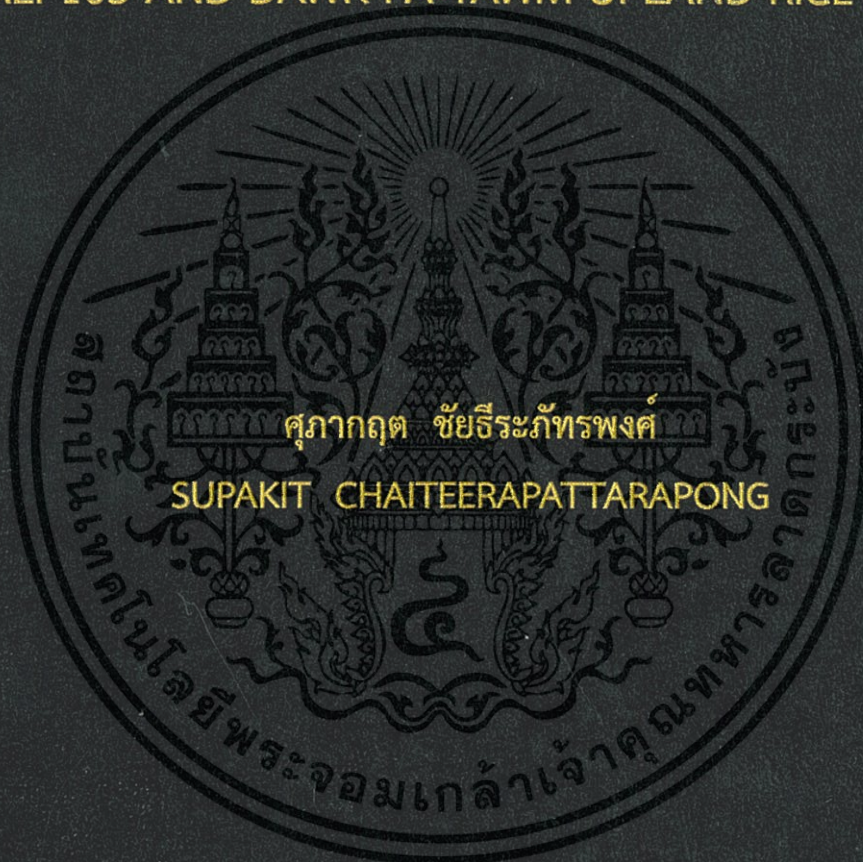


การประเมินสารแกมมาโอไรซานอล
ในรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวไร้ดอกพะยอม

EVALUATION OF GAMMA ORYZANOL IN KHAO DAWK
MALI 105 AND DAWK PA-YAWM UPLAND RICE BRANS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-SC-M-020-003

การประเมินสารแกมมาโอไรซานอล
ในรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวไร้ดอกพะยอม

EVALUATION OF GAMMA ORYZANOL IN KHAO DAWK
MALI 105 AND DAWK PA-YAWM UPLAND RICE BRANS



T145907

ศุภาภฤต ชัยธีระภัทรพงศ์
SUPAKIT CHAITEERAPATTARAPONG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 145907
วันเดือนปี 12 / ๑๒.๒. 25๕๐

b. 128๖๖๙๖
f.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

KMITL-2016-SC-M-020-003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EVALUATION OF GAMMA ORYZANOL IN KHAO DAWK
MALI 105 AND DAWK PA-YAWM UPLAND RICE BRANS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF BIOLOGY FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
YEAR 2016

KMITL-2016-SC-M-020-003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

“การประเมินสารแกมมาโอไรซานอลในรำข้าวขาวดอกมะลิ 105
และข้าวไร้ดอกพะยอม”

(EVALUATION OF GAMMA ORYZANOL IN KHAO DAWK MALI
105 AND DAWK PA-YAWM UPLAND RICE BRANS)

ชื่อนักศึกษา

นายศุภาภฤต ชัยธีระภัทรพงศ์

รหัสประจำตัว

57605117

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ)

ภาควิชา

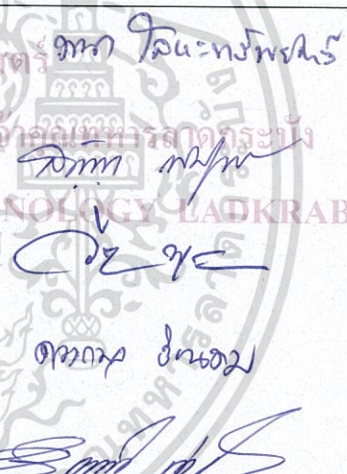
ชีววิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.จิตติ ท่าไฉ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.พนา โลหะทรัพย์ทวี ประธานกรรมการ ผศ.ดร.สรัญญา พันธุ์ฤกษ์ อาจารย์บัณฑิตประจำ (ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง) ผศ.ภญ.ดร.วิณา นุกูลการ ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกสถาบันฯ ผศ.ดร.ดวงกมล เรือนงาม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.จิตติ ท่าไฉ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 16 กันยายน พ.ศ. 2559 เวลา 09.00 - 12.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง 439 อาคารจุฬารกรณ์ 1

คณะวิทยาศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุชนิ ธนะบริพัฒน์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วันที่ 14 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินสารแกมมาโอโรซานอลในรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวไร้ดอกพะยอม
ชื่อนักศึกษา	ศุภาภฤต ชัยธีระภัทรพงศ์
รหัสประจำตัว	57605117
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ภาควิชา	ชีววิทยา
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(สจล.)
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. จิตติ ท่าไว
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ. ดร. ดวงกมล เรือนงาม

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยวิธีการสกัดที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด และการสกัดด้วยเครื่องซอกท์เลต และทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวด้วยวิธี DPPH จากการศึกษาพบว่า การสกัดรำข้าวด้วยเครื่องซอกท์เลต โดยใช้ไอโซโพรพานอลในการสกัด เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงทั้งการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105(0.56 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.57 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตในการสกัด ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมด้วยใช้เครื่องซอกท์เลต โดยใช้เอทานอลในการสกัด เป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ และให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด(11.92-12.72 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และเมื่อสกัดรำข้าวโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตในการสกัด ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยจะมีค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 อยู่ในช่วง 0.52-0.55 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย

คำสำคัญ : รำข้าว น้ำมันรำข้าว แกมมาโอโรซานอล การต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Evaluation of gamma oryzanol in Khao dawk mali 105 and Dawk pa-yawm upland rice brans
Student Name	Supakit Chaiteerapattarapong
Student ID	57605117
Degree	Master of Science
Department	Biology
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang(KMITL)
Year	2016
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Chitti Thawai
Thesis Co-advisor	Asst. Prof. Dr. Duangkamol Ruen-ngam

Abstract

The aim of this thesis was to study the effect of extraction method on rice bran oil containing gamma oryzanol and gamma tocopherol. The rice bran oil was extracted from two varieties of rice bran, Khao dawk mali 105 rice and Dawk pa-yawm upland rice. The rice bran was extracted by four methods which were Ultrasonic, Subcritical-solvent, Supercritical-carbon dioxide and Soxhlet extraction. In addition, another purpose was to study the antioxidant activity of rice bran oil that was reported as IC_{50} by DPPH assay. The results showed that the soxhlet extraction using isopropanol for 10 hours gave the highest amount of rice bran oil, both Khao dawk mali 105 rice (0.56 g/g rice bran) and Dawk pa-yawm upland rice (0.57 g/g rice bran). The dawk pa-yawm upland rice bran was extracted by subcritical-methanol extraction at temperature 120 °C for 60 min and soxhlet extraction using ethanol for 6, 8 and 10 hours and gave no significant difference of amount of gamma oryzanol while yielding the highest amount of gamma oryzanol (11.92-12.72 mg/g rice bran). The subcritical-water extraction at temperature 120 °C for 40 and 60 min gave no significant difference of antioxidant activity of rice bran oil while yielding the best of antioxidant activity for both Khao dawk mali 105 rice bran oil and Dawk pa-yawm upland rice bran oil (0.52-0.55 mg rice bran oil/ml solvent of IC_{50} value).

Keywords : rice bran, rice bran oil, gamma oryzanol, antioxidant activity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

หัวข้อวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งสำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดีจากการสนับสนุนและการช่วยเหลือจากผู้มีอุปการะคุณหลายท่าน

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จิตติ ท่าไว อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงกมล เรืองงาม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาเป็นอย่างยิ่งในการให้คำปรึกษา ระหว่างการดำเนินงาน ค้นคว้า และวิจัย รวมทั้งให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ ตลอดจนการตรวจทาน แก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนา โลหะทรัพย์ทวี ประธานกรรมการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรัญญา พันธุ์ฤกษ์ กรรมการ อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกสัชกรหญิง ดร. วิณา นุกุลการ กรรมการ อาจารย์ประจำภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่กรุณาเป็นอย่างยิ่งในการให้คำปรึกษาและข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และสละเวลาในการ เข้าร่วมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. อาทิวรรณ โชติฤกษ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่ธุรการประจำภาควิชา ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด รวมทั้งการให้คำปรึกษาและให้การสนับสนุนให้ด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์ศิริ จรรย์นนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติศักดิ์ คู่วิญญ และอาจารย์ นพพงศ์ ศรีตระกูล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร และเจ้าหน้าที่ธุรการประจำภาควิชา ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือการสกัดด้วยตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต รวมทั้งการให้คำปรึกษาและให้การสนับสนุนให้ด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ธุรการประจำภาควิชาชีววิทยา เจ้าหน้าที่งานบัณฑิตศึกษา เจ้าหน้าที่ฝ่ายอาคาร ที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และบุคคลในครอบครัว รวมทั้งผู้ที่มีส่วนร่วมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และกำลังใจตลอดมา จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดี

ศุภาภฤต ชัยธีระภัทรพงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
คำย่อ/สัญลักษณ์.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย/ปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้าว.....	4
2.2 ไร่ข้าว	5
2.3 น้ำมันไร่ข้าว	7
2.4 การสกัดน้ำมันไร่ข้าว	8
2.4.1 การสกัดแบบใช้คลื่นเสียงความถี่สูง.....	8
2.4.2 การสกัดด้วยตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต	11
2.4.3 การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต	14
2.4.4 การสกัดด้วยเครื่องชกซ์เลต	18
2.5 พันธุ์ข้าว.....	20
2.5.1 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105.....	21
2.5.2 ข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอม	21
2.6 แกรมมาโอไรซานอล.....	22
2.6.1 คุณสมบัติของสารแกรมมาโอไรซานอล.....	23
2.6.2 แหล่งของสารแกรมมาโอไรซานอลในธรรมชาติ	25
2.6.3 คุณประโยชน์ของสารแกรมมาโอไรซานอล	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 อนุมูลอิสระและการต้านอนุมูลอิสระ.....	26
2.7.1 การต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแกมมาโอโรซานอล.....	27
2.7.2 การวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ.....	29
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	37
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์.....	37
3.1.1 สารเคมี.....	37
3.1.2 ตัวอย่างรำข้าว.....	37
3.1.3 เครื่องมือ.....	37
3.2 การเตรียมรำข้าว.....	38
3.3 การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง.....	38
3.4 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งจุดวิกฤต.....	39
3.5 การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต.....	40
3.6 การสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต.....	40
3.7 การวัดปริมาณสารด้วยวิธีโครมาโตกราฟีแบบของเหลวประสิทธิภาพสูง.....	40
3.8 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH.....	41
3.9 การเปรียบเทียบค่าทางสถิติ.....	41
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	42
4.1 การสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง.....	42
4.1.1 ชนิดของตัวทำละลาย.....	42
4.1.2 อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย.....	48
4.1.3 อุณหภูมิ.....	54
4.1.4 เวลา.....	60
4.1.5 แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง.....	66
4.2 การสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งจุดวิกฤต.....	72
4.2.1 ชนิดของตัวทำละลาย.....	72
4.2.2 อุณหภูมิ.....	91
4.2.3 เวลา.....	104
4.2.4 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้ตัวทำละลาย ที่สภาวะกึ่งจุดวิกฤต.....	111

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต	115
4.3.1 อุณหภูมิ	115
4.3.2 เวลา	126
4.3.3 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต	129
4.4 การสกัดสารจากรำข้าวด้วยเครื่องชอกห์เลต	131
4.4.1 ชนิดของตัวทำละลาย	131
4.4.2 เวลา	143
4.4.3 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้เครื่องชอกห์เลต	148
4.5 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากรำข้าว	150
4.5.1 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าว	150
4.5.2 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอไรซานอลจากรำข้าว	150
4.5.3 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าว	152
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	154
5.1 สรุปผลการวิจัย	154
5.2 ข้อเสนอแนะ	156
เอกสารอ้างอิง	157
ภาคผนวก	168
ภาคผนวก ก	169
ภาคผนวก ข	170
ภาคผนวก ค	172
ภาคผนวก ง	174
ภาคผนวก จ	176
ประวัติผู้เขียน	178

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สภาวะวิกฤตและกึ่งวิกฤตของตัวทำละลาย.....	14
2.2 การเปรียบเทียบความหนาแน่น ความหนืด และความสามารถในการแพร่ของแก๊ส ของไหลวิกฤตยิ่งยวด และของเหลว	16
2.3 งานวิจัยการเกี่ยวกับการสกัดสารด้วยเทคนิคการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง	33
2.4 งานวิจัยการเกี่ยวกับการสกัดสารด้วยเทคนิคการใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต	34
2.5 งานวิจัยการเกี่ยวกับการสกัดสารด้วยเทคนิคการใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด	35
2.6 งานวิจัยการเกี่ยวกับการสกัดสารด้วยเทคนิคการใช้เครื่องชงกึ่งไหล	36
4.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของ รำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	43
4.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตรา โซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	45
4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่อง อัลตราโซนิกแบบอ่างอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน.....	48
4.4 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล	50
4.5 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยด้วยเครื่อง อัลตราโซนิกแบบอ่าง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้ อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล.....	52
4.6 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่อง อัลตราโซนิกแบบอ่าง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้ อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล.....	53
4.7 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล โดยใช้อุณหภูมิในการสกัด เป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส.....	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.8 ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล โดยใช้อุณหภูมิในการสกัดเป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส.....	58
4.9 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล โดยใช้อุณหภูมิในการสกัดเป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส.....	59
4.10 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที.....	62
4.11 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที.....	63
4.12 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที.....	65
4.13 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบ.....	67
4.14 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบ.....	69
4.15 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบ.....	70
4.16 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส.....	77
4.17 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส.....	77
4.18 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส.....	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.19 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย ที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส.....	83
4.20 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย ที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส.....	83
4.21 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย ที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส.....	84
4.22 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส.....	89
4.23 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส.....	89
4.24 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส.....	90
4.25 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย.	94
4.26 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย	94
4.27 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย.....	95
4.28 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอล ที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย.....	98
4.29 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เมทานอล ที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย.....	98
4.30 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัด โดยใช้เอทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย.....	102
4.31 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัด โดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย.....	102
4.32 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัด โดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย.....	103
4.33 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต.....	111
4.34 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวโดยใช้ ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต.....	112
4.35 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าวโดยใช้ ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต.....	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.36 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต..	117
4.37 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต.....	121
4.38 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต.....	125
4.39 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องชอกห์เลต.....	134
4.40 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยเครื่องชอกห์เลต	138
4.41 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องชอกห์เลต	142
4.42 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าว.....	151
4.43 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว.....	152
4.44 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าว.....	153
ก.1 ข้อมูลตัวทำละลายต่างๆ	169

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว.....	6
2.2 การสกัดแบบใช้คลื่นเสียงความถี่สูง.....	9
2.3 กราฟแสดงการเกิดสภาวะกึ่งวิกฤตของน้ำ.....	11
2.4 ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของน้ำเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น.....	12
2.5 กราฟแสดงสถานะของสารที่ความดันและอุณหภูมิต่างๆ	15
2.6 กราฟแสดงสถานะของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความดันและอุณหภูมิต่างๆ	16
2.7 ระบบการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต.....	17
2.8 การสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต.....	19
2.9 โครงสร้างทางเคมีของแกมมาโอโรซานอล.....	23
2.10 แสดงโครงสร้างทางเคมีของแกมมาโอโรซานอลทั้ง 10 อนุพันธ์.....	24
2.11 กลไกในการต้านออกซิเดชันของแกมมาโอโรซานอล.....	28
2.13 สูตรโครงสร้างของ DPPH	30
4.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน.....	42
4.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน.....	45
4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน	47
4.4 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล.....	49
4.5 ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล.....	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล	52
4.7 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล โดยใช้อุณหภูมิในการสกัดเป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส	54
4.8 ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล โดยใช้อุณหภูมิในการสกัดเป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส	56
4.9 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล โดยใช้อุณหภูมิในการสกัดเป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส	58
4.10 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที	61
4.11 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที	63
4.12 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที	64
4.13 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบ	66
4.14 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบ	68

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิก แบบอ่างและแบบโพรบ	69
4.16 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต.....	76
4.17 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต	82
4.18 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต	88
4.19 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต ..	116
4.20 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต.....	120
4.21 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต.....	124
4.22 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เครื่องชอกท์เลต	133
4.23 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เครื่องชอกท์เลต ...	137
4.24 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เครื่องชอกท์เลต.....	141
ง.1 กราฟมาตรฐานของสารแกมมาโอโรซานอล.....	174
ง.2 พีคของสารมาตรฐานแกมมาโอโรซานอล	174
ง.3 กราฟมาตรฐานของสาร BHT	175

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
MA	รำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
DY	รำข้าวไร้ดอกพะยอม
DPPH	สารอนุมูลอิสระมาตรฐาน 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
BHT	สารมาตรฐาน butylated hydroxytoluene
IC ₅₀	ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50
(w/w)	โดยมวล
HPLC	เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง
RP-HPLC	เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงชนิดเฟสย้อนกลับ
min	นาที
h หรือ hour	ชั่วโมง
C หรือ °C	องศาเซลเซียส
Hex	เฮกเซน
EA	เอทิลอะซีเตต
Acto	อะซีโตน
IPA	ไอโซโพรพานอล
EtA	เอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งมีการบริโภคทั้งภายในประเทศและมีการส่งออกข้าวไปยังทั่วโลกปีละหลายล้านตัน จากผลผลิตจำนวนมากนี้ ทำให้มีผลพลอยได้ เช่น รำข้าว เป็นจำนวนมากตามไปด้วย

รำข้าว คือ ส่วนเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด นิวเคลลัส ชั้นแอลิวโรน และชั้นซับแอลิวโรน ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการขัดสีข้าว และในรำข้าวนี้จะเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด สารต้านอนุมูลอิสระ คือโมเลกุลของสารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลอื่นๆได้ ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องเนื่องกับการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปยังตัวออกซิไดซ์ ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถให้ผลิตภัณฑ์เป็นสารอนุมูลอิสระ สารอนุมูลอิสระเหล่านี้ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่และทำลายเซลล์ของร่างกาย ส่งผลทำให้เกิดโรคได้มากมาย เช่น โรคหลอดเลือดตีบ โรคมะเร็ง โรคอัลไซเมอร์ โรคไขข้ออักเสบ แก่ก่อนวัย เป็นต้น สารต้านอนุมูลอิสระจะเข้าไปยุติปฏิกิริยาลูกโซ่นั้น ด้วยการเข้าจับกับสารอนุมูลอิสระ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระที่พบมากในรำข้าว ได้แก่ แกมมาโอไรซานอล

แกมมาโอไรซานอลเป็นสารในกลุ่มเอสเทอร์ ที่ประกอบไปด้วยโครงสร้างหลักสองส่วน คือ ส่วนของกรดเพอรูลิกและส่วนของสเตอรอลหรือไตรเทอร์ปีนแอลกอฮอล์ต่อการด้วยพันธะเอสเทอร์ (Xu และ Godber, 1999) มีงานวิจัยมากมายที่พบว่า แกมมาโอไรซานอลช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลชนิดเลว (LDL-cholesterol) ช่วยเพิ่มอัตราการไหลเวียนโลหิต ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ โรคตับ โรคไต โรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูง และยังช่วยเสริมการทำงานของระบบสมอง นอกจากนี้ยังนิยมนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เนื่องจากเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการลดริ้วรอยและเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิวหนัง (นัยนาและเรวดี, 2545)

ในประเทศไทยมีการปลูกข้าวหลากหลายสายพันธุ์ ข้าวขาวดอกมะลิเป็นข้าวสายพันธุ์หนึ่งที่ถูกนิยมนำมาปลูกกันหลายพื้นที่โดยเฉพาะพื้นที่ภาคกลาง เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และนิยมนำมารับประทาน ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ เป็นข้าวเจ้าหอม สูงประมาณ 140 เซนติเมตร เป็นสายพันธุ์รำข้าวที่มีความไวต่อช่วงแสง ลำต้นสีเขียวจาง ใบสีเขียวยาวค่อนข้างแคบ ฟางอ่อน ใบงอทำมุมกับคอรวง เมล็ดข้าวรูปร่างเรียวยาว ข้าวเปลือกสีฟาง เมล็ดข้าวสารใส แกร่ง คุณภาพการสีดี คุณภาพการหุงต้มดี อ่อนนุ่ม มีกลิ่นหอม มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 12-17 นอกจากสายพันธุ์รำข้าวขาวดอกมะลิที่นิยมนำมาปลูกกันมากแล้ว ยังมีข้าวไร่ ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์พิเศษที่แตกต่างจากข้าวสายพันธุ์ธรรมดา เนื่องจากเป็นสายพันธุ์รำข้าวที่สามารถเจริญเติบโตและเพาะปลูกได้ในสภาพที่มีน้ำน้อยหรือไม่มีน้ำ และเนื่องจากสภาวะในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน สารสำคัญที่มีในข้าวไร่ อาจมีความแตกต่าง ทั้ง

ทางด้านชนิดและปริมาณสารที่สร้างได้ ข้าวพันธุ์ดอกพะยอม เป็นสายพันธุ์ไร่ข้าวไร่ ข้าวเจ้าพื้นเมือง สูงประมาณ 150 เซนติเมตร มีความไวต่อช่วงแสงอย่างอ่อน ลำต้นเขียว ใบยาว ค่อนข้างแคบ ชูรวงติ เมล็ดเรียวยาว ข้าวเปลือกสีฟางกันจุด มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 24 คุณภาพข้าวสุก ร่วน นุ่ม มีกลิ่นหอม นิยมปลูกในพื้นที่ภาคใต้

การสกัดสารสำคัญ อาทิเช่น แกมมาโอโรซานอล จากร้าข้าวนั้น จะต้องอาศัยวิธีการสกัดที่เหมาะสม เพื่อให้ได้สารที่ต้องการออกมาจากร้าข้าวให้มากที่สุด เมื่อไม่นานมานี้ ได้มีการค้นพบวิธีการสกัดด้วยวิธีใหม่ๆ หลายวิธี และมีหลายวิธีการที่น่าสนใจ คือ การสกัดโดยอาศัยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction) เป็นการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิรตซ์ (กัซตร, 2548) โดยคลื่นอัลตราโซนิคจะผ่านตัวทำละลาย ซึ่งจะทำให้เกิดฟองขนาดเล็กจำนวนมาก จากนั้นเมื่อฟองได้รับแรงจากคลื่นเสียงจะทำให้ฟองนั้นแตกออกและจะช่วยทำให้ตัวทำละลายแทรกซึมเข้าไปในวัตถุได้ดียิ่งขึ้น (Mason, 1991) และการสกัดด้วยตัวทำละลายที่สถานะกึ่งจุดวิกฤต (Subcritical solvent extraction) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ตัวทำละลายอุณหภูมิสูงภายใต้ความดัน (Pressurized hot solvent) หมายถึง การใช้ตัวทำละลายที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือด แต่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวิกฤต เมื่อตัวทำละลายได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โมเลกุลของตัวทำละลายจะได้รับพลังงานความร้อนและสามารถเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างพันธะได้ ทำให้คุณสมบัติบางอย่างของตัวทำละลายเปลี่ยนไป (Clifford, 2008) นอกจากนี้ยังมีการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สถานะเหนือจุดวิกฤต (Supercritical carbon dioxide extraction) คือ การให้อุณหภูมิและความดันสูงกว่าจุดวิกฤต ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพไปเป็นของไหล และเรียกของไหลที่อยู่ในสถานะนี้ว่า ของไหลวิกฤตยิ่งยวด (supercritical fluid) ของไหลวิกฤตยิ่งยวดเป็นของไหลที่มีสถานะระหว่างของเหลวและแก๊ส ทำให้ของไหลวิกฤตยิ่งยวดมีคุณสมบัติคล้ายตัวทำละลายอินทรีย์ แต่มีความสามารถในการแพร่ได้ดีกว่า และมีความหนืดและแรงตึงผิวน้อยกว่า จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการสกัดสารต่างๆ (นิตยา, 2005; สมใจ, 2003) ส่วนเทคนิคพื้นฐานที่นิยมใช้กันในการสกัด คือ การสกัดด้วยเครื่องซอกซ์เลต (Soxhlet extraction) ซึ่งเป็นการสกัดโดยอาศัยหลักการการระเหยกลายเป็นไอของตัวทำละลาย โดยตัวทำละลายจะระเหยและกลั่นตัวลงมาสัมผัสกับวัตถุแล้วไหลกลับสู่ขวดรองรับ กระบวนการสกัดจะดำเนินต่อไปซ้ำแล้วซ้ำอีก เพื่อให้ได้สารสกัดออกมาในที่สุด (Jensen, 2007)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นที่มาของวิทยานิพนธ์ที่มุ่งศึกษาวิธีการสกัดและหาสถานะต่างๆ ที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันร้าข้าวจากข้าว 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิและข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอม โดยจะทำการศึกษาวิธีการสกัดทั้งหมด 4 วิธี คือ การสกัดโดยอาศัยคลื่นเสียง การสกัดด้วยตัวทำละลายที่สถานะกึ่งจุดวิกฤต การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สถานะเหนือจุดวิกฤต และการสกัดด้วยเครื่องซอกซ์เลต เพื่อให้ได้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลออกมาให้มากที่สุด แล้วนำไปทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแกมมาโอโรซานอลในรำข้าวขาวดอกมะลิและรำข้าวไร้ดอกพะยอม

1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิและข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอม

1.2.3 เพื่อประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากรำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิและรำข้าวไร้พันธุ์ดอกพะยอม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยวิธีการสกัดที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด และการสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต และทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวด้วยวิธี DPPH

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด และการสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต

1.4.2 ทราบวิธีการสกัดและสภาวะที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุดในรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม

1.4.3 ทราบถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว

นับตั้งแต่ที่ไทยดำรงความเป็นชาติมา ข้าวมีบทบาทในสังคมมาโดยตลอด ในฐานะอาหารจานหลักที่ให้พลังงานต่อชีวิตคนไทยทั้งยากดีมีจน อีกทั้งเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ เนื่องด้วยเรามีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกรวมกับความชำนาญของคนไทย ทำให้เรามีข้าวไทยที่มีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของคนทั้งโลก

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเอเชียที่นิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารประจำวันมากกว่าภูมิภาคอื่นๆของโลก การผลิต บริโภคและการค้าข้าวส่วนใหญ่จึงกระจุกตัวอยู่ในทวีปเอเชีย ข้าวเป็นพืชในเขตร้อนซึ่งต้องการอุณหภูมิและความชื้นสูงในการเจริญเติบโต ประเทศไทยจึงเป็นประเทศหนึ่งที่เหมาะสมกับการปลูกข้าว สายพันธุ์ข้าวของไทยเป็นที่นิยมของประชากรที่บริโภคข้าวทั่วโลก อีกทั้งภูมิอากาศและภูมิประเทศของประเทศไทยเหมาะกับการเจริญเติบโต แต่ข้าวที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะใช้ในการบริโภคภายในประเทศ ทำให้มีข้าวเพียงร้อยละ 6 เท่านั้นที่เข้าสู่ตลาดการค้าข้าวระหว่างประเทศ โดยประเทศที่มีบทบาทมากที่สุดใน การส่งออกข้าว คือ ประเทศไทย รองลงมา คือ อินเดีย เวียดนาม จีน และพม่า ตามลำดับ โดยประเทศไทยส่งออกข้าวปีละประมาณ 7 ล้านตัน เป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 36 ของการส่งออกข้าวทั้งหมดของโลก จึงนับได้ว่าข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศ ซึ่งสมควรอย่างยิ่งที่จะได้รับการส่งเสริมในด้านการเพาะปลูก

ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า จัดอยู่ในวงศ์แกรมินอี (Gramineae) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวในตระกูล *Oryza* มีระบบรากเป็นแบบรากฝอย ลำต้นมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกภายในกลวง ประกอบไปด้วยลักษณะที่เป็นข้อและปล้อง มีตาอยู่ตามข้อ โดยปกติตาที่อยู่ตามข้อส่วนล่างบริเวณใต้ผิวดินหรือเหนือผิวดินเล็กน้อยจะสามารถพัฒนาเป็นต้นใหม่ได้ ข้าวต้นหนึ่งๆ แตกกิ่งกอได้ 5-15 กิ่ง ใบข้าวมีลักษณะเรียวยาวเหมือนใบหญ้า มีกาบใบห่อหุ้มตาและลำต้นไว้ กาบใบและแผ่นใบเชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อใบ ด้านบนของข้อต่อใบมีแผ่นบางๆ รูปสามเหลี่ยม ปลายแหลม เรียกว่า ลิ้นใบ และด้านบนของข้อต่อใบมีส่วนที่ยื่นออกมาคล้ายหางกระรอก เรียกว่า หูใบ ซึ่งเป็นลักษณะของข้าวที่แตกต่างจากพืชตระกูลหญ้าอื่นๆ ดอกของข้าวมีลักษณะเป็นข้อเกิดตรงส่วนปลายยอดของลำต้น ประกอบด้วย ดอกย่อย (spikelet) เป็นจำนวนมากหลังจากผสมเกสรแล้วจะพัฒนาเป็นเมล็ดข้าว ซึ่งข้อดอกนี้จะกลายเป็นรำข้าว เมล็ดข้าวจะสุกแก่และเก็บเกี่ยวได้ภายในระยะเวลา 25-30 วัน

การใช้นวัตกรรมเข้าไปแทรกในห่วงโซ่ของอุตสาหกรรมข้าว เป็นหนึ่งในประเด็นที่ทำนายของประเทศไทยที่จะสามารถสร้างจุดยืนที่แข็งแกร่งและแตกต่างให้กับข้าวไทย โดยเฉพาะการสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการนำเอาองค์ความรู้ใหม่ ในการเพิ่มคุณภาพ ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าใหม่ๆ ที่ผลิตได้จากข้าว ซึ่งปัจจุบันการแข่งขันในตลาดการค้าข้าวของโลกรุนแรงขึ้น การสร้างนวัตกรรมนี้จึงเป็นทางออกในการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับประเทศ และยังเป็นช่องทางทางการตลาดใหม่ที่ยังไม่มีคู่แข่ง เปลี่ยนการแลกสินค้าที่นำเข้าประเทศด้วยข้าวเป็นต้นๆ ให้เหลือเพียงไม่กี่กรัมที่มีมูลค่ามหาศาล (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2554)

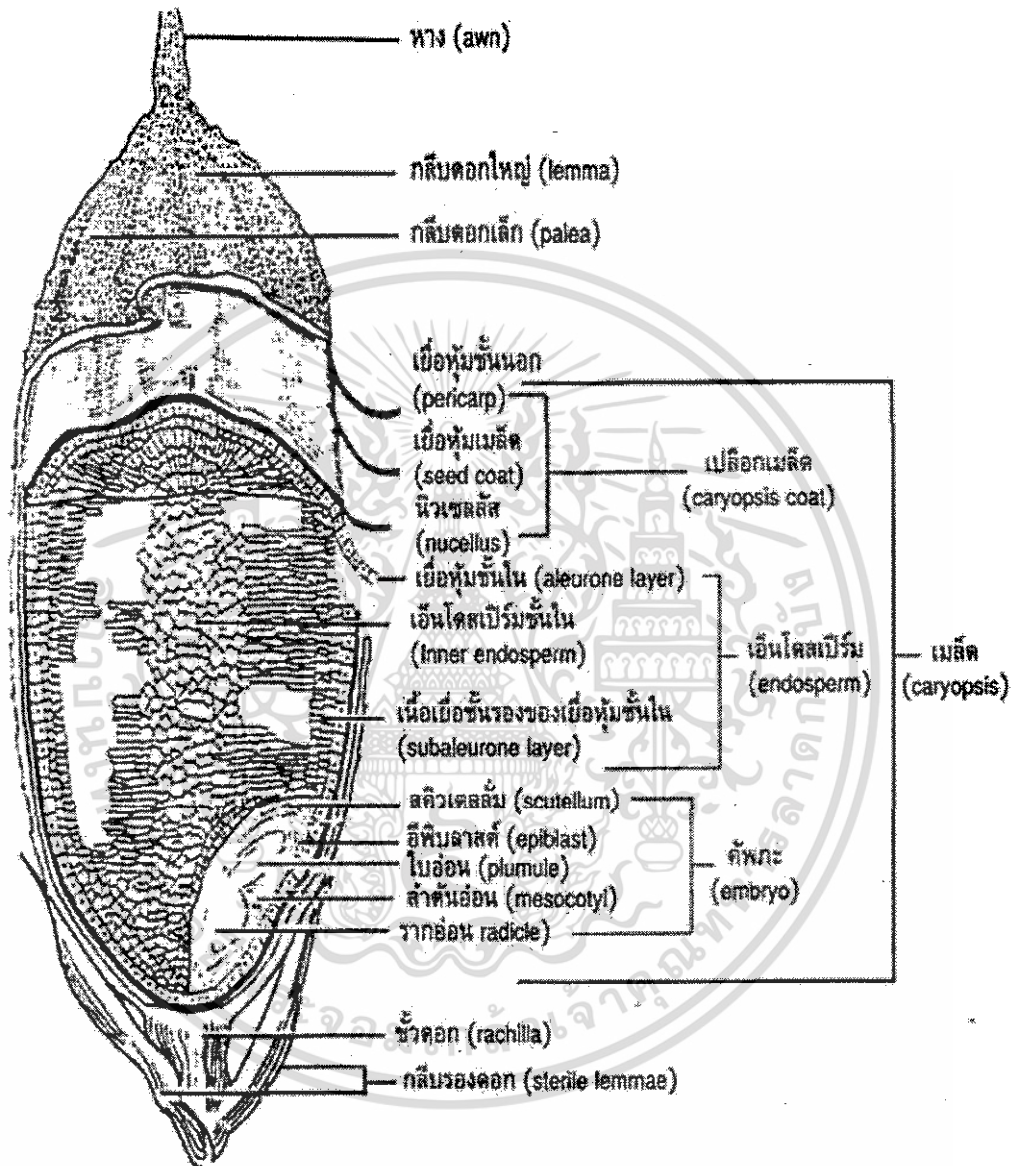
2.2 รำข้าว

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการปลูกข้าวมากประเทศหนึ่งในโลกและเป็นสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญ ในแต่ละปีประเทศไทยสามารถผลิตข้าวเปลือกได้ประมาณ 21 ล้านตัน สีเป็นข้าวสารได้ 12.6 ล้านตัน และได้รำข้าวประมาณ 2 ล้านตัน ประมาณร้อยละ 70 ของรำข้าวผลิตเป็นอาหารสัตว์ และร้อยละ 15 สกัดเป็นน้ำมันรำข้าว ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกส่งออกในรูปของน้ำมันดิบ (คมสัน, 2550) สำหรับปริมาณและองค์ประกอบในรำข้าวจะขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว คุณภาพของข้าวเปลือก การเตรียมข้าวเปลือก ชนิดของการสีข้าว และระดับของการขัดขาว

รำข้าว หมายถึง ส่วนเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด นิวเคลลัส ชั้นแอลิวโรน และชั้นซับแอริวโรน และมักจะรวมส่วนของคัพภะเข้าไว้ด้วย เนื่องจากในกระบวนการขัดสีข้าวให้เป็นข้าวสาร ส่วนใหญ่ต้องการข้าวสารที่ขาวจึงขัดผิวข้าวจนจนถึงชั้นซับแอริวโรน ทำให้คัพภะหลุดออกจากเนื้อเมล็ดรวมอยู่ด้วย ดังนั้น องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวที่ได้จากกระบวนการสีข้าว นับจากการกะเทาะเปลือกหุ้มแข็ง (แกลบ) ออกไปแล้ว จะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าวและสภาพแวดล้อมที่ปลูกจนถึงกรรมวิธีในการขัดผิวเมล็ดข้าว การขัดขาว และการขัดมัน เพื่อให้ข้าวสารขาวและมันวาว ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวขึ้นอยู่กับส่วนของรำที่ได้จากกระบวนการสีข้าวด้วย

ปริมาณและองค์ประกอบของรำข้าว ขึ้นอยู่กับ ชนิดของข้าว คุณภาพของข้าวเปลือก การเตรียมข้าวเปลือก เช่น การนึ่ง ชนิดของวิธีการสีข้าว และระดับของการขัดขาว (Degree of polishing) ในข้าวชนิดเมล็ดเรียวยาว รำข้าวจะมีปริมาณน้ำมันมากกว่าข้าวชนิดเมล็ดขนาดกลางและเมล็ดสั้นตามลำดับ ข้าวเปลือกที่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้องจะให้ผลผลิตของรำข้าวที่สูงขึ้น เช่น รำข้าวที่สีด้วยวิธีการสมัยใหม่จะมีน้ำมันและโปรตีนมากกว่ารำข้าวที่ได้จากการสีแบบดั้งเดิม เพราะสัดส่วนของสารปนเปื้อนลดลง สำหรับข้าวเปลือกที่ผ่านการนึ่งเมื่อนำมาสีจะได้รำข้าวที่มีสีเข้มกว่ารำข้าวปกติ ปริมาณรำข้าวที่ได้จะต่ำกว่ารำข้าวที่ไม่ได้นึ่ง แต่รำข้าวที่ผ่านการนึ่งจะมีปริมาณโปรตีนและไขมันที่เป็นองค์ประกอบมาก ซึ่งทำให้ผลผลิตของน้ำมันจากรำข้าวที่ผ่านการนึ่งสูงกว่ารำข้าวปกติ โดยมีปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 4-5

รำข้าวที่ยังไม่ได้สกัดน้ำมันจะไม่มีค่าความเสถียรอย่างมากและเสื่อมเสียเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส โดยการไฮโดรไลซ์ไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นกรดไขมันอิสระ ที่ทราบได้จากกลิ่นหืนที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและกลิ่นรสของรำข้าวเริ่มไม่ดี สำหรับปฏิกิริยาการที่เน่าเกิดขึ้นได้เร็วมาก โดยเฉพาะในที่ร้อนและชื้น เคยมีรายงานว่าอัตราการไฮโดรไลซิสสูงถึงร้อยละ 1 ของกรดไขมันอิสระต่อชั่วโมง (โดยน้ำหนักของน้ำมัน) และอาจมีมากถึงร้อยละ 60 ใน 1 เดือน สำหรับข้าวที่ผ่านการนึ่งแล้วจะมีความเสถียรมากกว่า ดังนั้นหากจะนำรำข้าวไปสกัดน้ำมันเพื่อบริโภคทางการค้า จึงจำเป็นต้องสกัดน้ำมันทันทีหลังการสีข้าว เพื่อไม่ให้เกิดการเสื่อมเสียของน้ำมันในขณะขนส่งและเก็บรักษา



รูปที่ 2.1 ส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว

ที่มา : คมสัน (2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 น้ำมันรำข้าว

น้ำมันรำข้าว คือ น้ำมันพืชที่ผลิตจากน้ำมันรำข้าวซึ่งสกัดจากรำข้าว ซึ่งหมายถึง ส่วนผสมของรำละเอียดและคัพภะ จัดได้ว่าเป็นน้ำมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีปริมาณของสารต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันตามธรรมชาติที่ดีโดยเฉพาะโทโคฟีรอล โทโคไตรอีนอล กรดเพอรูลิก แกมมาโอโรซานอล ไฟโตสเตอรอล โพลีฟีนอล และสควอลีน นอกจากนี้ น้ำมันรำข้าวยังเป็นแหล่งของกรดไขมันที่สำคัญ ซึ่งได้แก่ โอเลอิก ลิโนเลอิก และปาล์มมิติก

งานวิจัยหลายชิ้น พบว่า น้ำมันรำข้าวมีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แกมมาโอโรซานอล โดยแกมมาโอโรซานอลสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอี 6 เท่า (พันทิพา และคณะ, 2004) น้ำมันรำข้าวเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด สารสำคัญทางธรรมชาติในน้ำมันรำข้าวมีหลายชนิด (Juliano, 1985) ได้แก่

กลุ่มฟอสโฟไลปิด (phospholipid) เช่น เลซิธิน (lecithin) เซฟฟาลิน (cephalin) และ ไลโซเลซิธิน (lysolecithin) มีความสำคัญในการสร้างและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของเซลล์ประสาทและสมอง ช่วยป้องกันเซลล์ประสาทจากสารที่เป็นพิษและอนุมูลอิสระต่างๆ ช่วยลดความเครียด และช่วยเสริมสร้างในด้านความจำ

กลุ่มเซราไมด์ (ceramide) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของชั้นใต้ผิวหนัง ช่วยให้ผิวหนังมีความยืดหยุ่น ยับยั้งการสังเคราะห์เมลานินอันเป็นสาเหตุให้เกิดฝ้ากระและจุดต่างดำนบนผิวพรรณได้ดีและยังเป็นมอยเจอร์ไรเซอร์ (moisturizer) ให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวหนังอีกด้วย

กลุ่มโทคอล (tocols) วิตามินอีธรรมชาติที่อยู่ในรูปของโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลมีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งยังช่วยให้ร่างกายมีภูมิคุ้มกันต่อโรคต่างๆ และยังช่วยต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคมะเร็ง

กลุ่มกรดไขมันไลโนเลอิก (linoleic acid) หรือโอเมก้า 6 และกรดไลโนเลนิก (alpha linolenic acid) หรือโอเมก้า 3 ที่เป็นกรดไขมันจำเป็น โดยมีอยู่ประมาณร้อยละ 33

กลุ่มวิตามินบีคอมเพล็กซ์ (B-complex) เป็นสารช่วยให้การทำงานของระบบประสาทดีขึ้น

กลุ่มแกมมาโอโรซานอล มีฤทธิ์ในการลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ ทำให้ลดการตีบตันของหลอดเลือดเพิ่มการไหลเวียนของโลหิต มีฤทธิ์ในการลดความเครียดและรักษาอาการผิดปกติของสตรีวัยทอง นอกจากนี้ยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยังป้องกันรังสียูวีได้ ทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น ด้านการอักเสบเมื่อใช้กินหรือใช้ทา จากการวิจัยยังไม่พบผลข้างเคียงของแกมมาโอโรซานอลที่เป็นอันตรายต่อร่างกายของมนุษย์ (Patel และ Naik, 2004)

2.4 การสกัดน้ำมันรำข้าว

วิธีการสกัดแยกไขมันและน้ำมันออกจากวัตถุดิบ จะมีวิธีเฉพาะ สำหรับวัตถุดิบแต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับลักษณะ และคุณสมบัติของวัตถุดิบนั้นๆ สำหรับการสกัดน้ำมันรำข้าวในประเทศไทยนิยมใช้ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) ใช้สกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันต่ำ หรือสกัดจากกาก ที่เหลือจากการบีบด้วยเครื่องอัด ตัวทำละลายที่ใช้ต้องไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ได้แก่ เฮกเซน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลเอเทอร์ เป็นต้น ตัวทำละลายที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ เฮกเซน

การสกัดสารสำคัญ อาทิเช่น แกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว นั้น จะต้องอาศัยวิธีการสกัดที่เหมาะสม เพื่อให้ได้สารที่ต้องการออกมาจากรำข้าวให้มากที่สุด เมื่อไม่นานมานี้ ได้มีการค้นพบ วิธีการสกัดด้วยวิธีใหม่ๆ หลายวิธี และมีหลายวิธีการที่น่าสนใจ คือ การสกัดโดยอาศัยคลื่นเสียง ความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction) การสกัดด้วยตัวทำละลายที่สถานะกึ่งวิกฤต (Subcritical solvent extraction) และการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สถานะเหนือวิกฤต (Supercritical carbon dioxide extraction) ส่วนเทคนิคพื้นฐานที่นิยมใช้กันในการสกัด คือ การสกัดด้วยเครื่องซอกซ์เลต (Soxhlet extraction)

2.4.1 การสกัดแบบใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction)

อัลตราโซนิก หรือ คลื่นเหนือเสียง หรือที่หลายคนรู้จักในชื่อ อัลตราซาวนด์ ซึ่งหมายถึง คลื่นที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยปกติ หูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงที่มีความถี่ ประมาณ 15 กิโลเฮิร์ต แต่คลื่นเสียงอัลตราโซนิกจะมีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ตขึ้นไปและสามารถ แบ่งการใช้งานได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่มีพลังงานสูงหรือช่วงที่มีความถี่ต่ำ จะมีความถี่ประมาณ 2-100 กิโลเฮิร์ต และช่วงที่มีพลังงานต่ำหรือช่วงที่มีความถี่สูง จะมีความถี่ประมาณ 2,000-10,000 กิโลเฮิร์ต (กำธร, 2548)

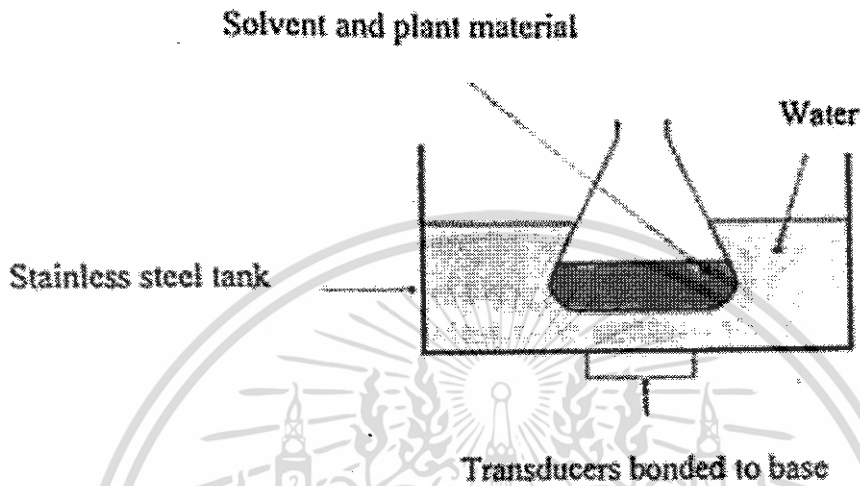
2.4.1.1 กลไกในการสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

อัลตราโซนิก เป็นคลื่นเสียงที่ส่งผ่านของเหลวด้วยพลังงานที่เหมาะสม โดยปกติจะ อยู่ในช่วง 5-10 วัตต์ต่อตารางนิ้ว คลื่นเสียงนี้สามารถทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของน้ำประมาณ 48,000 รอบต่อวินาที เมื่อปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกผ่านน้ำจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเชิงกลจากความกดอัด ของของเหลว หรือที่เรียกว่าปรากฏการณ์คาวิเทชัน (Cavitation)

ปรากฏการณ์คาวิเทชัน (Cavitation) คือ การใช้ประโยชน์จากคลื่นอัลตราโซนิก โดยผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวนั้น พลังงานจากคลื่นเสียงที่ส่งออกไปไม่ได้ส่งผลต่อโมเลกุลของสารที่ ละลายอยู่ในของเหลวนั้นๆ แต่จะเกิดการยุบตัวของฟองอากาศขนาดเล็กๆ ในของเหลว ซึ่งเกิดจาก สภาวะแรงดันที่เป็นลบที่ถูกส่งผ่านมาทางคลื่นเสียง การเกิดคาวิเทชันมาจากการที่คลื่นเสียงอัลตราโซ นิกที่ส่งออกมาในรูปแบบของคลื่นที่มีการอัดและขยายผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวเกิดสภาวะแรงดัน ที่เป็นลบภายในตัวกลาง ซึ่งถ้ามีแรงดันที่เป็นลบที่เกิดจากการส่งผ่านคลื่นเสียงนี้มากเพียงพอที่ทำให้ ระยะห่างระหว่างโมเลกุลของตัวกลางมากกว่าระยะวิกฤต จะส่งผลให้เกิดการยุบตัวของโมเลกุลของ ตัวกลาง ทำให้เกิดเป็นฟองขนาดเล็กๆ ซึ่งเราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า คาวิเทชัน (Timothy, 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรุนแรงจากการยุบตัวนี้ จะทำให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานรอบๆ ฟองอากาศขนาดเล็ก ซึ่งพบว่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นมีค่าประมาณ 5,000 เคลวิน และมีแรงดันสูงถึง 1,000 บรรยากาศ (Kenneth, 1989)



