



การเปรียบเทียบสารชีวภาพและฤทธิ์ทางเครื่องสำอางจากข้าวลืมผัว
โดยการสกัดด้วยวิธีการแช่และวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง
COMPARISON ON BIOACTIVE COMPOUNDS AND COSMETIC
BIOACTIVITIES FROM LEUM PUA RICE BY MACERATION
AND ULTRASONIC-ASSISTED EXTRACTION

ณัฐธิดา ทองประกาศิต

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2567

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การเปรียบเทียบสารชีวภาพและฤทธิ์ทางเครื่องสำอางจากข้าวลืมผัว
โดยการสกัดด้วยวิธีการแช่และวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง
COMPARISON ON BIOACTIVE COMPOUNDS AND COSMETIC
BIOACTIVITIES FROM LEUM PUA RICE BY MACERATION
AND ULTRASONIC-ASSISTED EXTRACTION

ณัฐธิดา ทองประกาศิต

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2567

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง



หน้าอนุมัติการค้นคว้าอิสระ

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

การค้นคว้าอิสระเรื่อง การเปรียบเทียบสารชีวภาพและฤทธิ์ทางเครื่องสำอางจากข้าวลิ้มผิวโดยการสกัด
ด้วยวิธีการแช่และวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง

Comparison on Bioactive Compounds and Cosmetic Bioactivities
from Leum Pua Rice by Maceration and Ultrasonic-Assisted
Extraction

ผู้ประพันธ์ ญัฐธิดา ทองประกาศิต

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลพิสุทธิ์ ตันตาปกุล

อาจารย์ ดร.ถนันท ศรีพิสุทธิ์

อาจารย์ ดร.ฐาปกรณ์ ตรีอุดม

อาจารย์ ดร.นภัตสร ดิษฐาภูมิกุล

ประธานกรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(อาจารย์ ดร.ถนันท ศรีพิสุทธิ์)

คณบดี

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี รังสีจิตรประภา)

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดีและเป็นไปตามความคาดหวังของผู้เขียน เนื่องด้วยความช่วยเหลือ ความเมตตา และความกรุณาจากอาจารย์ ดร.ถนันท ศรีพิสุทธิ อาจารย์ที่ปรึกษา ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่สละเวลาในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ และมอบความรู้ในการปฏิบัติการทดสอบวิเคราะห์ด้วยวิธีต่าง ๆ กระทั่งการตรวจทานแก้ไขจนการค้นคว้าอิสระนี้เสร็จสมบูรณ์และขอขอบพระคุณคณาจารย์สำนักวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงทุก ๆ ท่านที่มอบความรู้จนกระทั่งการค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณนางสาวธนิชา ประเสริฐ ที่คอยช่วยเหลือ ชี้แนะ และดูแลอย่างดีในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และขอขอบพระคุณนางสาวโสภณ เตศรีบุรพกุล และเจ้าหน้าที่เกี่ยวข้องที่คอยติดต่อประสานงานในเรื่องต่าง ๆ

ขอกราบขอบพระคุณมารดาและครอบครัวของผู้เขียนที่สนับสนุนด้านการศึกษาและขอบคุณที่เข้มแข็งจนผ่านความเศร้าและมัวหมองในชีวิตของทุกคนและสามารถเป็นกำลังใจให้กันได้ และกราบขอบพระคุณบิดาผู้เป็นกำลังใจสำคัญ ด้วยรักและคิดถึง

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดการศึกษาศาสตร์วิทยาศาสตร์เครื่องสำอางและการค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ณัฐธิดา ทองประกาศิต

ชื่อเรื่องการค้นคว้าอิสระ	การเปรียบเทียบสารชีวภาพและฤทธิ์ทางเครื่องสำอางจากข้าวลิ้ม ผิวโดยการสกัดด้วยวิธีการแช่และวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง
ผู้ประพันธ์	ณัฐธิดา ทองประกาศิต
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง)
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.ถวณันท์ ศรีพิสุทธิ

บทคัดย่อ

ข้าวลิ้มผิวเป็นข้าวเหนียวดำพื้นเมืองที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวสีพันธุ์ทั่วไป การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ทางเครื่องสำอางของข้าวลิ้มผิวโดยที่สกัดด้วยวิธีการแช่และวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง โดยการใช้เอทานอลร้อยละ 70% และโพไฟรลีนไกลคอลเป็นตัวทำละลาย จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานิน สารฟีนอลิกรวม สารฟลาโวนอยด์รวม รวมถึงฤทธิ์ทางเครื่องสำอาง ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งไกลโคเซชัน และการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ผลการทดลองพบว่า การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงร่วมกับเอทานอล 70% เป็นเวลา 30 นาที ให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด (12.89 ± 0.26 mg CEG/100g) รวมทั้งให้ปริมาณสารฟีนอลิกรวม (5.24 ± 0.12 mg GAE/g) และฟลาโวนอยด์รวม (19.60 ± 0.24 mg QE/g) สูงกว่าวิธีการแช่ นอกจากนี้ยังแสดงฤทธิ์ทางเครื่องสำอางได้ดีกว่า โดยให้ค่า IC_{50} ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (6.63 ± 0.25 μ g/mL) การยับยั้งไกลโคเซชัน (26.07 ± 0.84 μ g/mL) และการยับยั้งไทโรซิเนส (44.43 ± 0.97 μ g/mL) ดีกว่าวิธีการแช่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากผลการศึกษา สรุปได้ว่า วิธีการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงมีประสิทธิภาพในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สูงกว่าวิธีการแช่ อีกทั้งยังใช้ระยะเวลาสั้น และเหมาะกับการพัฒนาเป็นสารสกัดที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ต้องการประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการผลิต

คำสำคัญ: การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง, การแช่, ข้าวลิ้มผิว, แอนโทไซยานิน, ฤทธิ์ทางเครื่องสำอาง

Independent Study Title Comparison on Bioactive Compound and Cosmetic Bioactivities from Leum Pua Rice by Maceration and Ultrasonic-assisted Extraction

Author Nattida Thongprakasit

Degree Master of Science (Cosmetic science)

Advisor Tawanun Sripisut, Ph. D.

ABSTRACT

Leum Pua rice is a traditional black glutinous rice, contains higher nutritional value compared to common white rice. This study aimed to compare the bioactive compound and cosmetic bioactivities of Leum Pua rice extracts obtained through maceration and ultrasonic-assisted extraction with 70% ethanol and propylene glycol as solvents. The extracted samples were analyzed for anthocyanin content, total phenolic content, total flavonoid content, antioxidant activity, antiglycation, and tyrosinase inhibition. The results showed that ultrasonic-assisted extraction using 70% ethanol for 30 minutes yielded the highest anthocyanin content (12.89 ± 0.26 mg CEG/100g), as well as higher total phenolic content (5.24 ± 0.12 mg GAE/g) and total flavonoid content (19.60 ± 0.24 mg QE/g) compared to maceration. In addition, ultrasound-assisted extraction exhibited significantly stronger biological activities relevant to cosmetics, as indicated by lower IC_{50} values for antioxidant activity (6.63 ± 0.25 μ g/mL), antiglycation activity (26.07 ± 0.84 μ g/mL), and tyrosinase inhibition (44.43 ± 0.97 μ g/mL) ($p \leq 0.05$). In conclusion, ultrasonic-assisted extraction is more efficient for extracting active compounds from Leum Pua rice in a shorter time and is suitable for experiments that demand speed and high efficiency.

Keywords: Ultrasonic-assisted Extraction, Maceration, Leum Pua Rice, Anthocyanin, Cosmetic Bioactivities

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 ข้อมูลทั่วไปของข้าว	4
2.2 ข้อมูลทั่วไปทางพฤกษศาสตร์	5
2.3 ฤทธิ์ทางชีวภาพ	7
2.4 การสกัดสารสำคัญจากพืช	16
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
3 วิธีการดำเนินการวิจัย	21
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	21
3.2 สารเคมีและวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย	21
3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	22
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	26
4.1 การสกัดด้วยปัจจัยต่าง ๆ	26
4.2 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	26
4.3 ฤทธิ์ทางเครื่องสำอาง	29
5 สรุปผลการศึกษาวิจัย	32
รายการอ้างอิง	33
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก กราฟความสัมพันธ์	38
ภาคผนวก ข ข้าวลิ้มผิวและสารสกัด	41
ประวัติผู้ประพันธ์	43

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4.1 สภาวะการสกัด	26
4.2 ปริมาณแอนโทไซยานินรวม	27
4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม	28
4.4 ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม	29
4.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	30
4.6 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งไกลโคซีน	30
4.7 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งไทโรซิเนส	31



สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของข้าวเปลือก	5
2.2 ลักษณะของข้าวลิ้มผิว	6
2.3 เมล็ดข้าวลิ้มผิว	7
2.4 โครงสร้างแอนโทไซยานิน	8
2.5 โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิก	9
2.6 โครงสร้างสารประกอบฟลาโวนอยด์	11
2.7 การให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ	12
2.8 กระบวนการเกิด Advanced Glycation End Products	14
2.9 กระบวนการสังเคราะห์เมลานิน	15
2.10 การสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง	17
2.11 การสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่	18
2.12 การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ยิ่งยวด	18

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการบริโภคข้าวเป็นหลัก ทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ปัจจุบันผู้บริโภคมีทางเลือกในการบริโภคข้าวที่หลากหลายมากขึ้น โดยเฉพาะข้าวไม่ขัดสี เช่น ข้าวกล้อง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวลิ้มผั่ว ซึ่งได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวที่ผ่านการขัดสี โดยการขัดสีจะทำให้สารอาหารที่อยู่ในเยื่อหุ้มเมล็ด รำ และจมูกข้าวสูญเสียไปด้วย (อภิชาติ เนินพลับและคณะ, 2559)

จากกองวิจัยและพัฒนาข้าว บทความองค์ความรู้ข้าว (2559) ระบุว่า ข้าวลิ้มผั่ว เป็นข้าวเหนียวดำพื้นเมืองที่ปลูกโดยกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง ในพื้นที่สูงของบ้านรวมไทยพัฒนาที่ 3 ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก งานวิจัยโดย ดร.อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยพืชไร่โลก กรมการข้าว พบว่า ข้าวลิ้มผั่วมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวเหนียวทั่วไป และมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวเจ้า

ข้าวลิ้มผั่ว (*Oryza sativa* L. Variety *Leum Pua*) อุดมด้วยสารสำคัญหลายชนิด เช่น สารฟีนอลิก สารโพลีฟีนอล โดยเฉพาะแอนโทไซยานิน (ดวงเดือน วัฒนานุรักษ์, 2564; Devi et al., 2024) ซึ่งสารแอนโทไซยานิน มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีส่วนช่วยในการชะลอความเสื่อมของเซลล์ ผิวดูอ่อนวัยเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิวหนัง ลดเลือนริ้วรอย (นุชนาฏ ภักดี และพีระศักดิ์ ฉายประสาท, 2561; ฐานิดา รองสุพรรณ และสมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม, 2561) จึงมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นสารออกฤทธิ์ทางเครื่องสำอาง และเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสีชนิดอื่น พบว่าข้าวลิ้มผั่วมีปริมาณสารฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวชนิดอื่น (Moko et al., 2013; Ratanasongthan et al., 2024)

การสกัดสารสำคัญจากพืชทำได้หลายวิธี ทั้งแบบดั้งเดิม (Traditional Extraction Method) เช่น การสกัดด้วยการแช่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย และการสกัดแบบต่อเนื่องเป็นต้น และแบบสมัยใหม่ (Modern Extraction Methods) เช่น การใช้คลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-Assisted extraction) และการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ยิ่งยวด (Supercritical Fluid Extraction) อย่างไรก็ตาม วิธีดั้งเดิมมักมีข้อจำกัด เช่น ใช้เวลานาน และต้องใช้ปริมาณตัวอย่างและตัวทำละลายมาก

ในขณะที่วิธีสมัยใหม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดและลดระยะเวลาได้ (สุพิชญ์ชญา กลั่นทะกะสุวรรณ, 2562)

จากข้อมูลข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาวิจัยเปรียบเทียบวิธีการสกัดดั้งเดิมด้วยวิธีการแช่ กับวิธีการใช้คลื่นความถี่สูงในการสกัดสารออกฤทธิ์จากข้าวลิ้มผั่ว โดยศึกษาปริมาณสารแอนโทไซยานิน สารฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งไกลโคเจน และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและความงามต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบสารพฤกษเคมีจากข้าวลิ้มผั่วโดยการสกัดด้วยวิธีการแช่และวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานิน ฟีนอลิกรวม และฟลาโวนอยด์รวมจากสารสกัดข้าวลิ้มผั่ว

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์หาฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งไกลโคเจนและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดข้าวลิ้มผั่ว

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 สกัดสารจากข้าวลิ้มผั่วด้วยวิธีการแช่และการใช้คลื่นความถี่สูง

1.3.2 วิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานิน ฟีนอลิกรวม และฟลาโวนอยด์รวมจากสารสกัดข้าวลิ้มผั่ว

1.3.3 วิเคราะห์ฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งไกลโคเจน และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดข้าวลิ้มผั่ว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เปรียบเทียบสารพฤกษเคมีจากข้าวลิ้มผั่วด้วยการสกัดด้วยวิธีการแช่และวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง

1.4.2 ทราบปริมาณสารแอนโทไซยานิน ฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวมจากสารสกัด
ข้าวลิ้มผิว

1.4.3 ทราบฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชั่นและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส
ของสารสกัดข้าวลิ้มผิว



