

การศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยไมโครเวฟ
โดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง

STUDY ON MICROWAVE-ASSISTED EXTRACTION OF OIL FROM
PAPAYA SEED BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยไมโครเวฟ

โดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง

STUDY ON MICROWAVE-ASSISTED EXTRACTION OF OIL FROM
PAPAYA SEED BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY



T148842



เลขหมู่ 148842
ลงทะเบียน 30 พ.ย. 2559
ใน เดือน ปี

b. 12876167
f.

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยไมโครเวฟ
โดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง

STUDY ON MICROWAVE-ASSISTED EXTRACTION OF OIL FROM
PAPAYA SEED BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

จัดทำโดย

พรทิพย์ กาศสุวรรณ รหัสนักศึกษา 55080177
วิชญาพร บู่หาด รหัสนักศึกษา 55080193

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

(ดร.กิตติชัย บรรจง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

20 / 5 / 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การศึกษาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยไมโครเวฟโดยใช้วิธีพื้นผิว ตอบสนอง	
ชื่อนักศึกษา	พรทิพย์ กาศสุวรรณ	รหัสนักศึกษา 55080177
	วิชญาพร ปู่หาด	รหัสนักศึกษา 55080193
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร	
พ.ศ.	2559	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. กิตติชัย บรรจง	

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนองร่วมกับการออกแบบการทดลองแบบประสมกลางโดยเปรียบเทียบวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยสกัดกับการใช้ไมโครเวฟช่วยสกัดแบบมีอ่างน้ำ ในการทดลองมีตัวแปรซึ่งมีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันที่ได้ 3 ตัวแปร คือ เวลาที่ใช้ในการสกัด กำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟ และอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอดต่อตัวทำละลาย จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองพบว่า การใช้ระยะเวลาในการสกัด 6 นาที กำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟ 800 วัตต์ และอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอดต่อตัวทำละลาย 15% ให้ปริมาณผลผลิตน้ำมัน 30% โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูง ($R^2 = 0.974$) ซึ่งแสดงว่าข้อมูลจากการทดลอง กับผลการคำนวณมีความสอดคล้องกัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของวิธีการสกัดแบบที่มีอ่างน้ำที่สภาวะเดียวกัน พบว่าการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟช่วยสกัดแบบปกติให้ผลดีกว่าแบบมีอ่างน้ำ ในระยะเวลาสั้นกว่า

คำสำคัญ: การสกัดน้ำมัน เมล็ดมะละกอ การสกัดด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด วิธีการพื้นผิวตอบสนอง

Special problem title	Study on microwave-assisted extraction of oil from papaya seed by response surface methodology	
Student name	Pontip Katsuwan	Student ID 55080177
	Witchayaporn Buhard	Student ID 55080193
Program	Bachelor of Science in Food Process Engineering	
Year	2016	
Advisor	Dr. Kittichai Banjong	

ABSTRACT

This research aims to optimize the oil extraction conditions from papaya seed using response surface methodology (RSM) with central composite design (CCD). The microwave-assisted extraction (MAE) was compared with the MAE with water bowl. In this experiment three independent variables were employed including extraction time, microwave power and papaya seed to solvent ratio. It was found that the optimum condition was 6 min extraction time, 800W microwave power and 15% papaya seed to solvent ratio, which resulted in an oil extraction yield of 30%. The coefficients of determination were found to be very high ($R^2 = 0.974$) indicating a good fit of the experimental data with calculated data. The results obtained were compared with those given by the same model in the case of the MAE with water bowl. It was shown that the MAE gave better yield than the MAE with water bowl with shorter times.

