

การศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยวิธีการ  
สกัดแบบแช่และแบบใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัดโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง

STUDY ON MACERATION AND ULTRASONIC ASSISTED EXTRACTION  
OF PAPAYA SEED OIL BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร  
คณะอุตสาหกรรมเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2559

การศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยวิธีการ

สกัดแบบแช่และแบบใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัดโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง

STUDY ON MACERATION AND ULTRASONIC ASSISTED EXTRACTION  
OF PAPAYA SEED OIL BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY



T148840



สาขา.....  
เลขทะเบียน..... 148840  
ในเดือนปี..... 30 11 2560

b. 148840145  
l. ....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยวิธีการ

สกัดแบบแช่และแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง

STUDY ON MACERATION AND ULTRASONIC ASSISTED EXTRACTION  
OF PAPAYA SEED OIL BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

สุกัญญา สุระ รหัสนักศึกษา 55080203

หนึ่งฤทัย หนูนยศ รหัสนักศึกษา 55080207

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

16 / 5 / 59

( ดร.กิตติชัย บรรจง )

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยวิธีการสกัดแบบแช่และแบบใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัดโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง

นักศึกษา สุภิญญา สุระ รหัสนักศึกษา 55080203  
หนึ่งฤทัย หนูนยศ รหัสนักศึกษา 55080207

หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กิตติชัย บรรจง

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่ให้ผลการสกัดปริมาณน้ำมันสูงสุด ในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอ ใช้วิธีการสกัดสองวิธี ได้แก่ การสกัดแบบแช่และการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัด โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดได้แก่ อุณหภูมิ, เวลา, และสัดส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อเฮกเซนด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนองพบว่า วิธีการสกัดแบบแช่จะสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอได้สูงสุดมี 29.14% ของน้ำหนักเมล็ดมะละกอที่ใช้ ในเวลา 9 ชั่วโมง ขณะที่วิธีการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัด สกัดน้ำมันได้สูงสุดมี 27.45% ของน้ำหนักเมล็ดมะละกอที่ใช้ ในเวลาเพียง 35.47 นาที เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำมันจากเมล็ดมะละกอที่สกัดโดยวิธีนี้ได้แก่ 1) การสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 2) การสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส 3) การสกัดแบบบริฟล็กซ์ และ 4) การสกัดแบบใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัด โดยพิจารณาจากค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าความเป็นกรด ค่ากรดไขมันอิสระ ค่าพาราอะนิซิดีน ค่าไอโอดีน และค่าความคงตัวของน้ำมัน พบว่าวิธีการสกัดน้ำมันมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมัน อย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ )

คำสำคัญ : น้ำมันเมล็ดมะละกอ , การสกัดแบบแช่, การสกัดแบบใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัด, คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Special problem title</b>	Study on maceration and ultrasonic assisted extraction of papaya seed oil by response surface methodology	
<b>Student name</b>	Sukanya Sura	Student ID 55080203
	Nuengruethai Noonyos	Student ID 55080207
<b>Program</b>	Bachelor of Food Process Engineering	
<b>Year</b>	2016	
<b>Advisor</b>	Dr. Kittichai Banjong	

### ABSTRACT

The objective of this study was to optimize two extraction method including maceration extraction and ultrasonic assisted extraction by response surface methodology. The factors studies were temperature , time and papaya seed to hexane ratio. It was found that the highest recovery oil from maceration method was 29.14% in 9 hours while ultrasonic assisted extraction gave 27.45 % recovery oil in only 35.47 minutes. The physicochemical properties of 4 extraction method including were compared 1) maceration at temperature 30 °C and 2) at temperature 58 °C , 3) reflux and 4) ultrasonic assisted extraction . The main analytical tests were peroxide value (PV) , acid value (AV) , free fatty acid (FFA) , p- anisidine value , totox value (TV) , and iodine value (IV). The results indicated that extraction method significant affected the oil physicochemical properties (  $P \leq 0.05$  )

**Keywords :** Papaya seed oil , Maceration extraction , Ultrasonic assisted extraction , Optimization extraction ,Chemical properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่อง การศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยวิธีการสกัดแบบแช่และแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดโดยใช้วิธีพื้นผิวตบสนอง เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความรู้จาก ดร.กิตติชัย บรรจงอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษนี้ที่ ได้สละเวลาอันมีค่ามาคอยให้คำปรึกษาแนะนำช่วยเหลือให้ข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์คอยเอาใจใส่ตรวจสอบและแก้ไข รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้เพื่อให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาในคณะอุตสาหกรรมเกษตรจนกระทั่งประสบความสำเร็จในวันนี้

รวมถึงขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและนักวิทยาศาสตร์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำในการใช้เครื่องมือต่างๆและช่วยอำนวยความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณพ่อแม่ครอบครัวร้านขายผลไม้รวมถึงเพื่อนๆและพี่ๆทุกคนที่คอยช่วยเหลือในการหาเมล็ดมะละกอหาข้อมูลและให้คำปรึกษาแนะนำให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ทำให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุกัญญา สุระ

หนึ่งฤทัย หนูนยศ

16 พฤษภาคม 2559

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2. วัตถุประสงค์ของปัญหา.....	1
1.3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
2.1. เทคนิคการสกัด.....	2
2.2. เมล็ดมะละกอ.....	3
2.3. น้ำมันเมล็ดมะละกอ.....	6
2.4. คุณภาพของน้ำมัน.....	6
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	7
3.1. วัสดุดิบและสารเคมี.....	7
3.2. อุปกรณ์.....	8
3.3. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	8
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	13
4.1. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดมะละกอ.....	13
4.2. ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแบบแช่.....	13
4.3. ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด.....	16
4.4. การเปรียบเทียบผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดแบบแช่ และแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด.....	20
4.5. ผลของปัจจัยในการสกัดต่อปริมาณผลตอบแทนในการสกัด.....	20
4.6. ผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพทางเคมีของน้ำมันเมล็ดมะละกอ.....	21
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	25
บรรณานุกรม.....	27
ภาคผนวก.....	29
ประวัติผู้เขียน.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่หน้า	หน้า
2.1. องค์ประกอบของเมล็ดมะละกอสด.....	4
2.2. แร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ดมะละกอ (mg/100).....	4
2.3. กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ดมะละกอ.....	5
2.4. Relative fatty acid composition (%) of papaya seed oil .....	6
2.5. Physicochemical characteristics of papaya seed oil.....	6
3.1. เมทริกซ์ของการสกัดแบบแช่.....	9
3.2. เมทริกซ์ของการสกัดอัลตราโซนิกส์ช่วยสกัด.....	10
4.1. ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำมันทั้งหมดในตัวอย่างเมล็ดมะละกอ.....	14
4.2. ผลของอัตราส่วนที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอของการสกัดแบบแช่.....	14
4.3. ผลของอัตราส่วนที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอของการสกัดแบบ อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัด.....	17
4.4. การเปรียบเทียบผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพทางเคมีของน้ำมันเมล็ดมะละกอ.....	22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญภาพ

รูปภาพ	หน้า
4.1. กราฟ 3 มิติ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา , อุณหภูมิ และสัดส่วนของเมล็ดมะละกอต่อกเฮกเซนการสสกัดแบบแช่.....	15
4.3. กราฟ 3 มิติ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา , อุณหภูมิ,และสัดส่วนของเมล็ดมะละกอต่อกเฮกเซนการสสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ในการช่วยสกัด.....	18
4.3 กราฟแสดงคอนทัวร์พอด เวลา ,อุณหภูมิ, และสัดส่วนของเมล็ดมะละกอต่อกเฮกเซน.....	19



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะละกอเป็นพืชชนิดหนึ่งที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย เป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตง่าย สามารถเจริญได้ดีในประเทศไทย ด้วยความที่มะละกอมีรสชาติที่ดีและมีประโยชน์ทางโภชนาการสูง มะละกอจึงเป็นผลไม้ที่มีการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย หลังจากการบริโภคก็มีเมล็ดมะละกอตามมาเสมอ ซึ่งเมล็ดมะละกอดังกล่าวถือเป็นของเหลือใช้ในอุตสาหกรรมและมีค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นในการกำจัดตามมาภายหลังกระบวนการผลิตการนำของเหลือใช้ดังกล่าวเช่นเมล็ดมะละกอมาผ่านการแปรรูปให้กลายเป็นสินค้าที่มีมูลค่าจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจยิ่งนักเช่น การสกัดสารประกอบต่างๆในเมล็ดมะละกอ เป็นต้น ในที่นี้จะพูดถึงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยวิธีการสกัดแบบแช่และการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดว่าวิธีการสกัดแบบใดให้ปริมาณน้ำมันมาก สภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะใด และพิจารณาว่าวิธีการสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งถือเป็นวิธีการสกัดที่อุณหภูมิต่ำ การสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส ซึ่งถือเป็นวิธีการสกัดที่อุณหภูมิสูง วิธีการสกัดแบบรีฟลักซ์ และวิธีการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด ให้น้ำมันที่สกัดได้ที่มีคุณสมบัติทางเคมีต่างกันหรือไม่

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาสภาวะที่ดีที่สุดในการสกัดโดยวิธีแช่และการใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด
- 1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดแบบแช่ และการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันและคุณสมบัติของน้ำมัน

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการทดลองคาดหวังว่าผลการทดลองดังกล่าวจะทำให้ทราบสภาวะเหมาะสมของการสกัดแบบแช่และการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด ที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันสูงและผลที่มีต่อคุณภาพทางด้านเคมีของน้ำมันที่สกัดได้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 เทคนิคการสกัด

#### 2.1.1 การสกัดด้วยวิธีแช่ (Maceration)

การสกัดด้วยวิธีการแช่เป็นการสกัดที่อาศัยหลักการแพร่ของสารประกอบในตัวถูกละลายออกสู่ตัวทำละลายโดยการสกัดด้วยวิธีการแช่เป็นวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมที่รู้จักกันทั่วไปเนื่องจากการสกัดดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายที่มากพอ ค่อนข้างใช้เวลาในการสกัดมากและมักทำการสกัดร่วมกับการใช้อุณหภูมิสูงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดเนื่องจากอุณหภูมิสูงจะส่งผลให้น้ำเยื่อของตัวถูกละลายมีความอ่อนตัวลงจึงส่งผลให้สารประกอบต่างๆสามารถออกมาสู่สารละลายได้ดีขึ้น ข้อดีของการสกัดด้วยวิธีแช่คือเป็นวิธีการสกัดที่ดำเนินการได้ง่าย ไม่ซับซ้อน แต่เนื่องจากการสกัดดังกล่าวต้องใช้ตัวทำละลายในปริมาณมากใช้เวลาในการสกัดนานและใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงจึงส่งผลให้วิธีการสกัดด้วยวิธีแช่มีข้อจำกัด เช่น มีตัวทำละลายที่เหลือจากการสกัดปริมาณมาก ส่งผลให้ต้องกำจัดสารละลายดังกล่าวออกในปริมาณมากในบางกรณี สารละลายดังกล่าวถือเป็นของเหลือที่ได้จากการสกัดซึ่งอาจยากต่อการกำจัดและส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมหรือปริมาณสารสกัดที่ได้ไม่คุ้มต่อเวลาที่เสียไปและในสภาวะการสกัดดังกล่าวส่งผลให้สารละลายที่สกัดได้สูญเสียสารประกอบที่ไม่เสถียรต่อความร้อน เป็นต้น

