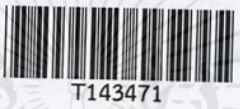
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเปรียบเทียบผลผลิตของน้ำมันเมล็ดมะละกอสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง อัลตร้าโซนิค และไมโครเวฟ

COMPARISON OF PAPAYA SEED OIL YIELD FROM MACERATION ULTRASONIC AND MICROWAVE EXTRACTION


T143471

วสุธร วรสุทธยางกูร

ฮูดา เงาะไพรวรรณ

วว.
จ363ว
2558
เลขหมู่
เลขทะเบียน 143471
วัน.เดือน ปี 10 ส.ค. 2559
b. 12798709
i.

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

การเปรียบเทียบผลผลิตของน้ำมันเมล็ดมะละกอสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง อัลตร้าโซนิค และไมโครเวฟ

COMPARISON OF PAPAYA SEED OIL YIELD FROM MACERATION ULTRASONIC AND MICROWAVE EXTRACTION

นางสาววสุธร วรสุทธยางกูร

นางสาวฮูดา เงาะไพรวรรณ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

Faculty of Agro-industry

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

การเปรียบเทียบผลผลิตของน้ำมันเมล็ดมะละกอสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง อัลตร้าโซนิค และไมโครเวฟ

COMPARISON OF PAPAYA SEED OIL YIELD FROM MACERATION ULTRASONIC AND MICROWAVE EXTRACTION

จัดทำโดย

นางสาววสุธร วรสุทธยางกูร รหัสนักศึกษา 54080209

นางสาวฮูดา เงาะไพรวรรณ รหัสนักศึกษา 54080235

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.กิตติชัย บรรจง

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การเปรียบเทียบผลผลิตของน้ำมันเมล็ดมะละกอสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง อัลตร้าโซนิค และไมโครเวฟ

COMPARISON OF PAPAYA SEED OIL YIELD FROM MACERATION ULTRASONIC AND MICROWAVE EXTRACTION

จัดทำโดย

นางสาววสุธร	วรสุทธยางกูร	รหัสนักศึกษา 54080209
นางสาวฮูดา	เงาะไพรวรรณ	รหัสนักศึกษา 54080235

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../...../.....

(ดร. กิตติชัย บรรจง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การเปรียบเทียบผลผลิตของน้ำมันเมล็ดมะละกอสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง อัลตร้าโซนิค และไมโครเวฟ
นักศึกษา	วสุธร วรสุทธยางกูร รหัสนักศึกษา 54080209
	ฮูดา เงาะไพรวรรณ รหัสนักศึกษา 54080235
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมแปรรูปอาหาร
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ	ดร. กิตติชัย บรรจง

บทคัดย่อ

จากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอจากการสกัด 3 วิธี คือ การสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง, การสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิคช่วยในการสกัดและการสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด โดยมีการศึกษาดังนี้ 1) ศึกษาอัตราส่วนที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอ 2) ศึกษาวิธีการสกัดและระยะเวลาที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ 3) เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิค 4) เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอระหว่างการสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟกับการสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิค โดยจากการศึกษาอัตราส่วนปริมาณการใช้เฮกเซนอย่างน้อยคือ 10:1 ส่วนการเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างกัน เวลาการสกัดเดียวกันพบว่าผลของการสกัดด้วยวิธีการอัลตร้าโซนิคได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันสูงกว่าไมโครเวฟเล็กน้อยและความร้อนมีส่วนช่วยในการสกัด ในด้านของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดพบว่าการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟใช้กำลังมากกว่าการสกัดด้วยวิธีอัลตร้าโซนิค เมื่อนำน้ำมันที่สกัดได้มาวิเคราะห์คุณภาพ พบว่าวิธีการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าเปอร์ออกไซด์และค่าความเป็นกรดต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับการสกัดวิธีอื่นๆ

คำสำคัญ: การสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอ, การสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง, การสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิคช่วยในการสกัดและการสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Comparison of papaya seed oil yield from maceration ultrasonic and microwave extraction.
Student name	Wasutorn Worasutayangkul 54080209
	Huda Ngopriwan 54080235
Degree	Bachelor of Science
Program	Food Process Engineering
Year	2015
Special problem advisor	Dr. Kittichai Banjong

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the yield of papaya seeds oil of 3 different extraction methods which were maceration, ultrasonic assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE). The preliminary result of hexane to papaya seed ratio showed that the minimum ratio of 10: 1 should be used in MAE and it was also applied in all later experiments. The comparison of extraction yield from different methods showed that UAE at 30°C and 50°C provided slightly higher yield than MAE and it was obviously higher than the maceration which gave significant lowest yield ($P \leq 0.05$). When power consumption was considered, MAE obviously uses more power than UAE which indicated that UAE was the most suitable extraction method for papaya seed in this research.

Keywords: oil extraction methods, Papaya seed oil, Ultrasonic assisted extraction, Microwave assisted extraction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่อง การเปรียบเทียบผลผลิตของน้ำมันเมล็ดมะละกอสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอัลตร้าโซนิค และไมโครเวฟ เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.กิตติชัย บรรจง อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษนี้ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาคอยให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือให้ข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ คอยเอาใจใส่เป็นอย่างดี ตรวจสอบและขัดเกลาแก้ไขรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้เพื่อให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาในคณะอุตสาหกรรมเกษตรจนกระทั่งประสบความสำเร็จในวันนี้

รวมถึงขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและนักวิทยาศาสตร์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำในการใช้เครื่องมือต่างๆ และช่วยอำนวยความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณพ่อแม่ ครอบครัว รวมถึงเพื่อนๆและพี่ๆทุกคนที่คอยช่วยเหลือในการหาเมล็ดมะละกอ หาข้อมูลและให้คำปรึกษา แนะนำ ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ทำให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

วสุธร วรสุทธยางกูร
ฮูดา เงาะไพรวรรณ
2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... V

สารบัญภาพ..... VI

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 1

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 2

2.1 เทคนิคการสกัด..... 2

2.2 เมล็ดมะละกอ..... 7

2.3 น้ำมันเมล็ดมะละกอ..... 8

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 10

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี..... 10

3.2 อุปกรณ์..... 12

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง..... 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 17

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดมะละกอ 17

4.2 ผลของอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อปริมาณสารละลายเฮกเซน 18

4.3 ผลของวิธีการสกัดและระยะเวลาที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ 19

4.4 ผลของการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเทียบกับระยะเวลาที่ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอสูงที่สุด 22

4.5 ผลของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอระหว่างการสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟกับการสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิการสกัดต่างกัน 24

4.6 ผลของการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้ 26

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 27

5.1 สรุปผล 27

5.2 ข้อเสนอแนะ 28

บรรณานุกรม 29

ภาคผนวก 32

ภาคผนวก ก 33

ภาคผนวก ข 36

ภาคผนวก ค 39

ประวัติผู้เขียน 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 น้ำมันจากผลไม้ต่างๆ 9

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดมะละกอ 17

4.2 ผลของอัตราส่วนที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอ 18

4.3 ผลของวิธีการสกัดและระยะเวลาที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ 21

4.4 ผลของการสกัดด้วยวิธีการแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและระยะเวลาที่มีผลต่อปริมาณผลผลิต
น้ำมันเมล็ดมะละกอ 23

4.5 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอระหว่างการสกัดด้วยไมโครเวฟ
กับอัลตร้าโซนิค 25

4.6 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 Experimental setup for indirect extraction using a cleaning bath..... 3

2.2 Experimental setup for direct extraction using an ultrasonic bath..... 4

2.3 Experimental setup for direct extraction using an ultrasonic horn..... 4

2.4 การสกัดด้วยไมโครเวฟ..... 5

3.1 เมล็ดมะละกอ พันธุ์ฮอลแลนด์..... 10

4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับผลผลิตที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต่างกัน..... 21

4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับผลผลิตที่ได้จากการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง..... 23

4.3 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าระหว่างการสกัดด้วยไมโครเวฟและอัลตร้าโซนิค..... 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นเมืองแห่งเกษตรกรรม มีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากหนึ่งในนั้นคือ มะละกอ ซึ่งในปัจจุบันผู้คนทุกเพศทุกวัยเริ่มหันมาใส่ใจเรื่องสุขภาพรวมถึงอาหารการกินกันมากขึ้น การกินผักผลไม้จึงได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง ทำให้เกิดความคิดที่จะนำเอาสิ่งของเหลือใช้มาทำให้เกิดมูลค่า ในที่นี้เป็นการเพิ่มมูลค่าโดยการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอจากวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ การสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง, การสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิคช่วยในการสกัดและการสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของอัตราส่วนเมล็ดมะละกอต่อเฮกเซน เพื่อหาปริมาณเฮกเซนที่เพียงพอในการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอ

1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของน้ำมันเมล็ดมะละกอที่สกัดได้จากวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ การสกัดแบบแช่ การสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคและการสกัดด้วยไมโครเวฟ

1.2.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของน้ำมันเมล็ดมะละกอที่สกัดได้จากการสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส

1.2.4 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองในการสกัดระหว่างการสกัดด้วยไมโครเวฟและการสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบวิธีการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตสูง โดย 1) ใช้ระยะเวลาสั้น 2) ใช้ปริมาณตัวทำละลายเฮกเซนน้อย และ3) สิ้นเปลืองพลังงานต่ำ ซึ่งจะมีส่วนช่วยต่อการลดต้นทุนการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคนิคการสกัด

2.1.1 การสกัดด้วยวิธีแช่ (Maceration)

การสกัดด้วยวิธีการแช่เป็นวิธีดั้งเดิมที่ใช้ตัวทำละลายปริมาณมากในการสกัด โดยการแช่วัตถุดิบที่ต้องการสกัดลงในตัวทำละลายที่บรรจุในภาชนะ ในวิธีนี้การเลือกชนิดตัวทำละลายและอัตราส่วนตัวทำละลายที่เหมาะสมมีผลต่อการสกัด ข้อดีของวิธีนี้จัดเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดแต่ข้อเสีย คือ ใช้เวลานาน ดังแสดงให้เห็นจากงานวิจัยของ Samaram และคณะ (2014) ได้ทำการทดลองสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย ภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน คือ เวลา 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 และ 50 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าต้องใช้เวลาถึง 12 ชั่วโมง 25 องศาเซลเซียส