รูปที่ 2.2 การสกัดแบบใช้คลื่นเสียงความถี่สูง
ที่มา : คำธร (2548)

2.4.1.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดควิเทชัน (Vinatoru และคณะ, 2003)

1) ความถี่ ที่ความถี่ต่างๆกัน จะทำให้เกิดควิเทชันที่ต่างกัน โดยพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความถี่จาก 10 กิโลเฮิร์ต ไปเป็น 400 กิโลเฮิร์ต จะต้องเพิ่มกำลังส่งสูงถึง 10 เท่า เพื่อให้ผลของการเกิดควิเทชันออกมาเท่าๆ กัน

2) ความหนืดของสารละลาย เมื่อความหนืดของของเหลวที่เป็นตัวกลางในการส่งพลังงานมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวภายในสูงขึ้น ปริมาณการเกิดฟองอากาศขนาดเล็กย่อมเกิดได้ยากกว่าของเหลวที่มีความหนืดน้อย

3) ความตึงผิวของสารละลาย สารละลายที่เป็นตัวกลางที่มีความตึงผิวต่ำนั้น ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเกิดควิเทชัน กล่าวเมื่อความตึงผิวมีค่าต่ำมาก ความรุนแรงในการระเบิดของฟองอากาศจะมีค่าน้อยตามไปด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับสารที่มีความตึงผิวสูง แต่ต้องแลกกับการที่ต้องใส่พลังงานเพิ่มขึ้น

4) แรงดันไอของสารละลาย ความสัมพันธ์ของสารละลายที่มีค่าต่ำต่อการเกิดควิเทชันย่อมมีค่าต่ำด้วยเช่นกัน พบว่าเมื่อความดันไอของสารตัวกลางมีค่าสูงขึ้น ย่อมมีการเกิด

ควาวิเทชันตามไปด้วย แต่เมื่อความดันไอมีค่าสูงเกินไปจะทำให้ความรุนแรงในการระเหิดของ ฟองอากาศมีค่าลดลงตามลำดับ

5) อุณหภูมิ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิภายนอกให้กับตัวกลางจะทำให้แรงดันไอของ ของเหลวนั้นๆ มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีโอกาสให้การเกิดควาวิเทชันสูงขึ้น แต่จะทำให้ความรุนแรงในการ ระเหิดลดต่ำลง ซึ่งพบว่าเมื่อให้ความร้อนกับสารละลายจนถึงจุดเดือดจะทำให้ผลของการเกิดควาวิเท ชันลดลงอย่างเห็นได้ชัด

6) ฟองอากาศ ปริมาณของแก๊สที่ละลายอยู่ในของเหลวตัวกลางที่มีค่าอยู่ ในระดับหนึ่ง จะเป็นตัวช่วยที่จะทำให้เกิดควาวิเทชันได้ง่ายขึ้น เนื่องจากแก๊สเหล่านั้น จะเป็นตัวที่ ทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กได้ง่าย แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไป จะทำให้เกิดการแพร่เข้าไปใน ฟองอากาศ ซึ่งจะทำความรุนแรงในการเกิดควาวิเทชันลดลง

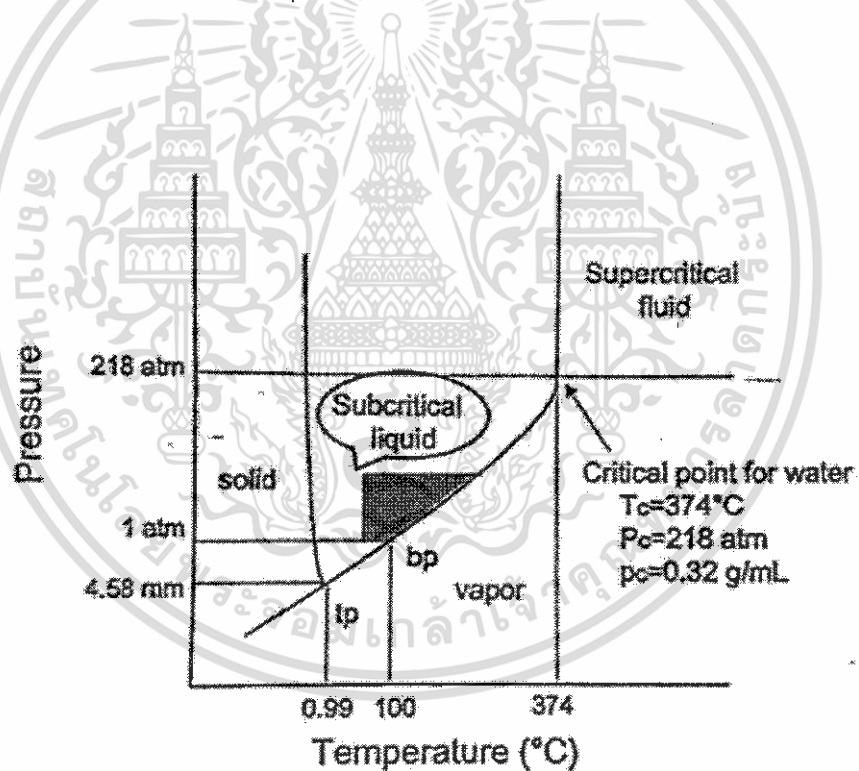
7) ความดัน เมื่อทำการเพิ่มความดันภายนอกให้กับระบบจะส่งผลให้การ เกิดควาวิเทชันมีค่าสูงขึ้นและส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นปฏิกิริยาของเสียงด้วย ซึ่งจากการทดลองของ Cum และคณะ (1988) ได้ข้อสรุปว่าที่ความถี่ใดๆ เมื่อเพิ่มความดันจนถึงค่าที่เหมาะสมจะทำให้ เกิดปฏิกิริยาของเสียงสูงที่สุด

8) ความเข้มของพลังงาน ความเข้มของพลังงานที่ส่งผ่านเป็นสัดส่วน โดยตรงต่อแอมพลิจูด(Amplitude) ของสัญญาณคลื่นเสียง ซึ่งเมื่อเพิ่มความเข้มของสัญญาณให้สูงขึ้น จะทำให้เกิดปฏิกิริยาของเสียงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่การเพิ่มความเข้มของสัญญาณที่สูงขึ้นจะส่งผล ถึงการแผ่กระจายของตัวกระจายสัญญาณ และความเข้มที่สูงขึ้นส่งผลให้เกิดการ decoupling ระหว่าง ผิวของตัวส่งสัญญาณกับตัวกลางทำให้ประสิทธิภาพของการเกิดควาวิเทชันลดลง นอกจากนี้เมื่อเพิ่ม ความเข้มจะทำให้มีโอกาสเกิดควาวิเทชันสูงขึ้น มีฟองขนาดเล็กมากขึ้น จนทำให้เมื่อมีฟองอากาศมาก เกินไปเกิดการรวมตัวกันเป็นฟองอากาศขนาดใหญ่ขึ้นและไปลดทอนความเข้มของสัญญาณ (Maikel และคณะ, 2008)

9) พลังงานของเสียง เมื่อคลื่นเสียงผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวจะเกิดการ สูญเสียความเข้มของสัญญาณหรือพลังงานลดลงอยู่ในรูปของความร้อน ดังนั้นหากต้องการให้พลังงาน ส่งออกไปอย่างทั่วถึงในตัวกลางจึงจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มของสัญญาณให้เหมาะสม ยกตัวอย่างเช่น พลังงานคลื่นเสียงความถี่ 118 กิโลเฮิร์ต ที่ส่งผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำจะมีค่าลดลงถึงร้อยละ 50 ที่ ระยะทาง 1 กิโลเมตร

2.4.2 การสกัดด้วยตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต (Subcritical solvent extraction)

การสกัดที่สภาวะกึ่งวิกฤต (Subcritical fluid extraction) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า การสกัดที่อุณหภูมิสูงภายใต้ความดัน (Pressurized hot solvent) หมายถึง ตัวทำละลายที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือด แต่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวิกฤต ภายใต้ความดันที่สูงเพียงพอที่จะรักษาสถานะความเป็นของเหลวไว้ได้ (ดวงกมล, 2553) แสดงดังรูปที่ 2.3 เมื่อมีการควบคุมความดันและอุณหภูมิจะสามารถควบคุมสมบัติของตัวทำละลายใดๆ ได้ เช่น แรงตึงผิว ความหนาแน่น ความสามารถในการละลาย ความเป็นขี้ของตัวทำละลาย และความสามารถในการแพร่ได้ ในการสกัดภายใต้สภาวะกึ่งวิกฤต ได้มีการนำมาใช้กับตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เฮกเซน เอทานอล และเมทานอล เพื่อใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการสกัดทั้งในด้านของเวลาที่ใช้ในการสกัด ปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด และปริมาณผลผลิตที่ได้ (Pronky & Mazza, 2009) ซึ่งจะเรียกระบบการสกัดนี้ว่า การสกัดด้วยตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต (Subcritical solvent extraction) (Kwon และ Chung, 2015)



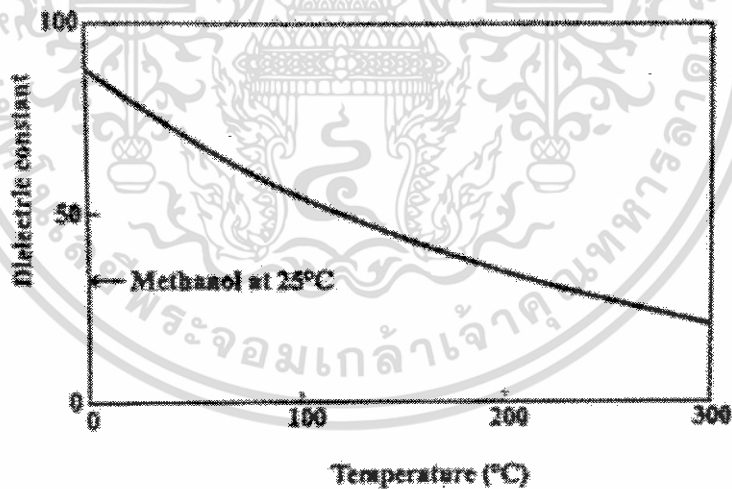
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงการเกิดสภาวะกึ่งวิกฤตของน้ำ (subcritical water)

ที่มา : วรเมธ และ เอกอนันต์ (2556)

2.4.2.1 คุณสมบัติของตัวทำละลายกึ่งวิกฤต

1) ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก(dielectric constant)

ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก(dielectric constant) เป็นค่าที่แสดงความเป็นขั้วของสาร เมื่อตัวทำละลายได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของตัวทำละลายนั้นๆ จะทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของสารลดลงหรือทำให้ขั้วของสารต่ำลง (Wagner และ Prub, 2002) เช่น น้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเท่ากับ 79.0 ส่วนน้ำที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จะมีค่าไดอิเล็กทริกเป็น 35.5 ซึ่งใกล้เคียงกับเมทานอลที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเท่ากับ 32 แสดงดังรูปที่ 2.4 และน้ำที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส จะมีค่าไดอิเล็กทริกเหลือเพียง 20.7 ซึ่งใกล้เคียงกับอะซิโตนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเท่ากับ 21 (ดวงกมล, 2553) และปรากฏการณ์นี้ยังสามารถเกิดกับตัวทำละลายอินทรีย์ได้ เช่น เมทานอล และ เอทานอล (Curren และ King, 2001) การเปลี่ยนแปลงค่าไดอิเล็กทริกของตัวทำละลาย จะทำให้ความสามารถในการสกัดสารเปลี่ยนแปลงไปด้วย ส่งผลให้สารที่สกัดได้จากวัตถุดิบมีความแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้น เมื่อใช้น้ำ เมทานอล หรือเอทานอล ในการสกัดภายใต้สภาวะกึ่งวิกฤต จะให้ปริมาณและชนิดของสารแตกต่างกันไปด้วย (Boonnakhom และคณะ, 2014)



รูปที่ 2.4 ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของน้ำเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ที่มา : นงพะงา และคณะ (2554)

2) ความเข้มข้นของไอออน

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ น้ำจะมีการแตกตัวเป็นไอออนได้สูงขึ้น โดยที่น้ำจะแตกตัวให้เป็นไฮโดรเนียมไอออน(H_3O^+) และไฮดรอกไซด์ไอออน(OH^-) เนื่องจากค่าคงที่ของการแตกตัว(K_w) สูงขึ้น โดยที่ความดัน 15 เมกาพาสคาล ค่า $\log(K_w)$ จะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก -14 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ไปเป็น -11.3 ที่อุณหภูมิช่วง 200-250 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนเพิ่มขึ้น จาก 1×10^{-7} โมลต่อลิตร ไปเป็น 2.2×10^{-6} โมลต่อลิตร หรือมากกว่า 20 เท่า (ปราโมทย์, 2549) ดังนั้น น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตจึงมีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดหรือด่าง(acid catalyst หรือ base catalyst) น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตจึงสามารถประพุดิตัวเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ด้วยตัวเอง(autocatalysis หรือ autocatalytic) (Holliday et. al., 1997) สำหรับปฏิกิริยาที่ปกติแล้วต้องมีการเติมตัวเร่งกรดหรือตัวเร่งด่าง แต่เนื่องจากมีการใช้น้ำแทนตัวเร่งปฏิกิริยากรดต่าง จึงค่อนข้างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีความปลอดภัย ราคาถูก หาง่าย ไม่เป็นพิษ และไม่ก่อให้เกิดของเสียอีกด้วย จึงมีการนำน้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่น การย่อยสลายแบบไฮโดรไลซิส(Hydrolysis) เช่น รำข้าว ถั่วเหลือง และเมล็ดทานตะวัน เป็นต้น

2.4.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดด้วยตัวทำละลายกึ่งวิกฤต

1) อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของสารที่ต้องการสกัด เช่น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดผักชี (*Coriandrum sativum* L.) จาก 100 องศาเซลเซียส เป็น 125 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถสกัด linalool ได้เพิ่มขึ้น ขณะที่อุณหภูมิ 150 และ 175 องศาเซลเซียส จะสกัด linalool ได้ลดลง ซึ่งอาจเกิดจากการสลายตัวอันเนื่องมาจากความร้อน(Eikani และคณะ, 2007) ส่วนการสกัดสารประกอบฟีนอลิกในผลสมอไทย(*Terminalia chebula*) พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 120 องศาเซลเซียส เป็น 180 องศาเซลเซียส สามารถสกัด gallic acid และ ellagic acid ได้เพิ่มขึ้น ส่วนที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณ gallic acid และ ellagic acid ลดลง แต่สำหรับ corilagin นั้น สามารถสกัดได้มากที่สุดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียสไม่พบ corilagin อยู่เลย(Rangsriwong และคณะ, 2009)

2) อัตราการไหลของน้ำ จากการทดลองของ Budrat และ Shotipruk (2008) และ Anekpankul และคณะ (2007) ทำการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากมะระขี้นก (*Momordica charantia*) และสารต่อต้านมะเร็งจากรากยอ พบว่า เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นมีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

3) ความดันที่ใช้ในการสกัด พบว่าความดันไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากยี่หระ สารประกอบฟีนอลิกจากผักชีฝรั่ง(*Petroselinum crispum*) และ asiatic acid และ asiaticoside จากบัวบก(*Centella asiatic*) (Gamiz-Gracia และ Luque de Castro, 2000; Luthria, 2008; Kim และคณะ, 2009)

4) ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดในระบบแบบไดนามิก (คือ การทำให้น้ำไหลผ่านตัวอย่างอย่างต่อเนื่องในระหว่างกระบวนการสกัด) พบว่าการสกัดด้วยเวลา 40 นาที สามารถสกัด glycyrrhizin และ ephedrine จากสมุนไพรได้อย่างสมบูรณ์(Eng และคณะ, 2007)

5) ขนาดอนุภาคของตัวอย่าง มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัด โดยตัวอย่างที่มีอนุภาคขนาดเล็กส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงขึ้นเนื่องจากมีพื้นที่ผิวมากทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของสารที่ต้องการออกจากโครงสร้างของตัวอย่างได้ง่ายขึ้น(Luthria, 2008; Ohira และคณะ, 2009)

6) อัตราส่วนของตัวอย่างต่อตัวทำละลาย(solid-to-solvent ratio) จากการศึกษาการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผักชีฝรั่ง พบว่า ประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกลดลงจากร้อยละ 100 เมื่อใช้ตัวอย่าง 250 มิลลิกรัม เหลือร้อยละ 91.3 เมื่อใช้ตัวอย่าง 500 มิลลิกรัม และเหลือเพียงร้อยละ 78.3 และ 78.8 เมื่อใช้ตัวอย่าง 750 และ 1,000 มิลลิกรัมตามลำดับ (Luthria, 2008)

งานวิจัยในปัจจุบันมีการศึกษาการใช้ น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตกันอย่างกว้างขวางและพบว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้จึงมีการนำตัวทำละลายอย่างเมทานอลและเอทานอลมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาที่สภาวะกึ่งวิกฤต ซึ่งสภาวะกึ่งวิกฤตของตัวทำละลายแต่ละชนิดจะแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

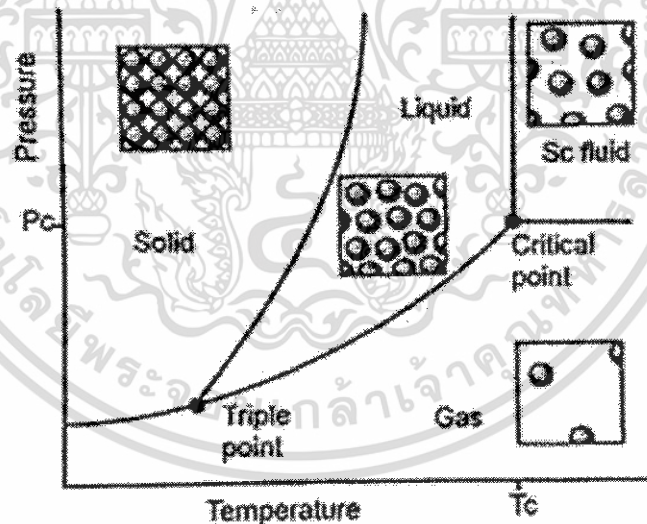
ตารางที่ 2.1 สภาวะวิกฤตและกึ่งวิกฤตของตัวทำละลาย(Lange's Handbook of Chemistry 10th)

ตัวทำละลาย	อุณหภูมิที่สภาวะกึ่งวิกฤต (องศาเซลเซียส)	ความดันที่สภาวะกึ่งวิกฤต (เมกาพาสคาล)	อุณหภูมิที่จุดวิกฤต (องศาเซลเซียส)	ความดันที่จุดวิกฤต (เมกาพาสคาล)
เอทานอล	79.00 - 240.90	0.43 - 6.14	240.90	6.14
เมทานอล	65.00 - 239.60	0.57 - 8.09	239.60	8.09
น้ำ	100.00 - 374.10	0.10 - 22.06	374.10	22.06

2.4.3 การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต (Supercritical carbon dioxide extraction)

การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด(Supercritical carbon dioxide) หรือการสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด(Supercritical fluid extraction) เป็นเทคนิคที่มีมานานแล้วในต่างประเทศ เช่น ประเทศในแถบยุโรป แต่ในประเทศไทยยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายนัก จนกระทั่งมีการนำเทคนิคการสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวดมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมอาหารและยา สิ่งทอ พอลิเมอร์ น้ำหอม และกระบวนการทางเคมีต่างๆ เทคนิคนี้ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่มีสารตกค้างและสามารถกำจัดได้ง่าย โดยทำให้ของไหลระเหยออกไปด้วยการลดความดันให้ของไหลมีสถานะเป็นแก๊ส

ในอุณหภูมิและความดันค่าหนึ่ง สารบริสุทธิ์ใดๆ สามารถเป็นทั้งของเหลวอิมิตัวและไออิมิตัว โดยเรียกสถานะนี้ว่าจุดวิกฤต(critical point) ถ้าเพิ่มอุณหภูมิและความดันให้สูงกว่าจุดวิกฤตนี้ จะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพไปเป็นของไหล และเรียกของไหลที่อยู่ในสถานะนี้ว่า ของไหลวิกฤตยิ่งยวด(supercritical fluid) ของไหลวิกฤตยิ่งยวดมีองค์ประกอบที่ไม่ใช่ของเหลวและแก๊ส แต่เป็นของไหลที่มีสถานะระหว่างของเหลวและแก๊ส(รูปที่ 2.5) ทำให้ของไหลวิกฤตยิ่งยวดมีคุณสมบัติคล้ายตัวทำละลายอินทรีย์ แต่มีความสามารถในการแพร่ได้ดีกว่า และมีความหนืดและแรงตึงผิวน้อยกว่า เมื่อนำมาใช้เป็นตัวทำละลายโมเลกุลของสารที่ต้องการละลายจะถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของของไหลวิกฤตยิ่งยวด และเกิดอันตรกิริยา(interaction) ทำให้พลังงานเอนทัลปี(enthalpy) ลดลงจนเกิดการละลาย และยังมีการแพร่แทรกเข้าไปในโครงสร้างของวัสดุคิบ(matrix) ดังแสดงในตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าของไหลวิกฤตยิ่งยวดเป็นสถานะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดวัสดุคิบ เนื่องจากมีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกับของเหลว มีค่าความหนืดที่เหมาะสม และมีความสามารถในการแพร่ใกล้เคียงกับแก๊ส รวมทั้งมีอัตราการถ่ายเทมวล และมีความสามารถในการทำละลายเป็นอย่างดี มักใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นของไหลวิกฤตยิ่งยวด เนื่องจากมีความสามารถในการสกัดสูง เป็นแก๊สเฉื่อยง่ายต่อการแยกออกจากสารสกัด และราคาถูก(นิตยา, 2548; สมใจ, 2546)

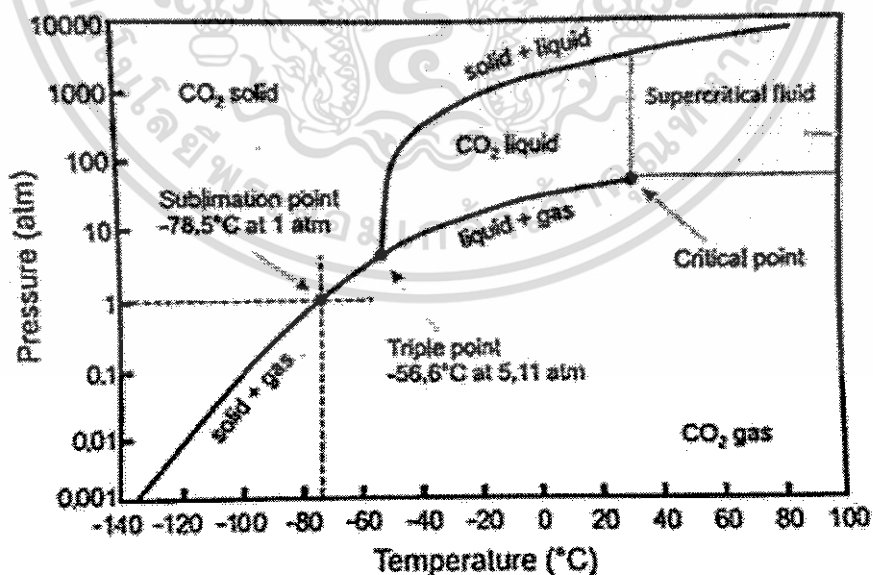


รูปที่ 2.5 กราฟแสดงสถานะของสารที่ความดันและอุณหภูมิต่างๆ
ที่มา : Luque de Castro และ Valcarcel (1994)

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบความหนาแน่น ความหนืด และความสามารถในการแพร่ของแก๊ส
ของไหลวิกฤตยิ่งยวด และของเหลว (นิตยา, 2005)

สถานะ	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ความหนืด (cP)	ความสามารถในการแพร่ (mm^2/s)
แก๊ส	1	0.01	1-10
ของไหลวิกฤตยิ่งยวด	100-800	0.05-0.10	0.01-0.10
ของเหลว	1,000	0.5-1.0	0.001

ของไหลวิกฤตยิ่งยวดเป็นสสารที่อยู่ในสถานะที่มีคุณสมบัติร่วมกันระหว่างของเหลวและแก๊ส มีความหนาแน่นคล้ายของเหลว จึงมีความสามารถในการละลายสารต่างๆ แต่มีความหนืดต่ำและมีคุณสมบัติการไหลคล้ายแก๊ส จึงทำให้ซึมผ่านวัสดุต่างๆ ได้ดี ของไหลวิกฤตยิ่งยวดเกิดจากการให้ความร้อนแก่แก๊สที่อุณหภูมิเหนือจุดวิกฤตหรือเกิดจากการอัดของเหลวโดยใช้ความดันเหนือจุดวิกฤต อุณหภูมิจุดวิกฤตของสาร คือ อุณหภูมิที่สารในสถานะของเหลวไม่สามารถคงลักษณะเป็นของเหลวได้ และความดันไอของสารที่อุณหภูมิจุดวิกฤตนี้เรียกว่า ความดัน วิกฤต จุดวิกฤต สารที่อยู่ในสถานะอุณหภูมิและความดันเหนือจุดวิกฤต เรียกว่า ของไหลวิกฤตยิ่งยวด ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำละลายสูง นิยมนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้เป็นของไหลวิกฤตยิ่งยวดแพร่หลายที่สุด เนื่องจากมีอุณหภูมิจุดวิกฤตของสารค่อนข้างต่ำ ไม่ติดไฟ และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบริสุทธิ์สูง โดยจุดวิกฤตของคาร์บอนไดออกไซด์จะอยู่ที่อุณหภูมิ 31.1 องศาเซลเซียส และความดัน 73.8 บาร์ (รูปที่ 2.6)

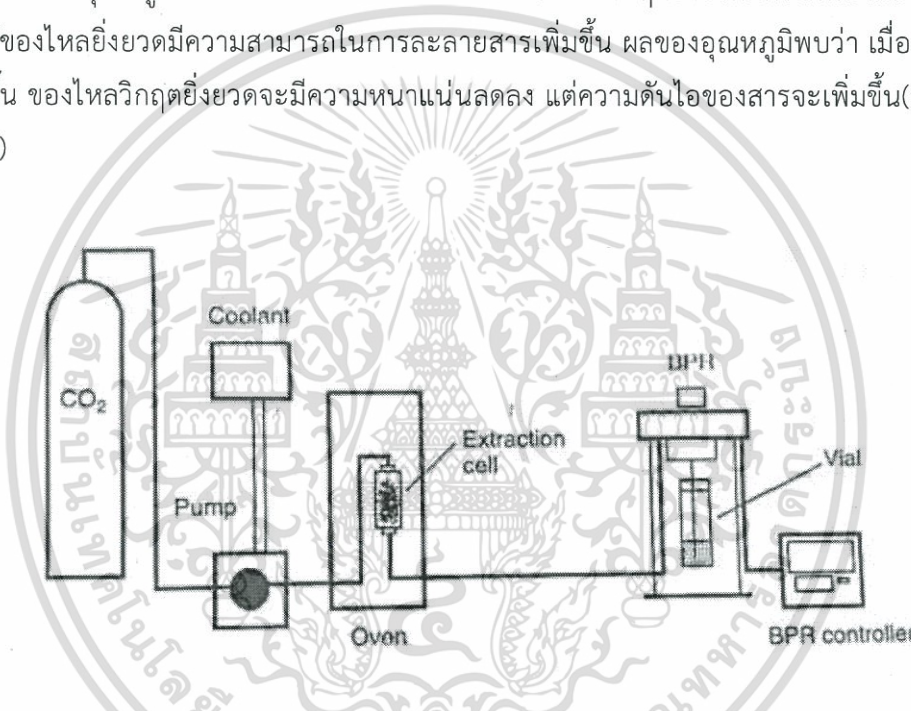


รูปที่ 2.6 กราฟแสดงสถานะของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความดันและอุณหภูมิต่างๆ

ที่มา : วชิกริช และคณะ (2556)

เทคนิคการใช้ของไหลวิกฤตยิ่งยวดมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ คือ สามารถควบคุมสมบัติในการเป็นตัวทำละลายได้โดยการปรับความดันและอุณหภูมิ สามารถกำจัดออกได้ง่าย โดยอาศัยสมบัติการระเหย เป็นตัวทำละลายที่ไม่เป็นพิษ สามารถนำมาสกัดสารประกอบที่มีจุดเดือดสูงภายใต้อุณหภูมิต่ำ และสามารถนำมาสกัดสารที่ไม่ทนต่อความร้อน

การใช้เทคโนโลยีของไหลวิกฤตยิ่งยวดขึ้นกับคุณสมบัติของสารภายใต้สภาวะความดันและอุณหภูมิเหนือจุดวิกฤตของสารนั้น โดยทั่วไป ของไหลวิกฤตยิ่งยวดจะมีความหนืดและความสามารถในการซึมผ่านใกล้เคียงกับแก๊ส แต่จะมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับของเหลว (Teledyne, 2012) ของไหลวิกฤตยิ่งยวดมีศักยภาพในการเป็นตัวทำละลายสูง โดยความสามารถในการละลายสารจะขึ้นกับความดันและอุณหภูมิที่ใช้ การเพิ่มความดันจะช่วยให้ของไหลวิกฤตยิ่งยวดมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ทำให้ของไหลยิ่งยวดมีความสามารถในการละลายสารเพิ่มขึ้น ผลของอุณหภูมิต่ำ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ของไหลวิกฤตยิ่งยวดจะมีความหนาแน่นลดลง แต่ความดันไอของสารจะเพิ่มขึ้น (อรัญญา, 2548)



รูปที่ 2.7 ระบบการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สถานะเหนือจุดวิกฤต
ที่มา : John (2009)

คุณสมบัติของของไหลวิกฤตยิ่งยวดที่ส่งผลให้การสกัดเกิดขึ้นได้ดีกว่าตัวทำละลายทั่วไป คือ คุณสมบัติการถ่ายเท คุณสมบัติในการละลายของตัวทำละลาย คุณสมบัติในการเลือกสกัด (วชิรกริช, 2556)

คุณสมบัติการถ่ายเท (Transportation property) ของไหลวิกฤตยิ่งยวดมีค่าความหนืดต่ำ และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่สูง ทำให้สามารถกระจายตัวได้อย่างทั่วถึง สามารถแทรกซึม (Penetration) เข้าสู่โครงสร้างของของแข็งหรืออนุภาคที่มีตัวถูกละลายได้ดี ทำให้ตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในของไหลวิกฤตยิ่งยวดกระจายออกจากบริเวณการสกัดไปยังบริเวณอื่นได้ง่าย และมีอัตรา

การถ่ายเทมวลสูง ค่าความหนืดและค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของของไหลวิกฤตยิ่งยวดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิและความดัน ดังนั้นจึงต้องมีการปรับอุณหภูมิและสถานะให้เหมาะสม เพื่อให้สกัดสารที่ต้องการได้ดีที่สุด อัตราการถ่ายเทมวลนอกจากจะเป็นผลโดยตรงแล้ว ยังขึ้นกับระยะทางของการแพร่ด้วย

คุณสมบัติในการละลายของตัวทำละลาย (Solvent power property) ความสามารถในการละลายของตัวทำละลายเป็นคุณสมบัติเด่นอีกอย่างหนึ่งในของไหลวิกฤตยิ่งยวดที่เหนือกว่าตัวทำละลายที่เป็นของเหลวทั่วไป เนื่องจากสามารถเลือก และปรับให้มีค่าตามต้องการได้ โดยการปรับอุณหภูมิในกรณีของตัวทำละลายที่เป็นของเหลว การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้มีการละลายของตัวถูกละลายเพิ่มขึ้น สำหรับของไหลวิกฤตยิ่งยวด การเพิ่มอุณหภูมิก็นำมาซึ่งการละลายของตัวถูกละลายเช่นกัน แต่ในขณะเดียวกัน การเพิ่มอุณหภูมิก็นำมาซึ่งผลให้ความหนาแน่นของของไหลวิกฤตยิ่งยวดลดลง ซึ่งจะส่งผลให้โมเลกุลของของไหลวิกฤตยิ่งยวดกับตัวถูกละลายอยู่ห่างกัน ทำให้ผลลัพธ์ของการละลายโดยรวมของตัวถูกละลายมีค่าลดลง ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ โดยการเพิ่มความดันให้กับของไหลวิกฤตยิ่งยวด เพื่อทำให้ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับสถานะเริ่มต้น ก่อนที่จะมีการเพิ่มอุณหภูมิ

คุณสมบัติในการเลือกสกัด (Selectivity property) ความสามารถในการเลือกสกัดเป็นคุณสมบัติที่ดีอีกอย่างหนึ่งของของไหลวิกฤตยิ่งยวด โดยการปรับอุณหภูมิและความดัน เพื่อให้มีความสามารถในการละลายที่เหมาะสม ในการสกัดเฉพาะสารที่ต้องการ โดยจะให้สารที่ไม่ต้องการปนเปื้อนออกมาให้น้อยที่สุด เช่น ในการสกัดสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (Natural product) ถ้าใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดในการสกัดแทนการกลั่นด้วยไอน้ำ โดยกรณีนี้หากต้องการเลือกสกัดเฉพาะน้ำมันหอมระเหย (Essential oil) จะต้องใช้ตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติในการแพร่ช้า ดังนั้น จะทำโดยการปรับให้อยู่ในสถานะที่เป็นจุดวิกฤต แต่อยู่ในช่วงความดันที่ไม่สูงมากนัก

2.4.4 การสกัดด้วยเครื่องซอกซ์เลต (Soxhlet extraction)

การสกัดด้วยเครื่องซอกซ์เลต เป็นเทคนิคดั้งเดิมที่ใช้กันมายาวนาน ซึ่งเป็นเทคนิคมาตรฐาน และเป็นเทคนิคที่ใช้ในการอ้างอิงสำหรับการประเมินผลของการสกัดด้วยเทคนิคอื่นๆ และมีการนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ดีและเป็นที่ยอมรับ (Luquede Castro และ Garcia-Ayuso, 1998)

2.4.4.1 หลักการการสกัดด้วยเครื่องซอกซ์เลต

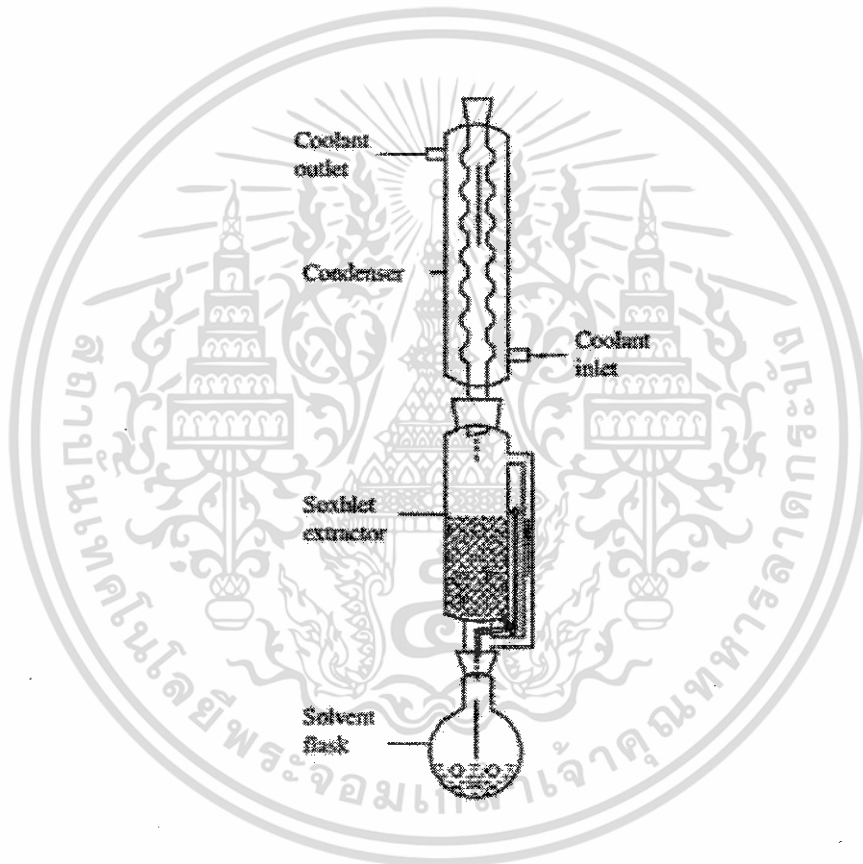
ระบบของการสกัดด้วยเครื่องซอกซ์เลต จะแสดงดังรูปที่ 2.8 การสกัดเริ่มด้วยวางวัตถุดิบไว้ในกระบอกทิมเบิล (thimble-holder) แล้วเติมตัวทำละลายลงในฟลาสก์รองรับ (solvent flask) จากนั้นให้ความร้อนจากหม้ออังไอน้ำ (Heating Mantle) แก่ฟลาสก์รองรับ ตัวทำละลายในภาชนะจะสกัด (soxhlet extractor) สูงถึงระดับ จะเกิดการลั่นน้ำขึ้น ตัวทำละลายและสารที่สกัดได้จะไหลกลับลงไป ในฟลาสก์รองรับ การสกัดจะดำเนินเช่นนี้ต่อไปจนการสกัดสมบูรณ์ (Jensen, 2007; รัตนา,

2547) ระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวลงมาในทิมเบิล(thimble) ที่ซึ่งบรรจุวัตถุดิบไว้ เมื่อตัวทำละลายใน ส่วน

2.4.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดด้วยเครื่องซอกท์เลต

1) ตัวทำละลาย

ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดควรเป็นตัวทำละลายที่สามารถสกัดสารสำคัญที่ต้องการออกมา ได้มากที่สุด เมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันในการสกัดจะทำให้ได้ปริมาณของสารแตกต่างกันไปด้วย (Zarnowski และ Suzuki, 2004) โดยตัวทำละลายที่นิยมใช้ คือ เฮกเซน เนื่องจากมีจุดเดือดอยู่ใน ช่วง 63-69 องศาเซลเซียส และสามารถสกัดน้ำมันได้ดี(Mamidipally และ Liu, 2004).



รูปที่ 2.8 การสกัดด้วยเครื่องซอกท์เลต

ที่มา : Lijun and Curtis (2006)

การเลือกใช้ตัวทำละลาย เช่น ไอโซโพรพานอล เอทานอล หรือน้ำ จะช่วยให้ปลอดภัยมากขึ้นทั้งในด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม Mamidipally และ Liu (2004) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยดีไลโมนีนและเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย พบว่าดีไลโมนีนสามารถสกัดน้ำมันได้มากกว่าเฮกเซนอย่างมีนัยสำคัญ Hanmoungjai และคณะ (2000) พบว่าการใช้น้ำในการสกัดน้ำมันรำข้าวจะให้ปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าการใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย นอกจากนี้ตัวทำละลายที่ใช้ไม่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นระบบตัวทำละลายผสม เนื่องจากถ้าตัวทำละลายมีขั้วที่แตกต่างกันมากจะทำให้เกิดการแยกชั้นระหว่างตัวทำละลายแต่ละชนิด และถ้าตัวทำละลายมีจุดเดือดต่างกันจะทำให้อัตราส่วนของตัวทำละลายแตกต่างกันไปจากเดิม และผลการสกัดจะออกมาไม่ดีเท่าที่ควร(รัตนา, 2547)

2.2) ขนาดของอนุภาค

นอกจากนี้การสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลตยังขึ้นอยู่กับลักษณะและขนาดของวัตถุดิบ เช่น ส่งผลต่อการแพร่ของตัวทำละลายเข้าไปยังวัตถุดิบในระหว่างการสกัด Luque-Garcia และ Luque de Castro (2004) รายงานว่า การสกัดไขมันจากเมล็ดพีช เมื่อวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาค 0.4 มิลลิเมตร ใช้เวลาในการสกัด 2 ชั่วโมง จะให้ประสิทธิภาพในการสกัดร้อยละ 99 แต่เมื่อใช้วัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร จะต้องใช้เวลาในการสกัดถึง 12 ชั่วโมง จึงจะมีประสิทธิภาพในการสกัดเท่ากับวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาค 0.4 มิลลิเมตร

2.3) อุณหภูมิ

ในระหว่างการสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดก็มีผลต่อคุณภาพและผลผลิตที่ได้เช่นกัน โดย Mamidipally และ Liu (2004) พบว่า ดีไลโมนินที่ได้จากการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้เฮกเซนมีสีเข้มกว่าปกติ ซึ่งอาจเกิดจากการใช้อุณหภูมิสูงในระหว่างกระบวนการสกัด

2.4.4.3 ข้อดีและข้อเสียของการสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต

ข้อดีของการสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต คือ มีการไหลเวียนของตัวทำละลายผ่านวัตถุดิบตลอดเวลา มีการรักษาความร้อนที่ให้แก่พลาสติกกรองรับอย่างสม่ำเสมอ และไม่ต้องนำสารสกัดที่ได้มากรองเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสกัด นอกจากนี้การสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต ยังเป็นการสกัดที่ง่ายและไม่สิ้นเปลืองอีกด้วย (Luque de Castro และ Garcia-Ayuso, 1998)

ส่วนข้อเสียหลักๆของการสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต คือ ใช้เวลานานในการสกัด ใช้ตัวทำละลายปริมาณมาก ไม่สามารถใช้ร่วมกับการกวนได้ เมื่อใช้ตัวทำละลายมากจึงต้องใช้เวลาในการระเหยตัวทำละลายมากตามไปด้วย และไม่เหมาะสำหรับสารที่ไม่ทนต่อการสกัดที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน(Luque de Castro และ Garcia-Ayuso, 1998)

2.5 พันธุ์ข้าว

ในประเทศไทยมีการปลูกข้าวหลากหลายสายพันธุ์ ข้าวขาวดอกมะลิเป็นข้าวสายพันธุ์หนึ่งที่นิยมปลูกกันในหลายพื้นที่โดยเฉพาะพื้นที่ภาคกลาง เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และนิยมนำมารับประทาน ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ เป็นข้าวเจ้าหอม นอกจากสายพันธุ์รำข้าวขาวดอกมะลิที่นิยมปลูกกันมากแล้ว ยังมีข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอม ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์พิเศษที่แตกต่างจากข้าวสายพันธุ์ธรรมดา เนื่องจากเป็นสายพันธุ์รำข้าวที่สามารถเจริญเติบโตและเพาะปลูกได้ในสภาวะที่มีน้ำน้อยหรือไม่มีน้ำ และเนื่องจากสภาวะในการเจริญเติบโตที่ต่างกัน สารสำคัญที่มีในข้าวไร่ อาจมีความแตกต่าง ทั้งทางด้านชนิดและปริมาณของสารที่สร้างได้

2.5.1 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (Khao Dawk Mali 105) ได้รับการรับรองสายพันธุ์ข้าวจากคณะกรรมการการพิจารณาพันธุ์ ให้ใช้ขยายพันธุ์เป็นพันธุ์รับรอง เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2502 ซึ่งได้รับการคัดเลือกสายพันธุ์โดยนายสุนทร สีหะเนิน เจ้าพนักงานข้าว รวบรวมจากอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา เมื่อ พ.ศ. 2493-2494 จำนวน 199 รวง แล้วนำไปคัดเลือกแบบคัดพันธุ์บริสุทธิ์ (pure line selection) และปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ที่สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง แล้วปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ในท้องถิ่น ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จนได้สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 4-2-105 ซึ่งเลข 4 หมายถึง สถานที่เก็บรวงข้าว คืออำเภอบางคล้า เลข 2 หมายถึงพันธุ์ทดสอบที่ 2 คือ ขาวดอกมะลิ และเลข 105 หมายถึง แฉวหรือรวงที่ 105 จากจำนวน 199 รวง แนะนำให้ปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือตอนบน เก็บเกี่ยวประมาณ 25 พฤศจิกายน

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้าหอม สูงประมาณ 140 เซนติเมตร เป็นสายพันธุ์ข้าวที่มีความไวต่อช่วงแสง ลำต้นสีเขียวจาง ใบสีเขียวยาวค่อนข้างแคบ ฟางอ่อน ใบตรงทำมุมกับคอรวง เมล็ดข้าวรูปร่างเรียวยาว ข้าวเปลือกสีฟาง เมล็ดข้าวสารใส แกร่ง คุณภาพการสีดี คุณภาพการหุงต้มดี อ่อนนุ่ม มีกลิ่นหอม เมล็ดข้าวเปลือกมีขนาด ยาว 10.6 มิลลิเมตร กว้าง 2.5 มิลลิเมตร หนา 1.9 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.5 มิลลิเมตร กว้าง 2.1 มิลลิเมตร หนา 1.8 มิลลิเมตร มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 12-17 ให้ผลผลิตประมาณ 363 กิโลกรัมต่อไร่ ทนแล้งได้ดีพอสมควร ทนต่อสภาพดินเปรี้ยวและดินเค็ม แต่ไม่ต้านทานโรคใบสีส้ม โรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ และโรคใบหงิก ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียว และหนอนกอ

2.5.2 ข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอม

ข้าวไร่พันธุ์ดอกพะยอม (Dawk Pa-yawm) ได้รับการรับรองสายพันธุ์ข้าวจากคณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตร มีมติให้เป็นพันธุ์รับรอง เมื่อวันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ. 2522 ได้จากการรวบรวมสายพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองในพื้นที่ภาคใต้ โดยเจ้าหน้าที่กองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง ในระหว่างปี พ.ศ. 2502 – 2521 ปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ในสถานีทดลองข้าวภาคใต้ แนะนำให้ปลูกในพื้นที่ภาคใต้ ถ้าปลูกต้นเดือนมิถุนายน เก็บเกี่ยวปลายเดือนตุลาคม ถ้าปลูกปลายเดือนสิงหาคม เก็บเกี่ยวเดือนมกราคม (อายุประมาณ 145 – 150 วัน)

ข้าวพันธุ์ดอกพะยอมเป็นสายพันธุ์ข้าวไร่ ข้าวเจ้าพื้นเมือง สูงประมาณ 150 เซนติเมตร มีความไวต่อช่วงแสงอย่างอ่อน ลำต้นเขียว ใบยาว ค่อนข้างแคบ ชูรวงดี เมล็ดเรียวยาว ข้าวเปลือกสีฟางก้นจุด ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 2 สัปดาห์ เมล็ดข้าวเปลือก ยาว 10.3 มิลลิเมตร กว้าง 2.4 มิลลิเมตร หนา 2.0 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.3 มิลลิเมตร กว้าง 2.2 มิลลิเมตร หนา 1.8 มิลลิเมตร มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 24 ให้ผลผลิตประมาณ 250 กิโลกรัมต่อไร่ คุณภาพข้าวสุกร่วน นุ่ม มีกลิ่นหอม ปลูกเป็นพืชแซมยางได้ดี ควรระวัง เหมาะสำหรับเกี่ยวด้วยแกระ ต้านทานโรคไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคใบขีดสีน้ำตาล แต่ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง และโรคใบวงสีน้ำตาล