Keywords: Oil extraction, Papaya seed, Microwave-assisted extraction, Response surface methodology

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ดร.กิตติชัย บรรจง อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาในคณะอุตสาหกรรมเกษตรจนกระทั่งประสบความสำเร็จในวันนี้

รวมถึงขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและนักวิทยาศาสตร์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำในการใช้เครื่องมือต่างๆ และช่วยอำนวยความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

อนึ่ง ผู้วิจัยหวังว่า ปัญหาพิเศษเล่มนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ ให้แก่บุคคลทุกท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้น และขอมอบความกตัญญูทเวทิตาคุณ แต่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

พรทิพย์ ภาคสุวรรณ

วิชาพร บูหาค

10 พฤษภาคม 2559

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
2.1 เมล็ดมะละกอ.....	2
2.2 น้ำมันเมล็ดมะละกอ.....	2
2.3 เทคนิคสกัดด้วยไมโครเวฟ.....	4
2.4 วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง.....	5
2.5 การออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง.....	5
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	7
3.1 วัสดุดิบและสารเคมี.....	7
3.2 อุปกรณ์.....	7
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	13
4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยไมโครเวฟโดยวิธี การทำพื้นผิวตอบสนอง.....	13
4.2 ผลของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่สภาวะที่เหมาะสมของการสกัดโดยใช้ ไมโครเวฟแบบปกติเทียบกับการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบที่มีอ่างน้ำ.....	18
4.3 ผลของการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้.....	19
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	20
5.1 สรุปผล.....	20
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	20
บรรณานุกรม.....	21
ภาคผนวก.....	25
ภาคผนวก ก.....	26
ภาคผนวก ข.....	27
ภาคผนวก ค.....	28
ภาคผนวก ง.....	30
ภาคผนวก จ.....	31
ประวัติผู้เขียน.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 น้ำมันจากเมล็ดผลไม้ต่างๆ.....	3
3.1 Level และ Code ของปัจจัยที่ทำการศึกษเพื่อการตอบสนองพื้นผิว.....	10
3.2 การกำหนด code ของ CCD ในการออกแบบการทดลอง ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด (Time, X1), กำลังไฟฟ้า (Power, X2) และ มวลเมล็ดมะละกอบด (Mass, X3).....	11
4.1 ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกได้ที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย.....	14
4.2 เปรียบเทียบระยะเวลาในการสกัดเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าต่างกันเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ด มะละกote่ากัน.....	17
4.3 เปรียบเทียบอัตราส่วนเมล็ดมะละกote่ากันเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าต่างกันแต่ระยะเวลาในการสกัดเท่ากัน เพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกote่ากัน.....	17
4.4 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน.....	19

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 กราฟิกพื้นผิวตอบสนอง.....	5
2.2 การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางสำหรับ 3 ตัวแปร.....	6
4.1 ค่าจากการทดลองและค่าจากการทำนายปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ.....	16
4.2 แผนภาพพื้นผิวตอบสนองแสดงผลของระยะเวลาในการสกัดและกำลังไฟฟ้า(ก) ผลของ ระยะเวลาและอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อตัวทำละลาย(ข) และผลของกำลังไฟฟ้า และอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อตัวทำละลาย(ค).....	16



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะละกอ เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่ทุกคนไม่ควรมองข้าม เพราะมะละกอเป็นไม้ผลที่คนไทยนิยมบริโภคทั้งผลดิบและผลสุก มะละกอใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมได้หลายอย่าง เช่น เนื้อมะละกอดิบสามารถนำไปประกอบอาหาร ผลมะละกอสุกทานเป็นผลไม้ และแปรรูปเป็นน้ำผลไม้ ซอส ผลไม้กระป๋อง แยม ลูกกวาด เปลือกมะละกอใช้เป็นอาหารสัตว์ สีส้มอาหาร ยางมะละกอใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเบียร์ ผลิตน้ำปลา อาหารกระป๋อง อุตสาหกรรมเคมีและเครื่องสำอาง เป็นต้น (ซูเปอร์ยูสเซอร์, 2555) ดังนั้นทำให้เกิดความคิดที่จะนำเมล็ดมะละกอซึ่งเป็นสิ่งที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมดังกล่าวข้างต้นมาสกัดน้ำมัน โดยได้มีการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟมาช่วยในการสกัดด้วย ซึ่งถือเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันชนิดใหม่ๆ และ ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับมะละกอในอีกทางหนึ่งด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาผลของกำลังไฟฟ้า, ระยะเวลาและอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อปริมาณสารละลายเฮกเซนที่มีผลต่อปริมาณของน้ำมันเมล็ดมะละกอที่สกัดได้ด้วยวิธีไมโครเวฟ
- 1.2.2 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยไมโครเวฟ โดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ทราบข้อมูลและสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ (*Carica papaya linn.*) ด้วยไมโครเวฟ
- 1.3.2 ได้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยทำนายปริมาณน้ำมันของเมล็ดมะละกอสำหรับการสกัดด้วยไมโครเวฟ
- 1.3.3 ทราบผลของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของน้ำมันเมล็ดมะละกอที่สกัดด้วยไมโครเวฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เมล็ดมะละกอ