2.1.2 การสกัดด้วยวิธีอัลตร้าโซนิค

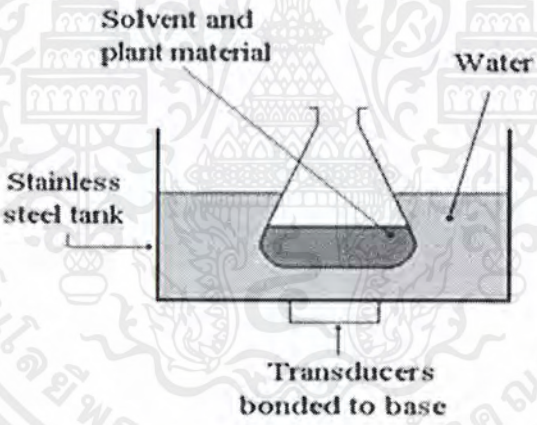
การสกัดสารด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงร่วมในการสกัดหรืออัลตร้าโซนิค (Ultrasonic) ร่วมกับตัวทำละลายหรือน้ำในการสกัดวัตถุดิบ อัลตร้าโซนิคจะปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงที่แตกต่างกันไปออกมาในตัวพา ในที่นี้คือ น้ำหรือตัวทำละลาย กระบวนการดังกล่าวจะทำให้เกิดฟองก๊าซซึ่งเกิดการหดตัวและขยายตัวเป็นวัฏจักร เมื่อฟองก๊าซขยายตัวจะดึงสารที่อยู่ภายในวัตถุดิบออกมาละลายในตัวทำละลาย และในขณะเดียวกันเมื่อฟองก๊าซแตกตัวออกจะเกิดความดันและความร้อนอย่างมากในบริเวณนั้นซึ่งมีผลทำให้เนื้อเยื่อของวัตถุดิบฉีกขาดด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้สารที่ต้องการสกัดละลายได้ดีขึ้น ประสิทธิภาพการสกัดด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความถี่ของคลื่น เสียงที่ใช้ ถ้าใช้ความถี่สูงจะใช้เวลาสั้นในการสกัด สมบัติที่แตกต่างกันของตัวทำละลาย ได้แก่ ความดันไอ ตัวทำละลายที่มีความดันไอสูงสามารถสกัดได้ดีกว่าตัวทำละลายที่มีความดันไอต่ำ และอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด โดยที่อุณหภูมิสูงจะสามารถสกัดได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

ดังแสดงให้เห็นจากงานวิจัยของ Tian และคณะ (2013) ได้ทำการศึกษาวิธีที่ดีที่สุดในการใช้อัลตร้าโซนิคสกัดน้ำมันจากเมล็ดทับทิมโดยในการสกัดน้ำมันด้วยวิธีอัลตร้าโซนิคเพื่อให้ได้ผลนั้น เริ่มจากการเลือกใช้ตัวทำละลาย โดยตัวทำละลายที่ให้ผลดีที่สุดคือ ปิโตรเลียม อีเธอร์, เฮกเซน, เอธิล อะซีเตต, ไดเอธิล อีเธอร์, อะซีโตน และ ไอโซโพรพานอล ตามลำดับ และมีการศึกษาตัวแปรต่างๆด้วย เช่น กำลังอัลตร้าโซนิค, อุณหภูมิในการสกัด, เวลาในการสกัด และอัตราส่วนของปริมาณตัวทำละลายกับน้ำหนักเมล็ด จากการทดลองพบว่า ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดทับทิมที่สูงที่สุดคือ 25.11% โดยใช้ปิโตรเลียม อีเธอร์ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสกัด ภายใต้เงื่อนไขของกำลังอัลตร้าโซนิค ที่ 140 วัตต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 36 นาที อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ด คือ 10 ml/g และสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดทับทิมที่สกัดด้วยวิธีอัลตร้าโซนิค มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสูงกว่าวิธีสกัดด้วยซอกเลต (20.50%) และวิธีการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาวะวิกฤติยวดยิ่ง (15.72%)

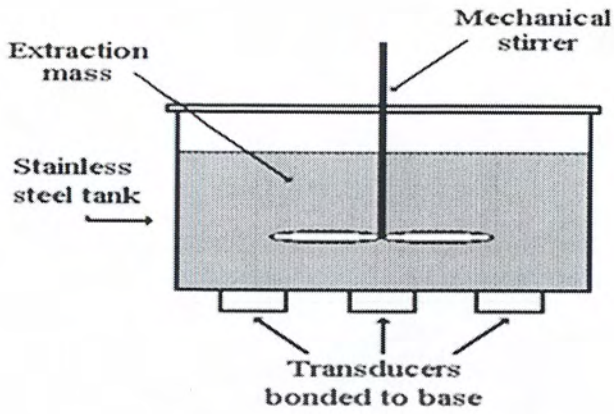
Porto และคณะ (2012) พบว่า การสกัดด้วยการใช้อัลตราซาวนด์ช่วยสกัด โดยใช้ความถี่ 20 KHz; 150 วัตต์ เวลา 30 นาที ได้ปริมาณของน้ำมันเมล็ดองุ่น (14 % w/w) ซึ่งเหมือนกับการสกัดด้วยซอกเลต ที่เวลา 6 ชั่วโมง พบว่ากรดไขมันในน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี ซอกเลต และวิธีใช้อัลตราซาวนด์ช่วยสกัดที่ 150 วัตต์ นั้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่ K_{232} และ K_{268} น้ำมันที่ได้จากการใช้อัลตราซาวนด์ช่วยสกัดให้ผลต่ำกว่าน้ำมันที่สกัดด้วยซอกเลต การสกัดน้ำมันจากเมล็ดองุ่นด้วยวิธีที่ต่างกัน โพลิฟีนอล และส่วนประกอบอื่นๆ จะถูกสกัดโดยการแช่ในเวลา 12 ชั่วโมง และด้วยวิธีใช้อัลตราซาวนด์ช่วยสกัดใช้เวลา 15 นาที และเวลาในการโซนิเคชันจะถูกปรับให้เหมาะสมหลังจากศึกษาเรื่องไคเนติคในการสกัดโพลิฟีนอล สารสกัดจากเมล็ดองุ่นที่ได้จากใช้ด้วยอัลตราซาวนด์ช่วยสกัด และ การสกัดด้วยวิธีแช่ ผลปรากฏว่าได้ความเข้มข้นของโพลิฟีนอลสูงสุด (105.20 mg GAE/g flour) และ สารต้านอนุมูลอิสระ (109 EqaToc/g flour)



ที่มา : สุเมธ (2555)

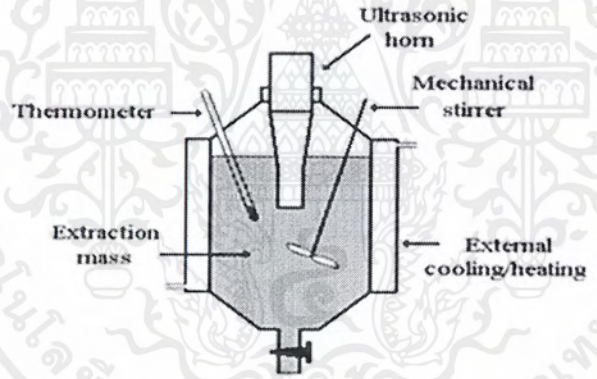
ภาพที่ 2.1 Experimental setup for indirect extraction using a cleaning bath

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่มา : สุเมธ (2555)

ภาพที่ 2.2 Experimental setup for direct extraction using an ultrasonic bath



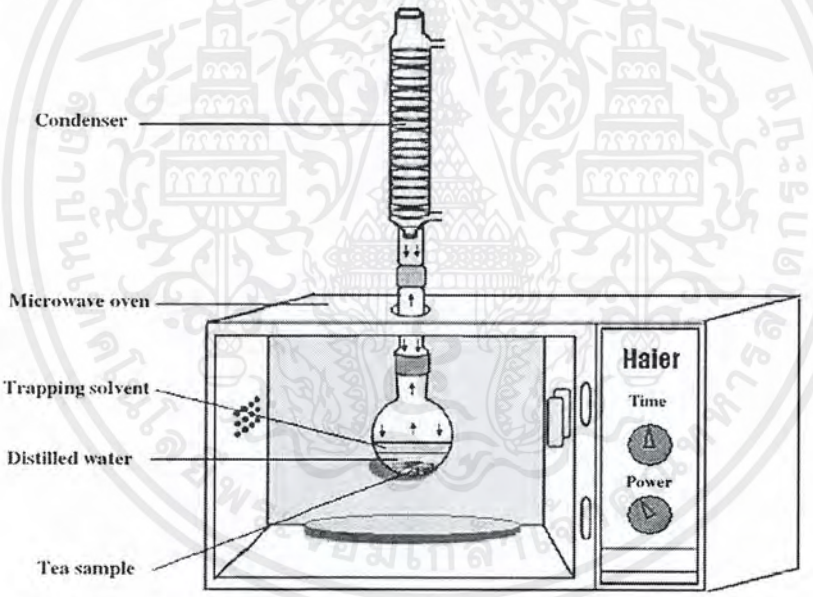
ที่มา : สุเมธ (2555)

ภาพที่ 2.3 Experimental setup for direct extraction using an ultrasonic horn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ

ในอดีตและปัจจุบันเครื่องไมโครเวฟใช้มากในวงการอาหารเพื่อใช้ในการถนอมอาหารโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความร้อนเพื่อทำให้อาหารสุก ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารและช่วยในการลดความชื้นในอาหารประเภทผักและผลไม้ เครื่องไมโครเวฟที่ประดิษฐ์ขึ้นเฉพาะเพื่อย่อยวัตถุดิบที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิและความดัน วิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟมีหลักการ คือ การใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าร่วมกับตัวทำละลาย เมื่อวัตถุดิบวางตัวอยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแล้ว สมบัติความเป็นขั้วของโมเลกุลภายในวัตถุดิบที่ต้านการเคลื่อนที่ทำให้เกิดความร้อนซึ่งมีผลต่อเนื้อเยื่อของวัตถุดิบและมีผลต่อการละลายของสารที่ต้องการ สมบัติของตัวทำละลายที่แตกต่างกันทำให้เกิดการดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, การสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการส่งผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกันออกไป ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัด ได้แก่ เวลา, อุณหภูมิ, กำลังของคลื่นไมโครเวฟ, คุณสมบัติวัตถุดิบ, องค์ประกอบที่เป็นความชื้น, ความคงตัวของวัตถุดิบ, สมบัติของตัวทำละลายและสมบัติสารที่ต้องการสกัด