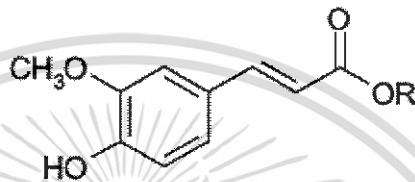
2.6 แกมมาโอโรซานอล

โอโรซานอลค้นพบครั้งแรกในน้ำมันรำข้าวในปี ค.ศ. 1954 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นชื่อ Tsuchiya, T. และ Kaneko, R. (Orthofer, 1996) ในช่วงแรกเชื่อว่า โอโรซานอลเป็นสารเดี่ยว ต่อมาภายหลังพบว่าโอโรซานอลประกอบด้วยสองส่วนสำคัญ ส่วนแรกเป็นส่วนที่มีขี้ คือ กรดเฟอร์ูลิก (Ferulic acid) ที่เป็นองค์ประกอบหลักไม่เปลี่ยนแปลง อีกส่วนหนึ่งเป็นสารประกอบที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นแอลกอฮอล์ ได้แก่พวก สเตอรอล (sterol) และ ไตรเทอร์พีนแอลกอฮอล์ (triterpene alcohol) ที่มีโครงสร้างลักษณะคล้าย โคลเลสเตอรอล (Cholesterol) และทั้งสองส่วนนี้เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเอสเทอร์ ซึ่งมีชื่อเรียกอยู่ทั้งหมด 3 ชนิด คือ แอลฟาโอโรซานอล บีตาโอโรซานอล และ แกมมาโอโรซานอล ซึ่งแกมมาโอโรซานอลเป็นรูปแบบที่พบมากที่สุด มีนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการศึกษาวิจัยพบว่า ในน้ำมันรำข้าว (rice bran oil) มีปริมาณแกมมาโอโรซานอลอยู่ระหว่างร้อยละ 1-3 ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าวและวิธีวิเคราะห์ที่ใช้ (Seetharamaiah และ Prabhakar, 1986) แหล่งธรรมชาติที่พบแกมมา-โอโรซานอล คือ รำข้าว แต่สารบางชนิดที่พบในแกมมา-โอโรซานอล เช่น sitostanyl ferulate, campestanyl ferulate ยังสามารถพบได้ในข้าวโพดและธัญพืช (Seitz LM, 1989)

ปริมาณแกมมาโอโรซานอลที่พบในน้ำมันรำข้าวมีมากกว่าวิตามินอีประมาณ 20 เท่า ซึ่งอาจจะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงถึง 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Xu และ Godber, 1999) แต่ทั้งนี้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลยังมีความแปรปรวนอยู่มาก เช่น การตรวจสอบปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ที่ขายอยู่ในประเทศญี่ปุ่นมีประมาณ 1,500-2,900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ประเทศอินเดียพบประมาณ 1,500-1,900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ประเทศสหรัฐอเมริกาพบประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Saska และ Rossiter, 1998) ทั้งนี้เนื่องจากถูกขจัดออกหรือสลายตัวไปในกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (refining) ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นกับความรุนแรงในกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และความแตกต่างของกระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว โดย Van Hoed และคณะ (2006) รายงานว่าในขั้นตอนของการใช้ต่างหรือการทำให้เป็นกลางเป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียของแกมมาโอโรซานอลสูงสุดซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Krishna และคณะ (2001) ที่พบว่าขั้นตอนของการกำจัดกัม และไขทำให้สูญเสียแกมมาโอโรซานอลเพียงร้อยละ 1.1-5.9 แต่ในขั้นตอนของการขจัดกรดไขมันโดยใช้ต่างมีผลให้แกมมาโอโรซานอลถูกกำจัดไปถึงร้อยละ 93.0-94.6 และนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าว โดย นพมาศ และคณะ (2545) ศึกษาความแตกต่างของสายพันธุ์รำข้าวในประเทศไทยต่อปริมาณของแกมมาโอโรซานอล โดยพบว่าข้าวสายพันธุ์ต่างๆ มีปริมาณของแกมมาโอโรซานอลที่แตกต่างกัน

2.6.1 คุณสมบัติของสารแกมมาโอโรซานอล

แกมมาโอโรซานอล มีลักษณะเป็นผงสีขาวหรือสีขาวปนเหลืองอ่อนๆ มีสูตรเคมี คือ $C_{40}H_{58}O_4$ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 602.98 กรัมต่อโมล แกมมาโอโรซานอลสามารถละลายได้ดีในซีฟิงธรรมชาติ น้ำมัน เมทานอล เอทานอล และคลอโรฟอร์ม จะละลายได้น้อยในอีเทอร์และเฮกเซน แต่ไม่ละลายในน้ำ ไม่มีกลิ่น มีจุดหลอมเหลวที่ 135-137 °C ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (absorption maxima) ที่ 315 291 และ 231 มีค่าการแตกตัวของหมู่ฟีนอลในสารละลายเมทานอลประมาณ 10.8 (วารสารพงษ์ธรวารสารกุลพานิช, 2543)

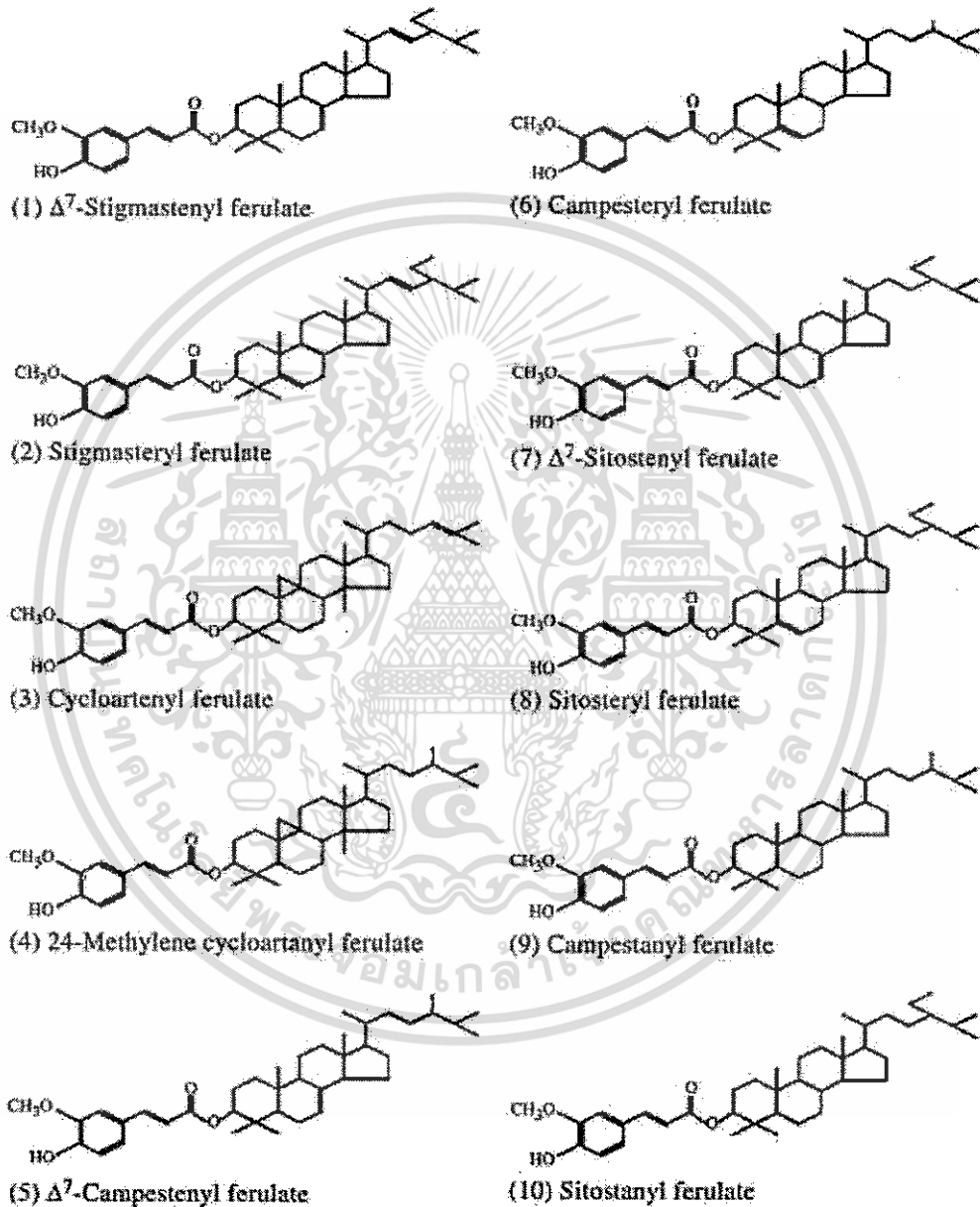


รูปที่ 2.9 โครงสร้างทางเคมีของแกมมาโอโรซานอล
หมู่ R คือ กลุ่มสเตอรอลหรือกลุ่มไตรเทอร์พีนแอลกอฮอล์
ที่มา : Xu และ Godber (1999)

การพัฒนาเทคนิคสำหรับวิเคราะห์ปริมาณแกมมาโอโรซานอลนั้นเริ่มขึ้นโดย Diack และ Saska ในปี ค.ศ.1994 โดยการใช้เทคนิค normal phase high performance liquid chromatography (normal phase-HPLC) ซึ่งสามารถแยกแกมมาโอโรซานอลได้เป็น 2 ส่วน และแต่ละส่วนประกอบด้วยสารสำคัญอย่างน้อย 2 ชนิดหรือมากกว่านั้น การตรวจเอกลักษณ์และวิเคราะห์ปริมาณของสารสำคัญแต่ละชนิดในแกมมาโอโรซานอลนั้นจึงเป็นเรื่องที่ยากอันเนื่องมาจากการแยกสกัดสารสำคัญแต่ละชนิดได้ไม่สมบูรณ์ นอกจากนั้นยังมีการใช้เทคนิค reverse-phase HPLC สามารถแยกสารสำคัญได้ 5 ชนิด (Norton RA, 1995) หรือ 6 ชนิด (Evershed et al., 1988; Rogers et al., 1993) จากนั้นจึงสามารถแยกสารสำคัญของแกมมาโอโรซานอลได้สำเร็จจากน้ำมันรำข้าวโดยใช้เทคนิค preparative normal phase-HPLC ได้เป็นแกมมาโอโรซานอลเข้มข้น จากนั้นจึงทำการแยกและลดการรบกวนจากสารอื่นด้วยเทคนิค reverse-phase HPLC ซึ่งสามารถแยกสารสำคัญได้ถึง 10 ชนิด (Xu และ Godber, 1999) คือ (1) Δ^7 -stigmasteryl ferulate (2) stigmasteryl ferulate (3) cycloartenyl ferulate (4) 24-methylene cycloartenyl ferulate (5) Δ^7 -campestenyl ferulate (6) campestenyl ferulate (7) Δ^7 -sitoteryl ferulate (8) sitoteryl ferulate (9) campestanyl ferulate และ (10) sitotanyl ferulate (รูปที่ 2.10) ซึ่งสารสำคัญหลัก 3 ชนิดที่พบมากในแกมมาโอโรซานอล คือ cycloartenyl ferulate, 24-methylenecycloartenyl ferulate, campestenyl ferulate (Zullaikah et al., 2009) โดยอนุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์หลักของแกมมาโอโรซานอลที่พบในน้ำมันรำข้าวมี 3-4 ชนิด ซึ่งได้แก่ cycloartenyl ferulate, 24-methylene cycloartenyl ferulate, campesteryl ferulate และ sitostanyl ferulate (Xu และ Godber 1999; Lloyd และคณะ, 2000; Xu และคณะ 2001; Fang และคณะ, 2003) รวมกันคิดเป็นประมาณร้อยละ 80 ของแกมมาโอโรซานอลทั้งหมด



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างทางเคมีของแกมมาโอโรซานอลทั้ง 10 อนุพันธ์

ที่มา : Xu และ Godber (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 แหล่งของสารแกมมาโอโรซานอลในธรรมชาติ

พบในรำข้าว น้ำมันรำข้าว ตันอ่อนของข้าว น้ำมันจากตันอ่อนของข้าว นอกจากนี้ยังพบในธัญพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวไรน์ และข้าวโอ๊ตอีกด้วย

2.6.3 คุณประโยชน์ของสารแกมมาโอโรซานอล

แกมมาโอโรซานอลเป็นสารที่มีคุณประโยชน์มากมาย และมีศึกษาการนำสารแกมมาโอโรซานอลไปใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง นอกจากนั้นผลการตรวจสอบความปลอดภัยอย่างชัดเจนว่าสารแกมมาโอโรซานอลไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติของยีน ไม่เป็นสารก่อมะเร็งและเนื้องอกอีกด้วย แกมมาโอโรซานอล จึงถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายทั้งทางด้านอาหาร เครื่องสำอาง และทางการแพทย์

ในด้านอาหาร แกมมาโอโรซานอลถูกนำมาใช้เป็นสารป้องกันการเปลี่ยนสีในผลิตภัณฑ์อาหาร ที่มีลักษณะเป็นอิมัลชัน ใช้เป็นสารกันเสีย (Preservative) ในอาหาร ใช้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น เติมน้ำมันรำข้าวเพื่อกันเหี่ยว

ในด้านเครื่องสำอาง แกมมาโอโรซานอลถูกนำมาใช้เพื่อช่วยทำให้ผิวหนังมีความยืดหยุ่น เปล่งปลั่ง มีน้ำมีนวล ชุ่มชื้น และปราศจากริ้วรอยเหี่ยวย่น แกมมาโอโรซานอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระคล้ายกับวิตามินอี ซึ่งจะช่วยลดปฏิกิริยาออกซิเดชัน อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดริ้วรอย มีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาบน้ำประมาณ 3-20% โดยน้ำหนัก เพื่อใช้รักษาโรคผิวหนังอักเสบ (Atopic dermatitis) และอาการผิวหนังแห้ง (Senile xeroderma) ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ทาเส้นผมประมาณ 1% โดยน้ำหนัก เพื่อใช้เปลี่ยนสภาพสีผมจากผมสีเทาให้เป็นผมสีดำ ทั้งนี้เพราะโอโรซานอลช่วยกระตุ้นการสร้างเมลานิน ใช้ใช้ในผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นใต้รักแร้เพื่อควบคุมกลิ่นที่เกิดจากเหงื่อ ในน้ำยาทาเล็บเพื่อป้องกันเล็บเปลี่ยน และยังช่วยรักษาความคงทนของผลิตภัณฑ์

ในด้านการแพทย์ แกมมาโอโรซานอลมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ ซึ่งสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ จึงช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งได้ ช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอลในพลาสมา (Plasma cholesterol) ลดการสังเคราะห์โคเลสเตอรอลในตับและลดการดูดซึมโคเลสเตอรอล ช่วยเพิ่มปริมาณการหลังกรดน้ำดีเข้าไปในลำไส้ ช่วยเพิ่มอัตราการไหลเวียนโลหิตและป้องกันการรวมตัวของเกล็ดเลือด (Platelet aggregation) ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ โรคตับ โรคไต โรคเบาหวาน และการเกิดริ้วรอยผิวหนัง ช่วยเสริมสร้างในด้านความจำ ลดความเครียด ช่วยรักษาระบบการทำงานของสมองที่ผิดปกติ (Nerve aggregation) และภาวะหลังหมดประจำเดือน (Disorder of menopause) โดยคาดว่าน่าจะไปมีผลกับฮอร์โมนลูทีไนซิง (Luteinizing hormone ; LH) ช่วยส่งเสริมการสร้างกล้ามเนื้อ โดยการปลดปล่อยฮอร์โมนเอนดอร์ฟิน (Endorphin) และทำให้สมดุลแข็งแรงและกระชับช่วยในเรื่องของการมีบุตรยาก และยังช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางเพศ โดยการเพิ่มระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Testosterone hormone)

2.7 อนุมูลอิสระและการต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radical) หรือ reactive oxygen species(ROS) เป็นโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดไม่เป็นจำนวนคู่ (unpaired electron) และมีอายุสั้นมาก จัดเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงทำปฏิกิริยากับโมเลกุลต่างๆ ภายในร่างกายเพื่อให้ตัวมันเองมีความเสถียร อนุมูลอิสระมีหลายชนิด ชนิดที่สำคัญ ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (superoxide anion) ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) และไฮดรอกซิลแรดิคัล (hydroxyl-radical) (มลศิริ วิโรทัย, 2545)

แหล่งของอนุมูลอิสระสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ อนุมูลอิสระที่มาจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งได้แก่ สารเคมีและสิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศที่เราหายใจเข้าไป การติดเชื้อสารเติมแต่งอาหาร สีสผสมอาหาร สารเคมีปนเปื้อนในอาหาร สารกันบูด หรือสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในการเกษตร ฯลฯ และอนุมูลอิสระที่ร่างกายของเราสร้างขึ้นเอง ซึ่งได้แก่ สารเคมีที่หลงเหลือจากกระบวนการทางชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในร่างกายและในเซลล์เอง เช่น กระบวนการเผาผลาญอาหาร (metabolism) ในชีวิตประจำวัน การออกกำลังกาย การสลายไขมันออกจากร่างกายมากๆ ก็จะทำให้เกิดอนุมูลอิสระมากด้วย

ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น แสง อุณหภูมิ ความเข้มข้น และชนิดของออกซิเจน ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ชนิดและปริมาณของกรดไขมันอิสระ ปริมาณของโมโนกลีเซอไรต์และไดกลีเซอไรต์ รงควัตถุ ฟอสโฟลิปิด ชนิดและปริมาณของโลหะหนัก (Choe และ Min, 2006) โดยน้ำมันดิบมักมีโลหะหนัก เช่น เหล็ก ทองแดง โคบอล เป็นต้น ซึ่งโลหะหนักอาจปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตน้ำมัน และภาชนะบรรจุ แม้ปริมาณของโลหะหนักจะมีน้อย เช่น ระดับมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก็สามารถที่จะลดความคงตัวของน้ำมันได้ ซึ่งเมื่อกำจัดตัวเร่งปฏิกิริยาให้หมดไป การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันก็น้อยลงทำให้การเกิดกลิ่นหืนลดน้อยลงไป โดยขั้นตอนของการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ก็เป็นขั้นตอนที่สามารถลดปริมาณของโลหะหนักเหล่านี้ได้ระดับหนึ่ง ดังนั้นน้ำมันที่ไม่ผ่านการทำให้เป็นน้ำมันบริสุทธิ์ก็ยังคงมีปริมาณของโลหะหนักอยู่สูง โดยโลหะหนัก เช่น เหล็ก จะมีผลไปเร่งอัตราการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันได้โดยตรง เนื่องจากเหล็กจะเป็นตัวรับไฮโดรเจนจากกรดไขมันทำให้เกิดเป็นแอลคิลฟรีแรดิคัล (alkyl free radical: R[•]) และเร่งการแตกตัวของไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide: ROOH) โดยเหล็กจะให้อิเล็กตรอนกับไฮโดรเพอร์ออกไซด์แล้วเปลี่ยนเป็นเพอร์ออกซีแรดิคัล (peroxy radical: ROO[•]) และแอลคอกซีแรดิคัล (alkoxy radical: RO[•]) ตามลำดับ (Choe และ Min, 2006)

อนุมูลอิสระมีคุณสมบัติทางเคมีที่ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของมนุษย์ได้ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เมื่อมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นจึงเกิดการทำลายโมเลกุลอื่นๆ ต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ส่งผลให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อร่างกาย เกิดริ้วรอยเหี่ยวย่นบนใบหน้า รอบดวงตา และผิวพรรณ รวมทั้งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคหัวใจขาดเลือด โรคต่อกระจก โรคความดันโลหิตสูง โรคอัลไซเมอร์ โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง เป็นต้น ปกติภายในร่างกายของเรามีกลไกป้องกันอนุมูลอิสระ

โดยอาศัยการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระที่สร้างขึ้นในร่างกาย เช่น เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเตส (superoxide dismutase) คาทาเลส (catalase) กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (GPX) เป็นต้น แต่การสร้างสารต้านอนุมูลอิสระยังไม่เพียงพอและมีขีดจำกัดในปัจจุบัน วงการวิทยาศาสตร์การแพทย์ค้นพบว่า ในการป้องกันภาวะบกพร่องของร่างกายต่างๆที่เกิดจากการทำลายเซลล์ของอนุมูลอิสระนั้น ควรได้รับสารเพื่อทำลายฤทธิ์ของสารอนุมูลอิสระ ซึ่งเรียกว่า สารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระ(Antioxidant) คือ สารที่มีสมบัติยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีทั้งที่เป็นสารจากธรรมชาติ (natural antioxidant) เช่น วิตามินซี วิตามินอี เป็นต้น และสารสังเคราะห์ (synthetic antioxidant) เช่น บิวทิลเลทไฮดรอกซีเอนิโซล (butylated hydroxyanisole: BHA) บิวทิลเลทไฮดรอกซีโทลูอีน(Butylated hydroxytoluene; BHT) แกลเลต (Gallate) เป็นต้น และมีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระที่ร่างกายได้รับ ได้แก่ ควินบุรี แอลกอฮอล์ รังสีอัลตราไวโอเล็ต เอ็กซเรย์ ให้กลายเป็นสารที่ไม่มีอันตรายต่อเซลล์ ในร่างกายจะมีสารต้านออกซิเดชัน เพื่อทำหน้าที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ (free radical scavengers) ป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆที่จะก่อผลเสียต่อร่างกาย (สุวดี โสวีรกรรม 2549) แหล่งอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่

วิตามินเอ พบในตับหมู ตับไก่ ไข่โดยเฉพาะไข่แดง น้ำมัน พืชผักที่มีสีเขียวเข้ม ผลไม้ที่มีสีเหลืองส้ม เช่น ผักตำลึง ผักกวางตุ้ง ผักบุ้ง ฟักทอง มะม่วงสุก มะละกอสุก มะเขือเทศ

วิตามินซี พบมากในฝรั่ง ส้ม มะขามป้อม มะละกอสุก พริกชี้ฟ้าเขียว บร็อกโคลี ผักคะน้า ยอดสะเดา ใบปอ ผักหวาน ผักกาดเขียว

วิตามินอี พบในน้ำมันจากจมูกข้าวสาลี น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกคำฝอย เมล็ดทานตะวัน เมล็ดอัลมอนด์ จมูกข้าวสาลี

ซีลีเนียม พบมากในอาหารทะเล ปลาทูน่า เนื้อสัตว์ ตับ ไข่ บะหมี่ ไข่ ปลา ขนบโปงโฮลวีต

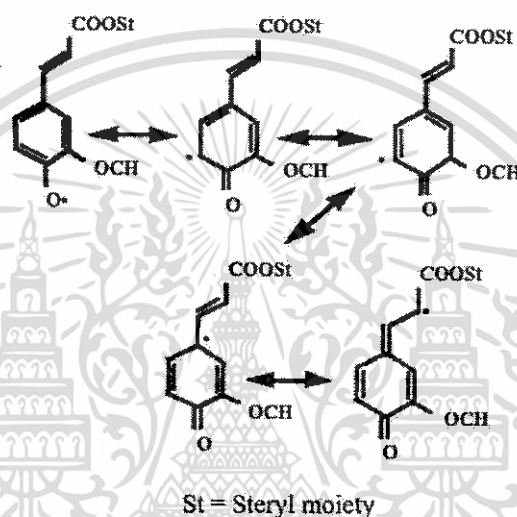
แคโรทีนอยด์ (บีตาแคโรทีน ลูทีน และไลโคปีน) พบในผักที่มีสีเขียวเข้ม ผลไม้ที่มีสีเหลืองส้ม เช่น ผักตำลึง ผักกวางตุ้ง ผักบุ้ง ฟักทอง มะม่วงสุก มะละกอสุก มะเขือเทศ

พฤกษเคมีต่างๆ เช่น สารประกอบโพลีฟีนอลส์ (polyphenols) จากชาและสมุนไพรบางชนิด ไอโซฟลาโวน (isoflavones) จากถั่วเหลือง เป็นต้น

2.7.1 การต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแกมมาโอโรซานอล

การเกิดออกซิเดชันของน้ำมันสำหรับบริโภคมีผลโดยตรงทำให้เกิดสี กลิ่นรสที่ผิดปกติไปจากเดิม สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลง ผู้บริโภคไม่ยอมรับ หรืออาจเกิดสารประกอบใหม่ที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย (Nawar, 1996; Choe และ Min, 2006) ซึ่งสารต้านการเกิดออกซิเดชัน คือ สารที่มีสมบัติป้องกันหรือช่วยให้น้ำมันเกิดการหืนได้ช้าลง จึงเป็นสารที่เติมลงในน้ำมันเพื่อชะลอหรือยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้น้ำมันคงตัว รักษาคุณลักษณะ กลิ่นและรสชาติไว้ได้นานขึ้น โดยความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน ของสารกลุ่มแกมมาโอโรซา

นอลมาจากส่วนของกรดเพอรูลิก เนื่องจากอนุพันธ์ในส่วนของ สเตอรอลหรือไตรเทอร์ปีนแอลกอฮอล์ มีโครงสร้างขนาดใหญ่และเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนยากกว่ากรดเพอรูลิก (Xu และ Godber, 2001) สำหรับหน้าที่ในการต้านออกซิเดชันสามารถอธิบายได้โดยการเกิด resonance-stabilised structure (Kochhar, 2000) ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ซึ่งจากภาพเมื่อแกมมาโอโรซานอลได้รับอิเล็กตรอนจากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว แกมมาโอโรซานอลจะมีความสามารถย้ายอิเล็กตรอนในโครงสร้างวงแหวน โดยการเกิดเรโซแนนซ์ (resonance) ทำให้แกมมาโอโรซานอลมีความเสถียรสูงและไม่เกิดเป็นอนุมูลอิสระเสียเอง



รูปที่ 2.11 กลไกในการต้านออกซิเดชันของแกมมาโอโรซานอล
ที่มา : Kochhar (2000)

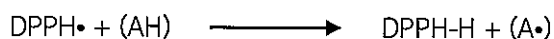
สำหรับความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแกมมาโอโรซานอลนี้ มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง โดยพบว่าสามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันได้ดีเมื่อเทียบกับสารต่อต้านการเกิดออกซิเดชันชนิดอื่นๆ เช่น แอลฟาโทโคฟีรอล บิวทิลเลทไฮดรอกซี โชนีโซล (butylated hydroxyanisole: BHA) บิวทิลเลทไฮดรอกซีโทลูอีน (Butylated hydroxytoluene; BHT) (Xu และ Godber, 2001; Iqbal และคณะ, 2005) โดยสามารถยืดช่วงของ induction period ออกไป และปรับปรุงความคงตัวของน้ำมัน นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบระหว่างสเตอรอลเฟอรูเลท (steryl ferulates) กับโทโคฟีรอล (tocopherol) ในน้ำมันดอกทานตะวันให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 และ 180 องศาเซลเซียส พบว่าสเตอรอลเฟอรูเลทมีความคงตัวในระหว่างการเกิดออกซิเดชันดีกว่าเมื่อเวลาผ่านไป 96 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่ไม่พบการเสริมฤทธิ์กันระหว่างสเตอรอลเฟอรูเลทและโทโคฟีรอล

นฤมล นิรมานพิภักดิ์ (2546) ได้ทำการศึกษารำข้าวเป็นแหล่งธรรมชาติที่สำคัญของสารแกมมาโอไรซานอล สารประกอบแกมมาโอไรซานอลน่าจะมีฤทธิ์ด้านการออกซิเดชันเพราะในโครงสร้างประกอบด้วยกรดเพอรูลิกซึ่งเป็นสารต้านการออกซิเดชันที่มีฤทธิ์แรง น้ำมันรำข้าว (Crude rice bran oil) ได้จากการสกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ที่ไม่เข้ากันมาทำการสกัดแยกเอาเฉพาะส่วนที่ต้องการ (Liquid-liquid extraction method) โดยตัวทำละลายที่ใช้ ได้แก่ เมทานอล และเฮกเซน ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวร้อยละ 10.9 เมื่อเทียบกับน้ำหนักของน้ำมันรำข้าว การวิเคราะห์หาปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล จะมี 2 พีคหลักของสารสกัดน้ำมัน รำข้าวให้ชื่อว่าฟิคเอและฟิคบี ทำโดยเครื่อง HPLC พบว่าฟิคเอกับฟิคบีของสารแกมมาโอไรซานอลในสารสกัดน้ำมันรำข้าวเท่ากับร้อยละ 2.3 และ 4.1 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับน้ำหนักของสารสกัดน้ำมันรำข้าว จากนั้นนำสารสกัดไปตรวจสอบหาฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ทำโดย 2 วิธี คือ colorimetric analysis และ ESR โดยแสดงผลเป็นค่าความเข้มข้นที่มีฤทธิ์ยับยั้งได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) ผลลัพธ์พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดน้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ยับยั้งได้ร้อยละ 50 ของแต่ละพีคเท่ากับ 1406.94 และ 1325.63 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ หลังจากนั้นสารสกัดน้ำมันรำข้าวถูกเก็บเป็นเวลา 90 วัน ทำการหาค่าร้อยละความเข้มข้นของฟิคบีของสารแกมมาโอไรซานอลที่คงเหลืออยู่ในสารสกัดได้ดังนี้ 71.35-74.75% ตามลำดับ วัดโดยเครื่อง HPLC

2.7.2 การวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

ในปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ได้มีการนำสารต้านอนุมูลอิสระมาใช้ในการส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันและรักษาโรคต่างๆ เพราะเชื่อว่าสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันและต้านการเกิดอนุมูลอิสระได้ การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความสำคัญ เพื่อใช้บอกประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ หากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงแสดงว่ามีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดอนุมูลอิสระสูงด้วยเช่นกัน วิธีที่นิยมใช้ในการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีหลายวิธี เช่น 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) free radical dechlorization assay และ oxygen radical absorbance capacity (ORAC) เป็นต้น (จุฬาลักษณ์ ทวีบุตร, 2551)

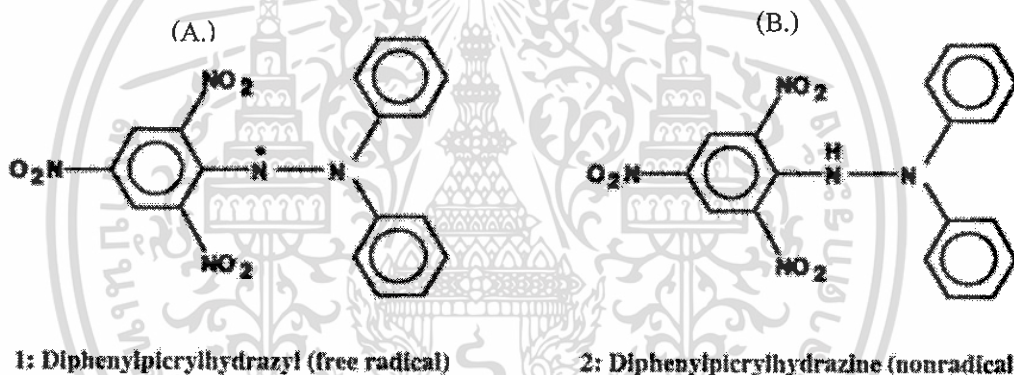
DPPH เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวัดค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH มีหลักการที่สารเคมี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) นี้เป็นอนุมูลอิสระสังเคราะห์ที่มีความคงตัว เมื่ออยู่ในรูปสารละลาย DPPH จะมีสีม่วง และสามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 517 nm ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้โดยผสม DPPH• และสารต้านอนุมูลอิสระที่ต้องการทดสอบ (AH) ในหลอดทดลอง ซึ่งเกิดปฏิกิริยากันดังสมการนี้



อนุมูลอิสระใหม่ที่เกิดขึ้น ($\text{A}\cdot$) จะทำปฏิกิริยาต่อไป (radical-radical interaction) โดยกระบวนการ radical disproportionation จนกระทั่งได้เป็นโมเลกุลที่มีความคงตัว (A-A) ดังสมการนี้



เมื่ออนุมูลอิสระ $\text{DPPH}\cdot$ ได้รับโปรตอนจากสารต้านอนุมูลอิสระที่นำมาทดสอบ สารละลาย DPPH ก็เปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเหลือง ส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ลดลง



รูปที่ 2.12 สูตรโครงสร้างของ DPPH ที่เป็นอนุมูลอิสระ (A.) และไม่เป็นอนุมูลอิสระ (B.)

ที่มา : Molyneux (2004)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Maryam และ Fereshteh (2016) ทำการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงที่ใช้ น้ำเป็นตัวกลาง ที่ 45 องศาเซลเซียส และมีการกววน 800 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที พบว่ากระบวนการสกัดที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูง ซึ่งจะช่วยเร่งปฏิกิริยาการสกัดให้เร็วขึ้น แต่ถ้าใช้เวลานานเกินไป ปรากฏการณ์ควิเทชันลดลง ทำให้อัตราการสกัดลดลงตามไปด้วย ซึ่งเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดมากที่สุด คือ 70 นาที นอกจากนี้ ยังพบว่าเมื่ออุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้น จะทำให้ความสามารถในการสกัดน้ำมันลดลง การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงจะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกับการสกัดด้วยเครื่องซอกท์เลตที่ใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย แต่การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงจะให้ปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าการเฮกเซนในการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reza และ Ashraf (2011) ทำการสกัดสารพอลิฟีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าว ด้วยเทคนิคการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัด เช่น ความเข้มข้นของตัวทำละลาย อุณหภูมิ แลเวลาที่ใช้ในการสกัด พบว่า ความเข้มข้นของเอทานอลไม่มีผลต่อการสกัด และปริมาณพีนอลิกทั้งหมดที่ตรวจพบ จะอยู่ในช่วง 2.37-6.35 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง ค่าการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจะถูกตรวจสอบด้วย 2 วิธี คือ ferric reducing antioxidant power (FRAP) ซึ่งจะให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 31.74-57.23 ไมโครโมลของเหล็กต่อกรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง และการต้านอนุมูลของ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) จะให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 16.88-55.61 จากการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง คือ การใช้เอทานอลร้อยละ 65-67 เป็นตัวทำละลาย โดยจะดำเนินการสกัดที่อุณหภูมิ 51-54 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40-45 นาที

Boonnakhom และคณะ (2014) ทำการสกัดสารจากข้าวโดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายกึ่งวิกฤต ซึ่งจะใช้น้ำ เอทานอล และเอทานอลร้อยละ 75 โดยปริมาตร จะทำการสกัดที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่า การสกัดโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤต จะให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและสารประกอบพีนอลิกมากที่สุด แต่การสกัดโดยใช้เอทานอลร้อยละ 75 โดยปริมาตรที่สภาวะกึ่งวิกฤต จะให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

Shigeru และคณะ (2008) ทำการสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤต พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 260-280 องศาเซลเซียส เป็นเวลาสั้นๆ จะสามารถสกัดสารต้านอนุมูลอิสระได้มาก และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ดี การสกัดที่อุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จะช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไลโนเลอิก จากการทดลองพบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จะได้สารสกัดที่มีความเสถียรสูง

Karin และคณะ (2014) ได้ทำการสกัดน้ำมันและแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด โดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 40 60 และ 80 องศาเซลเซียส และความดัน 20 30 และ 40 เมกาพาสคาล พบว่า ที่ความดัน 30 และ 40 เมกาพาสคาล ปริมาณน้ำมันรำข้าวมีค่าใกล้เคียงกับการสกัดด้วยเครื่องซอกท์เลตที่ใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และเมื่อความดันสูงขึ้นจะสามารถสกัดแกมมาโอโรซานอลได้มากขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้ที่ความดัน 20 เมกาพาสคาล เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

Raphaela และคณะ (2016) ได้ทำการสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด โดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 40 60 และ 80 องศาเซลเซียส และความดัน 200 300 และ 400 บาร์ พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความดัน 400 บาร์ จากรำข้าว ประกอบด้วยน้ำมันร้อยละ 22.2 ที่มีแกมมาโอโรซานอลร้อยละ 1.55 ความสามารถในการละลายจะอยู่ในช่วง 0.13-1.57 กรัมของแกมมาโอโรซานอลต่อกิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ความดัน 200 บาร์ ความสามารถในการละลายจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่ที่ความดัน 400 บาร์ ความสามารถในการละลายจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

Ruen-Ngam และคณะ (2014) ได้ทำการวิเคราะห์ร้ำข้าวดอกพะยอมที่สกัดด้วยการหมักตัวทำละลาย แล้วนำมาทำการวิเคราะห์ปริมาณแกมมาโอโรซานอลด้วยเทคนิค Reverse phase-HPLC ด้วยคอลัมน์ C18 โดยใช้อัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่เป็นเมทานอลต่อไอโซโพรพานอลต่อเอทิลอะซีเตตเท่ากับ 47.5 : 40 : 12.5 ที่อัตราการไหลเป็น 1 มิลลิลิตรต่อนาที และทำการตรวจจับที่ความยาวคลื่น 330 นาโนเมตร

ศุภเชษฐ์ และคณะ (2556) ศึกษาสภาวะการสกัดแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันร้ำข้าวที่สกัดได้จากข้าว 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวขาวดอกมะลิและข้าวไร้ดอกพะยอม โดยการหมักตัวทำละลาย ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที พบว่า ตัวทำละลายที่สามารถสกัดแกมมาโอโรซานอลจากร้ำข้าวได้มากที่สุด คือ เอทานอล ที่อัตราส่วนร้ำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยทำการสกัดเป็นเวลา 30 นาที



ตารางที่ 2.3 งานวิจัยการเกี่ยวกับการสกัดสารด้วยเทคนิคการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง

ลำดับที่	ที่มา	วัตถุดิบ	สารสำคัญ	ตัวทำละลาย	อัตราส่วน (วัตถุดิบต่อตัวทำละลาย)	ความถี่เสียง	อุณหภูมิ	เวลา
1	Liao <i>et al.</i> (2015)	<i>Sophora japonica</i>	rutin	70% Ethanol	1 g : 25 ml	20, 40, 80 kHz	20 °C	15 min.
2	Rashed <i>et al.</i> (2016)	<i>Lavandula pubescens</i> rhizome of	total phenolic	70% Methanol	10 g : 100 ml	20 kHz	40 °C	12 min.
3	Liu <i>et al.</i> (2015)	<i>Ligusticum chuanxiong</i>	polysaccharides	80% Ethanol	1 g : 50 ml	-	30 °C	30 min.
4	Chen <i>et al.</i> (2015)	sugar beet molasses	phenolic compounds, antioxidants, anthocyanins	Ethanol	2 g : 60 ml	35 kHz	45 °C	73 min.
5	Zekovic <i>et al.</i> (2015)	Coriander seeds	polar and non-polar compounds	70% Ethanol	1 g : 10 ml	40 kHz	30 °C	40 min.

ตารางที่ 2.4 งานวิจัยการเกี่ยวกับการสกัดสารด้วยเทคนิคการใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต

ลำดับที่	ที่มา	วัตถุดิบ	สารสำคัญ	ตัวทำละลาย	อัตราส่วน (วัตถุดิบต่อตัวทำละลาย)	อุณหภูมิ	ความดัน	เวลา
1	Kwon and Chung. (2015)	<i>Curcuma long</i> L.	curcuminoid	Ethanol	20%, 30%, 40%, 50%	110, 120, 130, 135, 140, 150 °C	100 atm	1, 5, 10 min.
2	Weena et al. (2015)	<i>Nannochloropsis gaditana</i>	biodiesel	Methanol	80%	150, 175, 200, 225 °C	600-900 psi	15, 30, 45, 60, 90, 120 min
3	Liu et al. (2015)	birch bark	betulinic acid	Ultrapure water		140, 160, 180, 200, 220 °C	1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 MPa	10, 20, 30, 40, 50 min.
4	Savy et al. (2015)	bioenergy crops	lignin	Ethanol	50%	473.15 K	55 bar with CO ₂	1 h.

ตารางที่ 2.5 งานวิจัยการเกี่ยวกับการสกัดสารด้วยเทคนิคการใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด

ลำดับที่	ที่มา	วัตถุดิบ	สารสำคัญ	ปริมาณ ตัวอย่าง	อุณหภูมิ	ความดัน	อัตราการไหล ของคาร์บอนไดออกไซด์	เวลา
1	Imsanguan <i>et al.</i> (2008)	Rice bran	Gamma-oryzanol	0.5 g	55 °C	48 MPa	0.45 ml/min.	7 h.
2	Jesus <i>et al.</i> (2010)	Rice bran	Gamma-oryzanol	4 g	303, 313, 323 K	10, 20, 30 MPa	10 g/min.	270 min.
3	Chen <i>et al.</i> (2008)	Rice bran	Gamma-oryzanol	10 g	313, 318, 323, 328, 333 K	250, 275, 300, 320, 350 bar	10 g/min.	-
4	Zekovic <i>et al.</i> (2015)	Coriander seeds	polar and non-polar compounds	50 g	40 °C	100 bar	0.194 kg/h.	4 h.

ตารางที่ 2.6 งานวิจัยการเกี่ยวกับการสกัดสารด้วยเทคนิคการใช้เครื่องชอกท์เลต

ลำดับ ที่	ที่มา	วัตถุดิบ	สารสำคัญ	ตัวทำละลาย	อัตราส่วน (วัตถุดิบต่อตัวทำละลาย)	อุณหภูมิ	เวลา
1	Imsanguan <i>et al.</i> (2008)	Rice bran	Gamma-oryzanol	Hexane	3 g : 300 ml	65-70 °C	24 h.
2	Jesus <i>et al.</i> (2010)	Rice bran	Gamma-oryzanol	Ethanol, Ethyl acetate, Dichloromethane, Hexane	5 g : 150 ml	-	6 h.
3	Chen <i>et al.</i> (2008)	Rice bran	Gamma-oryzanol	N-hexane, Isopropanol, Methanol	15 g : 300 ml	-	4 h.
4	Liao <i>et al.</i> (2015)	<i>Sophora japonica</i>	rutin	Ethanol	0.5 g : 100 ml	90 °C	6 h.
5	Zekovic <i>et al.</i> (2015)	Coriander seeds	polar and non-polar compounds	Methylene chloride	15 g : 120 ml	-	15 cycle

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี

- 3.1.1.1 Hexane (AR grade) บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย
- 3.1.1.2 Ethyl acetate (AR grade) บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย
- 3.1.1.3 Acetone (AR grade) บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย
- 3.1.1.4 Isopropanol (AR grade) บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย
- 3.1.1.5 Ethanol (AR grade) บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย
- 3.1.1.6 Ethyl acetate (HPLC grade) บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย
- 3.1.1.7 Isopropanol (HPLC grade) บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย
- 3.1.1.8 Methanol (HPLC grade) บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย
- 3.1.1.9 Gamma-oryzanol บริษัท Wako ประเทศญี่ปุ่น
- 3.1.1.10 BHT (Butylated hydrotoluene) บริษัท Sigma ประเทศเยอรมนี
- 3.1.1.11 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) บริษัท Sigma ประเทศเยอรมนี

3.1.2 ตัวอย่างรำข้าว

- 3.1.2.1 รำข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ จังหวัดสุพรรณบุรี ประเทศไทย
(ความชื้นของรำข้าวร้อยละ 7.99)
- 3.1.2.2 รำข้าวไร่สายพันธุ์ดอกพะยอม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประเทศไทย
(ความชื้นของรำข้าวร้อยละ 10.88)

3.1.3 เครื่องมือ

- 3.1.3.1 เครื่องอัลตราโซนิคคูลีนเนอร์(Ultrasonic cleaner, 40 kHz)
รุ่น VGT-1990QTD บริษัท Guangdong GT Ultrasonic ประเทศจีน
- 3.1.3.2 เครื่องโพรบโซนิเคเตอร์(Probe sonicator, 10 kHz) รุ่น VCX-500
บริษัท SONICS ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.1.3.3 เครื่องสกัดด้วยตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต
รุ่น 4848 Reactor Controller บริษัท Parr instrument
ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.1.3.4 เครื่องสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด รุ่น SFX 220
บริษัท Teledyne ISCO ประเทศสหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.1.3.5 เครื่องชอกท์เลต
- 3.1.3.6 เครื่องระเหยสูญญากาศ (vacuum evaporation) รุ่น Hei-vap Precision บริษัท Heidolph ประเทศเยอรมนี
- 3.1.3.7 เครื่องไมโครเพลทริตเตอร์ รุ่น iEMS บริษัท Labsystems ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.1.3.8 คอลัมน์สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่าง รุ่น ACE 5 C18 ขนาด 250×4.6 มิลลิเมตร บริษัท ACE ประเทศสกอตแลนด์
- 3.1.3.9 เครื่องโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography : HPLC) บริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น
- 3.1.3.10 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง รุ่น PB 3002 บริษัท Mettler Toledo ประเทศไทย
- 3.1.3.11 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง รุ่น บริษัท Denver ประเทศอังกฤษ
- 3.1.3.12 เครื่องผสมสาร (Vortex) รุ่น Genie 2 บริษัท Scientific industries ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.1.3.13 ตู้แช่แข็ง รุ่น DLT-21V-85V12 บริษัท Hier ประเทศไทย
- 3.1.3.14 ไมโครเพลทชนิด 96 หลุม บริษัท Corning Incorporated ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.1.3.15 กระดาษกรอง Whatman No.1 บริษัท Whatman ประเทศอังกฤษ
- 3.1.3.16 แผ่นกรองชนิด PTFE รูพรุนขนาด 0.22 ไมโครเมตร

3.2 การเตรียมรำข้าว

ทำการแยกขนาดรำข้าวโดยการใช้ตะแกรงร่อน (mesh) โดยจะเลือกใช้รำข้าวที่มีขนาด 850 ไมครอน เพื่อนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ และเมื่อทำการแยกขนาดเรียบร้อยแล้ว จะนำไปเก็บในตู้แช่แข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส

3.3 การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic-assisted extraction)

การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง จะใช้รำข้าว 5 กรัมในกระบวนการสกัด และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการสกัด จะกรองสารสกัดผ่านกระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 1 ในระบบสูญญากาศ จากนั้นนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหย (Evaporator) แล้วแทนที่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจน ก่อนนำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียสที่ปราศจากแสงรบกวน เพื่อนำไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบต่อไป โดยมีขั้นตอนการสกัดดังต่อไปนี้

3.4.1 การหาตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอล โดยตัวทำละลายที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล สกัดโดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบอัลตราโซนิคคลื่นเนอร์

3.4.2 เลือกตัวทำละลายที่ให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลมากที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป คือ การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอล โดยอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล และจะสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบอัลตราโซนิคคลื่นเนอร์

3.4.3 เลือกอัตราส่วนที่ให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลมากที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป คือ การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอล โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส และทำการสกัดเป็นเวลา 60 นาที โดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบอัลตราโซนิคคลื่นเนอร์

3.4.4 เลือกอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดที่ให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลมากที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป คือ การหาเวลาในการสกัดที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอล โดยเวลาที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ 20 40 และ 60 นาที และสกัดโดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบอัลตราโซนิคคลื่นเนอร์

3.4.5 เลือกเวลาในการสกัด ที่ให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลมากที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป คือ การหาแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอล โดยแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบอ่าง(Ultrasonic bath) และแบบโพรบ(Ultrasonic probe)

3.4 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต(Subcritical solvent extraction)

การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต โดยใช้เอทานอล เมทานอล และน้ำ เป็นตัวทำละลาย เริ่มจากจะชั่งรำข้าว 10 กรัม ใส่ลงในชุดปฏิกรณ์ แล้วเติมตัวทำละลายลงไป 100 มิลลิลิตร แล้วเพิ่มความดันให้กับระบบด้วยแก๊สไนโตรเจน โดยให้ความดันเป็น 1 เมกะพาสคาล (10 บาร์) จากนั้นทำการประกอบเครื่องให้สมบูรณ์ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการสกัดเป็น 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที เมื่อครบเวลาให้ทำการปิดระบบและทิ้งตัวอย่างไว้ให้เย็น จากนั้นกรองสารสกัดผ่านกระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 1 ในระบบสุญญากาศ จากนั้นนำไประเหยตัวทำละลายออก โดยในกรณีที่เป็นเอทานอลและเมทานอลจะระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหย (Evaporator) และกรณีที่เป็นน้ำจะระเหยตัวทำละลายออกโดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) แล้วแทนที่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจนก่อนนำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียสและมีด เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต(Supercritical carbon dioxide extraction)

ซึ่งรำข้าว 1 กรัม ใช้ลงในภาชนะสกัด ก่อนนำไปวางในเครื่องสกัด แล้วเติมเอทานอลลงในหลอดเก็บตัวอย่าง จากนั้นทำการตั้งค่าสภาวะต่างๆ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 60 80 และ 100 นาที โดยจะมีการควบคุมอัตราการไหลของของไหลยิ่งยวดเป็น 2 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิขาออกของสารเป็น 70 องศาเซลเซียส ความดันที่ 34.47 เมกาพาสคาล (5,000 psi) เมื่อกระบวนการสกัดสิ้นสุดจะนำสารสกัดในหลอดเก็บตัวอย่างไประเหยเอทานอลออกด้วยเครื่องระเหย (Evaporator) แล้วแทนที่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจนก่อนนำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียสที่ปราศจากแสงรบกวน เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบต่อไป