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ข้อมูลทั่วไปของข้าว

โครงสร้างของเมล็ด

คำว่า "ข้าว" เป็นคำที่ใช้ทั่วไปในการอธิบายเมล็ดของข้าว ในเชิงพฤกษศาสตร์นั้นหมายถึงผลที่มีลักษณะผลเดี่ยว เมล็ดข้าวมีองค์ประกอบหลักสองส่วนคือ ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวซึ่งเรียกว่า แกลบ และ ส่วนของเนื้อผลหรือผลแท้ หรือ ข้าวกล้อง (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)

1. ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวนั้นเรียกว่า แกลบ ประกอบด้วยเปลือกชั้นนอกขนาดใหญ่ เปลือกชั้นในขนาดเล็ก ขน หาง ข้าวเมล็ด และกลีบรองเมล็ด

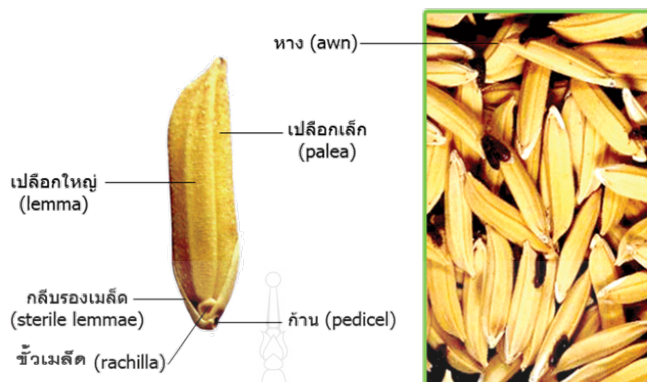
2. ส่วนที่สามารถบริโภคได้เรียกว่า ข้าวกล้องหรือเนื้อผลเป็นเมล็ดข้าวที่ได้มีการนำเปลือกออก

1) เยื่อหุ้มผล เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกที่ห่อหุ้มแกนใน มักมีสารสีหรือสีธรรมชาติหล่อเลี้ยงอยู่ในนั้น ส่งผลให้ข้าวกล้องมีสีที่ต่างกัน เช่น สีน้ำตาลอ่อน น้ำตาลเข้ม สีน้ำตาลแดง สีน้ำตาลม่วง และน้ำตาลแทบดำ

2) เยื่อหุ้มเมล็ด ตั้งอยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผล มีเซลล์สองชั้นจัดเรียงในแนวยาวตามขวาง และมีผนังบางกั้นอยู่ภายในเซลล์นั้นมีไขมันและสารสีเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มผล ส่งผลให้ข้าวกล้องมีสีที่หลากหลาย

สีของเปลือกข้าวเป็นลักษณะเฉพาะของพันธุ์ที่เกิดจากการแสดงออกของยีน ซึ่งข้าวพันธุ์ไทยมีความหลากหลายของสีเปลือก เช่น สีฟาง สีดำ สีแดง สีน้ำตาลเข้ม และสีอื่น ๆ โดยทั่วไปแล้วจะพบสีฟางและสีน้ำตาลมากที่สุด ข้าวที่มีเปลือกสีอ่อนเมื่อนำไปขัดสีมักได้ข้าวสารสีขาว ในขณะที่ข้าวที่มีเปลือกสีเข้มจะได้ข้าวสารที่มีลักษณะหม่นเล็กน้อยหลังการขัดสี

สำหรับข้าวกล้อง สีของเมล็ดแสดงออกที่ชั้นเยื่อหุ้มผล ซึ่งสามารถมีสีได้หลายเฉด ตั้งแต่สีขาว สีแดง สีน้ำตาลเข้ม สีน้ำตาลอมเทา ไปจนถึงสีม่วงหรือดำ ข้าวกล้องที่มีสีม่วงหรือดำมักพบสารแอนโทไซยานินในปริมาณสูง



ทีมา กองวิจัยและพัฒนาข้าว (2559)

ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของข้าวเปลือก

2.2 ข้อมูลทั่วไปทางพฤกษศาสตร์

ชื่อพันธุ์

ข้าวลิ้มผัว

ชื่อวิทยาศาสตร์

Oryza sativa L. Variety *Leum Phua*

ชนิด

ข้าวเหนียว

ประวัติพันธุ์

ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกเก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวเหนียวนาปีของกลุ่มชาติพันธุ์ชาวม้ง จากจังหวัดตาก ปลุกเปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกจากแหล่งเดิม (อำเภอบพพระ) และคัดเลือกพันธุ์ให้บริสุทธิ์ ระหว่างปี 2534-2538

การรับรองพันธุ์

คณะกรรมการบริหาร กรมการข้าว มีมติให้เป็นพันธุ์รับรอง เมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2555 (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2559)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ข้าวลิ้มผัวมีลำต้นสูงประมาณ 150 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง ต้นแข็ง ไม่ล้มง่าย ปล้องสีเหลืองอ่อน กาบใบ และใบมีสีเขียว ลิ่นใบมีสีน้ำตาลอ่อน หูใบมีสีน้ำตาลเหลือง เมล็ดข้าวเปลือกมีฟางแถบม่วงดำ มีการเก็บเกี่ยวประมาณเดือนตุลาคม (อภิชาติ เนินพลับ และคณะ, 2559)



ที่มา อภิชาติ เนินพลับ และคณะ (2559)

ภาพที่ 2.2 ลักษณะของข้าวลิ้มผั่ว

ข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกโดยกลุ่มชาติพันธุ์ม้งในพื้นที่บ้านรวมไทยพัฒนาที่ 3 ตำบลรวมไทยพัฒนา อำเภอบพพระ จังหวัดตาก รวมถึงบนพื้นที่สูงในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นข้าวไร่ในปีที่มีความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดี โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งและมีน้ำจำกัด ข้าวพันธุ์นี้จัดเป็นข้าวเหนียวที่มีสีม่วงดำทั้งในส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดและเนื้อเมล็ด ซึ่งเป็นผลมาจากสารประกอบฟลาโวนอยด์ในกลุ่มแอนโทไซยานิน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2559)

ลักษณะเด่นของข้าวเหนียวดำพันธุ์นี้ ได้แก่ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว รสชาติดี และมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวเหนียวทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิด ได้แก่ กรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมก้า 3, 6 และ 9 วิตามินบี 3 วิตามินอี แคลเซียม แมงกานีส ธาตุเหล็ก และแกมมาโอไรซานอล (อภิชาติ เนินพลับ และคณะ, 2553)

จากการศึกษาทางวิชาการพบว่า ข้าวชนิดนี้มีศักยภาพในการช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ ลดการแข็งตัวของเลือด ชะลอการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง บำรุงการทำงานของตับ ป้องกันโรคความจำเสื่อม รวมถึงช่วยลดระดับไขมันในเลือดและบรรเทาอาการเบาหวาน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าช่วยบำบัดอาการหย่อนสมรรถภาพทางเพศทั้งในเพศชายและหญิงได้อีกด้วย

ในด้านการแพทย์พื้นบ้าน ข้าวเหนียวดำยังถูกนำมาใช้ในการรักษาโรคต่าง ๆ ตามภูมิปัญญาท้องถิ่น เช่น อาการท้องร่วง โรคผิวหนัง มะเร็ง รวมถึงการใช้ร่วมกับใบชาต้มเพื่อลดอาการตกเลือด

หลังคลอด ทั้งนี้ สารแอนโทไซยานินที่พบในข้าวยังมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าวิตามินอี และมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคต่อกระดูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2559)



ภาพที่ 2.3 เมล็ดข้าวลิ้มผิว

2.3 ฤทธิ์ทางชีวภาพ

2.3.1 แอนโทไซยานิน

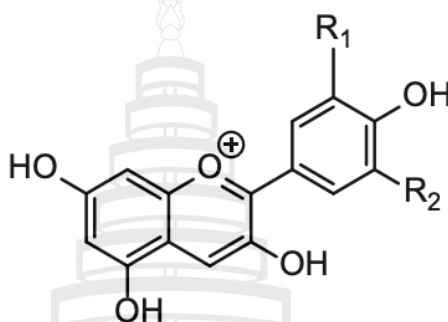
แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นรงควัตถุธรรมชาติหรือสารให้สีที่พบสะสมอยู่ในแวคิวโอล (vacuole) ของเซลล์พืช โดยมีบทบาทในการสร้างสีให้แก่ส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ สีแดง ม่วง และน้ำเงิน สารชนิดนี้พบได้ทั่วไปในพืชหลายชนิด ทั้งในส่วนของดอก ใบ ลำต้น เยื่อหุ้มเมล็ด และผล ตัวอย่างของพืชที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง ได้แก่ มันเทศสีม่วง ชมพูแดง ข้าวแดง ข้าวนิล ข้าวเหนียวดำ ถั่วดำ หอมแดง ดอกอัญชัน กระเจี๊ยบแดง ข้าวโพดสีม่วง เผือก หอมหัวใหญ่สีม่วง มะเขือม่วง พริกแดง องุ่นแดงและองุ่นม่วง แอปเปิล บลูเบอร์รี่ เชอร์รี่ แบล็กเบอร์รี่ ราสเบอร์รี่ สตรอเบอร์รี่ กะหล่ำปลีสีม่วง

ในเชิงโครงสร้างทางเคมี แอนโทไซยานินจัดอยู่ในกลุ่มฟีนอลิกชนิดโพลีฟีนอล ซึ่งถือเป็นกลุ่มย่อยหนึ่งของฟลาโวนอยด์ โดยโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติกสองวง เชื่อมต่อกันผ่านวงแหวนเฮเทอโรไซคลิก และมักมีหมู่เมทอกซิลหรือไฮดรอกซิล ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (นุชนาฏ ภัคติ และพีระศักดิ์ ฉายประสาท, 2561)

แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติเด่นในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอกระบวนการเสื่อมสภาพของเซลล์ ลดการเสื่อมของดวงตา และยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดลิ่มเลือด อันส่งผลต่อการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ หลอดเลือดสมองอุดตัน ความดันโลหิตสูง เบาหวาน มะเร็ง และโรคข้ออักเสบ (ลือชัย บุตคุป, 2554) นอกจากนี้ แอนโทไซยานินยังแสดงฤทธิ์ใน

การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ซึ่งเป็นเชื้อที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในระบบทางเดินอาหาร เช่น โรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษ

ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว มีการค้นพบว่าแอนโทไซยานินในรูปของแอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidin) เป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยมีการนำสารสกัดจากข้าวดังกล่าวมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางสำหรับผลิตภัณฑ์ลดเลือนริ้วรอย ฝ้า กระ และเพื่อชะลอความชราของผิวหนัง (ดวงเดือน วัฒนานุรักษ์, 2564)



ที่มา Dabas (2016)

ภาพที่ 2.4 โครงสร้างแอนโทไซยานิน

การทดสอบปริมาณสารแอนโทไซยานิน ด้วยวิธี pH differential คือ การเปลี่ยนแปลงสีที่ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย ในสภาพที่มีความเป็นกรด pH ต่ำ สารละลายจะปรากฏเป็นสีแดง เมื่อ pH อยู่ในระดับกลาง สีจะเปลี่ยนเป็นน้ำเงินหรือม่วง และเมื่อค่าความเป็นด่างเพิ่มขึ้น (pH สูง) สีจะเปลี่ยนเป็นเหลืองซีดหรือลดความเข้มลง ความสามารถในการเปลี่ยนสีตามสภาวะ เช่นนี้ ทำให้แอนโทไซยานินได้รับความสนใจทั้งในด้านการประเมินคุณภาพอาหาร การวิจัยสารต้านอนุมูลอิสระ และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีการควบคุม pH (Matthayom et al., 2020)

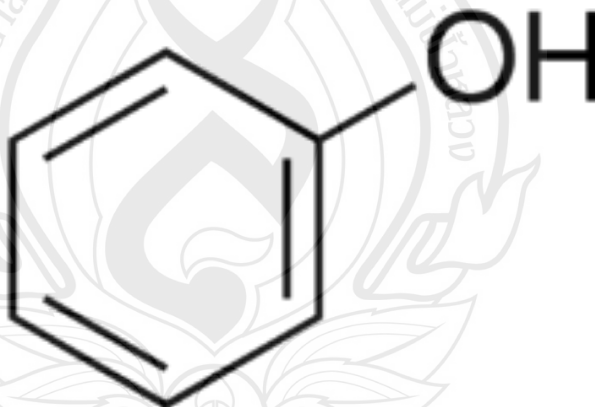
2.3.2 สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) เป็นกลุ่มของสารประกอบธรรมชาติที่พบในพืช ซึ่งมีคุณสมบัติสำคัญในด้านการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยสามารถยับยั้งกระบวนการออกซิเดชันที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อในร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Cao et al., 2023) สารในกลุ่มนี้มีความหลากหลายทางเคมีและสามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพในหลายรูปแบบ เช่น ด้านการอักเสบ ป้องกันความเสียหายจากรังสีอัลตราไวโอเลต รวมถึงยับยั้งการจับตัวของโลหะหนัก และการเกิดอนุมูลอิสระผ่านกลไกการคีเลตและการให้อะตอมไฮโดรเจน (วลัยพร สิ้นสวัสดิ์ และคณะ, 2564)

โครงสร้างสารฟีนอลิกมีลักษณะพื้นฐาน คือ ประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติกที่เชื่อมต่อกับหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่งหมู่ ซึ่งโครงสร้างที่ต่างกันทำให้เกิดคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์ และนิธิยา รัตนพานนท์, 2560) นอกจากนี้ สารฟีนอลิกยังสามารถจำแนกออกได้เป็นหลายประเภทตามโครงสร้างโมเลกุล เช่น กรดฟีนอลิก ฟีนิลโพรพานอยด์ และฟลาโวนอยด์

ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่มาจากพืช เช่น ผัก ผลไม้ ธัญพืช และเครื่องดื่มจากสมุนไพร ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ทั้งชนิดของพืช พันธุกรรม วิธีการเพาะปลูก สภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต ระดับความสุกของพืชผล รวมถึงวิธีการเก็บเกี่ยวและกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะกระบวนการแปรรูปที่ใช้ความร้อน เช่น การต้ม นึ่ง หรืออบแห้ง ซึ่งอาจมีผลทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากโครงสร้างของสารอาจถูกทำลายหรือเปลี่ยนแปลงไปจากความร้อน

จากคุณสมบัติเหล่านี้ สารฟีนอลิกจึงได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในงานวิจัยและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ โดยเฉพาะในด้านอาหาร ยารักษาโรคจากธรรมชาติ และผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่เน้นความปลอดภัยและสารออกฤทธิ์ชีวภาพจากธรรมชาติ



ที่มา Kogoya et al (2024)

ภาพที่ 2.5 โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิก

การทดสอบปริมาณสารฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-Ciocalteu เป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างพืช โดยอาศัยหลักการรีดอกซ์ระหว่างสารฟีนอลิกกับองค์ประกอบของ Folin-Ciocalteu reagent ซึ่งมีไอออนของโมลิบดีนัมและทังสแตนในรูปของสารประกอบ เมื่อทำปฏิกิริยาในสถานะต่าง เช่น มีโซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวช่วย จะเกิดการเปลี่ยน

สถานะของไอออน ซึ่งก่อให้เกิดสารประกอบสีน้ำเงิน ความเข้มของสีที่เกิดขึ้นนั้น แปรผันตามปริมาณของสารฟีนอลิกความเข้มของสีน้ำเงิน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 725–765 นาโนเมตร (Cao et al., 2023)

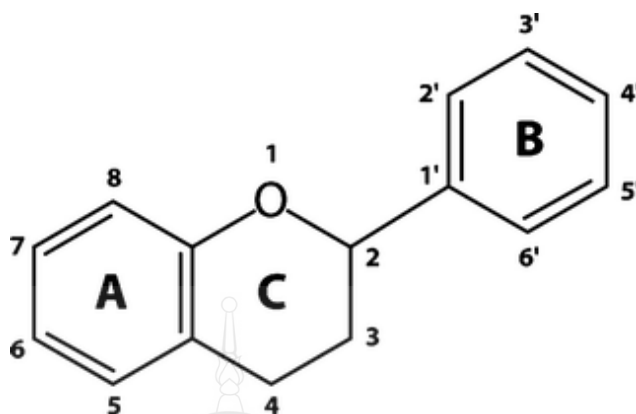
2.3.3 สารประกอบฟลาโวนอยด์

สารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เป็นกลุ่มของสารฟีนอลิกที่พบได้อย่างแพร่หลายในธรรมชาติ และจัดเป็นกลุ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญที่สุดในพืช พบมากในส่วนที่เป็นเม็ดสีที่ละลายน้ำได้ เช่น ใบไม้ เปลือกไม้ ฝัก และผลไม้ชนิดต่าง ๆ ฟลาโวนอยด์มีบทบาทเด่นในด้านสุขภาพ เนื่องจากมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและชะลอการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมสภาพของเซลล์และการเกิดโรคเรื้อรังหลายประเภท (ณัฐนนท์ อยู่สกลิต และชญาดา กลิ่นจันทร์, 2559)

ในแง่โครงสร้างทางเคมี ฟลาโวนอยด์ประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติกจำนวนสามวง โดยวงแหวน A และ B เป็นวงเบนซีน ขณะที่วงแหวน C ซึ่งอยู่ตรงกลางโครงสร้างนั้นเป็นวงไพแรนเฮเทอโรไซคลิก (heterocyclic pyran ring) ลักษณะเฉพาะของโครงสร้างนี้ส่งผลต่อศักยภาพในการต่อต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติทางชีวภาพของฟลาโวนอยด์แต่ละชนิด (สุนันทา ข้องสาย และลักษมี วิทยา, 2562)

ฟลาโวนอยด์ทำหน้าที่เป็นสารให้สีแก่ธรรมชาติ เช่น ใบ ดอก ผล และเกสรดอกไม้ โดยทำให้เกิดสีหลากหลายตั้งแต่สีเหลือง แดง ม่วง ไปจนถึงสีน้ำเงิน นอกจากการเป็นรงควัตถุแล้ว ฟลาโวนอยด์ยังทำหน้าที่เป็นไฟโตอเล็กซิน (phytoalexins) ซึ่งมีบทบาทในการป้องกันพืชจากการรุกรานของจุลินทรีย์ และมีส่วนช่วยกรองรังสีอัลตราไวโอเล็ต รวมถึงเสริมกระบวนการตรึงไนโตรเจนในพืชบางชนิด (วิภาพ สุทชนะ, 2556)

ฟลาโวนอยด์ยังมีบทบาทสำคัญในเชิงสุขภาพของมนุษย์ โดยแสดงฤทธิ์ในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ช่วยลดความเสียหายของเซลล์ และลดความเสี่ยงจากการติดเชื้อไวรัส ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของฟลาโวนอยด์แต่ละชนิดมีความหลากหลาย ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางโครงสร้าง เช่น จำนวนของวงแหวนอะโรมาติก ตำแหน่ง และจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลที่เชื่อมต่ออยู่ในโมเลกุล (Sopittummakhun & Rattanasinganchan, 2017)



ที่มา Kogoya et al. (2024)

ภาพที่ 2.6 โครงสร้างสารประกอบฟลาโวนอยด์

2.3.4 อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี Aluminium Chloride Colorimetric ใช้ปฏิกิริยาการสร้างสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารฟลาโวนอยด์กับโลหะ เช่น อะลูมิเนียมคลอไรด์ โดยสารฟลาโวนอยด์จะทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมคลอไรด์ ในสารละลายต่างเกิดเป็นสารประกอบที่มีสีเหลือง ความเข้มของสีขึ้นกับปริมาณฟลาโวนอยด์ในตัวอย่าง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร (วันประเสริฐ ทุมพะลา และณัฏฐนันท์ แสนทวีสุข, 2561)

2.3.4.1 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (Free radicals หรือ oxidants) เป็นอะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยว ส่งผลให้มีความไม่เสถียรและเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ง่าย โดยเฉพาะอนุมูลอิสระที่เกิดจากออกซิเจน หรือที่เรียกว่า รีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ (Reactive Oxygen Species: ROS) ซึ่งสามารถทำลายองค์ประกอบสำคัญในเซลล์ เช่น ไขมัน โปรตีน และกรดนิวคลีอิก

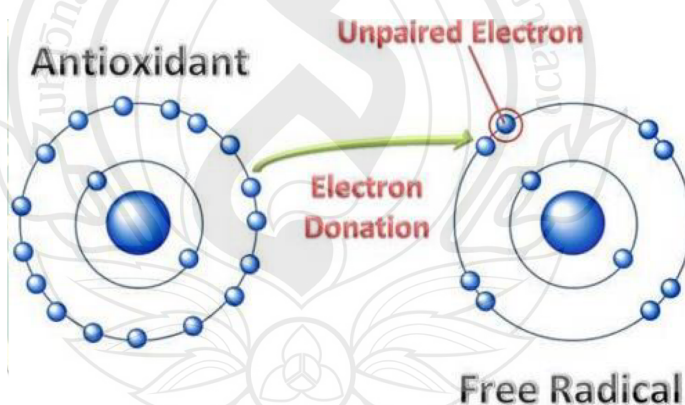
การเกิดอนุมูลอิสระในร่างกายเกิดได้ทั้งจากกระบวนการเมแทบอลิซึมตามธรรมชาติ และจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น มลพิษ รังสี UV และสารพิษต่าง ๆ การสะสมของอนุมูลอิสระในปริมาณมากก่อให้เกิดภาวะที่เรียกว่า ออกซิเดทีฟสเตรส (Oxidative stress) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงของเซลล์ การอักเสบ เสี่ยงต่อโรคต่าง ๆ เช่น มะเร็ง เบาหวาน ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน ความเสื่อมสภาพของผิว และทำให้เกิดริ้วรอยก่อนวัย เพื่อลดความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ ร่างกายมีกลไกในการป้องกันผ่านสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) โดยปกติแล้วร่างกายสามารถกำจัดอนุมูลอิสระจากสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในผักผลไม้ (ทิพวรรณ อินทนิม และภาเกล้า ภูมิใหญ่, 2560)

2.3.4.2 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) เป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการปกป้องเซลล์ของร่างกายจากความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร มีอิเล็กตรอนที่ยังไม่จับคู่ ส่งผลให้สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่าง ๆ ภายในเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว

กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ คือ การให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ เพื่อเปลี่ยนให้กลายเป็นสารที่มีความเสถียรและไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ (บุหรัน พันธุ์สุวรรณ, 2556) โดยสามารถเกิดได้หลายวิธี เช่น การดักจับอนุมูลอิสระโดยตรง การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่มีความไม่เสถียร การจับกับโลหะทรานซิชัน เช่น เหล็กและทองแดง ซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การยับยั้งเอนไซม์ที่มีบทบาทในการเร่งการสร้างอนุมูลอิสระ (ลิขิต ลาเต๊ะ, 2566)

สารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งจากธรรมชาติและสังเคราะห์ โดยในธรรมชาติพบมากในกลุ่มสารพฤษเคมี เช่น สารประกอบฟีนอลิก, แคโรทีนอยด์ และวิตามินต่าง ๆ เช่น วิตามินซี วิตามินอี รวมถึงเอนไซม์ภายในร่างกาย เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (SOD) และกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส ซึ่งมีบทบาทในการป้องกันและลดความรุนแรงของการเกิดความเสียหายจากอนุมูลอิสระ พืชผักและผลไม้ที่มีสีเข้ม เช่น สีสแดง ม่วง หรือดำ มักมีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง โดยเฉพาะในเปลือกหรือเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งช่วยชะลอกระบวนการชราภาพของเซลล์ ช่วยลดริ้วรอย เพิ่มความชุ่มชื้น ลดความหยาบกร้านของผิวและสามารถช่วยป้องกันความเสียหายของโครงสร้างผิว (ทิพาวรรณ อินทนิม และภาเกล้า ภูมิใหญ่, 2560)



ที่มา ดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์ (2564)

ภาพที่ 2.7 การให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ

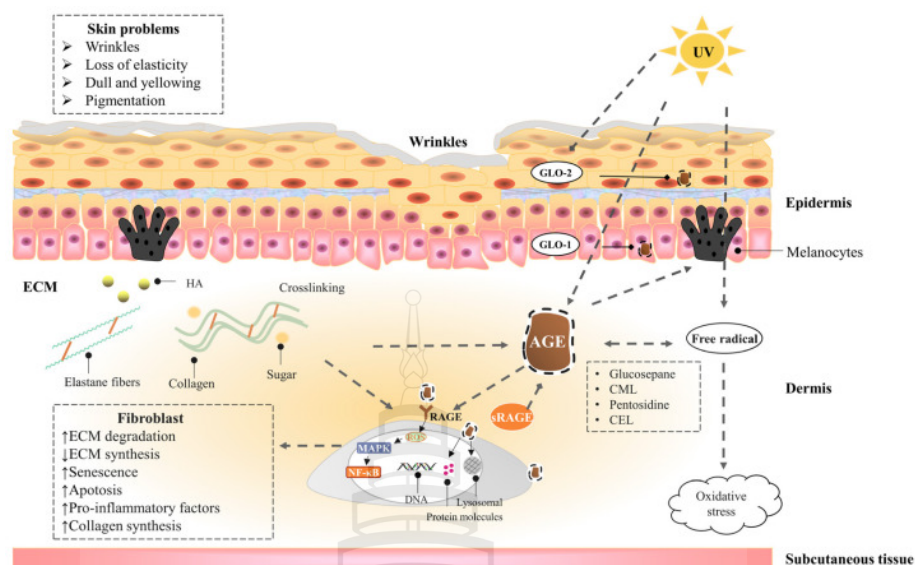
การทดสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ นิยมใช้วิธีการ diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay คือการใช้สาร DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระสังเคราะห์ที่มีเสถียรภาพและสามารถใช้เป็นตัวแทนของอนุมูลอิสระในร่างกายได้ DPPH มีลักษณะเป็นสารสีม่วงเข้มในสารละลาย และสามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับ DPPH จะเกิดการถ่ายโอนอะตอมไฮโดรเจนจากสาร AH ไปยัง DPPH ส่งผลให้โครงสร้างของ DPPH เปลี่ยนไปเป็นรูปแบบที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ และสีของสารละลายจะค่อย ๆ จางลง การลดลงของความเข้มสีม่วง ซึ่งวัดได้จากการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จะเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารที่ทดสอบ โดยทั่วไป ค่า IC_{50} ต่ำ หมายถึงสารนั้นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (บุหริน พันธุ์สุวรรณ, 2556)