ที่มา : ศักชัยบดี (2558)

ภาพที่ 2.4 การสกัดด้วยไมโครเวฟ

Pan และคณะ (2000) ศึกษาการสกัดสาร glycyrrhizic acid (GA) จากรากของชะเอมเทศ ด้วยวิธีไมโครเวฟ ภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการสกัด เช่น เวลาในการสกัดคือ 4-5 นาที, ความเข้มข้นของเอธานอล 50-60%, ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 1-2% และอัตราส่วนของของเหลวต่อของแข็ง 10:1 ml/g เมื่อเปรียบเทียบผลของ GA กับวิธีการสกัดพื้นฐาน คือ การสกัดที่อุณหภูมิห้อง, การสกัดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอกเลต, การสกัดแบบไหลย้อนกลับ และการสกัดด้วยอัลตร้าโซนิค พบว่าวิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟให้ประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการสกัดพื้นฐานทั้งหมด

Amarni และคณะ (2010) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดด้วยตัวทำละลาย เพื่อสกัดน้ำมันจากเค้กมะกอก พบว่าสามารถใช้วิธีการดังกล่าวเป็นตัวเลือกใหม่ในการสกัด เมื่อเทียบกับวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายพื้นฐาน โดยพบว่าการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟช่วยนั้นให้ปริมาณผลผลิตดีกว่าและใช้ระยะเวลาสั้น

บุณยานุช และ สุภาพร (2557) พบว่า จากการทดลองเรื่องผลของกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาของการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟช่วยสกัดที่มีผลต่อผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น โดยใช้ระดับกำลังไฟฟ้าที่ 100, 300, 600 และ 800 W พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อพิจารณาผลการสกัดในช่วงระยะเวลา 10 นาทีแรก (ซึ่งทำให้ได้ปริมาณน้ำมันมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์) พบว่าการสกัดที่กำลังไฟฟ้า 300, 600 และ 800 W ให้ผลผลิตมากกว่าการสกัดที่กำลังไฟฟ้าต่ำสุด (100 W) ไม่ต่างกันมาก และเมื่อทำการทดลองเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดพบว่าระหว่างการใช้ เวลาที่ 10,20 และ 30 นาที ที่ทุกระดับกำลังไฟฟ้า แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำมันส่วนมากจะสกัดได้ในช่วง 10 นาทีแรก ซึ่งได้ปริมาณน้ำมันมากถึง 97.99-99.31% ของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ในเวลา 30 นาที ซึ่งจากการทดลองนี้ อาจแนะนำได้ว่าในกระบวนการสกัดน้ำมันด้วยไมโครเวฟที่ทุกระดับกำลังไฟฟ้า สามารถใช้เวลาสกัดน้ำมันเพียง 10 นาทีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เมล็ดมะละกอ

Marfo และคณะ (1986) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเมล็ดมะละกอ สายพันธุ์ *Carica papaya* โดยนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี, สารพิษบางตัว, องค์ประกอบน้ำตาล, แร่ธาตุ, คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะละกอ และกรดไขมันของน้ำมัน พบว่าเมล็ดมะละกอมี องค์ประกอบของโปรตีน (27.8%), ไขมัน (28.3%) และเยื่อใยชนิดหยาบ (22.6%) สูง การประมาณสารพิษ พบว่า มีสัดส่วนของ กลูโคไซโนเลทสูงที่สุดและมีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวอิสระต่ำ มีน้ำตาลซูโครส (75.0% ของน้ำตาลทั้งหมด) และมีส่วนประกอบของแร่ธาตุต่ำ น้ำมันเมล็ดมีค่าไอโอดีนต่ำ (74.8), กรดไขมันอิสระ (0.94%) และ แคโรทีน (0.02 µg/g) และมีกรดไขมันที่สำคัญคือ C 18:1 (79.1%)

สุธาทิพ (2552) ได้กล่าวถึงรายงานการวิจัยของประเทศญี่ปุ่นว่า เมล็ดมะละกอมีเอนไซม์ไมโรซิเนส และสารเบนซิลกลูโคซิโนเลตในปริมาณมาก สารเบนซิลกลูซิโนเลตนี้ส่วนใหญ่พบในพืชวงศ์คะน้า มีฤทธิ์ขับไล่สัตว์กินพืชในธรรมชาติ แต่มนุษย์สามารถย่อยสารนี้โดยใช้เอนไซม์ไมโรซิเนส ได้สารต้านมะเร็ง งานวิจัยยังพบว่าสารสกัดเฮกเซนของเมล็ดมะละกอมีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างสารซูเปอร์ออกไซด์ และมีฤทธิ์ฆ่าเซลล์มะเร็งแบบอะป๊อปโทซิส และที่ประเทศอินเดียได้กล่าวว่าเมล็ดมะละกอสามารถใช้รักษาโรคมะเร็งได้ ซึ่งจะเห็นว่าเมล็ดมะละกอมีฤทธิ์ต้านมะเร็งได้จริงตามภูมิปัญญาการแพทย์อินเดีย แต่ต้องใช้เวลาอีกมากกว่าจะมีการพัฒนาเป็นยาแผนปัจจุบันได้ต่อไป

นอกจากนี้ยังพบว่าเมล็ดมะละกอยังมีความเสี่ยงดังในงานวิจัยของ Adebiyi และคณะ (2003) โดยรายงานว่า สารเบนซิลไอโซไธโอไซยาเนต เป็นองค์ประกอบที่พบในเมล็ดมะละกอ ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายทางสารพิษในสัตว์เมื่อบริโภคเป็นจำนวนมาก และสารสกัดจากเมล็ดมะละกอนี้ยังมีผลในการคุมกำเนิดในสัตว์ด้วย แต่ยังไม่มีใครทราบว่าจะมีผลเช่นเดียวกันในมนุษย์หรือไม่ อย่างไรก็ตามระดับของสารนี้โดยปกติ อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 น้ำมันเมล็ดมะละกอ

ปิยวดี (2551) พบว่าในเมล็ดมะละกอมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบสูง และได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาสมบัติของน้ำมันเมล็ดมะละกอเพื่อการพัฒนาเป็นน้ำมันสำหรับบริโภค โดยศึกษาจากตัวอย่างเมล็ดมะละกอสายพันธุ์ต่างๆ จำนวน 5 สายพันธุ์ทั้งสุกและดิบ ได้แก่พันธุ์แขกดำ, แขกนวล, แก้มแหม่ม, ฮาวาย และฮอลแลนด์ จากการวิจัยพบว่าน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดมะละกอ มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (กรดโอเลอิก) เป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก อีกทั้งยังมีสารประกอบฟินอลิกซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดมะละกอจึงมีแนวโน้มที่จะผลิตเป็นน้ำมันพืชเพื่อการบริโภคได้แต่อย่างไรก็ตามยังคงต้องศึกษาถึงวิธีการขจัดสารเบนซิลไอโซไธโอไซยาเนทที่อยู่ในน้ำมันเมล็ดมะละกอต่อไป

Puangsri และคณะ (2005) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันจากมะละกอพันธุ์ *Carica* จากการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์และวิธีการใช้น้ำและเอนไซม์ พบว่าจุดหลอมเหลวของน้ำมันคือ 9.7-10.5°C และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ระหว่างน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยเอนไซม์และการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยทั่วไปสีของน้ำมันเป็นสีเหลืองสีแดง ในการสกัดด้วยตัวทำละลายจะให้สีเหลืองและสีแดง มากขึ้น(24 + Y 4.0 R) เมื่อเทียบกับน้ำมันที่สกัดด้วยเอนไซม์ (20 + Y 3.0 R) ค่าไอโอดีนและค่าสะปอนิฟิเคชั่น ของน้ำมันโดยใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายพบว่ามีค่า 66.0 และ 154.7 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้เอนไซม์ในการสกัดน้ำมันได้ 66.2-69.3 และ 154.2-161.7 ตามลำดับ ค่า unsaponifiable ของน้ำมันที่สกัดโดยใช้เอนไซม์มีค่าอยู่ระหว่าง 2.07 และ 2.90% และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลาย (1.39%) ค่าของกรดไขมันที่สำคัญเช่น กรดโอเลอิก (72-78%), ปาล์มิติกบางส่วน (12-14%), สเตียริก (4-5%) และไลโนเลอิก (2.5-3.5%) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบระหว่างน้ำมันที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายกับน้ำมันที่สกัดด้วยเอนไซม์

Samaram และคณะ (2013) ได้ทำการศึกษาเรื่องการสกัดน้ำมัน โดยวิเคราะห์น้ำมันเมล็ดมะละกอสายพันธุ์ *Sekaki* เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางกรดไขมัน โดยจากที่แสดงในตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดมะละกอ มีความคล้ายคลึงกับน้ำมันมะกอก และน้ำมันเมล็ดมะละกอมีค่า PUFA ต่ำกว่าน้ำมันเมล็ดองุ่น (50.0%-83.0%), น้ำมันเมล็ดส้ม (59.6%) และ น้ำมันเมล็ดฟักทอง (55.6%) นอกจากนี้น้ำมันมะกอกกับน้ำมันเมล็ดมะละกอ มีค่าของกรดโอเลอิกที่สูง (18:1) ซึ่งมีประโยชน์สำหรับร่างกายมนุษย์และยังเป็นอินดิเคเตอร์ของความคงตัวสูงในน้ำมันทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 น้ำมันจากผลไม้ต่างๆ

Oil Source	Oil content %	PUFA [1]%	MUFA [2]%	SFA [3]%	Reference
Papaya seed oil	30–34	2.1–6.3	67.5–77.6	18.6–29.0	Puangsri *et al.* [5]; Lee *et al.* [6]
Olive oil [4]	22–24	3.5–22.5	55.3–86.5	10.5–20.0	Salvador *et al.* [14]; Codex [16]
Grape seed oil	8–15	50.0–83.0	13.7–36.5	5.8.0–23.5	Passos *et al.* [15]; Shahidi [17]
Orange seed oil	32–35	43.5–45.0	26.0–27.0	28.0–29.0	Shahidi [17]; Ajewole [18]
Apple seed oil	21–24	48.4–65.3	24.7–43.0	6.3–12.4	Shahidi [17]; Tian *et al.* [19]
Watermelon seed oil	50	60.0	18.4	21.6	Baboli and Kordi [20]
Pumpkin seed oil	42–45	55.6	20.8	23.5	Shahidi [21]; Schinas *et al.* [22]

[1] PUFA, polyunsaturated fatty acids; [2] MUFA, monounsaturated fatty acids; [3] SFA, saturated fatty acids; [4] olive oil from the fresh fruit.