3.6 การสกัดด้วยเครื่องซอกซ์เลต(Soxhlet extraction)

การสกัดด้วยเครื่องซอกซ์เลต จะใช้ตัวทำละลายทั้งหมด 5 ชนิด คือ เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล โดยจะซึ่งรำข้าว 5 กรัม ใส่ลงในทิมเบิล และเติมแต่ละตัวทำละลายลงในฟลาสก์ 200 มิลลิลิตร แล้วทำการประกอบเครื่อง และเปิดเตาให้ความร้อนจนถึงจุดเดือดของตัวทำละลายนั้นๆ สกัดเป็นเวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาจะทิ้งตัวอย่างไว้ให้เย็น จากนั้นนำส่วนใสทั้งหมดไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหย (Evaporator) แล้วแทนที่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจนก่อนนำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียสที่ปราศจากแสงรบกวน เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบต่อไป

3.7 การวัดปริมาณสารด้วยวิธีโครมาโตกราฟีแบบของเหลวประสิทธิภาพสูง (High Performance Liquid Chromatography; HPLC)

เตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าวความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยละลายตัวอย่างในเฟสเคลื่อนที่ แล้วกรองผ่านหัวกรองตัวอย่างชนิดพีทีเอฟอี (PTFE) ที่มีขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร จากนั้นให้ทำการฉีดตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร เข้าไปในเครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (isocratic pump system, Shimadzu) ที่มีตัวตรวจจับชนิดยูวี(UV-detector) คอลัมน์ที่ใช้วิเคราะห์เป็นชนิด C18 ขนาด 250 x 4.6 มิลลิเมตร (ACE HPLC) เฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) ที่ใช้ประกอบด้วย เมทานอล ไอโซโพรพานอล และเอทิลอะซิเตต (HPLC grade) ในอัตราส่วน 47.5 : 40 : 12.5 ตามลำดับ ที่มีอัตราการไหลเป็น 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตัวตรวจจับถูกตั้งความยาวคลื่นไว้ที่ 330 นาโนเมตร ใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน 15 นาทีต่อตัวอย่าง ทำการบันทึกโครมาโตแกรม (chromatogram) โดยใช้ซอฟต์แวร์ LC Solution แล้วรายงานค่าเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว แล้วนำ

ข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานแกมมาโอโรซานอลภายใต้สภาวะเดียวกัน เพื่อหาปริมาณแกมมาโอโรซานอลในตัวอย่างน้ำมันรำข้าว

3.8 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging capacity assay)

เตรียมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ และหลีกเลี่ยงการถูกแสง แล้วเตรียมสารสกัดตัวอย่างที่ความเข้มข้น 0.2 - 30.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดูดตัวอย่างสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆมา 100 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลุม แล้วเติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 100 ไมโครลิตรลงในแต่ละหลุม ผสมให้เข้ากัน นำไปตั้งในที่มืดนาน 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรด้วยเครื่อง Microplate reader โดยรายงานผลเป็นค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูล DPPH ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50}) ซึ่งคำนวณได้โดยใช้ค่าร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ(%inhibition) ดังสมการ

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

โดย % Inhibition = ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ
 A_{Sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัดที่เติมสารละลาย DPPH
 $A_{Blank Sample}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง
 A_{DPPH} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH
 $A_{Blank DPPH}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวทำละลาย

3.9 การเปรียบเทียบค่าทางสถิติ

คำนวณค่าทางสถิติแบบ One-way ANOVA ตามวิธีของ Duncan's New Multiple Rang Test จากนั้นพิจารณาจากค่านัยสำคัญ (Significance; sig.) ในตาราง ANOVA หากค่า sig. มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่านัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จะปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 คือ มีอย่างน้อย 2 ปัจจัยที่แตกต่างกัน และหากค่า sig. มีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จะยอมรับ H_0 และปฏิเสธ H_1 คือ อิทธิพลของทุกปัจจัยไม่แตกต่างกัน โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ เพื่อความถูกต้องและแม่นยำจากนั้นจะนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

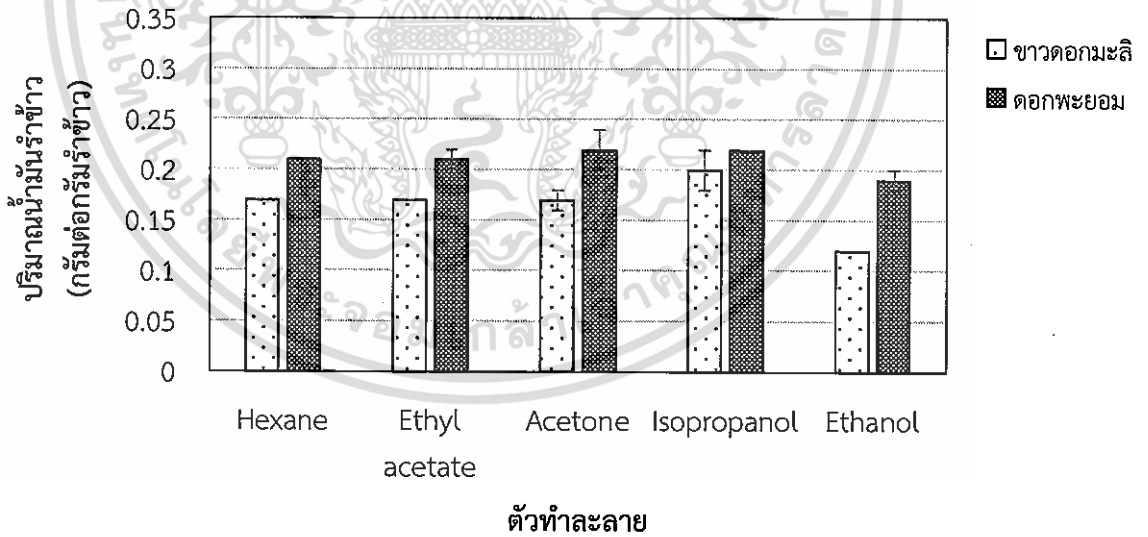
4.1 การสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง(Ultrasonic-assisted extraction)

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของสารสกัดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย อุณหภูมิ เวลา และแหล่งกำเนิดคลื่นเสียง

4.1.1 ชนิดของตัวทำละลาย

4.1.1.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การศึกษาการสกัดน้ำมันรำข้าวจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไรต์ดอกพะยอม โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยตัวทำละลายที่นำมาศึกษา ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล ปริมาณน้ำมันรำข้าวแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ไอโซโพรพานอลในการสกัด ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต และอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย และการสกัดสกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.1) พบว่า การสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต และอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (0.17 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงที่สุด (0.20 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการใช้เอทานอลในการสกัดน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.12 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ต่ำกว่าตัวทำละลายอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน และการสกัดสกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.1) พบว่า การสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอล ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (0.21-0.22 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย (0.19 กรัมต่อกรัมรำข้าว)

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศา เซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

ตัวทำละลาย	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)
เฮกเซน	ขาวดอกมะลิ 105	0.17 ± 0.00^d
	ดอกพะยอม	0.21 ± 0.00^{ab}
เอทิลอะซิเตต	ขาวดอกมะลิ 105	0.17 ± 0.00^d
	ดอกพะยอม	0.21 ± 0.01^{ab}
อะซีโตน	ขาวดอกมะลิ 105	0.17 ± 0.01^d
	ดอกพะยอม	0.22 ± 0.02^a
ไอโซโพรพานอล	ขาวดอกมะลิ 105	0.20 ± 0.02^{bc}
	ดอกพะยอม	0.22 ± 0.00^a
เอทานอล	ขาวดอกมะลิ 105	0.12 ± 0.00^e
	ดอกพะยอม	0.19 ± 0.01^c

หมายเหตุ : a, b, c, d, e เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

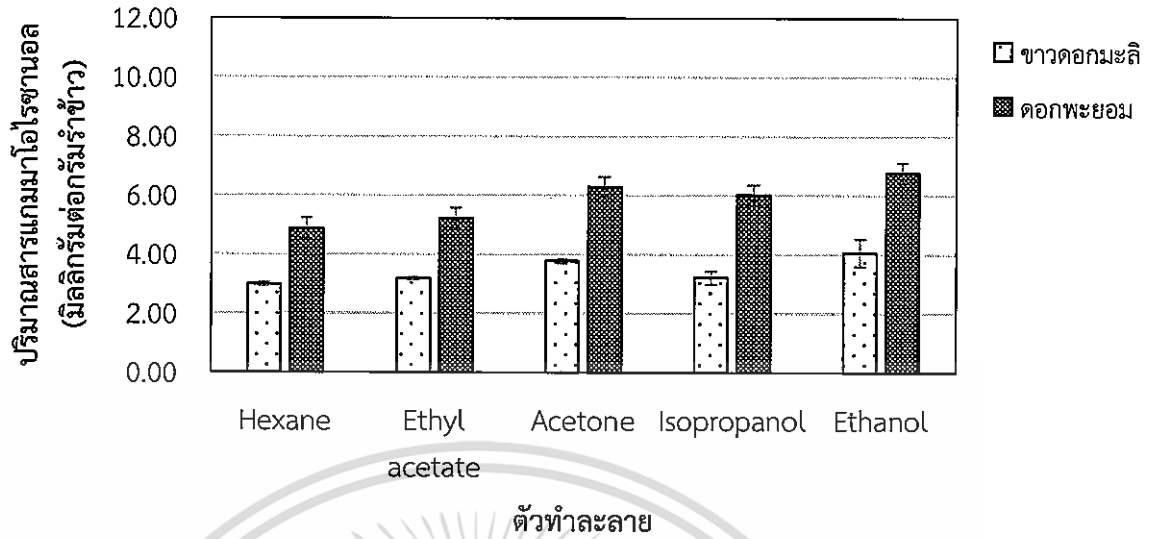
การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอล ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย เนื่องจากน้ำมันรำข้าวเป็นสารที่มีความเป็นขี้ดต่ำ จึงสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีความเป็นขี้ดต่ำ เพราะฉะนั้น ตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าว คือ เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอล นอกจากนี้ยังพบว่า รำข้าวไร้ดอกพะยอมสามารถให้ปริมาณน้ำมันได้มากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105

4.1.1.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) แสดงดังรูปที่ 4.2

การสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลและอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย สามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลได้ใกล้เคียงกัน และมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต และไอโซโพรพานอล ซึ่งการสกัดโดยใช้เฮกเซนและเอทิลอะซิเตตสกัดสารแกมมาโอโรซานอลได้ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้อะซีโตนและเอทานอลเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสามารถสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวได้มากกว่าการใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต และไอโซโพรพานอล

การสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้เอทานอล ไอโซโพรพานอล และอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย สามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลได้ใกล้เคียงกันและมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน และเอทิลอะซิเตต เป็นตัวทำละลาย เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) พบว่า ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้อะซีโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน และเอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลาย



รูปที่ 4.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

ตัวทำละลาย	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)
เฮกเซน	ข้าวดอกมะลิ 105	2.99 ± 0.06^d
	ดอกพะยอม	4.88 ± 0.51^b
เอทิลอะซิเตต	ข้าวดอกมะลิ 105	3.17 ± 0.04^d
	ดอกพะยอม	5.22 ± 0.54^b
อะซิโตน	ข้าวดอกมะลิ 105	3.78 ± 0.08^{cd}
	ดอกพะยอม	6.29 ± 0.65^a
ไอโซโพรพานอล	ข้าวดอกมะลิ 105	3.21 ± 0.23^d
	ดอกพะยอม	6.00 ± 0.49^a
เอทานอล	ข้าวดอกมะลิ 105	4.06 ± 0.46^c
	ดอกพะยอม	6.76 ± 0.60^a

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวข้าวดอกมะลิ 105 และ น้ำมันรำข้าวไร่ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

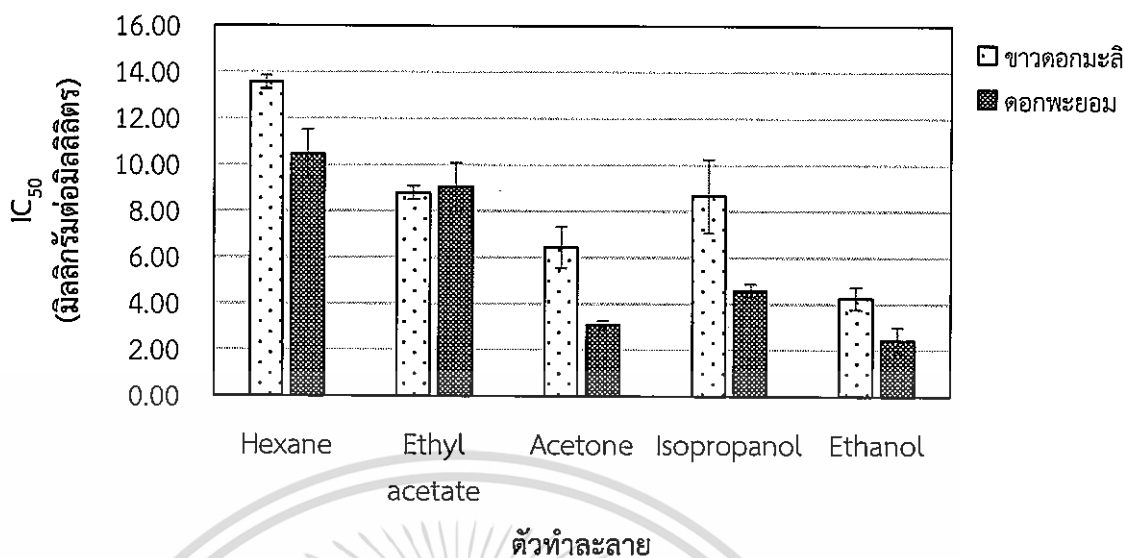
น้ำมันชาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอล ไอโซโพรพานอล และอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย มีปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายอื่นๆ เนื่องจากเอทานอล และอะซีโตนมีความเป็นขั้วสูงกว่าเอทิลอะซีเตตและเฮกเซน การใช้เอทานอล ไอโซโพรพานอล และอะซีโตน จึงสามารถละลายสารสำคัญจากรำข้าวออกมาได้มากกว่าเอทิลอะซีเตตและเฮกเซน เช่นเดียวกันงานวิจัยของ Chen และ Bergman (2005) ได้ศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวสายพันธุ์ไซเพรส (Cypress) และเบงกอล(Bengal) โดยตัวทำละลายที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ เฮกเซน และ ไอโซโพรพานอล พบว่า น้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย โดยน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไซเพรสโดยใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอลมีปริมาณแกมมาโอโรซานอล เท่ากับ 3.4 และ 3.7 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว ตามลำดับ น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวเบงกอลปริมาณแกมมาโอโรซานอล เท่ากับ 3.8 และ 4.1 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว ตามลำดับ

4.1.1.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจากการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที แสดงดังรูปที่ 4.3

น้ำมันรำข้าวชาวดอกมะลิ 105 ที่สกัดโดยใช้เอทิลอะซีเตตและไอโซโพรพานอล มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน และน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.3) พบว่า การสกัดโดยใช้เอทิลอะซีเตตและไอโซโพรพานอลให้น้ำมันรำข้าวที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(8.66-8.78 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าน้ำมันที่สกัดโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย ส่วนน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

น้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่สกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซนและเอทิลอะซีเตต น้ำมันที่สกัดโดยใช้อะซีโตนและเอทานอลเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.3) พบว่า น้ำมันที่สกัดโดยใช้อะซีโตนและเอทานอลเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(2.46-3.02 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย



รูปที่ 4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้เฮกเซน อะซีโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอลเป็นตัวทำละลาย จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอล เนื่องจากเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วสูง จึงสามารถสกัดสารสำคัญจากรำข้าวได้มากกว่าตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วต่ำ ดังนั้น น้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จึงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tabaraki และ Nateghi (2011) ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวหอม (Tarom) ที่สกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic bath, 35 kHz, 140W) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน คือ เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และเอทานอล พบว่า น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้เฮกเซนและเอทิลอะซีเตตเป็นตัวทำละลาย ซึ่งน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้เฮกเซนมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

ตัวทำละลาย	สายพันธุ์รำข้าว	ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย)
เฮกเซน	ข้าวดอกมะลิ 105	13.56 ± 0.29^g
	ดอกพะยอม	10.46 ± 1.05^f
เอทิลอะซีเตต	ข้าวดอกมะลิ 105	8.78 ± 0.29^e
	ดอกพะยอม	9.04 ± 1.04^e
อะซีโตน	ข้าวดอกมะลิ 105	6.44 ± 0.91^d
	ดอกพะยอม	3.06 ± 0.19^{ab}
ไอโซโพรพานอล	ข้าวดอกมะลิ 105	8.66 ± 1.58^e
	ดอกพะยอม	4.59 ± 0.26^c
เอทานอล	ข้าวดอกมะลิ 105	4.25 ± 0.48^{bc}
	ดอกพะยอม	2.42 ± 0.57^a

หมายเหตุ : a, b, c, d, e, f, g เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวข้าวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร่ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

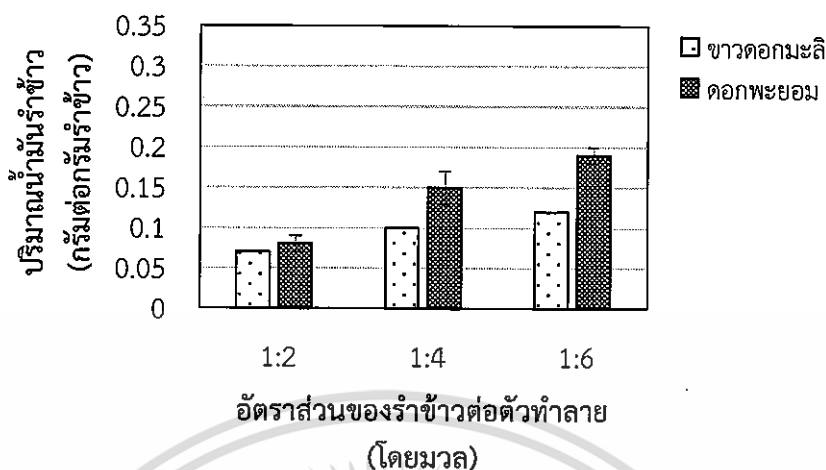
4.1.1.4 ตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลด้วยวิธีการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยตัวทำละลายที่นำมาศึกษา ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล จากตารางที่ 4.2 พบว่า การสกัดรำข้าวโดยใช้อะซีโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอลเป็นตัวทำละลาย ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ และให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด ดังนั้น จึงเลือกใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในการศึกษาปัจจัยอื่นๆต่อไป เนื่องจากเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีความปลอดภัยกว่าอะซีโตนและไอโซโพรพานอล รวมทั้งยังเป็นที่ยอมรับในการใช้เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับมนุษย์

4.1.2 อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย

4.1.2.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การศึกษาการสกัดน้ำมันรำข้าวจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวข้าวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร่ดอกพะยอม สกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายที่นำมาศึกษา ได้แก่ 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล ปริมาณน้ำมันรำข้าว แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอย่าง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล

การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำลาย เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำลายจาก 1:2 ไปเป็น 1:6 โดยมวล จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ(ตารางที่ 4.4) พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของตัวทำลายที่ใช้ในการสกัดทำให้ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมในอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำลายเป็น 1:6 โดยมวล ให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด คือ 0.12 กรัมต่อกรัมรำข้าว

การสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำลาย ปริมาณน้ำมันรำข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ(ตารางที่ 4.4) พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของตัวทำลายจาก 1:2 ไปเป็น 1:6 โดยมวล ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมในอัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำลายเป็น 1:6 โดยมวล ให้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด คือ 0.19 กรัมต่อกรัมรำข้าว

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อัตราส่วน 1:2 โดยมวล ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน และน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมมีปริมาณมากกว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนของตัวทำลายเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายของสารภายในรำข้าว และช่วยลดความอึดตัวของตัวทำลาย จึงสามารถละลายสารภายในรำข้าวออกมาได้มากขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hu และคณะ (1996) ศึกษาอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำลายที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าว โดยอัตราส่วนที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ 1:2 และ 1:3 โดยมวล ใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำลาย พบว่า การสกัดรำข้าวที่อัตราส่วน 1:3 โดยมวล ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดที่อัตราส่วน 1:2 โดยมวล อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดด้วยเฮกเซนและไอโซโพรพานอล

ตารางที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคแบบอ่าง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล

อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย (โดยมวล)	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)
1:2	ขาวดอกมะลิ 105	0.07 ± 0.00 ^f
	ดอกพะยอม	0.08 ± 0.01 ^e
1:4	ขาวดอกมะลิ 105	0.10 ± 0.00 ^d
	ดอกพะยอม	0.15 ± 0.02 ^b
1:6	ขาวดอกมะลิ 105	0.12 ± 0.00 ^c
	ดอกพะยอม	0.19 ± 0.01 ^a

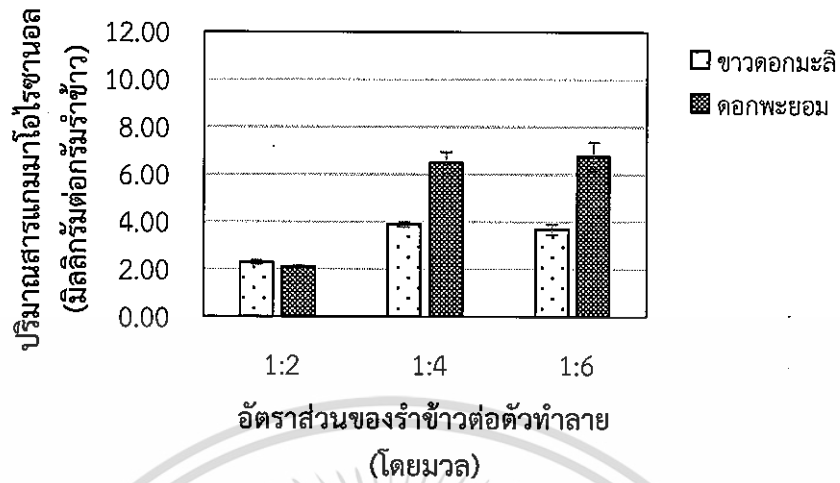
หมายเหตุ : a, b, c, d, e, f เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ น้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.1.2.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) แสดงดังรูปที่ 4.5

ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลที่ได้จากการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส การเพิ่มอัตราส่วนของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดทำให้ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น โดยการสกัดที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 และ 1:6 โดยมวล สามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลได้ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.5) พบว่า ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายที่เพิ่มขึ้น โดยการสกัดที่อัตราส่วนของตัวทำละลายเป็น 1:4 และ 1:6 โดยมวล มีปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (3.68-3.89 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)

ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลที่ได้จากการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส การเพิ่มอัตราส่วนของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดทำให้ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น โดยการสกัดที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 และ 1:6 โดยมวล สามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวได้ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.5) พบว่า การสกัดที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 และ 1:6 โดยมวล มีปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (6.48-6.76 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และมีปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดที่อัตราส่วนของตัวทำละลายเป็น 1:2 โดยมวลอย่างมีนัยสำคัญ (2.10 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)



รูปที่ 4.5 ปริมาณแกมมาไอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล

การเพิ่มอัตราส่วนของตัวทำลายที่ใช้ในการสกัดทำให้สามารถสกัดแกมมาไอโรซานอลจากรำข้าวได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทั้งรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไรดอกพะยอม เนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนของตัวทำลายเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายของสารภายในรำข้าว และช่วยลดความอึดตัวของตัวทำลาย จึงสามารถละลายสารภายในรำข้าวออกมาได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไรดอกพะยอม ที่อัตราส่วน 1:2 โดยมวล มีปริมาณแกมมาไอโรซานอลใกล้เคียงกัน ส่วนการสกัดที่อัตราส่วน 1:4 และ 1:6 โดยมวล พบว่า น้ำมันรำข้าวไรดอกพะยอมมีปริมาณแกมมาไอโรซานอลสูงกว่าน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hu และคณะ (1996) ศึกษาอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำลายที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาไอโรซานอลจากรำข้าว โดยอัตราส่วนที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ 1:2 และ 1:3 โดยมวล ใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำลาย พบว่า การสกัดรำข้าวที่อัตราส่วน 1:3 โดยมวล มีปริมาณสารแกมมาไอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการสกัดที่อัตราส่วน 1:2 โดยมวล อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดด้วยเฮกเซนและไอโซโพรพานอล

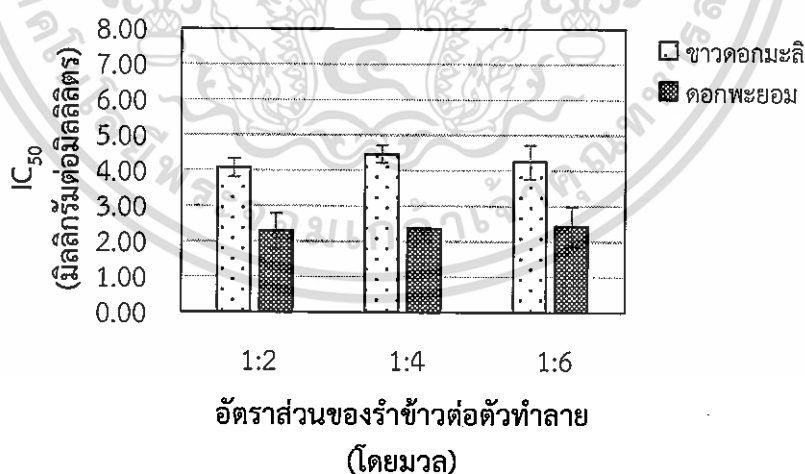
ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล

อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย (โดยมวล)	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)
1:2	ขาวดอกมะลิ 105	2.29 ± 0.09 ^c
	ดอกพะยอม	2.10 ± 0.07 ^c
1:4	ขาวดอกมะลิ 105	3.89 ± 0.12 ^b
	ดอกพะยอม	6.48 ± 0.44 ^a
1:6	ขาวดอกมะลิ 105	3.68 ± 0.20 ^b
	ดอกพะยอม	6.76 ± 0.60 ^a

หมายเหตุ : a, b, c, เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.1.2.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล

น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 โดยมวล จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อัตราส่วน 1:4 และ 1:6 โดยมวล เมื่อเปรียบเทียบค่าทาสลิติตี(ตารางที่ 4.6) พบว่า น้ำมันรำข้าวมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน ทั้งอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล (4.07-4.46 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย)

น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของตัวทำละลาย ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าทาสลิติตี(ตารางที่ 4.6) พบว่า น้ำมันรำข้าวมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน ทั้งอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล (2.30-2.42 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย)

ตารางที่ 4.6 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล

อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย (โดยมวล)	สายพันธุ์รำข้าว	ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย)
1:2	ขาวดอกมะลิ 105	4.07 ± 0.26^b
	ดอกพะยอม	2.30 ± 0.48^a
1:4	ขาวดอกมะลิ 105	4.46 ± 0.25^b
	ดอกพะยอม	2.36 ± 0.02^a
1:6	ขาวดอกมะลิ 105	4.25 ± 0.48^b
	ดอกพะยอม	2.42 ± 0.57^a

หมายเหตุ : a, b เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมจะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล ใช้เวลาในการสกัดเท่ากัน ตัวทำละลายจึงสามารถละลายสารสำคัญจากรำข้าวออกมาได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อใช้ตัวทำละลายชนิดเดียวกัน อัตราการละลายของสารในรำข้าวจึงเท่ากัน ทำให้น้ำมันรำข้าวมีปริมาณสารที่มีฤทธิ์ในกาต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tabaraki และ Nateghi (2011) ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวหอม(Tarom) ที่ได้จากการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง(Ultrasonic bath, 35kHz, 140W) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลที่แตกต่างกัน คือ 1:20 1:40

และ 1:80 โดยมวลต่อปริมาตร พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจะใกล้เคียงกันทั้งการสกัดที่อัตราส่วน 1:20 1:40 และ 1:80 โดยมวลต่อปริมาตร

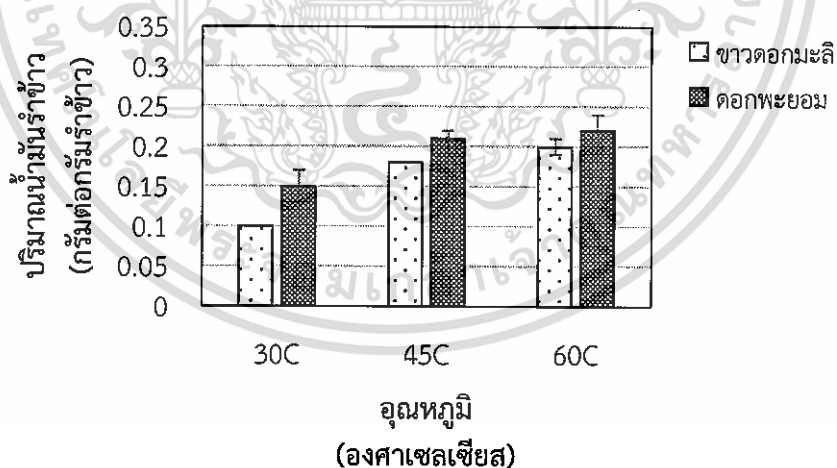
4.1.2.4 อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม สกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายที่นำมาศึกษา ได้แก่ 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล จากตารางที่ 4.5 พบว่า การสกัดโดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 และ 1:6 โดยมวล มีปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อสกัดโดยใช้รำข้าวสายพันธุ์เดียวกัน ดังนั้น จึงเลือกใช้อัตราส่วน 1:4 โดยมวล ในการศึกษาปัจจัยอื่นๆต่อไป เพื่อเป็นการประหยัดการใช้ตัวทำละลายและลดการใช้สารเคมีในการสกัด

4.1.3 อุณหภูมิ

4.1.3.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การศึกษาการสกัดน้ำมันรำข้าวจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม สกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) เวลา 60 นาที โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล โดยอุณหภูมิในการสกัดที่นำมาศึกษา ได้แก่ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำมันรำข้าว แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล โดยใช้อุณหภูมิในการสกัดเป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส

การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อัตราส่วนรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.7) พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดทำให้สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงที่สุด คือ 0.20 กรัมต่อกรัมรำข้าว

การสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน และมีปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.7) พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันน้อยที่สุดเมื่อเทียบการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกัน(0.21-0.22 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมีปริมาณมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมมีปริมาณมากกว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดทำให้สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวออกมาได้มากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดทำให้เกิดเป็นแรงดันไอ ซึ่งเมื่อแรงดันไอกายในภาชนะสกัดเพิ่มสูงขึ้น จะช่วยส่งเสริมให้เกิดปรากฏการณ์คาร์ิเวชันได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดและการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงยังทำให้โครงสร้างของรำข้าวมีความอ่อนตัว ส่งผลให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าสู่รำข้าวได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้หากใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงจนเกินไปจะทำให้ความรุนแรงปรากฏการณ์คาร์ิเวชันลดลง ซึ่งจะเห็นได้จากการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างจากการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Khoei และ Chekin (2016) ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าวหอม(Tarom mahali) ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 15 นาที โดยอุณหภูมิที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ 25 45 65 85 และ 105 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณน้ำมันรำข้าวจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25 เป็น 45 องศาเซลเซียส และเมื่อใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำมันรำข้าวจะลดลงตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Hu และคณะ (1996) ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันจากรำข้าว โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ 40 และ 60 องศาเซลเซียส ใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่า ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดรำข้าวเพิ่มขึ้น ทั้งการสกัดโดยใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย

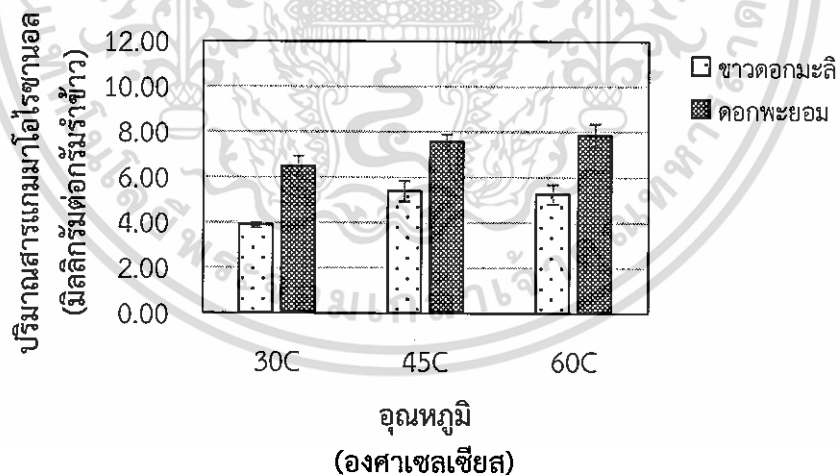
ตารางที่ 4.7 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล โดยใช้อุณหภูมิในการสกัด เป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)
30	ขาวดอกมะลิ 105	0.10 ± 0.00 ^e
	ดอกพะยอม	0.15 ± 0.02 ^d
45	ขาวดอกมะลิ 105	0.18 ± 0.00 ^c
	ดอกพะยอม	0.21 ± 0.01 ^{ab}
60	ขาวดอกมะลิ 105	0.20 ± 0.01 ^{bc}
	ดอกพะยอม	0.22 ± 0.02 ^a

หมายเหตุ : a, b, c, d, e เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.1.3.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล โดยใช้อุณหภูมิในการสกัด เป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส

น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน และให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.8) พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (5.24-5.37 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ (3.89 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)

น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้นสามารถสกัดแกมมาโอโรซานอลได้เพิ่มขึ้น ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.8) พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (7.55-7.86 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)และให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ (6.48 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)

น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างเห็นได้ชัด และการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดช่วยให้สามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลได้มากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดทำให้เกิดการระเหยของตัวทำละลายสู่ช่องว่างด้านบนของภาชนะสกัดจนเกิดเป็นแรงดันไอ ซึ่งเมื่อแรงดันไอกายในภาชนะสกัดเพิ่มสูงขึ้น จะช่วยส่งเสริมให้เกิดปรากฏการณ์คาวิเทชันได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดและการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงยังทำให้โครงสร้างของรำข้าวมีความอ่อนตัว ส่งผลให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าสู่รำข้าวได้ดียิ่งขึ้น จึงเป็นการช่วยเร่งอัตราการแพร่ของตัวทำละลายและส่งเสริมกระบวนการสกัด ทั้งนี้หากใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงเกินไปจะทำให้ความรุนแรงปรากฏการณ์คาวิเทชันลดลง ซึ่งจะเห็นได้จากการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างจากการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบการสกัดสารจากรำข้าว 2 สายพันธุ์พบว่า น้ำมันรำข้าวที่ได้จากรำข้าวไร้ดอกพะยอมมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าน้ำมันรำข้าวที่ได้จากรำข้าวขาวดอกมะลิ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hu และคณะ (1996) ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ 40 และ 60 องศาเซลเซียส ใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่า ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดรำข้าวเพิ่มขึ้น ทั้งการสกัดโดยใช้เฮกเซนและไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย

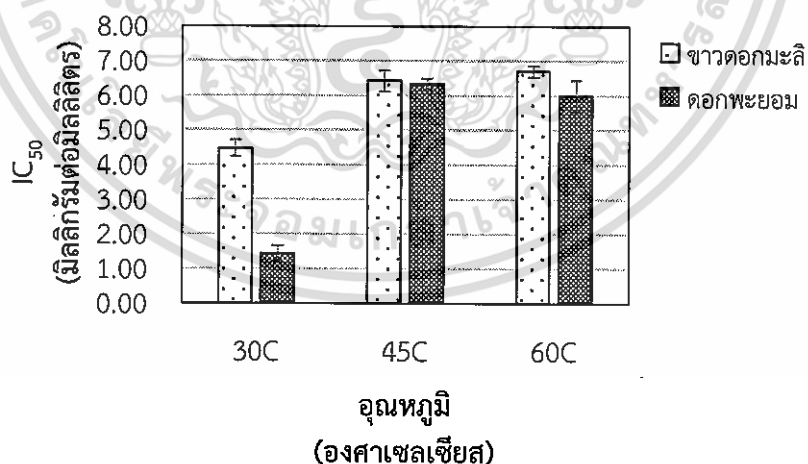
ตารางที่ 4.8 ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคแบบอ่าง เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล โดยใช้อุณหภูมิจนในการสกัดเป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)
30	ขาวดอกมะลิ 105	3.89 ± 0.12^d
	ดอกพะยอม	6.48 ± 0.44^b
45	ขาวดอกมะลิ 105	5.37 ± 0.45^c
	ดอกพะยอม	7.55 ± 0.34^a
60	ขาวดอกมะลิ 105	5.24 ± 0.43^c
	ดอกพะยอม	7.86 ± 0.51^a

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ น้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.1.3.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจากการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) เวลา 60 นาที โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคแบบอ่าง เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล โดยใช้อุณหภูมิจนในการสกัดเป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.9) พบว่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ และน้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างทางสถิติ และการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 คือ 1.43 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.9) พบว่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ และน้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างทางสถิติ และการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีค่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 คือ 4.46 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย

ตารางที่ 4.9 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคแบบอ่าง เป็นเวลา 60 นาที ที่อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล โดยใช้อุณหภูมิในการสกัดเป็น 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สายพันธุ์รำข้าว	ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย)
30	ขาวดอกมะลิ 105	4.46 ± 0.25^b
	ดอกพะยอม	1.43 ± 0.22^a
45	ขาวดอกมะลิ 105	6.41 ± 0.31^{cd}
	ดอกพะยอม	6.32 ± 0.16^{cd}
60	ขาวดอกมะลิ 105	6.70 ± 0.18^d
	ดอกพะยอม	5.99 ± 0.45^c

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าว พบว่าที่อุณหภูมิ 30 และ 60 องศาเซลเซียส น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่า น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ส่วนการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน และการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิต่ำจะให้น้ำมันรำข้าวมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่า การสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากการสกัดที่อุณหภูมิสูง อาจทำลายสารสำคัญบางชนิดที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในรำข้าว จึงทำให้น้ำมันรำข้าวที่สกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส

4.1.3.4 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม สกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) เวลา 60 นาที โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล โดยอุณหภูมิในการสกัดที่นำมาศึกษา ได้แก่ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส จากตารางที่ 4.8 พบว่า การสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว ที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันและให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด ดังนั้น จึงเลือกการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการศึกษาปัจจัยอื่นๆต่อไป เนื่องจากการสกัดที่ใช้อุณหภูมิสูง อาจทำให้สารสำคัญทางชีวภาพถูกทำลายได้

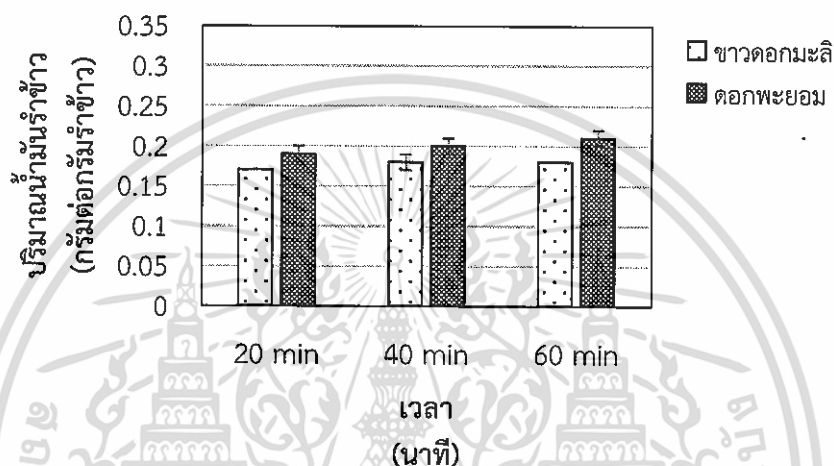
4.1.4 เวลา

4.1.4.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การศึกษาการสกัดน้ำมันรำข้าวจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม สกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล โดยเวลาในการสกัดที่นำมาศึกษา ได้แก่ 20 40 และ 60 นาที แสดงในรูปที่ 4.10

การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกันทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.10) พบว่า การสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (0.18 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมีปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที (0.17 กรัมต่อกรัมรำข้าว)

การสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ปริมาณน้ำมันรำข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.10) พบว่า การสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (0.20-0.21 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมีปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที (0.19 กรัมต่อกรัมรำข้าว)



รูปที่ 4.10 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที

ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม ให้ปริมาณสูงกว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที และปริมาณน้ำมันรำข้าวจะใกล้เคียงกันแม้ว่าเวลาที่ใช้ในการสกัดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากในการสกัดใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ซึ่งจากรูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า เอทานอลเป็นตัวทำละลายที่ไม่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมัน เพราะฉะนั้นการเพิ่มเวลาในการสกัด อาจทำให้ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ตารางที่ 4.10 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที

เวลา (นาที)	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)
20	ขาวดอกมะลิ 105	0.17 ± 0.00^c
	ดอกพะยอม	0.19 ± 0.01^b
40	ขาวดอกมะลิ 105	0.18 ± 0.01^c
	ดอกพะยอม	0.20 ± 0.01^{ab}
60	ขาวดอกมะลิ 105	0.18 ± 0.00^c
	ดอกพะยอม	0.21 ± 0.01^a

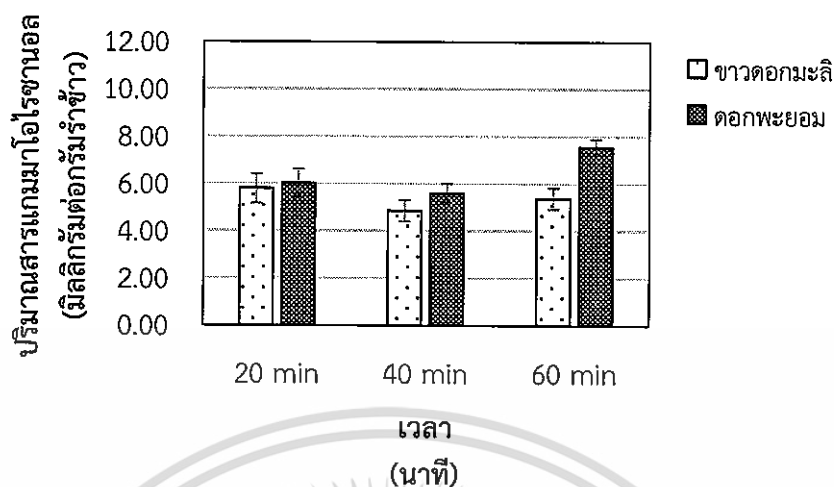
หมายเหตุ : a, b, c เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.1.4.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) แสดงดังรูปที่ 4.11

การสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อใช้เวลาในการสกัดเป็น 20 40 และ 60 นาที ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.11) พบว่า การสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนการสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เวลาในการสกัดเป็น 20 และ 40 นาที ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน และการสกัดเป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.11) พบว่า การสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม เป็นเวลา 60 นาที (7.55 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดที่เวลา 20 และ 40 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลาในการสกัดเป็น 20 และ 40 นาที ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ



รูปที่ 4.11 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที

ตารางที่ 4.11 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที

เวลา (นาที)	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)
20	ข้าวดอกมะลิ 105	5.78 ± 0.63 ^b
	ดอกพะยอม	6.01 ± 0.59 ^b
40	ข้าวดอกมะลิ 105	4.84 ± 0.44 ^c
	ดอกพะยอม	5.59 ± 0.40 ^{bc}
60	ข้าวดอกมะลิ 105	5.37 ± 0.45 ^{bc}
	ดอกพะยอม	7.55 ± 0.34 ^a

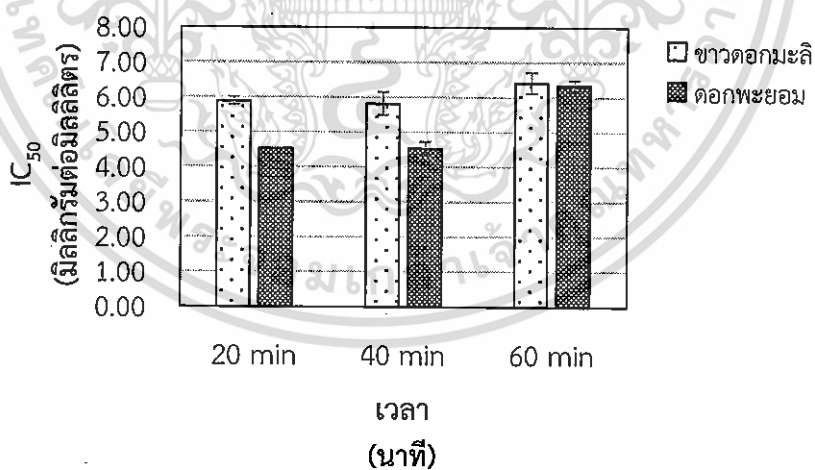
หมายเหตุ : a, b, c เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวข้าวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

การสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกับการสกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม และการสกัดเป็นเวลา 60 นาที รำข้าวไร้ดอกพะยอมให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากการสกัดรำข้าว พบว่ายิ่งเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ยิ่งสามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลออกมาได้มาก เนื่องจากยิ่งเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ยิ่งทำให้ตัวทำละลายแทรกซึมเข้าไปภายในรำข้าวได้อย่างทั่วถึง และทำให้การสกัดอยู่ภายใต้ปรากฏการณ์ควิเทชันนานขึ้น เพราะฉะนั้น ปริมาณแกมมาโอโรซานอลจึงเพิ่มขึ้นตามเวลาในการสกัดที่เพิ่มขึ้น

4.1.4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจากการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอวาง(Ultrasonic bath) อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล แสดงดังรูปที่ 4.12

น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 20 และ 40 นาที มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางสถิติ(ตาราง 4.12) พบว่า น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 และ 40 นาที มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(5.82-5.89 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 60 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.12 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอวาง อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที

น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวไรด์ดอกพะยอม เป็นเวลา 20 และ 40 นาที มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตาราง 4.12) พบว่า น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 และ 40 นาที มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(4.52 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 60 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ

น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากรำข้าวไรด์ดอกพะยอม มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ส่วนน้ำมันรำข้าวที่ใช้เวลา 60 นาที ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความใกล้เคียงกับน้ำมันรำข้าวดอกพะยอม ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที ให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 60 นาที อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากปรากฏการณ์คาวิเทชัน เป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากในตัวทำละลาย หลังจากนั้นจะมีการระเบิดอย่างรุนแรงของฟองอากาศเหล่านั้น ด้วยแรงดันและความร้อนจากการระเบิดนี้ อาจส่งผลต่อการสกัดเพียงระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น ซึ่งหากใช้เวลาในการสกัดนานจนเกิดไปอาจทำให้สารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระถูกทำลายได้

ตารางที่ 4.12 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคแบบอ่าง อัตราส่วนของรำข้าวต่อเอทานอลเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที

เวลา (นาที)	สายพันธุ์รำข้าว	ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย)
20	ขาวดอกมะลิ 105	5.89 ± 0.11^b
	ดอกพะยอม	4.52 ± 0.01^a
40	ขาวดอกมะลิ 105	5.82 ± 0.33^b
	ดอกพะยอม	4.52 ± 0.20^a
60	ขาวดอกมะลิ 105	6.41 ± 0.31^c
	ดอกพะยอม	6.32 ± 0.16^c

หมายเหตุ : a, b, c เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไรด์ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