Kowalski และคณะ (2015) ได้ทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยออกจากสมุนไพรด้วยวิธีการแช่และการใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด จากการทดลองพบว่าภายใต้สภาวะเดียวกัน การสกัดด้วยการใช้อัลตราโซนิคส์ให้ปริมาณน้ำมันที่เป็นผลตอบรับในการสกัดสูงกว่าวิธีการสกัดแบบแช่

#### 2.2.2 การสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิคส์

Metherel และคณะ (2009) Sonication เป็นผลมาจาก Cavitation หรือการเกิดและแตกของฟองอากาศขนาดเล็กที่สามารถปลดปล่อยพลังงานได้อย่างมาก ทั้งในรูปของความร้อน ความดันและแรงกลเฉือน พลังงานของอัลตราโซนิคส์ช่วยเร่งการคั้นน้ำหรือการบวมของเซลล์พืชพร้อมเพิ่มการกระจายตัวของสารละลายในส่วนของน้ำเยื่อ นอกจากนี้การสกัดโดยใช้อัลตราโซนิคส์ยังช่วยเพิ่มการถ่ายเทมวลและการสมบัติการเจาะของสารละลายสู่เซลล์ ส่งผลให้สารประกอบภายในเซลล์ถูกถ่ายเทสู่สารละลายส่งผลให้การสกัดมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

Li และคณะ (2012) การใช้อัลตราซาวด์ในการช่วยสกัดเป็นวิธีการทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้พลังงานต่ำและต้องการสารละลายน้อย มีการนำวิธีดังกล่าวมาใช้อย่างมากในการสกัดสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและสารประกอบทางชีวภาพ

Samaram และคณะ (2015) ได้ทดลองสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยวิธีการใช้อัลตราซาวด์ช่วยสกัดแบบโดยตรง พบว่า การสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตราซาวด์ช่วยสกัดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด เนื่องจากการสั่นสะเทือนของตัวกลางที่เกิดจากอัลตราซาวด์ช่วยส่งเสริมให้พื้นที่สัมผัสระหว่างตัวทำละลายเอกซแทรนต์เป็นเอกซแทรนต์สำหรับกระบวนการเชิงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และตัวถูกทำลายมากขึ้น ดังนั้นในการสกัดดังกล่าวสารละลายจึงสามารถเข้าสู่ตัวถูกละลายได้ มากขึ้น ส่งผลให้ได้รับผลตอบรับในการสกัดสูงขึ้นตามไปด้วย

Zhang และคณะ (2009) ได้ทำการทดลองสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอโดยวิธีการใช้อัลตราซาวนด์ช่วยสกัดกล่าวไว้ว่าผลตอบรับในการสกัดจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิและระดับอัลตราซาวนด์ที่สูงขึ้น นอกจากนี้ระยะเวลาในการสกัดยังสามารถส่งเสริมให้การสกัดได้รับผลตอบรับในการสกัดสูงขึ้นเนื่องจากในการสกัดที่อุณหภูมิสูงจะช่วยให้เนื้อเยื่อของเมล็ดมะละกออ่อนตัวลงและเพิ่มการแพร่ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สารละลายสามารถชะน้ำมันออกจากเมล็ดมะละกอมาซึ่งสารละลายได้สูงขึ้นส่งผลให้ในการสกัดได้ผลตอบรับในการสกัดสูงขึ้น

Samaram และคณะ (2014) ทดลองศึกษาการตกผลึก และความคงตัวต่อการออกซิเดชันของน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดมะละกอโดยวิธีการสกัดแบบใช้สารละลายและการสกัดโดยใช้อัลตราซาวนด์ช่วยสกัดจากการทดลองพบว่าน้ำมันมะละกอที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัลตราซาวนด์ช่วยสกัดให้น้ำมันที่มีสีใสมากกว่า มีค่า Unsaponifiable matter ต่ำกว่าและมีความคงตัวต่อการออกซิเดชันสูงกว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยสารละลาย

Trusheva และคณะ (2007) ได้ศึกษาความแตกต่างของวิธีการสกัดต่อสารประกอบทางชีวภาพ ได้แก่ ฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ จาก Propolis ที่สกัดโดยวิธีการสกัดแบบแช่ การสกัดโดยใช้อัลตราซาวนด์ช่วยสกัดและการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟช่วยสกัด จากการทดลองพบว่าการใช้อัลตราซาวนด์ช่วยสกัดใช้ระยะเวลาในการสกัดสั้นและมีผลดีต่อสารประกอบทางชีวภาพ

วสุธร และ ฮูตา (2015) ได้ทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอโดยการสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิห้อง การใช้ไมโครเวฟช่วยสกัดและการใช้อัลตราซาวนด์ช่วยสกัด จากการทดลองพบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จะเริ่มคงที่ตั้งแต่ที่ระยะเวลาการแช่ 6 ชั่วโมงจนได้ปริมาณน้ำมันสูงสุดที่ระยะเวลาการแช่ 12 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำมัน 26.13% ส่วนการสกัดแบบแช่ให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้สูงสุดเมื่อใช้เวลาในการสกัดประมาณ 10 นาที

## 2.2 เมล็ดมะละกอ

Dakare และคณะ (2011) ได้ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของเมล็ดมะละกอสด จากข้อมูลพบว่าเมล็ดมะละกอสดประกอบด้วยไฟเบอร์ โปรตีนและไขมันสูง และประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและเถ้าในปริมาณน้อยนอกจากนี้ในเมล็ดมะละกอยังประกอบไปด้วยแร่ธาตุ และกรดอะมิโนอีกหลายชนิด

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของเมล็ดมะละกอสด

Parameters	Content
Moisture (g 100 g <sup>-1</sup> )	3.50 ± 0.07
Protein (g 100 g <sup>-1</sup> )	31.84 ± 0.03
Lipid (g 100 g <sup>-1</sup> )	30.48 ± 0.17
Fiber total (g 100 g <sup>-1</sup> )	24.41 ± 0.22
Ash (g 100 g <sup>-1</sup> )	3.96 ± 0.06
Carbohydrate (g 100 g <sup>-1</sup> )	30.22 ± 0.38
pH	5.58 ± 0.02
Acidity (%)	1.26 ± 0.03
Water activity	0.33 ± 0.001

ที่มา: Dakare และคณะ (2011)

ตารางที่ 2.2 แร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ดมะละกอ (mg/100)

Element	Unfermented (raw)	Fermented (Processed)	Seed hust
Calcium (Ca)	53.87 ± 2.11	72.22 ± 1.11	1713 ± 1.55
Sodium (Na)	45.60 ± 0.07	44.50 ± 0.03	210.1 ± 0.85
Potassium (K)	18.03 ± 0.67	20.00 ± 0.28	103.3 ± 0.55
Magnesium (Mg)	318.1 ± 3.02	318.7 ± 3.01	350.1 ± 2.12
Manganese (Mn)	0.780 ± 0.11	0.55 ± 0.21	1.85 ± 0.33
Iron (Fe)	7.08 ± 0.17	4.748 ± 0.55	60.39 ± 1.33
Copper (Cu)	2.87 ± 0.07	1.948 ± 0.06	4.961 ± 0.07
Zinc (Zn)	3.672 ± 0.08	3.766 ± 0.09	3.196 ± 0.35
Nickel (Ni)	0.45 ± 0.02	0.119 ± 0.42	1.430 ± 0.12
Lead (Pb)	1.4 ± 0.07	0.8380 ± 0.04	2.060 ± 0.01
Silver (Ag)	4.9 ± 0.02	0.960 ± 0.04	10.34 ± 0.18
Cadmium (Cd)	0.03 ± 0.01	0	0.01 ± 0.01
Chromium (Cr)	0.589 ± 0.01	0.306 ± 0.04	0.620 ± 0.07

ที่มา: Dakare และคณะ (2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ดมะละกอ

Amino Acid	Papaya seed (g/100g protein)
Lysine	4.21
Histidine	2.21
Arginine	6.44
Phenylalanine	3.38
Methionine	1.30
Threonine	2.85
Leucine	7.78
Isoleucine	3.09
Valine	2.25
Aspartic acid	7.05
Glutamic acid	12.39
Serine	3.01
Proline	2.13
Glycine	4.26
Alanine	3.22
Cystine	1.14
Tyrosine	2.06

ที่มา: Dakare และคณะ (2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 น้ำมันเมล็ดมะละกอ

Syed และคณะ (2012) ศึกษาองค์ประกอบและคุณลักษณะเฉพาะของน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดมะละกอโดยการสกัดโดยวิธีดั้งเดิม จากการทดลองพบว่าเมล็ดมะละกอประกอบด้วยกรดไขมันหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว นอกจากนี้น้ำมันที่ได้จากเมล็ดมะละกอยังประกอบไปด้วย Essential Fatty Acid ได้แก่ Linoleic acid และ Linolenic acid เป็นต้น

ตารางที่ 2.4 Relative fatty acid composition(%) of papaya seed oil

Sr.No.	Fatty acid	Determined values
1	Myristic (C14-0)	0.24
2	Palmitic (C16-0)	13.5
3	Palmitoleic (C16-1)	0.21
4	Stearic (C18-0)	4.5
5	Oleic (C18-1)	72.5
6	Linoleic (C18-2)	2.90
7	Linolenic (18-3)	0.23
8	Arachidonic (C20-0)	0.39
9	Eicosenoic	0.28

ที่มา : Syed และคณะ (2012)

## 2.4.คุณภาพของน้ำมัน

จากงานวิจัยของ Malacrida และคณะ (2010) ได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดมะละกอโดยวิธีการสกัดแบบซอกซ์ເລດ

ตารางที่ 2.5 Physicochemical characteristics of papaya seed oil.