ที่มา: Samaram และคณะ (2013)

Lee และคณะ (2011) น้ำมันเมล็ดมะละกอพบว่ามีลักษณะเฉพาะหลายประการรวมถึงค่าของกรดโอเลอิกสูง, ค่าความสัมพันธ์อัตราส่วน ของกรดไขมันอิ่มตัว / กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวไม่อิ่มตัว / กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน 29/68/3, โดยกรดไขมันไม่อิ่มเชิงซ้อนมีค่า 3.34% และองค์ประกอบของ triacylglycerol นั้นคล้ายกับน้ำมันมะกอก นอกจากนี้น้ำมันยังอุดมไปด้วย คีโมพรีเวนทีฟ เบนซิล ไอโซไทยาเนต ระดับตั้งแต่ 4.0-23.3 กรัมต่อกิโลกรัม (-1) ขึ้นอยู่กับวิธีการผลิตที่หลากหลายสำหรับการปรับสภาพของเมล็ดมะละกอ จากการศึกษาพบว่า น้ำมันเมล็ดมะละกอถือได้ว่าเป็นน้ำมันที่มีค่าโอเลอิกสูงและ มีผลต่อค่า chemoprotective ซึ่งอาจถูกมองว่าเป็นทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพในอุตสาหกรรมอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

เมล็ดมะละกอ สายพันธุ์ ฮอลแลนด์ (Carica papaya linn.) จาก ร้านขายผลไม้

ที่มา: ดาวทอง (2556)

ภาพที่ 3.1 เมล็ดมะละกอ พันธุ์ฮอลแลนด์

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 กรดซัลฟิวริกเข้มข้ม

3.1.2.2 กรดบอริก

3.1.2.3 สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก

3.1.2.4 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น

3.1.2.5 สารละลายอินดิเคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.6 ปิโตรเลียมอีเทอร์

3.1.2.7 โซเดียมไฮดรอกไซด์

3.1.2.8 อะซีโตน

3.1.2.9 n-Octanol

3.1.2.10 สารละลายของกรดอะซิติก

3.1.2.11 สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว

3.1.2.12 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต

3.1.2.13 สารละลายแป้ง

3.1.2.14 เอธานอล 95%

3.1.2.15 ฟีนอล์ฟทาลีน 1%

3.1.2.16 สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

3.1.2.17 เฮกเซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องปั่นแห้ง (Blender)

3.2.2 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

3.2.3 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.2.4 ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminum can)

3.2.5 ถุงซิปล็อค

3.2.6 โถดูดความชื้น (Desiccators)

3.2.7 บีกเกอร์ 500 ml

3.2.8 ขวดก้นกลม 1000 ml

3.2.9 คอนเดนเซอร์ (Condenser)

3.2.10 ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 ml (Erlenmeyer flask)

3.2.11 ลูกแก้วขนาดเล็ก

3.2.12 เครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟที่ดัดแปลงจาก (ลำนำพร และ กิตติชัย, 2555)
ยี่ห้อ Samsung รุ่น ME711K ความจุ 20 ลิตร กำลังไฟ 800 วัตต์

3.2.13 เครื่องอัลตร้าโซนิคบาธ ยี่ห้อ Elma รุ่น Elmasonic S 30 (H)

3.2.14 กระดาษกรอง No. 1

3.2.15 ชุดกรองสุญญากาศ

3.2.16 ชุดสกัดซอกเลต

3.2.17 เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dry)

3.2.18 มิเตอร์ไฟฟ้า

3.2.19 เครื่องระเหย (Evaporator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำเมล็ดมะละกอมาทำความสะอาด นำไปทำให้แห้งโดยการนำเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น (blender) แล้วนำไปเก็บใส่ถุงซิปล็อคแล้วใส่โถดูดความชื้นรอการสกัดต่อไป

ตัวอย่างมีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังนี้

- ความชื้น (Moisture content)
- ไขมัน (Fat) วิธี Soxhlet method
- โปรตีน (Crude protien) วิธี Kjeldahl method
- เถ้า (Ash)
- เยื่อใย (Crude fiber)
- คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

3.3.2 วิธีการสกัด

วิธีการสกัดจะเริ่มจากนำเมล็ดมะละกอบดมา 5 กรัม ใส่ลงถ้วยแก้วขนาดเล็ก เติมเฮกเซนตามอัตราส่วน แล้วนำไปสกัดตามวิธีการแต่ละการทดลอง เป็นเวลาตามที่กำหนด เมื่อครบเวลานำเข้าเครื่องกรองสุญญากาศเพื่อกรองแยกเมล็ดมะละกอบดออกจากสารละลายโดยใช้กระดาษกรอง No.1 จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกว่าเฮกเซนจะระเหยหมด แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำมันที่ได้ จากสูตร

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{นน.ขวดกับน้ำมัน} - \text{นน.ขวด}}{\text{นน.เมล็ดมะละกอบด}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การทดลองสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอ

3.3.3.1 การทดลองอัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดมะละกอที่มีผลต่อผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ

การทดลองอัตราส่วนตัวทำละลาย (เฮกเซน) ต่อผงเมล็ดมะละกอ Samaram และคณะ (2013) ได้ทำการทดลองสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอที่อัตราส่วน 10:1 อย่างไรก็ตาม มีรายงานวิจัย บุณยานุช และ สุภาพร (2557) ทดลองสกัดน้ำมันจากเมล็ดองุ่นด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟ เมื่อทำการลดอัตราส่วนตัวทำละลายที่ใช้ให้น้อยกว่า 10:1 พบว่าไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดได้ ในการทดลองนี้ จึงเลือกทำการทดลองสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอด้วยวิธีใช้เครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟดัดแปลงจาก (ลำนำพร และกิตติชัย, 2555) ช่วยสกัดที่กำลังไฟฟ้าปานกลาง (300 W) เป็นเวลา 3 นาที จากวิธีการของบุณยานุช และ สุภาพร (2557) โดยเปรียบเทียบอัตราส่วน 4 ระดับ คือ 15:1, 10:1, 5:1 และ 2.5: 1 จากการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเพื่อหาอัตราส่วนตัวทำละลายที่น้อยที่สุดที่จำเป็นต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอ

3.3.3.2 การทดลองสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด (Microwave Assisted Extraction, MAE)

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตของน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดมะละกอและศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดเพื่อดูว่าที่ระยะเวลาใดสามารถสกัดน้ำมันได้ดีที่สุด โดยใช้เมล็ดมะละกอบดหนัก 5 กรัม ใส่ขวดก้นกลมขนาด 1000 ml เติมเฮกเซนตามอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อเมล็ดมะละกอที่ทำการศึกษาข้างต้น (10:1) แล้วใส่ลูกแก้วขนาดเล็ก 3-4 เม็ด เพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง จากนั้นนำไปต่อเข้ากับเครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟดัดแปลงจาก (ลำนำพร และกิตติชัย, 2555) โดยใช้กำลังไฟฟ้าปานกลาง (300 W) เนื่องจากงานวิจัยของบุณยานุช และ สุภาพร (2557) กล่าวว่าการสกัดที่กำลังไฟฟ้าสูง ให้ผลผลิตมากกว่าการสกัดที่กำลังไฟฟ้าต่ำไม่ต่างกันมาก และเวลาที่ใช้ในการทดลอง คือ 30 วินาที , 1, 3, 5 และ 10 นาที

3.3.3.3 การทดลองสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิคช่วยในการสกัด (Ultrasonic Assisted Extraction, UAE) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตของน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดมะละกอและศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดเพื่อดูว่าที่ระยะเวลาใดสามารถสกัดน้ำมันได้ดีที่สุด โดยใช้เมล็ดมะละกอบดหนัก 5 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 ml (Erlenmeyer flask) เติมเฮกเซนตามอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อเมล็ดมะละกอที่ทำการศึกษาข้างต้น (10:1) แล้วใส่ลูกแก้วขนาดเล็ก 3-4 เม็ด เพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง จากนั้นนำไปใส่อ่างอัลตร้าโซนิคยี่ห้อ Elma รุ่น Elmasonic S 30 (H) โดยในที่นี้ใช้กำลังไฟฟ้า 280 W / 37 kHz เป็นเวลา 30 วินาที, 1, 3, 5 และ 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.4 การทดลองเรื่องระยะเวลาในการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (Maceration Extraction)

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตของน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดมะละกอและเวลาที่ใช้ในการสกัดเพื่อดูว่าที่ระยะเวลาใดสามารถสกัดน้ำมันได้ดีที่สุด โดยใช้เมล็ดมะละกอบดหนัก 5 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 ml เติมเฮกเซนตามอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อเมล็ดมะละกอที่ทำการศึกษาข้างต้น (10:1) จากนั้นตั้งทิ้งไว้ตามเวลาที่กำหนด (30 วินาที, 1, 3, 5 และ 10 นาที)

นำปริมาณผลผลิตที่วิเคราะห์ได้จากการทดลอง 3.3.3.2, 3.3.3.3 และ 3.3.3.4 มาเปรียบเทียบเพื่อพิจารณาผลของการสกัดต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่สกัดได้

3.3.3.5 การทดลองผลของการแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (Maceration Extraction) เป็นเวลานาน

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตของน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดมะละกอและเวลาที่ใช้ในการสกัดเพื่อดูว่าที่ระยะเวลาใดสามารถสกัดน้ำมันได้ดีที่สุด โดยใช้เมล็ดมะละกอบดหนัก 5 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 ml เติมเฮกเซนตามอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อเมล็ดมะละกอที่ทำการศึกษาข้างต้น (10:1) จากนั้นตั้งทิ้งไว้ตามเวลาที่กำหนด โดยเพิ่มระยะเวลาในการสกัด เป็นเวลา 15, 30 นาที, 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง เพื่อศึกษาปริมาณผลผลิตน้ำมันสูงสุดที่สามารถสกัดได้ และนำผลที่ได้ไปแสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการแช่เป็นเวลานานกับปริมาณผลผลิต

