละ 95 โดยปริมาตร ปริมาณ 1.0 มิลลิลิตร และเติมตัวอย่างปริมาณ 1.0 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการ ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณปริมาณ การกำจัดอนุมูลอิสระ ตามสมการ

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \frac{(A \text{ control} - A \text{ sample})}{A \text{ control}} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ : A control คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตรของ 0.2 mM DPPH และ A sample คือค่าการ ดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ของ 0.2 mM DPPH ผสมกับ ตัวอย่าง

มาตรฐาน คำนวณผลที่ได้ให้แสดงออกมาในรูป ไมโครโมล Fe²⁺ ต่อกรัม สำหรับสารละลาย FRAP ให้เตรียมเมื่อต้องการ ใช้โดยการผสมสารละลาย acetate buffer (300 mM, pH 3.6) กับสารละลาย TPTZ (10 mM) และสารละลาย FeCl₂.6H₂O (20 mM) ในอัตราส่วน 10 : 1 : 1 โดยปริมาตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปใช้

ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidant power; FRAP)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ประยุกต์จาก Thamnarathip และคณะ [9] เตรียมโดยการปิเปตสารละลาย FRAP ปริมาณ 3,000 ไมโครลิตรใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลายตัวอย่าง ปริมาณ 100 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Blank และใช้สารละลาย FeSO₄.7H₂O (ความเข้มข้น 100 – 1400 µM) เป็นสาร

การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการผลิตสารก่ออักเสบ TNF-α, IL-6, IL-1β และ NO

ทำการเลี้ยงแมคโครฟาจ RAW 264.7 ปริมาณ 1x10⁵ cells/well ในสภาวะที่มีการกระตุ้นด้วย Lipopolysaccharide (LPS) ความเข้มข้น 1.0 ไมโครกรัม ต่อมิลลิลิตร ร่วมกับเพปไทด์ไฮโดรไลเซทความเข้มข้น 25 และ 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส



ในสภาวะที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 5 เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายไปวิเคราะห์ ปริมาณสารก่ออักเสบชนิด TNF- α , IL-6 และ IL-1 β โดยวิธี sandwich enzyme-linked immunosorbent assay ด้วย ชุดตรวจสำเร็จรูป ELISA MAX™ Deluxe Set และวิเคราะห์ หาปริมาณ nitrite โดยวิธี Griess assay ด้วยชุดตรวจ สำเร็จรูป (griess reagent system) วัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร รายงานผลปริมาณสาร ก่ออักเสบ TNF- α , IL-6 และ IL-1 β ที่ได้เป็น พิโกกรัมต่อ มิลลิลิตร (pg/mL) ปริมาณ NO รายงานผลที่ได้เป็นไมโคร โมลต่อลิตร ($\mu\text{mol/L}$)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (replication) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละ ทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's new multiple range test (DRMT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม สำเร็จรูป SPSS Statistic (Version 19.0) แสดงผลในรูปแบบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของเพปไทด์ไฮโดรไลเซท

เพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากร้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ประกอบด้วยกรดอะมิโนทั้งหมดร้อยละ 29.33 แบ่งเป็น กรดอะมิโนที่อยู่ในรูปเพปไทด์สายสั้น (short polypeptide) ร้อยละ 27.66 และกรดอะมิโนอิสระ (free amino acid) ร้อยละ 1.68 (ตารางที่ 1) เพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ผลิตได้มี กรดอะมิโนโดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปเพปไทด์สายสั้นมากกว่า กรดอะมิโนอิสระ ส่งผลให้เพปไทด์ไฮโดรไลเซทมีสมบัติทาง

ชีวภาพสูง เนื่องจากกรดอะมิโนในรูปเพปไทด์สายสั้นมีฤทธิ์ ทางชีวภาพที่สามารถให้ไฮโดรเจนอะตอม (H^+) แก่อนุมูลอิสระ ได้ดีกว่ากรดอะมิโนอิสระ [5, 10] อย่างไรก็ตามกรดอะมิโนอิสระ ซึ่งเป็นองค์ประกอบในเพปไทด์ไฮโดรไลเซท อันได้แก่ กรด อะมิโนชอบน้ำ (มีขั้ว) (hydrophilic amino acid) ได้แก่ กรดกลูตามิก กรดแอสปาร์ติก อาร์จินีน และไลซีน และกรด อะมิโนไม่ชอบน้ำ (ไม่มีขั้ว) (hydrophobic amino acid) ได้แก่ ลิวซีน อะลานีน วาลีน ไกลซีน ฟีนิลอะลานีน โพรลีน และไอโซลิวซีน (ตารางที่ 1 และ 2) กรดอะมิโนทั้ง 2 กลุ่ม มีหมู่ R โซ่ข้างที่แตกต่างกันทำให้เพปไทด์ไฮโดรไลเซท สามารถเข้าถึงอนุมูลอิสระและมีฤทธิ์ทางชีวภาพได้ดีทั้งใน สภาวะที่มีขั้วและไม่มีขั้ว [11, 12] นอกจากนี้การมีประจุบวก หรือประจุลบของกรดอะมิโนสามารถส่งเสริมประสิทธิภาพใน การล้อมจับไอออนโลหะหนักของเพปไทด์ได้ โดยกรดอะมิโน ที่มีประจุดังกล่าวได้แก่ อาร์จินีน ไลซีน ฮิสติดีน กรดกลูตามิก และกรดแอสปาร์ติก [11] นอกเหนือจากนี้กรดอะมิโนที่มีหมู่ พิเศษ หมู่อิมิดาโซล (Imidazole) หมู่แอโรมาติก (Aromatic) อันได้แก่ ฮิสติดีน ฟีนิลอะลานีน และไทโรซีน มีประสิทธิภาพ ในการต้านอนุมูลอิสระได้สูง โดยการล้อมจับกับไอออน ของโลหะ ออกซิเจน และกำจัดไฮดรอกซิล แม้ว่าจะมีปริมาณ เพียงเล็กน้อย [13]

นอกจากความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและ การอักเสบแล้วยังพบว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากร้าข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 นี้ ยังประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid) หลายชนิด ได้แก่ อาร์จินีน ลิวซีน วาลีน ไลซีน ฟีนิลอะลานีน ธีโรนีน ไอโซลิวซีน และฮิสติดีน ที่มีส่วนช่วยเสริมสร้างกล้ามเนื้อ กระตุ้นระบบการเผาผลาญ ซ่อมแซมเนื้อเยื่อและกระตุ้นการทำงานของสมองและเซลล์ ประสาท



ตารางที่ 1 ปริมาณกรดอะมิโนของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ได้จากร้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Peptide composition	Contents (mg/100 mg)
Total amino acid	29.33
Short polypeptide	27.66
Free amino acid	1.68
Hydrophobic amino acid	12.07
Hydrophilic amino acid	12.32
Neutral amino acid	4.94
Essential amino acid	13.27
Non-Essential amino acid	16.06

ตารางที่ 2 ชนิดกรดอะมิโนของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากร้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Amino acids	Contents (mg/100 mg)
Glutamic acid (Glu)	5.07
Aspartic acid (Asp)	2.96
Arginine (Arg)	2.59
Leucine (Leu)	2.27
Alanine (Ala)	2.18
Valine (Val)	1.83
Glycine (Gly)	1.81
Serine (Ser)	1.72
Lysine (Lys)	1.70
Phenylalanine (Phe)	1.43
Proline (Pro)	1.43
Threonine (Thr)	1.41
Isoleucine (Ile)	1.12
Histidine (His)	0.92
Tyrosine (Tyr)	0.89



ฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระของเพปไทด์ไฮโดรไลเซท

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากร้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ประเมินจากความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริก (FRAP) สำหรับการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH จะใช้สาร 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ซึ่งมีอิเล็กตรอนไม่ครบคู่ตรงตำแหน่งไนโตรเจนเป็นสารตั้งต้น เพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระชนิดนี้จะให้ไฮโดรเจนอะตอม (H^+) แก่อนุมูลอิสระ DPPH ทำให้อนุมูลอิสระ DPPH มีความเสถียร ในขณะที่เพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่สูญเสียไฮโดรเจนจะเกิดเป็นสารที่มีความว่องไว (R) สามารถไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ DPPH โมเลกุลอื่นๆ ถัดไปได้ [11] ผลการศึกษาพบว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซทสามารถกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ได้ร้อยละ 45.84 ± 2.60 ($IC_{50} = 1.15$ mg/mL) ซึ่งสูงกว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากถั่วลิสง 3 เท่า [8] ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริก (FRAP) ทำการศึกษาโดยใช้สารตั้งต้นเฟอริกไอออน (Fe^{3+} -TPTZ) เพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระชนิดนี้จะให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระเฟอริกไอออน (Fe^{3+} -TPTZ) กลายเป็นเฟอริกไอออน (Fe^{2+} -TPTZ) ที่มีความเสถียร [11] ผลการศึกษาพบว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซทสามารถรีดิวซ์เฟอริก (FRAP) ได้ 157.12 ± 1.72 ไมโครโมล Fe^{2+} ต่อกรัม ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากร้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีโครงสร้างที่สามารถให้ไฮโดรเจนอะตอม (H^+) แก่อนุมูลอิสระ DPPH และมีโครงสร้างที่สามารถให้อิเล็กตรอน (e^-) แก่เฟอริกไอออน (Fe^{3+} -TPTZ) ทำให้สามารถหยุดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระเหล่านี้ได้ [11]

กรดอะมิโนจัดเป็นโครงสร้างสำคัญที่มีผลต่อความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอม (H^+) และให้อิเล็กตรอน (e^-) แก่อนุมูลอิสระของเพปไทด์ไฮโดรไลเซท [2, 11] กรดอะมิโนไม่ชอบน้ำมีความสำคัญอย่างมากต่อ

ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของเพปไทด์ไฮโดรไลเซท การศึกษาของ Mendis และคณะ [14] และ Inkanuwat และคณะ [15] พบว่ากรดอะมิโนไม่ชอบน้ำ ได้แก่ ลิวซีน อะลานีน วาลีน ฟีนิลอะลานีน และ โพรลีน มีความสามารถสูงในการต้านอนุมูลอิสระ สอดคล้องกับการศึกษาของ Sonklin และคณะ [11] ซึ่งพบว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากโปรตีนถั่วเขียวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH, FRAP, superoxide radical และ metal chelation เนื่องจากมีกรดอะมิโนไม่ชอบน้ำปริมาณสูง กรดอะมิโนไม่ชอบน้ำเหล่านี้สามารถให้ไฮโดรเจนอะตอม (H^+) และให้อิเล็กตรอน (e^-) แก่อนุมูลอิสระได้ดีทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียร อีกทั้งช่วยให้เพปไทด์ไฮโดรไลเซทสามารถเข้าถึงอนุมูลอิสระในสถานะที่ไม่มีขั้วได้ง่ายขึ้น เพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากร้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนไม่ชอบน้ำสูงและมีจำนวนหลายชนิด [11] สำหรับกรดอะมิโนไม่ชอบน้ำ ได้แก่ กรดกลูตามิก และ กรดแอสปาร์ติก ซึ่งพบปริมาณมากในเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากร้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และมีปริมาณใกล้เคียงกับเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากแหล่งธัญพืชอื่นๆ เช่น เพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากร้าข้าวไรซ์เบอร์รี่ [16] เพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากโปรตีนถั่วเขียว [11] และเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากกากทานตะวัน [10] (ตารางที่ 3) กรดอะมิโนสองชนิดนี้ไม่มีรายงานข้อมูลความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยการให้ไฮโดรเจนอะตอม (H^+) และให้อิเล็กตรอน (e^-) แต่มีการรายงานความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้โดยการล้อมจับประจุของไอออนโลหะทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียร [11] สอดคล้องกับรายงานของ Sonklin และคณะ [11] ซึ่งพบว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากโปรตีนถั่วเขียวมีความสามารถในการยับยั้งไอออนของโลหะ เพราะมีกรดอะมิโนกรดกลูตามิกและกรดแอสปาร์ติกเป็นองค์ประกอบสูง



ตารางที่ 3 กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบหลักของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากวัตถุดิบต่างๆ

Peptide hydrolysate	Highest amino acid	Antioxidant activity	Ref.
Rice bran protein hydrolysate	Glutamic acid, Aspartic acid, Arginine, Leucine, Alanine	DPPH, FRAP	งานวิจัยนี้
Rice protein hydrolysate	Glutamic acid, Aspartic acid, Leucine, Arginine, Alanine	DPPH, ABTS, ORAC	Chen และคณะ [12]
Riceberry bran protein hydrolysate	Glutamic acid, Aspartic acid, Arginine, Leucine, Alanine	DPPH, FRAP	Jangmesin และคณะ [16]
Mungbean meal protein hydrolysate	Glutamic acid, Aspartic acid, Lysine, Arginine, Leucine	DPPH, FRAP, Superoxide, Metal chelation	Sonklin และคณะ [11]
Sunflower protein hydrolysate	Glutamic acid, Aspartic acid, Arginine, Leucine, Glycine	DPPH, ABTS	พัสดรารณณ์ และคณะ [10]
Rice bran protein hydrolysate (Fraction)	Leucine, Histidine, Tryptophan, Tyrosine	DPPH, ABTS	Saisavoey และคณะ [2]

ความสามารถในการยับยั้งการผลิตสารก่ออักเสบ TNF- α , IL-6, IL-1 β และ NO

เพปไทด์ไฮโดรไลเซทสามารถยับยั้งการผลิตสารก่ออักเสบ TNF- α , IL-6, IL-1 β และ NO ด้วยการยับยั้งกลไกการทำงานของ Nuclear Factor-kappa B (NF-kB) และ เอนไซม์ inducible Nitric Oxide Synthase (iNOS) เป็นหลัก ซึ่งสามารถยับยั้งได้ทั้งในระดับเอนไซม์ โปรตีนและ mRNA [3] โดยกลไกการทำงาน NF-kB จะควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งสารก่ออักเสบชนิด TNF- α , IL-6 และ IL-1 β [3] สารก่ออักเสบชนิด Nitric oxide (NO) ผลิตจากแอล-อาร์จินีนด้วยกลุ่มเอนไซม์ Nitric oxide synthase (NOS) ซึ่งประกอบด้วย neuronal NOS (nNOS), inducible NOS (iNOS) และ endothelial NOS (eNOS) โดยเอนไซม์ iNOS จะเป็นเอนไซม์หลักในการควบคุมการผลิต NO [3, 17] และสารก่ออักเสบ TNF- α , IL-6 และ IL-1 β สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ iNOS ได้ด้วย [2, 3] เพปไทด์

ไฮโดรไลเซทสามารถยับยั้งการผลิต NO ได้โดยการยับยั้งการแสดงออกของ mRNA และ โปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอนไซม์ iNOS [2, 3]

ผลการศึกษาค้นคว้าความสามารถในการต้านการอักเสบของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในการยับยั้งการผลิตสารก่ออักเสบ TNF- α , IL-6, IL-1 β และ NO ของเซลล์แมคโครฟาจ RAW 264.7 พบว่าในสภาวะการเลี้ยงเซลล์ที่มีการเติมเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จะทำให้เซลล์แมคโครฟาจ RAW 264.7 ผลิตสารก่ออักเสบ TNF- α , IL-6, IL-1 β และ NO ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะที่กระตุ้นด้วย Lipopolysaccharide (LPS) เพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 1) ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Saisavoey และคณะ [2], Chaijaroen [5], Phantu Wong และคณะ [6] และ Chanput และ Lawyer [7] ซึ่งพบว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวสามารถยับยั้งการผลิต TNF- α , IL-6,

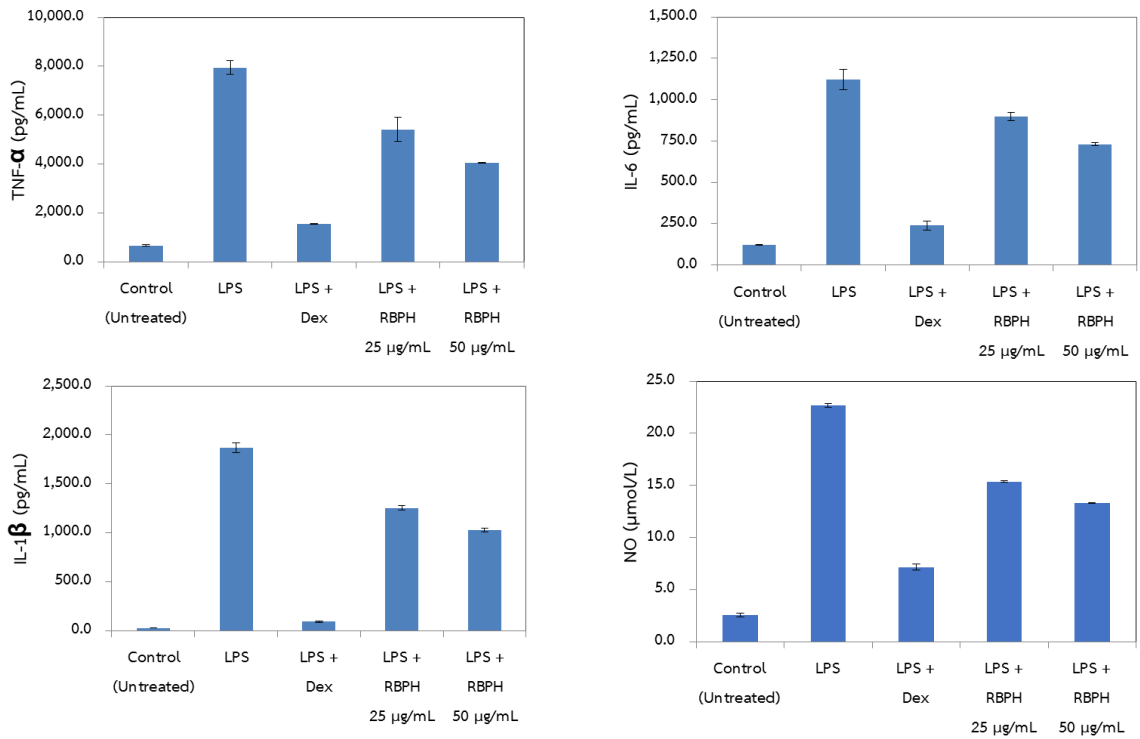


IL-1 β และ NO ได้ โดยความสามารถในการต้านการอักเสบของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของเพปไทด์ไฮโดรไลเซท ผลการศึกษาของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวที่ผลิตได้ที่ระดับความเข้มข้น 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการผลิตสารก่ออักเสบ TNF- α , IL-6, IL-1 β และ NO ได้ร้อยละ 31.89, 19.82, 32.86 และ 32.18 ตามลำดับและความสามารถในการยับยั้งการผลิตสารก่ออักเสบจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 49.07, 34.66, 44.98 และ 41.13 เมื่อเพปไทด์ไฮโดรไลเซทมีความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 4)

การใช้ยาต้านอักเสบชนิด Dexamethasone ที่ความเข้มข้น 0.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งสารก่ออักเสบ TNF- α ได้ร้อยละ 80.69 โดยเพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่มีความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสารก่ออักเสบเทียบเท่ากับประสิทธิภาพยาร้อยละ 60 ของความเข้มข้นยาที่ใช้และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากธัญพืชอื่นๆ พบว่า เพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวพันธุ์ขาวหอมมะลิ 105 ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสารก่ออักเสบได้ดีกว่าเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวสังข์หยดที่ความเข้มข้น 1,500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งสามารถยับยั้งการผลิตสารก่ออักเสบชนิด TNF- α , IL-6, IL-1 β และ NO ได้เพียงร้อยละ 9.37– 29.20, 35.56–54.55, 45.58–71.96 และ 23.05–71.63 ตามลำดับ [6] ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบกับเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวที่ได้จากการศึกษาของ Chaijaroen [5] พบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้ง

การผลิต NO ของเพปไทด์จากรำข้าวที่ผลิตได้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าร้อยละ 9 เมื่อเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นเดียวกัน

ชนิดของกรดอะมิโนมีส่วนสำคัญที่ทำให้เพปไทด์ไฮโดรไลเซทมีความสามารถต้านการอักเสบได้โดยการยับยั้งการผลิตสารก่ออักเสบ TNF- α , IL-6, IL-1 β และ NO หรือยับยั้งกลไกการทำงานของ NF-kB และ iNOS [17, 18] เพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ประกอบด้วยกรดอะมิโนไม่ชอบน้ำหลายชนิด อีกทั้งมีกรดอะมิโนที่มีประจุบวกที่สามารถต้านการอักเสบได้ดี [15] อันได้แก่ กรดอะมิโนอาร์จินีน ลิวซีน ไกลซีน และฮิสติดีน เป็นต้น สำหรับกรดอะมิโนกรดกลูตามิกและกรดแอสปาร์ติก ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่พบในปริมาณมากในเพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ยังไม่มีข้อมูลความสามารถในการต้านการอักเสบโดยตรง อย่างไรก็ตาม กรดแอสปาร์ติก (amide) ของกรดอะมิโนกรด กลูตามิก และกรดแอสปาร์ติก คือ กลูตามีนและแอสปาราจิน สามารถต้านการอักเสบได้ [17, 18] โดยสามารถยับยั้งการอักเสบโดยการระงับการผลิตสารก่ออักเสบไซโตไคน์ การทำงานของเอนไซม์ IKK และการสลายตัวของ I κ B และสามารถหยุดการ Phosphorylation ของกลไก NF-kB ตลอดจนยับยั้งการทำงานของ MAPK [17] กรดอะมิโนกลูตามีนที่รวมอยู่กับอาร์จินีนสามารถลดการผลิต TNF- α และสารก่ออักเสบไซโตไคน์อื่นได้ [18] เพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากถั่วลู่พินมีกรดอะมิโนกลูตามิก + กลูตามีน กรดแอสปาร์ติก + แอสปาราจิน อาร์จินีน ลิวซีนและซีรีนปริมาณสูง สามารถยับยั้งการผลิต TNF- α , IL-1 β , IL-10 ได้ดี [19]



ภาพที่ 1 การผลิตสารก่ออักเสบ TNF- α , IL-6, IL-1 β และ NO ของเซลล์แมคโครฟาจ RAW 264.7 ที่ถูกกระตุ้นด้วย LPS ในสภาวะที่มีเพปไทด์ไฮโดรไลเซต (RBPH) 25 และ 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และยาต้านอักเสบชนิด Dexamethasone (Dex); a, b, c คือความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยใช้ one-way ANOVA ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DRMT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 การยับยั้งการผลิตสารก่ออักเสบ TNF- α , IL-6, IL-1 β และ NO ของเซลล์แมคโครฟาจ RAW 264.7 ที่ถูกกระตุ้นด้วย LPS ในสภาวะที่มีเพปไทด์ไฮโดรไลเซต 25 และ 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และยาต้านอักเสบชนิด Dexamethasone (Dex)

Pro-inflammatory mediators	Inhibition (%)		
	Dexamethasone (Dex) 0.5 µg/mL	Peptide hydrolysate 25 µg/ml	Peptide hydrolysate 50 µg/ml
TNF- α	80.69 ± 0.44 ^c	31.89 ± 3.75 ^a	49.07 ± 1.68 ^b
IL-6	78.57 ± 3.64 ^c	19.82 ± 2.21 ^a	34.66 ± 2.75 ^b
IL-1 β	95.19 ± 0.44 ^c	32.86 ± 0.57 ^a	44.98 ± 0.59 ^b
NO	68.42 ± 1.61 ^c	32.18 ± 0.13 ^a	41.13 ± 0.64 ^b

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน a, b และ c แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

เพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่อยู่ในรูปเพปไทด์สายสั้นซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถให้ไฮโดรเจนอะตอม (H^+) แก่อนุมูลอิสระได้ดีกว่ากรดอะมิโนอิสระถึงร้อยละ 27.66 อย่างไรก็ตาม กรดอะมิโนอิสระที่เป็นองค์ประกอบในเพปไทด์ที่ผลิตได้นั้นมีหลายชนิดตลอดจนมีปริมาณสัดส่วนที่เหมาะสมทำให้มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระและการอักเสบได้ดีเช่นกัน โดยกรดอะมิโนสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ด้วยการให้ไฮโดรเจนอะตอม (H^+) และให้อิเล็กตรอน (e^-) แก่อนุมูลอิสระได้ กรดอะมิโนที่มีหมู่สำคัญ ได้แก่ กรดอะมิโน ฮิสติดีน ฟีนิลอะลานีนและไทโรซีน ถึงแม้จะมีในปริมาณน้อยแต่มีประสิทธิภาพสูงในการต้านอนุมูลอิสระ กรดกลูตามิก และกรดแอสปาร์ติกเป็นกรดอะมิโนที่มีปริมาณมากที่สุดในเพปไทด์ ไฮโดรไลเซทที่ได้จากรำข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 กรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิดนี้ แม้ว่าไม่มีรายงานความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP แต่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้โดยการล้อมจับประจุของไอออนโลหะทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรได้ [11] และสารอนุพันธ์ หรือเอไมด์ (Amide) ของกรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้ซึ่ง ได้แก่ กลูตามีน และ แอสปาราจिन สามารถต้านการอักเสบได้ [17-19]

การศึกษาและวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการอักเสบของเพปไทด์ไฮโดรไลเซทที่ผลิตได้จากรำข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 พบว่าเพปไทด์สามารถยับยั้งการผลิตสารก่ออักเสบ $TNF-\alpha$, $IL-6$, $IL-1\beta$ และ NO ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยยับยั้งกลไกการทำงานของ $NF-\kappa B$ และ $iNOS$ ได้ทั้งในระดับเอนไซม์ โปรตีนและ mRNA เพปไทด์ที่ผลิตได้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับเพปไทด์ที่ผลิตได้จากธัญพืชอื่น ๆ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งสารก่ออักเสบชนิด $TNF-\alpha$ ระหว่างเพปไทด์ไฮโดรไลเซทกับยาต้านการอักเสบ DEX แล้วพบว่าเพปไทด์มีประสิทธิภาพเป็นร้อยละ 60 ของยาต้านการอักเสบ

เพปไทด์ไฮโดรไลเซทจากรำข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 นอกจากจะมีกรดอะมิโนที่มีความสามารถในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพแล้วยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิดที่มีส่วนช่วยส่งเสริมสุขภาพและบำรุงการทำงานของสมองและเซลล์ประสาท รำข้าวจัดเป็นส่วนประกอบอาหารที่ไม่มีสารก่อภูมิแพ้ (Allergen) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ในผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย อีกทั้งการนำรำข้าวมาใช้ประโยชน์ นอกจากจะเป็นการลดปริมาณวัสดุเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร ลดมลภาวะสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุที่สร้างรายได้แก่ผู้ประกอบการและเกษตรกรได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท โคราชโรจสังขวาน จำกัด ที่ให้การสนับสนุนรำข้าวเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Biswas S, Das R, Banerjee ER. Role of free radicals in human inflammatory diseases: review. *AIMS Biophys* 2017;4(4):596-614.
2. Saisavoey T, Sangtanoo P, Reamtong O, Karnchanatat A. Antioxidant and anti-inflammatory effects of defatted rice bran (*Oryza sativa* L.) protein hydrolysates on RAW 264.7 macrophage cells. *J Food Biochem* 2016;40(6):731-40.
3. Heo SY, Ko SC, Jung WK. The pepsinolytic hydrolysate from *Johnius belengerii* frame inhibited LPS-stimulated production of pro-inflammatory mediators via the inactivating of JNK and $NF-\kappa B$ pathways in RAW 264.7 macrophages. *Fish Aquatic Sci* 2018;21(14):1-8.
4. Amagliani L, O'Regan J, Kelly AL, O'Mahony JA. The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review. *Trends Food Sci Technol* 2017;64:1-12.



5. Chaijaroen T. Functional and biological properties of enzymatic hydrolysate from defatted rice bran by using partial purified Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Viscera extract. Ph.D. Thesis, Prince of Songkla University. Songkla; 2015.
6. Phantu Wong N, Thongraung C, Yupanqui CT. Enzymatic hydrolysis on protein and β -glucan content of Sang-yod rice bran hydrolysates and their anti-inflammatory activity on RAW 264.7 cells. *Funct Foods Health Dis* 2017;7(12):958-71.
7. Chanput W, Lawyer R. The potential of fractionated rice bran protein hydrolysates as antioxidative and anti-inflammatory agents. *J Nutr Sci Vitaminol* 2020;66:349-55.
8. Chen G, Zhao L, Zhao L, Cong T, Bao S. In Vitro Study on Antioxidant activities of peanut protein hydrolysate. *J Sci Food Agric* 2007;87:357-62.
9. 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.
10. พัสดราภรณ์ ทองอิมพงษ์, ณัฐฐา เลาทกุลจิตต์, อรพิน เกิดชูชื่น, สุรพงษ์ พิณีจกลาง, เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. สมบัติต้านอนุมูลอิสระและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนจากกากทานตะวันไฮโดรไลซ์ด้วย เอนไซม์โบรมิเลนและ Flavourzyme®. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.* 2559;39(4):565-83.
11. Sonklin C, Laohakunjit N, Kerdchoechuen O. Assessment of antioxidant properties of membrane ultrafiltration peptides from mungbean meal protein hydrolysates. *PeerJ* 2018;6(e5337):1-20.
12. Chen HJ, Dai FJ, Chen CY, Fan SL, Zheng JH, Huang YC, et al. Evaluating the antioxidants, whitening and antiaging properties of rice protein hydrolysates. *Molecules* 2021;26(12):3605.
13. Hernandez-Ledesma B, Miralles B, Amigo L, Ramos M, Recio I. Identification of antioxidant and ACE-inhibitory peptides in fermented milk. *J Sci Food Agric* 2005;85(6):1041-8.
14. Mendis E, Rajapakse N, Kim SK. Antioxidant properties of a radical-scavenging peptide purified from enzymatically prepared fish skin gelatin hydrolysate. *J Agric Food Chem* 2005;53(3):581-7.
15. Inkanuwat A, Sukaboon R, Reamtong O, Asawanonda P, Pattaratanakun A, Saisavoey T, Sangtanoo P, Karnchanatat A. Nitric oxide synthesis inhibition and anti-inflammatory effect of polypeptide isolated from chicken feather meal in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Food Technol Biotechnol* 2019;57(2):200-12.



16. Jangmesin K, Rimkeeree H, Tadakittisarn S. Enzymatic optimization of riceberry bran protein hydrolysate extraction and characterization. *Curr Appl Sci Technol* 2017;17(2):200–23.
17. Lim EWT, Leach ST, Lemberg DA, Day AS. A Brief overview of nutrient anti-inflammatory molecules and their in vitro and in vivo activity. *J Nutri Med Diet Care* 2016;2(2):1-7.
18. He F, Wu C, Li P, Li N, Zhang D, Zhu Q, Ren W, Peng Y. Functions and signaling pathways of amino acids in intestinal inflammation. *BioMed Res Int* 2018;9171905:1-13.
19. Montserrat-de la Paz S, Villanueva A, Pedroche J, Millan F, Martin ME, Millan-Linares MC. Antioxidant and anti-Inflammatory properties of bioavailable protein hydrolysates from lupin-derived agri-waste. *Biomolecules* 2021;11(10): 1458.



การยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยสารสกัดรำข้าวหอมมะลิสุรินทร์ (กข 15) ในผลมะเขือยาวสไลด์สด

Inhibition of browning reaction by Surin jasmine (RD 15) rice bran extract treatment on freshly sliced eggplant

ฤทัยภัคดี ชาญศรี* และ เนาวรัตน์ กองคำ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000

Ruthaipak Chansri* and Naowarat Kongkum

Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University, Muang, Surin, 32000, Thailand

Received: 4 April 2022/ Revised: 19 May 2022/ Accepted: 21 May 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาฤทธิ์การยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในมะเขือยาวสไลด์สด ปริมาณสารฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดรำข้าวหอมมะลิสุรินทร์ สายพันธุ์ กข 15 ด้วยตัวทำละลายน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารสกัดรำข้าวด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดเท่ากับ 73.99 ± 1.72 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด รองลงมาคือ สารสกัดรำข้าวด้วยน้ำร้อน (47.02 ± 0.13) และสารสกัดรำข้าวด้วยน้ำ (36.76 ± 1.23) ตามลำดับ การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีความสัมพันธ์กับผลการทดสอบหาปริมาณฟีนอลิก โดยสารสกัดเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ทั้งวิธี DPPH และ ABTS มีค่า IC_{50} เท่ากับ 1293.15 ± 7.53 และ 1385.33 ± 3.56 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ การศึกษาการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในมะเขือยาวสไลด์สด โดยการวัดค่าสี L^* , a^* และ b^* และค่าการเกิดสีน้ำตาล (BV) พบว่า สารสกัดรำข้าวด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ มีฤทธิ์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด และให้ผลการยับยั้งได้ดีกว่ากรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คำสำคัญ: สารสกัดรำข้าว มะเขือยาว ปฏิกิริยาสีน้ำตาล ปริมาณสารฟีนอลิก

Abstract

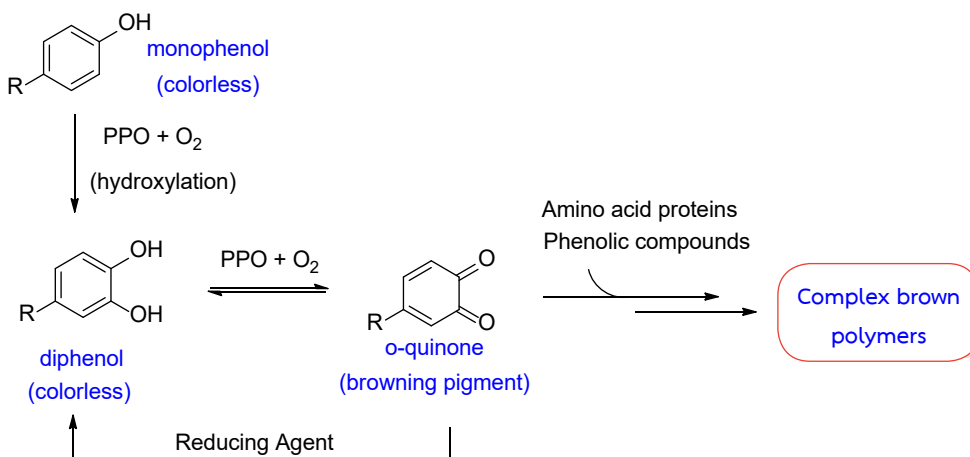
This research aims to study inhibitory activity of browning reaction in freshly sliced eggplant, total phenolic content, antioxidant activity of Surin jasmine (RD 15) rice bran (RB) extracts, which were extracted with water, hot water (80°C) and 50% ethanol. The results indicated that the highest total phenolic content (TPC) was from the 50% ethanol RB extract with TPC 73.99±1.72 mgGAE/gExt, whereas the hot water RB extract and the water RB extract were shown TPC at 47.02± 0.13 and 36.76±1.23 mgGAE/gExt, respectively. The results of antioxidant activity were related to total phenolic content, which the highest antioxidant activity in DPPH and ABTS assay was also found in the 50% ethanol RB extract with IC₅₀ at 1293.15 ±7.53 µg/mL and ABTS 1385.33±3.56 µg/mL, respectively. Inhibition of browning reaction in freshly sliced eggplant by measuring L* a* and b* and browning values (BV) found that the 50% ethanol RB extract had better browning inhibitory effect than the water RB extract and the hot water RB extract. In addition, the 50% ethanol RB extract showed a stronger inhibitory effect than ascorbic acid and citric acid with a significant statistical difference at the 95 percent confidence level.