Characteristics	Values
Refractive index (40°C)	1.4581 ± 0.0001
Iodine value (g L.100g <sup>-1</sup> )	79.95 ± 1.25
Saponification value (mg KOH.g <sup>-1</sup> )	96.40 ± 1.37
Unsaponifiable matter (%)	1.35 ± 0.14
Free fatty acids (%)	1.27 ± 0.04
Acid value (mg KOH.g <sup>-1</sup> )	2.53 ± 0.08
Peroxide value (mEq.Kg <sup>-1</sup> )	5.37 ± 0.13
Stability oxidative (hours)	77.97 ± 0.89

ที่มา : Malacrida และคณะ (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

##### 3.1.1 วัตถุดิบ

เมล็ดมะละกอสายพันธุ์ฮอลแลนด์ (Carica papaya linn.) จากร้านขายผลไม้ ล้างทำความสะอาด และตากแห้งเป็นเวลาสามวัน ก่อนนำมาเก็บรักษาที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อุณหภูมิห้องโดยปราศจากความชื้น เพื่อนำไปสกัดน้ำมันและวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

##### 3.1.2 สารเคมี

Hexane ( Commercial , Thailand )  
 Phenolphthalein, indicator ( ACS , Germany )  
 Sodium hydroxide , anhydrous pellets ( ACS , Germany )  
 Acetic Acid Glacial ( RCL , Thailand )  
 Chloroform ( RCL , Thailand )  
 Potassium iodine ( ACS , Germany )  
 Sodium thiosulfate , pentahydrate ( ACS, Germany )  
 Sulfuric Acid ( RCL , Thailand )  
 Wj's Reagent , ( Panreac, Germany )  
 Cyclohexane ( SCAN , Thailand )

#### 3.2 อุปกรณ์

Ultrasonic bath ( Elma , Elmasonic S 30 (H), Germany )  
 Water bath ( Digital Precious Shaking Water Bath, Daihan, Korea )

#### 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

##### 3.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมเมล็ดมะละกอเพื่อใช้ในการสกัดน้ำมันเพื่อหาสถานะที่ดีที่สุดและวิเคราะห์คุณภาพโดยการล้างเมล็ดมะละกอให้สะอาด จากนั้นตากให้แห้งโดยแสงแดดเป็นเวลาสามวันก่อนนำมาทำแห้งอีกครั้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำเมล็ดมะละกอที่แห้งแล้วมาบดโดย Hammer mill แล้วร่อนตะแกรงขนาด 40 mesh เพื่อแยกขนาด ก่อนบรรจุลงถุงพลาสติกซีลปิดปากถุงเพื่อป้องกันความชื้น เก็บรักษาเมล็ดมะละกอดังกล่าวในโถดูดความชื้นเพื่อรอการสกัดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดมะละกอ

#### 3.3.2.1 การหาความชื้น (Moisture content )

ทดลองหาความชื้นของตัวอย่างเมล็ดมะละกอแบบสดและแบบผ่านการทำแห้งแล้วเพื่อหาว่าเมล็ดมะละกอดังกล่าวประกอบด้วยน้ำกี่เปอร์เซ็นต์ซึ่งปริมาณน้ำดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเก็บรักษาและปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ ทำการหาความชื้นโดยการนำเมล็ดมะละกอที่ทำความสะอาดเสร็จเรียบร้อยแล้ว (เมล็ดมะละกอแบบสด) และเมล็ดมะละกอที่ผ่านการทำแห้งและบดแล้ว (เมล็ดมะละกอแบบแห้ง) ใส่ในอะลูมิเนียมแค่น 5 กรัม ปิดฝานำไปใส่ตู้อบ ที่อุณหภูมิ 135 °C นาน 2 ชั่วโมงเมื่อครบกำหนดเวลา ปิดฝาล้างแล้วนำถ้วยอบออกใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

#### 3.3.2.2 การหาปริมาณน้ำมันทั้งหมด (Oil content)

ทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอโดยวิธีซอกซ์ເລດ โดยการสกัดดังกล่าวต้องการทราบว่าตัวอย่างเมล็ดมะละกอดังกล่าวประกอบด้วยน้ำมันทั้งหมด ปริมาณเท่าใดเพื่อใช้ในการหาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดว่าการสกัดดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการสกัดเท่าใด ให้ผลตอบรับในการสกัดเทียบเป็นกิโลกรัมต่อปริมาณน้ำมันทั้งหมด เริ่มการสกัดโดยใช้เมล็ดมะละกอที่ผ่านการอบแห้งและบดแล้ว 5 กรัมต่อปิโตรเลียมอีเทอร์ 130 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 140 °C ในสภาวะลดความดันใช้เวลาในการสกัดสองชั่วโมง คัดเปอร์เซ็นต์น้ำมันเทียบกับน้ำหนักของเมล็ดมะละกอที่ใช้ในการสกัดดังสมการ

$$\text{ปริมาณน้ำมัน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแอมเบอร์พร้อมน้ำมัน} - \text{น้ำหนักแอมเบอร์เปล่า}}{\text{น้ำหนักเมล็ดมะละกอบด}} \times 100$$

### 3.3.3 การทดลองหาสถานะการสกัดแบบแช่

ทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอโดยวิธีแช่เพื่อศึกษาว่าสถานะใดสามารถให้ผลตอบรับในการสกัดเป็นปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดสูงที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำหนักของเมล็ดมะละกอที่ใช้จากการทดลองใช้แผนการทดลองแบบ central composite design (CCD) สร้างเป็น 20 ทริตเมนต์ ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิ (ช่วง 31.18-64.82 °C) เวลาในการสกัด ( ช่วง 0.95-11.05 ชั่วโมง) และอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกะเซน (ช่วง 0.0159-0.1840 น้ำหนักต่อปริมาตร ) ในแต่ละตัวแปรของการสกัดมี 5 ระดับ การทดลองดังกล่าวมี 8 factorial point , 6 star point และ 6 ขั้วของจุดกึ่งกลาง วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม Design Expert 7.0 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือ Analysis of variance (ANOVA) ในการระบุความมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p<0.05) โดยคาดว่าในการสกัดหากใช้อุณหภูมิสูง ระยะเวลาในการสกัดมากและใช้สัดส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกะเซนน้อยอาจส่งผลให้ได้รับผลตอบรับในการสกัดที่สูง ทำการทดลองโดยการชั่งน้ำหนักเมล็ดมะละกอบดตามที่กำหนดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฮกเซนปริมาตร 100 มิลลิลิตรลงยังขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร จากนั้นจุ่มขวดรูปชมพู่ลงยังวอเตอร์บาร์โดยใช้ วอเตอร์บาร์ในการควบคุมอุณหภูมิทำการจับเวลา เมื่อครบกำหนดนำสารละลายดังกล่าวกรองแบบลดความดันก่อนนำไปประเหยเฮกเซนออกโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

**ตารางที่ 3.1** เมทริกซ์ของการสกัดแบบแช่

Variable	Range	Level				
		Axial (- $\alpha$ )	Low	Center	High	Axial (+ $\alpha$ )
		-1.682	-1	0	+1	+1.682
Temperature ( $^{\circ}$ C)	31.18-64.82 $^{\circ}$ C	31.18	38	48	58	64.82
Time (minute)	3-9 hour	0.95	3	6	9	11.05
Sample to solvent ratio (w/v)	1:62.89-1:5.43 w/v	1:62.89	1:20	1:10	1:6:67	1:5:43

### 3.3.4 การศึกษาสภาวะที่ดีที่สุดในการสกัดแบบอัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด

ทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอโดยใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดเพื่อศึกษาว่าสภาวะใดสามารถให้ผลตอบรับในการสกัดเป็นปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดที่สูงที่สุดจากการทดลองใช้แผนการทดลองแบบ central composite design (CCD) สร้างเป็น 20 ทริตเมนต์ ประกอบไปด้วยสามตัวแปร ได้แก่อุณหภูมิ (ช่วง 31.18-64.82 องศาเซลเซียส ) เวลาในการสกัด (ช่วง 4.77-55.23 นาที) และอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกเฮกเซน (ช่วง 0.0159-0.1841 น้ำหนักต่อปริมาตร) ในแต่ละตัวแปรของการสกัดมี 5 ระดับ การทดลองดังกล่าวมี 8 factorial point , 6 star point และ 6 ขั้วของจุดกึ่งกลาง วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม Design Expert 7.0 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือ Analysis of variance (ANOVA) ในการระบุความมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ ) โดยคาดว่าในการสกัดหากใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลาในการสกัดมากและใช้สัดส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกเฮกเซนน้อยอาจส่งผลให้ได้รับผลตอบรับในการสกัดที่สูงทำการทดลองโดยการชั่งน้ำหนักเมล็ดมะละกอบดตามที่กำหนดและเฮกเซนปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงยังขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร จากนั้นจุ่มขวดรูปชมพู่ลงยัง Ultrasound bath โดยวิธีการดังกล่าวเป็นการสกัดแบบ Indirect method โดยใช้ น้ำ เป็นตัวกลางในการส่งผ่าน ทำการจับเวลาเมื่อครบกำหนดนำสารละลายดังกล่าวกรองแบบลดความดันก่อนนำไปประเหยสารละลายเฮกเซนออกโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 3.2. เมทริกซ์ของการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด

Variable	Range	Level				
		Axial (- $\alpha$ )	Low	Center	High	Axial (+ $\alpha$ )
		-1.682	-1	0	+1	+1.682
Temperature ( $^{\circ}$ C)	31.18-64.82 $^{\circ}$ C	31.18	38	48	58	64.82
Time (minute)	4.77-55.23 minute	4.77	15	30	45	55.23
Sample to solvent ratio (w/v)	1:62.89-1:5.43 w/v	1.59	5	10	15	18.41

#### 3.3.5 การศึกษาผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพทางเคมีของน้ำมัน

การทดลองดังกล่าวเป็นการศึกษาว่าวิธีการสกัดที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพเคมีของน้ำมันที่สกัดได้หรือไม่ โดยวิธีการสกัดที่นำมาศึกษาหาความแตกต่างมีสี่วิธี ได้แก่ การสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 30  $^{\circ}$  C , การสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 58  $^{\circ}$  C, การสกัดแบบรีฟลักซ์และการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด การสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 30  $^{\circ}$  C เป็นตัวแทนของวิธีการสกัดแบบอุณหภูมิต่ำและใช้ระยะเวลาในการสกัดนาน ส่วนการสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 58  $^{\circ}$  C เป็นตัวแทนของวิธีการสกัดแบบอุณหภูมิสูงและใช้ระยะเวลาในการสกัดนาน การสกัดแบบรีฟลักซ์เป็นตัวแทนของวิธีการสกัดที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีการสกัดที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถสกัดสารประกอบออกจากตัวอย่างได้มาก และการสกัดแบบอัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดเป็นตัวแทนของวิธีการสกัดทางเลือกที่ช่วยลดการใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาในการสกัด การทดลองประกอบด้วยทริตเมนต์ได้แก่วิธีการสกัด 4 วิธี คือ การสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 30  $^{\circ}$  C , การสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 58  $^{\circ}$  C , การสกัดแบบรีฟลักซ์และการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ในการช่วยสกัด ผลตอบรับที่ต้องการศึกษาได้แก่ Acid value , Free Fatty Acid , Peroxide value , p-Anisidine value , Totox value และ Iodine value ดำเนินการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม SPSS 16.0 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือ Analysis of variance (ANOVA) ในการระบุความมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ ) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) โดยวิธีการสกัดทั้ง 4 วิธี ได้แก่