3.3.4 การทดลองเรื่องกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด

ในการศึกษานี้ทำการทดลองกับเครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟดัดแปลงจาก (ลำนำพร และกิตติชัย, 2555) และเครื่องอัลตร้าโซนิคแบบอ่างยี่ห้อ Elma รุ่น Elmasonic S 30 (H) โดย นำมาต่อเข้ากับมิเตอร์ไฟฟ้า (Electric meter) เพื่อวัดการสิ้นเปลืองพลังงาน โดยทำการนับจำนวนรอบการหมุนของมิเตอร์ และจับเวลาเท่ากับระยะเวลาที่ใช้สกัดคือ 30วินาที, 1, 3, 5 และ 10 นาที จดบันทึกจำนวนรอบ และนำมาคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้า, (kWh) โดยที่มิเตอร์มีอัตราการหมุน 1200 รอบ/kWh

3.3.5 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้

- ค่า acid value ทำตามวิธี AOCS, 1997
- ค่าperoxide value ทำตามวิธี AOCS, 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

สำหรับการวิเคราะห์ผลทางสถิติในการทดลองที่ 3.3.3.1 ศึกษาอัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดมะละกอที่มีผลต่อผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ โดยเปรียบเทียบอัตราส่วน 4 ระดับ คือ 15:1, 10:1, 5:1 และ 2.5: 1 ด้วยแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียบในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Factorial in CRD) โดยมีปัจจัย คือ อัตราส่วนตัวทำละลายต่อเมล็ดมะละกอ และปริมาณผลผลิตที่ได้จากการสกัด ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95% ($P \leq 0.05$)

สำหรับการวิเคราะห์ผลทางสถิติในการทดลองหัวข้อที่ 3.3.3.2, 3.3.3.3, 3.3.3.4 และ 3.3.3.5 ศึกษาผลของวิธีการสกัดและระยะเวลาที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ โดยเปรียบเทียบวิธีการสกัด 3 วิธี คือ การสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด (MAE), การสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิคช่วยในการสกัด (UAE) และการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (Maceration Extraction) ด้วยแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Factorial in CRD) โดยมีปัจจัย คือ วิธีการสกัด, เวลาการสกัด, ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการสกัด ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95% ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดมะละกอ

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดมะละกอประกอบด้วยปริมาณไขมัน 30.45%, ปริมาณโปรตีน 27.09%, ปริมาณเยื่อใย 21.48% ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ปริมาณไขมันของเมล็ดมะละกอมีปริมาณสูง โดยมีปริมาณสูงกว่าปริมาณไขมันของเมล็ดองุ่นที่มีปริมาณไขมัน 8-15% แต่น้อยกว่าปริมาณไขมันของพืชน้ำมันอย่างถั่วเหลืองที่มีปริมาณไขมันสูงถึง 57.7%

โดยคุณประโยชน์ของน้ำมันเมล็ดมะละกอนั้นมีมาก ตามรายงานของ Borseth (2015) กล่าวว่าน้ำมันเมล็ดมะละกอ มีสีค่อนข้างส้ม มีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด หนึ่งในนั้นคือ โอเมก้า 9 ที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ โอเมก้า 9 มีคุณสมบัติคล้าย โอเมก้า-3 และ 6 รวมทั้งยังช่วยเสริมฤทธิ์ของสารทั้งสองตัวให้ทำงานได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การรับประทานอาหารที่มีโอเมก้า 9 ทดแทนไขมันอิ่มตัวจะช่วยลดระดับ LDL cholesterol ซึ่งเป็นไขมันที่ไม่ดีก่อให้เกิดโรคหลอดเลือดตีบได้ โดยมีค่ากรดโอเลอิกใกล้เคียงกับน้ำมันมะกอก น้ำมันเมล็ดมะละกอมีความเสถียรภาพสูง โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 2-3 ปี ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันโดยได้มีศึกษาเกี่ยวกับไขมันของเมล็ดมะละกอโดยทำการสกัดน้ำมัน

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดมะละกอ

Proximate composition	Determined values (%)
Moisture	5.27±0.05
Lipid	30.45±0.21
Protein	27.09±0.13
Ash	11.00±0.09
Crude fiber	21.48±0.17
Carbohydrate	4.71±0.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
143471

4.2 ผลของอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อปริมาณสารละลายเฮกเซน

ในการทดลองนี้ศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนของเมล็ดมะละกอต่อสารละลายเฮกเซนที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน สมมุติฐานความเป็นไปได้ที่เพิ่มหรือลดอัตราส่วนสารละลายเฮกเซนต่อเมล็ดมะละกอจาก 10: 1 ตามรายงานวิจัยของ บุณยานุช และ สุภาพร (2557) ทดลองลดอัตราส่วนตัวทำละลายที่ใช้น้อยกว่า 10:1 โดยไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ ในการทดลองนี้ จึงเลือกทำการทดลองสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอด้วยเป็น 15:1, 10:1, 5:1 และ 2.5:1 จะมีผลต่อผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ การใช้สารละลายเฮกเซนลดลงเป็นการลดต้นทุนการสกัดน้ำมัน ได้ในการทดลองนี้ได้อ้างอิงตามบุณยานุช และ สุภาพร, (2557) โดยเลือกวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดเนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้เวลาน้อยกว่าวิธีอื่น การทดลองทำที่กำลังไฟฟ้าปานกลาง (300 W) ระยะเวลา 3 นาที ผลการทดลองดังที่แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่า ผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่อัตราส่วนระหว่าง 10:1 กับ 5: 1 และ 2.5:1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) ส่วนที่อัตราส่วนระหว่าง15:1กับ 10:1 นั้นมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.2 ผลของอัตราส่วนที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอ

Ratio (solvent : papaya seed)	Yield (%)
2.5 : 1	3.60 ± 0.52^{c}
5 : 1	15.73 ± 2.33^{b}
10 : 1	25.13 ± 1.02^{a}
15 : 1	26.40 ± 1.21^{a}

หมายเหตุ a, b, c คือ อักษรกำกับในแนวนอน ต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

การลดปริมาณการใช้เฮกเซนจาก 10:1 ลงเหลือครึ่งหนึ่งและหนึ่งในสี่ (5:1 และ 2.5:1) ทำให้ได้ผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอลดลงเนื่องมาจาก ปริมาณของเฮกเซนน้อยไม่เพียงพอต่อการทำละลายน้ำมันเมล็ดมะละกอซึ่งมีมากประมาณ 30% ในอีกด้านหนึ่งการเพิ่มปริมาณเฮกเซนเป็น 15:1 ไม่ทำให้ผลิตน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วน ดังนั้นจากการทดลองนี้สรุปได้ว่าอัตราส่วนที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอ คือ 10:1 (ตารางที่ 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของวิธีการสกัดและระยะเวลาที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ

การทดลองเป็นการเปรียบเทียบวิธีการสกัด 3 วิธี ได้แก่การสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด (Microwave Assisted Extraction, MAE), การสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิคช่วยในการสกัด (Ultrasonic Assisted Extraction, UAE) และ การสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (Maceration Extraction) โดยที่การสกัดด้วยวิธีใช้อัลตร้าโซนิคนั้นจะเปรียบเทียบผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่อุณหภูมิต่างกันคือ 30 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียสด้วย นอกจากนี้ยังได้ศึกษาอีกว่าระยะเวลาในการสกัดนั้นมีผลต่อปริมาณของผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกออย่างไร

จากผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าที่การสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง, การสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิคช่วยในการสกัด และการสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด ผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่ได้นั้นมีอัตราเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยที่การสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิคช่วยในการสกัด และการสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด พบว่าที่ 10 นาที ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันสูงสุดและมีค่าใกล้เคียงกับผลผลิตที่การสกัดด้วยซอกเลต (30.45%) โดยที่การสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคที่ 30 องศาเซลเซียส, 50 องศาเซลเซียส และการสกัดด้วยไมโครเวฟ ได้ปริมาณผลผลิตเท่ากับ 25.80%, 27.86% และ 26.60% ตามลำดับ แต่การสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าที่เวลา10 นาที นั้นได้ปริมาณผลผลิตเท่ากับ 12.20% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผลผลิตของการสกัดด้วยวิธีซอกเลต จะเห็นว่าค่าที่ได้มีปริมาณน้อยดังนั้นจึงทำการศึกษาเพิ่มเติมในหัวข้อ 3.3.3.5 ข้างต้นและได้ผลการสกัดในหัวข้อ 4.4 ข้างล่าง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและ 50 องศาเซลเซียส พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ที่ช่วงระยะเวลากการสกัดสั้นๆ (≤ 1 นาที) แต่เมื่อระยะเวลาการสกัดเพิ่มขึ้น (> 3 นาที) พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าสำหรับระยะเวลาการสกัดนานกว่า 3 นาทีขึ้นไป สามารถใช้วิธีการสกัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสได้ส่วนระยะเวลากการสกัดพบว่า เมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้นทำให้ได้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยระยะเวลาที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5 นาที ถึง 10 นาที ซึ่งจะพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดพบว่า วิธีการสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส ไม่ต่างกันที่ระยะเวลาการสกัดมากกว่า 3 นาที และทั้ง 3 วิธีแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเจนจาก วิธีแช่ (Maceration)

การสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด พบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นตามลำดับโดยพบว่าที่เวลากการสกัด 10 นาที ให้ผลผลิตสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดด้วยไมโครเวฟ คือ 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันสูงสุดที่สกัดได้นั้นมีปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับผลผลิตที่ได้จากวิธีอื่น จึงนำไปศึกษาเพิ่มเติมในหัวข้อ 4.4 และในการเปรียบเทียบการสกัดด้วยวิธีอัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส กับวิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ พบว่าการสกัดด้วยอัลตร้าโซนิค (30 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับการสกัดด้วยไมโครเวฟ จึงนำทั้ง 3 วิธีดังกล่าวไปศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด (หัวข้อ 4.5) เพื่อหาวิธีการสกัดที่ดีที่สุด และจากภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าที่ระยะเวลา 10 นาที ของการสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส นั้นปริมาณผลผลิตที่ได้มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ($P>0.05$) แต่ที่ระยะเวลาสั้นๆ (30 วินาทีและ 1 นาที) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะได้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด สาเหตุที่การสกัดด้วยวิธีอัลตร้าโซนิคสามารถสกัดได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันสูง อาจเนื่องมาจาก การที่คลื่นเสียงเข้าไปช่วยให้เมล็ดมะละกอเกิดการแตกตัว ความร้อนช่วยเร่งกระบวนการสกัดในช่วงแรก (30 วินาทีและ 1 นาที)

