# ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวไร่จากจังหวัดชุมพร

# ANTIOXIDANT CONTENT AND ACTIVITY IN UPLAND RICE BRAN OIL FROM CHUMPHON PROVINCE

ธารินทร์ วาเด็ง
THARIN WADENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2561
KMITL-2018-SC-M-020-035

# ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวไร่ จากจังหวัดชุมพร

# ANTIOXIDANT CONTENT AND ACTIVITY IN UPLAND RICE BRAN OIL FROM CHUMPHON PROVINCE


**ธารินทร์ วาเด็ง**

THARIN WADENG


**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร**
**ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ**
**ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์**
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**
**พ.ศ. 2561**


KMITL-2018-SC-M-020-035



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ANTIOXIDANT CONTENT AND ACTIVITY IN UPLAND RICE BRAN OIL FROM CHUMPHON PROVINCE

THARIN WADENG

A THESIS SUBMITTIED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE

DEGREE OF MASTER IN BIOTECHNOLOGY

DEPARTMENT OF BIOLOGY

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2018

KMITL-2018-SC-M-020-035

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2018
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวไร่จากจังหวัดชุมพร |
| **ชื่อนักศึกษา** | นายธารินทร์ วาเด็ง |
| **รหัสประจำตัว** | 58605060 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ) |
| **ภาควิชา** | ชีววิทยา |
| **พ.ศ.** | 2561 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** | รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติ ท่าไว |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล เรือนงาม |

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดรำข้าว 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ดอกขาม ภูเขาทอง นางดำ สามเดือน และขาวดอกมะลิ 105 (ตัวควบคุม) ด้วยวิธีคลื่นความถี่สูงแบบโพรบและวิธีดั้งเดิมคือสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต ในการศึกษาทำการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย(โดยมวลต่อปริมาตร) อุณหภูมิ และเวลาที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันรำข้าว แกมมาโอไรซานอล สารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP จากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบคือใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:12 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที และสภาวะที่เหมาะสมต่อการด้วยเครื่องซอห์กเลตคือใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย สกัดนาน 6 ชั่วโมง เมื่อได้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมของทั้ง 2 วิธี แล้วทำการหาปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การสกัดรำข้าวทั้งหมดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบพบว่ารำข้าวดอกขามให้ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดดังนี้ ปริมาณน้ำมันรำข้าว (212.22 mg/gDW) ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล (6.92 mg/gDW) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (3.97 mg GAE/gDW) ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (22.36 mg QE/gDW) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH (0.66 mg/ml) และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP (11.52 mg TEAC/gDW) และการสกัดรำข้าวทั้งหมดด้วยเครื่องซอห์กเลตพบว่ารำข้าวดอกขามให้ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดดังนี้ ปริมาณน้ำมันรำข้าว (285.44 mg/gDW) ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล (9.47 mg/gDW) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (5.90 mg GAE/gDW) ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (25.92 mg QE/gDW) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH (0.65 mg/ml) และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP (17.57 mg TEAC/gDW) สุดท้ายนี้เมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดระหว่างการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบและการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตพบว่าการสกัดรำข้าวทั้งหมดด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**คำสำคัญ :** ข้าวไร่ น้ำมันรำข้าว รำข้าว สารต้านอนุมูลอิสระ แกมมาโอไรซานอล

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Antioxidant content and activity in upland rice bran oil from Chumpon province |
| **Student Name** | Mr. Tharin Wadeng |
| **Student ID** | 58605060 |
| **Degree** | Master of Science (Biotechnology) |
| **Department** | Biology |
| **Year** | 2018 |
| **Thesis Advisor** | Assoc. Prof. Dr. Chitti Thawai |
| **Thesis Co-advisor** | Asst. Prof. Dr. Duangkamol Ruen-ngam |


## Abstract

The objectives of this research is finding the optimum condition with two extraction methods; ultrasonic-assisted extraction and soxhlet extraction (conventional extraction method) by using five rice bran varieties including Dok kham (DK), Phukaothong (PK), Nang Dam (ND) Sarm Duen (SD) and Khao Dok Mali 105 (Mali) (control) rice bran. Preliminary, the optimum condition for both extraction methods were studied. The factors of study were solvent, ratio of rice bran to solvent, temperature and time. The results showed that the best condition for ultrasonic-assisted extraction was ethanol for 60 mins at temperature of 45 °C and rice bran to solvent ratio of 1:12 (w/v). The best condition for soxhlet extraction was ethanol for 6 hours. Secondly, rice bran oil of all samples were analyzed for antioxidant contents and activities including the amount of oil yield, γ-oryzanol, total phenolic content(TPC), total flavonoid content(TFC) and antioxidant activity determination with both methods were DPPH and FRAP. These data showed that DK has the highest of antioxidant contents and activities extracted by ultrasonic-assisted extraction were amount of rice bran oil (212.22 mg/gDW), γ-oryzanol (6.92 mg/gDW), TPC (3.97 mg GAE/gDW), TFC (22.36 mg QE/gDW), DPPH (0.66 mg/ml) and FRAP (11.52 mg TEAC/gDW). These data showed that DK has the highest of antioxidant contents and activities extracted by soxhlet extraction were amount of rice bran oil (285.44 mg/gDW), γ-oryzanol (9.47 mg/gDW), TPC (5.90 mg GAE/gDW), TFC (25.92 mg QE/gDW), DPPH (0.65 mg/ml) and FRAP (17.57 mg TEAC/gDW). Finally, when comparing the extraction methods between ultrasonic-assisted and soxhlet extraction showed that the soxhlet extraction gave higher antioxidant contents and activities than ultrasonic-assisted extraction.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Keywords :** upland rice, rice bran oil, rice bran, antioxidant activity, γ-oryzanol

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในหัวข้อเรื่องปริมาณและฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวไร่จากจังหวัดชุมพร ซึ่งผู้จัดทำได้จัดทำขึ้นอย่างเต็มความรู้ความสามารถ โดยใช้เวลาในการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล ทำความเข้าใจและวิเคราะห์ ทดลอง ตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่บรรลุจุดประสงค์ไปได้หากไม่ได้รับการสนับสนุนและการช่วยเหลือจากผู้มีอุปการคุณหลายท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติ ท่าไว อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล เรือนงาม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในความกรุณาอย่างยิ่งในการให้ความช่วยเหลือในด้านความรู้ และคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ระหว่างดำเนินงานวิจัย อีกทั้งอนุเคราะห์อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ตลอดจนตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภญ.วีณา นุกูลการ ประธานกรรมการ อาจารย์ประจำภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนา โลหะทรัพย์ทวี กรรมการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรัญญา พันธุ์พฤกษ์ กรรมการ อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษาและข้อมูลด้านวิชาการอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย ตลอดจนสละเวลาในการเข้าร่วมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ร่วมจิตร นกขา ที่ให้ความอนุเคราะห์รำข้าวไร่ทั้งหมดจากจังหวัดชุมพรซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองและดำเนินค้นคว้างานวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและอาจารย์ในอดีตทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ มาจนถึงทุกวันนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ธุรการประจำภาควิชาชีววิทยา เจ้าหน้าที่งานบัณฑิตศึกษา และเจ้าหน้าที่ฝ่ายอาคาร ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวนความสะดวกในด้านต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่กรุณาให้ใช้สถานที่เพื่อปฏิบัติงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว รวมทั้งเพื่อนๆ และผู้ที่มีส่วนร่วมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทุกท่านที่คอยให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจและต้องการศึกษาหาความรู้ในงานที่เกี่ยวข้องทางด้านนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นายธารินทร์ วาเด็ง

เอกสารนี้เป็นของสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญรูป | ฐ |
| คำย่อ/สัญลักษณ์ | ถ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย | 3 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 4 |
| 2.1 ข้าว | 4 |
| 2.1.1 ข้าวไร่ (Upland rice) | 4 |
| 2.1.2 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (Khao Dok Mali 105) | 5 |
| 2.1.3 โครงสร้างของเมล็ดข้าว | 6 |
| 2.2 รำข้าว | 7 |
| 2.2.1 การสีข้าว | 7 |
| 2.2.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของรำข้าว | 8 |
| 2.2.3 คุณสมบัติทางเคมี | 8 |
| 2.2.4 การรักษาเสถียรภาพของรำข้าว | 10 |
| 2.3 น้ำมันรำข้าว | 11 |
| 2.4 การสกัดน้ำมันรำข้าว | 12 |
| 2.4.1 การสกัดแบบอาศัยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction) | 13 |
| 2.4.2 การสกัดแบบซอห์กเลต (Soxhlet extraction) | 16 |
| 2.5 สารออกฤทธิ์ชีวภาพในน้ำมันรำข้าว | 17 |
| 2.5.1 แกมมาโอไรซานอล (Gamma oryzanol) | 17 |
| 2.5.2 วิตามินอี (Vitamin E) | 19 |
| 2.5.3 สารประกอบฟีนอลิค (Phenolic compounds) | 21 |
| 2.5.4 กรดไขมัน (Fatty acid) | 23 |
| 2.5.5 ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) | 24 |
| 2.6 อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ | 27 |
| 2.6.1 อนุมูลอิสระ | 27 |
| 2.6.2 ผลของอนุมูลอิสระต่อสุขภาพมนุษย์ | 27 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.3 สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ..... 28
2.6.4 สารต้านอนุมูลอิสระในพืชผักผลไม้ ..... 29
2.6.5 กลไกลการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ ..... 29
2.6.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay ..... 29
2.6.7 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP assay ..... 30
2.6.8 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิค ..... 32
2.6.9 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ..... 32
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 33
**บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย** ..... 38
3.1 เครื่องมือและสารเคมี ..... 38
3.1.1 ตัวอย่างรำข้าว ..... 38
3.1.2 สารเคมี ..... 38
3.1.3 เครื่องมือ ..... 39
3.2 แผนผังการทดลอง ..... 40
3.3 การเตรียมรำข้าว ..... 41
3.4 การวัดความชื้นในรำข้าว ..... 41
3.5 การวัดสีรำข้าว ..... 41
3.6 การสกัดน้ำมันรำข้าว ..... 41
3.6.1 การสกัดแบบคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-Assisted Extraction) ..... 42
3.6.2 การสกัดแบบซอห์กเลต (Soxhlet Extraction) ..... 43
3.7 การวิเคราะห์ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลด้วยวิธีโครมาโตกราฟี แบบของเหลวประสิทธิภาพสูง (HPLC) ..... 43
3.8 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ..... 44
3.9 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ..... 45
3.10 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging capacity assay) ..... 45
3.11 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ..... 46
3.12 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ..... 47
**บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล** ..... 48
4.1 ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันรำข้าวไร่ที่สกัดได้ ..... 48
4.2 การสกัดสารในน้ำมันรำข้าวไร่โดยใช้คลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) ..... 50
4.2.1 ชนิดตัวทำละลาย ..... 50
4.2.2 อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล ..... 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**


4.2.3 อุณหภูมิ ..... 72
4.2.4 เวลา ..... 81
4.2.5 การใช้สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ..... 91
4.3 การสกัดสารในน้ำมันรำข้าวไร่โดยใช้เครื่องสกัดซอห์กเลต (Soxhlet extraction) ..... 99
4.3.1 ชนิดของตัวทำละลาย ..... 99
4.3.2 เวลา ..... 109
4.3.3 การใช้สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวไร่ด้วยเครื่องสกัดแบบซอห์กเลต ..... 119
4.4 เปรียบเทียบวิธีการสกัดรำข้าวไร่ระหว่างการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) และการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extraction) ..... 127
4.4.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว ..... 127
4.4.2 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล ..... 128
4.4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ..... 129
4.4.4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ..... 131
4.4.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ..... 132
4.4.6 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ..... 133
**บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ** ..... 135
5.1 สรุปผลการวิจัย ..... 135
5.2 ข้อเสนอแนะ ..... 136
เอกสารอ้างอิง ..... 137
ภาคผนวก ..... 142
ภาคผนวก ก ..... 143
ภาคผนวก ข ..... 145
ภาคผนวก ค ..... 151
ภาคผนวก ง ..... 155
ภาคผนวก จ ..... 159
ประวัติผู้เขียน ..... 160


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**

2.1 องค์ประกอบทางเคมีในรำข้าว ..... 9
2.2 องค์ประกอบของน้ำมันรำข้าวที่ยังไม่ผ่านการสกัด ..... 9
2.3 องค์ประกอบของน้ำมันรำข้าว ..... 11
2.4 องค์ประกอบของน้ำมันรำข้าวดิบ ..... 12
2.5 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการรีไฟน์ ..... 12
2.6 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทดสอบ
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ..... 31
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดสารด้วยคลื่นความถี่สูง ..... 36
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดสารด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ..... 37
4.1 ร้อยละความชื้นและค่าความเข้มของสีรำข้าวแต่ละสายพันธุ์ ..... 48
4.2 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วย
เครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extraction) และคลื่นความถี่สูง
(Ultrasonic-assisted extraction) ..... 49
4.3 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวพันธุ์ดอกขามและ
ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าว
ต่อตัวทำละลาย 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 51
4.4 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม
และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของ
รำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30
องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 52
4.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม
และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของ
รำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30
องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 54
4.6 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและ
ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าว
ต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 55
4.7 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและ
ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าว
ต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตารางที่** **หน้า**

4.8 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อ ตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 59
4.9 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อ เอทานอลต่างกัน ..... 61
4.10 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและ ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าว ต่อเอทานอลต่างกัน ..... 63
4.11 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและ ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็น เอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วน ของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน ..... 65
4.12 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและ ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็น เอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วน ของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน ..... 67
4.13 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและ ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็น เอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วน ของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน ..... 69
4.14 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็น เอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของ รำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน ..... 71
4.15 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและ ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลาย ที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน ..... 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตารางที่** **หน้า**

4.16 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน ..... 74
4.17 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน ..... 75
4.18 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน ..... 77
4.19 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน ..... 78
4.20 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน ..... 80
4.21 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการสกัดที่แตกต่างกัน ..... 82
4.22 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการสกัดที่แตกต่างกัน ..... 83
4.23 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการสกัดที่แตกต่างกัน ..... 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตารางที่** **หน้า**

4.24 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการสกัดที่แตกต่างกัน..... 86
4.25 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการสกัดที่แตกต่างกัน..... 88
4.26 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการสกัดที่แตกต่างกัน..... 90
4.27 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 91
4.28 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 93
4.29 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 94
4.30 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 95
4.31 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 97
4.32 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม..... 98
4.33 ปริมาณรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดนาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 100
4.34 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดนาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 101
4.35 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดนาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตารางที่** **หน้า**

4.36 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย เป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดนาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน..... 105
4.37 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย เป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดนาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 106
4.38 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย เป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดนาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 108
4.39 ปริมาณรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และ ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายเป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 110
4.40 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลาย เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 112
4.41 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลาย เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 113
4.42 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายเป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 115
4.43 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายเป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 116
4.44 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าว พันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัด ซอห์กเลต ตัวทำละลายเป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล เป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตารางที่** **หน้า**

4.45 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 120
4.46 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 121
4.47 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม..... 122
4.48 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 124
4.49 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 125
4.50 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าว ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 126
4.51 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัด ด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 128
4.52 เปรียบเทียบปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 129
4.53 เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิคจากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 130
4.54 เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์จากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 131
4.55 เปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH จากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 132
4.56 เปรียบเทียบความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP จากรำข้าวไร่และรำข้าว ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

**รูปที่** **หน้า**

2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว ..... 6
2.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องสกัดสารแบบคลื่นความถี่สูง ..... 14
2.3 ส่วนประกอบของเครื่องสกัดแบบซอห์กเลต ..... 16
2.4 โครงสร้างของแกมมาโอไรซานอล ..... 18
2.5 โครงสร้างของวิตามินอี ..... 20
2.6 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิค ..... 22
2.7 โครงสร้างของกรดไขมัน ..... 24
2.8 โครงสร้างทั่วไปของฟลาโวนอยด์ ..... 26
2.9 โครงสร้างของอนุมูล DPPH ..... 30
2.10 ปฏิกิริยาของวิธี FRAP ..... 31
4.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 51
4.2 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 53
4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 54
4.4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 56
4.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 57
4.6 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

4.7 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน ..... 61
4.8 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน ..... 63
4.9 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน ..... 65
4.10 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน..... 67
4.11 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน..... 69
4.12 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน..... 71
4.13 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน..... 73
4.14 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน ..... 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

4.15 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์
ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ
ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล
เป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน ..... 76
4.16 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์
ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ
ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล
เป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน ..... 77
4.17 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม
และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ
ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล
เป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน ..... 79
4.18 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าว
พันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ
ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล
เป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน ..... 80
4.19 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและ
ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้
เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวล
ต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 82
4.20 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม
และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้
เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวล
ต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 84
4.21 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและ
ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็น
เอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร
อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 85
4.22 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและ
ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้
เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวล
ต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

4.23 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและ
ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็น
เอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร
อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 88
4.24 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม
และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็น
เอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร
อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 90
4.25 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105
ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 92
4.26 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอก
มะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 93
4.27 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอก
มะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 94
4.28 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ
105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 96
4.29 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอก
มะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 97
4.30 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าว
ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 98
4.31 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง
และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อ
ตัวทำละลายเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดนาน 6 ชั่วโมง
โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 100
4.32 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม
ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วน
รำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดนาน 6 ชั่วโมง
โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 102
4.33 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม
ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วน
รำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร
สกัดนาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

4.34 ปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดนาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 105
4.35 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดนาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 107
4.36 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดนาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน ..... 109
4.37 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายเป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน..... 110
4.38 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายเป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน..... 112
4.39 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายเป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 114
4.40 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายเป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 115
4.41 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายเป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล เป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน..... 117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

4.42 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายเป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน ..... 119
4.43 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 120
4.44 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 121
4.45 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 123
4.46 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 124
4.47 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 125
4.48 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 127
4.49 ปริมาณน้ำมันรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 128
4.50 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลจากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 129
4.51 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคจากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 130
4.52 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์จากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 131
4.53 ฤทธิ์ต้านอนูมูลอิสระ DPPH จากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 132
4.54 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP จากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ..... 134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คำย่อ/สัญลักษณ์

| คำย่อ/สัญลักษณ์ | คำอธิบาย |
|---|---|
| DK | รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม |
| PK | รำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทอง |
| ND | รำข้าวไร่พันธุ์นางดำ |
| SD | รำข้าวไร่พันธุ์สามเดือน |
| Mali | รำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 |
| IC50 | ความเข้มข้นของสารสกัดที่ต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 |
| TEAC | Trolox Equivalent Antioxidant Capacity |
| GAE | Gallic Acid Equivalents |
| QE | Quercetin Equivalents |
| BHT | สารมาตรฐาน butylated hydroxytoluene |
| (w/v) | โดยมวลต่อปริมาตร |
| (v/v) | โดยปริมาตร |
| min | นาที |
| h | ชั่วโมง |
| °C | องศาเซลเซียส |
| DW | น้ำหนักรำข้าวแห้ง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

จังหวัดชุมพรเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่เหนือสุดของภาคใต้บริเวณคอคอดกระ มีลักษณะพื้นที่ยาวและแคบคล้ายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความยาวตามแนวชายฝั่งทะเลประมาณ 220 กิโลเมตร มีความกว้างประมาณ 40 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 3.75 ล้านไร่ จังหวัดชุมพรมีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์และมีค่าทั้งทางบกและทางทะเล ซึ่งขึ้นชื่อว่าเป็นเมืองอู่ข้าวอู่น้ำเมืองหนึ่งของภาคใต้ ด้วยความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ทำให้เหมาะต่อการปลูกข้าว โดยเฉพาะข้าวไร่ แม้ว่าเกษตรกรในจังหวัดชุมพรไม่ค่อยนิยมปลูกข้าว แต่ยังพบเกษตรกรบางส่วนที่หันมาปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองเพื่อการบริโภค พันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองที่ปลูกในจังหวัดชุมพรมีด้วยกันหลากหลายสายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไร่พันธุ์นางครวน พันธุ์นางเขียน พันธุ์ภูเขาทอง พันธุ์เล็บนก พันธุ์นางดำ และพันธุ์ดอกขาม เป็นต้น นอกจากนี้จังหวัดชุมพรยังเป็นที่ตั้งของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ซึ่งเป็นหนึ่งในวิทยาเขตของสถาบัน ถูกก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ.2526 จากแนวความคิดในการขยายพื้นที่ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังไปสู่ภูมิภาค โดยตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชธัญญาหารชนิดหนึ่งที่สำคัญของโลก ประชากรกว่าครึ่งหนึ่งของโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศแถบเอเชียดังนั้นการผลิต การบริโภคและการค้าขายข้าว จึงพบได้มากในประเทศแถบเอเชียรวมถึงประเทศไทย คนไทยบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งปัจจุบันนี้ประเทศไทยประกอบด้วยข้าวหลากหลายชนิด หากแบ่งข้าวตามสภาพการเพาะปลูกจะได้ข้าวชนิดต่างๆ ได้แก่ ข้าวนาดำ ข้าวขึ้นน้ำ รวมถึงข้าวไร่ (Upland rice) ข้าวไร่เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและที่ลาดชันไม่ต้องทำคันนาเก็บกักน้ำ มีการเตรียมพื้นที่และการเพาะปลูกในสภาพแห้ง อาศัยน้ำฝนเป็นแหล่งน้ำในการเพาะปลูก (Chang และ Vergara, 1975) นิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูงตามไหล่เขาทางภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ คิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 10 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ ข้าวไร่มีหลายพันธุ์ เช่น ดอกพะยอม กู้เมืองหลวง ดอกขาม ดอกข่า นางดำ เข็มเงิน ภูเขาทอง สามเดือน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีข้าวอีกชนิดหนึ่งที่รู้จักกันดีในประเทศไทยและนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายกล่าวคือ ข้าวหอมมะลิ ซึ่งเป็นชื่อที่ใช้เรียกกันทางการค้า ข้าวหอมมะลิมีอยู่ 2 พันธุ์ด้วยกัน พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จักเป็นข้าวหอมมะลิสายพันธุ์หนึ่งซึ่งนิยมการปลูกมากที่สุดในปัจจุบันประมาณร้อยละ 90 สามารถปลูกได้ทั่วประเทศ แต่แหล่งเพาะปลูกข้าวหอมดอกมะลิคุณภาพดีอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือตอนบน

รำข้าวเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าวเพื่อให้ได้วัตถุดิบเป็นข้าวสาร โดยข้าวเปลือกส่วนใหญ่ประกอบด้วยส่วนของรำข้าวอยู่ร้อยละ 7-10 แม้ว่าปริมาณรำข้าวที่ได้นั้นมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำหนักข้าวเปลือก แต่เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่เพาะปลูกข้าวเป็นส่วนใหญ่และข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งถือได้ว่าเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก โดยแต่ละปีมีข้าวถูกส่งออกจากประเทศไทยประมาณ 20 ล้านตันต่อปี ดังนั้นในแต่ละปีประเทศไทยจึงได้รำข้าวเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวประมาณ 1.6 ล้านตันต่อปี (USDA Foreign Agricultural Services,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2010) รำข้าวถือเป็นส่วนที่ไม่ถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากนัก ส่วนใหญ่เกษตรกรมักนำรำข้าวไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ มีเพียงร้อยละ 15 เท่านั้นที่นำไปสกัดเป็นน้ำมัน น้ำมันรำข้าวจัดเป็นน้ำมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาก จากการศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันรำข้าวดิบพบว่าประกอบด้วยแหล่งของสารอาหารอุดมสมบูรณ์ ได้แก่ วิตามินอี (โทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอล) แกมมาโอไรซานอล แคโรทีนอยด์ สารประกอบฟีนอล กรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดแข็งตัวได้ (Sookwong และคณะ, 2007; Zhang และคณะ, 2010; Durante และคณะ, 2012; Sookwong และคณะ, 2016)

การสกัดสารสำคัญจากรำข้าวนั้น จะต้องใช้วิธีการสกัดที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณสารที่ต้องการออกมาจากรำข้าวให้ได้มากที่สุด ปัจจุบันประกอบด้วยวิธีการสกัดน้ำมันรำข้าวเพื่อให้ได้สารสำคัญมากมายหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการสกัดด้วยเครื่องซอกห์เลตซึ่งเป็นวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมเป็นวิธีที่ใช้สกัดสารสำคัญมาอย่างยาวนาน การสกัดแบบซอกห์เลตนี้จะใช้ตัวทำละลายในปริมาณน้อยเนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้สกัดจะถูกทำให้ระเหยและควบแน่นกลับมาทำให้เกิดการสกัดในลักษณะหมุนเวียนเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสาร แต่มีข้อเสียคือความร้อนที่ใช้ในการสกัดอาจส่งผลให้สารสำคัญมีประสิทธิภาพลดลง นอกจากนี้ยังมีวิธีการสกัดโดยอาศัยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction) เป็นการสกัดที่ใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิคที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ท ร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดสารสำคัญ เครื่องมือดังกล่าวจะปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงออกมาในตัวพาซึ่งเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ กระบวนการดังกล่าวจะทำให้เกิดฟองก๊าซเกิดการหดตัวและขยายตัวเป็นวัฏจักร เมื่อฟองก๊าซขยายตัวจะดึงสารที่อยู่ภายในวัสดุออกมาละลายในตัวทำละลาย

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เป็นสารประกอบที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งกระบวนการออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในร่างกาย ได้แก่ การย่อยสลายโปรตีนและไขมันจากอาหารที่กินเข้าไป มลพิษทางอากาศ การหายใจ ควันบุหรี่ รังสียูวี ล้วนทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นในร่างกายของเราซึ่งสร้างความเสียหายต่อร่างกายได้ สารต้านอนุมูลอิสระจึงมีความจำเป็นต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์ โดยส่วนใหญ่มนุษย์จะได้รับสารต้านอนุมูลอิสระผ่านการกินการดื่ม ตัวอย่างของสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในธรรมชาติ เช่น กรดแอสคอร์บิก วิตามินอี โพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ นอกจากนี้ยังมีสารแกมมาโอไรซานอล ซึ่งเป็นสารที่พบมากที่สุดในข้าว โดยเฉพาะในส่วนผิวที่มีสีน้ำตาลอ่อนของข้าวที่ยังไม่ถูกสีออกซึ่งเรียกว่า “รำข้าว” ดังนั้นโอไรซานอลจึงพบได้ในน้ำมันรำข้าวเท่านั้น ทำให้น้ำมันรำข้าวมีความโดดเด่นกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น

ดังที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นที่มาของวิทยานิพนธ์นี้ที่มุ่งเน้นศึกษาวิธีการสกัดรำข้าว ได้แก่ การสกัดแบบซอห์กเลต (Soxhlet extraction) และการสกัดแบบอาศัยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction) และสายพันธุ์รำข้าวไร่ ได้แก่ พันธุ์ดอกขาม พันธุ์ภูเขาทอง พันธุ์นางดำ พันธุ์สามเดือน รวมถึงรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นตัวควบคุม เพื่อให้ได้ปริมาณและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) ศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันรำข้าวทั้งหมด 2 วิธี ได้แก่ วิธีการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) และการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extraction)
2) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าวไร่ด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปลบหรือดัดแปลงเนื้อหาในส่วนของเอกสารนี้ก่อนนำไปใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น

3) วิเคราะห์ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง นางดำ และสามเดือน โดยมีรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นตัวควบคุม ด้วยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม
4) เปรียบเทียบวิธีการสกัดและสายพันธุ์รำข้าวที่ให้ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด

## 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษารำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม พันธุ์ภูเขาทอง พันธุ์นางดำ และพันธุ์สามเดือนที่ได้จากจังหวัดชุมพร และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากจังหวัดสุพรรณบุรีซึ่งเป็นตัวควบคุม นำมาสกัดด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี ได้แก่ การสกัดแบบอาศัยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) และการสกัดแบบซอห์กเลต (Soxhlet extraction) จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าวไร่ทั้ง 2 วิธี โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ตัวทำละลาย อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย อุณหภูมิ และเวลา เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดแล้วจึงหาปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ปริมาณน้ำมันรำข้าว สารแกมมาโอไรซานอล สารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP จากนั้นทำการเปรียบเทียบวิธีการสกัดและสายพันธุ์รำข้าว

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวไร่ด้วยวิธีการทั้ง 2 วิธี
2) ทราบปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการสกัดรำข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์
3) ทราบถึงวิธีการสกัดและสายพันธุ์รำข้าวที่ให้ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ข้าว

ข้าวเป็นธัญพืช (cereal crop) หรือพืชซึ่งมนุษย์อาศัยเมล็ดบริโภคเป็นอาหาร พบทั่วไปในเขตร้อน (tropic) และกึ่งร้อน (sub tropic) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณแถบประเทศอินเดีย เอเชียตะวันออกใต้ และเอเชียตะวันออก ซึ่งพบมีการแพร่พันธุ์ของข้าวอยู่หลากหลายชนิด (Datta, 1975) ส่วนถิ่นกำเนิดนั้น ข้าวน่าจะมีถิ่นกำเนิดอยู่ในบริเวณแถบที่ราบลุ่มของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้หรืออินเดีย และดินดอนบริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความชื้นสูง มีพืชพันธุ์และป่าไม้หนาแน่น และข้าวจะต้องกระจายลงสู่ที่ราบต่ำที่ซึ่งมีน้ำขังเป็นครั้งคราว มีพืชพันธุ์ไม่มากเพื่อหลีกเลี่ยงการแข่งขัน แต่ Grist, 1955 ได้ให้ความเห็นต่างออกไปว่าข้าวมีถิ่นกำเนิดในที่ดอน แต่มนุษย์ค้นพบว่าข้าวที่ปลูกในสภาพน้ำขังจะให้ผลผลิตสูงกว่าในที่ดอน จึงมีการปลูกข้าวในสภาพเช่นนั้นตลอดมา เว้นแต่ว่าพื้นที่นั้นๆ ไม่สามารถขังน้ำไว้ได้ ข้าวจึงยังคงดำรงชีวิตเหมือนเมื่อแรกกำเนิดได้ในบางพื้นที่

มีลักษณะคล้ายพืชตระกูลหญ้าทั่วๆ ไป คือมีระบบรากฝอย (fibrous root system) มีข้อปล้องเห็นได้ชัดเจน ลำต้นภายในมีลักษณะกลวง ใบเรียว ยาว เหมือนใบหญ้า มีกาบใบ (leaf sheath) ซึ่งทำหน้าที่ในการห่อหุ้มลำต้นเอาไว้ และมีเขี้ยวใบ (auricle) จำนวน 1 คู่ ตรงบริเวณส่วนต่อระหว่างแผ่นใบและกาบใบ ซึ่งตรงจุดนี้เองที่ทำให้ข้าวแตกต่างจากหญ้าชนิดอื่น ช่อดอกมีลักษณะเป็นแบบ panicle เกิดขึ้นตรงส่วนปลายยอดสุดของลำต้น ประกอบขึ้นจากดอกฝอย (spikelet) เป็นจำนวนมาก ซึ่งดอกฝอยแต่ละดอกจะให้ผลแบบ caryopsis 1 ผล คือ ข้าวเปลือก 1 เมล็ดนั่นเอง คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของข้าวคือ ข้อที่อยู่ชิดดินประมาณข้อที่ 5 สามารถแตกต้นใหม่หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แตกกอ ได้เป็นจำนวนมาก

ข้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ในสกุล *Oryza* ของตระกูลหญ้า (*Graminae*) มีพืชร่วม genus 22 ชนิดด้วยกัน แต่ในจำนวนนั้นมีเพียง 2 ชนิดเท่านั้นที่มนุษย์นำมาเพาะปลูกและบริโภคเป็นอาหาร ได้แก่ *Oryza sativa* L. และ *Oryza glaberrima* L. และมีเพียงชนิด *Oryza sativa* L. เท่านั้นที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วทุกอาณาเขตของโลก ใน species sativa สามารถแบ่งข้าวออกเป็น 3 sub-species ย่อย (Grist, 1955) คือ

1) Indica เป็นข้าวชนิดที่มีเมล็ดยาว พบในเขตร้อน เป็นข้าวที่พบเห็นทั่วๆ ไป

2) Japonica เป็นข้าวชนิดที่มีเมล็ดกลม สั้น พบในเขตอบอุ่นประเทศจีน ญี่ปุ่น และเกาหลี

3) Javanica เป็นข้าวที่มีลักษณะกึ่งกลางระหว่างทั้งสองชนิดแรก และไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ

### 2.1.1 ข้าวไร่ (Upland rice)

ข้าวไร่ (Upland rice) คือ ข้าวซึ่งปลูกกันบนที่ราบ ที่ลาดตามไหล่เขาหรือที่ดอน ในบริเวณที่พื้นดินไม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ มีการเตรียมพื้นที่และการเพาะปลูกในสภาพแห้งและอาศัยน้ำฝนเป็นแหล่งน้ำในการเพาะปลูก (Datta, 1975) ซึ่งความแตกต่างกันระหว่างข้าวไร่ (upland rice) และข้าวนาลุ่ม (lowland rice) นั้นไม่อาจแยกแยะโดยทางสัณฐานวิทยาได้อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

เด่นชัดนัก เว้นแต่ข้าวไร่บางจำพวกในแถบแอฟริกา ซึ่งเป็นตระกูล *Oryza glaberrima* L. หรือลูกผสมของ *Oryza sativa* L. และ *Oryza glaberrima* L. เท่านั้น

**ลักษณะความแตกต่างระหว่างข้าวไร่ (upland rice) และข้าวนาลุ่ม (lowland rice)**

1) ลักษณะเมล็ดและการเจริญเติบโตในระยะแรก เมล็ดข้าวไร่มีขนาดใหญ่ ดูดน้ำได้เร็วกว่าเมล็ดพวกข้าวนา และมักจะงอกได้ก่อน แต่ภายใน 3 อาทิตย์ต่อมา พวกข้าวนาจะให้ต้นกล้าที่มีจำนวนใบมากกว่า

2) ลำต้น มักจะมีขนาดโต แต่อ่อนแอ และมีสภาพเสื่อมชรา (senescence) จึงหักล้มได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณมาก

3) รวง มีขนาดยาว แน่น มีเมล็ดขนาดใหญ่ในปริมาณสูงและมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูง

4) ความสูง มักจะมีความสูงกว่า พันธุ์ที่อยู่ในประเทศไทยมีความสูงโดยเฉลี่ย 175 เซนติเมตร

5) ความสามารถในการแตกกอ ต่ำ พันธุ์ข้าวไร่มีการแตกกอ (tillering ability) น้อยกว่าพันธุ์ข้าวนาลุ่ม จึงได้มีผู้เสนอแนะว่าพันธุ์ข้าวไร่ ควรจะได้รับการปรับปรุงให้มีการแตกกอมากขึ้น แต่การที่ข้าวไร่นั้นมีการแตกกอมากนั้นอาจเป็นข้อเสียเปรียบได้เมื่อเกิดภาวะการขาดน้ำอย่างรุนแรง

6) การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ต่ำ แม้ว่าจะมีรายงานออกมาว่าข้าวไร่ส่วนใหญ่มีค่าอัตราส่วนของน้ำหนักเมล็ดต่อน้ำหนักฟางแห้งสูง ที่เป็นเช่นนั้นเพราะมีรวงและเมล็ดที่ให้น้ำหนักดีอย่างสม่ำเสมอ แม้ในสภาพแห้งแล้ง แต่เมื่อเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนให้ธาตุอาหารส่วนใหญ่จะถูกนำไปสร้างลำต้นและใบมากกว่าการสร้างเมล็ด

7) ลักษณะของใบ พันธุ์ข้าวไร่มักมีใบหนาและใหญ่กว่าพันธุ์ข้าวนาลุ่ม แต่มีจำนวนใบต่อต้นน้อยกว่า การที่มีใบใหญ่อาจมีสารที่ได้รับจากการสังเคราะห์แสงมาก เป็นผลทำให้มีลำต้นสูง มีกอที่แน่นและหนัก ขนาดของมุมและใบมีอิทธิพลต่อการสูญเสียน้ำและอุณหภูมิของใบ ใบที่ห้อยลง (droopy) จะมีอุณหภูมิสูงกว่าใบที่ตั้งตรง อีกทั้งยังมีอัตราการคายน้ำสูงกว่าด้วย พืชยิ่งมีพื้นที่ผิวใบในการคายน้ำมาก การสูญเสียน้ำจะสูง แต่พืชอาจมีวิธีการอื่นๆ ในการช่วยลดอัตราการคายน้ำหรือเพิ่มความสามารถในการดูดน้ำ ลักษณะความต้านทานของ cuticle ต่อการสูญเสียน้ำของใบเป็นลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของพืชที่ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี เช่น ข้าวโพดและข้าวฟ่าง ซึ่งจัดเป็นพืชที่ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดีกว่าข้าว โดยจะมี cuticle ของใบหนากว่า ข้าวพันธุ์ IR 5 และ IR 442-2-58 จัดเป็นข้าวพันธุ์ที่มีความต้านทานของ cuticle ต่อการสูญเสียน้ำของใบสูงกว่าเมื่อนำไปปลูกในที่ดอน ดังนั้นลักษณะความต้านทานของ cuticle ต่อการสูญเสียน้ำของใบจึงเป็นลักษณะที่ต้องการสำหรับพันธุ์ข้าวไร่ เพราะเมื่อเกิดการขาดน้ำขึ้นปากใบจะปิด ดังนั้นการสูญเสียน้ำผ่านทาง cuticle จึงมีความสำคัญเกี่ยวกับการทนทานความแห้งแล้งในข้าว

### 2.1.2 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (Khao Dok Mali 105)

ข้าวหอมมะลิเป็นชื่อที่ผู้บริโภคและผู้ค้าข้าวนิยมเรียก โดยเรียกเพี้ยนมาจากคำว่า “ข้าวดอกมะลิ” มีชื่อทางการค้าว่า “ข้าวขาวดอกมะลิ 105” ความหมายคือข้าวพันธุ์นี้จัดอยู่ในประเภทข้าวขาว เพราะข้าวเปลือกของข้าวชนิดนี้มีสีขาวหรือสีฟาง อีกทั้งยังมีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นดอกมะลิ ส่วนหมายเลข 105 หมายถึงขั้นตอนในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้าพันธุ์ไวแสงที่จัดอยู่ในประเภทข้าวขาว ลำต้นสูงประมาณ 140-150 เซนติเมตร มีต้นและใบค่อนข้างเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

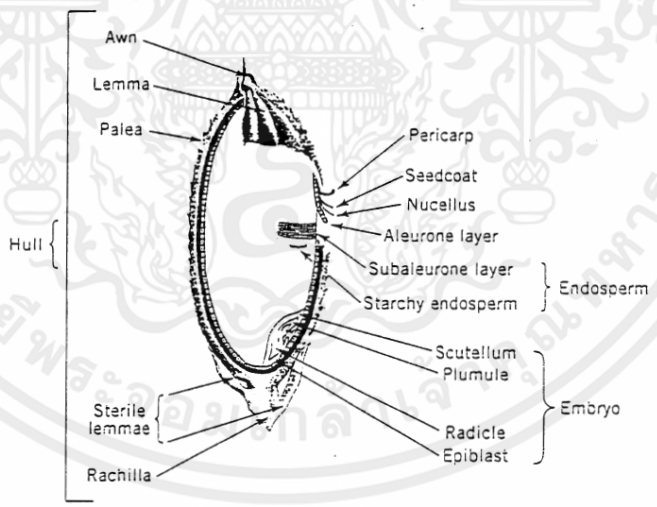
ใบยาวสีเขียวอ่อน การแตกกออยู่ในเกณฑ์ดี ทนต่อการแห้งแล้ง ดินเปรี้ยว และดินเค็มได้ดี ถ้ามีการปลูกและดูแลรักษาอย่างดี เก็บเกี่ยวในเวลาที่เหมาะสมและตาก นวดดี จะสามารถสีได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวถึงร้อยละ 56

โดยทั่วไปชาวนาเริ่มปลูกข้าวประมาณเดือนกรกฎาคมจนถึงต้นเดือนสิงหาคม และข้าวเริ่มออกดอกในช่วงประมาณ 20-25 ตุลาคม แล้วจะทำการเก็บเกี่ยวในช่วง 20-25 พฤศจิกายน แต่ในปัจจุบันพบว่า ข้าวขาวดอกมะลิสามารถปลูกได้ช้ากว่าปกติ โดยยังออกดอกและเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ การกำหนดวันเก็บเกี่ยวที่ดีที่สุดนั่นคือการตรวจสอบวันที่ออกดอกที่แน่นอน หลังวันที่ข้าวออกดอกไปแล้ว 28 วัน เป็นกำหนดวันเก็บเกี่ยวที่ดีที่สุด

ลักษณะที่สำคัญของข้าวหอมมะลิคือเมื่อขัดสีเป็นข้าวสารจะได้เมล็ดข้าวที่ขาวและเรียวยาว ขาว ใส เป็นเงา แกร่ง และมีท้องไข่น้อย ความยาวเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 7.0 มิลลิเมตร ความกว้างเฉลี่ยไม่เกิน 2.2 มิลลิเมตร และมีส่วนประกอบของอะไมโลสร้อยละ 12-16 ของน้ำหนักข้าวขาว เมื่อหุงเป็นข้าวสุกจะได้ข้าวที่มีลักษณะเป็นเลื่อมมัน อ่อนนุ่ม มีกลิ่นหอม ประเทศที่นำเข้าข้าวหอมมะลิไทยที่สำคัญนั่น ได้แก่ สาธารณรัฐประชาชานจีน ฮ่องกง สิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา และมาเลเซีย ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีแหล่งปลูกร้อยละ 90 อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เช่น จังหวัดสุรินทร์ อุบลราชธานี บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ ยโสธร ร้อยเอ็ด มหาสารคาม และนครราชสีมา มีผลผลิตเฉลี่ย 350 กิโลกรัมต่อไร่

### 2.1.3 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ข้าวเปลือกจัดเป็นส่วนผลของข้าว ซึ่งจะจำแนกได้เป็นส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้ (รูปที่ 2.1)




**รูปที่ 2.1** โครงสร้างของเมล็ดข้าว
**ที่มา :** เชาวรัตน์, 2540

1) เปลือกนอก หรือแกลบ (hull) เป็นส่วนที่ป้องกันเมล็ดข้าวจากเชื้อราและแมลงในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนนี้มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนัก เมล็ดข้าวเปลือกประกอบด้วย palea และ lemma เชื่อมกันโดยโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า hook-shaped ชั้นนอกของเปลือก มี trichomes องค์ประกอบภายในส่วนใหญ่ ได้แก่ ลิกนิน (ร้อยละ 30) เซลลูโลส (ร้อยละ 25) และเถ้า (ร้อยละ 21) ดังนั้นส่วนนี้จึงมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ส่วนที่บริโภคได้หรือข้าวกล้อง (brown rice หรือ dehulled rice) แบ่งออกเป็นชั้นๆ ดังนี้

- เยื่อหุ้มผล (pericarp) เป็นส่วนผิวนอกของข้าวกล้อง มีความหนาประมาณ 10 ไมโครเมตร หรือประมาณร้อยละ 4-5 ของน้ำหนักเมล็ด ผิวชั้นนอกมีลักษณะเป็นคลื่น

- เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) เป็นส่วนที่อยู่ต่อจากชั้นเยื่อหุ้มผล เซลล์ชั้นเดียวมีความหนาประมาณ 0.5 ไมโครเมตร

- ชั้นอลูโรน (aleurone layer) มีลักษณะเป็นเซลล์รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ผนังเซลล์หนาในอลูโรน เซลล์มี proteinaceous aleurone grains และ lipid bodies มากที่สุด จำนวนชั้นของอลูโรนจะแตกต่างกันออกไปตั้งแต่ 1-7 ชั้น ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของข้าวและตำแหน่งของเมล็ด โดยอลูโรนบริเวณ ventral มี 2-3 ชั้น ส่วนบริเวณ dorsal มี 4-7 ชั้น และข้าวพันธุ์เมล็ดสั้นมีแนวโน้มจำนวนชั้นของอลูโรนเซลล์มากกว่าข้าวพันธุ์เมล็ดยาว

- คัพภะ (embryo) เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อนต่อไป ประกอบด้วย embryonic axis (epicotyl mesocotyl หรือ hypocotyl และ redicle) และ scutellum ส่วนนี้มีโปรตีน ไขมัน เถ้า และวิตามินในปริมาณสูง แต่ไม่มีแป้ง

- เอนโดสเปิร์ม (endosperm) คือส่วนที่เป็นข้าวสาร มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก แป้งข้าวจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (starch compound) กลุ่มแป้งหลายๆ กลุ่มจะอยู่รวมกันเป็น micelles โดยมีกลุ่มโปรตีน (protein bodies) แทรกอยู่ภายในเมล็ดข้าวสารนี้มีแป้งอยู่ประมาณร้อยละ 84-93 โดยมวล

## 2.2 รำข้าว

รำหมายถึงส่วนเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด นิวเซลลัส ชั้นแอลิวโรน และชั้นซับแอลิวโรนและมักจะรวมส่วนของคัพภะเข้าเอาไว้ด้วย เนื่องจากในกระบวนการขัดสีข้าวกล้องให้เป็นข้าวสาร ส่วนใหญ่ต้องการข้าวสารที่ขาวจึงขัดผิวข้าวกล้องจนถึงชั้นซับแอลิวโรน ทำให้คัพภะหลุดจากเนื้อเมล็ด รวมอยู่ด้วย ดังนั้นปริมาณชนิดของโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวที่ได้จากกระบวนการสีข้าวนับจากการกะเทาะเปลือกหุ้มแข็ง (แกลบ) ออกไปแล้ว จะขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวและสภาวะแวดล้อมที่ปลูกจนถึงกรรมวิธีในการขัดผิวเมล็ดข้าวกล้อง การขัดขาว และการขัดมันเพื่อให้ข้าวสารขาวและมันวาว ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวขึ้นอยู่กับส่วนของรำที่ได้จากกระบวนการสีข้าว

### 2.2.1 การสีข้าว

ข้าวเปลือกจะถูกสีเพื่อแยกเอาส่วนของแกลบและบางส่วนของรำออก ซึ่งผลิตผลหลักที่ได้รับคือข้าวกล้อง (brown rice) หรือข้าวสาร (white rice) ในขณะที่แกลบ รำ และปลายข้าว (polish) จะเป็นผลพลอยได้

ในประเทศที่ด้อยพัฒนาแถบเอเชียการสีข้าวจะใช้วิธีแบบ traditional และ conventional ซึ่งวิธีการนี้มักทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวสูง ระบบการสีข้าวส่วนใหญ่จะไม่มีขั้นตอนการแยกข้าวเปลือก ข้าวหัก และรำข้าว ทำให้รำข้าวที่ได้ไม่สะอาด นอกจากนั้นยังสีข้าวได้ในปริมาณที่น้อย จึงต้องเสียเวลารวบรวมรำข้าวให้ได้ปริมาณที่มากเพียงพอจึงจะสามารถจัดส่งให้โรงงานสกัดน้ำมันได้ ทำให้เอนไซม์ในรำข้าวทำการย่อยไขในจนได้กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นคุณภาพของรำข้าวที่ได้จึงต่ำ ส่วนในประเทศที่พัฒนาแล้วจะใช้ระบบการสีข้าวแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(modern rice milling) ซึ่งเครื่องจักที่ใช้จะเป็นระบบอัตโนมัติและมีความซับซ้อน แต่มีประสิทธิภาพของการดำเนินงานสูง สามารถแยกส่วนของรำข้าว ปลายข้าว และจมูกข้าวออกจากข้าวสารได้ การสีข้าวโดยใช้วิธีนี้ทำให้รำข้าวที่ได้มีความสะอาดเหมาะที่จะนำไปสกัดน้ำมันเพื่อการค้า นอกจากนั้นระบบการสีข้าวแบบใหม่นี้อาจติดตั้งเครื่องสกัดด้วยตัวทำละลายเข้าไปด้วย (solvent extraction unit) เพื่อสกัดน้ำมันรำข้าวทันที กากรำข้าวหลังจากสกัดน้ำมันจะมีกลิ่นเป็นที่น่าพอใจและน้ำมันดิบ (crude oil) ที่ได้มีปริมาณกรดไขมันต่ำ เหมาะที่จะนำไปทำน้ำมันบริโภค (เชาวรัตน์, 2540)

ในประเทศอินเดียนั้นการสีข้าวมักจะใช้ข้าวเปลือกนึ่งเป็นวัตุดิบในการสีข้าว การทำข้าวเปลือกนึ่งคือการให้น้ำและความร้อนแก่ข้าวเปลือก โดยการนำข้าวเปลือกมาแช่ (soaking) แล้วนำไปนึ่ง (steaming) และอบให้แห้ง (drying) ข้อดีของการนึ่ง (parboiling) คือทำให้เมล็ดข้าวแข็งแรงขึ้น เมื่อนำไปสีจะทำให้อัตราการหักของข้าวลดลงและทำให้เมล็ดข้าวทนต่อการกัดกินของแมลง ข้าวเปลือกที่นึ่งแล้วจะสียากเนื่องจากเปลือกติดแน่นกับเมล็ดข้าวมากขึ้น ทำให้ต้องผ่านการขัดขาวมากครั้งกว่าข้าวเปลือกปกติ แต่รำข้าวที่ได้จากการสีข้าวนึ่งจะมีปริมาณน้ำมันและเถ้ามากกว่าในขณะที่ปริมาณแป้งและวิตามินบีต่ำกว่า ข้อดีอีกอย่างของรำข้าวที่ได้จากข้าวนึ่งคือปริมาณของกรดไขมันอิสระน้อยกว่าข้าวปกติ เนื่องจากปริมาณเอนไซม์ไลเปสลดลงเพราะถูกทำลายโดยความร้อนจากการนึ่งข้าว

### 2.2.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของรำข้าว

ปริมาณและองค์ประกอบของรำข้าวที่ได้นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว คุณภาพของข้าวเปลือก การเตรียมข้าวเปลือก เช่น การนึ่ง ชนิดของวิธีการสีข้าว และระดับของการขัดขาว (degree of polishing) ในข้าวชนิดเมล็ดเรียว รำข้าวจะมีปริมาณน้ำมันมากกว่าข้าวชนิดเมล็ดขนาดกลางและเมล็ดสั้นตามลำดับ ข้าวเปลือกที่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้องจะให้ผลผลิตของรำข้าวที่สูงขึ้น เช่น รำข้าวที่สีด้วยวิธีการสมัยใหม่จะมีน้ำมันและโปรตีนมากกว่ารำข้าวที่ได้จากการสีแบบดั้งเดิมเนื่องจากสัดส่วนของสารปนเปื้อนลดลงนั่นเอง สำหรับข้าวเปลือกที่ผ่านขั้นตอนการนึ่งนั้นเมื่อนำมาสีจะให้รำข้าวที่มีสีเข้มกว่ารำข้าวปกติและมีปริมาณรำข้าวที่ได้น้อยกว่ารำข้าวที่ไม่ได้นึ่ง แต่รำข้าวจะมีปริมาณโปรตีนและไขมันเป็นองค์ประกอบมากกว่า ซึ่งทำให้ผลผลิตของน้ำมันจากรำข้าวที่ผ่านการนึ่งสูงกว่ารำข้าวปกติ โดยมีปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 4-5

รำข้าวที่ไม่ได้ถูกนำมาสกัดน้ำมันจะไม่มีความเสถียรอย่างมากและเสื่อมเสีย เนื่องจากแอคติวิตีของไลเปสโดยการไฮโดรไลซ์ไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งสามารถทราบได้จากกลิ่นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและกลิ่นรสของรำข้าวเริ่มไม่ดี สำหรับปฏิกิริยาการหืนจะเกิดขึ้นได้เร็วมากโดยเฉพาะในที่ร้อนและชื้น ดังนั้นหากจะนำรำข้าวไปสกัดน้ำมันเพื่อบริโภคทางการค้าจำเป็นต้องสกัดน้ำมันทันทีหลังการสีข้าว เพื่อไม่ให้น้ำมันรำข้าวเกิดการเสียสภาพในขณะขนส่งและการเก็บรักษา

### 2.2.3 คุณสมบัติทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในรำข้าว ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต (carbohydrates) โปรตีนและกรดอะมิโน (protein and amino acids) ลิปิด (lipids) แร่ธาตุ (minerals) วิตามิน (vitamins) และเอนไซม์ (enzymes) ปริมาณขององค์ประกอบแต่ละชนิดที่พบจะแสดงดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็น ไม่ว่ากรณีใ นำไปใช้

**ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีในรำข้าว**

| องค์ประกอบ | ปริมาณ (ร้อยละ) |
|---|---|
| โปรตีน | 13.2-17.3 |
| ลิปิด | 17.0-22.9 |
| ใยอาหาร | 9.5-13.2 |
| เถ้า | 9.2-11.5 |
| ส่วนคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย | 39.6-60.8 |
| แป้ง | 16.1 |
| น้ำตาลอิสระ | 6.0-6.5 |

ในระหว่างการสีข้าวลิปิดส่วนใหญ่จะออกมากับรำข้าวและปลายข้าว (polish) ลิปิดในรำข้าวประมาณ 1 ใน 3 ได้มาจากเอมบริโอ (embryo) ปริมาณลิปิดของรำข้าวขึ้นกับระดับการสี และวิธีการสีข้าว ลิปิดจะมีความเข้มข้นมากในชั้นนอก และในจมูกข้าว (germ) สำหรับรำข้าวพบลิปิดประมาณร้อยละ 17.0-23.0 ลิปิดที่พบส่วนใหญ่เป็นไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ฟอสโฟลิปิด (phospholipids) ไกลโคลิปิด (glycolipids) และไข (waxes) พบในปริมาณน้อย ดังตารางที่ 2.2

**ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของน้ำมันรำข้าวที่ยังไม่ผ่านการสกัด (crude rice bran oil)**

| องค์ประกอบ | ร้อยละ |
|---|---|
| Saponifiable lipids | 90-96 |
| Neutral lipids | 88-89 |
| Triglycerides | 83-86 |
| Diglycerides | 3-4 |
| Monoglycerides | 6-7 |
| Free fatty acids | 2-4 |
| Waxs | 3-4 |
| Glycolipids | 6-7 |
| Phosphplipids | 4-5 |
| unsaponifiable lipids | 4.2 |
| Phytosterols | 43 |
| Sterolesters | 10 |
| Triterpene alcohols | 28 |
| Hydrocarbons | 18 |
| Tocopherols | 1 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2.4 การรักษาเสถียรภาพของรำข้าว** (Salunkhe และคณะ, 1992)

รำข้าวจัดเป็นแหล่งของเอนไซม์หลายชนิด ได้แก่ ไลเปส (lipase) เลซิทินเนส (lecithinase) ไลปอคซีจีเนส (lipoxygenase) อะไมเลส (amylase) เอสเทอเรส (esterase) อินเวอร์เทส (invertase) มอลเตส (maltase) เพคติเนส (pectinase) และเปอร์ออกซิเดส (peroxidase) เป็นต้น แต่เอนไซม์ไลเปสเป็นเอนไซม์ที่ได้รับความสนใจมากที่สุด เนื่องจากไลเปสมีผลกระทบต่อคุณภาพของรำข้าว และขอบเขตการนำรำข้าวไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม โดยไลเปสสามารถไฮโดรไลซ์น้ำมันเป็นกลีเซอรอลและกรดไขมันอิสระ จุดประสงค์หลักของการรักษาความเสถียรของ รำข้าวเพื่อระงับการเพิ่มปริมาณกรดไขมันอิสระในรำข้าว ซึ่งทำได้โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ หรือโดยการทำลายสภาพธรรมชาติ (denaturation) ของเอนไซม์การรักษาความเสถียรของรำข้าวแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

1) วิธีทางเคมี (Chemical stabilization)

เป็นการใช้สารเคมีในการทำลายสภาพธรรมชาติของเอนไซม์ ได้แก่ การใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) โซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ ($Na_2S_2O_5$) ซึ่งผลการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไฮโดรคลอริก (HCl) ในการรักษาความเสถียรของรำข้าวพบว่าให้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่วิธีทางเคมีพบว่ามีข้อเสียหลายข้อ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบที่เป็นประโยชน์ในรำ ข้าวหลายตัว เช่น ทำลาย thiamine ถ้าอยู่ในรูปซัลไฟด์จะทำปฏิกิริยากับ cysteine ได้ thiols และ sulfonate ทำให้ค่า iodine value ลดลง นอกจากนี้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังทำให้เกิดการผุกร่อนของเครื่องมือ และเป็นมลภาวะทางอากาศด้วย

2) วิธีทางกายภาพ (Physical stabilization)

วิธีทางกายภาพมี 4 วิธี ได้แก่

1. Cold storage เป็นการเก็บรักษารำข้าวที่อุณหภูมิต่ำ ใกล้ๆ 0 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถลดการเพิ่มของกรดไขมันอิสระได้ แต่การใช้วิธีเก็บรักษาด้วยความเย็นที่พอนำรำข้าวออกสู่อุณหภูมิภายนอกเอนไซม์เปสจะเริ่มทำงานทันที นอกจากนี้ถ้าจะนำไปปฏิบัติในระดับอุตสาหกรรมจะต้องมีระบบการถ่ายเทความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงจึงเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและไม่คุ้มต่อการลงทุน

2. Storage in an inert atmosphere เป็นการใช้แก๊สเฉื่อยในการเก็บรักษารำข้าว เช่น แก๊สไนโตรเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในการเก็บรักษารำข้าวที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส พบว่าวิธีนี้มีเป้าหมายเพื่อป้องกันกลิ่นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าและไม่สามารถยับยั้งการเพิ่มของกรดไขมันอิสระได้เนื่องจากไม่สามารถทำลายเอนไซม์ไลเปสได้

3. Irradiation เป็นการใช้รังสีในการเก็บรักษารำข้าว เช่น รังสีแกมมา (gamma rays) การรักษาความเสถียรของรำข้าวด้วยวิธี irradiation นี้เป็นวิธีที่ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง

4. Heat stabilization เป็นการรักษาความเสถียรของรำข้าว โดยใช้ความร้อน สามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ

- การใช้ความร้อนแห้ง (dry heat) เช่น การอบรำข้าวที่อุณหภูมิสูง (100 -120 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 3-4 ชั่วโมง การให้ความร้อนวิธีนี้สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสได้บางส่วน แต่ที่สำคัญคือสามารถลดความชื้นในรำข้าวซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเพิ่มของกรดไขมันอิสระ ดังนั้นวิธีนี้จะได้ผลดีก็ต่อเมื่อสามารถควบคุมระดับความชื้นในรำข้าวหลังอบให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ระหว่างร้อยละ 3-6 ส่วนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงมีข้อควรระวังคือรำข้าวหลังอบและน้ำมันที่สกัดได้จะมีสีเข้มและมีกลิ่นไหม้ นอกจากนี้ยังอาจเกิดการออกซิเดชันของน้ำมัน

- การใช้ความร้อนชื้น เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดโดยเฉพาะการให้ความร้อนแก่รำข้าวใน moving bed ซึ่งในกระบวนการมีการเติมน้ำหรือไอน้ำระหว่างการให้ความร้อน ตัวอย่างเช่น screw conveyors, fluidized bed, extrusion cookers

## 2.3 น้ำมันรำข้าว

น้ำมันรำข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกสกัดมาจากรำข้าวดิบซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมของรำละเอียดและคัพภะจากกรรมวิธีการในการสกัดน้ำมันรำข้าวจากรำข้าวดิบ ซึ่งน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้นั้นสามารถนำไปต่อยอดเพื่อทำผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป

**องค์ประกอบของน้ำมันรำข้าว**

น้ำมันรำข้าวดิบ (crude rice bran oil) ประกอบด้วย ไตรกลีเซอไรด์ ประมาณร้อยละ 80 ของน้ำมัน โดยน้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบ (Nicolosi และคณะ, 1994) แสดงดังตารางที่ 2.3 พบว่าน้ำมันรำข้าวมีกรดโอเลอิกเป็นองค์ประกอบสูงถึงร้อยละ 40-50 รองลงมาคือกรดลิโนเลอิก มีประมาณร้อยละ 20-42

**ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบของน้ำมันรำข้าว** (Nicolosi และคณะ, 1994)

| กรดไขมัน | จำนวนคาร์บอน:จำนวนพันธะคู่ | ปริมาณ (ร้อยละ) |
|---|---|---|
| กรดไมริสติก | 14:0 | 0.1-1.0 |
| กรดปาล์มมิติก | 16:0 | 12.0-18.0 |
| กรดปาล์มมิโตเลอิก | 16:1 | 0.2-0.6 |
| กรดสเตรียลิก | 18:0 | 1.0-3.0 |
| กรดโอเลอิก | 18:1 | 40.0-50.0 |
| กรดลิโนเลอิก | 18:2 | 20.0-42.0 |
| กรดลิโนเลนิก | 18:3 | 0.0-1.0 |
| กรดอะราชิดิก | 20:0 | 0.0-1.0 |

ปริมาณของไตรกลีเซอไรด์ขึ้นอยู่กับปริมาณของการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่เกิดขึ้นก่อนการ stabilize รำข้าวซึ่งองค์ประกอบของน้ำมันรำข้าวดิบ (Nicolosi และคณะ, 1994) แสดงดังตารางที่ 2.4 ซึ่งพบว่าน้ำมันรำข้าวนอกจากประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์เป็นส่วนใหญ่แล้วยังมีสารประกอบอื่นๆ ปนอยู่อีกด้วย ได้แก่ ฟอสโฟลิพิด ไกลโคลิพิด สเตอรอล แวกซ์ โทโคเฟอรอล และโทโคไตรอีนอล โดยฟอสโฟลิพิดจะพบในรูปของฟอสฟาทิดิลโคลีน (phosphatidylcholine) นอกจากนี้ยังพบแกมมาโอไรซานอลในปริมาณร้อยละ 0.96-2.9 โดยโอไรซานอลคือเอสเทอร์ของกรดเฟอรูลิก และไตรเทอพีนอยด์แอลกอฮอล์ และพบในส่วนของสเตอรอลที่ถูกกำจัดออกก่อนในช่วงการทำรีไฟน์ของน้ำมันซึ่งแกมมาโอไรซานอลจะมีคุณสมบัติของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณี...

**ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบของน้ำมันรำข้าวดิบ** (Nicolosi และคณะ, 1994)

| องค์ประกอบ | ปริมาณ (ร้อยละ) |
|---|---|
| ไตรกลีเซอไรด์ | 80 |
| ฟอสโฟลิพิด | 2 |
| ไกลโคลิพิด | 1 |
| สเตอรอล | 5 |
| แวกซ์ | 2-5 |

น้ำมันรำข้าวที่ผ่านกระบวนการรีไฟน์แล้วสามารถพบสเตอรอล โอไรซานอล และโทโคไตรอีนอลมากกว่าน้ำมันพืชที่ผ่านการรีไฟน์แล้วชนิดอื่น (Ausman และคณะ, 2005) ซึ่งองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการรีไฟน์ ดังตารางที่ 2.5

**ตารางที่ 2.5 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการรีไฟน์** (Ausman และคณะ, 2005)

| กรดไขมัน | ปริมาณ (ร้อยละ) |
|---|---|
| กรดไขมันอิ่มตัว | 19.7 |
| กรดไมริสติก | 0.7 |
| กรดปาล์มมิติก | 16.9 |
| กรดเสตรียลิก | 1.6 |
| กรดอะราชิดิก | 0 |
| กรดไขมันไม่อิ่มตัว | 39.3 |
| กรดปาล์มมิโตเลอิก | 0.2 |
| กรดโอเลอิก | 39.1 |
| กรดลิโนเลอิก | 33.4 |
| กรดลิโนเลนิก | 1.6 |
| เสตอรอล | 2.58 |

## 2.4 การสกัดน้ำมันรำข้าว

การสกัดเพื่อแยกส่วนของไขมันและน้ำมันรำข้าวออกจากวัตถุดิบนั้นจะมีวิธีการเฉพาะสำหรับวัตถุดิบแต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับลักษณะและคุณสมบัติของวัตถุดิบนั้นๆ สำหรับการสกัดน้ำมันรำข้าวในประเทศไทยนิยมใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมักใช้สกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันต่ำ หรือสกัดจากกากที่เหลือจากการบีบด้วยเครื่องอัด ตัวทำละลายที่ใช้จะต้องไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ได้แก่ เฮกเซน คาร์บอนไดซัลไฟด์ และเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น ซึ่งตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุดคือ เฮกเซน วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายนี้สามารถทำได้โดยให้ตัวทำละลายไหลซึมผ่านเมล็ดที่บดละเอียด น้ำมันที่อยู่ในเมล็ดจะละลายออกมากับตัวทำละลาย แล้วจึงนำไปกลั่นแยกตัวทำละลายออกเพื่อให้เหลือแต่น้ำมันรำข้าวที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็น ไม่ว่ากรณี

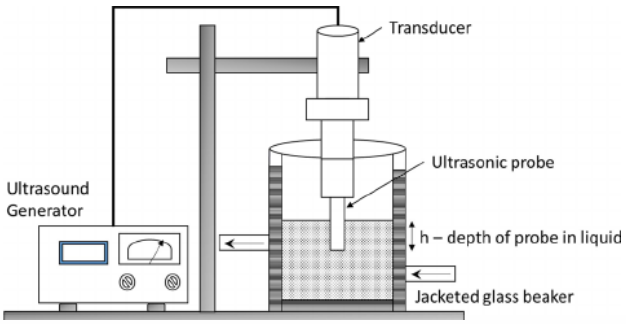
ปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการสกัดในรูปแบบใหม่ๆ เพื่อสารสำคัญที่เราต้องการออกจากวัตุดิบให้ได้มากที่สุด ตัวอย่างเช่น การสกัดสารแกมมาโอไรซานอลจากรำข้าว เมื่อเร็วๆ นี้ ได้มีการค้นพบวิธีการเพื่อสกัดสารแกมมาโอไรซานอลจากรำข้าวด้วยวิธีการใหม่ๆ ซึ่งประกอบด้วยวิธีการที่น่าสนใจคือ การสกัดแบบอาศัยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction)

**2.4.1 การสกัดแบบอาศัยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction)**

การสกัดแบบใช้อาศัยคลื่นความถี่สูงโดยร่วมด้วยในการสกัดเป็นวิธีที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงหรืออัลตราโซนิค (Ultrasonic) ซึ่งมีความถี่เกิน 20 กิโลเฮิร์ทร่วมกับตัวทำละลายอินทรีย์หรือน้ำในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากวัตถุดิบ โดยกลไกการสั่นเกิดขึ้นในของแข็ง ของเหลว และแก๊สซึ่งต่างจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคือคลื่นเสียงต้องเดินทางในสสารรวมถึงกระบวนการอัดและขยายระหว่างเดินทางในตัวกลาง (Wang และ Weller, 2006 ) เครื่องมือชนิดนี้มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกมีขนาดความยาวและมีคลื่นความถี่ที่แตกต่างกันไป เครื่องมือดังกล่าวจะปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงออกมาในตัวพาซึ่งคือน้ำหรือตัวทำละลายอินทรีย์ กระบวนการดังกล่าวจะทำให้เกิดฟองก๊าซซึ่งเกิดการหดตัวและขยายตัวเป็นวัฏจักร เมื่อฟองก๊าซขยายตัวจะดึงสารที่อยู่ภายในวัสดุออกมาละลายในตัวทำละลาย และในขณะที่ฟองก๊าซแตกออกจะเกิดความดันและความร้อนอย่างมากในบริเวณนั้นซึ่งจะมีผลทำให้เนื้อเยื่อของวัสดุฉีกขาด ด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้สารต้านอนุมูลอิสระที่ต้องการสกัดละลายในตัวทำละลายได้ดีขึ้น การสกัดด้วยวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพดีหรือไม่ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความถี่ของคลื่นเสียงที่ใช้ ถ้าใช้ความถี่สูงจะใช้เวลาสั้นในการสกัด สมบัติที่แตกต่างกันของตัวทำละลาย ได้แก่ ความดันไอ ตัวทำละลายที่มีความดันไอสูงสามารถสกัดได้ดีกว่าตัวทำละลายที่มีความดันไอต่ำ อุณหภูมิที่ใช้ซึ่งการสกัดเกิดได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิสูง และความเข้มของคลื่นเสียงที่ใช้ โดยทั่วไปวิธีนี้จะใช้สกัดสารกลุ่มเมตาบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary Metabolites) ของพืช วิธีนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทำให้สกัดสารได้ปริมาณมาก ตัวอย่างวัตถุดิบที่สกัดด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ใบชา มินท์ เครื่องเทศ (sage) และโสม เป็นต้น

ปัจจุบันการสกัดน้ำมันโดยวิธีบีบอัดใช้พลังงานสูงและให้ปริมาณน้ำมันต่ำ ส่วนการสกัดน้ำมันโดยใช้ตัวทำละลายนั้นใช้เวลาในการสกัดนาน ดังนั้นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสำหรับกระบวนการสกัดน้ำมันในปัจจุบันคือ เทคนิคการสกัดซุปเปอร์คริติคอลฟลูอิด เอนไซม์สกัด และการประยุกต์ใช้การเขย่าแบบเสียงช่วยสกัดน้ำมัน แสดงดังรูปที่ 2.2 การเขย่าแบบเสียงนี้จะช่วยทำลายผนังเซลล์ง่ายต่อการปล่อยน้ำมัน ช่วยลดเวลาในกระบวนการสกัดและการปนเปื้อนน้ำมัน (Wu และคณะ, 2001 ; Zhang และคณะ, 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.2** ส่วนประกอบหลักของเครื่องสกัดสารแบบคลื่นความถี่สูง
**ที่มา :** https://www.researchgate.net/figure/236601532_fig1_Figure-1-Schematic-diagram-of-ultrasound-assisted-extraction-UAE)

การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-asisted extraction) ที่ถูกนำมาใช้ในการสกัดสาร ประกอบด้วยเครื่องมือ 2 ชนิด ได้แก่ การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบอ่าง (ultrasonic cleaner) และการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (probe sonicator) ซึ่งเครื่องมือทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันดังต่อไปนี้ การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงแบบโพรบสามารถทำการสกัดตัวอย่างได้ครั้งละ 1 ตัวอย่าง ส่วนแบบอ่างสามารถทำการสกัดสารได้หลายตัวอย่างในเวลาเดียวกัน แต่การสกัดแบบโพรบจะให้ประสิทธิภาพในการสกัดที่ดีกว่า เนื่องจากเครื่องมือชนิดนี้สามารถปล่อยคลื่นความถี่สูงผ่านแท่งทรงกระบอก (ultrasonic probe) ซึ่งแท่งโพรบนี้จะถูกจุ่มลงไปในภาชนะที่ใช้บรรจุตัวอย่างได้โดยตรง โดยมีตัวทำละลายเป็นตัวพา ซึ่งต่างจากการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบอ่างที่ปล่อยคลื่นความถี่สูงผ่านไปยังตัวพาที่อยู่ในอ่าง ตัวอย่างที่ต้องการสกัดถูกแช่ด้วยตัวทำละลายบรรจุในภาชนะ แล้ววางลงในอ่าง ซึ่งคลื่นเสียงความถี่สูงจะไม่ผ่านตัวอย่างได้โดยตรง จึงทำให้ประสิทธิในการสกัดด้อยกว่าแบบโพรบ แต่เนื่องจากแบบอ่างสามารถสกัดสารได้หลายตัวอย่างพร้อมกัน จึงช่วยให้ประหยัดเวลาในการสกัดมากกว่าแบบโพรบ นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องมือทั้งสองชนิดต่างใช้คลื่นอัลตราโซนิคที่มีความถี่มากกว่า 20 กิโลเฮิร์ท ใช้ในการสกัด อาศัยหลักการทำให้เกิดและสลายตัวของฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากอย่างรวดเร็ว ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่าปรากฏการณ์คาทิเวชัน

ปรากฏการณ์คาทิเวชัน (Cativation) คือการใช้ประโยชน์จากคลื่นอัลทราโซนิคโดยผ่านตัวกลางซึ่งเป็นของเหลว พลังงานจากคลื่นเสียงจะส่งผลให้เกิดการยุบตัวของฟองอากาศเล็กๆ ในของเหลว ซึ่งเกิดจากสภาวะแรงดันที่เป็นลบที่ถูกส่งผ่านมาทางคลื่นเสียง การเกิดคาทิเวชันมาจากการที่คลื่นเสียงอัลทราโซนิคที่ส่งออกมาในรูปแบบของคลื่นที่มีการอัดและขยายผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวเกิดสภาวะแรงดันที่เป็นลบภายในตัวกลาง ซึ่งถ้ามีแรงดันที่เป็นลบมากเพียงพอที่ทำให้ระยะห่างระหว่างโมเลกุลของตัวกลางมากกว่าระยะวิกฤต จะส่งผลให้เกิดการยุบตัวของโมเลกุลของตัวกลาง ทำให้เกิดเป็นฟองอากาศเล็กๆ ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า คาทิเวชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดคาทิเวชัน** (Vinatoru และคณะ, 2003)

1) ความถี่ ความถี่ที่ต่างกันจะทำให้เกิดคาทิเวชันที่ต่างกัน โดยพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของความถี่จาก 10 กิโลเฮิร์ต ไปเป็น 400 กิโลเฮิร์ต จะต้องเพิ่มกำลังส่งสูงถึง 10 เท่า เพื่อให้เกิดคาทิเวชันออกมาเท่าๆ กัน

2) ความหนืดของสารละลาย ความหนืดของของเหลวที่เป็นตัวกลางในการส่งพลังงานมีค่าสูงขึ้นจะทำให้แรงยึดเหนี่ยวภายในสูงขึ้นเช่นเดียวกัน ปริมาณการเกิดฟองอากาศขนาดเล็กย่อมเกิดได้ยากกว่าของเหลวที่มีความหนืดน้อย

3) ความตึงผิวของสารละลาย สารละลายที่เป็นตัวกลางที่มีความตึงผิวต่ำจะส่งผลโดยตรงต่อการเกิดคาทิเวชัน กล่าวคือเมื่อแรงตึงผิวมีค่าต่ำมาก ความรุนแรงในการระเบิดของฟองอากาศจะมีค่าน้อยตามไปด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับสารที่มีค่าความตึงผิวสูง แต่ต้องแลกด้วยการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น

4) แรงดันไอของสารละลาย ความสัมพันธ์ของสารละลายที่มีค่าต่ำ การเกิดคาทิเวชันย่อมมีค่าต่ำด้วยเช่นกัน พบว่าเมื่อแรงดันไอของสารตัวกลางมีค่าสูงขึ้น ย่อมมีการเกิดคาทิเวชันตามไปด้วย แต่เมื่อความดันไอมีค่าสูงเกินไปจะทำให้ความรุนแรงในการระเบิดของฟองอากาศมีค่าลดลงตามลำดับ

5) อุณหภูมิ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิภายนอกให้กับตัวกลางจะทำให้แรงดันไอของของเหลวนั้นๆ มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีโอกาสให้เกิดคาทิเวชันสูงขึ้น แต่จะทำให้ความรุนแรงในการระเบิดต่ำลง ซึ่งพบว่าเมื่อให้ความร้อนกับสารละลายจนถึงจุดเดือดจะทำให้ผลของการเกิดคาทิเวชันลดลงอย่างเห็นได้ชัด

6) ฟองอากาศ ปริมาณของแก๊สที่ละลายอยู่ในของเหลวตัวกลางที่มีค่าอยู่ในระดับหนึ่งจะเป็นตัวช่วยที่ส่งผลให้เกิดคาทิเวชันง่ายขึ้น เนื่องจากแก๊สเหล่านั้นจะเป็นตัวที่ทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กได้ง่าย แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไป จะทำให้เกิดการแพร่เข้าไปในฟองอากาศ ซึ่งจะทำให้ความรุนแรงในการเกิดคาทิเวชันลดลง

7) ความดัน เมื่อเพิ่มความดันภายนอกให้กับระบบจะส่งผลให้การเกิดคาทิเวชันมีค่าสูงขึ้นและส่งผลต่อการเพิ่มปฏิกิริยาของเสียงด้วย

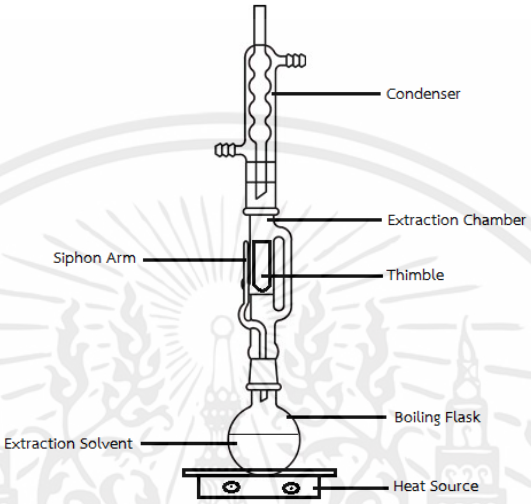
8) ความเข้มของพลังงาน ความเข้มของพลังงานที่ส่งผ่านเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อแอมพลิจูด (Amplitude) ของสัญญาณคลื่นเสียง ซึ่งเมื่อเพิ่มความเข้มของสัญญาณให้สูงขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาของเสียงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่การเพิ่มความเข้มของสัญญาณที่สูงขึ้นจะส่งผลถึงการผุกร่อนของตัวกระจายสัญญาณ และความเข้มที่สูงขึ้นส่งผลให้เกิดการ decoupling ระหว่างผิวของตัวส่งสัญญาณกับตัวกลางทำให้ประสิทธิภาพของการเกิดคาทิเวชันลดลง

9) พลังงานของเสียง เมื่อคลื่นเสียงผ่าตัวกลางที่เป็นของเหลวจะเกิดการสูญเสียความเข้มของสัญญาณหรือพลังงานลดลงอยู่ในรูปของความร้อน ดังนั้นหากต้องการให้พลังงานส่งออกไปอย่างทั่วถึงในตัวกลางจึงจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มของสัญญาณให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.2 การสกัดแบบซอห์กเลต (Soxhlet extraction)

การสกัดสารโดยใช้เครื่องสำเร็จซอห์กเลต (Soxhlet extraction apparatus) เทคนิคนี้ถือว่าเป็น conventional method อีกวิธีหนึ่งก่อนที่ปัจจุบันเทคนิคที่พัฒนาขึ้นมาทดแทนคือ solid phase extraction (SPE) โดยเทคนิคนี้เหมาะสำหรับแยกสารอินทรีย์ที่ไม่เสถียรที่ความร้อนสูงออกจากสารผสมที่เป็นของแข็ง ลักษณะของเครื่องมือมีลักษณะดังรูปที่ 2.3




**รูปที่ 2.3** ส่วนประกอบของเครื่องสกัดแบบซอห์กเลต

**ดัดแปลงมาจาก :** http://www.labvalley.com/product/426/ชุดสกัดหาปริมาณไขมัน-soxhlet-extraction-apparatus

หลักการของเครื่องมือซอห์กเลต (soxhlet extraction) จะใช้ตัวทำละลายในปริมาณน้อย เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารแล้วจะถูกทำให้ระเหยและควบแน่นกลับมาเมื่อเจอระบบหล่อเย็น ทำให้สกัดได้อีกเป็นลักษณะหมุนเวียน โดยตัวทำละลายที่เราใส่ลงไปในเครื่องมือจะหมุนเวียนผ่านสารที่เราต้องการสกัดหลายๆครั้งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด จนกระทั่งสารที่เราต้องการสกัดออกมามีปริมาณเข้มข้นมากพอ

**ตัวแปรที่มีผลต่อการสกัด**

1) ชนิดของตัวทำละลาย : ต้องเหมาะสมกับการสกัดสารที่สนใจโดยอาศัยหลักการ Like dissolve like

2) ปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้สกัด : ปริมาตรตัวทำละลายต้องมีมากพอกล่าวคือเมื่อตัวทำละลายส่วนหนึ่งเกิดการระเหยขึ้นไปสกัดสารก่อนที่จะเต็ม Reflux sidearm แล้วจากนั้นจะเป็นแบบลักษณะของกาลักน้ำต่อไป ภายในส่วนของ Flask ก็จะต้องมีตัวทำละลายเหลืออยู่เพื่อทำให้การสกัดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งตัวทำละลายที่มากเกินพอสามารถระเหยออกได้เมื่อสกัดสารที่สนใจได้ตามที่ต้องการด้วยเครื่อง Rotary evaporator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เวลาที่ใช้สกัด : เวลาที่ใช้สกัดต้องมีความเหมาะสมเพื่อสามารถสกัดเอาสารที่สนใจออกจากตัวอย่างให้ได้มากที่สุด เทคนิคนี้ส่วนใหญ่เวลาที่ใช้สกัดมักยาวนานเป็นชั่วโมง เพื่อให้เกิดการ reflux ของตัวทำละลายหลายๆ ซ้ำ ทำให้สารที่สนใจถูกสกัดออกจากตัวอย่างได้มากที่สุด

4) ตัวอย่าง : เทคนิคนี้ตัวอย่างมักจะเป็นของแข็ง ดังนั้นต้องทำตัวอย่างให้มีพื้นผิวสัมผัสกับสารมากที่สุด สับหรือหั่นให้ตัวอย่างมีขนาดเล็กที่สุดเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส

## 2.5 สารออกฤทธิ์ชีวภาพในน้ำมันรำข้าว

น้ำมันรำข้าวนอกจากเป็นแหล่งชีวโมเลกุลที่สำคัญและมีสารอาหารที่มีประโยชน์มากมาย เช่น ไขมันที่มีประโยชน์ วิตามินซึ่งมีหลายชนิดรวมทั้ง ไนอาซิน วิตามินอี นอกจากนี้ยังมีไขมันที่มีคุณค่า ได้แก่ แกมมาโอไรซานอล (γ-oryzanols) กลุ่มไฟโตสเตอรอล (phytosterols) กลุ่มโพลิฟีนอล (polyphenols) และวิตามินอีทั้งชนิดโทโคฟีรอล (tocopherols) และโทโคไตรอีนอล (tocotrienols) สารเหล่านี้เป็นไขมันที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพอันเนื่องมาจากการมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ซึ่งสารต้านออกซิเดชันที่พบในรำข้าวของข้าวทุกชนิดนั้นล้วนช่วยลดอนุมูลอิสระในร่างกายที่เป็นสาเหตุโรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือด โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน เป็นต้น นอกจากนี้ในรำข้าวยังมีสควาลีน (squalene) ซึ่งมีประโยชน์ต่อผิวหนังเมื่อรวมกับสารอาหารและนิวตราคลอติคอล (nutraceuticals) ต่างๆ ในรำข้าว ทำให้รำข้าวมีสารสำคัญช่วยบำรุงผิวหนังได้ ชนิดและปริมาณสารสำคัญในรำข้าวจะเห็นว่าน้ำมันรำข้าวมีปริมาณสารในกลุ่มไฟโตสเตอรอลและโอไรซานอล

### 2.5.1 แกมมาโอไรซานอล (Gamma oryzanol) (วราพร, 2543)

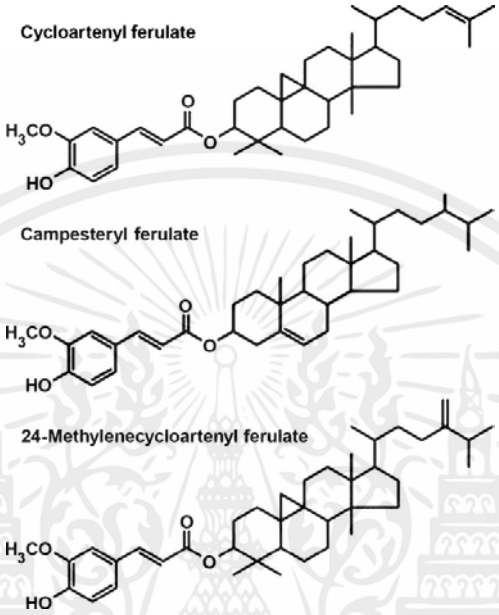
แกมมาโอไรซานอลถูกค้นพบครั้งแรกในน้ำมันรำข้าวในปี ค.ศ. 1954 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่น ชื่อ Tsuchiya, T. และ Kaneko, R. ในขณะนั้นผู้ค้นพบเข้าใจว่าเป็นสารที่มีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว ต่อมาได้มีการศึกษาในรายละเอียดพบว่าแกมมาโอไรซานอลเป็นกลุ่มของสารที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นองค์ประกอบเอสเทอร์ระหว่างกรดเฟอรูลิก (ferulic acid) และสเตียรอล (sterols) หรือไตรเทอร์พีนแอลกอฮอล์ (triterpene alcohols) ปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่ค้นพบในน้ำมันรำข้าวมีมากกว่าวิตามินอี ประมาณ 20 เท่า โอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวมีประมาณร้อยละ 2 ในขณะที่วิตามินอีมีประมาณร้อยละ 0.1 แต่ทั้งนี้ปริมาณโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวยังมีความแปรปรวนอยู่มาก เช่น การตรวจสอบปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่มีขายอยู่ในประเทศญี่ปุ่นจะมีประมาณร้อยละ 1.5-2.9 ที่อินเดียพบประมาณร้อยละ 1.5-1.9 ในขณะที่น้ำมันรำข้าวที่มีขายในสหรัฐอเมริกากลับมีปริมาณแกมมาโอไรซานอลเพียงร้อยละ 0.1 เท่านั้น (เชาวรัตน์, 2540) ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของกระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว แกมมาโอไรซานอลเป็นสารที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกับโทโคฟีรอลแต่มีฤทธิ์อ่อนกว่า ความน่าสนใจของแกมมาโอไรซานอลไม่ได้มีอยู่ที่คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเท่านั้น แต่อยู่ที่คุณสมบัติทางชีวภาพของแกมมาโอไรซานอล

**โครงสร้างของโอไรซานอล (Structure of oryzanol)**

เอสเทอร์ของแกมมาโอไรซานอลประกอบด้วยสองส่วนสำคัญ ส่วนแรกเป็นส่วนมีขั้วของ ferulic acid ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่ไม่เปลี่ยนแปลง อีกส่วนเป็นสารประกอบที่มี functional group เป็นแอลกอฮอล์ ได้แก่จำพวก sterols และ triterpene alcohols ซึ่งโครงสร้างมีลักษณะคล้ายโคเลสเตอรอล (cholesterol) แกมมาโอไรซานอลที่พบในน้ำมันรำข้าวมีชื่อเรียกเฉพาะว่า “แกมมาโอไรซานอล” ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1954 ซึ่งมีการค้นพบแกมมาโอไรซานอลครั้งแรกจนถึงปี ค.ศ. 1999 (Zhimin-Xu และ Gogber, 1999) โดยได้มีการค้นพบอนุพันธ์ของแกมมาโอไรซานอลทั้งสิ้น 10 อนุพันธ์ด้วยกัน ได้แก่ Delta-7-stigmastenyl ferulate, stigmasteryl ferulate,

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใด...

cycloartenyl ferulate, 24-methylenecycloartanyl ferulate, Delta-7campestenyl ferulate, campesteryl ferulate, Delta- 7- sitostenyl ferulate, sitosteiyl ferulate, compestanyl ferulate และ sitostanyl ferulate โดยมีอนุพันธ์ 3 ชนิดเท่านั้นที่เป็นองค์ประกอบหลักของแกมมาโอไรชานอลคือ cycloartenyl ferulate, 24-methylenecycloartanyl ferulate และ campesteryl ferulate ดังรูปที่ 2.4




**รูปที่ 2.4** โครงสร้างของแกมมาโอไรซานอล

**ที่มา :** https://www.researchgate.net/figure/288836920_fig2_Figure-2-Chemical-structure-of-major-components-of-GO-cycloartenyl-ferulate

**คุณประโยชน์ของแกมมาโอไรซานอล**

แกมมาโอไรซานอลมีจุดหลอมเหลว 137.5-138.5 องศาเซลเซียส และมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (absorption maxima) ที่ 315 291 และ 231 นาโนเมตร แกมมาโอไรซานอลมีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์แต่มีฤทธิ์น้อยกว่าโทโคฟีรอล นอกจากนี้แกมมาโอไรซานอลยังเป็นสารที่มีคุณประโยชน์มากมาย จึงทำให้มีการศึกษาเพื่อนำแกมมาโอไรซานอลไปใช้ประโยชน์เป็นไปอย่างกว้างขวางทั้งในเชิงด้านผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องสำอาง และทางการแพทย์ นอกจากนั้นผลการตรวจสอบความปลอดภัยระบุอย่างชัดเจนว่าแกมมาโอไรซานอลไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติของยีนไม่เป็นสารก่อมะเร็งและเนื้องอก คุณประโยชน์ของโอไรซานอล สรุปได้ดังนี้

**ด้านอาหาร**

- ใช้เป็นสารป้องกันการเปลี่ยนสีในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะเป็นอีมัลชัน
- ใช้เป็นสารกันเสีย (preservative) ในอาหาร
- ใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เติมลงในน้ำมันพืชเพื่อกันหืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ด้านเครื่องสำอาง**

- รักษาความคงทนของสีผลิตภัณฑ์
- ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาบน้ำประมาณร้อยละ 3-20 โดยน้ำหนัก เพื่อใช้รักษาโรคผิวหนังอักเสบ (atopic dermatitis) และอาการผิวหนังแห้งในผู้สูงอายุ (senile xeroderma)
- รักษาความเหี่ยวย่นของผิวหนังในผู้หญิงสูงอายุ
- ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ทาเส้นผมประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก เพื่อใช้เปลี่ยนสภาพสีผมจากผมสีเทาให้เป็นผมสีดำ ทั้งนี้เพราะโอไรซานอลช่วยกระตุ้นการสร้างเมลานิน
- ใช้ในยาทาเล็บเพื่อปองกันเล็บเปลี่ยนสี
- ใช้ในผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นใต้วงแขนเพื่อควบคุมกลิ่นที่เกิดจากเหงื่อ ผลทางสรีรวิทยาและเภสัชวิทยา
- ลดปริมาณโคเลสเตอรอลในพลาสมา (plasma cholesterol)
- ลดการสังเคราะห์โคเลสเตอรอลในตับ และลดการดูดซึมโคเลสเตอรอล
- ลดการรวมตัวของเกล็ดเลือด (platelet aggregation)
- เพิ่มปริมาณการหลั่งกรดน้ำดีในอุจจาระ
- ช่วยรักษาระบบการทำงานของสมองที่ผิดปกติ (nerve imbalance) และภาวะหลังหมดประจำเดือนแปรปรวน (disorder of menopause)

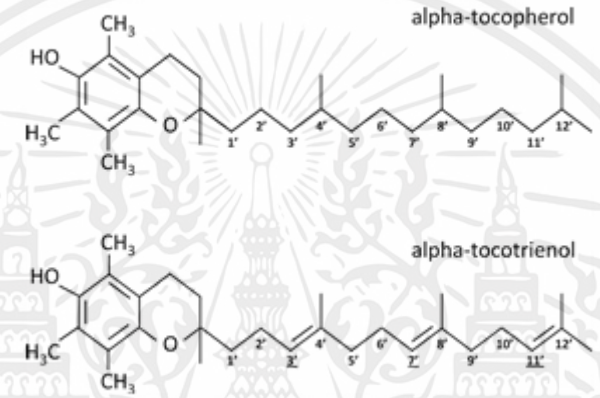
### 2.5.2 วิตามินอี (Vitamin E)

วิตามินอีถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1922 โดย Evans และ Bishop ซึ่งทำการทดลองกับหนูเพศเมีย ได้ค้นพบสารสำคัญชนิดหนึ่งซึ่งยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นสารอะไร มีผลควบคุมการตั้งครรภ์ในหนูให้เป็นไปตามปกติ ถ้าหนูไม่ได้รับสารนี้อย่างเพียงพอหนูตัวนั้นจะสามารถตั้งครรภ์ได้แต่จะแท้งลูก หลังจากการค้นพบจึงตั้งชื่อสารดังกล่าวว่า วิตามินที่ป้องกันการเป็นหมัน (antisterility vitamin) จากนั้น ในปี ค.ศ. 1936 Evans และคณะ สามารถสกัดและแยกวิตามินอีได้จากน้ำมันจมูกข้าวสาลี (wheat germ oil) และตั้งชื่อว่าโทโคฟีรอล (tocopherol) ซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษากรีก คำว่า tocos ซึ่งแปลว่า บุตร และ phero ซึ่งแปลว่าให้กำเนิด หลังจากนั้นจนถึงปัจจุบันสามารถพบสารอนุพันธ์ของวิตามินอีได้ทั้งหมด 8 ชนิด โดยแบ่งออก เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ชนิด กลุ่มแรกเป็นโทโคฟีรอลโดยมีอนุพันธ์แบ่งเป็น อัลฟาโทโคฟีรอล (alpha-tocopherol; $\alpha$-T) เบตาโทโคฟีรอล (beta-tocopherol; $\beta$-T) แกมมาโทโคฟีรอล (gamma-tocopherol; $\gamma$-T) และเดลตาโทโคฟีรอล (delta -tocopherol; $\delta$-T) อีกกลุ่มเป็น โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) แตกต่างจากโทโคฟีรอลตรงหมู่แทนที่ด้านข้างซึ่งเป็นหมู่ไฟทอล (phytol group) จะมีพันธะคู่เพิ่มขึ้นมาอีก 3 แห่ง ที่ตำแหน่ง 3’ 7’ และ 11’ โดยมีอนุพันธ์แบ่งเป็น อัลฟาโทโคไตรอีนอล ($\alpha$ -tocotrienol; $\alpha$-T3 ) เบตาโทโคไตรอีนอล ($\beta$-tocotrienol; $\beta$-T3) แกมมาโทโคไตรอีนอล ($\gamma$-tocotrienol ; $\gamma$-T3) และเดลตาโทโคไตรอีนอล ($\delta$-tocotrienol ; $\delta$-T3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โครงสร้างของวิตามินอี**

วิตามินอีประกอบไปด้วยส่วนหัวซึ่งเป็นส่วนที่มีขั้วเรียกว่า วงแหวนโครแมน (chroman ring) และหมู่แทนที่ด้านข้างซึ่งเป็นส่วนที่ไม่มีขั้วได้มาจากหมู่ไฟทอล อนุพันธ์ของวิตามินอีชนิดแอลฟา ($\alpha$) เบตา ($\beta$) แกมมา ($\gamma$) และเดลตา ($\delta$) ทั้งของกลุ่มโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลมีความแตกต่างกันที่จำนวนและตำแหน่งของหมู่เมทิล (methyl group) บนวงแหวนโครแมน เช่น แอลฟาโทโคฟีรอล จะมีหมู่เมทิลที่ตำแหน่ง R1 และ R2 ความแตกต่างระหว่างกลุ่มโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลอยู่ที่หมู่แทนที่ด้านข้างซึ่งโทโคไตรอีนอลจะมีพันธะคู่เพิ่มขึ้นมาอีก 3 แห่งที่ตำแหน่ง 3’ 7’ และ 11’ ดังรูปที่ 2.5




**รูปที่ 2.5** โครงสร้างของวิตามินอี

**ที่มา :** http://www.u-placeubon.com/vitamin-e-acetate-คือ

**แหล่งที่พบวิตามินอี**

วิตามินอีพบปริมาณมากในน้ำมันจากธัญพืชและถั่วประเภทเปลือกแข็ง และยังพบได้ในผักใบเขียว การเก็บรักษาให้วิตามินอีควรเก็บให้พ้นจากความร้อนแสงแดด รวมทั้งออกซิเจนในอากาศ การขัดสี การบด จะทำให้พืชสูญเสียวิตามินอีไปจำนวนมาก

- น้ำมันธัญพืชและถั่ว ได้แก่ น้ำมันรำข้าว น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง
- กะหล่ำปลี
- จมูกข้าวสาลี
- เมล็ดทานตะวัน
- ถั่วเปลือกแข็งประเภทอัลมอนด์
- มันเทศ
- พืชตระกูลถั่ว ได้แก่ อัลมอนด์ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ อะโวกาโด
- ผลไม้ตระกูลส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ฤทธิ์ทางชีวภาพของวิตามินอี (Biological of vitamin E)**

วิตามินอีทำหน้าที่เป็นสารแอนติออกซิแดนท์จากธรรมชาติที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแอลฟาโทโคฟีรอล ถูกจัดให้เป็นสารที่มีความสำคัญมากที่สุดใน 8 ชนิด เพราะเป็นสารที่พบในเนื้อเยื่อสัตว์มากถึงร้อยละ 90 และมีประสิทธิภาพทางชีวภาพมากที่สุดในสิ่งมีชีวิต หน้าที่หลักของวิตามินอีในสิ่งมีชีวิตคือป้องกันอันตรายจากอนุมูลอิสระและรักษาสภาวะของกระบวนการทางชีวภาพในร่างกายให้ดำเนินไปตามปกติ

กลไกการทำงานของวิตามินอี (mechanism of vitamin E) วิตามินอีจะทำหน้าที่ให้อิเลคตรอนแก่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นทำให้สารพลังงานสูงชนิดนี้หมดความว่องไวในการทำอันตรายกับสารชีวโมเลกุลอื่นๆ หลังจากนั้นตัววิตามินอีเองจะเกิดเป็นวิตามินอีเรติเคิล (vitamin E radical) ที่เสถียรมากกว่าการที่โมเลกุลวิตามินอีเรดิเคิลมีความเสถียร ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของปรากฏการณ์เรโซแนนท์ (resonance effect) ดังนี้ อิเลคตรอนอิสระที่เกิดขึ้นที่หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) สามารถเคลื่อนที่ (localization) เข้าไปในวงแหวนเบนซีน (ซึ่งปรากฏการณ์นี้คล้ายกับที่เกิดขึ้นกับหมู่ฟีนอล) ได้รูปแบบของวิตามินอีเรติเคิลที่เป็นเรโซแนนท์กันทั้งหมด 4 รูปแบบซึ่งเปลี่ยนรูปแบบกลับไปกลับมาตลอดเวลา ทำให้พลังงานของโมเลกุลลดลง วิตามินอีเรดิเคิลจึงมีความเสถียร

สารต้านอนุมูลอิสระในโลกมีมากมายหลายชนิด เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันโดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ (in vitro) พบว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระมากมายที่มีประสิทธิภาพดีกว่าวิตามินอี แต่ในความเป็นจริงแล้วพบว่า วิตามินอี โดยเฉพาะแอลฟา-โทโคฟีรอล มีประสิทธิภาพดีที่สุดในเนื้อเยื่อเมมเบรนของสิ่งมีชีวิต (in vivo) ทั้งนี้ เนื่องจากโครงสร้างที่เหมาะสมของวิตามินอีที่มีทั้งส่วนมีขั้วและไม่มีขั้วในโมเลกุล ซึ่งมีรูปร่างคล้ายกับฟอสโฟลิปิดที่เป็นองค์ประกอบหลักในlipid bilayer membrane ทำให้วิตามินอีสามารถอยู่ร่วมกับเนื้อเยื่อผนังเมมเบรนได้อย่างกลมกลืนเหมาะสมและทำหน้าที่ป้องกัน อันตรายจากอนุมูลอิสระที่จะเข้ามาโจมตีเนื้อเยื่อได้ ยิ่งไปกว่านั้นวิตามินอียังทำงานร่วมกับสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ในเซลล์ เพื่อเสริมประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระอย่างเป็นระบบ

**แหล่งที่พบวิตามินอี (source of vitamin E)**

วิตามินอีถูกสร้างขึ้นในพืช และถูกส่งไปเป็นองค์ประกอบของผนังเมมเบรน ส่วนใหญ่จะถูกสะสมอยู่ในเมล็ดพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด ถั่วต่างๆ เมล็ดองุ่น เป็นต้น นอกจากนั้นยังพบในผักชนิดต่างๆ สัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินอีจึงต้องได้รับจากอาหารที่รับประทานเข้าไป แต่สัตว์สามารถสะสมวิตามินอีได้ เช่น เก็บสะสมในไข่ ชั้นไขมันใต้ผิวหนัง เนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissues) และน้ำนม ปริมาณวิตามินอีในพืชจะแปรผันค่อนข้างมากขึ้นอยู่กับชนิดของพืช สายพันธุ์ อายุ นอกจากนี้แล้วอิทธิพลจากสภาวะแวดล้อมภายนอกยังสามารถส่งผลกระทบต่อปริมาณวิตามินอีได้อีกด้วย เช่น แหล่งดิน ฤดูกาล สภาพอากาศ รวมทั้งการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลาในระหว่างการเก็บรักษาที่มากขึ้น ทำให้ปริมาณวิตามินอีลดลง นอกจากนั้นขั้นตอนการผลิตและการแปรรูปผลิตภัณฑ์ยังสามารถทำลายวิตามินอีได้ด้วยเช่นกัน ตัวอย่างปริมาณวิตามินอีจากน้ำมันพืชบริโภคซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของวิตามินอี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้ง

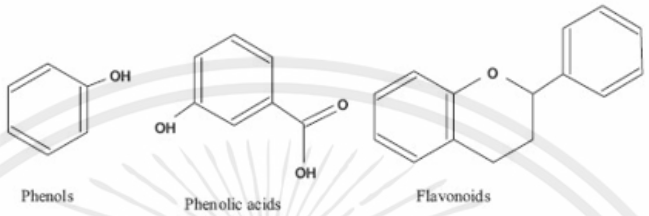
**2.5.3 สารประกอบฟีนอลิค (Phenolic compounds)**

สารประกอบฟีนอลิค (phenolic compound) หรือสารประกอบฟีนอล เป็นสารที่พบได้ตามธรรมชาติ โดยพบในพืชหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ เครื่องเทศ สมุนไพร ถั่วเมล็ดแห้ง เมล็ด

ธัญพืช ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพคือมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สามารถละลายได้ในน้ำ

**โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิค**

สารประกอบฟีนอลิค มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนที่เป็นอนุพันธ์ของวงแหวนเบนซิน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ ดังรูปที่ 2.6 สารประกอบฟีนอลิคพื้นฐานคือสารฟีนอล (phenol) โมเลกุลประกอบด้วยวงแหวนเบนซิน 1 วงและหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่




**รูปที่ 2.6** โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิค
**ที่มา :** http://www.foodnetworksolution.com

สารประกอบฟีนอลิคที่พบตามธรรมชาตินั้นมีมากมายหลายชนิด และมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ เช่น ลิกนิน (lignin) กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบคือ สารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoid)

สารประกอบฟีนอลิคที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside) น้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิคคือ น้ำตาลกลูโคส (glucose) และพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลิคด้วยกันเองหรือสารประกอบฟีนอลิคกับสารประกอบอื่นๆ เช่น กรดอินทรีย์ (organic acid) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีน แอลคาลอยด์ (alkaloid) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น

**แหล่งที่พบสารประกอบฟีนอลิค**

สารประกอบฟีนอลิคพบอยู่ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์ (cell vacuole) ในส่วนต่างๆ ของพืช ซึ่งเป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด

- ถั่วเมล็ดแห้ง ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง
- เมล็ดธัญพืช เช่น ข้าว และ งา
- ผลไม้ ได้แก่ องุ่น ส้ม กระท้อน
- เครื่องเทศ เช่น พริกไทย พริก ขิง กระเทียม หอมแดง หอมหัวใหญ่
- พืชเครื่องดื่ม ได้แก่ ชา โกโก้
- พืชหัว ได้แก่ มันเทศ

ตัวอย่างของสารประกอบฟีนอลที่พบตามธรรมชาติในพืช

- จินเจอรอล (gingerol) พบใน ขิง
- ยูจินอล (eugenol) ใน กานพลู ตะไคร้ ใบกระเพรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แคปไซซิน (capsaicin) ในพริก
- เคอคิวมิน (Curcumin) ในขมิ้น
- แคทีชิน (catechin) ในชา

**ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารประกอบฟีนอลิค** (ลือชัย, 2554)

1) สารประกอบฟีนอลิคหลายชนิดมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ซึ่งจะสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและเป็นสารต้านการกลายพันธุ์ (antimutagrns) มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพ สามารถการป้องกันโรคต่างๆ ได้ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือดและมะเร็ง โดยสารประกอบฟีนอลิคจะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ (free radical) และไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ โดยใช้ตัวเองเป็นตัวรับอนุมูลอิสระ (free radical) ทำให้ยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ที่มีอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุแต่สารต้านอนุมูลอิสระจะถูกทำลายไปด้วย

2) สารประกอบที่มีฤทธิ์ต้านสารก่อมะเร็ง ป้องกันการเกิดโรคมะเร็งต่างๆ เช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งหลอดอาหาร มะเร็งผิวหนัง มะเร็งลำไส้ มะเร็งต่อมลูกหมาก และมะเร็งตับ

3) สามารถต้านการออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และ low-density lipoprotein (LDL)