##### 3.3.5.1 การสกัดโดยวิธีแช่ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

การสกัดโดยวิธีการแช่ที่อุณหภูมิ 30  $^{\circ}$  C เป็นตัวแทนของวิธีการสกัดที่ปราศจากการใช้อุณหภูมิสูง วิธีการสกัดดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการสกัดมากส่งผลต่อคุณภาพทางเคมีของน้ำมันที่สกัดได้หรือไม่ การทดลองดังกล่าวจะใช้เวลาและอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกเฮกเซนที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดสูงสุดจากการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแบบแช่ในส่วนต้นมาใช้ในการทดลองดังกล่าว ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดมะละกอบด 5 กรัมใส่ลงยังขวดรูปชมพู่ร่วมกันเฮกเซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100 ml จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 ชั่วโมง ต่อมานำสารละลายที่ได้มากรองโดยเครื่องกรองแบบลดความดันด้วยกระดาษกรองเบอร์หนึ่งและระเหยเฮกเซนโดย Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 60 ° C

### 3.3.5.2 การสกัดโดยวิธีแช่ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส

การสกัดโดยวิธีการแช่ที่อุณหภูมิ 58 ° C เป็นวิธีการสกัดที่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้ระยะเวลาในการสกัดนาน เป็นตัวแทนของวิธีการสกัดที่แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการสกัดที่สูงและระยะเวลาในการสกัดมากส่งผลต่อคุณภาพทางเคมีของน้ำมันที่สกัดได้หรือไม่ การทดลองดังกล่าวจะใช้เวลาและอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกเฮกเซนที่สภาวะที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดสูงสุดในการสกัดแบบแช่จากการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดในส่วนต้นมาใช้ในการทดลองดังกล่าวทำการทดลองโดยการใช้เมล็ดมะละกอบด 5 กรัมใส่ลงยังขวดรูปชมพู่รวมกันเฮกเซน 100 ml จุ่มขวดรูปชมพู่ลงยัง Water bath ที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 58 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้มากรองโดยเครื่องกรองแบบลดความดันด้วยกระดาษกรองเบอร์หนึ่งและระเหยเฮกเซนโดย Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 60 ° C

### 3.3.5.3 การสกัดแบบรีฟลักซ์

การสกัดแบบรีฟลักซ์เป็นตัวแทนของวิธีการสกัดที่เป็นที่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพในการสกัดสูงสามารถสกัดสารประกอบออกจากตัวอย่างได้มาก เป็นวิธีการสกัดที่มีการใช้อุณหภูมิเทียบเท่าหรือสูงกว่าจุดเดือดของสารละลายในการสกัด จากการทดลองใช้ตัวอย่างเมล็ดมะละกอบด 40 กรัมใส่ลงยังขวดกกลมขนาด 1000 มิลลิลิตรร่วมกับเฮกเซน 600 มิลลิลิตร ทำการต่อขวดกกลมร่วมกับคอนเดนเซอร์และทำการสกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้มากรองผ่านเครื่องกรองลดความดันด้วยกระดาษกรองเบอร์หนึ่ง และนำไประเหยเฮกเซนโดย Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 60 ° C

### 3.3.5.4 การสกัดโดยใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด

โดยใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดเป็นวิธีการสกัดทางเลือกที่ช่วยลดระยะเวลาและอุณหภูมิในการสกัด โดยใช้คุณสมบัติของคลื่นอัลตราซาวด์มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด วิธีการสกัดดังกล่าวเป็นตัวแทนที่แสดงให้เห็นว่าคลื่นอัลตราซาวด์ที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดมีผลต่อคุณภาพทางเคมีของน้ำมันที่สกัดได้หรือไม่ การทดลองดังกล่าวจะใช้อุณหภูมิ เวลาและอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกเฮกเซนที่สภาวะที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดสูงสุดจากการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดในส่วนต้นมาใช้ในการทดลองดังกล่าว ทำการทดลองโดยการใช้เมล็ดมะละกอบด 5 กรัม ใส่ลงยังขวดรูปชมพู่รวมกันเฮกเซน 100 มิลลิลิตร นำขวดรูปชมพู่ดังกล่าวจุ่มลงยัง Ultrasound bath ที่มีความถี่ 50/60 kHz กำลังไฟฟ้า 280 วัตต์ ที่อุณหภูมิ 47.21 ° C เป็นเวลา 35.47 นาที นำสารละลายที่ได้กรองผ่านเครื่องกรองลดความดันด้วยกระดาษกรองเบอร์หนึ่ง และนำไประเหยเฮกเซนโดย Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 60 ° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแบบแช่และแบบใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัดใช้แผนการทดลองแบบ central composite design (CCD) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม Design Expert 7.0 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือ Analysis of variance (ANOVA) ในการระบุความมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ ) ส่วนการศึกษาผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพทางเคมีในน้ำมันที่สกัดได้ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม SPSS 16.0 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือ Analysis of variance (ANOVA) ในการระบุความมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ ) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ทำการทดลองสามซ้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดมะละกอ

##### 4.1.1 การหาความชื้น

จากการหาความชื้นของเมล็ดมะละกอแบบสดและแห้ง พบว่าเมล็ดมะละกอสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบ 81.08% ส่วนเมล็ดมะละกอแห้งประกอบด้วยน้ำ 5.08% จากการทดลองพบว่าเมล็ดมะละกอประกอบด้วยน้ำมาก ส่งผลให้เมล็ดมะละกออาจมี water activity สูง ในการเก็บรักษาจึงควรคำนึงถึงความชื้นดังกล่าวรวมถึงจุลินทรีย์ที่อาจเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มี water activity สูง และความชื้นดังกล่าวอาจมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัด

##### 4.1.2 การหาปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดมะละกอ

เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดมะละกอแห้งโดยวิธีการสกัดแบบซอกซ์ເລຕ พบว่าเมล็ดมะละกอแห้งประกอบด้วยน้ำมัน 29.32% ของน้ำหนักเมล็ดมะละกอที่ใช้ จากงานวิจัยของ Crews และคณะ (2006) พบว่าเมล็ดต้องุ่นประกอบด้วยน้ำมัน 20% จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบว่าเมล็ดมะละกอมีองค์ประกอบที่เป็นน้ำมันสูงกว่าเมล็ดต้องุ่น

#### ตารางที่ 4.1 ปริมาณความชื้นและน้ำมันทั้งหมดในตัวอย่างมะละกอ

ชนิดเมล็ด	ความชื้น (% wb)	ปริมาณน้ำมัน (% wb)
เมล็ดมะละกอสด	81.08 ± 0.35	-
เมล็ดมะละกอแห้ง	5.08 ± 0.85	29.32 ± 0.42

#### 4.2 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแบบแช่

ทำการทดลองเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอโดยวิธีการสกัดแบบแช่ จากการทดลองพบว่าในการสกัดโดยวิธีการแช่ให้ปริมาณน้ำมันอยู่ในช่วง 12.56-29.14% เมื่อวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของปัจจัยพบว่า เวลาและสัดส่วนของเมล็ดมะละกอต่อกเฮกเซน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นำผลการทดลองดังกล่าวสร้างเป็นสมการพบว่าข้อมูลดังกล่าวเหมาะที่จะสร้างสมการเป็น Linear model โดยสมการที่ได้คือ

$$\text{Recovery oil} = 21.7322 + 0.0831 (\text{Temperature}) + 0.7853 (\text{Time}) - 88.8174 (\text{Ratio})$$

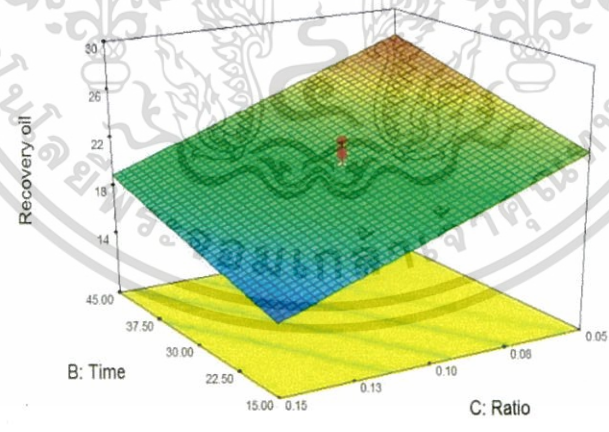
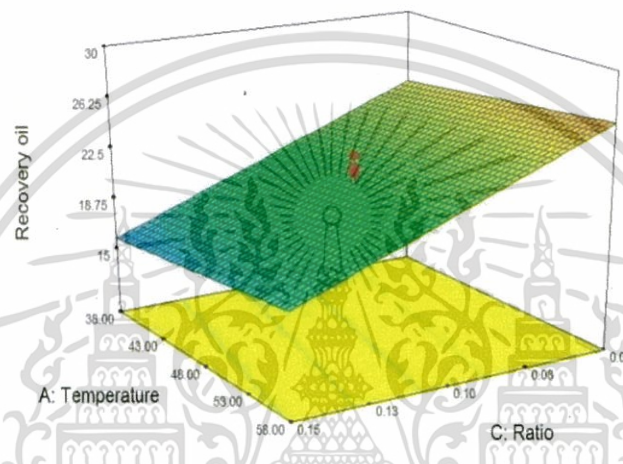
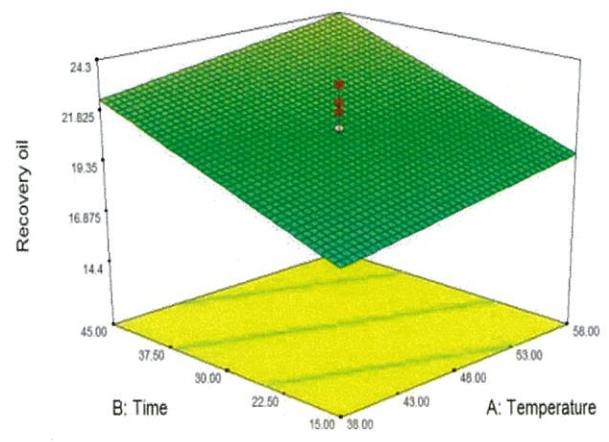
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้มากที่สุดได้แก่สัดส่วนของเมล็ดมะละกอต่อกะเจียน จากการทดลองพบว่า Adjusted R-square = 0.8206 เมื่อนำสมการดังกล่าวมาหาสภาวะที่เหมาะสมที่ให้ผลตอบรับในการสกัดมากที่สุดพบว่าที่อุณหภูมิ 57.51 องศาเซลเซียส เวลา 9 ชั่วโมงและใช้อัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกะเจียน 1:20 ให้ผลการสกัดเท่ากับ 29.14% ของน้ำหนักเมล็ดมะละกอกที่ใช้ในการสกัด ซึ่งเป็นสภาวะการสกัดที่ให้ผลตอบรับมากที่สุดเมื่อพิจารณาจากสภาวะการสกัดภายในช่วงที่กำหนดไว้ดังแสดงผลในตารางที่ 4.2 จากนั้นสร้างพื้นผิวตอบสนองจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองดังภาพที่ 4.1 พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ได้รับปริมาณน้ำมันจากการสกัดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนระยะเวลาในการสกัดและอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกะเจียนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ได้รับปริมาณน้ำมันจากการสกัดเพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก

ตารางที่ 4.2 ผลของอัตราส่วนที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอกของการสกัดแบบแช่

Std	Run	Temperature (Degree of celsius)	Time (Hour)	Sample to solvent ratio (w/v)	Recovery oil	% Recovery oil
13	1	48 (0)	6 (0)	1:62.89 (-1.682)	29.13	99.35
20	2	48 (0)	6 (0)	1:10 (0)	21.82	74.42
18	3	48 (0)	6 (0)	1:10 (0)	19.5	66.51
2	4	58 (+1)	3 (-1)	1:20 (-1)	26.63	90.83
17	5	48 (0)	6 (0)	1:10 (0)	23.1	78.79
15	6	48 (0)	6 (0)	1:10 (0)	22.24	75.85
16	7	48 (0)	6 (0)	1:10 (0)	21.03	71.73
5	8	38 (-1)	3 (-1)	1:6.67 (+1)	13.17	44.92
1	9	38 (-1)	3 (-1)	1:20 (-1)	24.75	84.41
7	10	38 (-1)	9 (+1)	1:6.67 (+1)	19.92	67.94
3	11	38 (-1)	9 (+1)	1:20 (-1)	25.86	88.20
6	12	58 (+1)	3 (-1)	1:6.67 (+1)	12.56	42.84
12	13	48 (0)	11.05 (+1.682)	1:10 (0)	23.5	80.15
14	14	48 (0)	6 (0)	1:5.43 (+1.682)	16.37	55.83
4	15	58 (+1)	9 (+1)	1:20 (-1)	26.86	91.61
19	16	48 (0)	6 (0)	1:10 (0)	19.91	67.91
8	17	58 (+1)	9 (+1)	1:6.67 (+1)	19.71	67.22
11	18	48 (0)	0.95 (-1.682)	1:10 (0)	14.42	49.18
9	19	31.18 (-1.682)	6 (0)	1:10 (0)	17.6	60.03
10	20	64.82 (+1.682)	6 (0)	1:10 (0)	23.9	81.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 กราฟ 3 มิติ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา , อุณหภูมิ , และสัดส่วนของเมล็ดมะละกอ ต่อเฮกเซนของการสกัดแบบแช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัด

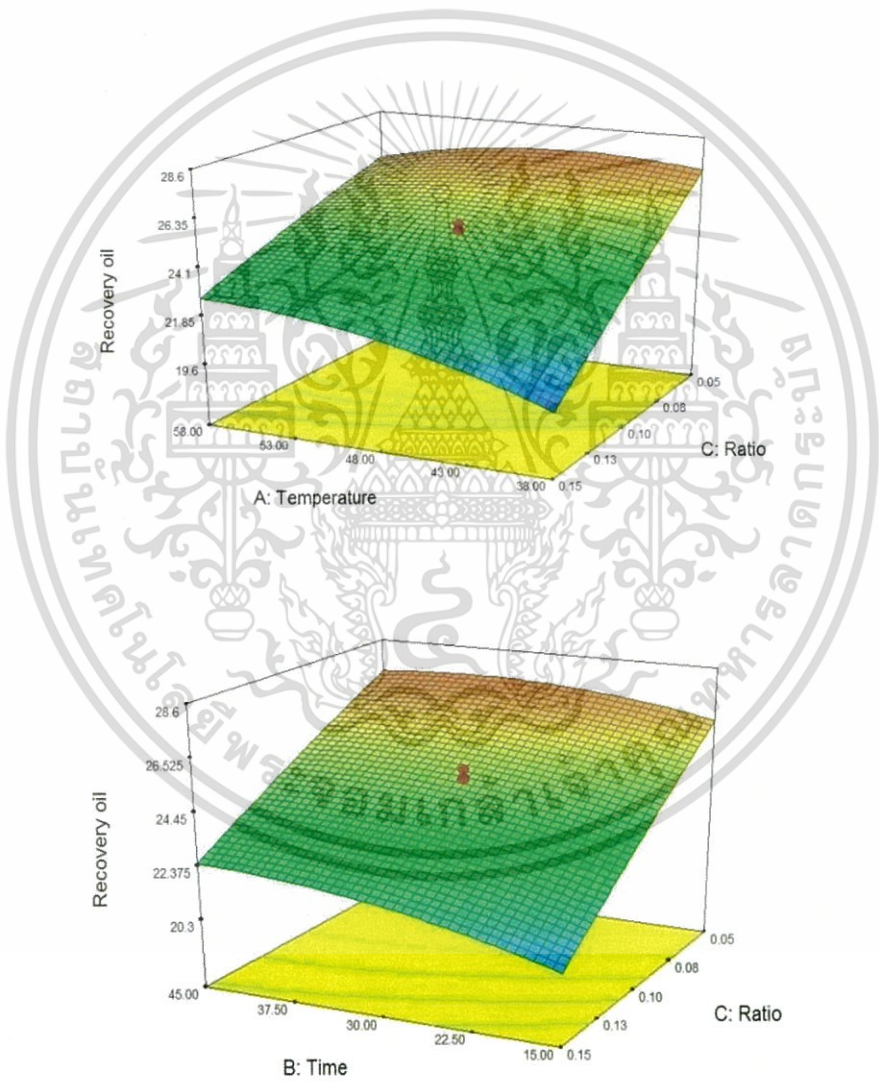
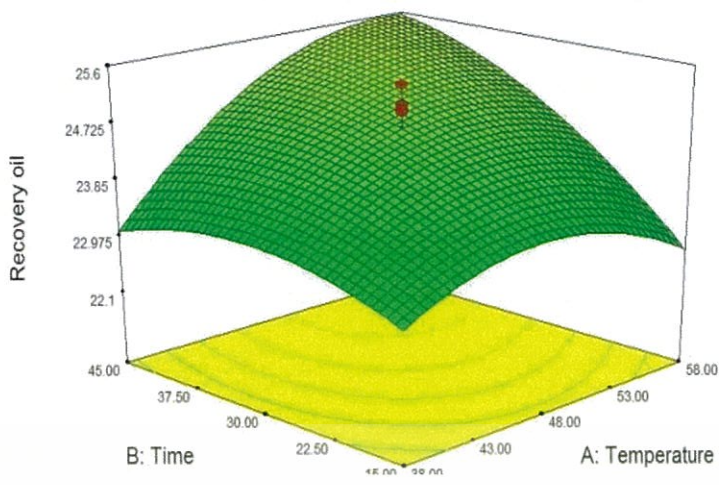
ทำการทดลองเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอโดยวิธีการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัดจากการทดลองพบว่าในการสกัดโดยวิธีการสกัดดังกล่าวให้ปริมาณน้ำมันอยู่ในช่วง 18.48-28.52% เมื่อวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของปัจจัยพบว่า อุณหภูมิ , เวลาและสัดส่วนของเมล็ดมะละกอต่อกะเขนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นำผลการทดลองดังกล่าวสร้างเป็นสมการพบว่าข้อมูลดังกล่าวเหมาะที่จะสร้างสมการเป็น Quadratic model โดยสมการที่ได้คือ

$$\begin{aligned} \text{Recovery oil} = & 23.95 + 0.42 (\text{Temperature}) - 0.08 (\text{Time}) - 148.91 (\text{Ratio}) \\ & + 0.004 (\text{temperature}) (\text{Time}) + 1.88 (\text{Time}) (\text{Ratio}) + 0.45 (\text{Temperature}) (\text{Ratio}) \\ & - 0.007 (\text{Temperature})^2 - 0.002 (\text{Time})^2 - 48.33 (\text{Ratio})^2 \end{aligned}$$

จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้มากที่สุดได้แก่สัดส่วนของเมล็ดมะละกอต่อกะเขนจากการทดลองพบว่า Adjusted R-square = 0.9203 เมื่อนำสมการดังกล่าวมาหาสภาวะที่เหมาะสมที่ให้ผลตอบรับในการสกัดมากที่สุดพบว่าที่สภาวะ อุณหภูมิ 47.21 องศาเซลเซียส เวลา 35.47 นาที และใช้อัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกะเขน 1:20 ให้ผลการสกัดเท่ากับ 27.45% ของน้ำหนักเมล็ดมะละกอที่ใช้ในการสกัด ซึ่งเป็นสภาวะการสกัดที่ให้ผลตอบรับมากที่สุดเมื่อพิจารณาสภาวะการสกัดภายในช่วงที่กำหนดไว้ดังแสดงผลในตารางที่ 4.3 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างพื้นผิวตอบสนองดังภาพที่ 4.2 และสร้างคอนทัวร์พลอตดังภาพที่ 4.3 พบว่าอุณหภูมิช่วง 48 °C ให้ผลตอบแทนในการสกัดสูงสุด ส่วนระยะเวลาในการสกัดและอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกะเขนที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้ได้รับผลตอบแทนในการสกัดสูงขึ้นตามเรื่อยๆ

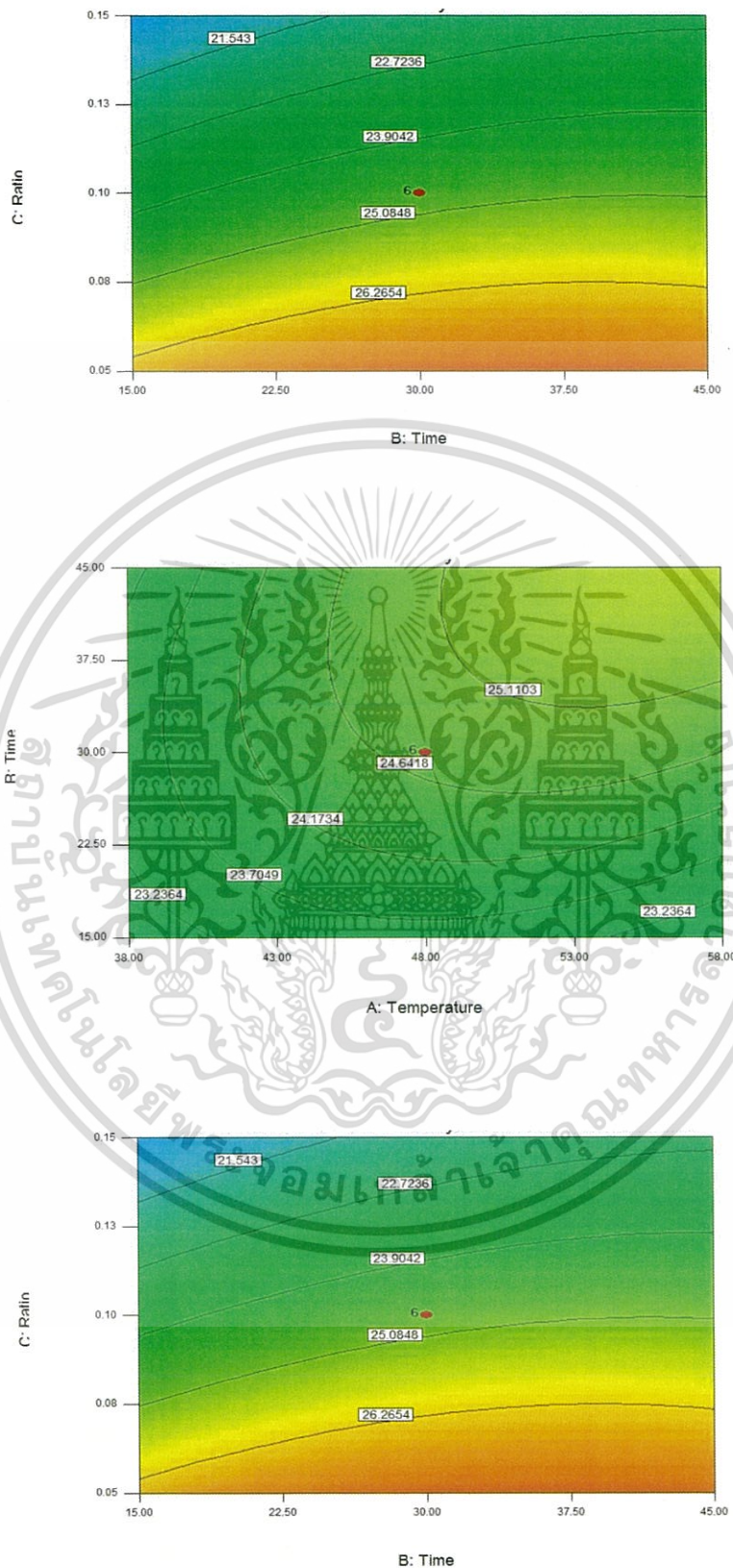
ตารางที่ 4.3 ผลของอัตราส่วนที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอของการสกัดแบบอัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด

Std	Run	Temperature (Degree of celsius)	Time (Minute)	Sample to solvent ratio (w/v)	Recovery oil	% Recovery oil
12	1	48 (0)	55.23 (+1.682)	1:10	25.20	85.95
7	2	38 (-1)	45 (+1)	1:6.67 (+1)	18.48	63.03
20	3	48 (0)	30 (0)	1:10 (0)	24.90	84.92
19	4	48 (0)	30 (0)	1:10 (0)	24.95	85.10
9	5	31.18 (-1.682)	30 (0)	1:10 (0)	22.31	76.09
5	6	38 (-1)	15 (-1)	1:6.67 (+1)	18.73	63.88
14	7	48 (0)	30 (0)	1:5.43 (+1.682)	20.80	70.94
3	8	38 (-1)	45 (+1)	1:20 (-1)	26.58	90.65
10	9	64.82 (+1.682)	30 (0)	1:10 (0)	23.68	80.76
6	10	58 (+1)	15 (-1)	1:6.67 (+1)	19.87	67.77
2	11	58 (+1)	15 (-1)	1:20 (-1)	25.58	87.24
18	12	48 (0)	30 (0)	1:10 (0)	24.60	83.90
4	13	58 (+1)	45 (+1)	1:20 (-1)	26.60	90.72
1	14	38 (-1)	15 (-1)	1:20 (-1)	26.50	90.38
17	15	48 (0)	30 (0)	1:10 (0)	25.00	85.27
8	16	58 (+1)	45 (+1)	1:6.67 (+1)	23.97	81.75
16	17	48 (0)	30 (0)	1:10 (0)	23.73	80.93
11	18	48 (0)	4.77 (-1.682)	1:10 (0)	22.14	75.51
15	19	48 (0)	30 (0)	1:10 (0)	25.30	86.29
13	20	48 (0)	30 (0)	1:62.89 (-1.682)	28.52	97.27



ภาพที่ 4.2 กราฟ 3 มิติ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา , อุณหภูมิ , และสัดส่วนของเมล็ดมะละกอ ต่อเฮกเซนการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ในการช่วยสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3. ภาพคอนทัวร์พลอต ระหว่าง เวลา , อุณหภูมิ , และอัตราส่วนของเมล็ดมะละกอดต่อเฮกเซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 การเปรียบเทียบผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดแบบแช่และแบบ

##### ใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด

เมื่อต้องการเทียบปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดของวิธีการสกัดแบบแช่และวิธีการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด จากผลการทดลองพบว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้สูงสุดของวิธีการสกัดแบบแช่ เท่ากับ 29.13% และปริมาณน้ำมันสูงสุดที่สกัดได้จากวิธีการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด เท่ากับ 28.52% จากผลการทดลองพบว่าวิธีการสกัดแบบแช่ให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากการสกัดสูงกว่าวิธีการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด จากการทดลองทำให้ทราบว่าเงื่อนไขในการสกัดที่ต่างกันส่งผลให้ได้รับปริมาณน้ำมันที่สกัดได้แตกต่างกันไปด้วย วิธีการสกัดแบบแช่สามารถสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดมะละกอได้สูงสุด 99.35% ของปริมาณน้ำมันในเมล็ดมะละกอทั้งหมดที่สภาวะอุณหภูมิ 57.51 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 ชั่วโมง และใช้อัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกะเชน 1:20 ซึ่งวิธีการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เพียง 93.62% ของปริมาณน้ำมันในเมล็ดมะละกอทั้งหมดที่สภาวะอุณหภูมิ 47.21 องศาเซลเซียส เวลา 35.47 นาที และใช้อัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกะเชน 1:20 จากการทดลองพบว่าวิธีการสกัดแบบแช่ให้ผลตอบรับในการสกัดสูงกว่าการใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดเมื่อพิจารณาตัวแปรจากช่วงที่กำหนด แต่เนื่องจากวิธีการสกัดแบบแช่จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดสูงกว่าวิธีการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเชิงคุณภาพและสารประกอบในน้ำมันเมล็ดมะละกอบางตัวที่ไม่เสถียรในสภาวะอุณหภูมิสูงหรือสามารถสลายตัวได้หากสัมผัสกับอากาศหรือแสงเมื่อพิจารณาจากสมการที่สร้างขึ้นจากข้อมูลการสกัดทั้งสองวิธี พบว่าการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดให้ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดสูงกว่าแบบแช่เมื่อพิจารณาสภาวะในการสกัดเดียวกัน เนื่องจากการสั่นสะเทือนของตัวกลางที่เกิดจากอัลตราโซนิคส์ช่วยส่งเสริมให้พื้นที่สัมผัสระหว่างตัวทำละลายและตัวถูกละลายมากขึ้น ดังนั้นในการสกัดดังกล่าวสารละลายจึงสามารถเข้าสู่ตัวถูกละลายได้มากขึ้นส่งผลให้ได้รับผลตอบแทนในการสกัดสูงขึ้นไปด้วย Samaram และคณะ (2015) นอกจากนี้การสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากคลื่นอัลตราโซนิคส์ยังช่วยเพิ่ม hydrodynamic force ส่งผลให้ผนังเซลล์ของตัวถูกละลายถูกรบกวนได้มากขึ้นส่งผลให้ผลตอบรับในการสกัดสูงขึ้นไป Knorr และคณะ (2002) นอกจากนี้อัลตราโซนิคส์ยังก่อให้เกิด Cavitation เมื่อเกิดฟองอากาศแล้วแตกออกจะเกิดความดันขึ้น โดยความดันที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อเนื้อเยื่อของตัวถูกละลาย ดังนั้นจึงทำให้ตัวถูกละลายสามารถปลดปล่อยสารประกอบต่างๆภายในเซลล์ออกสู่สารละลายได้สูงขึ้น

#### 4.5 ผลของปัจจัยในการสกัดต่อปริมาณผลตอบแทนในการสกัด

การสกัดน้ำมันโดยใช้อุณหภูมิสูงส่งเสริมให้สามารถสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอได้มากขึ้น โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang และ (2009) ที่กล่าวว่าในการสกัดโดยการใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด ปริมาณของผลตอบรับในการสกัดจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิและระดับอัลตราโซนิคส์ที่สูงขึ้น นอกจากนี้ระยะเวลาในการสกัดยังสามารถส่งเสริมให้การสกัดได้รับผลตอบรับในการสกัดสูงขึ้นไป ในการสกัดที่อุณหภูมิสูงจะช่วยให้เนื้อเยื่อของเมล็ดมะละกออ่อนตัวลงและเพิ่มการแพร่ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สารละลายเอ็กสทรานเป็นเอ็กสทรานที่สว่นไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถชะน้ำมันออกจากเมล็ดมะละกอมายังสามารถละลายได้สูงขึ้นส่งผลให้ในการสกัดได้ผลตอบรับในการสกัดสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิสูงในการสกัดยังมีข้อจำกัดเนื่องจากอุณหภูมิสูงสามารถส่งผลให้ความคงตัวของน้ำมันลดลงเนื่องจากการสลายตัวของสารประกอบทางธรรมชาติที่ไม่เสถียรต่อความร้อน นอกจากนี้สัดส่วนของเมล็ดมะละกอต่อกเฮกเซนที่ต่ำก็ส่งผลให้ได้รับผลตอบรับในการสกัดสูงเช่นกัน เนื่องจากการใช้สารละลายมากส่งผลให้เกิดการทำละลายที่เพียงพอ การใช้สารละลายสูงช่วยเพิ่มการแพร่และช่วยลดความหนืดของสารละลาย ทำให้ความเข้มข้นภายในตัวถูกละลายเพิ่มขึ้นส่งผลให้ได้รับผลตอบรับในการสกัดที่สูงขึ้น จากงานวิจัยของ Samaram และคณะ (2015) ทำการศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอสี่ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการสกัด ultrasound power และ อัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกเฮกเซนพบว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อผลตอบรับที่สกัดได้สูงที่สุดได้แก่สัดส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกเฮกเซน

#### 4.6 ผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพทางเคมีของน้ำมันเมล็ดมะละกอ

ทำการศึกษาผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพทางเคมีของน้ำมันที่สกัดได้ โดยวิธีการสกัดที่ต้องการศึกษามีสี่วิธี ได้แก่ การสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 30 °C, การสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 58 °C, การสกัดแบบรีฟลักซ์ และการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัด โดยคุณภาพทางเคมีของน้ำมันที่ต้องการศึกษา ได้แก่ Acid value (AV) , Free Fatty Acid (FFA) , Peroxide Value (PV) , Totox Value (TV) , p-Anisidine Value (p-AV) และ Iodine Value (IV)

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพทางเคมีของน้ำมันเมล็ดมะละกอ

Method	Analytical					
	AV (mg KOH.g <sup>-1</sup> )	FFA (%)	PV (mequiv./kg)	TV	p-AV	IV (mg l/100)
Maceration at 30°C	1.01 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.51±0.00 <sup>b</sup>	2.42±0.01 <sup>b</sup>	11.25±0.64 <sup>b</sup>	6.39±0.61 <sup>ab</sup>	60.62±1.58 <sup>a</sup>
Maceration at 58°C	1.32±0.03 <sup>c</sup>	0.66±0.01 <sup>c</sup>	4.47±0.23 <sup>c</sup>	14.08±0.62 <sup>c</sup>	5.14±0.25 <sup>a</sup>	61.68±1.19 <sup>a</sup>
Reflux extraction	1.03±0.03 <sup>b</sup>	0.52±0.01 <sup>b</sup>	NA	NA	7.75±0.78 <sup>b</sup>	61.52±2.05 <sup>a</sup>
Ultrasonic assisted extraction	0.94±0.01 <sup>a</sup>	0.47±0.00 <sup>a</sup>	1.08±0.49 <sup>a</sup>	7.72±0.91 <sup>a</sup>	5.54±1.05 <sup>a</sup>	63.27±1.22 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : a, b, c คือ อักษรกำกับในแนวนอนต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ), NA คือ ไม่มีข้อมูล