2.3.5 กระบวนการไกลเคชัน

กระบวนการไกลเคชัน (Glycation) เป็นปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นโดยไม่ต้องอาศัยเอนไซม์ (non-enzymatic reaction) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการจับกันระหว่างหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่อะมิโนอิสระของโปรตีน กรดนิวคลีอิก และไขมันในร่างกาย ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาเรียกว่า Advanced Glycation End Products (AGEs) มีบทบาทสำคัญในการเสื่อมของเนื้อเยื่อ การทำงานผิดปกติของเซลล์ AGEs เมื่อเกิดการสะสมของ AGEs ที่ภายนอกเซลล์ ส่งผลให้เนื้อเยื่อสูญเสียความยืดหยุ่น ความแข็งแรงของคอลลาเจนลดลง และเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่การเกิดริ้วรอยและความชรา หากเกิดการสะสมภายในเซลล์ เอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น catalase, glutathione peroxidase, และ glutathione reductase การทำงานที่ลดลงของเอนไซม์เหล่านี้ส่งผลให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชันมากขึ้นในเซลล์ และเมื่อเกิดการจับกับตัวรับ RAGE (Receptor for Advanced Glycation End Products) มีผลต่อกระบวนการเสื่อมของเซลล์ และกระบวนการควบคุมอื่น ๆ เช่น การตายของเซลล์ การสร้างสารอนุมูลอิสระ (อนุมูลอิสระ, อนุมูลอิสระ และไมตรี สุทธิจิตต์, 2560)

นอกจากจะมีบทบาทในกระบวนการชราของร่างกายแล้ว AGEs ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับโรคเรื้อรังที่สัมพันธ์กับอายุ เช่น โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดและหัวใจ ภาวะไตเสื่อม และโรคอัลไซเมอร์ โดยเฉพาะในผิวหนัง พบว่า AGEs มีการสะสมเพิ่มขึ้นตามอายุ และการสะสมนี้จะยิ่งรุนแรงขึ้นเมื่อได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอก เช่น การสัมผัสรังสียูวี ส่งผลให้เกิดปัญหาผิวหลากหลายประการ เช่น การเกิดริ้วรอย ความหย่อนคล้อย การสูญเสียความยืดหยุ่น สีผิวที่หมองคล้ำ และความผิดปกติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมของผิว (Zheng et al., 2022)



ที่มา Zheng et al. (2022)

ภาพที่ 2.8 กระบวนการเกิด Advanced Glycation End Products

การทดสอบการยับยั้งไกลเคชั่นด้วยวิธี Advanced Glycation End Products (AGEs) เกิดจากปฏิกิริยาแบบไมซ์เอนไซม์ระหว่างน้ำตาลกับโปรตีนในอาหาร เรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) โดยกระบวนการไกลเคชั่นเริ่มต้นจากการที่หมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลหรือแอลดีไฮด์ ซึ่งมีความไวในการเกิดปฏิกิริยา ทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนอิสระของโปรตีน ทำให้เกิดสารเชฟฟ์เบส (Schiff base) ที่ไม่เสถียรขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นสารนี้จะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่กลายเป็นผลิตภัณฑ์อะมาดอริ (Amadori product) ซึ่งเสถียรมากกว่าและสามารถย้อนกลับได้ ผลิตภัณฑ์จากการเกิดปฏิกิริยาเหล่านี้จะเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนแปลงแบบถาวร เช่น การเกิดออกซิเดชัน การขจัดน้ำ การพอลิเมอไรเซชัน และการเชื่อมโยงกันของโมเลกุล จนนำไปสู่การสร้าง AGEs เช่น 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง วัดการเกิดของ AGEs ด้วยการวัดแสงฟลูออเรสเซนส์ Excitation 355 นาโนเมตร Emission 460 นาโนเมตร ผลลัพธ์แสดงเป็น % การยับยั้ง หรือค่า IC_{50} (Kim et al., 2017)

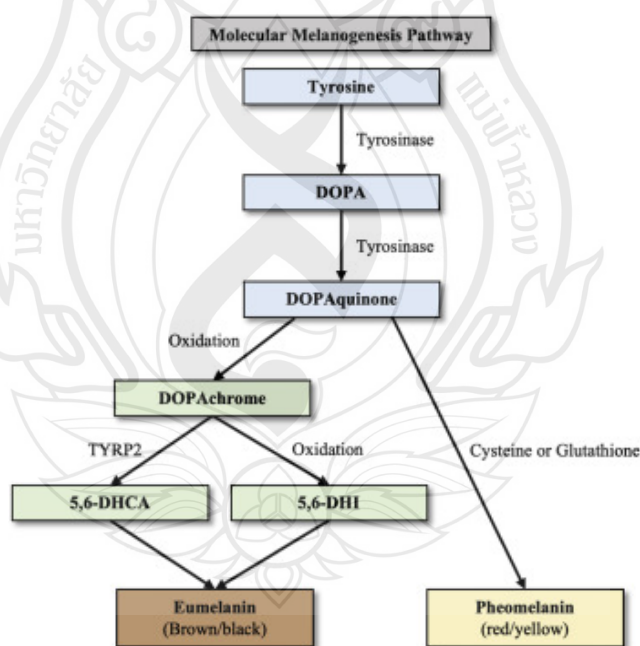
2.3.6 เอนไซม์ไทโรซิเนส

เอนไซม์ไทโรซิเนสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสร้างเม็ดสีเมลานิน โดยไทโรซิเนสเป็นเอนไซม์ที่ทำงานเกี่ยวกับกระบวนการเกิดสีผิว สีมม และควบคุมการสังเคราะห์เมลานิน กระบวนการสร้างเม็ดสีในผิวหนังเกิดขึ้นผ่านการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ซึ่งทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดอะมิโนไทโรซีนให้เปลี่ยนเป็น DOPA (dihydroxyphenylalanine) จากนั้น DOPA จะถูกเปลี่ยนเป็น โดปาคิวโนน (dopaquinone) และเข้าสู่กระบวนการพอลิเมอไรเซชันต่อเนื่องผ่านสาร

กึ่งกลางหลายชนิด จนได้เม็ดสีหลัก 2 ประเภท ได้แก่ ยูเมลานิน ซึ่งมีสีน้ำตาลถึงดำ และฟีโอเมลานิน ซึ่งมีสีแดงหรือเหลือง ปริมาณเม็ดสีแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรม เชื้อชาติ

การได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตในปริมาณมาก โดยเฉพาะจากแสงแดดจะเป็นตัวกระตุ้นที่สำคัญให้เอนไซม์ไทโรซิเนสทำงานมากขึ้นผ่านกระบวนการเมลานोजেনนิซิส (melanogenesis) ซึ่งนำไปสู่การสร้างเมลานินในระดับที่สูงเกินความจำเป็น ก่อให้เกิดปัญหาผิว เช่น ฝ้า กระ จุดด่างดำ ไปจนถึงความเสี่ยงต่อมะเร็งผิวหนัง รังสียูวี โดยเฉพาะช่วงคลื่น UV-A และ UV-B ยังเป็นปัจจัยกระตุ้นให้ร่างกายผลิตอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งนอกจากจะเร่งการสร้างเมลานินแล้วยังทำให้เกิดความเสียหายต่อ DNA และโครงสร้างเซลล์ผิวหนัง ส่งผลให้เกิดริ้วรอย ผิวหมองคล้ำ และอาการอักเสบ (ดวงเดือน วัฒนารักษ์, 2564)

การยับยั้งไทโรซิเนส เช่น หลีกเลี่ยงแสงแดด ยับยั้งการสังเคราะห์เอนไซม์ไทโรซิเนส และสารต้านอนุมูลอิสระ จะลดกระบวนการสังเคราะห์เม็ดสีเมลานิน ทำให้ผิวขาวขึ้น และลดความผิดปกติของผิวหนัง ป้องกันการสะสมของเม็ดสี (พลอยขวัญ กาญจนสุรัตน์, 2557; วิชุดา จันทร์ขำแรม และสุนทรต์ ชูลักษณ์, 2560)



ที่มา Shah et al. (2018)

ภาพที่ 2.9 กระบวนการสังเคราะห์เมลานิน

การทดสอบการยับยั้งไทโรซิเนสด้วยวิธี Dopachrome เมื่อเอนไซม์ทำปฏิกิริยากับ L-DOPA ซึ่งเป็นซับสเตรตจะเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีสีเรียกว่า โดปาโครม ซึ่งสามารถวัดปริมาณได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 475 นาโนเมตร หากสารที่นำมาทดสอบมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส การเปลี่ยนแปลงของ L-DOPA ไปเป็น Dopachrome จะลดลง ส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลงเช่นกัน การวัดผลสามารถแสดงได้ในรูปของ เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (% Inhibition) หรือ ค่า IC_{50} (Otang-Mbeng & Sagbo, 2020)

2.4 การสกัดสารสำคัญจากพืช

2.4.1 วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม (Traditional Method)

เป็นวิธีการที่ใช้มาเป็นเวลานานในการแยกสารออกฤทธิ์จากธรรมชาติ โดยอาศัยตัวทำละลายและกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน มักใช้อุปกรณ์พื้นฐาน เหมาะสำหรับการศึกษาขั้นต้นในห้องปฏิบัติการหรือการผลิตขนาดเล็ก โดยวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมมีหลายชนิด เช่น การแช่ การใช้ตัวทำละลาย และการสกัดแบบต่อเนื่อง เป็นต้น

2.4.1.1 การแช่ (Maceration)

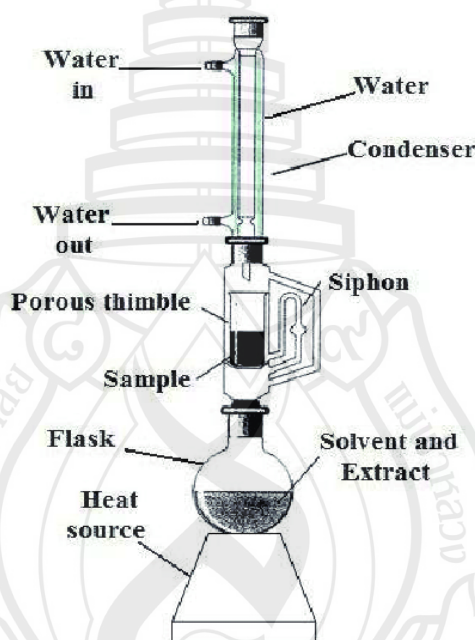
การหมักแบบแช่เป็นวิธีการสกัดแบบไม่ใช้ความร้อน โดยอาศัยการแช่ตัวอย่างพืชในตัวทำละลายภายในภาชนะที่ปิดสนิท เช่น ขวดปากกว้าง ขวดรูปชมพู่ หรือโถแก้ว ทั้งไว้ประมาณ 5–7 วัน ระหว่างการหมักควรมีการเขย่าหรือกวนเป็นระยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายของสารออกฤทธิ์ หลังจากครบกำหนดเวลาจึงกรองสารสกัดออกจากกากพืช จากนั้นนำสารสกัดที่ได้แล้วไประเหยตัวทำละลายออก จนได้เป็นสารสกัดหยาบ วิธีนี้มีข้อดีคือสามารถรักษาโครงสร้างของสารสำคัญที่ไวต่อความร้อนได้ดี ข้อเสียคือใช้ปริมาณตัวทำละลายและใช้เวลานาน (อนันต์ อธิพรชัย และคณะ, 2559)

2.4.1.2 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction)

การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย เป็นกระบวนการแยกสารออกจากของผสม ไม่ว่าจะเป็นของแข็งหรือของเหลว โดยอาศัยคุณสมบัติของสารในการละลายได้ในตัวทำละลายที่เลือกใช้ จุดสำคัญของกระบวนการนี้คือการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อสารเป้าหมาย เพื่อให้สามารถแยกสารออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายที่แตกต่างกันในตัวทำละลายแต่ละประเภท ทั้งชนิดและปริมาณที่ละลายได้ (สุพิชญ์ชญา กลั่นทะกะสุวรรณ, 2562)

2.4.1.3 การสกัดแบบต่อเนื่อง (Soxhlet Extraction)

เป็นวิธีการสกัดที่ใช้ความร้อนในการช่วยเร่งการแยกสารออกจากตัวอย่างพืช โดยระบบจะประกอบด้วยขวดกลม (Flask) ที่บรรจุตัวทำละลายและได้รับความร้อนจากเครื่องให้ความร้อน ตัวทำละลายจะระเหยขึ้นสู่คอนเดนเซอร์ และกลั่นตัวลงมายังห้องบรรจุตัวอย่าง (Thimble) ซึ่งบรรจุผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไว้ เมื่อตัวทำละลายสะสมในห้องสกัด (Extracting chamber) ถึงระดับที่กำหนด จะเกิดแรงดันให้สารละลายที่ได้จากการสกัดไหลย้อนกลับลงสู่ขวดกลม กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นวัฏจักรจนกระทั่งสารสำคัญถูกสกัดออกหมด วิธีนี้มีข้อดีคือประหยัดตัวทำละลายและมีประสิทธิภาพในการสกัดสูง แต่ข้อเสียคือการใช้ความร้อนอาจทำให้สารบางชนิดที่ไวต่ออุณหภูมิสูงสลายตัวได้ (อนันต์ อธิพรชัย และคณะ, 2559)



ที่มา Kothari et al. (2012)

ภาพที่ 2.10 การสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง

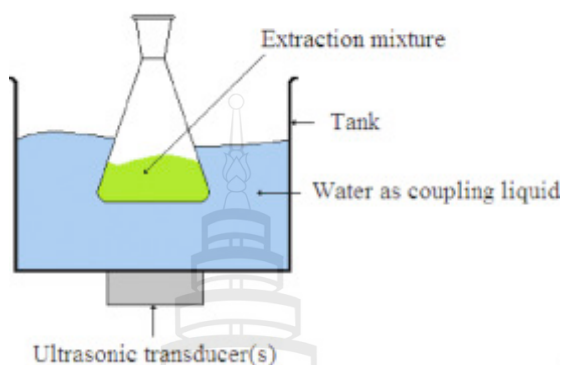
2.4.2 วิธีการสกัดแบบใหม่

ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิคการสกัดสารออกฤทธิ์จากธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ปลอดภัย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยเทคนิคใหม่ ๆ ที่นิยมมีหลายชนิด เช่น การใช้คลื่นความถี่ และการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ยิ่งยวด เป็นต้น