Keywords: rice bran extract, eggplant, browning reaction, phenolic content

บทนำ

การเกิดสีน้ำตาลเป็นคุณลักษณะที่ไม่พึงประสงค์อย่างหนึ่งในการแปรรูปผักและผลไม้ เป็นสาเหตุที่ทำให้สูญเสียรสชาติ สี และคุณค่าทางโภชนาการ อาจมีผลกระทบต่ออุตสาหกรรมอาหาร เทคโนโลยี และต้นทุนทางเศรษฐกิจ [1] ซึ่งลักษณะสีน้ำตาลคล้ำ (dark-color pigment) ที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกที่ถูกเร่งด้วยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ในผักและผลไม้ ทำให้สาร

ประกอบฟีนอลิกเปลี่ยนเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (o-quinones) ที่ทำปฏิกิริยาต่อไปกับกรดอะมิโนหรือสารประกอบโปรตีนทำให้เกิดสารสีน้ำตาล (melanin) เรียกว่า ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) [2] ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดขึ้นในเนื้อเยื่อของผักและผลไม้ที่สัมผัสกับออกซิเจนเมื่อถูกทำลายทางกล เช่น การปอก การหั่น หรือการทำให้บอบช้ำ เป็นต้น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ แสดงในรูปสมการดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction)



จากภาพที่ 1 เป็นสมการการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจาก เอนไซม์เป็นปฏิกิริยาที่จะเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อพืชเมื่อเซลล์ ถูกทำลายทางกลทำให้โมโนฟีนอล (monophenol) ที่อยู่ใน เซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจนและมีเอนไซม์ กลุ่ม PPO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) ได้เป็น o-diphenol สารนี้จะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็น o-quinone ซึ่ง quinone ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยากับสาร ประกอบฟีนอลิกอื่นๆที่ก่อการคอดอมีโนได้เป็นสารประกอบ เชิงซ้อนสีน้ำตาล [3] และจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการใช้รีดิวซิง เอเจนต์ (reducing agent) เพื่อรีดิวซ์ o-quinone ที่มีสี น้ำตาล (browning pigment) กลับไปเป็นสารประกอบ diphenol ซึ่งไม่มีสี (colorless) ดังนั้นหากเราสามารถศึกษา หาสารสกัดที่มีคุณสมบัติเป็น reducing agent จะทำให้ สามารถนำสารสกัดดังกล่าวไปใช้เพื่อชะลอหรือยับยั้ง ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นได้

มีการวิจัยหลายงานวิจัยที่ศึกษาการใช้สารสกัด จากธรรมชาติชนิดต่างๆ เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและ ศึกษาวิธีการต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มการยับยั้งนี้ให้ มีประสิทธิภาพมากที่สุดและเพื่อประโยชน์ในการนำมาใช้ยืด อายุการเก็บรักษาของอาหาร เช่น หัวหอม สับปะรด มะนาว และไวน์ขาว ซึ่งเป็นสารประกอบธรรมชาติที่สามารถยับยั้ง หรือชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์บางชนิดได้ หัวหอม และสารสกัดที่ได้มีคุณสมบัติต่อต้านการเกิดสีน้ำตาลโดย ยับยั้งการทำงานของ PPO น้ำสับปะรดมีผลในการต่อต้าน การเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลและกล้วยหอม น้ำมันงาใช้เติม ลงในแป้งโดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ขนมปังดูสว่างขึ้น [4] การป้องกันหรือการชะลอปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยสาร สกัดธรรมชาติเป็นการใช้สารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดย มุ่งเป้าไปที่การทำลาย PPO เพื่อหลีกเลี่ยงการสัมผัสระหว่าง เอนไซม์กับซับสเตรต [5] ซึ่งการใช้สารประกอบที่ได้จาก ธรรมชาติที่มีความสามารถในการต่อต้านการเกิดสีน้ำตาลจะ มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์เหล่านี้จาก ผู้บริโภค

มะเขือยาว (eggplant) เป็นผักสวนครัวที่นิยม รับประทาน มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและอุดมไปด้วยสาร

พอลิฟีนอล โยอาหาร วิตามิน และสารอาหารอื่นๆ ที่มี ประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ลดไขมันในเลือด ปกป้องตับ และ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [6] อย่างไรก็ตามมะเขือยาวเกิด สีน้ำตาลได้ง่ายเนื่องจากมะเขือยาวมีปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกสูง [7] ทำให้เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเปลี่ยนสาร ประกอบฟีนอลิกให้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาลได้มาก ขึ้นตามไปด้วย [8, 9] ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลสามารถ ป้องกันได้โดยการใช้ความร้อนในการทำลายเอนไซม์ PPO หรือใช้การดัดแปลงสภาพอากาศในการเก็บรักษา หรืออาจ ใช้ร่วมกับสารเคมีหรือสารสกัดที่ได้จากธรรมชาติ เช่น การใช้กรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารสกัด จากดอกคาโมมายด์เข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ให้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วินาที และเก็บใน สภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถ ลดการเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้ [10] ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะ ของผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการด้วย การเลือกใช้วิธีการป้องกัน การเกิดสีน้ำตาลบางอย่างอาจไม่เหมาะสมกับลักษณะของ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เราต้องการ เช่น การใช้ความร้อนมีผลต่อ เนื้อสัมผัสของอาหาร มีผลต่อรสชาติของผักและผลไม้ รวมทั้งทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ [11] หรืออาจจะ ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายจากการเลือกใช้สารเคมีและ อาจสิ้นเปลืองเงินในการจัดหาวัสดุจากธรรมชาติที่ขาดแคลน ดังนั้นจึงมีรายงานวิจัยจำนวนมากที่ได้นำวัสดุจากธรรมชาติ ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและมีราคาถูกมาทำการศึกษาเพื่อยับยั้ง ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

รำข้าว (rice bran) เป็นวัสดุท้องถิ่นที่มีปริมาณ มากและหาได้ง่าย มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระเพราะ อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) [12] โดยเฉพาะในกลุ่มของสารประกอบ ฟีนอลิก ได้แก่ กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ วิตามินอี และ แกมมาออริซานอล (γ -oryzanol) ในปริมาณมากกว่าพืชผัก ผลไม้ ถั่ว และผลไม้แห้งชนิดอื่นๆ [13] ซึ่งสารต่างๆ เหล่านี้ จะทำหน้าที่เป็นสารจับโลหะ (chelating agent) ยับยั้ง การทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส [14] การใช้สาร สกัดจากรำข้าวด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์



สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งบด [15] และการใช้สารสกัดรำข้าวในรูปแบบผงสามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งบดได้เช่นกัน [16] สารประกอบฟีนอลิกในรำข้าวจัดว่าเป็นสารยับยั้งเอนไซม์เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีโครงสร้างคล้ายกับสารซับสเตรต (substrate) ของเอนไซม์ PPO ซึ่งจะไปแย่งจับกับซับสเตรตของเอนไซม์บริเวณเร่งทำให้ซับสเตรตไม่สามารถเข้าทำปฏิกิริยาได้ [17] ทั้งนี้องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวที่ได้จากกระบวนการสีข้าวจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวที่นำมาใช้และสภาวะแวดล้อมที่ปลูกจนถึงกรรมวิธีการขุดผิวเมล็ดข้าว ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวขึ้นอยู่กับส่วนของรำที่ได้จากกระบวนการสีข้าวด้วย [18]

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปที่การใช้สารสกัดจากรำข้าวหอมมะลิสุรินทร์สายพันธุ์ กข 15 ที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ น้ำร้อนและเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในมะเขือยาวสไลด์สด เปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีและศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเพื่อเป็นพื้นฐานทางทฤษฎีที่เป็นไปได้สำหรับการแปรรูปผลไม้และผักสดตัดใหม่และใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการศึกษาวิจัยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือและสารเคมี

เครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่องวัด UV-Visible Spectrophotometer (ยี่ห้อ Perkin elmer รุ่น Lampda 365) เครื่องวัดค่าสียี่ห้อ Konica Minolta เครื่องอัลตราซาวด์ยี่ห้อ Crest Ultrasonic เครื่องหมุนเหวี่ยงยี่ห้อ Universal 32 สารเคมีที่สำคัญ ได้แก่ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenz thiazoline-6-sulphonic acid), Folin-Ciocalteu และกรดแกลลิก (gallic acid)

2. เตรียมวัตถุดิบ

รำข้าวหอมมะลิสุรินทร์ สายพันธุ์ กข 15 (*Oryza sativa* L.) cv.RD 15 จากโรงสีในตำบลท่าสว่าง อำเภอเมืองจังหวัดสุรินทร์ นำมาร่อนผ่านตะแกรง 120 เมช ได้รำละเอียด

นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีน (Polyethylene) ไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ดัดแปลงวิธีของ Kochayklang [19] เช่นเดียวกับมะเขือยาว (*Solanum melongena* L.) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาทดลอง

3. เตรียมสารสกัดจากรำข้าว

นำรำข้าวที่เตรียมไว้ 100 กรัม มาสกัดด้วยน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร อัตราส่วน รำข้าว:น้ำกลั่น เป็น 1:3 (w/v) ดัดแปลงวิธีของ โชคชัย และ กัณณิกา [20] เปลี่ยนตัวทำละลายเป็นน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสและเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีของ Chiou [21] ทำการสกัดผ่านเครื่องอัลตราซาวด์ ความถี่ 60 Hz เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาหมุนเหวี่ยงผ่านเครื่อง centrifuge ที่ 4,500xg เป็นเวลา 20 นาที นำของเหลวเหนือตะกอน (Supernatant) ที่ได้มาทำการทดลองต่อไป สำหรับของเหลวเหนือตะกอนของสารสกัดจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ นำไประเหยแอลกอฮอล์ผ่านเครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศ (Rotary vacuum evaporator) จากนั้นนำสารสกัดทั้ง 3 วิธี มาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปทดสอบการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) ในมะเขือยาวสไลด์สด และส่วนที่ 2 ขจัดน้ำออกด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) จะได้สารสกัดเพื่อใช้ในการทดสอบหาปริมาณสารฟีนอลิก และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS

4. การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic content, TPC) ใช้วิธี Folin-Ciocalteu colorimetric assay [22] โดยเตรียมสารสกัดรำข้าวที่ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำมาอย่างละ 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu (เจือจางด้วยน้ำ 10 เท่า) 5 มิลลิลิตร และ Sodium carbonate (เข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์) 4 มิลลิลิตร ผสมและเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดค่า



การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ในการทดลองนี้ใช้กรดแกลลิก (Gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน (กรดแกลลิกเตรียมที่ความเข้มข้น 200, 175, 150, 125, 100, 75, 50 และ 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) จากนั้นคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกรวมจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก และคำนวณให้อยู่ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักกรัมของสารสกัด (mgGAE/g Ext.)

5. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

วิเคราะห์ศักยภาพการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH [23] เตรียมสารสกัดร้ำข้าวตัวอย่างละ 5 ความเข้มข้น

$$\%Inhibition = \frac{AB - AA}{AB} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่

AA = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

AB = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม (สารทั้งหมดยกเว้นสารตัวอย่าง)

จากนั้นคำนวณหาค่า IC₅₀ จากกราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความสามารถต้านอนุมูลอิสระกับสารตัวอย่างในแต่ละความเข้มข้น ทั้งหมดทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง (n=3) แสดงผลในภาพค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

6. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS

วิเคราะห์ศักยภาพการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS [24] เตรียมอนุมูล ABTS^{•+} โดยใช้สารละลาย ABTS 0.0768 กรัม และโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.0132 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเจือจางด้วยเอทานอลให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร เท่ากับ 0.700±0.02 ขั้นตอนการทดสอบ เตรียมสารสกัดร้ำข้าวตัวอย่างละ 5 ความเข้มข้น (1000, 500, 250, 125 และ 62.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) นำมาความเข้มข้นละ 0.1 มิลลิลิตร เติมหาสารละลายอนุมูล ABTS^{•+} 0.9 มิลลิลิตร ผสมและเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที

(1000, 500, 250, 125 และ 62.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย นำสารสกัดตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ มาอย่างละ 0.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เติมหาทานอล 0.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรและสารละลาย 0.3 มิลลิโมลาร์ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 0.4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ผสมและเขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (% Inhibition) ดังสมการ (1)

จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดังสมการ (1) และคำนวณหาค่า IC₅₀ เช่นเดียวกับวิธี DPPH ทั้งหมดทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง (n=3) แสดงผลในรูปค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

7. ทดสอบการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

ผ่านมะเขือยาวให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร วางไว้บนจานแก้ว และทำการหยดสารสกัดร้ำข้าวทั้ง 3 ชนิดๆ ละ 4 มิลลิลิตร ลงบนชิ้นมะเขือยาวให้ชุ่มทั้งชิ้น เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลด้วยสารเคมี คือ กรดซिटริกและกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวควบคุม (control) แล้วนำไปวัดค่าสี L* a* b* ที่เวลา 0, 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าการเกิดสีน้ำตาลในสมการ (2)



$$BV = \frac{\Delta L^*}{L_0^*} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่

BV = ค่าการเกิดสีน้ำตาล

ΔL^* = ผลต่างของค่าความสว่างที่เปลี่ยนไป

L_0^* = ค่าความสว่างเริ่มต้น

ทำการทดลองละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS วางแผนการทดลองแบบ Completely Random Design (CRD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p<0.05)

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมโดยวิธี Follin-Ciocalteu assay ของสารสกัดจากรำข้าวที่ได้จากการสกัดทั้ง 3 วิธี โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ($y = 0.0045x - 0.0631, R^2 = 0.9914$) พบว่าสารสกัดรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด โดยมีปริมาณ 73.99 ± 1.72 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักกรัมของสารสกัด รองลงมาคือสารสกัดรำข้าวที่สกัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (47.02 ± 0.13) และสารสกัดรำข้าวที่สกัดด้วยน้ำ (36.76 ± 1.23) ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

2. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS ของสารสกัดรำข้าวที่ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าสารสกัดรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูล DPPH^{•+} เท่ากับ 49.29 ± 0.89 ($IC_{50} = 1293.15 \pm 7.53$ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) และอนุมูล ABTS^{•+} เท่ากับ 41.00 ± 0.14 ($IC_{50} = 1385.33 \pm 3.56$ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ส่วนสารสกัดรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำและน้ำร้อน มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระน้อยกว่าสารสกัดรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลทั้งวิธี DPPH และ ABTS (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตามสารสกัดรำข้าวที่ได้จากการสกัดทั้ง 3 วิธี มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันน้อยกว่าสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก

ตารางที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากรำข้าว

Rice brain extracts	TPC (mgGAE/gExt)	DPPH		ABTS	
		เปอร์เซ็นต์ inhibition (1,000 µg/mL)	IC ₅₀ (µg/mL)	เปอร์เซ็นต์ inhibition (1,000 µg/mL)	IC ₅₀ (µg/mL)
RB-001 (50%EtOH)	73.99 ±1.72	49.29±0.89	1293.15 ±7.53	41.00±0.14	1385.33±3.56
RB-002 (H ₂ O/RT)	36.76±1.23	14.63±3.48	nd	18.03±0.27	nd
RB-003 (H ₂ O/80°C)	47.02±0.13	17.09±2.56	nd	19.11±0.24	nd
Ascorbic acid	-	100±0.00	53.57±0.95	100±0.00	55.82±0.43

หมายเหตุ: ข้อมูลที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ±SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ (n = 3)

nd = ไม่พบ



3. การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล

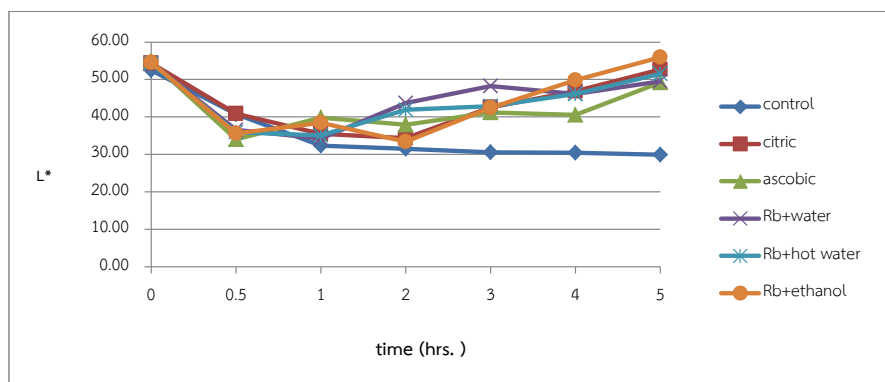
จากการศึกษาการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์พบว่า สารสกัดจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดด้วยน้ำ น้ำร้อน (80 องศาเซลเซียส) สารสกัดจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ กรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริกเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง (control) โดยค่า L^* a^* b^* และค่าการเกิดสีน้ำตาล (BV) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำมะเขือยาวสไลด์ที่ผ่านการหดยดด้วยสารละลายต่างๆ ไปวัดค่า L^* a^* และ b^* ที่เวลา 0, 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง นำมาเปรียบเทียบแล้วคำนวณค่าการเกิดสีน้ำตาล ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 2, 3 และ 4 การลดลงของค่า L^* แสดงถึงการเกิดสีคล้ำขึ้น การเพิ่มขึ้นของค่า a^* แสดงถึงการเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาล และการลดลงของค่า b^* แสดงถึงการลดลงของสีเหลืองแต่เกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น [25]

ตารางที่ 2 ค่า L^* ของมะเขือยาวเปรียบเทียบแต่ละวิธี ที่ 0, 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

Treatment	L^*						
	Time (hrs)						
	0	0.5	1	2	3	4	5
control	52.43±0.23 ^b	40.80±0.07 ^a	32.31±0.05 ^f	31.51±0.28 ^f	30.59±0.08 ^e	30.48±0.10 ^e	29.92±0.04 ^e
citric	54.37±0.40 ^a	40.87±0.07 ^a	35.56±0.19 ^{cd}	34.40±0.30 ^d	42.59±0.19 ^c	46.87±0.04 ^b	52.68±0.00 ^b
ascorbic	54.77±0.12 ^a	34.01±0.06 ^d	39.80±0.02 ^a	37.92±0.13 ^c	41.17±0.14 ^d	40.57±0.09 ^d	49.23±0.02 ^d
Rb+water	54.47±0.65 ^a	36.57±0.40 ^b	34.21±0.23 ^e	43.78±0.09 ^a	45.28±0.10 ^a	46.20±0.13 ^c	49.52±0.22 ^d
Rb+hot water	54.32±0.29 ^a	35.94±0.21 ^c	35.06±0.09 ^{cd}	41.89±0.66 ^b	42.84±0.11 ^b	46.17±0.10 ^c	51.48±0.37 ^c
Rb+ethanol	54.60±0.35 ^a	35.64±0.05 ^c	38.44±0.18 ^b	33.43±0.33 ^e	42.51±0.18 ^c	49.83±0.04 ^a	55.92±0.15 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a, b} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลมีความแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 2 ค่า L^* ที่วัดในมะเขือยาวเปรียบเทียบกันทุกหริตเมนต์



จากตารางที่ 2 เป็นการแสดงผลของค่า L^* หรือค่าความสว่างที่ได้จากการวัดสีของชิ้นมะเขือยาวสไลด์ที่ผ่านการหยดด้วยสารสกัดจากรำข้าวด้วยตัวทำละลายต่างๆ เปรียบเทียบกับสารเคมีที่ใช้ คือ กรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิก โดยใช้ น้ำกลั่นเป็นตัวควบคุม จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปตั้งแต่ครึ่งชั่วโมงจนถึง 2 ชั่วโมง ค่า L^* ของตัวอย่างส่วนใหญ่จะมีค่าลดลง และหลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ยกเว้นค่า L^* ที่วัดได้จากตัวอย่างควบคุมจะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง สามารถนำมาแสดงในรูปแบบกราฟดังภาพที่ 2 กรณีที่ค่า L^* ลดลงหมายถึงการมีสีคล้ำมากขึ้น

แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเกิดขึ้นในช่วงครึ่งชั่วโมงแรกและจะยังคงที่ไปจนถึงชั่วโมงที่ 1 และ 2 หลังจากนั้นพบว่า ค่า L^* จะเพิ่มขึ้น เป็นไปได้ว่าในช่วงแรก เอนไซม์ PPO ทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิกของมะเขือยาวจนทำให้เกิดสารสีน้ำตาลขึ้น แต่เมื่อมีการใช้สารสกัดจากรำข้าวด้วยตัวทำละลายต่างๆ และสารเคมีเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะเขือยาวสไลด์ พบว่า ทุก ๆ ตัวอย่างมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงข้ามกับตัวอย่างควบคุมที่มีค่าความสว่างลดลง แสดงว่าสารสกัดจากรำข้าวและสารเคมีสามารถใช้ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้

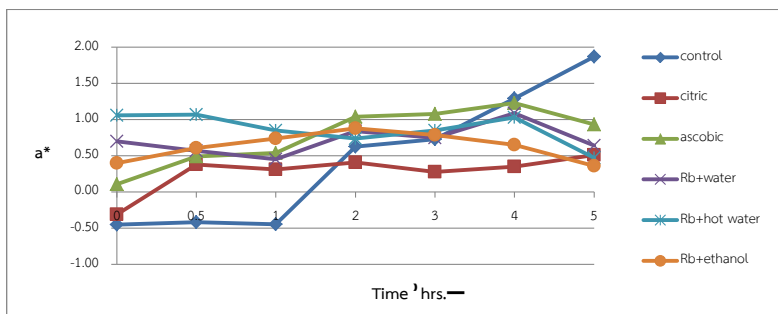
ตารางที่ 3 ค่า a^* ของมะเขือยาวเปรียบเทียบแต่ละวิธี ที่ 0, 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

Treatment	a^*						
	Time (hrs)						
	0	0.5	1	2	3	4	5
control	0.45±0.05 ^f	-0.42±0.09 ^d	-0.45±0.06 ^d	0.63±0.19 ^d	0.73±0.03 ^c	1.30±0.01 ^a	1.87±0.04 ^a
citric	-0.31±0.16 ^e	0.38±0.00 ^c	0.31±0.03 ^c	0.41±0.02 ^e	0.28±0.04 ^d	0.35±0.27 ^d	0.51±0.01 ^c
ascorbic	0.11±0.03 ^d	0.49±0.08 ^c	0.54±0.05 ^b	1.04±0.08 ^a	1.08±0.01 ^a	1.23±0.04 ^a	0.94±0.06 ^b
Rb+water	0.70±0.01 ^b	0.57±0.08 ^b	0.46±0.13 ^b	0.84±0.07 ^b	0.75±0.03 ^{bc}	1.09±0.04 ^b	0.64±0.04 ^c
Rb+hot water	1.06±0.01 ^a	1.07±0.16 ^a	0.85±0.14 ^a	0.74±0.01 ^c	0.85±0.02 ^b	1.03±0.15 ^b	0.47±0.05 ^d
Rb+ethanol	0.40±0.01 ^c	0.61±0.03 ^b	0.74±0.16 ^a	0.88±0.06 ^b	0.79±0.05 ^b	0.65±0.04 ^c	0.36±0.01 ^d

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a, b} ที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลมีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงค่า a^* หรือค่าสีเขียว ($-a^*$) ไปสีแดง ($+a^*$) โดยค่า a^* ที่เพิ่มมากขึ้นแสดงถึงการเกิดสีน้ำตาลที่มากขึ้น เมื่อตัวอย่างที่ผ่านการหยดสารสกัดรำข้าวด้วยสารละลายต่างๆ และสารเคมี ในช่วงแรกจะมีค่า a^* เพิ่มขึ้น และเมื่อเวลาผ่านไปจะมีแนวโน้มลดลง ยกเว้นตัวอย่างควบคุมที่มีค่า a^* เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อนำมาแสดงในรูปแบบของกราฟจะได้ดังภาพที่ 3 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าใน

ช่วงแรก หลังจากหยดสารสกัดจากรำข้าวด้วยสารละลายต่างๆ และสารเคมีลงไปบนชิ้นมะเขือยาว เอนไซม์ PPO ยังคงเร่งปฏิกิริยาให้เกิดสีน้ำตาลและเมื่อเวลาผ่านไปสารสกัดจากรำข้าวและสารเคมีเข้ายับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ทำให้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลดลง ตรงข้ามกับตัวอย่างควบคุมที่ยังคงเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ



ภาพที่ 3 ค่า a* ที่วัดในมะเขือยาวเปรียบเทียบกับทุกวิธีที่ระบุดังกล่าว

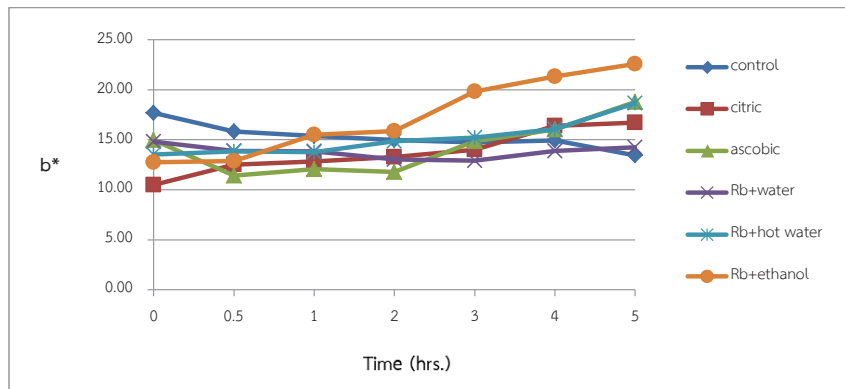
ตารางที่ 4 ค่า b* ของมะเขือยาวเปรียบเทียบกับแต่ละวิธี ที่ 0, 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

Treatment	Time (hrs)						
	0	0.5	1	2	3	4	5
control	17.69±0.28 ^a	15.82±0.20 ^a	15.39±0.23 ^a	14.96±0.13 ^b	14.75±0.06 ^c	14.93±0.11 ^c	13.42±0.18 ^e
citric	10.50±0.08 ^e	12.50±0.59 ^c	12.83±0.19 ^c	13.28±0.15 ^c	14.01±0.01 ^d	16.41±0.05 ^b	16.73±0.23 ^c
ascorbic	14.96±0.17 ^b	11.43±0.22 ^d	12.08±0.12 ^d	11.80±0.01 ^d	14.86±0.30 ^{cb}	16.02±0.26 ^b	18.79±0.11 ^b
Rb+water	14.83±0.23 ^b	13.90±0.12 ^b	13.86±0.01 ^b	13.03±0.08 ^c	12.91±0.12 ^e	13.90±0.25 ^d	14.26±0.16 ^d
Rb+hot water	13.53±0.45 ^c	13.83±0.27 ^b	13.77±0.28 ^b	14.87±0.03 ^b	15.22±0.25 ^b	16.08±0.12 ^b	18.65±0.40 ^b
Rb+ethanol	12.74±0.21 ^d	12.88±0.25 ^c	15.51±0.20 ^a	15.88±0.00 ^a	19.83±0.17 ^a	21.33±0.18 ^a	22.58±0.04 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a, b} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

ตารางที่ 4 แสดงค่า b* หมายถึงค่าสีเหลือง หากค่า b* ลดลงค่าความเป็นสีเหลืองจะลดลงในขณะที่ค่าสีน้ำตาลจะมากขึ้น จะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่มีการใช้สารสกัด รำข้าวด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ จะให้ค่า b* ที่สูงที่สุด ซึ่งหมายถึงเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด และ รองลงมาคือตัวอย่างที่มีการใช้สารสกัดรำข้าวด้วยตัว ทำละลายน้ำร้อน กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และสารสกัด รำข้าวด้วยน้ำ ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างควบคุมพบว่าเมื่อเวลา ผ่านไปค่า b* จะลดลงซึ่งหมายถึงเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น

สามารถนำค่าที่ได้มาแสดงในรูปแบบของกราฟดังภาพที่ 4 จากค่าดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่าตัวอย่างที่มีการใช้สาร สกัดรำข้าวด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ มะเขือยาวสไลด์เกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด รองลงมาคือการใช้ สารสกัดรำข้าวด้วยตัวทำละลายน้ำร้อน กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และสารสกัดรำข้าวด้วยน้ำ ตามลำดับ และ ตัวอย่างควบคุมซึ่งใช้น้ำกลั่นไม่สามารถลดการเกิดสีน้ำตาล ลงได้



ภาพที่ 4 ค่า b* ที่วัดในมะเขือยาวเปรียบเทียบกับทุกทรีตเมนต์

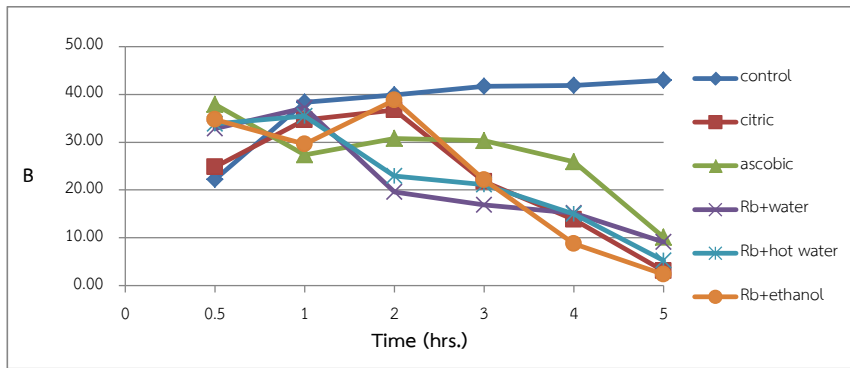
ตารางที่ 5 ค่าการเกิดสีน้ำตาล (BV) เปรียบเทียบแต่ละวิธี ที่ 0, 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

Treatment	Browning value (BV)						
	Time (hrs.)						
	0	0.5	1	2	3	4	5
control	-	22.18±0.15 ^a	38.37±0.14 ^f	39.90±0.26 ^f	41.66±0.16 ^e	41.86±0.17 ^e	42.93±0.14 ^f
citric	-	24.83±0.24 ^b	34.60±0.30 ^c	36.73±0.35 ^d	21.72±0.30 ^{bc}	13.80±0.22 ^b	3.11±0.20 ^{ab}
ascorbic	-	37.90±0.09 ^f	27.33±0.07 ^a	30.76±0.13 ^c	30.31±0.13 ^d	25.93±0.11 ^d	10.16±0.07 ^e
Rb+water	-	32.86±0.53 ^c	37.19±0.44 ^e	19.63±0.37 ^a	16.87±0.38 ^a	15.18±0.39 ^c	9.09±0.44 ^d
Rb+hot water	-	33.84±0.25 ^d	35.46±0.19 ^{cd}	22.88±0.48 ^b	21.13±0.20 ^b	15.00±0.20 ^c	5.22±0.33 ^c
Rb+ethanol	-	34.73±0.20 ^e	29.60±0.27 ^b	38.77±0.34 ^e	22.14±0.27 ^c	8.73±0.20 ^a	2.41±0.25 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a, b} ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลมีความแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 แสดงค่าการเกิดสีน้ำตาล (browning value) ของมะเขือยาวสไลด์ โดยวัดจากค่าความสว่าง (L^*) ที่เปลี่ยนไปทำให้ชั่วโมงที่ 0 ไม่ปรากฏค่าการเกิดสีน้ำตาลซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2 พบว่ามะเขือยาวที่ผ่านการหดยดสารสกัดจากรำข้าวด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้มากที่สุด (ค่า BV ลดลง) ชะลอได้ถึง 94.38 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม รองลงมาคือกรดซิตริก สารสกัดรำข้าวด้วยตัวทำละลาย