4) ป้องกันเนื้อเยื่อและดีเอนเอจากการถูกทำลายด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน

5) ต้านภาวการณ์อักเสบต่างๆ และช่วยปรับระบบภูมิคุ้มกัน

### 2.5.4 กรดไขมัน (Fatty acid)

กรดไขมันเป็นสารที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนต่อกันเป็นโซ่ยาวและมีหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ต่อที่ปลายซึ่งได้จากการย่อยสลายลิปิดชนิดต่างๆ ในธรรมชาติ สำหรับกรดไขมันที่สำคัญในทางโภชนาการและเมตาบอลิซึมของคนจะมีลักษณะเป็นสายเดี่ยวและมีหมู่ -COOH 1 ตัว (monocarboxylic acid ) และมีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่ตั้งแต่ 4 ถึง 30 อะตอมซึ่งมีอยู่มากกว่า 40 ชนิดทั้งที่เป็นกรดไขมันที่มีพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ โดยปกติจะไม่พบกรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) ในธรรมชาติแต่จะพบอยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ หรือรวมกับลิปิดชนิดอื่น ๆ ดังนั้นลิปิดที่พบในธรรมชาติจะประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันหลายชนิดผสมกันอยู่จึงทำให้ลิปิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันทั้งทางกายภาพและทางเคมีขึ้นอยู่กับกรดไขมันซึ่งเป็นส่วนสำคัญทำให้ลิปิดไม่ละลายน้ำ ลักษณะเฉพาะตัวของกรดไขมันอีกอย่างคือความเป็นกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ไม่มีพันธะคู่ในโมเลกุลหรือความเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) มีพันธะคู่เชื่อมต่อระหว่างคาร์บอนอะตอมที่อยู่ชิดกัน จึงสามารถแบ่งกรดไขมันในธรรมชาติได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

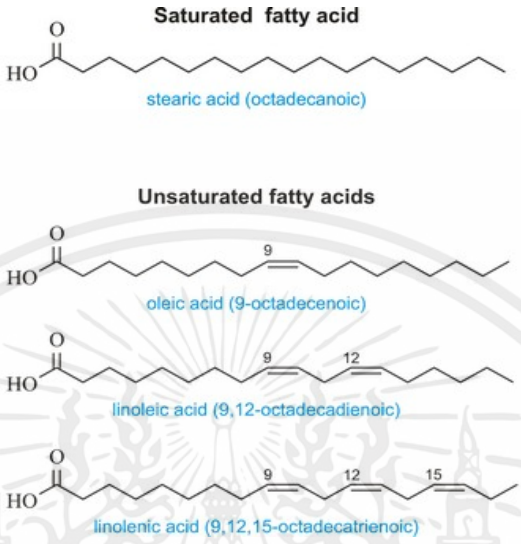
1) กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids, SFA) คือกรดไขมันที่อะตอมของคาร์บอนเกาะกับคาร์บอนอื่นๆ ด้วยพันธะเดี่ยว ส่วนใหญ่จะพบในน้ำมันจากพืช เช่น น้ำมัน มะพร้าว และในน้ำมันสัตว์ ได้แก่ กรดปาล์มมิติก (palmitic acid) และกรดสเตียริก (stearic acid) มีสูตรทั่วไป $C_nH_{2n}O_2$ เมื่อ n แทนจำนวนคาร์บอน (รูปที่ 2.7)

2) กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids, UFA) เป็นกรดไขมันที่มีเพียง 1 พันธะคู่ ได้แก่ กรดโอลิอีก (oleic acid) และกรดอีรูซิก (erucic acid) มีสูตรทั่วไป $C_nH_{2n-2}O_2$ (รูปที่ 2.7)

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่าหนึ่ง (polyunsaturated fatty acids, PUFA) ในโมเลกุลจะมีไฮโดรเจนลดลง 2 อะตอมทุกๆ พันธะคู่ที่เพิ่มขึ้นและเป็นพันธะคู่ที่ไม่สังยุคกัน

(nonconjugated double bond) ได้แก่ กรดลิโนลิอีก (linoleic acid) มี 2 พันธะคู่ กรดลิโนลินิก (linolenic acid) มี 3 พันธะคู่ กรดอะราคิโดนิก (arachidonic acid) มี 4 พันธะคู่ และกรดไอโคสะเพนตะอีโนอิก (eicosapentaenoic acid, EPA) มี 5 พันธะคู่ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกรดไขมันจำเป็นโดยแหล่งที่พบได้จากน้ำมันปลาและจุลินทรีย์ เช่น รา และสาหร่าย




**รูปที่ 2.7** โครงสร้างของกรดไขมัน

**ที่มา :** http://www.glossary.periodni.com/glossary.php?en=fats

**แหล่งที่พบกรดไขมัน**

กรดไขมันอิ่มตัว พบมากในพวกไขมันสัตว์ เช่น เนื้อหมู เนื้อวัว และไขมันจากกะทิ มะพร้าว เนย และไข่แดง

กรดไขมันไม่อิ่มตัว พบมากในน้ำมันปลาซัลมอนด์ น้ำมันเมล็ดพันธ์บอเรจ น้ำมันอิฟนิ่งพริมโรส น้ำมันจมูกข้าวสาลี

**ฤทธิ์ทางชีวภาพของกรดไขมัน**

1) ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดอุดตัน
2) ลดการเกาะตัวของเกล็ดเลือด ทำให้เกิดลิ่มเลือดอุดตันได้ยากขึ้น
3) ป้องกันโรคความจำเสื่อมในผู้สูงอายุ
4) ช่วยกระตุ้นการพัฒนาสมองและอารมณ์ในวัยเด็ก
5) ช่วยกระตุ้นการสร้างสารเคมีในสมองชื่อซีโรโทนิน ซึ่งมีฤทธิ์ต้านการซึมเศร้าได้
6) ช่วยลดปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเลือด ลดความดันโลหิต
7) ช่วยชะลอและป้องกันการเจริญของเซลล์มะเร็ง
8) กรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ

### 2.5.5 ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid)

ฟลาโวนอยด์จัดเป็นสารประกอบในกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenolic compounds) และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบได้ในธรรมชาติมีมากกว่า 4,000 ชนิด โดยมีโครงสร้างพื้นฐานเป็นฟีนิลเบนโซไพโรน (phenylbenzopyrone) ซึ่งมีโมเลกุลขนาดเล็กและมีโครงสร้างประกอบด้วยการจัดเรียงตัวของคาร์บอน 15 ตัว ($C_6$-$C_3$-$C_6$) เป็นวงแหวน 3 วง ได้แก่ วงแหวนเบนซีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

(benzene ring) 2 วง (A and B) เชื่อมต่ออยู่กับวงแหวนไพแรน (heterocyclic pyran ring) ซึ่งอยู่ตรงกลางของโครงสร้าง (C)[8] (รูปที่ 2.8) โดยสามารแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามตำแหน่งของหมู่ฟังก์ชันซึ่งแทนที่ในโครงสร้างพื้นฐาน (ตารางที่ 2.6) ได้เป็น 7 กลุ่ม ได้แก่

1) ฟลาโวนอล (flavonols) เช่น เคอร์ซิติน (quercetin) แคมป์เฟอรอล (kaempferol) ไมริซิติน (myricetin)

2) ฟลาโวน (flavones) เช่น ลูติโอลิน (luteolin) อาพิจินิน (apigenin) ไครซิน (chrysin)

3) ฟลาวาโนน (flavanones) เช่น เฮสเพอริติน (hesperetin) นารินจินิน (naringenin) อีริโอดิคทิออล (eriodictyol)

4) ฟลาวานอล (flavanols) เช่น แคทิชิน (catechin) แกลโลแคทิชิน (gallocatechin) อีพิแคทิชิน (epicatechin) อีพิแกลโลแคทิชิน (epigallocatechin) อีพิแคทิชิน-3-แกลเลต (epicatechin-3-gallate) อิพิแกลโลแคทิชิน-3-แกลเลต (epigallocatechin-3-gallate)

5) ฟลาวาโนนอล (flavanonols) เช่น แทกซิโฟลิน (taxifolin)

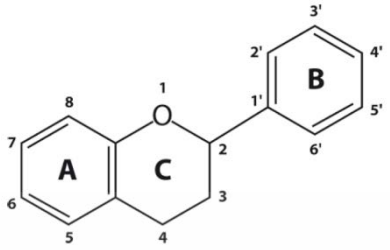
6) ไอโซฟลาโวน (isoflavones) เช่น เดดซีน (daidzein) จีนิสตีน (genistein) ไกลซิตีน (glycitein) ฟอร์โมโนเนติน (formononetin)

7) แอนโธไซยานิดิน (anthocyanidins) เช่น ไซยานิดิน (cyanidin) เดลฟินิดิน (delphinidin) มาลวิดิน (malvidin) พีลาร์โกนิดิน (pelargonidin) พีโอนิดิน (peonidin) พีทูนิดิน (petunidin)

ฟลาโวนอยด์เป็นสารเมแทบอไลท์ขั้นทุติยภูมิในพืชสร้างจากกรดอะมิโนที่มีวงแหวน (aromatic amino acids) ได้แก่ phenylalanine tyrosine และ malonate โดยเป็นสารกลุ่มที่มีบทบาทสำคัญที่ทำให้เกิดสีในดอกของพืชไม้ดอก (angiosperm families) หลายชนิด ช่วยในการกรองรังสีอัลตราไวเลตและการช่วยตรึงไนโตรเจน ฟลาโวนอยด์พบได้ใน ผัก ผลไม้ ธัญพืช พืชตระกูลถั่ว เครื่องเทศ สมุนไพร ลำต้น กิ่งก้าน ดอก และเมล็ด รวมถึงเครื่องดื่มบางชนิด เช่น ชา โกโก้ เบียร์ และไวน์ เป็นต้น (Harborne และ Williams, 1992) ฟลาโวนอยด์จึงเป็นส่วนประกอบซึ่งอยู่ในอาหารที่เรารับประทานในชีวิตประจำวัน รวมถึงพืชสมุนไพรที่ใช้ในตำราแพทย์แผนโบราณ งานวิจัยจำนวนมากแสดงให้เห็นว่าฟลาโวนอยด์มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหลายอย่าง เช่น ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ต้านการเกิดมะเร็ง (anticancer) ยับยั้งการแบ่งตัวและเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง (antiproliferation) ต้านการอักเสบ (antiinflammation) ต้านโรคเบาหวาน (antidiabetes) ลดระดับของคลอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ในเลือด (cholesterol and triglyceride lowering effects) ต้านจุลชีพ (antimicrobial) ฤทธิ์ปรับการทำงานระบบภูมิคุ้มกัน (immunomodulation) เป็นต้น ฟลาโวนอยด์ที่พบในพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่จับอยู่กับน้ำตาลในรูปเบต้าไกลโคไซด์ ($\beta$-glycosides) ในระบบทางเดินอาหารฟลาโวนอยด์จะถูกย่อยโดยน้ำย่อยและถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กเป็นส่วนใหญ่ ส่วนฟลาโวนอยด์ที่ไม่ถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กและฟลาโวนอยด์ที่ถูกดูดซึมแล้วถูกขับออกทางน้ำดีจะเข้าสู่ลำไส้ใหญ่และถูกสลายโดยจุลชีพบางชนิดทำให้ได้กรดฟีนอลิคซึ่งจะถูกดูดซึมกลับเข้ากระแสเลือดอีกครั้ง โดยฟลาโวนอยด์ที่อยู่ในกระแสเลือดก็จะไปยังเนื้อเยื่อของอวัยวะต่างๆ ทั่วร่างกาย และสามารถถูกกำจัดได้ทางไต โดยที่เซลล์ของเนื้อเยื่อต่างๆ ฟลาโวนอยด์อาจผ่านกระบวนการเมแทบอลิซึมหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างซึ่งอาจทำให้ฤทธิ์ทางชีวภาพเปลี่ยนแปลงไปได้

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณี...

อย่างไรก็ตามพบว่าพืชสามารถสร้างสารฟลาโวนอยด์ได้ในส่วนอื่นๆ แทบทุกส่วน ซึ่งอาจมีโครงสร้างและหนาที่แตกต่างกันไป




**รูปที่ 2.8** โครงสร้างทั่วไปของฟลาโวนอยด์
**ที่มา :** วิภพ, 2556

**แหล่งที่พบของสารฟลาโวนอยด์**

สารฟลาโวนอยด์ที่พบในพืช ได้แก่ สาร naringin พบในเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม (citrus fruit) สาร catechin พบในใบชาพบมากในชาเขียว สาร procyanidin และสาร Anthocyanidin พบมากในสารสกัดจากเมล็ดองุ่นและเปลือกสน

แหล่งของอาหารที่พบฟลาโวนอยด์มาก ได้แก่ พืช ผักและผลไม้ เช่น ยอ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง หัวหอม บรอกโคลี กระชายดำ สารสกัดจากเมล็ดองุ่น รวมทั้งเครื่องดื่มต่างๆ เช่น ชา และไวน์ เป็นต้น

**การออกฤทธิ์ทางชีวภาพของฟลาโวนอยด์** (ณัฏฐิกา, 2548)

1) antioxidant activity สารประกอบฟลาโวนอยด์มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) โดยทำหน้าที่เป็นตัวขัดขวางหรือหยุดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (free radical chain terminator) ตัวจับออกซิเจน (oxygen scavenger) หรือเป็น chelating agent ของโลหะ เป็นต้น

กลไกการทำงานของสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) คือทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) ถ่ายเทไฮโดรเจนอะตอมออกจากโมเลกุลของมันให้กับออกซิเจน ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ ถ้าเป็นในอาหารออกซิเจนจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆ ของอาหาร เช่น สี กลิ่นและคุณค่าทางอาหาร เป็นต้น แต่ถ้าเป็นในร่างกายจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radicals) ในร่างกายส่งผลให้เนื้อเยื่อหรือเซลล์ต่างๆ ในร่างกายถูกทำลายยิ่งปริมาณอนุมูลอิสระสูงมากเพียงใดก็ยิ่งจะเป็นตัวเร่งให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บ รอยเหี่ยวย่น และความแก่ จากการศึกษาพบว่าระดับความเครียดก็ส่งผลให้เกิดจากปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระกับออกซิเจนสูงขึ้น นอกจากนั้นอายุยิ่งมากขึ้นการสะสมของของอนุมูลอิสระก็จะสูงเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการรับประทานอาหารประเภทผักและผลไม้ที่มีสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) จะสามารถช่วยปกป้องจากการทำลายของอนุมูลอิสระได้

2) antimicrobial activity ฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรีย พบว่าความเข้มข้นต่ำสุดของการเป็นสารยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (minimum inhibitory concentration; MIC) ของสารสกัดฟลาโวนอยด์จากใบชานั้น ประมาณ 0.25-1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดจากใบชาไม่เพียงแต่จะป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ *Staphylococcus mutans* แต่ยังสามารถไปกำจัดการยึดติดของเชื้อจุลินทรีย์นี้และยังยับยั้งการทำงานของ glycosyl transferase activity

เอกสารนี้เป็น ไม่ว่ากรณีใดๆ

นอกจากนั้นจากการศึกษาในด้านอื่นๆ พบว่า epigallocatechin gallate (EGCG) ยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus* ที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อได้อีกด้วย (Renaud และ De Lorgeril, 1992)

3) potential side effects จากการศึกษาเรื่องผลข้างเคียงของสารฟลาโวนอยด์ในใบชา พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับการดูดซึมธาตุเหล็ก (iron absorption) จากอาหาร เนื่องจากสารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenolic compounds) ในใบชาเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นเมื่อมีการบริโภคอาหารร่วมกับชา มันจะเข้าไปขัดขวางการดูดซึมธาตุประเภท non heme (non heme iron) ในระบบทางเดินอาหาร ทำให้การดูดซึมธาตุเหล็กจากอาหารเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายลดลง แต่จะไม่มีผลยับยั้งการดูดซึมธาตุเหล็ก ถ้าหากฮีโมโกลบิล (hemoglobin) นั้นถูกทำให้สุกแล้ว และยังมีรายงานอีกว่าการเติมกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) หรือนมจะสามารถช่วยลดการขัดขวางการดูดซึมธาตุเหล็กจากอาหารได้

## 2.6 อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ

### 2.6.1 อนุมูลอิสระ (วิลาวัลย์, 2551)

อนุมูลอิสระคืออะตอมหรือโมเลกุลของสารที่มีอิเลคตรอนโดดเดี่ยว 1 หรือมากกว่า เนื่องจากการสูญเสียอิเลคตรอนโดดเดี่ยว หรือมีอิเลคตรอนโดดเดี่ยวเพิ่มขึ้น อาจเป็นประจุลบ ประจุบวก หรือเป็นกลางก็ได้ โดยปกติอิเลคตรอนจะอยู่เป็นคู่ หากอิเลคตรอนขาดคู่จะทำให้สารนั้นมีปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ว่องไวมากโดยการไปดึงอิเลคตรอนจากสารอื่นมาไว้ให้เป็นคู่หรือให้อิเลคตรอนโดดเดี่ยวกับสารอื่นเพื่อทำให้อะตอมหรือโมเลกุลมีความเสถียรอยู่ได้หรืออาจรวมกับโมเลกุลที่ไม่มีอนุมูล (non-radical) ถ้าอนุมูลให้ 1 อิเลคตรอน หรือรับ1 อิเลคตรอน หรือรวมกับโมเลกุลที่ไม่มีอนุมูลจะกลายเป็นอนุมูลอิสระซึ่งว่องไวมาก มีอายุสั้น และปฏิกิริยาแบบไม่เฉพาะเจาะจง ตัวอย่างของอนุมูลอิสระคือ ซูเปอร์ออกไซด์ ($O_2$) ไฮดรอกซิล (OH ) ไนตรัสออกไซด์ (NO) เปอร์ออกซีไนไตรท์ (OONO) ไลปิดเปอร์ออกไซด์ (LOO) และเปอร์ไฮดรอกซิล (OOH) อนุมูลอิสระเกิดปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ซึ่ง 1 อนุมูลจะก่อให้เกิดอนุมูลอื่นต่อๆ ไป อนุมูลอิสระเกิดได้ภายในและภายนอกร่างกาย เช่น เกิดที่ไมโตคอนเดรีย ไมโครโซม เพอร์รอกซิโซม ซึ่งเกิดจากกระบวนการขนส่งอิเลคตรอน การเกิดเมตาบอลิซึมฟาโกไซโตซิสหรือเกิดจากสารเคมี รังสี ยา บางชนิด และความร้อน

### 2.6.2 ผลของอนุมูลอิสระต่อสุขภาพมนุษย์ (วิลาวัลย์, 2551)

กระบวนการเกิดพยาธิสภาพอันเนื่องมาจากอนุมูลอิสระที่จะนำไปสู่การติดโรคในมนุษย์เป้าหมายที่จะเกิดความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้แก่ ไขมัน โปรตีนหรือดีเอ็นเอ ภาวะที่มีการทำลายด้วยออกซิเดชันมากๆ จะเป็นผลร้ายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อ

ออกซิเดชันคือปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนให้แก่ธาตุหรือสารหรือการลดจำนวนอิเลคตรอน ธาตุคาร์บอนอินทรีย์ที่ถูกเติมออกซิเจนจนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์จะหมดศักยภาพของความเป็นสารที่มีพลังงานทางชีวภาพ เชื้อจุลชีพและพืชที่สังเคราะห์แสงจะพยายามเพิ่มสถานะของคาร์บอนให้เป็นรีดิวซ์คาร์บอนคือเปลี่ยนจากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำให้เป็นสารอินทรีย์หรือสารอาหารเพื่อรักษาสภาพพลังงานที่เป็นประโยชน์ต่อชีวิตในเมตาบอลิซึมของเซลล์ เช่น ในไมโตคอนเดรีย ไมโครโซม มีออกซิเดชันตลอดเวลา หากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขาดการควบคุมต่อเนื่องจะส่งผลอันตรายต่อเซลล์ ถ้าเกิดไลปิดเปอร์ออกซิเดชันไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์จะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำลายทำให้เซลล์ตายเนื้อเยื่อเสื่อมสภาพ ถ้าเกิดที่โมเลกุลของของโคเลสเตอรอลจะเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัวตามมา ถ้าเกิดที่โปรตีนจะทำให้โปรตีนเสื่อมสภาพจากธรรมชาติ เช่น เกิดที่เลนส์คอลลาเจนของตาจะทำให้เกิดต้อกระจกได้ ถ้าเกิดที่ดีเอ็นเอจะทำให้ดีเอ็นเอถูกทำลายจากออกซิเดชันเกิดการเปลี่ยนแปลงรหัสทางพันธุกรรม เกิดโรคที่เกี่ยวกับความเสื่อมของประสาทและโรคเกี่ยวกับความผิดปกติของปอด โดยเฉพาะสาเหตุจากการอักเสบ

ออกซิเจนว่องไว (reactive oxygen species, ROS) และไนโตรเจนว่องไว (reactive nitrogen species, RNS) มักมีส่วนเกี่ยวข้องในกลไกการทำลายที่ทำให้เกิดการพัฒนาของโรค เช่น อนุมูลซุเปอร์ออกไซด์ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ไฮโปคลอไรท์ไฮดรอกซิล เฟอร์ริลฮีมโปรตีน (ferryl heme protein species) ไลปิดอัลคอกวิลและเปอร์ออกซิล เปอร์ออกซีไนไตร์ ไนตริกออกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ การป้องกันการถูกทำลายของออกซิเจนว่องไวและไนโตรเจนว่องไวแบ่งได้ 3 วิธีคือ

1) ป้องกันการเกิดออกซิเดชันโดยการลดการสร้างอนุมูลอิสระ

2) กำจัดอนุมูลอิสระโดยยับยั้งการเริ่มต้นปฏิกิริยาลูกโซ่ และยับยั้งการแพร่ของปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระ

3) การใช้สารต้านออกซิเดชันที่มีบทบาทในกระบวนการซ่อมแซม

**2.6.3 สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ**

สารต้านอนุมูลอิสระคือสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถป้องกันหรือยืดเวลาการเกิดออกซิเดชัน สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในธรรมชาติมี 4 ประเภทได้แก่

1) เอนไซม์ที่สร้างได้ในเซลล์ร่างกาย ได้แก่ ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase) คาตาเลส (catalase) กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) และเมทไธโอนีนรีดักเตส (methionine reductase)

2) วิตามินต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินอี ในถั่ว ธัญพืช รำ ข้าวกล้อง งา และวิตามินซีในผลไม้ ผักสด

3) แร่ธาตุ เช่น ซิเลเนียม และสังกะสีเป็น co-factors ของเอนไซด์ต้านอนุมูลอิสระ

4) สารเคมีจากพืช (phytochemicals) เป็นสารเคมีจากพืชที่ไม่ใช่วิตามินและสารอาหาร เช่น แคโรทีน ไลโคปีน แซนโธพฟีล แทนนิน และฟลาโวนอยด์

ปัจจุบันมีผู้สนใจศึกษาเกี่ยวกับพืช ผลไม้ และสมุนไพรต่างๆ เนื่องจากพบว่ามีสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระอยู่มากมายหลายชนิดแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช โดยทั่วไปจะไม่สามารถบอกปริมาณต่อหน่วยน้ำหนักของพืชได้ ส่วนใหญ่จะเป็นค่าเปรียบเทียบกับสารที่รู้อยู่แล้วว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินเอ วิตามินซี หรือสารที่นิยมใช้กันมากในขณะนี้เนื่องจากค่อนข้างคงตัวและใช้ได้ง่ายคือ 3-ter-buty-4-Hydroxyanisole (BHA) หรือ Butylated hydroxytoluene (BHT) และการใช้อนุมูลอิสระที่เสถียรคือ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ทำให้ทราบได้ว่าพืชที่มีสารต้านอนุมูลอิสระได้มากน้อยเพียงใดจากผลร่วมของฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดที่มีอยู่ในพืชนั้น ซึ่งน่าจะให้ผลดีหากร่างกายได้รับปริมาณที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.6.4 สารต้านอนุมูลอิสระในพืชผักผลไม้**

สารสำคัญในพืชและผลไม้ทั่วไปที่มีบทบาทและคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารกลุ่ม polyphenols หรือ phenolic compounds สารกลุ่ม polyphenols ทุกตัวมีโครงสร้างที่ประกอบด้วย aromatic ring ที่มี hydroxyl group ตั้งแต่ 1 group ขึ้นไป ชนิดที่พบในพืชและผลไม้ทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) phenolic acid รวมทั้งที่มีโครงสร้างใกล้เคียงกัน ได้แก่ coumaric acid

2) Flavonoids จัดเป็นกลุ่มสารขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยสารจำพวก Polyhydroxyphenols product กว่า 4,000 ชนิด พบได้ทั่วไปในผัก ผลไม้ พืชตระกูลถั่วและเครื่องดื่ม เช่น ไวน์ และชา ได้แก่ catechin epicatechin flavanones และ anthocyanins เป็นต้น

สารกลุ่ม polyphenols นี้นอกจากจะมีคุณสมบัติความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เด่นชัด โดยมีกลไกสำคัญคือ การเปลี่ยนอนุมูลอิสระในรูปที่มีความสามารถทำลายเซลล์ให้อยู่ในรูปที่ไม่ทำให้เกิดพิษต่อเซลล์ แล้วสารกลุ่มนี้ยังมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอีกหลายประการไม่ว่าจะเป็นฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซน์ได้หลายชนิดหรือฤทธิ์ต้านการอักเสบ จากการศึกษาในวงกว้างถึงประโยชน์อื่นๆ ของสารกลุ่ม polyphenols ยังพบว่ามีผลในการป้องกันการเกิดหลอดเลือดหัวใจอุดตันได้และอาจมีผลป้องกันการเกิดมะเร็ง แม้ว่าจะยังไม่พบฤทธิ์ในการรักษาโรคมะเร็งได้โดยตรงก็ตาม

**2.6.5 กลไกลการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ**

ขั้นแรก สารต้านอนุมูลอิสระจะเป็นตัวรีดิวซ์หรือให้ไฮโดรเจนอะตอมกับอนุมูลอิสระหมดฤทธิ์ไป จากนั้นตัวของสารต้านอนุมูลอิสระจะกลายเป็นอนุมูลอิสระเสียเอง

$$R + AH \longrightarrow RH + A$$
$$RO + AH \longrightarrow ROH + A$$
$$ROO + AH \longrightarrow ROOH + A$$

ขั้นที่สอง สารต้านอนุมูลอิสระที่กลายเป็นอนุมูลอิสระจากขั้นตอนแรกจะไปจับกับอนุมูลอิสระตัวใหม่ทำให้ไม่เกิดการสร้างอนุมูลอิสระต่อไป

$$R + A \longrightarrow RA$$
$$RO + A \longrightarrow ROA$$
$$ROO + A \longrightarrow ROOA$$
$$Antioxidant + O_2 \longrightarrow Oxidized\ Antioxidant$$

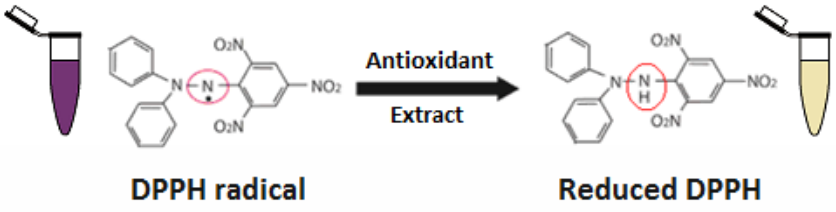
นั้นคือ สารต้านอนุมูลอิสระโมเลกุลเดียวสามารถต้านหรือทำลายอนุมูลอิสระได้ 0 โมเลกุล (1:2) เช่น กลไกการต้านอนุมูลอิสระของวิตามินซีและสารมาตรฐาน BHA เป็นต้น

**2.6.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay**

เป็นการทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยให้สารตัวอย่างทำปฏิกิริยากับสาร DPPH (2,2-diphenyl-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่เสถียรมีสีม่วง เมื่อ DPPH ได้รับอิเลคตรอน หรืออนุมูลอิสระไฮโดรเจนจะเปลี่ยนเป็น DPPH : H ติดตามผลการทดลองโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ซึ่งเป็นค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารตัวอย่างกับค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อคำนวณค่า $IC_{50}$ ที่แสดงค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลงร้อยละ 50 และใช้ค่า $IC_{50}$ ในการเปรียบเทียบความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระ




**รูปที่ 2.9** โครงสร้างของอนุมูล DPPH

**ดัดแปลงมาจาก :** http://radio.cuci.udg.mx/bch/EN/Antioxid.html

DPPH$^{\bullet}$ จะเกิดปฏิกิริยากับ antioxidant (AH) หรือกับ radical species (R$^{\bullet}$) ได้ดังสมการ

$$DPPH^{\bullet} + AH \longrightarrow DPPH\text{-}H + A^{\bullet}$$

$$DPPH^{\bullet} + R^{\bullet} \longrightarrow DPPH\text{-}R$$

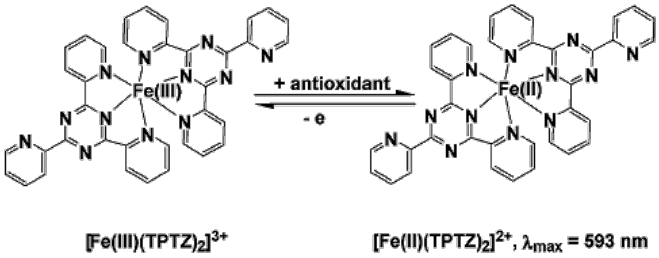
ถ้าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้สูง ความเข้มของสารละลายสีม่วงก็จะลดลง ซึ่งจะรายงานผลการทดลองเป็นค่าร้อยละ 50 Inhibition concentration (IC50) ซึ่งหมายถึงปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH$^{\bullet}$ เหลืออยู่ร้อยละ 50

**2.6.7 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP assay** (บุหรัน, 2556)

วิธีการนี้อาศัยหลักการของสารต้านอนุมูลอิสระสามารถถ่ายเทอิเล็กตรอนให้กับสารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)\ (TPTZ)_2]^{3+}$ ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็น $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ ซึ่ง $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ (รูปที่ 2.10) มีความสามารถในการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ปริมาณของ $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ ที่เกิดขึ้นสามารถประมาณความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ในรูป FRAP value เทียบกับกราฟมาตรฐานของเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ซึ่งขั้นตอนโดยละเอียดของวิธีการนี้ ได้แก่ การทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+}$ ประกอบด้วยนำสารละลาย TPTZ (2,4,6-tri (2-pyridyl)-s-triazine) ที่ละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจางมาทำปฏิกิริยากับสารละลายอะซิเทตบัฟเฟอร์ และสารละลายเฟอริกไตรคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต จากนั้นทำการรีดิวซ์เฟอร์ริกโดยการเติมสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟตหรือสารตัวอย่าง (สารต้านอนุมูลอิสระ) และตั้งทิ้งไว้ในที่มืด

ข้อดีของวิธีการนี้คือเป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาน้อย ไม่แพงและสามารถทำซ้ำแล้วให้ผลเหมือนเดิม (ปรียนันท์, 2549) แต่ข้อเสียคือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะร่างกายและสารละลายที่ใช้อ้างอิงต้องใช้น้ำปราศจากไอออน (deionized water)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.10** ปฏิกิริยาของวิธี FRAP
**ที่มา :** http://radio.cuci.udg.mx/bch/EN/Antioxid.html

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 วิธี ได้แก่ วิธี DPPH radical scavenging assay และวิธี FRAP assay พบว่าแต่ละวิธีนั้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay นั้นจัดเป็นการวิเคราะห์แบบการเทียบสี (colorimetric assay) โดยจะมีการสร้างอนุมูลอิสระที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน ($DPPH^{\bullet}$) และวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งหรือกำจัดอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างที่สนใจ โดยวัดปริมาณอนุมูลอิสระที่ลดลงหรือที่เหลือจากค่าการดูดกลืนแสง ส่วนการวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP assay นั้นจัดเป็นวิธีการวิเคราะห์แบบ Total Antioxidant Capacity (TAC) กล่าวคือวัดความสามารถในการรีดิวซ์ของสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารตัวอย่างที่สนใจ โดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอริค $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+}$ โดยความแตกต่างของการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 วิธีนั้นสามารถศึกษาได้จากตารางที่ 2.6

**ตารางที่ 2.6** ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP

| ลักษณะสำคัญ | DPPH | FRAP |
|---|---|---|
| 1. หลักการ | วิเคราะห์จากการทำลายอนุมูลอิสระ โดยใช้สาร $DPPH^{\bullet}$ ซึ่งสาร $DPPH^{\bullet}$ จะมีสีม่วง เมื่อทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้สีม่วงจางลงๆ จนเป็นสีเหลือง คำนวณสีที่จางลงของการยับยั้งอนุมูลอิสระ | วิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ จากสารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+}$ เป็น$[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ |
| 2. สารละลายที่ใช้ทำปฏิกิริยา | สารละลาย $DPPH^{\bullet}$ 0.2 mM | -สารอะซิเตทบัฟเฟอร์ (pH 3.6) 300 mM<br>-สารละลายเฟอรร์ริกคลอไรด์ 20 mM<br>สารละลาย TPTZ 10 mM |
| 3. ความยาวคลื่นที่ใช้ทดสอบ | 517 นาโนเมตร | 595 นาโนเมตร |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.6 (ต่อ)** ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP assay

| ลักษณะสำคัญ | DPPH | FRAP |
|---|---|---|
| 4. ระยะเวลาที่ใช้บ่มปฏิกิริยา | 30 นาที | 5 นาที |
| 5. สมการ | $DPPH^{\bullet}+AH \rightarrow DPPH\text{-}H + A^{\bullet}$ | $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+} \rightarrow [Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ |
| 6. สารมาตรฐานที่ใช้ในการเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ | โทรล็อกซ์ | - เฟอร์รัสซัลเฟต<br>- โทรล็อกซ์ |
| 7. ข้อดี | ง่าย สะดวก และรวดเร็ว | - ง่าย ใช้เวลาน้อย ไม่แพง<br>- สามารถทำซ้ำแล้วให้ผลเหมือนเดิม |
| 8. ข้อเสีย | $DPPH^{\bullet}$ ค่อนข้างเสถียรไม่ไวต่อปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายจริง จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ช้า ทำให้ค่าการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้น้อยกว่าความเป็นจริง | - ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะร่างกาย<br>- สารละลายที่ใช้อ้างอิงต้องใช้น้ำ ปราศจากไอออน |

**2.6.8 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิค** (รวินิภา และศิริจันทร์, 2557)

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิคสามารถทำได้โดยใช้วิธี Folin-ciocalteau reagent ซึ่งอาศัยการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ของโมลิบโดทังสเตตไอออน (Molybdotungstate ion) รีเอเจนท์ประกอบด้วย โซเดียมทังสเตต (Sodium tungstate) โซเดียมโมลิบเดต (Sodium bolybdate) กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) และโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) โดยทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของไอออน Mo(VI) ซึ่งมีสีเหลือง เมื่อได้รับอิเล็กตรอนจากสารต้านอนุมูลอิสระจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูป Mo(V) ซึ่งมีสีน้ำเงิน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และและนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน Gallic acid รายงานค่าปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิครวมในรูปของมิลลิกรัมของกรดแกลลิค (Gallic acid equivalent, mg/g GAE) ซึ่งกลไกของการต้านอนุมูลอิสระจะขึ้นอยู่กับจำนวนและตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิลของโครงสร้างกลุ่มสารประกอบฟีนอลิค (Tsai และคณะ, 2005)

**2.6.9 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์** (บุหรัน, 2556)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์สามารถทำได้โดยใช้วิธี colorimetric assay เป็นวิธีการนำสารเคมีชนิดต่างๆ มาทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง และดูสีที่เกิดขึ้นหลังจากการเกิดปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tabaraki และ Nateghi, 2011 ได้ทำการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ตัวทำละลาย อัตราส่วนตัวทำละลายต่อรำข้าว อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้สกัด พบว่าการสกัดด้วยเมทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP ดีที่สุด และการสกัดที่อัตราส่วน 20:1 โดยปริมาตรต่อมวล ให้ปริมาณและฤทธิ์มากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวด้วยเอทานอลร้อยละ 65-67 ที่อุณหภูมิ 51-54 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40-45 นาที พบว่าให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิระ DPPH และ FRAP ดีที่สุด

Min และคณะ, 2012 ได้ทำการศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ORAC และ ICC จากรำข้าวหลากหลายสี และธัญพืชชนิดต่างๆ ซึ่งพบว่ารำข้าวที่มีสีแดง และสีม่วงจะให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่ารำข้าวที่มีสีสว่าง นอกจากนี้ยังพบว่ารำข้าวที่มีสีสว่างให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกันหรือน้อยกว่าธัญพืชชนิดอื่นๆ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ารำข้าวที่มีสีแดงและสีม่วงให้ประโยชน์ต่อร่างกายมากกว่ารำข้าวที่มีสีสว่าง

Moongngarm, 2012 ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระขององค์ประกอบของเมล็ดข้าวดังนี้ ส่วนของข้าวเปลือก ชั้นรำข้าว และจมูกข้าว ของข้าว 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อาร์ดี 6 ข้าวดำ และข้าวแดง จากผลการทดลองพบว่าส่วนของจมูกข้าวมีโปรตีน ไขมัน และวิตามินอีสูงสุดในขณะที่ส่วนของรำข้าวเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรตและสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าจมูกข้าวของข้าวดำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ส่วนข้าวเปลือกของข้าวดำมีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลสูงสุด และรำข้าวของข้าวที่มีสีให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดสูงกว่ารำข้าวที่ไม่มีสี

Premakumara และคณะ, 2013 ทำการศึกษาโดยการนำพันธุ์ข้าวในประเทศศรีลังกาจำนวน 35 สายพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วยสายพันธุ์รำข้าวที่มีสีแดงและขาว ทำการสกัดด้วยการหมักด้วยเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ABTS และ FRAP พบว่าพันธุ์ข้าวแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าพันธุ์ข้าวขาว ข้าวแดงสายพันธุ์ Sudu Heeneti ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดสูงสุด กล่าวคือ 29.75 ± 0.97 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อรำข้าว 1 กรัม รำข้าวส่วนฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระนั้น พบว่าข้าวแดงสายพันธุ์ Goda Heeneti มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด จากการทดสอบด้วยวิธี DPPH ได้ปริมาณเท่ากับ 6.77 ± 0.06 มิลลิโมลโทรล็อกซ์ต่อ 100 กรัมของรำข้าว วิธี ABTS ได้เท่ากับ 14.25 ± 0.46 มิลลิโมลของโทรล็อกซ์ต่อรำข้าว 100 กรัม และการทดสอบด้วยวิธี FRAP ได้ปริมาณเท่ากับ 11.02 ± 0.25 มิลลิโมลของเฟอร์รัสซัลเฟตต่อรำข้าว 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bhatnagar และคณะ, 2014 ได้ทำการศึกษาปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลจากส่วนประกอบของข้าว 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวสีน้ำตาล แกลบ และรำข้าวทางการค้า ซึ่งใช้ข้าวสายพันธุ์ IR-64 พบว่ารำข้าวทางการค้าให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด ปริมาณ 5400 ± 3.5 มิลลิกรัมต่อ

กิโลกรัมรำข้าว รองลงมาเป็นข้าวสีน้ำตาล ปริมาณ 300 ± 2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมข้าว และส่วนของแกลบให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลน้อยที่สุด ปริมาณที่ได้เท่ากับ 119 ± 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมแกลบ

Ruen-ngam และคณะ, 2014 ได้ทำการศึกษาข้าวไร่สายพันธุ์ดอกพะยอมโดยนำมาสกัดด้วยวิธีการหมักด้วยตัวทำละลาย (maceration) ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ใช้อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:4 โดยมวล หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที จากนั้นนำไปทดสอบเพื่อหาปริมาณแกมมาโอไรซานอลโดยเทคนิค HPLC ใช้คอลัมน์ C18 เป็นเฟสคงที่ และเฟสเคลื่อนที่ที่ใช้เป็นตัวทำละลายผสมระหว่าง เมทานอล : ไอโซโพรพานอล : เอทานอล อัตราส่วนร้อยละ 47.5 : 40 : 12.5 โดยปริมาตร ค่าอัตราการไหล 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที วิเคราะห์ตัวอย่างด้วยความยาวคลื่น 330 นาโนเมตร พบว่าพีคโครมาโทแกรมของน้ำมันรำข้าวไร่ดอกพะยอมออกที่เวลาตั้งแต่ 11.504 ถึง 13.102 นาที ส่วนพีคของสารมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลออกที่ช่วงเวลา 11.504 ถึง 12.363 นาที

Tomita, 2014 ได้ทำการสกัดสารแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวจากรำข้าวบดด้วยวิธีการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต โดยใช้รำข้าว 9 กรัม ใช้เฮกเซน ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เป็นตัวทำละลาย ระยะเวลาในการสกัดนาน 7 ชั่วโมง พบว่าปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต มีปริมาณร้อยละ 1.47 ของสารสกัดน้ำมันรำข้าว ซึ่งพบว่ามีปริมาณมากกว่าการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต ที่ความดัน 20-40 เมกะปาสคาล อุณหภูมิ 40-80 องศาเซลเซียส

Khoei และ Chekin, 2016 ได้ทำการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้วิธีการสกัดแบบคลื่นความถี่สูงและวิธีการอื่น โดยมีสภาวะการทำงานที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการสกัดสูงที่สุดคือ พีเอชเท่ากับ 12 อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบในการกวน 800 รอบต่อนาที เวลาในการกวน 15 นาที เวลาในการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง 70 นาทีและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลผลิตของการสกัดระหว่างการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง และการสกัดแบบซอกห์เลต ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลผลิตน้ำมันรำข้าวที่ทำการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงได้ผลผลิตใกล้เคียงกับน้ำมันที่สกัดโดยการสกัดแบบซอกห์เลตด้วยตัวทำละลายเฮกเซน แต่น้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงมีปริมาณกรดไขมันอิสระและองค์ประกอบที่ให้สีต่ำกว่าน้ำมันที่สกัดแบบซอกห์เลตด้วยเฮกเซน

Xu และคณะ, 2016 ได้ทำการศึกษาหาปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากรำข้าวโดยทำการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-asisted extraction) โดยใช้ตัวทำละลาย ได้แก่ ปิโตรเลียมอีเทอร์ เฮกเซน และไอโซโพรพานอล โดยทำการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้สกัด ระยะเวลาการสกัด และอุณหภูมิที่ใช้สกัด พบว่าตัวทำละลายที่ดีที่สุดที่ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงสุดคือเฮกเซน และกำลังไฟฟ้าที่ 200 วัตต์ อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส และสกัดนาน 30 นาที ให้ปริมาณร้อยละผลได้ของน้ำมันรำข้าวสูงสุด โดยพบว่าร้อยละผลได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อ กำลังไฟฟ้าและอุณหภูมิสูงขึ้น แต่ระยะเวลาการสกัดที่สูงขึ้นนั้นทำให้ปริมานร้อยละผลได้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารของงานวิจัยที่ได้รับการคุ้มครองลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chanioti และ Tzia, 2017 ได้ทำการสกัดน้ำมันมะกอกโดยใช้วิธีการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-Asisted Extraction) โดยศึกษาอุณหภูมิ อัตราส่วนระหว่างของแข็งต่อของเหลว และขนาดของอนุภาคของตัวอย่าง ที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันมะกอกที่ได้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยพบว่าปัจจัยที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงสุดคืออุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของแข็งต่อของเหลวเท่ากับ 1:12 กรัมต่อมิลลิลิตร และขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ที่ค่าร้อยละผลได้ 11.03 สภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดสูงสุดคืออุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสอัตราส่วนของแข็งต่อของเหลว 1:8 กรัมต่อมิลลิเมตร และขนาดอนุภาค 0.9 มิลลิเมตร และสภาวะที่เหมาะสมที่ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดคืออุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสของแข็งต่อของเหลว 1:8 กรัมต่อมิลลิลิตร และขนาดของอนุภาค 0.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ

Das และคณะ, 2017 ทำการสกัดสารประกอบฟีนอลิคและสารแอนโทไซยานิน โดยใช้วิธีการสกัดแบบใช้คลื่นเสียงความถี่สูง จากรำข้าวสีดำ และรำข้าวสีม่วง 2 ชนิดด้วยกัน โดยศึกษาผลของพีเอช อุณหภูมิ ความเข้มข้นของตัวทำละลาย และเวลาในการสกัดต่อผลผลิตการสกัด การวิเคราะห์เปรียบเทียบรำข้าวสีม่วงและสีดำในสภาวะที่เหมาะสมพบว่าสารแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดได้จากรำข้าวสีม่วงนั้นมีปริมาณมากกว่าสารสกัดที่ได้จากรำข้าวสีดำ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดด้วยคลื่นความถี่สูงนั้นให้ปริมาณมากกว่าการสกัดแบบซอกห์เลต

ศุภากฤต, 2559 ทำการสกัดสารแกมมาโอไรซานอลจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวดอกพะยอม โดยใช้วิธีการสกัดดังต่อไปนี้ การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด และการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตพบว่าการสกัดรำข้าวไร่ดอกพะยอมด้วยเมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤต อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที และการสกัดรำข้าวไร่ดอกพะยอมด้วยเครื่องซอกห์เลตโดยใช้เอทานอลในการสกัด นาน 6 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ และให้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลสูงที่สุด (11.92-12.72 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดสารด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction)**

| ลำดับที่ | ที่มา | วัตถุดิบ | สารสำคัญ | ตัวทำละลาย | อัตราส่วน (วัตถุดิบต่อตัวทำละลาย) | ความถี่คลื่นเสียง | อุณหภูมิ | เวลา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Tabaraki และ Nateghi, 2011 | Rice bran | Total phenolics | Hexane<br>Ethyl acetate<br>Ethanol<br>Methanol | 1 g : 10,20,40,80 ml | 35 kHz | 40-60 °c | 20-45 min. |
| 2 | Khoei และ Chekin, 2016 | Rice bran ,Parboiled rice bran | Free fatty acid | Water | 1 g : 10 ml | - | 25-105 °c | 15-90 min. |
| 3 | Xu และคณะ, 2016 | Rice bran | Fatty acid | Petroleum ether<br>hexane<br>isopropanol | 2 g : 20 ml | - | 20-70 °c | 10-70 min. |
| 4 | Chanioti และ Tzia, 2017 | Olive pomace | Total phenolic | Hexane | 1 g : 4,8,12 ml | 60 kHz | 40-60 °c | 60 min. |
| 5 | Das และคณะ, 2017 | Rice bran | Total phenolics ,anthocyanin ,tocopherol ,Phenolic acid | Ethanol | - | 35 kHz | 30-60 °c | 10-60 min. |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

**ตารางที่ 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดสารด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต (Soxhlet extraction)**

| ลำดับที่ | ที่มา | วัตถุดิบ | สารสำคัญ | ตัวทำละลาย | อัตราส่วน (วัตถุดิบต่อตัวทำละลาย) | อุณหภูมิ | เวลา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Chen และคณะ, 2008 | Rice bran | γ-oryzanol | Hexane<br>Isopropanol<br>Ethanol | 15 g : 300 ml | - | 4 h. |
| 2 | Imsanguan และคณะ, 2008 | Rice bran | α-tocopherol<br>γ-oryzanol | Hexane | 3 g : 300 ml | 65-70 °c | 24 h. |
| 3 | Tomita และคณะ, 2014 | Rice bran | γ-oryzanol | Hexane | 9 g : 200 ml | - | 7 h. |
| 4 | Sormoli และ Langrish, 2016 | Orange peel | Total phenolic | de-ionized water | 25 g : 225 ml | - | 4 h. |
| 5 | Subramanian และคณะ, 2016 | *Piper nigrum* | Piperine | Methanol | 40 g : 250 ml | - | 22 h. |
| 6 | Xu และคณะ, 2016 | Rice bran | Fatty acid | Petroleum ether | - | 60 °c | 5 h. |
| 7 | Pereira และคณะ, 2017 | Sweet passion fruit | Tocopherol | Hexane<br>Ethanol | 10 g : 200 ml | Boiling point | 4 h. |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

# บทที่ 3
# อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

## 3.1 เครื่องมือและสารเคมี

### 3.1.1 ตัวอย่างรำข้าว

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.1.1.1 | รำข้าวไร่สายพันธุ์ดอกขาม | จังหวัดชุมพร | ประเทศไทย |
| 3.1.1.2 | รำข้าวไร่สายพันธุ์ภูเขาทอง | จังหวัดชุมพร | ประเทศไทย |
| 3.1.1.3 | รำข้าวไร่สายพันธุ์นางดำ | จังหวัดชุมพร | ประเทศไทย |
| 3.1.1.4 | รำข้าวไร่สายพันธุ์สามเดือน | จังหวัดชุมพร | ประเทศไทย |
| 3.1.1.5 | รำข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 | จังหวัดสุพรรณบุรี | ประเทศไทย |

### 3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 เอทานอล ความบริสุทธิ์ 95 เปอร์เซ็นต์ บริษัท ANTISEPTIC SOL.

3.1.2.2 เมทานอล (HPLC grade) บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย

3.1.2.3 เอทิลอะซีเตต (HPLC grade) บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย

3.1.2.4 ไอโซโพรพานอล (HPLC grade) บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย

3.1.2.5 แกมมาโอไรซานอล บริษัท Wako ประเทศญี่ปุ่น

3.1.2.6 Butylated Hydroxytoluene (BHT) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศเยอรมณี

3.1.2.7 กรดแอสคอร์บิก บริษัท Fisher Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.2.8 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศเยอรมณี

3.1.2.9 Folin-Ciocalteau reagent AR grade บริษัท SRL Chemical ประเทศอินเดีย

3.1.2.10 กรดแกลลิก บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศเยอรมณี

3.1.2.11 เควอซิทิน บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศเยอรมณี

3.1.2.12 โซเดียมไนไตรต์ ($NaNO_2$) บริษัท Ajax Finechem Pty Ltd ประเทศออสเตรีย

3.1.2.13 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) บริษัท Carlo erba ประเทศไทย

3.1.2.14 อะลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3.6H_20$) บริษัท Ajax Finechem Pty Ltd ประเทศออสเตรีย

3.1.2.15 6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid (Trolox) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศเยอรมณี

3.1.2.16 โซเดียมอะซิเตท ($CH_3COONa.3H_2O$) บริษัท Ajax Finechem Pty Ltd ประเทศออสเตรีย

3.1.2.17 กรดอะซิติก ($CH_3COOH$) บริษัท QREC ประเทศนิวซีแลนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.18 เฟอร์ริคคลอไรด์ ($FeCl_3.6H_20$) บริษัท Ajax Finechem Pty Ltd ประเทศออสเตรีย

3.1.2.19 ไฮโดรคลอริก (HCl) บริษัท QREC ประเทศนิวซีแลนด์

3.1.2.20 2,4,6-Tri(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศเยอรมณี

3.1.2.21 เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) บริษัท Ajax Finechem Pty Ltd ประเทศออสเตรีย

3.1.2.22 โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) บริษัท Ajax Finechem Pty Ltd ประเทศออสเตรีย

**3.1.3 เครื่องมือ**

3.1.3.1 ตะแกรงร่อน ขนาด 850 µm บริษัท Endecotts ประเทศอังกฤษ

3.1.3.2 เครื่องวัดสี รุ่น Miniscan EZ บริษัท Hunterlab ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.3.3 เครื่องระเหยแห้งสุญญากาศ (Vacuum Evaporators) รุ่น Hei-Vap Precision บริษัท Heidolph ประเทศเยอรมณี

3.1.3.4 เครื่องอัลทราโซนิคคลีนเนอร์ (Ultrasonic Cleaner, 40 kHz) รุ่น VGT- 1990QTD บริษัท Guangdong GT Ultrasonic ประเทศจีน

3.1.3.5 เครื่องซอห์กเลต (Soxhlet Apparatus)

3.1.3.6 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง รุ่น PB 3002 บริษัท Mettler Toledo ประเทศไทย

3.1.3.7 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง รุ่น SI-234 บริษัท Denver ประเทศอังกฤษ

3.1.3.8 เครื่องผสมสาร (Vortex) รุ่น Genie 2 บริษัท Scientific Industries ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.3.9 ตู้แช่เย็น รุ่น CMT-6-P430-282-00-0 บริษัท Magic cool ประเทศไทย

3.1.3.10 ตู้แช่แข็ง รุ่น DLT-21V-85V12 บริษัท Hier ประเทศไทย

3.1.3.11 เครื่องเสปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น UV-1800 บริษัท บริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น

