ศึกษาผลของการแช่ก่อนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวด้วยคลื่นเสียงช่วยในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

EFFECT OF SOAKING BEFORE ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION ON AMOUNT OF ANTIOXIDANT COMPOUND AND IT ANTIOXIDANT ACTIVITY

วราภรณ์ ผดุงชีวิต
วริษฐา กระจ่างสด
อรอุษา เนื่องทวี

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

ศึกษาผลของการแช่ก่อนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวด้วยคลื่นเสียงช่วยในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

EFFECT OF SOAKING BEFORE ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION ON AMOUNT OF ANTIOXIDANT COMPOUND AND IT ANTIOXIDANT ACTIVITY

วราภรณ์ ผดุงชีวิต

วริษฐา กระจ่างสด

อรอุษา เนื่องทวี

b.00266115

TB00265

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF SOAKING BEFORE ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION ON AMOUNT OF ANTIOXIDANT COMPOUND AND IT ANTIOXIDANT ACTIVITY

WARAPORN PHADUNGCHEEWIT

VARITTHA KRAJANGSOD

ONAUSA NUANGTAWEE

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (BIOTECHNOLOGY)
DEPARTMENT OF BIOLOGY , FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ศึกษาผลของการแช่ก่อนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวด้วยคลื่นเสียงช่วยในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ Effect of soaking before ultrasound-assisted extraction on amount of antioxidant compound and it antioxidant activity			
ชื่อนักศึกษา	นางสาว วราภรณ์	ผดุงชีวิต	รหัสนักศึกษา	55051162
	นางสาว วริษฐา	กระจ่างสด	รหัสนักศึกษา	55051164
	นางสาว อรอุษา	เนื่องทวี	รหัสนักศึกษา	55051214
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)			
ภาควิชา	ชีววิทยา			
ปีการศึกษา	2558			
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม			

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตรบัณฑิต) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.จิตติ ท่าไว ประธานกรรมการ	
ดร.สมพิศ สอนโยธา กรรมการ	
ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ศึกษาผลของการแช่ก่อนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวด้วยคลื่นเสียงช่วยในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
ชื่อนักศึกษา	นางสาว วราภรณ์ ผดุงชีวิต รหัสนักศึกษา 55051162
	นางสาว วริษฐา กระจ่างสด รหัสนักศึกษา 55051164
	นางสาว อรอุษา เนื่องทวี รหัสนักศึกษา 55051214
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชา	ชีววิทยา
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. ดวงกมล เรือนงาม

บทคัดย่อ

น้ำมันรำข้าวเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารสำคัญ อันได้แก่ แกมมา-ออไรซานอล สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ และในปัจจุบันค้นพบวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการสกัดสาร โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการแช่สารก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกและใช้ตัวทำละลายร่วมด้วยในการสกัด คือ เอทานอล และเฮกเซน ในการศึกษานี้จะศึกษาในแง่ของปริมาณน้ำมัน ปริมาณสารอนุมูลอิสระ อันได้แก่ แกมมา-ออไรซานอล วิตามินอี (แกมมา-โทโคฟีรอล และแอลฟา-โทโคฟีรอล) สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ รวมทั้งการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลของน้ำมันที่สกัดได้โดยใช้วิธี DPPH assay นอกจากนี้ในการศึกษานี้ยังใช้วัตถุดิบเป็นรำข้าว 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์หอมมะลิ และข้าวดอกขาม การทดลองนี้แปลค่าเวลาที่ใช้ในการแช่รำข้าวในตัวทำละลายผสมก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกในลำดับต่อไป เวลาที่ใช้ในการแช่อยู่ในช่วง 5 ถึง 40 นาที จากผลการทดลองพบว่า การแช่เป็นเวลา 30 นาที ในเอทานอลตามด้วยการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก สามารถสกัดไดเปริมาณน้ำมันมากที่สุด (0.3284±0.02 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 สามารถสกัดวิตามินอีและแกมมา-ออไรซานอลได้ปริมาณมากที่สุด ประมาณ 1,517.95±35.27 และ 54.04±8.19 กรัมต่อกรัมรำข้าว ตามลำดับ ส่วนด้านการต้านอนุมูลอิสระพบว่า การสกัดน้ำมันรำข้าวที่สภาวะการแช่ 30 นาที จะให้น้ำมันที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด (IC_{50} = 0.12±0.03 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และค่าทั้งหมดที่ได้นี้มีปริมาณมากกว่าในตัวทำละลายอื่นๆ และยังได้ปริมาณมากกว่าการสกัดด้วยเอทานอลเพียงอย่างเดียว จากการพิจารณารำข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่ารำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารสำคัญมากกว่ารำข้าวหอมมะลิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คำสำคัญ : รำข้าว คลื่นอัลตราโซนิก วิตามินอี แกมมา-ออไรซานอล สารต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Effect of soaking before ultrasound-assisted extraction on amount of antioxidant compound and it antioxidant activity
Students	Miss Waraporn Phadungcheewit Student ID 55051162
	Miss Varittha Krajangsod Student ID 55051164
	Miss Onausa Nuangtawee Student ID 55051214
Degree	Bachelor of Science (Biotechnology)
Department	Biology
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2015
Advisor	Asst. Prof. Dr. Duangkamol Ruen-ngam

Abstract

Rice bran oil has rich of valuable compounds such as γ-oryzanol, phenolic, flavonoid and other antioxidant compound and nowadays ultrasonic has been discovered for extraction method. This research focused on soaking condition prior to extract by ultrasonic in mixing solvent of ethanol and hexane. Amount of oil yield, antioxidant compound such as γ-oryzanol, vitamin E (γ-tocopherol and α-tocopherol), phenolic compound, flavonoid and its activity done by DPPH assay were determined. Moreover this research has done on two varieties such as Dok-Mali and Dok-Kham. This research varied soaking time in mixing solvent prior to extract by ultrasonic extraction in the range from 5 to 40 minutes. The results found that soaking time in ethanol 30 minutes got the highest oil yield (0.3284±0.02 g/g rice bran). The mixing solvent between hexane and ethanol at ratio of 2:4 could extract the highest yield of vitamin E and γ-oryzanol at 1517.95±35.27 g/g DW and 54.04±8.19 g/g DW, respectively. The highest antioxidant capacity obtained at soaking the of 30 minutes and got the best antioxidant activity IC_{50} value at 0.12±0.03 mg/ml and such value was the highest among various solvent types and also higher level when compared to absolute ethanol. Comparison between two varieties has discovered that Dok-Kham has significantly higher on the amount of antioxidant compound than Dok-Mali at significant level of 95%.

Keywords : rice bran, ultrasonic, vitamin E, γ-oryzanol, antioxidant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ดวงกมล เรือนงาม อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่ได้ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจแก้โครงงานพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณพี่ๆนักวิทยาศาสตร์ ผู้ดูแลอุปกรณ์ และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พี่ๆได้ให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือ และให้คำปรึกษา รวมทั้งให้ความสะดวกในการทำการทดลอง

สุดท้ายนี้ ผู้จัดท้า ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และบุคคลในครอบครัว รวมทั้งเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ และกำลังใจตลอดในการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้

วราภรณ์ ผดุงชีวิต
วริษฐา กระจ่างสด
อรอุษา เนื่องทวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขต 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ข้าว (*Oryza Sativa*) 4
2.1.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว 6
2.1.2 ข้าวดอกมะลิ 7
2.1.3 ข้าวดอกขาม 9
2.2 รำข้าว (Rice bran) 9
2.3 น้ำมันรำข้าว (Rice bran oil) 11
2.4 องค์ประกอบในน้ำมันรำข้าว 12
2.4.1 วิตามินอี 12
2.4.2 แกมมา-ออไรซานอล 14
2.4.3 สารประกอบกลุ่มฟีนอลิก 15
2.4.4 ฟลาโวนอยด์ 15
2.5 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) 15
2.6 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 17
2.6.1 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลาย อนุมูลอิสระดีพีพีเอช 17
2.6.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการฟอกสี อนุมูลอิสระเอบีทีเอส 17
2.6.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.7 การใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการสกัด 18
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 21
3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี 21
3.2 แผนผังการทดลอง 22
3.3 ขั้นตอนการทดลอง 23
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 27
4.1 ลักษณะของน้ำมันรำข้าว 27
4.2 ปริมาณน้ำมันรำข้าว 30
4.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอล 35
4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารโทโคฟีรอล 41
4.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 48
4.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ 54
4.7 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 60
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 67
เอกสารอ้างอิง 69
ภาคผนวก 73
ภาคผนวก ก 73
ภาคผนวก ข 76
ภาคผนวก ค 99
ภาคผนวก ง 101
ภาคผนวก จ 104
ภาคผนวก ฉ 107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของข้าวขาวกับข้าวมีรงควัตถุ 4
2.2 ผลการผลิตข้าวในแต่ละปีของประเทศไทย (ล้านตันข้าวเปลือก 7
2.3 ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในข้าว 9 สายพันธุ์ในประเทศไทย 8
2.4 การส่งออกข้าวดอกมะลิไทย (ข้าวขาว 100% ชั้น 1) 8
2.5 องค์ประกอบของรำข้าวดิบกับรำข้าวสกัดน้ำมันแล้ว 11
2.6 เปรียบเทียบปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัว และไม่อิ่มตัวในน้ำมันบริโภค 12
2.7 ชีวเคมีของออไรซานอล 15
2.8 งานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยอัลตราโซนิก 20
4.1 แสดงลักษณะของน้ำมันรำข้าวในตัวทำละลายต่างๆ 27
4.2 แสดงปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ 31
4.3 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันจากข้าวดอกมะลิที่สกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน
โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย 34
4.4 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันจากข้าวดอกขามที่สกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน
โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย 34
4.5 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงสุดที่สกัดจากข้าวดอกมะลิ 35
4.6 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงสุดที่สกัดจากข้าวดอกขาม 35
4.7 แสดงปริมาณแกมมา-ออไรซานอลที่ได้จากน้ำมันรำข้าว โดยการสกัดใน
ตัวทำละลายต่างๆ ชีวเคมีของออไรซานอล 36
4.8 เปรียบเทียบปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ ซึ่งสกัดด้วย
วิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 เป็น
ตัวทำละลาย 39
4.9 เปรียบเทียบปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม ซึ่งสกัดด้วย
วิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 เป็น
ตัวทำละลาย 40
4.10 เปรียบเทียบปริมาณแกมมา-ออไรซานอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ 41
4.11 เปรียบเทียบปริมาณแกมมา-ออไรซานอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม 41
4.12 แสดงปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลที่ได้จากน้ำมันรำข้าว โดยการสกัดใน
ตัวทำละลายต่างๆ 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.13 เปรียบเทียบปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 เป็นตัวทำละลาย 45
4.14 เปรียบเทียบปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 เป็นตัวทำละลาย 46
4.15 เปรียบเทียบปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ 47
4.16 เปรียบเทียบปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม 47
4.17 แสดงปริมาณสารแอลฟา-โทโคฟีรอลที่ได้จากน้ำมันรำข้าว โดยการสกัดในตัวทำละลายต่างๆ 48
4.18 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขามที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ 49
4.19 เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย 53
4.20 เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย 53
4.21 เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ 54
4.22 เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม 54
4.23 แสดงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม ที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ 55
4.24 เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 4:2 เป็นตัวทำละลาย 59
4.25 เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 4:2 เป็นตัวทำละลาย 59
4.26 เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ 59
4.27 เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม 60
4.28 แสดงความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.29 เปรียบเทียบความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5 เป็นตัวทำละลาย 65
4.30 เปรียบเทียบความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5 เป็นตัวทำละลาย 65
4.31 เปรียบเทียบความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ 66
4.32 เปรียบเทียบความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว	6
2.2 โครงสร้างของบีตา-ดี-กลูแคน	10
2.3 โครงสร้างของแอราบิโนไซแลน	10
2.4 โครงสร้างของโทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอล	13
2.5 โครงสร้างของแกมมา-ออไรซานอล	14
2.6 โครงสร้างของฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)	15
3.1 ลักษณะของเครื่องอัลตราโซนิกที่ใช้ในการสกัด	24
4.1 เปรียบเทียบลักษณะสีของน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ เอทานอล และสารผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน	29
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว) กับเวลาที่ใช้ในการสกัดด้วยการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โดยสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล	33
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลทั้งหมดกับสภาวะที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเขย่า และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้สารละลายผสมระหว่างเฮกเซน และเอทานอล ในอัตราส่วน 2:4 เป็นตัวทำละลาย	38
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลทั้งหมดกับสภาวะที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเขย่า และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้สารละลายผสมระหว่างเฮกเซน และเอทานอล ในอัตราส่วน 2:4 เป็นตัวทำละลาย	44
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดกับสภาวะที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเขย่า และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย	51
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟลาโวนอยด์กับสภาวะที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเขย่า และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซน และเอทานอล ในอัตราส่วน 4:2 เป็นตัวทำละลาย	57
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 กับสภาวะที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเขย่า และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้สารละลายผสมระหว่างเฮกเซน และเอทานอล ในอัตราส่วน 1:5 เป็นตัวทำละลาย	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถสกัดได้จากผลไม้ต่างๆ ถั่ว และธัญพืช น้ำมันถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เป็นต้น น้ำมันรำข้าวถือเป็นน้ำมันที่มีคุณค่ามากที่สุดและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เพราะมีสาระสำคัญต่างๆที่มีคุณค่าต่อร่างกาย เช่น โปรตีน วิตามินบี วิตามินอี วิตามินเค เป็นต้น (Khoei และ Chekin, 2016) อีกทั้งช่วยลดอนุมูลอิสระและคอเลสเตอรอล การสร้างอนุมูลอิสระจะไปทำลายสารประกอบต่างๆ เช่น ดีเอ็นเอ โปรตีน และไขมัน หากร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถควบคุมการสร้างและการกำจัดอนุมูลอิสระได้ จะส่งผลให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น และรำข้าวยังถือเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural antioxidant) ได้แก่ ออไรซานอล (Oryzanol) มีประมาณ 188 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โทโคฟีรอล (Tocopherol) ประมาณ 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีโทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) ประมาณสามในสี่ส่วนของวิตามินอีทั้งหมด (Pascual และคณะ, 2013) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ประเภท ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ และสารต้านอนุมูลอิสระที่สังเคราะห์ขึ้น สารต้านอนุมูลอิสระจากน้ำมันรำข้าวนั้นจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ได้แก่ อนุพันธ์ของแอลฟา เบต้า แกมมา เดลต้า ของโทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอล และแกรมมาโอรีซานอล นอกจากนี้ยังมีสารประกอบฟีนอลิกสูงอีกด้วย (Tabaraki และ Nateghi, 2011) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติอาจจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าสารต้านอนุมุลอิสระสังเคราะห์ แต่มีความปลอดภัยสูงกว่ามาก เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระที่สังเคราะห์ขึ้น อาจมีสารคาร์ซิโนเจน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ (Ladda และคณะ, 2016)

กระบวนการของการสกัดน้ำมันจากรำข้าวมีหลายวิธีที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การสกัดเย็น (นายจิระพรชัย สุขเสรี และคณะ, 2014) การสกัดด้วย Soxhlet (Zullaikah และคณะ, 2009) การสกัดแบบซุปเปอร์คริทิคอลฟลูอิด (Soares และคณะ, 2016) เป็นต้น ซึ่งการสกัดแต่ละวิธีต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป ซึ่งบางวิธีอาจต้องใช้เวลานานในการสกัด มีค่าใช้จ่ายสูง หรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ คือ การสกัดด้วยอัลตราโซนิก ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่าย และมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป ซึ่งวิธีนี้จะทำให้เกิดแรงกลจากการแตกตัวอย่างรวดเร็วของฟองอากาศ เพื่อไปทำลายผนังเซลล์ และเกิดการโอนถ่ายมวลผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เพิ่มขึ้น (Khoei และ Chekin 2016) เทคนิคนี้จะใช้เวลาในการสกัดสั้น อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณของตัวทำละลาย และลดพลังงานที่ใช้ในการสกัดได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามในกระบวนการทางอุตสาหกรรมยังต้องการการสกัดที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง เช่น วิธีที่ใช้สกัด ชนิดของตัวทำละลาย ความเข้มข้นของตัวทำละลาย อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด เวลาที่ใช้ในการสกัด เป็นต้น ในงานวิจัยส่วนใหญ่มักเลือกตัวทำละลายที่อยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มของแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล เอทานอล ไอโซโพรพานอล เป็นต้น เพราะจะช่วยเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และยังไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (Tabaraki และ Nateghi, 2011)

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ซึ่งมีจุดประสงค์ในการหาสภาวะที่เหมาะสมและเพิ่มขั้นตอนในการสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวหอมมะลิ และข้าวดอกขาม เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าว ปริมาณของแอลฟา-โทโคฟีรอล ปริมาณของแกมมา-โทโคฟีรอล ปริมาณของแกมมา-ออไรซานอล ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกและฟลาโวนอยด์สูงสุด แล้วนำไปทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาผลของการแช่ในตัวทำละลายก่อนนำมาสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยคลื่นอัลตราโซนิก และนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญในน้ำมันรำข้าว

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยวิธีการแช่ในตัวทำละลายก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงสุด

1.2.2 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยวิธีการแช่ในตัวทำละลายก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่ทำให้ไดองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันรำข้าว เช่น ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก สารโทโคฟีรอล และสารออไรซานอล สูงสุด

1.2.3 เพื่อประเมินความสามารถในการการต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิและข้าวดอกขาม

1.2.4 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด ได้แก่ ชนิดตัวทำละลาย และเวลาในการสกัด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 รำข้าวสายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ และดอกขาม โดยเลือกใช้รำข้าวขนาด 300 ไมครอน

1.3.2 วิธีสกัดที่ใช้ คือ การแช่ในตัวทำละลายและสกัดต่อด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

1.3.3 ใช้ตัวทำละลายในการสกัด คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลและเฮกเซน โดยมีอัตราส่วน คือ 1:5 2:4 3:3 4:2 และ 5:1 ซึ่งใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 (น้ำหนักรำข้าวต่อปริมาตรตัวทำละลาย)

1.3.4 วิเคราะห์สารโทโคฟีรอล และสารออไรซานอลในน้ำมันรำข้าวด้วย เครื่องโครโมโทรกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) โดยใช้คอลัมน์ C18 (250×4.6 mm i.d.)

1.3.5 วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี วิธี diphenylpicryhydrazyl radical scavenging assay (DPPH)

1.3.6 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดด้วยวิธี Folin-cioculture procedure

1.3.7 วิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetric method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบสภาวะที่เหมาะสมก่อนการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าว ปริมาณโทโคฟีรอล และปริมาณออไรซานอลสูงสุด

1.4.2 สามารถประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และทราบองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันรำข้าว

1.4.3 สามารถนำวิธีการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยคลื่นอัลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว (*Oryza Sativa*)

ข้าวจัดเป็นอาหารหลักเพื่อการดำรงชีวิตของประชากรค่อนโลก ซึ่งในข้าวนั้นจะประกอบไปด้วยสารอาหารมากมาย ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ ใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ข้าวบางสายพันธุ์ยังมีสรรพคุณทางยาอีกด้วย เช่น ข้าวดอกมะขาม ข้าวเหนียวกัญญา เป็นต้น ข้าวจะมีการแบ่งประเภทตามหลักพื้นฐานทางด้านเกษตร ได้แก่

1. แบ่งตามพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งแบ่งได้ 3 ประเภท คือ ข้าวไร่ ข้าวนาสวนหรือข้าวนาดำ และข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมือง

2. แบ่งตามอายุการเก็บเกี่ยว ซึ่งนับจากวันเพาะกล้าหรือวันหว่านข้าว ได้แก่ ข้าวเบา มีอายุการเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ข้าวกลาง มีอายุการเก็บเกี่ยว 100-120 วัน และข้าวหนัก มีอายุการเก็บเกี่ยว 120 วันขึ้นไป

3. แบ่งตามฤดูการปลูก ได้แก่ ข้าวนาปีหรือข้าวนาน้ำฝน และข้าวนาปรัง ปลูกนอกฤดูฝน

4. แบ่งตามรูปร่างของเมล็ดข้าวสาร แบ่งไว้ 4 ประเภท คือ ข้าวเมล็ดสั้น มีความยาวไม่เกิน 5.5 มิลลิเมตร ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง มีความยาว ระหว่าง 5.51-6.6 มิลลิเมตร ข้าวเมล็ดยาว มีความยาว ระหว่าง 6.61-7.5 มิลลิเมตร และข้าวเมล็ดยาวมาก มีความยาวมากกว่า 7.5 มิลลิเมตร

นอกจากข้าวขาว ข้าวกล้องแล้ว ยังมีข้าวที่มีสีสันต่างๆ ด้วย เช่น สีแดง สีชมพู สีม่วงแดง สีดำ เป็นต้น ส่วนใหญ่รงควัตถุเหล่านี้จะเป็นประเภท แอนโทไซยานิน ซึ่งอยู่บริเวณปลอกหุ้มเมล็ดข้าว และรงควัตถุเหล่านี้ยังทำให้ข้าวมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวขาวอีกด้วย ซึ่งสามารถแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของข้าวขาวกับข้าวมีรงควัตถุ

ชนิดข้าว	โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	เหล็ก (กรัม/100 กรัม)	สังกะสี (กรัม/100 กรัม)	เส้นใย (กรัม/100 กรัม)
ข้าวขาวขัดสี	6.8	1.2	0.5	0.6
ข้าวกล้อง	7.6	2.2	0.5	2.8
ข้าวเมล็ดสีแดง	7.0	5.5	3.3	2.0
ข้าวเมล็ดสีม่วง	8.3	3.9	2.2	1.4
ข้าวเมล็ดสีดำ	8.5	3.5	-	4.9

(ที่มา : สายสนม ประดิษฐดวง, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และหากจำแนกข้าวนั้นสามารถแบ่งได้ตามลักษณะอื่นๆ สามารถจำแนกได้ดังนี้ (บ้านจอมยุทธ, 2543)

1. การจำแนกพันธุ์ข้าวตามระบบนิเวศหรือสภาพแวดล้อมที่ข้าวเจริญเติบโต แบ่งเป็น
   1.1 ข้าวนาชลประทาน (irrigated rice) หมายถึง ข้าวซึ่งปลูกในสภาพนาที่มีน้ำขัง มีการทำนาเพื่อกักเก็บน้ำ และมีการให้น้ำโดยระบบชลประทานซึ่งรักษาระดับน้ำไว้ 5-15 เซนติเมตรตลอดฤดูปลูก ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี 1 ปทุมธานี 2 และสุพรรณบุรี 60
   1.2 ข้าวนาน้ำฝน (rainfed lowland rice) หมายถึง ข้าวซึ่งปลูกในสภาพนาที่มีน้ำขัง มีการทำคันนาเพื่อกักเก็บน้ำ โดยอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติตลอดฤดูปลูก ระดับน้ำโดยทั่วไปไม่เกิน 50 เซนติเมตร แต่บางครั้งน้ำในนาอาจจะแห้งหรือมีระดับน้ำสูงกว่านี้ ขึ้นกับปริมาณของน้ำฝน ได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เฉี้ยงพัทลุง เล็บนกปัตตานี
   1.3 ข้าวทนน้ำลึก (deepwater rice) และข้าวขึ้นน้ำ (floating rice) ข้าวทนน้ำลึก หมายถึง ข้าวซึ่งปลูกในแหล่งที่มีระดับน้ำสูงไม่เกิน 1 เมตร และเมื่อระดับน้ำสูงเกิน 1 เมตร ต้นข้าวจะมีการเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วหนีน้ำได้ทันในระยะ 1-3 เดือนแรก ทำให้ต้นข้าวมีการยืดยาวตามระดับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น ได้แก่ พันธุ์ปราจีนบุรี 2 ปิ่นแก้ว 56 เล็บมือนาง 111
   1.4 ข้าวไร่ (upland rice) เป็นข้าวที่ปลูกในสภาพที่อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติในพื้นที่สภาพไร่หรือที่ดอน ซึ่งไม่มีการทำคันนาเพื่อกักเก็บน้ำ ไม่มีน้ำขังบนผิวดิน ปลูกโดยวิธีหยอดหรือโรยเมล็ดแห้งลงในดินโดยตรง ได้แก่ พันธุ์ขาวโป่งไคร้ เจ้าฮ่อ น้ำรู ลีซอสันป่าตอง ซึ่งปลูกทางภาคเหนือ และพันธุ์กู้เมืองหลวงสำหรับปลูกทางภาคใต้
2. การจำแนกพันธุ์ข้าวตามลักษณะความไวต่อช่วงแสง แบ่งเป็น
   2.1 พันธุ์ข้าวไวต่อความยาวของช่วงแสง (photoperiod sensitive rice variety) โดยปกติข้าวเป็นพืชวันสั้น (short-day plant) ซึ่งต้องการสภาพช่วงวันหรือช่วงแสงสั้น ในขณะที่มีการเจริญเติบโตในระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นให้มีการสร้าง และออกดอกหรือรวงข้าว ซึ่งมีวันออกดอกที่ค่อนข้างแน่นอนทุกปี แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ข้าวเบา (early maturing rice) ออกดอกในช่วงปลายเดือน กันยายนถึงราววันที่ 20 ตุลาคม ข้าวกลาง (medium maturing rice) ออกดอกประมาณวันที่ 20 ตุลาคม ถึง 31 ตุลาคม ข้าวหนัก (late maturing rice) ส่วนใหญ่ออกดอกเดือน พฤศจิกายน บางพันธุ์ออกดอกเดือนธันวาคมหรือมกราคม
   2.2 พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อความยาวของช่วงแสง (photoperiod insensitive rice variety) เป็นข้าวที่มีการออกดอกตามอายุ ซึ่งนับเป็นจำนวนวันตั้งแต่วันตกกล้าถึงวันออกรวง และจะเก็บเกี่ยวได้ภายหลังจากออกรวงประมาณ 30 วัน ซึ่งมักมีอายุตั้งแต่ 90-140 วัน สามารถปลูกได้ตลอดปีและนิยมปลูกในนาปรังที่มีน้ำเพียงพอต่อการปลูก
3. การจำแนกพันธุ์ข้าวตามชนิดของแป้งในเนื้อเมล็ด
   3.1 ข้าวเหนียว (glutinous rice หรือ waxy rice) ประกอบด้วยแป้งอะไมโลเพคทิน (amylopectin) เป็นส่วนใหญ่ มีแป้งอะไมโลส (amylose) น้อยหรือไม่มีเลย เมื่อเป็นข้าวสารมีสีขุ่น เมื่อนึ่งแล้วได้เมล็ดข้าวสุกที่จับตัวกันเหนียวและมีลักษณะใส ได้แก่ พันธุ์สันป่าตอง 1 เขี้ยวงู สกลนคร หางหยี 71 กข 2 กข 4 กข 6 กข 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ข้าวเจ้า (non-glutinous rice) มีแป้งอะไมโลสอยู่ 7-33 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นอะไมโลเพคทิน เมื่อเป็นข้าวสารมีลักษณะใส เมื่อหุงสุกแล้วมีสีขาวขุ่น เมล็ดร่วนไม่ติดกัน ได้แก่ พันธุ์กข 1 กข 15 ปทุมธานี 1 ขาวดอกมะลิ 105 หอมนิล

2.1.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ข้าว มีลักษณะเป็นผลเดี่ยว (single fruit) ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ ซึ่งอาจจะแตกต่างกันในด้านขนาด รูปร่าง สี การมีหาง (awn) และขน (pubescence) หรือไม่มีขนบนเปลือกแข็ง (hull หรือ husk) (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) เมล็ดข้าว (รูปที่ 1) ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเมล็ดข้าว (endosperm) มีประมาณ 70% ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว เรียกว่า แกลบ (rice husk) มีประมาณ 20% รำข้าว (rice bran) มีประมาณ 8% และจมูกข้าว (rice germ) มีประมาณ 2% ซึ่งรำข้าวถือเป็นแหล่งผลิตน้ำมัน และยังมีองค์ประกอบของโปรตีนสูงอีกด้วย (ธิดารัตน์ หน่อสุวรรณ, 2553)

รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว

ที่มา: http://www.ohowowgood.com/modules.php?name=easyShop&file=view&qc=2&No=186

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าว (*Oryza Sativa*) เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของเอเชีย และเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย จากผลสำรวจในปี พ.ศ. 2557 ได้มีการคาดการณ์ถึงการผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2558 คาดว่าการผลิตข้าวจากทั่วโลกจะได้ทั้งหมดประมาณ 480.72 ล้านตันข้าวสาร โดยจำนวนการผลิตดังกล่าว จีนจะเป็นประเทศผู้ผลิตข้าวรายใหญ่ของโลก รองลงมาได้แก่ อินเดีย มีปริมาณผลผลิตประมาณ 144 และ 106 ล้านตันข้าวสาร ตามลำดับ สำหรับประเทศไทยมีผลผลิตเป็นลำดับที่ 6 มีปริมาณการผลิตข้าวประมาณ 20.5 ล้านตันข้าวสาร สมาคมผู้ส่งออกข้าวแห่งประเทศไทยได้รวบรวมข้อมูลการผลิตข้าวในแต่ละปี ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ผลการผลิตข้าวในแต่ละปีของประเทศไทย (ล้านตันข้าวเปลือก)

รายการ	ผลผลิตในแต่ละปี (ล้านตันข้าวเปลือก)						
	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558
ผลผลิตรวม	31.750	32.396	36.004	38.102	38.000	36.760	32.620
นาปี	23.235	23.428	25.743	25.867	27.234	27.090	27.110
นาปรัง	8.515	8.968	10.261	12.235	10.766	9.670	5.510

(ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

2.1.2 ข้าวดอกมะลิ (Thai Jasmine rice or Thai Dok Mali)

ข้าวดอกมะลิจัดเป็นสายพันธุ์ข้าวที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย สายพันธุ์ที่ทั่วโลกรู้จักมีเพียง 2 พันธุ์ คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 และจัดเป็นข้าวคุณภาพสูง มีลักษณะเด่น คือ มีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย ซึ่งมาจากสารระเหย 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) (Fitzgerald *et al.*, 2008) เป็นข้าวนาปี ปลูกได้ปีละครั้ง ผลผลิตมีจำกัด และไทยเป็นเพียงประเทศเดียวที่สามารถปลูกข้าวดอกมะลิมีคุณภาพที่ดีที่สุดในโลก แม้จะมีการทดลองปลูกในหลายพื้นที่ของโลก แต่ก็ไม่มีคุณภาพเท่ากับปลูกในประเทศไทย ข้าวดอกมะลิยังอุดมด้วยแร่ธาตุต่างๆ เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 เหล็ก แคลเซียม และฟอสฟอรัส เป็นต้น ซึ่งจุดสำคัญของข้าวดอกมะลิ คือ ไม่มีกลูเทน จึงไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ในหมู่ผู้บริโภค (นวพรรษ การะเกตุ, 2552) และในด้านการส่งออกข้าวดอกมะลิไทย มีการส่งออกข้าวขาว 100% ชั้น 1 ในปี พ.ศ. 2558 ทั้งหมด 6.858 พันเมตริกตัน โดยมีการส่งออกให้กับประเทศกลุ่มเอเชียมากที่สุด ซึ่งมีการส่งออก 5.505 พันเมตริกตัน (กองมาตรฐานสินค้านำเข้าส่งออก, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในข้าว 9 สายพันธุ์ในประเทศไทย

กรดอะมินิโนจำเป็น	ข้าวหอมนิล	ข้าวดอกมะลิ 105	ข้าวหอมอุบล	ข้าวเล้าแตก	ข้าวสินเหล็ก	ข้าวหอมกัญญา	ข้าวดอกมะลิแดง	ข้าวสังข์หยด	ข้าวเหนียวดำ
	มิลลิกรัม/100กรัม								
ไอโซลิวซีน	301.71	291.95	243.77	230.29	281.26	249.88	222.90	247.12	233.88
ลิวซีน	716.68	681.87	530.85	578.62	606.70	640.16	591.94	567.36	585.04
ไลซีน	639.54	583.20	476.57	464.21	516.60	535.02	468.03	450.80	491.08
เมทไธโอนีน	189.74	97.55	-	-	95.28	100.62	55.67	-	82.17
ฟีนีลอะลานีน	474.99	466.10	381.05	355.45	394.31	412.57	367.20	357.12	409.64
ทรีโอนีน	161.45	154.03	132.5	129.44	139.18	143.13	132.91	121.04	131.10
ทริปโตเฟน	114.57	143.66	94.54	94.29	101.38	104.06	102.87	88	111.05
วาลีน	419.22	397.58	330.15	300.85	372.10	350.82	326.28	316.46	329.27

(ที่มา : รัชนี ไสยประจง และสุรพงษ์ พินิจกลาง, 2010)

ตารางที่ 2.4 การส่งออกข้าวดอกมะลิไทย (ข้าวขาว 100% ชั้น 1)

กลุ่มประเทศ	ปริมาณการส่งออก (พันเมตริกตัน)
เอเชีย	5.505
ยุโรป	0.755
อเมริกาเหนือ	0.42
แอฟริกา	0.162
ออสเตรเลีย	0.016

(ที่มา : กองมาตรฐานสินค้านำเข้าส่งออก, 2015)

2.1.3 ข้าวพันธุ์ดอกขาม (Dok Kham Rice)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