2.4.2.1 การใช้คลื่นความถี่ (Ultrasonic-assisted Extraction)

การใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยในการสกัดเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูง โดยคลื่นเสียงจะทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากในของเหลว ภายในเวลาสั้น เมื่อฟองอากาศเหล่านี้ยุบตัว จะสร้างแรงกระแทกและแรงดันของของเหลวที่สามารถทำลายผนังเซลล์ของพืช ส่งผลให้สารสำคัญ

ภายในเซลล์ถูกปลดปล่อยออกมาได้อย่างรวดเร็ว ข้อดี คือ สามารถรักษาคุณสมบัติทางชีวภาพของสารไว้ได้ ใช้เวลาน้อย (สุพิชญ์ชญา กลั่นทะกะสุวรรณ, 2562)

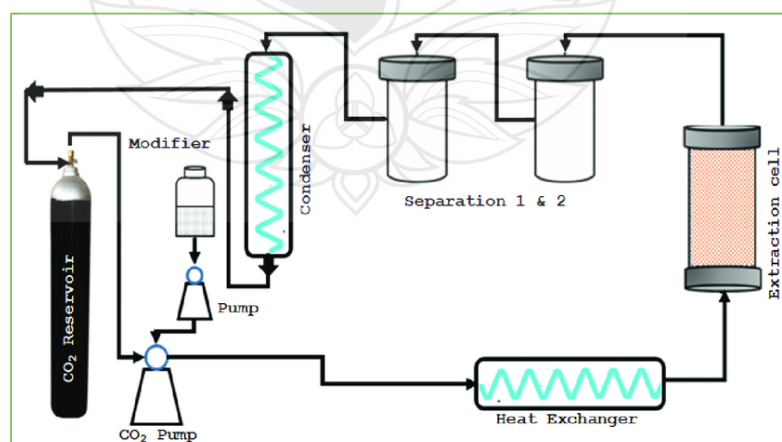


ที่มา Vinatoru et al. (2017)

ภาพที่ 2.11 การสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่

2.4.2.2 การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ยิ่งยวด (Supercritical Fluid Extraction)

การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ยิ่งยวด เป็นวิธีการแยกสารสกัดจากพืชโดยไม่ต้องใช้ตัวทำละลาย โดยสกัดด้วยสภาวะที่สูงกว่าจุดวิกฤติของคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถละลายได้เหมือนของเหลวและแพร่กระจายได้เหมือนแก๊ส โดยจะแทรกซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชและสกัดสารสำคัญออกมาได้ ข้อดี คือ ไม่มีตัวทำละลายตกค้าง อุณหภูมิต่ำเหมาะกับสารที่ไวต่อความร้อน



ที่มา Bello et al. (2021)

ภาพที่ 2.12 การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ยิ่งยวด

2.4.3 การเลือกตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด

ในการสกัดสารออกฤทธิ์จากพืช ตัวทำละลายที่ใช้มีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพในการแยกสารเป้าหมาย โดยตัวทำละลายที่เหมาะสมควรมีคุณสมบัติละลายสารออกฤทธิ์ได้ดี มีระดับการระเหยที่เหมาะสม ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด ปลอดภัย และมีต้นทุนไม่สูงเกินไป หลักการเลือกตัวทำละลายมักพิจารณาจากความใกล้เคียงของช่วง ระหว่างตัวทำละลายกับสารเป้าหมาย โดยทั่วไป สารที่มีขั้วจะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว และในทางกลับกัน ตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วจะเหมาะสมกับสารที่ไม่มีขั้ว แรงระหว่างโมเลกุลที่มีผลต่อการละลาย ได้แก่ แรงกระจาย แรงดึงดูดระหว่างขั้ว และพันธะไฮโดรเจน (Sasidharan et al., 2011)

โพพรอลีนไกลคอล เป็นตัวทำละลายชนิดมีขั้ว ที่นิยมใช้ใน ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและยา เพราะมีความสามารถในการละลายสารออกฤทธิ์ได้ดี โดยเฉพาะสารที่ละลายน้ำได้ มีคุณสมบัติเป็นสารให้ความชุ่มชื้น ปลอดภัยต่อผิวหนัง และไม่ระเหยง่าย ทำให้เหมาะกับสูตรที่ต้องการคงความชื้นเหมาะสำหรับการสกัดสารเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวหรือเวชสำอาง (Da Conceicao et al., 2023)

เอทานอล เป็นตัวทำละลายชนิดมีขั้วปานกลาง นิยมใช้ในการ สกัดสารออกฤทธิ์จากพืช และใช้แพร่หลายใน อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ยา และอาหาร สามารถละลายได้ทั้งสารกลุ่ม ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน และสารฟลักซ์เคมีอื่น ๆ ได้ดี ระเหยง่าย ช่วยให้สารสกัดเข้มข้นขึ้นได้รวดเร็ว นิยมใช้ในรูปแบบผสมกับน้ำ เช่น เอทานอล 70% เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดและความปลอดภัย ปลอดภัยในเครื่องสำอาง แต่ควรระวังเรื่อง การระคายเคืองผิว หากใช้ในความเข้มข้นสูง (Shang et al., 2023)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยของ Minkao et al. (2016) ทำการสกัดข้าวลิ้มผั่วด้วยวิธีการแช่ โดยใช้เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:3 เป็นเวลา 360 นาที ทำการทดสอบสารแอนโทไซยานิน (13.79 ± 0.49 ug/l) สารประกอบฟีนอลิก (6.53 ± 0.05 mgGAE/g) และ สารประกอบฟลาโวนอยด์ (63.21 ± 0.84 mgQE/g) และทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (27.21 ± 0.35 mgAAE/g) และทำการสกัดข้าวลิ้มผั่วด้วยวิธีการแช่ โดยใช้โพพรอลีนไกลคอล ในอัตราส่วน 1:3 เป็นเวลา 360 นาที ทำการทดสอบ สารแอนโทไซยานิน (17.91 ± 0.84 ug/l) สารประกอบฟีนอลิก (4.58 ± 0.27 mgGAE/g) และสารประกอบฟลาโวนอยด์ (68.85 ± 0.62 mgQE/g)) และทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (33.97 ± 0.72 mgAAE/g)

จากงานวิจัยของ Thitipramote et al. (2016) ทำการสกัดข้าวสาลีเมล็ดด้วยวิธีการแช่ โดยใช้อเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:10 ทำการทดสอบสารแอนโทไซยานิน (17.78 ± 0.17 mg/ml) และสารประกอบฟีนอลิก (0.76 ± 0.01 mgGAE/mg)

จากงานวิจัยของ Devi et al. (2023) ทำการสกัดข้าวสาลีเมล็ดด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่ โดยใช้อเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:10 ทำการทดสอบ สารประกอบฟีนอลิก (4.58 ± 0.27 mgGAE/g) และสารประกอบฟลาโวนอยด์ (68.85 ± 0.62 mgQE/g)



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

- 3.1.1 เครื่องปั่นละเอียด (Hibell Super Grinder HGR-2000, China)
- 3.1.2 เครื่องเขย่าคลื่นความถี่สูง (Sonicate) (CREAT 690DAE)
- 3.1.3 ตู้อบลมร้อน (Memmet UF110, Germany)
- 3.1.4 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) (BMG Labtech FLUOstar OMEGA, Germany)
- 3.1.5 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter) (QIS/รุ่น B200, Netherlands)
- 3.1.6 เครื่องผสมสาร (Vortex mixer) (OHAUS, USA)
- 3.1.7 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (METTLER TOLEDO รุ่น ML 104T, Switzerland)
- 3.1.8 ไมโครปิเปตต์ 2-20 μL (Gilson, France)
- 3.1.8 ไมโครปิเปตต์ 10-100 μL (Gilson, France)
- 3.1.9 ไมโครปิเปตต์ 20-200 μL (Gilson, France)
- 3.1.10 ไมโครปิเปตต์ 100-1000 μL (Gilson, France)

3.2 สารเคมีและวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย

- 3.2.1 ข้าวเหนียวลิ้มผัว (ข้าวกล้องสยามนิคม, Thailand)
- 3.2.2 Ethanol (J.T.baker, Malasia)
- 3.2.3 Propylene glycol (BASF, Malasia)
- 3.2.4 Potassium Chloride (Ajax Finechem, Australia)
- 3.2.5 Sodium acetate (Ajax Finechem, Australia)
- 3.2.6 Hydrochloric acid (HCl) (Sigma Aldrich, USA)
- 3.2.7 Gallic acid (Sigma Aldrich, USA)
- 3.2.8 Sodium carbonate (Ajax Finechem, Australia)
- 3.2.9 Folin-Ciocateu reagent (Merck, Germany)

- 3.2.10 Sodium Nitrite (Sigma Aldrich, USA)
- 3.2.11 Aluminium Chloride (Sigma Aldrich, USA)
- 3.2.12 Sodium Hydroxide (Sigma Aldrich, USA)
- 3.2.13 Quercetin (Sigma Aldrich, USA)
- 3.2.14 Ascorbic acid (Fluka, USA)
- 3.2.15 DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Sigma Aldrich, USA)
- 3.2.16 disodium hydrogen phosphate (Sigma Aldrich, USA)
- 3.2.17 Sodium dihydrogen phosphate (Sigma Aldrich, USA)
- 3.2.18 Bovine serum albumin
- 3.2.19 Fructose
- 3.2.20 Dimethylsulphoxide (DMSO) (RCI Labscan)
- 3.2.21 L-Dopa (Sigma Aldrich, USA)
- 3.2.22 Mushroom Tyrosinase (Sigma Aldrich, USA)
- 3.2.23 Kojic acid (Sigma Aldrich, USA)

3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การเตรียมสารสกัด

นำข้าวลิ้มฟัวมาทำการสกัดโดยการปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียดและนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการสกัดด้วยวิธีการแช่ โดยใช้ไฟฟอสฟอรัสไกลคอล และเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 แช่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองเซลลูโลสอะซิเตทขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร (เบอร์ 1) และทำการเก็บตัวอย่างสารสกัดไว้ที่ 4 องศาเซลเซียสจนกว่าจะทำการทดสอบ (Minkao et al., 2016) การสกัดวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง โดยใช้ไฟฟอสฟอรัสไกลคอล และเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยใช้เวลา 10 นาที 20 นาที และ 30 นาที หลังจากทำการสกัด นำสารสกัดไปแยกด้วยเครื่อง Centrifuge โดยมีความเร็วรอบ 3,000 RPM เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองเซลลูโลสอะซิเตทขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร (เบอร์ 1) และทำการเก็บตัวอย่างสารสกัดไว้ที่ 4 องศาเซลเซียสจนกว่าจะทำการทดสอบ (Myo & Khat-udomkiri, 2022)

3.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานิน

การวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานิน ด้วยวิธี pH differential นำสารสกัดข้าวลิ้มผิวเจือจางด้วย สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ pH 1.0 ปริมาณ 100 μ l และนำสารสกัดข้าวลิ้มผิวเจือจางด้วย สารละลายโซเดียมอะซิเตรต pH 4.5 ปริมาณ 100 μ l เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร (Moko et al., 2013) และนำมาคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานิน แสดงในหน่วยมิลลิกรัมของ cyaniding 3-glucoside ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (mg CEG/100g sample)

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/g sample)} = (A \times MW \times DF \times 100) / (\epsilon \times L)$$

โดยที่ A คือ ค่าการดูดกลืนแสง = $(A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1.0} - (A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4.5}$

MW มวลโมเลกุลของ cyaniding 3-glucoside = 449.2 g/mol

DF Dilution factor ของสารสกัด

ϵ Molar absorptivity = 26,900 $\text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$

L ความกว้าง cuvette

3.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยเตรียมสารสกัดข้าวลิ้มผิวลงในไมโครเพลท และเติมสาร Folin-Ciocalteu 100 μ l (เจือจาง 10 เท่าด้วยน้ำกลั่น) ตั้งทิ้งไว้ 3 นาทีเพื่อให้เกิดการทำปฏิกิริยา และทำการเติมโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 7.5% ปริมาณ 80 μ l ทำการเขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร นำผลที่ได้เทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก แสดงในหน่วยมิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง (mg GAE/g sample) (Sitthichai et al., 2022)

3.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Aluminium Chloride Colorimetric โดยการเตรียมสารสกัดข้าวลิ้มผิว และเติมโซเดียมไนไตรต์ ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 5 μ l ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เติมสารอะลูมิเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 10 μ l ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 70 μ l จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ปริมาณ

สารประกอบฟลาโวนอยด์รวมเทียบกับสารมาตรฐานควอนซีทีนแสดงในหน่วยมิลลิกรัมควอนซีทีนต่อกรัมตัวอย่าง (mg QE/g sample) (วันประเสริฐ ทุมพะลา และณัฏฐนันณ แสันทวีสุข, 2561)

3.3.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยการเตรียมสารสกัดข้าวลิ้มผั่ว และเติมสารละลาย DPPH 100 μ l และทำการเจือจางความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิก ตั้งแต่ 1-8 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐาน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดมาคำนวณค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ ตามสมการ (Tantapakul et al., 2024)

$$\% \text{Inhibition} = \frac{(\text{Control absorbance} - \text{Extract absorbance})}{\text{Control absorbance}}$$