น้ำร้อน สารสกัดรำข้าวด้วยน้ำกลั่นและกรดแอสคอร์บิก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 92.75 87.84 78.86 และ 76.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่มีการใช้สารสกัดจากรำข้าวและสารเคมีมีแนวโน้มในการเกิดสีน้ำตาลลดลง เช่นเดียวกันซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่มีค่าการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) นำเสนอในรูปแบบกราฟที่ 5 ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ค่าการเกิดสีน้ำตาล (BV)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลการทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS ให้ผลการทดสอบที่สัมพันธ์กัน โดยสารสกัดรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุดและสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยการทดสอบด้วยวิธี DPPH และวิธี ABTS ได้ดีกว่าสารสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ และน้ำร้อน แต่น้อยกว่ากว่ากรดแอสคอร์บิก ทั้งนี้เนื่องจากในรำข้าวมีสารในกลุ่มฟีนอลิก เช่น Caffeic acid, Coumaric acid, Catechin, Ferulic acid, Gallic acid, Hydroxybenzoic acid, Methoxycinnamic acid, Vanillic acid, Sinapic acid และ Syringic acid [26]-[28] ซึ่งเป็นสารที่สามารถสกัดแยกในตัวทำละลายอินทรีย์ได้ดีกว่าน้ำ [29] จึงทำให้สกัดสารประกอบฟีนอลิกได้มากกว่าหากใช้ตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ โดยพิจารณาจากสภาพขี้ของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีสภาพขี้้น้อยกว่าน้ำจึงมีความสามารถในการละลายสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในรำข้าวได้ดีกว่าสารสกัดจากน้ำ สารในกลุ่มฟีนอลิกมีคุณสมบัติทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ ดังนั้นปริมาณสารฟีนอลิกรวม (TPC) ที่สกัดได้จึงเป็นตัวชี้ชี้ได้ว่าสารสกัดที่ได้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ [30] อย่างไรก็ตามสารสกัดรำข้าวด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

น้อยกว่าสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก เนื่องจากสารสกัดรำข้าวมีองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิดประกอบกันอยู่ มีเพียงสารประกอบบางตัวเท่านั้นที่มีฤทธิ์ยับยั้งสารอนุมูลอิสระ ในขณะที่กรดแอสคอร์บิกอยู่ในรูปของสารบริสุทธิ์

ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในมะเขือยาว สไลด์ด้วยสารสกัดรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ น้ำ และน้ำร้อน พบว่าสารสกัดดังกล่าวสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะเขือยาวสไลด์สด และมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลโดยการใช้สารเคมีทั้งกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก ในขณะที่ตัวควบคุมซึ่งเป็นน้ำกลั่นไม่สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะเขือยาวสไลด์สด อาจเป็นเพราะว่ารำข้าวมีสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่ม hydroxycinnamic acid ที่มีประสิทธิภาพในการเป็นตัวต้านออกซิเดชันที่ดี [31] โดยพบว่าโครงสร้างของ hydroxycinnamic acid และอนุพันธ์ประกอบไปด้วยหมู่ $-CH=CH-COOH$ [32] โดยเฉพาะ ferulic acid, sinapic acid, vanillic acid และ p-coumaric acid สารในกลุ่มนี้สามารถจับกับไอออนของโลหะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนทำให้ไอออนของโลหะไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไปได้ [33] ซึ่งในการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยกิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีทองแดง (Cu) เป็นธาตุที่จำเป็นในกลไกของปฏิกิริยา [34] ดังนั้นการมีสาร



ที่สามารถจับกับไอออนประจุบวกของทองแดงจึงช่วยลดการทำงานของเอนไซม์ PPO ทำให้การเกิดสีน้ำตาลลดลง เช่นเดียวกับกรดซิตริกมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลซึ่งทำหน้าที่จับโลหะและคุณสมบัติความเป็นกรดจะช่วยยับยั้งเอนไซม์ PPO ด้วยสารพวกแอซิดโพลีฟอสเฟต (acidic polyphosphate) เป็นสารจับโลหะที่อยู่ในโครงสร้างของเอนไซม์ PPO ซึ่งช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลโดยเฉพาะในผักและผลไม้หลายชนิด [35] ส่วนกรดแอสคอร์บิกถึงแม้จะไม่ได้ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับเอนไซม์ PPO หรือเป็นสารจับกับโลหะเหมือนกรดซิตริกแต่เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีเพราะสามารถรีดิวซ์สารควิโนนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารโพลีฟีนอลด้วยการกระทำของ PPO ให้กลับมามีอยู่ในรูปของสารประกอบฟีนอลตามเดิมก่อนที่สารควิโนนจะทำปฏิกิริยาต่อไปเป็นสารสีน้ำตาล [36] จากกลไกของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (ภาพที่ 1) สารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้น (o-quinone) เมื่อถูกรีดิวซ์แล้วจะสามารถกลับไปเป็นสารประกอบฟีนอลิก (diphenol) ที่ไม่มีสีได้ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงสามารถใช้อธิบายได้ว่าเมื่อมีการหยุดการสารถั่วข้าวลงไปบนชั้นมะเขือยาว สารสกัดที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นรีดิวซ์ซึ่งเอเจนท์จึงเข้าทำปฏิกิริยากับสีน้ำตาลที่เกิดขึ้น (เป็นสีที่ยังไม่เสถียร) แล้วทำให้สีน้ำตาลลดลง ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าสีที่วัดได้โดยเฉพาะ ค่า L^* ในช่วงแรกสีจะคล้ำและเมื่อระยะเวลาผ่านไปสีจะสว่างขึ้น โดยสารสกัดรั่วข้าวด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ จะให้ผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับตัวทำละลายอื่นซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ทั้งค่าสี L^* , a^* และ b^* แต่ค่าการเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างจากการใช้กรดซิตริก ถึงแม้ว่าฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะต่ำกว่ากรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกที่วัดในความเข้มข้นเดียวกันก็ตาม (สารสกัดเข้มข้น 1000 $\mu\text{g/ml}$) แต่การทดลองการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลผลที่ได้อาจเป็นผลมาจากการทำงานของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่มีในสารสกัดรั่วข้าว (TPC พบมากที่สุดในสารสกัดรั่วข้าวด้วย

เอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์) ที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระหรือต้านออกซิเดชันส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งเป็นการเข้าขัดขวางการทำงานของ PPO [37] เช่นเดียวกับการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของกรดซิตริก (ค่า BV ไม่แตกต่างกัน) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ความเข้มข้นของสารสกัด ชนิดและลักษณะโครงสร้างของสารออกฤทธิ์ และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ที่ไม่ใช่สารในกลุ่มฟีนอลิก

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงสรุปได้ว่าการสกัดรั่วข้าวหอมมะลิสุรินทร์สายพันธุ์ กข 15 ด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นวิธีที่สามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกในรั่วข้าวได้ปริมาณมากที่สุด มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเป็นสารสกัดจากธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพเป็นสารยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ได้ สามารถนำสารสกัดดังกล่าวไปพัฒนาเพื่อทดแทนหรือใช้ร่วมกับสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลอื่นๆ ได้

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยฉบับนี้เป็น การวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลของการสกัดรั่วข้าวด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้มาซึ่งสารสกัดที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดโดยมีผลต่อฤทธิ์การยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและมีฤทธิ์การยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเพื่อเลือกวิธีการสกัดที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปใช้ในการวิจัยครั้งต่อไป โดยอาจนำสารสกัดรั่วข้าวจากการทำแห้งแบบ Freeze dry ไปศึกษาต่อเกี่ยวกับปริมาณความเข้มข้นที่มีผลต่อฤทธิ์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และยังสามารถนำไปพัฒนาเป็นผงสารสกัดที่มีศักยภาพเพื่อเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ต่อไปได้ ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของสารสกัดที่แตกต่างกัน ปริมาณของสารสกัดที่ใช้ในการศึกษาปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะต้องมีปริมาณมากพอที่จะไม่ทำให้ผิวหน้าของตัวอย่างแห้ง เพราะจะมีผลต่อค่าสีที่วัดได้ ดังนั้นหากต้องใช้ในการปฏิบัติจริงและให้ได้ผลควรใช้วิธีการจุ่มหรือแช่ในสารสกัด และอีกสาเหตุหนึ่งที่ควรระวังคือสีของสารสกัดรั่วข้าวที่ได้จากตัวทำละลายแตกต่างกัน สารสกัดที่ได้จึงมีสีที่แตกต่างกันด้วย



ทำให้ค่าการวัดสีในทุกๆตัวอย่างมีค่าเริ่มต้นไม่เท่ากัน ควรศึกษาเวลาที่แน่นอนที่สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ รวมทั้งวิธีการเก็บรักษาสารสกัดก่อนนำมาใช้เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นและส่งผลกระทบต่ออาหารได้ เช่น การเกิดการหืน (rancidity) เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสารเคมี และขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารที่อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Daniel H, Kon T, Kudo T, Guerra M.P. Enzymatic Browning, Polyphenol Oxidase Activity, and Polyphenols in Four Apple Cultivars: Dynamics during Fruit Development. HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science 2010;45(8):1150-4.
- Panis F, Rompel A. Identification of the amino acid position controlling the different enzymatic activities in walnut tyrosinase isoenzymes (*jrPPO1* and *jrPPO2*). Sci Rep 2020;10:10813.
- นิธิยา รัตนพานนท์. เคมีอาหาร (Food Chemistry). พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์; 2558.
- Moon K.M, Kwon E.B, Lee B, Kim C.Y. Recent Trends in Controlling the Enzymatic Browning of Fruit and Vegetable Products. Molecules 2020;25(12):2754.
- Dias C, Fonseca A.M.A, Amaro A.L, Vilas-Boas A.A, Oliveira A, Santos S.A.O, Silvestre A.J.D, Rocha S.M, Isidoro N, Pintado M. Natural-Based Antioxidant Extracts as Potential Mitigators of Fruit Browning. Antioxidants 2020;9(8):715-34.
- Saini DK, Kaushik P. Visiting eggplant from a biotechnological perspective: A review. Sci Hortic 2019;253:327-40.
- Whitaker BD, Stommel JR. Distribution of Hydroxycinnamic Acid Conjugates in Fruit of Commercial Eggplant (*Solanum melongena* L.) Cultivars. J Agric Food Chem 2003;51:3448-54.
- Fujita S, Tono T. Purification and some properties of polyphenol oxidase in eggplant (*Solanum melongena*). J Sci Food Agric 1988;46: 115-23.
- Perez-Gilabert M, Garcia-Carmona F. Characterization of catecholase and cresolase activities of eggplant polyphenol oxidase. J Agric Food Chem 2000;48:695-700.
- Son J, Hyun JE, Lee JW, Lee SY, Moon B. Combined Application of Antibrowning, Heat Treatment and Modified-Atmosphere Packaging to Extend the Shelf Life of Fresh-Cut Lotus Root. J Food Science 2015;80(6):C1178-87.
- Howard LR, Smith RT, Wagner AB, Villalon B, Burns EE. Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum*) and processed Jalapenos. J Food Science 1994;59:362-5.
- อัครเกียรติ พวงแสง, ศุภกาญจน์ รัตนกร. การสกัดสารออกฤทธิ์ชีวภาพจากรำข้าวโดยการให้ความร้อนแบบไฮโดรเทอร์มอลร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราซาวด์. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21 วันที่ 27 มีนาคม 2563. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น; 2563. หน้า BM061-8.



13. Wu XL, Gu LW, Holden J, Haytowitz DB, Gebhardt SE, Beecher G, Prior RL. Development of a database for total antioxidant capacity in foods: A preliminary study. *J Food Compos Anal* 2004;17:407-22.
14. Mahunu GK, Zhang H, Yang Q, Zhang X, Li D, Zhou Y. Improving the biocontrol efficacy of *Pichia caribbica* with phytic acid against postharvest blue mold and natural decay in apples. *Biol Control* 2016;92:172-80.
15. ประกายมาศ เลิศวิราม, ปวีณา สวัสดิ์มี้ง. การชะลอการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งสดโดยใช้สารสกัดจากรำข้าววิธีทางเคมี และการใช้ความร้อน. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่; 2019.
16. Threranukool S, Kubglomsong S, Theerakulkait C. Effect of spray-dried rice bran extract on inhibition of enzymatic browning in potato puree. *J Food Sci Technol* 2018;4(Sppl.Iss.): 111-5.
17. Marshall RM, Kim J, Wei CI. Enzymatic browning in fruits, vegetables and seafoods. FAO, United States. 2000.
18. อรอนงค์ นัยวิกุล. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2556.
19. ปรีดาวรรณ ขอช่วยกลาง, วรณช ศรีเกษมรักษ์. การเปรียบเทียบวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อการสกัดวิตามินอีและแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวพันธุ์ กข 6. *วารสารวิจัย มช* 2013;13(2):10-7.
20. โชคชัย ชีรกุลเกียรติ, กัญฉิกา บุญศิริพัฒน์. ผลของสารสกัดจากรำข้าวต่อการเกิดสีน้ำตาล และกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในผักและผลไม้. ใน: เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 วันที่ 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2550. สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2550. หน้า 355-62.
21. Chiou T, Ogino A, Kobayashi T, Adachi S. Characteristics and antioxidative ability of defatted rice bran extracts obtained using several extractants under subcritical conditions. *J Oleo Sci* 2013;62:(1)1-8.
22. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American. Am J Enol Vitic* 1965;16:144-58.
23. Veeru P, Kishor MP, Meenakshi M. Screening of medicinal plant extracts for antioxidant activity. *J Med Plant Res* 2009;3(8):608-12.
24. Re R, Pellegrini N, Pannala A, Yang M, Rice-Evan C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorisation assay. *Free Radic Biol Med* 1999;26:1231-7.
25. Tosun M, Ercisli S, Sengul M, Ozer H, Polat T, Ozturk E. Antioxidant properties and total phenolic content of eight *Salvia* species from Turkey. *Biol sci* 2009;41:175-81.
26. Pourali O, Asghari FS, Yoshida H. Production of phenolic compounds from rice bran biomass under subcritical water conditions. *J Chem Eng* 2010;160:259-66.
27. Arab, F., Alemzadeh, I., Maghsoudi, V. Determination of antioxidant component and activity of rice bran extract. *Sci Iran* 2011;18: 1402-6.
28. Sukhonthara S, Kaewka K, Theerakulkait C. Inhibitory effect of rice bran extracts and its phenolic compounds on polyphenol oxidase



- activity and browning in apple puree. *Food Chem* 2016;190:922-7.
- 29 .X-Rite. A Guide to Understanding Color Communication. X-Rite, Incorporated., United States. 2007.
30. Haminiuk C.W, Plata-Oviedo M.S, de Mattos G, Carpes S.T, Branco I.G. Extraction and quantification of phenolic acids and flavonols from *Eugenia pyriformis* using different solvents. *J Food Sci Technol* 2014;51(10):2862-6.
31. Kim K.H, Tsao R, Yang R, Cui S.W. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chem* 2006;95:466-73.
32. Macheix J, Fleuriet A, Billot J. Fruit Phenolics. Florida: CRC Press. Boca Raton; 1990.
33. Lee M.Y, Lee M.K, Park I. Inhibitory effect of onion extract on polyphenol oxidase and enzymatic browning of taro (*Colocasia antiquorum* var. *esculenta*). *Food Chem* 2007;105:528-32.
34. Du Y.J, Dou S.Q, Wu S.J. Efficacy of phytic acid as an inhibitor of enzymatic and non-enzymatic browning in apple juice. *Food Chem* 2012;135(2):580-2.
35. de Aguiar Cipriano P, Ekici L, Barnes RC, Gomes C, Talcott ST. Pre-heating and polyphenoloxidase inhibition impact on extraction of purple sweet potato anthocyanins. *Food Chem* 2015;180:227-34.
36. Arias E, Buesa J.G, Oria R, Buesa P.L. Ascorbic acid and 4-hexylresorcinol effects on pear PPO and PPO catalyzed browning reaction. *J Food Sci* 2007;72(1):C422-9.
37. Ali H.M, Gizawy A.M, Elbassiouny R.E, Saleh M.A. Browning inhibition mechanisms by cysteine, ascorbic acid and citric acid, and identifying PPO-catechol-cysteine reaction products. *J Food Sci Technol* 2015;52(6):3651-9.



กระถางชีวภาพจากผักตบชวาโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน Biodegradable pots from water hyacinth using cassava starch and cassava pulp as binder

นิพนธ์ ตันไพบุญกุล^{1*}, ธรพร บุศย์น้ำเพชร¹, กนกวรรณ ศุกรนันท์¹ และ พิมพกา โปธิลังกา²

¹ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

² คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จ.ลำปาง 52100

Nipon Tanpaiboonkul^{1*}, Tharaporn Budnumpetch¹, Kanokwan Sukaranandara¹ and
Phimphaka Phothilangka²

¹ Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44150

² Faculty of Sciences, Lampang Rajaphat University, Lampang 52100, Thailand

Received: 27 October 2021/ Revised: 6 May 2022/ Accepted: 23 May 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการทำกระถางชีวภาพ 2 ชนิด ชนิดแรกเป็นส่วนผสมของผักตบชวากับแป้งมันสำปะหลัง และชนิดที่ 2 เป็นส่วนผสมของผักตบชวากับกากมันสำปะหลัง ซึ่งแป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังทำหน้าที่ตัวประสาน อัตราส่วนผสมผักตบชวา: ตัวประสาน 0:1, 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1 และ 1:0 โดยน้ำหนัก โดยผักตบชวามีธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) เท่ากับ 0.51 ± 0.01 , 0.15 ± 0.01 และ 6.25 ± 0.18 % จากการศึกษพบว่ากระถางชีวภาพที่ใช้ตัวประสานแป้งมันสำปะหลังขึ้นรูปได้ที่อัตราส่วน 4:6, 5:5, 6:4, 7:3 และ 8:2 ส่วนตัวประสานกากมันสำปะหลังขึ้นรูปได้ที่อัตราส่วน 4:6, 5:5, 6:4 และ 7:3 ซึ่งทั้งหมดมีสภาพสมบูรณ์ ไม่บวมหรือหดตัว โดยกระถางชีวภาพผักตบชวา : แป้งมันสำปะหลังอัตราส่วน 5:5 มีค่ารับแรงอัดสูงสุดที่ 0.81 เมกะปาสกาล ในขณะที่ผักตบชวา และกากมันสำปะหลังในอัตราส่วน 5:5 มีค่า 0.41 เมกะปาสกาล ไม่พบการสลายตัวไปกับน้ำเมื่อทดสอบค่าการอุ้มน้ำในกระถางชีวภาพ ผักตบชวา : แป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 4:6, 5:5 และ 6:4 เช่นเดียวกับกระถางชีวภาพ ผักตบชวา : กากมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 5:5 และ 6:4 นอกจากนี้พบว่าความพรุนของกระถางชีวภาพที่อัตราส่วน 6:4 ทั้ง กระถางชีวภาพ ผักตบชวา : แป้งมันสำปะหลัง และ กระถางชีวภาพ ผักตบชวา : กากมันสำปะหลังมีค่าสูงสุดที่ 85.7 % และ 83.8 % ตามลำดับ ดังนั้นกระถางชีวภาพทั้ง 2 ชนิด ที่อัตราส่วน 5:5 และ 6:4 มีความเหมาะสมต่อการขึ้นรูปนำไปใช้งาน เมื่อศึกษาการเสื่อมสภาพด้วยการปลูกผักซีเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบร่องรอยการเสื่อมสภาพในกระถางชีวภาพตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไปและเสีรูปร่างในสัปดาห์ที่ 7 เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติทางกลแล้ว ผักตบชวาที่มีตัวประสานทั้ง 2 ชนิด ในอัตราส่วน 5:5 และ 6:4 สามารถนำมาใช้ในการปลูกได้จริง

คำสำคัญ: กระถางชีวภาพ ผักตบชวา แป้งมันสำปะหลัง กากมันสำปะหลัง การเสื่อมสภาพ



Abstract

Two types of bio-pots were studied; The first type is a mixture of water hyacinth and cassava starch and the second type is a mixture of water hyacinth and cassava pulp. The treatments consisted of varying ratios of water hyacinth waste to binder, including 0:1, 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1 and 1:0 by weight. The results revealed that the water hyacinth contains 0.51 ± 0.01 wt. N, 0.15 ± 0.01 % wt. P, and 6.25 ± 0.18 % wt. K. The water hyacinth with cassava starch binder can be formed at the ratio of 4:6, 5:5, 6:4, 7:3 and 8:2 whereas the cassava residue binder was formed at 4:6, 5:5, 6:4 and 7:3. The pots are intact, no cracks and no shrinkage. With the mechanical properties test, the flowerpots with the ratio of 5:5 (water hyacinth: cassava starch) showed the highest compression test at 0.81 MPa, while water hyacinth and cassava residue at the ratio of 5:5 gained 0.41 MPa. The water holding capacity of the ratio 4:6, 5:5 and 6:4 (water hyacinth: cassava starch) did not decompose with water as well as the ratio 5:5 and 6:4 (water hyacinth: cassava residue). Moreover, the ratio of 6:4 of water hyacinth and cassava starch pots gained 85.7 % porosity whereas water hyacinth and cassava residue pots gained 83.8 %. Therefore, both types of biological pots at the ratio of 5:5 and 6:4 are suitable for molding and use. A 12-week study on deterioration with coriander planting showed signs of deterioration in the bio-pot from the 3rd week onwards, then began to lose its shape in the 7th week. Considering on mechanical properties, water hyacinth with both binder at the ratio of 5:5 and 6:4 were practical used for planting.

Keywords: biodegradable pot, water hyacinth, cassava starch, cassava pulp, deterioration

บทนำ

ผักตบชวาจัดได้ว่าเป็นวัชพืชน้ำที่ก่อให้เกิดปัญหา และแพร่กระจายไปในประเทศต่างๆกว่า 50 ประเทศในเขตร้อนและกึ่งร้อนทั่วโลกสร้างความยากลำบากและทำให้เกิดปัญหาต่อการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ ความเสียหายต่อสภาพเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อมของชุมชนในประเทศต่างๆประเทศไทยมีการแพร่ระบาดของผักตบชวาอย่างรุนแรงในแถบที่ราบลุ่มภาคกลางโดยเฉพาะในที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีนน้ำเสียจากชุมชน และอุตสาหกรรมตลอดจนน้ำทิ้งจากบ่อปลาและฟาร์มสุกรทำให้น้ำมีธาตุอาหารสูงทำให้ผักตบชวาเติบโตได้เป็นอย่างดี โดยพบว่าเฉพาะในบริเวณแม่น้ำท่าจีนจะมีผักตบชวาไหลลงสู่อ่าวไทยประมาณวันละ 2,000 ตัน ทำให้เกิดปัญหาเช่นกรณีผักตบชวาลอยเต็มแม่น้ำลำคลองการขนส่งและการสัญจรทางน้ำ เป็นไปอย่างยากลำบากเป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำจนนำไปสู่ปัญหาน้ำท่วม [1] นอกจากนี้

ผักตบชวาที่ขึ้นหนาแน่นจะเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำและการจับปลา ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน ลดที่อยู่อาศัยของปลา มีแสงสว่างใต้น้ำลดลงทำให้พืชอาหารของปลาขนาดเล็กหรือไฟโตแพลงก์ตอนมีปริมาณลดลงอีกด้วย ซึ่งไฟโตแพลงก์ตอนเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดก๊าซออกซิเจนในน้ำมีความจำเป็นต่อปลาและสัตว์น้ำทุกชนิด [2] ในทางกลับกันผักตบชวานั้นมีประโยชน์มากมายไม่ว่าจะเป็นการนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ฟีดส่วนใหญ่ที่มีปริมาณเยื่อใยค่อนข้างสูงสามารถนำไปใช้เป็นอาหารของสัตว์กระเพาะรวมมากกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว [3] หรือนำไปผลิตก๊าซชีวภาพได้มีงานวิจัยศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการนึ่งร่วมกับมูลวัวโดยกระบวนการหมักแบบกะ [4] หรือนำไปทำปุ๋ยหมักโดยหมักร่วมกับกากตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นและกากตะกอนจากโรงงานยางแท่ง STR20 [5] หรือทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง [6] และยังสามารถนำมาช่วยในการบำบัดน้ำเสียบำบัดสารมลพิษที่



ปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้แก่ อินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารต่างๆ เช่นไนโตรเจนฟอสฟอรัสเป็นต้น นอกจากนี้ยังบำบัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียและสารแขวนลอยได้ดี [7] นำมาแปรรูปเป็นเครื่องจักรสาน [8] และนำมาทำเป็นกระถางชีวภาพโดยมีการศึกษาวิจัยผลิตกระถางจากผักตบชวาโดยการนำผักตบชวามาย่อยเป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำไปตากให้แห้งนำมาผสมกับดินเหนียวในอัตราส่วน 1:3 ใส่น้ำให้พอเหมาะเพิ่มความเหนียวของดินด้วยกาบแปงเปียกกระถางผักตบชวาที่ได้นั้นสามารถปลูกพืชให้เจริญเติบโตในกระถางนานถึง 3-6 เดือนสามารถนำไปปลูกลงดินพร้อมกระถางโดยต้นพืชจะถูกกระแทกกระเทือนน้อยที่สุดส่วนตัวกระถางนั้นก็ย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ยให้กับต้นพืชในที่สุด [9] ผักตบชวามีสารอาหารที่พืชต้องการได้แก่ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งจากการศึกษาการทำปุ๋ยหมักร่วมกับกากตะกอนส่วนเกินระบบบำบัดน้ำเสียมีการวิเคราะห์ธาตุอาหารเริ่มต้นของผักตบชวาพบปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เท่ากับ 2.77, 0.60 และ 3.20 เปอร์เซ็นต์ [5] โดยปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในผักตบชวาสามารถช่วยในเรื่องของการเสริมสร้างให้ต้นพืชนั้นเกิดการเจริญเติบโตได้

ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาการขึ้นรูปกระถางชีวภาพจากผักตบชวาโดยใช้ตัวประสาน 2 ชนิดคือ แป้งมันสำปะหลังที่โดยทั่วไปใช้เป็นตัวประสานแต่ต้องหาซื้อตามท้องตลาดและกากมันสำปะหลังซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรที่ได้จากโรงงานแป้งมันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์เพื่อลดปริมาณของเสียและทดแทนการใช้แป้งมันสำปะหลังที่มีราคาสูงกว่า โดยศึกษาสมบัติเชิงกล และการเสื่อมสภาพของกระถางเพื่อประเมินถึงความเป็นไปได้ต่อสภาพการใช้งานจริงและเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การจัดเตรียมวัตถุดิบ

ผักตบชวาได้จากบ่อน้ำสาธารณะ บ้านหนองผือ ตำบลหนองบัว อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม กากมันสำปะหลังจากโรงงานแป้ง บ้านหนองปลาแซง ตำบลหนองบัว

อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม นำผักตบ และกากมันสำปะหลังมาตากแดดให้แห้งนาน 1 สัปดาห์หั่นเป็นชิ้นเล็กนำมาบดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร

การออกแบบกระถาง แบบกระถาง (Mold) เป็นรูปทรงกรวย ด้านบนกระถางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ความสูงของกระถาง 5.9 นิ้ว ฐานของกระถางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้วและความหนาของกระถางขนาด 0.8 นิ้ว

2. การวิเคราะห์วัตถุดิบ

นำตัวอย่างผักตบชวา แป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังไปถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) รุ่น TM 4000 Plus HITACHI เพื่อศึกษาลักษณะของเส้นใยของวัสดุก่อนนำมาขึ้นรูป วิเคราะห์หาปริมาณธาตุไนโตรเจน (N) ทั้งหมด (Total N) ด้วยวิธี Kjeldahl Method วิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส (P) ทั้งหมด (Total P) ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Barton method) และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม (K) ทั้งหมด (Total K) ด้วยเครื่อง Flame photometer ตามวิธีวิเคราะห์ดินและพืชของกรมพัฒนาที่ดิน [10]

3. การขึ้นรูปกระถาง

ทำการชั่งตวงส่วนผสมตามสัดส่วนตามตารางที่ 1 เตรียมตัวประสานแป้งมันสำปะหลังโดยใช้อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม ต่อ น้ำ 250 มิลลิลิตร ให้ความร้อนจนกระทั่งมีความข้นเหนียวก่อนนำไปผสมกับผักตบชวาที่เตรียมไว้ในขณะที่ตัวประสานกากมันสำปะหลังใช้อัตราส่วนกากมันสำปะหลัง 100 กรัมต่อ น้ำ 350 มิลลิลิตร ให้ความร้อนกวนนาน 5 นาที จนมีลักษณะข้นเหนียวก่อนนำไปผสมคลุกเคล้ากับผักตบชวาที่เตรียมไว้ในตาราง จากนั้นนำส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนมาใส่ในแบบกระถางและอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกด้วยแรงกด 10 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (kg/cm^2) เป็นเวลา 2 นาทีจากนั้นถอดและนำกระถางออกจากแบบก่อนนำไปตากแดดไว้เป็นเวลา 5 ชั่วโมงหรือจนกว่ากระถางแห้งเพื่อเตรียมใช้ทดลองขั้นต่อไป



ตารางที่ 1 อัตราส่วนส่วนผสมที่ใช้ศึกษา

ส่วนผสม		อัตราส่วนโดยน้ำหนัก							
ผักตบ:แป้งมันสำปะหลัง	1:9	2:8	3:7	4:6	5:5	6:4	7:3	8:2	9:1
ผักตบ: กากมันสำปะหลัง	1:9	2:8	3:7	4:6	5:5	6:4	7:3	8:2	9:1

4. การทดสอบคุณสมบัติกระถางชีวภาพ

4.1 ทดสอบการรับแรงอัด (Compressive strength) ด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine) ขนาด 300 กิโลนิวตัน Model KD-30 ระบบไฮดรอลิกบริษัท K.THAITHAMRONG ENGINEERING

Limited Partnership เพื่อทดสอบความแข็งแรงจากการกดทับของกระถางชีวภาพ บันทึกค่าแรงกดสูงสุดจากตัวอย่าง 3 ซ้ำ ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบก่อนนำไปคำนวณค่ากำลังอัดจากสมการ

$$(F_c) = (P \times 0.098) / A \tag{1}$$

เมื่อ F_c คือกำลังอัด (เมกะปาสกาล, MPa), P คือน้ำหนักกดสูงสุดต่อก้อนตัวอย่าง (กิโลกรัม), A คือพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างที่รับแรง (ตารางเซนติเมตร, cm^2)

4.2 ทดสอบค่าการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ของกระถาง เป็นการหาปริมาณน้ำที่ดูดซึมไว้ในกระถางภายหลังจากการแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเทียบกับน้ำหนักของกระถางแห้งโดยชั่งน้ำหนักกระถางชีวภาพก่อนนำกระถางชีวภาพไปทำการทดลองการอุ้มน้ำใช้วิธีสุ่ม

ตัวอย่างกระถางมาทดลองตัดเป็นชิ้นให้มีขนาดเท่ากัน จากนั้นนำขึ้นตัวอย่างแช่ลงในภาชนะที่มีน้ำรองรับไว้ใส่ลงในปริมาณ 5-10 ลิตรทำการจับเวลาที่ 1 ชั่วโมงจากตัวอย่าง 3 ซ้ำ และประยุกต์การคำนวณเปอร์เซ็นต์การอุ้มน้ำจากงานวิจัยของ Xinggang Wang และคณะ [11] จากสมการ

$$(W) = \frac{ws - wd}{wd} \times 100 \tag{2}$$

เมื่อ W คือ % ของการอุ้มน้ำ, ws คือน้ำหนักของวัสดุที่อุ้มน้ำ และ wd คือน้ำหนักของวัสดุที่แห้ง

4.3 ทดสอบค่าความพรุนโดยนำตัวอย่างที่ตากแห้งหรืออบเรียบร้อยแล้วมาตัดเป็นชิ้นขนาด 2.5×2.5 เซนติเมตร มาหาค่าความหนาแน่นรวม (Bulk Density, ρ_b) และ

ความหนาแน่นแท้จริงของกระถาง (True Density, ρ_s) ตามวิธีของ ปทุมทิพย์ และคณะ [12] จากตัวอย่าง 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณค่าความพรุนจากสมการที่ 3

$$\epsilon = [1 - (\rho_b / \rho_s)] \times 100 \tag{3}$$

เมื่อ ϵ = ความพรุน, ρ_s = ความหนาแน่นของวัสดุ (g/cm^3) และ ρ_b = ความหนาแน่นรวมของกระถางต้นไม้ (g/cm^3)

4.4 การศึกษาการเสื่อมสภาพและการย่อยสลาย คัดเลือกอัตราส่วนกระถางชีวภาพที่อัตราส่วน 5:5 และ 6:4 ของตัวประสานทั้ง 2 ชนิด เมื่อพิจารณาจากการทดสอบสมบัติเชิงกล โดยใช้กระถางไบโอพลาสติกที่มีส่วนผสมเส้นใยมะพร้าวเป็นชุดควบคุม ศึกษาการเสื่อมสภาพและการสลายตัวของกระถางด้วยการนำกระถางมาปลูกต้นผักชีและวางใน