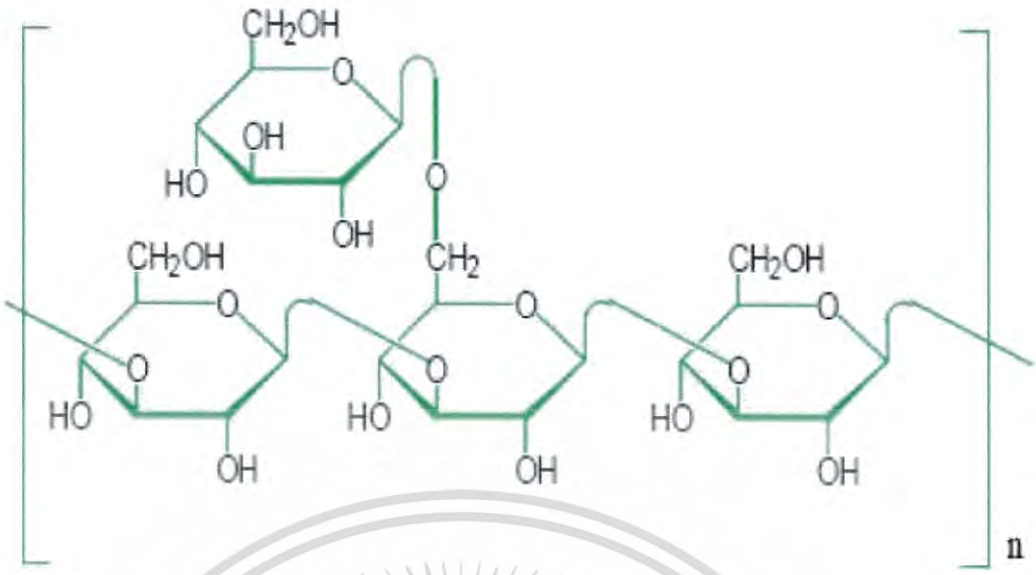
ข้าวพันธุ์ดอกขาม เป็นข้าวไร่ที่ได้จากการสำรวจ และรวบรวมพันธุ์ข้าวไร่ในจังหวัดชุมพร ปี พ.ศ. 2543 เป็นพันธุ์ข้าวที่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี ทนแล้ง เหมาะสำหรับปลูกเป็นข้าวไร่ในภาคใต้ และปลูกเป็นพืชแซมในสวนยางพารา ปาล์มน้ำมัน หรือมะพร้าว ซึ่งลักษณะของใบ คือ มีแผ่นใบสีเขียว กาบใบสีน้ำตาล ใบไม่มีขน มีสีปล้องสีเขียวอ่อน มีลิ้นใบสีเหลือง 2 ยอด ลักษณะใบธงเป็นแนวนอน ส่วนลักษณะรวงข้าว ไม่แน่นระแง้ห่าง คอรวงยาว ลักษณะของเมล็ดข้าว เมล็ดข้าวมีเปลือกสีเหลือง ปลายสีน้ำตาล ขนาดของข้าวเปลือกยาว 1.16 เซนติเมตร กว้าง 0.3 เซนติเมตร ขนาดของข้าวกล้องยาว 0.86 เซนติเมตร กว้าง 0.20 เซนติเมตร เมล็ดข้าวกล้องมีสีน้ำตาล ลำต้นมีความสูงประมาณ 110 เซนติเมตร อายุการเก็บเกี่ยว 124 วันหลังงอก ความยาวคอรวง 5.7 เซนติเมตร ความยาวรวง 33 เซนติเมตร จำนวนรวงต่อกอ 11 รวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง 255 เมล็ด ผลผลิตต่อไร่ 1,025 กิโลกรัม และปริมาณข้าวกล้องต่อข้าวเปลือก 1 ถัง 5 กิโลกรัม น้ำหนัก 1,000 เมล็ด 22.86 กรัม ข้าวชนิดนี้เหมาะสำหรับปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ โดยทำเป็นข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ มีปริมาณธาตุเหล็ก 23.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร)

2.2 รำข้าว (Rice Bran)

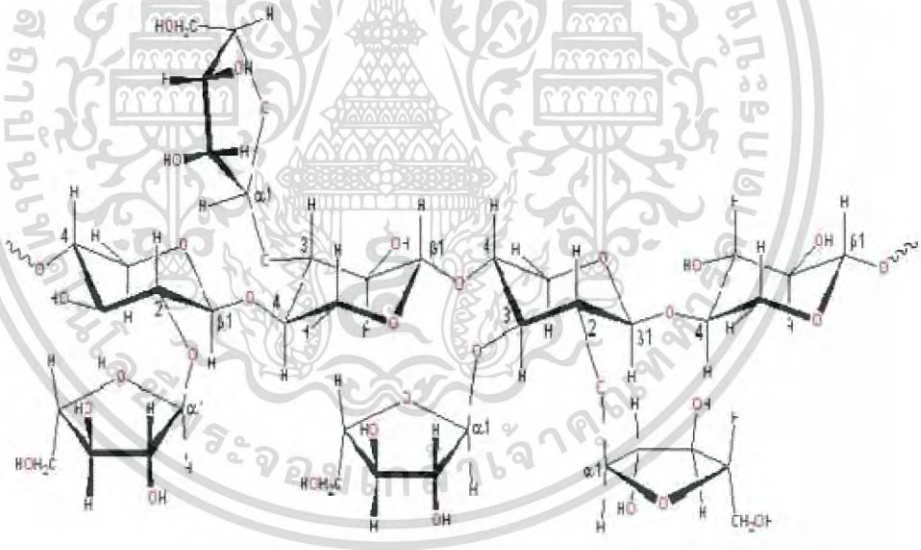
รำข้าว หมายถึง เยื่อหุ้มเมล็ด ที่ได้จากการกระบวนการขัดสีข้าว รำข้าวที่ขัดสีออกมาจะมีส่วนของจมูกข้าวติดออกมาด้วย ประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักรำข้าว โดยส่วนของจมูกข้าวจะประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน และน้ำมัน ปริมาณน้ำมันในรำข้าวจะแตกต่างกันไปตามระดับของการสกัด ซึ่งแบ่งได้ 3 ระดับ ได้แก่ รำข้าวเสถียรที่ไม่สกัดน้ำมัน มีปริมาณน้ำมันอยู่ร้อยละ 18-22 รำข้าวเสถียรที่สกัดน้ำมันออกไปบางส่วน มีปริมาณน้ำมันอยู่ร้อยละ 6-9 และรำข้าวเสถียรที่สกัดน้ำมันออกทั้งหมด มีปริมาณน้ำมันอยู่ร้อยละ 0.5-1.5 ซึ่งรำข้าวเสถียรในที่นี้ หมายถึง รำที่ผ่านกระบวนการกำจัดเอนไซม์ เพื่อป้องกันการหืน (สายสนม ประดิษฐ ดวง, 2551) ในรำข้าวมีเอนไซม์ไลเปสจำนวนมาก ซึ่งเอนไซม์ไลเปสนี้ จะสลายไขมัน ทำให้ไขมันในรำข้าวลดลง และมีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น ดังนั้นไม่ควรเก็บรำข้าวไว้นานเกิน 24 ชั่วโมงก่อนนำไปสกัดน้ำมัน โดยปกติน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ใหม่ๆ จะมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำ กรดไขมันอิสระนี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น 10% ภายใน 1 ชั่วโมง วิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการทำลายเอนไซม์ไลเปสในรำข้าว คือ การให้ความร้อนกับรำข้าวที่อุณหภูมิ 85-100 °C ประมาณ 3 ชั่วโมง จะทำให้ปริมาณของกรดไขมันอิสระลดลง (ฉลวย ทับศรี ม่วงพรวน, 2555)

นอกจากนี้ในรำข้าวยังมีใยอาหารมากมาย ได้แก่ เซลลูโลส ซึ่งมีประมาณร้อยละ 7-11.4 ใยอาหารที่พบจะอยู่ในรูปของเฮมิเซลลูโลส หรือเพนโทแซน จะพบได้ในองค์ประกอบของผนังเซลล์ในธัญพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ บีตา-ดี-กลูแคน เป็นพอลิเมอร์สายโซ่ตรงของกลูโคส พบในข้าวโอต และข้าวบาร์เลย์ และแอราบิโนไซแลน เป็นพอลิเมอร์ของไซโลส และแอราบิโนส พบได้ในข้าวสาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของบีตา-ดี-กลูแคน
ที่มา : http://www.taradplaza.com/mateyskincare/



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของแอราบิโนไซแลน
ที่มา : สัญทัศน์ สินจรูญศักดิ์, 2554

นอกจากองค์ประกอบสำคัญที่กล่าวมาแล้ว ยังพบสารสำคัญอีกหลายชนิดที่มีผลต่อการต้านทานโรค และยังช่วยเสริมฤทธิ์ในการทำงานของใยอาหารให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วย ได้แก่ อินโนซิทอล เฮกซะฟอสเฟต หรือไมโอ-อินโนซิทอล และกรดไฟติก ซึ่งในรำข้าวยังมีองค์ประกอบอยู่ในส่วนของน้ำมันอีกหลายชนิด ดังในตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบของรำข้าวดิบกับรำข้าวสกัดน้ำมันแล้ว

องค์ประกอบ (ร้อยละ)	รำข้าวดิบ (ร้อยละ)	รำข้าวสกัดน้ำมัน (ร้อยละ)
ความชื้น	8.5	12.43
โปรตีน	12.6	13.89
ไขมัน	21.13	1.92
เส้นใย	5.59	6.03
เถ้า	8.97	10.13
คาร์โบไฮเดรต	43.12	55.6

(ที่มา : สายสนม ประดิษฐดวง, 2551)

2.3 น้ำมันรำข้าว (Rice Bran Oil)

น้ำมันและไขมัน หมายถึง กลุ่มสารประกอบทางเคมีที่มีแหล่งกำเนิดทั้งจากพืชและสัตว์ หากอยู่ในสภาพของแข็งที่อุณหภูมิห้องเรียกว่า ไขมัน หากอยู่ในสภาพของเหลวเรียกว่า น้ำมัน ซึ่งน้ำมันและไขมันที่สามารถมองเห็น หรือสัมผัสได้ในอาหาร จะเรียกว่า ไขมันที่มองเห็น หรืออาจอยู่ในรูปผสมกลมกลืนจนไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ นอกจากจะทำการวิเคราะห์ตามวิธีทางเคมี เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชัน จะเรียกว่า ไขมันที่มองไม่เห็น ในทางด้านโภชนาการ น้ำมันและไขมันจัดเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ให้พลังงานสูงถึง 9 แคลอรีต่อน้ำหนัก 1 กรัม และยังเป็นแหล่งของกรดไขมันชนิดจำเป็นที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นเองไม่ได้ ได้แก่ กรดลิโนเลอิก และกรดแอลฟา-ลิโนเลนิก (สายสนม ประดิษฐดวง, 2551) นอกจากจะเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็นแล้ว ยังอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่างๆ มากมาย เช่น โปรตีน วิตามิน กรดไขมัน เกลือแร่ เป็นต้น และรำข้าวยังถือเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural antioxidant) ได้แก่ ออไรซานอล (Oryzanol) มีประมาณ 188 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โทโคฟีรอล (Tocopherol) ประมาณ 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีโทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) ประมาณสามในสี่ส่วนของวิตามินอีทั้งหมด (Pascual *et al.*, 2013) นอกจากนี้น้ำมันรำข้าวยังต้องมีคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ มีค่าไอโอดีน 99-108 ค่าสปอนิฟิเคชัน 180-190 จุดควัน 213 องศาเซลเซียส จุดวาบไฟ 352 องศาเซลเซียส ดัชนีความขุ่น 17 ดัชนีหักเหแสงที่ 25 องศาเซลเซียส คือ 1.470-1.473 มีสารไม่ถูกสปอนิไฟด์ร้อยละ 3.5 และมีโทโคฟีรอลทั้งหมด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อนำน้ำมันชนิดต่างๆ มาเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว จะได้ดังตารางที่ 2.5 และด้วยเหตุเหล่านี้เอง ทำให้บริษัทในต่างประเทศนำเอาน้ำมันรำข้าวไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตวิตามินอี (ฉลวย ทับศรี ม่วงพรวน, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในน้ำมันบริโภค

ชนิดน้ำมัน	SFA	MUFA	PUFA
น้ำมันโอลีฟ	14	77	9
น้ำมันมะพร้าว	92	6	2
น้ำมันปาล์ม	51	39	10
น้ำมันถั่วเหลือง	16	24	60
น้ำมันดอกทานตะวัน	12	21	67
น้ำมันข้าวโพด	13	20	62
น้ำมันรำข้าว	18	45	37

หมายเหตุ SFA หมายถึง กรดไขมันชนิดอิ่มตัว

MUFA หมายถึง กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดมอโนอันแซทจูเรเทด

PUFA หมายถึง กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดพอลิอันแซทจูเรเทด

(ที่มา : สายสนม ประดิษฐดวง, 2551)

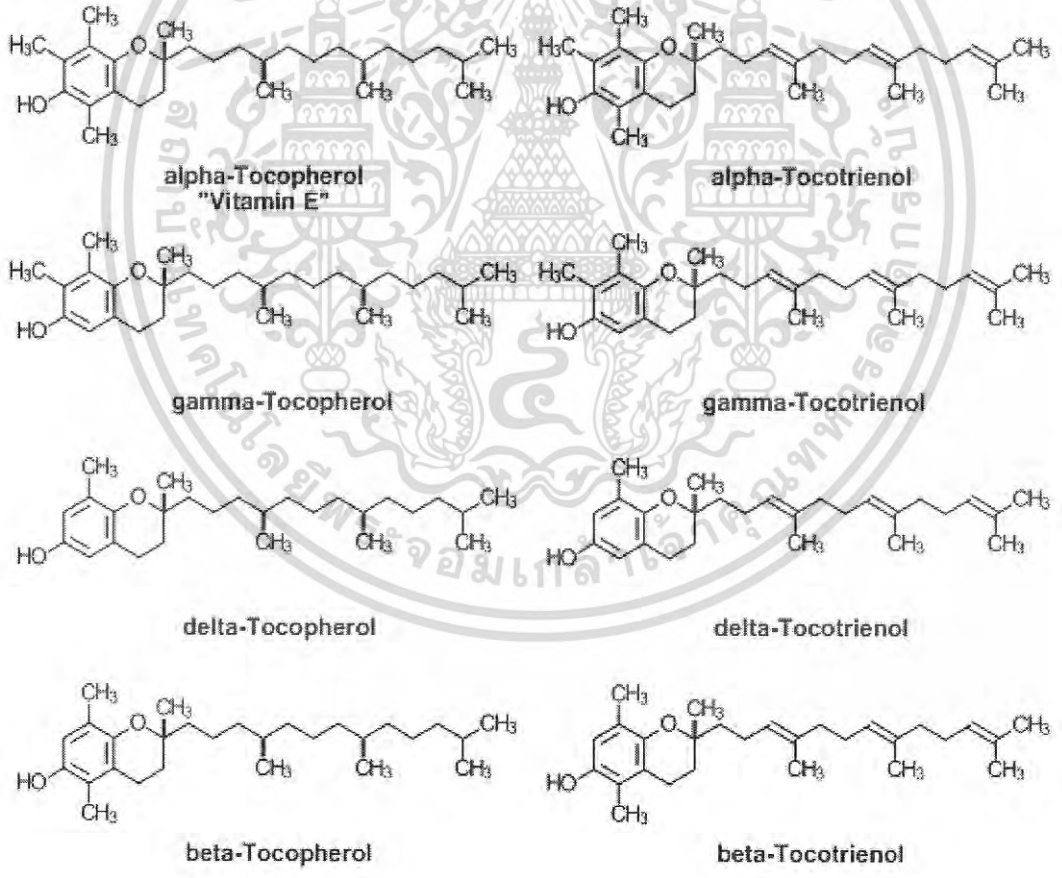
2.4 องค์ประกอบในน้ำมันรำข้าว

2.4.1 วิตามินอี (Vitamin E)

วิตามินอีเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย มีสีเหลืองอ่อนคล้ายน้ำมัน และมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ สามารถละลายได้ดีในไขมัน น้ำมัน และสารละลายไขมัน เช่น แอลกอฮอล์ อีเทอร์ (สุนทรี เปรื่องการ, 2544) ในปัจจุบันสามารถพบสารอนุพันธ์ของวิตามินอีได้ทั้งหมด 8 ชนิด โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ชนิด กลุ่มแรกเป็นโทโคฟีรอล โดยมีอนุพันธ์แบ่งเป็น แอลฟา-โทโคฟีรอล (alpha-tocopherol) เบต้า-โทโคฟีรอล (beta-tocopherol) แกมมา-โทโคฟีรอล (gamma-tocopherol) และเดลต้า-โทโคฟีรอล (delta-tocopherol) อีกกลุ่มเป็นโทโคไตรอีนอล (tocotrienol) แตกต่างจากโทโคฟีรอลตรงหมู่แทนที่ด้านข้าง ซึ่งเป็นหมู่ไฟทอล (phytol group) จะมีพันธะคู่เพิ่มขึ้นมาอีก 3 แห่งที่ตำแหน่ง 3', 7' และ 11' โดยมีอนุพันธ์แบ่งเป็นแอลฟา-โทโคไตรอีนอล (alpha-tocotrienol) เบต้า-โทโคไตรอีนอล (beta-tocotrienol) แกมมา-โทโคไตรอีนอล (gamma-tocotrienol) และเดลต้า-โทโคไตรอีนอล (delta-tocotrienol) (ธิดารัตน์ หน่อสุวรรณ, 2550) นอกจากนี้วิตามินอียังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยต้องนำวิตามินอีเข้าจากต่างประเทศในราคาสูงมาก (Wells *et al.*, 2010) แต่ชนิดที่มีประสิทธิภาพทางชีวเคมีมากที่สุด คือ แอลฟา-โทโคฟีรอล (สุนทรี เปรื่องการ, 2544) ฃ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอล มีลักษณะเป็นของเหลว สีเหลืองอ่อน ข้นหนืด ไม่ละลายน้ำ สารกลุ่มนี้พบในน้ำมันรำข้าวในปริมาณร้อยละ 0.1-0.14 ซึ่งต่ำกว่าออไรซานอล แต่จะพบมากในน้ำมันปาล์ม (สายสนม ประดิษฐดวง, 2551) ซึ่งโทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอล เป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญในการเก็บรักษาอาหาร และการป้องกันโรค ซึ่งโทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอลสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอซิลกลีเซอรอล (acylglycerol peroxidation) โดยการจับกับอนุมูลอิสระ เพื่อยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในตับ ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านมะเร็ง ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกาย และยังช่วยลดการเสื่อมสภาพของเซลล์ นอกจากนี้โทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอล ยังทำหน้าที่เป็นสารต่อต้านการจับตัวแข็งของเลือด มีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูสภาพผิวหนัง และสามารถป้องกันการเกิดโรคอัลไซเมอร์ในผู้สูงอายุได้ (Chu *et al.*, 2003) นอกจากนี้ แอลฟา แกมมา และเดลต้าโทโคฟีรอล สามารถลดการอักเสบเนื่องมาจากกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ๆ ของก้อนมะเร็ง (inflammatoryangiogenesis) ของมนุษย์ได้อีกด้วย (Wells *et al.*, 2010) และในด้านการแพทย์มีการค้นคว้าและใช้อย่างต่อเนื่องเนื่องจากวิตามินอีมีผลโดยตรงต่อโลหิต ทำให้เลือดลมดี และหัวใจทำงานเป็นปกติ (สุนทรี เปรื่องการ, 2544)



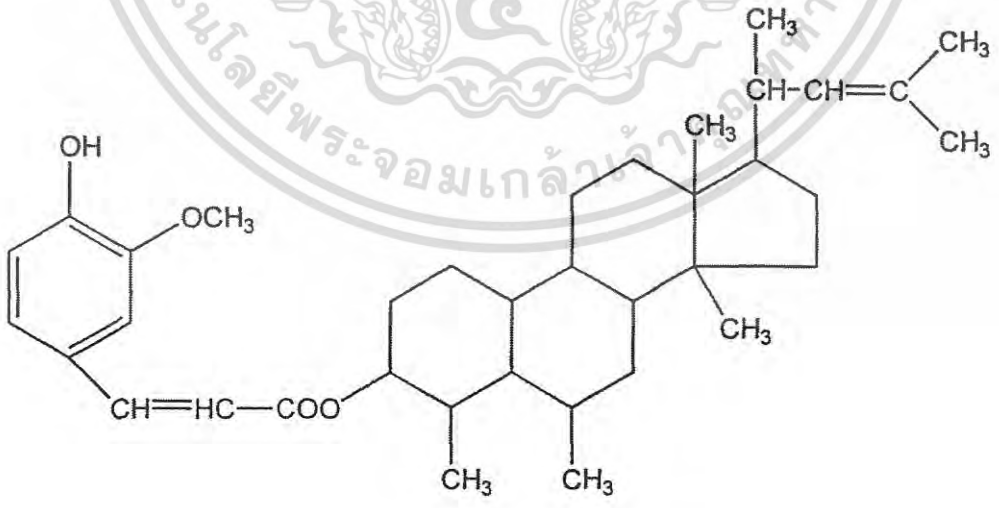
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของโทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอล

ที่มา : http://www.scimath.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 แกมมา-ออไรซานอล (γ-Oryzanol)

ออไรซานอลเป็นสารธรรมชาติที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง พบมากในรำข้าว แกมมา-ออไรซานอลจัดเปนสารกลุมสเตอรอล (sterols) ที่พบในพืช มีโครงสร้างคล้ายกับคอเลสเตอรอล (Ariyapitipun and Mäkynen, 2009) ซึ่งออไรซานอลนี้เกิดจากการสังเคราะห์ทางธรรมชาติ โดยกระบวนการเมแทบอลิซึมจากกรดอะมิโน 2 ชนิด คือ เฟนิลแอลานีน และไทโรซีน ภายในเมล็ดข้าว และเกิดเป็นกรดเฟอรูลิก แล้วทำปฏิกิริยาเอสเทอริไฟด์กับสารสเทียรอล เกิดเป็นสารอนุพันธ์ชนิดต่างๆ ประมาณ 10 ชนิด ในรูปของ Phytosteryl ferulate ซึ่งสารออไรซานอลจะสะสมอยู่ในน้ำมัน บริเวณรำและจมูกข้าว มีประมาณร้อยละ 1.5-2 ในน้ำมันรำข้าว สารอนุพันธ์ชนิดต่างๆ นั้น มีเพียง 2 ชนิด ที่มีปริมาณและประสิทธิภาพสูงในการต้านทานโรค ได้แก่ 24-methylene cycloartanyl ferulate และ cycloartenyl ferulate (สายสนม ประดิษฐดวง, 2551) รำข้าวถือเป็นแหล่งของสารแกมมา-ออไรซานอล ซึ่งเป็นสารที่มีคุณค่าต่อร่างกายมนุษย์ และกำลังเป็นสารที่น่าสนใจที่จะนำมาแยกออกจากน้ำมันรำข้าว เพื่อมาใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น งานด้านอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อเพิ่มความแข็งแรงกับระบบกล้ามเนื้อ เนื่องจากสารออไรซานอลให้ผลคล้ายกับฮอร์โมนสเทียรอยด์ และยังใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ช่วยในเรื่องของการบำรุงผิวกาย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับวิตามินอี คือ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และยังช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (Antioxidant) ในน้ำมัน ออไรซานอลสามารถป้องกันการออกซิเดชันของกรดไขมันอิ่มตัวได้ดีกว่าวิตามินอีกลุ่มโทโคฟีรอล และกลุ่มโทโคไตรอีนอล ซึ่งการเกิดออกซิเดชันนั้นเป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะที่ผิดปกติในร่างกาย เช่น โรคมะเร็ง โรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือด เป็นต้น นอกจากนั้น ออไรซานอลยังมีคุณสมบัติช่วยลดคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี ชนิด LDL แต่จะช่วยเพิ่มปริมาณคอเลสเตอรอลที่ดีชนิด HDL ให้กับร่างกาย ซึ่งไปทำหน้าที่ลดการเกาะตัวของเกล็ดเลือดในกระแสโลหิตได้อีกด้วย (Zullaikah *et al.*, 2009)



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของแกมมา-ออไรซานอล

ที่มา : http://ricebranak.com/product/gamma-oryzanol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ชีวเคมีของออไรซานอล

สูตรโมเลกุล	$C_{40}H_{58}O_4$
มวลโมเลกุล	602.9
สี	ขาวหรือขาวเหลือง
ลักษณะ	โปร่งใส คลายผงแป้ง
กลิ่น	ไม่มี
การละลาย	ละลายได้ในน้ำมัน ละลายได้บ้างในตัวทำลายอินทรีย์ และไม่ละลายน้ำ

(ที่มา : อรุณศรี และคณะ, 2548)

2.4.3 สารประกอบกลุ่มฟีนอลิก (phenolic compound)

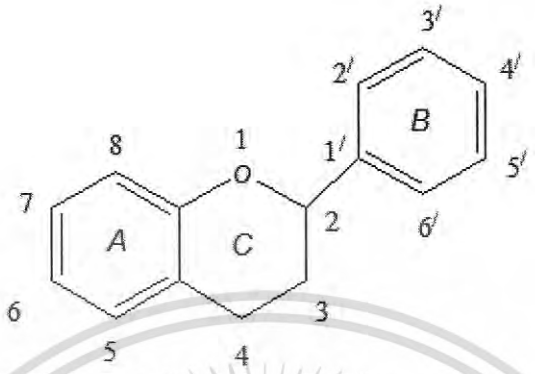
สารประกอบกลุ่มฟีนอลิก (phenolic compound) มีคุณสมบัติในการละลายน้ำ และสามารถป้องกันโรคต่างๆ ได้ เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคความจำเสื่อม โรคมะเร็ง เป็นต้น อีกทั้งนำมาใช้ในการชะลอความเสื่อมของเซลล์ต่างๆ ของร่างกายได้ สารประกอบฟีนอลิกยังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ และนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคตได้ (สุวรรณี และคณะ, 2555) สารประกอบฟีนอลิกพบได้ในอาหารและเครื่องดื่มที่มาจากพืชผักและผลไม้จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช วิธีการปลูก ระดับความสุก กระบวนการแปรรูปและการเก็บ การใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปมีส่วนที่ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง ประกอบฟีนอลิกเป็นสารประกอบที่เป็นวงแหวนอะโรมาติก และมีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อย 1 หมู่ รวมไปถึงอนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีการแทนที่ด้วยหมู่ฟังก์ชันต่างๆ เช่น ฟลาโวนอยด์ ลิกนิน กรดซินนามิก โคเอ็นไซม์คิว เป็นต้น (เนตรนภา และเฉลิม, 2557) มีการค้นพบสารประกอบฟีนอลิกมากกว่า 8,000 ชนิดในธรรมชาติ ตั้งแต่โมเลกุลอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิกลิก ฟีนิลโปรพานอยด์และฟลาโวนอยด์ เป็นต้น ไปจนถึงโครงสร้างโพลิเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น ลิกนิน เมลานิยน แทนนิน เป็นต้น (ปริยานุช อินทร์รอด, 2551)

2.4.4 ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

ฟลาโวนอยด์ จัดเป็นสารประกอบฟีนอลิกชนิดหนึ่งที่พบมากที่สุด พบอยู่ทั่วไปในพืชที่มีสีเขียว และพบในทุกส่วนของพืช ในสัตว์สามารถพบได้บ้าง โดยเชื่อว่ามาจากพืชที่บริโภคเข้าไปมากกว่าการเกิดชีวสังเคราะห์ในร่างกายของสัตว์เอง ฟลาโวนอยด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ แอนโธไซยานินส์ และแอนโธแซทินส์ ฟลาโวนอยด์มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับออกซิน แต่มีหน้าที่เหมือนกับสารยับยั้งการเคลื่อนที่ของออกซิน เช่น NPA (N-1-Naphthylphthalamic acid) เป็นต้น (ธิดารัตน์ และคณะ, 2557) สารฟลาโวนอยด์มีสูตรโครงสร้างหลักเป็นฟลาแวน (flavan) หรือ 2-ฟีนิลเบนโซไพแรน (2-phenylbenzopyran) ประกอบด้วยคาร์บอน 15 อะตอม ที่มีสูตรโครงสร้างพื้นฐานเป็น C6-C3-C6 กล่าวคือ ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

substituted benzene rings จำนวน 2 หมู่เชื่อมต่อกันด้วย aliphatic chain ของคาร์บอน 3 อะตอม และมีความแตกต่างกันตรง oxidation state ของ aliphatic chain ของอะตอมคาร์บอน 3 อะตอมนี้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)
ที่มา : http://www.smj.ejnal.com/e-journal/showdetail/?show_detail=T&art_id=1829

2.5 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระมีคุณสมบัติสามารถป้องกันและชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เมื่ออยู่ในสภาพที่เหมาะสม ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ช่วยลดการเสื่อมสภาพของไขมันในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยสารต้านอนุมูลอิสระจะเข้าไปทำลายสารประกอบที่มีออกซิเจนในโมเลกุล (ROS) (Grajeda-Iglesias *et al.*, 2016) กรดโปรโตคาเทคชูอิค (3,4-dihydroxybenzoic acid) ถือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ และยังได้รับการยอมรับว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ยังสามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านมะเร็ง ต้านการอักเสบ และอื่นๆ ได้อีกด้วย (Kakkar and Bais, 2014) สารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidants) และสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (natural antioxidants) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์เกิดจากการกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี โดยเป็นสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ propylgallate, 2-butylated hydroxyanisole, 3-butylate hydroxyanisole, BHT (butylated hydroxytoluene) และ tertiary butylhydroquinone สารสังเคราะห์ดังกล่าวนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติที่เปลี่ยนแปลงไป สารสังเคราะห์นี้มีสภาพคงตัวกว่าสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดในด้านความปลอดภัยในการบริโภค ขณะที่สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติสามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ซึ่งเป็นได้ทั้งเอนไซม์ วิตามิน และสารอื่นๆ (Wattanasiritham *et al.*, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาวะปกติในร่างกายของคนเราจะมีกลไกการป้องกันการสะสมสารอนุมูลอิสระ โดยการสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาควบคุมปริมาณสารอนุมูลอิสระให้อยู่ในภาวะที่สมดุล และอีกส่วนได้จากสารต้านอนุมูลอิสระที่ร่างกายรับประทานเข้าไป เช่น วิตามิน เบต้า-แคโรทีน แคโรทีนอยด์ เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวได้จากพืชผักและผลไม้ ตัวอย่างอาหารที่มีเบต้าแคโรทีนสูง ได้แก่ ผักใบเขียว ผักที่มีสีเหลือง เป็นต้น (บุหรัน พันธุ์สวรรค์, 2556)

2.6 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity determination)

2.6.1 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (diphenylpicryhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay) เป็นการทดสอบด้วยวิธีทางเคมีโดยใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระในที่นี้ ก็คือ อนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH, diphenyl-picryhydrazyl radical) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่คงตัว และมีสีม่วง สามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดโดยใช้เครื่องสเปกโตโฟโตรมิเตอร์ (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายด้วยเอทานอล (สารที่ให้อิเล็กตรอน) จะทำให้สีม่วงจางลงๆ จนเป็นสีเหลือง ซึ่งก่อนนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงต้องตั้งทิ้งไว้ที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา ทำให้สามารถหาการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างได้จากการคำนวณสีที่จางลงของการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูตรคำนวณได้จากการนำค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงจากการใส่ตัวอย่างเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงตั้งต้น (ก่อนใส่สารตัวอย่าง) ดังนี้

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

$$\text{DPPH radical scavenging (\%)} = [(A_0\text{-}A_s)/A_0] \times 100$$

โดย A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงตั้งต้น และ A_s = ค่าการดูดกลืนแสงหลังจากเติมสารตัวอย่างสารมาตรฐานที่ใช้ในการเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คือ โทรล็อกซ์ (trolox, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchlorman-2-carboxylic acid) แสดงค่าเป็น TEAC (trolox equivalent antioxidant capacity) มีหน่วยเป็น mM/mg หรือ μM/mg ข้อดีของวิธีนี้ คือ ง่าย สะดวก และรวดเร็ว ส่วนข้อเสีย คือ DPPH ค่อนข้างเสถียรไม่ไวต่อปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายจริง จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ช้า ทำให้ค่าการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้น้อยกว่าความเป็นจริง และต้องวัดในปฏิกิริยาที่เป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งจะทำให้โปรตีนตกตะกอนจึงไม่สามารถวิเคราะห์ในตัวอย่างที่เป็นเลือดได้ อีกทั้งสารปนเปื้อนและโลหะจะรบกวน (interfere) ซึ่งสามารถเป็นตัวรีดิวซ์แล้วทำให้สีของอนุมูลอิสระ DPPH จางลงได้เช่นกัน