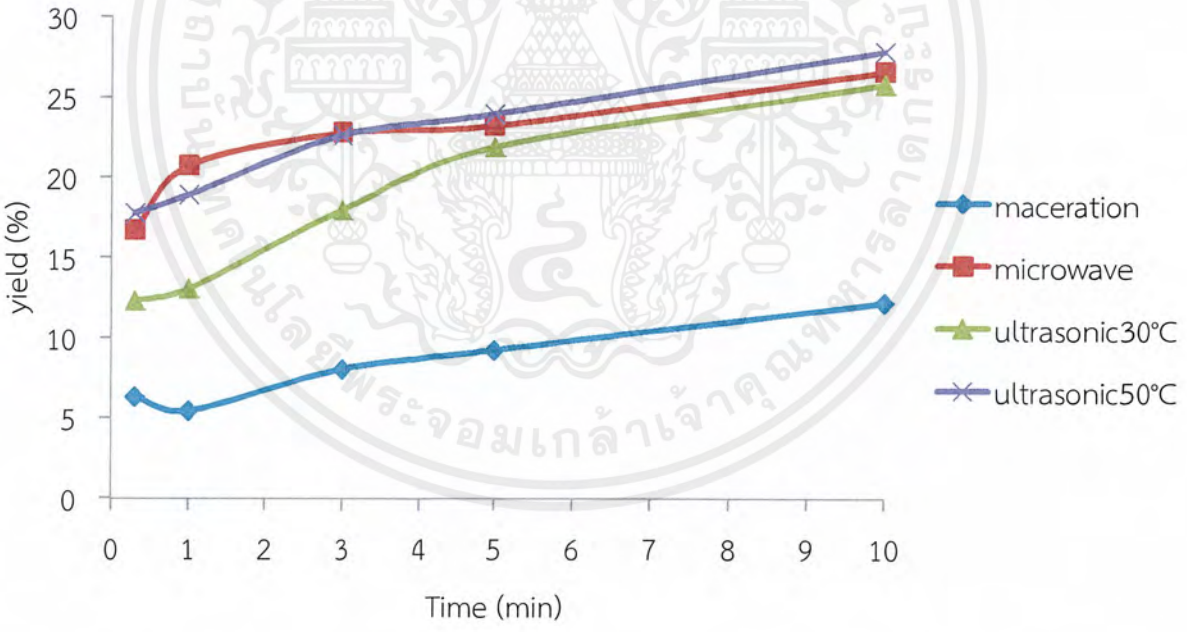
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของวิธีการสกัดและระยะเวลาที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ

time	method			
	Maceration	Ultrasonic 30 °C	Ultrasonic 50 °C	Microwave
30 วินาที	$^{C}6.33\pm1.60^{b}$	$^{B}12.33\pm2.89^{c}$	$^{A}17.80\pm1.20^{c}$	$^{A}16.73\pm1.61^{c}$
1 นาที	$^{C}6.93\pm1.15^{b}$	$^{B}13.07\pm2.21^{c}$	$^{A}18.93\pm1.13^{c}$	$^{A}20.73\pm2.13^{b}$
3นาที	$^{B}8.06\pm0.64^{b}$	$^{A}18.00\pm1.40^{b}$	$^{A}22.66\pm1.66^{b}$	$^{A}22.20\pm1.96^{b}$
5นาที	$^{B}9.26\pm0.80^{b}$	$^{A}21.93\pm2.73^{ab}$	$^{A}24.00\pm1.31^{b}$	$^{A}23.26\pm1.51^{b}$
10นาที	$^{B}12.20\pm2.82^{a}$	$^{A}25.80\pm2.95^{a}$	$^{A}27.86\pm1.61^{a}$	$^{A}26.60\pm1.63^{a}$

หมายเหตุ a, b, c คือ อักษรกำกับในแนวตั้ง ต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

A, B, C คือ อักษรกำกับในแนวนอน ต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)



ภาพที่4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับผลผลิตที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลของการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเทียบกับระยะเวลาที่ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอสูงที่สุด

การทดลองนี้เป็นการศึกษาว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอสูงสุดที่สามารถสกัดได้ด้วยวิธีการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนั้นคือเท่าไหร่โดยเทียบกับระยะเวาลาที่ใช้ในการสกัด โดยจากตารางที่ 4.3 พบว่าที่เวลา10นาที นั้นได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ12.20% ซึ่งถือว่าน้อยเมื่อเทียบกับวิธีการสกัดวิธีอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการสกัดด้วยวิธีแช่ทิ้งไว้ ควรจะมากกว่า 10 นาที จึงได้ทดลองเพิ่มระยะเวลาสกัดเป็น 15 นาที, 30 นาที,1 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง, 6 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง การสกัดโดยวิธีนี้โดยทั่วไปใช้ระยะเวลาการสกัดที่ เวลา 3-12 ชั่วโมง (Samaram et al., 2013) จากภาพกราฟที่ 4.2 พบว่าเมื่อระยะเวลาการสกัดเพิ่มขึ้น ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่สกัดได้จะสูงขึ้นตามลำดับโดยในช่วงแรก (15 นาที – 60 นาที) มีปริมาณการสกัดน้ำมันอย่างรวดเร็ว แล้วค่อยๆช้าลง หลังจาก 3 ชั่วโมงเป็นต้นไป โดยที่ เวลา 12 ชั่วโมงได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอสูงที่สุด คือ 26.13%

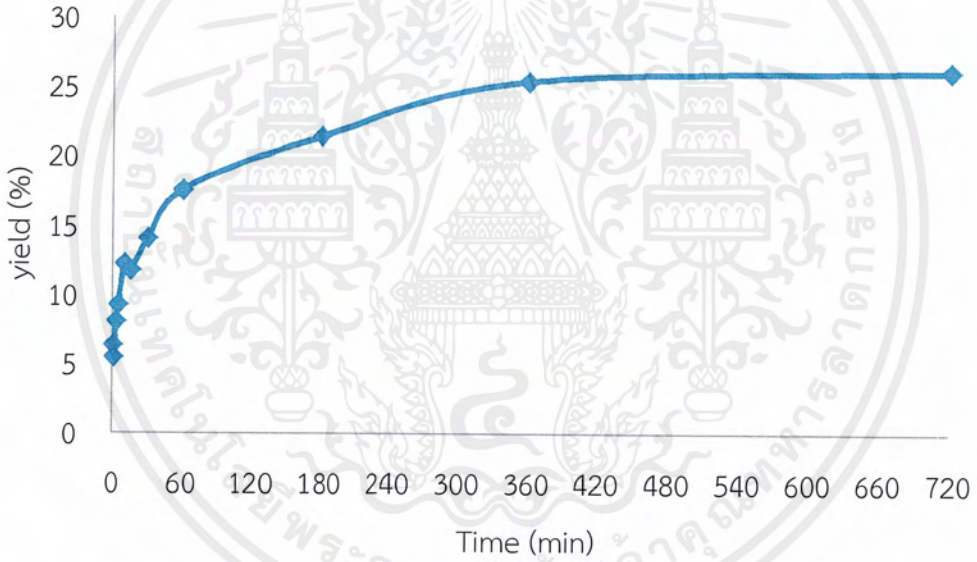
เมื่อเทียบผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่เวลา 6 ชั่วโมง กับที่เวลา 12 ชั่วโมง พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) โดยที่เวลา 6 ชั่วโมง ได้ผลผลิตน้ำมันเท่ากับ 25.40% ซึ่งมีค่าแตกต่างกับที่เวลา 12 ชั่วโมงเพียงเล็กน้อย (ตารางที่ 4.4) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถสกัดด้วยเวลา 6 ชั่วโมง เพียงพอสำหรับการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยวิธีแช่ ซึ่งต่างจาก ผลงานของ Samaram และคณะ (2013) ที่ทำการศึกษาเมล็ดมะละกอพันธุ์ *Sekaki* โดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซนพบว่าที่ 12 ชั่วโมง 25 องศาเซลเซียส ได้ค่าปริมาณผลผลิตสูงสุดเมื่อเทียบกับที่เวลา 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลของการสกัดด้วยวิธีการแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและระยะเวลาที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ

Time	Yield (%)
15 min	11.73±1.90[d]
30 min	14.06±3.70[cd]
1 hour	17.53±0.83[c]
3 hour	21.40±1.11[b]
6 hour	25.40±0.87[a]
12 hour	26.13±2.34[a]

หมายเหตุ a, b, c, d คือ อักษรกำกับในแนวตั้ง ต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับผลผลิตที่ได้จากการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอระหว่างการสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟกับการสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิการสกัดต่างกัน

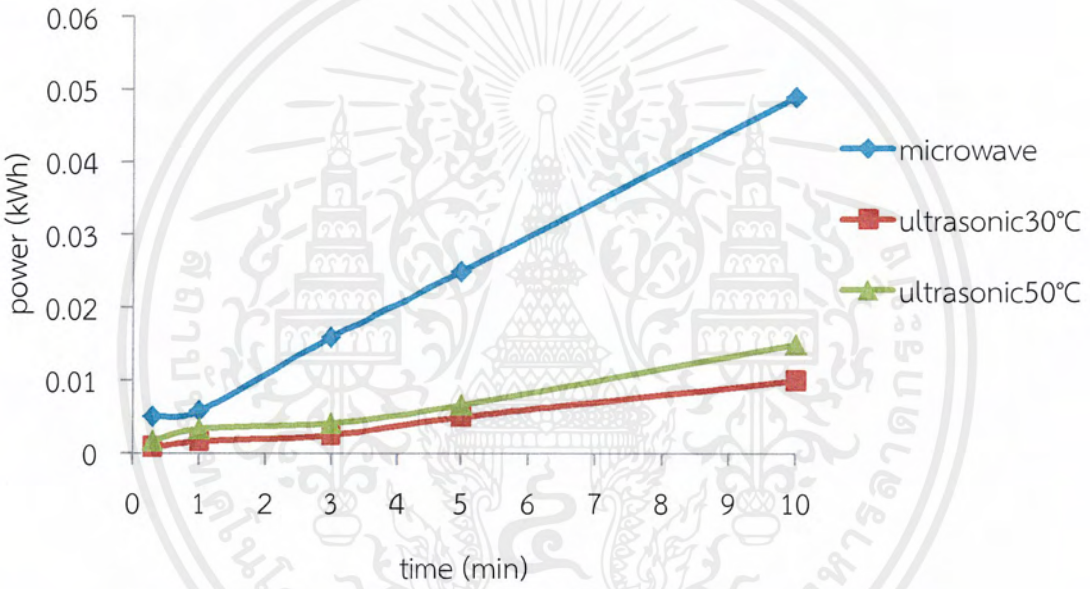
การทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอโดยได้เปรียบเทียบระหว่างการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟช่วยสกัด กับ การสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคช่วยสกัดที่อุณหภูมิการสกัดต่างกัน คือ 30 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส ณ เวลาเดียวกันคือ 30 วินาที, 1, 3, 5 และ 10 นาที จากตารางที่ 4.5 พบว่า การสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัดจะใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าการสกัดด้วยวิธีการใช้อัลตร้าโซนิคช่วยในการสกัดทั้ง 2 อุณหภูมิ และเมื่อเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคช่วยสกัดทั้ง 2 อุณหภูมิ พบว่า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าที่ 30 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.4)