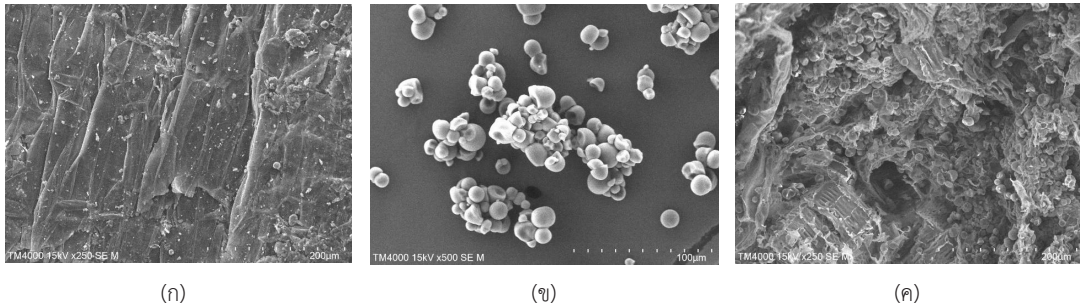
พื้นที่แสงแดดสามารถส่องถึงรดน้ำปริมาณ 250 มิลลิลิตรต่อวัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงของกระถางทุกวันด้วยการบันทึกภาพในระยะเวลาทดลองทั้งหมด 60 วัน ส่วนการศึกษาการสลายตัวทางชีวภาพทำโดยนำขึ้นตัวอย่างกระถางไปฝังในดินที่มีจุลินทรีย์ให้อยู่ในสภาวะอิมมัวด้วยออกซิเจนเป็นระยะเวลา 44 วัน

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์หัตถุติบ

จากภาพที่ 1 แสดงภาพถ่ายลักษณะของหัตถุติบ ทั้ง 3 ชนิดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) จากภาพที่ 1 ก พบว่า ผักตบชวามีลักษณะเป็นเส้นใยและมองเห็นเส้นใยเซลลูโลส

อยู่เป็นจำนวนมากภาพที่ 1 ข พบว่าแป้งมันสำปะหลังไม่มี เส้นใยเซลลูโลสแต่พบถุงแป้งจำนวนมาก และภาพที่ 1 ค แสดงลักษณะผนังเซลล์ของกากมันสำปะหลังเป็นแท่งสี่เหลี่ยม มีลักษณะเป็นถุงกลมแทรกตัวอยู่ในผนังเซลล์จำนวนมาก และสังเกตเห็นเส้นใยเซลลูโลสมากพอสมควร



ภาพที่ 1 (ก) ภาพถ่าย SEM ผักตบชวากำล้างขยาย 250 เท่า (ข) SEM แป้งมันสำปะหลังกำลังขยาย 500 เท่า และ (ค) SEM กากมันสำปะหลัง กำลังขยาย 250 เท่า

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) และโพแทสเซียม ทั้งหมด (K) ในหัตถุติบ ซึ่งพบปริมาณไนโตรเจน (N) ในผัก ตบชวา, แป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังเท่ากับ 0.51 ± 0.01 , 0 และ 0.24 ± 0.01 %wt. ปริมาณฟอสฟอรัส (P) เท่ากับ 0.15 ± 0.01 , 0.02 ± 0.002 และ 0.0006 ± 0.00003 %wt. และปริมาณโพแทสเซียม (K) 6.25 ± 0.18 , 0.21 ± 0.01 และ 0.66 ± 0.04 % wt. ตามลำดับเนื่องจากผักตบชวามีโครงสร้าง ที่เป็นเส้นใยอยู่มากและมีรากที่ช่วยในการสะสมธาตุอาหาร สะสมไว้ที่บริเวณใบและลำต้นจึงทำให้ปริมาณธาตุอาหาร ฟอสฟอรัสของผักตบชวามีมากกว่าแป้งมันสำปะหลัง และ กากมันสำปะหลัง โดยสอดคล้องกับผลการทดลองของ สุทธิ และคณะ [13] ซึ่งพบปริมาณธาตุอาหารสำคัญจากการศึกษา ปุ๋ยหมักจากผักตบชวาเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมเพื่อ

เพิ่มผลผลิต ที่มีปริมาณปริมาณไนโตรเจน 1.3% wt. ฟอสฟอรัส 1.3% wt. และมีโพแทสเซียมอยู่ที่ 3.14% wt. หรือจากการศึกษาของ ประไพพรรณ [5] ที่พบปริมาณ ไนโตรเจน 2.77% wt. ฟอสฟอรัส 0.60% wt. และมี โพแทสเซียมอยู่ที่ 3.20% wt. ในผักตบชวาที่นำมาทำเป็น ปุ๋ยหมักร่วมกับตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับแป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังนั้นก็มี ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสอยู่เช่นกันแต่จะมีปริมาณที่ น้อยกว่าผักตบชวาซึ่งเป็นไปตามผลการทดลองของ สุทธิญา และวรพันธ์ [14] ที่รายงานส่วนประกอบทางเคมีของเปลือก มันสำปะหลังที่มีปริมาณไนโตรเจน อยู่ที่ 0.58% wt. ฟอสฟอรัสอยู่ที่ 0.05% wt. โพแทสเซียมอยู่ที่ 0.56% wt. ดังสรุปในตารางที่ 2



ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุ ไนโตรเจน โปแทสเซียม ฟอสฟอรัส ในวัสดุหลัก

งานวิจัย	ผักตบชวา			แยมันสำปะหลัง			กากมันสำปะหลัง		
	N(%wt.)	P(%wt.)	K(%wt.)	N(%wt.)	P(%wt.)	K(%wt.)	N(%wt.)	P(%wt.)	K(%wt.)
ประไพพรรณ [5]	2.77	0.60	3.20	-	-	-	-	-	-
สุทธิ และคณะ [12]	1.3	1.3	3.14	-	-	-	-	-	-
สุกัญญา และวราพันธ์ [13]	-	-	-	-	-	-	0.58	0.05	0.56
ผลการศึกษา ของงานวิจัยนี้	0.51±	0.15±	6.25±	-	0.02±	0.21±	0.24±	0.0006±	0.66±
	0.01	0.01	0.18		0.002	0.01	0.01	0.00003	0.04

จากข้อมูลของวาสนา [15] ที่กล่าวว่าธาตุอาหารจำเป็นสำหรับพืชทั่วไปที่ยอมรับกันแล้วมีอยู่ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 คือธาตุอาหารหลัก (primary nutrient elements) เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียมกลุ่มที่ 2 คือ ธาตุอาหารรอง (micronutrients) เช่น เหล็กสังกะสีทองแดง เป็นต้น ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากระถางชีวภาพที่ผลิตขึ้นนั้นมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชอยู่ในวัตถุดิบจึงมีส่วนช่วยเพิ่มธาตุอาหารแก่พืชหากกระถางย่อยสลายเองโดยธรรมชาติและช่วยปรับปรุงดินได้เช่นเดียวกับ Schettini และคณะ [16] ที่ได้กล่าวถึงข้อดีของการใช้กระถางชีวภาพที่ย่อยสลายได้สามารถเพิ่มการพัฒนาของรากพืชการเจริญเติบโตของพืชและยังช่วยการปรับสภาพพืชหลังจากการปลูกถ่ายพืชลงดินที่เกิดจากความผิดปกติของรากได้อีกด้วย

2. การขึ้นรูปกระถางชีวภาพ

จากอัตราส่วนโดยน้ำหนักดังตารางที่ 1 ขึ้นรูปกระถางชีวภาพผักตบชวาที่ใช้ตัวประสานแยมันสำปะหลัง และผักตบชวากับตัวประสานกากมันสำปะหลังในอัตราส่วน 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 และ 9:1 (โดยผสมตัว

ประสานกับน้ำก่อน ตามหัวข้อวิธีการศึกษาที่ 3) ซึ่งลักษณะกระถางชีวภาพภายหลังจากการขึ้นรูปแสดงให้เห็นดังตารางที่ 3 พบว่ากระถางชีวภาพสามารถขึ้นรูปได้ในอัตราส่วนของผักตบชวาต่อตัวประสานทั้ง 2 ชนิด ที่อัตราส่วน 4:6, 5:5, 6:4 และ 7:3 ขณะที่อัตราส่วน 8:2 และ 9:1 ไม่สามารถขึ้นรูปได้เนื่องจากมีตัวประสานช่วยยึดเกาะน้อยเกินไป และอัตราส่วน 1:9, 2:8 และ 3:7 ที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้เนื่องจากมีส่วนผสมตัวประสานมากเกินไปทำให้กระถางมีลักษณะเหลวไม่จับตัวกันเป็นรูปทรงที่ต้องการ อัตราส่วนที่ขึ้นรูปได้ถูกนำไปทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ซึ่งการขึ้นรูปกระถางที่สมบูรณ์นั้นสามารถขึ้นรูปกระถางตามแม่พิมพ์ได้ง่าย ถอดแม่พิมพ์ของกระถางออกได้ทันทีที่มีความคงตัว ไม่แตก และไม่ยุ่ยง่าย [17]

3. การทดสอบสมบัติเชิงกล

3.1 การรับแรงอัดของกระถางชีวภาพ

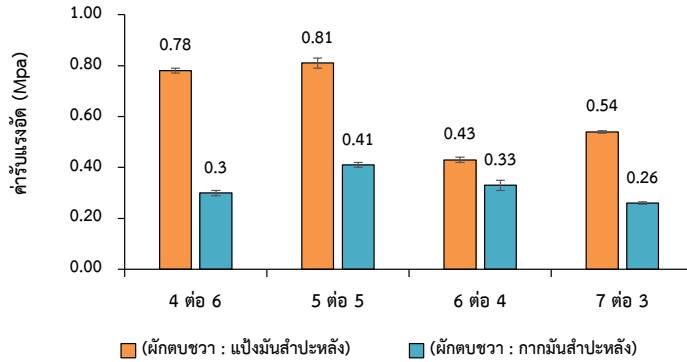
การทดสอบการรับแรงอัดของกระถางชีวภาพของอัตราส่วนผักตบชวาต่อแยมันสำปะหลัง และอัตราส่วนผักตบชวาต่อกากมันสำปะหลังแสดงให้เห็นดังภาพที่ 2

ตารางที่ 3 การขึ้นรูปกระดาษชีวภาพในอัตราส่วนต่างๆของผักตบชวาต่อตัวประสานทั้ง 2 ชนิด

ผักตบชวา : แป้งมันสำปะหลัง		ผักตบชวา : กากมันสำปะหลัง	
อัตราส่วน	ลักษณะทางกายภาพ	ลักษณะทางกายภาพ	ลักษณะทางกายภาพ
4:6	 <p>ขึ้นรูปได้ มีลักษณะบิดเบี้ยวที่ก้นกระดาษ ผิวเรียบเนียน มีความแข็งแรง</p>	 <p>ขึ้นรูปได้ มีรูปทรงสมบูรณ์ มีความแข็งแรง ผิวเรียบเนียน</p>	
5:5	 <p>ขึ้นรูปได้ มีลักษณะบิดเบี้ยวที่ก้นกระดาษเล็กน้อย ผิวเรียบเนียน มีความแข็งแรง</p>	 <p>ขึ้นรูปได้ มีรูปทรงสมบูรณ์ มีความแข็งแรง ผิวเรียบเนียน</p>	
6:4	 <p>ขึ้นรูปได้ มีรูปทรงสมบูรณ์ ผิวเรียบเนียน มีความแข็งแรง</p>	 <p>ขึ้นรูปได้ มีรูปทรงสมบูรณ์ มีรอยแตกเล็กน้อยบริเวณขอบกระดาษ ผิวเรียบเนียน มีความแข็งแรง</p>	
7:3	 <p>ขึ้นรูปได้ มีรูปทรงสมบูรณ์ ผิวเรียบเนียน มีความแข็งแรง</p>	 <p>ขึ้นรูปได้ มีรูปทรงสมบูรณ์ ผิวไม่เรียบมีรอยแตกรอบๆกระดาษ มีความแข็งแรง</p>	

จากภาพที่ 2 แสดงค่ารับแรงอัดของกระดาษชีวภาพในอัตราส่วนผักตบชวาต่อแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 5:5 มีค่าแรงกดเท่ากับ 0.81 MPa เป็นค่าที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น เช่นเดียวกับกากมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 5:5 มีค่าแรงกดที่สูงที่สุดเท่ากับ 0.41 MPa เนื่องจากอัตราส่วนที่ 5:5 เป็นการผสมกันระหว่างผักตบชวาและแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนที่เหมาะสม ขึ้นรูปได้สมบูรณ์ ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันทำให้ตัวกระดาษยึดเกาะกันแน่นส่งผลให้

ค่าแรงดัดสูงกว่าอัตราส่วนอื่น ซึ่งการผสมระหว่างผักตบชวาและกากมันสำปะหลังเป็นเนื้อเดียวกันทำให้ตัวกระดาษยึดเกาะกันแน่น [18] นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานของพินทุม และสุชานันท์ [19] ที่กล่าวถึงความแข็งแรงของตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณตัวประสานที่เพิ่มมากขึ้นจนถึงระดับที่เหมาะสมทำให้เกิดการจับตัวกันแน่นขึ้นทำให้ค่าความแข็งแรงของกระดาษเพาะชำชีวภาพมีค่ามากขึ้นไปด้วย

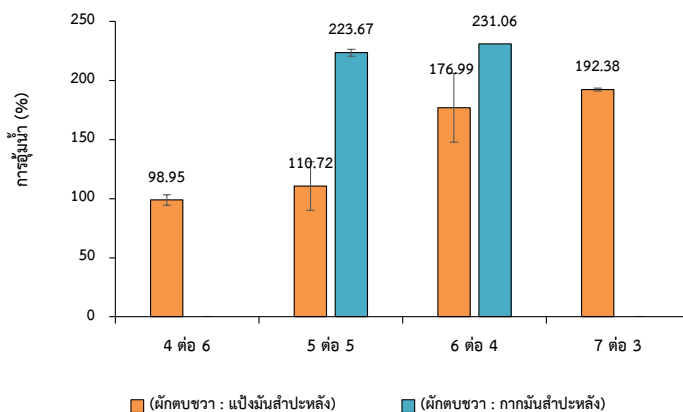


ภาพที่ 2 การรับแรงอัดของกระถางชีวภาพ

3.2 การอุ้มน้ำของกระถางชีวภาพ

จากการทดลองการอุ้มน้ำของกระถางชีวภาพพบอัตราส่วนผักตบชวาต่อแป้งมันสำปะหลังสามารถทดสอบได้ใน 4 อัตราส่วนคือ 4:6, 5:5, 6:4 และ 7:3 ส่วนผักตบชวาต่อกากมันสำปะหลัง สามารถทดสอบได้ใน 2 อัตราส่วนคือ 5:5 และ 6:4 ดังแสดงภาพที่ 3 โดยกระถางชีวภาพผักตบชวาต่อแป้งมันสำปะหลังอัตราส่วน 4:6, 5:5, 6:4 และ 7:3 มีค่าการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นจาก 98.95 เป็น 110.72, 176.99 และ 192.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากมีปริมาณผักตบชวาเพิ่มขึ้นจึงมีการซึมน้ำที่ดี กระถางชีวภาพมีสภาพคงเดิมไม่มีการแตกสลายไปกับน้ำขณะที่มีการแช่น้ำโดยอัตราส่วนที่ 7:3 ที่มีการอุ้มน้ำที่สูงที่สุดเท่ากับ 192.38 เปอร์เซ็นต์ แต่กระถางเกิดการแตกสลายไปกับน้ำจำนวน 1 กระถางจากตัวอย่าง 3 ซ้ำ จึงทำให้อัตราส่วน 6:4 มีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 176.99

เปอร์เซ็นต์ สำหรับกระถางชีวภาพผักตบชวาต่อกากมันสำปะหลังอัตราส่วน 5:5 และ 6:4 มีค่าการอุ้มน้ำเท่ากับ 223.67 และ 231.06 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อัตราส่วนอื่นกระถางมีการสลายไปกับน้ำในขณะที่แช่น้ำไม่สามารถนำมาชั่งน้ำหนักได้และเมื่อเปรียบเทียบตัวประสานแป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังในอัตราส่วนเดียวกันพบว่ากระถางชีวภาพผักตบชวาต่อแป้งมันสำปะหลังมีการอุ้มน้ำมากกว่ากากมันสำปะหลัง ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากตัวประสานแป้งมันสำปะหลังนั้นมีการยึดเกาะที่ดีกว่ากากมันสำปะหลังมีปริมาณแป้งที่ทำหน้าที่เป็นกาวมากกว่าเนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีถุงแป้งเป็นส่วนใหญ่ซึ่งสังเกตจากภาพถ่าย SEM ตามภาพที่ 1 ในขณะที่กากมันสำปะหลังมีถุงแป้งน้อยกว่าทั้งนี้กากมันสำปะหลังเป็นส่วนใหญ่ที่ถูกคัดแยกออกส่วนประกอบมีลักษณะเป็นผนังเซลล์ที่ห่อหุ้มเนื้อแป้งไว้เป็นส่วนใหญ่

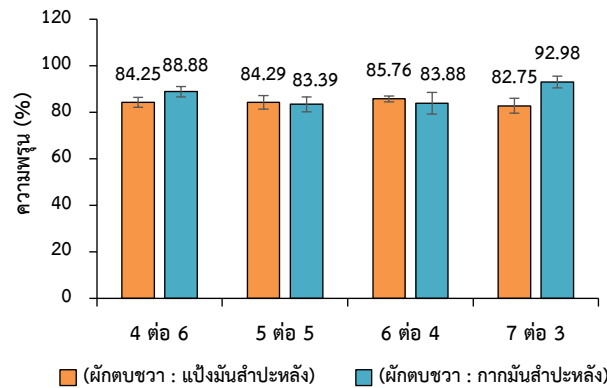


ภาพที่ 3 ค่าการอุ้มน้ำของกระถางชีวภาพ

3.3 ความพรุนของกระถางชีวภาพ

การทดสอบความพรุนของกระถางชีวภาพของอัตราส่วนผักตบชวาต่อแยมันสำปะหลังและอัตราส่วนผักตบชวาต่อกากมันสำปะหลังแสดงในภาพที่ 4 จากการศึกษาพบว่า ทุกอัตราส่วนที่ทดสอบมีความพรุนอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ระหว่าง 82.75 – 92.98 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางชีวภาพผักตบชวาต่อแยมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 5:5 และ

6:4 มีค่าความพรุนเท่ากับ 84.29 และ 85.76 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กระถางชีวภาพผักตบชวาต่อกากมันสำปะหลังที่อัตราส่วนเดียวกันมีค่า 83.39 และ 83.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งกระถางที่มีความพรุนภายในทำให้มีช่องว่างในการถ่ายเทอากาศสะดวก สามารถช่วยให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้ดี [20]



ภาพที่ 4 ค่าความพรุนของกระถางชีวภาพ

3.4 การเสื่อมสภาพของกระถางชีวภาพ

จากการทดลองการเสื่อมสภาพของกระถางชีวภาพ ในอัตราส่วนที่ถูกเลือกมาเมื่อใช้ตัวประสานทั้ง 2 ชนิด คือ 5:5 และ 6:4 โดยใช้กระถางที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวเป็นชุดควบคุมปลูกต้นผักซีเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งพบว่ากระถางชีวภาพในช่วงสัปดาห์ที่ 1-2 ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนเป็นที่สังเกตได้ช่วงสัปดาห์ที่ 3 เริ่มสังเกตเห็นว่ามีอัตราการงอกของเมล็ดในทุกกระถางช่วงสัปดาห์ที่ 4-7 เริ่มมีการเจริญเติบโตของต้นผักซีและเริ่มเกิดการเสื่อมของกระถางและเริ่มมีรากขึ้นในชุดการทดลองเนื่องจากสภาพอากาศระหว่างทดลองนั้นมีความร้อนและชื้นช่วงสัปดาห์ที่ 8-12 มีการเสื่อมสภาพของกระถางชีวภาพในทุกๆ ชุดการทดลอง กันกระถางมีรอยแยกชัดเจน ต้นผักซีมีการเหี่ยวเฉาเนื่องจากสภาพอากาศ และความชื้นที่ได้รับจากการรดน้ำทุกวันส่วนกระถางชุดควบคุมที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวจะมีความคงทนและเกิดการเสื่อมสภาพน้อยที่สุดโดยกระถางชีวภาพจากผักตบชวากับกากมัน

สำปะหลังเกิดการเสื่อมสภาพเร็วกว่ากระถางชีวภาพที่ทำจากผักตบชวากับแยมันสำปะหลังและกระถางชุดควบคุมสอดคล้องกับผลการทดลองของ เจนจิรา และพัชรี [21] ที่กล่าวว่ากระถางชีวภาพผักตบชวาที่ทำจากอัตราส่วนของผักตบชวา:แยมันสำปะหลัง 200 กรัม : 200 กรัม หรือเทียบได้กับอัตราส่วน 5:5 โดยน้ำหนักในชุดการทดลองนั้นมีความทนทานในการปลูกพืชและกระบวนการสลายของกระถางไม่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงกับพืชที่นำมาปลูก นอกจากนี้ยังพบว่ากระถางชีวภาพที่ทำจากผักตบชวาต่อแยมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 5:5 มีการเสื่อมสภาพได้ช้ากว่าอัตราส่วนอื่นๆ และมีการเติบโตของต้นผักซีมากซึ่งสังเกตจากลักษณะต้นที่เจริญเติบโตในกระถางจากผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าหากมีการนำกระถางชีวภาพอัตราส่วนนี้ไปใช้เพาะชำพืชแล้วสามารถนำดินที่ซลงปลูกในดินได้พร้อมกระถางโดยที่วัสดุที่นำมาทำกระถางสามารถถูกย่อยสลายและเปลี่ยนเป็นวัสดุปรับปรุงดินให้กับพืชในที่สุดเนื่องจากมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช























3.5 กระถางชีวภาพที่ผ่านกระบวนการย่อยสลาย

กระถางชีวภาพที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยนำไปฝังไว้ในดินที่ผสมปุ๋ยมูลไส้เดือนทั้ง 5 ชุด การทดลองเมื่อครบระยะเวลาทั้งหมด 44 วัน จึงได้นำขึ้นตัวอย่างของกระถางชีวภาพมาสังเกตลักษณะของตัวอย่างโดยตัดขึ้นตัวอย่างและนำมาฝึ้งแดดไล่ความชื้นโดยลักษณะของขึ้นตัวอย่างนั้นแสดงในตารางที่ 5 พบว่ากระถางชีวภาพผักตบชวาต่อแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 5:5 มีการเสื่อมสลายที่สามารถมองเห็นได้ชัดและอัตราส่วน 6:4 เริ่มพบเชื้อราเกิดขึ้นที่กระถาง กระถางชีวภาพผักตบชวากับกากมันสำปะหลัง




































ที่อัตราส่วน 5:5 เกิดการสลายของขึ้นตัวอย่างและมีการพองตัวในบางจุด อัตราส่วนที่ 6:4 มีลักษณะการพองตัวของขึ้นตัวอย่างมีลักษณะอ่อนตัว สำหรับกระถางควบคุมที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวยังคงมีลักษณะสภาพที่ดีมีการย่อยสลายน้อยกว่าชุดการทดลองซึ่งสาธิตี และคณะ [22] ได้กล่าวว่าดินที่ใช้ในการปลูกต้นไม้ มักมีเศษใบพืชซึ่งเป็นเซลลูโลสสะสมอยู่ มีจุลินทรีย์ในดินที่มีความคุ้นเคยกับการย่อยเซลลูโลสหรือมีเอนไซม์ที่มีอยู่เดิมจึงทำให้เกิดการย่อยสลายได้เร็วเมื่อนำตัวอย่างลงไปดิน

ตารางที่ 4 การเสื่อมสภาพของกระถางชีวภาพที่ทำจากผักตบชวาและตัวประสาน 2 ชนิด

สัปดาห์ที่	กระถางควบคุม เส้นใยมะพร้าว	ผักตบ : แป้งมันสำปะหลัง		ผักตบ : กากมันสำปะหลัง	
		5:5	6:4	5:5	6:4
1					
2					
3					
4					
5					



ตารางที่ 4 (ต่อ)

ลำดับที่	กระถางควบคุม เส้นใยมะพร้าว	ผักตบ : แป้งมันสำปะหลัง		ผักตบ : กากมันสำปะหลัง	
		5:5	6:4	5:5	6:4
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					



ตารางที่ 5 ผลของการย่อยสลายทางชีวภาพของกระดาษ

ผักตบชวา : แป้งมันสำปะหลัง		ผักตบชวา : กากมันสำปะหลัง	
อัตราส่วน	ลักษณะกระดาษ	อัตราส่วน	ลักษณะกระดาษ
5:5	 <p>มีร่องรอยการย่อยสลายทางชีวภาพ พองตัว มีราขึ้น และมีการหลุดของชิ้นตัวอย่าง</p>	 <p>มีร่องรอยการย่อยสลายทางชีวภาพ มีการพองตัว มีราขึ้นตามชิ้นตัวอย่าง มีการหลุดของชิ้นตัวอย่าง</p>	
6:4	 <p>มีร่องรอยการย่อยสลาย มีการพองตัว มีราขึ้นชิ้นตัวอย่าง</p>	 <p>มีร่องรอยการย่อยสลายทางชีวภาพ มีการพองตัว มีราขึ้นเล็กน้อย มีการหลุดของเส้นใยของวัตถุดิบ</p>	
กระดาษเส้นใยมะพร้าว	 <p>ไม่มีร่องรอยการย่อยสลายทางชีวภาพที่เด่นชัดเส้นใยกากมะพร้าวเริ่มไม่เกาะตัว</p>	 <p>ไม่มีร่องรอยการย่อยสลายทางชีวภาพที่เด่นชัดเส้นใยกากมะพร้าวเริ่มไม่เกาะตัว</p>	

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการทำกระดาษชีวภาพจากผักตบชวาโดยใช้ตัวประสาน 2 ชนิด คือแป้งมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังที่เป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรนั้นสามารถขึ้นรูปกระดาษได้ 4 อัตราส่วนของผักตบชวาต่อตัวประสานทั้ง 2 ชนิด คือ 6:4, 5:5, 4:6 และ 7:3 โดยน้ำหนัก มีรูปทรงสมบูรณ์ ผิวเรียบเนียน แข็งแรง โดยพบว่าทั้งกระดาษชีวภาพผักตบชวาต่อแป้งมันสำปะหลังและกระดาษชีวภาพผักตบชวาต่อกากมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 5:5 มีค่ารับแรงกดสูงสุดที่ 0.81 และ 0.41 MPa เนื่องจากตัวประสานแป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังมีเนื้อแป้งที่ประกอบไปด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ที่ทำให้เกิดเจลลาดินเมื่อได้รับความร้อน [23] ทำให้เป็นตัวเชื่อมประสานอนุภาคของผักตบชวาให้มีความแข็งแรงและทนทานได้ดี เมื่อนำมาทดสอบการอ้วนน้ำนั้นพบว่ากระดาษชีวภาพผักตบชวาต่อแป้งมันสำปะหลังสามารถวัดค่าการอ้วนน้ำได้ทั้ง 4 อัตราส่วน โดยอัตราส่วน 6:4 โดยน้ำหนักมีค่าการอ้วนน้ำสูงสุดที่ 176.99

เปอร์เซ็นต์ส่วนกระดาษชีวภาพผักตบชวาต่อกากมันสำปะหลังสามารถวัดค่าการอ้วนน้ำได้ 2 อัตราส่วน คือ 5:5 และ 6: 4 โดยน้ำหนักเพราะอัตราส่วนอื่นมีการสลายตัวละลายไปกับน้ำที่แช่กระดาษ โดยอัตราส่วน 6:4 โดยน้ำหนักมีค่าการอ้วนน้ำสูงสุดที่ 231.06 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดสอบความพรุนพบว่ากระดาษชีวภาพทั้ง 4 อัตราส่วนที่ใช้ตัวประสานแป้งมันสำปะหลังมีความพรุนอยู่ระหว่าง 82.75-85.76 % ตัวประสานกากมันสำปะหลัง 83.39-92.98 % ตามลำดับ ทั้งนี้ความพรุนของกระดาษมีส่วนทำให้เพิ่มการถ่ายเทอากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพต่อการย่อยสลายของกระดาษในธรรมชาติได้ดี เช่นเดียวกับงานวิจัยของ สุทธิชาติ และคณะ [24] ที่พบการย่อยสลายมากขึ้นเมื่อเพิ่มเส้นใยจากต้นสาจากจากการผลิตพลาสติกย่อยสลายได้เนื่องจากความพรุนเพิ่มมากขึ้น

จากการทดสอบสมบัติเชิงกลของกระดาษชีวภาพทั้ง 2 ชนิด ทำการคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 5:5 และ 6:4 ทดสอบการเสื่อมสภาพภายในระยะเวลา 12 สัปดาห์



(ตารางที่ 4) และการย่อยสลายภายในเวลา 44 วัน (ตารางที่ 5) นั้นพบว่าร่องรอยการเสื่อมสภาพตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไปลักษณะของการสลายตัวมีการพองตัวของชิ้นตัวอย่างและหลุดออกของเส้นใยพร้อมกับมีราขึ้น มีสภาพการเสื่อมสลายตัวไปอย่างช้าๆ แต่เร็วกว่าเมื่อเทียบกับกระถางชุดควบคุมที่ทำจากเส้นใยมะพร้าว ซึ่งการเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งยืนยันได้ว่ากระถางชีวภาพสามารถเสื่อมและสลายตัวได้ในธรรมชาติในระยะเวลาไม่นาน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2563 คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผู้ร่วมวิจัยทุกท่านจากทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยที่ร่วมกันทำงานจนประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. สุธีรา ชูบัณฑิต. ผักตบชวา ปัญหาระดับชาติกฎหมายกำจัดผักตบชวา. [อินเทอร์เน็ต]. 2021 [เข้าถึงเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2564]. เข้าถึงได้จาก: http://61.19.241.96/w3c/senate/pictures/content/file_1408435896.pdf
2. ศุภฤกษ์ ดวงขวัญ. การจัดการผักตบชวา. [อินเทอร์เน็ต]. 2021 [เข้าถึงเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2564]. เข้าถึงได้จาก: <http://reo06.mnre.go.th/home/images/upload/file/report/work2554/supareak01.pdf>
3. อภรณ์ ส่งแสง, อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ทรัพยากรชีวภาพในทะเลน้อยเพื่อการเลี้ยงสัตว์: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2548, มหาวิทยาลัยทักษิณ. สงขลา; 2548.
4. กิตติยา บ่อมเงิน, ประภา โช๊ะสลาม, รัชพล พะวงค์รัตน์. การผลิตแก๊สชีวภาพจากผักตบชวาที่ผ่านการปรับสภาพด้วย การนี้ร่วมกับมูลวัวโดยกระบวนการหมักแบบกะ. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 2559; 8(3):76-86.
5. ประไพพรรณ จันทร์ทิพย์. การทำปุ๋ยหมักผักตบชวา ร่วมกับกากตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางชั้น และกากตะกอนจากโรงงานยางแท่ง STR 20. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา; 2559.
6. นิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล, ธรรพร บุคย์น้ำเพชร. ลักษณะการขึ้นรูปและตัวประสานที่แตกต่างกันต่อสมบัติของเชื้อเพลิงที่ผลิตจากผักตบชวา. Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University 2559;3(6):86-100.
7. สิริสุดา หนูทิมทอง, สมพจน์ กรรณนุช, วิวัฒน์ ศัลยกำธร, ธวัชชัย ศุภดิษฐ์. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติบำบัด กรณีศึกษา ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม 2552;5(2):74-88.
8. ธนกรณ์ ศิริสุขโกคา. การศึกษาวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานผักตบชวา กรณีศึกษา ตำบลไทรงาม อำเภอ บางเลน จังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต สาขาวิชาศิลปศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ; 2555.
9. บรรยงค์ แบบประเสริฐ, นงลักษณ์ บรรยงวิจัย. การผลิตกระถางผักตบชวา. [อินเทอร์เน็ต]. 2021 [เข้าถึงเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2564]. เข้าถึงได้จาก: http://lib3.dss.go.th/fulltext/Vichakran/vichakran_rd_0011.pdf
10. กรมพัฒนาที่ดิน. คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน. [อินเทอร์เน็ต]. 2020 [เข้าถึง เมื่อ 15 กันยายน 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-07.pdf>
11. Wang X, Lu S, Gao C, Xu X, Wei Y, Bai X, et al. Biomass-based multifunctional fertilizer system featuring controlled-release nutrient, water-retention and amelioration of soil. RSC Advances 2014;4:18382-90.



12. ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, สุรัตน์ บุญพั่ง, จิรพล กลิ่นบุญ, ไชยยันต์ ไชยยะ, และคณะ. กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2548, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพฯ. กรุงเทพฯ; 2548.
13. สุทธิพลรักษา, จินดาวัลย์วิบูลย์อุทัย, ธวัชชัยเนียรวิฑูรย์. การทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาผสมมูลวัวโดยใช้สารเร่งชีวภาพ. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม 2553;6(1):97-108.
14. สุกัญญา จิตตพรพงษ์, วราพันธ์ จินตณวิชญ์. การใช้ประโยชน์เศษเหลือจากมันสำปะหลัง. [อินเทอร์เน็ต]. 2020 [เข้าถึง เมื่อ 15 กันยายน 2563]. เข้าถึงได้จาก: https://www.tapiocathai.org/Brochure/c_2.pdf
15. วาสนา ยอดปรางค์. ผลของการให้ธาตุอาหารรองและจุลธาตุทางใบในรูปของคีเลตกรดอะมิโน ต่อการดูดใช้ธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของพริก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา; 2553.
16. Schettini E, Santagata G, Malinconico M, Immirzi B, Mugnozsa S, Vox G. Recycled wastes of tomato and hemp fibres for biodegradable pots: Physico-chemical characterization and field performance. Resour Conserv Recycl 2013;70:9-19.
17. วรณวิภา ไชยชาญ, อนงก สวาวอินทร์. การผลิตและสมบัติของกระถางเพาะชำชีวภาพจากกากกาแฟผสมปูนขาวจากเปลือกหอย. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 28 วันที่ 8-9 พฤษภาคม 2561. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง; 2561. หน้า 49-60.
18. กิตติชัย โสพันทนา, วิชชุดา ภาโสสม, กนกวรรณ วรดง, อนันตสิทธิ์ ไชยวังราช. การประดิษฐ์และสมบัติของกระถางชีวภาพ. SNRU J Sci Tech 2558;7(2):1-7.
19. พินทุม รุ่งทองศรี, สุชานันท์ สิริอัจฉรานนท์. เครื่องอัดกระถางผักตบชวาแบบไฮดรอลิก. ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม; 2556.
20. Jirapornvaree I, Suppadit T, Popan A. Use of Pineapple Waste for Production of Decomposable Pots. Int J Recycl Org Waste Agric 2017;6(4):345-50.
21. เจนจิรา ทวีตั้งตระกูล, พัชรี ยงดี. กระถางชีวภาพจากผักตบชวา. ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม; 2554.
22. สาธินี ศิริวัฒน์, ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์, ธนาวดี ลีจากภัย. การย่อยสลายทางชีวภาพของบรรจุภัณฑ์ชนิดพอลิแลคติกแอซิดและเยื่อชานอ้อย. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. 2553;3(2):1-8.
23. Wijesinghe J, Wicramasinghe I, Saranandha K. Effect of different modification methods on gelatinization properties and amylose content of kithul (Caryotaurens) flour. Pak J Nutr 2016; 15(4):312-8.
24. สุทธิษา ก้อนเรือง, การะเกด แก้วใหญ่, ธวัชชัย เทพนวล, มาริสา เชษฐวรณสิทธิ์. การผลิตพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเส้นใยต้นสาคุ. Tsu J 2020;23 (2):65-73.



Effect of ethanol polarity and temperature on antioxidant activity, tyrosinase inhibition, and total phenol content of *Garcinia atroviridis* (Asam gelugor) fruits extract

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: 27 April 2022/ Revised: 31 May 2022/ Accepted: 8 June 2022

Abstract

In this study, the fruit of *G. atroviridis* was extracted and investigated their antioxidant activities and total phenolic content (TPC) using many extraction conditions, including temperature (10 °C, 25 °C, and 40 °C) and polarity of solvent (90%, 70%, and 50% w/w of ethanol). The extraction percentage yields were found in the range of 6.68 -18.97, depending on extraction temperatures and the polarity of solvents. The highest percentage yield of providing condition was at ethanol 40 °C and 50% (w/w). Because of a different mechanism in assessing antioxidant capacity, antioxidant activities were performed using DPPH and ABTS techniques and reported as the percent inhibition. According to both techniques, the percent inhibition of crude extract was different in the range of 24.61 – 41.01 and 12.90 – 27.74 of DPPH and ABTS assay, respectively, depending on extraction temperatures and polarity solvents as well. The extract condition at 40 °C and 50% (w/w) of ethanol provided the crude extract showing the highest antioxidant activity at percent inhibition of 41.01 ± 4.17 and 27.74 ± 0.84 for DPPH and ABTS assay, respectively. In addition, tyrosinase inhibition of crude extract displayed in the range of 42.88 – 56.13. The extracted temperature at 50 °C and 50% (w/w) of ethanol provided the crude extract showing the highest tyrosinase inhibition at a percent inhibition of 46.13 ± 0.63 . However, the extract temperatures used in this study did not affect the total phenolic content of crude extract, which was 13.39-17.41 mg GAE/g. The proper condition for extracting the crude *G. atroviridis* fruit was 50% ethanol as a solvent and 40 °C as an extraction temperature. The crude extract provided the highest yield, antioxidant capacity, tyrosinase inhibition, and total phenolic content from this condition.

Keywords: *Garcinia atroviridis*, antioxidant activities, total phenol content, solvent polarity, tyrosinase inhibition



Introduction

Som-kak (*Garcinia atroviridis* Griff.) is a medium-sized plant that is twenty meters in height and belongs to the Clusiaceae family. This plant was found in tropical rainforest countries such as Thailand, Malaysia, Myanmar, and India [1]. Its fruit is yellow-orange and popular for use as a seasoning ingredient in food making sour taste. *G. atroviridis* has been used as an agent to treat cough and throat irritation and as a laxative. It is believed that it also assisted in blood circulation, such as blood pressure [2]. Moreover, the fruit is a lotion blended with vinegar, which is used to relieve stomachache associated with pregnancy by rubbing upon a woman's abdomen in confinement [1, 3].

The fruit of *G. atroviridis* contains natural fruit acids such as citric, pentadecanoic, octadecanoic, nonadecanoic, and dodecanoic. In addition, an investigation of its chemical composition revealed that it contains garcinia acid, atroviridin, atroviridone, atrovirinone, and some flavonoids, which are a group of compounds that showed widely biochemical and medicinal activities [2]. For example, the biological activities of crude extracts and pure substances from different parts of *G. atroviridis* showed antimicrobial activity [4], anti-cancer cell lines [5-7], antioxidant activities (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays) [8, 9], enzyme cholinesterase inhibition, reducing hyperlipidemia [8], and tyrosinase inhibition [10].

Although solvent extraction has been widely used to investigate antioxidant compounds from plants, some antioxidant compounds may not be soluble in a particular solvent [8, 11, 12]. Because of the safe for humans, ethanol has generally been

used to extract plants containing high polyphenol content. There have been reported that the different extract conditions, such as solvents, extraction time, and extraction methods, resulted in different extraction yields [8, 11, 12]. In addition, the determination of antioxidant potential has been performed using different techniques because each method has a different mechanism for assessing antioxidant capacity [13]. In this study, *G. atroviridis* fruits were extracted from varying conditions: the polarity of solvent and extraction temperatures. The crude extracts from different conditions were determined and compared the extraction yield, total phenolic content (TPC), tyrosinase inhibition, and *in vitro* antioxidant activities using 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) assays. The results of this study could reveal the suitable extract condition of *G. atroviridis* fruits for applying in cosmetic ingredients.

Methods and Materials

Chemicals and Reagents

All analytical grade solvents, ethanol (EtOH) and dimethyl sulfoxide (DMSO), were purchased from RCI Labscan (Bangkok, Thailand). The 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), sodium nitroprusside (SNP), sulphanilamide, naphthylenediamine dihydrochloride, 2,4,6-tripyridyl-s-triazine, Folin-ciocalteau reagent, gallic acid, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox), mushroom tyrosinase enzyme, kojic acid, and phosphate buffer were purchased from Sigma (Singapore). All other reagents were of analytical grade.



Plant materials

The *G. atroviridis* were collected from Yala Province, Thailand, in February 2018. The voucher specimen was compared and stored at the Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand (BKF.No. 190331). The fruits of *G. atroviridis* were cleaned with deionized water, cut into small pieces, air dried, and oven at 50°C in a hot air oven (Memmert, UM 400, Germany) until stable weight (moisture content < 5 %). Before extraction, the dried sample was pulverized mill to get a 40 to 60 mesh powder.

Sample Preparation and Extraction

The *G. atroviridis* fruit powder was extracted using three concentrations of aqueous ethanol: 90%, 70%, and 50% (w/w). In addition, 10 g of dry powder was extracted with 100 mL of solvent in a 250 mL Erlenmeyer flask for each condition. The mixtures were shaken at 10, 25, and 40°C for 24 hours at 200 rpm (JSR, JSSI-100, KOREA). After extraction, the solution was filtrated, evaporated under vacuum (IKA, RV10, Germany), and freeze-dry

(VIRTIS, Benchtop Freeze dryer, USA). The crude extract powder was dissolved in DMSO and used to investigate antioxidant activities and total phenolic content.

Crude extract yield

The yield of crude extract was calculated from $\{[W_{crude}/W_{plant}] \times 100\}$, where W_{crude} was the weight of dry crude extract and W_{plant} was the dry weight of the *G. atroviridis* fruit powders.

DPPH assay

The 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) assay was performed with a slight modification [14]. The 50 uL of crude extract (1.0 mg/mL in DMSO) or Trolox (10 ug/mL in EtOH) and 150 uL of DPPH solution (0.1 mM in 50% v/v EtOH) were mixed and incubated in the absent of light at 25°C for 30 minutes. The absorbance of the mixture was read at wavelength (λ) of 517 nm (Biochrome, EZ2000, UK). The percentage inhibition of DPPH radical of each extract was calculated as the following equation:

$$\text{Inhibition (\%)} = \{[A_c - (A_s - A_b)]/A_c\} \times 100\% \quad (1)$$

where

$$A_c = 150 \text{ uL DPPH} + 50 \text{ uL DMSO}$$

$$A_s = 150 \text{ uL DPPH} + 50 \text{ uL Sample/standard}$$

$$A_b = 150 \text{ uL 50\% (v/v) EtOH} + 50 \text{ uL Sample/standard}$$

ABTS assay

The 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) radical scavenging assay was investigated as previously reported with a slight modification [14]. The 50 uL of crude extract (1 mg/mL) and 150 uL of ABTS solution were transferred and mixed into a 96-well

microplate. The reaction mixture was incubated in the absence of light at 25°C for 10 minutes, and the absorbance was measured at λ of 734 nm (Biochrome, EZ2000, UK). The experiment data were analyzed as percent inhibition of the ABTS•+ radical as the following equation:



$$\text{Inhibition (\%)} = \{[A_c - (A_s - A_b)]/A_c\} \times 100\% \quad (2)$$

where

A_c = the absorbance of control (150 μ L ABTS + 50 μ L DMSO)

A_s = the absorbance of sample (150 μ L ABTS + 50 μ L sample)

A_b = the absorbance of blank (150 μ L Water + 50 μ L sample)

Total phenolic content

The total phenolic contents (TPC) of *G. atroviridis* fruit extract were tested using Oliveira method with slight modification [14]. The 12.5 μ L of crude extract (1 mg/mL in DMSO), 200 μ L deionized water, and 12.5 μ L Folin-Ciocalteu reagent were mixed in a 96-well microplate and shaken for 3 minutes (Eppendorf, ThermoMixer C, Germany). Next, the 25 μ L of saturated Na_2CO_3 was added, shaken for 3 minutes, and stood in the absence of light at 25°C for 60 minutes. The absorbance of the mixture was measured with a microplate reader (Biochrome, EZ2000, UK) at λ of 720 nm. TPC was expressed as gallic acid (10 – 200 μ g/mL) equivalent.

$$\text{Inhibition (\%)} = \{[A_{\text{control}} - (A_{\text{test sample}} - A_{\text{blank}})]/A_{\text{control}}\} \times 100\% \quad (3)$$

where A_{control} = 80 μ L phosphate buffer +40 μ L 25 mM L-DOPA + 40 μ L Tyrosinase + 40 μ L 50% DMSO

$A_{\text{test sample}}$ = 80 μ L phosphate buffer +40 μ L 25 mM L-DOPA + 40 μ L Tyrosinase + 40 μ L Sample

A_{Blank} = 120 μ L phosphate buffer +40 μ L 25 mM L-DOPA + 40 μ L Sample

Statistical analysis

All data analysis was performed using SPSS version 28.0 (SPSS Inc.). Values were expressed as the mean \pm standard deviation (SD) of three replications. For comparison among all groups, one-way analysis of variance (one-way ANOVA) was used and followed by Duncan multiple comparison test. Differences were considered statistically significant at $P < 0.05$.

Tyrosinase inhibition [15]

The *G. atroviridis* fruit extracts or kojic acid were dissolved in 50% (v/v) DMSO solution (2 mg/mL). The 80 μ L of phosphate buffer (pH 6.8), 40 μ L of 25 mM L-DOPA, and 40 μ L sample or kojic acid were mixed in a 96-well microplate and shaken for 3 minutes (Eppendorf, ThermoMixer C, Germany). Next, the 40 μ L of tyrosinase enzyme (500 U/mL) was added and shaken for 10 minutes without light at 25°C. The absorbance of the mixture was measured with a microplate reader (Biochrome, EZ2000, UK) at λ of 490 nm. The experiment data were analyzed as percent inhibition of the tyrosinase enzyme as the following equation:

Results and Discussion

The yields of *G. atroviridis* fruit extract was determined with varying polarity from higher to lower (50%, 70%, and 90% w/w ethanol) at different extraction temperatures (10°C, 25°C, and 40°C). At a fixed temperature, the extract yields of *G. atroviridis* fruit were significantly increased by the varying polarity of solvents (Figure 1). According to previous reports, the effect of solvent polarity on

the percentage yields of the crude extracts depended on various factors such as plant species, chemical constituents, solvent polarity, and extraction time [16, 17]. The *G. atroviridis* fruit mainly

contained polar group substances, highly soluble in polar solvents [18]. Therefore, the increase in solvent polarity of the *G. atroviridis* fruit extraction process provided a higher yield of crude extract.

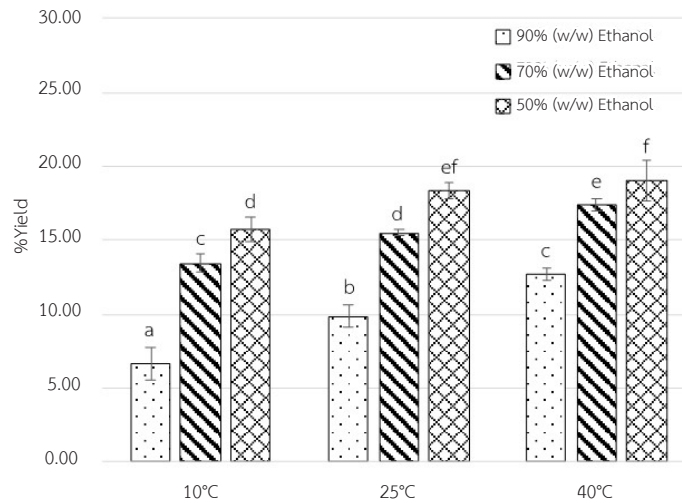


Figure 1 Effect of solvent polarity and temperature on *G. atroviridis* fruit extract yield. Data are expressed as mean \pm SD. Different letters indicate significant differences between groups using one-way ANOVA ($P < 0.05$) followed by Duncan multiple comparison test. $n = 3$ per group.

The DPPH antioxidant assay of *G. atroviridis* extracts and Trolox (20 $\mu\text{g/mL}$), a standard compound, were compared (Figure 2). The antioxidant activities of the extracts reported as percent inhibitions were higher when the extraction temperature and the polarity of solvent were increased. At 40°C, the extracts showed the highest antioxidant level at 34.48 ± 2.28 , 37.58 ± 2.13 , and 41.01 ± 4.17 , for 90%, 70%, and 50% (w/w) of ethanol, respectively. The crude extracted at 40°C and 50% (w/w) ethanol

exhibited the highest antioxidant activity, similar to the Trolox value (47.10 ± 0.46). While the crude extracted at room temperature (25°C) displayed lower antioxidant activity at the percent of inhibition of 28.74 ± 2.18 , 29.75 ± 1.57 , and 34.59 ± 2.40 , for 90%, 70%, and 50% (w/w) of ethanol, respectively. The crude extracted at the cool condition (10°C) showed a low percent of DPPH inhibition instead at 24.61 ± 1.77 , 30.72 ± 2.88 , and 33.28 ± 3.28 , for 90%, 70%, and 50% (w/w) of ethanol, respectively.

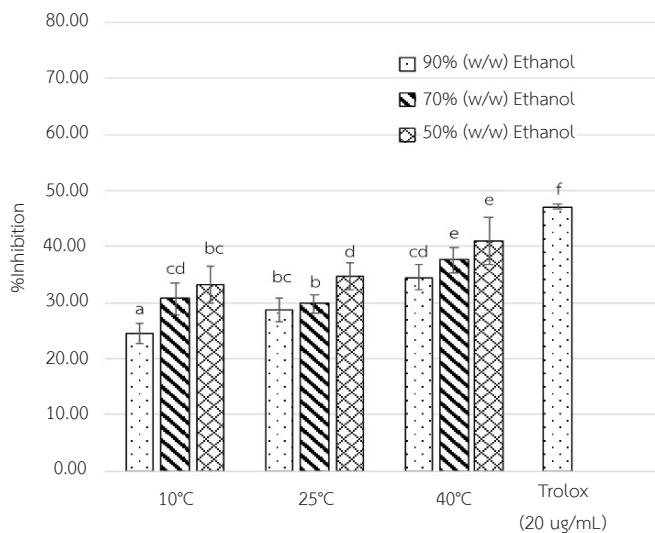


Figure 2 Effect of solvent polarity and temperature on radical scavenging activity (DPPH) of *G. atroviridis* fruit extract. Data are expressed as mean ± SD. Different letters indicate significant differences between groups using one-way ANOVA ($P < 0.05$) followed by Duncan multiple comparison test. $n = 3$ per group.

The antioxidant capacity of *G. atroviridis* fruit extracts was also performed using ABTS assay. The ABTS•+ radical can be soluble in both water and polar organic solvents and can be used over a wide pH range. Whereas ABTS•+ reacts rapidly with antioxidants, the DPPH free radical was relatively stable compared to the free radicals from reactions born in the body [19]. From the previous reports, the chemical constituents of *G. atroviridis* fruits contained many organic acids high in polarity and can be sensitive to free radicals using various antioxidant assays [13]. The scavenging effect of the crudes extracted from various conditions to the ABTS•+ radical was shown in Figure 3 as percent inhibition. The *G. atroviridis* fruits extracted at 40°C and 50% (w/w) of ethanol displayed the highest antioxidant activity at 27.74 ± 0.84 . While Trolox, the standard compound (40 ug/mL), presented a

percent inhibition value to the ABTS•+ radical at 22.79 ± 2.00 . The *G. atroviridis* fruits extracted at 40°C with the solvent having less polarity (90% and 70% (w/w) of ethanol) manifested lower antioxidant efficiency at 15.23 ± 2.00 and 19.29 ± 0.88 , respectively. The antioxidant activity of other *G. atroviridis* fruit extracts from other extraction conditions (10°C and 25°C) exhibited a similar trend as mentioned above. The crude extracted at room temperature (25°C) displayed lower antioxidant activity at the percent of inhibition of 12.90 ± 2.30 , 17.86 ± 1.43 , and 22.51 ± 1.15 for 90%, 70%, and 50% (w/w) of ethanol, respectively. While the crude extracted at the cool condition (10°C) showed a relatively low percent of ABTS•+ radical inhibition at 13.83 ± 1.60 , 16.09 ± 0.64 , and 19.62 ± 0.69 , for 90%, 70%, and 50% (w/w) of ethanol, respectively.

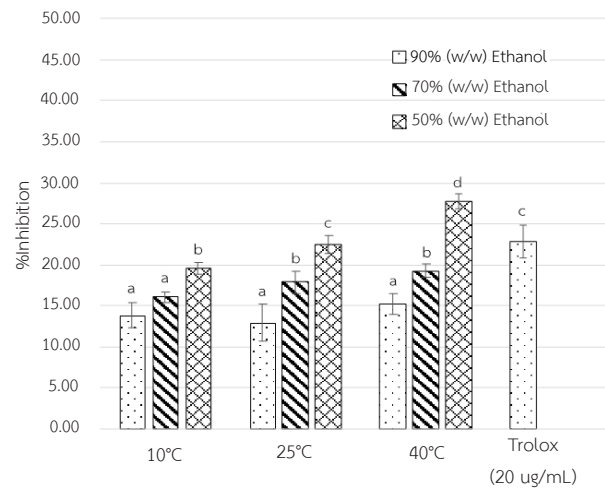


Figure 3 Effect of solvent polarity and temperature on radical scavenging activity (ABTS) of *G. atroviridis* fruit extract. Data are expressed as mean \pm SD. Different letters indicate significant differences between groups using one-way ANOVA ($P < 0.05$) followed by Duncan multiple comparison test. $n = 3$ per group.

The tyrosinase enzyme inhibition of *G. atroviridis* fruit extracts using different temperatures and ethanol ratios are shown in Figure 4. Their tyrosinase inhibition percentage of them was 42.88 – 56.13. The crude extracts temperature of 10 °C showed tyrosinase inhibition efficiency at 54.54 ± 0.55 , 53.10 ± 1.26 , and 52.27 ± 1.55 for the ethanol

ratio of 90, 70, and 50 (w/w), respectively. The tyrosinase inhibitory efficacy of crude extract at 25°C was 53.91 ± 0.77 , 52.74 ± 0.56 and 55.48 ± 0.33 , respectively. In addition, an extraction temperature of 40 °C showed an essential factor in the anti-tyrosinase efficacy of *G. atroviridis* fruit extracts.

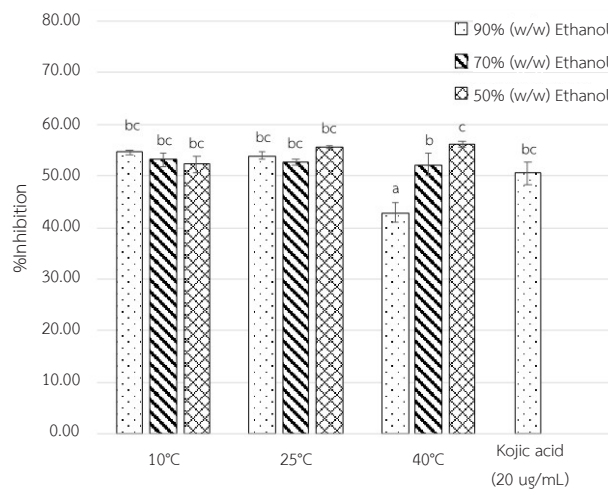


Figure 4 Effect of solvent polarity and temperature on tyrosinase inhibition of *G. atroviridis* fruit extract. Data are expressed as mean \pm SD. Different letters indicate significant differences between groups using one-way ANOVA ($P < 0.05$) followed by Duncan multiple comparison test. $n = 3$ per group.



Phenolic compounds, bioactive constituents present in many plants, exhibit antioxidant effects [18]. In this study, total phenolic contents (TPC) of *G. atroviridis* fruit extracts from different temperatures and the solvent polarity

were informed in Figure 5. It was found that the crude extracted at fixed temperature with lower to higher polar solvents (from 90%, 70%, and 50% w/w of ethanol) displayed consecutive increases in TPC.

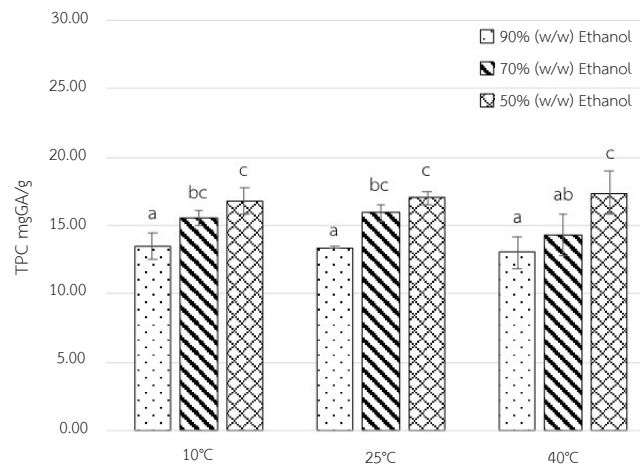


Figure 5 Effect of solvent polarity and temperature on total phenolic content (TPC) of *G. atroviridis* fruit extract. Data are expressed as mean ± SD. Different letters indicate significant differences between groups using one-way ANOVA ($P < 0.05$) followed by Duncan multiple comparison test. $n = 3$ per group.

Table 1 DPPH, ABTS, tyrosinase inhibitor and TPC of *G. atroviridis* fruit extract.

Sample		% Inhibition			TPC
Solvent	Temperature	DPPH	ABTS	Tyrosinase inhibitor	(mgGAE/g)
90% w/w ethanol	10°C	24.61 ± 1.77	13.83 ± 1.60	54.54 ± 0.55	13.47 ± 0.96
	25°C	28.74 ± 2.18	12.90 ± 2.30	53.91 ± 0.77	13.39 ± 0.05
	40°C	34.48 ± 2.28	15.23 ± 1.23	42.88 ± 1.92	13.03 ± 1.16
70% w/w ethanol	10°C	30.72 ± 2.88	16.09 ± 0.64	53.10 ± 1.26	15.56 ± 0.50
	25°C	29.75 ± 1.57	17.86 ± 1.43	52.74 ± 0.56	15.91 ± 0.68
	40°C	37.58 ± 2.13	19.29 ± 0.88	52.11 ± 2.21	14.31 ± 1.56
50% w/w ethanol	10°C	33.28 ± 3.28	19.62 ± 0.69	52.27 ± 1.55	16.75 ± 0.97
	25°C	34.59 ± 2.40	22.51 ± 1.15	55.48 ± 0.33	17.05 ± 0.50
	40°C	41.01 ± 4.17	27.74 ± 0.48	56.13 ± 0.63	17.41 ± 1.61
Trolox (20 ug/mL)	-	47.10 ± 0.46	-	-	-
Trolox (40 ug/mL)	-	-	22.79 ± 2.00	-	-
Kojic acid (20 ug/mL)	-	-	-	50.47 ± 2.10	-



Conclusion and Suggestions

Solvent extraction is a widespread technique to obtain a crude extract from various plants. The optimum extraction conditions for individual plants, such as temperature, extraction time, and polarity of the solvent, were investigated. These extraction factors significantly influenced the extracts' yield and biological activities, especially the plants containing polyphenol compounds. Some polyphenol compounds were less stable and could degrade throughout the extraction process. Overheating may be affected by the loss of bioactivities, possibly relating to the decomposition of polyphenols, resulting in a decrease in total phenolic content and loss of antioxidant activity [18]. From previous reports, the effect of temperature on the extraction of *G. atroviridis* by solvent has not been reported. Only the drying temperature of slice *G. atroviridis* fruit was reported that using a high temperature greater than 50 °C could reduce vitamin C and acid contents [20]. This study found that only slight differences in the total phenolic content were displayed by increasing extraction temperatures. This may be because of the other compounds presenting in *G. atroviridis* fruit. Organic acids and sugars were the primary chemical composition [13]. There was citric acid, tartaric acid, malic acid, ascorbic acid, and so on [13]. Because of their high polarity, their solubilities in the high polar solvent could increase when raising the temperatures resulting in higher percentage yields but could not affect the total phenolic content.

The significant increase in extract yield, antioxidant activities, tyrosinase inhibition, and the total phenolic content of the crude was revealed

by increasing the solvent polarity of the extraction, reducing the ethanol ratio, and replacing it with water. The reason could be from polyphenol compounds and many organic acids present in *G. atroviridis* fruit. In conclusion, the suitable extraction condition of *G. atroviridis* fruits was using 50% ethanol as a solvent and 40 °C as an extraction temperature. This condition provided the highest yield, antioxidant capacity, tyrosinase inhibition, and total phenolic content. From the above data, antioxidant and tyrosinase inhibition activities of *G. atroviridis* fruit extract that are beneficial as active ingredients for cosmetic products.

Acknowledgment

This research was financially supported by the Rajamangala University of Technology Rattanakosin (Grant No. KNO-01/2561)

References

1. Tan WN, Khairuddean M, Wong KC, Khaw KY, Vikneswaran M. New cholinesterase inhibitors from *Garcinia atroviridis*. *Fitoterapia* 2014;97: 261-7.
2. Amran AA, Zaiton Z, Faizah O, Morat P. Effects of *Garcinia atroviridis* on serum profiles and atherosclerotic lesions in the aorta of guinea pigs fed a high cholesterol diet. *Singapore Med J* 2009;50(3):295-9.
3. Tan WN, Khairuddean M, Wong KC, Tong WY, Ibrahim D. Antioxidant compounds from the stem bark of *Garcinia atroviridis*. *J Asian Nat Prod Res* 2016;18(8):804-11.



4. Phongaichit S, Rungjindamai N, Rukachaisirikul V, Sakayaroj J. Antimicrobial activity in cultures of endophytic fungi isolated from *Garcinia* species. *FEMS Immunol Med Microbiol* 2006;48(3):367-72.
5. Mackeen MM, Ali AM, El-Sharkawy SH, Manap MY, Salleh KM, Lajis NH, Kawazu K. Antimicrobial and cytotoxic properties of some Malaysian Traditional Vegetables (Ulam). *Int j pharmacogn* 1997;35(3):174-8.
6. Mackeen MM, Mooi LY, Amran M, Mat N, Lajis NH, Ali AM. Noncytotoxic and antitumour-promoting activities of garcinia acid esters from *Garcinia atroviridi* Griss. ex T. Anders (Guttiferae). *Evid Based Complementary Altern Med* 2012; 2012:1-5.
7. Permana D, Abas F, Shaari K, Stanslas J, Ali AM, Lakis NH. Atrovirididone B, a new prenylated depsidone with cytotoxic property from the roots of *Garcinia atroviridis*. *Z Naturforsch C J Biosci* 2005;60(7-8):523-6.
8. Al-Mansoub MA, Asmawi MZ, Murugaiyah V. Effect of extraction solvents and plant parts used on the antihyperlipidemic and antioxidant effects of *Garcinia atroviridis*: A comparative study. *J Sci Food Agric* 2013;94(8):1552-8.
9. Nursakinah I, Zulhairi HA, Northafizah M, Hasnah B, Zamree S, et al. Nutritional content and in vitro antioxidant potential of *Garcinia atroviridis* (asam gelugor) leaves and fruits. *Malays J Nutr* 2012;18(3):363-71.
10. Chatatikun M, Supjaroen P, Promlat P, Chantarangkul C, Waranuntakul S, Nawarat J, Tangpong, J, Chiabchalard A. Antioxidant and tyrosinase inhibitory properties of an aqueous extract of *Garcinia atroviridis* Griff. ex. T. Anderson fruit pericarps. *Pharmacogn J* 2020;12(1):71-8.
11. Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chem* 2006;99(4):835-41.
12. Madiha YI, Rukayadi Y, Norhayati H. Effects of extraction conditions on yield, total phenolic contents and antibacterial activity of methanolic *Cinnamomum zeylanicum* Blume leaves extract. *Int Food Res J* 2017;24(2):779-86.
13. Hamidon H, Susantl D, Taher M, Zakarla ZA. *Garcinia atroviridis*-A review on phytochemicals and pharmacological properties. *Marmara Pharm J* 2017;21(1):38-47.
14. Oliveira AS, Cercato LM, Souza MTS, Melo AJO, Lima BS, et al. The ethanol extract of *Leonurus sibiricus* L. induces antioxidant, antinociceptive and topical anti-inflammatory effects. *J Ethnopharmacol* 2017;206:144-51.
15. Yu LL, Hu WC, Ding G, Li RT, Wei JH, Zou ZM, Wang MH. Gusanlungionosides A-D, Potent tyrosinase inhibitors from *Arcangelisia gusanlung*. *J Nat Prod* 2011;74(5):1009-14.
16. Dhanani T, Shah S, Gajbhiye NA, Kumar S. Effect of extraction methods on yield, phytochemical constituents and antioxidant activity of *Withania somnifera*. *Arab J Chem* 2017;10(1): S1193-9.



17. Madiha YI, Rukayadi Y, Norhayati H. Effects of extraction conditions on yield, total phenolic contents and antibacterial activity of methanolic *Cinnamomum zeylanicum* Blume leaves extract. *Int Food Res J* 2017;24(2):779-86.
18. Tambunan AP, Bahtiar A, Tjanfrawinata RR. Influence of extraction parameters on the yield, phytochemical, TLC-densitometric quantification of quercetin, and LC-MS profile, and how to standardize different batches for long term from *Ageratum conyzoides* L. leaves. *Pharmacogn J* 2017;9(6):767-74.
19. Prior RL, Wu X, Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J Agric Food Chem* 2005;53:4290-302.
20. Terip KK, Julianti E, Nurminah M. Physicochemical properties of gelugur powder (*Garcinia atroviridis*). *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci* 2019; 305:012033.



การประเมินความเสี่ยงของเกษตรกรสำหรับการปลูกข้าวปลอดภัย
โดยเทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติวิภันซ์

Risk assessment of farmers for growing safe rice by the fuzzy technique of
order preference similarity to the Ideal solution

ณัฐธินี ดีแท้¹ นันทยา เก่งเขตรกิจ² และ ปันณวิช คาร์อด^{2*}

¹ สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

² สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 65000

Natthinee Deetae¹, Nanthaya Kengkhetkit², and Pannawit Khamrot^{2*}

¹ Department of Statistics, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,
Phitsanulok 65000

² Department of Mathematics, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University
of Technology Lanna, Phitsanulok 65000

Received: 1 May 2022/ Revised: 1 June 2022/ Accepted: 10 June 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงของเกษตรกรสำหรับการปลูกข้าวปลอดภัยโดยเทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติวิภันซ์ (Fuzzy TOPSIS) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัยโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง ในอำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 50 คน ผลจากการวิจัยพบว่า ด้านความรู้เกี่ยวกับการปลูกข้าวปลอดภัย ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ มีความเสี่ยงมากที่สุด โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 0.7988 ด้านผลกระทบภายในวิถีชีวิต/ครัวเรือน การปรับเปลี่ยนแนวคิด มีความเสี่ยงมากที่สุด โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 0.9347 และด้านการตลาดและเศรษฐกิจ ตลาดรับซื้อข้าวปลอดภัยซึ่งอยู่ในด้านการตลาดและเศรษฐกิจ มีความเสี่ยงมากที่สุด โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 1.0000

คำสำคัญ: ข้าวปลอดภัย การประเมินความเสี่ยง เซตวิภันซ์ เทคนิคการเรียงลำดับตามอุดมคติวิภันซ์



Abstract

This study aimed to assess the risk of growing safe rice by employing the fuzzy technique for order preference by similarity to ideal solution (Fuzzy TOPSIS). The participants were purposively selected, and they were 50 farmers from Prompiram District, Phitsanulok Province, who would like to grow rice safely. The results showed that the knowledge of safe rice growing and modern technology was at an extremely high level of risk with a suitable alternative value of 0.7988. The effects on household lifestyle and a change in concept were also at an extremely high level of risk with a suitable alternative value of 0.9347. Also, marketing, economy, and the safe rice market were at an extremely high level of risk with a suitable alternative value of 1.000.