2.6.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส (ABTS radical cation decolorization assay) เป็นวิธีการวัดความสามารถในการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส ($ABTS^+$,2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical) เป็นสารสังเคราะห์ที่มีสีเขียวปนน้ำเงิน สามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เนื่องจากสีของ $ABTS^+$ ปกติจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูง จึงต้องทำการเจือจาง $ABTS^+$ ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ จากนั้นนำ $ABTS^+$ ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างที่ละลายด้วยเอทานอลเจือจางซึ่งจะทำให้สีจางลง และตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา จึงสามารถหาความเป็นสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างได้จากการคำนวณสีที่จางลงของการยับยั้งอนุมูลอิสระ $ABTS^+$ ซึ่งวิธีการคำนวณ และการเทียบกับสารมาตรฐาน trolox กระทำเช่นเดียวกับวิธี DPPH ข้อดีของวิธีการนี้ คือ $ABTS^+$ ละลายได้ดีในน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์จึงทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว และทำปฏิกิริยาได้ดีในช่วง pH กว้าง ส่วนข้อเสีย คือ $ABTS^+$ ไม่เป็นสารธรรมชาติที่พบในร่างกายหรือในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต และต้องมีการทำปฏิกิริยากับสารอื่นก่อนถึงจะเกิดเป็นอนุมูลอิสระ

$$ABTS^+ + AH\ (antioxidant) \longrightarrow ABTS\ (สีจางลง) + A$$

2.6.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay) วิธีการนี้อาศัยหลักการของสารต้านอนุมูลอิสระสามารถถ่ายเทอิเล็กตรอนให้กับสารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+}$ ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็น $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ ซึ่ง $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ มีความสามารถในการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ปริมาณของ $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ ที่เกิดขึ้นสามารถประมาณความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ในรูป FRAP value เทียบกับกราฟมาตรฐานของเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ซึ่งขั้นตอนโดยละเอียดของวิธีการนี้ ได้แก่ การทำ ให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+}$ ประกอบด้วย นำสารละลาย TPTZ (2,4,6-tri (2-pyridyl)-striazine) ที่ละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจางมาทำปฏิกิริยากับสารละลายอะซิเทตบัฟเฟอร์ และสารละลายเฟอริกไตรคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต จากนั้นทำการรีดิวซ์เฟอร์ริกโดยการเติมสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟตหรือสารตัวอย่าง (สารต้านอนุมูลอิสระ) และตั้งทิ้งไว้ในที่มืด วิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาน้อย ไม่แพง และสามารถทำซ้ำแล้วให้ผลเหมือนเดิม แต่ข้อเสีย คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะร่างกาย และสารละลายที่ใช้อ้างอิงต้องใช้น้ำปราศจากไอออน (deionized water) (บุหรัน พันธุ์สวรรค์, 2556)

$$[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+} \longrightarrow [Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$$

2.7 การใช้คลื่นอัลตราโซนิคในการสกัด

คลื่นอัลตราซาวน์หรือคลื่นอัลตราโซนิก (ultrasonic waves) หมายถึง พลังงานที่เกิดจากคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 kHz ขึ้นไป เมื่อนำคลื่นอัลตราโซนิกมาใช้ในการสกัด คลื่นจะช่วยในการทำลายผนังเซลล์ ทำให้สารสำคัญออกมาได้มากขึ้น (Khoei and Chekin, 2016)

ในอุตสาหกรรมอาหารและยา มีการสกัดน้ำมันรำข้าวเพื่อนำมาเป็นอาหารเสริมสำหรับผู้บริโภค ปัจจุบันการสกัดสารสำคัญมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีจะได้ปริมาณและคุณภาพของสารสำคัญไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยในกระบวนการสกัด เช่น วิธีที่ใช้สกัด ชนิดตัวทำละลาย อุณหภูมิ เวลา เป็นต้น (Tabaraki and Nateghi, 2011) ปัจจุบันมีการนำเทคนิคการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกมาปรับปรุง เพื่อให้เหมาะกับงานด้านอุตสาหกรรมอาหารและยา เทคนิคนี้ช่วยเพิ่มพลังงานให้กับของเหลว ทำให้ของเหลวมีโอกาสที่จะสัมผัสกับสารสำคัญมากขึ้น จึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดได้ (Saleh *et al.*, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 การเปรียบเทียบวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อการสกัดวิตามินอี และแกมมา-ออไรซา-นอล จากรำข้าวพันธุ์ กข 6

งานวิจัยของ ปรีดาวรรณ ขอช่วยกลาง และวรนุช ศรีเจษฎารักข์, 2013 ได้มีการศึกษาชนิดของตัวทำละลาย ได้แก่ ไอโซโพรพานอล และเอทานอล ซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับการใช้เฮกเซนที่สภาวะการสกัดเดียวกัน พบว่ารำข้าวที่ผ่านการคงสภาพด้วยวิธีการนึ่ง และนำมาสกัดด้วยไอโซโพรพานอล จะให้ปริมาณน้ำมัน วิตามินอี และแกมมา-โอไรซานอลได้สูงที่สุด จากการศึกษาผลของอัตราส่วนรำข้าวต่อไอโซโพรพานอล (1:30, 1:45และ 1:60 กรัม/มิลลิลิตร) อุณหภูมิ (50, 60 และ 70 °C) และเวลา (1, 10และ 20 ชั่วโมง) ในการสกัดมีต่อคุณภาพของน้ำมัน โดยพบว่าทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่อค่าปริมาณน้ำมัน วิตามินอี และแกมมา-โอไรซานอล สภาวะที่มีสารดังกล่าวมากที่สุดคือ สภาวะการสกัดที่ใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อไอโซโพรพานอล 1 ต่อ 30 กรัม/มิลลิลิตร ที่ อุณหภูมิ 70 °C และเวลา 20 ชั่วโมง

2.8.2 การสกัดวิตามินอีจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว

งานวิจัยของ อาจารย์ธิดารัตน์ หน่อสุวรรณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้ทำการศึกษาการสกัดวิตามินอีจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว ด้วยสัดส่วนของดิสทิลเลตต่ออะซิโตไนไตรล์เท่ากับ 1:4 (W/V) โดยวิธี winterization ที่อุณหภูมิ 0 และ -20°c ตามลำดับ ทำให้สารสกัดบริสุทธิ์ด้วยการทำซาพอนิฟิเคชันแบบเย็น (cold saponification) วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอีด้วยเทคนิค Reversed-phase HPLC พบว่าความเข้มข้นของ วิตามินอี เท่ากับ 6,788.186+55.039 mg/kg สารสกัดวิตามินอีที่สกัดได้จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวเข้มข้น 0.1 mg/kg มีค่า DPPH scavenging effect สูงที่สุดเท่ากับ 98.178±0.004% และมากกว่าแอลฟา-โทโคฟีรอลสังเคราะห์, BHT, TBHQ และ BHA ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.8.3 ผลของการรักษาเสถียรภาพก่อนการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยน้ำ

งานวิจัยของ Amarasinghe และคณะ ได้ทำการศึกษาการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยน้ำ โดยใช้จากรำข้าวที่มีอยู่ในประเทศศรีลังกา ในการทดลองการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยน้ำ ถูกนำมารักษาเสถียรภาพด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การนึ่ง การอบแห้งด้วยลมร้อน การใช้สารเคมี และการใช้เครื่องทำความเย็น เพื่อควบคุมการทำงานของเอนไซม์ไลเปส การนึ่งเป็นเทคนิคการรักษาเสถียรภาพที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด การสกัดจะให้ปริมาณน้ำมันสูงสุดเมื่อมีค่า pH เท่ากับ 10-12 และที่อุณหภูมิ 60-80 °C การศึกษาด้านจลศาสตร์พบว่า การสกัดจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วด้วยภายใน 10-15 นาทีแรกของเวลาที่ใช้นึ่งข้าว และผลผลิตน้ำมันสูงสุด คือ 161 และ 131 มิลลิกรัม/กรัม ของข้าวนึ่งและรำข้าวดิบตามลำดับ น้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำมีปริมาณน้ำมัน และกรดไขมันอิสระต่ำกว่าการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเฮกเซน และชนิดของไขมันที่สำคัญในน้ำมันรำข้าว ได้แก่ โอเลอิก ไลโนเลอิก และปาล์มิติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 งานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวกับการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยอัลตราโซนิก

ผู้จัดทำ	ชื่อเรื่อง	เรื่องที่ทำ	ผลลัพธ์
Tabaraki และ Nateghi, 2011	Optimization of ultrasonic-assisted extraction of natural antioxidants from rice bran using response surface methodology	สกัดน้ำมันรำข้าวด้วยอัลตราโซนิก	ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยอัลตราโซนิก พบว่าตัวทำละลายที่เหมาะสม คือ เมทานอล ที่อัตราส่วน 20:1 (v/m) อุณหภูมิ45 C เป็นเวลา 30 นาที และได้น้ำมันรำข้าวที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดี โดยการทดสอบด้วยวิธี TPC, FRAP และ DPPH
Huang และ คณะ, 2013	Study on the Preparation Process of Rice Bran Oil by the Ultrasonic Enzymatic Extraction	สกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเอนไซม์ร่วมกับอัลตราโซนิก	ศึกษาการสกัดน้ำมัน โดยใช้เอนไซม์ cellulose 1.2%, protease 0.6% และ amylase 0.3% จากนั้นนำมาสกัดด้วยอัลตราโซนิก ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมคือ ที่อุณหภูมิ 60 C กำลังไฟฟ้า 120 W เป็นเวลา 55 นาที
Krishnan, Kuriakose และ Rawson, 2015	Ultrasound Assisted Extraction of Oil from Rice Bran: A Response Surface Methodology Approach	สกัดน้ำมันด้วยวิธีอัลตราโซนิก	สกัดน้ำมันด้วยวิธีอัลตราโซนิก ตรวจสอบด้วยวิธีresponse surface methodology (RSM) และใช้เวลาในการอัลตราโซนิก 5-10 นาที ใช้ตัวทำละลายคือเอทานอลและเฮกเซน พบว่าเมื่อสกัดที่เวลา26นาทีจะได้น้ำมันดิบสูงสุดคือ 10.8% และการสกัดด้วยเอทนอลยังให้ปริมาณน้ำมันสูงและยังมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าการสกัดด้วยเฮกเซน
Khoei และ Chekin, 2016	The ultrasound-assisted aqueous extraction of rice bran oil	สกัดน้ำมันรำข้าวด้วยอัลตราโซนิก	รำข้าวที่เหมาะสมในการสกัด คือ ที่pH = 12 อุณหภูมิ 45 C ปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 800 rpm เป็นเวลา 15 นาที และสกัดด้วยอัลตราโซนิกที่อุณหภูมิ 25 C เป็นเวลา 70 นาที โดยตัวทำละลายใช้น้ำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 รำข้าว

รำข้าวที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ รำข้าวดอกมะลิจากจังหวัดสุพรรณบุรี และรำข้าวดอกขามจากจังหวัดชุมพร ประเทศไทย โดยจะเก็บรำข้าวไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C

3.1.2 ตัวทำละลายที่ใช้สกัด

ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดรำข้าว คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลและเฮกเซน โดยมีอัตราส่วน คือ 1:5 2:4 3:3 4:2 และ 5:1 และใช้อัตราส่วนระหว่างรำข้าวและตัวทำละลาย คือ 1:6 (น้ำหนักรำข้าวต่อปริมาณตัวทำละลาย)

3.1.3 สารเคมี

เมทานอล (HPLC Grade, Meet A.C.S. Specifications Honeywell Burdick & Jackson, USA)

ไอโซโพรพานอล (HPLC Grade, RCI Labscan Limited, USA)

เอทิลอะซิเตต (HPLC Grade, Meet A.C.S. Specifications, Honeywell Burdick & Jackson, USA)

เอทานอล (ACS Reag, VWR PROLABO CHEMICALS, USA)

เฮกเซน (HPLC Grade, Meet A.C.S. Specifications, Burdick&Jackson, USA)

3.1.4 เครื่องมือ

เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (รุ่น AR 2140, Ohaus, USA)

เครื่องเขย่า (รุ่น OSI-501, Firstek Scientific, Japan)

Rotary Evaporator (รุ่น Hei-Vap series, Heidolph, Germany)

เครื่องโครมาโทรกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (รุ่น L201046, SHIMADZU, Columbia)

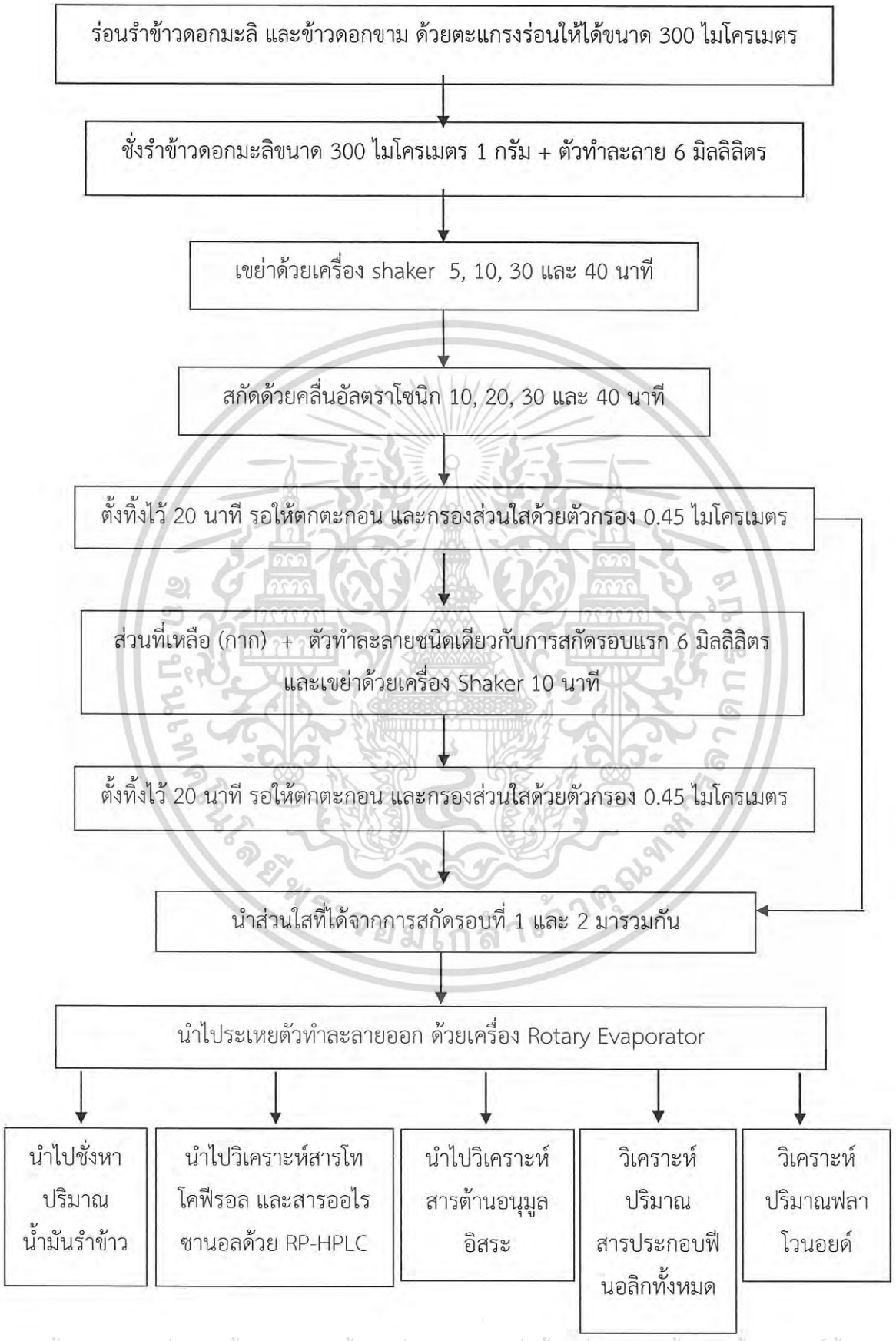
Sonicator (รุ่น 1875HTA, CREST, USA)

Microplate reader (รุ่น Anthos MultiRead 400, Biochrom, Netherland)

Spectrophotometer (รุ่น Helios alpha UV-Vis, Thermo Scientific, USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แผนผังการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การเตรียมรำข้าว

1. นำข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขามมาร่อนด้วยตะแกรงร่อน เก็บเฉพาะรำข้าวที่มีขนาด 300 ไมโครเมตร
2. เก็บรำข้าวที่ผ่านการร่อนไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ℃

3.3.2 การดัดแปลงรำข้าว โดยการเขย่าในตัวทำละลาย

1. ชั่งรำข้าวที่ร่อนแล้ว 1 กรัม ใส่ขวดสีชา ขนาด 30 มิลลิลิตร
2. เติมตัวทำละลาย 6 มิลลิลิตร โดยอัตราส่วนระหว่างรำข้าวและตัวทำละลาย คือ 1:6 ซึ่งตัวทำละลาย คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลและเฮกเซน โดยมีอัตราส่วน คือ 1:5 2:4 3:3 4:2 และ 5:1
3. จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเขย่า (shaker) ที่ 200 rpm เป็นเวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที โดยก่อนการเขย่าให้ปิดฝาขวดให้สนิท

3.3.3 การสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

1. นำชุดทดลองที่ผ่านการเขย่าในตัวทำละลาย มาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โดยนำไปเข้าเครื่อง Sonicator 10, 20, 30 และ 40 นาที
2. จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 20 นาที
3. นำส่วนใสมากรองผ่านหลอดฉีดยาที่มีตัวกรอง 0.45 ไมโครเมตร
4. นำส่วนใสที่ได้มาวัดปริมาตร และจดบันทึก

3.3.4 การสกัดซ้ำ รอบที่ 2

1. เติมตัวทำละลาย 6 มิลลิลิตร ลงในกากรำข้าวที่เหลือจากการสกัดรอบแรก
2. นำไปเข้าเครื่องเขย่า (shaker) 10 นาที ที่ความเร็วรอบ 200 rpm
3. จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 20 นาที
4. นำส่วนใสมากรองผ่านหลอดฉีดยาที่มีตัวกรอง 0.45 ไมโครเมตร
5. นำส่วนใสที่ได้มาวัดปริมาตร และจดบันทึก

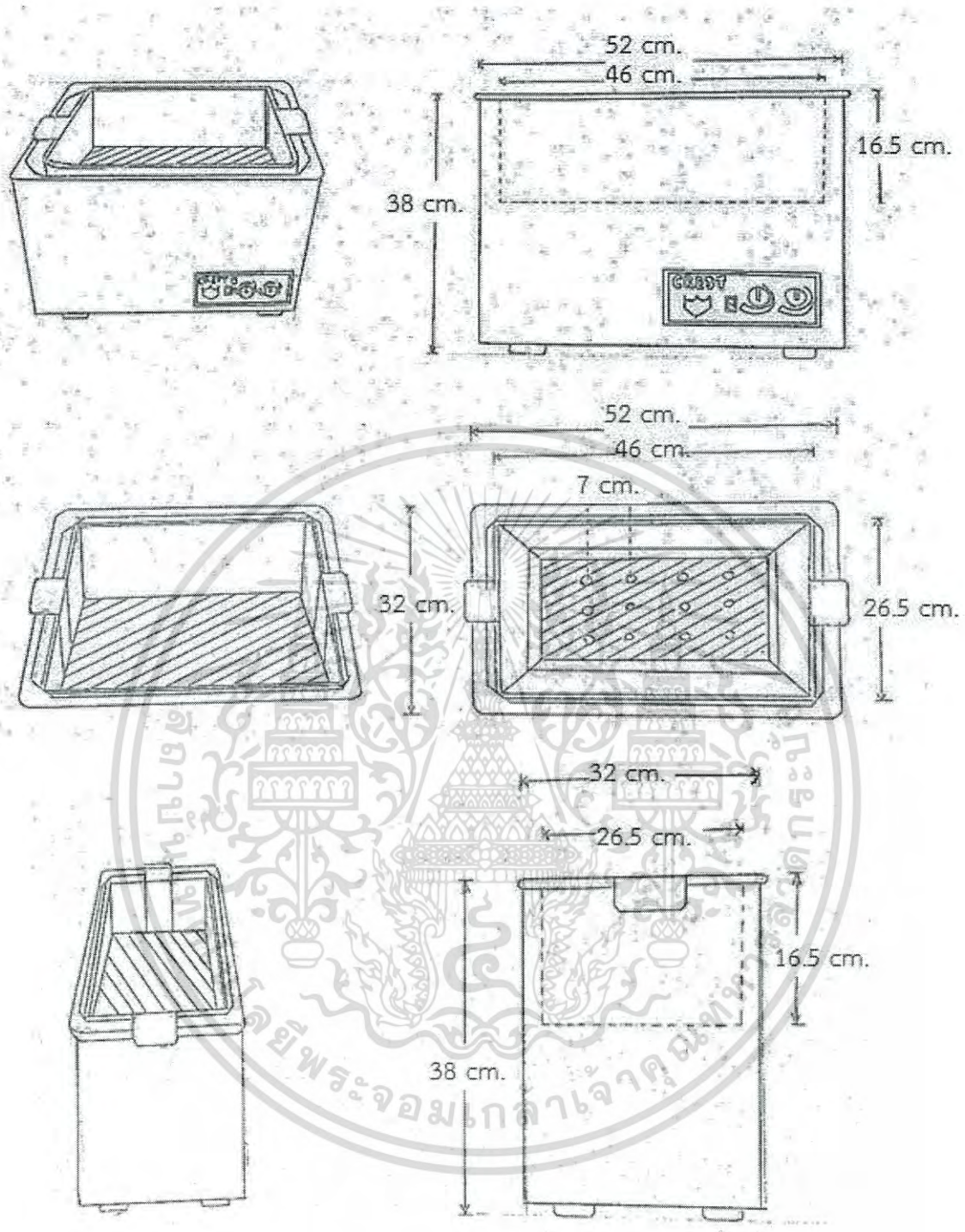
3.3.5 การวิเคราะห์ปริมาตรน้ำมันรำข้าว

1. นำสารสกัดที่ได้จากการสกัดรอบที่ 1 และ 2 มารวมกัน จากนั้นจึงนำไปทำการระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator โดยใช้อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส โดยใช้ความดันที่ 175 มิลลิบาร์
2. ทำการชั่งหาปริมาณน้ำมันรำข้าว และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำมันรำข้าว

ปริมาณน้ำมันรำข้าว = น้ำหนักขวดที่มีน้ำมันรำข้าว – น้ำหนักขวดเปล่า

$$\text{ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมันรำข้าวหลังการสกัด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักแห้งของรำข้าว 1 กรัม}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ลักษณะของเครื่องอัลตราโซนิกที่ใช้ในการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 การวิเคราะห์สารโทโคฟีรอล และสารออไรซานอล

1. นำไปวิเคราะห์สารออไรซานอลในน้ำมันรำข้าวด้วย เครื่องโครโมโทรกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) โดยใช้คอลัมน์ C18 (250×4.6 mm i.d.)
2. เตรียมสารละลาย Keep โดยใช้เมทานอล และนำไปเข้าเครื่อง Sonicator 15 นาที
3. เตรียมสารละลาย Clean โดยใช้เมทานอล และไอโซโพรพานอล ในอัตราส่วน 60 : 40 ตามลำดับ นำไปกรองด้วยชุดกรอง HPLC และเข้าเครื่อง Sonicator 15 นาที
4. เตรียมสารละลาย Mobile phase โดยใช้เมทานอล ไอโซโพรพานอล และเอทิลอะซิเตต ในอัตราส่วน 47.5 : 40 : 12.5 ตามลำดับ นำไปกรองด้วยชุดกรอง HPLC และเข้าเครื่อง Sonicator 15 นาที
5. ต่อคอลัมน์เข้ากับเครื่อง HPLC เปิดเครื่อง และรันสารละลาย Keep, Clean และ Mobile phase ตามลำดับ โดยตั้งค่า flow rate 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที
6. ชั่งน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัด 0.001 กรัม และเติม Mobile phase 1 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
7. ทำการเจือจางตัวอย่างให้ได้ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และกรองสารผ่านตัวกรอง 0.22 ไมโครเมตร
8. ฉีดสารตัวอย่าง โดยตั้งเวลา 15 นาทีต่อเข็ม
9. เมื่อฉีดตัวอย่างเสร็จทำการรันสาร Mobile phase, Clean และ Keep ตามลำดับ
10. ทำกราฟมาตรฐาน โดยใช้สารแอลฟา-โทโคฟีรอล แกมมา-โทโคฟีรอล และแกมมา-ออไรซานอล เป็นสารละลายมาตรฐาน ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 5, 10 และ 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

3.3.7 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity

1. เตรียมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ โดยเตรียม DPPH 0.0040 กรัม ละลายด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร และนำไปเข้าเครื่อง Sonicate ประมาณ 15 นาที
2. เตรียมตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ หยอดตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร ลงใน 96-well plate
3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 492 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader
4. หยดสารละลาย DPPH 100 ไมโครลิตร ลงใน 96-well plate
5. เขย่าและบ่มไว้ในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที
6. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader
7. โดยใช้ BHT เป็นสารละลายมาตรฐาน ที่ความเข้มข้น 0 ถึง 120 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (\%)} = \frac{\text{Abs control-Abs sample}}{\text{Abs control}} \times 100$$

โดยที่ Abs control คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม (เอทานอล+DPPH)

Abs sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง (เอทานอล+ตัวอย่าง+DPPH)

3.3.8 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

1. นำสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย โฟลินซิโอ-เคาทูรีเอเจนต์ เข้มข้น 10% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร
2. จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากันและตั้งสารละลายไว้ในที่มืด เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร
4. ใช้สารละลายกรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดหาได้จากการนาค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.3.9 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

1. นำสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายโซเดียมไนไตรท์ ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 150 ไมโครลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน
2. จากนั้นเติมสารลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน
3. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 4.3% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 40 นาที
4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร
5. ใช้เควอซิทิน (quercetin) เป็นสารมาตรฐาน ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดหาได้จากการนาค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.3.10 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม statistics SPSS 22.0 เพื่อวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) ที่ตั้งไว้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดไว้ที่ 0.05 แล้วนำไปสรุปผลการทดสอบสมมติฐาน โดยยึดหลักดังนี้

กรณีค่า $P>\alpha$ ถ้าเป็นการทดสอบความแตกต่าง จะสรุปได้ว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบนั้นไม่แตกต่างกัน

กรณีค่า $P\leq\alpha$ ถ้าเป็นการทดสอบความแตกต่าง จะสรุปได้ว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบนั้นแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ลักษณะของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัด

ลักษณะของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ซึ่งรำข้าวที่ใช้ในการสกัดมี 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม พบว่า ลักษณะของน้ำมันรำข้าวในตัวทำละลายเอทานอลจะมีสีเข้มกว่าน้ำมันรำข้าวในตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอล และเมื่อใช้ตัวทำละลายผสมที่มีเฮกเซนเพิ่มขึ้นจะได้สีของน้ำมันรำข้าวอ่อนลงมีลักษณะเดียวกันทั้ง 2 สายพันธุ์ แต่เมื่อสกัดน้ำมันโดยการใช้เอทานอล พบว่าน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิจะให้สีเหลืองเข้ม ส่วนน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามจะให้สีแดง แสดงดังตารางที่ 4.1 จากผลข้างต้น การสกัดด้วยการเขย่าจะทำให้รำข้าวสัมผัสกับตัวทำละลายอย่างทั่วถึง สีของรำข้าวหลังการสกัด จึงมีสีเดียวกัน และเมื่อนำมาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่เวลาเพิ่มขึ้น ก็จะได้น้ำมันรำข้าว และสารประกอบสำคัญเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ คลื่นอัลตราโซนิกยังทำให้รำข้าวหลังการสกัดเกิดการแบ่งชั้นกัน โดยส่วนที่ถูกสกัดก่อนก็จะถูกดันขึ้นไปข้างบน สังเกตได้จากรำข้าวมีสีอ่อนกว่าด้านล่าง และเนื่องจากสารสีหรือรงควัตถุในรำข้าวเป็นสารที่มีขั้ว ได้แก่ แอนโทไซยานิน ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่พบในข้าวที่มีสีต่างๆ เช่น ชมพู แดง ม่วง หรือ สีดำ เป็นต้น (สายสนม ประดิษฐดวง, 2551) จึงทำให้น้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยเอทานอลมีสีเข้มมากกว่าตัวทำละลายอื่นๆ และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนตัวทำละลายเฮกเซนลงไป จะได้สีที่อ่อนลง เพราะเฮกเซนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ไม่มีขั้ว จึงไม่สามารถสกัดสารสีออกมาได้

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะของน้ำมันรำข้าวในตัวทำละลายต่างๆ โดยการสกัดด้วยการเขย่า 5 นาที ก่อนการสกัดด้วยอัลตราโซนิก 10 นาที

ตัวทำละลาย	พันธุ์ข้าว	น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้	สี
Ethanol	ข้าวดอกมะลิ		เหลืองเข้ม
	ข้าวดอกขาม		แดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะของน้ำมันรำข้าวในตัวทำละลายต่างๆ โดยการสกัดด้วยการเขย่า 5 นาที ก่อนการสกัดด้วยอัลตราโซนิก 10 นาที (ต่อ)

ตัวทำละลาย	พันธุ์ข้าว	น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้	สี
Hexane:Ethanol อัตราส่วน 1:5	ข้าวดอกมะลิ		เหลือง
	ข้าวดอกขาม		เหลืองเข้ม
Hexane:Ethanol อัตราส่วน 2:4	ข้าวดอกมะลิ		เหลือง
	ข้าวดอกขาม		เหลืองเข้ม
Hexane:Ethanol อัตราส่วน 3:3	ข้าวดอกมะลิ		เหลือง
	ข้าวดอกขาม		เหลือเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะของน้ำมันรำข้าวในตัวทำละลายต่างๆ โดยการสกัดด้วยการเขย่า 5 นาที ก่อนการสกัดด้วยอัลตราโซนิก 10 นาที (ต่อ)

ตัวทำละลาย	พันธุ์ข้าว	น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้	สี
Hexane:Ethanol อัตราส่วน 4:2	ข้าวดอกมะลิ		เหลืองอ่อน
	ข้าวดอกขาม		เหลือง
Hexane:Ethanol อัตราส่วน 5:1	ข้าวดอกมะลิ		ขาวขุ่น
	ข้าวดอกขาม		เหลืองเขียว

(A)

(B)

รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบลักษณะสีของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ตามลำดับ โดยภาพ A คือ น้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และภาพ B คือ น้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการดัดแปลงรำข้าวก่อนการสกัด โดยนำมาผ่านการเขย่า เป็นเวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที จากนั้นนำมาผ่านการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นเวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที โดยใช้ตัวทำละลาย คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ซึ่งรำข้าวที่ใช้ในการสกัดมี 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม แสดงผลดังตารางที่ 4.2

4.2.1 ผลของเวลาในการสกัดด้วยการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

จากตารางที่ 4.2 เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที ก่อนจะสกัดคลื่นอัลตราโซนิกที่เวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที พบว่า น้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิที่สกัดด้วยเอทานอล จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงสุดในการเขย่าที่เวลา 30 นาที ก่อนจะลดลง ซึ่งมีปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างจากการเขย่าที่เวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P>0.05$) จากนั้นเมื่อนำไปสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงสุดที่เวลา 40 นาที แต่ไม่มีความแตกต่างกันกับที่เวลา 10, 20 และ 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P>0.05$) และน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการเขย่า ให้ปริมาณน้ำมันสูงสุดที่เวลา 10 นาที ก่อนจะค่อยๆ ลดลง ซึ่งมีปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างจากการเขย่าที่เวลาอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P>0.05$) จากนั้นเมื่อนำมาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก จะให้ปริมาณน้ำมันสูงสุดที่เวลา 40 นาที และไม่มีความแตกต่างกันกับที่เวลา 20 และ 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P>0.05$) แสดงดังรูปที่ 4.2

เมื่อนำปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้สูงสุดจากข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม มาเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่เวลารวมเท่ากัน และชุดซอกเลต พบว่า ข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม ให้ผลเช่นเดียวกัน คือ วิธีการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวน้อยกว่าวิธีการสกัดด้วยซอกเลต ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P\leq0.05$) แต่มีปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าชุดควบคุม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P\leq0.05$) ข้าวดอกมะลิที่สกัดด้วยวิธีนี้มีประสิทธิภาพคิดเป็นร้อยละ 74.10 ของชุดซอกเลต และการสกัดข้าวดอกขามมีประสิทธิภาพคิดเป็นร้อยละ 84.44 ของชุดซอกเลต แสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 เนื่องจากการใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการสกัดนั้น จะอาศัยตัวทำละลายเป็นตัวกลาง ทำให้เกิดแรงกลจากการแตกตัวอย่างรวดเร็วของฟองอากาศ เพื่อไปทำลายผนังเซลล์ และเกิดการโอนถ่ายมวลผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ตัวทำละลายสามารถเข้าไปจับกับน้ำมัน และสารประกอบสำคัญได้มากขึ้น (Tabaraki and Nateghi, 2011) จึงทำให้วิธีการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าชุดควบคุม ซึ่งสกัดด้วยการเขย่าอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