3.1.3.12 เครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ รุ่น FLUOstar omega บริษัท BMG Labtech ประเทศเยอรมณี

3.1.3.13 ไมโครเพลท ชนิด 96 หลุม บริษัท Costar ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.3.14 เครื่องโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography : HPLC) บริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น

3.1.3.15 คอลัมน์สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่าง รุ่น ACE 5 ชนิด C18 ขนาด 250 X 4.6 มิลลิเมตร บริษัท ACE ประเทศสกอตแลนด์

3.1.3.16 กระบอกฉีดยา ขนาด 3 มิลลิลิตร บริษัท Terumo ประเทศฟิลิปปินส์

3.1.3.17 แผ่นกรองชนิด PTFE รูพรุนขนาด 0.22 ไมโครเมตร

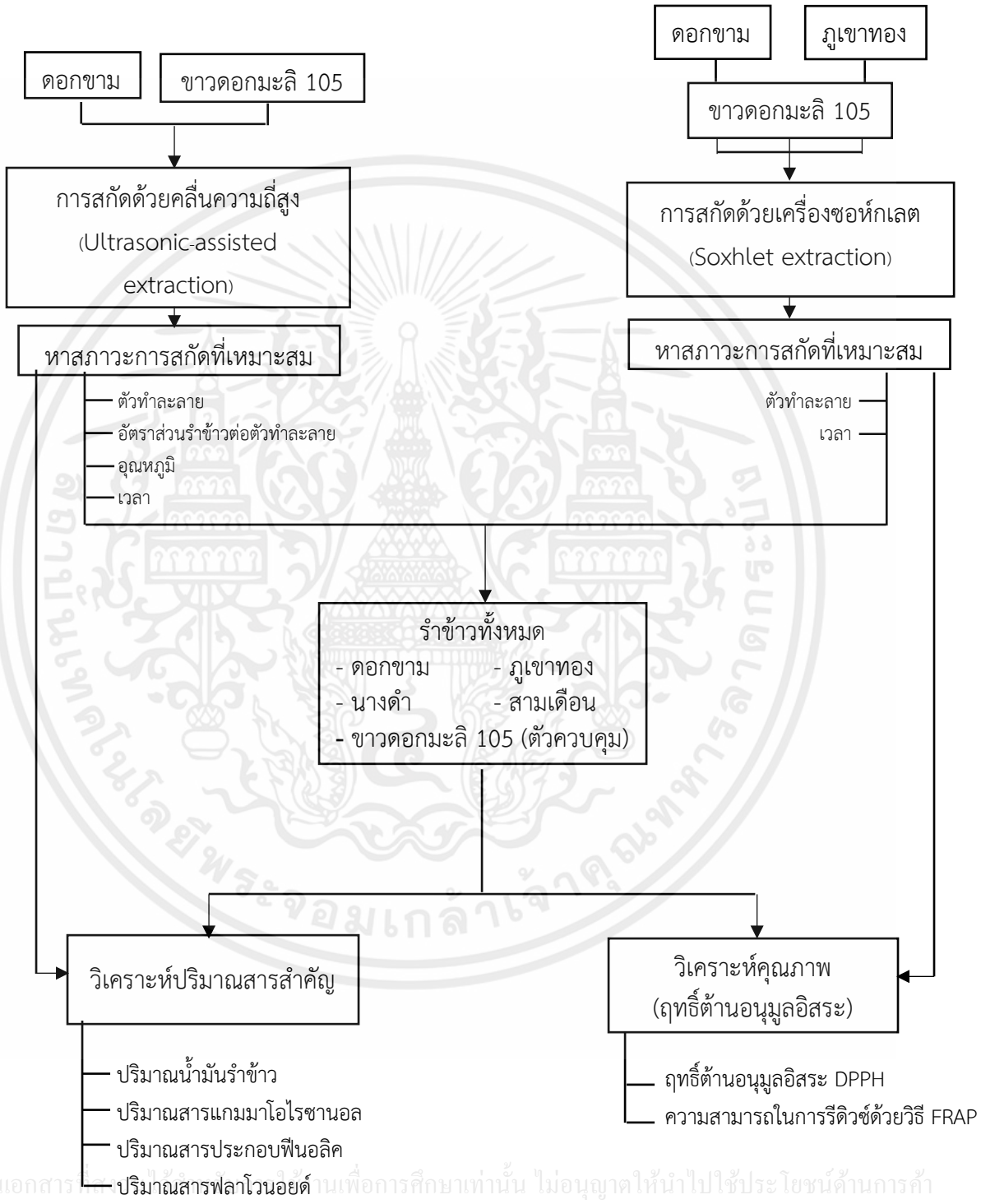
3.1.3.18 กระดาษกรอง Whatman No.1 บริษัท Whatman ประเทศอังกฤษ

3.1.3.19 ขวดไวแอลสีชา ขนาด 2 มิลลิลิตร บริษัท Kima และฝาสกรู พร้อม Septa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้มีการดัดแปลงเนื้อหาของเอกสารนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้

3.1.3.20 เครื่องดูดสารอัตโนมัติ (Automatic Micropipette) รุ่น Transferpette บริษัท Brand ประเทศเยอรมณี และ ทิปดูดสาร (Tip)

## 3.2 แผนผังการทดลอง




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 การเตรียมรำข้าว

รำข้าวไร่ที่นำมาใช้สกัดน้ำมันรำข้าวประกอบด้วย 4 สายพันธุ์ ได้แก่ รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม นางดำ ภูเขาทอง และสามเดือน ซึ่งเป็นรำข้าวที่มาจากจังหวัดชุมพร เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม พ.ศ.2559 และรำข้าวที่นำมาใช้เปรียบเทียบคือรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมาจากจังหวัดสุพรรณบุรี เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 นำรำข้าวทุกสายพันธุ์ทั้งหมดมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 850 ไมโครเมตร จากนั้นนำรำข้าวทั้งหมดเก็บรักษาสภาพไว้ในตู้แช่แข็งจนกว่าจะนำไปสกัดต่อไป

## 3.4 การวัดความชื้นในรำข้าว (ดัดแปลงจาก Khoei and Chekin, 2016; AOAC, 1995)

อบเพลทแก้วที่จะใช้หาความชื้นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง นำออกไปใส่ในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงทำการชั่งรำข้าวไร่ทั้ง 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 หนัก 5 กรัม ใส่ลงในเพลทแก้วที่ผ่านการอบ จากนั้นกระจายรำข้าวให้ทั่วทั้งภาชนะ ทำการชั่งน้ำหนักเพลทแก้วที่มีรำข้าวก่อนอบ จากนั้นทำการอบรำข้าวแต่ละสายพันธุ์ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำออกไปใส่ในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักรำข้าวหลังอบ (Dry Weight, DW) คำนวณหาร้อยละของความชื้นในรำข้าว (ทำ 3 ซ้ำ) ดังสมการ

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}} \times 100$$

## 3.5 การวัดสีรำข้าว (ดัดแปลงจาก Thanonkaew et al., 2012)

รำข้าวไร่ทั้ง 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งใช้เป็นตัวควบคุม นำมาวัดสีด้วยเครื่องวัดสีรำข้าวแบบทะลุผ่าน Hunter lab รุ่น miniscan EZ ขั้นแรกทำการ standardize เพื่อเป็นการตั้งค่าสีมาตรฐานเริ่มต้นที่ใช้ในการวัด โดยใช้ Black glass และ White tile จากนั้นเริ่มทำการวัดรำข้าวทั้งหมด โดยอ่านค่าออกมาเป็นค่าสี Lightness (ความสว่าง, $L^*$) Redness (ค่าสีแดง, $a^*$) และ Yellowness (ค่าสีเหลือง, $b^*$) ทำการวัดตัวอย่างอย่างน้อย 3 ซ้ำต่อตัวอย่างรำข้าว เพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ย $L^*$ $a^*$ และ $b^*$

## 3.6 การสกัดน้ำมันรำข้าว

รำข้าวที่เก็บรักษาสภาพไว้นำมาทำการสกัดเพื่อให้ได้น้ำมันรำข้าวโดยใช้วิธีการสกัดทั้งหมด 2 วิธี ได้แก่ การสกัดแบบซอห์กเลต การสกัดแบบคลื่นความถี่สูง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 วิธีมาทำการระเหยแห้งเพื่อเอาสารละลายออกให้หมด เหลือแต่น้ำมันรำข้าวโดยใช้เครื่องระเหยแห้งสุญญากาศ (vacuum evaporator) จากนั้นเก็บน้ำมันรำข้าวแต่ละตัวอย่างไว้ในขวดสีชา แล้วแช่ไว้ในตู้แช่ -20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.6.1 การสกัดแบบคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-Assisted Extraction)** (ดัดแปลงจาก Xu และคณะ, 2016; Tabaraki และ Nateghi, 2011)

การสกัดโดยใช้เครื่องอัลทราโซนิคคลีนเนอร์แบบโพรบ โดยใช้สภาวะการสกัดที่ดีที่สุดจากการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดโดยใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้รำข้าวในการสกัดปริมาณ 5 กรัม ในกระบวนการสกัด เมื่อสิ้นสุดกระบวนการสกัดแล้วทำการกรองสารสกัดด้วยชุดกรองบุชเนอร์โดยใช้กระดาษกรองวอทแมนเบอร์1 จากนั้นกรองสารสกัดซ้ำอีกครั้งหนึ่งโดยใช้หัวกรอง PTFE ขนาด 0.22 ไมโครเมตร แล้วจึงนำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (vacuum evaporator) ในขั้นตอนต่อไป เก็บตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่ได้ในขวดสีชา แล้วแช่ไว้ในตู้ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป ขั้นตอนการสกัดมีดังต่อไปนี้

3.6.1.1 ทำการสกัดโดยใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม พันธุ์ภูเขาทอง และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในการหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัด โดยเริ่มจากการหาตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยตัวทำละลายที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซีเตต ไอโซโพรพานอล และเอทานอล สภาวะการสกัดที่ใช้คือ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที

3.6.1.2 เลือกตัวทำละลายที่ให้ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไปคือการหาอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายที่ใชในการศึกษา ได้แก่ 1:2 1:4 1:6 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร สภาวะการสกัดที่ใช้คือ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที

3.6.1.3 เลือกอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายที่ให้ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไปคือการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยอุณหภูมิที่ใชในการศึกษา ได้แก่ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส สภาวะการสกัดที่ใช้คือ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของตัวทำละลาย 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที

3.6.1.4 เลือกอุณหภูมิที่ให้ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไปคือการหาเวลาในการสกัดที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้าน อนุมูลอิสระ โดยเวลาที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ 20 40 60 90 และ 120 นาที สภาวะการสกัดที่ใช้คือ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของตัวทำละลาย 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

3.6.1.5 เลือกเวลาในการสกัดที่ให้ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด จะได้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวไร่ จากนั้นทำการหาปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ดอกขาม ภูเขาทอง นางดำ และสามเดือน โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมจากการทดลองก่อนหน้านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.6.2 การสกัดแบบซอห์กเลต (Soxhlet Extraction)** (ดัดแปลงจาก Tomita และคณะ, 2014)

การสกัดโดยใช้เครื่องสกัดซอห์กเลต โดยจะใช้สภาวะการสกัดที่ดีที่สุดจากการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดโดยใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม พันธุ์ภูเขาทอง และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยจะทำการชั่งรำข้าว ปริมาณ 5 กรัม ใส่ลงไปในทิมเบิล จากนั้นเติมสารละลาย ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ประกอบเครื่องซอห์กเลต พร้อมเปิดระบบหล่อเย็นรวมทั้งเตาให้ความร้อน จากนั้นเริ่มทำการสกัด เมื่อครบเวลาแล้ว ปิดเตาให้ความร้อนพร้อมตั้งทิ้งไว้ให้สารสกัดเย็นลง จากนั้นกรองสารสกัดด้วยชุดกรองบุชเนอร์ โดยใช้กระดาษกรองวอทแมนเบอร์1 จากนั้นกรองสารสกัดซ้ำอีกครั้งหนึ่งโดยใช้หัวกรอง PTFE ขนาด 0.22 ไมโครเมตร แล้วจึงนำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (vacuum evaporator) ในขั้นตอนต่อไป เก็บตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่ได้ในขวดสีชาแล้วแช่ไว้ในตู้ -20 องศาเซลเซียส

## 3.7 การวิเคราะห์ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลด้วยวิธีโครมาโตกราฟีแบบของเหลวประสิทธิภาพสูง (High Performance Liquid Chromatography ;HPLC) (ดัดแปลงจาก Ruen-ngam และคณะ, 2014)

วิเคราะห์หาปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลโดยใช้เครื่องโครมาโตกราฟีแบบของเหลวประสิทธิภาพสูง คอลัมน์ที่ใช้เป็นคอลัมน์ชนิด C18 ขนาด 250 x 4.6 มิลลิเมตร (ACE HPLC) ส่วนเฟสเคลื่อนที่ที่ใช้เป็นสารละลายผสมระหว่าง เมทานอล : ไอโซโพรพานอล : เอทิลอะซีเตท (HPLC grade) ในอัตราส่วนร้อยละ 47.5 : 40 : 12.5 โดยปริมาตร โดยจะนำน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้มาละลายด้วยสารละลายเฟสเคลื่อนที่ ให้ได้ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วกรองสารละลายตัวอย่างผ่านหัวกรองชนิด PTFE ที่มีขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร แล้วจึงบรรจุสารละลายตัวอย่างใส่ลงในขวดไวแอลสีชา ขนาด 2 มิลลิลิตร จากนั้นตั้งค่าสภาวะต่างๆ ดังนี้ ปริมาณตัวอย่างที่ฉีดเข้า 20 ไมโครลิตร โดยใช้วิธีการฉีดตัวอย่างแบบ auto sampler ตัวตรวจวัด (detector) ที่ใช้คือ Photodiode array detector ที่ความยาวคลื่น 330 นาโนเมตร ใช้เวลาวิเคราะห์ 15 นาทีต่อตัวอย่าง ค่าอัตราการไหลเป็น 1 มิลลิลิตรต่อนาที ทำการบันทึกโครมาโตแกรม (chromatogram) โดยใช้ซอฟต์แวร์ LC Solution รายงานค่าเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟกับสารมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลภายใต้สภาวะเดียวกัน เพื่อหาปริมาณแกมมาโอไรซานอลในตัวอย่างน้ำมันรำข้าว

**การคำนวณปริมาณแกมมาโอไรซานอล**

ปริมาณแกมมาโอไรซานอลของตัวอย่างที่ได้สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลของตัวอย่างกับสมการ $Y=24481x$ , $R^2=0.9928$ ของกราฟมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลดังสมการ

ปริมาณแกมมาโอไรซานอล (mg/ml) = $\frac{\text{พื้นที่ใต้พีค}}{24481}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายตัวอย่าง (stock solution) ที่เตรียมมีความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถแสดงค่าในหน่วยกรัมของแกมมาโอไรซานอลต่อกรัมน้ำหนักสารสกัดน้ำมันรำข้าว (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด) เทียบได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณแกมมาโอไรซานอล (mg/g crude oil)} = \frac{\text{ปริมาณแกมมาโอไรซานอล (mg/ml)}}{\text{0.1 mg crude oil}}$$

$$\text{ปริมาณแกมมาโอไรซานอล (mg/g}_{DW}\text{)} = \frac{\text{ปริมาณแกมมาโอไรซานอล (mg/g crude oil)}}{\text{น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ (g crude oil/g}_{DW}\text{ )}}$$

## 3.8 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Butsat และ Siriamornpun, 2010)

การทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดจากน้ำมันรำข้าวไร่ทั้ง 5 สายพันธุ์ รวมทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่สกัดได้ สามารถทำได้โดยเตรียมสารละลาย Folin-Ciocalteau reagent เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:9 โดยปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เตรียมน้ำมันรำข้าวโดยใช้เอทานอลร้อยละ 70 เป็นตัวทำละลาย ให้ได้ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ใส่หลอดทดลอง ผสมสารละลายให้เข้ากันเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร บ่มทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง โดยปราศจากแสงแดด แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร ด้วยเครื่องเสปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดโดยทำการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิค (Gallic acid) ที่ความเข้มข้น 20 40 60 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณที่ได้จะถูกแสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักรำข้าว

**การคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานแกลลิค**

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคของตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่ได้สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิคของตัวอย่างกับสมการ $Y=0.0128x-0.0468$, $R^2=0.9935$ ของกราฟมาตรฐานแกลลิค สารละลายตัวอย่างที่เตรียมมีความเข้มข้นตั้งแต่ 2-4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถแสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมรำข้าว (mg GAE/g DW) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค(mg GAE/g crude oil)} = \frac{(\text{ค่าการดูดกลืนแสง}+0.0468)}{0.0128} \div 2 \text{ -4 mg crude oil}$$

$$\text{ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (mg GAE/g DW)} = \frac{\text{ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (mg GAE/g crude oil)}}{\text{น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ (g crude oil/g}_{DW}\text{)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.9 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์** (ดัดแปลงจาก Wanyo และคณะ, 2014)

การทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์จากน้ำมันรำข้าวไร่ทั้ง 5 สายพันธุ์ รวมทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่สกัดได้ สามารถทำได้โดยเตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าวโดยใช้เอทานอลร้อยละ 70 เป็นตัวทำละลาย ให้ได้ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นทำการเติมสารละลายโซเดียมไนไตรต์ ($NaNO_2$) ร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันจากนั้นเติมอลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3.6H_2O$) ร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้สารละลายทั้งหมดเข้ากัน แล้วจึงบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 นาที ก่อนจะนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร ด้วยเครื่องเสปกโตรโฟโตรมิเตอร์ (spectrophotometer) คำนวณปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดโดยทำการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานเควอซิทิน (Quercetin) ที่ความเข้มข้น 0.06 0.08 0.10 0.20 0.25 และ 0.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณที่ได้แสดงในหน่วยมิลลิกรัมของเควอซิทินต่อกรัมน้ำหนักรำข้าว (มิลลิกรัมของเควอซิทินต่อกรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง)

**การคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานเควอซิทิน**

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่ได้สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของตัวอย่างกับสมการ $Y=0.0023x+0.0722$, $R^2=0.9978$ ของกราฟมาตรฐานเควอซิทิน สารละลายตัวอย่างที่เตรียมมีความเข้มข้นตั้งแต่ 2-4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถแสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมเควอซิทินต่อกรัมรำข้าว (mg QE/g DW) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณฟลาโวนอยด์ (mg QE/g crude oil)} = \frac{(\text{ค่าการดูดกลืนแสง} - 0.0722)}{0.0023} \div \text{2 - 4 mg crude oil/ml}$$

$$\text{ปริมาณฟลาโวนอยด์ (mg QE/g DW)} = \frac{\text{ปริมาณฟลาโวนอยด์ (mg QE/g crude oil)}}{\text{น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ (g crude oil/g }_{DW})}$$

**3.10 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging capacity assay)** (ดัดแปลงจาก Butsat และ Siriamornpun, 2010)

ทำการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH radical scavenging โดยเตรียมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-l-picrylhydrazyl) ให้ได้ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ แล้วจึงนำไปละลายตะกอนให้หมดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคคลีนเนอร์ เก็บสารละลายใส่ขวดดูแรนท์ห่อด้วย ฟลอยด์ เพื่อหลีกเลี่ยงการโดนแสง เก็บสต็อคไว้ในตู้เย็นก่อนนำไปใช้ต่อไป จากนั้นทำการเจือจางน้ำมันรำข้าวที่ต้องการทดสอบ ให้ได้ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1-6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นผสมสารตัวอย่างและสารละลาย DPPH อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร หยอดลงถาดหลุม 96 well plate จากนั้นบ่มในที่มืด ณ อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง microplate reader โดยรายงานผลเป็นค่าความเข้มข้นของสารสกัด

เอกสารนี้เป็น ไม่ว่ากรณีใด

ที่ยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH) ได้ร้อยละ 50 โดยได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ (%inhibition) จากสมการ

คำนวณหาร้อยละความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ได้ดังนี้

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{[(A_{DPPH} - A_{Blank\ DPPH}) - (A_{Sample} - A_{Blank\ sample})}{(A_{DPPH} - A_{Blank\ DPPH})}$$

โดย % Inhibition = ร้อยละของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

$A_{Sample}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เติมสารละลาย DPPH

$A_{Blank\ Sample}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

$A_{DPPH}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH

$A_{Blank\ DPPH}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวทำละลาย

**3.11 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP** (ดัดแปลงจาก Kubola และ Siriamornpun, 2008)

เตรียมสารละลาย FRAP reagent โดยประกอบด้วยสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตท 300 มิลลิโมลาร์ พีเอช 3.6 สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ 20 มิลลิโมลาร์ และสารละลาย 2,4,6-Tri(2- pyridyl)-s-triazine (TPTZ) 10 มิลลิโมลาร์ อัตราส่วน 10:1:1 โดยปริมาตร แล้วนำสารละลาย FRAP reagent ไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทุกครั้งก่อนนำไปใช้ ทำการเตรียมสารละลายน้ำมันรำข้าวด้วยเอทานอลร้อยละ 70 ให้ได้ความเข้มข้น 0.25 ถึง 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตร จากนั้น เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 0.75 มิลลิลิตร ลงไป ทำการบ่มให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 4 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ด้วยเครื่องเสปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) คำนวณผลค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่แต่ละความเข้มข้น โดยเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อกซ์ รายงานผลเป็นค่ามิลลิกรัมโทรล็อกซ์ต่อกรัมน้ำหนักรำข้าว

**การคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรล็อกซ์**

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่ได้สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบกับสมการ $Y=0.0287x+0.1144$, $R^2=0.9999$ ของกราฟมาตรฐานโทรล็อกซ์ สารละลายตัวอย่างที่เตรียมมีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.25-1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงในหน่วยมิลลิกรัมโทรล็อกซ์ต่อสารละลายตัวอย่างน้ำมันรำข้าว (mg TEAC/g crude oil) และสามารถแสดงค่าในหน่วยกรัมโทรล็อกซ์ต่อกรัมน้ำหนักรำข้าว (mg TEAC/g $_{DW}$) โดยเทียบจากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณโทรล็อกซ์ (mg TEAC/g crude oil)} = \frac{(\text{ค่าการดูดกลืนแสง-0.01144}) \div 0.25\text{-}1\ (\text{mg crude oil/ml})}{0.0287}$$

$$\text{ปริมาณโทรล็อกซ์ (mg TEAC/g}_{DW}) = \frac{\text{ปริมาณโทรล็อกซ์ (mg TEAC/g crude oil)}}{\text{น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ (g crude oil/g}_{DW})}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.12 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 24.0 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลผลการทดลองที่ประกอบด้วยข้อมูลชุดละอย่างน้อย 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างเดียวกันแบบ One-way ANOVA ตามวิธีของ Duncan's New Multiple Range test พิจารณาจากค่านัยสำคัญ (Significance) ในตาราง ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

## 4.1 ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำมันรำข้าวซึ่งสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตและคลื่นความถี่สูงแบบโพรบของรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม (DK) ภูเขาทอง (PK) นางดำ (ND) และสามเดือน (SD) โดยใช้รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นตัวควบคุม พบว่ามีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของรำข้าว ได้แก่ ขนาดอนุภาคของรำข้าว องค์ประกอบภายในของรำข้าว สีของรำข้าว ตัวอย่างเช่น รำข้าวดอกขามซึ่งมีสีแดงเข้มเมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวได้น้ำมันที่มีสีน้ำตาลเข้มและมีตะกอนสีแดงละลายปนอยู่ในน้ำมัน รำข้าวภูเขาทองซึ่งมีสีเขียวเมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวได้น้ำมันที่มีสีเขียวปนน้ำตาล และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีสีเหลืองอ่อนเมื่อสกัดเป็นน้ำมันรำข้าวได้น้ำมันที่มีสีเหลืองและมีตะกอนสีเหลืองเข้มปนอยู่ และวิธีการสกัดส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้เช่นเดียวกันซึ่งจากการทดลองพบว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตมีสีเข้มและหนืดกว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยคลื่นความถี่สูง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 นอกจากนี้ยังพบว่ารำข้าวแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณความชื้นในรำข้าวต่างกัน ก่อนทำการสกัดน้ำมันรำข้าวจึงต้องศึกษาปริมาณความชื้นของรำข้าวแต่ละสายพันธุ์ก่อนนำไปสกัดน้ำมันรำข้าวต่อไป โดยพบว่ารำข้าวไร่นางดำมีปริมาณความชื้นมากที่สุด รองลงมาเป็นรำข้าวไร่พันธุ์สามเดือน ภูเขาทอง ดอกขาม และขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

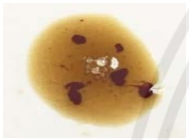
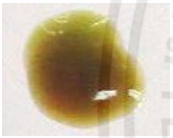
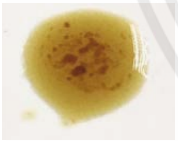
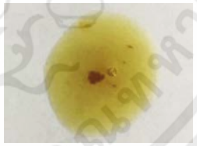
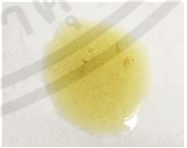
**ตารางที่ 4.1** ร้อยละความชื้นและค่าความเข้มของสีรำข้าวแต่ละสายพันธุ์

| สายพันธุ์รำข้าว | ความชื้น (ร้อยละ) | สีของรำข้าว | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ค่า L* | ค่า a* | ค่า b* |
| ดอกขาม (DK) | $8.75 \pm 0.15^{d}$ | $74.93 \pm 0.28^{e}$ | $15.32 \pm 0.02^{a}$ | $24.60 \pm 0.13^{d}$ |
| ภูเขาทอง (PK) | $9.75 \pm 0.09^{c}$ | $91.43 \pm 0.03^{d}$ | $6.33 \pm 0.02^{d}$ | $35.18 \pm 0.08^{a}$ |
| นางดำ (ND) | $13.93 \pm 0.20^{a}$ | $101.48 \pm 0.08^{a}$ | $4.50 \pm 0.02^{e}$ | $26.29 \pm 0.09^{c}$ |
| สามเดือน (SD) | $11.47 \pm 0.07^{b}$ | $96.28 \pm 0.08^{b}$ | $7.04 \pm 0.07^{c}$ | $31.90 \pm 0.07^{b}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 (Mali) | $7.68 \pm 0.13^{e}$ | $93.42 \pm 0.18^{c}$ | $7.67 \pm 0.03^{b}$ | $31.89 \pm 0.10^{b}$ |

หมายเหตุ: a,b,c,d,e ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างของร้อยละความชื้นในรำข้าว และค่าสีของรำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.2** เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extraction) และคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction)

| สายพันธุ์รำข้าว | เครื่องซอห์กเลต | | คลื่นความถี่สูงแบบโพรบ | |
|---|---|---|---|---|
| | น้ำมันรำข้าว | ลักษณะทางกายภาพ | น้ำมันรำข้าว | ลักษณะทางกายภาพ |
| ดอกขาม (DK) |  | สีน้ำตาลเข้มปนเขียว มีความหนืดพอประมาณ มีตะกอนสีแดงเข้มปนอยู่ปริมาณมาก | | สีน้ำตาลเข้ม มีความหนืด มีตะกอนสีแดงปนอยู่แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต |
| ภูเขาทอง (PK) |  | สีเขียวปนน้ำตาล ค่อนข้างเหลว | | สีเขียวปนเหลืองเข้ม มีความเหลวมากกว่าการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต |
| นางดำ (ND) | | สีส้มปนน้ำตาล ค่อนข้างเหลว | | สีเหลืองเข้มปนส้ม มีความเหลวมากกว่าการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต |
| สามเดือน (SD) |  | สีเหลืองเข้ม ค่อนข้างจะเหลว มีตะกอนสีส้มปนอยู่ |  | สีเหลือง มีความเหลวมากกว่าการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต มีตะกอนสีส้มปนอยู่ไม่มาก |
| ขาวดอกมะลิ 105 (Mali) | | สีเหลือง ค่อนข้างจะเหลว มีตะกอนสีเหลืองเข้มปนอยู่ |  | สีเหลืองอ่อน มีความเหลวมากกว่าการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต มีตะกอนสีเหลืองปนอยู่ |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## 4.2 การสกัดสารในน้ำมันรำข้าวไร่โดยใช้คลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction)

### 4.2.1 ชนิดของตัวทำละลาย

การศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากน้ำมันรำข้าวด้วยวิธีการสกัดแบบคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) โดยใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามและรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ศึกษาตัวทำละลายทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซิเตต ไอโซโพรพานอล และเอทานอล โดยแสดงผลเป็นปริมาณน้ำมันรำข้าว ปริมาณแกมมาโอไรซานอล ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

4.2.1.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามด้วยเอทานอลให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1) พบว่าการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอลให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ไอโซโพรพานอลให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยเอทานอล เฮกเซน และเอทิลอะซีเตต ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1) พบว่าการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอล เอทานอล และเฮกเซนให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าเอทิลอะซีเตตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

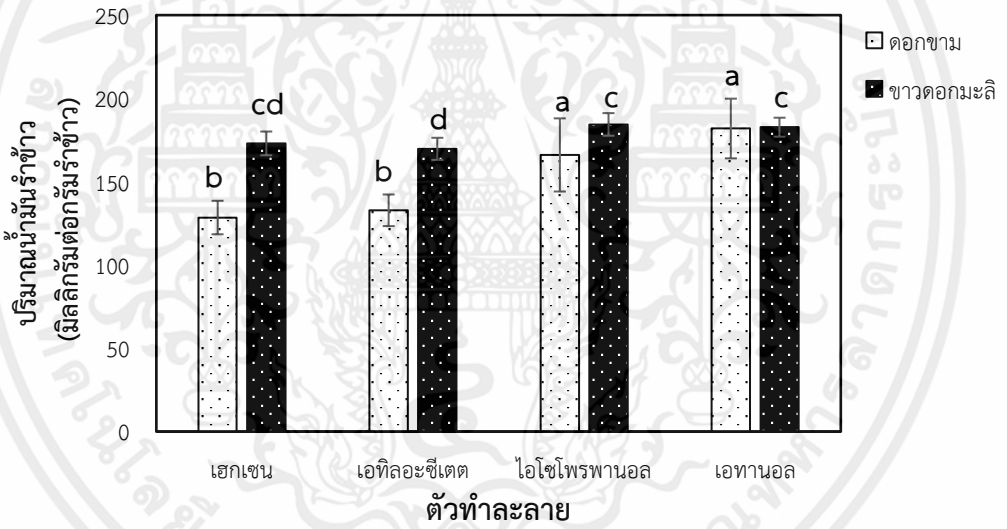
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันมากกว่ารำข้าวดอกขามอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสกัดด้วยเฮกเซน การสกัดรำข้าวดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันเมื่อสกัดด้วยเอทิลอะซีเตต ไอโซโพรพานอล และเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1) การสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ด้วยตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วสูงคือเอทานอลและไอโซโพรพานอลให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าตัวทำละลายอื่นๆ ที่มีความเป็นขั้วต่ำกว่า ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Xu และคณะ, 2016 ได้ทำการสกัดรำข้าวด้วยคลื่นความถี่สูงพบว่าการสกัดด้วยเฮกเซนให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล ซึ่งเป็นไปได้ว่าสายพันธุ์รำข้าวที่แตกต่างกันส่งผลให้ผลการทดลองที่ได้แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน

| ตัวทำละลาย | ปริมาณน้ำมันรำข้าว (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| เฮกเซน | $128.50 \pm 10.06^{b,y}$ | $172.99 \pm 7.13^{cd,x}$ |
| เอทิลอะซีเตต | $132.84 \pm 9.49^{b,x}$ | $169.73 \pm 6.64^{d,x}$ |
| ไอโซโพรพานอล | $166.07 \pm 21.95^{a,x}$ | $184.39 \pm 6.78^{c,x}$ |
| เอทานอล | $181.93 \pm 17.92^{a,x}$ | $182.73 \pm 5.69^{c,x}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม
c,d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ
x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$)
โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.1** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน

4.2.1.2 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามโดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาคือเอทิลอะซีเตต ไอโซโพรพานอล และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2) พบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามด้วยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ให้ปริมาณมากกว่าการสกัดด้วยเฮกเซนอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ในรูปแบบใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดำเนินการใดๆ ที่ละเมิดลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2) พบว่าการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเอทิลอะซีเตต และไอโซโพรพานอลให้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ให้ปริมาณน้อยกว่าการสกัดด้วยเอทานอลและมากกว่าการสกัดด้วยเฮกเซนอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

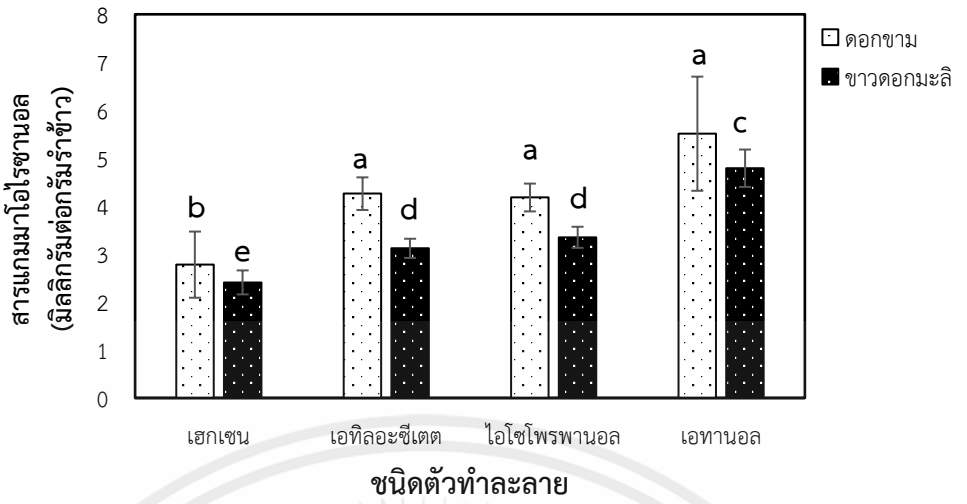
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามและรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสกัดด้วยเฮกเซนและเอทานอล การสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารแกมมมาโอไรซานอลมากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดด้วยเอทิลอะซีเตตและไอโซโพรพานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ด้วยตัวทำละลายเป็นเอทานอลให้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลมากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ Chen และ Bergman, 2005 ได้ทำการสกัดรำข้าวพันธุ์ Cypress และพันธุ์ Bengal โดยตัวทำละลายที่ใช้สกัด ได้แก่ ไอโซโพรพานอล เมทานอล และเฮกเซน จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ด้วยเมทานอลให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอลและเฮกเซน ตามลำดับ เนื่องจากเอทานอลมีสมบัติความเป็นขั้วสูงและมีขั้วใกล้เคียงกับสารแกมมาโอไรซานอล ทำให้สามารถละลายสารแกมมาโอไรซานอลได้มากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดอื่น จึงได้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด

**ตารางที่ 4.4** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน

| ตัวทำละลาย | ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| เฮกเซน | $2.78 \pm 0.69^{b,x}$ | $2.41 \pm 0.25^{e,x}$ |
| เอทิลอะซีเตต | $4.26 \pm 0.34^{a,x}$ | $3.12 \pm 0.20^{d,y}$ |
| ไอโซโพรพานอล | $4.18 \pm 0.29^{a,x}$ | $3.35 \pm 0.22^{d,y}$ |
| เอทานอล | $5.51 \pm 1.19^{a,x}$ | $4.79 \pm 0.39^{c,x}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม c,d,e ตัวอักษรที่ต่างกันแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.2** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน

4.3.1.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามโดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3) พบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่น้อยกว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล และเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3) พบว่าการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าไอโซโพรพานอล และเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

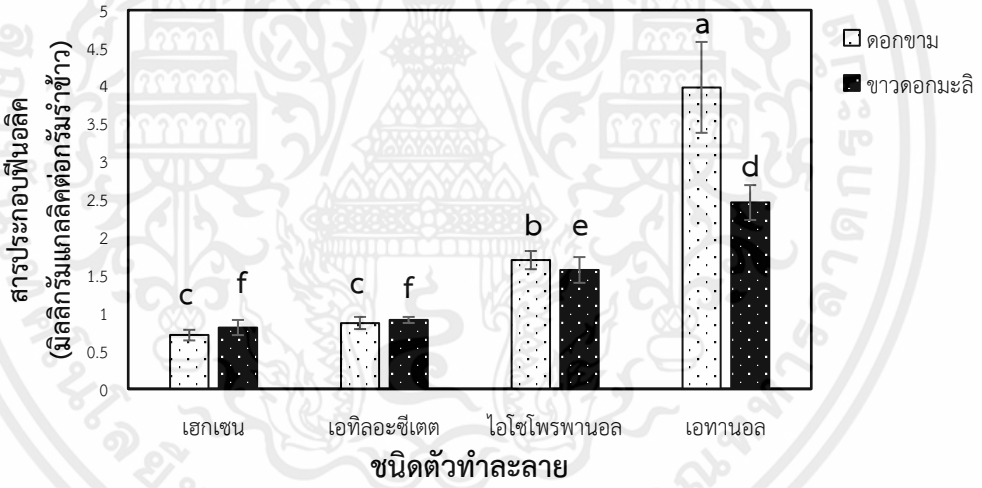
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามและรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสกัดด้วยเฮกเซน เอทิลอะซีเตต และไอโซโพรพานอล และการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดด้วยเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดอื่น การทดลองนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Tabaraki และ Nateghi, 2011 ซึ่งได้ทำการสกัดสารประกอบฟีนอลิคจากรำข้าวด้วยวิธีการสกัดแบบคลื่นความถี่สูงซึ่งพบว่าการสกัดรำข้าวด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากกว่าการสกัดด้วยเอทิลอะซีเตตและเฮกเซน เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิคมีขั้วใกล้เคียงกันกับเอทานอลจึงทำให้เอทานอลสามารถละลายและดึงสารประกอบฟีนอลิคออกมาได้มากกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็น ... ไม่ว่ากรณีใด ...

**ตารางที่ 4.5** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน

| ตัวทำละลาย | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| เฮกเซน | $0.71 \pm 0.07^{c,x}$ | $0.81 \pm 0.10^{f,x}$ |
| เอทิลอะซีเตต | $0.87 \pm 0.08^{c,x}$ | $0.91 \pm 0.04^{f,x}$ |
| ไอโซโพรพานอล | $1.70 \pm 0.12^{b,x}$ | $1.57 \pm 0.17^{e,x}$ |
| เอทานอล | $3.98 \pm 0.60^{a,x}$ | $2.46 \pm 0.23^{d,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม d,e,f ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.3** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน

4.2.1.4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามโดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.4) พบว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าไอโซโพรพานอลและเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.4) พบว่าการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล และเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

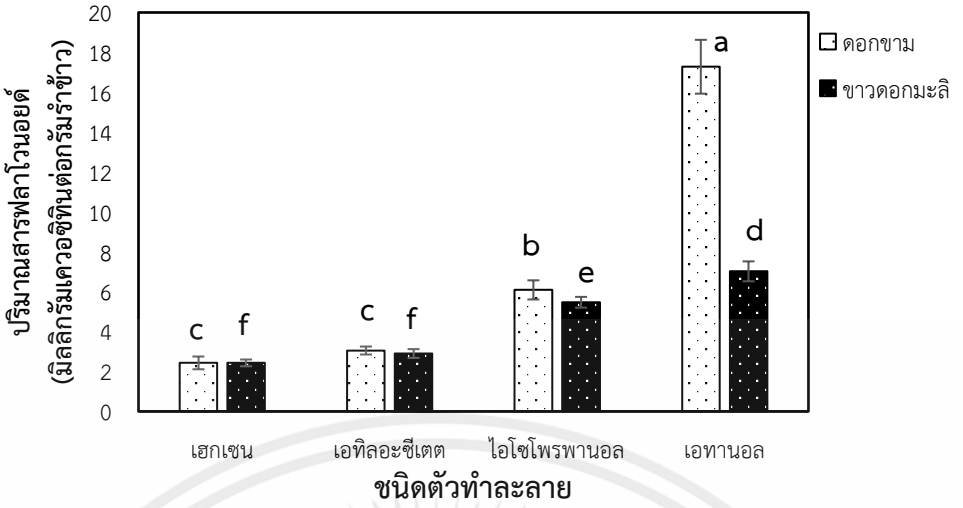
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามและรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสกัดด้วยเฮกเซน เอทิลอะซีเตต และไอโซโพรพานอล และการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดด้วยเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.4) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดอื่น เนื่องจากสารฟลาโวนอยด์มีความเป็นขั้วใกล้เคียงกับเอทานอลจึงทำให้เอทานอลสามารถดึงหรือละลายสารฟลาโวนอยด์ในรำข้าวออกมาได้มากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดอื่น

**ตารางที่ 4.6** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน

| ตัวทำละลาย | ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (มิลลิกรัมเควอซิทินต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| เฮกเซน | $2.43 \pm 0.32^{c,x}$ | $2.43 \pm 0.17^{f,x}$ |
| เอทิลอะซีเตต | $3.05 \pm 0.20^{c,x}$ | $2.90 \pm 0.22^{f,x}$ |
| ไอโซโพรพานอล | $6.09 \pm 0.48^{b,x}$ | $5.47 \pm 0.27^{e,x}$ |
| เอทานอล | $17.28 \pm 1.35^{a,x}$ | $7.02 \pm 0.50^{d,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม d,e,f ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.4** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน

4.2.1.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลพบว่าให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.5) พบว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าไอโซโพรพานอลและเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอล พบว่าให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรนอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.5) พบว่าการสกัดด้วยเอทานอล ไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดด้วยเฮกเซน เอทิลอะซีเตต ไอโซโพรพานอล และเอทานอล อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.5) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH มากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดอื่น การทดลองนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Tabaraki และ Nateghi, 2011 ซึ่งได้ทำการสกัดสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าวด้วยวิธีการสกัดแบบคลื่นความถี่สูงโดยได้ทำการวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH พบว่าการสกัดรำข้าวด้วยเอทานอลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการสกัดด้วยเอทิลอะซีเตตและเฮกเซน เนื่องจากภายในรำข้าวประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิด ทั้งสารที่มีขั้วและไม่มีขั้ว และเอทานอลเป็นสารที่มีความเป็นขั้วสูงจึงสามารถละลายสารที่มีสมบัติความเป็นขั้วใกล้เคียงกันออกมายังตัวทำละลายได้ นอกจากนี้เอทานอลยังประกอบด้วยหมู่เอทิลซึ่งไม่มีขั้วจึงสามารถละลายสารที่มีความเป็นขั้วต่ำออกมายังตัวทำละลายได้

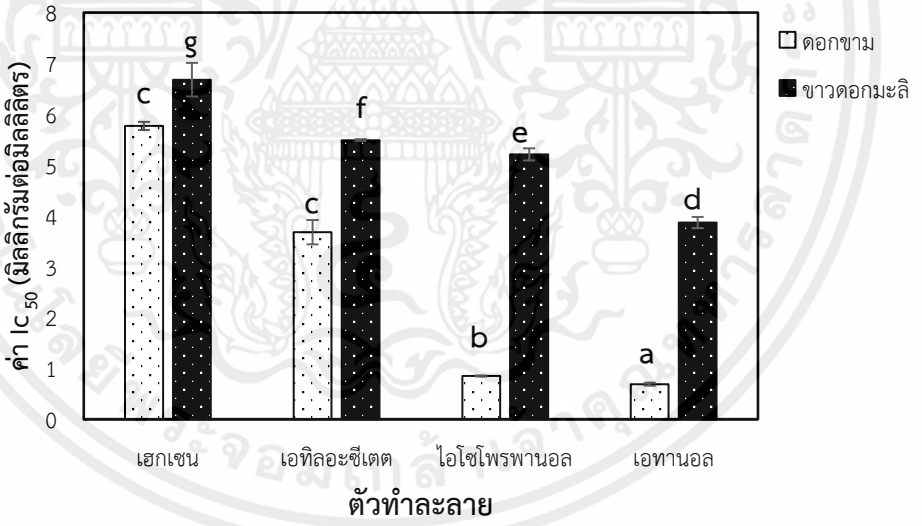
เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใด...

เช่นกัน ดังนั้นน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยเอทานอลจึงประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่จำนวนมากส่งผลให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด

**ตารางที่ 4.7** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน

| ตัวทำละลาย | ค่า $IC_{50}$ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| เฮกเซน | $5.77 \pm 0.08^{c,x}$ | $6.68 \pm 0.33^{g,y}$ |
| เอทิลอะซีเตต | $3.68 \pm 0.24^{c,x}$ | $5.49 \pm 0.02^{f,y}$ |
| ไอโซโพรพานอล | $0.85 \pm 0.01^{b,x}$ | $5.21 \pm 0.12^{e,y}$ |
| เอทานอล | $0.69 \pm 0.03^{a,x}$ | $3.87 \pm 0.11^{d,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ของสารสกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม d,e,f,g ตัวอักษรที่ต่างกันแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ของสารสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.5** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน

4.2.1.6 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามโดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอล พบว่าให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.6) พบว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำ ไม่ว่ากรณีใ

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าไอโซโพรพานอล และเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลพบว่าให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.6) พบว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าไอโซโพรพานอล และเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีกว่ารำข้าวดอกขามอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสกัดด้วยเฮกเซน และการสกัดด้วยรำข้าวดอกขามและรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อสกัดด้วยเอทิลอะซีเตต ไอโซโพรพานอล และเอทานอล (ตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.6) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP มากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดอื่น การทดลองนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Tabaraki และ Nateghi, 2011 ได้ทำการสกัดรำข้าวด้วยวิธีการสกัดแบบคลื่นความถี่สูงและวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP พบว่าการสกัดรำข้าวด้วยเอทานอลให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีกว่าการสกัดด้วยเอทิลอะซีเตตและเฮกเซน เนื่องจากภายในรำข้าวประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิด ทั้งสารที่มีขั้วและไม่มีขั้ว และเอทานอลเป็นสารที่มีความเป็นขั้วสูงจึงสามารถละลายสารที่มีสมบัติความเป็นขั้วใกล้เคียงกันออกมายังตัวทำละลายได้ นอกจากนี้เอทานอลยังประกอบด้วยหมู่เอทิลซึ่งไม่มีขั้ว จึงสามารถละลายสารที่มีความเป็นขั้วต่ำออกมายังตัวทำละลายได้เช่นกัน ดังนั้นน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยเอทานอลจึงประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่จำนวนมากส่งผลให้น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้มีความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด

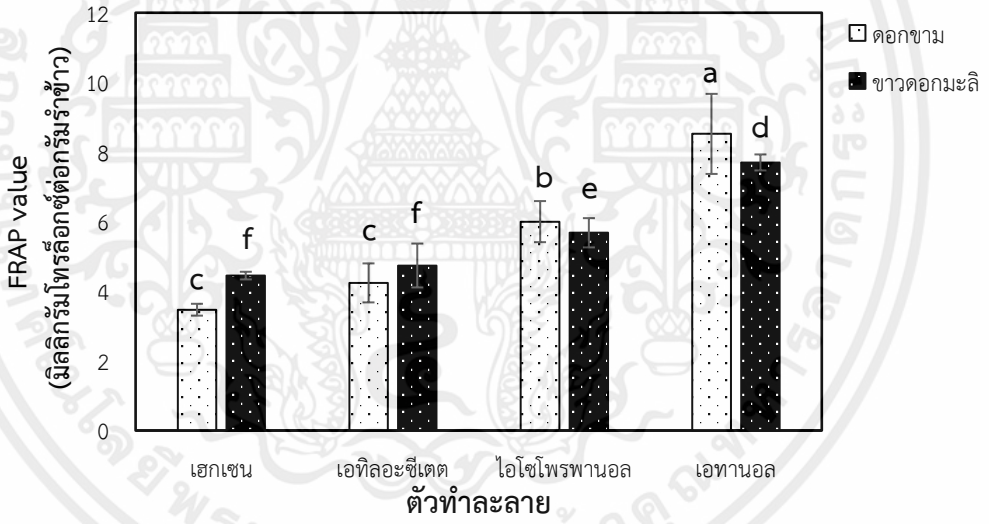
จากผลการศึกษาชนิดตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ด้วยคลื่นความถี่สูง พบว่าเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าว สารแกมมาโอไรซานอล สารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP มากที่สุด ดังนั้นเอทานอลจึงเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ จึงเลือกใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลในการทดลองครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.8** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน

| ตัวทำละลาย | ความสามารถในการรีดิวซ์ (มิลลิกรัมโทรล็อกซ์ต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| เฮกเซน | $3.47 \pm 0.17^{c,y}$ | $4.45 \pm 0.11^{f,x}$ |
| เอทิลอะซีเตต | $4.24 \pm 0.56^{c,x}$ | $4.74 \pm 0.63^{f,x}$ |
| ไอโซโพรพานอล | $6.00 \pm 0.59^{b,x}$ | $5.68 \pm 0.42^{e,x}$ |
| เอทานอล | $8.52 \pm 1.15^{a,x}$ | $7.70 \pm 0.23^{d,x}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของสารสกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม d,e,f ตัวอักษรที่ต่างกันแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของสารสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.6** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน

### 4.2.2 อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล

การศึกษาอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากน้ำมันรำข้าวด้วยวิธีการสกัดแบบคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) ใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ศึกษาอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลทั้งหมด 6 อัตราส่วน ได้แก่ 1:2 1:4 1:6 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เนื่องจากการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามที่อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด จึงเพิ่มการทดลองในรำข้าวไร่พันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกขามที่อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:14 1:16 และ 1:18 โดยมวลต่อปริมาตร เพื่อให้ได้อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลที่ให้ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่คงที่และมากที่สุดอย่างแท้จริง แสดงผลเป็นปริมาณน้ำมันรำข้าว ปริมาณแกมมาโอไรซานอล ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

4.2.2.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามที่อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:8 1:10 1:6 1:4 และ 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.7) พบว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:10 และ 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:6 1:4 และ 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร และน้อยกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อเพิ่มการทดลองการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:14 1:16 และ 1:18 โดยมวลต่อปริมาตร พบว่าปริมาณน้ำมันที่ได้มีความคงที่ และใกล้เคียงกันกับการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร

การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:10 1:8 1:6 1:4 และ 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.7) พบว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:10 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดด้วยอัตราส่วน 1:8 และ 1:10 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:4 และ 1:6 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

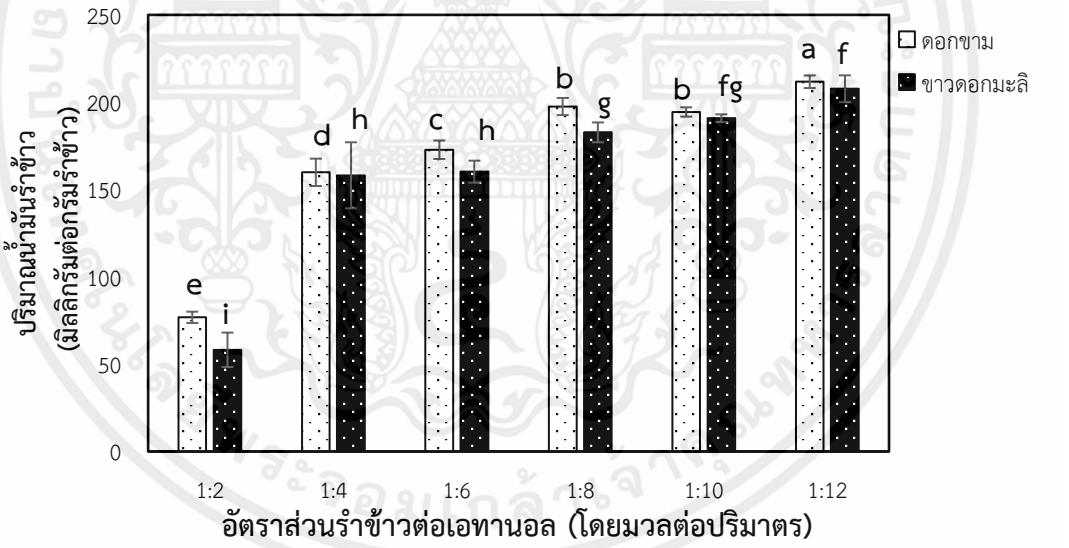
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญเมื่อสกัดด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:2 และ 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร การสกัดรำข้าวดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อสกัดด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 1:6 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร (ตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.7) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลที่มากขึ้นส่งผลให้ได้ปริมาณน้ำมันมากขึ้นจนถึงจุดจุดหนึ่งซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาตรเอทานอลแล้วปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้คงที่เนื่องจากมีปริมาตรเอทานอลที่เพียงพอต่อการสกัดรำข้าว ทำให้เอทานอลที่เหลือไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสกัดน้ำมันได้ จึงเป็นการสิ้นเปลืองเอทานอลโดยใช่เหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.9** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน

| อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล (w/v) | ปริมาณน้ำมันรำข้าว (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 1:2 | $76.81 \pm 3.24^{e,x}$ | $58.20 \pm 9.87^{i,y}$ |
| 1:4 | $159.85 \pm 7.84^{d,x}$ | $158.14 \pm 18.91^{h,x}$ |
| 1:6 | $172.79 \pm 5.30^{c,x}$ | $160.23 \pm 6.29^{h,x}$ |
| 1:8 | $197.53 \pm 4.90^{b,x}$ | $182.73 \pm 5.69^{g,y}$ |
| 1:10 | $194.41 \pm 2.67^{b,x}$ | $190.88 \pm 2.17^{fg,x}$ |
| 1:12 | $211.71 \pm 3.61^{a,x}$ | $207.69 \pm 7.69^{f,x}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d,e ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม f,g,h,i ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.7** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน

4.2.2.2 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามโดยใช้อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:8 1:10 1:6 1:4 และ 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.8) พบว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:8 1:10 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1:6 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ให้ปริมาณมากกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:2 และ 1:4 โดยมวลต่อปริมาตร และน้อยกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อเพิ่มการทดลองการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:14 1:16 และ 1:18 โดยมวลต่อปริมาตร พบว่าปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้มีปริมาณน้อยกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:8 โดยมวลโดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:6 1:10 1:12 1:4 และ 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.8) พบว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:4 1:6 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ให้ปริมาณน้อยกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:8 โดยมวลต่อปริมาตรอย่างมีนัยสำคัญ และให้ปริมาณมากกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

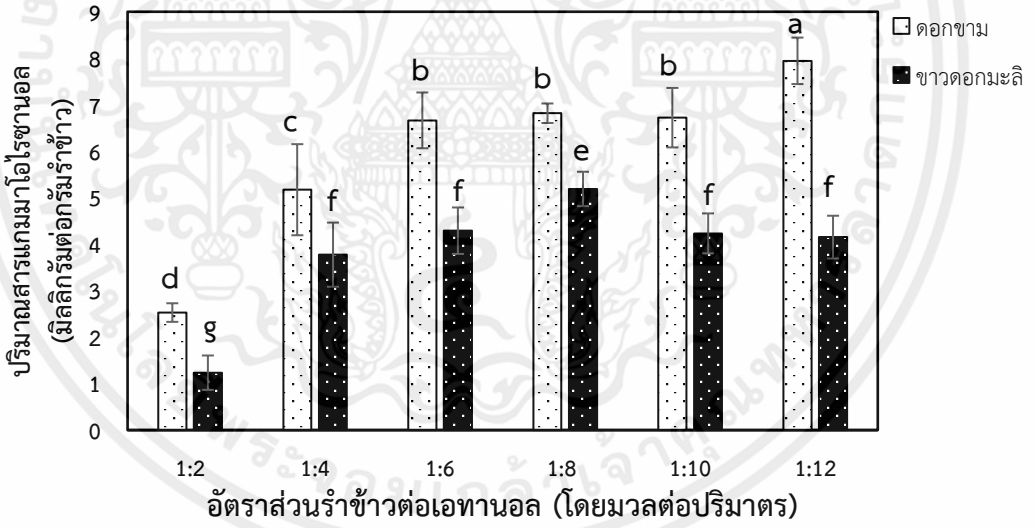
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสกัดด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวลต่อปริมาตร และการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:6 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.8) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด แต่การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าที่อัตราส่วน 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด เนื่องจากอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามและรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 นั้นมีความแตกต่างกันคือ 1:12 และ 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเพียงตัวควบคุม จึงให้ความสำคัญต่อรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามมากกว่า ดังนั้นอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอไรซานอลในรำข้าวไร่คือ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร จากการทดลองจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลที่มากขึ้นทำให้สามารถละลายสารแกมมาโอไรซานอลออกมาได้มากขึ้นตามปริมาณของเอทานอลจนถึงจุดจุดหนึ่งซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณเอทานอลแล้วปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลคงที่ เนื่องจากมีปริมาณเอทานอลที่เพียงพอต่อการสกัดสารแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าว ทำให้เอทานอลที่เหลือไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสกัดสารได้ จึงเป็นการสิ้นเปลืองเอทานอลโดยใช่เหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.10** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน

| อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล (w/v) | ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 1:2 | $2.53 \pm 0.20^{d,x}$ | $1.24 \pm 0.37^{g,y}$ |
| 1:4 | $5.17 \pm 0.98^{c,x}$ | $3.77 \pm 0.69^{f,x}$ |
| 1:6 | $6.66 \pm 0.60^{b,x}$ | $4.29 \pm 0.50^{f,y}$ |
| 1:8 | $6.82 \pm 0.21^{b,x}$ | $5.19 \pm 0.37^{e,y}$ |
| 1:10 | $6.72 \pm 0.64^{b,x}$ | $4.23 \pm 0.43^{f,y}$ |
| 1:12 | $7.94 \pm 0.50^{a,x}$ | $4.15 \pm 0.46^{f,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม e,f,g ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.8** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน

4.2.2.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามโดยใช้อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นอัตราส่วน 1:8 1:10 1:6 1:4 และ 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.9) พบว่าการสกัดรำข้าวด้วยอัตราส่วน 1:8 และ 1:10 โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:4 และ 1:6 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อเพิ่มการทดลองการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:14 1:16 และ 1:18 โดยมวลต่อปริมาตร พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้มีปริมาณคงที่และใกล้เคียงกับการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:10 1:8 1:6 1:4 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.9) พบว่าการสกัดรำข้าวด้วยอัตราส่วน 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:6 1:4 และ 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

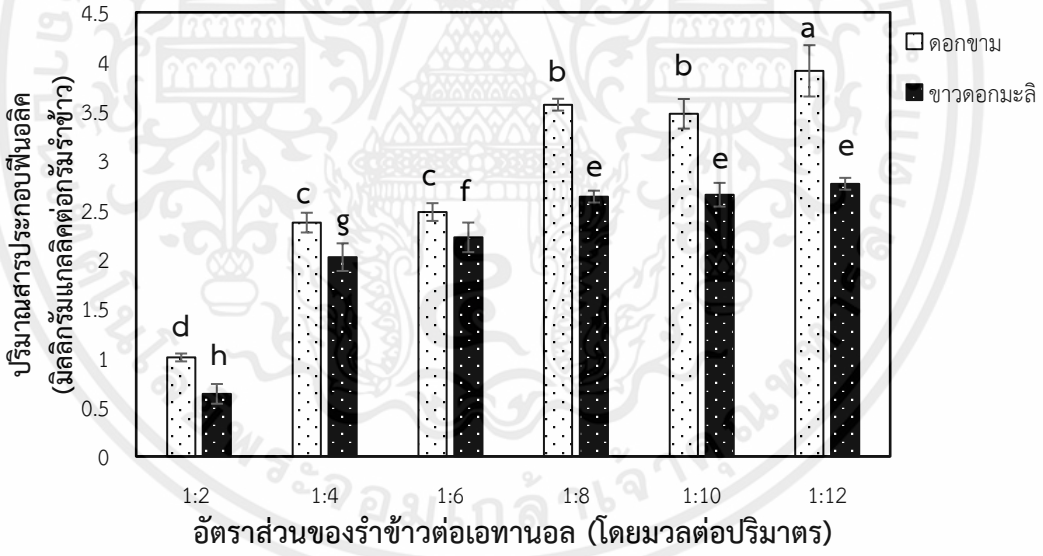
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสกัดด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร การสกัดรำข้าวดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:6 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.9) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด ดังนั้นอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลที่เหมาะสมต่อการสกัดสารประกอบฟีนอลิคในรำข้าวไร่คือ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร จากการทดลองจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลที่มากขึ้นทำให้สามารถละลายสารประกอบฟีนอลิคออกมาได้มากขึ้นตามปริมาณของเอทานอลจนถึงจุดจุดหนึ่งซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณเอทานอลแล้วปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้คงที่ เนื่องจากมีปริมาณเอทานอลที่เพียงพอต่อการสกัดสารประกอบฟีนอลิคในน้ำมันรำข้าว ทำให้เอทานอลที่เหลือไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสกัดสารได้จึงเป็นการสิ้นเปลืองเอทานอลโดยใช่เหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.11** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน

| อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล (w/v) | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 1:2 | $1.00 \pm 0.04^{d,x}$ | $0.63 \pm 0.10^{h,y}$ |
| 1:4 | $2.37 \pm 0.10^{c,x}$ | $2.02 \pm 0.14^{g,y}$ |
| 1:6 | $2.48 \pm 0.09^{c,x}$ | $2.22 \pm 0.15^{f,x}$ |
| 1:8 | $3.56 \pm 0.06^{b,x}$ | $2.63 \pm 0.06^{e,y}$ |
| 1:10 | $3.47 \pm 0.15^{b,x}$ | $2.65 \pm 0.12^{e,y}$ |
| 1:12 | $3.91 \pm 0.26^{a,x}$ | $2.76 \pm 0.06^{e,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม e,f,g,h ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.9** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน

4.2.2.4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามโดยใช้อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดสารด้วยอัตราส่วน 1:8 1:10 1:6 1:4 และ 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.10) พบว่าการสกัดรำข้าวด้วยอัตราส่วน 1:8 และ 1:12 ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดด้วยอัตราส่วน 1:8 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1:10 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:4 และ 1:6 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อเพิ่มการทดลองการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:14 1:16 และ 1:18 โดยมวลต่อปริมาตร พบว่าปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้มีปริมาณคงที่และน้อยลงกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:10 1:12 1:4 1:6 และ 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.10) พบว่าการสกัดรำข้าวด้วยอัตราส่วน 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวลต่อปริมาตร อย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:4 และ 1:6 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

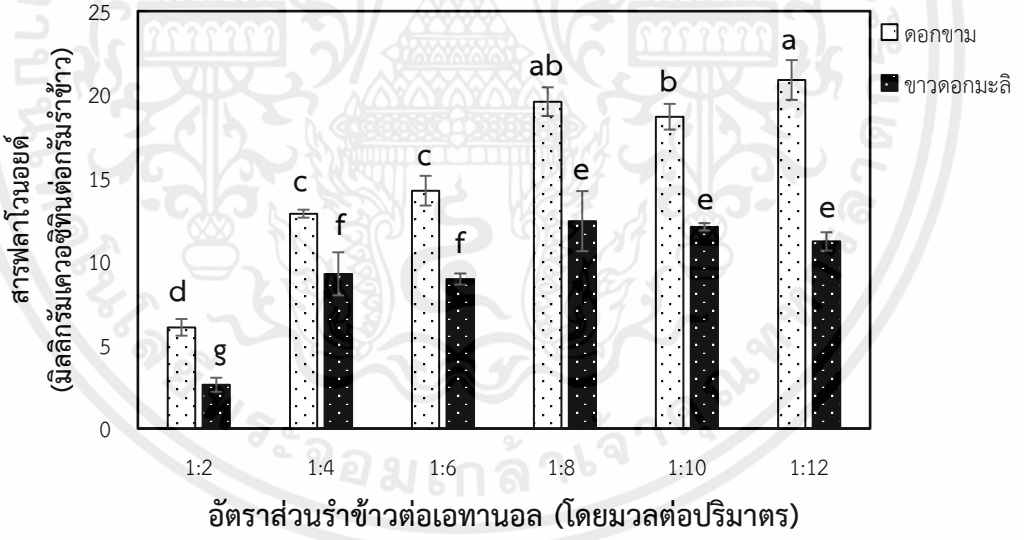
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 1:6 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.10) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลที่มากขึ้นทำให้สามารถละลายสารฟลาโวนอยด์ออกมาได้มากขึ้นตามปริมาตรของเอทานอลจนถึงจุดจุดหนึ่งซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาตรเอทานอลแล้วปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้คงที่ เนื่องจากมีปริมาตรเอทานอลที่เพียงพอต่อการสกัดสารฟลาโวนอยด์ในน้ำมันรำข้าวทำให้เอทานอลที่เหลือไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสกัดสารได้ จึงเป็นการสิ้นเปลืองเอทานอลโดยใช่เหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.12** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน

| อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล (w/v) | ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (มิลลิกรัมเควอซิทินต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 1:2 | $6.06 \pm 0.50^{d,x}$ | $2.62 \pm 0.42^{g,y}$ |
| 1:4 | $12.87 \pm 0.24^{c,x}$ | $9.26 \pm 1.29^{f,y}$ |
| 1:6 | $14.25 \pm 0.89^{c,x}$ | $8.96 \pm 0.33^{f,y}$ |
| 1:8 | $19.58 \pm 0.86^{ab,x}$ | $12.42 \pm 1.80^{e,y}$ |
| 1:10 | $18.67 \pm 0.77^{b,x}$ | $12.08 \pm 0.22^{e,y}$ |
| 1:12 | $20.88 \pm 1.19^{a,x}$ | $11.21 \pm 0.55^{e,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม e,f,g ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวขาวดอมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.10** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน

4.2.2.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม โดยใช้อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:10 1:8 1:6 1:2 และ 1:4 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.11) พบว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รำข้าวต่อเอทานอล 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดด้วยอัตราส่วน 1:2 และ 1:4 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:2 และ 1:6 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเพิ่มการทดลองการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:14 1:16 และ 1:18 โดยมวลต่อปริมาตร พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้มีฤทธิ์คงที่และใกล้เคียงกับการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าที่อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:8 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:12 1:10 1:6 1:2 และ 1:4 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.11) พบว่าการสกัดด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดด้วยอัตราส่วน 1:2 1:6 และ 1:10 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ฤทธิ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

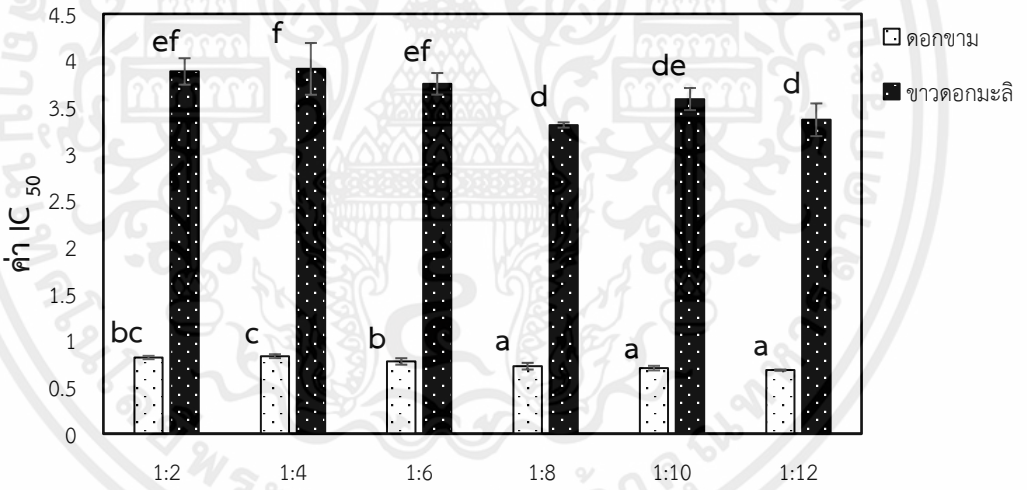
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 1:6 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.11) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ โดยใช้อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ใกล้เคียงกันและให้ฤทธิ์ดีที่สุด จากการทดลองจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลที่มากขึ้นทำให้น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ได้ดีขึ้นตามปริมาตรของเอทานอลจนถึงจุดจุดหนึ่งซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาตรเอทานอลแล้วฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้คงที่ เนื่องจากมีปริมาตรเอทานอลที่เพียงพอต่อการสกัดสารสำคัญต่างๆ ในน้ำมันรำข้าว ทำให้เอทานอลที่เหลือไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสกัดสารได้ จึงเป็นการสิ้นเปลืองเอทานอลโดยใช่เหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.13** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน

| อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล (w/v) | ค่า $IC_{50}$ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 1:2 | $0.82 \pm 0.02^{bc,x}$ | $3.88 \pm 0.14^{ef,y}$ |
| 1:4 | $0.83 \pm 0.02^{c,x}$ | $3.91 \pm 0.28^{f,y}$ |
| 1:6 | $0.78 \pm 0.03^{b,x}$ | $3.75 \pm 0.12^{ef,y}$ |
| 1:8 | $0.72 \pm 0.04^{a,x}$ | $3.31 \pm 0.03^{d,y}$ |
| 1:10 | $0.70 \pm 0.02^{a,x}$ | $3.59 \pm 0.12^{de,y}$ |
| 1:12 | $0.68 \pm 0.01^{a,x}$ | $3.37 \pm 0.18^{d,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ของสารสกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม d,e,f ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ของสารสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.11** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน

4.2.2.6 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามโดยใช้อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:8 1:10 1:6 1:4 และ 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.12) พบว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:8 และ 1:10 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ให้ความสามารถดีกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวลต่อปริมาตร และให้ความสามารถน้อยกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเพิ่มการทดลองการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:14 1:16 และ 1:18 โดยมวลต่อปริมาตร พบว่าความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้คงที่และใกล้เคียงกับการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:8 1:10 1:4 1:6 และ 1:2 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.12) พบว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ให้ความสามารถดีกว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวลต่อปริมาตร อย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:4 และ 1:6 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสกัดด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 และ 1:4 โดยมวลต่อปริมาตร และการสกัดรำข้าวดอกขามให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:6 1:8 1:10 และ 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.12) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ โดยใช้อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด จากการทดลองจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลที่มากขึ้นทำให้น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้มีความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีขึ้นตามปริมาตรของเอทานอลจนถึงจุดจุดหนึ่งซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาตรเอทานอลแล้วความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้คงที่ เนื่องจากมีปริมาณเอทานอลที่เพียงพอต่อการสกัดสารสำคัญต่างๆ ในน้ำมันรำข้าว ทำให้เอทานอลที่เหลือไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสกัดสารได้ จึงเป็นการสิ้นเปลืองเอทานอลโดยใช่เหตุ

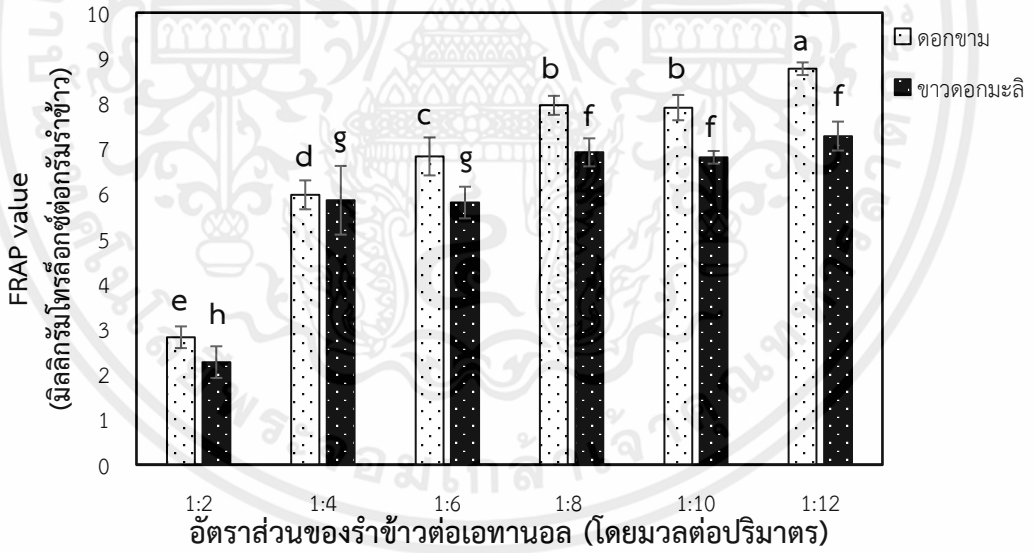
จากผลการศึกษาอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบพบว่าการสกัดด้วยอัตราส่วน 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าว สารแกมมาโอไรซานอล สารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP มากที่สุด ดังนั้นการสกัดด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เป็นอัตราส่วนเหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ จึงเลือกใช้อัตราส่วน 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ในการทดลองครั้งต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.14** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน

| อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล (w/v) | ความสามารถในการรีดิวซ์ (มิลลิกรัมโทรล็อกซ์ต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 1:2 | $2.82 \pm 0.24^{e,x}$ | $2.27 \pm 0.35^{h,x}$ |
| 1:4 | $5.97 \pm 0.32^{d,x}$ | $5.85 \pm 0.76^{g,x}$ |
| 1:6 | $6.82 \pm 0.42^{c,x}$ | $5.80 \pm 0.35^{g,y}$ |
| 1:8 | $7.95 \pm 0.21^{b,x}$ | $6.91 \pm 0.31^{f,y}$ |
| 1:10 | $7.90 \pm 0.28^{b,x}$ | $6.80 \pm 0.14^{f,y}$ |
| 1:12 | $8.76 \pm 0.14^{a,x}$ | $7.27 \pm 0.32^{f,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d,e ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของสารสกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม f,g,h ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของสารสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.12** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ด้วยอัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.3 อุณหภูมิ**

การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากน้ำมันรำข้าวด้วยวิธีการสกัดแบบคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) ใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ศึกษาอุณหภูมิทั้งหมด 3 อุณหภูมิด้วยกัน ได้แก่ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส แสดงผลเป็นปริมาณน้ำมันรำข้าว ปริมาณแกมมาโอไรซานอล ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

4.2.3.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดที่อุณหภูมิ 60 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.13) พบว่าการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดที่อุณหภูมิ 60 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.13) พบว่าการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

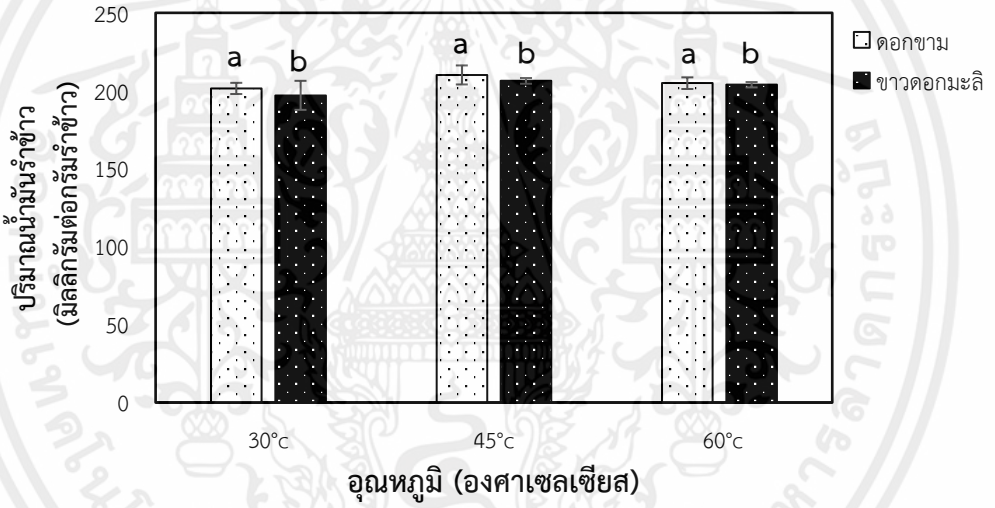
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อสกัดด้วยอุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.13) เนื่องจากอุณหภูมิที่ทำการทดลองไม่สูงเกินไปทำให้ไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการทดลองนี้มีสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Xu และคณะ, 2016 ซึ่งได้ทำการหาปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยคลื่นความถี่สูงโดยใช้ตัวทำละลายเป็นเฮกเซนสกัดที่อุณหภูมิตั้งแต่ 20-70 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้ช่วงอุณหภูมิ 30-60 องศาเซลเซียส คงที่และมีปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ และยังพบงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ให้ผลแตกต่างกัน Khoei และ Chekin, 2016 ได้ทำการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้วิธีการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction) โดยได้ทำการศึกษาหาอุณหภูมิที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันข้าวที่ได้ โดยสภาวะการสกัดที่ใช้คือสกัดด้วยเฮกเซน นาน 70 นาที ที่อุณหภูมิ 25-45 องศาเซลเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.15** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน

| อุณหภูมิ (°C) | ปริมาณน้ำมันรำข้าว (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 30 | $201.51 \pm 3.59^{a,x}$ | $197.07 \pm 9.32^{b,x}$ |
| 45 | $210.16 \pm 6.10^{a,x}$ | $206.34 \pm 1.84^{b,x}$ |
| 60 | $204.88 \pm 3.73^{a,x}$ | $203.87 \pm 1.72^{b,x}$ |

หมายเหตุ :a ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.13** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน

4.2.3.2 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดที่อุณหภูมิ 60 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.14) พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดที่อุณหภูมิ 60 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

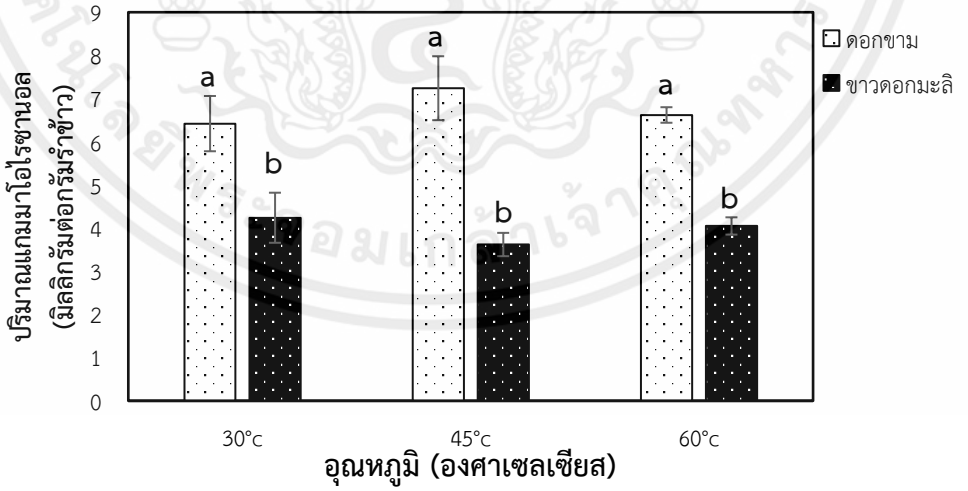
และรูปที่ 4.14) พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดด้วยอุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.14) จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่ 30-60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลคงที่และใกล้เคียงกัน เนื่องจากจุดหลอมเหลวของสารแกมมาโอไรซานอลเท่ากับ 137-138 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ทำการทดลองไม่สูงเท่ากับจุดหลอมเหลวจึงไม่ทำให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดได้เสียสภาพจากอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด

**ตารางที่ 4.16** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน

| อุณหภูมิ ($^{o}$C) | ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 30 | $6.42 \pm 0.64^{a,x}$ | $4.24 \pm 0.58^{b,y}$ |
| 45 | $7.24 \pm 0.74^{a,x}$ | $3.62 \pm 0.27^{b,y}$ |
| 60 | $6.62 \pm 0.18^{a,x}$ | $4.05 \pm 0.20^{b,y}$ |

หมายเหตุ : a ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.14** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีก ... นำไปใช้

4.2.3.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดที่อุณหภูมิ 60 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.15) พบว่าการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 30 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ให้ปริมาณน้อยกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดที่อุณหภูมิ 60 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.15) พบว่าการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ให้ปริมาณมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

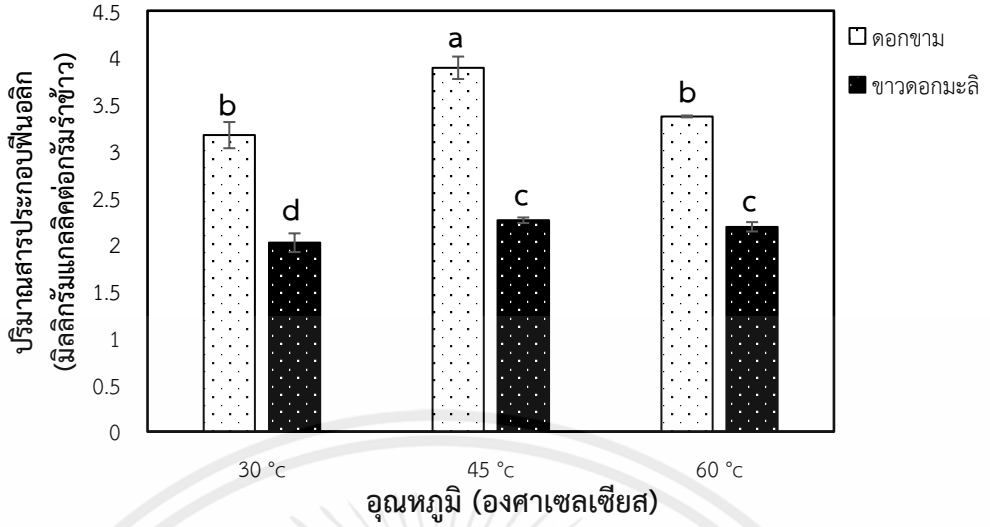
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดด้วยอุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.15) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด เนื่องจากการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อาจทำให้สารประกอบฟีนอลิคบางชนิดที่ไม่ทนความร้อนเสียสภาพได้จึงทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคน้อยกว่าการสกัดด้วยอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส การทดลองนี้ใกล้เคียงกันกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ Das และคณะ, 2017 ซึ่งได้ทำการสกัดสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในรำข้าวสายพันธุ์สีดำและสีม่วงโดยใช้การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction) ซึ่งพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด โดยจากการทดลองพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิ 37.5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิคค่อยๆ ลดลง

**ตารางที่ 4.17** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน

| อุณหภูมิ ($^{o}$C) | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 30 | $3.17 \pm 0.14^{b,x}$ | $2.02 \pm 0.10^{d,y}$ |
| 45 | $3.89 \pm 0.12^{a,x}$ | $2.26 \pm 0.03^{c,y}$ |
| 60 | $3.37 \pm 0.01^{b,x}$ | $2.19 \pm 0.05^{c,y}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม c,d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.15** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน

4.3.3.4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดที่อุณหภูมิ 60 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.16) พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดที่อุณหภูมิ 60 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.16) พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

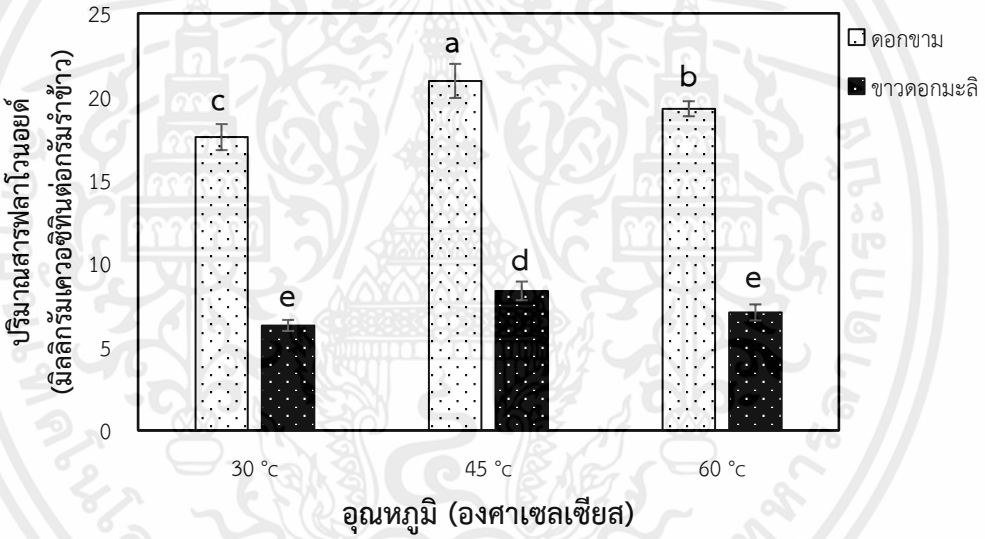
เมื่อเปรียบเทียบพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดด้วยอุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.16) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด เนื่องจากการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อาจทำให้สารฟลาโวนอยด์บางชนิดที่ไม่ทนความร้อนเสียสภาพได้จึงทำให้มีปริมาณฟลาโวนอยด์น้อยกว่าการสกัดด้วยอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.18** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน

| อุณหภูมิ (°C) | ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (มิลลิกรัมเควอซิทินต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 30 | $17.58 \pm 0.78^{c,x}$ | $6.29 \pm 0.33^{e,y}$ |
| 45 | $20.95 \pm 1.02^{a,x}$ | $8.36 \pm 0.56^{d,y}$ |
| 60 | $19.28 \pm 0.45^{b,x}$ | $7.07 \pm 0.48^{e,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม d,e ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.16** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน

4.2.3.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดที่อุณหภูมิ 60 และ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.17) พบว่าการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 30 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH น้อยกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดที่อุณหภูมิ 60 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.17) พบว่าการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

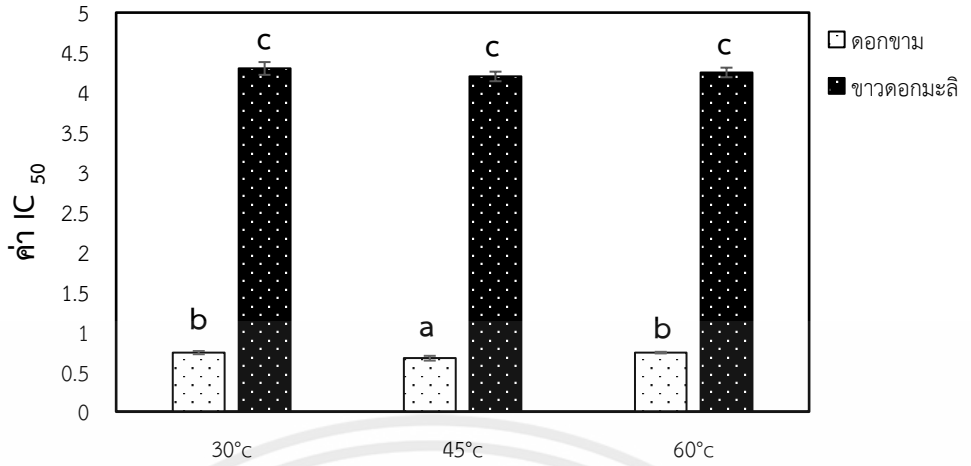
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดด้วยอุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.17) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด เนื่องจากการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อาจทำให้สารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระบางชนิดซึ่งไม่ทนความร้อนเสียสภาพได้จึงทำให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH น้อยกว่าการสกัดด้วยอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Tabaraki และ Nateghi, 2011 ได้ทำการสกัดรำข้าวพันธุ์ Tarom ด้วยคลื่นความถี่สูงโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายและทำการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าที่อุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด

**ตารางที่ 4.19** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน

| อุณหภูมิ ($^{o}$C) | ค่า $IC_{50}$ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 30 | $0.74 \pm 0.02^{b,x}$ | $4.30 \pm 0.08^{c,y}$ |
| 45 | $0.67 \pm 0.03^{a,x}$ | $4.20 \pm 0.06^{c,y}$ |
| 60 | $0.74 \pm 0.01^{b,x}$ | $4.25 \pm 0.06^{c,y}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ของสารสกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ของสารสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.17** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน

4.2.3.6 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ความสามารถดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.18) พบว่าการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 60 องศาสเซลเซียส ให้ความสามารถไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดที่อุณหภูมิ 60 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.18) พบว่าการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสกัดด้วยอุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส และการสกัดรำข้าวดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อสกัดด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.18) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด เนื่องจากการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อาจทำให้สารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระบางชนิดซึ่งไม่ทนความร้อนเสียสภาพได้จึงทำให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้น้อยกว่าการสกัดด้วยอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Tabaraki และ Nateghi, 2011 ได้ทำการสกัดรำข้าวพันธุ์ Tarom ด้วยคลื่นความถี่สูงโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

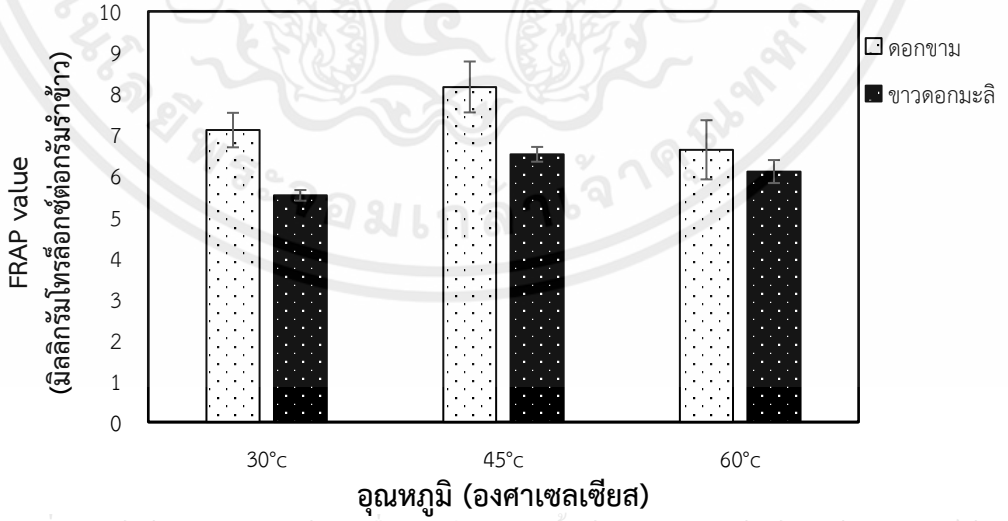
ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP พบว่าที่อุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด

จากผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ด้วยคลื่นความถี่สูงพบว่าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าว สารแกมมาโอไรซานอล สารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP มากที่สุด ดังนั้นการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ จึงทำการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ในการทดลองครั้งต่อไป

**ตารางที่ 4.20** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน

| อุณหภูมิ ($^{o}$C) | ความสามารถในการรีดิวซ์ (มิลลิกรัมโทรล็อกซ์ต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 30 | $7.11 \pm 0.42^{ab,x}$ | $5.52 \pm 0.13^{e,y}$ |
| 45 | $8.16 \pm 0.62^{a,x}$ | $6.52 \pm 0.18^{c,y}$ |
| 60 | $6.63 \pm 0.72^{b,x}$ | $6.10 \pm 0.28^{d,x}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของสารสกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม c,d,e ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของสารสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.18** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร เวลา 60 นาที ด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.4 เวลา**

การศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากน้ำมันรำข้าวด้วยวิธีการสกัดแบบคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) โดยใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ศึกษาเวลาการสกัดทั้งหมด 5 เวลา ได้แก่ 20 40 60 90 และ 120 นาที แสดงผลเป็นปริมาณน้ำมันรำข้าว ปริมาณแกมมาโอไรซานอล ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

4.2.4.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามนาน 120 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 60 40 90 และ 20 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.20 และรูปที่ 4.19) พบว่าการสกัดนาน 40 60 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดนาน 20 40 และ 90 ให้ปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าที่เวลาการสกัด 60 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 120 90 40 และ 20 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.20 และรูปที่ 4.19) พบว่าการสกัดรำข้าวนาน 60 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าการสกัดนาน 20 นาที อย่างมีนัยสำคัญ การสกัดเป็นเวลา 40 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดนาน 20 และ 40 นาที ให้ปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

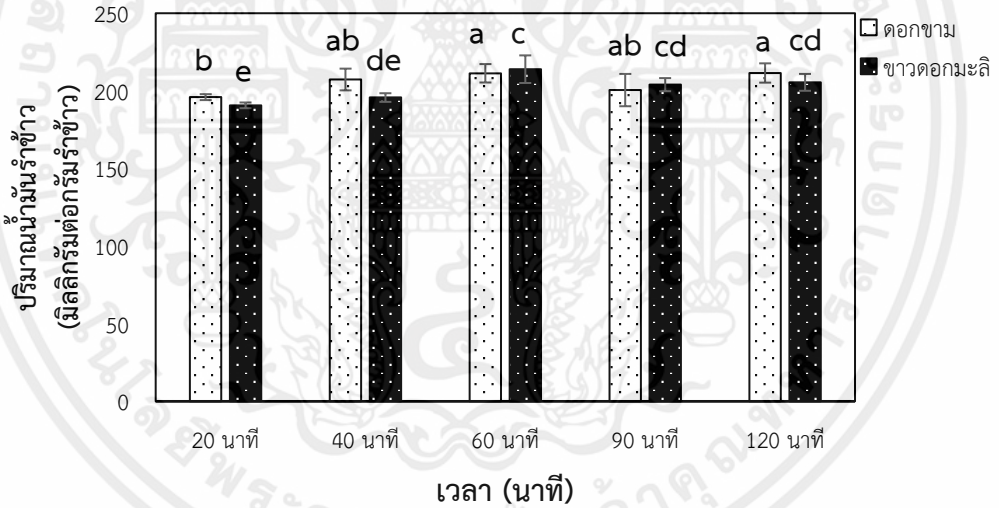
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสกัดเป็นเวลา 20 นาที และการสกัดรำข้าวดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อสกัดเป็นเวลา 40 60 90 และ 120 นาที (ตารางที่ 4.20 และรูปที่ 4.19) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ นาน 60 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด เนื่องจากระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้นทำให้ตัวทำละลายสามารถสกัดปริมาณน้ำมันได้มากขึ้นจนถึงจุดจุดหนึ่งซึ่งเต็มขีดจำกัดที่ตัวทำละลายสามารถสกัดได้จึงทำให้ปริมาณน้ำมันที่ได้คงที่ การทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ Khoei และ Chekin, 2016 ได้ทำการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้วิธีการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction) โดยได้ทำการศึกษาหาระยะเวลาการสกัดที่เหมาะสม โดยสภาวะการสกัดที่ใช้คือสกัดด้วยเฮกเซน อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และพีเอชเท่ากับ 12 พบว่าที่ระยะเวลการสกัด 70 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด และยังพบว่าที่เวลา 60 70 และ 80 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.21** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการสกัดที่แตกต่างกัน

| เวลา (นาที) | ปริมาณน้ำมันรำข้าว (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 20 | $195.96 \pm 1.91^{b,x}$ | $190.67 \pm 1.84^{e,y}$ |
| 40 | $207.32 \pm 7.00^{ab,x}$ | $195.69 \pm 2.78^{de,x}$ |
| 60 | $211.32 \pm 5.93^{a,x}$ | $213.96 \pm 8.89^{c,x}$ |
| 90 | $200.50 \pm 10.41^{ab,x}$ | $204.01 \pm 4.22^{cd,x}$ |
| 120 | $211.51 \pm 6.21^{a,x}$ | $205.48 \pm 5.44^{cd,x}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม c,d,e ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.19** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

4.2.4.2 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามเป็นเวลา 40 นาที ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 60 120 90 และ 20 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.21 และรูปที่ 4.20) พบว่าการสกัดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 20 40 60 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 120 20 90 และ 40 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.21 และรูปที่ 4.20) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 20 40 60 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

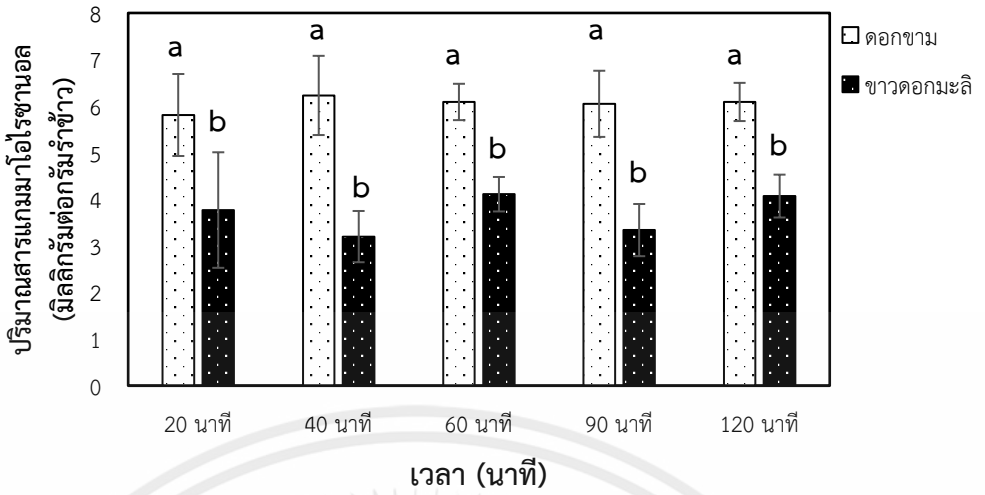
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสกัดเป็นเวลา 20 นาที และการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดเป็นเวลา 40 60 90 และ 120 นาที อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.21 และรูปที่ 4.20) การทดลองนี้พบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์เป็นเวลา 20 40 60 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลใกล้เคียงกัน จึงได้ว่าระยะเวลาในการสกัดรำข้าวด้วยคลื่นความถี่สูงไม่ส่งผลต่อปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้

**ตารางที่ 4.22** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการสกัดที่แตกต่างกัน

| เวลา (นาที) | ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 20 | $5.81 \pm 0.88^{a,x}$ | $3.77 \pm 1.24^{b,x}$ |
| 40 | $6.23 \pm 0.85^{a,x}$ | $3.20 \pm 0.55^{b,y}$ |
| 60 | $6.09 \pm 0.39^{a,x}$ | $4.11 \pm 0.37^{b,y}$ |
| 90 | $6.05 \pm 0.71^{a,x}$ | $3.34 \pm 0.56^{b,y}$ |
| 120 | $6.09 \pm 0.41^{a,x}$ | $4.07 \pm 0.46^{b,y}$ |

หมายเหตุ : a ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.20** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

4.2.4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามเป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นสกัดนาน 120 40 90 และ 20 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.22 และรูปที่ 4.21) พบว่าการสกัดที่เวลา 40 60 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าการสกัดนาน 20 นาที อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าที่เวลาการสกัด 60 นาที ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 120 90 40 และ 20 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.22 และรูปที่ 4.21) พบว่าการสกัดที่เวลา 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดนาน 40 และ 90 นาที ให้ปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดเป็นเวลา 20 40 60 90 และ 120 นาที อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.22 และรูปที่ 4.21) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ เป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด เมื่อเพิ่มระยะเวลาการสกัดพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามนั้นคงที่ ส่วนรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้ลดลง เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด และปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้สามารถดึงสารประกอบฟีนอลิคได้มากที่สุดเต็มขีดจำกัด ดังนั้นเมื่อเพิ่มเวลาในสกัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จึงคงที่และเป็นการสิ้นเปลืองเวลาโดยใช่เหตุ นอกจากนี้ยังพบว่าการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Tabaraki และ Nateghi, 2011 ซึ่งได้ทำการสกัดรำข้าวพันธุ์ Tarom ด้วยคลื่นความถี่สูงโดยใช้

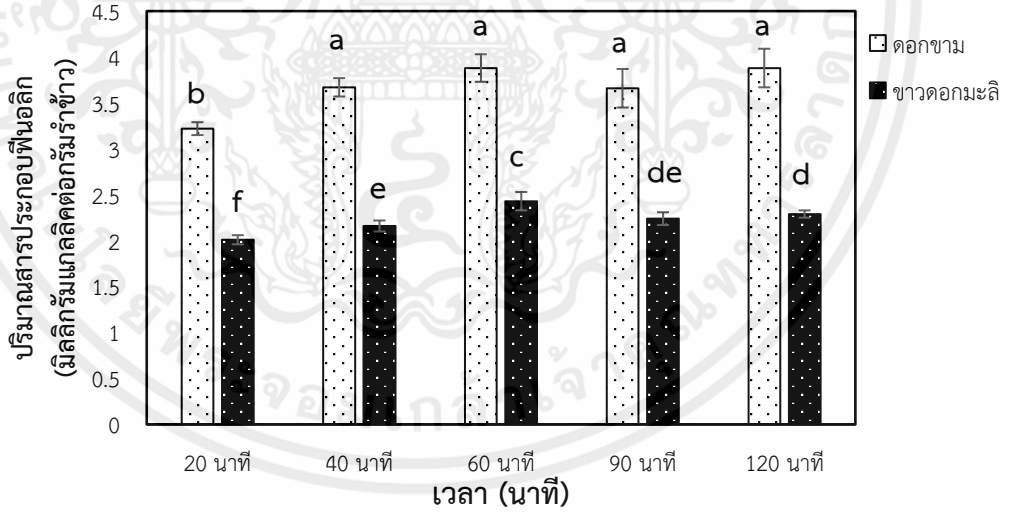
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอทานอลเป็นตัวทำละลายและทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคพบว่าการสกัดเป็นเวลา 40 นาที ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด

**ตารางที่ 4.23** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการสกัดที่แตกต่างกัน

| เวลา (นาที) | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 20 | $3.22 \pm 0.07^{b,x}$ | $2.01 \pm 0.05^{f,y}$ |
| 40 | $3.67 \pm 0.10^{a,x}$ | $2.16 \pm 0.06^{e,y}$ |
| 60 | $3.88 \pm 0.15^{a,x}$ | $2.43 \pm 0.10^{c,y}$ |
| 90 | $3.66 \pm 0.21^{a,x}$ | $2.24 \pm 0.07^{de,y}$ |
| 120 | $3.88 \pm 0.21^{a,x}$ | $2.29 \pm 0.04^{d,y}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม c,d,e,f ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.21** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามเป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 120 90 40 และ 20 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.22) พบว่าการสกัดที่เวลา 60 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดเป็นเวลา 40 และ 90 นาที ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 120 90 40 และ 20 นาที เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.22) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 60 90 และ 120 นาที ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดนาน 20 และ 40 นาที ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

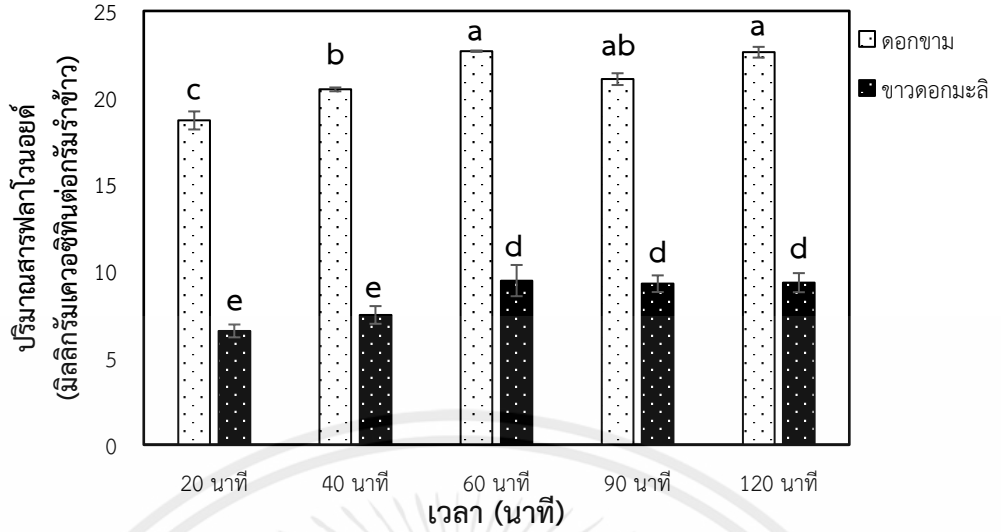
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดเป็นเวลา 20 40 60 90 และ 120 นาที อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.22) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ เป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์มากที่สุด เมื่อเพิ่มระยะเวลาการสกัดพบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ได้ยังคงที่เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้สามารถดึงสารฟลาโวนอยด์ได้มากที่สุดเต็มขีดจำกัด ดังนั้นเมื่อเพิ่มเวลาในสกัดปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จึงคงที่และเป็นการสิ้นเปลืองเวลาโดยใช่เหตุ

**ตารางที่ 4.24** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการสกัดที่แตกต่างกัน

| เวลา (นาที) | ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (มิลลิกรัมเควอซิทินต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 20 | $18.69 \pm 0.52^{c,x}$ | $6.56 \pm 0.37^{e,y}$ |
| 40 | $20.48 \pm 1.11^{b,x}$ | $7.48 \pm 0.51^{e,y}$ |
| 60 | $22.68 \pm 1.04^{a,x}$ | $9.46 \pm 0.90^{d,y}$ |
| 90 | $21.07 \pm 1.34^{ab,x}$ | $9.28 \pm 0.48^{d,y}$ |
| 120 | $22.62 \pm 0.31^{a,x}$ | $9.34 \pm 0.55^{d,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม
d,e ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ
x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$)
โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.22** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

4.2.4.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามเป็นเวลา 60 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 40 120 90 และ 20 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.24 และรูปที่ 4.23) พบว่าการสกัดที่เวลา 40 และ 60 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ให้ฤทธิ์ดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 90 และ 120 นาที อย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดนาน 20 90 และ 120 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 90 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 60 40 20 และ 120 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.24 และรูปที่ 4.23) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 20 40 60 และ 90 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดนาน 20 40 60 และ 120 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดเป็นเวลา 20 40 60 90 และ 120 นาที อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.24 และรูปที่ 4.23) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ เป็นเวลา 40 และ 60 นาที ให้ฤทธิ์ดีที่สุด เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้ยังคงที่หรือน้อยลง เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้สามารถดึงสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวได้มากที่สุดเต็มขีดจำกัด ดังนั้นเมื่อเพิ่มเวลาในสกัด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จึงคงที่และเป็นการสิ้นเปลืองเวลาโดยใช่เหตุ การทดลองนี้มีความสอดคล้องกันกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Tabaraki และ Nateghi, 2011

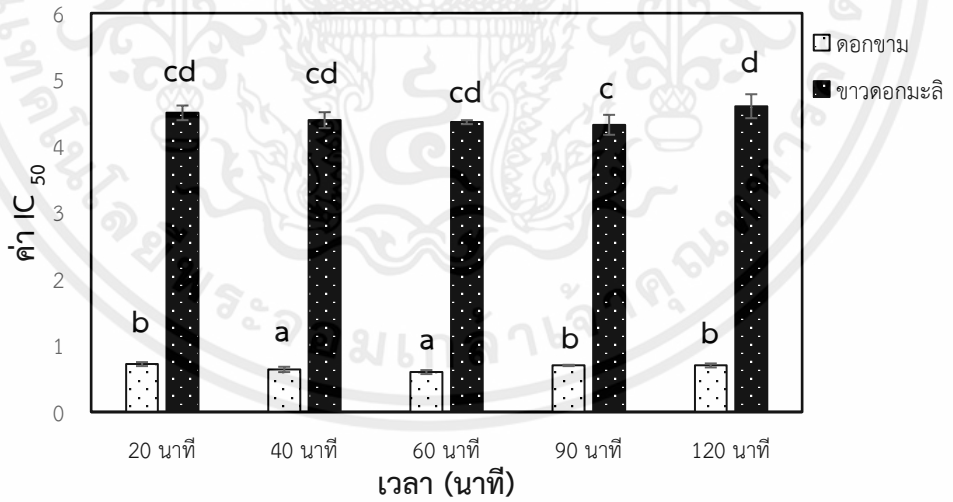
เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณี...