Keywords: Safe rice, Risk assessment, Fuzzy set, Fuzzy TOPSIS

บทนำ

การผลิตข้าวในอดีตเป็นวิถีของสังคมชาวนา การทำมาหากินจะทำการเพาะปลูกอยู่ในครัวเรือนโดยปลูกข้าวด้วยเทคโนโลยีแบบง่ายๆ เพื่อการดำรงชีพเป็นหลัก แต่ในปัจจุบันสภาพสังคมเปลี่ยนแปลงไปวิถีสังคมชาวนาเปลี่ยนเป็นสังคมเกษตรกึ่งอุตสาหกรรมแบบเกษตรเคมีซึ่งใช้เทคโนโลยี สารเคมี ปุ๋ย มาช่วยเร่งผลผลิตทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ซึ่งส่งผลทำให้กระบวนการผลิตข้าวเปลี่ยนแปลงไปและยังส่งผลกระทบต่อร่างกายต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค แม้ว่าในปัจจุบันจะมีหน่วยงานจากภาครัฐบาลและองค์กรที่ให้ความรู้กับเกษตรกรเกี่ยวกับวิธีการปลูกข้าวแบบปลอดภัยที่สามารถช่วยลดปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และผลประโยชน์ที่จะได้รับจากวิธีการปลูกข้าวปลอดภัยสูงกว่าวิธีเพาะปลูกแบบเกษตรเคมีก็ตาม ทั้งที่การปลูกข้าวแบบปลอดภัยนั้นสามารถใช้สารเคมีได้ โดยกำหนดให้ใช้ในระยะเวลาปลอดภัยคือ ระยะออกดอกหรือระยะที่ข้าวออกรวง เพื่อไม่ให้มีการตกค้างในปริมาณที่ระบุไว้ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตราย โดยจะต้องผ่านมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (Good Agriculture Practices : GAP) ซึ่งตามคำอธิบายของกรมการข้าว ระบุว่า ข้าวที่ได้จากการปฏิบัติในการผลิตพืชเพื่อให้ผลผลิตได้มาตรฐานปลอดภัยปลอดภัยศัตรูพืชและคุณภาพถูกใจผู้บริโภค โดยสำนักส่งเสริม

การผลิตข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในปี 2561 [1] ได้ให้แนวทางให้กับการทำเกษตรเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีมาตรฐานและคุณภาพดีตามที่กำหนด ทำให้ได้ผลผลิตสูง คุ่มค่าการลงทุน โดยเน้นเกี่ยวกับกระบวนการผลิตจะต้องปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้บริโภค มีการใช้ทรัพยากรที่เกิดประโยชน์สูงสุด เกิดความยั่งยืนทางการเกษตร และไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่ในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงทำการเพาะปลูกด้วยวิธีเกษตรเคมี โดยมีสาเหตุสำคัญคือเกษตรกรยังมีความเชื่อว่าการเพาะปลูกแบบเกษตรเคมีสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าการปลูกข้าวแบบปลอดภัย และกลุ่มเกษตรกรที่มีการใช้สารเคมีโดยส่วนใหญ่อาจเป็นผู้ที่ไม่ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับโทษหรือพิษภัยที่อาจได้รับจากการใช้สารเคมี ในขณะที่บางกลุ่มมีการเพาะปลูกข้าวปลอดภัยและได้รับผลประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน ทั้งด้านคุณภาพของผลผลิต ความปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค เป็นต้น แต่ในการเพาะปลูกข้าวแบบปลอดภัยนั้นก็อาจมีผลกระทบในระหว่างการปลูกที่ได้รับจากสภาพแวดล้อมใกล้เคียงหรือปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัย

เมื่อเกิดความเสี่ยงขึ้น การวิเคราะห์ปัญหา ความเสี่ยงจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อการบริหารจัดการเพื่อลดผลกระทบ หรือเพื่อการวางแผน ดังนั้นการจัดการ



บริหารความเสี่ยงด้วยการจัดลำดับความเสี่ยงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาช่วยในกระบวนการแก้ปัญหาให้กับเกษตรกรว่าสิ่งใดมีความเสี่ยงมากที่สุดในกระบวนการปลูกข้าวปลอดภัย ซึ่งอาจเกิดจากตัวเกษตรกรเอง เช่น ความผิดพลาดที่เกิดจากกระบวนการผลิต หรือความเสี่ยงใดส่งผลกระทบต่อตัวเกษตรกรทางอ้อม เช่น สภาวะเศรษฐกิจในขณะนั้น เป็นต้น และยังพบว่าปัญหาด้านความเสี่ยงไม่ได้มีเฉพาะข้อมูลที่เป็นเชิงปริมาณ แต่ส่วนใหญ่มักจะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพหรือข้อมูลตัวแปรเชิงภาษา ถ้าเป็นข้อมูลเชิงปริมาณเราสามารถทำการแก้ปัญหาด้วยการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making: MCDM) หาปัจจัยเพื่อลดความเสี่ยงได้ แต่ถ้าข้อมูลที่พบเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพวิธีการหนึ่งในการแก้ไขปัญหาที่นิยมใช้เพื่อวิเคราะห์ทางเลือกที่เหมาะสม ด้วยเทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติวิภังขัย (Fuzzy technique of order preference similarity to the Ideal solution: Fuzzy TOPSIS) และได้มีการนำวิธีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับการเกษตร Rohmah และคณะ [2] ได้ใช้เทคนิคในการวัดความเสี่ยงของห่วงโซ่อุปทานของผลผลิตข้าวอินทรีย์ และทำการวิเคราะห์ผลกระทบของรูปแบบความล้มเหลววิภังขัย ในการระบุสาเหตุของความล้มเหลวหรือปัญหาที่เกิดขึ้นโดยคำนึงถึงเกณฑ์ความรุนแรง (Severity) เหตุการณ์ (Occurrence) และตรวจสอบ (Detection) อุษณีย์ เสงี่ยมานิช [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้บัญชีเพื่อการจัดการสำหรับการตัดสินใจผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวตามระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี Deepa N. และคณะ [4] ได้ใช้เทคนิคการเรียงลำดับตามอุดมคติในการพยากรณ์หาทางเลือกที่ดีที่สุด และทำการยืนยันรูปแบบของโมเดลในการแก้ปัญหาทางเลือกที่ดีที่สุด จากชุดของทางเลือกจากชุดข้อมูลทางการเกษตรของข้าวเปลือก Yazdi M. [5] ได้ทำการประเมินความเสี่ยงโดยใช้แนวทาง TOPSIS แบบฟัซซีไฮบริด โดยการระบุสาเหตุในการประเมินความเสี่ยง เพื่อนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพทางด้านความปลอดภัยของบริษัท ด้วยการจัดการข้อจำกัดของความไม่แน่นอนของความเสี่ยงที่เกิดขึ้น ปัทมา บุตรศรี และคณะ [6] ศึกษาความสามารถในการแข่งขันด้านการท่องเที่ยว

อาเซียน โดยวิธีเรียงลำดับด้วยแนวทางความคล้ายคลึงกันในการจัดลำดับความสามารถในการแข่งขันด้านทรัพยากรการท่องเที่ยวของประเทศในกลุ่มอาเซียนจำนวน 10 ประเทศ โดยใช้ข้อมูลทางด้านอุปทาน บรรณานา อุดพัฒนา [7] ได้ศึกษาความรุนแรงของการเกิดอาชญากรรมในประเทศไทย เพื่อวัดสภาพความรุนแรงของการเกิดอาชญากรรมรายจังหวัด โดยใช้การประยุกต์เทคนิค TOPSIS ในการสร้างแผนที่อาชญากรรม และยังมีการวิจัยที่ได้นำทฤษฎีดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ได้อีกหลากหลายสาขาวิชา [8-11]

โดยในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาความเสี่ยงของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัย และศึกษาเทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติวิภังขัย ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมวิธีหนึ่งของเทคนิค MCDM มาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินความเสี่ยงของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัย เพื่อช่วยในการแยกแยะถึงปัญหาที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงเกี่ยวกับการปลูกข้าวปลอดภัยได้ถูกต้องมากขึ้นด้วยการประยุกต์การประเมินความเสี่ยงด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติ เพื่อเป็นข้อพิสูจน์ ยืนยัน และแสดงให้เห็นถึงรูปแบบที่ชัดเจนในการจัดการบริหาร วางแผนความเสี่ยงซึ่งนำไปสู่การยกระดับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวปลอดภัยให้สูงขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ทำการประเมินความเสี่ยงของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัย โดยเทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติวิภังขัย มีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาความเสี่ยงที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษากลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัย โดยเป็นการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัยจำนวน 50 ราย ใน อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก
3. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัย โดยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม จำนวน 2 ตอน ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้ข้อมูลแบบสอบถาม และตอนที่ 2 เป็นการประเมิน



ความเสี่ยงของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัย จากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม โดยการวิเคราะห์ค่าความตรงเชิงเนื้อหาและวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ ในการวิเคราะห์ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence : IOC) ซึ่งมีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

โดย $\sum R$ = ผลรวมของคะแนนจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
 N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ทั้งนี้เกณฑ์การพิจารณาค่า IOC มีดังนี้

- ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จะถูกคัดเลือกไว้ใช้เป็นแบบสอบถาม
- ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 จะถูกพิจารณาแก้ไขปรับปรุง หรือตัดทิ้ง

โดยแบบสอบถามชุดนี้ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.98 และหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) โดยนำแบบสอบถามที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขหลังการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาไปทดสอบก่อนนำไปใช้จริง (Pre - Test) กับเกษตรกร ในอำเภอเมืองและอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 30 ราย ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยนี้ เพื่อวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยวิธีสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาร์ค (Cronbach's alpha coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นโดยรวมเท่ากับ 0.94 นั่นคือ เครื่องมือมีความน่าเชื่อถือสามารถเก็บกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลได้

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง โดยวิเคราะห์และประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมทางสถิติคือ โปรแกรม MATLAB

- 4.1 สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน และร้อยละ
- 4.2 เทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติวิถันย
- 4.2.1 เซตวิถันย

- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่
- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ หลังจากนั้นนำคะแนนของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ โดยใช้สูตรของ โรวินลลี และแฮมเบิลตัน (Rovinelli and Hambleton , 1997) ดังนี้

เซตวิถันยเป็นเซตชนิดหนึ่งที่ใช้ในตรรกศาสตร์ เพื่ออธิบายเหตุการณ์ที่มีความไม่ชัดเจน คลุมเครือ ความไม่แน่นอน ให้เกิดความชัดเจนยิ่งขึ้นโดยการสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) เพื่อกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่เป็นตัวแทนในเซตวิถันยกับเซตชัดเจน (Crisp set) กำหนดให้เซต เป็นเซตวิถันย และฟังก์ชันความเป็นสมาชิก และมีขอบเขตความเป็นวิถันยของเซตเอกภพสัมพัทธ์ (Universal set) อยู่ในช่วง ซึ่งมีนิยามดังต่อไปนี้

นิยาม 1 [9] เซตวิถันย \tilde{A} ของเอกภพสัมพัทธ์ X กำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกซึ่งในแต่ละสมาชิก $x \in X$ เป็นจำนวนจริงในช่วงปิด $[0,1]$ ค่าฟังก์ชัน $\mu_{\tilde{A}}(x)$ จะถูกเรียกว่าระดับของความเป็นสมาชิกของ x ใน \tilde{A}

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีลักษณะที่หลากหลายขึ้นอยู่กับนำไปใช้งานดังนั้นการเลือกฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะสมมาตรหรือไม่สมมาตรก็ได้ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ใช้ฟังก์ชันสามเหลี่ยม ดังนี้



นิยาม 2 [9] จำนวนวิภังค์สามเหลี่ยม \bar{A} สามารถเขียนโดยคู่อันดับสาม (a, b, c) กำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิก $\mu_{\bar{A}}$ โดย

$$\mu_{\bar{A}} = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \\ 0 & x \geq c \end{cases}$$

กำหนดให้ $()$ เป็นการดำเนินการเชิงทวิภาค $(+), (-), (\times)$ และ (\div) ของสองจำนวนวิภังค์ \bar{A}_1 และ \bar{A}_2 ซึ่งมีดำเนินการเชิงทวิภาคสอดคล้องกับ $+, -, \times$ และ \div กำหนดให้ $\bar{A}_1 = (a_1, b_1, c_1)$ และ $\bar{A}_2 = (a_2, b_2, c_2)$ เป็นจำนวนวิภังค์สามเหลี่ยมแล้วตัวดำเนินการของจำนวนวิภังค์กำหนดได้ดังนี้

$$\bar{A}_1(+)\bar{A}_2 = (a_1, b_1, c_1)(+)(a_2, b_2, c_2) = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2)$$

$$\bar{A}_1(-)\bar{A}_2 = (a_1, b_1, c_1)(-)(a_2, b_2, c_2) = (a_1 - a_2, b_1 - b_2, c_1 - a_2)$$

$$\bar{A}_1(\times)\bar{A}_2 = (a_1, b_1, c_1)(\times)(a_2, b_2, c_2) = (a_1 \times a_2, b_1 \times b_2, c_1 \times c_2)$$

$$\bar{A}_1(\div)\bar{A}_2 = (a_1, b_1, c_1)(\div)(a_2, b_2, c_2) = (a_1 \div a_2, b_1 \div b_2, c_1 \div a_2), 0 \notin \bar{A}_2$$

$$\bar{A}_1^{-1} = (a_1, b_1, c_1)^{-1} = \left(\frac{1}{c_1}, \frac{1}{b_1}, \frac{1}{a_1}\right), 0 \notin \bar{A}_1$$

$$k\bar{A}_1 = k(\times)(a_1, b_1, c_1) = (ka_1, kb_1, kc_1)$$

และการหาระยะทางระหว่างสองจำนวนวิภังค์สามารถหาได้จาก

$$d(\bar{A}_1, \bar{A}_2) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]}$$

4.2.2 TOPSIS วิภังค์

TOPSIS วิภังค์ [12] เป็นวิธีที่ใช้เทคนิคของเซตวิภังค์และคุณลักษณะของการใช้เกณฑ์เฉพาะที่กำหนดตามความเหมาะสมสำหรับการตัดสินใจในการประเมินผลของตัวเลือก และเพื่อให้ประสิทธิภาพในกระบวนการมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นจึงจำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านจากหัวเรื่องต่าง ๆ เพื่อหาเกณฑ์ที่เหมาะสมจะทำให้ได้รูปแบบการตัดสินใจที่หลากหลายนำไปการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกปัญหาสำหรับการตัดสินใจและกำหนดลักษณะของเกณฑ์ในการตัดสินใจ โดยกำหนดสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้ กำหนดให้ $D = \{D_1, D_2, \dots, D_K\}$ เมื่อ K เป็นจำนวนผู้มีอำนาจการตัดสินใจ $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ เมื่อ m เป็นจำนวนตัวเลือกที่เป็นไปได้ และ $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ เมื่อ n เป็นจำนวนของเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจ และทำการสร้างเมตริกซ์การตัดสินใจของแต่ละ k ผู้ตัดสินใจสำหรับ MCDM ดังต่อไปนี้



$$D = [\tilde{A}_{ij}]_{m \times n} = \begin{matrix} \tilde{A}_1 \\ \tilde{A}_2 \\ \vdots \\ \tilde{A}_m \end{matrix} \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \left[\begin{matrix} (a_{11}^l, a_{11}^m, a_{11}^u) & (a_{12}^l, a_{12}^m, a_{12}^u) & \dots & (a_{1n}^l, a_{1n}^m, a_{1n}^u) \\ (a_{21}^l, a_{21}^m, a_{21}^u) & (a_{22}^l, a_{22}^m, a_{22}^u) & \dots & (a_{2n}^l, a_{2n}^m, a_{2n}^u) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ (a_{m1}^l, a_{m1}^m, a_{m1}^u) & (a_{m2}^l, a_{m2}^m, a_{m2}^u) & \dots & (a_{mn}^l, a_{mn}^m, a_{mn}^u) \end{matrix} \right]_{m \times n} \end{matrix}$$

เมื่อ $k = 1, 2, \dots, K; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ และ \tilde{A}_{ij} เป็นตัวแปรเชิงภาษา เป็นตัวบ่งชี้สำหรับคะแนนของแต่ละตัวเลือกของปัญหาที่กำหนด และ j เป็นเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจ

ตารางที่ 1 ตัวแปรเชิงภาษาสำหรับการให้คะแนน

ตัวแปรเชิงภาษา	จำนวนวิภังค์สามเหลี่ยม
ต่ำมาก	(0,1,2)
ต่ำ	(2,3,4)
ปานกลาง	(4,5,6)
สูง	(6,7,8)
สูงมาก	(8,9,10)

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าปกติมาตรฐานโดย $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$ เมื่อ $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ โดยที่ \tilde{r}_{ij} เป็นค่าปกติมาตรฐานของ $\tilde{B}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ โดย

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \text{ เมื่อ } c_j^* = \max c_{ij} \text{ ถ้า } j \text{ เป็นเกณฑ์สำหรับข้อดีที่ได้รับ}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \text{ เมื่อ } a_j^- = \min c_{ij} \text{ ถ้า } j \text{ เป็นเกณฑ์สำหรับความผันผวน}$$

ขั้นตอนที่ 3 ในขั้นตอนนี้เป็นเปรียบเทียบความสำคัญของแต่ละเกณฑ์โดยการกำหนดน้ำหนักเมทริกซ์การตัดสินใจปกติของแต่ละ k ผู้ตัดสินใจดังนี้

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, k = 1, 2, \dots, K; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

เมื่อ $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(x) \tilde{w}_j$ และ \tilde{v}_{ij} เป็นจำนวนวิภังค์สามเหลี่ยม

ตารางที่ 2 การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปรเชิงภาษา

ตัวแปรเชิงภาษา	จำนวนวิภังค์สามเหลี่ยม
น้อยมาก	(0,0.1,0.2)
น้อย	(0.2,0.3,0.4)
ปานกลาง	(0.4,0.5,0.6)
มาก	(0.6,0.7,0.8)
มากที่สุด	(0.8,0.9,1)



ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าอุดมคติเชิงบวกวิถันัย A^+ กำหนดโดย

$$A^+ = (\vartheta_1^+, \vartheta_2^+, \dots, \vartheta_n^+)$$

เมื่อ $\vartheta_j^+ = \max_i(\tilde{v}_{ij})$, $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$

และค่าอุดมคติเชิงลบวิถันัย A^- กำหนดโดย

$$A^- = (\vartheta_1^-, \vartheta_2^-, \dots, \vartheta_n^-)$$

และ $\vartheta_j^- = \min_i(\tilde{v}_{ij})$, $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$

คำนวณระยะทางของแต่ละทางเลือกจาก A^+ และ A^- ดังต่อไปนี้

$$D_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \vartheta_j^+)$$

และ

$$D_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \vartheta_j^-)$$

เมื่อ $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$ โดยที่ $D(*,*)$ เป็นการคำนวณระยะทางของสองจำนวนเซตวิถันัย

ขั้นตอนที่ 5 จากดัชนีสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิด (Closeness coefficient index) ดังนี้

$$\overline{CC}_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

เมื่อ $i = 1, 2, \dots, m$ และพิจารณาค่าของ $Bast = \{\max_i \overline{CC}_i : i = 1, 2, \dots, m\}$ ที่มีค่าสูงสุดเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุด

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาความเสี่ยงของเกษตรกร และประเมินความเสี่ยงของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าว

ปลอดภัยในอำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก และ นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

ตารางที่ 3 ข้อมูลสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
สมาชิกที่เป็นแรงงานเกษตรกร		
ทำคนเดียว	8	16.0
2-3 คน	40	80.0
มากกว่า 3 คน	2	4.0
รวม	50	100



ตารางที่ 3 ข้อมูลสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (ต่อ)

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
พื้นที่ในการทำเกษตร		
เป็นของตนเอง	8	16.0
เช่าผู้อื่น	10	20.0
มีทั้งของตนเองและเช่า	32	64.0
รวม	50	100
ประสบการณ์ในการปลูกข้าว		
น้อยกว่า 2 ปี	9	18.0
2-4 ปี	23	46.0
5-7 ปี	8	16.0
มากกว่า 7 ปี	10	20.0
รวม	50	100

จากตารางที่ 3 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ มีสมาชิกในการทำเกษตร 2-3 คน จำนวน 40 ราย คิดเป็น ร้อยละ 80.0 รองลงมาเป็นการทำเกษตรคนเดียว จำนวน 8 ราย คิดเป็นร้อยละ 16 พื้นที่ในการทำเกษตรส่วนใหญ่ มีทั้งของตนเองและเช่า จำนวน 32 ราย คิดเป็นร้อยละ 64 รองลงมาเป็นเช่าผู้อื่น จำนวน 10 ราย คิดเป็นร้อยละ 20 และประสบการณ์ในการปลูกข้าว ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ ในการปลูกข้าว 2-4 ปี จำนวน 23 ราย คิดเป็นร้อยละ 46 รองลงมา คือมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวปลอดภัย มากกว่า 7 ปี จำนวน 10 ราย คิดเป็นร้อยละ 20 และน้อย ที่สุดคือมีประสบการณ์ในการปลูกข้าว 5-7 ปี จำนวน 8 ราย คิดเป็นร้อยละ 16

ลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วย เทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติวิภังค์นัยทำการเลือกปัญหาด้าน ความเสี่ยงของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัย โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจความเสี่ยง C เป็นเกณฑ์ความเสี่ยงในการตัดสินใจตามตารางที่ 1 มีระดับ

ความเสี่ยงคือ ความเสี่ยงต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง สูง สูงมาก และระดับค่าถ่วงน้ำหนักตามตารางที่ 2 คือ น้อยมาก น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด และให้เซต $D = \{D_1, D_2, \dots, D_{50}\}$ เป็นจำนวนเกษตรกรที่มีการตัดสินใจจำนวน 50 คน โดย ทางเลือกในการตัดสินใจ $A = \{A_1, A_2, \dots, A_{19}\}$ เป็นความเสี่ยงจำนวน 3 ด้าน 19 ตัวแปรได้แก่ ด้านความรู้เกี่ยวกับการปลูกข้าวปลอดภัย ด้านผลกระทบต่อภายในวิถีชีวิต/ครัวเรือน และด้านการตลาดและเศรษฐกิจ ดังตารางที่ 4 – 6 และทำการคำนวณดัชนีสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดเพื่อให้ได้ระดับความเสี่ยง ซึ่งแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากตารางที่ 4 พบว่าในด้านความรู้เกี่ยวกับการปลูกข้าวปลอดภัย ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ มีความเสี่ยงมากที่สุด โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 0.7988 รองลงมาคือ การปลูกข้าวปลอดภัยซับซ้อนและยุ่งยาก โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 0.7446 และไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่มทางการเกษตร มีความเสี่ยงที่น้อยที่สุด โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 0.5020



ตารางที่ 4 ลำดับความเสี่ยงจากการประเมินของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัยด้านความรู้เกี่ยวกับการปลูกข้าวปลอดภัย

ด้าน	ความเสี่ยง	แสดงผล			ลำดับความเสี่ยง
		D_i^+	D_i^-	C_i^+	
ด้านความรู้เกี่ยวกับการปลูกข้าวปลอดภัย	● ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่มทางการเกษตร	0.8677	1.2924	0.5020	5
	● ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีสมัยใหม่	0.3490	1.3857	0.7988	1
	● ไม่ได้รับการฝึกอบรมในการปลูกข้าวปลอดภัย	0.5847	1.1526	0.6634	3
	● ไม่ได้รับคำแนะนำในการปลูกข้าวปลอดภัยจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	0.6791	1.0597	0.6095	4
	● การปลูกข้าวปลอดภัยซับซ้อนและยุ่งยาก	0.4433	0.8748	0.7446	2

ตารางที่ 5 ลำดับความเสี่ยงจากการประเมินของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัยด้านผลกระทบภายในวิถีชีวิต/ครัวเรือน

ด้าน	ความเสี่ยง	แสดงผล			ลำดับความเสี่ยง
		D_i^+	D_i^-	C_i^+	
ด้านผลกระทบภายในวิถีชีวิต/ครัวเรือน	● สถานที่เก็บรักษาและการเก็บรักษา	0.5282	1.2085	0.6959	4
	● การปรับเปลี่ยนกระบวนการปลูกข้าวแบบใช้สารเคมีเป็นข้าวปลอดภัย	0.1792	1.5541	0.8966	2
	● ผลผลิตในการปลูกข้าวปลอดภัยได้ปริมาณน้อยการปรับเปลี่ยนแนวคิด	0.6885	1.0504	0.3604	5
	● สมาชิกในครอบครัวยังมีความเชื่อในการใช้	0.1132	1.6196	0.9347	1
	● สารเคมีให้ผลผลิตมากกว่าปลูกข้าวปลอดภัย	0.3207	1.4137	0.8151	3

จากตารางที่ 5 พบว่าในด้านผลกระทบภายในวิถีชีวิต/ครัวเรือน การปรับเปลี่ยนแนวคิด มีความเสี่ยงมากที่สุด โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 0.9347 รองลงมาคือ การปรับเปลี่ยนกระบวนการปลูกข้าวแบบใช้สารเคมีเป็นข้าวปลอดภัย โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 0.8966 และผลผลิตในการปลูกข้าวปลอดภัยได้ปริมาณน้อย มีความเสี่ยงที่น้อยที่สุด โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 0.3604



ตารางที่ 6 ลำดับความเสี่ยงจากการประเมินของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัยด้านการตลาดและเศรษฐกิจ

ด้าน	ความเสี่ยง	แสดงผล			ลำดับ ความเสี่ยง
		D_i^+	D_i^-	C_i^+	
ด้านการตลาด และเศรษฐกิจ	● ความรู้ในการใช้สื่อนวัตกรรมเพื่อการนำ เสนอขาย	0.4810	1.2550	0.7229	4
	● ราคารับซื้อข้าวปลอดภัย	0.3395	1.3951	0.8043	3
	● การขนส่งผลผลิตข้าว	0.2641	1.4698	0.8477	2
	● ไม่สามารถนำไปจำหน่ายกับรัฐบาลได้	0.7451	0.9948	0.5718	7
	● ขาดองค์ความรู้และข่าวสารทางการตลาด	0.5847	1.1526	0.6634	5
	● พื้นที่สำหรับปลูกอยู่ใกล้กับการคมนาคม	0.6791	1.0597	0.6095	6
	● ตลาดรับซื้อข้าวปลอดภัย	0.0000	1.7321	1.0000	1
	● ความต้องการของผู้บริโภค	1.0280	0.7191	0.4116	9
	● การยอมรับของผู้บริโภค	0.9620	0.7829	0.4487	8

จากตารางที่ 6 พบว่าในด้านการตลาดและเศรษฐกิจ ตลาดรับซื้อข้าวปลอดภัยซึ่งอยู่ในด้านการตลาดและเศรษฐกิจ มีความเสี่ยงมากที่สุด โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 1.0000 รองลงมาคือ การขนส่งผลผลิตข้าว โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 0.8477 และความต้องการของผู้บริโภคมีความเสี่ยงที่น้อยที่สุด โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 0.4116

ในภาพรวมในด้านการตลาดและเศรษฐกิจ ตลาดรับซื้อข้าวปลอดภัยซึ่งอยู่ในด้านการตลาดและเศรษฐกิจ มีความเสี่ยงมากที่สุด โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 1.0000 รองลงมาคือ การปรับเปลี่ยนแนวคิดอยู่ในด้านผลกระทบภายในวิถีชีวิต/ครัวเรือน โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 0.9347 และความต้องการของผู้บริโภคมีความเสี่ยงที่น้อยที่สุด โดยมีค่าทางเลือกที่เหมาะสมเท่ากับ 0.4116

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงสำรวจและวิเคราะห์เพื่อประเมินความเสี่ยงของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวแบบปลอดภัย ในอำเภอรพพรพิราม จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้ระเบียบการวิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ

เกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัยในอำเภอรพพรพิราม จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 50 คน โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้เป็นแบบสอบถาม ใช้การวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการเรียงลำดับตามอุดมคติวิธีขั้นย จากผลการวิจัยของข้อมูลลักษณะปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา พบว่าตัวอย่างส่วนใหญ่มีสมาชิกทำการเกษตร 2-3 คน มีพื้นที่ในการทำเกษตรส่วนใหญ่มีทั้งของตนเองและเช่า และมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวช่วง 2-4 ปี และผลการเรียงลำดับในการประเมินความเสี่ยงของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัยพบว่า ลำดับความเสี่ยงที่สูงที่สุดคือตลาดรับซื้อข้าวปลอดภัยในด้านการตลาดและเศรษฐกิจ ถึงแม้กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์จะให้องค์ความรู้เกี่ยวกับการผลิตข้าวที่มีคุณภาพทั้งข้าวอินทรีย์และข้าวปลอดภัยโดยมีการบูรณาการร่วมกับทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อหาตลาดมารับผลผลิตของเกษตรกร แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ก็ยังไม่เห็นแหล่งจำหน่ายผลผลิตข้าวปลอดภัย อาจเนื่องมาจากตลาดที่รองรับผลผลิตของข้าวปลอดภัยยังไม่กระจายทั่วทุกพื้นที่ และการรับซื้อข้าวปลอดภัยมีน้อยซึ่งส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นข้าวอินทรีย์ ทำให้ตลาดรับซื้อข้าวปลอดภัยเป็นความเสี่ยงต่อเกษตรกรมากที่สุด โดยงานวิจัยนี้จะถูกนำมาถ่ายทอดองค์ความรู้ใหม่ที่



ให้กับศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวพิษณุโลก เพื่อใช้สำหรับการตัดสินใจในระดับจังหวัดโดยสามารถใช้เครื่องมือนี้เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับลำดับความเสี่ยงของการปลูกข้าวปลอดภัย เพื่อเป็นประโยชน์ในการชี้แนะ พัฒนาให้เกษตรกรทราบถึงปัญหาความเสี่ยงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้ทุนสนับสนุนและส่งเสริมในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- สำนักส่งเสริมการผลิตข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (Good Agriculture Practices : GAP) 2561.
- Rohmaha DUM, Daniaa WAP, Dewia IA. Risk Measurement of supply chain organic rice product using fuzzy Failure mode effect analysis in MUTOS Seloliman Trawas Mojokerto. *Agric Agric Sci Procedia* 2015;3:108-13.
- อุษณีย์ เส็งพานิช. การประยุกต์ใช้บัญชีเพื่อการจัดการสำหรับการตัดสินใจผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวตามระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP:Seed): กรณีศึกษาของเกษตรกรในเขตจังหวัดพิษณุโลก. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มจรพส.* 2559;10(2):37-54.
- Deepa N, Ganesan K, Balaji S. Predictive mathematical model for solving multi-criteria decision-making problems. *Neural Comput Appl* 2019;31:6733-46.
- Yazdi M. Risk assessment based on novel intuitionistic fuzzy-hybrid - modified TOPSIS approach. *Agric Agric Sci Procedia* 2018;3:108-13.
- ปัทมา บุตรศรี, คมกริช วงศ์แซ, อุทิศ พงษ์จิรวัดนา, ชินภัทร คันธพนิต. การศึกษาความสามารถในการแข่งขันด้านการท่องเที่ยวอาเซียน โดยวิธีการเรียงลำดับด้วยแนวทางการคล้ายคลึงกัน. *วารสารการบัญชีและการจัดการ* 2560;9(1):65-78.
- ปรารธนา อุดพัฒนา. แผนี่ความรุนแรงของอาชญากรรมในประเทศไทยจากการศึกษาด้วยวิธีเรียงลำดับความคล้ายคลึงกัน. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2 วันที่ 20 มกราคม 2560. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. มหาสารคาม; 2560. หน้า 408-12.
- ณัฐินี ดีแท้, ปันณวิช คำรอด. เทคนิคการเรียงลำดับตามอคติสำหรับการประเมินความเสี่ยงของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าวปลอดภัย. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)* 2564;13(25):13-25.
- Chen-Tung C. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Syst* 2000;114(1):1-9.
- Natthinee D, Pannawit K. Application of fuzzy TOPSIS for multiple criteria decision-making based on interval bipolar fuzzy sets. *Int J Math Comput Sci* 2022;17(2):569-82.
- Nazim M, Mohannad CW, Sadiq M. A comparison between fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods to software requirements. *Alex Eng J* 2022;61(12):10851-70.
- Sanjay K, Saurabh K and Barman AG. Supplier selection using fuzzy TOPSIS multi criteria model for a small scale steel manufacturing unit. *Procedia Comput Sci* 2018;133:905-12.



การผลิตผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวจากเบียร์มะเฟือง Production of body lotion from star fruit beer

สุกรรณิกา ทากอง* สุธัญญา เกษรบัว และ มงคล เพ็ญสายใจ

สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

Sukkannika Thakong*, Suthunya Kesornbua and Mongkol Phensajai

Department of Industrial Microbiology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

Received: 12 April 2022/ Revised: 30 May 2022/ Accepted: 10 June 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวจากเบียร์มะเฟือง และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา ทำการศึกษาโลชั่นบำรุงผิวทั้งหมด 3 สูตร ได้แก่ โลชั่นควบคุม โลชั่นเบียร์เอล และโลชั่นเบียร์มะเฟือง ในการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ โดยดูจากลักษณะภายนอกของโลชั่น เช่น ลักษณะเนื้อโลชั่น สี และกลิ่น พบว่าในการวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวเบียร์มะเฟืองมีอัตราการยับยั้งสารอนุมูลอิสระสูงสุด คือ 51.80% ตามด้วยโลชั่นเบียร์เอล 37.41% และน้อยที่สุดคือโลชั่นควบคุมที่มีอัตราการยับยั้งสารอนุมูลอิสระเพียง 20.80% และในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่าโลชั่นเบียร์มะเฟืองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด ตามด้วยโลชั่นเบียร์เอล และโลชั่นควบคุม ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 2,158.1 1,921.9 และ 1,194.2 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และจากการนำผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวทั้ง 3 สูตรมาวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนรวมของแบคทีเรีย ยีสต์ และราที่เจริญเติบโตโดยใช้อากาศ และจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* และ *Clostridium* spp. พบว่าผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวทั้ง 3 สูตรที่นำมาทดสอบมีจำนวนรวมของแบคทีเรีย ยีสต์ และราที่เจริญเติบโตโดยใช้อากาศ < 10 CFU/g และไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้ง 4 ชนิด

คำสำคัญ: เบียร์มะเฟือง ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โลชั่นบำรุงผิว สารต้านอนุมูลอิสระ



Abstract

The objective of this research was to study the production of skincare lotion products from star fruit beer and analyze its physical, chemical and microbiological properties. Three formulations of body lotions were studied: control lotion, ale beer lotion and star fruit beer lotion to evaluate physical properties by considering the lotion such as lotion texture, color and smell. It was found that in the analysis of the antioxidant activity by the method 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) a star fruit beer lotion showed the highest antioxidant rate at 51.80%, followed by ale beer lotion at 37.41% and the least was the control lotion with an inhibitory rate only 20.80% free radicals. In total phenolic compounds assays by Folin-Ciocalteu indicated that star fruit beer lotion had the highest total content of phenolic compounds followed by ale beer lotion and control lotion which have total phenolic compounds of 2,158.1, 1,921.9, and 1,194.2 micrograms of gallic acid per milliliter respectively, and from the 3 formulations of body lotions for microbiological analysis, i.e. the total number of bacteria, yeast and fungi aerobic and pathogenic microorganisms, namely *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* and *Clostridium* spp. The total number of aerobic bacteria, yeast and fungi in the three lotion formulations was < 10 CFU/g and no contamination of all 4 pathogenic microorganisms was found.

Keywords: Star fruit beer, Total phenolic contents, Body lotion, Antioxidant

บทนำ

เบียร์เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ที่ผู้คนทั่วโลกยกย่อง และชื่นชมว่าเป็นเครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดอื่น ๆ เนื่องจากเบียร์มีสารต้านอนุมูลอิสระเป็นจำนวนมากโดยสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการใส่ข้าวมอลต์และดอกฮอปส์ ซึ่งส่วนประกอบทั้งสองมีสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญต่อกระบวนการต้านออกซิเดชัน นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกยังสามารถชะลอการเกิดกระบวนการออกซิเดชันในขั้นตอนการต้มเบียร์ และในขั้นตอนสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ปรากฏในเบียร์หากบริโภคในปริมาณที่พอเหมาะจะมีผลที่ดีต่อสุขภาพของมนุษย์สามารถป้องกันการเกิดโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด ควบคุมปริมาณการเผาผลาญคอเลสเตอรอล ป้องกันเลือดแข็งตัว และควบคุมปริมาณการเผาผลาญกลูโคส [1, 2] โดยกลไกที่อยู่เบื้องหลังผลที่ได้เหล่านี้คือ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์ [3] ซึ่งแสดง

ให้เห็นในหลายด้านด้วยการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันไอออนของโลหะ การขจัดอนุมูลอิสระ และการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในปัจจุบันผู้คนที่ชื่นชอบการบริโภคเบียร์นิยมเลือกบริโภคเบียร์จากรสชาติ และรสสัมผัสที่หลากหลายมากขึ้น ดังนั้นการนำผลไม้มาใช้เป็นส่วนประกอบในขั้นตอนการผลิตเบียร์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มความหลากหลายต่อรสชาติเบียร์ให้แก่ผู้บริโภค

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำมะเฟืองมาเป็นส่วนประกอบในขั้นตอนการผลิตเบียร์ โดยมะเฟืองนั้นอุดมไปด้วยวิตามิน กรดออกซาลิก โพลีฟีนอล เส้นใยอาหาร สารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งโพลีฟีนอล ดังนั้นการเติมมะเฟืองในกระบวนการหมักเบียร์อาจมีส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์ [4] และในปัจจุบันมีความต้องการส่วนผสมจากธรรมชาติมากขึ้น เพื่อใช้สำหรับผิวหน้าและผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่าง ๆ [5] อีกทั้งส่วนผสมจากธรรมชาติยังไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยเฉพาะเมื่อนำมาใช้ทาลงบนผิวส่งผลให้ผิวกระจ่างใสและ



ช่วยลดรอยต่าง ๆ เช่น จุดต่างดำ ฝ้า กระ [6] ในงานวิจัยนี้ จึงได้ผลิตผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงจากเบียร์มะเฟือง โดยจะประกอบไปด้วยสารที่มีประโยชน์หลายชนิด เช่น สารในกลุ่ม โพลีฟีนอลที่มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันมาก ได้แก่ กรดแกลลิก กรดแอสคอร์บิก เป็นต้น การทำเป็นผลิตภัณฑ์อาจเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของเบียร์มะเฟืองทำให้เป็นที่น่าสนใจมากขึ้น และเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวจากเบียร์มะเฟือง
- 2) เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลชีววิทยา ให้ตรงตามมาตรฐานอุตสาหกรรมเอสผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร

วิธีดำเนินการวิจัย

การทำเบียร์มะเฟืองและเบียร์เอล

ทำการเตรียมเชื้อยีสต์ชนิดแห้ง Mangrove Jack's M 12 (KVEIK Yeast) เพื่อกระตุ้นการเจริญของยีสต์ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Yeast extract-Malt extract (YM) broth จากนั้นทำการนับจำนวนเซลล์ของยีสต์โดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ให้ได้ปริมาณ 10^7 เซลล์/มิลลิลิตร และวัดค่าความขุ่นของเซลล์โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ Shimadzu รุ่น UV-1800 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ทำการเตรียมมะเฟือง 2 กิโลกรัม จากนั้นนำมากรองให้ได้ปริมาณของน้ำมะเฟือง 300 มิลลิลิตร นำน้ำมะเฟืองที่ได้ไปทำการต้มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งอัตราส่วนมอลต์บดหยาบ 725 กรัม ต่อ น้ำ 2.5 ลิตร นำมอลต์ที่ได้เตรียมไว้ข้างต้นใส่ลงไปลงในน้ำที่ได้ทำการต้มไว้ให้มีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทำการเพิ่มอุณหภูมิทั้งหมด 4 ครั้ง ได้แก่ 53, 63 และ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที อุณหภูมิสุดท้ายที่ 78 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พักทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเพื่อ

แยกกากมอลต์ออก จากนั้นนำน้ำเวิร์ทที่ได้ไปต้มฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส พร้อมกับเติม Cascade ฮอปส์ 1.3 กรัม แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที หลังจากขั้นตอนการใส่ฮอปส์จะทำการแยกน้ำเวิร์ทออกเป็น 2 ส่วน เพื่อแยกเป็นส่วนของเบียร์เอลและเบียร์มะเฟือง ซึ่งเบียร์เอลสามารถนำมากรองฮอปส์ออกได้ทันที แต่ในส่วนเบียร์มะเฟืองนั้นจะต้องนำน้ำมะเฟืองที่เตรียมไว้ข้างต้นมาทำการต้มกับน้ำเวิร์ทอีกครั้งหนึ่ง และนำมากรองฮอปส์ออก เมื่อกรองแล้วจึงนำมาพักทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำน้ำเวิร์ทที่ได้แยกใส่ภาชนะสำหรับการหมัก และทำการเติมหัวเชื้อยีสต์ 150 มิลลิลิตร ต่อปริมาตรของเบียร์ 1 ลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน [7] จากนั้นนำมากรองยีสต์ที่หลงเหลืออยู่และตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ นำเบียร์มะเฟืองที่กรองได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ค่าความหวาน ความเป็นกรด-ด่าง ความถ่วงจำเพาะ และปริมาณแอลกอฮอล์

การผลิตโลชั่น

ทำการเตรียมโลชั่นโดยแบ่งเป็น 3 สูตร สูตรละ 800 มิลลิลิตร ซึ่งสูตรที่ 1 โลชั่นควบคุม สูตรที่ 2 โลชั่นเบียร์เอล และสูตรที่ 3 โลชั่นเบียร์มะเฟือง โดยเริ่มจากส่วนที่หนึ่งคือเฟสน้ำที่ประกอบไปด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 624 มิลลิลิตร (สูตรโลชั่นเบียร์เอลและโลชั่นเบียร์มะเฟืองจะเติมน้ำกลั่น 324 มิลลิลิตร) และเมทิล พาราเบน (Methyl paraben) 8 กรัม ผสมให้เข้ากันนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 73-78 องศาเซลเซียส ส่วนที่สองคือเฟสน้ำมันประกอบไปด้วยน้ำมันมะกอก (Olive oil) 16 กรัม เชียบัตเตอร์ (Shea butter) 11.2 กรัม สเตียริกแอซิด (Stearic acid) 48 กรัม ซิทิวแอลกอฮอล์ (Cetyl alcohol) 24 กรัม ไอโซโพรพิลไมริสเทท (Isopropyl myristate) 24 กรัม และ ทวิน 20 (Tween 20) 40 กรัม ผสมให้เข้ากันนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส ก่อนนำสารทั้งสองเฟสผสมเข้าด้วยกันให้ทำการคนสารในส่วนหนึ่งของเฟสน้ำและเฟสน้ำมันให้ละลายจนหมด จากนั้นนำเบียร์ที่เตรียมไว้ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งสูตรที่ 1 เติมน้ำกลั่น 624 มิลลิลิตร สูตรที่ 2 เติมเบียร์เอล 300 มิลลิลิตร และสูตรที่ 3



เติมเปียร์มะเฟือง 300 มิลลิลิตร ลงในโลชั่นแต่ละสูตร คนเบา ๆ ติดต่อกันตลอดเวลา คนจนกระทั่งโลชั่นเย็นลงที่ อุณหภูมิห้อง และเติมสารแต่งกลิ่น 3 มิลลิลิตร [8] จากนั้น นำมาทดสอบการระคายเคืองบริเวณใต้ท้องแขนโดยใช้ อาสาสมัคร 6 คน ที่มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงไม่เป็นโรค ผิวหนังและต้องไม่มีบาดแผลบริเวณใต้ท้องแขน กำหนดพื้นที่ ทดสอบขนาด 3 เซนติเมตร x 3 เซนติเมตร ทาตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ปริมาณ 1 กรัม ให้ทั่วบริเวณผิวหนังที่ทดสอบ ปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วตรวจการระคายเคือง โดย อาสาสมัครอย่างน้อย 4 คน ต้องไม่รู้สึกระคายเคืองหรือต้อง ไม่มีผื่นแดงบริเวณผิวหนังที่ทดสอบ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

ประเมินจากลักษณะภายนอกของตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์เมื่อเตรียมเสร็จ และเปรียบเทียบกับที่ทดสอบ ความคงตัว โดยวิธี Heating and cooling cycle นำโลชั่น

$$\%inhibition = [(A_{blank} - A_{sample}) / A_{blank}] \times 100 \quad (1)$$

กำหนดให้ A_{blank} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH กับตัวทำละลาย
 A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

เจือจางตัวอย่างให้มีค่าความเจือจาง 100 เท่า ปิเปตต์สารละลายตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร และ ปิเปตต์สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น ร้อยละ 7 (โดยมวลต่อปริมาตร) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร ลงในหลุม 96-well plate ตามด้วยสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 100 ไมโครลิตร จากนั้นปิเปตต์น้ำกลั่น ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในหลุม 96-well plate แทน สารละลายตัวอย่างเพื่อใช้เป็นแบลนด์ ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยา ในที่มืด ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที และนำไปวัดค่า การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร โดยทำการ ทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณสาร ประกอบฟีนอลิกรวมในตัวอย่าง โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก และ รายงานผล [10]

ที่เตรียมไว้มาใส่ตู้เย็นที่ประมาณ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาใส่ตู้อบ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำทั้งหมด 4 รอบ แล้วนำมาประเมินผล

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

เจือจางตัวอย่างให้มีค่าความเจือจาง 100 เท่า ปิเปตต์สารละลายตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร และ ปิเปตต์สารละลาย DPPH ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ลงในหลุม 96-well plate ทำแบลนด์โดยปิเปตต์น้ำกลั่นปริมาตร 100 ไมโครลิตร แทนสารละลายตัวอย่าง ลงในหลุม 96-well plate ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเพื่อทำปฏิกิริยา ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และนำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่วัดได้มา เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิกเพื่อ คำนวณค่า %inhibition [9] ดังสมการ

การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวจากเปียร์มะเฟือง ทางจุลชีววิทยา

การวิเคราะห์จำนวนรวมของแบคทีเรีย ยีสต์และ ราที่เจริญเติบโตโดยใช้อากาศ และการวิเคราะห์ชนิดของ จุลินทรีย์ *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *C. albicans* และ *Clostridium spp.*

ทำการวิเคราะห์โดยดัดแปลงจากมาตรฐานของ FDA's Bacteriological Analytical Manual (BAM) และ ตมิสา และคณะ [11] ซึ่งได้มีการใช้ Tween 80 ช่วยในการ ละลายตัวอย่างโลชั่น [12] ทำการเจือจางที่ระดับความเจือจาง 10^{-1} และ 10^{-2} Spread ลงบนจานเพาะเชื้ออาหาร Plate Count Agar (PCA) สำหรับตรวจหาแบคทีเรีย ยีสต์และรา บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง อาหาร Mannitol Salt Agar (MSA) สำหรับตรวจหา *S. aureus* อาหาร Sabouraud Dextrose Agar (SDA) (เติม Chlortetracycline)



สำหรับตรวจหา *C. albicans* อาหาร Cetrimide Agar สำหรับตรวจหา *P. aeruginosa* บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ตรวจผลที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง และอาหาร Modified Lethen Agar (MLA) สำหรับตรวจหา *Clostridium* spp. บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ในที่ไร้อากาศ โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ข้อมูลการวิเคราะห์ที่ได้จากการวัดค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ แสดงเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean \pm standard deviation) และเปรียบเทียบความแตกต่างทาง

สถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Tukey's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์คุณภาพของเบียร์มะเฟือง

จากการบ่มเบียร์มะเฟืองเป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพของเบียร์เพื่อตรวจดูการเปลี่ยนแปลงทั้งก่อนบ่มและหลังทำการบ่ม

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์คุณภาพของเบียร์มะเฟือง

การวิเคราะห์	วันที่ 0	วันที่ 14
°Brix	20	7.3
pH	4.12	4.01
Specific gravity	1.066	1.024
Alcohol by volum	0	5.51

การทดสอบที่บริเวณผิวหนังของผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวตามมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส THAI SMEs STANDARD มอก. เอส 15-2562

ผลการทดสอบการระคายเคืองบริเวณท้องแขนจากอาสาสมัคร 6 คน เมื่อครบ 6 ชั่วโมง พบว่าไม่เกิดความแดงและการบวมของผิวหนังที่บริเวณท้องแขน ในผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวทั้ง 3 สูตร

ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะเนื้อโลชั่นสังเกตหลังเตรียมเสร็จ มีลักษณะเนื้อละเอียดมันวาว ลักษณะสีของโลชั่นควบคุมมีสีขาว โลชั่นเบียร์เอลและโลชั่นเบียร์มะเฟืองมีสีครีม เนื่องจากโลชั่นทั้ง 2 สูตรมีส่วนผสมของเบียร์เอลและเบียร์มะเฟือง ลักษณะกลิ่น

ของโลชั่นควบคุมมีกลิ่นหอมของสารแต่งกลิ่น ส่วนโลชั่นเบียร์เอลและโลชั่นเบียร์มะเฟืองมีกลิ่นของเบียร์ จากการวัด pH ของสูตรโลชั่นควบคุม เท่ากับ 5.44 สูตรโลชั่นเบียร์เอลได้ค่า pH อยู่ที่ 4.36 และโลชั่นเบียร์มะเฟือง เท่ากับ 4.24 หลังการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

จากการนำตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์ โดยเทียบค่าที่ได้กับสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งแสดงผลการทดลองในรูปอัตราการยับยั้งสารอนุมูลอิสระของตัวอย่างทั้งหมด (%) ดังแสดงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2 อัตราการยับยั้งสารอนุมูลอิสระของตัวอย่างทั้งหมดด้วยวิธี DPPH

ตัวอย่าง	อัตราการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ
เปียร์เอล	30.06 ± 1.70% ^d
เปียร์มะเฟือง	42.22 ± 0.63% ^b
โลชั่นเปียร์เอล	37.41 ± 1.12% ^c
โลชั่นเปียร์มะเฟือง	51.80 ± 0.91% ^a
โลชั่นควบคุม	20.80 ± 1.36% ^e

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันจะแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่าง

จากการนำตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์ เพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยทำการเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่วัดได้กับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่มีการ

เจือจางความเข้มข้นให้มีค่าเท่ากับ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งแสดงผลการทดลองในรูปแบบเทียบเท่าไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง ($\mu\text{g GAE/mL}$) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ($\mu\text{g GAE/mL}$)
เปียร์เอล	1,210.8 ± 25.0 ^d
เปียร์มะเฟือง	1,444.2 ± 68.2 ^c
โลชั่นเปียร์เอล	1,921.9 ± 97.3 ^b
โลชั่นเปียร์มะเฟือง	2,158.1 ± 37.6 ^a
โลชั่นควบคุม	1,194.2 ± 33.3 ^d

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันจะแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวตามมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส THAI SMEs STANDARD มอก. เอส 15-2562 และ FDA's Bacteriological Analytical Manual (BAM)

จากการนำผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวทั้ง 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 โลชั่นควบคุม สูตรที่ 2 โลชั่นเปียร์เอล และสูตรที่ 3

โลชั่นเปียร์มะเฟือง มาวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์และราตามมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส THAI SMEs STANDARD มอก. เอส 15-2562 และ FDA's Bacteriological Analytical Manual (BAM) ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4 และตารางที่ 5

**ตารางที่ 4** ผลการตรวจวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์และรา (Colony Forming Unit)

สูตรของผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิว	จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา (CFU/g)
โลชั่นควบคุม	<10 colony/g
โลชั่นเปียร์เอล	<10 colony/g
โลชั่นเปียร์มะเฟือง	<10 colony/g

ตารางที่ 5 ผลการตรวจวิเคราะห์ชนิดของจุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* และ *Clostridium spp.*

ตัวอย่าง	ชนิดของจุลินทรีย์	ผลการวิเคราะห์
โลชั่นควบคุม	<i>S. aureus</i>	ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
	<i>P. aeruginosa</i>	ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
	<i>C. albicans</i>	ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
	<i>Clostridium spp.</i>	ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
โลชั่นเปียร์เอล	<i>S. aureus</i>	ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
	<i>P. aeruginosa</i>	ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
	<i>C. albicans</i>	ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
	<i>Clostridium spp.</i>	ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
โลชั่นเปียร์มะเฟือง	<i>S. aureus</i>	ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
	<i>P. aeruginosa</i>	ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
	<i>C. albicans</i>	ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
	<i>Clostridium spp.</i>	ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์คุณภาพของเปียร์มะเฟือง พบว่าหลังจากผ่านการบ่มเป็นเวลา 14 วัน มีค่า °Brix ลดลงเนื่องจากกระบวนการใช้น้ำตาลที่เป็นแหล่งอาหารของยีสต์เปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างกระบวนการหมัก โดยแปรผกผันกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้น [13] และทำให้ค่า pH ในเปียร์มะเฟืองลดลงอยู่ที่ 4.01 ซึ่งอยู่ในช่วงความเป็นกรด จากการศึกษาของงานวิจัยของ Yoshida และ Yokoyama [14] พบว่าการใช้น้ำตาลของยีสต์

ทำให้อัตราความหนาแน่นของน้ำตาลในเปียร์เปลี่ยนแปลง และจากงานวิจัยนี้ในกระบวนการหมักเปียร์ส่งผลให้ความถ่วงจำเพาะของเปียร์มะเฟืองลดลง ในการศึกษาผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวจากเปียร์มะเฟือง พบว่าโลชั่นบำรุงผิวสูตรเปียร์มะเฟืองมีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระมากกว่าโลชั่นบำรุงผิวสูตรเปียร์เอล และโลชั่นบำรุงผิวสูตรควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานของวิจัยของ Wei และคณะ [15] ได้กล่าวไว้ว่าผลมะเฟืองมีอัตราการยับยั้งสารอนุมูลอิสระมากกว่า 60% มะเฟืองมีความสามารถในการยับยั้งสาร



อนุมูลอิสระสูงกว่าเบียร์ จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวที่มีเบียร์มะเฟืองเป็นองค์ประกอบมีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระสูงขึ้นเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวจากเบียร์เอล และผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวควบคุมอีกทั้งในผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวจากเบียร์มะเฟืองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าโลชั่นบำรุงผิวทั้ง 2 สูตรที่กล่าวมา ทั้งนี้สารประกอบฟีนอลิกที่มีปริมาณมากเป็นผลเนื่องมาจากในขั้นตอนการทำเบียร์มีฮอปส์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ซึ่งในฮอปส์มีสารประกอบฟีนอลิกประมาณ 14.4% [16] และจากการศึกษาของงานวิจัยของ Leong และ Shui [17] พบว่ามะเฟืองประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ เควอซิทิน, โพรแอนโทไซยานิน, กรดแกลลิก และกรดแอสคอร์บิก สารต้านอนุมูลอิสระที่กล่าวมานี้มีปริมาณในมะเฟืองสูงกว่าผลไม้ชนิดอื่น เช่น พีชตระกูลส้ม [18] นอกจากนี้ยังพบว่าเชอร์รี่บัตเตอร์ที่เป็นส่วนประกอบของโลชั่นเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระอื่นอีกในปริมาณมาก ได้แก่ วิตามินเอและวิตามินอี ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านริ้วรอยและเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อป้องกันความเสียหายจากอนุมูลอิสระเมื่อทาโลชั่นลงบนผิวหนัง [19] โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับอัตราการยับยั้งสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH กล่าวคือตัวอย่างที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูง จะมีอัตราการยับยั้งสารอนุมูลอิสระสูงเช่นกัน [20] ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวตามมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส THAI SMEs STANDARD มอก. เอส 15-2562 และ FDA's Bacteriological Analytical Manual (BAM) พบว่าไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ เนื่องจากส่วนประกอบของฮอปส์มีสาร Iso-alpha acid ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ [21] นอกจากนี้ในผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวมีส่วนประกอบของเมทิลพาราเบนเป็นสารกันเสียสำหรับเครื่องสำอาง โดยมีฤทธิ์เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย รา และยีสต์ [22] และได้มีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ด้วยการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวจากเบียร์มะเฟือง ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างคือ 4.24 ตามมาตรฐานทั่วไปจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างของ

โลชั่นบำรุงผิวอยู่ระหว่าง 3.5 ถึง 7.5 ดังนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้เป็นไปตามมาตรฐาน [23]

จากการทดลองเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวทั้ง 3 สูตร ได้แก่ โลชั่นบำรุงผิวจากเบียร์เอล โลชั่นบำรุงผิวจากเบียร์มะเฟือง และโลชั่นบำรุงผิวควบคุม มาทำการวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าโลชั่นเบียร์มะเฟืองมีอัตราการยับยั้งสารอนุมูลอิสระสูงที่สุดตามด้วยโลชั่นเบียร์เอล และโลชั่นควบคุม ซึ่งมีอัตราการยับยั้งสารอนุมูลอิสระอยู่ที่ 51.80% 37.41% และ 20.80% ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu เรียงลำดับจากมากไปน้อยพบว่าโลชั่นเบียร์มะเฟืองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด > โลชั่นเบียร์เอล > โลชั่นควบคุม ดังนี้ 2,158.1, 1,921.9 และ 1,194.2 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวจากเบียร์มะเฟืองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและมีอัตราการยับยั้งสารอนุมูลอิสระสูงที่สุด อีกทั้งไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และไม่ก่อให้เกิดความระคายเคืองกับผิวหนัง

ประโยชน์ของงานวิจัยนี้

1. ทำให้ทราบถึงกระบวนการผลิตเบียร์มะเฟืองและการผลิตผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวมากยิ่งขึ้น
2. ได้ผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวพรรณจากเบียร์มะเฟืองที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ ไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองและไม่มีจุลินทรีย์ก่อโรค

ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการทำเบียร์มะเฟือง หากมีการนำผลมะเฟืองที่มีระยะการสุกต่างกันมาใช้ในการทำเบียร์มะเฟือง จะทำให้ไม่ทราบว่าผลมะเฟืองช่วงใดให้ประโยชน์สูงที่สุดในการเปรียบเทียบอัตราการยับยั้งสารอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งมีผลต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์



2. ส่วนผสมของโลชั่นมีการใส่ Methyl Paraben ซึ่งเป็นสารที่ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ ในการศึกษาพัฒนาหรือปรับปรุงงานวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มวิธีการ neutralize เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

3. หากมีการต่อยอดงานวิจัยนี้ในอนาคตควรมีการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาในอาหารประเภท Enriched medium เพื่อให้ผลการทดลองมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในตัวอย่าง

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและให้ความกรุณาอย่างสูงในการเอื้อเฟื้อสถานที่ ตลอดจนทั้งเครื่องมือในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

1. Giacosa A, Barale R, Bavaresco L, Faliva MA, Gerbi V, Vecchia C, Negri E, Opizzi A, Perna S, Pezzotti M, Rondanelli M. Mediterranean way of drinking and longevity. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2016;56(4):635-40.
2. Zapata P, Esplá A, Vilaplana A, Lax D, Artiaga L, Barrachina A. Phenolic, volatile and sensory profiles of beer enriched by macerating quince fruits. *LWT Food Sci Technol* 2019;103:139-46.
3. Sierksma A, Kok FJ. Beer and health: from myths to science. *Eur J Clin Nutr* 2012;66:869-70.
4. Nardini M, Garaguso I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chem* 2020;305:125437.
5. Michalek IM, John SM, Santos FL. Microbiological contamination of cosmetic products- observations from Europe, 2005–2018. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2019;33(11):2151-7.

6. Parvez S, Kang M, Chung SH, Cho C, Hong CM, Shin KM, Bae H. Survey and mechanism of skin depigmenting and lightening agents. *Phytother Res* 2006;20(11):921-34.
7. Valim F, Oliveira EA, Kamimura ES, Alves AD, Maldonado RR. Production of star fruit alcoholic fermented beverage. *Indian J Microbiol* 2016;56(4):476–81.
8. เสาวนีย์ กระสานดิสุข, หทัยชนก รุณรงค์. การพัฒนาตำรับโลชั่นบำรุงผิว. วิทยานิพนธ์ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ; 2549.
9. สุรพงศ์ รัตนะ, บรรลือ สังข์ทอง.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิก และปริมาณฟลาโวนอยด์ของสารสกัดคัตเค้า (*Oxyceros horridus*). *วารสารหมอยาไทยวิจัย* 2563;6(2):1-10.
10. สุนันทา ช้องสาย, ลักขมี วิทยา. สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเสม็ดขาวและเสม็ดแดง. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ The 15th International Conference on Multi-functional Materials and Applications (ICMMA 2021) ครั้งที่ 15 วันที่ 25 พฤศจิกายน 2564. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. ตรัง; 2562. หน้า 16-21.
11. ตมิสา จันทวงศ์, เตชินี เผ่าผาง, อธิศรา โพธิ์ทองมา, มงคล เพ็ญสายใจ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเส้นผมและหนังศีรษะจากเปียร์เซอร์รี่. *วารสาร มรภ.สข. วิชาการ* 2564;2(1):23-32.
12. BAM. Bacteriological Analytical Manual–Chapter 23: Microbiological Methods for Cosmetics. [Internet].2017 [cited 2022 February 2]. Available from: <http://www.fda.gov.com>



13. Pauline M, Alexandre O, Andoseh B, Tetmoun M, Abeline S, Agatha T. Production technique and sensory evaluation of traditional alcoholic beverage based maize and banana. *Int J Gastron Food Sci* 2017;10:11-5.
14. Yoshida S, Yokoyama A. Identification and characterization of genes related to the production of organic acid in yeast. *J Biosci Bioeng* 2012;113:556-61.
15. Wei SD, Chen H, Yan T, Lin YM, Zhou HC. Identification of antioxidant components and fatty acid profiles of the leaves and fruits from *Averrhoa carambola*. *LWT Food Sci Technol* 2014;55:278-85.
16. Tronina T, Poplonski J, Bartmanska A. Flavonoids as phytoestrogenic components of hops and beer review. *Mol* 2020;25(18):4201.
17. Leong LP, Shui G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem* 2002;76:69-75.
18. Lim YY, Lim TT, Tee JJ. Antioxidant properties of tropical fruits: a comparable study. *Food Chem* 2007;103(3):1003-8.
19. Lovett PN. Shea butter: Properties and processing for use in food. *Specialty Oils and Fats in Food and Nutrition*. 1st ed. UK : Woodhead Publishing; 2015.
20. Kubola J, Siriamompun S, Meeso N. Phytochemical, vitamin C and sugar content of Thai wild fruits. *Food Chem* 2011;126:972-81.
21. Starkel P, Saeger CD, Delire B, Magat J, Jordan B, Konda VR, Tripp ML, Borbath I. Tetrahydro iso-alpha acids and hexahydro iso-alpha acids from hops inhibit proliferation of human hepatocarcinoma cell lines and reduce diethylnitrosamine induced liver tumor formation in rats. *Nutr Cancer* 2015;67(5):748-60.
22. Nowak K, Wrona WR, Gorska M, Jablonska E. Parabens and their effects on the endocrine system. *Mol Cell Endocrinol* 2018;(474):238-51.
23. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานอุตสาหกรรมเอส : ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร. [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 6 มี.ค. 2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.tisi.go.th/assets/website/pdf/tiss/15-2562.pdf>



Antioxidant Properties of Tilapia Skin Collagen Peptides

Nuttapong Jantaratch, Wanchai Worawattanamateekul and Jirapa Hinsui*

Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

Received: 21 May 2022/ Revised: 10 June 2022/ Accepted: 14 June 2022

Abstract

Tilapia processing wastes (skin, bone and scale) can be utilized to reduce waste and environmental problems. Tilapia skin mostly contain collagen and suitable for collagen hydrolysate extraction. The objective of this research was to study relationship between molecular weight and amino acids on antioxidant properties of tilapia skin collagen peptides. Tilapia skin collagen peptides was isolated by ultrafiltration (1, 5 and 10 kDa). Soluble proteins, antioxidants activities and amino acids composition were analyzed. The extracted collagen hydrolysate had high antioxidant activity of ABTS and FRAP. There are 3 group of ultrafiltration peptide fractions by molecular weight: <1kDa, 1-5kDa and >10kDa. The <1kDa peptide fraction had the highest antioxidant activity (ABTS and FRAP). Molecular weight of peptide fraction influenced on antioxidant properties more than amino acid composition. Tilapia skin collagen hydrolysate, was fishery processing by-product, contributed to antioxidant activity and useful in the development of dietary supplement.

Keywords: ABTS, antioxidants peptides, fish skin, tuna pepsin, ultrafiltration



Introduction

Tilapia (*Oreochromis niloticus*) is a freshwater fish that has been of economic importance since 1965. In 2020, Thailand exported 185.5 tons of frozen tilapia fillets and 0.5 tons of chilled tilapia fillets [1]. The processing of fillets produces large amounts of waste, including the head (33%), bones (16%), intestines (8%), and scales and skin (7%). These wastes are often disposed of in landfills, causing environmental problems, including ground water pollution and toxic gas emissions [2]. The waste can be used to make animal feed, but the resulting product has low value [3]. Tilapia skin contains high amounts of collagen and can be used as raw material to produce collagen [4], gelatin [5] and collagen hydrolysate [6].