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐานในการเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารสกัด แสดงในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (μ g/ml) โดยที่ค่า IC_{50} ที่น้อยกว่าสื่อได้ถึงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่มากกว่า (Chanpirom et al., 2022)

3.3.6 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชั่น

ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชั่นด้วยวิธีการสร้าง AGEs ในหลอดทดลอง เตรียมสารละลาย Bovine serum albumin 10 mg/ml และน้ำตาลฟรุกโตส ความเข้มข้น 90 mg/ml ที่ละลายในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ pH 7.4 และเติมสารสกัดจากข้าวลิ้มผั่ว บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดแสงฟลูออเรสเซนส์ที่ความยาวคลื่น Excitation wavelength 355 นาโนเมตร และ Emission wavelength 460 นาโนเมตร (Tantapakul et al., 2024) และนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดมาคำนวณค่าการยับยั้งไกลเคชั่น IC_{50} โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Quercetin แสดงในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (μ g/ml) ตามสมการ

$$\% \text{Inhibition} = \left[1 - \frac{(\text{FL of sample})}{(\text{FL of blank})} \right] \times 100$$

3.3.7 การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วยวิธี dopachrome เตรียมสารสกัดจากข้าวลิ้มผั่ว และเติมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.8 ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาณ 100 μ l และเติมเอนไซม์ไทโรซิเนส ปริมาณ 40 μ l บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติม L-DOPA ความเข้มข้น 0.85

มิลลิโมลาร์ ปริมาณ 50 μL บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที และนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 475 นาโนเมตร (Kanlayavattanukul et al., 2015) และนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดมาคำนวณค่าการยับยั้งไทโรซิเนสโดยใช้กรดโคจิกเป็นสารมาตรฐาน IC_{50} Quercetin แสดงในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($\mu\text{g}/\text{mL}$) ตามสมการ

$$\% \text{Inhibition} = \frac{(\text{Control of Blank} - \text{Blank}) - (\text{Sample} - \text{Blank of Sample})}{(\text{Control of Blank} - \text{Blank})} \times 100$$

3.3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ

การทดสอบสารชีวภาพและฤทธิ์ทางเครื่องสำอาง ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง และหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ชุดการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อ $P \leq 0.05$ รายงานผลด้วยค่าเฉลี่ย และ Standard deviation



บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การสกัดด้วยปัจจัยต่าง ๆ

ตารางที่ 4.1 สภาวะการสกัด

ครั้งที่	ตัวทำละลาย	วิธีการสกัด	เวลาการสกัด (นาทีก)	อัตราส่วน (พืช:ตัวทำละลาย)
1	เอทานอล 70%	การแช่	360	1:10
2	เอทานอล 70%	คลื่นความถี่สูง	10	1:10
3	เอทานอล 70%	คลื่นความถี่สูง	20	1:10
4	เอทานอล 70%	คลื่นความถี่สูง	30	1:10
5	โพพรลีนไกลคอล	การแช่	360	1:10
6	โพพรลีนไกลคอล	คลื่นความถี่สูง	10	1:10
7	โพพรลีนไกลคอล	คลื่นความถี่สูง	20	1:10
8	โพพรลีนไกลคอล	คลื่นความถี่สูง	30	1:10

4.2 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

4.2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานินรวม

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานินรวมของสารสกัดข้าวลิ้มผั่วที่สกัดด้วยตัวทำละลาย วิธีการสกัดและเวลาในการสกัดที่ต่างกัน พบว่า ข้าวลิ้มผั่วที่สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:10 ด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง เป็นเวลา 30 นาที ให้ปริมาณแอนโทไซยานินรวมสูงที่สุด คือ 12.88 ± 0.26 mg CGE/100g extract รองลงมา คือ ข้าวลิ้มผั่วที่สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:10 ด้วยวิธีการแช่ เป็นเวลา 360 นาที ให้ปริมาณแอนโทไซยานินรวม 11.69 ± 0.17 mg CGE/100g extract และสภาวะที่ให้ปริมาณแอนโทไซยานินรวมต่ำที่สุด คือ ข้าวลิ้มผั่วที่สกัดด้วยโพพรลีนไกลคอล ในอัตราส่วน 1:10 ด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง เป็นเวลา 10 นาที โดยให้แอนโทไซยานินรวมเพียง 1.88 ± 0.24 mg CGE/100g extract

ตารางที่ 4.2 ปริมาณแอนโทไซยานินรวม

ครั้งที่	ตัวทำละลาย	วิธีการสกัด	เวลาการสกัด (นาท)	อัตราส่วน (พืช:ตัว ทำละลาย)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg CGE/100g sample)
1	เอทานอล 70%	การแช่	360	1:10	11.69±0.17 ^b
2	เอทานอล 70%	คลื่นความถี่สูง	10	1:10	8.97±0.25 ^c
3	เอทานอล 70%	คลื่นความถี่สูง	20	1:10	11.35±0.66 ^b
4	เอทานอล 70%	คลื่นความถี่สูง	30	1:10	12.89±0.26 ^a
5	โพไพรีนไกลคอล	การแช่	360	1:10	4.44±0.07 ^d
6	โพไพรีนไกลคอล	คลื่นความถี่สูง	10	1:10	1.88±0.24 ^f
7	โพไพรีนไกลคอล	คลื่นความถี่สูง	20	1:10	3.86±0.24 ^e
8	โพไพรีนไกลคอล	คลื่นความถี่สูง	30	1:10	5.56±0.08 ^c

หมายเหตุ Mean±S.D ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะการสกัดแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดในสภาวะอื่น ($p \leq 0.05$, ANOVA DMRT)

เมื่อเปรียบเทียบผลวิจัยครั้งนี้กับงานวิจัยของ Myo and Khat-Udomkiri (2022) พบว่ามีแนวโน้มผลลัพธ์คล้ายคลึงกัน โดย Myo and Khat-Udomkiri ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์จากพืชด้วยโพไพรีนไกลคอลและเอทานอล โดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงและการแช่ ซึ่งพบว่า การสกัดด้วยเอทานอลภายใต้เทคนิคคลื่นความถี่สูงให้ประสิทธิภาพ สูงกว่าวิธีการแช่ โดยกลไกของการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง สามารถทำให้เกิดฟองอากาศภายในสารละลาย ซึ่งเมื่อฟองอากาศแตกตัวจะก่อให้เกิดแรงเฉือน ทำให้ผนังเซลล์พืชถูกทำลาย ส่งผลให้สารออกฤทธิ์สามารถแพร่ออกมาสู่ตัวทำละลายมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้สมบัติความมีขั้วและความหนืดตัวทำละลายที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) จำนวนมาก เช่น โพไพรีนไกลคอล แม้จะมีขั้วสูงแต่มีความหนืดสูง ซึ่งอาจจำกัดการแพร่กระจายของสารออกฤทธิ์ออกจากเนื้อเยื่อพืช ในทางตรงกันข้าม เอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีความหนืดต่ำกว่า จึงสามารถสกัดสารสำคัญได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

จากการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินรวมจากสารสกัดข้าวลิ้มผัว ภายใต้สภาวะการสกัดที่แตกต่างกัน พบว่า สภาวะที่ให้ผลการสกัดออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ดีที่สุด คือ การสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยใช้อัตราส่วนตัวอย่างต่อสารละลาย 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ด้วยเทคนิคการใช้คลื่นความถี่สูง เป็นระยะเวลา 30 นาที เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการสกัด จึงได้เลือกนำสภาวะการสกัดดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดแบบการแช่ โดยใช้เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ที่อัตราส่วนเดียวกัน และแช่เป็นระยะเวลา 360 นาที จากนั้นนำสารสกัดที่ได้จาก

ทั้งสองวิธีมาวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม รวมถึงฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการเกิดไกลเคชั่น และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละวิธีการสกัดในการดึงสารออกฤทธิ์จากข้าวลิ้มผั่ว

4.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimeter โดยใช้กรดแกลลิก (Gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน พบว่าสารสกัดจากข้าวลิ้มผั่วด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วนตัวอย่างต่อของเหลว 1:10 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขึ้นอยู่กับวิธีการสกัด

การสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูงเป็นเวลา 30 นาที ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด คือ 5.24 ± 0.12 mg GAE/g extract ขณะที่การสกัดด้วยการแช่ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกันเป็นเวลา 360 นาที ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 4.52 ± 0.05 mg GAE/g extract ซึ่งผลวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Minkao (2016) ซึ่งศึกษาผลของชนิดตัวทำละลายต่อประสิทธิภาพการสกัดสารฟีนอลิกจากข้าวลิ้มผั่ว พบว่า การใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณสารฟีนอลิกสูงถึง 6.53 ± 0.05 mg GAE/g extract

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

สภาวะการสกัด	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (mg GAE/g extract)
การใช้คลื่นความถี่สูง 30 นาที	5.24 ± 0.12^a
การแช่ 360 นาที	4.52 ± 0.05^b

หมายเหตุ Mean $\pm$ S.D ผลการทดสอบทางสถิติระหว่างสภาวะการสกัดการใช้คลื่นความถี่สูง 30 นาที และการแช่ 360 นาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, T-test)

สารแอนโทไซยานินพบได้ในเนื้อเยื่อชั้นนอกและชั้นในของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว โดยสีของข้าวที่มีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยมักปรากฏเป็นสีแดงอ่อน ขณะที่ข้าวที่มีปริมาณมากจะมีสีม่วงเข้ม อย่างไรก็ตาม ข้าวบางสายพันธุ์ เช่น ข้าวแดงบางชนิด แม้จะมีฟีนอลิกรวมใกล้เคียงกับข้าวเหนียวดำ แต่มีแอนโทไซยานินในระดับต่ำ สะท้อนให้เห็นว่าในข้าวบางกลุ่ม แอนโทไซยานินอาจไม่ใช่สารฟีนอลิกหลักที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ (Kammaphana, 2023)

4.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Aluminum chloride colorimeter โดยมี Quercetin เป็นสารละลายมาตรฐาน จากการวิเคราะห์สารสกัดข้าวลิ้มผั่วด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:10 ด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง เป็นเวลา 30 นาที และ การสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:10 ด้วยวิธีการแช่ เป็นเวลา 360

นาที่ พบว่า การสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูงให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 19.60 ± 0.24 mg QE/ g extract ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการสกัดด้วยการแช่ให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์เท่ากับ 18.47 ± 0.41 mg QE/ g extract ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Devi et al. (2024) ที่ได้ศึกษาการสกัดข้าวสาลีดำด้วยการใช้คลื่นความถี่สูง พบว่ามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม เท่ากับ 20.16 mg QE/ g extract

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม

สภาวะการสกัด	ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (mg QE/ g extract)
การใช้คลื่นความถี่สูง 30 นาที	19.60 ± 0.24^a
การแช่ 360 นาที	18.47 ± 0.41^b

หมายเหตุ Mean $\pm$ S.D ผลการทดสอบทางสถิติระหว่างสภาวะการสกัดการใช้คลื่นความถี่สูง 30 นาที และการแช่ 360 นาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, T-test)

4.3 ฤทธิ์ทางเครื่องสำอาง

4.3.1 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity โดยมี Ascorbic acid เป็นสารละลายมาตรฐาน การทดสอบสารสกัดข้าวสาลีดำด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:10 ด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง เป็นเวลา 30 นาที และ การสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:10 ด้วยวิธีการแช่ 360 นาที พบว่า การสกัดทั้ง 2 สภาวะมีค่าใกล้เคียงกัน การสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง มีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.63 ± 0.25 μ g/ml และ การสกัดด้วยแช่ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.91 ± 0.27 μ g/mL ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Nammoonnoi et al. (2023) ที่ได้ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวพื้นเมืองไทย โดยทำการสกัดด้วยวิธีการแช่ในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 มีค่า IC_{50} เท่ากับ 33.43 ± 0.47 μ g/ml บ่งชี้ได้ว่าการสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 70 ให้ประสิทธิภาพของสารสกัดที่ดีกว่า และเมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Ascorbic acid มีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.97 ± 0.12 μ g/ml พบว่า สารสกัดข้าวสาลีดำมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกับสารละลายมาตรฐาน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

สภาวะการสกัด	IC ₅₀ (µg/mL)
การใช้คลื่นความถี่สูง 30 นาที	6.63±0.25 ^b
การแช่ 360 นาที	6.91±0.27 ^c
Ascorbic acid	4.97±0.12 ^a

หมายเหตุ Mean±S.D ผลการทดสอบทางสถิติระหว่างสภาวะการสกัดการใช้คลื่นความถี่สูง 30 นาที และการแช่ 360 นาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, T-test)

การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารแอนโทไซยานิน ฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิภาพของการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสอดคล้องกับกลไกทางชีวภาพของสารกลุ่มโพลีฟีนอลที่สามารถให้อิเล็กตรอนเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระ

4.3.2 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชั่น

จากการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชั่นด้วยวิธีการสร้างแอดวานซ์ไกลเคชั่น โดยมี Quercetin เป็นสารละลายมาตรฐาน จากการทดสอบสารสกัดข้าวลิ้มผั่วด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:10 ด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง เป็นเวลา 30 นาที และ การสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:10 ด้วยวิธีการแช่ เป็นเวลา 360 นาที พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารสกัด 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากการสกัดสารด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 26.07±0.84 µg/mL และการสกัดด้วยวิธีการแช่ มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 62.68±0.86 µg/mL ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Rakchim, (2024) ที่ได้ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชั่นของข้าวลิ้มผั่ว การสกัดด้วยการแช่ในอัตราส่วน 1:10 เป็นเวลา 2 วัน มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 234.69 µg/mL ดังนั้นการสกัดวิธีการใช้คลื่นความถี่สูงเป็นวิธีการที่ให้ฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชั่นได้ดีกว่า และเมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Quercetin มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 18.49±0.65 µg/mL พบว่า สารละลายมาตรฐานมีประสิทธิภาพในการยับยั้งไกลเคชั่นมากกว่าสารสกัดข้าวลิ้มผั่ว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.6 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งไกลเคชั่น