ซึ่งได้ทำการสกัดรำข้าวพันธุ์ Tarom ด้วยคลื่นความถี่สูงโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายและทำการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าการสกัดเป็นเวลา 45 นาที ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด

**ตารางที่ 4.25** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการสกัดที่แตกต่างกัน

| เวลา (นาที) | ค่า $IC_{50}$ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 20 | $0.72 \pm 0.03^{b,x}$ | $4.50 \pm 0.11^{cd,y}$ |
| 40 | $0.64 \pm 0.04^{a,x}$ | $4.39 \pm 0.12^{cd,y}$ |
| 60 | $0.60 \pm 0.03^{a,x}$ | $4.36 \pm 0.03^{cd,y}$ |
| 90 | $0.70 \pm 0.01^{b,x}$ | $4.32 \pm 0.15^{c,y}$ |
| 120 | $0.70 \pm 0.03^{b,x}$ | $4.60 \pm 0.18^{d,y}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ของสารสกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม c,d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ของสารสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.23** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.6 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามเป็นเวลา 60 นาที ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 90 120 40 และ 20 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.24) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 60 90 และ 120 นาที ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดเป็นเวลา 40 และ 120 นาที ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAPไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 60 นาที ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 120 90 40 และ 20 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.24) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 90 และ 120 นาที ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดนาน 60 นาที อย่างมีนัยสำคัญ การสกัดนาน 40 และ 90 นาที ให้ความสามารถไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อสกัดเป็นเวลา 20 40 60 90 และ 120 นาที อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.24) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ เป็นเวลา 60 นาที ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด เมื่อเพิ่มระยะเวลาการสกัดความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวดอกขามยังคงที่ แต่การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP น้อยลงหลังจากสกัดนาน 60 นาที ขึ้นไป ดังนั้นระยะเวลาการสกัดที่เหมาะสมที่ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุดคือเวลาการสกัด 60 นาที เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้สามารถดึงสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวได้มากที่สุดเต็มขีดจำกัด ดังนั้นเมื่อเพิ่มเวลาในสกัดความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จึงคงที่และเป็นการสิ้นเปลืองเวลาโดยใช่เหตุ การทดลองนี้มีความสอดคล้องกันกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Tabaraki และ Nateghi, 2011 ซึ่งได้ทำการสกัดรำข้าวพันธุ์ Tarom ด้วยคลื่นความถี่สูงโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายและทำการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP พบว่าการสกัดเป็นเวลา 45 นาที ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด

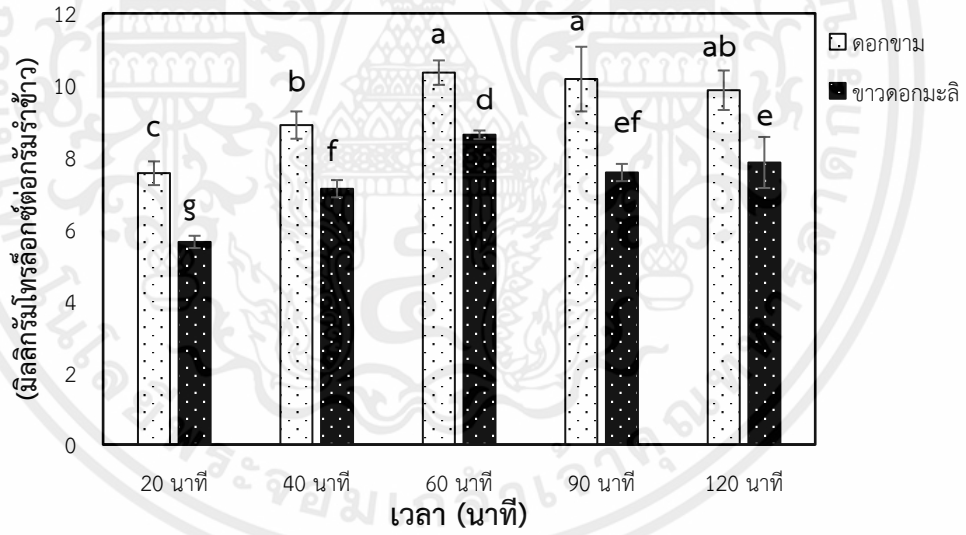
จากผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบพบว่าการสกัดเป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าว สารแกมมาโอไรซานอล สารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP มากที่สุด ดังนั้นการสกัดเป็นเวลา 60 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ จึงทำการสกัดนาน 60 นาที ในการทดลองครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.26** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการสกัดที่แตกต่างกัน

| เวลา (นาที) | ความสามารถในการรีดิวซ์ (มิลลิกรัมโทรล็อกซ์ต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | ดอกขาม | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 20 | $7.55 \pm 0.33^{c,x}$ | $5.64 \pm 0.17^{g,y}$ |
| 40 | $8.89 \pm 0.38^{b,x}$ | $7.12 \pm 0.24^{f,y}$ |
| 60 | $10.35 \pm 0.34^{a,x}$ | $8.62 \pm 0.12^{d,y}$ |
| 90 | $10.17 \pm 0.90^{a,x}$ | $7.57 \pm 0.24^{ef,y}$ |
| 120 | $9.86 \pm 0.55^{ab,x}$ | $7.85 \pm 0.71^{e,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของสารสกัดจากรำข้าวไร่ดอกขาม d,e,f,g ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของสารสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.24** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.5 การใช้สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ**

เมื่อทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic probe) จากนั้นสกัดรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ดอกขาม พันธุ์ภูเขาทอง พันธุ์นางดำ และพันธุ์สามเดือน โดยมีรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นตัวควบคุม ใช้สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดแล้วจึงวิเคราะห์ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าว ได้แก่ ปริมาณน้ำมันรำข้าว ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

4.2.5.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

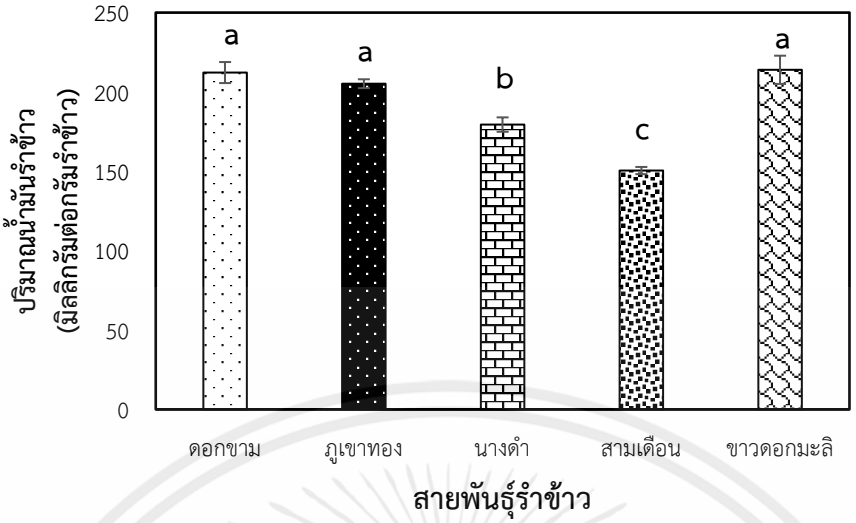
จากการศึกษาการสกัดน้ำมันรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ดอกขาม ภูเขาทอง นางดำ และสามเดือน โดยมีรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นตัวควบคุม ด้วยสภาวะที่เหมาะสมพบว่าการสกัดน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดน้ำมันรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง นางดำ และสามเดือน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.25 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.26) พบว่าการสกัดน้ำมันรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์นางดำและพันธุ์สามเดือนอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 4.27** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

| สายพันธุ์รำข้าว | ปริมาณน้ำมันรำข้าว (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) |
|---|---|
| ดอกขาม | $212.22 \pm 6.62^{a}$ |
| ภูเขาทอง | $205.20 \pm 2.79^{a}$ |
| นางดำ | $179.44 \pm 4.54^{b}$ |
| สามเดือน | $150.48 \pm 2.26^{c}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $213.96 \pm 8.89^{a}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.25** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

4.2.5.2 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล

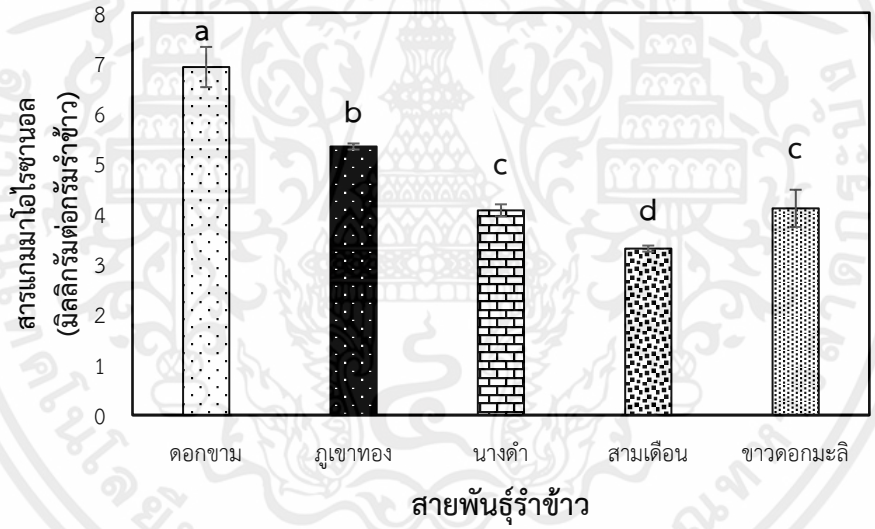
ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด เนื่องจากน้ำมันรำข้าวพันธุ์ดอกขามที่สกัดได้มีสารสกัดหยาบสีแดงละลายปนอยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นไปได้ว่าสารสกัดหยาบนี้ประกอบด้วยสารแกมมาโอไรซานอลซึ่งพบมากในน้ำมันรำข้าวที่มีสี รองลงมาเป็นการสกัดรำข้าวพันธุ์ภูเขาทอง ขาวดอกมะลิ 105 นางดำ และสามเดือน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.26 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.27) พบว่าการสกัดน้ำมันรำข้าวพันธุ์นางดำและขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยรำข้าวพันธุ์ดอกขามและภูเขาทองและมากกว่าการสกัดด้วยรำข้าวพันธุ์สามเดือนที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.28** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

| สายพันธุ์รำข้าว | ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) |
|---|---|
| ดอกขาม | $6.92 \pm 0.40^{a}$ |
| ภูเขาทอง | $5.34 \pm 0.06^{b}$ |
| นางดำ | $4.07 \pm 0.12^{c}$ |
| สามเดือน | $3.31 \pm 0.06^{d}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $4.11 \pm 0.37^{c}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.26** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

4.2.5.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด เนื่องจากลักษณะของน้ำมันรำข้าวพันธุ์ดอกขามที่สกัดได้มีสีแดงเข้มและมีสารสกัดหยาบสีแดงละลายปนอยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นไปได้ว่าสารสีที่พบดังกล่าวเป็นสารประกอบฟีนอลิคและพบในน้ำมันรำข้าวที่มีสีมากกว่ารำข้าวที่ไม่มีสี รองลงมาเป็นการสกัด

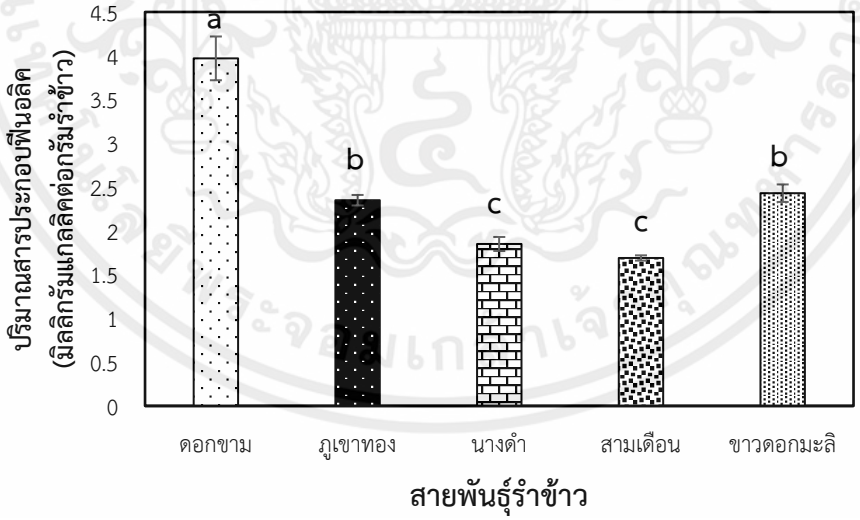
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ภูเขาทอง นางดำ และสามเดือน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.27 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.28) พบว่าการสกัดรำข้าวพันธุ์ภูเขาทองและขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดรำข้าวพันธุ์นางดำและพันธุ์สามเดือนให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 4.29** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบโดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

| สายพันธุ์รำข้าว | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมรำข้าว) |
|---|---|
| ดอกขาม | $3.97 \pm 0.25^{a}$ |
| ภูเขาทอง | $2.35 \pm 0.06^{b}$ |
| นางดำ | $1.85 \pm 0.08^{c}$ |
| สามเดือน | $1.69 \pm 0.03^{c}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $2.43 \pm 0.10^{b}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ และขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.27** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5.4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

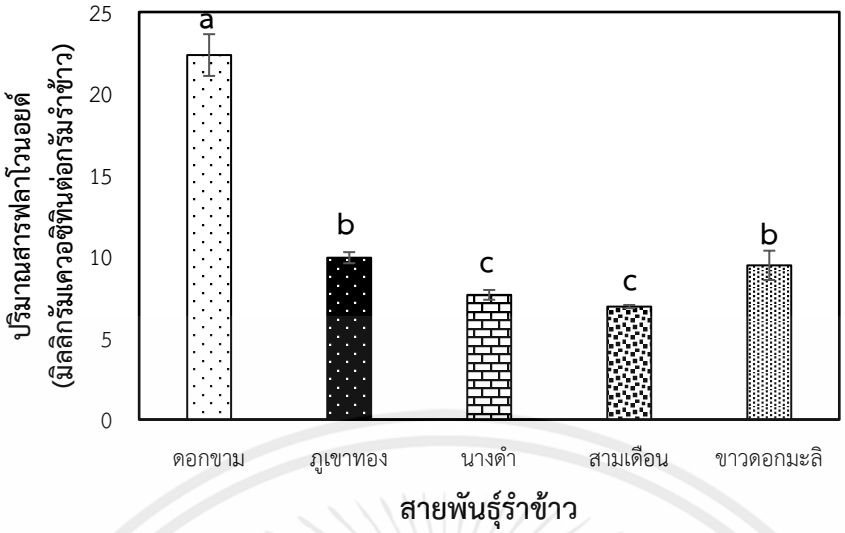
ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด เนื่องจากลักษณะของน้ำมันรำข้าวพันธุ์ดอกขามที่สกัดได้มีสีแดงเข้มและมีสารสกัดหยาบสีแดงละลายปนอยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นไปได้ว่าสารสีที่พบดังกล่าวเป็นสารฟลาโวนอยด์และพบในน้ำมันรำข้าวที่มีสีมากกว่ารำข้าวที่ไม่มีสี รองลงมาเป็นการสกัดรำข้าวพันธุ์ภูเขาทอง ขาวดอกมะลิ 105 นางดำ และสามเดือน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.28 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.29) พบว่าการสกัดด้วยรำข้าวพันธุ์ภูเขาทองและขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดรำข้าวพันธุ์นางดำและสามเดือนให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 4.30** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบโดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

| สายพันธุ์รำข้าว | ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (มิลลิกรัมเควอซิทินต่อกรัมรำข้าว) |
|---|---|
| ดอกขาม | $22.36 \pm 1.28^{a}$ |
| ภูเขาทอง | $9.93 \pm 0.34^{b}$ |
| นางดำ | $7.65 \pm 0.30^{c}$ |
| สามเดือน | $6.93 \pm 0.10^{c}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $9.46 \pm 0.90^{b}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ และรำข้าขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.28** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

4.2.5.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH

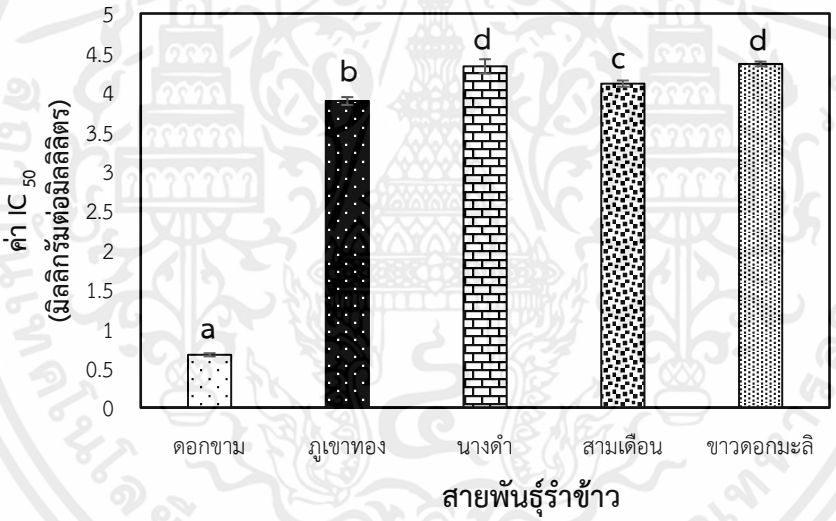
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด เนื่องจากลักษณะของน้ำมันรำข้าวพันธุ์ดอกขามที่สกัดได้มีสีแดงเข้ม และมีสารสกัดหยาบสีแดงละลายปนอยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นไปได้ว่าสารสีและสารสกัดหยาบที่ได้ประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH อยู่มากมาย ดังนั้นรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามจึงให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดรำข้าวพันธุ์ภูเขาทอง สามเดือน นางดำ และขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.29 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.30) พบว่าการสกัดด้วยรำข้าวพันธุ์นางดำและขาวดอกมะลิ 105 ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และสามเดือนอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.31** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบโดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

| สายพันธุ์รำข้าว | ค่า $IC_{50}$ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) |
|---|---|
| ดอกขาม | $0.66 \pm 0.04^{a}$ |
| ภูเขาทอง | $3.89 \pm 0.05^{b}$ |
| นางดำ | $4.33 \pm 0.09^{d}$ |
| สามเดือน | $4.11 \pm 0.04^{c}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $4.36 \pm 0.03^{d}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ของสารสกัดจากรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.29** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

4.2.5.6 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด เนื่องจากลักษณะของน้ำมันรำข้าวพันธุ์ดอกขามที่สกัดได้มีสีแดงเข้ม และมีสารสกัดหยาบสีแดงละลายปนอยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นไปได้ว่าสารสีและสารสกัดหยาบที่ได้ประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่มากมาย ดังนั้นรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามจึงให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดน้ำมันรำข้าว

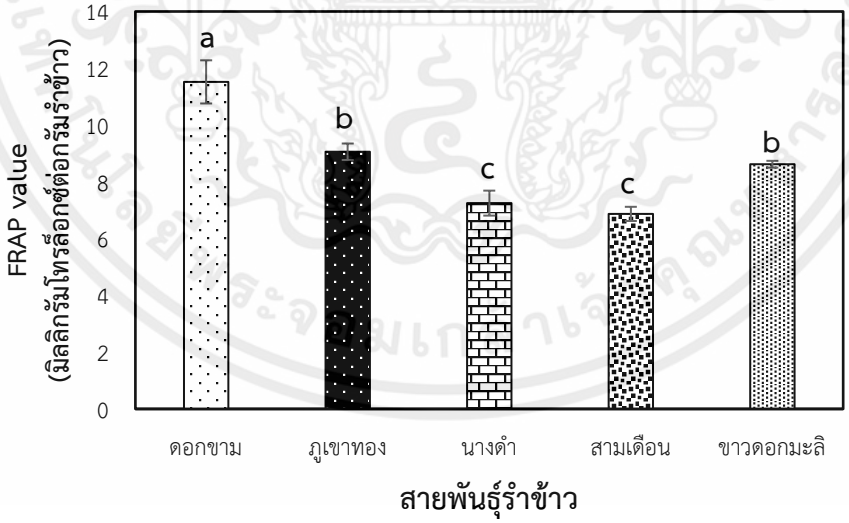
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์ภูเขาทอง ขาวดอกมะลิ 105 นางดำ และสามเดือน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.30 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.31) พบว่าการสกัดด้วยรำข้าวพันธุ์ภูเขาทองและขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดรำข้าวพันธุ์นางดำและสามเดือนให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 4.32** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม คือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

| สายพันธุ์รำข้าว | ความสามารถในการรีดิวซ์ (มิลลิกรัมโทรล็อกซ์ต่อกรัมรำข้าว) |
|---|---|
| ดอกขาม | $11.52 \pm 0.76^{a}$ |
| ภูเขาทอง | $9.06 \pm 0.29^{b}$ |
| นางดำ | $7.25 \pm 0.44^{c}$ |
| สามเดือน | $6.87 \pm 0.25^{c}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $8.62 \pm 0.12^{b}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของสารสกัดจากรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.30** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม คือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอล 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 การสกัดสารในน้ำมันรำข้าวไร่โดยใช้เครื่องสกัดซอห์กเลต (Soxhlet extraction)

### 4.3.1 ชนิดของตัวทำละลาย

การศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากน้ำมันรำข้าวด้วยวิธีการสกัดแบบซอห์กเลต (Soxhlet extraction) ใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ศึกษาตัวทำละลายทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซิเตต ไอโซโพรพานอล และเอทานอล โดยแสดงผลเป็นปริมาณน้ำมันรำข้าว ปริมาณแกมมาโอไรซานอล ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

4.3.1.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้ตัวทำละลายเป็นไอโซโพรพานอลให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยเอทานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.32) พบว่าการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอลให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทองด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลพบว่าให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดรำข้าวด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.32 และรูปที่ 4.31) พบว่าการสกัดโดยใช้เอทิลอะซีเตตและไอโซโพรพานอลให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยเอทานอล และมากกว่าการสกัดด้วยเฮกเซนอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลพบว่าให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเอทานอล ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.32 และรูปที่ 4.31) พบว่าการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอลให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

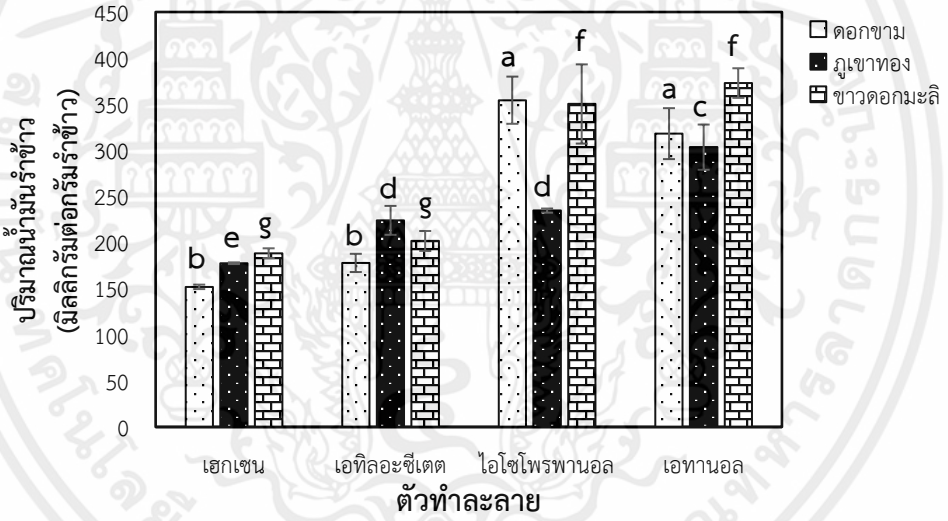
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามและขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสกัดด้วยเฮกเซนหรือไอโซโพรพานอล รำข้าวภูเขาทองให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุดเมื่อสกัดด้วยเอทิลอะซีเตตอย่างมีนัยสำคัญ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุดเมื่อสกัดด้วยเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.32 และรูปที่ 4.31) การทดลองนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ Chen และคณะ, 2008 ซึ่งได้ทำการสกัดรำข้าวพันธุ์ Da-quan ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้สกัดได้แก่ เฮกเซน ไอโซโพรพานอล และเมทานอล จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้พบว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอลให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยเมทานอลและเฮกเซน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.33** ปริมาณรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน

| ตัวทำละลาย | ปริมาณน้ำมันรำข้าว (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | | |
|---|---|---|---|
| | ดอกขาม | ภูเขาทอง | ขาวดอกมะลิ 105 |
| เฮกเซน | $151.94 \pm 2.42^{b,x}$ | $177.57 \pm 0.91^{e,y}$ | $188.42 \pm 5.33^{g,x}$ |
| เอทิลอะซีเตต | $177.92 \pm 9.89^{b,y}$ | $224.05 \pm 15.67^{d,x}$ | $201.74 \pm 10.80^{g,y}$ |
| ไอโซโพรพานอล | $354.36 \pm 25.59^{a,x}$ | $234.64 \pm 2.24^{d,y}$ | $350.26 \pm 42.95^{f,x}$ |
| เอทานอล | $318.11 \pm 27.64^{a,y}$ | $303.45 \pm 24.50^{c,y}$ | $372.94 \pm 16.06^{f,x}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวพันธุ์ดอกขาม c,d,e ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวภูเขาทอง f,g ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.31** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต นาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน

4.3.1.2 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.33) พบว่าการสกัดการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอลและเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทอง โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัด

ด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.33 และรูปที่ 4.32) พบว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอลและเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.33 และรูปที่ 4.32) พบว่าการสกัดการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอลและเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

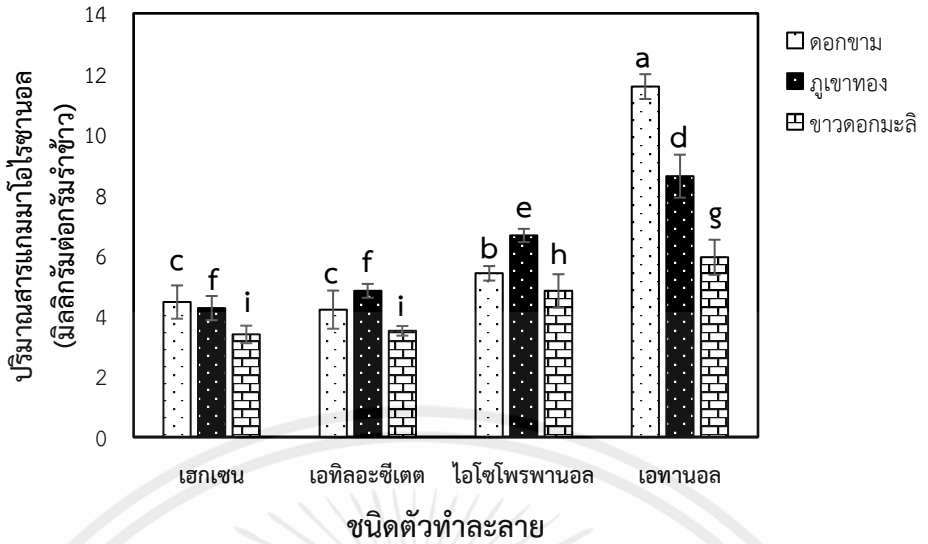
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่ารำข้าวดอกขามและภูเขาทองให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสกัดด้วยเฮกเซนหรือเอทิลอะซีเตต รำข้าวภูเขาทองให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุดเมื่อสกัดด้วยไอโซโพรพานอลอย่างมีนัยสำคัญ และรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุดเมื่อสกัดด้วยเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.33 และรูปที่ 4.32) การทดลองนี้มีความแตกต่างกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ Chen และคณะ, 2008 ได้สกัดรำข้าวพันธุ์ Da-quan ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเฮกเซน ไอโซโพรพานอล และเมทานอล จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลพบว่าการสกัดด้วยเฮกเซนให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยเมทานอล และไอโซโพรพานอลตามลำดับ เนื่องจากสายพันธุ์รำข้าวที่ใช้สกัดแตกต่างกันส่งผลให้ผลการทดลองที่ได้มีความแตกต่างกัน

**ตารางที่ 4.34** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน

| ตัวทำละลาย | ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | | |
|---|---|---|---|
| | ดอกขาม | ภูเขาทอง | ขาวดอกมะลิ 105 |
| เฮกเซน | $4.46 \pm 0.55^{c,x}$ | $4.26 \pm 0.40^{f,x}$ | $3.39 \pm 0.29^{i,y}$ |
| เอทิลอะซีเตต | $4.21 \pm 0.63^{c,xy}$ | $4.83 \pm 0.23^{f,x}$ | $3.51 \pm 0.16^{i,y}$ |
| ไอโซโพรพานอล | $5.41 \pm 0.24^{b,y}$ | $6.66 \pm 0.22^{e,x}$ | $4.83 \pm 0.55^{h,y}$ |
| เอทานอล | $11.58 \pm 0.41^{a,x}$ | $8.62 \pm 0.71^{d,y}$ | $5.94 \pm 0.58^{g,z}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวพันธุ์ดอกขาม d,e,f ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวภูเขาทอง g,h,i ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y,z อักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.32** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน

4.3.1.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.34 และรูปที่ 4.33) พบว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอลและเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทองโดยใช้ด้วยเอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.34 และรูปที่ 4.33) พบว่าการสกัดด้วยเอทานอล ไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าการสกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.34 และรูปที่ 4.33) พบว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอลและเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสกัดด้วยเฮกเซน รำข้าวภูเขาทองให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสกัดด้วยเอทิลอะซีเตต และรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุดเมื่อสกัดด้วยไอโซโพรพานอลและเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญ

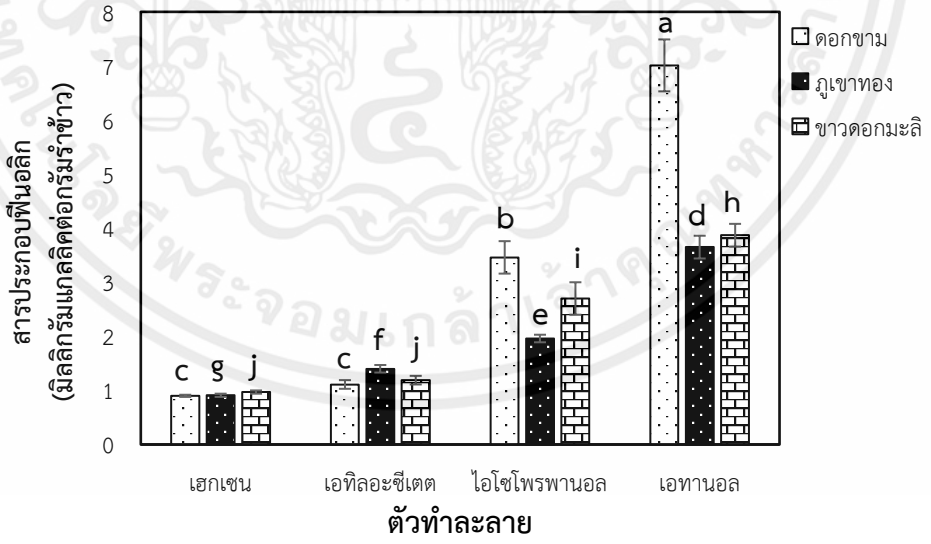
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.34 และรูปที่ 4.33) และการสกัดรำข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด เนื่องจากเอทานอลมีสมบัติความเป็นขั้วสูงและมีขั้วใกล้เคียงกับสารประกอบฟีนอลิคทำให้เอทานอลสามารถละลายสารประกอบฟีนอลิค ออกมาได้มากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดอื่นจึงได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด

**ตารางที่ 4.35** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน

| ตัวทำละลาย | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมรำข้าว) | | |
|---|---|---|---|
| | ดอกขาม | ภูเขาทอง | ขาวดอกมะลิ 105 |
| เฮกเซน | $0.90 \pm 0.02^{c,y}$ | $0.91 \pm 0.03^{g,y}$ | $0.97 \pm 0.03^{j,x}$ |
| เอทิลอะซีเตต | $1.11 \pm 0.08^{c,y}$ | $1.40 \pm 0.07^{f,x}$ | $1.19 \pm 0.08^{j,y}$ |
| ไอโซโพรพานอล | $3.46 \pm 0.30^{b,x}$ | $1.96 \pm 0.07^{e,z}$ | $2.70 \pm 0.30^{i,y}$ |
| เอทานอล | $7.01 \pm 0.48^{a,x}$ | $3.65 \pm 0.21^{d,y}$ | $3.87 \pm 0.21^{h,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวพันธุ์ดอกขาม d,e,f,g ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวภูเขาทอง h,i,j ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y,z ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.33** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.35 และรูปที่ 4.34) พบว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอลและเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทองโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายพบว่าให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.35 และรูปที่ 4.34) พบว่าการสกัดด้วยเอทานอล ไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.35 และรูปที่ 4.34) พบว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่น้อยกว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอลและเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

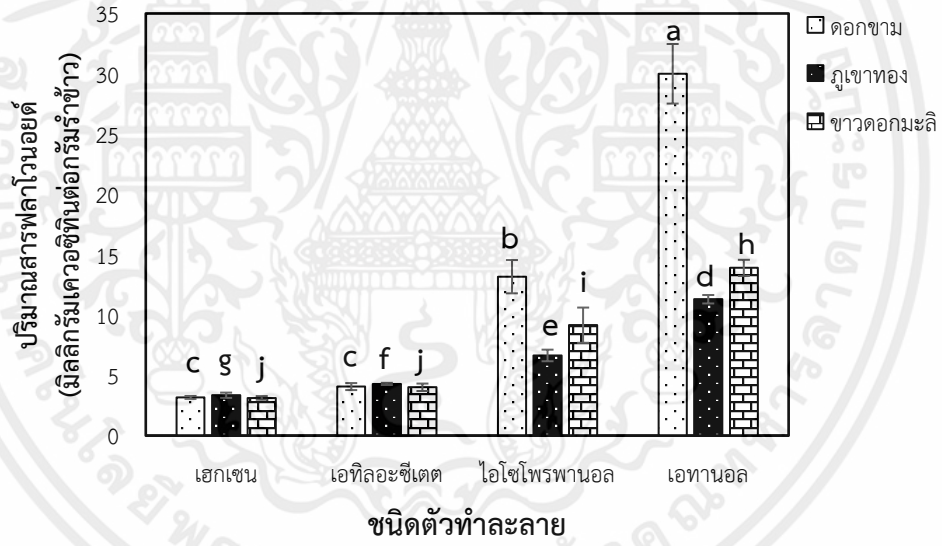
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวทั้งหมดให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตต และการสกัดด้วยรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุดเมื่อสกัดด้วยไอโซโพรพานอลหรือเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.35 และรูปที่ 4.34) และรำข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่สกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด เนื่องจากเอทานอลมีสมบัติความเป็นขั้วสูงและมีขั้วใกล้เคียงกับสารฟลาโวนอยด์ทำให้เอทานอลสามารถละลายสารฟลาโวนอยด์ออกมาได้มากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดอื่น จึงได้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.36** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน

| ตัวทำละลาย | ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (มิลลิกรัมเควอซิทินต่อกรัมรำข้าว) | | |
|---|---|---|---|
| | ดอกขาม | ภูเขาทอง | ขาวดอกมะลิ 105 |
| เฮกเซน | $3.17 \pm 0.12^{c,x}$ | $3.35 \pm 0.22^{g,x}$ | $3.13 \pm 0.15^{j,x}$ |
| เอทิลอะซีเตต | $4.07 \pm 0.29^{c,x}$ | $4.29 \pm 0.09^{f,x}$ | $4.01 \pm 0.31^{j,x}$ |
| ไอโซโพรพานอล | $13.18 \pm 1.38^{b,x}$ | $6.65 \pm 0.48^{e,z}$ | $9.16 \pm 1.46^{i,y}$ |
| เอทานอล | $30.00 \pm 2.47^{a,x}$ | $11.31 \pm 0.35^{d,y}$ | $13.91 \pm 0.67^{h,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวพันธุ์ดอกขาม d,e,f,g ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวภูเขาทอง h,i,j ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y,z ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.34** ปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน

4.3.1.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามโดยใช้เอทานอลให้ฤทธิ์ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.36 และรูปที่ 4.35) พบว่าการสกัดด้วยเอทานอลและไอโซโพรพานอลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ให้ฤทธิ์มากกว่าการสกัดด้วยเอทิลอะซีเตตและเฮกเซนอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทอง โดยใช้เอทานอลให้ฤทธิ์ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดสารด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.36 และรูปที่ 4.35) พบว่าการสกัดด้วยเอทานอล ไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซนให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลให้ฤทธิ์ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดสารด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.36 และรูปที่ 4.35) พบว่าการสกัดด้วยเอทิลอะซีเตตและไอโซโพรพานอลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและน้อยกว่าการสกัดด้วยเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

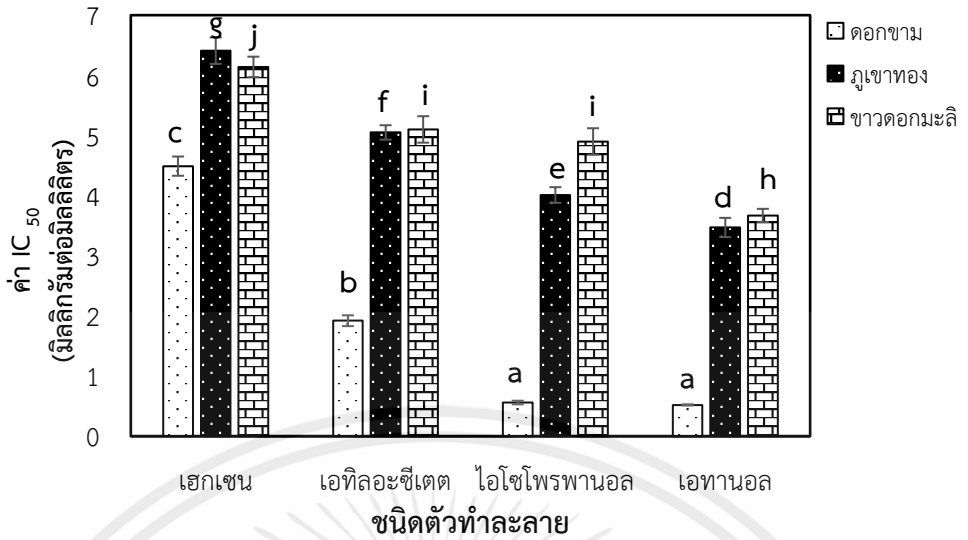
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีกว่ารำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทองและรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.36 และรูปที่ 4.35) และการสกัดรำข้าวไร่ทั้ง 3 สายพันธุ์ด้วยเอทานอลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด เนื่องจากภายในรำข้าวประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิดทั้งสารที่มีขั้วและไม่มีขั้ว และเอทานอลเป็นสารที่มีความเป็นขั้วสูงจึงสามารถละลายสารที่มีสมบัติความเป็นขั้วใกล้เคียงกันออกมายังตัวทำละลายได้ นอกจากนี้เอทานอลยังประกอบด้วยหมู่เอทิลซึ่งไม่มีขั้ว จึงสามารถละลายสารที่มีความเป็นขั้วต่ำออกมายังตัวทำละลายได้เช่นกัน ดังนั้นน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยเอทานอลจึงประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่จำนวนมากส่งผลให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด

**ตารางที่ 4.37** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน

| ตัวทำละลาย | ค่า $IC_{50}$ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) | | |
|---|---|---|---|
| | ดอกขาม | ภูเขาทอง | ขาวดอกมะลิ 105 |
| เฮกเซน | $4.49 \pm 0.16^{c,x}$ | $6.41 \pm 0.22^{g,y}$ | $6.14 \pm 0.17^{j,y}$ |
| เอทิลอะซีเตต | $1.92 \pm 0.09^{b,x}$ | $5.05 \pm 0.12^{f,y}$ | $5.10 \pm 0.22^{i,y}$ |
| ไอโซโพรพานอล | $0.56 \pm 0.03^{a,x}$ | $4.01 \pm 0.13^{e,y}$ | $4.90 \pm 0.22^{i,z}$ |
| เอทานอล | $0.52 \pm 0.01^{a,x}$ | $3.47 \pm 0.16^{d,y}$ | $3.67 \pm 0.11^{h,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวพันธุ์ดอกขาม d,e,f,g ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวภูเขาทอง h,i,j ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y,z ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.35** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน

4.3.1.6 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามโดยใช้เอทานอลพบว่าให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.37 และรูปที่ 4.36) พบว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอลและเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทอง โดยใช้เอทานอลพบว่ามีความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.37 และรูปที่ 4.36) พบว่าการสกัดด้วยเอทิลอะซีเตตและไอโซโพรพานอลให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มากกว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและน้อยกว่าการสกัดด้วยเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลพบว่าให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วย ไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต และเฮกเซน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.37 และรูปที่ 4.36) พบว่าการสกัดด้วยเฮกเซนและเอทิลอะซีเตตให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยไอโซโพรพานอลและเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบรำข้าวพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีกว่ารำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทอง และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.37 และรูปที่ 4.36) และการสกัดรำข้าวไร่ทั้ง 3 สายพันธุ์ด้วยเอทานอลให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำ ไม่ว่ากรณีใ

เนื่องจากภายในรำข้าวประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิดทั้งสารที่มีขั้วและไม่มีขั้ว และเอทานอลเป็นสารที่มีความเป็นขั้วสูงจึงสามารถละลายสารที่มีสมบัติความเป็นขั้วใกล้เคียงกันออกมายังตัวทำละลายได้ นอกจากนี้เอทานอลยังประกอบด้วยหมู่เอทิลซึ่งไม่มีขั้ว จึงสามารถละลายสารที่มีความเป็นขั้วต่ำออกมายังตัวทำละลายได้เช่นกัน ดังนั้นน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยเอทานอลจึงประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่จำนวนมากส่งผลให้มีความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด

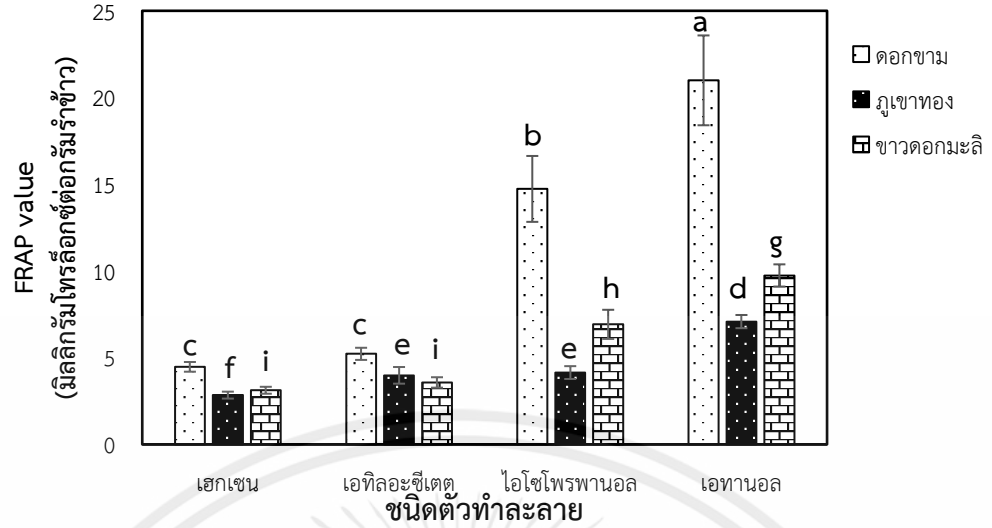
จากผลการศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลตพบว่าการสกัดด้วยเอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าว สารแกมมาโอไรซานอล สารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP มากที่สุด ดังนั้นการสกัดด้วยเอทานอลเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต จึงใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในการทดลองครั้งต่อไป

**ตารางที่ 4.38** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดตัวทำละลายที่ต่างกัน

| ตัวทำละลาย | ความสามารถในการรีดิวซ์ (มิลลิกรัมโทรล็อกซ์ต่อกรัมรำข้าว) | | |
|---|---|---|---|
| | ดอกขาม | ภูเขาทอง | ขาวดอกมะลิ 105 |
| เฮกเซน | $4.47 \pm 0.28^{c,x}$ | $2.84 \pm 0.20^{f,y}$ | $3.12 \pm 0.20^{i,y}$ |
| เอทิลอะซีเตต | $5.22 \pm 0.35^{c,x}$ | $3.98 \pm 0.48^{e,y}$ | $3.57 \pm 0.30^{i,y}$ |
| ไอโซโพรพานอล | $14.73 \pm 1.90^{b,x}$ | $4.14 \pm 0.37^{e,z}$ | $6.92 \pm 0.84^{h,y}$ |
| เอทานอล | $20.99 \pm 2.59^{a,x}$ | $7.08 \pm 0.38^{d,y}$ | $9.74 \pm 0.64^{g,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่สกัดจากรำข้าวพันธุ์ดอกขาม d,e,f ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่สกัดจากรำข้าวภูเขาทอง g,h,i ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y,z ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.36** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 6 ชั่วโมง โดยชนิดของตัวทำละลายที่ต่างกัน

**4.3.2 เวลา**

การศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากน้ำมันรำข้าวด้วยวิธีการสกัดแบบซอห์กเลต (Soxhlet extraction) โดยใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ศึกษาหาเวลาการสกัดทั้งหมด 4 เวลา ได้แก่ 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง แสดงผลเป็นปริมาณน้ำมันรำข้าว ปริมาณแกมมาโอไรซานอล ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

4.3.2.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลตโดยใช้เวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 4 8 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.38 และรูปที่ 4.37) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 และ 8 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดเป็นเวลา 4 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทองด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลตโดยใช้เวลาในการสกัด 4 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 8 6 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.38 และรูปที่ 4.37) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลตโดยใช้เวลาในการสกัด 4 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 6 10 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.38 และรูปที่ 4.37) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมงพบว่าให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

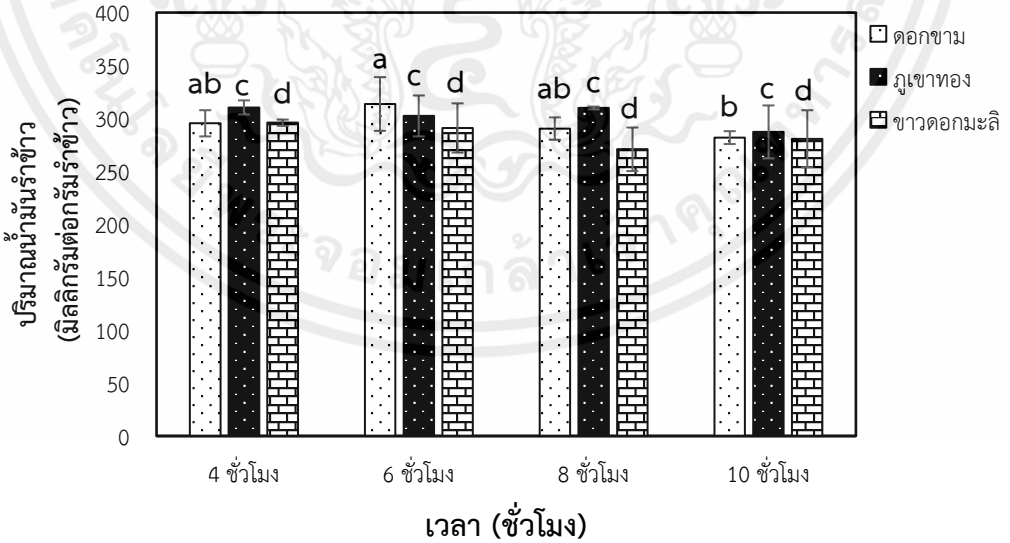
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวทั้งหมดให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสกัดเป็นเวลา 4 6 และ 10 ชั่วโมง และการสกัดรำข้าวดอกขามและภูเขาทองให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อสกัดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.38 และรูปที่ 4.37) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ เป็นเวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกันจึงได้ว่าระยะเวลาไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต

**ตารางที่ 4.39** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

| เวลา (ชั่วโมง) | ปริมาณน้ำมันรำข้าว (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | | |
|---|---|---|---|
| | ดอกขาม | ภูเขาทอง | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 4 | $295.38 \pm 12.38^{ab,x}$ | $310.37 \pm 6.69^{c,x}$ | $295.94 \pm 2.97^{d,x}$ |
| 6 | $313.62 \pm 25.34^{a,x}$ | $302.35 \pm 19.34^{c,x}$ | $290.99 \pm 23.24^{d,x}$ |
| 8 | $290.44 \pm 10.54^{ab,xy}$ | $309.89 \pm 1.30^{c,x}$ | $270.84 \pm 20.57^{d,y}$ |
| 10 | $281.88 \pm 6.08^{b,x}$ | $287.25 \pm 25.03^{c,x}$ | $280.76 \pm 26.98^{d,x}$ |

หมายเหตุ :a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวพันธุ์ดอกขาม
c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวภูเขาทอง
d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ
x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$)
โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.37** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.2 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม โดยใช้เวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 10 8 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.39 และรูปที่ 4.38) พบว่าการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดนาน 4 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทอง โดยใช้เวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 8 4 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.39 และรูปที่ 4.38) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 8 4 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.39 และรูปที่ 4.38) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 8 ชั่วโมงให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดเป็นเวลา 4 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