Collagen hydrolysate can be extracted from tilapia skin using thermal hydrolysis or enzymatic proteolysis. Enzymatic proteolysis takes less time than thermal hydrolysis and produces hydrolysate with a higher antioxidant activity and smaller peptides than from thermal hydrolysis [8]. Enzymatic extraction is a potential method for extracting collagen hydrolysate. To maximize the collagen yield and improve extraction efficiency, several enzymes are used under optimal conditions to increase the solubilization of collagen in the acidic medium [7]. Commercial proteases and protease from microorganism (*Bacillus licheniformis* and *Vibrio* sp.) were used for extracted collagen hydrolysate from porcine [9], common carp fish [10], jumbo squid [11] and salmon skin [12, 13], resulting in high antioxidant activity. Tuna pepsin was used to produce fish protein hydrolysate with high levels of antioxidant activity [14]. Tuna protease

can be used to extract collagen hydrolysate from tilapia skin. This collagen hydrolysate is as effective as commercial porcine pepsin [15]. The biologically active peptide properties, antimicrobial and antioxidant properties, depend on the type of amino acids and the molecular size of the peptide chain [16, 17]. Collagen hydrolysates, consist of various molecular size of peptide chain, were separated by ultrafiltration. Therefore, separation of the hydrolysate by ultrafiltration can be used to increase the biologically active peptide properties. Small peptide fraction of tilapia skin [18], yellowfin tuna skin [19], salmon skin [12], squid [20], and fish by-products [13] collagen hydrolysate produced the highest antioxidant activity. Tilapia collagen hydrolysate consists of amino acid in peptide chain that may affect to antioxidant properties. The purpose of the current research was to study the relationship between molecular weight and amino acids on the antioxidant properties of tilapia skin collagen peptides.

Materials and Methods

Reagents and raw material preparation

Skins from tilapia (*Oreochromis niloticus*) were obtained from fillet processing waste from Mankit Mankhong Co., Ltd., Samut Prakan province, Thailand. Stomachs from tuna (*Katsuwonus pelamis*) were provided by Thai Union Group PCL, Samut Sakhon, Thailand. All samples were packed in polyester bags and kept on ice in an insulated box to maintain the temperature below 10 °C and transported to the Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand within 2 hr, where they were stored at -20 °C until further experimentation.



Preparation of tilapia skin

The tilapia skin was pre-treated by removing blood, meat, mucus, lipids, non-collagen substances, and fishy odor according to Tohmadlae, Worawattanamateekul, & Hinsui [21]. The tilapia skin sample was progressively soaked in 1.5% sodium chloride solution for 1 hr, 0.2% sodium hydroxide solution for 2 hr, 0.2% sulfuric acid solution for 2 hr, and then 1% citric acid solution for 2 hr (all at a skin-to-solution ratio of 1:4). After chemical pre-treatment, the tilapia skin sample was rinsed with water until the pH was neutral (pH 7) and then mixed in a blender for 2 min.

Extraction of crude enzymes from tuna stomachs

The tuna stomach sample was homogenized for tuna protease extraction according to Tohmadlae et al. [15]. The sample was blended with a sodium

phosphate buffer solution at pH 7 at a ratio of 1:3 (w/v), stirred for 3 hr at 4 °C, and then centrifuged at 10,000xg for 30 min at 4 °C. The supernatant was collected and activated with 2 M hydrochloric acid at a ratio of 1:1 (v/v) at 4 °C for 30 min. The protein concentration of the crude enzyme was analyzed according to Lowry et al. [22] and Peterson [23] using bovine serum albumin (BSA) as a standard. Enzyme activity was measured according to Nalinanon et al. [24] and Tohmadlae et al. [15] using hemoglobin as a substrate. The absorbance of the resulting solution was measured at 750 nm using a UV- 1700 spectrophotometer (Shimadzu, Japan). The blank was prepared in the same manner, except that distilled water was used instead of the sample. A standard curve was prepared using tyrosine in the range of 0-1 μ M. Pepsin activity was then calculated using the formula:

$$\text{Enzyme activity (unit/ml)} = \frac{([\text{Protein}]_{\text{Sample}} - [\text{Protein}]_{\text{Control}})}{(\text{Time of the reaction (min)} \times \text{Volume of enzyme solution (ml)})} \quad (1)$$

Specific activity was then calculated using the following formula:

$$\text{Specific enzyme activity (unit/mg protein)} = \frac{\text{enzyme activity (unit/ml)}}{\text{soluble protein of enzyme (mg/ml)}} \quad (2)$$

Methods

1. Tilapia skin collagen hydrolysate extraction

Tilapia skin collagen hydrolysate was extracted using crude enzyme solution (1:10 (w/v)) [15] at 50 °C for five durations (1, 2, 3, 4 and 5 hr), and then enzyme activity was stopped by heating at 100 °C for 15 min. The mixture was centrifuged at 10,000xg at 4 °C for 30 min. The supernatant was collected and adjusted to pH 7.0, before the water was evaporated to produce collagen hydrolysate

(with the same protein concentration as before adjusting the pH) for fractionation and analysis of chemical properties.

2. Fractionation of tilapia skin collagen hydrolysate using ultrafiltration

Collagen hydrolysate was fractionated into peptides based on molecular weight, following a method modified from Charoenphun et al. [25].



Amicon® Stirred Cells were used, along with 10, 5 and 1 kDa molecular weight cut-off (MWCO) membranes and nitrogen gas pressure was set at 50–75 psi. Peptides of different sizes were collected and analyzed for their chemical properties.

3. Chemical properties analysis

3.1. Soluble protein content

The soluble protein content (mg/ml) was analyzed according to Lowry et al. [22] and Peterson [23] using bovine serum albumin (BSA) as a standard.

3.2. Determination of degree of hydrolysis (DH)

The total nitrogen content of the tuna protein hydrolysate was analyzed using the Kjeldahl method [26]. DH of tilapia skin collagen hydrolysate was determined by TCA-solubility index as describe by Rutherford [27] according to the method of Tohmadlae et al. [15] and calculated using the formula:

$$\text{DH (\%)} = \frac{\text{Total nitrogen in tilapia skin collagen hydrolysate} \times 100}{\text{Total nitrogen in tilapia skin}} \quad (3)$$

3.3. Antioxidant activities

Antioxidant activity was measured using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis (ABTS) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays following methods modified from Sukkwei et al. [28], Aleman et al. [29], Ketnawa and Liceaga [30], and Wu et al. [31], respectively, with trolox as a positive control. A standard curve was prepared using trolox according to Tohmadlae et al. [15] in the range of 10-50, 25.71-60 and 0-850 μM ,

respectively. Metal chelating assay was modified from Boyer and McCleary [32], using Ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) as a positive control. A standard curve was prepared using EDTA according to Tohmadlae et al. [15] in the range of 0-150 μM . The blank used was distilled water instead of the sample.

3.4. Determination of molecular weight distribution

Collagen hydrolysate samples were determined for their molecular weight distribution using high-performance liquid chromatography (HPLC) (Agilent 1260 Infinity, USA) equipped with an ultraviolet detector, auto sampler, and vacuum degasser. The samples were loaded onto an Advance Bio SEC column (300 × 4.6 mm, 2.7 μm , Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA) and eluted with 150 mM sodium phosphate buffer (pH 7.0) at a flow rate of 0.350 mL/min. The injection (Agilent 1260 Infinity auto sampler, USA) volume was 2 μL and the detection (Agilent 1260 Infinity II Variable Wavelength Detector, USA) wavelength was set at 220 nm. Ovalbumin (44 kDa), approtinin (6.5 kDa), and neurotensin (1.6 kDa) (Advance Bio SEC 130A Protein Standard 4.0 mg, lyophilized 1.5 mL vial) were used as the molecular weight markers.

3.5. Amino acid composition

Collagen hydrolysate and peptides in different size ranges were hydrolyzed in 6M HCl at 110 °C for 24 hr and then analyzed using HPLC (Agilent 1260 Infinity, USA). The samples were loaded onto an Agilent Poroshell column (HPH C18,



4.6 × 100 mm, 2.7 μm, Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA) and eluted with the mobile phase A containing 10 mM Na₂HPO₄, 10 mM Na₂B₄O₇, and 5 mM NaN₃, with a final pH of 8.2 and the mobile phase B containing acetonitrile: methanol: water (45:45:10, v:v:v) at a flow rate of 1.5 ml/min. The injection (Agilent 1260 Infinity autosampler, USA) volume was 1 μl and the detection (Agilent 1260 Infinity II Variable Wavelength Detector, USA) wavelengths were set at 230 nm and 450 nm. Determination of amino acids followed AOAC [33].

4. Statistical Analysis

A completely randomized design (CRD) was used with three replications. Data were presented as mean ± standard deviation (SD) values. Means among treatments were compared based on Duncan's multiple range test and analysis of variance (ANOVA) was tested at a statistical significance of 95%.

Results and Discussion

The tuna protease activity and specific enzyme activity were 0.0475±0.0002 units/ml and 0.0010±0.0000 units/mg protein, respectively. Even though both these values were lower than for skipjack protease activity of 3.42±1.008 units/ml and specific enzyme activity of 0.0983±0.61 units/mg protein [15], the extraction time patterns were similar. Table 1 shows that the DH of tilapia skin collagen hydrolysate was not significantly different for extraction times in the range 1–5 hr; thus, this extraction time range was suitable for producing tilapia skin collagen hydrolysate. The collagen hydrolysate solutions were not gelatinous when refrigerated at 4 °C, in contrast to the control (collagen hydrolysate at 0 hr), which was gelatinous at 4 °C.

Table 1 Antioxidant activities of tilapia skin collagen hydrolysate using 5 extraction durations.

Extraction time (hr)	DH (%)	DPPH (μmol TE/mg protein)	ABTS (μmol TE/mg protein)	FRAP (μmol TE/mg protein)	Metal Chelating (mM EDTA/mg protein)
1	72.23 ±4.42 ^{ns}	2,171.69 ±118.26 ^a	5,215.43 ±698.12 ^c	758.54 ±46.64 ^a	44.10 ±0.49 ^a
2	72.23 ±2.21 ^{ns}	1,944.97 ±287.86 ^{ab}	5,676.96 ±407.21 ^{bc}	702.83 ±27.12 ^a	45.03 ±0.88 ^a
3	73.50 ±3.38 ^{ns}	2,076.96 ±209.25 ^a	6,751.81 ±293.66 ^a	703.24 ±16.89 ^a	45.17 ±0.77 ^a
4	72.23 ±5.58 ^{ns}	2,105.58 ±179.60 ^a	4,285.51 ±567.31 ^d	610.80 ±44.45 ^b	44.13 ±1.41 ^a
5	72.87 ±2.92 ^{ns}	1,763.69 ±61.66 ^b	6,199.71 ±461.78 ^{ab}	533.13 ±13.43 ^c	39.56 ±1.12 ^b

* Values presented as mean ± SD from triplicate determinations. Different lowercase superscript letters (a–d) in same column indicate significant (p<0.05) differences between means; ns indicates no significant (p>0.05) difference in column.

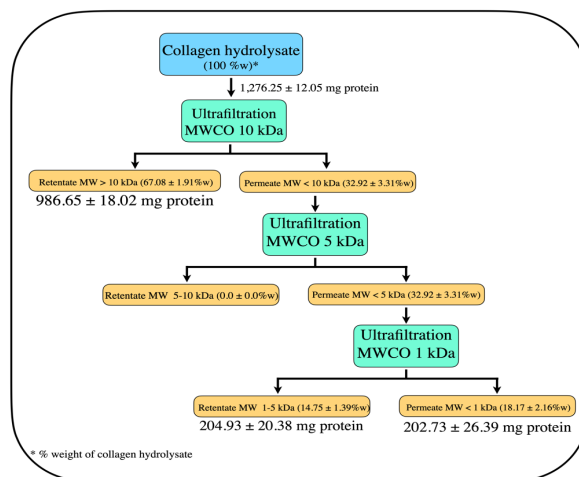


Figure 1 Fractionation ratio of tilapia skin collagen hydrolysate using ultrafiltration.

Table 1 presents data on the collagen hydrolysate extracted at 1–5 hr. The levels for metal chelating, FRAP, and DPPH scavenging capacity for 1–3 hr in the extracted collagen hydrolysate were not significantly different. The hydrolysate after 3 hr extraction having the highest ABTS activity ($6,751.81 \pm 293.66 \mu\text{mol TE/mg protein}$), which was similar to the values for tilapia skin collagen hydrolysate in another study [15], for jumbo squid collagen hydrolysate [19] and for white jellyfish collagen hydrolysate [34]. Based on the current study results, the extraction time of 3 hr for tilapia skin collagen hydrolysate was considered optimal.

Fractionated peptides were isolated from collagen hydrolysate after 3 hr extraction and the resulting ratios are shown in Figure 1. The yield of peptides > 10 kDa represented 67.08% of the total, peptides 1–5 kDa were 14.75%, and peptides < 1 kDa were 18.17%. Soluble protein contents were $986.65 \pm 18.02 \text{ mg/ml}$ for > 10kDa, $204.93 \pm 20.38 \text{ mg/ml}$ for 1–5 kDa and $202.73 \pm 26.39 \text{ mg/ml}$ for < 1 kDa. The < 1 kDa fraction had the highest levels of antioxidant capacity (ABTS, FRAP, metal chelating, and DPPH), similar to yellowfin skin collagen hydrolysate [20], tilapia skin [18] and fish by-

products collagen hydrolysate [13]. The antioxidant capacity of the fractionated peptides decreased compared with the crude collagen hydrolysate, similar to porcine peptide fractions [9]. This may have been due to a decrease in the protein concentration [10, 13].

Extracted tilapia skin collagen hydrolysate contained glutamic acid (449.07 mg/100g), glycine (425.50 mg/100g), and proline (282.29 mg/100g) as the main amino acids. As well as hydrophobic amino acids (955.70 mg/100g) and hydrophilic amino acids (267.68 mg/100g), as shown in Table 3. ABTS radicals can react with hydrophilic and hydrophobic compounds, while the DPPH assay is only suitable for hydrophobic compounds [20, 35]. Tilapia skin collagen hydrolysate contains hydrophilic and hydrophobic amino acids, resulting in high ABTS antioxidant activity. Hydrophilic and hydrophobic amino acids play an important role in antioxidant activity as hydrogen donors [12, 36-39]. Tilapia skin collagen hydrolysate contains acidic amino acids (aspartic and glutamic) and basic amino acids (histidine, lysine, and arginine) that play important roles in metal chelating ability [40].

**Table 2** Antioxidant activities of peptide fractions from tilapia skin collagen hydrolysate.

Peptide size	DPPH ($\mu\text{mol TE/mg protein}$)	ABTS ($\mu\text{mol TE/mg protein}$)	FRAP ($\mu\text{mol TE/mg protein}$)	Metal Chelating (mM EDTA/mg protein)
<1 kDa	10.92 \pm 0.84 ^a	3,178.22 \pm 11.85 ^a	564.61 \pm 17.87 ^a	151.48 \pm 1.58 ^a
1-5 kDa	8.28 \pm 0.22 ^b	2,830.58 \pm 58.09 ^b	454.88 \pm 6.54 ^b	119.00 \pm 3.23 ^c
>10 kDa	8.14 \pm 0.45 ^b	2,639.57 \pm 23.46 ^c	466.62 \pm 3.69 ^b	134.13 \pm 1.51 ^b

* Values presented as mean \pm SD from triplicate determinations. Different lowercase superscript letters (a-d) in same column indicate significant ($p < 0.05$) differences between means.

From the current study on the relationship between molecular weight and amino acids on the antioxidant properties of tilapia skin collagen hydrolysate, it was found that the molecular weight of the peptide fraction influenced on the antioxidant properties more than the amino acid composition. The antioxidant capacity of the small peptide fraction (<1kDa) increased. Peptides with a low

concentration of hydrophilic and hydrophobic amino acids that contribute to antioxidant capacity. While longer peptides with a high amino acid content that cannot unfold and expose their amino acid sequences to exert their bioactivity [20]. Indicating that the antioxidant properties depended on the molecular weight.

Table 3 Amino acid composition of tilapia skin collagen hydrolysate and fraction peptides.

amino acid profiles (mg/100g)	collagen hydrolysate	Peptide fractions		
		>10 kDa	1-5 kDa	<1 kDa
Alanine**	267.68	170.62	39.51	48.64
Aspartic acid*	261.72	165.29	37.25	-
Glutamic acid*	449.07	287.25	66.58	81.60
Glycine	425.50	293.90	67.42	77.31
Leucine**	177.57	108.37	24.39	32.26
Lysine*	221.17	137.71	32.23	40.19
Proline**	282.29	163.47	39.73	51.29
Valine**	131.46	75.01	17.07	23.89
Total	2216.46	1401.63	324.19	355.18



Table 3 (cont.)

amino acid profiles (mg/100g)	collagen hydrolysate	Peptide fractions		
		>10 kDa	1-5 kDa	<1 kDa
Hydrophilic amino acids	267.68	170.62	39.51	48.64
Hydrophobic amino acids	955.70	614.99	141.11	173.65

* Hydrophilic amino acids

** Hydrophobic amino acids

Conclusions

Tilapia skin collagen hydrolysate had high levels of ABTS and FRAP antioxidant activity. The peptide fraction <1 kDa derived from this collagen hydrolysate had the highest antioxidant activity, mainly in terms of the ABTS antioxidant activity. Thus, tilapia skin collagen hydrolysate could be considered an excellent source of antioxidants, making it possible to utilize this waste more effectively and to add value to tilapia and tuna resources. The further studies are needed to isolate small peptide (<1 kDa) to apply for food, dietary supplement and pharmaceuticals.

References

- Nurit K. Situation of tilapia products and products in 2020. Available from: <https://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/Monthly%20report/tilapia/สถานการณ์ปลานิล%20Q4%2063.pdf>.
- Sarker S. By-products of fish-oil refinery as potential substrates for biogas production in Norway: A preliminary study. *Results in Engineering* 2020;6:100137.
- Goldhor S, Regenstein J. *Handbook of Waste Management and Co-Product Recovery in Food Processing*. Cornell University: Woodhead Publishing; 2007.
- Bi C, Li X, Xin Q, Han W, Shi C, Guo R, et al. Effect of extraction methods on the preparation of electrospun/electrosprayed microstructures of tilapia skin collagen. *J Biosci Bioeng* 2019;128(2):234-40.
- Santos JP, Esquerdo VM, Moura CM, Pinto LAA. Crosslinking agents effect on gelatins from carp and tilapia skins and in their biopolymeric films. *Colloids Surf A: Physicochem Eng Asp* 2018;539:184-91.
- Lin S, Hu X, Li L, Yang X, Chen S, Wu Y, et al. Preparation, purification and identification of iron-chelating peptides derived from tilapia (*Oreochromis niloticus*) skin collagen and characterization of the peptide-iron complexes. *LWT* 2021;149:111796.
- Ahmed M, Verma AK, Patel R. Collagen extraction and recent biological activities of collagen peptides derived from sea-food waste: A review. *Sustain Chem Pharm* 2020;18:100315.
- Wang W, Li Z, Liu J, Wang Y, Liu S, Sun M. Comparison between thermal hydrolysis and enzymatic proteolysis processes for the preparation of tilapia skin. *Czech J Food Sci* 2013;31:1-4.
- Hong G-P, Min S-G, Jo Y-J. Anti-Oxidative and Anti-Aging Activities of Porcine By-Product Collagen Hydrolysates Produced by Commercial Proteases: Effect of Hydrolysis and Ultrafiltration. *Molecules* 2019;24(6):1104.



10. González-Serrano DJ, Hadidi M, Varcheh M, Jelyani AZ, Moreno A, Lorenzo JM. Bioactive Peptide Fractions from Collagen Hydrolysate of Common Carp Fish Byproduct: Antioxidant and Functional Properties. *Antioxidants* 2022;11(3)509.
11. Cuevas-Acuña DA, Robles-Sanchez RM, Torres-Arreola W, Marquez-Rios E, Ezquerra-Brauer J-M. Collagen from jumbo squid fin: extracting conditions and influence of the protease system on collagen hydrolysate antioxidant activity. *CYTA J Food* 2016;14(2):193-9.
12. Wu R, Wu C, Liu D, Yang X, Huang J, Zhang J, et al. Antioxidant and anti-freezing peptides from salmon collagen hydrolysate prepared by bacterial extracellular protease. *Food Chem* 2018;248:346-52.
13. Zamorano-Apodaca JC, García-Sifuentes CO, Carvajal-Millán E, Vallejo-Galland B, Scheuren-Acevedo SM, Lugo-Sánchez ME. Biological and functional properties of peptide fractions obtained from collagen hydrolysate derived from mixed by-products of different fish species. *Food Chem.* 2020;331:127350.
14. Taheri A, Bakhshizadeh G A. Antioxidant and ACE Inhibitory Activities of Kawakawa (*Euthynnus affinis*) Protein Hydrolysate Produced by Skipjack Tuna Pepsin. *J Aquat Food Prod Technol.* 2020;29(2):148-66.
15. Tohmadlae P, Worawattanamateekul W, Hinsui J. Characterization of Acidic Tuna Protease and Its Application for Extraction of Tilapia Collagen Hydrolysate. *Chiang Mai Univ J Nat Sci* 2020;19(2):206-21.
16. Korhonen H, Pihlanto A. Bioactive peptides: Production and functionality. *Int Dairy J* 2006;16(9):945-60.
17. Chew LY, Toh GT, Ismail A. *Enzymes in Food Biotechnology.* Selangor Darul Ehsan: Academic Press; 2019.
18. Liang Q, Wang L, He Y, Wang Z, Xu J, Ma H. Hydrolysis kinetics and antioxidant activity of collagen under simulated gastrointestinal digestion. *J Funct Foods* 2014;11:493-9.
19. Nurilmala M, Hizbullah HH, Karnia E, Kusumaningtyas E, Ochiai Y. Characterization and Antioxidant Activity of Collagen, Gelatin, and the Derived Peptides from Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Skin. *Mar Drugs* 2020;18(2):98.
20. Suarez-Jimenez GM, Burgos-Hernandez A, Torres-Arreola W, Lopez-Saiz CM, Contreras CAV, Ezquerra-Brauer JM. Bioactive peptides from collagen hydrolysates from squid (*Dosidicus gigas*) by-products fractionated by ultrafiltration. *Int J Food Sci Technol* 2019; 54(4):1054-61.
21. Tohmadlae P, Worawattanamateekul W, Hinsui J. Tilapia Gelatin : Elimination of Fishy Odor. *RMUTSV Res J* 2019;11(3):402-11.
22. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem* 1951;193(1):265-75.
23. Peterson GL. A simplification of the protein assay method of Lowry et al. which is more generally applicable. *Anal Biochem* 1977;83 (2):346-56.



24. Nalinanon S, Benjakul S, Visessanguan W, Kishimura H. Partitioning of protease from stomach of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) by aqueous two-phase systems. *Process Biochem* 2009;44:471-6.
25. Charoenphun N, Cheirsilp B, Sirinupong N, Youravong W. Calcium-binding peptides derived from tilapia (*Oreochromis niloticus*) protein hydrolysate. *Eur Food Res Technol* 2013;236(1):57-63.
26. Nielsen SS. *Food analysis laboratory manual*. 2nd ed. West Lafayette: Springer; 2010.
27. Rutherford SM. Methodology for Determining Degree of Hydrolysis of Proteins in Hydrolysates: A Review. *J AOAC Int* 2010;93(5):1515-22.
28. Sukkwai S, Kijroongrojana K, Benjakul S. Extraction of gelatin from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) skin for gelatin hydrolysate production. *Int Food Res J* 2011;18(3):1129-34.
29. Alemán Pérez A, Gimenez B, Montero P, Gomez-Guillen M. Antioxidant activity of several marine skin gelatins. *LWT* 2011;44(2):407-13.
30. Ketnawa S, Liceaga AM. Effect of Microwave Treatments on Antioxidant Activity and Antigenicity of Fish Frame Protein Hydrolysates. *Food Bioproc Tech* 2017;10(3):582-91.
31. Wu H-C, Chen H-M, Shiau C-Y. Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of mackerel (*Scomber austriasicus*). *Food Res Int* 2003;36(9):949-57.
32. Boyer RF, J. McCleary C. Superoxide ion as a primary reductant in ascorbate-mediated ferretin iron release. *Free Radic Biol Med* 1987;3(6):389-95.
33. Szkudzińska K, Smutniak I, Rubaj J, Korol W, Bielecka G. Method validation for determination of amino acids in feed by UPLC. *Accred Qual Assur* 2017;22:247-252.
34. Sahaworarak R, Worawattanamateekul W, Hinsui J. Extraction and Characterization of Collagen from White Jellyfish (*Lobonema smithii*). *RMUTSV Res J* 2016;8(1):112-124.
35. Dash P, Ghosh G. Amino acid composition, antioxidant and functional properties of protein hydrolysates from Cucurbitaceae seeds. *J Food Sci Technol* 2017;54(13):4162-72.
36. Levine RL, Mosoni L, Berlett BS, Stadtman ER. Methionine residues as endogenous antioxidants in proteins. *Proc Natl Acad Sci U.S.A.* 1996;93(26):15036-40.
37. Ao J, Li B. Amino acid composition and antioxidant activities of hydrolysates and peptide fractions from porcine collagen. *Food Sci Technol Int.* 2012;18(5):425-34.
38. Chen H-M, Muramoto K, Yamauchi F, Nokihara K. Antioxidant Activity of Designed Peptides Based on the Antioxidative Peptide Isolated from Digests of a Soybean Protein. *J Agric Food Chem* 1996;44(9):2619-23.
39. Weng W, Tang L, Wang B, Chen J, Su W, Osako K, et al. Antioxidant properties of fractions isolated from blue shark (*Prionace glauca*) skin gelatin hydrolysates. *J Funct Foods* 2014;11:342-51.
40. Saiga A, Tanabe S, Nishimura T. Antioxidant activity of peptides obtained from porcine myofibrillar proteins by protease treatment. *J Agric Food Chem* 2003;51(12):3661-7.



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 พิมพ์แบบเสมอนำ-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 พร้อมทั้งแนบไฟล์รูปภาพที่ประกอบในเนื้อหาร่วมกับไฟล์เอกสารปกติด้วย

ตาราง

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

การนำรูปภาพ แผนภูมิ หรือตารางมาอ้างอิงประกอบในบทความจะต้องมีการอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของข้อมูลให้ถูกต้อง ไม่ละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่น

การเขียนเอกสารอ้างอิง

1. การอ้างอิงในเนื้อหา

การอ้างอิงในเนื้อหาใช้ระบบ Vancouver style ให้อ้างเลขลำดับที่ที่กำกับชื่อผู้แต่ง โดยระบุเลขลำดับที่ไว้ในวงเล็บท้ายข้อความตามลำดับการอ้างอิงก่อน-หลัง เช่น จิราวรรณ 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. วรจกณา วิเศษมณี, กาญจนา หริ่มเพ็ง. ความเป็นพิษเฉียบพลันและการกลายพันธุ์จากสารมลพิษรวมในน้ำและตะกอนดิน กรณีศึกษาคลองขุดหมัน 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. วรจกณา ศักดิ์สงศ์, 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

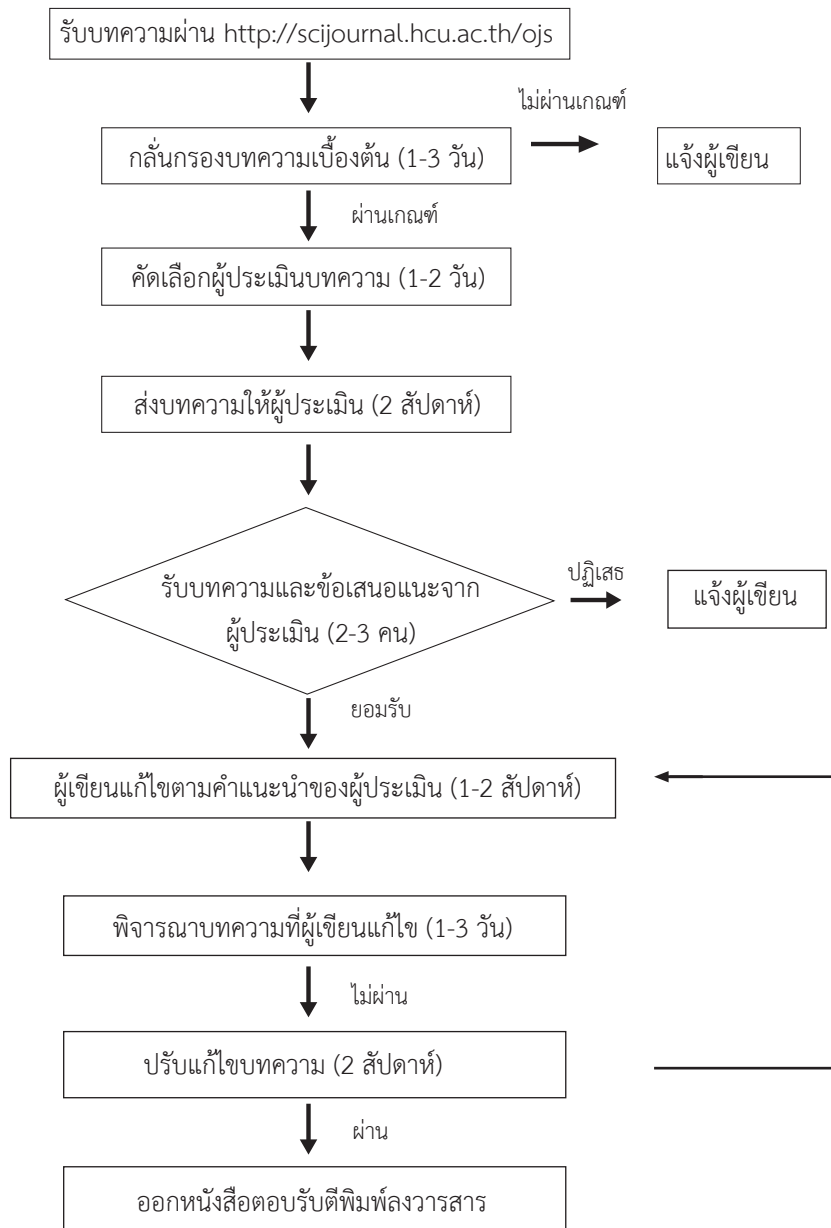
สามารถติดต่อสอบถามข้อมูลได้ที่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เลขที่ 18/18 ถนนเทพรัตน กม.18 ตำบลบางโฉลง อำเภอบางพลี สมุทรปราการ 10540 โทรศัพท์ 02-312-6300 และ 02-713-8100 ต่อ 1180, 1256 โทรศัพท์มือถือ 086-374-2561 อีเมล hcujournal.sci@gmail.com



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



ขั้นตอนการส่งบทความลงวารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ





เรียนรู้เพื่อรับใช้สังคม

แบบเสนอบทความเพื่อพิจารณาพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 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.....



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ หลักสูตรที่เปิดสอน

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตให้มีความรู้และทักษะปฏิบัติการพัฒนาซอฟต์แวร์และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่เกี่ยวข้องกับวิทยาการคอมพิวเตอร์

โอกาสในการประกอบอาชีพ

1. โปรแกรมเมอร์ (Programmer)
2. นักพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Developer)
3. วิศวกรซอฟต์แวร์ (Software Engineer)
4. นักวิเคราะห์ระบบ (System Analyst)
5. ผู้ทดสอบซอฟต์แวร์ (Software Tester)
6. นักพัฒนาเว็บเต็มรูปแบบ (Full stack Web Developer)
7. ผู้ดูแลเว็บไซต์ (Webmaster)
8. ผู้ดูแลฐานข้อมูล (Database Administrator)
9. นักพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Application Developer)
10. วิศวกรเครือข่าย (Network Engineer)
11. ผู้ดูแลและจัดการเครือข่าย (Network Administrator)
12. ผู้วิเคราะห์ข้อมูลดิจิทัล (Digital data Analyst)
13. ผู้เชี่ยวชาญด้านไอที (IT Specialist)
14. นักเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technologist)
15. นักวิจัยทางด้านคอมพิวเตอร์ (Computer Researcher)



COMPUTING AND DIGITAL
TECHNOLOGY, HCU





คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ หลักสูตรที่เปิดสอน

สาขาวิชาปัญญาประดิษฐ์

มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตให้มีความรู้และทักษะปฏิบัติ

ในการเขียนโปรแกรมและประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับปัญญาประดิษฐ์ สามารถบูรณาการความรู้ในศาสตร์ปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับความรู้ในศาสตร์อื่น



โอกาสในการประกอบอาชีพ

1. วิศวกรปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Engineer)
2. นักวิทยาศาสตร์ข้อมูล (Data Scientist)
3. วิศวกรข้อมูล (Data Engineer)
4. วิศวกรระบบ (System Engineer)
5. นักวิจัยด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Researcher)
6. ผู้ชำนาญการด้านดิจิทัล (Digital Specialist)
7. นักนวัตกรรม (Innovative Designer)
8. นักวิทยาศาสตร์เชิงบูรณาการ (Integrated Scientist)



COMPUTING AND DIGITAL
TECHNOLOGY, HCU





คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ หลักสูตรที่เปิดสอน

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์

มุ่งเน้นการผสมผสานความรู้ด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์กับศาสตร์ด้านเทคโนโลยีที่ทันสมัย

โอกาสในการประกอบอาชีพ

1. นักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ปฏิบัติการ นักวิชาการ และ ผู้ช่วยวิจัย ในหน่วยงานต่าง ๆ เช่น กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กรมควบคุมโรค สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ศูนย์เทคโนโลยีด้านการแพทย์และสาธารณสุข สถาบันพยาธิวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ และโรงพยาบาล เป็นต้น
2. ผู้ประกอบการด้านธุรกิจผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ การนำเข้าและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ เช่น ยา สารเคมี ชุดตรวจ เครื่องมือ อุปกรณ์ทางการแพทย์ รวมทั้งผู้ประกอบการด้านการให้บริการทางสุขภาพ
3. ผู้บริหาร/พนักงานหน่วยงานภาคเอกชนด้านธุรกิจการแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับการบริการตรวจวิเคราะห์ สารเคมี ยา เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้านการแพทย์



MEDICAL SCIENCE HCU



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)

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

เลขที่ 18/18 ถนนเทพรัตน กม.18 ตำบลบางโฉลง 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>