ในทวีปเอเชียและอเมริกาใต้มีการนำเมล็ดมะละกามาใช้เป็นยาขับพยาธิมานานหลายสิบปีแล้ว (Adebiyi และคณะ, 2003) นอกจากนี้ ยังรวมถึงการนำไปใช้เป็นยาพื้นบ้านต่างๆ อีกทั้งเมล็ดมะละกอยังมีรสชาติที่เผ็ดร้อน สามารถใช้ผสมกับพริกไทยดำในการปรุงอาหารได้ (Curl และ Fenwick, 1983)

Puang Sri และคณะ (2005) ทำการศึกษาองค์ประกอบที่สำคัญในเมล็ดมะละกอสายพันธุ์ carica พบว่า ในเมล็ดมะละกอเป็นแหล่งของโปรตีน (27.3-28.3%), ลิพิด (28.2-30.7%), และไฟเบอร์ (19.1-22.6%) นอกจากนี้ Marfo และ คณะ (1986) ยังพบว่าในเมล็ดมะละกอยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส เป็นต้น รวมถึงพบ กลูโคซิโนเลต ซึ่งเป็นสารพิษชนิดหนึ่งอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Li และ คณะ (2012) ที่นำเปลือกและเมล็ดมะละกอ สายพันธุ์ carica มาศึกษาในทุกช่วงระยะเวลาของการเจริญเติบโต พบว่า เมล็ดมะละกามีเอนไซม์ไมโรซิเนส และสารเบนซิลกลูโคซิโนเลตในปริมาณมาก ซึ่งสารเบนซิลกลูโคซิโนเลตนี้สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแล้วได้เป็น Benzyl isothiocyanate (BITC) โดยสารชนิดนี้มีฤทธิ์ต่อต้านและยับยั้งการเกิดเซลล์มะเร็งได้ โดยในการศึกษาพบว่า สามารถต้านเกิดเซลล์มะเร็งชนิด H69 ได้ถึง 80% อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ก็เป็นเพียงการทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งทำในหลอดทดลองเท่านั้น

2.2 น้ำมันเมล็ดมะละกอ

Puang Sri และคณะ (2005) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันจากมะละกอพันธุ์ Carica จากวิธีการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์และวิธีการใช้น้ำและเอนไซม์ พบว่าจุดหลอมเหลวของน้ำมันคือ 9.7-10.5°C และ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ระหว่างน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยเอนไซม์และการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยทั่วไปสีของน้ำมันเป็นสีเหลืองสีแดง แต่ในการสกัดด้วยตัวทำละลายจะให้สีเหลืองและสีแดงมากขึ้น ($24 + Y 4.0 R$) เมื่อเทียบกับน้ำมันที่สกัดด้วยเอนไซม์ ($20 + Y 3.0R$) ค่าไอโอดีนและค่าสaponification ของน้ำมันที่ได้จากวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายมีค่าเท่ากับ 66.0 และ 154.7 ตามลำดับ ในขณะที่วิธีการใช้เอนไซม์ในการสกัดน้ำมันมีค่า 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%) กรดไขมันที่สำคัญที่พบเช่น กรดโอเลอิก (72-78%), ปาล์มมิติก (12-14%), สเตียริก (4-5%) และ ลิโนเนอิก (2.5-3.5%) โดยพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบระหว่างน้ำมันที่สกัดได้ จากทั้ง 2 วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Malacrida และ คณะ (2011) ทำการศึกษา ลักษณะทางเคมีกายภาพ, กรดไขมัน, โทโคฟีรอล และองค์ประกอบของแคโรทีนอยด์ ของน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดมะละกอ พบว่า น้ำมันที่ได้มีความต้านทาน การเกิดออกซิเดชันสูงถึง 77.97 ชั่วโมง กรดไขมันที่สำคัญที่พบคือ โอเลอิก (71.30%), ปาล์มมิติก (16.16%), ลิโนเลอิก (6.06%) และสเตียริก (4.73%) รวมถึงพบว่ามี α และ δ โทโคฟีรอล สูงถึง 51.85 และ 18.89 mg.kg⁻¹ ตามลำดับ และยังพบ β -cryptoxanthin (4.29 mg.kg⁻¹), β แคโรทีน (2.76 mg.kg⁻¹) และ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (957.60 mg.kg⁻¹) ซึ่งถือว่าการสกัดน้ำมันเมล็ด มะละกอให้ผลลัพธ์ที่ดีมาก อย่างไรก็ตามการนำไปใช้ประโยชน์ ก็ควรมีการศึกษาทางพิษวิทยาของเมล็ด มะละกอก่อนเสมอ