#### 4.6.1 Acid Value และ Free Fatty Acid

Acid value เป็นค่าชี้วัดการสลายตัวและการหืนของไขมันและน้ำมัน ยิ่ง Acid value มีค่ามากเพียงใดยิ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันดังกล่าวมีกรดไขมันอิสระมากซึ่งส่งผลให้น้ำมันดังกล่าวมีคุณภาพที่ไม่ดี จากการทดลองพบว่าการสกัดน้ำมันโดยใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดมีค่า Acid value น้อยที่สุดคือ 0.94 รองลงมาคือน้ำมันที่สกัดโดยวิธีแช่ที่อุณหภูมิ 30 ° C ,รีฟลักซ์และการสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 58 ° C ตามลำดับ โดยน้ำมันที่ได้จากวิธีการสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 30 ° C และรีฟลักซ์มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยค่า Free Fatty Acid เป็นไปในทิศทางเดียวกับ Acid value จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดมีกรดไขมันอิสระหรือเกิดกลิ่นหืนน้อยกว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดอื่นๆ

#### 4.6.2 Peroxide Value

Peroxide value เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณออกไซด์ที่มีอยู่ในไขมัน หรือเป็นตัวชี้วัดการเกิด Oxidative stability ในกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวยิ่งน้ำมันมีค่า Peroxide value มากยิ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันดังกล่าวมีคุณภาพที่ไม่ดี จากการทดลองพบว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดมีค่า Peroxide value น้อยที่สุดคือ 1.08 รองลงมาคือ การสกัดที่อุณหภูมิ 30 ° C และ 58 ° C มีค่าเท่ากับ 2.43 และ 4.67 ตามลำดับ โดยค่า Totox value เป็นไปในทิศทางเดียวกับ Peroxide value ซึ่งน้ำมันที่

ได้จากการสกัดทั้งสามวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าวิธีการสกัดที่แตกต่างกันส่งผลให้น้ำมันมีปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่ต่างกัน

#### 4.6.3 p-Anisidine Value

p-Anisidine เป็นการสกัด Secondary product ที่เกิดจากปฏิกิริยา Lipid oxidation ต่อจากการเกิด Peroxide ซึ่ง Peroxide ไม่เสถียรจะแตกตัวออกเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็ก ได้แก่ แอลดีไฮด์ , คีโตน และกรดอินทรีย์ สารเหล่านี้จะไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งจะอันตรายต่อสุขภาพ ทำให้เกิดโรคต่างๆ ได้โดยค่า p-Anisidine value ยิ่งมากยิ่งขึ้นทำให้ทราบว่าน้ำมันดังกล่าวมีการแตกตัวของ Peroxide มาก จากการทดลองพบว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบจากการสกัดทั้งสี่วิธี จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดเกิดการแตกตัวของ Peroxide น้อยที่สุดหรืออาจจะมีผลต่อเนื่องมาจากวิธีการสกัดดังกล่าวทำให้เกิด Peroxide ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดการแตกตัวน้อย ทำให้ p-Anisidine มีแนวโน้มไปในทางเดียวกับ Peroxide value ซึ่ง Totox value หรือค่ารวมของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับค่า Peroxide value และ p-Anisidine value

#### 4.6.4 Totox value

Totox value หรือค่ารวมของปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือค่าความคงตัวของน้ำมัน สามารถหาค่า totox value ได้ จากสมการ  $TV = 2p - AV + AV$  โดย  $p-AV =$  para-anisidine value,  $AV =$  acid value จากสมการพบว่า totox value จะขึ้นอยู่กับค่าพาราอะนิซิดีนและค่าความเป็นกรด ดังนั้นน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดที่มีค่า พาราอะนิซิดีนและค่าความเป็นกรดน้อย จึงมีค่า totox value น้อยตามไปด้วย ตามด้วย น้ำมันที่ได้จากการสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส การสกัดแบบรีฟลักซ์ และการสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส ตามลำดับทำให้ทราบว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดมีความคงตัวมากที่สุด

#### 4.6.5 Iodine value

Iodine value เป็นค่าที่แสดงถึงจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันหรือกรดไขมันไม่อิ่มตัว ยิ่งมีค่ามากยิ่งขึ้นแสดงว่าน้ำมันดังกล่าวมีองค์ประกอบที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวมาก จากการทดลองพบว่า น้ำมันที่ได้จากการสกัดทั้งสี่แบบมีค่า Iodine value อยู่ระหว่าง 60.62 – 63.28 ซึ่งมีความแตกต่างกันเล็กน้อย มีนัยสำคัญ จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าวิธีการสกัดไม่มีผลต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวหรือพันธะคู่ในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลของน้ำมัน

#### 4.6.6 ผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพของน้ำมัน

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำมันที่สกัดจากวิธีการสกัดทั้งสี่วิธี ได้แก่ วิธีการสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 30 °C, การสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 58 °C , การสกัดแบบรีฟลักซ์และการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด โดยพิจารณาจากค่า Acid Value , Free Fatty Acid , Peroxide Value , p-Anisidine Value และ Totox Value พบว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดมีแนวโน้มที่มีคุณภาพดีกว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดแบบอื่น เนื่องจากอุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดที่น้อยกว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผลให้ปฏิกิริยาต่างๆในน้ำมันถูกเร่งน้อยกว่าในน้ำมันที่ได้จากวิธีการสกัดแบบอื่น ทำให้คุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้ดังกล่าวดีกว่า รองลงมาคือ วิธีการสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 30 °C , การสกัดแบบรีฟลักซ์ และการสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 58 °C เมื่อพิจารณาจากค่า Iodine Value พบว่า น้ำมันที่ได้จากวิธีการสกัดทั้งสี่วิธีมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กล่าวคือ วิธีการสกัดไม่มีผลต่อ Iodine Value หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

##### 5.1.1. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดมะละกอ

จากการทดลองหาความชื้นและปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดมะละกอพบว่า เมล็ดมะละกอสดประกอบด้วยน้ำ 81.08% และเมล็ดมะละกอแห้งประกอบด้วยน้ำ 5.08% เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดมะละกอพบว่า เมล็ดมะละกอดังกล่าวประกอบด้วยน้ำมัน 29.32%

##### 5.1.2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดแบบแช่

การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณผลตอบแทนในการสกัดสูงที่สุดในวิธีการสกัดแบบแช่ โดยพิจารณา 3 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิ , เวลาและสัดส่วนระหว่างเมล็ดมะละกต่อเฮกเซน จากการทดลองพบว่าในการสกัดโดยวิธีการแช่ให้ปริมาณน้ำมันอยู่ในช่วง 12.56-29.14% โดยพบว่าในการสกัดน้ำมันโดยวิธีการแช่อุณหภูมิในการสกัดมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P < 0.05$ ) นำผลการทดลองดังกล่าวสร้างเป็นสมการพบว่าข้อมูลดังกล่าวเหมาะที่จะสร้างสมการเป็น Linear model โดยสมการที่ได้คือ

$$\text{Recovery oil} = 21.7322 + 0.0831 (\text{Temperature}) + 0.7853 (\text{Time}) - 88.8174 (\text{Ratio})$$

เมื่อวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมที่ให้ผลตอบรับในการสกัดมากที่สุดพบว่าที่อุณหภูมิ 57.51 องศาเซลเซียส เวลา 9 ชั่วโมงและใช้อัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกต่อเฮกเซน 1:20 ให้ผลการสกัดเท่ากับ 29.14% ของน้ำหนักเมล็ดมะละกอที่ใช้ในการสกัด

##### 5.1.3 ผลการศึกษาสภาวะที่ดีที่สุดในการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด

การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณผลตอบแทนในการสกัดสูงที่สุดในวิธีการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัด โดยพิจารณา 3 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิ , เวลาและสัดส่วนระหว่างเมล็ดมะละกต่อเฮกเซน จากการทดลองพบว่าในการสกัดโดยวิธีการใช้อัลตราโซนิคส์ช่วยสกัดให้ปริมาณน้ำมันอยู่ในช่วง 18.48-28.52% เมื่อวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของปัจจัยพบว่า อุณหภูมิ , เวลาและสัดส่วนของเมล็ดมะละกต่อเฮกเซนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นำผลการทดลองดังกล่าวสร้างเป็นสมการพบว่าข้อมูลดังกล่าวเหมาะที่จะสร้างสมการเป็น Quadratic model โดยสมการที่ได้คือ

$$\text{Recovery oil} = 23.95 + 0.42 (\text{Temperature}) - 0.08 (\text{Time}) - 148.91 (\text{Ratio})$$

$$+ 0.004 (\text{temperature}) (\text{Time}) + 1.88 (\text{Time}) (\text{Ratio}) + 0.45 (\text{Temperature}) (\text{Ratio}) - 0.007 (\text{Temperature})^2 - 0.002 (\text{Time})^2 - 48.33 (\text{Ratio})^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมที่ให้ผลตอบรับในการสกัดมากที่สุดพบว่าที่สภาวะ อุณหภูมิ 47.21 องศาเซลเซียส เวลา 35.47 นาที และใช้อัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อกะเขน 1:20 ให้ผล การสกัดเท่ากับ 27.45% ของน้ำหนักเมล็ดมะละกอกที่ใช้ในการสกัด

#### 5.1.4 ผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพทางเคมี

ทำการทดลองเพื่อศึกษาว่าวิธีการสกัดที่แตกต่างกันส่งผลต่อคุณภาพทางเคมีของน้ำมันที่แตกต่าง กันหรือไม่ โดยวิธีการสกัดที่นำมาศึกษาได้แก่ วิธีการสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 30 °C , การสกัดแบบแช่ที่ อุณหภูมิ 58 °C , การสกัดแบบรีฟลักซ์และการสกัดแบบใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัด จากการทดลองพบว่า น้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้อัลตราโซนิกส์ช่วยสกัดมีคุณภาพดีที่สุดในเมื่อพิจารณาจากค่า Acid Value , Free Fatty Acid , Peroxide Value , p-Anisidine Value และ Totox Value ที่มีค่าน้อยที่สุด รองลงมาคือ การสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 30 °C , การสกัดแบบรีฟลักซ์และการสกัดแบบแช่ที่อุณหภูมิ 58 °C เมื่อพิจารณาค่า Iodine Value พบว่าวิธีการสกัดที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่า Iodine Value หรือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ( $P < 0.05$ )