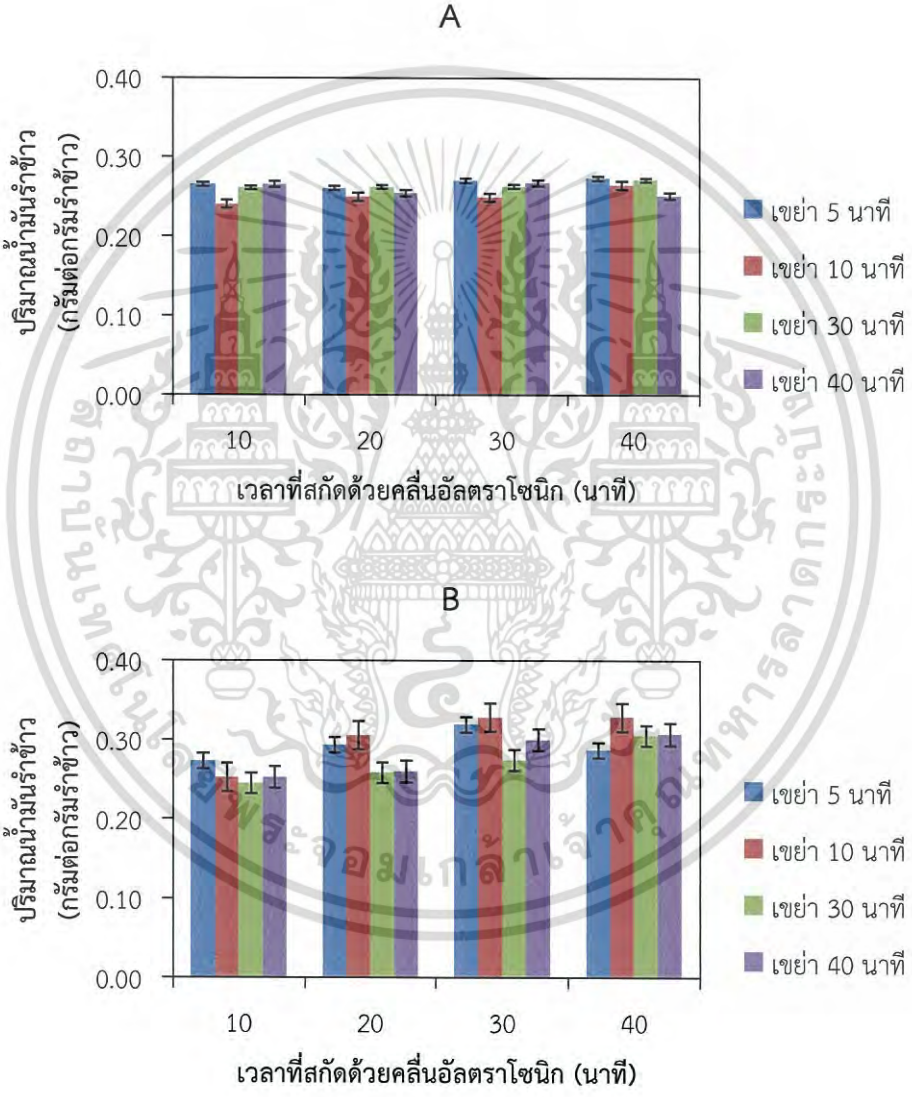
พันธุ์ข้าว	สภาวะ		ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)					
	เขย่า	อัลตราโซนิก	เอทานอล	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 1:5	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 2:4	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 3:3	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 4:2	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 5:1
ขาวดอกมะลิ	5 นาที	10 นาที	0.2652±0.03^{a}	0.2271±0.01	0.2670±0.01$^{a, B}$	0.2319±0.01	0.2044±0.02	0.2099±0.01
		20 นาที	0.2607±0.02^{a}	0.2465±0.01	0.2465±0.01^{b}	0.2188±0.01	0.2198±0.01	0.1962±0.03
		30 นาที	0.2701±0.01^{a}	0.2521±0.01	0.2602±0.01^{ab}	0.2146±0.02	0.2276±0.01	0.2007±0.01
		40 นาที	0.2711±0.01$^{a, A}$	0.2314±0.01	0.2579±0.01^{ab}	0.2271±0.01	0.2130±0.01	0.2108±0.02
	10 นาที	10 นาที	0.2404±0.01^{b}	0.2576±0.01	0.2607±0.01$^{a, B}$	0.2180±0.01	0.1940±0.02	0.2132±0.02
		20 นาที	0.2498±0.01^{ab}	0.2535±0.01	0.2548±0.01^{a}	0.2080±0.01	0.2100±0.03	0.2130±0.01
		30 นาที	0.2491±0.01^{ab}	0.2206±0.02	0.2494±0.02^{a}	0.2185±0.01	0.1937±0.01	0.2165±0.01
		40 นาที	0.2648±0.01$^{a, A}$	0.2363±0.02	0.2517±0.01^{a}	0.2300±0.01	0.1975±0.02	0.2192±0.01
	30 นาที	10 นาที	0.2612±0.01^{a}	0.2325±0.02	0.2535±0.02^{b}	0.2284±0.01	0.2155±0.01	0.2146±0.01
		20 นาที	0.2623±0.01^{a}	0.2149±0.01	0.2660±0.01^{ab}	0.2284±0.01	0.2045±0.03	0.2115±0.01
		30 นาที	0.2629±0.01^{a}	0.2282±0.02	0.2645±0.01^{ab}	0.2361±0.01	0.1976±0.02	0.2128±0.01
		40 นาที	0.2732±0.01$^{a, A}$	0.2334±0.01	0.2864±0.01$^{a, A}$	0.2284±0.01	0.2226±0.01	0.2077±0.01
	40 นาที	10 นาที	0.2655±0.02^{a}	0.2518±0.02	0.2579±0.01$^{a, B}$	0.2281±0.02	0.2195±0.01	0.2072±0.02
		20 นาที	0.2544±0.02^{a}	0.2424±0.01	0.2509±0.01^{ab}	0.2187±0.01	0.2124±0.02	0.2158±0.01
		30 นาที	0.2671±0.01$^{a, A}$	0.2360±0.01	0.2404±0.01^{b}	0.2375±0.01	0.2025±0.04	0.2200±0.01
		40 นาที	0.2515±0.01^{a}	0.2289±0.01	0.2380±0.01^{b}	0.2422±0.01	0.2064±0.03	0.2261±0.01

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	สภาวะ		ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)					
	เขย่า	อัลตราโซนิก	เอทานอล	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 1:5	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 2:4	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 3:3	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 4:2	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 5:1
คอแดง	5 นาที	10 นาที	0.2733±0.03^{a}	0.2829±0.01	0.2480±0.01^{a}	0.2161±0.01	0.2058±0.01	0.1852±0.01
		20 นาที	0.2935±0.05^{a}	0.3059±0.01	0.2512±0.01^{a}	0.2142±0.01	0.1911±0.03	0.1816±0.01
		30 นาที	0.3190±0.02$^{a, A}$	0.2474±0.01	0.2533±0.01$^{a, B}$	0.2042±0.01	0.2004±0.01	0.1836±0.01
		40 นาที	0.2868±0.04^{a}	0.2672±0.01	0.2465±0.02^{a}	0.2233±0.02	0.2120±0.01	0.1830±0.02
	10 นาที	10 นาที	0.2527±0.03^{b}	0.2604±0.02	0.2632±0.01^{b}	0.2111±0.01	0.1977±0.01	0.1732±0.01
		20 นาที	0.3057±0.01^{a}	0.2504±0.02	0.2860±0.01$^{a, A}$	0.2065±0.01	0.1832±0.01	0.1836±0.01
		30 นาที	0.3282±0.02^{a}	0.2442±0.01	0.2729±0.01^{ab}	0.2196±0.02	0.1932±0.02	0.1774±0.01
		40 นาที	0.3284±0.02^{a,A}	0.2259±0.01	0.2679±0.01^{ab}	0.2232±0.01	0.1955±0.01	0.1825±0.01
	30 นาที	10 นาที	0.2249±0.01^{b}	0.2515±0.02	0.2427±0.01$^{a, B}$	0.2104±0.02	0.1854±0.01	0.2014±0.02
		20 นาที	0.2384±0.04^{b}	0.2663±0.03	0.2406±0.01^{a}	0.2393±0.03	0.2028±0.01	0.1773±0.01
		30 นาที	0.3044±0.04$^{a, A}$	0.2351±0.01	0.2393±0.02^{a}	0.2221±0.01	0.1954±0.01	0.1878±0.01
		40 นาที	0.2654±0.02^{ab}	0.2128±0.02	0.2253±0.01^{a}	0.2249±0.02	0.1827±0.01	0.1821±0.01
	40 นาที	10 นาที	0.2526±0.02^{b}	0.2325±0.02	0.2490±0.01^{ab}	0.2093±0.01	0.2044±0.01	0.2097±0.03
		20 นาที	0.2999±0.03^{a}	0.2909±0.01	0.2592±0.01$^{a, B}$	0.2004±0.01	0.2118±0.01	0.1882±0.01
		30 นาที	0.2401±0.01^{b}	0.2514±0.01	0.2550±0.01^{ab}	0.2065±0.01	0.2040±0.01	0.1846±0.01
		40 นาที	0.3071±0.02$^{a, A}$	0.2430±0.01	0.2238±0.03^{b}	0.2036±0.01	0.2071±0.01	0.1877±0.01

หมายเหตุ : a และ b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลาในการสกัด แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันรำข้าว ในสภาวะต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

A และ B คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลาในการแช่ แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันรำข้าว ในสภาวะต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันรำข้าว กับสภาวะที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเขย่า และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ซึ่งภาพ A คือ ปริมาณน้ำมันรำข้าวทั้งหมดจากข้าวดอกมะลิ และภาพ B คือ ปริมาณน้ำมันรำข้าวทั้งหมดจากข้าวดอกขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันจากข้าวดอกมะลิที่สกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

สภาวะ		เวลารวม	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)
เขย่า	อัลตราโซนิก		
30 นาที	40 นาที	70 นาที	0.2732 ± 0.01^{b}
70 นาที	-	70 นาที	0.2387 ± 0.01^{c}
ซอกเลต		360 นาที	0.3687 ± 0.02^{a}

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันรำข้าว ในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันจากข้าวดอกขามที่สกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

สภาวะ		เวลารวม	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)
เขย่า	อัลตราโซนิก		
10 นาที	40 นาที	50 นาที	0.3284 ± 0.02^{b}
50 นาที	-	50 นาที	0.2344 ± 0.03^{c}
ซอกเลต		360 นาที	0.3889 ± 0.02^{a}

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันรำข้าว ในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.2.2 ผลของตัวทำละลายในการสกัดด้วยการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยตัวทำละลาย 6 ชนิด ได้แก่ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ด้วยการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 30 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 40 นาที โดยสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยเอทานอล และตัวทำละลายผสมเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 จะได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าตัวทำละลายผสมเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 3:3, 4:2 และ 5:1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P\leq0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.5

เมื่อนำปริมาณน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามที่ได้จากการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 10 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 40 นาที โดยสกัดด้วยเอทานอล จะได้ปริมาณแกมมา-ออไรซานอลสูงกว่าตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P\leq0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.6 เนื่องจากการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก จะทำให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย ทำให้เอทานอลสามารถสกัดไขออกมาด้วย จึงได้ปริมาณน้ำมันมากกว่าตัวทำละลายอื่นๆ (Teriger *et al.*, 2011)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงสุดที่สกัดจากข้าวดอกมะลิ

ตัวทำละลาย	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)
เอทานอล	0.2732 ± 0.01^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (1:5)	0.2334 ± 0.01^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (2:4)	0.2864 ± 0.01^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (3:3)	0.2284 ± 0.01^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (4:2)	0.2226 ± 0.01^{bc}
เฮกเซน:เอทานอล (5:1)	0.2077 ± 0.01^{c}

หมายเหตุ : a และ b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละตัวทำละลาย แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันรำข้าว ในการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากข้าวดอกขาม

ตัวทำละลาย	ปริมาณน้ำมันข้าวข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)
เอทานอล	0.3284 ± 0.02^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (1:5)	0.2259 ± 0.01^{c}
เฮกเซน:เอทานอล (2:4)	0.2679 ± 0.01^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (3:3)	0.2232 ± 0.01^{c}
เฮกเซน:เอทานอล (4:2)	0.1955 ± 0.01^{d}
เฮกเซน:เอทานอล (5:1)	0.1825 ± 0.01^{d}

หมายเหตุ : a และ b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละตัวทำละลาย แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันรำข้าว ในการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณแกมมา-ออไรซานอลในน้ำมันรำข้าว

ปริมาณแกมมา-ออไรซานอลที่ได้จากการน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการดัดแปลงรำข้าวก่อนการสกัดด้วยการเขย่าที่เวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที จากนั้นนำมาผ่านการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นเวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที โดยใช้ตัวทำละลาย คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ซึ่งรำข้าวที่ใช้ในการสกัดมี 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม การวิเคราะห์ปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลนี้ใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography โดยใช้คอลัมน์ C18 แสดงผลออกมาเป็นโครมาโตแกรม และนำพื้นที่ใต้กราฟมาคำนวณผล แสดงดังตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณแกมมา-ออไรซานอลที่ได้จากน้ำมันรำข้าว โดยการสกัดในตัวทำละลายต่างๆ

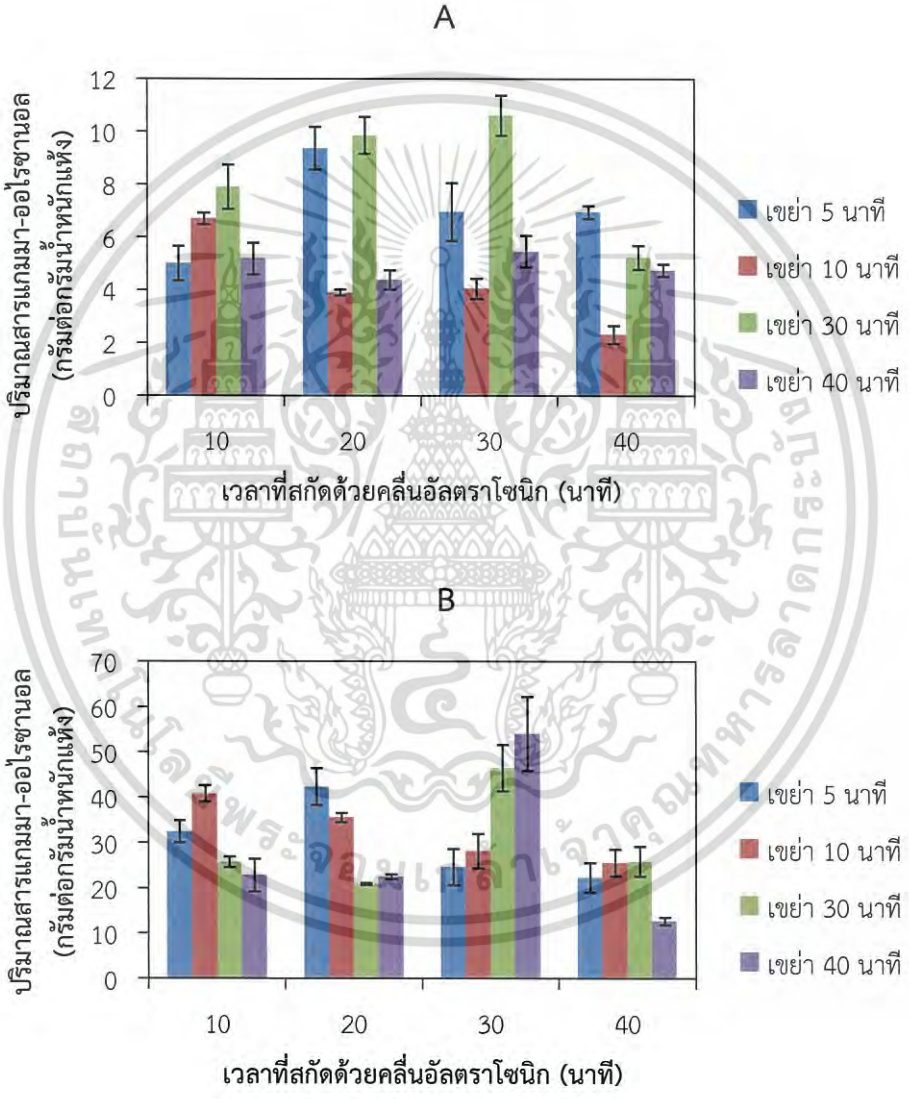
พันธุ์ข้าว	สภาวะ		ปริมาณแกมมา-ออไรซานอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)					
	เขย่า	อัลตราโซนิก	เอทานอล	เอทานอล:เฮกเซน อัตราส่วน 1:5	เอทานอล:เฮกเซน อัตราส่วน 2:4	เอทานอล:เฮกเซน อัตราส่วน 3:3	เอทานอล:เฮกเซน อัตราส่วน 4:2	เอทานอล:เฮกเซน อัตราส่วน 5:1
ดอกมะลิ	5 นาที	10 นาที	3.24±0.10^{bc}	2.37±0.42	5.00±0.65^{c}	4.51±0.47	9.29±1.68	3.37±0.45
		20 นาที	4.46±0.53$^{a, B}$	5.28±1.10	9.36±0.81$^{a, B}$	5.52±0.27	7.60±0.34	3.25±0.72
		30 นาที	3.82±0.51^{ab}	3.24±0.58	6.95±1.09^{b}	4.87±1.01	4.34±0.51	3.31±0.09
		40 นาที	3.00±0.33^{c}	2.37±0.42	6.94±0.24^{b}	3.33±0.49	3.28±0.25	4.01±0.74
	10 นาที	10 นาที	3.91±0.16$^{a, B}$	3.81±0.45	6.70±0.22$^{a, C}$	12.46±0.78	4.20±0.24	2.61±0.05
		20 นาที	3.25±0.47^{b}	4.19±0.35	3.90±0.12^{b}	25.33±4.16	4.72±0.70	3.84±0.40
		30 นาที	3.01±0.05^{b}	3.28±0.45	4.05±0.38^{b}	21.56±1.92	3.40±0.28	4.73±0.27
		40 นาที	3.21±0.23^{b}	3.59±0.37	2.31±0.33^{c}	29.07±1.72	22.72±1.40	2.86±0.27
	30 นาที	10 นาที	3.18±0.31^{c}	3.46±0.35	7.90±0.84^{b}	15.17±1.98	4.62±0.41	2.55±0.47
		20 นาที	6.17±0.70$^{a, A}$	4.34±0.62	9.85±0.70^{a}	8.20±1.28	4.76±1.14	2.11±0.44
		30 นาที	5.41±0.27^{a}	4.58±0.31	10.60±0.76$^{a, A}$	22.81±3.31	2.78±0.38	2.53±0.17
		40 นาที	4.08±0.40^{b}	3.34±0.10	5.23±0.45^{c}	13.97±1.18	3.11±0.47	2.80±0.46
	40 นาที	10 นาที	4.94±0.69$^{a, B}$	3.42±0.13	5.18±0.60^{ab}	10.28±0.36	4.14±0.34	2.86±0.52
		20 นาที	3.25±0.20^{c}	4.89±0.65	4.39±0.36^{b}	9.33±0.60	3.38±0.49	2.88±0.23
		30 นาที	4.10±0.27^{b}	3.84±0.17	5.46±0.60$^{a, D}$	6.39±0.69	2.87±0.68	2.36±0.32
		40 นาที	2.75±0.14^{c}	2.80±0.28	4.75±0.20^{ab}	5.99±0.83	2.53±0.11	3.56±0.36

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณแกมมา-ออไรซานอลที่ได้จากน้ำมันรำข้าว โดยการสกัดในตัวทำละลายต่างๆ (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	สภาวะ		ปริมาณแกมมา-ออไรซานอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)					
	เขย่า	อัลตราโซนิก	เอทานอล	เอทานอล:เฮกเซน อัตราส่วน 1:5	เอทานอล:เฮกเซน อัตราส่วน 2:4	เอทานอล:เฮกเซน อัตราส่วน 3:3	เอทานอล:เฮกเซน อัตราส่วน 4:2	เอทานอล:เฮกเซน อัตราส่วน 5:1
ดอกบาน	5 นาที	10 นาที	5.54±0.76^{b}	5.40±0.35	32.44±2.41^{b}	6.92±1.42	4.80±0.19	3.62±0.32
		20 นาที	8.15±2.65^{b}	3.20±0.34	42.35±4.10$^{a, B}$	4.37±0.55	4.11±1.45	2.91±1.35
		30 นาที	13.42±0.57^{a}	3.80±0.40	24.63±3.97^{c}	5.78±0.49	4.37±0.25	3.21±0.16
		40 นาที	14.54±3.55$^{a, AB}$	5.55±0.58	22.31±3.21^{c}	5.71±0.43	4.01±0.13	3.36±0.79
	10 นาที	10 นาที	5.60±0.48^{c}	3.65±0.44	40.81±1.80$^{a, B}$	4.39±0.44	4.38±0.85	2.63±0.38
		20 นาที	5.01±0.72^{c}	4.84±0.31	35.53±1.01^{b}	6.60±1.51	3.68±0.58	2.95±0.20
		30 นาที	12.23±1.76$^{a, B}$	2.99±0.37	28.11±3.78^{c}	6.71±1.55	4.02±0.66	3.04±0.76
		40 นาที	7.89±1.28^{b}	3.05±0.21	25.56±2.95^{c}	3.88±0.62	4.08±0.56	3.43±0.28
	30 นาที	10 นาที	4.95±0.75^{a}	3.89±0.38	25.71±1.15^{b}	6.65±0.97	5.07±0.88	2.65±0.52
		20 นาที	5.62±1.71$^{a, C}$	3.94±0.31	20.86±0.23^{b}	8.08±1.18	4.62±0.75	2.50±0.49
		30 นาที	5.23±1.14^{a}	3.68±0.51	46.42±5.13$^{a, AB}$	6.99±1.21	4.84±1.08	3.50±0.50
		40 นาที	5.03±0.11^{a}	5.29±0.40	25.85±3.28^{b}	9.18±1.75	4.25±0.94	1.99±0.04
	40 นาที	10 นาที	5.16±0.54^{b}	5.49±0.57	22.81±3.61^{b}	6.69±0.89	5.73±1.24	3.44±0.67
		20 นาที	6.50±1.55^{b}	5.71±0.80	22.48±0.48^{b}	4.56±0.35	5.32±1.02	2.89±0.63
		30 นาที	4.45±0.71^{b}	6.24±0.50	54.04±8.19$^{a, A}$	7.50±0.77	6.20±0.26	4.66±0.16
		40 นาที	17.54±2.28$^{a, A}$	5.00±0.50	12.69±0.81^{c}	4.83±0.70	4.65±0.49	3.08±0.29

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลาในการสกัด แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณแกมมา-ออไรซานอล ในสภาวะต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

A และ B คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลาในการแช่ แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณแกมมา-ออไรซานอล ในสภาวะต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลทั้งหมดกับสภาวะที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเขย่า และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 เป็นตัวทำละลาย ซึ่งภาพ A คือ ปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และภาพ B คือ ปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ผลของเวลาในการสกัดด้วยการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

จากตารางที่ 4.7 เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที ก่อนจะสกัดคลื่นอัลตราโซนิกที่เวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที พบว่า เวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณแกมมา-ออไรซานอลอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แสดงดังรูปที่ 4.3 โดยการสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 จะได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงสุดในการเขย่าที่เวลา 30 นาที ซึ่งมีปริมาณแกมมา-ออไรซานอลแตกต่างกับเวลาในการเขย่าที่ 5, 10 และ 40 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที แต่มีปริมาณแกมมา-ออไรซานอลไม่แตกต่างกันกับการสกัดที่เวลา 20 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) และปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการเขย่า และให้ปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลสูงสุดที่เวลา 40 นาที จากนั้นเมื่อนำมาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก จะให้ปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลสูงสุดที่เวลา 30 นาที ซึ่งมีปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลแตกต่างกับการสกัดที่เวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

เมื่อนำปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และซอกเลต พบว่า วิธีการสกัดด้วยการเขย่า 30 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที ให้ปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลสูงสุด ซึ่งมีปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลแตกต่างกันกับอีก 2 วิธี อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.8

เมื่อนำปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า มีปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 เป็นตัวทำละลาย

สภาวะ		เวลารวม	ปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เขย่า	อัลตราโซนิก		
30 นาที	30 นาที	60 นาที	10.60 ± 0.76^{a}
60 นาที	-	60 นาที	2.28 ± 0.10^{b}
ซอกเลต		360 นาที	2.77 ± 0.10^{b}

หมายเหตุ : a และ b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลจากน้ำมันรำข้าว ในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 เป็นตัวทำละลาย

สภาวะ		เวลารวม	ปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เขย่า	อัลตราโซนิก		
40 นาที	30 นาที	70 นาที	54.04±8.19[a]
70 นาที	-	70 นาที	3.86±0.10[b]

หมายเหตุ : a และ b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลจากน้ำมันรำข้าว ในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang

4.3.2 ผลของตัวทำละลายในการสกัดด้วยการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยตัวทำละลาย 6 ชนิด ได้แก่ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ด้วยการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 30 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที โดยสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยตัวทำละลายผสมเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 3:3 จะได้ปริมาณแกมมา-ออไรซานอลสูงกว่าตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.10

เมื่อนำปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอลจากน้ำมันรำข้าวดอกขามที่ได้จากการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 40 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที โดยสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยตัวทำละลายผสมเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 จะได้ปริมาณแกมมา-ออไรซานอลสูงกว่าตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.11

จากผลข้างต้น แสดงว่าตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 และ 3:3 มีความสามารถในการละลายใกล้เคียงกับแกมมา-ออไรซานอล ซึ่งแกมมา-ออไรซานอล ประกอบด้วย triterpene alcohol หรือ sterols และ fururic acid เป็นโมเลกุลมีขั้ว (Imsanguan *et al.*, 2008) จึงสามารถละลายแกมมา-ออไรซานอลออกมาได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบปริมาณแกมมา-ออไรซานอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ

ตัวทำละลาย	ปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เอทานอล	5.41 ± 0.27^{c}
เฮกเซน:เอทานอล (1:5)	4.58 ± 0.31^{cd}
เฮกเซน:เอทานอล (2:4)	10.60 ± 0.76^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (3:3)	22.81 ± 3.31^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (4:2)	2.78 ± 0.38^{cd}
เฮกเซน:เอทานอล (5:1)	2.53 ± 0.14^{d}

หมายเหตุ : a, b, c, และ d คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละตัวทำละลาย แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณแกมมา-ออไรซานอลจากน้ำมันรำข้าว ในการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณแกมมา-ออไรซานอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม

ตัวทำละลาย	ปริมาณสารแกมมา-ออไรซานอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เอทานอล	4.45 ± 0.71^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (1:5)	6.24 ± 0.50^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (2:4)	54.04 ± 8.19^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (3:3)	7.50 ± 0.77^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (4:2)	6.20 ± 0.26^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (5:1)	4.66 ± 0.16^{b}

หมายเหตุ : a และ b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละตัวทำละลาย แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณแกมมา-ออไรซานอลจากน้ำมันรำข้าว ในการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารโทโคฟีรอล

ปริมาณสารโทโคฟีรอลที่ได้จากการน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขั้นตอนในการสกัดด้วยการเขย่าที่เวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที จากนั้นจึงนำมาการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นเวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที โดยใช้ตัวทำละลาย คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ซึ่งรำข้าวที่ใช้ในการสกัดมี 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม ซึ่งการวิเคราะห์สารโทโคฟีรอลนี้ใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography โดยใช้คอลัมน์ C18 และในการวิเคราะห์สารโทโคฟีรอลนี้ จะวิเคราะห์โทโคฟีรอลเพียง 2 ชนิด คือ แกมมา-โทโคฟีรอล และแอลฟา-โทโคฟีรอล แสดงผลดังตารางที่ 4.12 และ 4.17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลที่ได้จากน้ำมันรำข้าว โดยการสกัดในตัวทำละลายต่างๆ

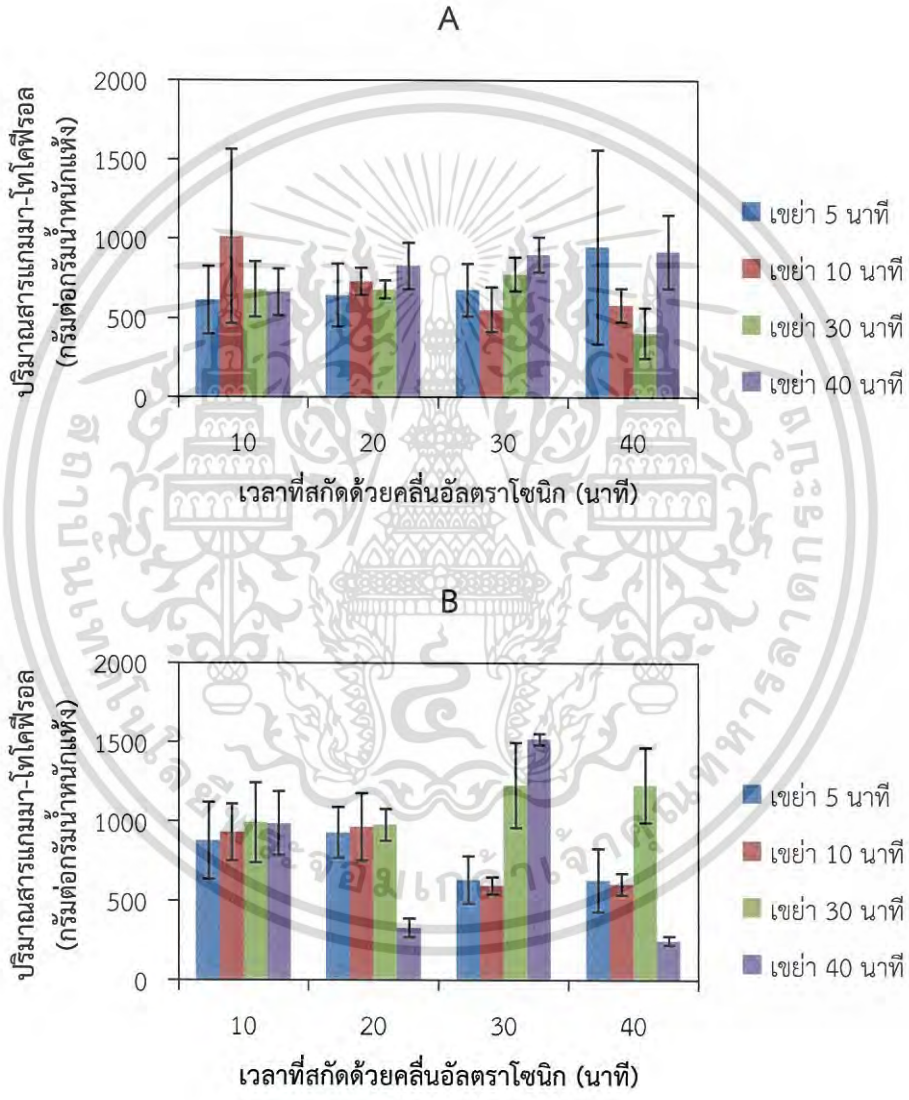
พันธุ์ข้าว	สภาวะ		ปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)					
	เขย่า	อัลตราโซนิก	เอทานอล	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 1:5	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 2:4	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 3:3	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 4:2	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 5:1
ดอกมะลิ	5 นาที	10 นาที	287.02±78.68^{b}	119.12±63.10	612.36±212.75^{a}	243.11±14.46	309.22±5.632	308.87±2.83
		20 นาที	583.20±251.67$^{a, A}$	236.37±37.25	643.43±198.62^{a}	390.83±64.29	365.52±35.16	136.29±31.39
		30 นาที	252.98±31.35^{b}	488.68±285.49	676.45±165.82^{a}	304.69±26.44	413.24±96.24	170.37±26.03
		40 นาที	278.21±95.94^{b}	213.83±35.97	949.34±611.03$^{a, A}$	244.76±31.21	389.64±107.51	177.32±27.34
	10 นาที	10 นาที	318.35±130.16^{a}	349.68±264.33	1014.68±548.67$^{a, A}$	690.29±106.68	582.05±254.69	83.17±30.63
		20 นาที	457.94±173.94^{a}	157.56±46.56	729.81±86.73^{a}	817.27±274.22	747.94±106.09	157.90±39.37
		30 นาที	310.36±92.88^{a}	232.33±158.99	553.10±140.19^{a}	813.58±80.72	324.14±179.6	195.49±21.00
		40 นาที	607.76±208.84$^{a, A}$	310.69±142.40	580.95±104.43^{a}	670.73±42.57	473.90±415.90	152.64±72.05
	30 นาที	10 นาที	211.75±30.38^{a}	366.62±100.87	680.43±174.86^{a}	790.49±64.09	628.67±352.31	113.80±42.24
		20 นาที	332.35±183.57^{a}	324.17±97.97	680.80±56.99^{a}	644.08±133.77	238.51±45.80	107.10±41.53
		30 นาที	298.83±27.23^{a}	379.57±68.90	775.61±106.55$^{a, A}$	1313.75±385.86	143.54±25.84	132.70±25.41
		40 นาที	424.79±99.49$^{a, A}$	303.18±95.58	405.88±158.04^{b}	821.30±173.87	396.32±16.02	151.65±19.28
	40 นาที	10 นาที	285.63±26.55^{a}	410.11±105.24	663.13±147.06^{a}	1213.29±207.42	253.91±3.99	171.16±34.00
		20 นาที	234.18±4.54^{a}	334.94±11.04	826.93±146.46^{a}	1711.34±991.47	230.22±29.14	135.94±23.50
		30 นาที	418.17±109.95$^{a, A}$	305.64±54.50	899.35±110.74^{a}	641.84±130.43	223.33±33.43	187.60±63.51
		40 นาที	327.67±201.43^{a}	385.16±183.66	919.24±232.77$^{a, A}$	871.42±88.81	195.69±18.60	252.70±68.08

ตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลที่ได้จากน้ำมันรำข้าว โดยการสกัดในตัวทำละลายต่างๆ (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	สภาวะ		ปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)					
	เขย่า	อัลตราโซนิก	เอทานอล	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 1:5	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 2:4	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 3:3	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 4:2	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 5:1
ดอกมะลิ	5 นาที	10 นาที	286.83±147.19^{b}	423.88±49.13	878.62±241.61^{a}	274.07±125.84	374.95±115.75	119.37±37.41
		20 นาที	240.67±190.91^{b}	532.22±104.32	930.31±159.73$^{a, B}$	172.83±28.09	272.43±54.87	81.45±34.71
		30 นาที	371.67±51.65^{b}	424.97±92.97	631.56±148.70^{a}	214.33±46.77	348.99±59.44	79.55±16.92
		40 นาที	855.20±328.92$^{a, B}$	497.95±87.56	630.10±198.30^{a}	275.72±80.62	293.91±71.23	98.03±33.68
	10 นาที	10 นาที	320.31±164.98^{b}	236.53±11.69	931.57±178.89^{a}	198.54±79.35	166.68±76.68	67.89±32.10
		20 นาที	511.86±124.25^{ab}	267.78±32.96	965.07±212.45$^{a, B}$	296.73±9.18	134.14±35.03	86.44±2.60
		30 นาที	635.16±150.26$^{a, BC}$	344.66±77.05	595.78±53.18^{b}	389.01±112.94	171.43±31.09	105.17±12.88
		40 นาที	495.74±152.11^{ab}	207.79±85.51	605.17±67.46^{b}	361.08±21.26	191.21±60.81	117.78±28.36
	30 นาที	10 นาที	276.83±57.23^{a}	262.39±89.52	991.77±252.30^{a}	231.53±47.05	240.47±168.00	85.57±50.25
		20 นาที	404.70±32.92$^{a, C}$	295.66±134.79	978.13±100.14^{a}	448.38±57.75	91.16±31.46	79.91±8.60
		30 นาที	293.25±121.36^{a}	242.70±74.73	1229.14±267.74$^{a, AB}$	290.47±80.92	124.32±27.66	98.60±10.44
		40 นาที	247.05±75.27^{a}	400.74±196.18	1228.98±236.40^{a}	664.33±315.78	113.00±7.57	140.13±54.27
	40 นาที	10 นาที	216.74±45.01^{b}	248.23±20.31	987.86±201.15^{b}	333.69±125.17	151.96±52.87	48.13±11.76
		20 นาที	572.54±307.40^{b}	244.32±8.77	330.56±58.75^{c}	275.06±78.71	161.53±30.64	64.90±56.88
		30 นาที	329.81±67.45^{b}	301.31±62.30	1517.95±35.27$^{a, A}$	639.58±19.66	136.18±6.87	98.24±4.30
		40 นาที	2208.56±177.81$^{a, A}$	316.45±80.34	249.59±27.87^{c}	289.78±4.55	128.11±10.17	94.12±15.93

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลาในการสกัด แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอล ในสภาวะการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

A, B และ C คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลาในการแช่ แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอล ในสภาวะการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลทั้งหมดกับสภาวะที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเขย่า และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทา-นอลที่อัตราส่วน 2:4 เป็นตัวทำละลาย ซึ่งภาพ A คือ ปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และภาพ B คือ ปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 ผลของเวลาในการสกัดด้วยการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

จากการศึกษาปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม ที่สกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 พบว่า เวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอล อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แสดงดังรูปที่ 4.4 โดยน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ จะให้ปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลเพิ่มขึ้นตามเวลาในการเขย่า และมีปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอลสูงสุดที่เวลา 10 นาที จากนั้นเมื่อนำไปสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก จะให้ปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลสูงสุดที่เวลา 10 นาที แต่ไม่มีความแตกต่างกันกับการสกัดที่เวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) และปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามในการเขย่า จะให้ปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลสูงที่เวลา 40 นาที จากนั้นเมื่อนำมาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก จะให้ปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลสูงสุดที่เวลา 30 นาที แต่มีความแตกต่างกันกับเวลา 10, 20 และ 40 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

เมื่อนำปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และซอกเลต พบว่า วิธีการสกัดด้วยการเขย่า 10 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 20 นาที ให้ปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลสูงสุด ซึ่งมีปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับอีก 2 วิธี แสดงดังตารางที่ 4.13

เมื่อนำปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และซอกเลต พบว่า วิธีการสกัดด้วยการเขย่า 40 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที ให้ปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลสูงสุด ซึ่งมีปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับอีก 2 วิธี แสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 เป็นตัวทำละลาย

สภาวะ		เวลารวม	ปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เขย่า	อัลตราโซนิก		
10 นาที	10 นาที	20 นาที	1014.68±548.67[a]
20 นาที	-	20นาที	140.76± 0.10[b]
ซอกเลต		360 นาที	244.41± 0.10[b]

หมายเหตุ : a และ b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอลจากน้ำมันรำข้าวในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้สารละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอล ในอัตราส่วน 2:4 เป็นตัวทำละลาย

สภาวะ		เวลารวม	ปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เขย่า	อัลตราโซนิก		
40 นาที	30 นาที	70 นาที	1517.95±35.27[a]
70 นาที	-	70 นาที	71.00±0.10[c]
ซอกเลต		360 นาที	201.59± 0.10[b]

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอลจากน้ำมันรำข้าวในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang

4.4.2 ผลของตัวทำละลายในการสกัดด้วยการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยตัวทำละลาย 6 ชนิด ได้แก่ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ด้วยการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 10 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 10 นาที โดยสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยตัวทำละลายผสมเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4, 3:3 และ 4:2 จะได้ปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอลสูงสุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$)

เมื่อนำปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอลสูงสุดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามที่ได้จากการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 40 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที โดยสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามด้วยตัวทำละลายผสมเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 จะได้ปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอลสูงกว่าตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P\leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.17 ศึกษาปริมาณสารแอลฟา-โทโคฟีรอลในน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิและข้าวดอกขามที่สกัดด้วยวิธีการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก พบว่า การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 และ 3:3 เท่านั้น ที่ดึงสารแอลฟา-โทโคฟีรอลได้ดีในน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์แกมมา-ออไรซานอล เนื่องจากตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 และ 3:3 มีความสามารถในการละลายใกล้เคียงกับแอลฟา-โทโคฟีรอล ซึ่งเป็นโมเลกุลมีขั้ว (Imsanguan *et al.*, 2008) จึงสามารถละลายแอลฟา-โทโคฟีรอลออกมาได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ

ตัวทำละลาย	ปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เอทานอล	318.35 ± 130.16^{bc}
เฮกเซน:เอทานอล (1:5)	349.68 ± 264.33^{bc}
เฮกเซน:เอทานอล (2:4)	1014.68 ± 548.67^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (3:3)	690.29 ± 106.68^{ab}
เฮกเซน:เอทานอล (4:2)	582.05 ± 254.69^{abc}
เฮกเซน:เอทานอล (5:1)	83.17 ± 30.63^{c}

หมายเหตุ : a, b, และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละตัวทำละลาย แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอลจากน้ำมันรำข้าว ในการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอลของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม

ตัวทำละลาย	ปริมาณสารแกมมา-โทโคฟีรอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เอทานอล	329.81 ± 67.45^{c}
เฮกเซน:เอทานอล (1:5)	301.31 ± 62.30^{c}
เฮกเซน:เอทานอล (2:4)	1517.95 ± 35.27^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (3:3)	639.58 ± 19.66^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (4:2)	136.18 ± 6.87^{d}
เฮกเซน:เอทานอล (5:1)	98.24 ± 4.30^{d}

หมายเหตุ : a, b, c และ d คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละตัวทำละลาย แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอลจากน้ำมันรำข้าว ในการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 แสดงปริมาณสารแอลฟา-โทโคฟีรอลที่ได้จากน้ำมันรำข้าว โดยการสกัดในตัวทำละลายต่างๆ

สภาวะ		ปริมาณแอลฟา-โทโคฟีรอล (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)			
		เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 2:4		เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 3:3	
เขย่า	อัลตราโซนิก	ข้าวดอกมะลิ	ข้าวดอกขาม	ข้าวดอกมะลิ	ข้าวดอกขาม
5 นาที	10 นาที	-	0.84±0.44	-	0.02±0.04
	20 นาที	19.26±33.37	0.47±0.29	24.88±43.09	-
	30 นาที	-	0.26±0.13	-	-
	40 นาที	18.68±32.36	0.20±0.07	-	-
10 นาที	10 นาที	17.92±31.03	0.61±0.23	15.51±26.87	-
	20 นาที	-	0.43±0.35	47.47±45.81	-
	30 นาที	-	0.11±0.03	120.89±167.75	0.02±0.04
	40 นาที	-	0.28±0.06	-	-
30 นาที	10 นาที	-	0.18±0.02	82.37±4.68	-
	20 นาที	83.49±8.91	0.16±0.01	45.66±36.54	0.05±0.04
	30 นาที	47.84±42.72	0.29±0.05	62.18±65.98	-
	40 นาที	-	0.17±0.02	-	0.11±0.10
40 นาที	10 นาที	-	0.22±0.02	0.13±0.01	0.07±0.01
	20 นาที	-	-	54.20±50.02	-
	30 นาที	16.88±29.24	0.23±0.03	-	0.09±0.01
	40 นาที	-	-	25.20±43.65	-

หมายเหตุ : - คือ ไม่พบปริมาณสารแอลฟา-โทโคฟีรอล

4.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้จากการน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการเขย่าที่เวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที จากนั้นนำมาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นเวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที โดยใช้ตัวทำละลาย คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ซึ่งรำข้าวที่ใช้ในการสกัดมี 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม นำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-cioculture procedure จากตารางที่ 4.48 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม ที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ พบว่าน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามจะให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม ที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

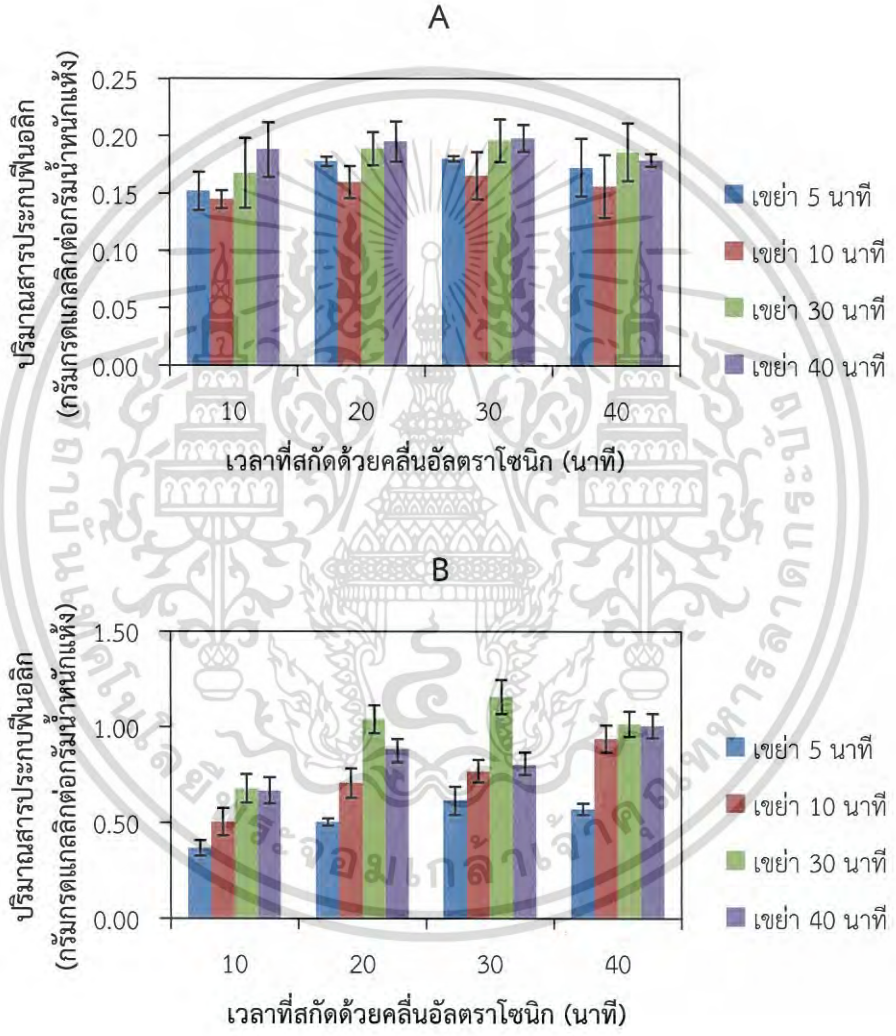
พันธุ์ข้าว	สภาวะ		ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (กรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)					
	เขย่า	อัลตราโซนิก	เอทานอล	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 1:5	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 2:4	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 3:3	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 4:2	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 5:1
ดอกมะลิ	5 นาที	10 นาที	0.1518±0.02^{a}	0.1267±0.02	0.1491±0.01$^{a, AB}$	0.1260±0.01	0.0723±0.02	0.0721±0.01
		20 นาที	0.1778±0.01^{a}	0.1625±0.01	0.1269±0.01^{b}	0.1212±0.01	0.0787±0.01	0.0607±0.01
		30 นาที	0.1802±0.01$^{a, AB}$	0.1470±0.03	0.1326±0.01^{b}	0.1163±0.02	0.0888±0.01	0.0666±0.01
		40 นาที	0.1726±0.03^{a}	0.1560±0.03	0.1273±0.01^{b}	0.1476±0.01	0.0886±0.01	0.0931±0.02
	10 นาที	10 นาที	0.1447±0.01^{a}	0.1703±0.03	0.1668±0.02$^{a, B}$	0.1139±0.01	0.0682±0.01	0.0740±0.01
		20 นาที	0.1598±0.01^{a}	0.1743±0.04	0.1609±0.02^{ab}	0.1071±0.01	0.0750±0.01	0.0789±0.02
		30 นาที	0.1655±0.02$^{a, B}$	0.1436±0.03	0.1352±0.02^{bc}	0.1425±0.01	0.0807±0.01	0.0848±0.01
		40 นาที	0.1563±0.03^{a}	0.1655±0.04	0.1279±0.01^{c}	0.1601±0.01	0.0857±0.01	0.0997±0.01
	30 นาที	10 นาที	0.1677±0.03^{a}	0.1369±0.02	0.2014±0.02$^{a, AB}$	0.1339±0.01	0.1015±0.01	0.0788±0.01
		20 นาที	0.1890±0.01^{a}	0.1423±0.01	0.1928±0.01^{a}	0.1494±0.02	0.1096±0.03	0.0790±0.01
		30 นาที	0.1960±0.02$^{a, A}$	0.1322±0.02	0.1882±0.01^{a}	0.1755±0.01	0.1010±0.01	0.0902±0.01
		40 นาที	0.1861±0.03^{a}	0.1415±0.02	0.1679±0.01^{a}	0.1816±0.02	0.1213±0.01	0.0894±0.01
	40 นาที	10 นาที	0.1881±0.02^{a}	0.1225±0.02	0.2152±0.01$^{a, A}$	0.1451±0.01	0.1488±0.03	0.0745±0.01
		20 นาที	0.1952±0.02^{a}	0.1412±0.02	0.2137±0.01^{a}	0.1331±0.01	0.1647±0.01	0.0900±0.01
		30 นาที	0.1982±0.01$^{a, A}$	0.1314±0.03	0.1620±0.01^{b}	0.1660±0.02	0.1642±0.03	0.1026±0.01
		40 นาที	0.1790±0.01^{a}	0.1338±0.02	0.2014±0.01^{a}	0.1820±0.01	0.1835±0.03	0.1035±0.01

ตารางที่ 4.18 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม ที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	สภาวะ		ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (กรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)					
	เขย่า	อัลตราโซนิก	เอทานอล	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 1:5	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 2:4	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 3:3	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 4:2	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 5:1
ดอกขาม	5 นาที	10 นาที	0.3680±0.04^{c}	0.2624±0.03	0.2246±0.01^{b}	0.2815±0.01	0.1874±0.01	0.1816±0.02
		20 นาที	0.5033±0.02^{b}	0.3626±0.04	0.2534±0.01^{b}	0.2501±0.03	0.1854±0.06	0.1883±0.01
		30 นาที	0.6150±0.07^{a,B}	0.2127±0.01	0.2951±0.06$^{a, A}$	0.2704±0.01	0.2208±0.02	0.1988±0.03
		40 นาที	0.5714±0.03^{ab}	0.2393±0.05	0.2669±0.01^{ab}	0.2962±0.02	0.2613±0.04	0.2080±0.05
	10 นาที	10 นาที	0.5039±0.07^{c}	0.2701±0.02	0.2841±0.04$^{a, A}$	0.2940±0.04	0.2098±0.04	0.1857±0.05
		20 นาที	0.7064±0.08^{b}	0.5217±0.06	0.2835±0.04^{a}	0.2580±0.03	0.1976±0.02	0.1905±0.03
		30 นาที	0.7702±0.06^{b}	0.5637±0.08	0.2829±0.02^{a}	0.2476±0.03	0.2265±0.01	0.2797±0.03
		40 นาที	0.9382±0.07$^{a, AB}$	0.2864±0.06	0.2233±0.02^{a}	0.3093±0.02	0.2911±0.02	0.2883±0.06
	30 นาที	10 นาที	0.6778±0.07^{c}	0.6674±0.03	0.2439±0.02^{a}	0.3022±0.06	0.2523±0.03	0.2041±0.05
		20 นาที	1.0406±0.07^{b}	0.4754±0.03	0.2750±0.04^{a}	0.2761±0.02	0.2919±0.01	0.2208±0.01
		30 นาที	1.1568±0.09$^{a, A}$	0.8974±0.07	0.3173±0.05$^{a, A}$	0.3205±0.02	0.2817±0.04	0.2607±0.01
		40 นาที	1.0150±0.07^{a}	0.4908±0.02	0.2798±0.05^{a}	0.3339±0.03	0.2772±0.03	0.2542±0.02
	40 นาที	10 นาที	0.6664±0.07^{c}	0.2392±0.01	0.2834±0.02^{a}	0.2176±0.02	0.2618±0.04	0.2705±0.09
		20 นาที	0.8847±0.05^{b}	0.3578±0.06	0.2376±0.03^{a}	0.2068±0.03	0.2921±0.04	0.3020±0.05
		30 นาที	0.8020±0.06^{b}	0.4437±0.03	0.3091±0.03$^{a, A}$	0.2670±0.01	0.2740±0.03	0.2933±0.03
		40 นาที	1.0054±0.06$^{a, AB}$	0.2894±0.03	0.2563±0.05^{a}	0.3019±0.02	0.3183±0.02	0.3226±0.02

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลาในการสกัด แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสภาวะการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

A และ B คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลาในการแช่ แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ในสภาวะการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับสภาวะที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเขย่า และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ซึ่งภาพ A คือ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และภาพ B คือ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 ผลของเวลาในการสกัดด้วยการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

จากตารางที่ 4.18 เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที ก่อนจะสกัดคลื่นอัลตราโซนิกที่เวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที พบว่า เวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แสดงดังรูปที่ 4.5 โดยการสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยเอทานอล จะให้ปริมาณสูงสุดที่เวลา 40 นาที จากนั้นเมื่อนำไปสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก จะได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดที่เวลา 30 นาที ก่อนจะลดลง แต่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกันกับการสกัดที่เวลาอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม จะค่อยๆเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการเขย่า และให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดที่เวลา 30 นาที แต่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกับการเขย่าที่เวลา 10 และ 40 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) จากนั้นเมื่อนำมาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก จะให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดที่เวลา 30 นาที แต่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกับการสกัดที่เวลา 40 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

เมื่อนำปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากน้ำมันรำข้าวดอกมะลิมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และซอกเลต จะได้ผลดังตารางที่ 4.19 วิธีสกัดด้วยซอกเลตให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่าง และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และการเพิ่มขั้นตอนการเขย่า 40 นาที ก่อนการสกัดต่อด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที จะให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) นอกจากนี้วิธีการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกยังมีประสิทธิภาพร้อยละ 43.26 ของชุดซอกเลต ดังตารางที่ 4.19

ในน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามที่นำมาเขย่า 30 นาที ก่อนสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที จะให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาอื่นๆ แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่เวลารวมเท่ากัน และชุดซอกเลต พบว่า ชุดซอกเลตให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับอีก 2 วิธี และวิธีเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งวิธีนี้ยังมีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 83.53 ของชุดซอกเลต แสดงดังตารางที่ 4.20

4.5.2 ผลของตัวทำละลายในการสกัดด้วยการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยตัวทำละลาย 6 ชนิด ได้แก่ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ด้วยการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 30 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที โดยสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยเอทานอล และตัวทำละลายผสมเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 3:3 จะได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าตัวทำละลายอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดจากน้ำมันรำข้าวดอกขามที่ได้จากการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 30 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที โดยสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยตัวทำละลายเอทานอล จะได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.22

จากตารางที่ 4.21 และ 4.22 พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของตัวทำละลายเอทานอล เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็นสารที่มีขั้ว จึงสามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้ดี

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

สภาวะ		เวลารวม	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (กรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เขย่า	อัลตราโซนิก		
40 นาที	30 นาที	70 นาที	0.1982 ± 0.01^{b}
70 นาที	-	70 นาที	0.1886 ± 0.01^{b}
ซอกเลต		360 นาที	0.4582 ± 0.02^{a}

หมายเหตุ : a และ b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากน้ำมันรำข้าว ในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

สภาวะ		เวลารวม	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (กรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เขย่า	อัลตราโซนิก		
30 นาที	30 นาที	60 นาที	1.1568 ± 0.09^{b}
60 นาที	-	60 นาที	0.7445 ± 0.01^{c}
ซอกเลต		360 นาที	1.4133 ± 0.08^{a}

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากน้ำมันรำข้าว ในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ

ตัวทำละลาย	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (กรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เอทานอล	0.1982 ± 0.01^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (1:5)	0.1314 ± 0.02^{bc}
เฮกเซน:เอทานอล (2:4)	0.1620 ± 0.01^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (3:3)	0.1660 ± 0.02^{ab}
เฮกเซน:เอทานอล (4:2)	0.1642 ± 0.02^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (5:1)	0.1026 ± 0.01^{c}

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละตัวทำละลาย แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากน้ำมันรำข้าว ในการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม

ตัวทำละลาย	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (กรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เอทานอล	1.1568 ± 0.09^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (1:5)	0.8974 ± 0.07^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (2:4)	0.3173 ± 0.05^{c}
เฮกเซน:เอทานอล (3:3)	0.3205 ± 0.02^{c}
เฮกเซน:เอทานอล (4:2)	0.2817 ± 0.04^{c}
เฮกเซน:เอทานอล (5:1)	0.2607 ± 0.01^{c}

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละตัวทำละลาย แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากน้ำมันรำข้าว ในการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

ศึกษาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยวิธีการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที ก่อนนำมาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นเวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที โดยใช้ตัวทำละลาย คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ซึ่งรำข้าวที่ใช้ในการสกัดมี 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม นำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetric method จากตารางที่ 4.23 แสดงให้เห็นน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามจะให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างจากน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 แสดงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม ที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

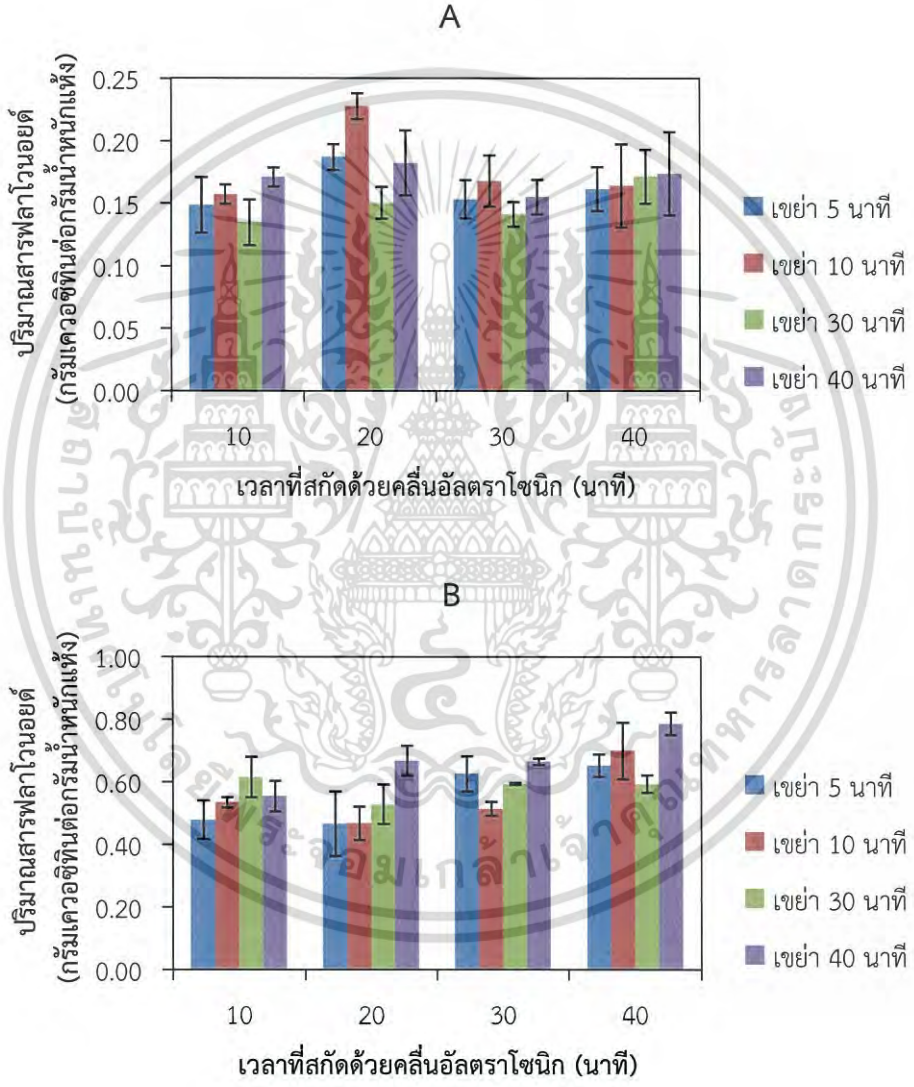
พันธุ์ข้าว	สภาวะ		ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (กรัมเควอซิทินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)					
	เขย่า	อัลตราโซนิก	เอทานอล	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 1:5	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 2:4	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 3:3	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 4:2	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 5:1
ดอกมะลิ	5 นาที	10 นาที	0.1284±0.01^{a}	0.1408±0.02	0.1053±0.01	0.1300±0.01	0.1486±0.02^{c}	0.1537±0.01
		20 นาที	0.1336±0.01^{a}	0.0998±0.01	0.1718±0.01	0.1427±0.01	0.1869±0.01^{a,A}	0.1585±0.01
		30 นาที	0.1408±0.01^{a}	0.1139±0.03	0.1569±0.02	0.1418±0.02	0.1533±0.02^{c}	0.1569±0.01
		40 นาที	0.1572±0.03^{a,A}	0.1083±0.03	0.1589±0.02	0.1269±0.01	0.1614±0.02^{b}	0.1675±0.02
	10 นาที	10 นาที	0.1348±0.02^{a}	0.1814±0.03	0.1233±0.01	0.1256±0.01	0.1571±0.01^{a}	0.1565±0.01
		20 นาที	0.1418±0.01^{a}	0.1313±0.04	0.1575±0.01	0.1199±0.01	0.2276±0.01^{a,A}	0.1584±0.02
		30 นาที	0.1487±0.01^{a}	0.1083±0.03	0.1399±0.01	0.1350±0.01	0.1678±0.02^{a}	0.1916±0.01
		40 นาที	0.1553±0.02^{a,A}	0.1435±0.04	0.1383±0.01	0.1336±0.01	0.1641±0.03^{a}	0.2113±0.01
	30 นาที	10 นาที	0.1597±0.01^{ab}	0.1480±0.02	0.1637±0.02	0.1438±0.01	0.1346±0.02^{b}	0.1436±0.01
		20 นาที	0.1418±0.01^{b}	0.1093±0.01	0.1899±0.01	0.1517±0.02	0.1503±0.01^{ab}	0.1372±0.01
		30 นาที	0.1655±0.02^{a,A}	0.1355±0.02	0.1636±0.01	0.1945±0.01	0.1412±0.01^{ab}	0.1816±0.01
		40 นาที	0.1492±0.01^{ab}	0.1492±0.02	0.1754±0.01	0.1459±0.02	0.1713±0.02^{a,A}	0.1769±0.01
	40 นาที	10 นาที	0.1500±0.01^{a}	0.1638±0.02	0.1492±0.01	0.1611±0.01	0.1709±0.01^{a}	0.1563±0.01
		20 นาที	0.1645±0.02^{a}	0.1448±0.02	0.1747±0.02	0.1911±0.01	0.1823±0.03^{a,A}	0.1712±0.01
		30 นาที	0.1579±0.02^{a}	0.1450±0.03	0.1589±0.01	0.2396±0.02	0.1551±0.01^{a}	0.1806±0.01
		40 นาที	0.1732±0.01^{a,A}	0.1393±0.02	0.1461±0.01	0.2375±0.01	0.1738±0.03^{a}	0.1846±0.01

ตารางที่ 4.23 แสดงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม ที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	สภาวะ		ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (กรัมเตวอซิทินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)					
	เขย่า	อัลตราโซนิก	เอทานอล	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 1:5	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 2:4	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 3:3	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 4:2	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 5:1
ดอกขาม	5 นาที	10 นาที	0.5337±0.10^{b}	0.5231±0.03	0.4742±0.05	0.3661±0.01	0.4779±0.06^{b}	0.4176±0.02
		20 นาที	0.7849±0.07^{a}	0.5371±0.04	0.4947±0.03	0.4198±0.03	0.4654±0.10^{b}	0.5444±0.01
		30 นาที	0.9587±0.04^{a,A}	0.7349±0.01	0.5245±0.07	0.4390±0.01	0.6254±0.06^{a}	0.6598±0.03
		40 นาที	0.8548±0.11^{a}	0.5684±0.05	0.4630±0.06	0.4518±0.02	0.6509±0.04^{a,BC}	0.7830±0.05
	10 นาที	10 นาที	0.7326±0.01^{b}	0.4380±0.02	0.6484±0.08	0.3968±0.04	0.5336±0.02^{b}	0.4617±0.05
		20 นาที	0.8818±0.09^{a}	0.6372±0.06	0.4313±0.04	0.3896±0.03	0.4667±0.05^{b}	0.4561±0.03
		30 นาที	0.8830±0.08^{a}	0.7202±0.08	0.5865±0.05	0.4247±0.03	0.5130±0.02^{b}	0.4654±0.03
		40 นาที	0.9301±0.04^{a,A}	0.4822±0.06	0.4651±0.05	0.4707±0.02	0.6988±0.09^{a,AB}	0.5381±0.06
	30 นาที	10 นาที	0.7122±0.08^{c}	0.5518±0.03	0.3707±0.04	0.4504±0.06	0.6143±0.06^{ab}	0.5551±0.05
		20 นาที	0.7891±0.08^{b}	0.6629±0.03	0.3582±0.02	0.5786±0.02	0.5276±0.06^{b}	0.4700±0.01
		30 นาที	0.8180±0.10^{b}	0.9769±0.07	0.3001±0.04	0.4302±0.02	0.6666±0.03^{a,C}	0.5186±0.01
		40 นาที	0.9180±0.10^{a,A}	0.6891±0.02	0.2770±0.02	0.5393±0.03	0.5927±0.03^{ab}	0.7220±0.02
	40 นาที	10 นาที	0.8544±0.06^{c}	0.6711±0.01	0.4090±0.07	0.3931±0.02	0.5536±0.05^{c}	0.4895±0.09
		20 นาที	0.8912±0.09^{b}	0.5394±0.06	0.3609±0.03	0.5191±0.03	0.6676±0.05^{b}	0.4632±0.05
		30 นาที	0.8765±0.01^{c}	0.9325±0.03	0.3997±0.04	0.4919±0.01	0.6639±0.01^{b}	0.5854±0.03
		40 นาที	0.9532±0.09^{a,A}	0.7721±0.03	0.3009±0.08	0.3947±0.02	0.7854±0.04^{a,A}	0.6152±0.02

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลาในการสกัด แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ในสภาวะการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

A, B และ C คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลาในการแช่ แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ในสภาวะการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟลาโวนอยด์กับสภาวะที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเขย่า และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 4:2 เป็นตัวทำละลาย ซึ่งภาพ A คือ ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และภาพ B คือ ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.1 ผลของเวลาในการสกัดด้วยการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

จากตารางที่ 4.23 เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที ก่อนจะสกัดคลื่นอัลตราโซนิกที่เวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที พบว่า เวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณสารฟลาโวนอยด์อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แสดงดังรูปที่ 4.6 โดยการสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 4:2 จะให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุดที่เวลาในการเขย่า 10 นาที และปริมาณสารฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นตามเวลาที่สกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก และมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุดที่ 20 นาที ก่อนจะลดลง แต่มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) แสดงดังภาพ A (รูปที่ 4.6) ส่วนน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม จะให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามเวลาในการเขย่า และมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุดที่ 40 นาที ซึ่งไม่มีแตกต่างกันกับเวลาในการเขย่า 10 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) และปริมาณสารฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นตามเวลาที่สกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โดยที่เวลา 40 นาที มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุด ซึ่งมีแตกต่างกันที่เวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) แสดงดังภาพ B (รูปที่ 4.6)