Samaram และ คณะ (2013) ได้ทำศึกษาปริมาณน้ำมัน องค์ประกอบของกรดไขมัน และ ชนิด ของไตรกลีเซอไรด์ ที่ได้จากน้ำมันเมล็ดมะละกอพันธุ์ Sekaki โดยใช้วิธีอัลตราโซนิกช่วยในการสกัด จาก การวิเคราะห์พบว่าในน้ำมันเมล็ดมะละกอประกอบด้วย กรดโอเลอิก (18: 1, 70.5% -74.7%) กรดปาล์ม มิติก (16 : 0, 14.9% -17.9%) กรดสเตียริก (18 : 0, 4.50% -5.25%) และกรดลิโนเลอิก (18 : 2, 3.63% -4.6%) นอกจากนี้ในน้ำมันมะละกอยังอุดมไปด้วยไตรกลีเซอไรด์ชนิด triolein (OOO), palmitoyl diolein (POO) และ stearoyl oleoyl linolein (SOL) โดยในการศึกษาได้เปรียบเทียบองค์ประกอบของ กรดไขมันของน้ำมันจากเมล็ดมะละกอกับน้ำมันที่สกัดได้จากผลไม้ชนิดอื่น ดังแสดงในตาราง 2.1 โดย พบว่าองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมะละกอ มีความคล้ายคลึงกับน้ำมันมะกอก โดยมีค่าของ กรดโอเลอิก(18:1)ที่สูง ซึ่งมีประโยชน์สำหรับร่างกายมนุษย์ แต่มีค่า PUFA ต่ำกว่าน้ำมันเมล็ดองุ่น (50.0%-83.0%), น้ำมันเมล็ดส้ม (59.6%) และ น้ำมันเมล็ดฟักทอง (55.6%)

ตารางที่ 2.1 น้ำมันจากเมล็ดผลไม้ต่างๆ

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	Puangsrri <i>et al.</i> [5]; Lee <i>et al.</i> [6]
Olive oil ⁴	22–24	3.5–22.5	55.3–86.5	10.5–20.0	Salvador <i>et al.</i> [14]; Codex [16]
Grape seed oil	8–15	50.0–83.0	13.7–36.5	5.8.0–23.5	Passos <i>et al.</i> [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 <i>et al.</i> [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 <i>et al.</i> [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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เทคนิคสกัดด้วยไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction, MAE)