สภาวะการสกัด	IC ₅₀ (µg/mL)
การใช้คลื่นความถี่สูง 30 นาที	26.07±0.84 ^b
การแช่ 360 นาที	62.68±0.86 ^c
Quercetin	18.49±0.65 ^a

หมายเหตุ Mean±S.D ผลการทดสอบทางสถิติระหว่างสภาวะการสกัดการใช้คลื่นความถี่สูง 30 นาที และการแช่ 360 นาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, T-test)

การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารแอนโทไซยานิน ฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิภาพของยับยั้งไกลเคชั่น ซึ่งสอดคล้องกับกลไกการดักจับอนุมูลอิสระและยับยั้งการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับโปรตีน

4.3.3 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งไทโรซิเนส

จากการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งไทโรซิเนสด้วยวิธี Dopachrom method โดยมี Kojic acid เป็นสารละลายมาตรฐาน จากการทดสอบสารสกัดข้าวลิ้มผั่วด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:10 ด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง เป็นเวลา 30 นาที และการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ในอัตราส่วน 1:10 ด้วยวิธีการแช่ เป็นเวลา 360 นาที พบว่า การสกัดด้วยวิธีการแช่มีค่า IC_{50} เท่ากับ $50.12 \pm 0.57 \mu\text{g/mL}$ และการสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูง มีค่า IC_{50} เท่ากับ $44.43 \pm 0.97 \mu\text{g/mL}$ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Kongkiattikajorn (2014) ที่ได้ศึกษาผลของการเก็บรักษาข้าวลิ้มผั่วต่อฤทธิ์ยับยั้งไทโรซิเนส การสกัดด้วยการแช่ในอัตราส่วน 1:15 เป็นเวลา 720 นาที มีค่า IC_{50} เท่ากับ $63 \mu\text{g/mL}$ ดังนั้นการสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูงเป็นวิธีการที่ให้ฤทธิ์ยับยั้งไทโรซิเนสได้ดีกว่า และเมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Kojic acid มีค่า IC_{50} เท่ากับ $15.42 \pm 0.28 \mu\text{g/mL}$ พบว่า สารละลายมาตรฐานมีประสิทธิภาพในการยับยั้งไทโรซิเนสมากกว่าสารสกัดข้าวลิ้มผั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.7 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งไทโรซิเนส

สภาวะการสกัด	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
การใช้คลื่นความถี่สูง 30 นาที	44.43 ± 0.97^b
การแช่ 360 นาที	50.12 ± 0.57^c
Kojic acid	15.42 ± 0.28^a

หมายเหตุ Mean $\pm$ S.D ผลการทดสอบทางสถิติระหว่างสภาวะการสกัดการใช้คลื่นความถี่สูง 30 นาที และการแช่ 360 นาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, T-test)

การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารแอนโทไซยานิน ฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิภาพของยับยั้งไทโรซิเนส ซึ่งสอดคล้องกับกลไกการจับกับหมู่ไฮดรอกซิลเลสของเอนไซม์ไทโรซิเนส และลดการเปลี่ยนแปลงของ L-DOPA ไปเป็น Dopakinone

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัย

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์จากข้าวลิ้มผัวด้วยการแช่และการใช้คลื่นความถี่สูง โดยเปรียบเทียบตัวทำละลายเอทานอล 70% และโพไพเรลีนไกลคอล รวมถึงระยะเวลาการสกัด พบว่าการใช้คลื่นความถี่สูงร่วมกับเอทานอล 70% เป็นเวลา 30 นาที ให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด (12.89 ± 0.26 mg/100g) รองลงมาคือการแช่ด้วยเอทานอล 70% นาน 360 นาที (11.69 ± 0.17 mg/100g) ขณะที่การใช้โพไพเรลีนไกลคอลให้ผลต่ำกว่าทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงยังให้ปริมาณสารฟีนอลิกรวม (5.24 ± 0.12 mg GAE/g) และฟลาโวนอยด์รวม (19.60 ± 0.24 mg QE/g) สูงกว่าวิธีแช่ นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงเป็นเวลา 30 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.63 ± 0.25 ซึ่งใกล้เคียงกับวิธีการแช่ที่มีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.91 ± 0.27 อย่างไรก็ตาม การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงให้ผลการยับยั้งกระบวนการไกลเคชั่นและการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสที่มีประสิทธิภาพกว่าวิธีการแช่อย่างชัดเจน โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 26.07 ± 0.84 และ 44.43 ± 0.97 ตามลำดับ ในขณะที่วิธีแช่ให้ค่า IC_{50} เท่ากับ 62.68 ± 0.86 และ 50.12 ± 0.57 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงสามารถให้ฤทธิ์ยับยั้งได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สรุปได้ว่า การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงมีประสิทธิภาพในการแยกสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ใช้ระยะเวลาน้อย และเหมาะสำหรับการทดลองที่ต้องการความรวดเร็วและประสิทธิภาพสูง

5.2 ข้อเสนอแนะ

แม้ว่าวิธีการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงจะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ แต่การนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมอาจมีข้อจำกัด เนื่องจากการขยายขนาดกระบวนการจากระดับห้องปฏิบัติการต้องอาศัยเครื่องมือเฉพาะทางที่มีราคาสูง รวมถึงต้องมีระบบควบคุมอุณหภูมิและพารามิเตอร์อื่น ๆ อย่างแม่นยำ ซึ่งอาจส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น

รายการอ้างอิง

- กองวิจัยและพัฒนาข้าว. (2559). องค์ความรู้เรื่องข้าว ข้าวลิ้มผิว
<https://newwebs2.ricethailand.go.th/webmain/rkb3/>
- ขมนาด สิงห์หันท และไมตรี สุทธจิตต์. (2560). การยับยั้งออกซิเดชันและไกลเคชันในโรคเบาหวาน โดยผักพื้นบ้านไทย. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 25(3), 1-11.
- ฐานิดา รongsuพรรณ และสมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม. (2561). ปริมาณแอนโทไซยานิน ฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากชั่งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยวิธีการสกัดแบบอัลตราโซนิก. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 14(1).
- ณัฐนนท์ อยู่สฤติ และชญาดา กลินจันทร. (2559). การวิเคราะห์สารประกอบฟลาโวนอยด์ในใบสะระแหน่ ใบทับทิม และใบว่านแรงคอตตาเพื่อแปรรูปเป็นชาสมุนไพร. ใน *รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3* (หน้า 322-338). มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- ดวงเดือน วัฒนานุรักษ์. (2564). องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากจากข้าวมีสีพันธุ์พื้นเมืองโดยใช้ลูกแป้งจากแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป. *วารสารวิจัยและพัฒนาวลัยลักษณ์* ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 16(2), 1-14.
- ทิพวรรณ อินทนิม และภาเกล้า ภูมิใหญ่. (2560). การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากผักกาดหอม. ใน *รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 4* (หน้า 924-930). มหาวิทยาลัยกำแพงเพชร.
- นุชนาฏ ภักดี และพีระศักดิ์ ฉายประสาท. (2561). การศึกษาคุณภาพและปริมาณแอนโทไซยานินในมะเขี๋ยง. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 49(3), 178-181.
- บุหรัน พันธุ์สุวรรณ. (2556). อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 21(3), 275-286.
- พลอยขวัญ กาณจนสุรัตน์. (2557). ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดดอกไม้ไทย: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทซินเนส (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์ และนิธยา รัตนานนท์. (2560). *Phenolic compound/สารประกอบฟีนอลิก*. <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2585/phenoliccompound>.
- ลิขิต ลาเต๊ะ, จีรวิชัย มุนินทร์พมาศ, และสรริลา เจริญมิตรมงคล. (2566). การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของดอกไม้ 6 ชนิด และการพัฒนาโลชั่นบำรุงผิวผสมสารสกัดจากดอกหางนกยูง. *มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย*, 8(2), 38-46.
- ลือชัย บุตุคป. (2554). สารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ทางชีวภาพ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 31, 443-455.
- วลัยพร สิ้นสวัสดิ์, วรรณ ศรีเพชรพร, ประนอม สุขเกื้อ, ชื่นสมณ ยิ้มถิ่น, อรุณี ชัยศรี และสิริยากร คล้ายสอน. (2564). การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบหนามเฉาเหว่ยและใบมะม่วงหาวมะนาวโห่. *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ*.
- วันประเสริฐ ทุมพะลา และณัฐนันท์ แสนทวีสุข. (2561). ปริมาณสารฟีนอลิก แลพลาโวนอยด์ทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดลูกใต้ใบ. *วารสารแก่นเกษตร*, 46(1), 1331-1335
- วิชุดา จันทรข้างแรม และสุนทรต์ ชูลักษณ์. (2560). ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดหยาบเอทานอลจากหม่อน (*Morus alba* Linn.) และกาวไหม (*Bombyx mori*.) เพื่อการตั้งสูตรตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผิวขาว. *คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*.
- วิภาพ สุทนต์. (2556). ฤทธิ์ต้านมะเร็งของพลาโวนอยด์:กลไกการออกฤทธิ์. *มหาวิทยาลัยพะเยา*.
- สุนันทา ข้องสาย และลักขมี วิทยา. (2562). สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบพลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเสม็ดขาวและเสม็ดแดง. *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*.
- สุพิชญ์ชญา กลันทะกะสุวรรณ. (2562). การใช้อัลตราโซนิกช่วยสกัดสารออกฤทธิ์ชีวภาพจากกระเทียมเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อ. *มหาวิทยาลัยแม่โจ้*.
- อภิชาติ เนินพลับ, อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ, พจน์ วัฒนะภูมิ และพงศา สุขเสริม. (2553). ข้าวเหนียวพันธุ์ลิ้มผิว พันธุกรรมข้าว อนุรักษ์เพื่อคุณค่าทางโภชนาการ. *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*.
- อภิชาติ เนินพลับ, อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ, สุรีย์ ศรีวันทนีกุล, นลินี เจียงวรรณนะ, สุพัตรา สุวรรณธาดา, สอวาง ไชยรินทร์, ... และสุภาณี จงดี(2559). ข้าวเหนียวพันธุ์ลิ้มผิว. *วารสารวิชาการข้าว*, 7(2), 47-62.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2550). ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พิมพ์ครั้งที่ 2).

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bello, A. S., Saadaoui, I., & Ben-Hamadou, R. (2021). Beyond the Source of Bioenergy: Microalgae in modern agriculture as a biostimulant, Biofertilizer, and Anti-Abiotic stress. *Agronomy*, 11(8), 1610.

<https://doi.org/10.3390/agronomy11081610>

Cao, Y., Song, Z., Dong, C., Ni, W., Xin, K., Yu, Q., & Han, L. (2023). Green ultrasound-assisted natural deep eutectic solvent extraction of phenolic compounds from waste broccoli leaves: Optimization, identification, biological activity, and structural characterization. *LWT*, 190, 115407.

Chanpirom, S., Saewan, N., & Sripisut, T. (2022). Alternative utilization of vegetable crop: Pumpkin polysaccharide extract and their efficacy on skin hydration. *Cosmetics*, 9(6), 113. <https://doi.org/10.3390/cosmetics9060113>

Da Conceicao, E. F., Novo, A. A., Kunigami, C. N., Jung, E. P., & De Oliveira Ribeiro, L. (2023). Microwave-Assisted Solid-Liquid Extraction Using Propylene Glycol as a Solvent in the Recovery of Bioactive Compounds from Umbu Seeds. *Foods*, 77. <https://doi.org/10.3390/foods2023-15152>

Dabas, D. (2016). Polyphenols as colorants. *Adv Food Technol Nutr Sci Open J*, SE(2), S1-S6.