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้สูงสุดจากน้ำมันรำข้าวของข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม ซึ่งสกัดด้วยวิธีการเพิ่มขั้นตอนก่อนนำมาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก สามารถนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่เวลารวมเท่ากัน และชุดซอกเลต พบว่า ทั้งน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขามให้ผลเหมือนกัน คือ การสกัดด้วยวิธีการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ใกล้เคียงกันกับการสกัดด้วยซอกเลต แต่มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้วิธีเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิยังมีประสิทธิภาพร้อยละ 98.01 ของชุดซอกเลต และวิธีนี้ทำให้น้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามมีปริมาณฟลาโวนอยด์คิดเป็นร้อยละ 96.65 ของชุดซอกเลต แสดงดังตารางที่ 4.24 และ 4.25

4.6.2 ผลของตัวทำละลายในการสกัดด้วยการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยตัวทำละลาย 6 ชนิด ได้แก่ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ด้วยการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 30 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที โดยสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยตัวทำละลายผสมเฮกเซน และเอทานอล อัตราส่วน 4:2 จะได้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงกว่าตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.26

ในน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามที่สกัดด้วยเอทานอล มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุด ซึ่งมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์แตกต่างกับตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 4:2 เป็นตัวทำละลาย

สภาวะ		เวลารวม	ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (กรัมเควอซิทินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เขย่า	อัลตราโซนิก		
10 นาที	20 นาที	30 นาที	0.2276±0.01[a]
30 นาที	-	30 นาที	0.1393±0.01[b]
ซอกเลต		360 นาที	0.2322±0.02[a]

หมายเหตุ : a และ b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารฟลาโวนอยด์จากน้ำมันรำข้าวในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang

ตารางที่ 4.25 เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 4:2 เป็นตัวทำละลาย

สภาวะ		เวลารวม	ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (กรัมเควอซิทินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เขย่า	อัลตราโซนิก		
40 นาที	40 นาที	80 นาที	0.7854±0.04[a]
80 นาที	-	80 นาที	0.3168±0.02[b]
ซอกเลต		360 นาที	0.8126± 0.04[a]

หมายเหตุ : a และ b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารฟลาโวนอยด์จากน้ำมันรำข้าวในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang

ตารางที่ 4.26 เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ

ตัวทำละลาย	ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (กรัมเควอซิทินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เอทานอล	0.1418±0.01[bc]
เฮกเซน:เอทานอล (1:5)	0.1313±0.01[c]
เฮกเซน:เอทานอล (2:4)	0.1575±0.01[b]
เฮกเซน:เอทานอล (3:3)	0.1199±0.02[c]
เฮกเซน:เอทานอล (4:2)	0.2276±0.01[a]
เฮกเซน:เอทานอล (5:1)	0.1584±0.01[b]

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละตัวทำละลาย แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารฟลาโวนอยด์จากน้ำมันรำข้าว ในการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม

ตัวทำละลาย	ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (กรัมเควอซิทินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
เอทานอล	0.9532 ± 0.09^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (1:5)	0.7721 ± 0.06^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (2:4)	0.3009 ± 0.08^{d}
เฮกเซน:เอทานอล (3:3)	0.3947 ± 0.05^{d}
เฮกเซน:เอทานอล (4:2)	0.7854 ± 0.04^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (5:1)	0.6152 ± 0.04^{c}

หมายเหตุ : a, b, c และ d คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละตัวทำละลาย แสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารฟลาโวนอยด์จากน้ำมันรำข้าว ในการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.7 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

ศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระจากการน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยวิธีการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที ก่อนนำมาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นเวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที โดยใช้ตัวทำละลาย คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ซึ่งรำข้าวที่ใช้ในการสกัดมี 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม นำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity แสดงตารางที่ 4.28

4.7.1 ผลของเวลาในการสกัดด้วยการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

จากตารางที่ 4.28 เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที ก่อนจะสกัดคลื่นอัลตราโซนิกที่เวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที พบว่า เวลาในการสกัดมีผลต่อความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) แสดงดังรูปที่ 4.7 โดยการสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5 จะได้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ต่ำสุด ที่การเขย่าที่เวลา 30 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที แต่ได้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ไม่แตกต่างกันกับการสกัดที่เวลา 20 นาที และความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม จะค่อยๆ ลดลงตามเวลาที่ใช้ในการเขย่า และให้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ต่ำสุดที่เวลา 30 นาที ซึ่งมีความเข้มข้นแตกต่างกับการสกัดที่เวลา 10, 20 และ 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) จากนั้นเมื่อนำมาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก จะให้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ต่ำสุดที่เวลา 40 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 แสดงความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

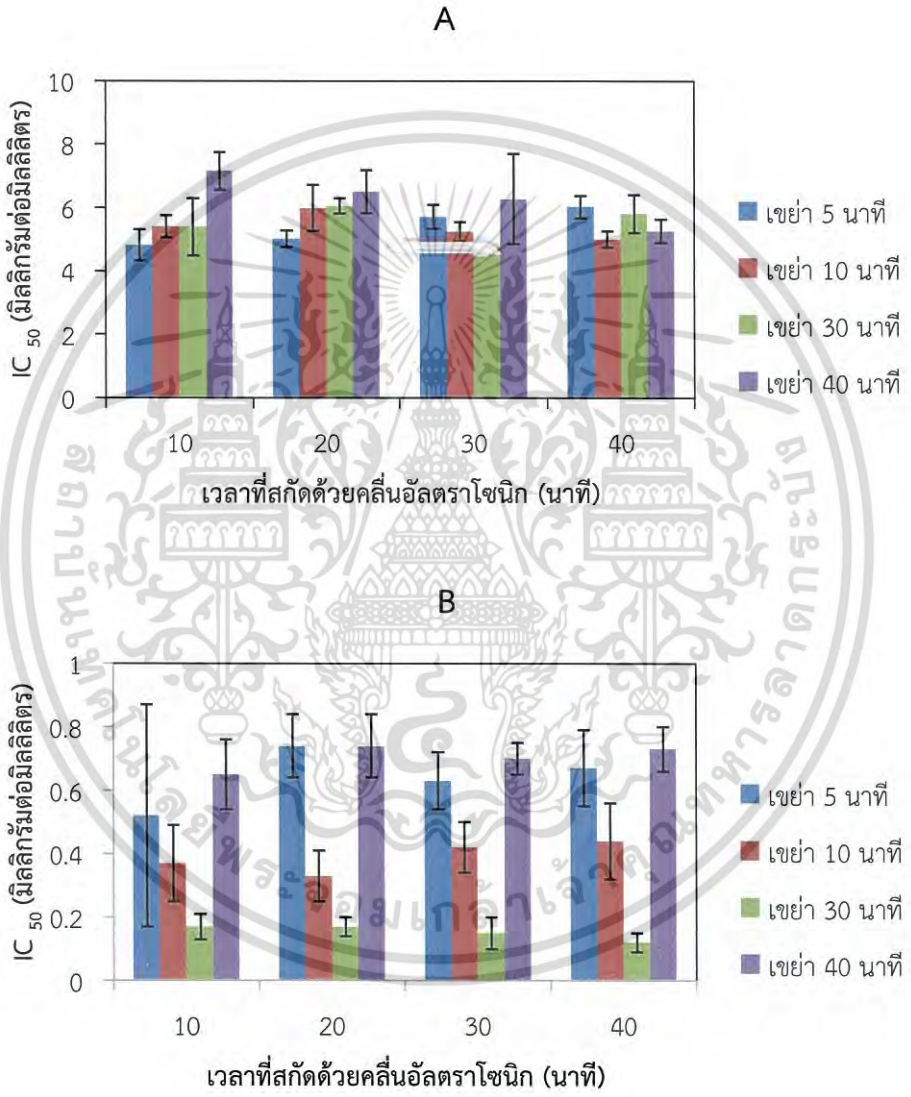
พันธุ์ข้าว	สภาวะ		ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)					
	เขย่า	อัลตราโซนิก	เอทานอล	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 1:5	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 2:4	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 3:3	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 4:2	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 5:1
ดอกมะลิ	5 นาที	10 นาที	4.42±0.27^{a}	4.81±0.49^{a,A}	7.11±0.43	7.19±0.02	6.39±0.18	6.77±0.12
		20 นาที	4.98±0.24^{b}	5.01±0.26^{a}	7.39±0.57	7.29±0.18	6.31±0.48	6.67±0.33
		30 นาที	4.34±0.02^{a,A}	5.7±0.38^{a}	6.98±0.52	7.48±0.50	6.87±0.17	7.10±0.33
		40 นาที	5.17±0.46^{b}	6.02±0.35^{b}	7.75±0.76	7.11±0.37	7.24±0.20	7.60±0.12
	10 นาที	10 นาที	5.49±0.46^{a}	5.40±0.35^{ab}	5.33±0.76	6.05±0.37	7.02±0.20	7.38±0.12
		20 นาที	5.56±0.49^{a}	5.98±0.73^{b}	5.49±0.18	7.27±0.45	5.70±0.05	6.64±0.23
		30 นาที	4.95±0.18^{a}	5.24±0.30^{ab}	5.45±0.15	7.37±0.53	7.14±0.25	7.59±0.34
		40 นาที	4.82±0.42^{a,A}	5.00±0.25^{a,A}	5.00±0.60	5.26±0.30	7.48±0.18	7.53±0.07
	30 นาที	10 นาที	4.69±0.44^{a,A}	5.39±0.90^{a}	4.90±0.37	7.47±0.05	7.14±0.14	7.64±0.16
		20 นาที	4.90±0.26^{a}	6.05±0.24^{a}	5.24±0.36	7.43±0.08	6.65±0.19	7.16±0.19
		30 นาที	5.23±0.52^{ab}	4.76±0.03^{a,B}	5.30±0.07	7.41±0.38	6.57±0.08	5.87±0.29
		40 นาที	5.66±0.24^{b}	5.80±0.60^{a}	5.25±0.37	7.89±0.03	6.37±0.11	6.88±0.13
	40 นาที	10 นาที	4.94±0.43^{a,A}	7.15±0.59^{b}	5.19±0.34	6.20±0.45	6.37±0.23	6.25±0.11
		20 นาที	5.31±0.59^{ab}	6.50±0.68^{ab}	5.09±0.07	6.27±0.17	6.71±0.20	6.50±0.36
		30 นาที	5.43±0.27^{ab}	6.27±1.42^{ab}	5.24±0.18	7.28±0.16	7.77±0.14	7.26±0.10
		40 นาที	5.91±0.56^{b}	5.26±0.37^{a,AB}	5.19±0.40	5.33±0.17	6.80±0.02	7.19±0.24

ตารางที่ 4.28 แสดงความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	สภาวะ		ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)					
	เขย่า	อัลตราโซนิก	เอทานอล	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 1:5	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 2:4	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 3:3	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 4:2	เฮกเซน:เอทานอล อัตราส่วน 5:1
ดอกขาม	5 นาที	10 นาที	0.75±0.10^{c}	0.52±0.35^{a,B}	0.71±0.03	0.56±0.08	0.77±0.09	0.77±0.08
		20 นาที	0.6±0.03^{b}	0.74±0.10^{a}	0.72±0.07	0.72±0.12	0.75±0.07	0.72±0.06
		30 นาที	0.38±0.02^{a,A}	0.63±0.09^{a}	0.73±0.07	0.63±0.07	0.72±0.04	0.70v0.05
		40 นาที	0.44±0.11^{a}	0.67±0.12^{a}	0.73±0.05	0.68±0.09	0.73±0.06	0.72±0.06
	10 นาที	10 นาที	0.51±0.09^{a}	0.37±0.12^{a}	0.76±0.08	0.78±0.11	0.73±0.06	0.74±0.09
		20 นาที	0.50±0.06^{a}	0.33±0.08^{a,AB}	0.73±0.04	0.62±0.04	0.73±0.11	0.75±0.05
		30 นาที	0.44±0.07^{a}	0.42±0.08^{a}	0.61±0.03	0.75±0.07	0.71±0.04	0.76±0.05
		40 นาที	0.39±0.04^{a,A}	0.44±0.12^{a}	0.72±0.09	0.76±0.08	0.74±0.08	0.73v0.06
	30 นาที	10 นาที	0.66±0.11^{b}	0.17±0.04^{a}	0.74±0.08	0.53±0.04	0.73±0.07	0.70±0.03
		20 นาที	0.66±0.06^{b}	0.17±0.03^{a}	0.73±0.07	0.77±0.10	0.74±0.08	0.73±0.09
		30 นาที	0.68±0.10^{b}	0.15±0.05^{a}	0.68±0.10	0.73±0.06	0.74±0.07	0.69±0.03
		40 นาที	0.45±0.05^{a,AB}	0.12±0.03^{a,A}	0.58±0.02	0.71±0.08	0.74±0.06	0.68±0.10
	40 นาที	10 นาที	0.62±0.06^{a}	0.65±0.11^{a,B}	0.72±0.09	0.58±0.09	0.73±0.09	0.75±0.08
		20 นาที	0.53±0.08^{a,B}	0.74±0.10^{a}	0.72±0.03	0.76±0.09	0.74±0.07	0.73v0.08
		30 นาที	0.58±0.09^{a}	0.70±0.09^{a}	0.75±0.07	0.73±0.08	0.74±0.08	0.72v0.03
		40 นาที	0.56±0.14^{a}	0.73±0.07^{a}	0.72±0.08	0.74±0.07	0.77±0.10	0.74±0.11

หมายเหตุ : a, b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลาในการสกัด แสดงถึงค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ในสภาวะการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

A, B และ C คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลาในการแช่ แสดงถึงค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ในสภาวะการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 กับสภาวะที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเขย่า และเวลาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5 เป็นตัวทำละลาย ซึ่งภาพ A คือ ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ และภาพ B คือ ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ของน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 จากน้ำมันรำข้าวดอกมะลิมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และซอกเลต พบว่า น้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิที่สกัดด้วยซอกเลต ให้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ต่ำสุด ซึ่งมีความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 แตกต่างกับอีก 2 วิธีอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิที่สกัดด้วยการเขย่า 30 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที มีความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ไม่แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.29

เมื่อนำความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 จากน้ำมันรำข้าวดอกขามมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และซอกเลต พบว่า วิธีการสกัดด้วยการเขย่า 30 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 40 นาที ให้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ต่ำสุด ซึ่งมีความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับอีก 2 วิธี แสดงดังตารางที่ 4.30

4.7.2 ผลของตัวทำละลายในการสกัดด้วยการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยตัวทำละลาย 6 ชนิด ได้แก่ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ด้วยการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 30 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที โดยสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยเอทานอล และตัวทำละลายผสมเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5 และ 2:4 จะได้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ต่ำกว่าตัวทำละลายอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.31

เมื่อนำความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 จากน้ำมันรำข้าวดอกขามที่ได้จากการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 30 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 40 นาที โดยสกัดน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิด้วยตัวทำละลายผสมเฮกเซน และเอทานอล อัตราส่วน 1:5 จะได้ความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 50ต่ำกว่าตัวทำละลายอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 เปรียบเทียบความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5 เป็นตัวทำละลาย

สภาวะ		เวลารวม	ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
เขย่า	อัลตราโซนิก		
30 นาที	30 นาที	60 นาที	4.76 ± 0.03^{b}
60 นาที	-	60 นาที	6.27 ± 0.06^{b}
ซอกเลต		360 นาที	4.20 ± 0.10^{a}

หมายเหตุ : a และ b คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารสกัดในน้ำมันรำข้าวที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม ซึ่งสกัดด้วยวิธีที่ต่างกัน และใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5 เป็นตัวทำละลาย

สภาวะ		เวลารวม	ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
เขย่า	อัลตราโซนิก		
30 นาที	40 นาที	70 นาที	0.12 ± 0.03^{a}
70 นาที	-	70 นาที	0.56 ± 0.01^{c}
ซอกเลต		360 นาที	0.35 ± 0.01^{b}

หมายเหตุ : a , b และ c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารสกัดในน้ำมันรำข้าวที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31 เปรียบเทียบความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกมะลิ

ตัวทำละลาย	ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระ ได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
เอทานอล	4.34 ± 0.02^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (1:5)	4.76 ± 0.03^{ab}
เฮกเซน:เอทานอล (2:4)	5.30 ± 0.07^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (3:3)	7.41 ± 0.38^{d}
เฮกเซน:เอทานอล (4:2)	6.57 ± 0.08^{c}
เฮกเซน:เอทานอล (5:1)	5.87 ± 0.29^{b}

หมายเหตุ : a, b, c และ d คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารสกัดในน้ำมันรำข้าวที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.32 เปรียบเทียบความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากน้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขาม

ตัวทำละลาย	ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระ ได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
เอทานอล	0.45 ± 0.05^{b}
เฮกเซน:เอทานอล (1:5)	0.12 ± 0.03^{a}
เฮกเซน:เอทานอล (2:4)	0.58 ± 0.02^{c}
เฮกเซน:เอทานอล (3:3)	0.71 ± 0.08^{d}
เฮกเซน:เอทานอล (4:2)	0.74 ± 0.06^{d}
เฮกเซน:เอทานอล (5:1)	0.68 ± 0.10^{cd}

หมายเหตุ : a, b, c, และ d คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละเวลา แสดงถึงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารสกัดในน้ำมันรำข้าวที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ในวิธีการสกัดต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.8 ชนิดของสายพันธุ์รำข้าวที่มีผลต่อปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษา พบว่า รำข้าวดอกขามให้ปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่ารำข้าวดอกมะลิ เนื่องจาก น้ำมันรำข้าวจากข้าวดอกขามจะให้สีแดง จึงเป็นแหล่งของแอนโทไซยานินที่มีลักษณะโครงสร้างทางเคมีจัดอยู่ในกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกับสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารฟลาโวนอยด์ (สายสนม ประดิษฐดวง, 2551) และให้ปริมาณน้ำมัน แกมมา-ออไรซานอล แกมมา-โทโคฟีรอล สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารฟลาโวนอยด์ สูงกว่าข้าวดอกมะลิอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

น้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยวิธีการเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าที่เวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที ก่อนนำมาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกเป็นเวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที ตัวทำละลายที่ใช้ คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1 ซึ่งใช้รำข้าว 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม โดยสกัดในอัตราส่วน 1:6 (น้ำหนักรำข้าวต่อปริมาตรตัวทำละลาย) จากการศึกษาพบว่า วิธีการเพิ่มขั้นตอนการเขย่าได้ปริมาณน้ำมันรำข้าว และสารประกอบสำคัญในข้าวเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ในข้าวดอกมะลิที่สกัดด้วยเอทานอล โดยเขย่าที่เวลา 30 นาที ก่อนนำมาสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่เวลา 40 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด คือ 0.2732 กรัมต่อกรัมรำข้าว และข้าวดอกขามที่สกัดด้วยเอทานอล เขย่าที่เวลา 10 นาที และสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่เวลา 40 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากที่สุด คือ 0.3284 กรัมต่อกรัมรำข้าว โดยปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้อยู่ในช่วง 0.12-0.32 กรัมต่อกรัมรำข้าว

ปริมาณแกมมา-ออไรซานอลที่สกัดได้จากข้าวดอกมะลิ และข้าวดอกขาม โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 เขย่าที่เวลา 30 นาที และสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่เวลา 30 นาที ให้ปริมาณแกมมา-ออไรซานอลสูงสุด เท่ากับ 10.60 และ 46.42 กรัมต่อกรัมรำข้าว ตามลำดับ

ส่วนปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอล สกัดได้สูงสุดจากข้าวดอกมะลิ โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 เขย่าที่เวลา 10 นาที ก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่เวลา 10 นาที จะได้ปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอลสูงสุด คือ 1,014.68 กรัมต่อกรัมรำข้าว และข้าวดอกขามที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย สกัดด้วยการเขย่าที่เวลา 40 นาที และสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่เวลา 40 นาที มีปริมาณแกมมา-โทโคฟีรอล 2,208.56 กรัมต่อกรัมรำข้าว ส่วนแอลฟา-โทโคฟีรอล จะพบในน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่าเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 2:4 และ 3:3 เท่านั้น โดยข้าวดอกมะลิพบแอลฟา-โทโคฟีรอลสูงสุด คือ 120.89 กรัมต่อกรัมรำข้าว

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จะให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุดในข้าวดอกขาม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 1.1568 กรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมรำข้าว และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากตัวทำละลายผสมระหว่าเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 4:2 จะให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุดในข้าวดอกขาม มีปริมาณสารฟลาโวนอลด์ 0.9587 กรัมของเควอซิทินต่อกรัมรำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ข้าวดอกขามใช้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 น้อยกว่าข้าวดอกมะลิ ซึ่งข้าวดอกขามที่สกัดด้วยการเขย่า 30 นาที สกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 40 นาที โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลที่อัตราส่วน 1:5 ให้ผลดีสุด เท่ากับ 124.92 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

จากการศึกษาทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า การเพิ่มขั้นตอนในการเขย่าก่อนการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ทำให้ได้น้ำมันและสารสำคัญมากกว่าการสกัดด้วยการเขย่าอย่างเดียว โดยสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ การแช่ที่เวลา 30 นาที และการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 30 นาที รำข้าวที่สกัดด้วยเอทานอล จะให้ปริมาณน้ำมัน สารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์สูงที่สุด และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอลในอัตราส่วนที่เหมาะสม จะให้ปริมาณของวิตามินอี และแกมมา-ออไรซานอลสูงสุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการนำรำข้าวมาศึกษา ควรใช้รำข้าวที่เก็บเกี่ยวได้ไม่นาน และควรเก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการทำงานของเอนไซม์ไลเปส และควรเก็บให้พ้นจากแสง และอากาศ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เพื่อป้องกันการเหม็นหืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ฉลวย ทับศรี ม่วงพรวน. 2555. **การศึกษาผลการบริโภคผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันรำข้าวและจมูกข้าว P2PLUS.** งานวิจัยนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ บริษัท ปฐมสิทธิ์ จำกัด จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย.

ทิพยเนตร อริยปิติพันธ์ และกิตณา แมคีเน็น. 2552. "แกมมา-โอรีซานอลกับสุขภาพ." *วารสารโภชนาการ.* 44(1) : 1-10.

ธิดารัตน์ เมธาวรากุล, เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์ และเบญญา มะโนชัย. 2557. "ผลของฟลาโวนอยด์จากสารสกัดเปลือกมังคุดและขมิ้นชันต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาของมะเขือเทศสีดา." *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* 45(2)(พิเศษ) : 213-216.

ธิดารัตน์ หน่อสุวรรณ. 2550. "การสกัดวิตามินอีจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว." *วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่* : 63-79.

ธิดารัตน์ หน่อสุวรรณ. 2553. **การสกัดวิตามินอีจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวโดยใช้ต้นทุนต่ำ.** โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) 2554.

นวพรรษ การะเกตุ. 2552. **การศึกษาภาพอนาคตของสื่อมวลชนในบทบาทการส่งเสริมคุณค่าข้าวหอมมะลิไทย.** คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

เนตรนภา เมยกลาง และเฉลิม เรืองวิริยะชัย. 2557. "การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มน้ำผลไม้." *วารสารวิจัย มข. (บศ.).* 14(4) : 69-79.

บ้านจอมยุทธ. 2543. **การจำแนกข้าว.** [Online]. Available : http://www.baanjomyut.com/library_2/extension-2/cereals/01_2.html.

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

ปริยานุช อินทร์รอด. 2551. "ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของส่วนสกัดจากต้นเร่วหอมและว่านสาวหลง." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ปรีดาวรรณ ขอช่วยกลาง และวรนุช ศรีเจษฎารักษ์. 2556. "การเปรียบเทียบวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อการสกัดวิตามินอีและแกมมา-โอไรซานอลจากรำข้าวพันธุ์ กข 6." *Graduate Research Conference.* 2013(17) : 598-606

รัชนี ไสยประจง และสุรพงษ์ พินิจกลาง. 2555. "การศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนและส่วนประกอบกรดอะมิโนในข้าวหลายสายพันธุ์จากประเทศไทย." *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* 43(2)(พิเศษ) : 277-280.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (วิทยาเขตชุมพร). **ข้าวพันธุ์ดอกขาม.** [Online]. Available : http://www.doa.go.th/pvp/images/stories/indexpp2518/AnnoDOA_nameplant/t498.pdf.

สายสนม ประดิษฐดวง. 2551. **ข้าวในมิติของอาหารต้านโรค.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัทธนาเพรส จำกัด.

สุวรรณี แสนทวีสุข, ดวงใจ จงตามกลาง, ทัศน์วรรณ สมจันทร์ และปิติพงษ์ โตบันลือภพ. 2555. "ปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมด ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสมุนไพรบางชนิด." *แก่นเกษตร.* 40(2)(ฉบับพิเศษ) : 480-483.

สุนทรี เปรื่องการ. 2544. **วิตามินอี.** [Online]. Available : http://www.dss.go.th/images/st-article/bsp_2_2544_tocopherol.pdf.

อรุณศรี ปรีเปรม, ผดุงขวัญ จิตโรภาส และบังอร ศรีพานิชกุลชัย. 2548. "รำข้าวที่มีคุณภาพ : คุณค่าต่อสุขภาพ (Rice bran : Its value for Health)." *วารสารศูนย์บริการวิชาการ.* 13(3) : 4-9.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Amonrat Thanonkaew, Surapote Wongyai, David J. McClements and Eric A. Decker. 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.)." *Food Science and Technology*. 2012(48) : 231-236.

Asaf A. Qureshia, Saeed A. Sami and Farooq A. Khanb. 2001. "Effects of stabilized rice bran, its soluble and fiber fractions on blood glucose levels and serum lipid parameters in humans with diabetes mellitus Types I and II." *Journal of Nutritional Biochemistry.* 2002(13) : 175–187.

Chua B.S., Baharina B.S. and Quekb S.Y. 2002. "Factors affecting pre-concentration of tocopherols and tocotrienols from palm fatty acid distillate by lipase-catalysed hydrolysis." *Food Chemistry*. 2002(79) : 55–59.

Claudia Grajeda-Iglesias, Erika Salas, Nathalie Barouh, Bruno Bara, Atikorn Panya and Maria Cruz Figueroa-Espinoza. 2015. "Antioxidant activity of protocatechuates evaluated by DPPH, ORAC and CAT methods." *Food Chemistry*. 2016(194) : 749-757

Cristina de Simone Carlos Iglesias Pascual, Isabel Louro Massaretto, Fabiana Kawassaki, Rosa Maria Cerdeira Barros, José Alberto Noldin and Ursula Maria Lanfer Marquez. 2011. "Effects of parboiling, storage and cooking on the levels of tocopherols, tocotrienols and γ -oryzanol in brown rice (*Oryza sativa* L.)." *Food Research International*. 2013(50) : 676–681.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Giuseppe Cirillo and Francesca Iemma. **Antioxidant Polymers.** 2012. United States of America : Scrivener Publishing LLC.

Juliana Ferreira Soares, Valeria Dal Pra, Matheus de Souza, Felipe Cavalheiro Lunelli, Ederson Abaide, Juliana R.F. da Silva, Raquel C. Kuhn, Julian Martínez and Marcio A. Mazutti. 2015. "Extraction of rice bran oil using supercritical CO_2 and compressed liquefied petroleum gas." *Journal of Food Engineering*. 2016(170) : 58-63.

Krishnan VCA, Kuriakose S and Rawson A. 2015. "Ultrasound Assisted Extraction of Oil from Rice Bran: A Response Surface Methodology Approach." *Journal Food Process Technol*. 2015(6) : 454.

Ladda Wattanasiritham, Chockchai Theerakulkait, Samanthi Wickramasekara, Claudia S. Maier and Jan F. Stevens. 2015. "Isolation and identification of antioxidant peptides from enzymatically hydrolyzed rice bran protein." *Food Chemistry*. 2016(192) : 156-162.

Maryam Khoei and Fereshteh Chekin. 2015. "The ultrasound-assisted aqueous extraction of rice bran oil." *Food Chemistry*. 2016(194) : 503-507.

Nese Yılmaz. 2015. "Middle infrared stabilization of individual rice bran milling fractions." *Food Chemistry*. 2016(190) : 179-185.

Photchanathip Imsanguan, Amorn Roaysubtawee, Ratsuda Borirak, Suwassa Pongamphai, Supaporn Douglas and Peter L. Douglas. "Extraction of α-tocopherol and ɣ-oryzanol from rine bran." *LWT-Food Science and Technology*. 2008(41) : 1417-1424.

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

Sahil Kakkar and Souravh Bais. 2014. "A Review on Protocatechuic Acid and Its Pharmacological Potential." *ISRN Pharmacology*. 2014 : 1-9.

Saleh I.A., Vinatoru M., Mason T.J., Abdel-Azim N.S., Aboutabl E.A. and Hammouda F.M. 2016. "A possible general mechanism for ultrasound-assisted extraction (UAE) suggested from the results of UAE of chlorogenic acid from *Cynara scolymus* L. (artichoke) leaves." *Ultrasonics Sonochemistry*. 2016(31) : 330–336.

Shannon R. Wells, Merilyn H. Jennings, Courtney Rome, Vicky Hadjivassiliou, Konstantinos A. Papas and Jonathon S. Alexander. 2009. "α-, ɣ- and δ-tocopherols reduce inflammatory angiogenesis in human microvascular endothelial cells." *Journal of Nutritional Biochemistry*. 2010(21) : 589–597.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Siti Zullaikah, Elda Melwita and Yi-Hsu Ju. 2008. "Isolation of oryzanol from crude rice bran oil." *Bioresource Technology*. 2009(100) : 299-302.

Sujata V. Bhat, Bhimsen A. Nagasampagi and meenakshi Sivakumar. 2008. **Chemistry of Natural Products.** 4th ed. India : Narosa Publishing House Pvt. Ltd.

Teriger B.G., Balasubramanian S., Sabliov C.M. and Boldor D. "Soybean and rice bran oil extraction in a continuous microware system: From laboratory-to pilot-scale." *Journal of Food Engineering*. 2011(104) : 208-217.

Timothy Liam Fitzgerald, Daniel Lex Ean Waters and Robert James Henry. 2008. "The effect of salt on betaine aldehyde dehydrogenase transcript levels and 2-acetyl-1-pyrroline concentration in ragrant and non-fragrant rice (*Oryza sativa*)." *Plant Science*. 2008(175) : 539–546.