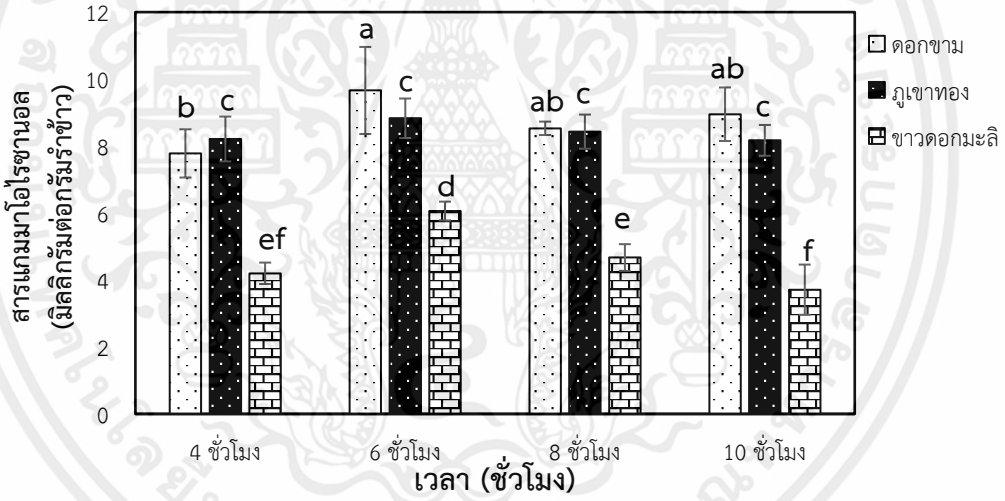
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามและภูเขาทองให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อสกัดเป็นเวลา 4 6 8 หรือ 10 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยรำข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์นาน 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด (ตารางที่ 4.39 และรูปที่ 4.38) เนื่องจากระยะเวลาการสกัดที่มากขึ้นทำให้ตัวทำละลายสามารถสกัดสารแกมมาโอไรซานอลได้มากขึ้นจนถึงจุดจุดหนึ่งซึ่งเต็มขีดจำกัดที่ตัวทำละลายสามารถสกัดได้จึงทำให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.40** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

| เวลา (ชั่วโมง) | ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | | |
|---|---|---|---|
| | ดอกขาม | ภูเขาทอง | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 4 | $7.78 \pm 0.72^{b,x}$ | $8.21 \pm 0.67^{c,x}$ | $4.20 \pm 0.32^{ef,y}$ |
| 6 | $9.66 \pm 1.30^{a,x}$ | $8.83 \pm 0.59^{c,x}$ | $6.06 \pm 0.28^{d,y}$ |
| 8 | $8.53 \pm 0.20^{ab,x}$ | $8.43 \pm 0.51^{c,x}$ | $4.67 \pm 0.40^{e,y}$ |
| 10 | $8.95 \pm 0.80^{ab,x}$ | $8.17 \pm 0.46^{c,x}$ | $3.71 \pm 0.75^{f,y}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวพันธุ์ดอกขาม c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวภูเขาทอง d,e,f ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.38** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

4.3.2.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 8 4 และ 10 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.40 และรูปที่ 4.39) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 6 และ 8 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดนาน 4 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทองเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 6 4 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.40 และรูปที่ 4.39) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 4 8 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.40 และรูปที่ 4.39) พบว่าการสกัดโดยใช้เวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

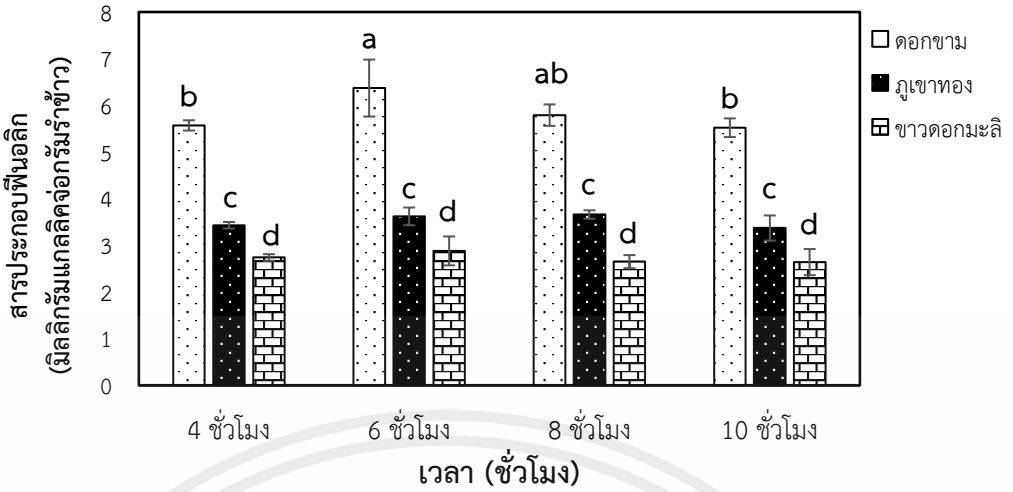
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อสกัดเป็นเวลา 4 6 8 หรือ 10 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์เป็นเวลา 6 และ 8 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด (ตารางที่ 4.40 และรูปที่ 4.39) เมื่อเพิ่มระยะเวลาการสกัดพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามนั้นลดลง ส่วนรำข้าวภูเขาทองและขาวดอกมะลิ 105 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้คงที่ เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้สามารถดึงสารประกอบฟีนอลิคได้มากที่สุดเต็มขีดจำกัด ดังนั้นเมื่อเพิ่มเวลาในสกัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จึงคงที่และเป็นการสิ้นเปลืองเวลาโดยใช่เหตุ

**ตารางที่ 4.41** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

| เวลา (ชั่วโมง) | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมรำข้าว) | | |
|---|---|---|---|
| | ดอกขาม | ภูเขาทอง | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 4 | $5.57 \pm 0.11^{b,x}$ | $3.43 \pm 0.07^{c,y}$ | $2.74 \pm 0.07^{d,z}$ |
| 6 | $6.37 \pm 0.61^{a,x}$ | $3.62 \pm 0.19^{c,y}$ | $2.88 \pm 0.31^{d,y}$ |
| 8 | $5.79 \pm 0.23^{ab,x}$ | $3.66 \pm 0.09^{c,y}$ | $2.65 \pm 0.14^{d,z}$ |
| 10 | $5.52 \pm 0.20^{b,x}$ | $3.37 \pm 0.27^{c,y}$ | $2.64 \pm 0.28^{d,z}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม
c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวภูเขาทอง
d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105
และ x,y,z ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$)
โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.39** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

4.3.2.4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 8 10 และ 4 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.41 และรูปที่ 4.40) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 4 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดนาน 6 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทองเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 6 4 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.41 และรูปที่ 4.40) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 และ 8 ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดนาน 4 6 และ 10 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 8 10 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.41 และรูปที่ 4.40) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

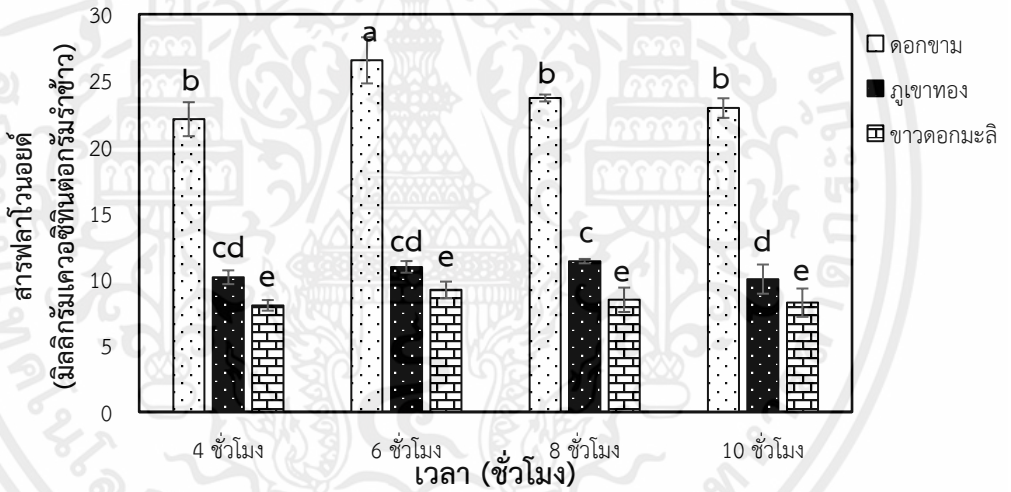
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อสกัดเป็นเวลา 4 6 8 หรือ 10 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณฟลาโวนอยด์มากที่สุด (ตารางที่ 4.41 และรูปที่ 4.40) เมื่อเพิ่มระยะเวลาการสกัดพบว่าปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามนั้นลดลง ส่วนรำข้าวภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้คงที่ เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้สามารถดึงสารฟลาโวนอยด์ได้มากที่สุดเต็มขีดจำกัด ดังนั้นเมื่อเพิ่มเวลาในสกัดปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จึงคงที่และเป็นการสิ้นเปลืองเวลาโดยใช่เหตุ

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใด...

**ตารางที่ 4.42** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

| เวลา (ชั่วโมง) | ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (มิลลิกรัมเควอซิทินต่อกรัมรำข้าว) | | |
|---|---|---|---|
| | ดอกขาม | ภูเขาทอง | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 4 | $22.08 \pm 1.28^{b,x}$ | $10.16 \pm 0.52^{cd,y}$ | $8.04 \pm 0.40^{e,z}$ |
| 6 | $26.52 \pm 1.74^{a,x}$ | $10.94 \pm 0.44^{cd,y}$ | $9.21 \pm 0.62^{e,y}$ |
| 8 | $23.68 \pm 0.26^{b,x}$ | $11.37 \pm 0.16^{c,y}$ | $8.46 \pm 0.92^{e,z}$ |
| 10 | $22.92 \pm 0.74^{b,x}$ | $10.02 \pm 1.10^{d,y}$ | $8.24 \pm 1.07^{e,y}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวพันธุ์ดอกขาม c,d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวภูเขาทอง e ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y,z ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.40** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

4.3.2.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ฤทธิ์ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 8 4 และ 10 ชั่วโมง จามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.42 และรูปที่ 4.41) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 และ 8 ชั่วโมง ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดนาน 4 และ 10 ชั่วโมง ให้ฤทธิ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นที่ ... ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ ...

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทอง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 10 8 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.42 และรูปที่ 4.41) พบว่าการสกัดโดยใช้

เวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ให้ฤทธิ์ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 6 10 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.42 และรูปที่ 4.41) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 6 และ 8 ชั่วโมง ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดนาน 6 และ 10 ชั่วโมง ให้ฤทธิ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดนาน 4 และ 10 ชั่วโมง ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

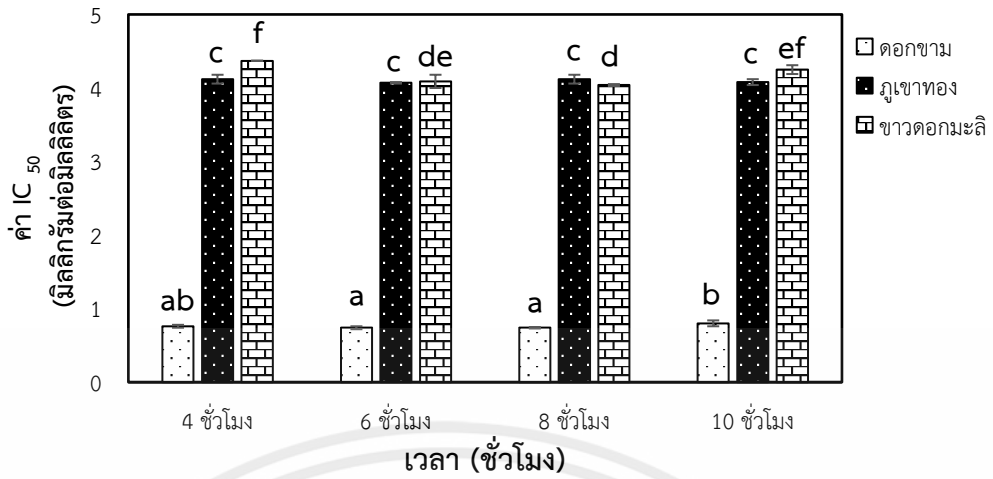
เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อสกัดเป็นเวลา 4 6 8 หรือ 10 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์เป็นเวลา 6 และ 8 ชั่วโมง ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด (ตารางที่ 4.42 และรูปที่ 4.41) เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ได้ยังคงที่หรือน้อยลง เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้สามารถดึงสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวได้มากที่สุดเต็มขีดจำกัด ดังนั้นเมื่อเพิ่มเวลาในสกัด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จึงคงที่และเป็นการสิ้นเปลืองเวลาโดยใช่เหตุ

**ตารางที่ 4.43** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

| เวลา (ชั่วโมง) | ค่า $IC_{50}$ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) | | |
|---|---|---|---|
| | ดอกขาม | ภูเขาทอง | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 4 | $0.76 \pm 0.02^{ab,x}$ | $4.12 \pm 0.06^{c,y}$ | $4.37 \pm 0.00^{f,z}$ |
| 6 | $0.74 \pm 0.02^{a,x}$ | $4.07 \pm 0.01^{c,y}$ | $4.09 \pm 0.09^{de,y}$ |
| 8 | $0.74 \pm 0.01^{a,x}$ | $4.12 \pm 0.06^{c,y}$ | $4.04 \pm 0.13^{d,y}$ |
| 10 | $0.80 \pm 0.04^{b,x}$ | $4.08 \pm 0.04^{c,y}$ | $4.25 \pm 0.06^{ef,z}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่สกัดจากรำข้าวพันธุ์ดอกขาม c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่สกัดจากรำข้าวภูเขาทอง d,e,f ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y,z ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.41** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอลอัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

4.3.2.6 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด ที่รองลงมาเป็นการสกัดนาน 8 4 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.43 และรูปที่ 4.42) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 4 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดนาน 6 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทองเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 6 10 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสถิติ (ตารางที่ 4.43 และรูปที่ 4.42) พบว่าการสกัดโดยใช้เวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP มากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดนาน 10 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสถิติ (ตารางที่ 4.43 และรูปที่ 4.42) พบว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าวพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขามให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อสกัดเป็นเวลา 4 6 8 หรือ 10 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดรำข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด (ตารางที่ 4.43 และรูปที่ 4.42) เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดพบว่าความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้ยังคงที่หรือน้อยลง เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้สามารถดึงสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็น ... ไม่ว่ากรณีใด ...

เต็มขีดจำกัด ดังนั้นเมื่อเพิ่มเวลาในสกัด ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จึงคงที่และเป็นการสิ้นเปลืองเวลาโดยใช่เหตุ

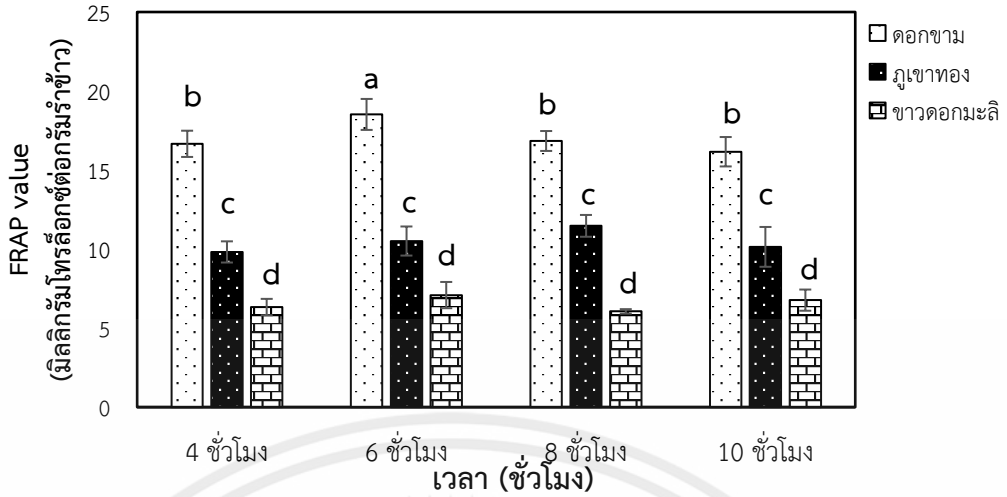
จากผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลตพบว่าการสกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าว สารแกมมาโอไรซานอล สารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP มากที่สุด ดังนั้นการสกัดนาน 6 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต จึงทำการสกัดนาน 6 ชั่วโมง ในการทดลองครั้งต่อไป

**ตารางที่ 4.44** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

| เวลา (ชั่วโมง) | ความสามารถในการรีดิวซ์ (มิลลิกรัมโทรล็อกซ์ต่อกรัมรำข้าว) | | |
|---|---|---|---|
| | ดอกขาม | ภูเขาทอง | ขาวดอกมะลิ 105 |
| 4 | $16.66 \pm 0.83^{b,x}$ | $9.82 \pm 0.67^{c,y}$ | $6.33 \pm 0.52^{d,z}$ |
| 6 | $18.52 \pm 0.98^{a,x}$ | $10.51 \pm 0.92^{c,y}$ | $7.09 \pm 0.83^{d,z}$ |
| 8 | $16.84 \pm 0.63^{b,x}$ | $11.47 \pm 0.69^{c,y}$ | $6.06 \pm 0.14^{d,z}$ |
| 10 | $16.16 \pm 0.93^{b,x}$ | $10.14 \pm 1.26^{c,y}$ | $6.77 \pm 0.67^{d,z}$ |

หมายเหตุ : a,b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่สกัดจากรำข้าวพันธุ์ดอกขาม c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่สกัดจากรำข้าวภูเขาทอง d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ x,y,z ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบสายพันธุ์รำข้าว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.42** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร โดยเวลาการสกัดที่ต่างกัน

### 4.3.3 การใช้สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวไร่ด้วยเครื่องสกัดแบบซอห์กเลต

เมื่อทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extractor) จากนั้นสกัดรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ดอกขาม ภูเขาทอง นางดำ และสามเดือน โดยมีรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นตัวควบคุม ใช้สภาวะที่เหมาะสม แล้วจึงวิเคราะห์ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ปริมาณน้ำมันรำข้าว ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH รวมทั้งความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

4.3.3.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

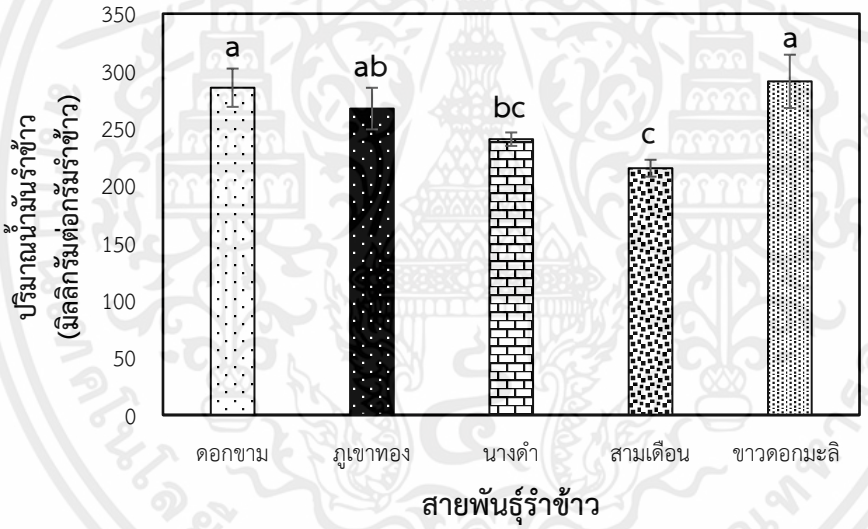
จากการศึกษาการสกัดน้ำมันรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลตโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมพบว่าการสกัดรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดน้ำมันรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง นางดำ และสามเดือน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.43 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.44) พบว่าการสกัดด้วยรำข้าวพันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดรำข้าวพันธุ์ภูเขาทองและนางดำให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดรำข้าวด้วยรำข้าวพันธุ์นางดำและสามเดือนให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.45** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

| สายพันธุ์รำข้าว | ปริมาณน้ำมันรำข้าว (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) |
|---|---|
| ดอกขาม | $285.44 \pm 16.70^{a}$ |
| ภูเขาทอง | $267.24 \pm 18.15^{ab}$ |
| นางดำ | $240.55 \pm 5.88^{bc}$ |
| สามเดือน | $215.23 \pm 7.37^{c}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $290.99 \pm 23.24^{a}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.43** ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

4.3.3.2 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล

ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากที่สุด เนื่องจากน้ำมันรำข้าวพันธุ์ดอกขามที่สกัดได้มีสารสกัดหยาบสีแดงละลายปนอยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นไปได้ว่าสารสกัดหยาบนี้ประกอบด้วยสารแกมมาโอไรซานอลซึ่งพบมากเฉพาะในน้ำมันรำข้าวพันธุ์ดอกขาม รองลงมาเป็นการสกัดรำข้าวพันธุ์ภูเขาทอง ขาวดอกมะลิ 105 สามเดือน และนางดำ ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.44 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.45) พบว่าการสกัดรำข้าวพันธุ์ภูเขาทองและขาวดอกมะลิ 105

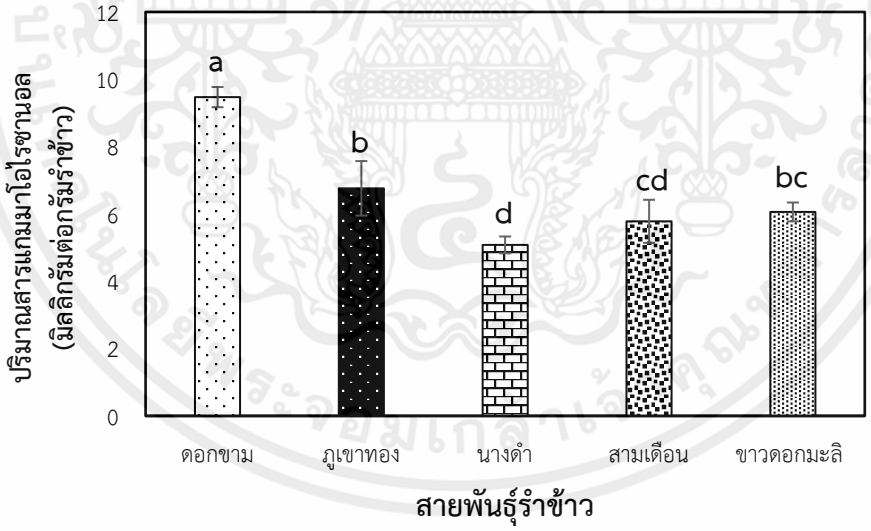
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดรำข้าวพันธุ์สามเดือนและขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดรำข้าวพันธุ์นางดำและสามเดือนให้ปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 4.46** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

| สายพันธุ์รำข้าว | ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) |
|---|---|
| ดอกขาม | $9.47 \pm 0.30^{a}$ |
| ภูเขาทอง | $6.76 \pm 0.81^{b}$ |
| นางดำ | $5.08 \pm 0.25^{d}$ |
| สามเดือน | $5.78 \pm 0.64^{cd}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $6.06 \pm 0.28^{bc}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่สกัดจากรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.44** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค

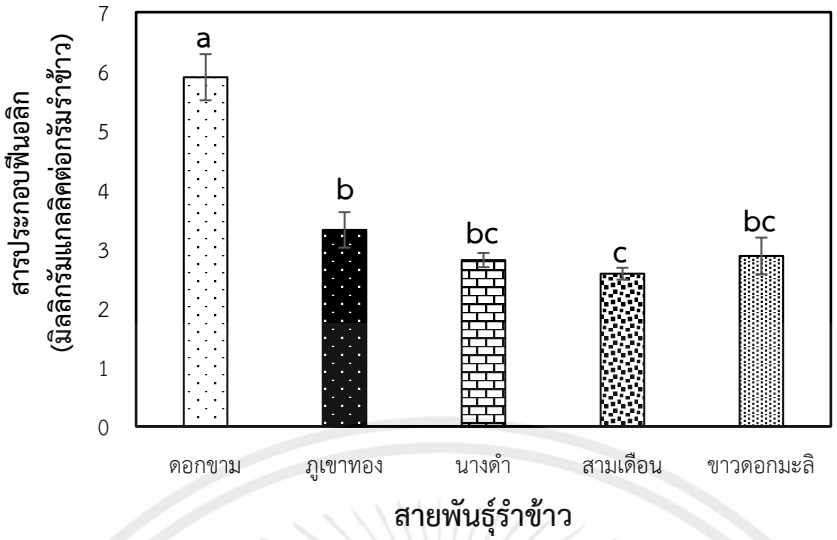
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดด้วยรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลตโดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากที่สุด เนื่องจากลักษณะของน้ำมันรำข้าวพันธุ์ดอกขามที่สกัดได้มีสีแดงเข้ม และมีสารสกัดหยาบสีแดงละลายปนอยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นไปได้ว่าสารสีที่พบดังกล่าวเป็นสารประกอบฟีนอลิคและพบในน้ำมันรำข้าวที่มีสีมากกว่ารำข้าวที่ไม่มีสี รองลงมาเป็นการสกัดรำข้าวพันธุ์ภูเขาทอง ขาวดอกมะลิ 105 นางดำ และสามเดือน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.45 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.46) พบว่าการสกัดรำข้าวพันธุ์ภูเขาทอง นางดำ และขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดรำข้าวพันธุ์นางดำ สามเดือน และขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 4.47** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

| สายพันธุ์รำข้าว | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมรำข้าว) |
|---|---|
| ดอกขาม | $5.90 \pm 0.39^{a}$ |
| ภูเขาทอง | $3.32 \pm 0.30^{b}$ |
| นางดำ | $2.81 \pm 0.12^{bc}$ |
| สามเดือน | $2.58 \pm 0.10^{c}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $2.88 \pm 0.31^{bc}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดจากรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.45** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

4.3.3.4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

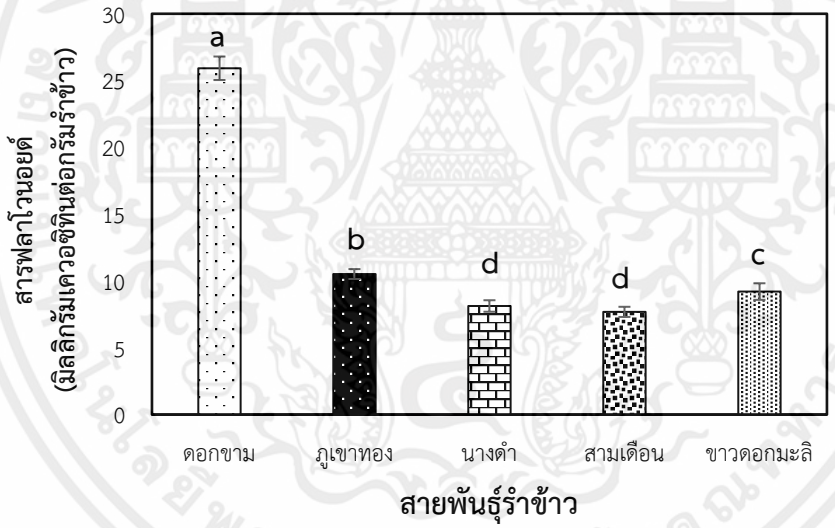
ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องซอห์กเลตโดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด เนื่องจากลักษณะของน้ำมันรำข้าวพันธุ์ดอกขามที่สกัดได้มีสีแดงเข้ม และมีสารสกัดหยาบสีแดงละลายปนอยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นไปได้ว่าสารสีที่พบดังกล่าวเป็นสารฟลาโวนอยด์และพบในน้ำมันรำข้าวที่มีสีมากกว่ารำข้าวที่ไม่มีสี รองลงมาเป็นการสกัดรำข้าวพันธุ์ภูเขาทอง ขาวดอกมะลิ 105 นางดำ และสามเดือน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.46 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.47) พบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์นางดำ และสามเดือนให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.48** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

| สายพันธุ์รำข้าว | ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (มิลลิกรัมเควอซิทินต่อกรัมรำข้าว) |
|---|---|
| ดอกขาม | $25.92 \pm 0.88^{a}$ |
| ภูเขาทอง | $10.52 \pm 0.37^{b}$ |
| นางดำ | $8.13 \pm 0.43^{d}$ |
| สามเดือน | $7.69 \pm 0.38^{d}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $9.21 \pm 0.62^{c}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.46** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดรำข้าวพันธุ์ไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

4.3.3.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องซอห์กเลตโดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด เนื่องจากลักษณะของน้ำมันรำข้าวพันธุ์ดอกขามที่สกัดได้มีสีแดงเข้ม และมีสารสกัดหยาบสีแดงละลายปนอยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นไปได้ว่าสารสีและสารสกัดหยาบที่ได้ประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่มากมาย ดังนั้นรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามจึงให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดรำข้าวพันธุ์ภูเขาทอง

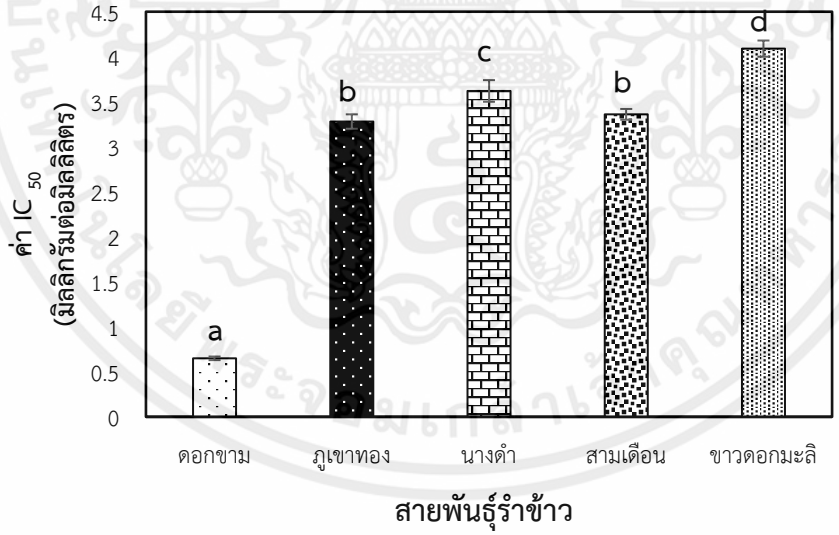
เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณี...

สามเดือน นางดำ และขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.47 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.48) พบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทอง และสามเดือน ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามและมากกว่ารำข้าวไร่พันธุ์นางดำและขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 4.49** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

| สายพันธุ์รำข้าว | ค่า $IC_{50}$ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) |
|---|---|
| ดอกขาม | $0.65 \pm 0.02^{a}$ |
| ภูเขาทอง | $3.28 \pm 0.08^{b}$ |
| นางดำ | $3.62 \pm 0.12^{c}$ |
| สามเดือน | $3.36 \pm 0.06^{b}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $4.09 \pm 0.09^{d}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ของสารสกัดจากรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.47** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.6 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

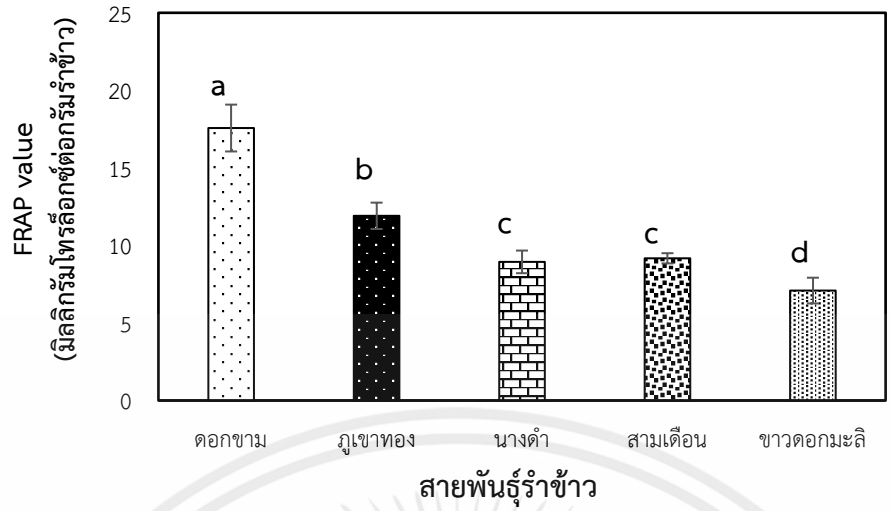
ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องซอห์กเลตโดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด เนื่องจากลักษณะของน้ำมันรำข้าวพันธุ์ดอกขามที่สกัดได้มีสีแดงเข้มและมีสารสกัดหยาบสีแดงละลายปนอยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นไปได้ว่าสารสีและสารสกัดหยาบที่ได้ประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่มากมาย ดังนั้นรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามจึงให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดรำข้าวพันธุ์ภูเขาทอง สามเดือน นางดำ และขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.48 เมื่อพิจารณาค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.49) พบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์นางดำ และพันธุ์สามเดือนให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามและภูเขาทองและมากกว่าการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 4.50** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

| สายพันธุ์รำข้าว | ความสามารถในการรีดิวซ์ (มิลลิกรัมโทรล็อกซ์ต่อกรัมรำข้าว) |
|---|---|
| ดอกขาม | $17.57 \pm 1.51^{a}$ |
| ภูเขาทอง | $11.91 \pm 0.85^{b}$ |
| นางดำ | $8.94 \pm 0.73^{c}$ |
| สามเดือน | $9.17 \pm 0.33^{c}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $7.09 \pm 0.83^{d}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d ตัวอักษรที่ต่างกันของแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของสารสกัดจากรำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.48** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร่และขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องสกัดซอห์กเลต โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมคือตัวทำละลายที่ใช้เป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อเอทานอล 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

## 4.4 เปรียบเทียบวิธีการสกัดรำข้าวระหว่างการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) และการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extraction)

เปรียบเทียบวิธีการสกัดรำข้าวทั้ง 2 วิธี ได้แก่ การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบและการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตโดยใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมดังนี้ การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ส่วนการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตใช้รำข้าว 5 กรัม ตัวทำละลายเป็นเอทานอล อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลาย 1:40 โดยมวลต่อปริมาตร สกัดนาน 6 ชั่วโมง

### 4.4.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

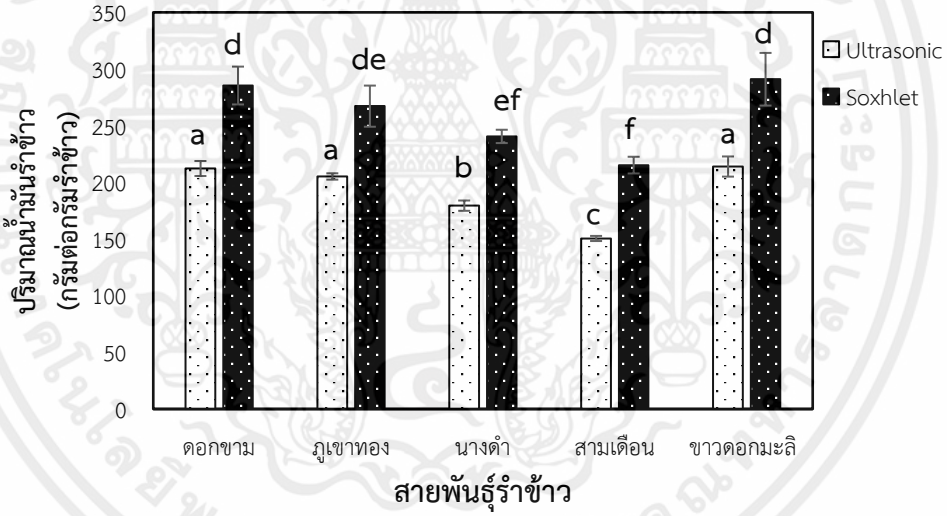
จากการเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 วิธี พบว่าการสกัดรำข้าวทุกสายพันธุ์ด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังรูปที่ 4.49 เนื่องจากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตเป็นการสกัดโดยทำให้ตัวทำละลายเกิดการระเหยและควบแน่นกลับมาอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการสกัดในลักษณะหมุนเวียนจนครบเวลาการสกัด ส่งผลให้การสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.51** เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

| สายพันธุ์รำข้าว | ปริมาณน้ำมันรำข้าว (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | สกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) | สกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extraction) |
| ดอกขาม | $212.22 \pm 6.62^{a,y}$ | $285.44 \pm 16.70^{d,x}$ |
| ภูเขาทอง | $205.20 \pm 2.79^{a,y}$ | $267.24 \pm 18.15^{de,x}$ |
| นางดำ | $179.44 \pm 4.54^{b,y}$ | $240.55 \pm 5.88^{ef,x}$ |
| สามเดือน | $150.48 \pm 2.26^{c,y}$ | $215.23 \pm 7.37^{f,x}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $213.96 \pm 8.89^{a,y}$ | $290.99 \pm 23.24^{d,x}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง d,e,f ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบระหว่างการสกัดรำข้าวด้วยคลื่นความถี่สูงและเครื่องซอห์กเลตที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.49** ปริมาณน้ำมันรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

### 4.4.2 ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลจากรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม พบว่าการสกัดรำข้าวทุกสายพันธุ์ด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังรูปที่ 4.50 เนื่องจากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตเป็นการสกัดโดยทำให้ตัวทำละลายเกิดการระเหยและควบแน่นกลับมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการสกัดสารในลักษณะหมุนเวียนจนครบเวลาการสกัด และอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตไม่ทำให้สารแกมมาโอไรซานอลเสียสภาพ เนื่องจากจุดเดือดของเอทานอลเท่ากับ 78 องศาเซลเซียส ซึ่งน้อยกว่าจุดหลอมเหลวของ

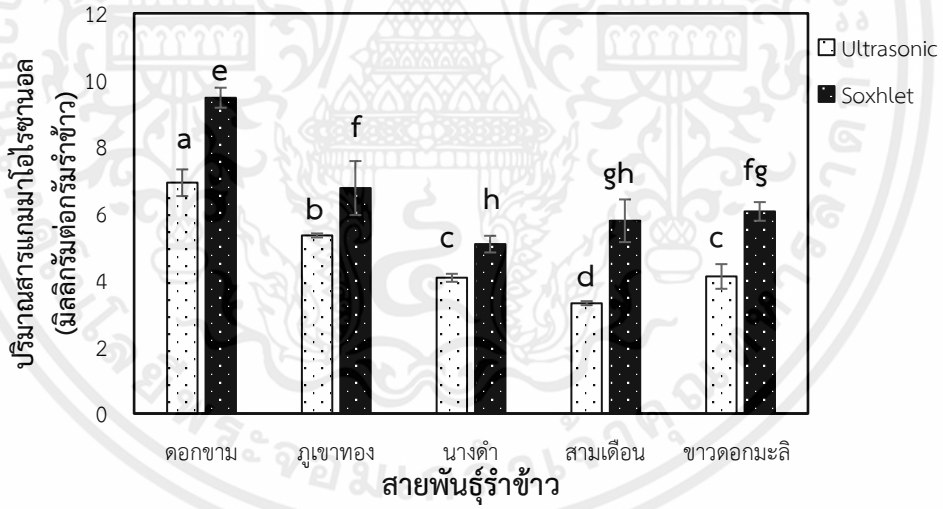
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

สารแกมมาโอไรซานอลเท่ากับ 137-138 องศาเซลเซียส ดังนั้นการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลมากกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง

**ตารางที่ 4.52** เปรียบเทียบปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลจากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

| สายพันธุ์รำข้าว | ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล (มิลลิกรัมกรัมต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | สกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) | สกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extraction) |
| ดอกขาม | $6.92 \pm 0.40^{a,y}$ | $9.47 \pm 0.30^{e,x}$ |
| ภูเขาทอง | $5.34 \pm 0.06^{b,y}$ | $6.76 \pm 0.81^{f,x}$ |
| นางดำ | $4.07 \pm 0.12^{c,y}$ | $5.08 \pm 0.25^{h,x}$ |
| สามเดือน | $3.31 \pm 0.06^{d,y}$ | $5.78 \pm 0.64^{gh,x}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $4.11 \pm 0.37^{c,y}$ | $6.06 \pm 0.28^{fg,x}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง e,f,g,h ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบระหว่างการสกัดรำข้าวด้วยคลื่นความถี่สูงและเครื่องซอห์กเลต ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.50** ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลจากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

### 4.4.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค

จากการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิคจากรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 สกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม ซึ่งพบว่าการสกัดรำข้าวทั้งหมดด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งพบว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบและเครื่องซอห์กเลตให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกัน

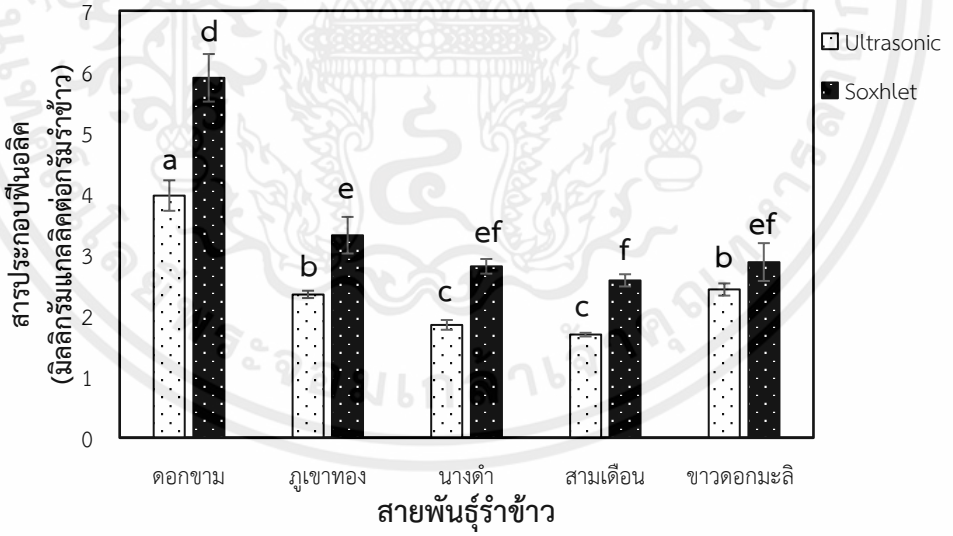
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังรูปที่ 4.51 เนื่องจากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตเป็นการสกัดโดยทำให้ตัวทำละลายเกิดการระเหยและควบแน่นกลับมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการสกัดสารในลักษณะหมุนเวียนจนครบเวลาการสกัด ดังนั้นการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมากกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ

**ตารางที่ 4.53** เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิคจากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

| สายพันธุ์รำข้าว | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (มิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | สกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) | สกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extraction) |
| ดอกขาม | $3.97 \pm 0.25^{a,y}$ | $5.90 \pm 0.39^{d,x}$ |
| ภูเขาทอง | $2.35 \pm 0.06^{b,y}$ | $3.32 \pm 0.30^{e,x}$ |
| นางดำ | $1.85 \pm 0.08^{c,y}$ | $2.81 \pm 0.12^{ef,x}$ |
| สามเดือน | $1.69 \pm 0.03^{c,y}$ | $2.58 \pm 0.10^{f,x}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $2.43 \pm 0.10^{b,x}$ | $2.88 \pm 0.31^{ef,x}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง d,e,f เป็นตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบระหว่างการสกัดรำข้าวด้วยคลื่นความถี่สูงและเครื่องซอห์กเลต ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




**รูปที่ 4.51** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคจากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

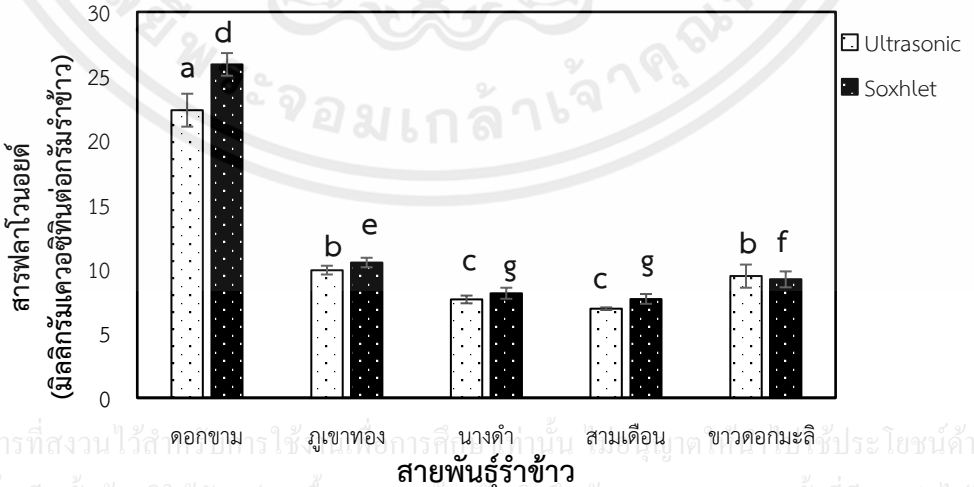
### 4.4.4 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

จากการเปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์จากรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 สกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม พบว่าการสกัดรำข้าวทั้งหมดด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นรำข้าวภูเขาทอง นางดำ และขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งพบว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบและเครื่องซอห์กเลตให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังรูปที่ 4.52 เนื่องจากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตเป็นการสกัดโดยทำให้ตัวทำละลายเกิดการระเหยและควบแน่นกลับมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการสกัดสารในลักษณะหมุนเวียนจนครบเวลาการสกัด ดังนั้นการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ

**ตารางที่ 4.54** เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์จากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

| สายพันธุ์รำข้าว | ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (มิลลิกรัมเควอซิทินต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | สกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) | สกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extraction) |
| ดอกขาม | $22.36 \pm 1.28^{a,y}$ | $25.92 \pm 0.88^{d,x}$ |
| ภูเขาทอง | $9.93 \pm 0.34^{b,x}$ | $10.52 \pm 0.37^{e,x}$ |
| นางดำ | $7.65 \pm 0.30^{c,x}$ | $8.13 \pm 0.43^{g,x}$ |
| สามเดือน | $6.93 \pm 0.10^{c,y}$ | $7.69 \pm 0.38^{g,x}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $9.46 \pm 0.90^{b,x}$ | $9.21 \pm 0.62^{f,x}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง d,e,f,g ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบระหว่างการสกัดรำข้าวด้วยคลื่นความถี่สูงและเครื่องซอห์กเลต ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.52** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์จากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

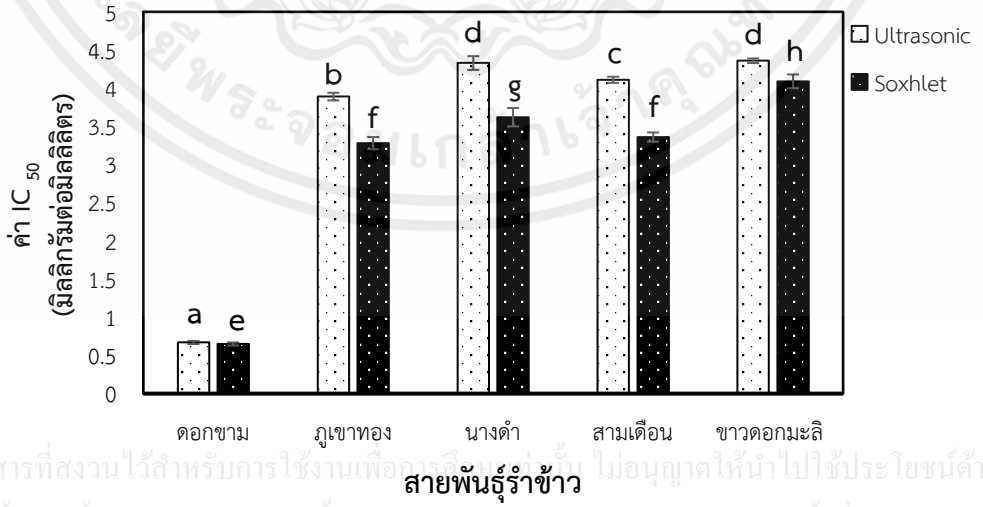
### 4.4.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH

จากการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH จากรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 สกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม พบว่าการสกัดรำข้าวทุกสายพันธุ์ด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ดีกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นรำข้าวดอกขามที่ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังรูปที่ 4.53 เนื่องจากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตเป็นการสกัดโดยทำให้ตัวทำละลายเกิดการระเหยและควบแน่นกลับมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการสกัดสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในลักษณะหมุนเวียนจนครบเวลาการสกัด ดังนั้นการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH มากกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง

**ตารางที่ 4.55** เปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH จากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

| สายพันธุ์รำข้าว | ค่า $IC_{50}$ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) | |
|---|---|---|
| | สกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) | สกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extraction) |
| ดอกขาม | $0.67 \pm 0.02^{a,x}$ | $0.65 \pm 0.02^{e,x}$ |
| ภูเขาทอง | $3.89 \pm 0.05^{b,y}$ | $3.28 \pm 0.08^{f,x}$ |
| นางดำ | $4.33 \pm 0.09^{d,y}$ | $3.62 \pm 0.12^{g,x}$ |
| สามเดือน | $4.11 \pm 0.04^{c,y}$ | $3.36 \pm 0.06^{f,x}$ |
| ขาวดอกมะลิ | $4.36 \pm 0.03^{d,y}$ | $4.09 \pm 0.09^{h,x}$ |

หมายเหตุ : a,b,c,d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ในน้ำมันรำข้าวจากการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง e,f,g,h ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ในน้ำมันรำข้าวจากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบระหว่างการสกัดรำข้าวด้วยคลื่นความถี่สูงและเครื่องซอห์กเลต ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.53** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH จากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

**4.4.6 ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP**

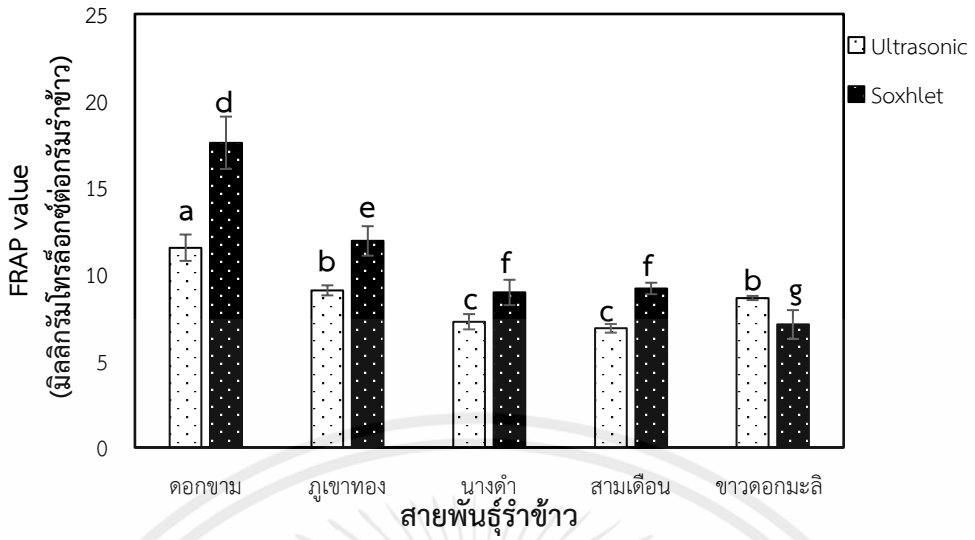
จากการเปรียบเทียบความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP จากรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 สกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่าการสกัดรำข้าวทุกสายพันธุ์ด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ดีกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง ยกเว้นรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงให้ความสามารถมากกว่าเครื่องซอห์กเลตอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังรูปที่ 4.54 เนื่องจากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตเป็นการสกัดโดยทำให้ตัวทำละลายเกิดการระเหยและควบแน่นกลับมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการสกัดสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในลักษณะหมุนเวียนจนครบเวลาการสกัด ดังนั้นการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP มากกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ

**ตารางที่ 4.56** เปรียบเทียบความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP จากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัด 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

| สายพันธุ์รำข้าว | ความสามารถในการรีดิวซ์ (มิลลิกรัมโทรล็อกซ์ต่อกรัมรำข้าว) | |
|---|---|---|
| | สกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) | สกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extraction) |
| ดอกขาม | $11.52 \pm 0.76^{a,y}$ | $17.57 \pm 1.51^{d,x}$ |
| ภูเขาทอง | $9.06 \pm 0.29^{b,y}$ | $11.91 \pm 0.85^{e,x}$ |
| นางดำ | $7.25 \pm 0.44^{c,y}$ | $8.94 \pm 0.73^{f,x}$ |
| สามเดือน | $6.87 \pm 0.25^{c,y}$ | $9.17 \pm 0.33^{f,x}$ |
| ขาวดอกมะลิ | $8.62 \pm 0.12^{b,x}$ | $7.09 \pm 0.83^{g,y}$ |

หมายเหตุ : a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ในน้ำมันรำข้าวจากการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง d,e,f,g ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงถึงความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ในน้ำมันรำข้าวจากการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต และ x,y ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงการเปรียบเทียบระหว่างการสกัดรำข้าวด้วยคลื่นความถี่สูงและเครื่องซอห์กเลต ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.54** ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP จากรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิธีการสกัดและสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง นางดำ และสามเดือน โดยมีรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นตัวควบคุม ใช้วิธีการสกัด 2 วิธี คือการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ (Ultrasonic-assisted extraction) และการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต (Soxhlet extraction) โดยเริ่มจากการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ ซึ่งใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ตัวควบคุม) จากนั้นหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต ซึ่งใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ตัวควบคุม) เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดของทั้ง 2 วิธี จึงทำการหาปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวไร่ทั้ง 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ตัวควบคุม) โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัด จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ปริมาณน้ำมันรำข้าว ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ โดยปัจจัยที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัด ได้แก่ ตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย อุณหภูมิ และเวลา ซึ่งใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในการหาสภาวะที่เหมาะสม เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวด้วยคลื่นความถี่สูงคือการสกัดด้วยเอทานอลเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:12 โดยมวลต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที แล้วจึงทำการหาปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวไร่ทั้ง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ดอกขาม ภูเขาทอง นางดำ และสามเดือน โดยมีรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นตัวควบคุม ใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสม ซึ่งพบว่าการสกัดรำข้าวดอกขาม ภูเขาทอง และขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและให้ปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็นรำข้าวนางดำ และสามเดือน ตามลำดับ ส่วนผลการศึกษาปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP พบว่าการสกัดด้วยรำข้าวดอกขามให้ปริมาณและฤทธิ์มากที่สุด รองลงมาเป็นรำข้าวภูเขาทอง ขาวดอกมะลิ 105 นางดำ และสามเดือน ตามลำดับ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH พบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ฤทธิ์ดีที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทอง สามเดือน นางดำ และขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลต โดยปัจจัยที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัด ได้แก่ ตัวทำละลาย และเวลาในการสกัด ซึ่งจะใช้รำข้าวไร่พันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในการหาสภาวะที่เหมาะสม เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดรำข้าวด้วย

เครื่องซอห์กเลตคือสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเอทานอล เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วจึงทำการหาปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวไร่ทั้ง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ดอกขาม ภูเขาทอง นางดำ และสามเดือน โดยมีรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นตัวควบคุม ใช้สภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด รองลงมาเป็นรำข้าวดอกขาม ภูเขาทอง นางดำ และสามเดือน ตามลำดับ ส่วนปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล สารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ พบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดรำข้าวภูเขาทอง ขาวดอกมะลิ 105 นางดำ และสามเดือน ตามลำดับ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP พบว่าการสกัดรำข้าวไร่พันธุ์ดอกขามให้ฤทธิ์ดีที่สุด รองลงมาเป็นรำข้าวพันธุ์ภูเขาทอง สามเดือน นางดำ และขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดระหว่างการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบและการสกัดด้วยเครื่องซอห์กเลตจากการสกัดรำข้าวไร่ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยสภาวะการสกัดที่เหมาะสมพบว่าการสกัดรำข้าวไร่และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องซอห์กเลตให้ปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงแบบโพรบ

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 งานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างรำข้าวทั้งหมด 5 สายพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วย รำข้าวไร่ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ดอกขาม ภูเขาทอง นางดำ และสามเดือน ได้มาจากจังหวัดชุมพร และรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้มาจากจังหวัดสุพรรณบุรี เนื่องจากรำข้าวทั้งหมดไม่ได้มาจากแหล่งพื้นที่เพาะปลูกเดียวกัน ทำให้รำข้าวที่ได้มีปริมาณความชื้นต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศของบริเวณนั้นๆ การเก็บรักษารำข้าวหลังผ่านกระบวนการสีข้าว ดังนั้นรำข้าวที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งต่อไปควรเป็นรำข้าวที่ได้จากแหล่งพื้นที่เพาะปลูกเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน

5.2.2 งานวิจัยนี้ใช้รำข้าวไร่ทั้งหมด 4 ชนิด ซึ่งรำข้าวไร่ในประเทศไทยนั้นพบจำนวนมากมายหลากหลายสายพันธุ์ ดังนั้นการทดลองครั้งต่อไปจึงควรเพิ่มความหลากหลายของสายพันธุ์รำข้าวไร่ที่มากขึ้นกว่าเดิม

5.2.3 ผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้พบว่าการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ใช้เครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ในการวิเคราะห์ ส่วนการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค สารฟลาโวนอยด์ ใช้เครื่องเสปกโตรโฟโตมิเตอร์ในการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นการใช้เครื่องมือที่ต่างชนิดกัน ทำให้ผลที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อนได้จากเครื่องมือ ดังนั้นการทดลองครั้งต่อไปควรใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ชนิดเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง


ณัฏฐิกา ศิลาลาย. 2548. “ฟลาโวนอยด์ในใบชา : หน้าที่ การใช้ประโยชน์ และการวิเคราะห์.” *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*. 2(1).