กระบวนการสกัดด้วยไมโครเวฟ เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่สามารถทดแทนการให้ความร้อนโดยการสกัดแบบดั้งเดิมที่อาศัยกลไกการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำ และ การพาความร้อน (สิริชัย, ม.ป.ป.) โดยการให้ความร้อนของกระบวนการสกัดแบบเดิมมีขีดจำกัดของเวลาคือ ถ้าต้องการให้ความร้อนแก่ตัวทำละลายและตัวอย่างที่ใช้ในการสกัด จะต้องผ่านภาชนะที่บรรจุก่อน จึงจะผ่านเข้าสู่สารละลายได้ (ความร้อนถ่ายเทแบบลูกโซ่) ทำให้ต้องใช้เวลาระยะหนึ่ง จนกว่าทุกโมเลกุลของตัวทำละลายและตัวอย่างจะมีความร้อนเท่าที่ต้องการ (ศึกชัยบดี, 2553) แต่การใช้เทคนิคไมโครเวฟ จะอาศัยคุณสมบัติการดูดซับพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟ และเปลี่ยนพลังงานที่ดูดซับไปเป็นพลังงานความร้อน โดยโมเลกุลของน้ำที่มีขั้วทางไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ไปมาหลายล้านครั้งในหนึ่งวินาทีตามความถี่ของไมโครเวฟที่ใช้ ส่งผลให้เกิดการเสียดสีและเกิดความร้อนขึ้นภายในวัสดุอย่างรวดเร็ว (สิริชัย, ม.ป.ป.) ทำให้ตัวทำละลายและตัวอย่างได้รับความร้อนโดยตรง โดยจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยจะส่งผลให้ การสกัดด้วยเทคนิคไมโครเวฟนี้จะใช้ระยะเวลาในการสกัดสั้นกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการสกัดแบบเดิม ซึ่งถือเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด อีกทั้งการสกัดด้วยวิธีนี้ยังสามารถช่วยลดเวลาในการเตรียมตัวอย่างและลดปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้ได้อีกด้วย

Pan และคณะ (2000) ศึกษาการสกัดสาร glycyrrhizic acid (GA) จากรากของชะเอมเทศด้วยวิธีไมโครเวฟ ภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการสกัด เช่น เวลาในการสกัดคือ 4-5 นาที, ความเข้มข้นของเอทานอล 50-60%, ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 1-2% และอัตราส่วนของของเหลวต่อของแข็ง 10:1 ml/g เมื่อเปรียบเทียบผลของ GA กับวิธีการสกัดพื้นฐาน คือ การสกัดที่อุณหภูมิห้อง, การสกัดด้วยชอกเลต, การสกัดแบบไหลย้อนกลับ และการสกัดด้วยอัลตราโซนิก พบว่าวิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟให้ประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการสกัดพื้นฐานทั้งหมด เช่นเดียวกันกับ Amarni และคณะ (2010) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้ไมโครเวฟช่วยในสกัดน้ำมันจาก Olive cake พบว่าสามารถใช้วิธีการดังกล่าวเป็นทางเลือกใหม่ในการสกัดเมื่อเทียบกับวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายพื้นฐาน โดยพบว่าการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟช่วยนั้นให้ปริมาณผลผลิตดีกว่าและใช้ระยะเวลาสั้น

Taghvaei และ คณะ (2014) ได้มีการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟมาช่วยในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย เพื่อศึกษาอิทธิพลของ MAE ต่อ oxidative stability และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันที่ได้ โดยพบว่าสภาวะที่ใช้ในการสกัดที่เหมาะสม คือ ระยะเวลาในการสกัดเท่ากับ 3.57 นาที ความชื้นของฝ้าย 14% และ อัตราส่วนของตัวอย่างฝ้ายต่อตัวทำละลายที่ใช้คือ 1: 4 ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสกัดเพิ่มขึ้นถึง 32.6% และ ในน้ำมันยังพบว่ามีสารประกอบฟีนอล 46 ppm, กรดไขมันอิสระ 0.7% และ ค่าเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 0.2 โดยพบกรดปาล์มติก (23.6%), กรดสเตียริก (2.3%), กรดโอเลอิก (15.6%) และกรดลิโนเลอิก (55.1%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วิธีพื้นผิวตอบสนอง

วิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology; RSM) เป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปรหลายตัวแปร เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดของความสัมพันธาระหว่างตัวแปร ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปกราฟิกสามมิติ ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.1 ทั้งนี้หากกราฟิกที่แสดงความสัมพันธาระหว่างตัวแปรตลอดพื้นผิวทั้งหมดมีขนาดใหญ่ การเลือกการออกแบบแผนการทดลองเพื่อให้ครอบคลุมพื้นผิวทั้งหมด สำหรับนำมาใช้ในการหาค่าที่ดีที่สุดของความสัมพันธาระหว่างตัวแปรจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง (พรรณทิพย์และ ราตรี, 2558)