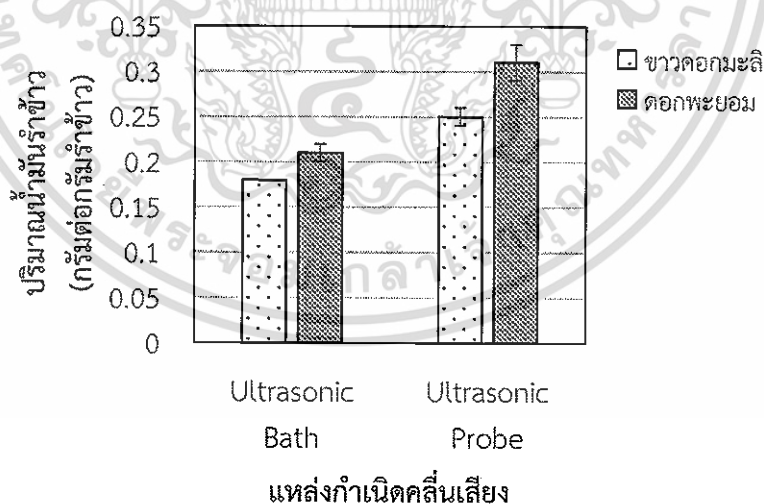
4.1.4.4 เวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม สกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่าง(Ultrasonic bath) อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล โดยเวลาในการสกัดที่นำมาศึกษา ได้แก่ 20 40 และ 60 นาที จากตารางที่ 4.11 พบว่าการสกัดแกมมาโอโรซานอลโดยใช้เวลาในการสกัดเป็น 20 และ 40 นาที ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อสกัดรำข้าวเป็นเวลา 60 นาที น้ำมันรำข้าวมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดที่เวลา 20 และ 40 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงเลือกใช้เวลาในการสกัดเป็น 60 นาที เนื่องจากเป็นเวลาที่สามารสกัดแกมมาโอโรซานอลออกมาได้มากที่สุด

4.1.5 แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง

4.1.5.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การศึกษาการสกัดน้ำมันรำข้าวจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม สกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล โดยแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงที่นำมาศึกษา ได้แก่ แบบอ่าง(Ultrasonic bath) และแบบโพรบ(Ultrasonic probe) ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบ

รำข้าวที่สกัดโดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบโพรบสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการสกัดโดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบอ่าง และน้ำมันที่สกัดได้จากรำข้าวไร้ดอกพะยอมจะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ(ตารางที่ 4.13) พบว่า การใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบโพรบ 0.25-0.31 กรัมต่อกรัมรำข้าว) สามารถน้ำมันจากรำข้าวได้มากกว่าการใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบอ่าง(0.18-0.21 กรัมต่อกรัมรำข้าว)อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การสกัดรำข้าวโดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบโพรบจะได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด และรำข้าวไร้ดอกพะยอมจะให้ปริมาณน้ำมันมากกว่ารำข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบโพรบเป็นการผ่านคลื่นเสียงสู่ตัวกลางที่เป็นตัวทำละลายโดยตรง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของตัวทำละลาย ทั้งยังทำให้รำข้าวเกิดการฉีกขาดเป็นชิ้นเล็ก ซึ่งทำให้ง่ายต่อการแทรกผ่านของตัวทำละลายเข้าไปในรำข้าว ส่วนการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่างเป็นการผ่านคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง 3 ตัวกลาง คือ น้ำ ภาชนะสกัด และตัวทำละลาย ตามลำดับ ส่งผลให้ความรุนแรงของการเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันต่ำกว่าการสกัดแบบโพรบ โซนิเคเตอร์ จึงทำให้การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอ่างมีอัตราการสกัดต่ำกว่าการสกัดแบบโพรบ

ตารางที่ 4.13 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบ

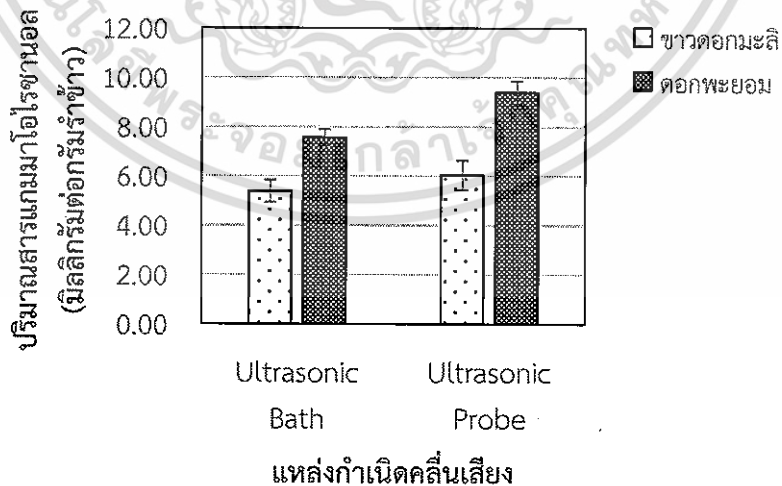
แหล่งกำเนิดคลื่นเสียง	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)
Ultrasonic Bath	ขาวดอกมะลิ 105	0.18 ± 0.00 ^d
	ดอกพะยอม	0.21 ± 0.01 ^c
Probe Sonicator	ขาวดอกมะลิ 105	0.25 ± 0.01 ^b
	ดอกพะยอม	0.31 ± 0.02 ^a

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.1.5.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง แสดงดังรูปที่ 4.14

การสกัดโดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบโพรบสามารถสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวได้มากกว่าการสกัดโดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบอ่าง การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบอ่างและแบบโพรบให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบโพรบให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดโดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบอ่าง เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.14) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้อัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(5.37-6.02 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) เมื่อสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้อัลตราโซนิกแบบโพรบให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการใช้อัลตราโซนิกแบบอ่างอย่างมีนัยสำคัญและให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด คือ 9.38 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว เนื่องจากการสกัดโดยใช้อัลตราโซนิกแบบโพรบเป็นการผ่านคลื่นเสียงสู่ตัวกลางที่เป็นตัวทำละลายโดยตรง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของตัวทำละลาย ทั้งยังทำให้รำข้าวเกิดการฉีกขาดเป็นชิ้นเล็ก ซึ่งทำให้ง่ายต่อการแทรกผ่านของตัวทำละลายเข้าไปในรำข้าวและละลายสารภายในรำข้าวออกมาได้มากขึ้น ส่วนการสกัดโดยใช้อัลตราโซนิกแบบอ่างเป็นการผ่านคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง 3 ตัวกลาง คือ น้ำ ภาชนะสกัด และตัวทำละลาย ตามลำดับ ส่งผลให้ความรุนแรงของการเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันต่ำกว่าการสกัดโดยใช้อัลตราโซนิกแบบโพรบ จึงทำให้การสกัดโดยใช้อัลตราโซนิกแบบอ่างมีอัตราการสกัดต่ำกว่าการสกัดโดยใช้อัลตราโซนิกแบบโพรบ



รูปที่ 4.14 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

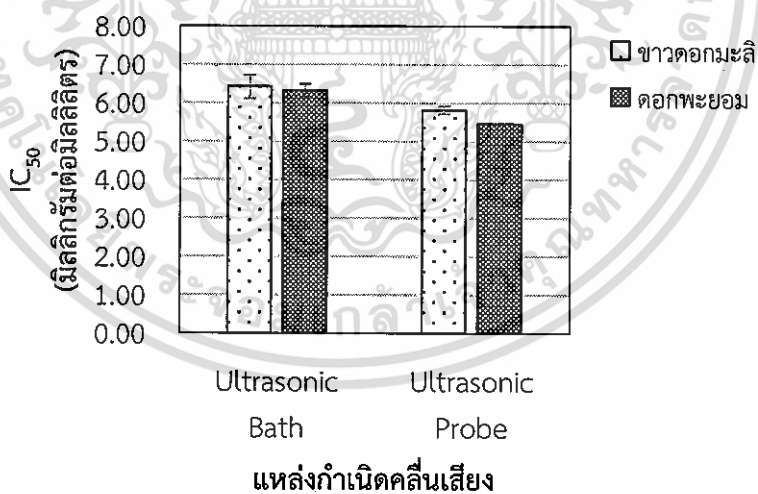
ตารางที่ 4.14 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบ

แหล่งกำเนิดคลื่นเสียง	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)
Ultrasonic Bath	ขาวดอกมะลิ 105	5.37 ± 0.45^c
	ดอกพะยอม	7.55 ± 0.34^b
Probe Sonicator	ขาวดอกมะลิ 105	6.02 ± 0.59^c
	ดอกพะยอม	9.38 ± 0.46^a

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.1.5.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจากการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล แสดงดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบ

น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบโพรบมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง เมื่อสกัดรำข้าวด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่าง พบว่า น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกับ น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และเมื่อสกัดรำข้าวด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบโพรบ พบว่า น้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่า น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.15) พบว่า น้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมและน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างจะให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(6.32-6.41 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) ส่วนการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบโพรบ พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม(5.46 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (5.82 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และดีกว่าการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการสกัดแบบโพรบเป็นการผ่านคลื่นเสียงสู่ตัวกลางที่เป็นตัวทำละลายโดยตรง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันของตัวทำละลาย ทั้งยังทำให้รำข้าวเกิดการฉีกขาดเป็นชิ้นเล็ก ซึ่งทำให้ง่ายต่อการแทรกผ่านของตัวทำละลายเข้าไปในรำข้าวและละลายสารภายในรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระออกมาได้มากขึ้น ส่วนการสกัดแบบอ่างเป็นการผ่านคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง 3 ตัวกลาง คือ น้ำ ภาชนะสกัด และตัวทำละลาย ตามลำดับ ส่งผลให้ความรุนแรงของการเกิดปรากฏการณ์ควิเทชันต่ำกว่าการสกัดแบบโพรบ จึงทำให้การสกัดแบบอัลตราโซนิกแบบอ่างมีอัตราการสกัดต่ำกว่าการสกัดแบบโพรบ

ตารางที่ 4.15 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมวล ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบ

แหล่งกำเนิดคลื่นเสียง	สายพันธุ์รำข้าว	ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย)
Ultrasonic Bath	ขาวดอกมะลิ 105	6.41 ± 0.31^c
	ดอกพะยอม	6.32 ± 0.16^c
Probe Sonicator	ขาวดอกมะลิ 105	5.82 ± 0.10^b
	ดอกพะยอม	5.46 ± 0.02^a

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.1.5.4 แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอล การศึกษาการสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม สกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยมีผล โดยแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงที่นำมาศึกษา ได้แก่ แบบอ่าง(Ultrasonic bath) และแบบโพรบ(Ultrasonic probe) จากตารางที่ 4.14 พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้อัลตราโซนิกแบบอ่างและแบบโพรบให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกัน เมื่อสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้โพรบโซนิเคเตอร์ พบว่า น้ำมันรำข้าวให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการใช้อัลตราโซนิกแบบอ่างอย่างมีนัยสำคัญและให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด ดังนั้น การใช้อัลตราโซนิกแบบโพรบเป็นแหล่งกำเนิดเสียง จึงเหมาะแก่การสกัดแกมมาโอโรซานอล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต (Subcritical solvent extraction)

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของสารสกัดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการสกัด

4.2.1 ชนิดของตัวทำละลาย

4.2.1.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การศึกษากการสกัดน้ำมันจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต โดยตัวทำละลายที่นำมาศึกษา ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และน้ำ นอกจากนี้ยังศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด คือ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการสกัด คือ 20 40 และ 60 นาที จะแสดงดังรูปที่ 4.16

การสกัดน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการใช้เอทานอลและน้ำ ซึ่งการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวน้อยที่สุด เช่นเดียวกับการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.16) พบว่า การสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถให้ปริมาณมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.23 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.33 กรัมต่อกรัมรำข้าว) การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวน้อยที่สุด เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัดเป็น 40 นาที จะมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดเป็นเวลา 20 นาที คือ การสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.16) พบว่า การสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถให้ปริมาณมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.32 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.34 กรัมต่อกรัมรำข้าว) การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวน้อยที่สุด ส่วนการสกัดในเวลา 60 นาที รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ใกล้เคียงกับการสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย และมากกว่าการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่ใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการใช้เอทานอลและน้ำ ซึ่งการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.16) พบว่า รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้เอทานอลและเมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.28-0.30 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมากกว่าการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ(0.12 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย(0.35 กรัมต่อกรัมรำข้าว) สามารถให้ปริมาณมาณน้ำมันรำ

ข้าวมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและน้ำอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่น้อยที่สุด

การสกัดน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่า การสกัดรำข้าวโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและน้ำ และการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้น้อยที่สุด ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที ซึ่งการสกัดโดยใช้เมทานอลสามารถให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สูงที่สุด เนื่องจากการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดเดือดของเมทานอล(65 องศาเซลเซียส) ทำให้เมทานอลเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤต และเมื่อเมทานอลเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤตทำให้เมทานอลมีความเป็นขี้ต๋องจนสามารถสกัดสารพวกน้ำมันได้ นอกจากนี้ยังทำให้ความดันภายในระบบเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากแรงดันไอของเมทานอลและความดันเริ่มต้นในการสกัด(1 เมกาพาสกาล) จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดให้ดียิ่งขึ้น ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการสกัดน้ำมันต่ำกว่าเมทานอล เนื่องจากเอทานอลมีจุดเดือดใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด(79 องศาเซลเซียส) ซึ่งที่สภาวะนี้ทำให้เอทานอลเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤตช่วงต้น จึงทำให้คุณสมบัติของเอทานอลเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย อันเนื่องมาจากความร้อนและความดันเริ่มต้นในการสกัด(1 เมกาพาสกาล) ส่วนการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวต่ำที่สุด เนื่องจากการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำ(100 องศาเซลเซียส) ซึ่งที่สภาวะนี้ น้ำมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเพียงเล็กน้อย อันเนื่องมาจากความร้อนและความดันเริ่มต้นในการสกัด

การสกัดน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการใช้เอทานอลและน้ำ ซึ่งการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่น้อยที่สุด และรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ใกล้เคียงกับการสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย และมากกว่าการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.17) พบว่า การสกัดน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย(0.31 กรัมต่อกรัมรำข้าว) สามารถให้ปริมาณมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและน้ำอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่น้อยที่สุด และรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่ใช้เอทานอลและเมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (0.28-0.31 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมากกว่าการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ(0.14 กรัมต่อกรัมรำข้าว) เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดเป็น 40 นาที รำข้าวที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ใกล้เคียงกับการสกัดโดยใช้เมทานอล และมากกว่าการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.17) พบว่า รำข้าวที่สกัดโดยใช้เมทานอลและเอทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมากกว่าการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าว

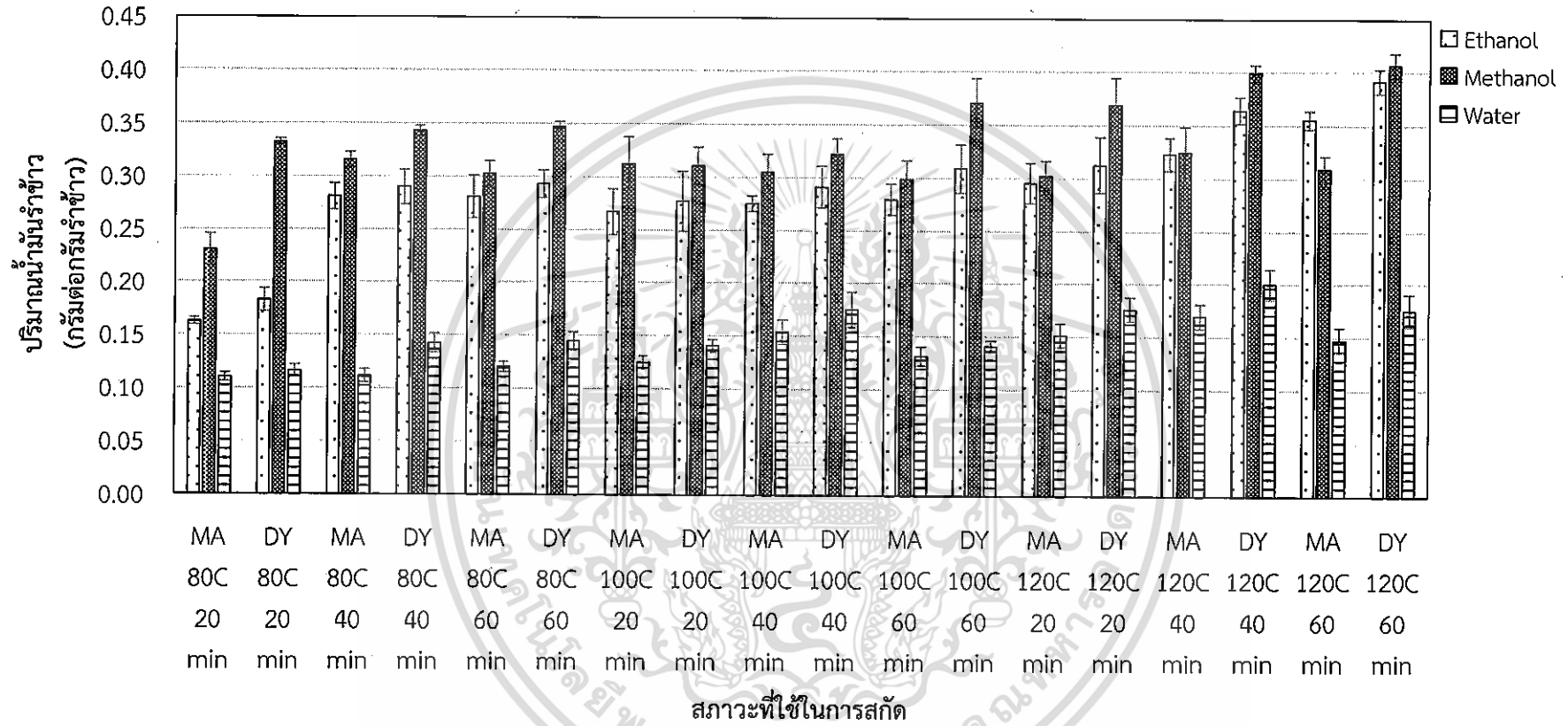
ไร่ดอกพะยอม และการสกัดเป็นเวลา 60 นาที ไร่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ใกล้เคียงกับการสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย และมากกว่าการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และไร่ข้าวไร่ดอกพะยอมที่ใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการใช้เอทานอลและน้ำ ซึ่งการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.17) พบว่า ไร่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้เอทานอลและเมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (0.28-0.30 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมากกว่าการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ(0.13 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดน้ำมันจากไร่ข้าวไร่ดอกพะยอมโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย (0.37 กรัมต่อกรัมรำข้าว) สามารถให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและน้ำอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่น้อยที่สุด

การสกัดน้ำมันจากไร่ข้าวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่า การสกัดไร่ข้าวโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันจากไร่ข้าวได้ใกล้เคียงกับการสกัดโดยใช้เมทานอล และการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันจากไร่ข้าวได้น้อยที่สุด ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที ซึ่งการสกัดโดยใช้เอทานอลสามารถให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกับเมทานอล เนื่องจากการสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำให้เอทานอลเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤต และเมื่อเอทานอลเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤตทำให้เอทานอลมีความเป็นขั้วต่ำลง นอกจากนี้ยังทำให้ความดันภายในระบบเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากแรงดันไอของเอทานอลและความดันเริ่มต้นในการสกัด จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดให้ดียิ่งขึ้น ส่วนการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวต่ำที่สุด เนื่องจากการสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่เป็นจุดเดือดของน้ำ ซึ่งที่สภาวะนี้ทำให้น้ำเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤตช่วงต้น จึงทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย อันเนื่องมาจากความร้อนและความดันเริ่มต้นในการสกัด(1 เมกาพาสกาล)

การสกัดน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ไร่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ใกล้เคียงกับการสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย และมากกว่าการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และไร่ข้าวไร่ดอกพะยอมที่ใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการใช้เอทานอลและน้ำ ซึ่งการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.18) พบว่า ไร่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้เอทานอลและเมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.30 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมากกว่าการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ(0.15 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดน้ำมันจากไร่ข้าวไร่ดอกพะยอมโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย(0.37 กรัมต่อกรัมรำข้าว) สามารถให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและน้ำอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่น้อยที่สุด ส่วนการสกัดในเวลา 40 นาที มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดเป็นเวลา 20 นาที โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.18) พบว่า ไร่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้เอทานอลและเมทา

นอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.32 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมากกว่าการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ(0.17 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย(0.40 กรัมต่อกรัมรำข้าว) สามารถให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและน้ำอย่างมีนัยสำคัญ การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำ การสกัดเป็นเวลา 60 นาที รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการสกัดโดยใช้เมทานอลและน้ำ ซึ่งการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวน้อยที่สุด และรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่สกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.18) พบว่า รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย(0.36 กรัมต่อกรัมรำข้าว) สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการสกัดโดยใช้เมทานอลและน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวน้อยที่สุด และรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่สกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.39-0.40 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ซึ่งการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวน้อยที่สุดเช่นกัน(0.18 กรัมต่อกรัมรำข้าว)

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส พบว่า การสกัดรำข้าวโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันจากรำข้าวได้ใกล้เคียงกับการสกัดโดยใช้เมทานอล และการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันจากรำข้าวได้น้อยที่สุด ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เอทานอล เมทานอล และน้ำจะเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤต และที่สภาวะนี้เอทานอลและเมทานอลมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของตัวทำละลายมากกว่าน้ำ เนื่องจากเอทานอลและเมทานอลมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำ ทำให้ภายใต้สภาวะกึ่งวิกฤตเอทานอลและเมทานอลมีแรงดันไอในระบบสูงกว่าการใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย



รูปที่ 4.16 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต

ตารางที่ 4.16 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
		เอทานอล	เมทานอล	น้ำ	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
80	20	0.16 ± 0.00 ^{dy}	0.23 ± 0.02 ^{bx}	0.11 ± 0.00 ^{ex}	0.18 ± 0.01 ^{cy}	0.33 ± 0.00 ^{ay}	0.12 ± 0.01 ^{ey}
	40	0.28 ± 0.01 ^{cx}	0.32 ± 0.01 ^{bx}	0.11 ± 0.01 ^{ex}	0.29 ± 0.02 ^{cx}	0.34 ± 0.00 ^{ax}	0.14 ± 0.01 ^{dx}
	60	0.28 ± 0.02 ^{cx}	0.30 ± 0.01 ^{bx}	0.12 ± 0.00 ^{ex}	0.29 ± 0.01 ^{bcx}	0.35 ± 0.01 ^{ax}	0.14 ± 0.01 ^{dx}

หมายเหตุ : a, b, c, d, e เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละเวลา และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P<0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.17 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
		เอทานอล	เมทานอล	น้ำ	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
100	20	0.27 ± 0.02 ^{bx}	0.31 ± 0.02 ^{ax}	0.12 ± 0.01 ^{cy}	0.28 ± 0.03 ^{abx}	0.31 ± 0.02 ^{ay}	0.14 ± 0.01 ^{cy}
	40	0.28 ± 0.01 ^{cx}	0.30 ± 0.02 ^{abx}	0.15 ± 0.01 ^{dx}	0.29 ± 0.02 ^{bcx}	0.32 ± 0.01 ^{aby}	0.17 ± 0.02 ^{dx}
	60	0.28 ± 0.01 ^{bx}	0.30 ± 0.02 ^{bx}	0.13 ± 0.01 ^{cy}	0.31 ± 0.02 ^{bx}	0.37 ± 0.02 ^{ax}	0.14 ± 0.01 ^{cy}

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ น้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละเวลา และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P<0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่า เบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.18 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
		เอทานอล	เมทานอล	น้ำ	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
120	20	0.30 ± 0.02 ^{by}	0.30 ± 0.01 ^{bx}	0.15 ± 0.01 ^{cx}	0.31 ± 0.03 ^{by}	0.37 ± 0.03 ^{ay}	0.18 ± 0.01 ^{cx}
	40	0.32 ± 0.02 ^{cy}	0.32 ± 0.02 ^{cx}	0.17 ± 0.01 ^{ex}	0.36 ± 0.01 ^{bx}	0.40 ± 0.01 ^{axy}	0.20 ± 0.01 ^{dx}
	60	0.36 ± 0.01 ^{bx}	0.31 ± 0.01 ^{cx}	0.15 ± 0.01 ^{ex}	0.39 ± 0.01 ^{ax}	0.41 ± 0.01 ^{ax}	0.18 ± 0.02 ^{dx}

หมายเหตุ : a, b, c, d, e เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละเวลา และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.2.1.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลที่สกัดได้จากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต โดยตัวทำละลายที่นำมาศึกษา ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และน้ำ นอกจากนี้ยังศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด คือ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการสกัด คือ 20 40 และ 60 นาที จะแสดงดังรูปที่ 4.17

การสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที พบว่า การใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวได้มากกว่าการใช้เอทานอล ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะไม่พบสารแกมมาโอโรซานอล เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.19) พบว่า การสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวได้มากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (5.11 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(6.59 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัดเป็น 40 นาที น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน และน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะไม่พบสารแกมมาโอโรซานอล เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ (ตารางที่ 4.19) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(5.37-5.87 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย(8.05 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอล(6.62 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดเป็นเวลา 60 นาที มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดเป็นเวลา 40 นาที เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.19) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(6.36-6.45 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย(9.89 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอล(7.41 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่า การสกัดรำข้าวโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวได้มากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอล ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที เนื่องจากการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดเดือดของเมทานอล ทำให้เมทานอลเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤต และเมื่อเมทานอลเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤตทำให้เมทานอลมีความเป็นขั้วต่ำลง นอกจากนี้ยังทำให้ความดันภายในระบบเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากแรงดันไอของเมทานอลและความดันเริ่มต้นในการสกัด จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดให้ดียิ่งขึ้น ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการสกัดแกมมา

โอโรซานอลต่ำกว่าเมทานอล เนื่องจากเอทานอลมีจุดเดือดใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ซึ่งที่สภาวะนี้ทำให้เอทานอลเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤตช่วงต้น จึงทำให้คุณสมบัติของเอทานอลเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย อันเนื่องมาจากความร้อนและความดันเริ่มต้นในการสกัด ซึ่งการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลอย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที การสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดโดยใช้เมทานอล ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะไม่พบสารแกมมาโอโรซานอล เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.20) พบว่า การสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดโดยใช้เมทานอลอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (6.80 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(7.73 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดเป็น 40 นาที การสกัดรำข้าวโดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะไม่พบสารแกมมาโอโรซานอล เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.20) พบว่า การสกัดรำข้าวโดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (5.97-6.12 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(8.67-9.18 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดเป็นเวลา 60 นาที การสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอล ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะไม่พบสารแกมมาโอโรซานอล เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.20) พบว่า การสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (6.30 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(11.29 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)

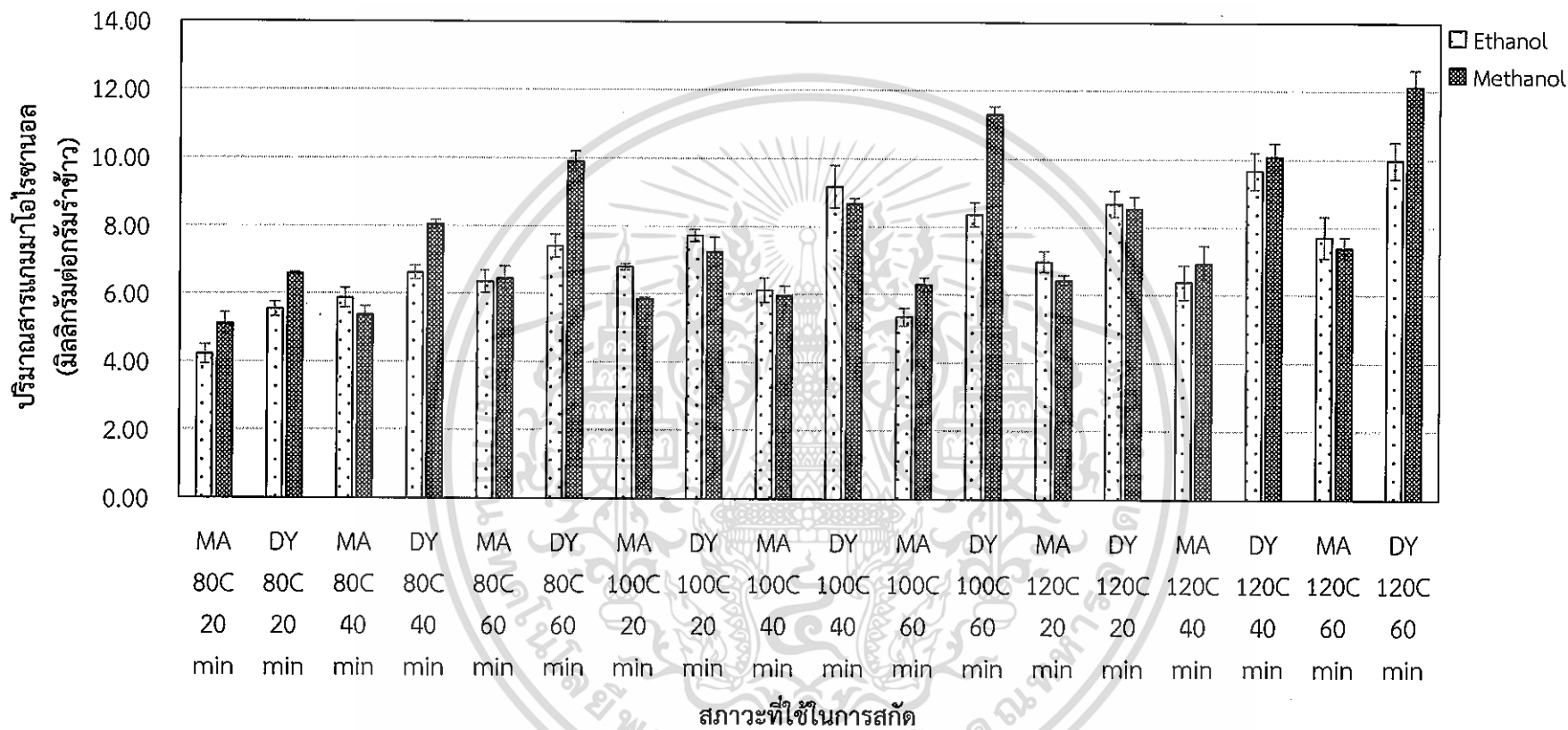
การสกัดน้ำมันจากรำข้าวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่า การสกัดเป็นเวลา 20 นาที โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลได้มากกว่าเมทานอล เนื่องจาก การสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำให้เอทานอลเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤต และเมื่อเอทานอลเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤตทำให้เอทานอลมีความเป็นขั้วต่ำลง นอกจากนี้ยังทำให้ความดันภายในระบบเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากแรงดันไอของเอทานอลและความดันเริ่มต้นในการสกัด จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดให้ดียิ่งขึ้น และการสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เอทานอลอาจมีความเป็นขั้วที่เหมาะสมต่อการสกัดแกมมาโอโรซานอลมากกว่าเมทานอล การสกัดเป็นเวลา 60 นาที การสกัดรำข้าวโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลได้มากกว่าเอทานอล

เนื่องจากยิ่งเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น เมทานอลซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำกว่าเอทานอล จึงทำให้การสกัดโดยใช้เมทานอลจะมีแรงดันไอสะสมมากกว่าเอทานอล

การสกัดแกมมาโอโรไซโนลที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส พบว่า การสกัดเป็นเวลา 20 นาที การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณแกมมาโอโรไซโนลสูงกว่าการสกัดโดยใช้เมทานอล และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรไซโนลใกล้เคียงกัน การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะไม่พบสารแกมมาโอโรไซโนล เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.21) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย(6.98 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)ให้ปริมาณแกมมาโอโรไซโนลสูงกว่าการสกัดโดยใช้เมทานอล(6.44 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรไซโนลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(8.55-8.68 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดเป็น 40 นาที การสกัดรำข้าวโดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรไซโนลใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะไม่พบสารแกมมาโอโรไซโนล เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.21) พบว่า การสกัดรำข้าวโดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรไซโนลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (6.38-6.93 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(9.65-10.08 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดเป็นเวลา 60 นาที พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรไซโนลใกล้เคียงกัน และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณแกมมาโอโรไซโนลสูงกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอล การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะไม่พบสารแกมมาโอโรไซโนล เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.21) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรไซโนลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(7.40-7.71 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย(12.12 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้ปริมาณแกมมาโอโรไซโนลสูงกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอล(9.96 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส พบว่า มีแนวโน้มของปริมาณแกมมาโอโรไซโนลใกล้เคียงกับการสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส คือ ยิ่งเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น เมทานอลซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำกว่าเอทานอล จึงยิ่งทำให้การสกัดโดยใช้เมทานอลจะมีแรงดันไอสะสมมากกว่าเอทานอล

การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะไม่พบสารแกมมาโอโรไซโนล เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วสูงมาก ถึงแม้การสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 1 เมกาพาสคาล จะทำให้ความเป็นขั้วของน้ำต่ำลง แต่ยังคงมีความเป็นขั้วต่ำไม่เพียงพอต่อการสกัดสารแกมมาโอโรไซโนลได้



รูปที่ 4.17 ปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต

ตารางที่ 4.19 ปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
		เอทานอล	เมทานอล	น้ำ	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
80	20	4.21 ± 0.28 ^{dy}	5.11 ± 0.33 ^{cy}	NA	5.54 ± 0.22 ^{bz}	6.59 ± 0.05 ^{az}	NA
	40	5.87 ± 0.29 ^{cx}	5.37 ± 0.25 ^{cy}	NA	6.62 ± 0.20 ^{by}	8.05 ± 0.13 ^{ay}	NA
	60	6.36 ± 0.33 ^{cx}	6.45 ± 0.36 ^{cx}	NA	7.41 ± 0.34 ^{bx}	9.89 ± 0.30 ^{ax}	NA

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละเวลา และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P<0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test และ NA คือ ไม่พบแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าว

ตารางที่ 4.20 ปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
		เอทานอล	เมทานอล	น้ำ	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
100	20	6.80 ± 0.09 ^{cx}	5.86 ± 0.05 ^{dy}	NA	7.73 ± 0.18 ^{ay}	7.25 ± 0.43 ^{bz}	NA
	40	6.12 ± 0.36 ^{by}	5.97 ± 0.27 ^{bxy}	NA	9.18 ± 0.61 ^{ax}	8.67 ± 0.17 ^{ay}	NA
	60	5.35 ± 0.26 ^{dz}	6.30 ± 0.20 ^{cx}	NA	8.37 ± 0.35 ^{bxy}	11.29 ± 0.22 ^{ax}	NA

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละเวลา และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P<0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test และ NA คือ ไม่พบแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าว

ตารางที่ 4.21 ปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
		เอทานอล	เมทานอล	น้ำ	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
120	20	6.98 ± 0.31 ^{bxy}	6.44 ± 0.14 ^{cy}	NA	8.68 ± 0.38 ^{ay}	8.55 ± 0.33 ^{az}	NA
	40	6.38 ± 0.51 ^{by}	6.93 ± 0.53 ^{bxy}	NA	9.65 ± 0.54 ^{axy}	10.08 ± 0.39 ^{ay}	NA
	60	7.71 ± 0.61 ^{cx}	7.40 ± 0.32 ^{cx}	NA	9.96 ± 0.54 ^{bx}	12.12 ± 0.48 ^{ax}	NA

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละเวลา และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test และ NA คือ ไม่พบแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าว

4.2.1.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต โดยตัวทำละลายที่นำมาศึกษา ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และน้ำ นอกจากนี้ยังศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด คือ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการสกัด คือ 20 40 และ 60 นาที จะแสดงดังรูปที่ 4.18

การสกัดน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอล ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม และน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.22) พบว่า น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอล อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ซึ่งมีค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เท่ากับ 0.63 และ 0.61 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย ตามลำดับ และน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด ส่วนการสกัดเป็นเวลา 40 นาที น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอล ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม และน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.22) พบว่า น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอล อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.65 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม (0.62 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด และการสกัดน้ำมันเป็นเวลา 60 นาที มีแนวโน้มของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวเช่นเดียวกับการสกัดเป็นเวลา 40 นาที คือ น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอล อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.78 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม (0.71 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด

การสกัดน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอล ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม และน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าทาง

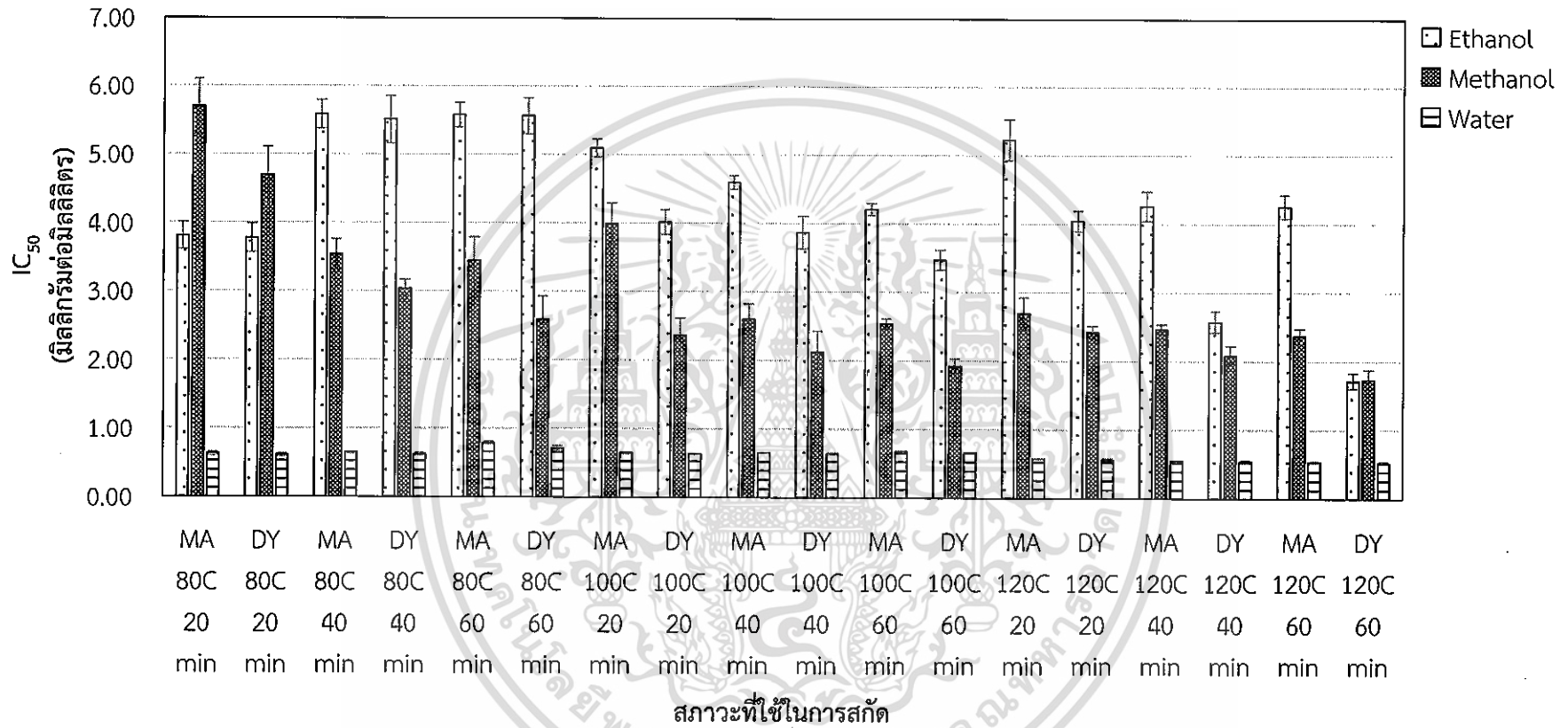
สถิติ(ตารางที่ 4.23) พบว่า น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอล อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.65 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม (0.63 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด ส่วนการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที มีแนวโน้มของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวเช่นเดียวกับการสกัดเป็นเวลา 20 นาที คือ น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอลอย่างมีนัยสำคัญ และน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด ซึ่งการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 40 นาที น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เท่ากับ 0.66 และ 0.64 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย ตามลำดับ และการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 60 นาที น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เท่ากับ 0.68 และ 0.67 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย ตามลำดับ

การสกัดน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอล ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม และน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.24) พบว่า น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอล อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.58 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม (0.56 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด ส่วนการสกัดเป็นเวลา 40 นาที มีแนวโน้มของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวเช่นเดียวกับการสกัดเป็นเวลา 20 นาที คือ น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอลอย่างมีนัยสำคัญ และน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด ซึ่งการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 40 นาที น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เท่ากับ 0.55 และ 0.54 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย ตามลำดับ เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดเป็น 60 นาที น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอล ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม และน้ำมันที่ได้จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด ส่วนน้ำมันรำข้าวไรด์ดอกพะยอม สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอล ซึ่งการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.24) พบว่า น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย(0.54 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอลอย่างมีนัยสำคัญ และน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด ส่วนน้ำมันรำข้าวไรด์ดอกพะยอม สกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย(0.52 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอลอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(1.72-1.74 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส พบว่า น้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอล ซึ่งการสกัดโดยใช้เอทานอลให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด เนื่องจากในรำข้าวมีสารที่ออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากมายที่นอกเหนือไปจากแกมมาโอไรซานอล และยังแบ่งออกเป็นสารที่มีความเป็นขั้วต่ำและขั้วสูง ซึ่งการใช้น้ำในการสกัดสามารถสกัดสารที่มีความเป็นขั้วสูงออกมาได้มากและเป็นสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี จึงทำให้น้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าการสกัดโดยใช้เมทานอล เนื่องจากเอทานอลมีจุดเดือดสูงกว่าเมทานอล จึงทำให้มีการสะสมแรงดันไอบนผิวมีความแตกต่างกัน ซึ่งเมทานอลจะมีแรงดันไอบสูงกว่าเอทานอล เมทานอลจึงมีประสิทธิภาพในการสกัดสูงกว่าเอทานอล



รูปที่ 4.18 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต

ตารางที่ 4.22 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไรต์ดอกพะยอม		
		เอทานอล	เมทานอล	น้ำ	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
80	20	3.81 ± 0.20 ^{bx}	5.69 ± 0.41 ^{dy}	0.63 ± 0.03 ^{ax}	3.78 ± 0.21 ^{bx}	4.70 ± 0.41 ^{cy}	0.61 ± 0.02 ^{ax}
	40	5.58 ± 0.21 ^{dy}	3.54 ± 0.22 ^{cx}	0.65 ± 0.01 ^{ax}	5.50 ± 0.35 ^{dy}	3.04 ± 0.13 ^{bx}	0.62 ± 0.02 ^{ax}
	60	5.57 ± 0.18 ^{dy}	3.45 ± 0.34 ^{cx}	0.78 ± 0.02 ^{ay}	5.56 ± 0.26 ^{dy}	2.59 ± 0.34 ^{bx}	0.71 ± 0.04 ^{ay}

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไรต์ดอกพะยอม ในแต่ละเวลา และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P<0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.23 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไรต์ดอกพะยอม		
		เอทานอล	เมทานอล	น้ำ	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
100	20	5.10 ± 0.13 ^{dz}	3.99 ± 0.30 ^{cy}	0.65 ± 0.01 ^{ax}	4.02 ± 0.18 ^{cy}	2.37 ± 0.25 ^{bx}	0.63 ± 0.00 ^{ax}
	40	4.60 ± 0.10 ^{ey}	2.60 ± 0.22 ^{cx}	0.66 ± 0.01 ^{ax}	3.87 ± 0.24 ^{dy}	2.13 ± 0.31 ^{bx}	0.64 ± 0.01 ^{ax}
	60	4.21 ± 0.09 ^{ex}	2.54 ± 0.07 ^{cx}	0.68 ± 0.01 ^{ay}	3.47 ± 0.15 ^{dx}	1.93 ± 0.11 ^{bx}	0.67 ± 0.00 ^{ay}

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไรต์ดอกพะยอม ในแต่ละเวลา และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P<0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.24 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไรต์ดอกพะยอม		
		เอทานอล	เมทานอล	น้ำ	เอทานอล	เมทานอล	น้ำ
120	20	5.23 ± 0.30 ^{dy}	2.69 ± 0.24 ^{bx}	0.58 ± 0.01 ^{ay}	4.05 ± 0.15 ^{cz}	2.42 ± 0.09 ^{bz}	0.56 ± 0.02 ^{ay}
	40	4.26 ± 0.22 ^{dx}	2.47 ± 0.07 ^{cx}	0.55 ± 0.01 ^{ax}	2.58 ± 0.15 ^{cy}	2.09 ± 0.14 ^{by}	0.54 ± 0.02 ^{axy}
	60	4.26 ± 0.18 ^{dx}	2.37 ± 0.11 ^{cx}	0.54 ± 0.02 ^{ax}	1.72 ± 0.11 ^{bx}	1.74 ± 0.14 ^{bx}	0.52 ± 0.01 ^{ax}

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไรต์ดอกพะยอม ในแต่ละเวลา และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P<0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.2.2 อุณหภูมิ

4.2.2.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เอทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะแสดงดังรูปที่

4.16 การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 นาที พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดทำให้สามารถสกัดน้ำมันจากรำข้าวได้เพิ่มขึ้น ทั้งการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.25) พบว่า การสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.27-0.30 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.28-0.31 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 นาที พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดทำให้สามารถสกัดน้ำมันจากรำข้าวได้เพิ่มขึ้น ทั้งการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.25) พบว่า การสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.32 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.36 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการสกัดเป็นเวลา 60 นาที จะมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับการสกัดเป็นเวลา 40 นาที คือ การสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.36 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.39 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะแสดงดังรูปที่ 4.16 การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 นาที พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียสให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส และการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.26) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียสให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.30-0.31 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส(0.23 กรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส(0.37 กรัมต่อกรัมรำข้าว) สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัด

ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.31-0.33 กรัมต่อกรัมรำข้าว) เมื่อสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 นาที พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.26) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกัน(0.30-0.32 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส(0.40 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดเป็นเวลา 60 นาที พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสสามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส และการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.26) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกัน(0.30-0.31 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส(0.41 กรัมต่อกรัมรำข้าว) สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.35-0.37 กรัมต่อกรัมรำข้าว)

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะแสดงดังรูปที่ 4.16 การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 นาที พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดทำให้สามารถสกัดน้ำมันจากรำข้าวได้เพิ่มขึ้น ทั้งการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.27) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส(0.15 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.11-0.12 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม ทำให้สามารถสกัดน้ำมันจากรำข้าวได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงที่สุดคือ 0.18 กรัมต่อกรัมรำข้าว เมื่อสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 นาที พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดทำให้สามารถสกัดน้ำมันจากรำข้าวได้เพิ่มขึ้น ทั้งการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.27) พบว่า การสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.15-0.17 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.17-0.20 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดที่

อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดเป็นเวลา 60 นาที พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดทำให้สามารถสกัดน้ำมันจากรำข้าวได้เพิ่มขึ้น ทั้งการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.27) พบว่า การสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส สามารถสกัดน้ำมันรำข้าวได้มากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.15 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.18 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เอทานอล เมทานอล และน้ำเป็นตัวทำละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ทำให้สามารถสกัดน้ำมันจากรำข้าวได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิเป็นการส่งเสริมให้ตัวทำละลายเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤต ยิ่งเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ยิ่งทำให้คุณสมบัติของตัวทำละลายมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ความเป็นขั้วของตัวทำละลายลดลง เป็นผลให้สกัดสารได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดให้สูงกว่าจุดเดือดของตัวทำละลายยังทำให้เกิดแรงดันไอของตัวทำละลายภายในระบบสกัดอีกด้วย ซึ่งแรงดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นการส่งเสริมให้ตัวทำละลายเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤตได้อีกทางหนึ่งและยังทำให้รำข้าวถูกบีบอัดด้วยแรงดัน จึงช่วยส่งเสริมกระบวนการสกัดให้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.25 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
		20 นาที	40 นาที	60 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที
เอทานอล	80	0.16 ± 0.00 ^{by}	0.28 ± 0.01 ^{ay}	0.28 ± 0.02 ^{ay}	0.18 ± 0.01 ^{by}	0.29 ± 0.02 ^{ay}	0.29 ± 0.01 ^{ay}
	100	0.27 ± 0.02 ^{bx}	0.28 ± 0.01 ^{aby}	0.28 ± 0.01 ^{aby}	0.28 ± 0.03 ^{abx}	0.29 ± 0.02 ^{aby}	0.31 ± 0.02 ^{ay}
	120	0.30 ± 0.02 ^{cx}	0.32 ± 0.02 ^{cx}	0.36 ± 0.01 ^{bx}	0.31 ± 0.03 ^{cx}	0.36 ± 0.01 ^{abx}	0.39 ± 0.01 ^{ax}