Yong Liua, Mingliang Qianga, Zhongguan Sunb and Yiqun Du. 2015. "Optimization of ultrasonic extraction of polysaccharides from Hoveniadulcis peduncles and their antioxidant potential." *International Journal of Biological Macromolecules*. 2015(80) : 350–357.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การสกัดน้ำมันรำข้าว

1. ชั่งรำข้าวขนาด 300 ไมโครเมตร 1 กรัม

2. ใส่ในขวดสีชาขนาด 30 มิลลิลิตร และเติมตัวทำละลาย 6 มิลลิลิตร โดยอัตราส่วนระหว่างรำข้าวและตัวทำละลาย คือ 1:6 ซึ่งตัวทำละลาย คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอล โดยมีอัตราส่วน คือ 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1
3. ปิดฝาขวดให้สนิท ก่อนนำไปเข้าเครื่องเขย่า (shaker) ที่ 200 rpm เป็นเวลา 5, 10, 30 และ 40 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำชุดทดลองที่ผ่านการเขย่าในตัวทำละลาย มาสกัดต่อด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โดยนำไปเข้าเครื่อง Sonicator เป็นเวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที

5. จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 20 นาที
6. นำส่วนใสมากรองผ่านกระบอกฉีดยาที่มีตัวกรอง 0.45 ไมโครเมตร

7. นำส่วนใสที่ได้มาวัดปริมาตร และจดบันทึก
8. นำมาสกัดซ้ำรอบที่สองโดยการเติมตัวทำละลายชนิดเดียวกับการสกัดรอบแรก 6 มิลลิลิตร ลงในกากรำข้าวที่เหลือจากการสกัดรอบแรก
9. นำไปเข้าเครื่องเขย่า (shaker) เป็นเวลา 10 นาที ที่ความเร็วรอบ 200 rpm
10. จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 20 นาที
11. นำส่วนใสมากรองผ่านกระบอกฉีดยาที่มีตัวกรอง 0.45 ไมโครเมตร
12. นำส่วนใสที่ได้มาวัดปริมาตร และจดบันทึก จากนั้นนำมารวมกับส่วนใสที่ได้จากการสกัดรอบแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสกัดด้วยซอกเลต

1. ชั่งรำข้าว 1 กรัม เติมตัวทำละลาย 200 มิลลิลิตร โดยอัตราส่วนระหว่างรำข้าวและตัวทำละลาย คือ 1:6 ซึ่งตัวทำละลาย คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเอทานอล โดยมีอัตราส่วน คือ 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1
2. นำกากรำข้าวที่ได้จากการสกัดรอบแรกมาสกัดซ้ำอีกครั้ง โดยเติมตัวทำละลายชนิดเดียวกับการสกัดรอบแรก 200 มิลลิลิตร โดยอัตราส่วนระหว่างรำข้าวและตัวทำละลาย คือ 1:6 ซึ่งตัวทำละลาย คือ เอทานอล และตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลและเฮกเซน โดยมีอัตราส่วน คือ 1:5, 2:4, 3:3, 4:2 และ 5:1

การวิเคราะห์ปริมาตรน้ำมันรำข้าว

นำสารสกัดที่ได้ไปทำการระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator โดยใช้อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 120 rpm และความดันที่ 175 มิลลิบาร์

การชั่งหาปริมาณน้ำมันรำข้าว และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำมันรำข้าว

ปริมาณน้ำมันรำข้าว = น้ำหนักขวดที่มีน้ำมันรำข้าว – น้ำหนักขวดเปล่า

$$\text{ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมันรำข้าวหลังการสกัด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักแห้งของรำข้าว 1 กรัม}}$$

การเก็บรักษาน้ำมันรำข้าว

นำน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการระเหยตัวทำละลายเรียบร้อยแล้วมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลีกเลี่ยงการโดนแสงและความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สารแกมมา-ออไรซานอล, แกมมา-โทโคฟีรอล และแอลฟา-โทโคฟีรอล ด้วยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยใช้คอลัมน์ C18

การเตรียมสารเคมี

1. การเตรียม Keep เมทานอล 100 มิลลิลิตร
2. การเตรียม Clean สัดส่วนต่อ 100 มิลลิลิตร Methanol : Isopropanol คือ 60 : 40 ตามลำดับ
3. การเตรียม Mobile phase สัดส่วน 100 มิลลิลิตร Methanol : Isopropanol : Ethyacetate คือ 47.5 : 40 : 12.5 ตามลำดับ
4. นำสารเคมีที่เตรียมได้ไปกรองด้วยชุดกรองและนำไป sonicate เป็นเวลา 15 – 20 นาที

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่าง 0.001 กรัม แล้วใส่ Mobile phase 1000 ไมโครลิตร
2. ทำการ dilute ให้มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

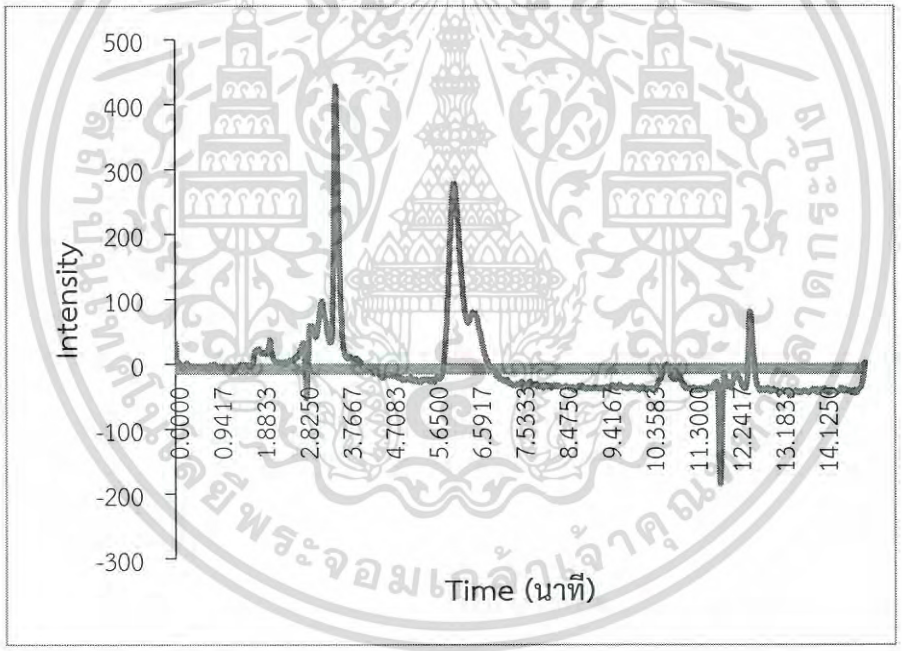
ขั้นตอนการใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

1. ทำการต่อคอลัมน์ และนำ probe ใส่ขวดที่บรรจุสารที่ผ่านการกรอง และ sonicate แล้ว
2. จากนั้นทำการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ เปิดเครื่อง HPLC และโปรแกรม LC solution
3. ตั้งชื่อไฟล์ และทำการ purge สารโดยกดปุ่ม purge หน้าจอของเครื่อง HPLC จะขึ้นคำว่า purging line จนกว่าจะทำการ purge เสร็จ ห้ามทำการเปิด pump
4. เมื่อทำการ purge เรียบร้อยแล้ว เปิด pump ที่เครื่อง HPLC และหน้าจอคอมพิวเตอร์
5. ทำการตั้งค่าโดยกดปุ่ม Advenced ตั้งค่า data เลือก time 15 min,
   กด detector ไปที่ lamp ตั้งค่าให้เป็น of,
   กด weavelength ตั้งค่า 330 nm,
   กด pump ค่อยๆ เพิ่มทีละ 0.2 จนไปถึง 1 และค้างไว้เป็นเวลา 30 นาที เมื่อเวลาครบแล้วค่อยลดลงทีละ 0.2 ไปจนถึง 0.0 (ในการตั้งค่าทุกครั้ง, กดเพิ่ม-ลด flow rate หรือ เปิดปิด pump ให้ทำการกด Download ทุกครั้ง)
6. ทำการปิดปั๊มที่คอมพิวเตอร์ และที่เครื่อง HPLC
7. ทำการเปลี่ยนสารเคมีใหม่ และทำการ purg อีกครั้ง เมื่อ purg เรียบร้อยแล้วทำการเปิดปั๊มที่เครื่อง HPLC และที่คอมพิวเตอร์
8. ทำการรัน pump ขึ้นโดยเพิ่มทีละ 0.2 ไปจนถึง 1 และค้างไว้เป็นเวลา 30 นาที เมื่อเวลาครบแล้วค่อยลดลงทีละ 0.2 ไปจนถึง 0.0
9. ทำตามขั้นตอนที่ 6,7 และ 8 ตามลำดับ จนถึงสาร Mobile phase (โดยทำการรัน Keep, Clean, และ Mobile phase ตามลำดับ) เมื่อรันสารจนถึง 1 แล้วทำการค้างไว้ 30 นาที
10. ทำการล้างเข็มฉีดสารโดยการล้างด้วย Mobile phase 10 รอบ
11. ทำการเปิด D2 โดยกดที่ detector ไปที่ lamp เลือก D2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. รอจนกว่าที่หน้าจอของเครื่อง HPLC ขึ้นคำว่า D2
13. เลือก Acq เลือก single run จะขึ้นหน้าต่าง data file ทำการตั้งชื่อตัวอย่าง
14. ฉีดโมบายเฟสก่อน 5-10 ครั้ง โดยหมุนหัวฉีดไปที่ Lode เมื่อฉีดสารเข้าไปแล้ว หมุนหัวฉีดไปที่ inject
15. ทำการฉีดตัวอย่างประมาณ 20-40 ไมโครลิตร
16. ทำการล้างเข็มด้วย Mobile phase และเมื่อเวลาที่ 8 นาที ทำการล้างด้วย Mobile phase โดยการฉีด Mobile phase 3 ครั้ง ครั้งละ 20-40 ไมโครลิตร
17. เมื่อฉีดตัวอย่างครบแล้วทำการรัน Mobile phase ลงทีละ 0.2 จนถึง 0.0 และทำการเปลี่ยนสารเป็น clean ทำตามขั้นตอน6, 7 และ 8 ตามลำดับ(โดยเรียงสารเคมีดังนี้ Mobile phase, Clean และ Keep ตามลำดับ)
18. เมื่อรันสารเคมีครบแล้วทำการปิดโปรแกรม ปิกเครื่อง HPLC และปิดคอมพิวเตอร์

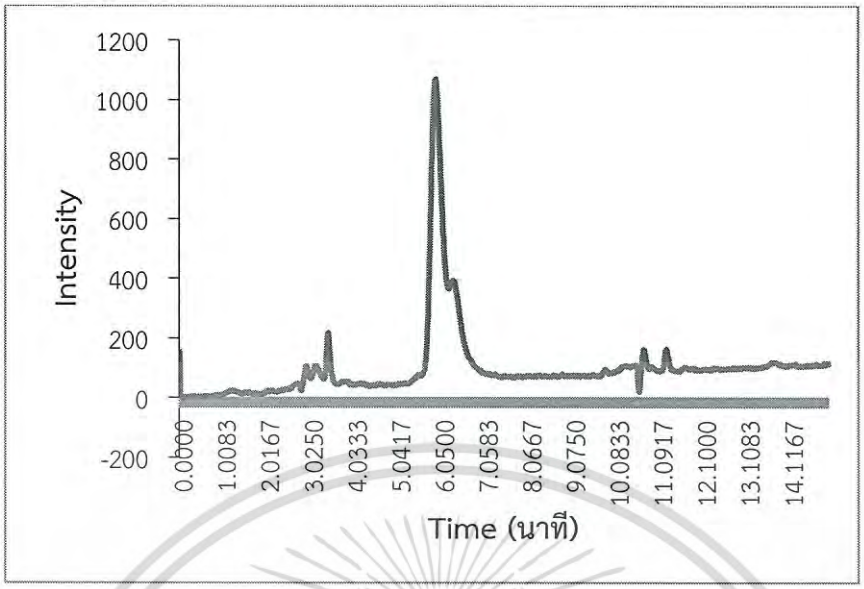
กราฟมาตรฐานของแกมมา-ออไรซานอลที่ความเข้มข้น 0.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	2.977	2.850	3.050	1016	103	9.84
2	3.182	3.050	3.367	1778	128	13.946
3	3.496	3.367	3.742	3316	436	7.599
4	6.071	5.792	6.375	4037	258	15.674

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

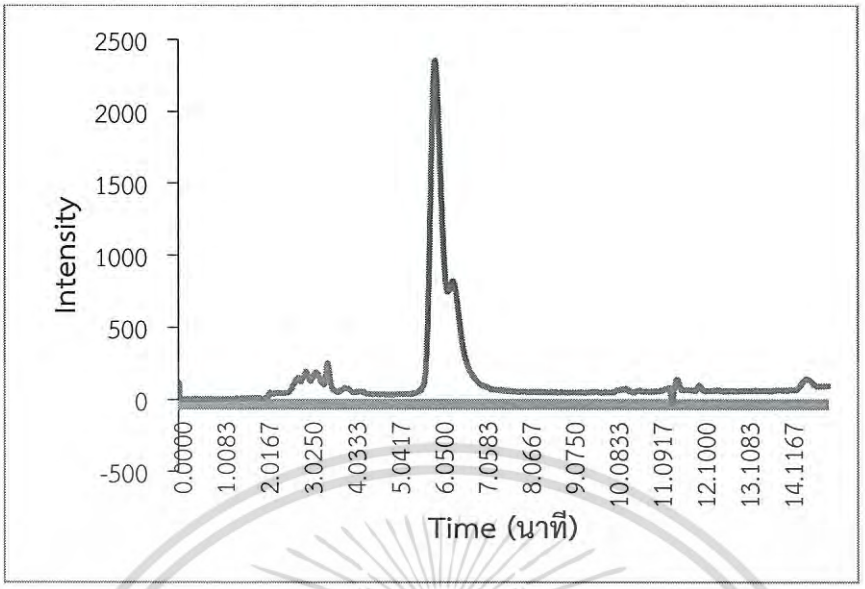
กราฟมาตรฐานของแกมมา-ออไรซานอลที่ความเข้มข้น 0.5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.448	3.350	3.625	1141	175	6.516
2	5.931	5.600	6.233	18121	991	18.284
3	6.329	6.233	6.942	5878	310	18.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

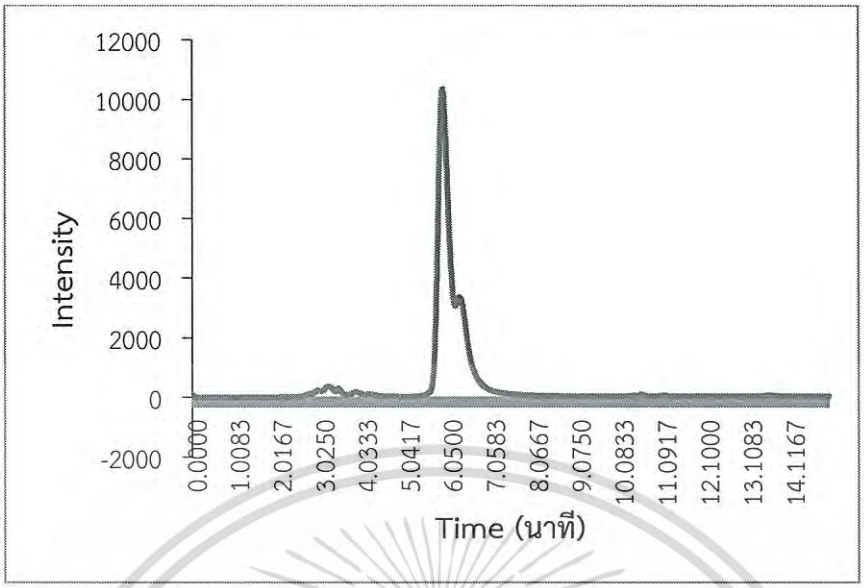
กราฟมาตรฐานของแกมมา-ออไรซานอลที่ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	2.773	2.533	2.833	1015	101	10.092
2	2.952	2.833	3.067	1534	146	10.509
3	3.172	3.067	3.367	1830	140	13.115
4	3.453	3.367	3.633	1409	201	7.019
5	5.933	5.533	6.233	42269	2297	18.403
6	6.337	6.233	7.242	15833	759	20.873
7	11.517	11.400	11.658	1025	125	8.213

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

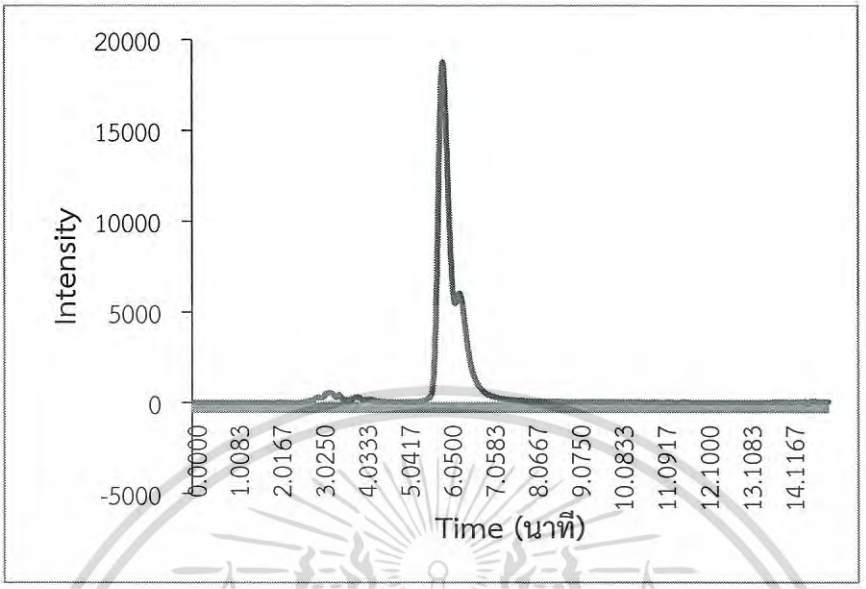
กราฟมาตรฐานของแกมมา-ออไรซานอลที่ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	2.775	2.492	2.817	1050	102	10.27
2	2.938	2.817	3.033	2241	205	10.931
3	3.199	3.033	3.367	5337	343	15.577
4	3.436	3.367	3.617	2398	273	8.799
5	3.855	3.617	4.067	2691	158	16.99
6	4.192	4.067	4.517	1157	81	14.288
7	5.910	5.358	6.208	187978	10287	18.273
8	6.311	6.208	7.650	71557	3298	21.694
9	10.591	10.475	10.742	1088	127	8.546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

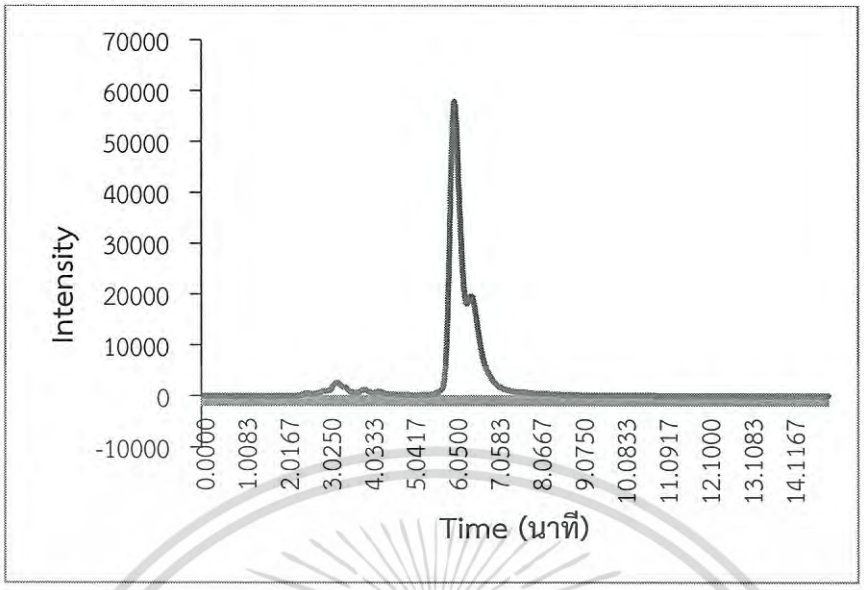
กราฟมาตรฐานของแกมมา-ออไรซานอลที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	2.952	2.533	3.025	3938	275	14.297
2	3.227	3.025	3.383	8801	521	16.896
3	3.445	3.383	3.617	3550	414	8.576
4	3.857	3.617	4.067	4792	279	17.194
5	4.195	4.067	4.550	2190	148	14.772
6	5.913	5.275	6.208	339128	18706	18.13
7	6.312	6.208	7.883	130322	5959	21.87
8	14.646	14.525	14.775	1147	129	8.904

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

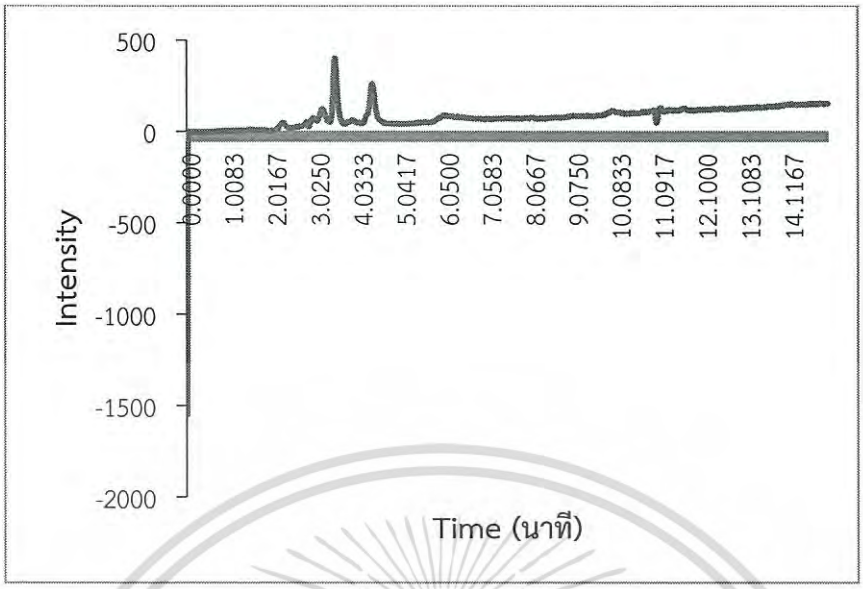
กราฟมาตรฐานของแกมมา-ออไรซานอลที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	2.534	2.092	2.675	8684	548	15.852
2	3.243	2.675	3.408	59061	2563	23.04
3	3.436	3.408	3.717	18643	1696	10.994
4	3.900	3.717	4.108	20273	1168	17.355
5	4.248	4.108	5.108	20039	795	25.207
6	6.063	5.108	6.367	1096912	57851	18.961
7	6.464	6.367	9.242	485711	19431	24.997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

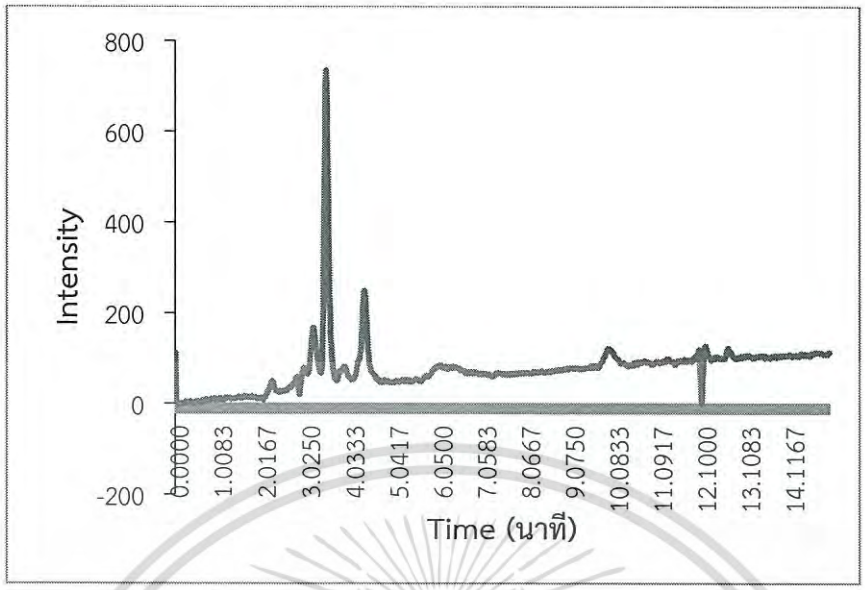
กราฟมาตรฐานของแกมมา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 7.8125 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.457	3.342	3.675	2491	363	6.855
2	4.332	4.075	4.642	2143	216	9.918

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

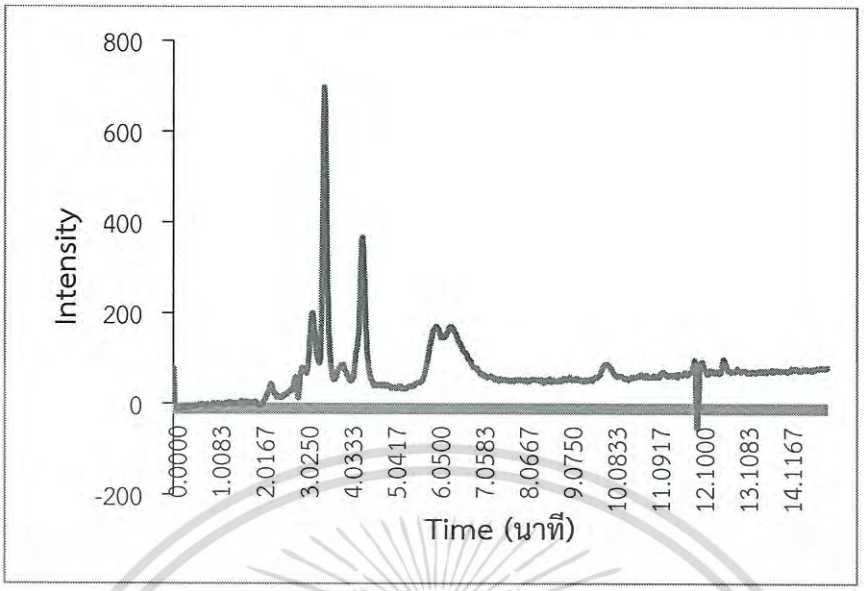
กราฟมาตรฐานของแกมมา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 15.625 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.167	3.042	3.350	1580	141	11.196
2	3.458	3.350	3.692	4931	703	7.013
3	4.332	4.033	4.625	2160	203	10.651

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

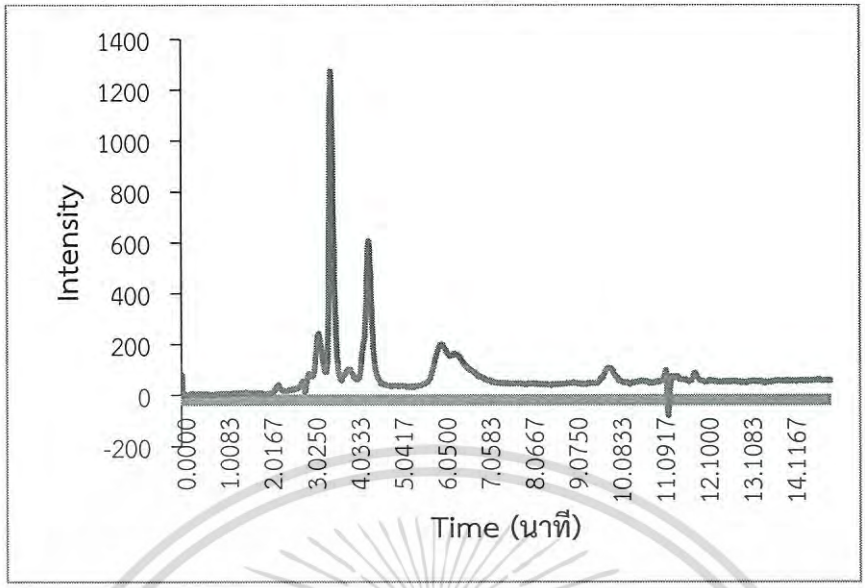
กราฟมาตรฐานของแกมมา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 31.25 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.187	3.042	3.350	2087	181	11.509
2	3.462	3.350	3.692	5007	675	7.421
3	4.336	4.050	4.608	3477	330	10.544
4	6.046	5.708	6.158	2023	117	17.227
5	6.395	6.158	6.800	3175	112	28.229

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

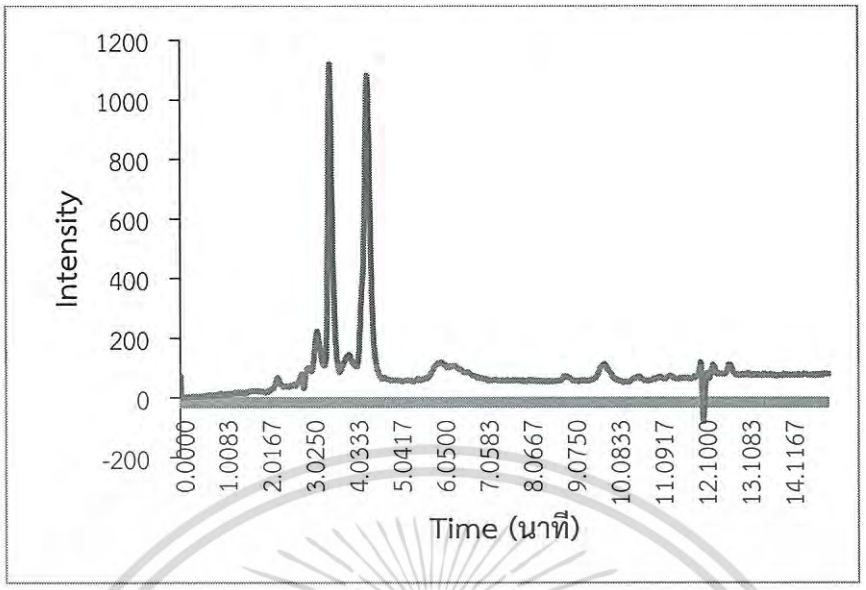
กราฟมาตรฐานของแกมมา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 62.5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.163	3.033	3.342	2500	222	11.248
2	3.456	3.342	3.683	8846	1249	7.082
3	3.888	3.683	4.058	1123	70	16.088
4	4.326	4.058	4.617	5966	564	10.574
5	6.006	5.725	6.200	1338	87	15.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

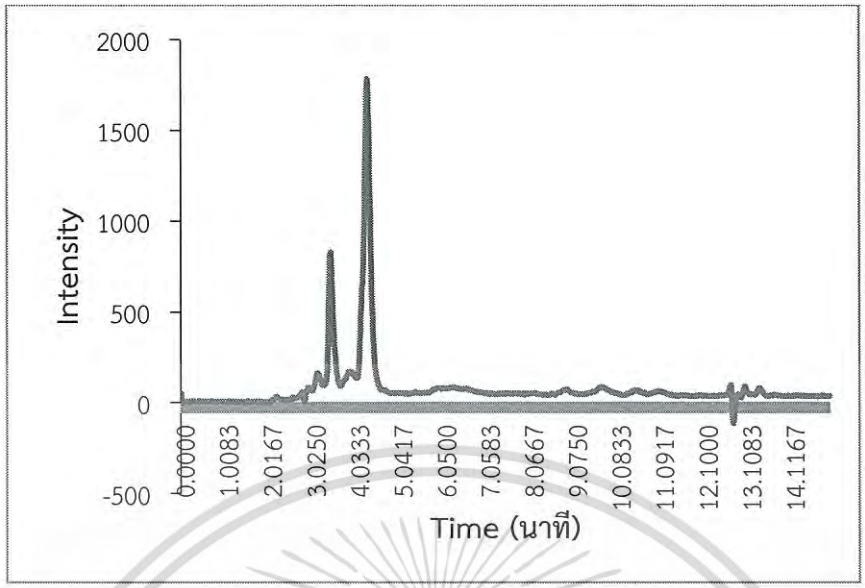
กราฟมาตรฐานของแกมมา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 125 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.164	3.033	3.325	2025	184	10.989
2	3.461	3.325	3.692	8036	1075	7.473
3	3.898	3.692	4.083	1646	95	17.339
4	4.324	4.083	4.675	11121	1024	10.857

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

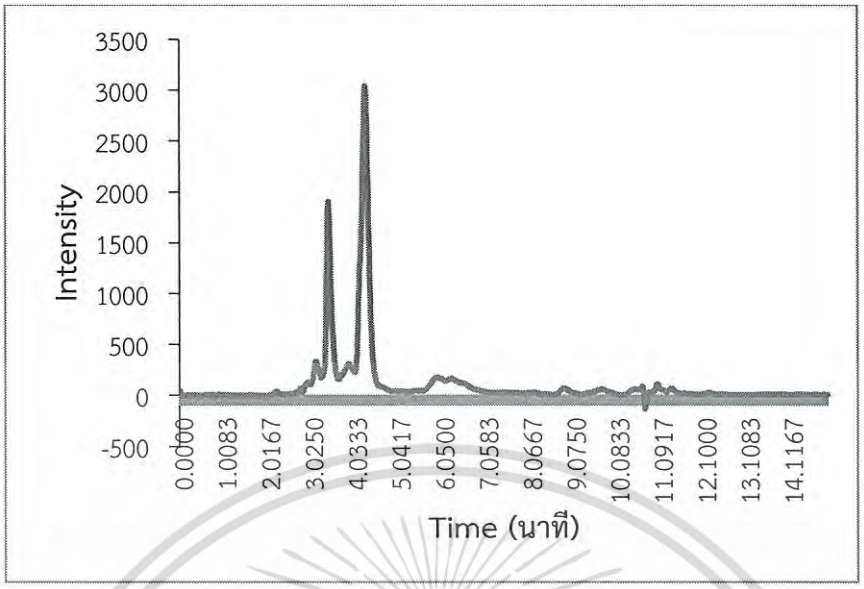
กราฟมาตรฐานของแกมมา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.158	3.025	3.283	1609	148	10.855
2	3.445	3.283	3.675	6814	804	8.476
3	3.890	3.675	4.058	2317	131	17.691
4	4.301	4.058	4.692	19488	1730	11.264
5	12.872	12.775	12.942	1031	143	7.206
6	13.036	12.942	13.167	1618	155	10.42
7	13.373	13.167	13.600	1471	85	17.336

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

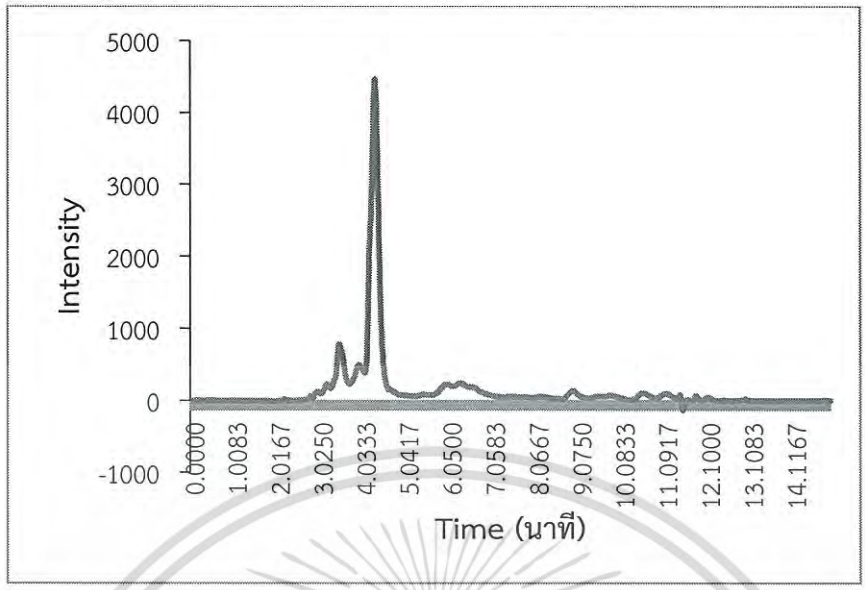
กราฟมาตรฐานของแกมมา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.161	3.033	3.292	3181	309	10.295
2	3.451	3.292	3.692	15695	1876	8.364
3	3.913	3.692	4.067	4839	280	17.265
4	4.303	4.067	4.883	37769	3005	12.568
5	5.982	5.642	6.167	2747	133	20.578
6	6.305	6.167	6.508	2175	125	17.444
7	6.625	6.508	6.867	1072	72	14.867
8	10.500	10.300	10.642	1789	111	16.139
9	10.875	10.767	10.942	1140	142	8.006
10	11.044	10.942	11.258	2546	192	13.29
11	11.358	11.258	11.592	1111	95	11.731