บุหรัน พันธุ์สวรรค์. 2556. “อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ.” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 21(3) : 275-286.

ปรียนันท์ บัวสด. 2549. “การตรวจสอบความสามารถในการเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ของเครื่องดื่มชาโดยวิธีไซคลิกโวลแทมเมตรี.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

มลฤดี เชาวรัตน์. 2540. “ รีเอสเทอริฟิเคชันของกรดไขมันอิสระในรำข้าวและไฮโดรไลซิสน้ำมันรำข้าว.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

รวินิภา ศรีมูล และศิริจันทร์ ตาใจ. 2557. “ปริมาณฟีนอลรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำผลไม้แปรรูปในจังหวัดจันทบุรี.” *วารสารวิจัย มทร.ตอ.* 7(1).

ลือชัย บุตคุป. 2554. “สารประกอบฟีโนลิกและฤทธิ์ทางชีวภาพ.” *J. Sci Technol MSU*. 31(4) : 443-454.

วราพร พงศ์ธรกุลพานิช. 2543. “การวิเคราะห์เอกลักษณ์และปริมาณโทโคฟีรอล และโอไรซานอลในกระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิภพ สุทธนะ. 2556. “ฤทธิ์ต้านมะเร็งของฟลาโวนอยด์ : กลไกการออกฤทธิ์.” *ศรีนครินทร์เวชสาร*. 28(4) : 567-582

วิลาวัลย์ บุณย์ศุภา. 2551. “การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากดอกอัญชัญ.” มหาวิทยาลัยราชภัฏสารคาม.

AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th ed. Gaithersburg, MD : AOAC International.

Ausman, L.M., Rong, N., and Nicolosi, R.J. 2005. “Hypocholesterolemic effect of physically refined rice bran oil: studies of cholesterol metabolism and.early atherosclerosis in.hypercholesterolemic hamsters.” *J. Nutr. Biochem.* 16 : 521-529.

Bhatnagar, A.S., Prabhakar, D.S., Kumar, P.K., Rajan, R.G., Krishna, A.G. 2014. “Processing of commercial rice bran for the production of fat and nutraceutical rich rice brokens, rice germ and pure bran.” *LWT - Food Science and Technology*. 58 : 306-311.

Butsat, S. and Siriamornpun, S. 2010. “Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice.” *Food Chemistry*. 119 : 606–613.

Chang, T. T. and Vergara, B. S. 1975. “ Varietal diversity and morpho- agronomic characteristics of upland rice.” Major research in upland rice. IRRI. 72-89.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Chanioti, S., and Tzia, C. 2017. “ Optimization of ultrasound-assisted extraction of oil from olive pomace using response surface technology: Oil recovery, unsaponifiable matter, total phenol content and antioxidant activity. ” *LWT-Food Science and Technology.* 79 : 178-189.

Chen, C.R., Wang, L.Y., Wang, C.H., Ho, W.J. and Chang, C.M.J. 2008. “ Supercritical carbon dioxide extraction of rice bran oil and column partition fractionation of γ-oryzanols. ” *Journal of Separation and Purification Technology*. 61 : 358-365.

Chen, M.H. and Bergman, C.J. 2005. “ A rapid procedure for analyzing rice bran tocopherol, tocotrienol and γ-oryzanol contents. *Journal of Food Composition and Analysis.* 18 : 319-331.

Chiappini, L., Perraudin, E., Durand-Jolibois, R. and Doussin, J. F. 2006. “Development of a supercritical fluid extraction- gas chromatography mass spectrometry method for the identification of highly polar compounds in secondary organic aerosols formed from biogenic hydrocarbons in smog chamber experiments. ” *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 386 : 1749–1759.

Das, A.B., Goud, V.V. and Das, C. 2017. “ Extraction of phenolic compounds and anthocyanin from black andpurple rice bran (*Oryza sativa* L.) using ultrasound: A comparativeanalysis and phytochemical profiling. ” *Industrial Crops and Products.* 95 : 332-341.

Datta, S.K. 1975. “Upland rice around the world. Major Research in Upland Rice.” IRRI. 1-11.

Durante, M., Lenucci, M.S., Rescio, L., Mita, G. and Caretto, S. 2012. “Durum wheat by-products as natural sources of valuable nutrients.” *Phytochemistry Reviews*. 11 : 255–262.

Grist, D.H. 1955. “Rice.” London: Longmans, Green and Co. 333.

Hanks, L.M. 1972. “ Rice and Man : Agricultural Ecology in Southeast Asia. ” Aldine-Altherton, Inc., Chicago. 174.

Harborne, JB. and Williams, CA. 2000. “ Advances in flavonoid research since 1992. ” *Phytochemistry*. 55 : 481-504.

Imsanguan, P., Roaysubtawee, A., Borirak, R., Pongamphai, S., Douglas, S. and Douglas, P.L. 2008. “ Extraction of α-tocopherol and γ-oryzanol from rice bran. ” *LWT-Food Science and Technology*. 41 : 1417-1424.

Khoei, M. and Chekin, F. 2016. “ The ultrasound-assisted aqueous extraction of rice bran oil.” *Food Chemistry*. 194 : 503-507.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Kubola, J. and Siriamornpun, S. 2008. "Phenolic contents and antioxidant activities of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts *in vitro.*" *Food Chemistry*. 110(4) : 881-890.

Min, B., Gu, L., McClung, A.M., Bergman, C.J. and Chen, M.H. 2012. "Free and bound total phenolic concentrations, antioxidant capacities, and profiles of proanthocyanidins and anthocyanins in whole grain rice (*Oryza sativa* L.) of different bran colours." *Food Chemistry*. 133 : 715-722.

Makherjee, R.K. and Bhattacharya, M. 1978. "Distribution of oil in the bran layers of slended, medium and shot grain varieties of rice, and effect of parboiling." *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 55 : 463-464.

Moongngarm, A., Daomukda, N. and Khumpika, S. 2012. "Chemical Compositions, Phytochemicals, and Antioxidant Capacity of Rice Bran, Rice Bran Layer, and Rice Germ." *APCBEE Procedia*. 2 : 73-79.

Nicolosi, R.J., Rogers, E.J., Ausman, L.M., and Orthoefer, F.T. 1994. "Rice bran oil and its health benefits." 350–421. In Marshall W. E. and Wadsworth J. I. *Rice science and technology*. New York.

Pereira, M.G., Hamerski, F., Andrade, E.F., Scheer, A.P. and Corazza, M.L. 2017. "Assessment of subcritical propane, ultrasound-assisted and Soxhlet extraction of oil from sweet passion fruit (Passiflora alata Curtis) seeds." *The Journal of Supercritical Fluids*. 128 : 338-348.

Pietta PG. 2000. "Flavonoids as antioxidants." *Journal of Natural Products*. 63 : 1035-142.

Premakumara, G.A.S., Abeysekera, W.K.S.M., Ratnasooriya, W.D., Chandrasekharan, N.V. and Bentota, A.P. 2013. "Antioxidant, anti-amylase and anti-glycation potential of brans of some Sri Lankan traditional and improved rice (*Oryza sativa* L.) varieties." *Journal of Cereal Science*. 58 : 451-456.

Renaud S. and De Lorgeril M. 1992. "Wine, alcohol, platelets, and French paradox for coronary heart disease." *The Lancet*. 339 : 1523–1526.

Rossell, B.BSC., ARCH., and Dphil. 1999. "Oil and Fats : Vegetable oils and fats." New York : Leatherhead Publishing.

Ruen-Ngam, D., Thawai, C., Nokkoul, R. and Sukonthamut, S. 2014. "Gamma-Oryzanol Extraction from Upland Rice Bran." *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*. 4(4).

Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.N. and Kadam, S.S. 1992. "World Oilseeds." 424-448. *Chemistry Technology and Utilization*. New York : Van Nostrand Reinhold.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Sarmento, C. M. P., Ferreira, S. R. S. and Hense, H. 2006. "Supercritical fluid extraction (SFE) of rice bran oil to obtain fractions enriched with tocopherols and tocotrienols." *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 23 : 243–249.

Sookwong, P., Suttiarporn, P., Boontakham, P., Seekhow, P., Wangtueai, S. and Mahatheeranont, S. 2016. "Simultaneous quantification of vitamin E, γ-oryzanols and xanthophylls from rice bran essences extracted by supercritical $CO_2$." *Food chemistry*. 211 : 140-147.

Subramanian, R., Subbramaniyan, P., Ameen, J.N. and Raj, V. 2016. "Double bypasses soxhlet apparatus for extraction of piperine from *Piper nigrum*." *Arabian Journal of Chemistry*. 9 : s537-s540.

Tabaraki, R. and Nateghi, A. 2011. "Optimization of ultrasonic-assisted extraction of natural antioxidants from rice bran using response surface methodology." *Ultrasonics Sonochemistry*. 18 : 1279-1286.

Thanonkaew, A., Wongyai, S., McClements, D.J. and Decker, E.A. 2012. "Effect of stabilization of rice bran by domestic heating on mechanical extraction yield, quality, and antioxidant properties of cold-pressed rice bran oil (*Oryza saltiva* L.)." *LWT-Food Science and Technology*. 48 : 231-236

Tomita, K., Machmudah, S., Wahyudiono, Fukuzato, R., Kanda, H., Quitain, A.T., Sasaki, M. and Goto, M. 2014. "Extraction of rice bran oil by supercritical carbon dioxide and solubility Consideration." *Separation and Purification Technology*. 125 : 319-325.

Vinatoru, M., Toma, M., Paniwnyk, L. and Mason, T.J. 2003. "Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction." *Ultrasonics Sonochemistry*. 8 : 137-142.

Wang, C. H., Chen, C. R., Wu, J. J., Wang, L. Y., Chang, C. M. and Ho, W. J. 2008. "Designing supercritical carbon dioxide extraction of rice bran oil that contain oryzanols using response surface methodology." *Journal of Separation Science*. 31 : 1399–1407.

Wang, L. and Weller, C.L. 2006. "Recent Advances in Extraction of Nutra-ceuticals from Plants." *Food Science and Technology*. 17 : 300-312.

Wanyo, P., Meeso, N. and Siriamornpun, S. 2014. "Effects of different treatments on the antioxidant properties and phenolic compounds of rice bran and rice husk." *Food Chemistry*. 157 : 457-463.

Wu, J., Lin, L. and Chau, F. 2001. "Ultrasound - Assisted Extraction of Ginseng Saponins from Ginseng Roots and Cultured Ginseng Cell." *Ultrasonics Sonochemistry*. 8 : 347-352.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Xu, G., Liang, C., Huang, P., Liu, Q., Xu, Y., Ding, C. and Li, T. 2016. “Optimization of rice lipid production from ultrasound-assisted extraction by response surface methodology.” *Journal of Cereal Science*. 70 : 23-28.

Zhang, M.W., Zhang, R.F., Zhang, F.X. and Liu, R.H. 2010. “Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58 : 7580–7587.

Zhang, S.Z. and others. 2008. “Ultrasound - Assisted Extraction of Oil from Flaxseed.” *Separation and Purification Technology*. 62 : 192-198.

Zhimin - Xu and Gogber, J.S. 1999. “Purification and identification of components of gamma-oryzanol on rice bran oil.” *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 47(7) : 2724-2728.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

**การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction)**

**1. การเตรียมตัวอย่าง**

1.1 ชั่งรำข้าว 5 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

1.2 เติมตัวทำละลายลงไป โดยใช้ปริมาตรตัวทำละลายตามอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายที่ต้องการ

1.3 นำไปวางไว้ในโพรบ (Probe extractor) โดยจุ่มโพรบลงไปให้ถึงชั้นของรำข้าวในบีกเกอร์ ตั้งค่าอุณหภูมิและเวลาในการสกัดตามต้องการ

**2. การเก็บรักษาสารสกัดในตัวทำละลาย**

เมื่อครบเวลาการสกัด ทำการกรองสารสกัดด้วยกระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 1 จำนวน 2 ชั้น เพื่อแยกส่วนของรำข้าวออกจากสารสกัดในตัวทำละลาย ส่วนใสที่ได้เก็บใส่ขวดสีชาและนำไปแช่ไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำการระเหยตัวทำละลายออกในขั้นตอนต่อไป

**3. สภาวะที่ใช้ในการระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Evaporator)**

อุณหภูมิของอ่าง (bath temperature) ที่ใช้ในการระเหยตัวทำละลายคือ 40 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบในการหมุนเป็น 120 รอบต่อนาที โดยควบคุมความดันการระเหยตามชนิดของตัวทำละลายดังต่อไปนี้

3.1 ตัวอย่างที่ใช้ตัวทำละลายเป็นเฮกเซน (Hexane) จะใช้ความดัน 335 มิลลิบาร์

3.2 ตัวอย่างที่ใช้ตัวทำละลายเป็นเอทิลอะซีเตต (Ethyl acetate) จะใช้ความดัน 240 มิลลิบาร์

3.3 ตัวอย่างที่ใช้ตัวทำละลายเป็นไอโซโพรพานอล (Isopropanol) จะใช้ความดัน 137 มิลลิบาร์

3.4 ตัวอย่างที่ใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอล (Ethanol) จะใช้ความดัน 175 มิลลิบาร์

**4. การเก็บรักษาตัวอย่างสารสกัดน้ำมันรำข้าว**

เมื่อทำการระเหยตัวทำละลายออกจนได้เป็นสารสกัดที่ต้องการแล้ว นำใส่ขวดไวแอลสีชา แล้วจึงเก็บรักษาไว้โดยการแช่ในตู้แช่แข็ง ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การคำนวณหาปริมาณน้ำมันรำข้าว (Yield)**

ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ (crude oil) จะรายงานผลในหน่วยกรัมต่อกรัมรำข้าว ($g/g_{DW}$) ซึ่งจะหาได้จากสมการดังนี้

$$\text{สารสกัดน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)} = \frac{\text{น้ำหนักของสารสกัดน้ำมันรำข้าว (กรัม)}}{\text{น้ำหนักรำข้าวแห้ง (กรัม)}}$$

**ตารางที่ 1** น้ำหนักรำข้าวแห้งของรำข้าวไร่สายพันธุ์ต่างๆ

| สายพันธุ์รำข้าว | น้ำหนักรำข้าวแห้ง (กรัมรำข้าว) |
|---|---|
| ดอกขาม | $4.56 \pm 0.01^{b}$ |
| ภูเขาทอง | $4.51 \pm 0.00^{c}$ |
| นางดำ | $4.30 \pm 0.01^{e}$ |
| สามเดือน | $4.43 \pm 0.00^{d}$ |
| ขาวดอกมะลิ 105 | $4.61 \pm 0.01^{a}$ |

หมายเหตุ: a,b,c,d,e เป็นตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยนของน้ำหนักรำข้าวแห้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

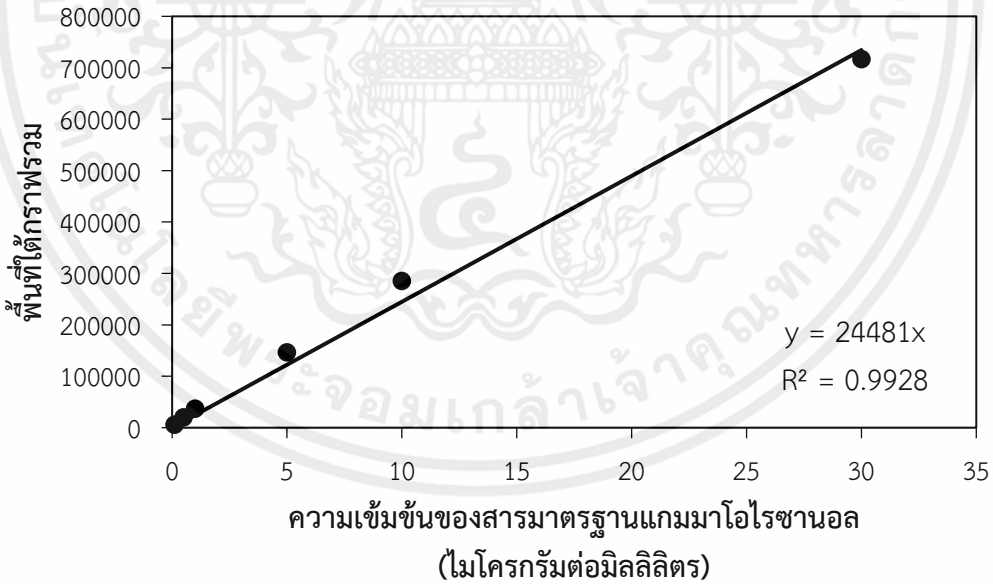
# ภาคผนวก ข

## กราฟมาตรฐาน

### 1. กราฟมาตรฐานแกมมาโอไรซานอล

**ตารางที่ 2** ความเข้มข้นของสารมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลกับพื้นที่ใต้กราฟ HPLC

| ความเข้มข้นของสารมาตรฐานแกมมาโอไรซานอล (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) | พื้นที่ใต้กราฟ |
|---|---|
| 0.1 | 5191.00 |
| 0.5 | 19909.67 |
| 1 | 36820.67 |
| 5 | 146304.30 |
| 10 | 284761.00 |
| 30 | 716594.33 |



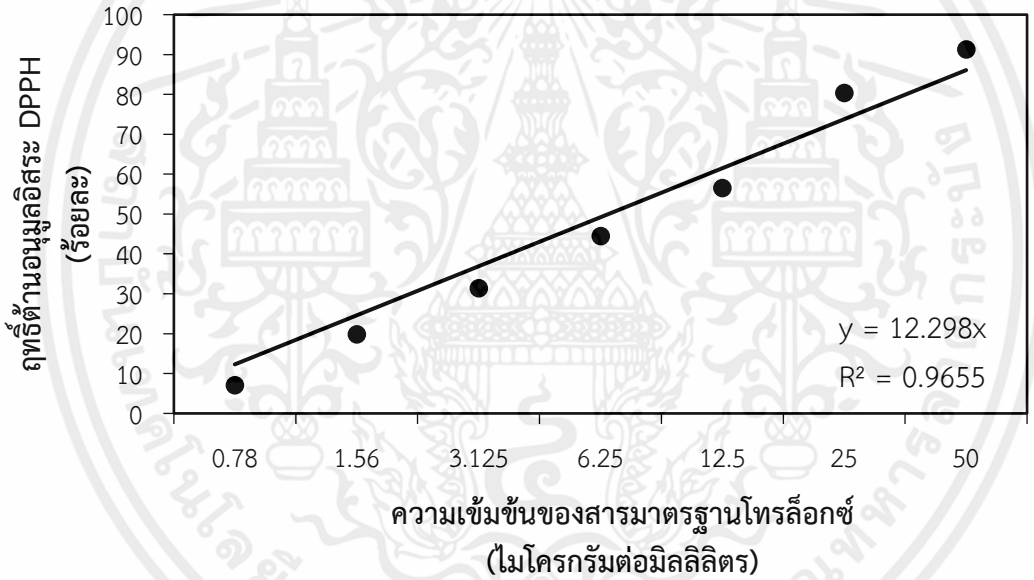

**รูปที่ 1** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารมาตรฐานแกมมาโอไรซานอล (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับพื้นที่ใต้กราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2. กราฟมาตรฐานโทรล็อกซ์วิธี DPPH**

**ตารางที่ 3** ความเข้มข้นของสารมาตรฐานโทรล็อกซ์ (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ)

| ความเข้มข้นของสารมาตรฐานโทรล็อกซ์ (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) | ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ) |
|---|---|
| 0.78 | 7.03 |
| 1.56 | 19.83 |
| 3.13 | 31.38 |
| 6.25 | 44.43 |
| 12.50 | 56.48 |
| 25.00 | 80.32 |



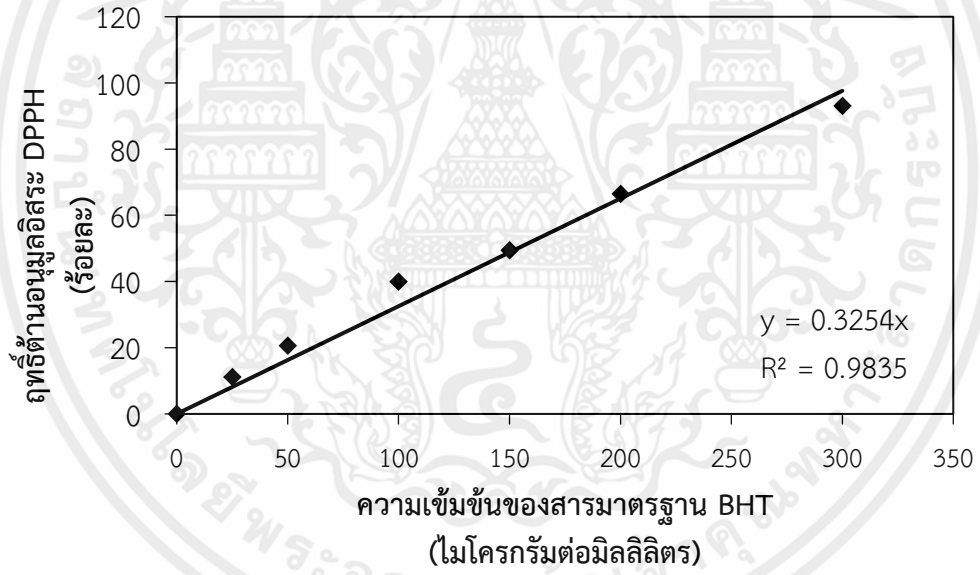

**รูปที่ 2** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารมาตรฐานโทรล็อกซ์ (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3. กราฟมาตรฐาน BHT วิธี DPPH**

**ตารางที่ 4** ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน BHT (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ)

| ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน BHT (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) | ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ) |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 25 | 11.13 |
| 50 | 20.59 |
| 100 | 39.93 |
| 150 | 49.40 |
| 200 | 66.41 |
| 300 | 93.00 |



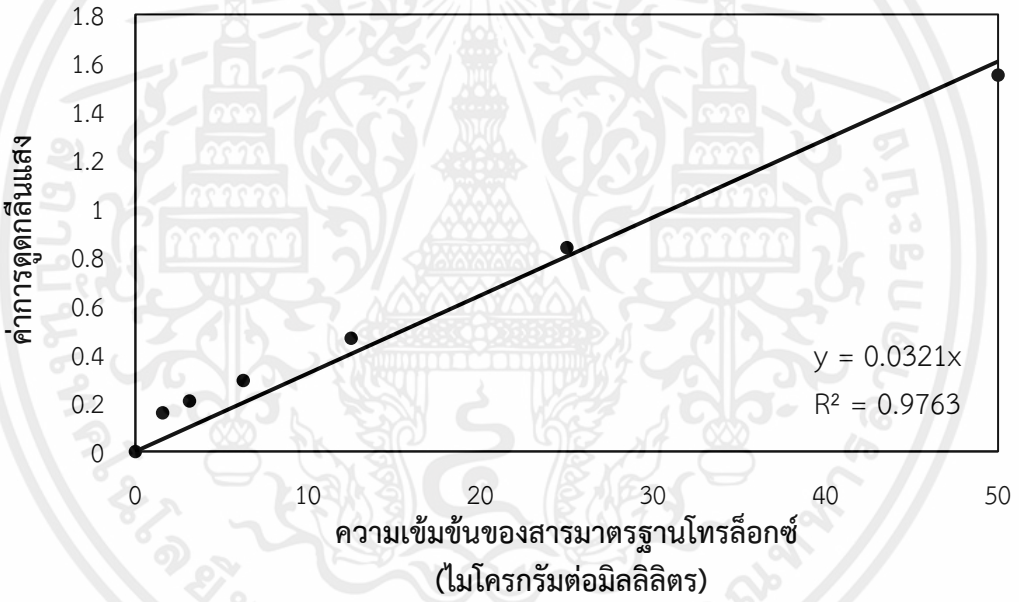

**รูปที่ 3** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารมาตรฐาน BHT (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4. กราฟมาตรฐานโทรล็อกซ์วิธี FRAP**

**ตารางที่ 5** ความเข้มข้นของสารมาตรฐานโทรล็อกซ์ (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับค่าการดูดกลืนแสง

| ความเข้มข้นของสารมาตรฐานโทรล็อกซ์ (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) | ค่าการดูดกลืนแสง |
|---|---|
| 0.00 | 0.000 |
| 1.56 | 0.159 |
| 3.13 | 0.208 |
| 6.25 | 0.292 |
| 12.50 | 0.467 |
| 25.00 | 0.840 |
| 50.00 | 1.550 |



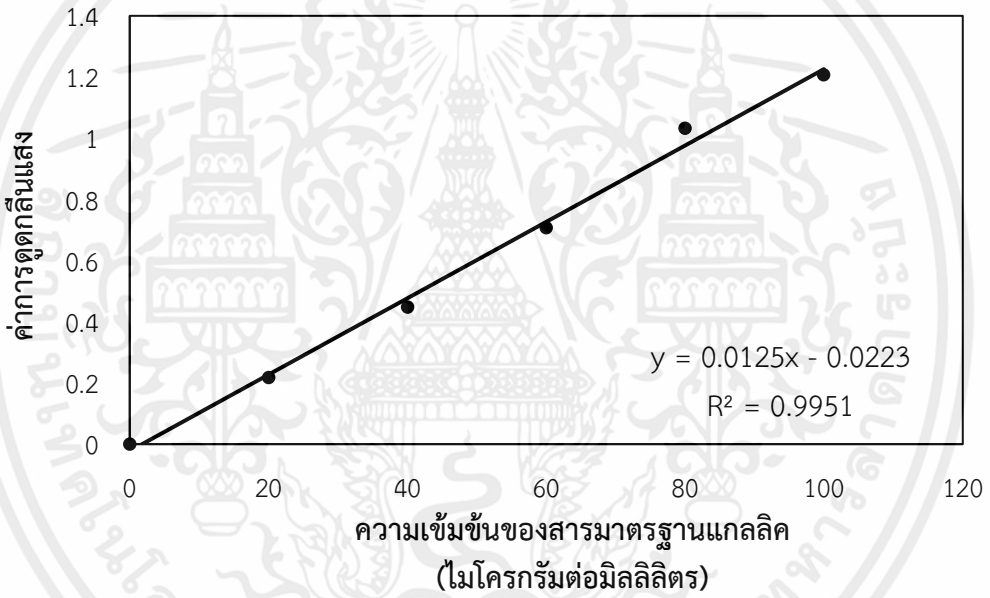

**รูปที่ 4** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานโทรล็อกซ์ (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5. กราฟมาตรฐานแกลลิค**

**ตารางที่ 6** ความเข้มข้นของสารมาตรฐานแกลลิค (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับค่าการดูดกลืนแสง

| ความเข้มข้นของสารมาตรฐานแกลลิค (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) | ค่าการดูดกลืนแสง |
|---|---|
| 0 | 0.000 |
| 20 | 0.217 |
| 40 | 0.448 |
| 60 | 0.707 |
| 80 | 1.032 |
| 100 | 1.206 |



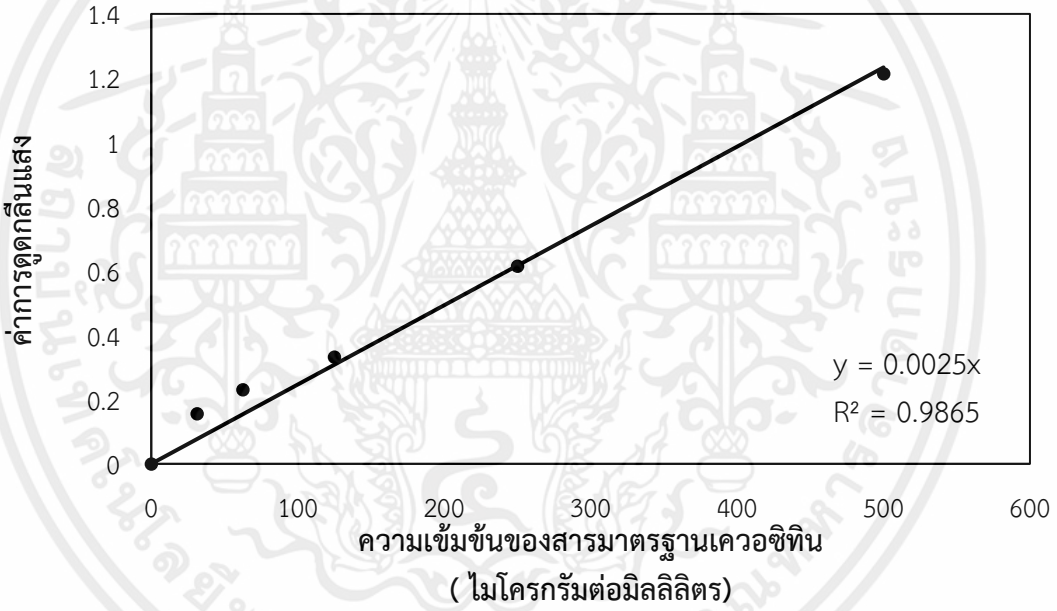

**รูปที่ 5** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานแกลลิค (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**6. กราฟมาตรฐานเควอซิทิน**

**ตารางที่ 7** ความเข้มข้นของสารมาตรฐานเควอซิทิน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับค่าการดูดกลืนแสง

| ความเข้มข้นของสารมาตรฐานเควอซิทิน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) | ค่าการดูดกลืนแสง |
|---|---|
| 0.00 | 0.000 |
| 31.25 | 0.156 |
| 62.50 | 0.231 |
| 125.00 | 0.332 |
| 250.00 | 0.615 |
| 500.00 | 1.214 |




**รูปที่ 6** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานเควอซิทิน (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) กับค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

## การวิเคราะห์ปริมาณสารแกมมมาโอไรซานอลด้วยเครื่อง HPLC

**1. การเตรียมเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase)**

เฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) ตัวทำละลายที่ใช้ประกอบด้วย เมทานอล : ไอโซโพรพานอล : เอทิลอะซีเตต ผสมกันในอัตราส่วนร้อยละ 47.5 : 40 : 12.5 โดยปริมาตรตามลำดับ ชนิด HPLC grade จากนั้นกรองตัวทำละลายด้วยกระดาษกรอง PTFE ขนาด 0.22 ไมโครเมตร แล้วจึงนำไปไล่ฟองอากาศด้วยการสั่นสะเทือนด้วยคลื่นความถี่สูง

**2. การเตรียมกราฟมาตรฐานแกมมาโอไรซานอล**

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลที่ความเข้มข้น 0.1 0.5 1 5 10 และ 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้เฟสเคลื่อนที่เป็นตัวทำละลาย

2.2 นำสารละลายมาตรฐานที่แต่ละความเข้มข้นกรองด้วยหัวกรองชนิด PTFE ขนาด 0.22 ไมโครเมตร แล้วจึงใส่ขวดไวแอล ขนาด 2 มิลลิลิตร

2.3 นำขวดไวแอลที่บรรจุสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นมาใส่ในถาดของเครื่อง RP-HPLC โดยทำการฉีดสารละลายมาตรฐานแบบอัตโนมัติ (auto sampler)

2.4 ตั้งค่าสภาวะต่างๆ ดังนี้ ปริมาณตัวอย่างที่ฉีดเข้า 20 ไมโครลิตร ตัวตรวจวัด (detector) ที่ใช้คือ Photodiode array detector ที่ความยาวคลื่น 330 นาโนเมตร ใช้เวลาวิเคราะห์ 15 นาทีต่อตัวอย่าง ค่าอัตราการไหลเป็น 1 มิลลิลิตรต่อนาที

2.5 นำข้อมูลพื้นที่ใต้กราฟที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานต่อพื้นที่ใต้กราฟโครมาโทแกรม

**3. การเตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าว**

เตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่ต้องการวิเคราะห์ให้ได้ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ในการละลายตัวอย่าง จากนั้นกรองสารละลายน้ำมันรำข้าวผ่านหัวกรองชนิด PTFE ขนาด 0.22 ไมโครเมตร จากนั้นบรรจุใส่ขวดไวแอลขนาด 2 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปวางไว้ในถาดของเครื่อง RP-HPLC โดยทำการฉีดสารละลายมาตรฐานแบบอัตโนมัติ (auto sampler) ปริมาณตัวอย่างที่ฉีดเข้าเครื่องเท่ากับ 20 ไมโครลิตร หาพื้นที่ใต้กราฟของแต่ละตัวอย่างแล้วนำข้อมูลที่ได้เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานแกมมาโอไรซานอล ($Y=24481x$ , $R^2=0.9928$) เพื่อคำนวณหาปริมาณแกมมาโอไรซานอลในตัวอย่างแต่ละตัวอย่างต่อไป

**4. การคำนวณปริมาณแกมมาโอไรซานอล**

ปริมาณแกมมาโอไรซานอลของตัวอย่างที่ได้สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลของตัวอย่างกับสมการ $Y=24481x$ , $R^2=0.9928$ ของกราฟมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลดังสมการ

$$\text{ปริมาณแกมมาโอไรซานอล (mg/ml)} = \frac{\text{พื้นที่ใต้พีค}}{24481}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายตัวอย่าง (stock solution) ที่เตรียมมีความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถแสดงค่าในหน่วยกรัมของแกมมาโอไรซานอลต่อกรัมน้ำหนักสารสกัดน้ำมันรำข้าว (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด) เทียบได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณแกมมาโอไรซานอล (mg/g crude oil)} = \frac{\text{ปริมาณแกมมาโอไรซานอล (mg/ml)}}{\text{0.1 mg crude oil}}$$

$$\text{ปริมาณแกมมาโอไรซานอล (mg/g}_{DW}\text{)} = \frac{\text{ปริมาณแกมมาโอไรซานอล (mg/g crude oil)}}{\text{น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ (g crude oil/g}_{DW}\text{ )}}$$

## การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

**1. การเตรียมกราฟมาตรฐานแกลลิค (Gallic acid)**

1.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานแกลลิคที่ความเข้มข้น 20 40 60 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้เอทานอลร้อยละ 70 เป็นตัวทำละลาย ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง

1.2 จากนั้นเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นด้วยอัตราส่วน 1:9 โดยปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

1.3 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 10 (10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

1.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นแกลลิคกับค่าการดูดกลืนแสง

1.5 จะได้กราฟมาตรฐานแกลลิค ($y=0.0128x-0.0468$, $R^2=0.9935$) ใช้ในการคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคของตัวอย่างน้ำมันรำข้าวเทียบกับสารมาตรฐานแกลลิค

**2. การเตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าว**

เตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่ต้องการทดสอบที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 2-4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร โดยใช้เอทานอลร้อยละ 70 เป็นตัวทำละลาย ใส่ลงในหลอดทดลอง ละลายให้เข้ากันจนกว่าสารละลายตัวอย่างใส จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นด้วยอัตราส่วน 1:9 โดยปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เช่นเดียวกับสารละลายมาตรฐาน จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง แล้วจึงนำค่าที่ได้มาคำนวณเพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคโดยเทียบกับสารมาตรฐานแกลลิค แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมน้ำมันรำข้าว (mg GAE/g crude oil)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3. การคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานแกลลิค**

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคของตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่ได้สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิคของตัวอย่างกับสมการ Y=0.0128x-0.0468, $R^2$=0.9935 ของกราฟมาตรฐานแกลลิค สารละลายตัวอย่างที่เตรียมมีความเข้มข้นตั้งแต่ 2-4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถแสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมแกลลิคต่อกรัมรำข้าว (mg GAE/g DW) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค(mg GAE/g crude oil)} = \frac{(\text{ค่าการดูดกลืนแสง}+0.0468)}{0.0128} \div 2\text{ -4 mg crude oil}$$

$$\text{ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (mg GAE/g DW)} = \frac{\text{ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค (mg GAE/g crude oil)}}{\text{น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ (g crude oil/g }_{DW})}$$

## การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ด้วยเครื่องเสปกโตรโฟโตมิเตอร์

**1. การเตรียมกราฟมาตรฐานเควอซิทิน (Quercetin)**

1.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานเควอซิทินที่ความเข้มข้น 31.25 62.5 125 250 และ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้เอทานอลร้อยละ 70 เป็นตัวทำละลาย ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง

1.2 จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไนไตรต์ ($NaNO_2$) ร้อยละ 5 (5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร) ปริมาตร 150 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน

1.3 เติมสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3.6H_2O$) ร้อยละ 10 (10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

1.4 แล้วจึงเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ร้อยละ 5 (5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

1.4 บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นเควอซิทินกับค่าการดูดกลืนแสง

1.5 จะได้กราฟมาตรฐานเควอซิทิน (Y=0.0023x+0.0722, $R^2$=0.9978) ใช้ในการคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคของตัวอย่างน้ำมันรำข้าวเทียบกับสารมาตรฐานเควอซิทิน

**2. การเตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าว**

เตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่ต้องการทดสอบที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 2-4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร โดยใช้เอทานอลร้อยละ 70 เป็นตัวทำละลาย ใส่ลงในหลอดทดลอง ละลายให้เข้ากันจนกว่าสารละลายตัวอย่างใส จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลายต่างๆ เช่นเดียวกับสารละลายมาตรฐาน จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง แล้วจึงนำค่าที่ได้มาคำนวณเพื่อหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์เทียบกับสารมาตรฐานเควอซิทิน แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมเควอซิทินต่อกรัมน้ำมันรำข้าว (mg QE/g crude oil)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3. การคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานเควอซิทิน**

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่ได้สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของตัวอย่างกับสมการ Y=0.0023x+0.0722, $R^2$=0.9978 ของกราฟมาตรฐานเควอซิทิน สารละลายตัวอย่างที่เตรียมมีความเข้มข้นตั้งแต่ 2-4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถแสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมเควอซิทินต่อกรัมรำข้าว (mg QE/g DW) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณฟลาโวนอยด์ (mg QE/g crude oil)} = \frac{(\text{ค่าการดูดกลืนแสง} - 0.0722)}{0.0023} \div 2 - 4 \text{ mg crude oil/ml}$$

$$\text{ปริมาณฟลาโวนอยด์ (mg QE/g DW)} = \frac{\text{ปริมาณฟลาโวนอยด์ (mg QE/g crude oil)}}{\text{น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ (g crude oil/g }_{DW})}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง

## การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

### 1. การเตรียมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

1.1 เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.20 มิลลิโมลาร์ โดยทำการชั่งสาร DPPH ปริมาณ 0.0040 กรัม ละลายด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ปรับปริมาตรจนได้ 50 มิลลิลิตร

1.2 นำไปละลายตะกอนด้วยเครื่องอัลตราโซนิคแบบอ่าง (Ultrasonic cleaner) นาน 15 นาที

1.3 กรองผ่านกระดาษกรองวอทแมน เบอร์ 1

1.4 บรรจุใส่สารละลาย DPPH ใส่ขวดดูแรน แล้วห่อด้วยฟลอยด์ จากนั้นเก็บไว้ในตู้แช่เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปทดสอบปฏิกิริยาต่อไป

### 2. การเตรียมกราฟมาตรฐาน BHT และ Trolox

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน BHT ช่วงความเข้มข้น 25 50 100 150 200 และ 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยทำการละลายด้วยเอทานอลร้อยละ 95

2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Trolox ช่วงความเข้มข้น 1.56 3.13 6.25 12.50 และ 25.00 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยทำการละลายด้วยเอทานอลร้อยละ 95

2.3 นำสารละลายมาตรฐานทั้ง 2 ชนิด ที่ความเข้มข้นต่างๆ หยอดลงหลุมไมโครเพลท (96-well plate) หลุมละ 100 ไมโครลิตร จากนั้นหยอดสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ หลุมละ 100 ไมโครลิตร

2.4 บ่มในที่มืดนาน 30 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์

2.5 นำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition) เพื่อนำไปสร้างกราฟมาตรฐาน หรือรายงานผลเป็นค่าความเข้มข้นของตัวอย่างที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ($IC_{50}$)

### 3. การเตรียมสารละลายตัวอย่างน้ำมันรำข้าว

3.1 เตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1 ถึง 6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในแต่ละสายพันธุ์ โดยละลายด้วยเอทานอลร้อยละ 95

3.2 นำสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ หยอดลงหลุมไมโครเพลท (96-well plate) หลุมละ 100 ไมโครลิตร จากนั้นหยอดสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ หลุมละ 100 ไมโครลิตร

3.3 บ่มในที่มืดนาน 30 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์

3.4 นำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition) หรือรายงานผลเป็นค่าความเข้มข้นของตัวอย่างที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ($IC_{50}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการคำนวณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ (%inhibition)

$$\%\text{inhibition} = \frac{[(A_{DPPH}-A_{Blank\ DPPH})-(B_{sample}-B_{Blank\ sample})]}{(A_{DPPH}-A_{Blank\ DPPH})} \times 100$$

โดย $A_{DPPH}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH

$A_{Blank\ DPPH}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวทำละลายที่ใช้ละลายสาร DPPH

$B_{sample}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นทำปฏิกิริยากับสารละลาย DPPH

$B_{Blank\ sample}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างแต่ละความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP

**1. การเตรียมสารละลาย FRAP**

1.1 เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซีเตต ความเข้มข้น 300 มิลลิโมลาร์ พีเอช 3.6 (ชั่งโซเดียมอะซีเตต 1.5 กรัม เติมกรดอะซิติกปริมาตร 8 มิลลิลิตร จากนั้นรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 0.5 ลิตร แล้วจึงปรับบัฟเฟอร์ให้มีค่าความเป็นกรดพีเอช 3.6)

1.2 เตรียมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ (ชั่งเฟอร์ริกคลอไรด์ 0.541 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร)

1.3 เตรียมกรดไฮโดรคลอริค 40 มิลลิโมลาร์ (กรดไฮโดรคลอริค 1 โมลาร์ 4 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร)

1.4 เตรียมสารละลาย TPTZ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ (ชั่ง TPTZ 0.312 กรัม ละลายในกรดไฮโดรคลอริค 40 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร)

1.5 ผสมสารละลาย 1.1 1.2 และ 1.4 ให้เข้ากันด้วยอัตราส่วน 10 : 1 : 1 โดยปริมาตรตามลำดับ จะได้สารละลาย FRAP reagent จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปทดสอบต่อไป

**2. การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรล็อกซ์**

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรล็อกซ์ที่ความเข้มข้น 1.56 3.13 6.25 12.50 25.00 และ 50.00 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยละลายด้วยเอทานอลร้อยละ 70

2.2 สารละลายมาตรฐานโทรล็อกซ์ในแต่ละความเข้มข้นใส่ในหลอดทดลอง 0.25 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 0.75 มิลลิลิตร บ่มปฏิกิริยาในที่มืด 5 นาที

2.3 ใช้เอทานอลร้อยละ 70 ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเติมสารละลาย FRAP reagent 0.75 มิลลิลิตร เป็น Blank และ negative control

2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร

2.5 นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานโทรล็อกซ์

2.6 จะได้กราฟมาตรฐานโทรล็อกซ์ ($Y=0.0287x+0.1144$, $R^2=0.9999$) ใช้คำนวณหาความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของสารมาตรฐานโทรล็อกซ์กับตัวอย่างสารสกัดน้ำมันรำข้าว (Trolox equivalent antioxidant capacity)

**3. การเตรียมสารละลายตัวอย่างน้ำมันรำข้าว**

3.1 เตรียมตัวอย่างที่ความเข้มข้นช่วงความเข้มข้น 0.25 ถึง 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในแต่ละสายพันธุ์ โดยละลายด้วยเอทานอลร้อยละ 70

3.2 จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างในแต่ละความเข้มข้นใส่ลงในหลอดทดลองปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร (ใช้เอทานอลร้อยละ 70 เป็นแบลงก์) จากนั้นทำการเติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 0.75 มิลลิลิตร บ่มปฏิกิริยาในที่มืดนาน 5 นาที

3.3 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างน้ำมันรำข้าวมาคำนวณเทียบกับความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP ของกราฟมาตรฐานโทรล็อกซ์ (Y=0.0287x+0.1144, $R^2$=0.9999) แสดงในหน่วยมิลลิกรัมโทรล็อกซ์ต่อสารละลายตัวอย่างน้ำมันรำข้าว (mg TEAC/g crude oil) และสามารถแสดงค่าในหน่วยกรัมโทรล็อกซ์ต่อกรัมน้ำหนักรำข้าว (mg TEAC/g $_{DW}$) โดยเทียบจากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณโทรล็อกซ์ (mg TEAC/g crude oil)} = \frac{(\text{ค่าการดูดกลืนแสง-0.01144}) \div 0.25\text{-}1\ (\text{mg crude oil/ml})}{0.0287}$$

$$\text{ปริมาณโทรล็อกซ์ (mg TEAC/g}_{DW}) = \frac{\text{ปริมาณโทรล็อกซ์ (mg TEAC/g crude oil)}}{\text{น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ (g crude oil/g}_{DW})}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก จ

## การใช้เครื่องวัดสี Hunter lab miniscan EZ

**1. วิธีตั้งค่าเครื่อง**

1.1 ประกอบเครื่อง Hunterlab ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

1.2 ทำการ standardize เพื่อเป็นการตั้งค่าสีมาตรฐานเริ่มต้นที่ใช้ในการวัดด้วยแผ่น black glass และ white tile

1.3 นำแผ่น black glass วางบนแท่น กดปุ่ม standardize เพื่อตั้งค่าสี

1.4 จากนั้นนำแผ่น white tile วางบนแท่น กดปุ่ม standardize เพื่อตั้งค่าสี

**2. วิธีการวัดสีรำข้าว**

2.1 เทรำข้าวที่ต้องการวัดใส่ลงในเพลทบรรจุ โดยให้รำข้าวเรียบเสมอกันทั่วเพลทและไม่มีช่องว่างให้แสงทะลุผ่านได้

2.2 จากนั้นนำเพลทไปวางบนแท่นวัดสีเพื่อทำการวัด แล้วกดปุ่ม read โดยเครื่องจะทำการอ่านค่าสีออกมาเป็นค่า Lightness (ความสว่าง, $L^*$) Redness (ค่าสีแดง, $a^*$) และ Yellowness (ค่าสีเหลือง, $b^*$)

2.3 ทำการวัดตัวอย่างรำข้าวอย่างน้อย 3 ซ้ำต่อตัวอย่างรำข้าว เพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ย $L^*$ $a^*$ และ $b^*$

**3. การอ่านค่าที่ได้จากเครื่อง Hunter lab**

3.1 ค่า $L^*$ หมายถึง ค่าความสว่างมีค่า 0-100

0 หมายถึง สีมืดที่สุด

100 หมายถึง สว่างที่สุด

3.2 ค่า $a^*$ หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว

+a หมายถึง แสดงความเป็นสีแดง

-a หมายถึง แสดงความเป็นสีเขียว

3.3 ค่า $b^*$ หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

+b หมายถึง แสดงความเป็นสีเหลือง

-b หมายถึง แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ | นายธารินทร์ วาเด็ง |
| วัน เดือน ปีเกิด | 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2536 |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | หอพักบีบี คอร์ด 661/1-3 ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 |
| ประวัติการศึกษา | (2557) วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>(2561) วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ | - |
| ผลงานทางวิชาการ | Wadeng, T., Thawai, C., Sukonthamut, S., Nokkoul, R. and Ruen-ngam, D. (2016). “Comparison of Rice Bran Oil Recovery, Gamma-Oryzanol and Antioxidant Activities of Upland rice bran and Khao Dok Mali 105 Rice bran.” The 28th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conference (p.424-434). Chiang Mai : Chiang Mai University. (Poster presentation) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้