Devi, L. M., Das, A. B., & Badwaik, L. S. (2024). Ultrasound-assisted extraction of anthocyanin from black rice bran and its encapsulation by complex coacervation. *Food Hydrocolloids for Health*, 5, 100174. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2023.100174>

Kammapana, L. (2023). Physical Characteristics, Phytochemical Contents and Antioxidant Activity of Ten Organic-Pigmented Rice Varieties from Surin Province. *Trends in Sciences*, 20(4), 4566. <https://doi.org/10.48048/tis.2023.4566>

Kanlayavattanakul, M., Lourith, N., Tadtong, S., & Jongrungruangchok, S. (2015). Rice panicles: New promising unconventional cereal product for health benefits. *Journal of Cereal Science*, 66, 1017. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.09.001>

- Kim, C., Park, S., & Kim, J. (2017). The role of glycation in the pathogenesis of aging and its prevention through herbal products and physical exercise. *Physical Activity and Nutrition*, 21(3), 55-61.
- Kogoya, E., Simaremare, E. S., Sadaqa, E., Nadeak, E. S. M., & Mangiwa, S. (2024). Determination of total contents of flavonoids and phenolic fractions *Pandanus julianettii* Martelli. *Malaysian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22(2), 1–10. <https://doi.org/10.21315/mjps2024.22.2.1>
- Kongkiattikajorn, J. (2014). Storage Effects on Antioxidant, Tyrosinase Inhibitory Capacity and Anthocyanin of Black Rice Bran. In *The 16th Food Innovation Asia Conference 2014*, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand.
- Matthayom, W., Nochai, K., KoKaew, K., Pisapak, K., & Robmuang, D. (2020). Investigation of antioxidant capacity and antioxidant activity of Ma-huad (*Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh.) juice. *RMUTSB ACADEMIC JOURNAL*, 8(2), 187–198. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsb-sci/article/view/242052>
- Minkao, W., Panthong, R., & Sripisut, T. (2016). Phytochemicals, cosmetics compositions and antioxidant activity of Leum Pua rice. *Cosmetic Science Research Bulletin*, 1–7.
- Moko, E., Purnomo, H., Kusnadi, J., & Ijong, G. (2013). Phytochemical content and antioxidant properties of colored and non colored varieties of rice bran from Minahasa, North Sulawesi, Indonesia. *International Food Research Journal*, 21, 1017 - 1023.
- Myo, H., & Khat-Udomkiri, N. (2022). Optimization of ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from coffee pulp using propylene glycol as a solvent and their antioxidant activities. *Ultrasonics Sonochemistry*, 89, 106127.
- Nammoonnoi, M., Sripanidkulchai, B., Sanitchon, J., Tuntiyasawasdikul, S. (2023). Study of nutritional values and biological activities of Thai indigenous rice. *Isan Journal of Pharmaceutical Science*, 19(2), 75-89.
- Otang-Mbeng, W., & Sagbo, I. J. (2020). Anti-Melanogenesis, Antioxidant and Anti-Tyrosinase Activities of *Scabiosa columbaria* L. *Processes*, 8(2), 236. <https://doi.org/10.3390/pr8020236>

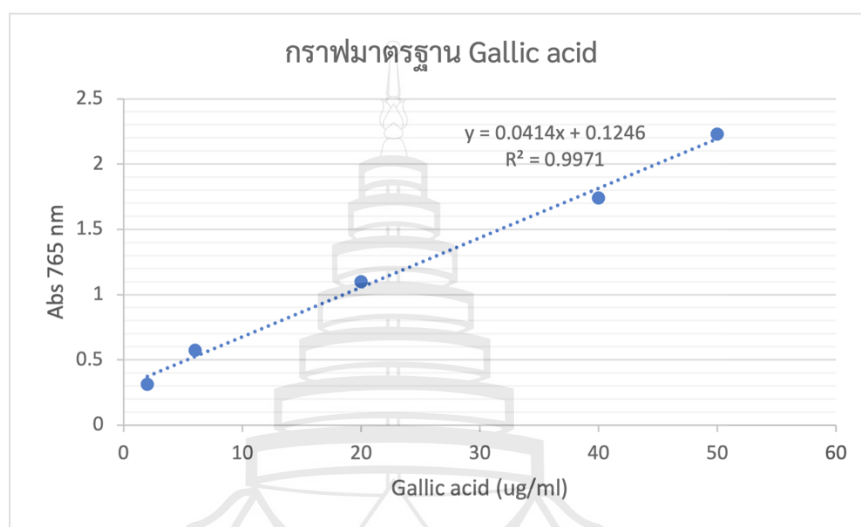
- Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., Latha, Y. L. (2011). Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *African. Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicines*, 8(1), 1–10.
- Shah, S. A., Saeed, A., Irshad, M., Babar, M. E., Hussain, T., Wajid, A., . . . Idrees, M. (2018). Oculocutaneous albinism in Pakistan: a review. *Journal of Cancer Science & Therapy*, 10(9).
- Sitthichai, P., Chanpirom, S., Maneerat, T., Charoensup, R., Tree-Udom, T., Pintathong, P., . . . Sripisut, T. (2022). Kaempferia parviflora rhizome extract as potential anti-acne ingredient. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(14), 4401.
- Sopittummakhun, K., & Rattanasinganchan, P. (2017). Extraction and determination of antioxidant activity in herbal plant. *Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal*, 3(1), 86-93.
- Tantapakul, C., Khat-Udomkiri, N., Sitthichai, P., Chomsak, A., Thananusak, N., Phukhatmuen, P., . . . Sripisut, T. (2024). Exploring the physicochemical properties of polysaccharides extracted from cocoa pod husk waste and their efficacy in skin hydration. *Industrial Crops and Products*, 222, 119940. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119940>
- Thitipramote, N., Pradmeeteekul, P., Nimkamnerd, J., Chaiwut, P., Pintathong, P., & Thitilerdecha, N. (2016). Bioactive compounds and antioxidant activities of red (Brown Red Jasmine) and black (Kum Leum Pua) native pigmented rice. *International Food Research Journal*, 23(1), 410–414.
- Rakchin, S., & Piumngam, K. (2024). Antioxidant and Antiglycation Activities of Pigment Thai Rice Husk Extracts. *Medical Technologist*, 52(1).
- Ratanasongtham, P., Bunmusik, W., Luangkamin, S., Mahatheeranont, S., & Suttiarporn, P., (2023). Optimizing green approach to enhanced antioxidants from Thai pigmented rice bran using deep eutectic solvent-based ultrasonic-assisted extraction. *Heliyon*, 10(1), e23525–e23525.
- Vinatoru, M., Mason, T., & Calinescu, I. (2017). Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 97, 159–178.

Zheng, W., Li, H., Go, Y., Chan, X. H. F., Huang, Q., & Wu, J. (2022). Research Advances on the Damage Mechanism of Skin Glycation and Related Inhibitors. *Nutrients*, 14(21), 4588.

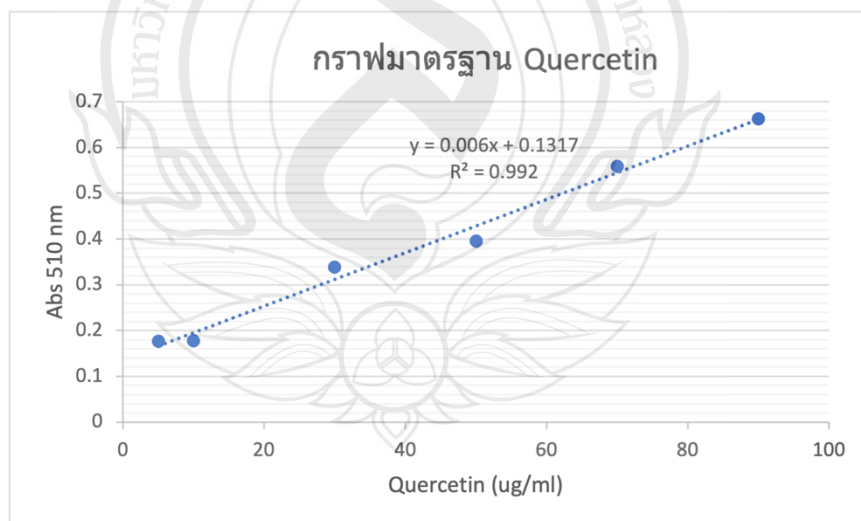


ภาคผนวก ก

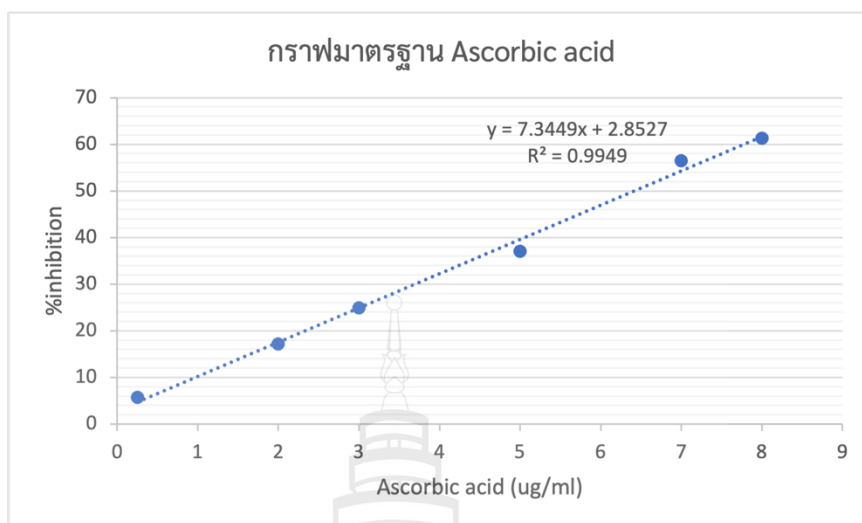
กราฟความสัมพันธ์



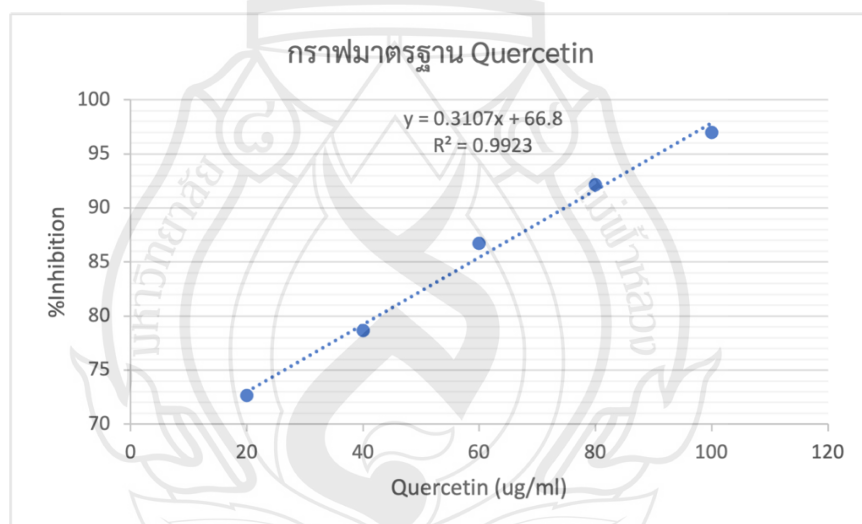
ภาพที่ ก1 ความสัมพันธ์ของสารมาตรฐาน Gallic acid ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร



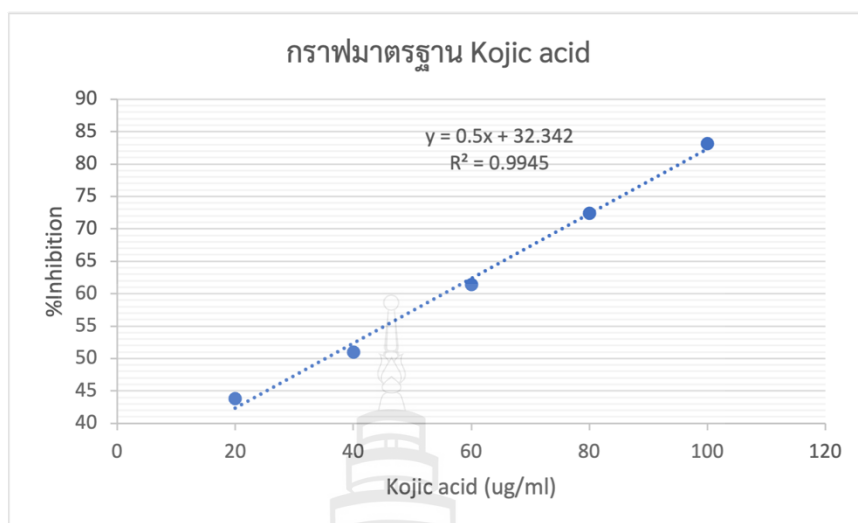
ภาพที่ ก2 ความสัมพันธ์ของสารมาตรฐาน Quercetin ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร



ภาพที่ ก3 ความสัมพันธ์ของสารมาตรฐาน Ascorbic acid ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กับ %inhibition DPPH



ภาพที่ ก4 ความสัมพันธ์ของสารมาตรฐาน Quercetin ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กับ %inhibition Glycation



ภาพที่ ก5 ความสัมพันธ์ของสารมาตรฐาน Quercetin ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กับ %inhibition Tyrosinase



ภาคผนวก ข

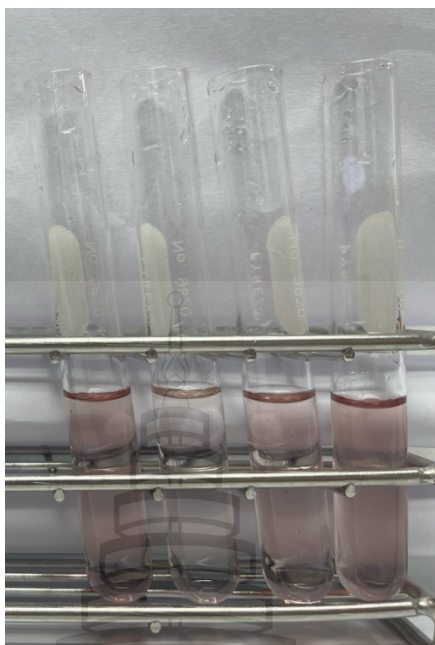
ข้าวลิ้มผิวและสารสกัด



ภาพที่ ข1 ข้าวลิ้มผิว



ภาพที่ ข2 สารสกัดข้าวลิ้มผิวเอทานอล 70% ที่สกัดด้วยการแช่ 360 นาที, คลื่นความถี่สูง 10 20 และ 30 นาที



ภาพที่ ข3 สารสกัดข้าวลิ้มผิวโพไพโรลีนไกลคอนที่สกัดด้วยการแช่ 360 นาที, คลื่นความถี่สูง 10 20 และ 30 นาที



ประวัติผู้ประพันธ์

ชื่อ

ณัฐธิดา ทองประกาศิต

ประวัติการศึกษา

2565

ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต
เทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ประวัติการทำงาน

2566-2567

วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร
บริษัท บุษบ์ อฟฟ์ ไลฟ์ เซ็นเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด

2567

ผู้จัดการโรงงาน
บริษัท เอส เค ที เฟอ์นเจอร์ จำกัด