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

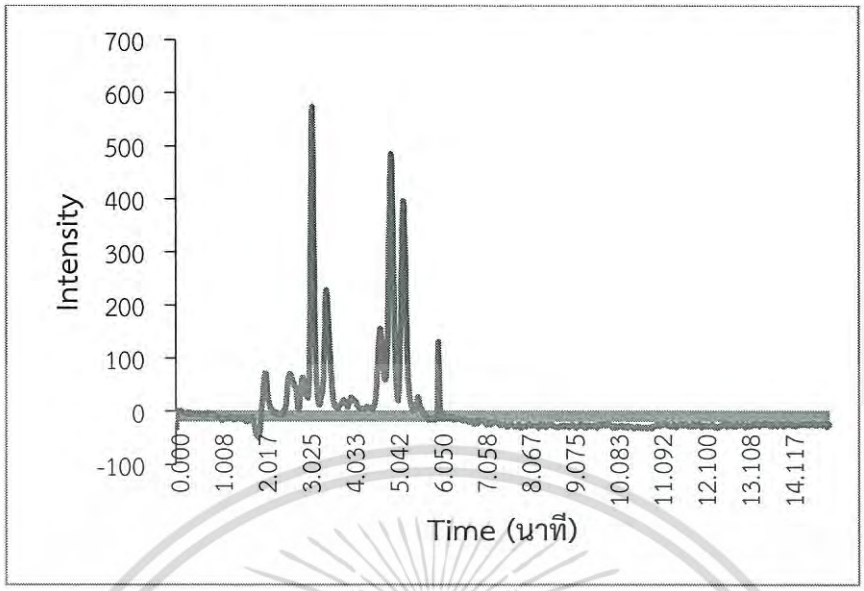
กราฟมาตรฐานของแกมมา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.200	3.067	3.300	2085	201	10.394
2	3.484	3.300	3.733	10540	747	14.104
3	3.948	3.733	4.092	7286	453	16.08
4	4.330	4.092	4.942	59993	4415	13.588
5	6.017	5.683	6.125	2406	151	15.911
6	6.330	6.125	6.517	3458	174	19.824
7	6.625	6.517	7.125	2231	122	18.298
8	8.961	8.700	9.258	1917	116	16.572
9	9.517	9.258	9.767	1135	46	24.798
10	10.596	10.333	10.917	3049	128	23.767
11	11.119	10.917	11.367	4178	180	23.181
12	11.464	11.367	11.533	1387	207	6.696
13	11.65	11.533	11.783	1489	130	11.491
14	11.839	11.783	11.975	1253	155	8.112
15	12.123	11.975	12.325	1091	81	13.395

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

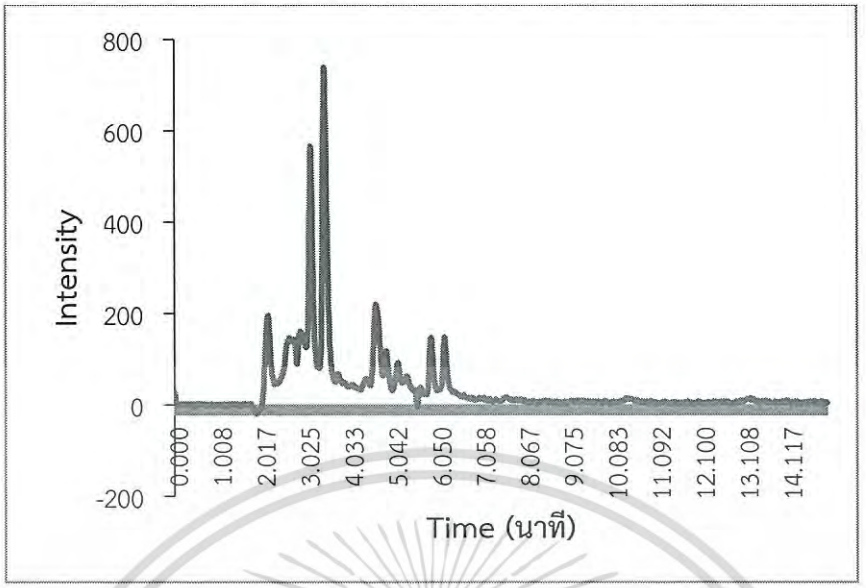
กราฟมาตรฐานของแอลฟา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 7.8125 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.136	3.033	3.308	3389	574	5.901
2	3.459	3.308	3.725	1917	226	8.465
3	4.697	4.525	4.817	1273	151	8.449
4	4.946	4.817	5.100	3783	482	7.847
5	5.232	5.100	5.467	3099	394	7.863

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

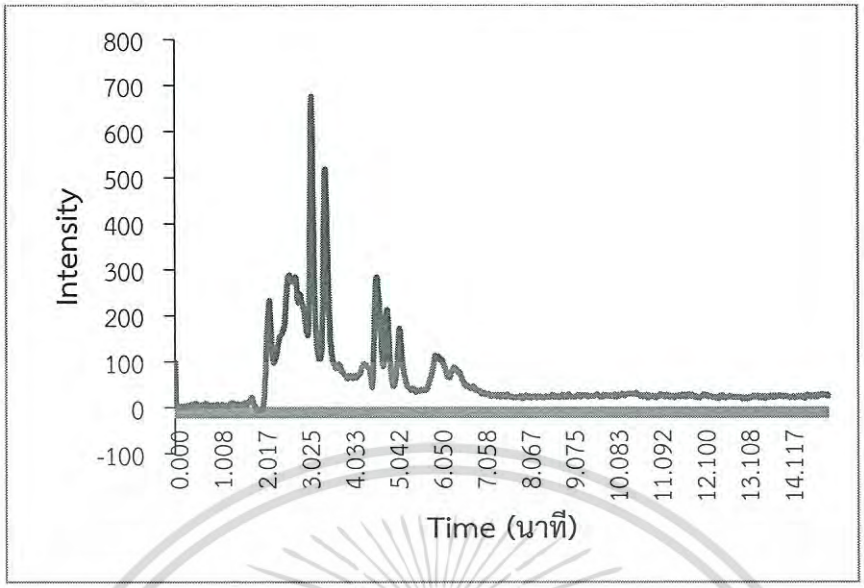
กราฟมาตรฐานของแอลฟา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 15.625 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	2.150	1.983	2.300	1438	174	8.239
2	2.635	2.417	2.817	1434	94	15.29
3	2.895	2.817	3.033	1147	108	10.577
4	3.131	3.033	3.317	3416	514	6.646
5	3.441	3.317	3.692	4782	688	6.946
6	4.625	4.500	4.783	1972	197	10.02
7	5.888	5.742	6.042	1031	140	7.383

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

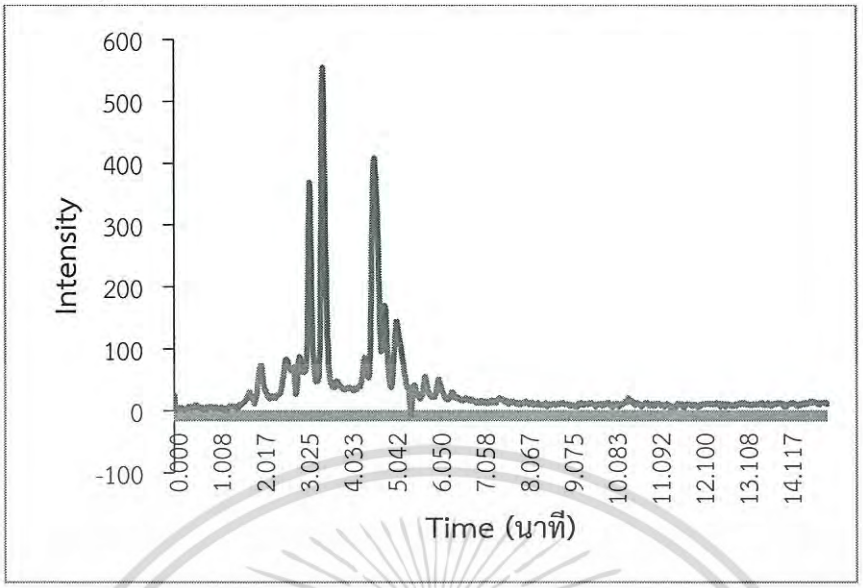
กราฟมาตรฐานของแอลฟา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 31.25 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	2.163	1.983	2.267	1976	230	8.578
2	2.616	2.267	2.692	4573	271	16.869
3	2.767	2.692	2.825	1974	260	7.581
4	2.868	2.825	3.042	2380	221	10.789
5	3.138	3.042	3.333	4576	641	7.136
6	3.449	3.333	3.700	3870	473	8.184
7	4.629	4.525	4.783	2126	240	8.857
8	4.859	4.783	5.017	1159	170	6.801
9	5.152	5.017	5.408	1083	133	8.165
10	5.974	5.750	6.292	1407	73	19.366

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

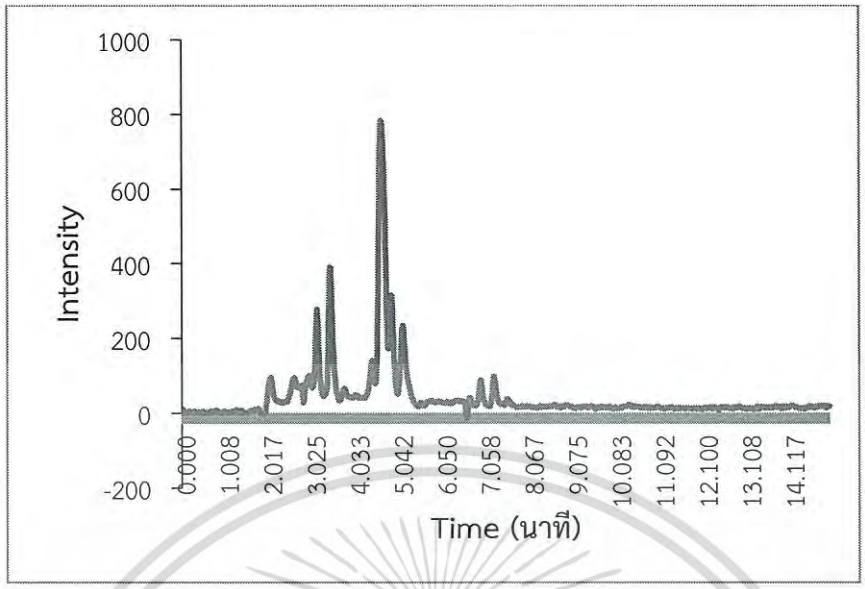
กราฟมาตรฐานของแอลฟา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 62.5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.122	2.975	3.275	2180	338	6.444
2	3.432	3.275	3.683	3437	520	6.605
3	4.610	4.483	4.775	3659	369	9.913
4	5.119	4.992	5.450	1687	119	14.155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

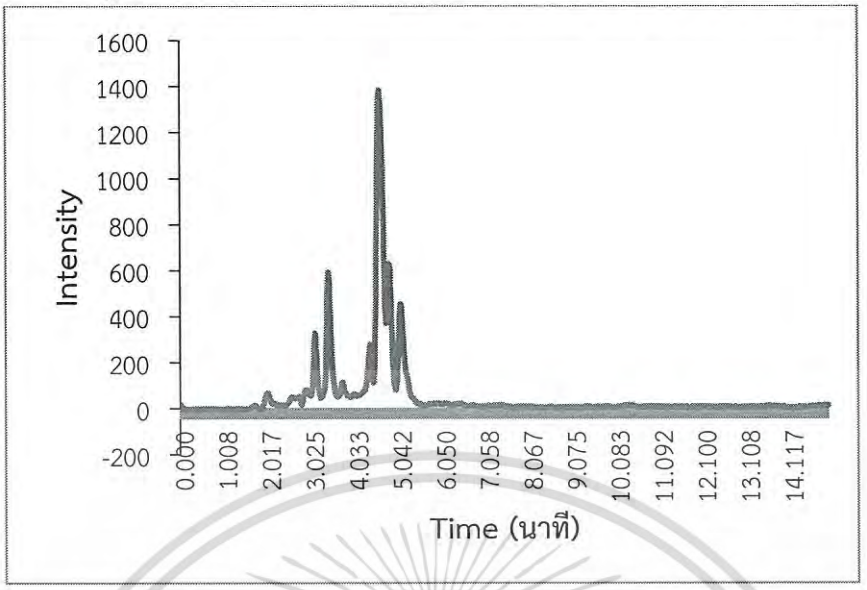
กราฟมาตรฐานของแอลฟา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 125 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.133	3.025	3.300	1627	247	6.582
2	3.442	3.300	3.642	2429	358	6.78
3	4.615	4.492	4.783	7624	748	10.189
4	4.851	4.783	4.992	1978	285	6.927
5	5.116	4.992	5.450	2021	208	9.694

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

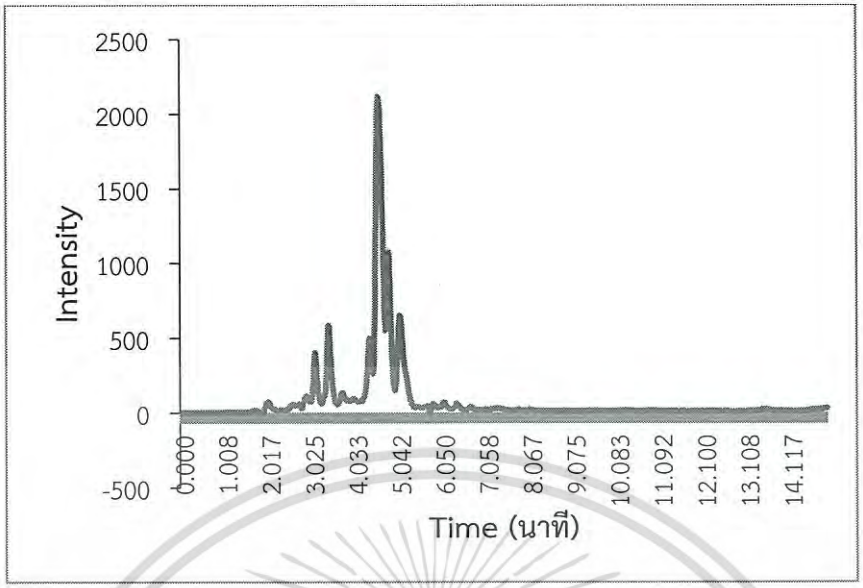
กราฟมาตรฐานของแอลฟา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.121	3.008	3.258	2084	312	6.678
2	3.429	3.258	3.650	4297	575	7.467
3	4.393	4.233	4.467	2067	262	7.892
4	4.603	4.467	4.767	14605	1366	10.693
5	4.837	4.767	4.983	4533	610	7.433
6	5.098	4.983	5.500	4487	435	10.317

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

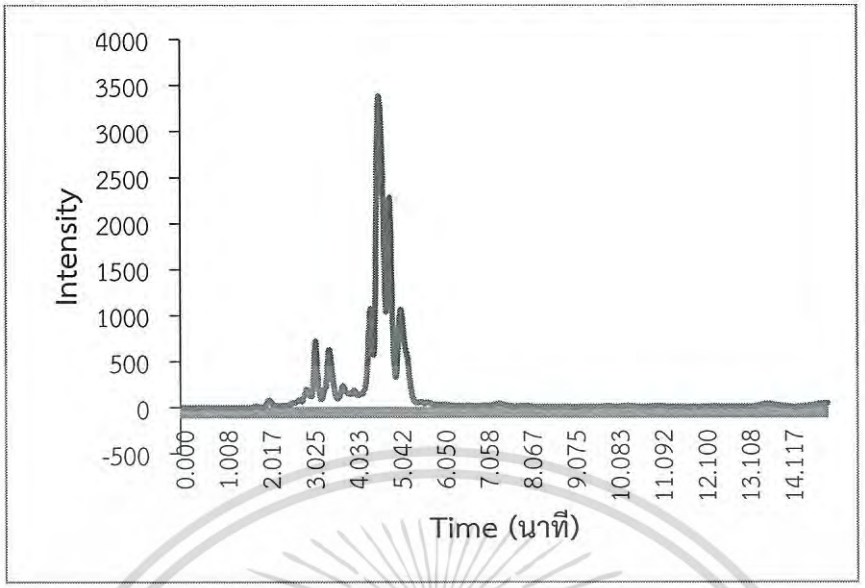
กราฟมาตรฐานของแอลฟา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	3.129	3.017	3.275	2555	377	6.783
2	3.439	3.275	3.642	4338	559	7.761
3	3.758	3.642	3.925	1143	108	10.627
4	4.398	4.133	4.475	3989	470	8.494
5	4.604	4.475	4.767	22187	2084	10.644
6	4.840	4.767	4.983	7708	1043	7.389
7	5.101	4.983	5.450	6761	617	10.963

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟมาตรฐานของแอลฟา-โทโคฟีรอลที่ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H
1	2.919	2.817	3.025	1535	169	9.072
2	3.127	3.025	3.275	4568	691	6.614
3	3.440	3.275	3.633	5781	598	9.673
4	3.759	3.633	3.950	2563	204	12.541
5	4.021	3.950	4.125	1339	154	8.686
6	4.400	4.125	4.483	9157	1039	8.816
7	4.600	4.483	4.767	37424	3348	11.178
8	4.845	4.767	4.992	17066	2242	7.612
9	5.103	4.992	5.467	13393	1017	13.166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH)

1. เตรียมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ดังนี้

1.1 ชั่ง DPPH 0.0040 กรัม ละลายด้วยเอทานอล 95%

1.2 ปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร

1.3 นำไปผ่านคลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้เครื่อง Sonicate ประมาณ 15 นาที แล้วนำมาใช้งาน ทำการห่อกระดาษฟรอยด์ที่ภาชนะ เพื่อป้องกันแสง

2. เตรียมตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้

2.1 วิเคราะห์น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวดอกมะลิ จะใช้ความเข้มข้น 2000, 3000, 4000, 5000, 6000,7000 และ 8000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2.2 วิเคราะห์น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวดอกขาม จะใช้ความเข้มข้น 100, 200, 300, 4000, 500, 600, 700 และ 800 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หยอดตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร ลงใน 96-well plate

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader
5. หยดสารละลาย DPPH 100 ไมโครลิตร ลงใน 96-well plate
6. เขย่าและบ่มไว้ในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที
7. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader
8. โดยใช้ BHT เป็นสารละลายมาตรฐาน ที่ความเข้มข้น 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

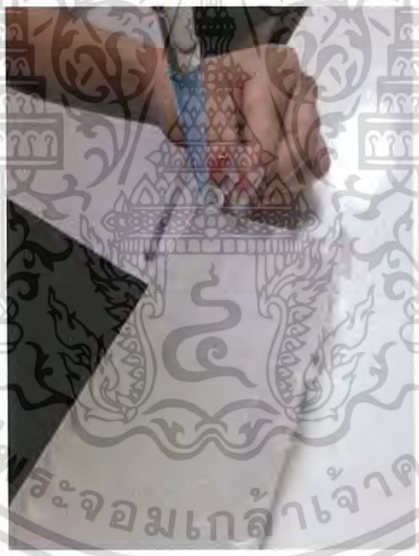
การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin - cioculture procedure

การเตรียมสารเคมีและการเตรียมตัวอย่าง

1. เตรียมโฟลินซิโอ-เคาทูรีเอเจนต์ เข้มข้น 10% โดยการผสมโฟลินซิโอ-เคาทูรีเอเจนต์ 6 มิลลิลิตรกับน้ำกลั่น 54 มิลลิลิตร
2. เตรียม Na_2CO_3 เข้มข้น 10% โดยการชั่ง Na_2CO_3 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
3. เตรียมตัวอย่างโดยการชั่งน้ำมันรำข้าวจากรำข้าวดอกมะลิมา 0.003 กรัม และชั่งน้ำมันรำข้าวจากรำข้าวดอกขาม 0.001 กรัม นำมาละลายด้วยเอทานอล 70% 1 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการนำตัวอย่างไปวิเคราะห์

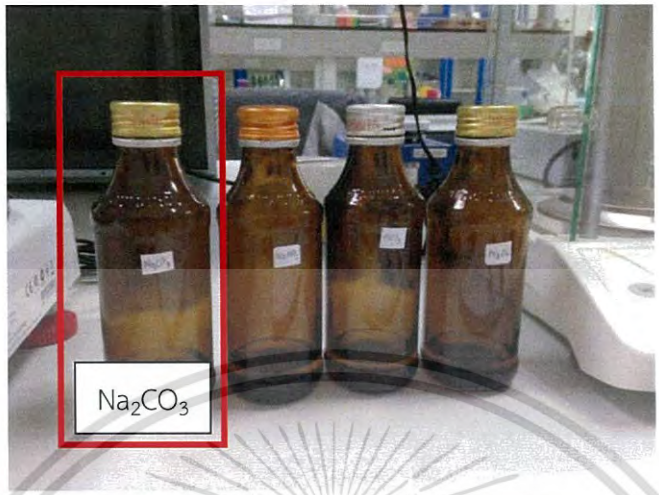
1. เตรียมสารละลายตัวอย่าง น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากข้าวดอกมะลิเตรียมที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากข้าวดอกขามเตรียมที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



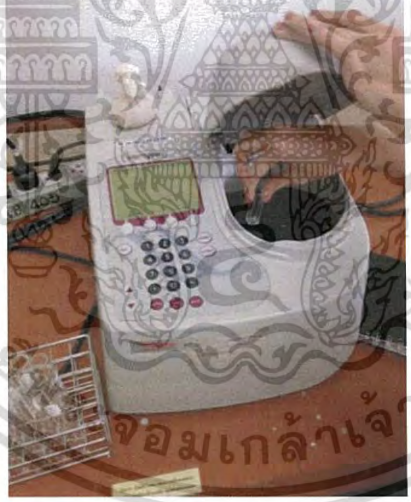
2. นำสารละลายตัวอย่างปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย โฟลินซิโอ-เคาทูรีเอเจนต์ เข้มข้น 10% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน

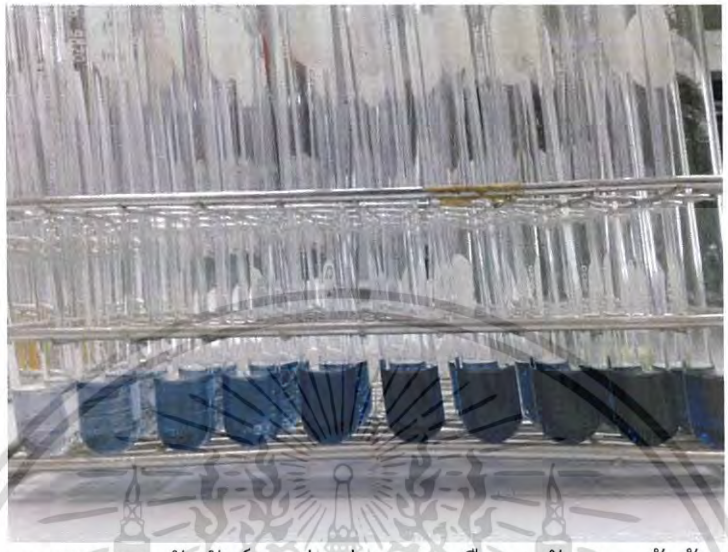


4. จากนั้นตั้งสารละลายไว้ในที่มืด เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer

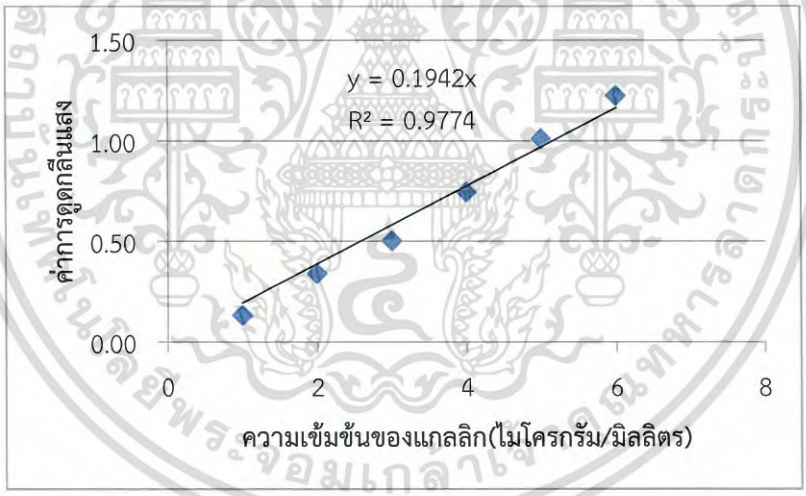


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ใช้สารละลายกรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน ที่ความเข้มข้น 20 ถึง 120 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดหาได้จากการนำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐาน



กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของแกลลิก



ความเข้มข้นของแกลลิก(ไมโครกรัม/มิลลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง			
	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	เฉลี่ย
20	0.134	0.112	0.145	0.13
40	0.319	0.341	0.353	0.34
60	0.516	0.492	0.494	0.50
80	0.74	0.755	0.736	0.74
100	0.995	0.992	1.039	1.01
120	1.189	1.234	1.25	1.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

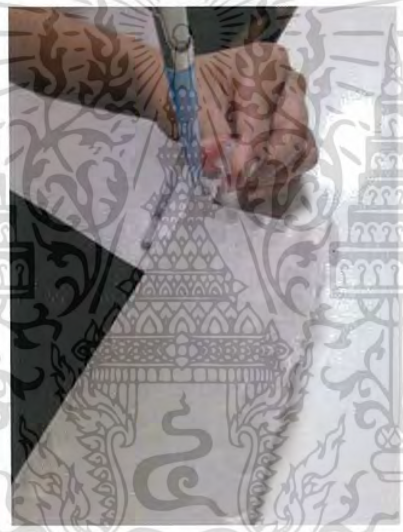
การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ โดยวิธี Aluminium chloride colorimetric method

การเตรียมสารเคมีและการเตรียมตัวอย่าง

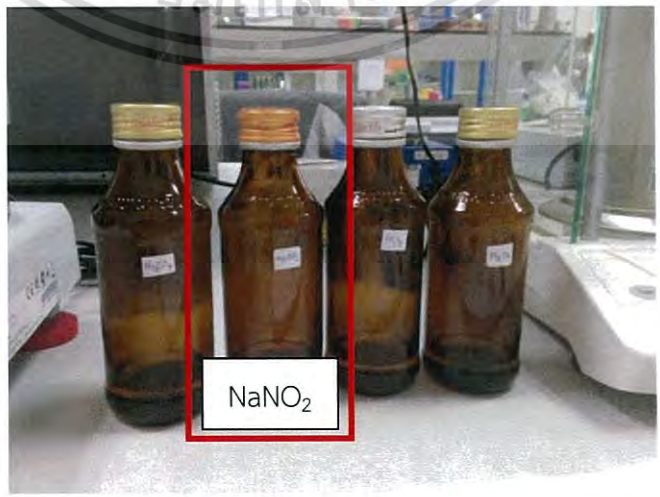
1. เตรียม $NaNO_2$ 5% โดยชั่ง $NaNO_2$ 2.5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
2. เตรียม $AlCl_3$ 5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
3. เตรียม NaOH 4.3% โดยชั่ง NaOH 4.3 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
4. เตรียมตัวอย่างโดยการชั่งน้ำมันรำข้าวจากรำข้าวดอกมะลิ 0.003 กรัม และชั่งน้ำมันรำข้าวจากรำข้าวดอกขาม 0.001 กรัม นำมาละลายด้วยเอทานอล 70% 1 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการนำตัวอย่างไปวิเคราะห์

1. เตรียมสารละลายตัวอย่าง น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากข้าวดอกมะลิเตรียมที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากข้าวดอกขามเตรียมที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

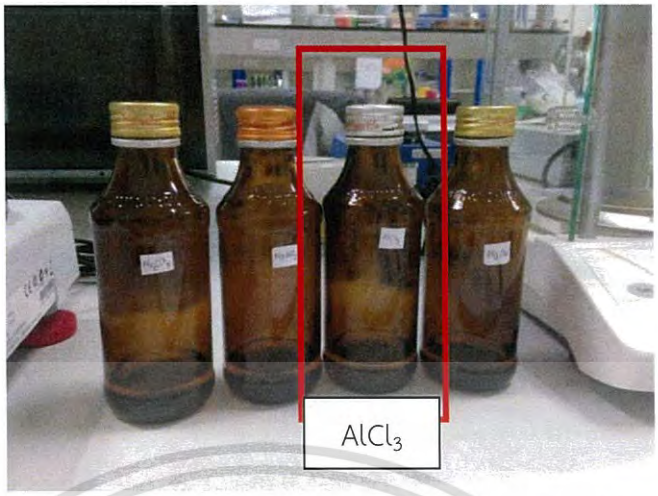


2. นำสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายโซเดียมไนไตรท์ ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 150 ไมโครลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน



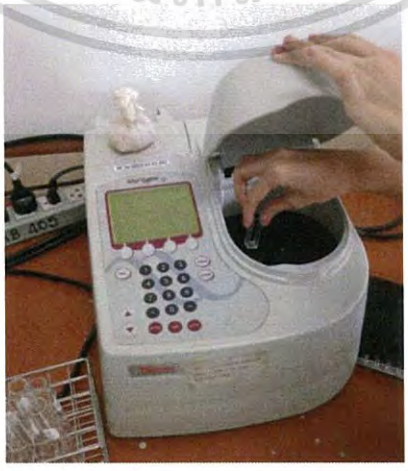
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จากนั้นเติมสารลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน



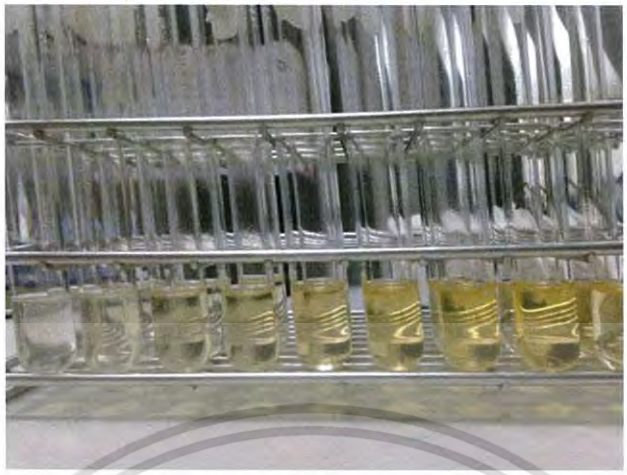
4. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 4.3% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน

5. จากนั้นเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 40 นาที
6. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer

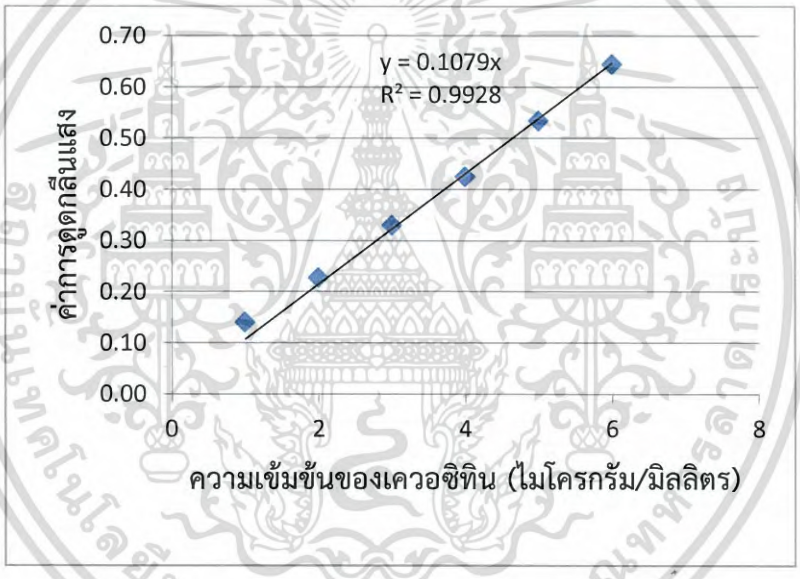


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ใช้เควอซิทิน (quercetin) เป็นสารมาตรฐาน ที่ความเข้มข้น 20 ถึง 120 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร



กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของเควอซิทิน



ความเข้มข้นของเควอซิทิน (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง			
	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	เฉลี่ย
20	0.154	0.134	0.132	0.14
40	0.228	0.239	0.214	0.23
60	0.32	0.356	0.313	0.33
80	0.424	0.432	0.418	0.42
100	0.538	0.541	0.522	0.53
120	0.703	0.651	0.579	0.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

วิเคราะห์ทางสถิติ

วิธีการคำนวณค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics

1. เปิดโปรแกรม IBM SPSS Statistics จะอยู่ที่หน้าต่างของ Data Editor กรอกข้อมูลที่ตรงการวิเคราะห์เป็นแถวๆ
2. คลิกแถบของ Variable view เพื่อเปิดหน้าต่างตั้งค่าตัวแปร โดยที่ส่วนหัวของคอลัมน์จะแสดงคุณลักษณะของตัวแปร สามารถตั้งชื่อได้ในช่อง Name และสามารถใส่คำอธิบายรายละเอียดของตัวแปรได้ในช่อง values
3. ตั้งค่าการวัดที่ช่อง Measure กำหนดให้ปัจจัยหรือสภาวะเป็น Nominal และค่าที่ต้องการคำนวณ ตั้งให้เป็น Scale
4. จากนั้นคลิกที่แถบคำสั่งด้านบน Analyze เลือก compare mean และคลิก One-Way ANOVA
5. ลากตัวอย่างที่เป็น Nominal ใส่ในช่อง factor และลากค่าที่เป็น Scale ไว้ใน Dependent list
6. คลิกที่ Post Hoc. และเลือกคลิกเครื่องหมายถูกที่ช่อง Duncan
7. ตั้งค่าระดับความเชื่อมั่นที่ช่อง Significance level แล้วคลิกที่ Continue และ OK
8. อ่านค่า และแปลผลที่วิเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้