หมายเหตุ : a, b, c เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ น้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละอุณหภูมิ และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.26 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
		20 นาที	40 นาที	60 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที
เมทานอล	80	0.23 ± 0.02 ^{cy}	0.32 ± 0.01 ^{bx}	0.30 ± 0.01 ^{bx}	0.33 ± 0.00 ^{ay}	0.34 ± 0.00 ^{ay}	0.35 ± 0.01 ^{ay}
	100	0.31 ± 0.02 ^{bx}	0.30 ± 0.02 ^{bx}	0.30 ± 0.02 ^{bx}	0.31 ± 0.02 ^{by}	0.32 ± 0.01 ^{bz}	0.37 ± 0.02 ^{ay}
	120	0.30 ± 0.01 ^{cx}	0.32 ± 0.02 ^{cx}	0.31 ± 0.01 ^{cx}	0.37 ± 0.03 ^{bx}	0.40 ± 0.01 ^{ax}	0.41 ± 0.01 ^{ax}

หมายเหตุ : a, b, c เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ น้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละอุณหภูมิ และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.27 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไรต์ดอกพะยอม		
		20 นาที	40 นาที	60 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที
น้ำ	80	0.11 ± 0.00 ^{by}	0.11 ± 0.01 ^{by}	0.12 ± 0.00 ^{by}	0.12 ± 0.01 ^{bz}	0.14 ± 0.01 ^{ay}	0.14 ± 0.01 ^{ay}
	100	0.12 ± 0.01 ^{cy}	0.15 ± 0.01 ^{bx}	0.13 ± 0.01 ^{cxy}	0.14 ± 0.01 ^{bcy}	0.17 ± 0.02 ^{ax}	0.14 ± 0.01 ^{bcy}
	120	0.15 ± 0.01 ^{cx}	0.17 ± 0.01 ^{bcx}	0.15 ± 0.01 ^{cx}	0.18 ± 0.01 ^{bx}	0.20 ± 0.01 ^{ax}	0.18 ± 0.02 ^{bx}

หมายเหตุ : a, b, c เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ น้ำมันรำข้าวไรต์ดอกพะยอม ในแต่ละอุณหภูมิ และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.2.2.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

ปริมาณแกมมาโอโรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวโดยใช้เอทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย(รูปที่ 4.17) พบว่า การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 นาที การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน และให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ส่วนปริมาณแกมมาโอโรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.28) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(6.80-6.98 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ซึ่งให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส(4.21 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการนำน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ปริมาณแกมมาโอโรซานอลจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 นาที พบว่า ปริมาณแกมมาโอโรซานอลจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น โดยน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.28) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทั้งการสกัดที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส(5.87-6.38 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอล ไม่แตกต่างกันทางสถิติ(9.18-9.65 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส(6.62 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดเป็นเวลา 60 นาที น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และการสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวน้อยที่สุด ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.28) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น การสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอล เท่ากับ 7.71 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมจะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอล เท่ากับ 9.96 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว

ปริมาณแกมมาโอโรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวโดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย(รูปที่ 4.17) พบว่า การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 นาที ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.29) พบว่า ปริมาณแกมมาโอโรซา

นอลในน้ำมันรำข้าวจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม การสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส โดยน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอล เท่ากับ 6.44 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมจะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอล เท่ากับ 8.55 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว เมื่อสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 นาที พบว่า ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวจะแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 นาที คือ ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม การสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส โดยน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอล เท่ากับ 6.93 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมจะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอล เท่ากับ 10.08 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว ส่วนการสกัดเป็นเวลา 60 นาที น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน และการสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(6.30-6.45 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ซึ่งต่ำกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้น

การสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวโดยใช้เอทานอลและเมทานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ทำให้สามารถสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิเป็นการส่งเสริมให้ตัวทำละลายเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤต ยิ่งเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ยิ่งทำให้คุณสมบัติของตัวทำละลายมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ความเป็นขั้วของตัวทำละลายลดลง เป็นผลให้สกัดสารได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดให้สูงกว่าจุดเดือดของตัวทำละลายยังทำให้เกิดแรงดันไอของตัวทำละลายภายในระบบสกัดอีกด้วย ซึ่งแรงดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นการส่งเสริมให้ตัวทำละลายเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤตได้อีกทางหนึ่งและ ยังทำให้รำข้าวถูกบีบอัดด้วยแรงดัน จึงช่วยส่งเสริมกระบวนการสกัดให้ดียิ่งขึ้น

การสกัดรำข้าวโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะไม่พบแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ทั้งการสกัดที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วสูง จึงไม่เหมาะต่อการสกัดแกมมาโอโรซานอลซึ่งมีความเป็นขั้วต่ำ ถึงแม้การสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 1 เมกาพาสคาล จะทำให้ความเป็นขั้วของน้ำต่ำลง แต่ยังคงมีความเป็นขั้วต่ำไม่เพียงพอต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลได้

ตารางที่ 4.28 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไรต์ดอกพะยอม		
		20 นาที	40 นาที	60 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที
เอทานอล	80	4.21 ± 0.28 ^{ey}	5.87 ± 0.29 ^{cdx}	6.36 ± 0.33 ^{bcy}	5.54 ± 0.22 ^{dz}	6.62 ± 0.20 ^{by}	7.41 ± 0.34 ^{az}
	100	6.80 ± 0.09 ^{dx}	6.12 ± 0.36 ^{ex}	5.35 ± 0.26 ^{lz}	7.73 ± 0.18 ^{cy}	9.18 ± 0.61 ^{ax}	8.37 ± 0.35 ^{by}
	120	6.98 ± 0.31 ^{cdx}	6.38 ± 0.51 ^{dx}	7.71 ± 0.61 ^{cx}	8.68 ± 0.38 ^{bx}	9.65 ± 0.54 ^{ax}	9.96 ± 0.54 ^{ax}

หมายเหตุ : a, b, c, d, e, f เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไรต์ดอกพะยอม ในแต่ละอุณหภูมิ และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.29 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไรต์ดอกพะยอม		
		20 นาที	40 นาที	60 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที
เมทานอล	80	5.11 ± 0.33 ^{dz}	5.37 ± 0.25 ^{dy}	6.45 ± 0.36 ^{cy}	6.59 ± 0.05 ^{cz}	8.05 ± 0.13 ^{bz}	9.89 ± 0.30 ^{az}
	100	5.86 ± 0.05 ^{dy}	5.97 ± 0.27 ^{dy}	6.30 ± 0.20 ^{dy}	7.25 ± 0.43 ^{cy}	8.67 ± 0.17 ^{by}	11.29 ± 0.22 ^{ay}
	120	6.44 ± 0.14 ^{ex}	6.93 ± 0.53 ^{dex}	7.40 ± 0.32 ^{dx}	8.55 ± 0.33 ^{cx}	10.08 ± 0.39 ^{bx}	12.12 ± 0.48 ^{ax}

หมายเหตุ : a, b, c, d, e เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไรต์ดอกพะยอม ในแต่ละอุณหภูมิ และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.2.2.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้เอทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำลาย(รูปที่ 4.18) พบว่า การสกัดเป็นเวลา 20 นาที การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้น้ำมันรำข้าวมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียสให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน น้ำมันรำข้าวรำข้าวไร้ดอกพะยอมจะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกันทั้งการสกัดที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.30) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส(3.81 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำลาย) ให้น้ำมันรำข้าวมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียสให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(5.10-5.23 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำลาย) และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียสให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(3.78-4.05 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำลาย) ส่วนการสกัดเป็นเวลา 40 นาที ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวดีขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.30) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(4.26-4.60 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำลาย) และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส(5.58 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำลาย) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยน้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด(2.58 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำลาย) และการสกัดเป็นเวลา 60 นาที จะมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดเป็นเวลา 40 นาที คือ การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(4.21-4.26 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำลาย) และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส(5.57 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำลาย) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยน้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด(1.72 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำลาย)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย(รูปที่ 4.18) พบว่า การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 นาที น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ส่วนความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่สกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน และมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.31) พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิในการสกัด ทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยน้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด(2.69 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(2.37-2.42 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส(4.70 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 นาที ที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิและน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม และการสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.31) พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (2.47-2.60 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม(2.09-2.13 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และการสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดเป็นเวลา 60 นาที จะมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดที่เวลา 40 นาที คือ การสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (2.37-2.54 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม(1.74-1.93 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และการสกัดที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย(รูปที่ 4.18) พบว่า การสกัดเป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.32) พบว่า อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.58 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.56 มิลลิกรัม

น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน ส่วนการสกัดเป็นเวลา 40 นาที มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดเป็นเวลา 20 นาที คือ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.55 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.54 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน เมื่อสกัดเป็นเวลา 60 นาที ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.32) พบว่า น้ำมันที่ได้จากการรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ซึ่งน้ำมันที่ได้จากการรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด(0.54 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) น้ำมันที่ได้จากการรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส(0.52 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าน้ำมันรำข้าวที่สกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งน้ำมันที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.67-0.71 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย)

น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวโดยใช้เอทานอล เมทานอล และน้ำเป็นตัวทำละลาย พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิเป็นการส่งเสริมให้ตัวทำละลายเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤต ยิ่งเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ยิ่งทำให้คุณสมบัติของตัวทำละลายมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ความเป็นขั้วของตัวทำละลายลดลง เป็นผลให้สามารถสกัดสารต่างๆในรำข้าวออกมาได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดให้สูงกว่าจุดเดือดของตัวทำละลายยังทำให้เกิดแรงดันไอของตัวทำละลายภายในระบบสกัดอีกด้วย ซึ่งแรงดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นการส่งเสริมให้ตัวทำละลายเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤตได้อีกทางหนึ่งและยังทำให้รำข้าวถูกบีบอัดด้วยแรงดัน จึงช่วยส่งเสริมกระบวนการสกัดให้ดียิ่งขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Shigeru และคณะ (2008) สกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้ น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตที่อุณหภูมิ 180-260 องศาเซลเซียส ทดสอบโดยอนุมูลอิสระของ DPPH ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดทำให้ได้สารสกัดที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และงานวิจัยของ Jintana และคณะ (2007) สกัดน้ำมันจากรำข้าวดำจากเมืองวากายามาประเทศญี่ปุ่น ซึ่งสกัดโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 20-240 องศาเซลเซียส ทดสอบโดยอนุมูลอิสระของ DPPH ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดทำให้ได้สารสกัดที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.30 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
		20 นาที	40 นาที	60 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที
เอทานอล	80	3.81 ± 0.20 ^{ax}	5.58 ± 0.21 ^{by}	5.57 ± 0.18 ^{by}	3.78 ± 0.21 ^{ax}	5.50 ± 0.35 ^{bz}	5.56 ± 0.26 ^{bz}
	100	5.10 ± 0.13 ^{ey}	4.60 ± 0.10 ^{dx}	4.21 ± 0.09 ^{cx}	4.02 ± 0.18 ^{bcx}	3.87 ± 0.24 ^{by}	3.47 ± 0.15 ^{ay}
	120	5.23 ± 0.30 ^{dy}	4.26 ± 0.22 ^{cx}	4.26 ± 0.18 ^{cx}	4.05 ± 0.15 ^{cx}	2.58 ± 0.15 ^{bx}	1.72 ± 0.11 ^{ax}

หมายเหตุ : a, b, c, d, e เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละอุณหภูมิ และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.31 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
		20 นาที	40 นาที	60 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที
เมทานอล	80	5.69 ± 0.41 ^{dz}	3.54 ± 0.22 ^{by}	3.45 ± 0.34 ^{by}	4.70 ± 0.41 ^{cy}	3.04 ± 0.13 ^{aby}	2.59 ± 0.34 ^{ay}
	100	3.99 ± 0.30 ^{dy}	2.60 ± 0.22 ^{cx}	2.54 ± 0.07 ^{bcx}	2.37 ± 0.25 ^{bcx}	2.13 ± 0.31 ^{abx}	1.93 ± 0.11 ^{ax}
	120	2.69 ± 0.24 ^{dx}	2.47 ± 0.07 ^{cdx}	2.37 ± 0.11 ^{cx}	2.42 ± 0.09 ^{cx}	2.09 ± 0.14 ^{bx}	1.74 ± 0.14 ^{ax}

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละอุณหภูมิ และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.32 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)					
		รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
		20 นาที	40 นาที	60 นาที	20 นาที	40 นาที	60 นาที
น้ำ	80	0.63 ± 0.03 ^{ay}	0.65 ± 0.01 ^{ay}	0.78 ± 0.02 ^{cz}	0.61 ± 0.02 ^{ay}	0.62 ± 0.02 ^{ay}	0.71 ± 0.04 ^{dy}
	100	0.65 ± 0.01 ^{aby}	0.66 ± 0.01 ^{bcy}	0.68 ± 0.01 ^{dy}	0.63 ± 0.00 ^{ay}	0.64 ± 0.01 ^{aby}	0.67 ± 0.00 ^{cdy}
	120	0.58 ± 0.01 ^{ax}	0.55 ± 0.01 ^{abx}	0.54 ± 0.02 ^{abx}	0.56 ± 0.02 ^{bcx}	0.54 ± 0.02 ^{abx}	0.52 ± 0.01 ^{ax}

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละอุณหภูมิ และ x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P≤0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.2.3 เวลา

4.2.3.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เอทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะแสดงดังรูปที่ 4.16 พบว่า การสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาการสกัดมากขึ้น ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.25) พบว่า การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.28 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.29 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อใช้เวลาในการสกัดมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.25) พบว่า การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.27-0.28 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.28-0.31 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.25) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 60 นาที(0.36 กรัมต่อกรัมรำข้าว) จะให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที อย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.30-0.32 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ซึ่งการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงสุด(0.39 กรัมต่อกรัมรำข้าว)

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะแสดงดังรูปที่ 4.16 พบว่า การสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน และมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.26) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.30-0.32 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที(0.23 กรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกัน ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที (0.33-0.35 กรัมต่อกรัมรำข้าว) เมื่อสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมมีปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัด

เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.26) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที(0.30-0.31 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่เวลา 60 นาที(0.37 กรัมต่อกรัมรำข้าว) จะให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดที่เวลา 20 และ 40 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่เวลา 20 และ 40 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.31-0.32 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที และน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.26) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที(0.30-0.32 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะให้ปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.40-0.41 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที(0.37 กรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะแสดงดังรูปที่ 4.16 พบว่า การสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำมันจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.27) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทั้งการสกัดที่เวลา 20 40 และ 60 นาที(0.11-0.12 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 40 และ 60 นาที มีปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกัน(0.14 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที อย่างมีนัยสำคัญ(0.12 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 และ 60 นาที ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.27) พบว่า การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 60 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.15 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.17 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดเป็นเวลา 20 และ 60 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส คือ การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 60 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.17 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.20 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดเป็นเวลา 20 และ 60 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เอทานอลและเมทานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ทำให้สามารถสกัดน้ำมันจากรำข้าวได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากยิ่งใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ยิ่งสามารถทำให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปในรำข้าวได้ดียิ่งขึ้น และทำให้สารต่างๆ ในรำข้าวละลายออกมากับตัวทำละลายได้ดียิ่งขึ้น ส่วนการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วสูง จึงไม่เหมาะต่อการสกัดน้ำมันซึ่งมีความเป็นขั้วต่ำ

4.2.3.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

ปริมาณแกมมาโอโรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวโดยใช้เอทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะแสดงดังรูปที่ 4.17 พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปริมาณแกมมาโอโรซานอลจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.28) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 40 และ 60 นาที ให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(5.87-6.36 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที(4.21 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 60 นาที สามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมได้มากที่สุด(7.41 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลลดลง เมื่อใช้เวลาในการสกัดมากขึ้น ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เป็นเวลา 40 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.28) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 40 นาที(9.18 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 60 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 40 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลต่ำกว่าการสกัดที่เวลา 20 นาที เล็กน้อย ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงขึ้น เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.28) พบว่า การสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 20 และ 60 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 40 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 20 และ 60 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ซึ่งการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงสุด

ปริมาณแกมมาโอโรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวโดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะแสดงดังรูปที่ 4.17 พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 20 และ 40 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน การสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.29) พบว่า การสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 60 นาที(6.45 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที(5.11-5.37 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ซึ่งการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 60 นาที สามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลได้มากที่สุด(9.98 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) เมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดที่เวลา 20 40 และ 60 นาที การสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.29) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(5.97-6.30 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดเป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็น 20 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ซึ่งการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 60 นาที สามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลได้มากที่สุด(11.29 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และเมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส คือ น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(6.93-7.40 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดเป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็น 20 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ซึ่งการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 60 นาที สามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลได้มากที่สุด(12.12 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)

การสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวโดยใช้เอทานอลและเมทานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ทำให้สามารถสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากยิ่งใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ยิ่งสามารถทำให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปในรำข้าวได้ดียิ่งขึ้น และทำให้สารต่างๆในรำข้าวละลายออกมากับตัวทำละลายได้ดียิ่งขึ้น

ปริมาณแกมมาไอโรซานอลที่ได้จากการสกัดรำข้าวโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะไม่พบแกมมาไอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ทั้งการสกัดที่เวลา 20 40 และ 60 นาที เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วสูง จึงไม่เหมาะต่อการสกัดแกมมาไอโรซานอลซึ่งมีความเป็นขั้วต่ำ ถึงแม้การสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 1 เมกาพาสคาล จะทำให้ความเป็นขั้วของน้ำต่ำลง แต่ยังคงมีความเป็นขั้วต่ำไม่เพียงพอต่อการสกัดสารแกมมาไอโรซานอลได้

4.2.3.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้เอทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะแสดงดังรูปที่ 4.18 พบว่า การสกัดน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจะลดลง เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.30) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าว เป็นเวลา 20 นาที จะให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (3.81 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(3.78 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำมันรำข้าวจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.30) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด การสกัดน้ำมันรำข้าวจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 60 นาที มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด (4.21 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เป็นเวลา 60 นาที(3.47 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(3.87-4.02 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) เมื่อสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.30) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(4.26 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้เวลาในการ

สกัดเพิ่มขึ้น การสกัดน้ำมันรำข้าวจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เป็นเวลา 60 นาที มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด(4.21 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะแสดงดังรูปที่ 4.18 พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.31) พบว่า น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 และ 60 นาที มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (3.45-3.54 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(2.59-3.04 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) การสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส คือ น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 และ 60 นาที มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (2.60-2.54 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(1.93-2.13 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) การสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.31) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลไม่แตกต่างกัน(2.37-2.47 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้เวลาการสกัดเพิ่มขึ้น การสกัดน้ำมันรำข้าวจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เป็นเวลา 60 นาที มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด(1.74 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นตัวทำละลาย จะแสดงดังรูปที่ 4.18 พบว่า การสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.32) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวเป็นเวลา 20 และ 40 นาที จะให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 60 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.63-0.65 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.61-0.62 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) ส่วนการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส คือ น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวเป็นเวลา 20 และ 40 นาที จะให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 60 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้ง

น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.65-0.66 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.63-0.64 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.32) พบว่า น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 และ 60 นาที มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.54-0.55 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม (0.52-0.54 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)

น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวโดยใช้เอทานอล และ เมทานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่า เนื่องจากยังใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ยังสามารถทำให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปในรำข้าวได้ดียิ่งขึ้น และทำให้สารต่างๆในรำข้าวละลายออกมากับตัวทำละลายได้ดียิ่งขึ้น ส่วนการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส น้ำจะเข้าสู่สภาวะกึ่งวิกฤตช่วงต้น ทำให้คุณสมบัติของน้ำมีความแปรปรวนและไม่คงที่ ซึ่งเป็นผลให้การสกัดเป็นเวลา 20 นาที ได้น้ำมันที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Shigeru และคณะ(2008) สกัดรำข้าวโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นเวลา 5-120 นาที ทดสอบโดยอนุมูลอิสระของ DPPH ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นถึง 30 นาที และเมื่อใช้เวลาในการสกัดสูงกว่า 30 นาทีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจะลดลงอย่างช้าๆ และงานวิจัยของ Jintana และคณะ (2007) สกัดน้ำมันจากรำข้าวดำจากเมืองวากายามาประเทศญี่ปุ่น ซึ่งสกัดโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตเป็นเวลา 5-120 นาที ที่อุณหภูมิ 200 และ 260 องศาเซลเซียส ทดสอบโดยอนุมูลอิสระของ DPPH ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจะลดลงเมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งการสกัดที่อุณหภูมิ 200 และ 260 องศาเซลเซียส และเมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ทำให้ได้น้ำมันที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีขึ้น

4.2.4 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งจุดวิกฤต

4.2.4.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การศึกษากการสกัดน้ำมันจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต โดยตัวทำละลายที่นำมาศึกษา ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และน้ำ นอกจากนี้ยังศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด คือ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการสกัด คือ 20 40 และ 60 นาที จะแสดงดังตารางที่ 4.33 พบว่า เมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันรำข้าว ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เท่ากับ 0.36 และ 0.39 กรัมต่อกรัมรำข้าว ตามลำดับ ส่วนการใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันรำข้าว ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกัน ทั้งการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที และเมื่อใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันรำข้าว ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม เท่ากับ 0.17 และ 0.20 กรัมต่อกรัมรำข้าว ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างปริมาณน้ำมันที่สกัดโดยใช้เอทานอล เมทานอล และน้ำ เป็นตัวทำละลาย พบว่า การสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และการสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 และ 60 นาที ในการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงที่สุด คือ 0.39-0.41 กรัมต่อกรัมรำข้าว

ตารางที่ 4.33 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งจุดวิกฤต

ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)
เอทานอล	120	40	ขาวดอกมะลิ 105	0.32 ± 0.02 ^c
			ดอกพะยอม	0.36 ± 0.01 ^b
		60	ขาวดอกมะลิ 105	0.36 ± 0.01 ^b
			ดอกพะยอม	0.39 ± 0.01 ^a
เมทานอล	120	40	ขาวดอกมะลิ 105	0.32 ± 0.02 ^c
			ดอกพะยอม	0.40 ± 0.01 ^a
		60	ขาวดอกมะลิ 105	0.31 ± 0.01 ^c
			ดอกพะยอม	0.41 ± 0.01 ^a
น้ำ	120	40	ขาวดอกมะลิ 105	0.17 ± 0.01 ^e
			ดอกพะยอม	0.20 ± 0.01 ^d

หมายเหตุ : a, b, c, d, e เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลที่สกัดได้จากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต โดยตัวทำละลายที่นำมาศึกษา ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และน้ำ นอกจากนี้ยังศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด คือ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการสกัด คือ 20 40 และ 60 นาที จะแสดงดังตารางที่ 4.34 พบว่า เมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันรำข้าว ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดที่เวลา 20 และ 40 นาที ส่วนการสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที จะพบแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เท่ากับ 7.40 และ 12.12 มิลลิกรัมแกมมาโอโรซานอลต่อกรัมรำข้าว ตามลำดับ ส่วนการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย จะไม่พบแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าว เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างปริมาณแกมมาโอโรซานอลที่สกัดโดยใช้เอทานอล เมทานอล และน้ำ เป็นตัวทำละลาย พบว่า การสกัดโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ในการสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด คือ 12.12 มิลลิกรัมแกมมาโอโรซานอลต่อกรัมรำข้าว

ตารางที่ 4.34 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต

ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)
เอทานอล	120	20	ขาวดอกมะลิ 105	6.38 ± 0.51^d
			ดอกพะยอม	9.65 ± 0.54^b
		40	ขาวดอกมะลิ 105	7.71 ± 0.61^c
			ดอกพะยอม	9.96 ± 0.54^b
เมทานอล	120	60	ขาวดอกมะลิ 105	7.40 ± 0.32^c
			ดอกพะยอม	12.12 ± 0.48^a

หมายเหตุ : a, b, c เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.2.4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต โดยตัวทำละลายที่นำมาศึกษา ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และน้ำ นอกจากนี้ยังศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด คือ 80 100 และ 120 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการสกัด คือ 20 40 และ 60 นาที จะแสดงดังตารางที่ 4.35 พบว่า เมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันรำข้าว ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เท่ากับ 4.26 และ 1.72 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย ตามลำดับ ส่วนการใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันรำข้าว ที่อุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที และเมื่อใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมันรำข้าว ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้เอทานอล เมทานอล และน้ำ เป็นตัวทำละลาย พบว่า การสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ในการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยมีค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เท่ากับ 0.52-0.55 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย

ตารางที่ 4.35 สภาพที่เหมาะสมต่อการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าวโดยใช้ตัวทำละลายที่
 สภาวะกึ่งจุดวิกฤต

ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	สายพันธุ์รำข้าว	ความเข้มข้นของสารสกัด ที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย)
เอทานอล	120	60	ข้าวดอกมะลิ 105	4.26 ± 0.18^e
			ดอกพะยอม	1.72 ± 0.11^b
เมทานอล	100	40	ข้าวดอกมะลิ 105	2.60 ± 0.22^d
			ดอกพะยอม	2.13 ± 0.31^c
		60	ข้าวดอกมะลิ 105	2.54 ± 0.07^d
			ดอกพะยอม	1.93 ± 0.11^{bc}
	120	40	ข้าวดอกมะลิ 105	2.47 ± 0.07^d
			ดอกพะยอม	2.09 ± 0.14^c
		60	ข้าวดอกมะลิ 105	2.37 ± 0.11^d
			ดอกพะยอม	1.74 ± 0.14^b
น้ำ	120	40	ข้าวดอกมะลิ 105	0.55 ± 0.01^a
			ดอกพะยอม	0.54 ± 0.02^a
		60	ข้าวดอกมะลิ 105	0.54 ± 0.02^a
			ดอกพะยอม	0.52 ± 0.01^a

หมายเหตุ : a, b, c, d, e เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวข้าวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.3 การสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต (Supercritical carbon dioxide extraction)

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของสารสกัดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการสกัด

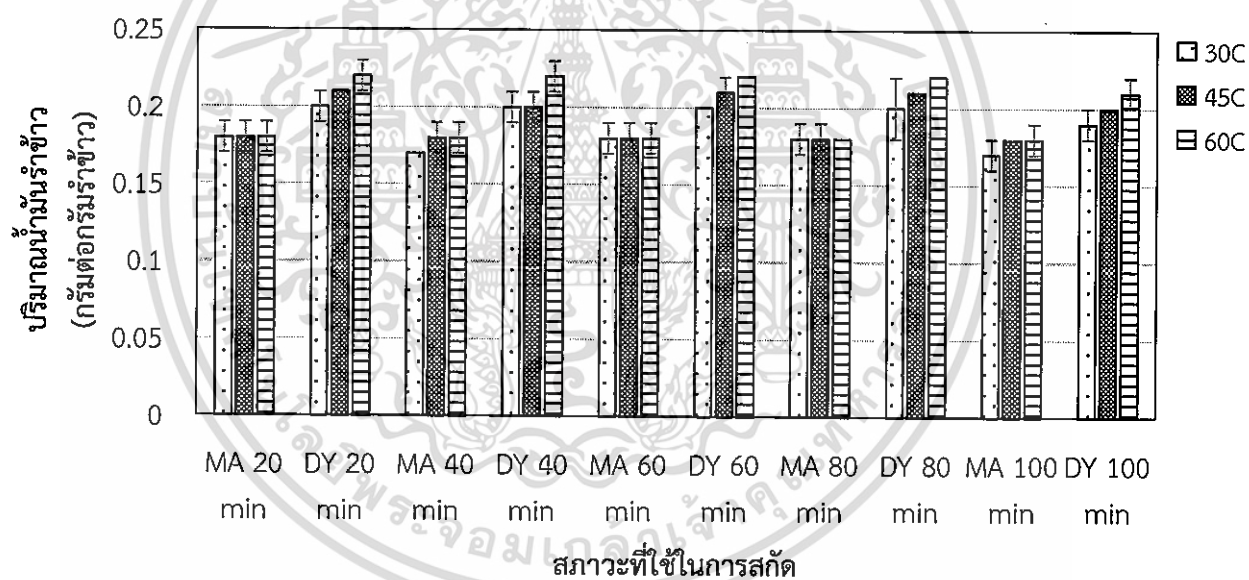
4.3.1 อุณหภูมิ

4.3.1.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต จะแสดงดังรูปที่ 4.19 พบว่า การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 นาที รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ส่วนรำข้าวไร้ดอกพะยอม ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.36) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.18 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.21-0.22 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.36) พบว่า การสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.17-0.18 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.20-0.22 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 60 นาที มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดเป็นเวลา 20 นาที คือ การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.18 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.21-0.22 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสกัดรำข้าวเป็นเวลา 80 นาที รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ส่วนรำข้าวไร้ดอกพะยอม ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.36) พบว่า การสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.18 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.20-0.22 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 100 นาที มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดเป็นเวลา 20 นาที คือ การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.17-0.18 กรัมต่อกรัมรำ

ข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.20-0.21 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันรำข้าว เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวดอาจมีสภาพความเป็นขั้วไม่เหมาะต่อการสกัดน้ำมัน ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกัน แม้ใช้อุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Chen และคณะ (2008) สกัดรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด ที่อัตราการไหลเท่ากับ 5 ลิตรต่ออนาที ที่ความดัน 250 300 และ 350 บาร์ พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดจะได้ปริมาณน้ำมันใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดที่ความดัน 250 บาร์(0.82-0.86 กรัม) 300 บาร์(1.43-1.52 กรัม) และ 350 บาร์(1.73-1.75 กรัม)



รูปที่ 4.19 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต

ตารางที่ 4.36 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต

เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)					
	รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
	30 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส	60 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส	60 องศาเซลเซียส
20	0.18 ± 0.01 ^{cv}	0.18 ± 0.01 ^{bcv}	0.18 ± 0.01 ^{bcv}	0.20 ± 0.01 ^{bv}	0.21 ± 0.00 ^{av}	0.22 ± 0.01 ^{av}
40	0.17 ± 0.00 ^{cv}	0.18 ± 0.01 ^{cv}	0.18 ± 0.01 ^{cv}	0.20 ± 0.01 ^{bv}	0.20 ± 0.01 ^{abv}	0.22 ± 0.01 ^{av}
60	0.18 ± 0.01 ^{cv}	0.18 ± 0.01 ^{cv}	0.18 ± 0.01 ^{cv}	0.20 ± 0.00 ^{bv}	0.21 ± 0.01 ^{bv}	0.22 ± 0.00 ^{av}
80	0.18 ± 0.01 ^{dv}	0.18 ± 0.01 ^{cdv}	0.18 ± 0.00 ^{dv}	0.20 ± 0.02 ^{bcv}	0.21 ± 0.00 ^{abv}	0.22 ± 0.00 ^{av}
100	0.17 ± 0.01 ^{dv}	0.18 ± 0.00 ^{cdv}	0.18 ± 0.01 ^{cdv}	0.19 ± 0.01 ^{bcv}	0.20 ± 0.00 ^{abv}	0.21 ± 0.01 ^{av}

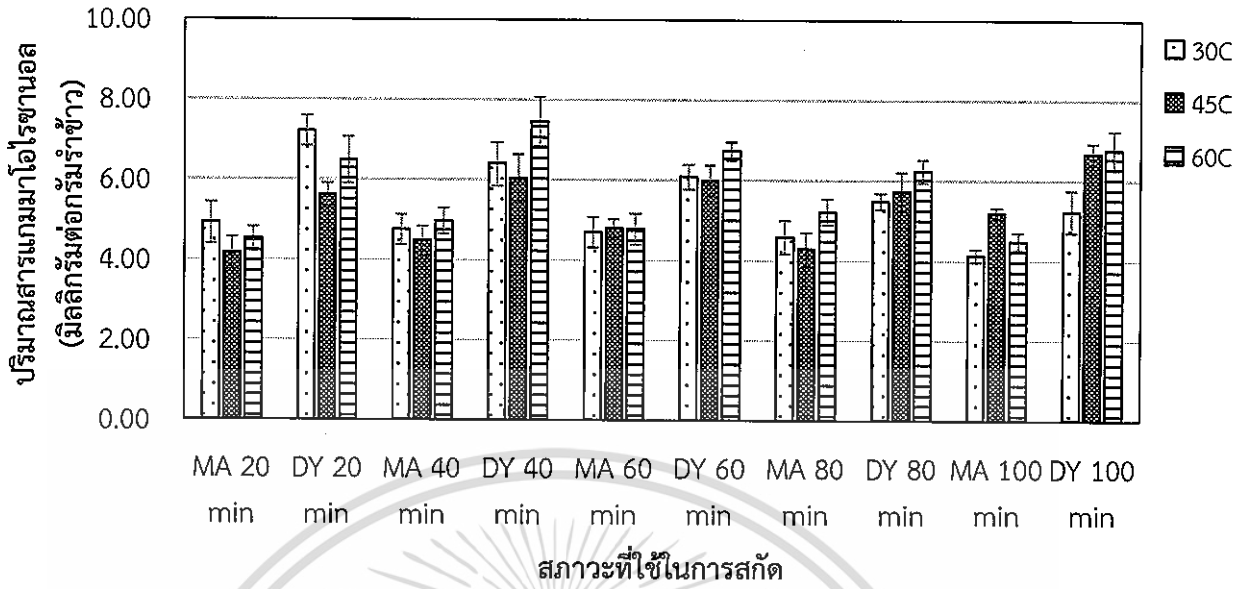
หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละเวลา และ v, w, x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.3.1.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตแสดงดังรูปที่ 4.20 พบว่า การสกัดเป็นเวลา 20 นาที น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกันทั้งการสกัดที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้น้ำมันรำข้าวที่มีแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.37) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้น้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(4.15-4.91 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 30 และ 60 องศาเซลเซียส ให้น้ำมันรำข้าวที่มีแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(6.49-7.21 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และให้น้ำมันรำข้าวที่มีแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสกัดเป็นเวลา 40 นาที น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกันทั้งการสกัดที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมให้น้ำมันรำข้าวที่มีแกมมาโอโรซานอลเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.37) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(4.47-4.97 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส(7.46 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้น้ำมันรำข้าวที่มีแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส ให้น้ำมันรำข้าวที่มีแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(6.03-6.39 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) เมื่อสกัดเป็นเวลา 60 นาที มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดเป็นเวลา 40 นาที คือ การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(4.70-4.80 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส(6.73 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้น้ำมันรำข้าวที่มีแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส ให้น้ำมันรำข้าวที่มีแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(5.98-6.08 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดเป็นเวลา 80 นาที น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้น้ำมันรำข้าวที่มีแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น การสกัดน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.37) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส(5.22 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ(4.28 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) การสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้น้ำมันรำข้าวที่มีแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(5.98-6.08 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)

ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(5.73-6.23 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดน้ำมันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส(5.48 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)อย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดเป็นเวลา 100 นาที รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่สกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และน้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน และมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.37) พบว่า น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส(5.18 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส(4.13 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(6.66-6.75 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าที่สกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส(5.23 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดจะช่วยให้สามารถสกัดแกมมาโอโรซานอลออกมาได้มากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดทำให้ความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ส่งผลให้คาร์บอนไดออกไซด์สามารถแพร่เข้าไปในรำข้าวที่ดียิ่งขึ้น และสกัดแกมมาโอโรซานอลออกมาได้มากขึ้น เช่นเดียวในหลายงานวิจัยได้กล่าวไว้ คือ Photchanathip และคณะ (2008) สกัดรำข้าวที่ได้จากจังหวัดฉะเชิงเทราประเทศไทย ซึ่งสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด ที่ความดัน 48 เมกาพาสคาล และอัตราการไหลเท่ากับ 0.45 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดจาก 45 ไปถึง 65 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น ส่วน Xu และ Godber (2000) สกัดรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด ที่ความดัน 68,901 กิโลพาสคาล และอัตราการไหลเท่ากับ 250 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 20 นาทีพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดจาก 30 ไปถึง 60 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น และ Karin และคณะ (2014) สกัดรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด ที่ความดัน 40 เมกาพาสคาล พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียสมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียสมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน ส่วนงานวิจัยของ Chen และคณะ (2008) สกัดรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด ที่อัตราการไหลเท่ากับ 5 ลิตรต่อนาที ที่ความดัน 250 300 และ 350 บาร์ พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดจะได้ปริมาณน้ำมันใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดที่ความดัน 250 บาร์(0.82-0.86 กรัม) 300 บาร์ (1.43-1.52 กรัม) และ 350 บาร์(1.73-1.75 กรัม)



รูปที่ 4.20 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัด โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต



ตารางที่ 4.37 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต

เวลา (นาที)	ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)					
	รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
	30 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส	60 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส	60 องศาเซลเซียส
20	4.91 ± 0.51 ^{bcv}	4.15 ± 0.40 ^{cx}	4.53 ± 0.30 ^{cx}	7.21 ± 0.37 ^{av}	5.63 ± 0.28 ^{bw}	6.49 ± 0.58 ^{aw}
40	4.75 ± 0.37 ^{cww}	4.47 ± 0.36 ^{cwx}	4.97 ± 0.33 ^{cwx}	6.39 ± 0.54 ^{bwx}	6.03 ± 0.61 ^{bww}	7.46 ± 0.61 ^{aw}
60	4.70 ± 0.38 ^{cww}	4.80 ± 0.22 ^{cww}	4.78 ± 0.38 ^{cww}	6.08 ± 0.31 ^{bwx}	5.98 ± 0.39 ^{bww}	6.73 ± 0.23 ^{aww}
80	4.58 ± 0.42 ^{cdww}	4.28 ± 0.42 ^{dwx}	5.22 ± 0.33 ^{bcwx}	5.48 ± 0.20 ^{bxy}	5.73 ± 0.48 ^{abw}	6.23 ± 0.29 ^{aw}
100	4.13 ± 0.16 ^{cww}	5.18 ± 0.13 ^{bv}	4.48 ± 0.22 ^{cv}	5.23 ± 0.53 ^{by}	6.66 ± 0.27 ^{av}	6.75 ± 0.48 ^{aww}

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละเวลา และ v, w, x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

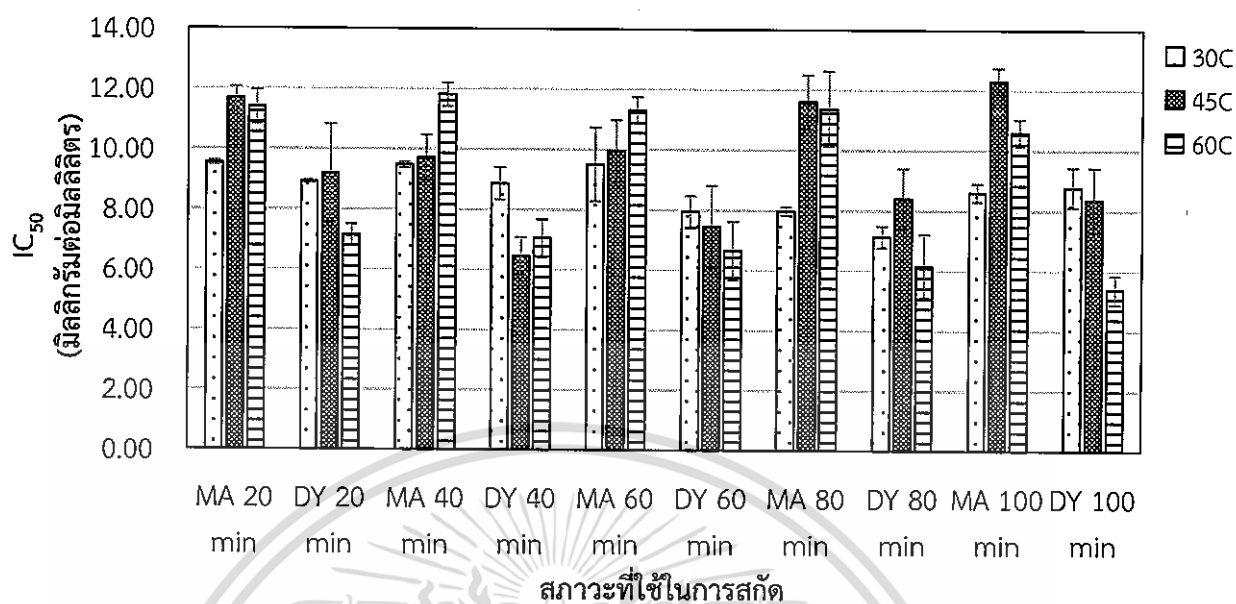
4.3.1.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต แสดงดังรูปที่ 4.21 พบว่า การสกัดเป็นเวลา 20 นาที น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ส่วนน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.38) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส คือ 9.53 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย และการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(11.30-11.67 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) การสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส คือ 7.14 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย และส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(8.91-9.18 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) การสกัดเป็นเวลา 40 นาที น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ส่วนน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.38) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(9.47-9.71 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(6.46-7.06 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสกัดรำข้าวเป็นเวลา 60 นาที มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดเป็นเวลา 40 นาที คือ การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ (9.51-9.95 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และการสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(6.65-7.45 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อสกัดเป็นเวลา 80 นาที น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำลง เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.38) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส(7.97 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียสให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(11.38-11.62 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส(6.16 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส(8.39 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) ส่วนการสกัดเป็นเวลา 100 นาที น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ส่วนน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.38) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส(8.60 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส(5.37 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ (8.36-8.77 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย)

น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด พบว่า น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากอาจมีสารต้านอนุมูลอิสระในรำข้าวขาวดอกมะลิที่ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิและความดันที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวดได้ ทำให้ยังเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดยังทำให้ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิลดลง ส่วนน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดทำให้ความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ส่งผลให้คาร์บอนไดออกไซด์สามารถแพร่เข้าไปในรำข้าวที่ดียิ่งขึ้น และสกัดสารต้านอนุมูลอิสระออกมาได้มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.21 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัด โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต

ตารางที่ 4.38 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต

เวลา (นาที)	ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)					
	รำข้าวขาวดอกมะลิ 105			รำข้าวไร้ดอกพะยอม		
	30 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส	60 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส	60 องศาเซลเซียส
20	9.53 ± 0.07 ^{bw}	11.67 ± 0.40 ^{cw}	11.39 ± 0.57 ^{cv}	8.91 ± 0.04 ^{bx}	9.18 ± 1.63 ^{bw}	7.14 ± 0.36 ^{aw}
40	9.47 ± 0.09 ^{bw}	9.71 ± 0.75 ^{bv}	11.81 ± 0.39 ^{cv}	8.85 ± 0.54 ^{bx}	6.46 ± 0.62 ^{av}	7.06 ± 0.60 ^{aw}
60	9.51 ± 1.22 ^{bcw}	9.95 ± 1.03 ^{cv}	11.30 ± 0.44 ^{cv}	7.94 ± 0.53 ^{abww}	7.45 ± 1.37 ^{aww}	6.65 ± 0.96 ^{aww}
80	7.97 ± 0.14 ^{bv}	11.62 ± 0.89 ^{cw}	11.38 ± 1.26 ^{cv}	7.12 ± 0.36 ^{abv}	8.39 ± 1.02 ^{bvw}	6.16 ± 1.06 ^{aww}
100	8.60 ± 0.31 ^{bww}	12.31 ± 0.42 ^{dw}	10.59 ± 0.44 ^{cv}	8.77 ± 0.66 ^{bwx}	8.36 ± 1.07 ^{bvw}	5.37 ± 0.48 ^{av}

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละเวลา และ v, w, x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.3.2 เวลา

4.3.2.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต แสดงดังรูปที่ 4.19 พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน ทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 60 80 และ 100 นาที ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.36) พบว่า การสกัดเป็นเวลา 20 40 60 80 และ 100 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.17-0.18 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.19-0.20 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส คือ การสกัดเป็นเวลา 20 40 60 80 และ 100 นาที ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เท่ากับ 0.18 กรัมต่อกรัมรำข้าว และปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม อยู่ในช่วง 0.20-0.21 กรัมต่อกรัมรำข้าว ส่วนการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เท่ากับ 0.18 กรัมต่อกรัมรำข้าว และปริมาณน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม อยู่ในช่วง 0.21-0.22 กรัมต่อกรัมรำข้าว

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด พบว่า การเพิ่มเวลาในการสกัดไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันรำข้าว เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด อาจมีสภาพความเป็นขั้วไม่เหมาะต่อการสกัดน้ำมัน ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกัน แม้ใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น

4.3.2.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต แสดงดังรูปที่ 4.20 พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สารแกมมาโอโรซานอลที่สกัดจากรำข้าวมีปริมาณลดลง เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.37) พบว่า แกมมาโอโรซานอลที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีปริมาณไม่แตกต่างกันทั้งการสกัดเป็นเวลา 20 40 60 และ 80 นาที(4.58-4.91 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดเป็นเวลา 100 นาที จะปริมาณแกมมาโอโรซานอลต่ำกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 40 60 และ 80 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม เป็นเวลา 20 นาที(7.21 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 40 60 80 และ 100 นาที อย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดเป็นเวลา 80 และ 100 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(5.23-5.48 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลต่ำกว่าการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที(6.39-6.08 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) การสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 100 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 40 60 และ 80 นาที ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.37) พบว่า การสกัดเป็นเวลา 100 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 40 60 และ 80 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวชาวดอกมะลิ 105 (5.18 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(6.66 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลต่ำที่สุด ส่วนการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวชาวดอกมะลิเป็นเวลา 80 นาทีที่มีปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 40 60 และ 100 นาที ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 40 นาทีที่มีปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 60 80 และ 100 นาที เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.37) พบว่า การสกัดรำข้าวชาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 40 60 และ 80 นาที ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(4.78-5.22 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดเป็นเวลา 80 นาทีให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 100 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 20 และ 100 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(4.48-4.53 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 40 60 และ 100 นาที ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(6.73-7.46 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดเป็นเวลา 40 นาทีให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 80 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 20 และ 80 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(6.23-6.49 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)

การสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไหลผ่านตัวอย่างมีอุณหภูมิต่ำมาก คือ ประมาณ -40 องศาเซลเซียส และบริเวณสกัดใช้อุณหภูมิในการสกัดเพียง 30 องศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิมผสมในบริเวณสกัดอยู่ที่ประมาณ -5 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า -5 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมิมผสมนี้เป็นอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ(0 องศาเซลเซียส) ทำให้โมเลกุลของน้ำในรำข้าวแข็งตัว ส่งผลให้อัตราการแพร่ของคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในรำข้าวได้ลดลงและการละลายของสารในรำข้าวลดลง ทำให้การเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัดจะให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลลดลง ส่วนการสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียสให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ยิ่งทำให้คาร์บอนไดออกไซด์สามารถแพร่เข้าไปในตัวอย่างไม่นานขึ้น ส่งผลให้สามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลออกมาได้มากขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Photchanathip และคณะ (2008) สกัดรำข้าวที่ได้จากจังหวัดฉะเชิงเทราประเทศไทย ซึ่งสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด ที่ความดัน 48 เมกาพาสกาล และอัตราการไหลเท่ากับ 0.45 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัดจาก 2 ไปถึง 7 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น และงานวิจัยของ Xu และ Godber (2000) สกัดรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด ที่ความดัน 68,901 กิโลพาสกาล และอัตราการไหลเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