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นปริมาณผลผลิตที่สกัดด้วยอัลตร้าโซนิคและที่สกัดด้วยไมโครเวฟไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงทำการศึกษาต่อในเรื่องกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดเพื่อดูการสิ้นเปลืองพลังงานของแต่ละวิธีโดยพบว่า ที่การสกัดด้วยไมโครเวฟนั้นใช้กำลังไฟฟ้าในการสกัดสูงกว่าที่การสกัดด้วยอัลตร้าโซนิค ทำให้เห็นว่าในการสกัดควรใช้วิธีการสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคเพื่อเป็นการประหยัดไฟ และลดต้นทุนในการสกัดด้วย และที่การสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นั้นใช้กำลังไฟ น้อยกว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยจากตารางที่ 4.3 พบว่าปริมาณผลผลิตที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นั้นไม่ต่างกัน จึงควรสกัดด้วยวิธีใช้อัลตร้าโซนิคช่วยสกัดที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอระหว่างการสกัดด้วยไมโครเวฟกับอัลตร้าโซนิค

Method	Power (kWh)				
	30 s	1 min	3 min	5 min	10 min
Microwave	0.005	0.0058	0.016	0.025	0.049
Ultrasonic 30 °C	0.0008	0.0016	0.0025	0.005	0.010
Ultrasonic 50 °C	0.002	0.003	0.004	0.007	0.015



ภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าระหว่างการสกัดด้วยไมโครเวฟและอัลตร้าโซนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลของการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้

ผลการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และค่าความเป็นกรด (Acid value) จากตารางที่ 4.6 พบว่าที่การสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ได้ค่าต่ำที่สุด (PV, 7.33 ± 0.02), (AV, 11.13 ± 0.15) และที่การสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟนั้นมีค่าสูงที่สุด เมื่อเทียบกับการสกัดวิธีอื่นๆ

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน

Method	Analytical	
	Peroxide value (PV) (mequiv./kg)	Acid value (AV) (mg KOH.g^{-1})
Maceration	7.33 ± 0.02	11.13 ± 0.15
Microwave	9.31± 0.14	14.30 ± 0.08
Ultrasonic	8.61 ± 0.30	11.87 ± 0.05

วิจารณ์ผลการทดลอง : ที่การสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟนั้นมีการใช้ความร้อนที่สูงจึงเป็นการเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (Lipid oxidation) แต่ถึงอย่างไรก็ตามค่าของเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และค่าความเป็นกรด (Acid value) ที่ได้จากการสกัดนี้ นั้นมีค่าสูงเกินไป อันเนื่องมาจากหลายปัจจัยคือ

1. วิธีเตรียมวัตถุดิบ ที่ใช้อุณหภูมิสูง (80 องศาเซลเซียส) ในการอบเมล็ดมะละกอ
2. การใช้อุณหภูมิในการระเหยเฮกเซนสูง
3. วิธีในการเก็บรักษาน้ำมันไม่มีประสิทธิภาพ

จึงควรศึกษาโดยละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 อัตราส่วนที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดมะละกอ พบว่า เมล็ดมะละกอนั้นมีค่าของปริมาณไขมัน (30.45%), โปรตีน (27.09%) สูง สำหรับการศึกษาเรื่องอัตราส่วนที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอ พบว่า ไม่สามารถลดปริมาณการใช้เฮกเซนให้เหลือ 5:1 และ 2.5:1ได้ เนื่องจากส่งผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่สกัดได้โดยสกัดน้ำมันได้ในปริมาณที่ต่ำ และที่อัตราส่วน 10:1 และ 15:1 นั้นให้ผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) หรือส่งผลกระทบต่อผลผลิตเล็กน้อย ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า อัตราส่วนระหว่างเฮกเซน ต่อ เมล็ดมะละกอ ที่เหมาะสมที่สุดคือ 10: 1 เพราะสามารถลดปริมาณการใช้เฮกเซนที่มากเกินไป และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอด้วยวิธีการอื่นๆด้วย

5.1.2 การเปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอ

เมื่อนำผลการทดลองของการสกัดทั้ง 3 วิธีมาเปรียบเทียบ ณ เวลาเดียวกัน คือ 30 วินาที, 1, 3, 5 และ 10 นาที สามารถสรุปผลได้ว่า เวลามีผลต่อการสกัด เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ปริมาณผลผลิตจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยการใช้อัลตร้าโซนิคช่วยในการสกัดและการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด นั้นมีส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาณของผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ เมื่อเทียบกับการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง การใช้อัลตร้าโซนิคช่วยในการสกัด และการสกัดด้วยไมโครเวฟให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดที่เวลา 10 นาที โดยปริมาณของผลผลิตที่ได้นั้นมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$) จึงได้นำไปศึกษาเพิ่มในเรื่องกำลังไฟฟ้า พบว่า การสกัดด้วยไมโครเวฟใช้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าการสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคอย่างชัดเจน และที่การสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิ50 องศาเซลเซียสใช้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าที่ 30 องศาเซลเซียสเล็กน้อย จึงทำให้สรุปได้ว่า การสกัดด้วยอัลตร้าโซนิค ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10 นาทีดีที่สุด และให้ปริมาณผลผลิตสูงและสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าวิธีอื่นๆ

ในการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสกัด เป็น 15, 30 นาที, 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง จะทำให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอสูงขึ้น โดยที่เวลา 12 ชั่วโมง ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอสูงที่สุด คือ 26.13 % แสดงให้เห็นว่า ปริมาณผลผลิตน้ำมันจะสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเทียบกับที่เวลา 6 ชั่วโมง พบว่าให้ผลผลิตต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสกัดด้วยวิธีการแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องด้วยสารละลายเฮกเซนสามารถเลือกใช้การสกัดที่เวลา 6 ชั่งโมงได้ ซึ่งจะทำให้ช่วยประหยัดระยะเวลาในการสกัดได้ 6 ชั่วโมง

ณ เวลาการสกัดเดียวกัน การใช้อัลตร้าโซนิคช่วยในการสกัด นั้นใช้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่าการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง วิธีการสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคที่ 2 อุณหภูมิ พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จึงสรุปได้ว่า การสกัดด้วยวิธีอัลตร้าโซนิคนั้นดีกว่าการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด และที่การสกัดด้วยอัลตร้าโซนิคที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสนั้นดีกว่าที่ 50 องศาเซลเซียส เพราะประหยัดพลังงานมากกว่าและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ

จากการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และค่าความเป็นกรด (Acid value) สามารถสรุปได้ว่า วิธีการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนั้นดีที่สุดเนื่องจาก ให้ค่าเพอร์ออกไซด์ และค่าความเป็นกรดต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับการสกัดวิธีอื่นๆ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองนี้พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีคุณภาพค่อนข้างต่ำซึ่งอาจเกิดจากวัตถุดิบ จึงแนะนำให้เตรียมวัตถุดิบควรใช้อุณหภูมิในการอบแห้งเมล็ดมะละกอปานกลาง (60 องศาเซลเซียส) ไม่ควรใช้อุณหภูมิสูง (80 องศาเซลเซียส) เพื่อรักษาคุณภาพของวัตถุดิบ นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้ในระหว่างการระเหยเฮกเซนค่อนข้างสูง (80 องศาเซลเซียส) จึงควรใช้วิธีการระเหยด้วย Rotary Evaporator ที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียสเพื่อรักษาคุณภาพของน้ำมัน และระหว่างรอการตรวจสอบคุณภาพควรเก็บรักษาน้ำมันในขวดสีชาปิดสนิทที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ดาวทอง. 2556. มะละกอ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://ads.108soccer.com/001379/#gallery-0. 5 มิถุนายน 2558

ดวงกมล เรือนงาม. (2557). การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, 23(2), 4-5 .

Puangsri, T., Abdulkarim, S.M. and Ghazali, H.M. 2005. Properties of *Carica Papaya* L. (Papaya) seed oil following extraction using solvent and aqueous enzymatic methods. J. Food Lipid. 12: 62-67.

บุญยานุช ชำนาญดี และ สุภาพร ชูแจ่ม. 2557. การเปรียบเทียบผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่นสกัดด้วยวิธีตั้งทิ้งไว้ อัลตร้าโซนิค และไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปิยวดี สัมมาเพ็ชร์. 2551. การศึกษาสมบัติของน้ำมันเมล็ดมะละกอเพื่อพัฒนาเป็นน้ำมันบริโภค. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.li.mahidol.ac.th/thesis/2551/cd415/4836055.pdf. 29 สิงหาคม 2557

สำนำพร ปลดเปลื้อง และ กิตติชัย บรรจง. 2555. ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดกากองุ่นแดงพันธุ์ป๊อกดำด้วยวิธีไมโครเวฟ. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณครั้งที่ 22 ระหว่างวันที่ 23-26 พฤษภาคม 2555 ศูนย์ประชุมนานาชาติ 60 ปี จังหวัดสงขลา: 177.