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการสกัดน้ำมันเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ในระยะแรกของการสกัดน้ำมันที่สกัดได้จะ ยังคงมีค่าเปอร์ออกไซด์น้อย จึงทำให้ระยะแรกๆอาจไม่สามารถตรวจวัดค่าได้ ดังนั้นหลังจากสกัดน้ำมันควร ทิ้งน้ำมันไว้ระยะหนึ่งโดยควรบันทึกระยะเวลาดังกล่าวไว้และใช้ข้อมูลดังกล่าวรายงานผลพร้อมกับค่า peroxide value ที่ตรวจวัดได้ ในกรณีที่ต้องการหาค่า totox value ของน้ำมันที่สกัด ควรหาค่า p-anisidine และ peroxide value ไปพร้อมกัน

## บรรณานุกรม

- วสุธร วรสุทธยางกูร และ ชูดา เงาะไพรวรรณ. 2015. การเปรียบเทียบผลผลิตของน้ำมันเมล็ดมะละกอสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอัลตราโซนิกและไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Crews, C., Hough, P., Godward, J., Brereton, P., Lees, M., Guiet, S., and Winkelmann, W. 2006. Quantitation of the main constituents of some authentic grape-seed oils of different origin. *J. Agric. Food Chem.* 54, 6261–6265.
- Knorr, D., Ade-Omowaye, B.I.O., and Heinz, V. 2002. Nutritional improvement of plant foods by non-thermal processing. *Proceedings of the Nutrition Society*, 61, 311–318.
- Kowalski, R., Kowalska, G., Jamroz, J., Nawrocka, A., and Metyk, D. 2015. Effect of the ultrasound- assisted preliminary maceration on the efficiency of the essential oil distillation from selected herbal raw materials. *Ultrason Sonochem.* 24:214-20.
- Briones-Labarca, V., Plaza-Morales, M., Giovagnoli-Vicuna, C., and Jamett, F. 2015. High hydrostatic pressure and ultrasound extractions of antioxidant compounds, sulforaphane and fatty acids from Chilean papaya (*Vasconcellea pubescens*) seeds: Effects of extraction conditions and methods. *LWT - Food Science and Technology* 60, 525-534.
- Li, T., Qua, X.Y., Zhang, A.A., and Wang, Z.Z. 2012. Ultrasound-assisted extraction and profile characteristics of seed oil from *Isatis indigotica* fort. *Industrial Crops and Products* 35, 98–104.
- Malacrida, C.R., Kimura, M., and Jorge, N. 2010. Characterization of a high oleic oil extracted from papaya (*Carica papaya* L.) seeds. *Food Science and Technology (Campinas)*. vol.31 no.4.
- Metherel, A., Taha, A., Izadi, H., and Stark, K. 2009. The application of ultrasound energy to increase lipid extraction through put of solid matrix samples (flaxseed). *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 81, 417-423.
- Samaram, S., Mirhosseini, H., Tan, C.P., and Ghazali, H.M. 2014. Ultrasound-assisted extraction and solvent extraction of papaya seed oil: Crystallization and thermal behavior, saturation degree, color and oxidative stability . *Industrial Crops and Products* 52, 702–708.

- Samaram, S., Mirhosseini, H., Tan, C.P., Ghazali, H.M., Bordbarand, S., and Serjouie, A. 2015. Optimisation of ultrasound-assisted extraction of oil from papaya seed by response surface methodology: Oil recovery, radical scavenging antioxidant activity, and oxidation stability. *Food Chemistry* 172, 7–17.
- Syed, H.M., Kunte, S.P., Jadhav, B.A., and Salve, R.V. 2012 The Extraction and Properties of Carica papaya Seed Oil. *International Journal of Applied, Physical and Bio-Chemistry Research (IJAPBCR)* Vol.2, Issue, 33-43.
- Tian, Q., Rosselot, R., and Schwartz, S.J. 2005. Quantitative determination of intact glucosinolates in broccoli, broccoli sprouts, Brussels sprouts, and cauliflower by high-performance liquid chromatography– electrospray ionization–tandem mass spectrometry. *Analytical Biochemistry* 343, 93–99.
- Trusheva, B., Trunkova, D., and Bankova, V. 2007. Different extraction methods of biologically active components from propolis: a preliminary study. *Chemistry Central Journal*, 1:13.
- Zhang, Q. A., Zhang, Z.Q., Yue, X.F., Fan, X.H., Li, T and Chen, S.F. 2009. Response surface optimization of ultrasound-assisted oil extraction from autoclaved almond powder. *Food Chemistry*, 116, 513–518.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### ตัวอย่างการคำนวณ

#### ก.1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (Yield, %)

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักขูดรูปขมฟูพร้อมน้ำมัน} - \text{น้ำหนักขูดรูปขมฟูเปล่า}}{\text{น้ำหนักเมล็ดมะละกอบด}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ :

$$\text{น้ำหนักขูดรูปขมฟูเปล่า} = 100.3920$$

$$\text{น้ำหนักขูดรูปขมฟูพร้อมน้ำมัน} = 101.7010$$

$$\text{น้ำหนักเมล็ดมะละกอบด} = 5.00$$

$$\begin{aligned} \text{Yield} &= \frac{101.7010 - 100.3920}{5} \times 100 \\ &= 26.1800 \end{aligned}$$

#### ก.2 วัดปริมาณความชื้นภายในเมล็ดมะละกอ(ตามวิธีการของ AOAC, 2000)

วิธีการ :

1. นำถั่วยอบตัวอย่างพร้อมฝา ที่ล้างสะอาดและอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 135°C นาน 2 ชั่วโมง นำออกใส่ในโถดูดความชื้นและทิ้งให้เย็น ไม่เกิน 2 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งบันทึกน้ำหนัก (W1)
2. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด ประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในถั่วยอบให้ตัวอย่างกระจายเต็มพื้นที่ แล้วปิดฝาล้างด้วยบันทึกน้ำหนัก (W2) นำไปวางในตู้อบโดยให้มีระยะห่างระหว่างถั่วยอบ 2 เซนติเมตรขณะที่ต้องเปิดฝาล้างด้วยที่อุณหภูมิ 135°C นาน 2 ชั่วโมงหรือจนน้ำหนักคงที่
3. เมื่อครบกำหนดเวลา ปิดฝาล้างแล้วนำถั่วยอบออกใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็น ไม่เกิน 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก (W3)

$$\% \text{ (W/W) ความชื้น} = \frac{(W2 - W3) \times 100}{(W2 - W1)}$$

เมื่อ  $W1 =$  น้ำหนักถั่วยอบ

$W2 =$  น้ำหนักถั่วยอบ + น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

$W3 =$  น้ำหนักถั่วยอบ + น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

$\% \text{ วัตถุแห้ง (Dry matter, DM)} = 100 - (\% \text{ ความชื้น})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ก.3 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด(Acid Value; AV)(AOCS Cd 3d-63, 1997)

สารเคมี :

1. เอธิลแอลกอฮอล์ 95%
2. สารละลายฟีนอล์ฟธาไลน์ 1 % ในเอธิลแอลกอฮอล์ 95%
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

วิธีการวิเคราะห์ :

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมันโดยใช้ปริมาณ 10 กรัม
2. เตรียมสารละลาย เอธิลแอลกอฮอล์ 95% ให้เป็นกลางโดยเติมฟีนอล์ฟธาไลน์ 2 มิลลิตร และไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล จนได้สารละลายสีชมพูอ่อน และนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส
3. เติมสารละลายฟีนอล์ฟธาไลน์ 2 มิลลิตร
4. ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนได้สารละลายสีชมพูคงตัว 30 วินาที
5. บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต
6. คำนวณหาปริมาณของกรดไขมันอิสระในรูปเปอร์เซ็นต์หรือค่าแอกซิดได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณของกรดไขมันอิสระ (\%)} = \frac{\text{ml KOH} \times N \times \text{MW(Fatty acid)}}{10 \times \text{wt of sample in, (g)}}$$

เมื่อ V = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิเมตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล)

W = น้ำหนักของน้ำมันตัวอย่าง (กรัม)

$$\text{ดังนั้นค่าแอกซิด} = \frac{\text{ml KOH} \times N \times 56.1}{\text{wt of sample in, (g)}}$$

( น้ำหนักโมเลกุลของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 56.1 )

#### ก.4 การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value; PV) (AOCS Cd 8-53, 1997)

สารเคมี :

1. สารละลายผสมอะซิติก: คลอโรฟอร์ม(3:2)
2. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว
3. สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล
4. สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล
5. สารละลายน้ำแป้งความเข้มข้น 1 %

วิธีการวิเคราะห์ :

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน  $5 \pm 0.05$  กรัมใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายผสมอะซิติก:คลอโรฟอร์ม (3:2) 30 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร
4. เขย่าสารละลายเป็นเวลา 1 นาทีในที่มืดและเติมน้ำกลั่นทันที 30 มิลลิลิตร
5. ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตเข้มข้น 0.01 นอร์มอลจนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อนและเติมสารละลายน้ำแป้งความเข้มข้น 1 % 2 มิลลิลิตรและไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินจางหาย
6. บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต
7. ทำ blank ตามวิธีเดียวกับที่กล่าวข้างต้นแต่ไม่ใส่ตัวอย่างน้ำมัน
8. คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์

$$\text{PV (milliequivalents peroxide / 1000 g sample)} = \frac{(S-B) \times N \times 1000}{\text{Mass of sample (g)}}$$

เมื่อ S = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต (นอร์มอล)

#### ก.5 การตรวจสอบความคงตัวของน้ำมัน (Oil stability) ตามการทดลองของ Samaram และคณะ (2014)

$$\text{คำนวณจากสมการ } TV = 2PV + AV$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.6 การวิเคราะห์ค่าพาราแอนนิซิดีน (p- Anisidine Value ; p-AV )  
(AOCS Cd 18-90,1997)

สารเคมี :

1. ไอโซออกเทน
2. กรดอะซิติก
3. สารละลายพาราแอนนิซิดีน

วิธีวิเคราะห์ :

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน  $0.5 \pm 0.1$  กรัม ใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายผสมไอโซออกเทน เขย่าให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร
3. ทำ Blank โดยใช้สารละลายไอโซออกเทน
4. นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 350 นาโน
5. ปิเปตสารละลายตัวอย่างจากขวดวัดปริมาตร 25 มิลลิลิตร ออกมาจำนวน 5 มิลลิลิตร

ใส่ในหลอดทดลอง

6. ปิเปตสารละลาย blank จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองหนึ่ง
7. เติมสารละลายพาราแอนนิซิดีน 1 มิลลิลิตร เขย่าเข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
8. นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 350 นาโนเมตร
9. คำนวณพาราแอนนิซิดีน

$$\text{p- Anisidine Value} = \frac{25 \times (1.2 A_s - A_b)}{\text{mass of sample, (g)}}$$

เมื่อ  $A_s$  = ค่าการดูดกลืนแสงหลังเติมสารละลายพาราแอนนิซิดีน

$A_b$  = ค่าการดูดกลืนแสงก่อนเติมสารละลายพาราแอนนิซิดีน