250 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัดจาก 5 ไปถึง 20 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น

4.3.2.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สถานะเหนือจุดวิกฤต แสดงดังรูปที่ 4.21 พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดจนถึงเวลา 100 นาที ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.38) พบว่า น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 80 นาที(7.97 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 40 60 และ 100 นาที ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที ให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(9.47-9.53 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) ส่วนน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 60 และ 80 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(7.12-7.94 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที ให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(8.85-8.91 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) การสกัดอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นถึง 40 นาที และเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดจาก 60 ไปถึง 100 นาที ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.38) พบว่า น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(9.71-9.95 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 80 และ 100 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 20 80 และ 100 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(11.62-12.31 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) ส่วนน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 40 นาที(มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) ให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 60 80 และ 100 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 20 80 และ 100 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(8.36-9.18 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) การสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 60 80 และ 100 นาที จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.38) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 20 60 80 และ 100 นาที ให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(10.59-11.39 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 100 นาที ให้น้ำมัน

รำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 40 นาที(11.81 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 60 80 และ 100 นาที ให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(5.37-6.65 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) และการสกัดเป็นเวลา 100 นาที ให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที ซึ่งน้ำมันที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ (7.06-7.14 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย) อย่างมีนัยสำคัญ

น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 60 องศาเซลเซียสให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด เนื่องจากเมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ยิ่งทำให้คาร์บอนไดออกไซด์สามารถแพร่เข้าไปในตัวอย่างได้นานขึ้น ส่งผลให้สามารถสกัดสารต้านอนุมูลอิสระออกมาได้มากขึ้น

4.3.3 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต

4.3.3.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันทั้งสกัดที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน และมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด จะไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมัน ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต คือ การสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

4.3.3.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต พบว่า ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะใกล้เคียงกันทั้งการสกัดที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส ส่วนปริมาณแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น การสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่า การสกัดเป็นเวลา 40 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต คือ การสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที

4.3.3.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจะเพิ่มขึ้น ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดที่อุณหภูมิ 60

องศาเซลเซียส พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดมากขึ้น ซึ่งสกัดเป็นเวลา 100 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตให้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด คือ การสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 100 นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การสกัดสารจากรำข้าวด้วยเครื่องซอกท์เลต(Soxxhlet extraction)

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของสารสกัดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เครื่องซอกท์เลต โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย และเวลาที่ใช้ในการสกัด

4.4.1 ชนิดของตัวทำละลาย

4.4.1.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม สกัดโดยใช้เครื่องซอกท์เลต โดยตัวทำละลายที่นำมาศึกษา ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.22

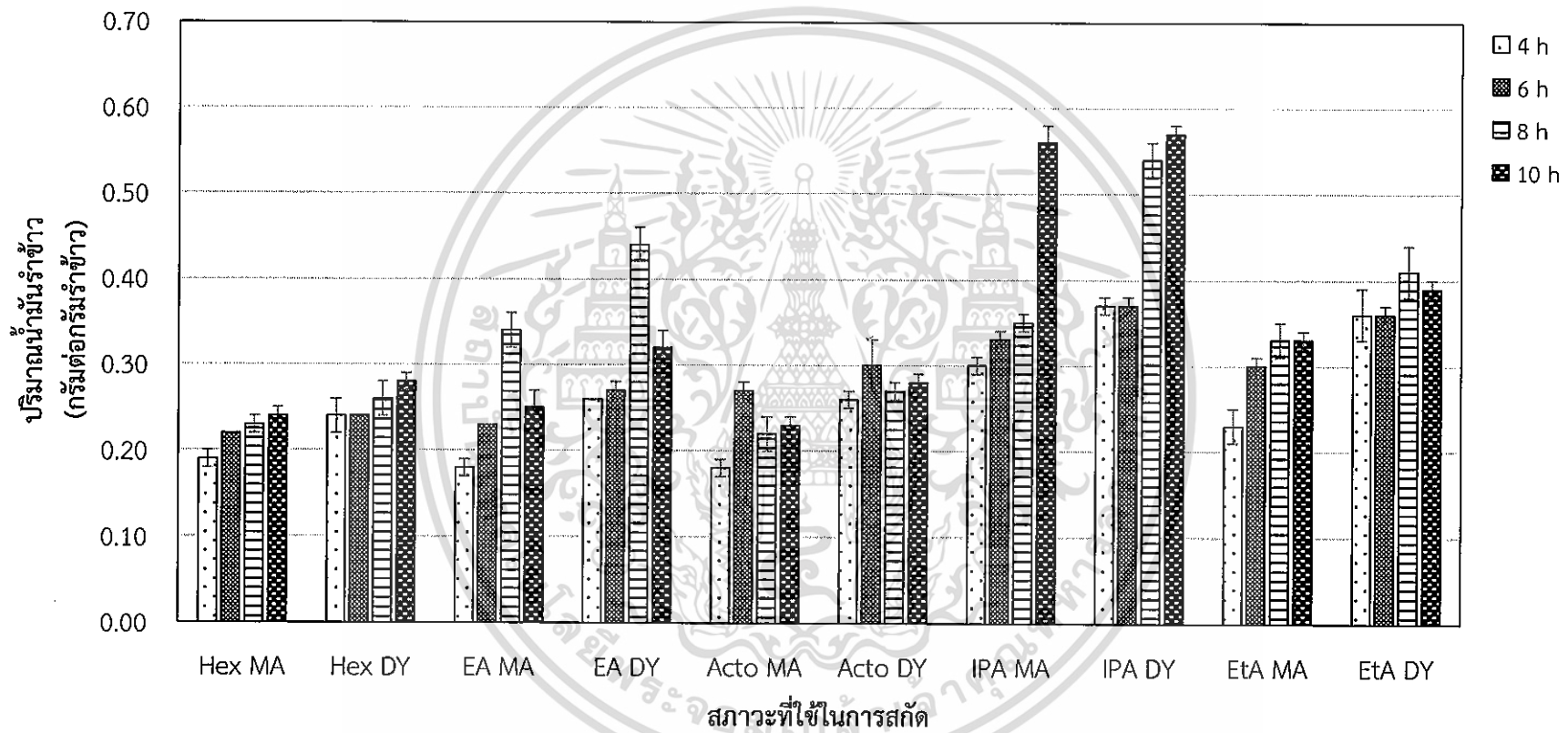
การสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย ให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ส่วนการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตน ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวน้อยกว่าการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอล เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.39) พบว่า น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่สกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่สกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอลจะให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.36-0.37 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตน ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (0.18-0.19 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(0.24-0.26 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอล ให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเครื่องซอกท์เลตเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า การสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน และไอโซโพรพานอล เป็นตัวทำละลาย จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นตามลำดับ ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอล จะให้ปริมาณน้ำมันต่ำกว่าการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.39) พบว่า การนำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้อะซิโตน เอทานอล และไอโซโพรพานอล ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ และการสกัดโดยใช้เฮกเซนและเอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลาย จะให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.22-0.23 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ทั้งยังให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวต่ำกว่าการสกัดโดยใช้อะซิโตน เอทานอล และไอโซโพรพานอล อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลจะให้ปริมาณน้ำมันสูงสุด คือ 0.33 กรัมต่อกรัมรำข้าว ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอลให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.36-0.37 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ซึ่งการใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอลสามารถให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดโดยใช้อะซิโตน เอทิลอะซิเตต และอะซิโตนเป็นตัวทำละลาย อย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเครื่องซอกท์เลตเป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่า การสกัดโดยใช้เอทิลอะซีเตตและเอทานอลเป็นตัวทำละลาย จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน และมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซนและอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย ส่วนการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.39) พบว่า การสกัดน้ำมันรำข้าวจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทิลอะซีเตตและเอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกัน(0.33-0.34 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซนและอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ (0.44 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือ การสกัดโดยใช้เอทิลอะซีเตตและเอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกัน (0.41-0.44 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซนและอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ (0.54 กรัมต่อกรัมรำข้าว)

เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเครื่องซอกท์เลตเป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่า การสกัดโดยเอทานอลและไอโซโพรพานอล จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตตและอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย ซึ่งการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลสามารถให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.39) พบว่า การสกัดน้ำมันรำข้าวจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย ซึ่งการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และอะซีโตน จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.23-0.25 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอล จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ (0.56 กรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อการสกัดน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เอทิลอะซีเตตให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซนและอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย ซึ่งการสกัดโดยใช้เฮกเซนและอะซีโตนให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.28 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอล จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ(0.57 กรัมต่อกรัมรำข้าว) อย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเครื่องซอกท์เลตโดยใช้ไอโซโพรพานอลสูงที่สุด เนื่องจากไอโซโพรพานอลมีความเป็นขั้วที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมัน และไอโซโพรพานอลสามารถสกัดได้ทั้งสารที่มีขั้วและไม่ขั้ว ส่วนเอทานอลมีความเป็นขั้วสูง จึงไม่เหมาะต่อการสกัดน้ำมัน



รูปที่ 4.22 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เครื่องชอกห์เสต

ตารางที่ 4.39 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต

ตัวทำละลาย	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)							
	รำข้าวขาวดอกมะลิ 105				รำข้าวไร้ดอกพะยอม			
	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	10 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	10 ชั่วโมง
เฮกเซน	0.19 ± 0.01 ^{ex}	0.22 ± 0.00 ^{dz}	0.23 ± 0.01 ^{cdx}	0.24 ± 0.01 ^{bcx}	0.24 ± 0.02 ^{cdw}	0.24 ± 0.00 ^{bcy}	0.26 ± 0.02 ^{abx}	0.28 ± 0.01 ^{ay}
เอทิลอะซีเตต	0.18 ± 0.01 ^{ex}	0.23 ± 0.00 ^{dy}	0.34 ± 0.02 ^{bw}	0.25 ± 0.02 ^{cdx}	0.26 ± 0.00 ^{cdw}	0.27 ± 0.01 ^{cx}	0.44 ± 0.02 ^{aw}	0.32 ± 0.02 ^{bx}
อะซีโตน	0.18 ± 0.01 ^{fx}	0.27 ± 0.01 ^{bcx}	0.22 ± 0.02 ^{ex}	0.23 ± 0.01 ^{dex}	0.26 ± 0.01 ^{cdw}	0.30 ± 0.03 ^{aw}	0.27 ± 0.01 ^{bcx}	0.28 ± 0.01 ^{aby}
ไอโซโพรพานอล	0.30 ± 0.01 ^{fv}	0.33 ± 0.01 ^{ev}	0.44 ± 0.01 ^{cv}	0.56 ± 0.02 ^{abv}	0.37 ± 0.01 ^{dv}	0.37 ± 0.01 ^{dv}	0.54 ± 0.02 ^{bv}	0.57 ± 0.01 ^{av}
เอทานอล	0.23 ± 0.02 ^{ew}	0.30 ± 0.01 ^{dw}	0.33 ± 0.02 ^{cdw}	0.33 ± 0.01 ^{cdw}	0.36 ± 0.03 ^{bcv}	0.36 ± 0.01 ^{bcv}	0.41 ± 0.03 ^{aw}	0.39 ± 0.01 ^{abw}

หมายเหตุ : a, b, c, d, e, f เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละตัวทำละลาย และ v, w, x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P<0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.4.1.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว โดยใช้เครื่องชอกท์เลต ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.23 พบว่า การสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ไอโซโพรพานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ และเมื่อสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เฮกเซนให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดโดยใช้เอทิลอะซีเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอล จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.40) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอลจะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และอะซีโตนเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(5.02-5.65 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และเมื่อสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เฮกเซนให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดโดยใช้อะซีโตนเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงสุด คือ 9.31 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว

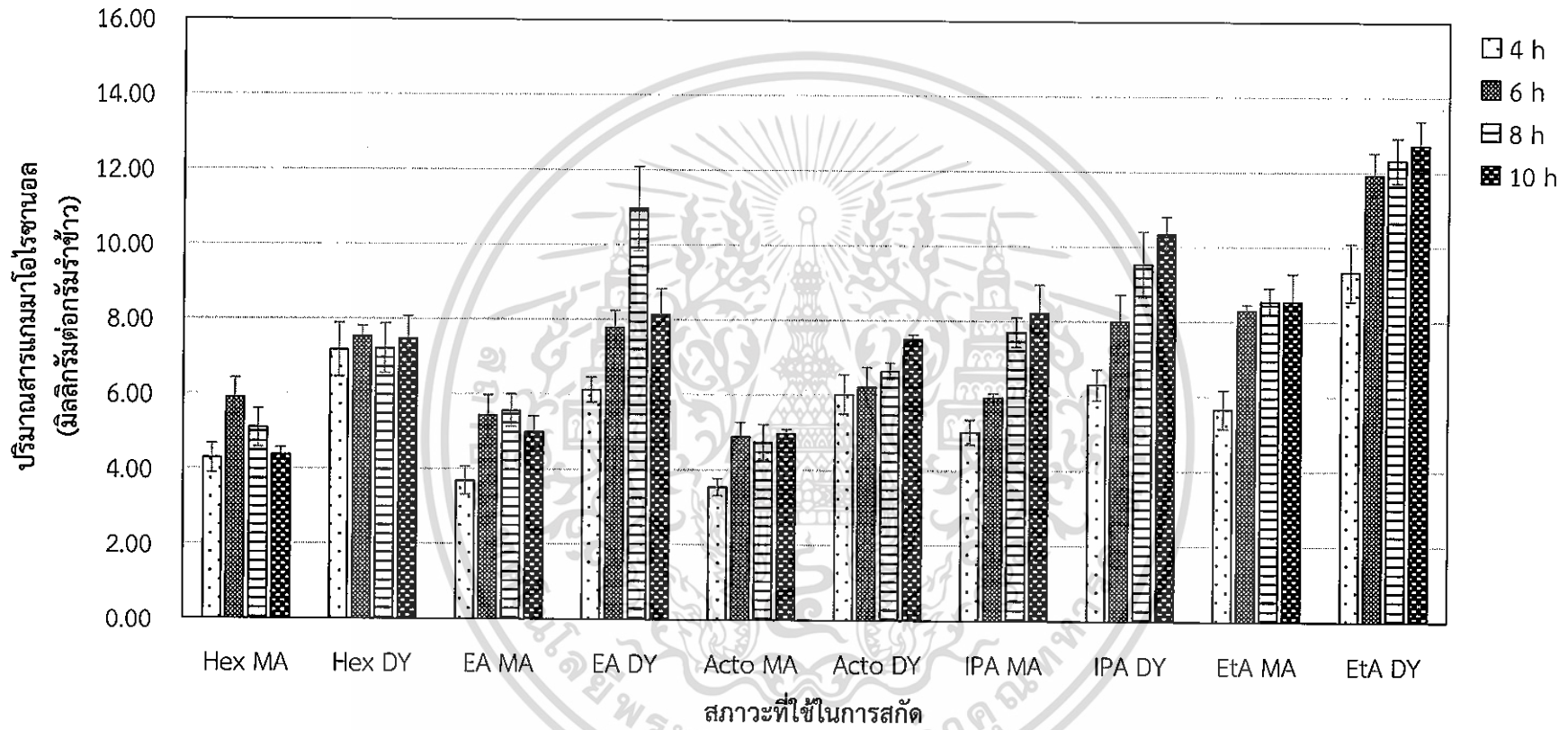
เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเครื่องชอกท์เลตเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า การสกัดโดยใช้เอทานอลจะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย ซึ่งการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.40) พบว่า น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่สกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และไอโซโพรพานอล จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการใช้อะซีโตนเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และไอโซโพรพานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอมที่สกัดโดยใช้เอทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอล เท่ากับ 8.29 และ 11.92 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว ตามลำดับ

เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเครื่องชอกท์เลตเป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกันทั้งการสกัดโดยใช้เฮกเซนและเอทิลอะซีเตต และการสกัดโดยใช้เอทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าตัวทำละลายอื่นๆ ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เอทิลอะซีเตต จะให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และเมื่อใช้อะซีโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล เป็นตัวทำละลาย ปริมาณน้ำมันจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.40) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอลจะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอล

มากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และอะซีโตนเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดโดยใช้เอทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด คือ 8.53 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว และเมื่อสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้เอทิลอะซีเตต ไอโซโพรพานอล และเอทานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซนและอะซีโตนเป็นตัวทำละลาย ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด คือ 12.31 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว

เมื่อสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเครื่องชอกท์เลตเป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่า การสกัดรำข้าวโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และอะซีโตนเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณน้ำมันใกล้เคียงกัน ส่วนการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอลเป็นตัวทำละลายจะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.40) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอลจะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และอะซีโตนเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลและเอทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(8.21-8.52 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และเมื่อสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้ไอโซโพรพานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และอะซีโตนเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด คือ 12.75 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว

การสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวด้วยเครื่องชอกท์เลต พบว่า การสกัดโดยใช้เอทานอลให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด เนื่องจากเอทานอลมีความเป็นขั้วสูงที่สุด เมื่อเทียบกับเฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอล การที่เอทานอลมีความเป็นขั้วสูงนี้ ทำให้เอทานอลสามารถสกัดสารที่มีความเป็นขั้วใกล้เคียงกันออกมาได้ ส่วนการสกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลรองจากเอทานอล เนื่องจากมีความเป็นขั้วรองจากเอทานอล



รูปที่ 4.23 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เครื่องซอกท์เลต

ตารางที่ 4.40 ปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต

ตัวทำละลาย	ปริมาณแกมมาไฮโรซานอล (กรัมต่อกรัมรำข้าว)							
	รำข้าวขาวดอกมะลิ 105				รำข้าวไร้ดอกพะยอม			
	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	10 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	10 ชั่วโมง
เฮกเซน	4.28 ± 0.39 ^{cw}	5.90 ± 0.51 ^{bw}	5.09 ± 0.51 ^{bcx}	4.38 ± 0.19 ^{cw}	7.16 ± 0.72 ^{aw}	7.51 ± 0.28 ^{aw}	7.20 ± 0.66 ^{ax}	7.45 ± 0.61 ^{ax}
เอทิลอะซิเตต	3.70 ± 0.38 ^{ewx}	5.42 ± 0.54 ^{cdwx}	5.55 ± 0.44 ^{cdx}	4.98 ± 0.43 ^{dw}	6.11 ± 0.34 ^{cwx}	7.77 ± 0.45 ^{bw}	10.95 ± 1.13 ^{av}	8.13 ± 0.68 ^{bx}
อะซิโตน	3.54 ± 0.23 ^{dx}	4.89 ± 0.38 ^{cx}	4.74 ± 0.45 ^{cx}	4.97 ± 0.10 ^{cw}	6.02 ± 0.53 ^{bx}	6.21 ± 0.53 ^{bx}	6.64 ± 0.22 ^{bx}	7.49 ± 0.13 ^{ax}
ไอโซโพรพานอล	5.02 ± 0.33 ^{dv}	5.94 ± 0.12 ^{cdw}	7.70 ± 0.39 ^{bw}	8.21 ± 0.76 ^{bv}	6.29 ± 0.41 ^{cwx}	7.99 ± 0.71 ^{bw}	9.51 ± 0.88 ^{aw}	10.33 ± 0.46 ^{aw}
เอทานอล	5.65 ± 0.52 ^{cv}	8.29 ± 0.16 ^{bv}	8.53 ± 0.36 ^{bv}	8.52 ± 0.74 ^{bv}	9.31 ± 0.77 ^{bv}	11.92 ± 0.60 ^{av}	12.31 ± 0.60 ^{av}	12.72 ± 0.65 ^{av}

หมายเหตุ : a, b, c, d, e เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละตัวทำละลาย และ v, w, x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอลในน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P<0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.4.1.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เครื่องชอกท์เลต(รูปที่ 4.24) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เฮกเซน ไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต อะซีโตน และเอทานอลเป็นตัวทำละลายให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามลำดับ ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอลเป็นตัวทำละลายให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.41) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เฮกเซน ไอโซโพรพานอล เอทิลอะซีเตต อะซีโตน และเอทานอลเป็นตัวทำละลายให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้อะซีโตนและไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซนและเอทิลอะซีเตตเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดโดยใช้อะซีโตนและไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(7.36-7.60 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) ส่วนการใช้เอทานอลจะฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ(2.06 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)

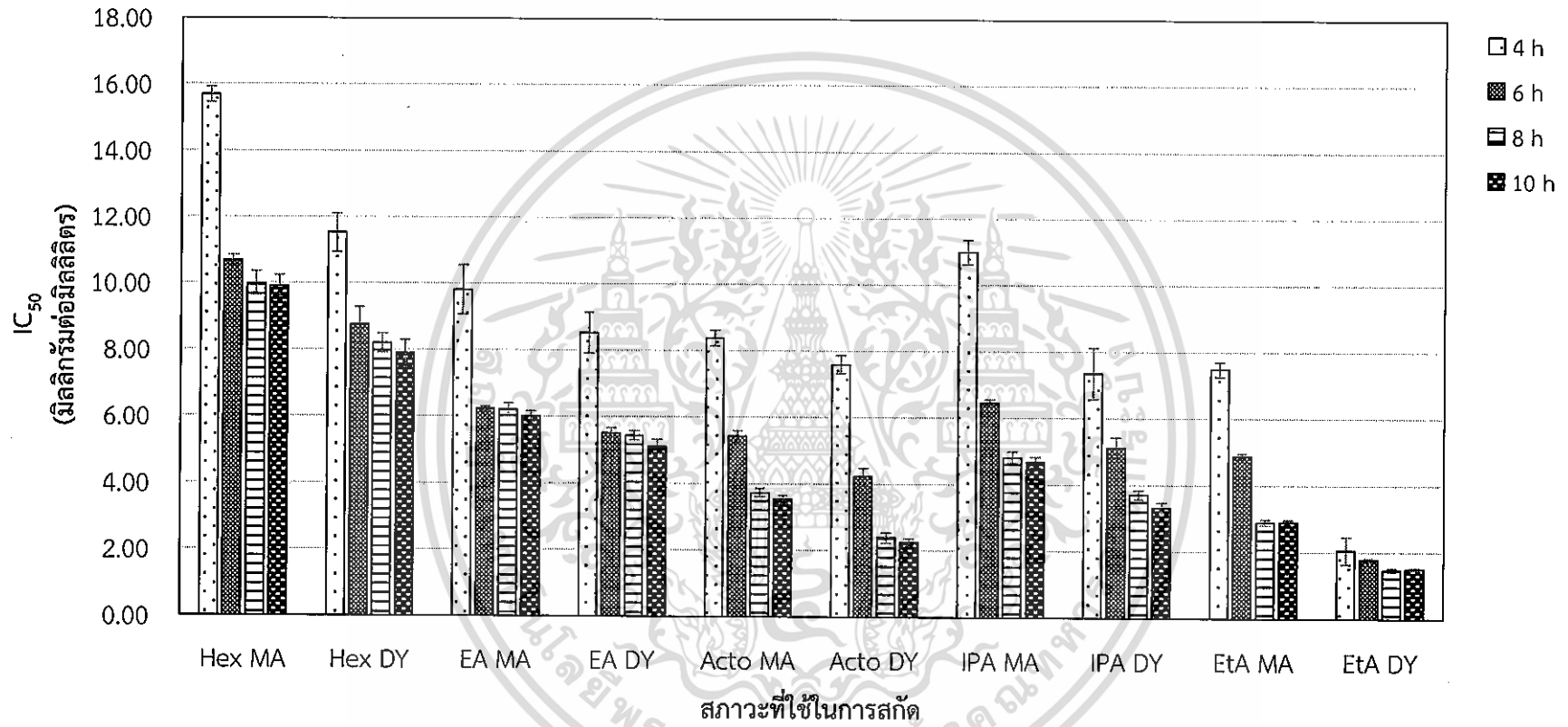
ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เครื่องชอกท์เลต เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามลำดับ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.41) พบว่า น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวโดยใช้อะซีโตนเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าน้ำมันที่สกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และไอโซโพรพานอลอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดโดยใช้เอทิลอะซีเตตและไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการใช้เอทานอลจะฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (4.89 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(1.78 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เครื่องชอกท์เลต เป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต ไอโซโพรพานอล อะซีโตน และเอทานอลเป็นตัวทำละลาย จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามลำดับ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.41) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต ไอโซโพรพานอล อะซีโตน และเอทานอล เป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ และการใช้เอทานอลจะฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งน้ำมันที่

สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (2.89 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(1.48 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เครื่องชอกท์เลต เป็นเวลา 10 ชั่วโมง มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 8 ชั่วโมง คือ การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต ไอโซโพรพานอล อะซีโตน และเอทานอล เป็นตัวทำละลายมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ และการใช้เอทานอลจะฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (2.90 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(1.51 มิลลิกรัม น้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)

น้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต พบว่า การสกัดโดยใช้เอทานอลให้น้ำมันรำข้าวที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด เนื่องจากเอทานอลมีความเป็นขั้วสูงที่สุด เมื่อเทียบกับเฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอล การที่เอทานอลมีความเป็นขั้วสูงนี้ ทำให้เอทานอลสามารถสกัดสารที่มีความเป็นขั้วใกล้เคียงกันและสารที่มีความเป็นขั้วต่ำกว่าออกมาได้ ส่วนการสกัดโดยใช้อะซีโตนเป็นตัวทำละลายให้น้ำมันที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระรองจากเอทานอล เนื่องจากมีความเป็นขั้วรองจากเอทานอล ส่วนการสกัดโดยใช้เฮกเซนและเอทิลอะซิเตตมีความเป็นขั้วต่ำกว่าเอทานอลและอะซีโตน จึงสกัดได้น้ำมันที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าเอทานอลและอะซีโตน



รูปที่ 4.24 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เครื่องชอกท์เลต

ตารางที่ 4.41 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต

ตัวทำละลาย	ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)							
	รำข้าวขาวดอกมะลิ 105				รำข้าวไร้ดอกพะยอม			
	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	10 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	10 ชั่วโมง
เฮกเซน	15.69 ± 0.23 ^{fz}	10.67 ± 0.18 ^{dy}	9.99 ± 0.36 ^{cz}	9.90 ± 0.32 ^{cz}	11.52 ± 0.59 ^{ey}	8.74 ± 0.54 ^{by}	8.19 ± 0.29 ^{abz}	7.89 ± 0.40 ^{az}
เอทิลอะซิเตต	9.81 ± 0.75 ^{ex}	6.23 ± 0.07 ^{cx}	6.20 ± 0.20 ^{cy}	6.00 ± 0.17 ^{bcy}	8.52 ± 0.62 ^{dx}	5.51 ± 0.15 ^{abx}	5.45 ± 0.13 ^{aby}	5.11 ± 0.22 ^{ay}
อะซิโตน	8.38 ± 0.23 ^{fw}	5.42 ± 0.17 ^{dw}	3.74 ± 0.13 ^{bw}	3.54 ± 0.12 ^{bw}	7.60 ± 0.27 ^{ewx}	4.23 ± 0.24 ^{cw}	2.39 ± 0.15 ^{aw}	2.26 ± 0.10 ^{baw}
ไอโซโพรพานอล	10.99 ± 0.37 ^{ey}	6.45 ± 0.11 ^{cx}	4.82 ± 0.16 ^{bx}	4.68 ± 0.15 ^{bx}	7.36 ± 0.77 ^{dw}	5.13 ± 0.30 ^{bx}	3.72 ± 0.14 ^{ax}	3.33 ± 0.14 ^{ax}
เอทานอล	7.49 ± 0.23 ^{ev}	4.89 ± 0.07 ^{dv}	2.89 ± 0.08 ^{cv}	2.90 ± 0.07 ^{cv}	2.06 ± 0.41 ^{bv}	1.78 ± 0.06 ^{abv}	1.48 ± 0.05 ^{av}	1.51 ± 0.04 ^{av}

หมายเหตุ : a, b, c, d เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และน้ำมันรำข้าวไร้ดอกพะยอม ในแต่ละตัวทำละลาย และ v, w, x, y, z เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวในแนวตั้ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P<0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.4.2 เวลา

4.4.2.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้เครื่องซอกท์เลต โดยเวลาที่นำมาศึกษา ได้แก่ 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.22

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย จะให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.39) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.23-0.24 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.26-0.28 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัดจาก 4 ชั่วโมงไปเป็น 8 ชั่วโมง ปริมาณน้ำมันจะเพิ่มขึ้น ตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่วนการสกัดเป็นเวลา 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวต่ำกว่าการสกัดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.39) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 6 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 6 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.23-0.25 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง(0.34 กรัมต่อกรัมรำข้าว) จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 และ 10 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เป็นเวลา 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.26-0.27 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง(0.44 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 และ 10 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย พบว่า การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวใกล้เคียงกัน ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.39) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.22-0.23 กรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันสูงสุด คือ 0.27 กรัมต่อกรัมรำข้าว ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมง

ให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.27-0.30 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้ไฮโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ปริมาณน้ำมันรำข้าวจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.39) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันสูงสุด คือ 0.56 กรัมต่อกรัมรำข้าว ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมง ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (0.37 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดเป็นเวลา 10 ชั่วโมง(0.57 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 และ 8 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ปริมาณน้ำมันรำข้าวจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.39) พบว่า ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.33 กรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ(0.39-0.41 กรัมต่อกรัมรำข้าว)

การสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเครื่องซอกท์เลต พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำจะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงสุดในเวลาที่สั้นกว่าตัวทำละลายที่มีจุดเดือดสูง เนื่องจากในกระบวนการสกัดตัวทำละลายจะได้รับอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเท่ากันทุกตัวทำละลายและสกัดโดยใช้เวลาเท่ากัน ซึ่งจากสภาวะดังกล่าว ทำให้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำสามารถระเหยขึ้นไปยังบริเวณสกัดได้เร็วกว่าตัวทำละลายที่มีจุดเดือดสูง และเมื่อใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำจะทำให้เกิดการระเหยได้เร็วและเกิดการล้นน้ำได้เร็ว ส่งผลให้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำมีจำนวนรอบของการสกัดสูงกว่าตัวทำละลายที่มีจุดเดือดสูงเมื่อใช้เวลาในการสกัดเท่ากัน การใช้อะซีโตนที่มีจุดเดือด 56 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันสูงสุดเมื่อใช้เวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง การใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และเอทานอลที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกัน(69-79 องศาเซลเซียส) ให้ปริมาณน้ำมันสูงสุดเมื่อใช้เวลาในการสกัด 8 ชั่วโมง และการใช้อะซีโตนที่มีจุดเดือด 82 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันสูงสุดเมื่อใช้เวลาในการสกัด 10 ชั่วโมง

4.4.2.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การศึกษาเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว โดยใช้เครื่องชอกท์เลต(รูปที่ 4.23) พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย พบว่า การสกัดน้ำมันรำข้าวเป็นเวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.40) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 10 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 4 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการสกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมงจะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 8 และ 10 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(7.16-7.51 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัดรำข้าวจาก 4 ชั่วโมงไปเป็น 8 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลเพิ่มขึ้นตามเวลาในการสกัดที่เพิ่มขึ้น ส่วนการสกัดเป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกับการสกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทั้งน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.40) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(4.98-5.55 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 6 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 6 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(7.77-8.13 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และการสกัดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง(10.95 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 และ 10 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวจะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันรำข้าวที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.40) พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ(4.74-4.97 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) ส่วนน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 10 ชั่วโมงให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 และ 8 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 4 6 และ 8 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวจะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำ

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไรต์ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.40) พบว่าการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (7.70-8.21 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไรต์ดอกพะยอม(9.51-10.33 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวจะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไรต์ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.40) พบว่า การสกัดน้ำมันเป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมงให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (8.29-8.53 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว) และรำข้าวไรต์ดอกพะยอม(11.92-12.72 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)

การสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวด้วยเครื่องชอกท์เลต พบว่า การสกัดโดยใช้เอทิลอะซิเตต อะซีโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล ให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัดทำให้จำนวนรอบของการสกัดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงสามารถละลายสารออกมาได้มาก ส่วนการสกัดโดยใช้เฮกเซนให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกันทั้งการสกัดเป็นเวลา 4 6 8 และ 10 ชั่วโมง เนื่องจากเฮกเซนมีจุดเดือดต่ำทำให้จำนวนรอบของการสกัดสูง ส่งผลให้สามารถสกัดสารแกมมาโอโรซานอลได้สูงสุดตั้งแต่ 4 ชั่วโมงแรกของการสกัด

4.4.2.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เครื่องชอกท์เลต(รูปที่ 4.24) การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจะดีขึ้นตามเวลาในการสกัดที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.41) พบว่า น้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(9.90-9.99 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) ส่วนน้ำมันรำข้าวไรต์ดอกพะยอมที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ(7.89-8.19 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจะดีขึ้นตามเวลาในการสกัดที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.41) พบว่า การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมงมี

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (6.00-6.23 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(5.11-5.51 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้อะซีโตนเป็นตัวทำละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจะดีขึ้นตามเวลาในการสกัดที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.41) พบว่า การสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (3.54-3.74 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(2.26-2.39 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสกัดโดยใช้อะซีโตนเป็นตัวทำละลาย คือ การสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 (4.68-4.82 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) และรำข้าวไร้ดอกพะยอม(3.33-3.72 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวจะดีขึ้นตามเวลาในการสกัดที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ(ตารางที่ 4.41) พบว่า การสกัดรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ (2.89-2.90 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย) ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมเป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ

น้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องชอกห์เลต พบว่า การสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน ไอโซโพรพานอล และเอทานอล ให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีขึ้นเมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัดทำให้จำนวนรอบของการสกัดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงสามารถละลายสารออกมาได้มาก ซึ่งจากการสกัด พบว่า น้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 8 ชั่วโมงมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดและเริ่มให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่คงที่

4.4.3 สถานะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากรำข้าวโดยใช้เครื่องชอกห์เลต

4.4.3.1 ปริมาณน้ำมันรำข้าว

การสกัดน้ำมันจากรำข้าวด้วยเครื่องชอกห์เลต พบว่า การใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายจะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน และเอทานอล รำข้าวที่สกัดโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายจะมีปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ส่วนการสกัดน้ำมันจากรำข้าวไร้ดอกพะยอม เป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมง ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการสกัดเป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำมันมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 และ 8 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การสกัดน้ำมันจากรำข้าวด้วยเครื่องชอกห์เลต โดยใช้ไอโซโพรพานอล เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงที่สุด คือ 0.57 กรัมต่อกรัมรำข้าว

4.4.3.2 ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล

การสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าวด้วยเครื่องชอกห์เลต พบว่า การใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายจะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอล การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงขึ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติ พบว่า การสกัดน้ำมันเป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม ดังนั้น การสกัดน้ำมันจากรำข้าวด้วยเครื่องชอกห์เลต โดยใช้เอทานอล เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด คือ 11.92 มิลลิกรัมของสารแกมมาโอโรซานอลต่อกรัมรำข้าว

4.4.3.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดด้วยเครื่องชอกห์เลต พบว่า น้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอล การสกัดน้ำมันจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมง จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมง จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการใช้เอทานอลในการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม เป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมง จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมง จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน และการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6

ชั่วโมง จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน ดังนั้น การสกัดน้ำมันจากรำข้าวด้วยเครื่องชอกท์เลต โดยใช้เอทานอล เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยจะมีค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เท่ากับ 1.48 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากรำข้าว

4.5.1 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าว

การศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยวิธีการสกัดที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด และการสกัดโดยใช้เครื่องชอกท์เลต จากตารางที่ 4.42 พบว่า การสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤต ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงและการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด ซึ่งการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอัลตราโซนิคคลื่นเนอร์และการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวดจะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกัน ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม ส่วนการสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต โดยใช้ไอโซโพรพานอลในการสกัด เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ ทั้งรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยจะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าว เท่ากับ 0.56 และ 0.57 กรัมต่อกรัมรำข้าว ตามลำดับ

4.5.2 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว

การศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยวิธีการสกัดที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด และการสกัดโดยใช้เครื่องชอกท์เลต จากตารางที่ 4.43 พบว่า การสกัดรำข้าวใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบโพรบโซนิเคเตอร์ จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดแบบอัลตราโซนิคคลื่นเนอร์และการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด ซึ่งการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงแบบอัลตราโซนิคคลื่นเนอร์และการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวดจะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตในการสกัด ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมด้วยใช้เครื่องชอกท์เลต โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 6, 8 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ และให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด โดยจะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลอยู่ในช่วง 11.92-12.72 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว

ตารางที่ 4.42 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าว

สภาวะที่ใช้ในการสกัด	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (กรัมต่อกรัมรำข้าว)
Ultrasonic Cleaner Ethanol, 1:4(w/w), 45 °C, 60 min.	ขาวดอกมะลิ 105	0.18 ± 0.00 ^g
	ดอกพะยอม	0.21 ± 0.01 ^f
Probe Sonicator Ethanol, 1:4(w/w), 45 °C, 60 min.	ขาวดอกมะลิ 105	0.25 ± 0.01 ^e
	ดอกพะยอม	0.31 ± 0.02 ^d
Subcritical Solvent Ethanol, 120 °C, 60 min.	ขาวดอกมะลิ 105	0.36 ± 0.01 ^c
	ดอกพะยอม	0.39 ± 0.01 ^b
Subcritical Solvent Methanol, 120 °C, 40 min.	ขาวดอกมะลิ 105	0.32 ± 0.02 ^d
	ดอกพะยอม	0.40 ± 0.01 ^b
Subcritical Solvent Methanol, 120 °C, 60 min.	ขาวดอกมะลิ 105	0.31 ± 0.01 ^d
	ดอกพะยอม	0.41 ± 0.01 ^b
Supercritical Carbon dioxide 60 °C, 60 min.	ขาวดอกมะลิ 105	0.18 ± 0.01 ^g
	ดอกพะยอม	0.22 ± 0.00 ^f
Supercritical Carbon dioxide 60 °C, 80 min.	ขาวดอกมะลิ 105	0.18 ± 0.00 ^g
	ดอกพะยอม	0.22 ± 0.00 ^f
Supercritical Carbon dioxide 60 °C, 100 min.	ขาวดอกมะลิ 105	0.18 ± 0.01 ^g
	ดอกพะยอม	0.21 ± 0.01 ^f
Soxhlet Isopropanol, 10 hours	ขาวดอกมะลิ 105	0.56 ± 0.02 ^a
	ดอกพะยอม	0.57 ± 0.01 ^a

หมายเหตุ : a, b, c, d, e, f, g เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้สภาวะที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

ตารางที่ 4.43 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว

สภาวะที่ใช้ในการสกัด	สายพันธุ์รำข้าว	ปริมาณสารแกมมาโอโรซานอล (มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว)
Ultrasonic Cleaner Ethanol, 1:4(w/w), 45 °C, 60 min.	ขาวดอกมะลิ 105	5.37 ± 0.45 ^{ef}
	ดอกพะยอม	7.55 ± 0.34 ^d
Probe Sonicator Ethanol, 1:4(w/w), 45 °C, 60 min.	ขาวดอกมะลิ 105	6.02 ± 0.59 ^e
	ดอกพะยอม	9.38 ± 0.46 ^b
Subcritical Solvent Methanol, 120 °C, 60 min.	ขาวดอกมะลิ 105	7.40 ± 0.32 ^d
	ดอกพะยอม	12.12 ± 0.48 ^a
Supercritical Carbon dioxide 60 °C, 40 min.	ขาวดอกมะลิ 105	4.97 ± 0.33 ^f
	ดอกพะยอม	7.46 ± 0.61 ^d
Soxhlet Ethanol, 6 hours	ขาวดอกมะลิ 105	8.29 ± 0.16 ^{cd}
	ดอกพะยอม	11.92 ± 0.60 ^a
Soxhlet Ethanol, 8 hours	ขาวดอกมะลิ 105	8.53 ± 0.36 ^{bc}
	ดอกพะยอม	12.31 ± 0.60 ^a
Soxhlet Ethanol, 10 hours	ขาวดอกมะลิ 105	8.52 ± 0.74 ^{bc}
	ดอกพะยอม	12.72 ± 0.65 ^a

หมายเหตุ : a, b, c, d, e, f เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของปริมาณสารแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้สภาวะที่ต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

4.5.3 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าว

การศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันรำข้าวที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธีการสกัดที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด และการสกัดโดยใช้เครื่องชอกท์เลต จากตารางที่ 4.44 พบว่า น้ำมันที่สกัดจากรำข้าวด้วยเครื่องชอกท์เลตโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวดและการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง ส่วนการสกัดรำข้าวโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตในการสกัด ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยจะมีค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เท่ากับ 0.52-0.55 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย

ตารางที่ 4.44 สภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าว

สภาวะที่ใช้ในการสกัด	สายพันธุ์รำข้าว	ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวต่อมิลลิลิตรตัวทำละลาย)
Ultrasonic Cleaner Ethanol, 1:4(w/w), 45 °C, 60 min.	ขาวดอกมะลิ 105	6.41 ± 0.31 ^{shi}
	ดอกพะยอม	6.32 ± 0.16 ^{fgni}
Probe Sonicator Ethanol, 1:4(w/w), 45 °C, 60 min.	ขาวดอกมะลิ 105	5.82 ± 0.10 ^{def}
	ดอกพะยอม	5.46 ± 0.02 ^{efg}
Subcritical Solvent Water, 120 °C, 40 min.	ขาวดอกมะลิ 105	0.55 ± 0.01 ^a
	ดอกพะยอม	0.54 ± 0.02 ^a
Subcritical Solvent Water, 120 °C, 60 min.	ขาวดอกมะลิ 105	0.54 ± 0.02 ^a
	ดอกพะยอม	0.52 ± 0.01 ^a
Supercritical Carbon dioxide 45 °C, 100 min.	ขาวดอกมะลิ 105	12.31 ± 0.42 ^m
	ดอกพะยอม	8.36 ± 1.07 ^j
Supercritical Carbon dioxide 60 °C, 20 min.	ขาวดอกมะลิ 105	11.39 ± 0.57 ^{kl}
	ดอกพะยอม	7.14 ± 0.36 ⁱ
Supercritical Carbon dioxide 60 °C, 40 min.	ขาวดอกมะลิ 105	11.81 ± 0.39 ^{lm}
	ดอกพะยอม	7.06 ± 0.60 ^{hi}
Supercritical Carbon dioxide 60 °C, 60 min.	ขาวดอกมะลิ 105	11.30 ± 0.44 ^{kl}
	ดอกพะยอม	6.65 ± 0.96 ^{shi}
Supercritical Carbon dioxide 60 °C, 80 min.	ขาวดอกมะลิ 105	11.38 ± 1.26 ^{kl}
	ดอกพะยอม	6.16 ± 1.06 ^{efgh}
Supercritical Carbon dioxide 60 °C, 100 min.	ขาวดอกมะลิ 105	10.59 ± 0.44 ^k
	ดอกพะยอม	5.37 ± 0.48 ^{de}
Soxhlet Ethanol, 6 hours	ขาวดอกมะลิ 105	4.89 ± 0.07 ^d
	ดอกพะยอม	1.78 ± 0.06 ^b
Soxhlet Ethanol, 8 hours	ขาวดอกมะลิ 105	2.89 ± 0.08 ^c
	ดอกพะยอม	1.48 ± 0.05 ^b
Soxhlet Ethanol, 10 hours	ขาวดอกมะลิ 105	2.90 ± 0.07 ^c
	ดอกพะยอม	1.51 ± 0.04 ^b

หมายเหตุ : a-m เป็นตัวอักษรที่แสดงความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่สกัดโดยใช้สภาวะที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P<0.05) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารแกมมาโอโรซานอลจากรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไรต์ดอกพะยอม โดยวิธีการสกัดที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด และการสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต

การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงจะมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารจากรำข้าว โดยปัจจัยที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย อุณหภูมิ เวลา และแหล่งกำเนิดคลื่นเสียง เมื่อศึกษาชนิดของตัวทำละลาย พบว่า การสกัดน้ำมันจากรำข้าวโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน และไอโซโพรพานอล จะให้ปริมาณน้ำมันสูงกว่าการใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ส่วนน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายจะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงและมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซิเตต อะซิโตน และไอโซโพรพานอล เมื่อศึกษาอัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลาย พบว่า การสกัดรำข้าวโดยใช้อัตราส่วนของรำข้าวต่อตัวทำละลายเป็น 1:6 โดยมวล จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการสกัดที่อัตราส่วน 1:2 และ 1:4 โดยมวล ส่วนการสกัดโดยใช้อัตราส่วน 1:4 และ 1:6 โดยมวล จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกันและมากกว่าการสกัดที่อัตราส่วน 1:2 โดยมวล และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะไม่แตกต่างกันทั้งการสกัดที่อัตราส่วน 1:2 1:4 และ 1:6 โดยมวล เมื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากรำข้าว พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวและปริมาณแกมมาโอโรซานอลไม่แตกต่างกัน และมากกว่าการสกัดที่ 30 องศาเซลเซียส ส่วนน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด เมื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัด พบว่า การสกัดเป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวไม่แตกต่างกัน ส่วนการสกัดเป็นเวลา 60 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที และน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันและดีกว่าการสกัดเป็นเวลา 60 นาที เมื่อศึกษาชนิดของแหล่งกำเนิดคลื่นเสียง พบว่า การใช้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบโพรวจะมีประสิทธิภาพในการสกัดสารจากรำข้าวมากกว่าการสกัดโดยใช้แหล่งกำเนิดเสียงแบบอ่าง ทั้งการสกัดน้ำมันรำข้าว แกมมาโอโรซานอล และสารต้านอนุมูลอิสระในรำข้าว

การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤตจะมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารจากรำข้าว โดยปัจจัยที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย อุณหภูมิ และเวลา เมื่อศึกษาชนิดของตัวทำละลาย พบว่า การสกัดรำข้าวโดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤต จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวและแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดโดยใช้น้ำและเอทานอลเป็นตัวทำละลาย และการสกัดโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะไม่พบแกมมาโอโรซานอลในน้ำมันรำข้าว ส่วนการสกัดโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤต จะให้สารสกัดที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการสกัดโดยใช้เอทานอลและเมทานอลเป็นตัวทำละลาย เมื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากรำข้าว พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าว แกมมาโอโรซานอล และสารสกัดที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส และเมื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัด พบว่า การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันไม่แตกต่างกันและมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที ส่วนน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดเป็นเวลา 60 นาที จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 และ 40 นาที และน้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวเป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันและมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 20 นาที

การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวดจะมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารจากรำข้าว โดยปัจจัยที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการสกัด เมื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากรำข้าว พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 30 45 และ 60 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำมันใกล้เคียงกัน ส่วนการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 45 องศาเซลเซียส นอกจากนี้น้ำมันที่ได้จากการสกัดรำข้าวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ยังมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีอีกด้วย และเมื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัด พบว่า การสกัดรำข้าวเป็นเวลา 20 40 60 80 และ 100 นาที จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวและแกมมาโอโรซานอลใกล้เคียงกัน และยังสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกันอีกด้วย

การสกัดเครื่องชอกท์เลตจะมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารจากรำข้าว โดยปัจจัยที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย และเวลาที่ใช้ในการสกัด เมื่อศึกษาชนิดของตัวทำละลาย พบว่า การสกัดรำข้าวโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย จะให้ปริมาณน้ำมันสูงกว่าการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน และเอทานอล ส่วนการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุด เมื่อเทียบการสกัดโดยใช้เฮกเซน เอทิลอะซีเตต อะซีโตน และไอโซโพรพานอล นอกจากนี้การสกัดโดยใช้เอทานอลจะให้น้ำมันรำข้าวที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีอีกด้วย และเมื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัด พบว่า การสกัดเป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสูงกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 6 และ 8 ชั่วโมง ส่วนการสกัดเป็นเวลา 8 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอโรซานอลและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกันและมากกว่าการสกัดเป็นเวลา 4 และ 6 ชั่วโมง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่สภาวะกึ่งวิกฤต การสกัดโดยใช้ คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤตยิ่งยวด และการสกัดด้วยเครื่องชอกท์เลต พบว่า การสกัด รำข้าวด้วยเครื่องชอกท์เลต โดยใช้ไอโซโพรพานอลในการสกัด เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณน้ำมัน