ศักชัยบดี ปิ่นศรีธง. 2558. เทคนิคสกัดด้วยไมโครเวฟ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://share.psu.ac.th/blog/sci-discus/17171. 1 มิถุนายน 2558

สุธาทิพ ภมรประวัติ. 2552. มะละกอต้านอนุมูลอิสระ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.doctor.or.th/article/detail/6412. 10 มิถุนายน 2558

สุเมธ บุญเกิด. 2551. การใช้อัลตราซาวนด์ในการช่วยสกัดพืชสมุนไพร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.gpo.or.th/rdi/html/Ultrasound.html. 29 สิงหาคม 2557

Adebiyi, A., Adaikan, P.G. and Prasad, R.N.V. 2003. Tocolytic and toxic activity of papaya seed extract on isolated rat uterus. Life Sciences. 74: 581–592.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Amarni, F. and Kadi, H. 2010. Kinetics study of microwave-assisted solvent extraction of oil from olive cake using hexane Comparison with the conventional extraction. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 11: 322–327.

Borseth, A. 2015. Papaya Oil - Carica papaya. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.aromantic.co.uk/home/products/vegetable-oils/normal-vegetable-oils/papaya-oil-carica-papaya.aspx. 2 มิถุนายน 2558

Blalock, T. 2014. The Nutritional Value of Papaya Seeds. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.livestrong.com/article/543510-the-nutritional-value-of-papaya-seeds/. 1 มิถุนายน 2558

Lee, W. J., Lee, M. H. and Su, N. W. 2011. Characteristics of papaya seed oils obtained by Extrusion–expelling processes. Journal of the Science of Food and Agriculture. 13(91): 2348–2354.

Marfo, E.K., Oke, O.L. and Afolabi, O.A. 1986. Some studies on the proteins of *Carica papaya* seeds. Food Chemistry. 4(20): 267-277.

Malacrida, C.R., Kimura, M. and Jorge, N. 2011. Characterization of a high oleic oil extracted from papaya (*Carica papaya* L.) seeds. Campinas. 31(4): 929-934.

Noyes, L. 2014. How to Extract the Oil of Papaya Seeds. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.livestrong.com/article/523155-how-to-extract-the-oil-of-papaya-seeds/. 29 สิงหาคม 2557.

Pan, X., Lui, H., Jia, G. and Shu, Y.Y. 2000. Microwave-assisted extraction of glycyrrhizic acid from licorice root. Biochemical Engineering Journal. 5: 173–177.

Porto, C. D., Porretto E. and Decorti D. 2013. Comparison of ultrasound-assisted extraction with conventional extraction methods of oil and polyphenols from grape (Vitis vinifera L.) seeds. Ultrasonics Sonochemistry. 20: 1076–1080.

Samaram, S., Mirhosseini, H., Ping, T.C. and Ghazali, H.M. 2013. Ultrasound-Assisted Extraction (UAE) and Solvent Extraction of Papaya Seed Oil: Yield, Fatty Acid Composition and Triacylglycerol Profile. Molecules. 18: 12474-12487.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Samaram, S., Mirhosseini, H., Ping, T.C. 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 Crop and Products. 52: 702-708.

Tian, Y., Xu, Z., Zheng, B. and Martin, Y. L. 2013. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of pomegranate (Punica granatum L.) seed oil. Ultrasonic Sonochemistry. 20: 202–208.

Syed, H.M., Kunte, S.P., Jadhav, B.A. and Salve, R.V. 2012. Extraction and Characterization of Papaya seed Oil. International Journal of Applied, Physical and Bio-Chemistry Research. 1(2): 33-43.

Wang, T.H., Kung, Y.L., Lee, M.H. and Su, N.W. 2011. N-acetyl-D-galactosamine-specific lectin isolated from the seeds of Carica papaya. J Agric Food Chem. 59(8): 4217-24.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณ

ก.1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (Yield, %)

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{ขวดรูปชมพู่พร้อมน้ำมัน} - \text{น้ำหนักขวดชมพู่เปล่า}}{\text{น้ำหนักเมล็ดมะละกอบด}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ:

น้ำหนักขวดชมพู่เปล่า = 273.33

น้ำหนักขวดรูปชมพู่พร้อมน้ำมัน = 274.51

น้ำหนักเมล็ดมะละกอบด = 5.00

$$\text{Yield} = \frac{274.51 - 273.33}{5.00} \times 100 = 23.60$$

ก.2 กำลังไฟฟ้า (Power, kWh)

จาก

1200 รอบ = 1 kWh

ตัวอย่างการคำนวณ:

ที่การสกัดด้วยไมโครเวฟ เวลา 30 วินาที นับจำนวนรอบได้เท่ากับ 6

จะได้ 6/1200 = 0.005 kWh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value; PV) (AOCS Cd 8-53, 1997)

สารเคมี:

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

วิธีวิเคราะห์:

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5±0.05 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายผสมอะซิติก : คลอโรฟอร์ม (3:2) 30
3. เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร
4. เขย่าสารละลายเป็นเวลา 1 นาที ในที่มืด และเติมน้ำกลั่นทันที 30 มิลลิลิตร
5. ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อนและเติมสารละลายน้ำแป้ง 2 มิลลิลิตร และไทเทตรต่อจนสีน้ำเงินจางหาย
6. บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ที่ใช้ในการไทเทตร
7. ทำ blank ตามวิธีเดียวกับที่กล่าวข้างต้น แต่ไม่ใส่ตัวอย่างน้ำมัน
8. คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์

การคำนวณ:

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

เมื่อ S = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (นอร์มอล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (Acid Value; AV) (AOAC, 1997)

สารเคมี:

1. เอธทานอล 95%: เตรียมได้จากการทำให้เอธานอล 95% เป็นกลางโดยหยด phenolphthalein 3 หยด แล้วเติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์จนได้สีชมพูจาง (ควรเตรียมก่อนใช้)

2. สารละลายฟีนอฟธาลีนความเข้มข้น 1%: เตรียมได้จากละลายฟีนอฟธาลีน 1% ใน เอธานอล 95%

3. สารละลายมาตรฐานของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล

วิธีวิเคราะห์:

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน (ในกรณีที่เป็นของแข็งควรสกัดน้ำมันออกก่อน) 10 กรัม (จดน้ำหนักที่แน่นอน) ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เติมเอธานอล 95% 30 มิลลิลิตร นำไปอุ่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ประมาณ 60°C เป็นเวลา 10 นาที

3. หยด phenolphthalein 3-4 หยด นำไปไทเทรตกับสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ เขย่าแรงๆจนได้สารละลายสีชมพูจางเหมือนกับสีของเอธานอล และสีต้องคงที่เป็นเวลา 30 วินาที

4. คำนวณหาปริมาณของกรดไขมันอิสระในรูปเปอร์เซ็นต์หรือค่าแอซิคได้ดังนี้

การคำนวณ:

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

เมื่อ V = ปริมาตรของสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล)

W = น้ำหนักของน้ำมันตัวอย่าง (กรัม)

$$\text{ดังนั้น ค่าแอซิค} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{N} \times 56.1}{\text{wt of sample in gram}}$$

(น้ำหนักโมเลกุลของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 56.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เครื่องมือและวิธีการสกัด

ข.1 เครื่องสกัดไมโครเวฟ

Model: ME711K/XST 800W

SERIAL: J6NC7WBF104281

วิธีการใช้เครื่อง:

1. ต่อคอนเดนเซอร์เข้ากับตัวไมโครเวฟ
2. ต่อสายยางจากคอนเดนเซอร์ไปยังตู้ทำน้ำเย็นทั้ง 2 สาย (สายน้ำเข้าและสายน้ำออก)
3. ต่อขวดก้นกลมขนาด 1000 ml เข้ากับคอนเดนเซอร์
4. ปรับกำลังไฟและเวลาตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 เครื่องอัลตร้าโซนิค-บาธ

Model: Elma

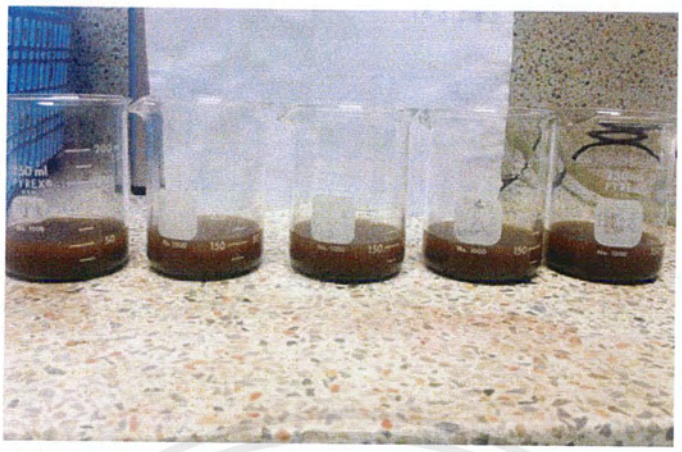
SERIAL: ELMASONIC S30H

วิธีการใช้เครื่อง:

1. เติมน้ำ ¼ ของเครื่อง
2. เสียบปลั๊ก เปิดเครื่อง
3. เลือกอุณหภูมิ รอจนได้อุณภูมิที่ต้องการ
4. เลือกเวลาที่ต้องการ
5. วางขวดรูปชมพู่ลงบนตะแกรง
6. กดปุ่มให้เครื่องทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 การแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง



วิธีการทดลอง:

1. เขียนเวลาและจำนวนซ้ำที่บีกเกอร์
2. ใส่เมล็ดมะละกอบดหนัก 5 กรัม ลงในบีกเกอร์
3. เติมสารละลายเฮกเซนในอัตราส่วน 1:10
4. จับเวลา
5. เมื่อครบตามเวลาที่ตั้งไว้นำไปกรอง
6. ระเหยเฮกเซนออกให้เหลือแต่น้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการสกัด

ค.1 ผลการสกัดด้วยวิธีการแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ค.2 ผลการสกัดด้วยวิธีอัลตร้าโซนิค

ค.3 ผลการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นางสาววสุธร วรสุทธยางกูร
วัน เดือน ปี เกิด	31 มีนาคม พ.ศ. 2536
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2548	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ
พ.ศ. 2551	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย : โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์
พ.ศ. 2554	เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล นางสาวฮูดา เงาะไพรวรรณ

วัน เดือน ปี เกิด 20 เมษายน พ.ศ. 2536

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2548 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น :
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ

พ.ศ. 2551 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย :
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ
สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์

พ.ศ. 2554 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)
คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้