รำข้าวสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ ทั้งรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยจะให้ปริมาณน้ำมันรำข้าว เท่ากับ 0.56 และ 0.57 กรัมต่อกรัมรำข้าว ตามลำดับ ส่วนการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยใช้เมทานอลที่สภาวะกึ่งวิกฤตในการสกัด ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และการสกัดรำข้าวไร้ดอกพะยอมโดยใช้เครื่องซอกท์เลต โดยใช้เอทานอลในการสกัด เป็นเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมง จะให้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ และให้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ โดยจะมีปริมาณแกมมาโอไรซานอลอยู่ในช่วง 11.92-12.72 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว และเมื่อสกัดรำข้าวโดยใช้น้ำที่สภาวะกึ่งวิกฤตในการสกัด ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 และ 60 นาที จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ ทั้งการสกัดจากรำข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรำข้าวไร้ดอกพะยอม โดยจะมีค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 อยู่ในช่วง 0.52-0.55 มิลลิกรัมน้ำมันรำข้าวดิบต่อมิลลิลิตรของตัวทำละลาย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในงานวิจัยนี้มีการใช้ตัวอย่างรำข้าว 2 สายพันธุ์ คือ รำข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากจังหวัดสุพรรณบุรี และรำข้าวไร้ดอกพะยอมจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นรำข้าวที่ได้มาจากพื้นที่การเพาะปลูกที่แตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้อาจมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อปริมาณและชนิดของสารภายในรำข้าว เช่น องค์ประกอบทางเคมีภายในดิน สภาพอากาศ ปริมาณการได้รับแสงแดดของต้นข้าว การดูแลต้นข้าวตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกของเกษตรกร ชนิดของปุ๋ย ปริมาณการให้ปุ๋ย เพราะฉะนั้นจึงควรมีการปลูกข้าวในบริเวณเดียวกันและได้รับการดูแลต้นข้าวในแบบเดียวกัน

5.2.2 ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่นำมาใช้ในการรายงานผลการทดลองนั้น เป็นปริมาณสารสกัดจากรำข้าวที่ได้หลังจากการระเหยตัวทำละลาย ซึ่งน้ำหนักของน้ำมันรำข้าวที่ได้นั้น อาจมีได้มีน้ำมันรำข้าวเพียงอย่างเดียว คือ นอกจากจะพบน้ำมันรำข้าวแล้ว ยังพบสารจำพวกไข(wax) และยาง(gum) ดังนั้น หากต้องการปริมาณน้ำมันที่แท้จริง ควรนำสารสกัดจากรำข้าวที่ได้ไปกำจัดสารจำพวกไขและยางเสียก่อน

5.2.3 การศึกษาการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสกัดของแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงที่แตกต่างกัน โดยมีการใช้แหล่งกำเนิดของคลื่นเสียง 2 ชนิด คือ แบบโพรบ(Ultrasonic Probe) และแบบอ่าง(Ultrasonic Bath) ซึ่งแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบโพรบโซนิเคเตอร์ จะมีค่าความถี่ เท่ากับ 10 กิโลเฮิร์ต ส่วนแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงแบบอัลตราโซนิคคลื่นเนอร์จะมีค่าความถี่ เท่ากับ 50 กิโลเฮิร์ต ด้วยเหตุนี้ปริมาณสารสกัดที่ได้ อาจสูงหรือต่ำเกินไปจากความเป็นจริง เพราะฉะนั้น จึงควรใช้แหล่งกำเนิดเสียงที่มีความถี่เสียงเท่ากัน

เอกสารอ้างอิง

- กำธร ยอดยิ่ง. (2548). เครื่องกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 7-11.
- คมสัน หุตะแพทย์. 2550. น้ำมันรำข้าว คุณค่าตั้งทอง. เกษตรกรรมธรรมชาติ. 4 : 28-36.
- จุฬาลักษณ์ ทวีบุตร. 2551. การเพิ่มการสะสมแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวาวเครือแดง (*Butea superba* Roxb.) ด้วยเอทีฟอนและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกวาวเครือแดง. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ดวงกมล ณ ระนอง. (2553). พื้นฐานวิศวกรรมปฏิกิริยาและการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์เคมี. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : อักษรสยามการพิมพ์.
- ดวงใจ มาลัย และบุญทวี กุญยกานนท์ เบทส์. 2544. การประเมินคุณภาพของรำข้าวเจ้าเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. วารสารโภชนาการ. 36(4) : 29-39.
- จิรารัตน์ หน่อสุวรรณ. (2550). สมบัติของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวโดยใช้เฮกเซนที่อุณหภูมิต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิธิยา รัตนานพนธ์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- นิตยา แซ่ลี. (2548). เทคนิคการสกัดสารจากพืชสมุนไพรโดยอาศัยของไหลเหนือวิกฤต. Srinakharinwirot Journal of Sciences. 10(1) : 83-93.
- นัยนา บุญทวีวัฒน์ และเวที จงวัฒน์. 2545. น้ำมันรำข้าว ทางเลือกเพื่อสุขภาพของคนไทย. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- นงพะงา กงสิทธิ์, นที เตรียมปราปศีก และ ธนภร เดชชัชชนะนาถ. (2554). การศึกษาปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสไขมันปาล์มด้วยน้ำสภาวะกึ่งวิกฤต โดยใช้กรดไขมันอิสระเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 15.
- นพมาศ มั่นสวารากุล. 2545. การสำรวจปริมาณแกมมา-โอโรซานอลและวิตามินอีในข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เนื้อทอง วานานูวัช. 2537. ศักยภาพข้าวไทย : ทิศทางใหม่สู่อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- นฤมล นิมมานพิภักดิ์. 2546. การเตรียมและการประเมินของสารสกัดน้ำมันรำข้าวที่มีส่วนประกอบของแกมมาโอไรซานอล. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต เกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ประพาส วีระแพทย์. 2531. ความรู้เรื่องข้าว. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- เปรมจิตต์ สิทธิศิริ และ สุทิน เกตุแก้ว. (2542). กิน-อยู่ เพื่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สายส่งสุขภาพใจ.
- ปราโมทย์ คูวิจิตรจากร. (2549). น้ำกึ่งวิกฤต (subcritical water) และการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร. วารสารจรรยา Food & Health. 14 : 51-53.
- พันทิพา พงศ์เพี้ยจันทร์, ธวัชชัย แถวถาทำ และดำเนิน กาละดี. 2547. ปริมาณแกมมา-โอไรซานอลในผลิตภัณฑ์จากพืชชนิดต่างๆ. วารสารเกษตร. 20(2) : 111-119.
- มลศิริ วีโรทัย. 2545. เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- รัตนา อินทรานุปกรณ์. 2547. การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพรมะขาม. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 87-88.
- วรภาพ พงศ์ธรรมาพานิช. 2543. การวิเคราะห์เอกลักษณ์และปริมาณโทโคฟีรอลและโอไรซานอลในกระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 38, 50, 72-82.
- วรมธ พงษ์ศิริ และ เอกอนันต์ ปกป้อง. (2556). ปฏิกริยาไฮโดรไลซิสไขมันปาล์มด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจางที่สภาวะกึ่งวิกฤต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 11.
- วชิรกริช อินทร์ห้างหัว, ศุภชัย เมตตาพล และสกล กฤदानรกรณ์. (2556). การสกัดน้ำมันหอมระเหยแบบสองขั้นตอนด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดสำหรับเปลือกส้มสายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ศิริวรรณ สุทธิจิตต์. (2550). วิตามิน. พิมพ์ครั้งที่ 1. The Knowledge Center.
- ศุภเชษฐ์ เทศแยม, ศุภากฤต ชัยธีระภัทรพงศ์ และอานูภาพ พรหมทอง. (2556). การประเมินสารแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวขาวดอกมะลิและข้าวไร้ดอกพะยอม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม และอาทิตย์ รัชชีพันธุ์งาม. (2546). การสกัดของไหลวิกฤตยิ่งยวด. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 37-42.

- สายสนม ประดิษฐ์ดวง, เนื้อทอง วรานุวัธ และมณี แสงเงิน. 2532. การนำไคร้ข้าวมาใช้ประโยชน์. รายงานผลการวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สายสนม ประดิษฐ์ดวง, เนื้อทอง วรานุวัธ และรุ่งทิพย์ จุฑะมงคล. 2534. การนำไคร้ข้าวมาใช้ประโยชน์/สายสนม ประดิษฐ์ดวง, เนื้อทอง วรานุวัธ, รุ่งทิพย์ จุฑะมงคล. กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุวสี โลวีรกรณ์. 2549. อาหารต้านอนุมูลอิสระกับสุขภาพ. ขอนแก่น : สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. 2554. มหัศจรรย์นวัตกรรมข้าวไทย. กรุงเทพฯ : งานส่งเสริมภาพลักษณ์องค์กร สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ.
- สมวงษ์ ตระกูลรุ่ง. 2546. ยีนความหอมของข้าวหอมมะลิ. Lab Today. 9 : 66-69.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2544. ผลิตภัณฑ์ข้าวไทย: จากอดีตถึงปัจจุบันสู่อนาคต. อาหารและยา. 8(3), 69-74.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- อัญญา มโนสร้อย, ชลดา คำโน, กาญจนา เรือนโต และจีรเดช มโนสร้อย. (2548). การเตรียมสารสกัดและน้ำมันจากสมุนไพรไทยโดยใช้ Supercritical carbon dioxide และการกลั่น. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 302-371.
- Anekpankul, T., Goto, M., Sasaki, M., Pavasant, P. and Shotipruk. (2007). Extraction of anti-cancer damnacanthol from roots of *Morinda citrifolia* by subcritical water. Separation and Purification Technology, 55 : 343-349.
- Bonvehí, J.S., Coll, F.V. and Rius, I.A. (2000). Liquid chromatographic determination of tocopherols and tocotrienols in vegetable oils, formulated preparations, and biscuits. Journal of Association of Analytical Chemistry International. 83:3
- Boonakhom, T., Takashi, K. and Shuji A. (2014). Effects of repeated treatment on the properties of rice stem extract using subcritical water, ethanol, and their mixture. Journal of Industrial & Engineering Chemistry. 20 : 2610-2614.
- Budrat, P. and Shotipruk, A. (2009). Enhanced recovery of phenolic compounds from bitter melon (*Momordica charantia*) by subcritical water extraction. Separation and Purification Technology, 55 : 343-349.
- Chen, C.R., Wang, L.Y., Wang, C.H., Ho, W.J. and Chang, C.M.J. (2008). Supercritical carbon dioxide extraction of rice bran oil and column partition fractionation of gamma-oryzanols. Separation and Purification Technology. 61 : 358-365.

- Chen, M., Zhao, Y. and Yu, S. (2015). Optimisation of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from sugar beet molasses. *Food Chemistry*. 172 : 543–550.
- Cheruvanky, R. (2003). Phytochemical products: rice bran. *Phytochemical functional foods*.
- Choe, E. and Min, DB. 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Food Science and Food Safety*. 5 : 169–186.
- Combs Jr. G.F. (1992). *The vitamin : fundamental aspects in nutrition and health*. London : Academic Press Limited. 1992 : 179-98.
- Cum, G., Gallo, R., Spadaro, A. and Galli, G. (1988). Effect of static pressure on the ultrasonic activation of chemical reaction. Selective oxidation at benzylic carbon in the liquid phase. *Journal of the Chemical Society. Perkin Trans. 2* : 375-383.
- Curren, M.S.S. and King J.W. (2001). Solubility of triazine pesticides in pure and modified subcritical water. *Analysis Chemistry*. 73(4) : 740-745.
- Diack, M. and Saska, M. 1994. Separation of vitamin E and gamma-oryzanol from rice bran oil by normal-phase chromatography. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 71 : 1211-1217.
- Eikana, H.M., Colmohammad, F. and Rowshanzamir, S. (2007). Subcritical water extraction of essential oils from coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Food Engineering*. 80 : 735-740.
- Eitenmiller, R. and Lee, J. (2004). *Vitamin E : Food chemistry, composition, and analysis*. New York : Marcel Dekker, Inc.
- Eng, A.T.W., Heng, M.Y., and Ong, E.S. (2007). Evaluation of surfactant assisted pressurized liquid extraction for the determination of glycyrrhizin and ephedrine in medicinal plants. *Analytica Chimica Acta*. 583 : 289-295.
- Evershed, R.P., Spooner, N., Prescott M.C. and Goad, L.J. 1988. Isolation and characterization of intact steryl ferulate from seeds. *Journal of Chromatography*. 440 : 23-35.
- Fang, N.B., Yu, S.G. and Badger, T. M. 2003. Characterization of triterpene alcohol and sterol ferulates in rice bran using LC–MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51 : 3260–3267.

- Gamiz-Gracia, L. and Luque de Castro, M.D. (2000). Continuous subcritical water extraction of medicinal plant essential oil : comparison with conventional techniques. *Talanta*. 51 : 1179-1185.
- Halliwel B. and Gulteridge J.M.C. (1989). *Free radicals in biology and medicine*. 2nd ed. London : Charendon Press.
- Hamed, A.N., Manouchehr, V. and Gholamreza, P. (2015). The role of co-solvent in improving the direct transesterification of wet microalgal biomass under supercritical condition. *Bioresource Technology*. 193 : 90-96.
- Hanmoungjai, P., Pyle, L. and Niranjan, K. (2000). Extraction of rice bran oil using aqueous media. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 75 : 348-352.
- Holliday, R.L., King, J.W., and List, G.R. (1997). Hydrolysis of vegetable oils in Sub- and supercritical water. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 36(3) : 932-935.
- Houston, D.F. 1972. *Rice, Chemistry and Technology*, Houston, D.F. (Ed.). Minnesota : American Association of Cereal Chemistry Inc.
- Hu, W., Well, J.H., Shin, T. and Godber, J.S. 1996. Comparison of isopropanol and hexane for extraction of vitamin E and oryzanol from stabilized rice bran. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 73(12) : 1653-1656.
- Imsanguan, P., Roaysubtawee, A., Borirak, R., Pongamphai, S., Douglas, S. and Douglas, Peter L. (2008). Extraction of α -tocopherol and γ -oryzanol from rice bran. *LWT - Food Science and Technology* 41 : 1417-1424.
- Iqbal, J., Minhajuddin, M. and Beg Z.H. 2005. Hypolipidemic and antioxidant properties of tocotrienol rich fraction isolated from rice bran oil in experimentally induced hyperlipidemic rats. *Food and Chemical Toxicology*. 43 : 747-753.
- Jacob, H.S. and Lux S.E. (1968). Degradation of membrane phospholipids and thiols in peroxide hemolysis : studies in vitamin E deficiency. *Blood*. 32 : 549-68.
- Jacobson, L.S., Yuan, X.M., Zieden, B. and Olsson, A.G. (2004). Effect of α -tocopherol and astaxanthin on LDL oxidation and atherosclerosis in WHHL rabbits. *Atherosclerosis*. 173 : 231-237.
- Jensen, W.B. (2007). The Origin of the Soxhlet Extractor. *Journal of Chemical Education (ACS)*. 84(12) : 1913-1914.

- Jesus, S.P., Grimaldi, R. and Hense, H. (2010). Recovery of gamma-oryzanol from rice bran oil byproduct using supercritical fluid extraction. *Journal of supercritical Fluids*. 55 : 149–155.
- Jiang, Q., Christen, S., Shigenaga, M.K. and Ames, B.N. (2001). Alpha-Tocopherol, the major form of vitamin E in the US diet, deserves more attention. *American Society for Clinical Nutrition*. 74 : 714-722.
- John, R.D. (2009). Extraction techniques in analytical science. page 197-203. Juliano, O. 1985. *Rice : Chemistry and Technology*. Minnesota : American Association of Cereal Chemists.
- Juliano, O. 1993. *Rice in human nutrition*. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Karin, T., Siti, M., Wahyudiono., Ryuichi, F., Armando T.Q., Mitsuru, S., Motonobu, G., and Hideki, K. (2014). Extraction of rice bran oil by supercritical carbon dioxide and solubility consideration. *Separation and Purification Technology*. 125 : 319– 325.
- Kahlon, T.S., Chow, F.I., Chiu, M.M., Hudson, C.A. and Sayre, R.N. 1996. Cholesterol-lowering by rice bran and rice bran oil unsaponifiable matter in hamsters. *Journal of Cereal Chemistry*. 73 : 69-74.
- Kenneth. S.S. (1989). The chemical effects of ultrasound. *Scientific American*. 2 : 80-86.
- Kim, W.J., Kim, J., Veriansyah, B., Kim, J.D., Lee, Y.W., Oh, S.G. and Tjandrawinata, R.R. (2009). Extractions of bioactive components from *Centella asiatica* using subcritical water. *Journal of Supercritical Fluids*, 48 : 211-216.
- Kitagishi, K. and Yamane, I. 1981. *Heavy Metal Pollution in Soils in Japan*. Tokyo: Japan Scientific Societies.
- Kochhar, S.P. 2000. Stabilisation of frying oils with natural antioxidative components. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 102 : 552-559.
- Kontush, A., Wilfried, W. and Beisiegel, U. (2000). Alpha and Beta – Carotenes in low density lipoprotein are the preferred target for nitric oxide-induced oxidation. *Atherosclerosis*. 148 : 87-93.
- Kreuzer, H. 2000. *Dividends from rice*. Food Product Design, Weeks Publishing Company, USA Rice Foundation, Texas.

- Krishna, S. et al. 2001. Bioavailability and preliminary clinical efficacy of intrarectal artesunate in Ghanaian children with moderate malaria. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 45 : 509–516.
- Kwon, H.L. and Chung, M.S. (2015). Pilot-scale subcritical solvent extraction of curcuminoids from *Curcuma long* L. *Food Chemistry*. 185 : 58-64.
- Liao, J., Qu, B., Liu, D. and Zheng, N. (2015). New method to enhance the extraction yield of rutin from *Sophora japonica* using a novel ultrasonic extraction system by determining optimum ultrasonic frequency. *Ultrasonics Sonochemistry*. 27 : 110–116.
- Lijun W. and Curtis L.W. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Food science and technology*. 17 : 300-312.
- Liu, J., Chen, P., Yao, W., Wang, J., Wang, L., Deng, L., He, J., Zhang, G. and Lei, J. (2015). Subcritical water extraction of betulinic acid from birch bark. *Industrial Crops and Products*. 74 : 557–565.
- Lloyd, B.J., Siebenmorgen, T.J. and Beers, K.W. 2000. Effect of commercial processing on antioxidants in rice bran. *Cereal Chemistry*. 77(5) : 551-555.
- Lucy J.A. (1972). Functional and structural aspects of biological membranes : A suggested role for vitamin E in the control of membrane permeability. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 203 : 4-11.
- Luh, B.S. 1991. *Rice : Utilization, Volume II*. New York : Springer Science and Business Media New York.
- Luque de Castro, M.D. and Garcia-Ayuso, L.E. (1998). Soxhlet extraction of solid materials: An outdated technique with a promising innovative future. *Analytica Chimica Acta*. 369 : 1–10.
- Luque de Castro, M.D. and Valcarcel, M.T. (1994). *Analytical Supercritical fluid extraction*. Germany : Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Luque-Garcia, J.L. and Luque de Castro, M.D. (2004). Ultrasound-assisted Soxhlet extraction: An expeditive approach for solid sample treatment—Application to the extraction of total fat from oleaginous seeds. *Journal of Chromatography A*. 1034 : 237–242.
- Luthria, D.L. (2008). Influence of experimental conditions on the extraction of phenolic compounds from parsley (*Petroselinum crispum*) flakes using a pressurized liquid extractor. *Food Chemistry*. 107 : 745-752.

- Maikel M.I., Nieck E.B. and Jos T.F.K. (2003). Importance of acoustic shielding in sonochemistry. *Ultrasonics Sonochemistry*. 15(2008) : 294–300.
- Mamidipally, P.K. and Liu, S.X. (2004). First approach on rice bran oil extraction using limonene. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 106 : 122–125.
- Maryam, K. and Fereshteh, C. (2016). The ultrasound-assisted aqueous extraction of rice bran oil. *Food Chemistry*. 194 : 503-507.
- McCaskill, D.R. and Zhang F. 1999. Use of rice bran oil in foods. *Food Technology*. 53(2) : 50-53.
- Molyneux, P. 2005. The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant. *Polymer chemistry*.
- Nawar, W.W. 1996. *Food chemistry*, Fennema, O.R. (Ed.). New York : Marcel Dekker
- Nesaretnam, K., Stephen, R., Dils, R., and Darbre, P. 1998. Tocotrienols inhibit the growth of human breast cancer cells irrespective of estrogen receptor status. *Lipids*. 33 : 461–469.
- Norton, R.A. 1995. Quantification of steryl ferulate and p-coumarate esters from corn and rice bran. *Lipids*. 30 : 269-274.
- Ohira, H., Torii, N., Aida, T.M., Watanabe, M. and Smith Jr, R.L. (2009). Rapid separation of shikimic acid from Chinese star anise (*Illicium verum* Hook. F.) with hot water extraction. *Separation and Purification Technology*. 69 : 102-108.
- Olcott, H.S. and Mattil, H.A. (1931). The unsaponifiable lipids of lettuce. II Fractionation. *The Journal of Biological Chemistry*. 93 : 59-64.
- Orthofer, F.T. 1996. Rice Bran Oil : Healthy Lipid Source. *Food Technology*. 50(12) : 62-64.
- Ozer, N.K. and Azzi, A. (2000). Effect of vitamin E on the development of atherosclerosis. *Toxicology*. 148 : 179-185.
- Patel, M. and Naik, S.N. 2004. Gamma-oryzanol from rice bran oil – A review. *Journal of Scientific and Industrial Research*. 63 : 569-578.
- Pronky, C. and Mazza, G. (2009). Design and scale-up of pressurized fluid extractors for food and bioproducts. *Journal of Food Engineering*. 95 : 215–226.
- Rangsriwong, P., Rangkadilok, N., Satayavivad, J., Goto, M. and Shotipruk, A. (2009). Subcritical water extraction of polyphenolic compound from *Terminalia chebula* Retz. fruits. *Separation and Purification Technology*. 66 : 51-56.

- Raphaela, G. B., Walter, A. R. F., Julia, T. P., Tubata T.G. and Fernando A.C. (2016). Solubility of gamma-oryzanol in supercritical carbon dioxide and extraction from rice bran. *Supercritical fluid*. 107 : 196-200.
- Rashed, M.M.A., Tong, Q., Abdelhai, M.H., Gasmalla, M.A.A., Ndayishimiye, J.B., Chen, L. and Ren, F. (2016). Effect of ultrasonic treatment on total phenolic extraction from *Lavandula pubescens* and its application in palm olein oil industry. *Ultrasonics Sonochemistry*. 29 : 39-47.
- Reid, R.C., Prausnitz J.M. and Bruce E.P. (1987). *The Properties of Gases and Liquids*. New York : McGraw-Hill.
- Reza, T. and Ashraf, N. (2011). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of natural antioxidants from rice bran using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry* 18 : 1279-1286.
- Rogers, E.J., Rice, S.M., Nicolosi, R.J., Carpenter, D.R., McClelland, C.A. and Romanczyk, Jr. 1993. Identification and quantitation of gamma-oryzanol components and simultaneous assessment of tocopherols in rice bran oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 70(3), 301 : 307.
- Rong, N., Ausman, L.M. and Nicholosi, R.J. 1997. Oryzanol decreases cholesterol absorption and aortic fatty streaks in hamsters. *Lipids*. 32 : 303-309.
- Rose, A.T., David, W. and Fadden, M.C. (2001). Alpha-tocopherol succinate inhibits growth of gastric cancer cell in vitro. *Journal of Surgical Research*. 95 : 19-22.
- Ruen-Ngam, D., Thawai, C., Nokkoul, R. and Sukonthamut, S. (2014). Gamma-oryzanol extraction from upland rice. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*. 4(4).
- Saska, M. and Rossiter, G.J. 1998. Recovery of gamma-oryzanol from rice bran oil with silica - based continuous chromatography. *Journal of the American Oil Chemists' society*. 75(10) : 1421-1427.
- Savy, D., Mazzei, P., Roque, R., Nuzzo, A., Bowra, S. and Santos, R. (2015). Structural recognition of lignin isolated from bioenergy crops by subcritical water: ethanol extraction. *Fuel Processing Technology*.
- Sayre, B. and Saunders, R. 1990. Rice bran and rice bran oil. *Lipid Technology*. 2 : 72-76.

- Seetharamaiah, G.S. and Prabhakar, J.V. 1986. Oryzanol content of Indian rice bran oil and its extraction from soap stock. *Journal of Food Science and Technology*. 23 : 270-276.
- Seitz, L.M. 1989. Stanol and sterol esters of ferulic acid p-coumaric acids in wheat, corn, rye and triticale. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 37 : 662-667.
- Sheppard, A.J., Pennington, J.A.T. and Weihrauch, J.L. (1993). Analysis and distribution of vitamin E in vegetable oil and food. In: Packer, L. and Fuch, J. *Vitamin E in Health and Disease*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Shin, T. and Godber J.S. 1994. Isolation of four tocopherols and four tocotrienols from a variety of natural sources by semi-preparative high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*. 678(1) : 49-58.
- Teledyne Isco. Supercritical fluid application in manufacturing and materials production. Syringe Pump Application Note AN1, 28 September 2012.
- Timothy J.M. (1991). *Pratial sonochemistry*. ELLS HORWOOD LIMITED. England.
- Vinatoru, M., Toma, M., Paniwnyk, L. and Mason, T.J. (2003). Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*. 8 : 137-142.
- Van Hoed, V., Depaemelaere, G., Vila A.J., Santiwattana, P., Verhe, R. and De G.W. 2006. Influence of chemical refining on the major and minor components of rice brain oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 83 : 315-21.
- Wagner, W. and Prub, A. (2002). The IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use. *Journal of Physical Chemistry*. 31 : 387.
- Weena, S., Harvind, K.R., Tapaswy, M., Sundaravadelnathan, P., Vittaya, P., Francisco, H., Barry, Dungan. and Shuguang, D. (2015). Single-step conversion of wet *Nannochloropsis gaditana* to biodiesel under subcritical methanol conditions. *Fuel*. 147 : 253-259.
- Weber, P., Bendich, A., and Machilin, L.J. (1997). Vitamin E and human health : rationale for determining recommended intake levels. *Nutrition*. 13(5) : 450-460.
- Williams C.M. and Dickerson J.W.T. (1990). Nutrition and Cancer-Some Biochemical Mechanisms. *Nutrition research reviews*. 3(1) : 75-100.

- Xu, Z. and Godber, J.S. 1999. Purification and identification of components of gamma-oryzanol in rice bran oil. *Journal of Agriculture Food Chemistry*. 47(7) : 2724-2728.
- Xu, Z., Hua, N. and Godber, J.S. 2001. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and gamma-oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis(2-methylpropionamide) dihydrochloride. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49 : 2077-2081.
- Zarnowski, R. and Suzuki, Y. (2004). Expedient Soxhlet extraction of resorcinolic lipids from wheat grains. *Journal of Food Composition and Analysis*. 17 : 649-664.
- Zekovic, Z., Busi, A., Komes, D., Vlastic, J., Adamovic, D. and Pavlic, B. (2015). Coriander seeds processing: Sequential extraction of non-polar and polar fractions using supercritical carbon dioxide extraction and ultrasound-assisted extraction. *Food and bioproducts processing*. 95 : 218-227.
- Zigoneanu, I.G., Williams, L., Xu, Z. and Sabliov, C.M. (2008). Determination of antioxidant components in rice bran oil extracted by microwave-assisted method. *Bioresource Technology*. 99 : 4910-4918.
- Zullaikah, S., Melwita, E. and Ju, Y.H. 2009. Isolation of oryzanol from crude rice bran oil. *Bioresource Technology*. 100 : 299-302.
- [ONLINE].Available : <http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=19.htm> ค้นเมื่อ 8 เมษายน 2557.
- [ONLINE].Available : <http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=99.htm> ค้นเมื่อ 8 เมษายน 2557.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลของตัวทำละลาย

1. ข้อมูลของตัวทำละลาย

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลตัวทำละลายต่างๆ (Reid และคณะ, 1987; Hamed และคณะ, 2015)

ตัวทำละลาย	มวลโมเลกุล (กรัมต่อโมล)	จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (25 องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่จุดวิกฤต (องศาเซลเซียส)	ความดันที่จุดวิกฤต (เมกะพาสคาล)
คาร์บอนไดออกไซด์	44.01	-78.5 (ระเหิด)	1.60 (0 °C)	31.10	7.38
เฮกเซน	86.18	69	1.88	234.45	30.25
เอทิลอะซิเตต	88.11	77	6.02	260.00	3.90
อะซิโตน	58.08	56	20.70	235.10	4.70
ไอโซโพรพานอล	60.10	82	19.92	235.60	5.37
เอทานอล	46.07	79	24.55	240.90	6.14
เมทานอล	32.04	65	32.70	239.60	8.09
น้ำ	18.02	100	80.1	374.10	22.06

2. สภาพที่ใช้ในการระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศ (Evaporator)

อุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยตัวทำละลาย (bath temperature) คือ 45 องศาเซลเซียส ใช้ความเร็วรอบในการหมุนเป็น 120 รอบต่อนาที และควบคุมความดันการระเหยของตัวทำละลายดังนี้

1. ตัวอย่างที่ใช้เฮกเซน (Hexane) เป็นตัวทำละลาย จะใช้ความดันเป็น 360 มิลลิบาร์
2. ตัวอย่างที่ใช้เอทิลอะซิเตต (Ethyl acetate) เป็นตัวทำละลาย จะใช้ความดันเป็น 260 มิลลิบาร์
3. ตัวอย่างที่ใช้อะซิโตน (Acetone) เป็นตัวทำละลาย จะใช้ความดันเป็น 560 มิลลิบาร์
4. ตัวอย่างที่ใช้ไอโซโพรพานอล (Isopropanol) เป็นตัวทำละลาย จะใช้ความดันเป็น 150 มิลลิบาร์
5. ตัวอย่างที่ใช้เอทานอล (Ethanol) เป็นตัวทำละลาย จะใช้ความดันเป็น 200 มิลลิบาร์

ภาคผนวก ข

การวัดปริมาณสารแกมมาไอโซซานอลด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

1. การเตรียมเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมเฟสเคลื่อนที่นี้จะต้องล้างให้สะอาดก่อนนำไปใช้ หลังจากล้างเสร็จแล้ว ให้นำมาล้างด้วยน้ำกลั่น ก่อนนำไปล้างด้วยเอทานอลอีกครั้ง จากนั้นจะนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจนแห้งก่อนนำไปใช้

เฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) ที่ใช้ประกอบเมทานอล ไอโซโพรพานอล และเอทิลอะซิเตต (HPLC grade) ในอัตราส่วน 47.5 : 40 : 12.5 ตามลำดับ เมื่อทำการเตรียมเฟสเคลื่อนที่ตามอัตราส่วนดังกล่าวแล้ว จะนำไปกรองผ่านแผ่นกรองชนิด PTFE ขนาด 0.22 ไมโครเมตร จากนั้นจึงไปทำการสันสะเทือนด้วยคลื่นเสียงเป็นเวลา 30 นาที เพื่อไล่อากาศออกจากเฟสเคลื่อนที่

2. การเตรียมกราฟมาตรฐานแกมมาไอโซซานอล

2.1 เตรียมความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแกมมาไอโซซานอล ได้แก่ 50 30 20 10 5 1 0.5 0.1 และ 0.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2.2 นำสารละลายมาตรฐานแกมมาไอโซซานอลแต่ละความเข้มข้น มากรองผ่านหัวกรองตัวอย่างชนิด PTFE ที่มีขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร

2.3 วิเคราะห์สารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่างๆ ด้วยเครื่อง HPLC

2.4 นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานกับพื้นที่ใต้พีค

หมายเหตุ : ใช้เฟสเคลื่อนที่ในการละลายสารมาตรฐานและการเจือจาง

3. การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างน้ำมันรำข้าวความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม โดยละลายตัวอย่างในเฟสเคลื่อนที่ แล้วกรองผ่านหัวกรองตัวอย่างชนิด PTFE ที่มีขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร จากนั้นวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานแกมมาไฮโรซานอล เพื่อหาปริมาณแกมมาไฮโรซานอลในตัวอย่าง ซึ่งสามารถเตรียมตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

1. เตรียมสารละลายตัวอย่าง (stock solution) ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยชั่งสารตัวอย่าง 1 มิลลิกรัม ละลายในเฟสเคลื่อนที่ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ละลายสารจนผสมเข้ากัน
2. เจือจางสารละลายตัวอย่างจาก 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ให้ได้ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 C_1V_1 &= C_2V_2 \\
 (1000 \mu\text{g/mL}) (V_1) &= (100 \mu\text{g/mL}) (1 \text{ mL}) \\
 V_1 &= \frac{(100 \mu\text{g/mL})(1 \text{ mL})}{(1000 \mu\text{g/mL})} \\
 V_1 &= 0.1 \text{ mL} \\
 &= 100 \mu\text{L}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ต้องใช้สารละลายตัวอย่าง ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เป็นปริมาตร 30 ไมโครลิตร และเติม mobile phase เป็นปริมาตร 970 ไมโครลิตร จะได้สารละลายตัวอย่าง ที่ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

3. วิเคราะห์ตัวอย่างสารละลาย โดยใช้ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC หาพื้นที่ใต้พีค

ภาคผนวก ค

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

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

ความเข้มข้นของ DPPH ที่ใช้ คือ 0.2 มิลลิโมลาร์ มีวิธีเตรียมดังนี้

1.1 ชั่ง DPPH มา 0.0040 กรัม (6.9 มิลลิกรัม) ละลายในเอทานอล 50 มิลลิลิตร

1.2 ละลายด้วยเครื่องโซนิคเคท เป็นเวลา 15 นาที

1.3 กรองผ่านแผ่นกรองที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร

1.4 เก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและมืดสนิท

หมายเหตุ : มวลโมเลกุลของ DPPH เท่ากับ 394.32

2. การเตรียมกราฟมาตรฐาน BHT (butylated hydroxytoluene)

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน BHT ความเข้มข้น 1.5625×10^{-2} 3.125×10^{-2} 6.25×10^{-2} 0.125 0.25 0.5 1 1.5 และ 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2.4 นำสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่างๆ ใส่ลงในเพลท (96-well plate) หลุดละ 100 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH 0.20 มิลลิโมลาร์ หลุดละ 100 ไมโครลิตร

2.5 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ (Microplate reader) ที่ความยาวคลื่น 492 นาโนเมตร

2.6 นำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50

3. การหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC₅₀)

ในการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 จะใช้โปรแกรม Graphpad prism 5.0 ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 เปิดโปรแกรม Graphpad prism 5.0

3.2 เมื่อเปิดโปรแกรมจะมาหน้าต่าง “Welcome to Graphpad Prism” ขึ้นมา ให้ทำการตั้งค่าดังนี้

New table & graph : XY

Sample data : Start with an amply data table

Choose a graph : Points and connecting line

Subcolumns for replicates or error values : Enter and plot a single Y value for each point

เมื่อตั้งค่าข้างตั้งเรียบร้อยแล้ว ให้กดที่ปุ่ม “Create”

3.3 เมื่อกดที่ปุ่ม “Create” แล้ว จะปรากฏตาราง จากนั้นให้ทำการป้อนข้อมูลร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของแต่ละความเข้มข้น โดยป้อนข้อมูลความเข้มข้นใส่ในคอลัมน์ X ให้ความเข้มข้นต่ำสุดอยู่ด้านบนสุดและความเข้มข้นสูงสุดอยู่ด้านล่าง และป้อนข้อมูลร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของแต่ละซ้ำลงในคอลัมน์ เมื่อป้อนข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ให้ใส่พิกัด “50” ต่อท้ายร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระของแต่ละซ้ำ

3.4 เมื่อป้อนข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ให้กดที่ปุ่ม “Analyze” จะมาหน้าต่าง “Analyze Data” ขึ้นมา จากนั้นคลิกเลือก “Fit spline/LOWESS” แล้วกดที่ปุ่ม “OK”

3.5 เมื่อกดที่ปุ่ม “OK” แล้ว จะมาหน้าต่าง “Parameters : Fit Spline/LOWESS” ขึ้นมา ให้ทำการตั้งค่าดังนี้

Method to create curve : Cubic spline

Number of segments : 1000

Standard curve calculations : Standard curve. X from Y.

เมื่อตั้งค่าข้างต้นเรียบร้อยแล้ว ให้กดที่ปุ่ม “OK”

3.6 จากนั้นให้ไปคลิกที่ “Interpolated X value” จะปรากฏค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ของแต่ละซ้ำออกมา

3.7 นำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ของแต่ละปัจจัยก่อนนำไปเปรียบเทียบทางสถิติ

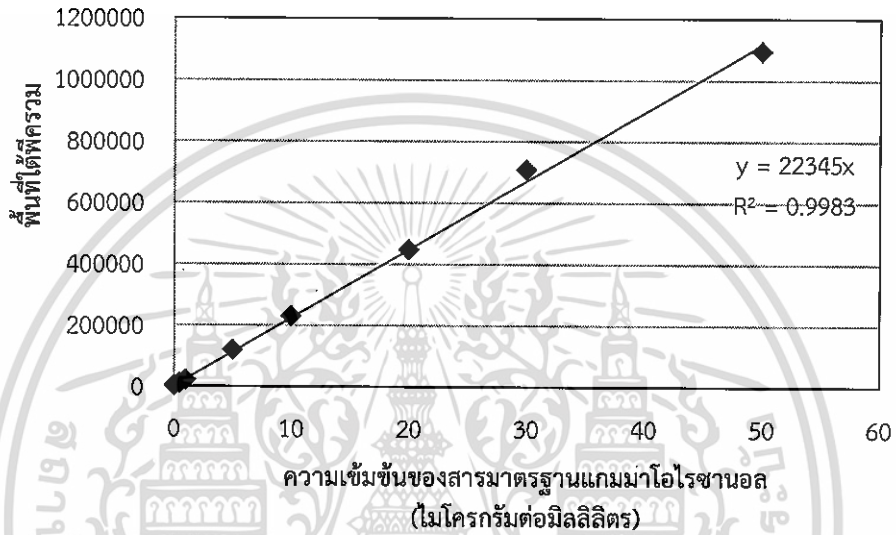


ภาคผนวก ง

กราฟมาตรฐาน

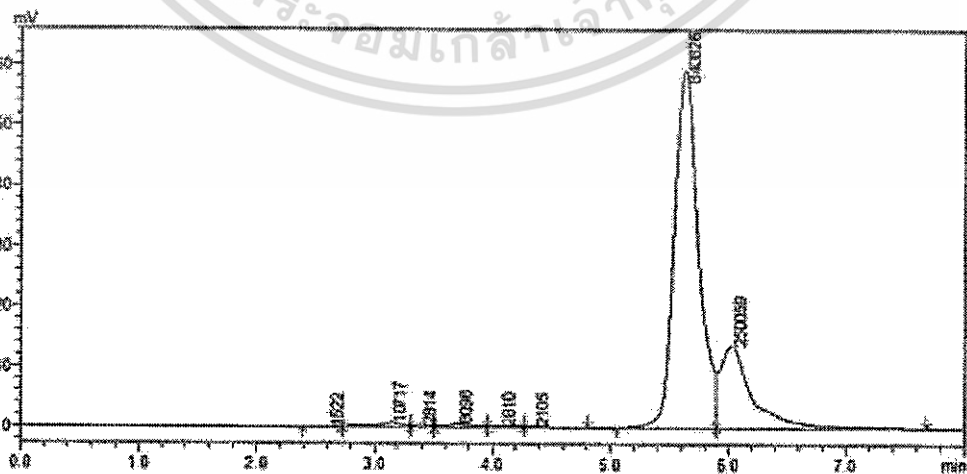
1. กราฟมาตรฐานแกมมาโอโรซานอล

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแกมมาโอโรซานอลที่ใช้ ได้แก่ 0.05 0.1 0.5 1 5 10 20 30 และ 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ได้กราฟมาตรฐานดังนี้



รูปที่ ง.1 กราฟมาตรฐานของสารแกมมาโอโรซานอล

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ของสารละลายมาตรฐานแกมมาโอโรซานอลเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่วิเคราะห์ที่ความยาวคลื่น 330 นาโนเมตร พบสารแกมมาโอโรซานอลที่เวลา 5.6 และ 6.0 นาที

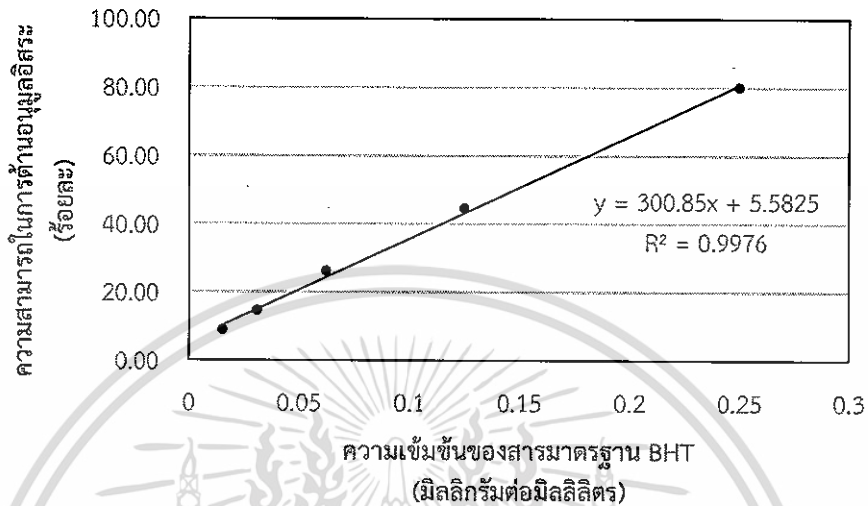


รูปที่ ง.2 พีคของสารมาตรฐานแกมมาโอโรซานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กราฟมาตรฐานของสาร BHT

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน BHT ที่ใช้ได้แก่ 1.5625×10^{-2} 3.125×10^{-2} 6.25×10^{-2} 0.125 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ได้กราฟมาตรฐานดังนี้



รูปที่ ง.3 กราฟมาตรฐานของสาร BHT

จากสมการเชิงเส้น $y = 300.85x + 5.5825$ เมื่อแทนค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 ($y = 50$) จะทำให้ได้ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) ของสารมาตรฐาน BHT มีค่าเท่ากับ 0.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ภาคผนวก จ

การคำนวณ

1. การคำนวณหาปริมาณน้ำมัน

ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จะรายงานค่าโดยใช้หน่วยเป็นกรัมต่อกรัมรำข้าว ซึ่งจะหาได้จากสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณน้ำมันรำข้าว (w/w)} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำมันรำข้าวที่สกัดได้จากรำข้าว 5 กรัม}}{\text{น้ำหนักแห้งของรำข้าว 5 กรัม}}$$

2. การคำนวณหาปริมาณแกมมาโอไรซานอล

ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าวจะรายงานค่าโดยใช้หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว ซึ่งปริมาณแกมมาโอไรซานอลหาได้จากการนำพื้นที่ใต้พีคที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เปลี่ยนพื้นที่ใต้กราฟให้เป็นหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้สมการเชิงเส้นที่ได้จากกราฟมาตรฐานแกมมาโอไรซานอล คือ $y = 22345x$ โดยให้แทนค่าพื้นที่ใต้กราฟเป็นค่า y ในสมการเชิงเส้น

2) เปลี่ยนหน่วยจากไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรไปเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว ดังนี้

ตัวอย่าง โดยเลือกใช้ตัวอย่าง SCO2 ที่มีปริมาณน้ำมัน เท่ากับ 0.1688 g oil / g rice bran และเมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ที่ความเข้มข้น 100 ug oil / ml solvent พบว่ามีพื้นที่ใต้พีค เท่ากับ 65686 โดยต้องการหาปริมาณแกมมาโอไรซานอลในหน่วย “มิลลิกรัมของแกมมาโอไรซานอลต่อกรัมรำข้าว” (mg oryzanol /g rice bran)

วิธีทำ เมื่อทำกราฟมาตรฐานของสารแกมมาโอไรซานอลอยู่ในช่วง 0.05-50 ug oryzanol / ml solvent จะได้สมการเชิงเส้นว่า $y = 22345x$

และเมื่อฉีดตัวอย่างน้ำมันรำข้าวที่สกัดจาก Supercritical Carbon dioxide ไปในเครื่อง HPLC ที่ความเข้มข้น 100 ug oil / ml solvent พบว่ามีพื้นที่ใต้พีค เท่ากับ 65686 ซึ่งจะคำนวณหาความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลในตัวอย่างได้จากสมการเชิงเส้นดังนี้

จากกราฟมาตรฐาน แกน x คือ ความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอล

และ แกน y คือ พื้นที่ใต้พีค

จาก $y = 22345x$

$$65686 = 22345x$$

$$x = 65686/22345 = 2.9396 \text{ ug oryzanol / ml solvent}$$

เพราะฉะนั้น ความเข้มข้นของแกมมาโอไรซานอลในตัวอย่าง เท่ากับ 2.9396 ug oryzanol

/ ml solvent

วิเคราะห์ตัวอย่างที่ 100 ug oil / ml solvent จะมีแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ 2.9396 ug oryzanol / ml solvent

ถ้าวิเคราะห์ตัวอย่างที่ 1000 ug oil / ml solvent จะมีแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ $(2.9396 \times 1000)/100$

ถ้าวิเคราะห์ตัวอย่างที่ 1000 ug oil / ml solvent จะมีแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ 29.396 ug oryzanol / ml solvent

หรือ วิเคราะห์ตัวอย่างที่ 1 mg oil / ml solvent จะมีแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ 29.396 ug oryzanol / ml solvent

จะได้ว่า ในน้ำมันรำข้าว 1 mg จะมีแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ 29.396 ug oryzanol / mg oil เพราะฉะนั้น ในน้ำมันรำข้าว 1 g จะมีแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ 29.396×1000

ในน้ำมันรำข้าว 1 g จะมีแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ 29,396 ug oryzanol / g oil และเมื่อตัวอย่าง SCO2 No.1 ที่มีปริมาณน้ำมัน เท่ากับ 0.1688 g oil / g rice bran

จะได้ว่า ในน้ำมันรำข้าว 1 g จะมีแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ 29,396 ug oryzanol เพราะฉะนั้น ในน้ำมันรำข้าว 0.1688 g จะมีแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ $29,396 \times 0.1688$

ในน้ำมันรำข้าว 0.1688 g จะมีแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ 4962.04 ug oryzanol

ดังนั้น ในรำข้าว 1 g จะสกัดได้น้ำมันรำข้าวได้ 0.1688 g ซึ่งมีปริมาณแกมมาโอไรซานอล 4962.04 ug

กล่าวคือ ในรำข้าว 1 g จะมีปริมาณแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ 4962.04 ug oryzanol

หรือ ในรำข้าว 1 g จะมีปริมาณแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ $4962.04/1000$

ในรำข้าว 1 g จะมีปริมาณแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ 4.962 mg oryzanol

เพราะฉะนั้น ตัวอย่าง SCO2 No.1 จะมีปริมาณแกมมาโอไรซานอล เท่ากับ 4.962 mg oryzanol / g rice bran

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย ศุภาภฤต ชัยธีระภัทรพงศ์
วัน เดือน ปีเกิด	8 สิงหาคม พ.ศ. 2534
ที่อยู่ปัจจุบัน	449/224 ซอย สุวินทวงศ์ 11 ถนน สุวินทวงศ์ แขวง แสนแสบ เขต มีนบุรี จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10510
ประวัติการศึกษา	(2556) วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2559) วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนอุดหนุนการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาของคณะวิทยาศาสตร์
ผลงานทางวิชาการ	Chaiteerapatarapong, S., Thawai, C. and Ruen-ngam D. 2014. “Alternative Extraction Methods for Oil with High Antioxidant Activity from Upland Rice Bran.” The 12 th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology. (Oral presentation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้