ภาพที่ 2.1 กราฟิกพื้นผิวตอบสนอง
ที่มา: อิศรพงษ์ (2550)

2.5 การออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง

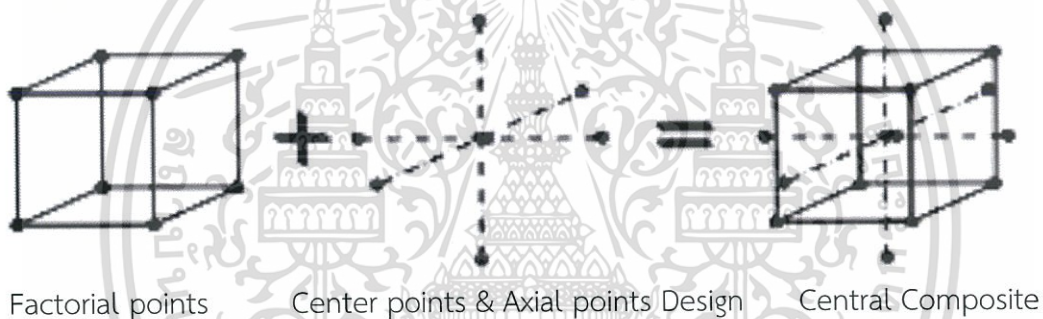
การออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง (Central composite design; CCD) เป็นการออกแบบการทดลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่เมื่อตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเพิ่มหรือลด ค่าตัวแปรอื่นอาจเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรง ทำให้ต้องมีการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง (quadratic relationship) การกำหนดสถานะการทดลองที่จะศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปร ว่าควรมีจำนวนการทดลองเท่าใดจึงจะเหมาะสม และครอบคลุม เช่น ถ้าต้องการศึกษาตัวแปร 3 ตัว จำนวนการทดลองคือ $3^3 = 27$ การทดลอง ดังนั้นหากมีการศึกษาตัวแปร 5 ตัวแปร จำนวนการทดลองคือ $3^5 = 234$ การทดลอง ซึ่งไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันที่มีทรัพยากรจำกัดทางออกของการแก้ปัญหาคือ การใช้การออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง ซึ่งเป็นการออกแบบแผนการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงเส้นโค้ง แต่ใช้จำนวนการทดลองไม่มาก เช่น กรณี 3 ตัวแปร จะใช้เพียง 16 แผนการทดลองเป็นต้น (พรรณทิพย์ และ ราตรี, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบการทดลองแบบประสมกลางเป็นการทดลองที่ 3 ระดับ นิยมแทนด้วยสัญลักษณ์ $-1, 0, +1$ คือ จะมีการปรับตัวแปรที่ศึกษาตัวแปรละ 3 ค่า โดยทำการเลือกสภาวะการทดลองบางการทดลองที่จำเป็น เพื่อให้ได้ข้อมูลเพียงพอต่อการสร้างแบบจำลองทางสถิติ รูปแบบที่ได้จะยังคงมีผลของตัวแปรหลัก (main effect) ความสัมพันธ์ของตัวแปร (interaction) และสมการกำลังสอง (quadratic terms) โดยใช้ทรัพยากรไม่มาก (จรัส , 2552)

ตัวอย่างของการออกแบบการทดลองแบบประสมกลางสำหรับ 3 ตัวแปรประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. Factorial points เป็นการนำ level full factorial มาเป็นส่วนหนึ่งในการทดลอง
 2. Axial points เป็นการปรับค่าตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง โดยให้ตัวแปรอื่นอยู่ที่ค่ากลางคือ 0
 3. Center points เป็นการปรับค่าตัวแปรทุกตัวแปรเป็นค่ากลาง
- ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางสำหรับ 3 ตัวแปร
ที่มา: จรัส (2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัสดุดิบ

เมล็ดมะละกอสายพันธุ์ฮอลแลนด์ (Carica papaya linn.) รวบรวมจากร้านขายผลไม้ที่ตลาดนัดสุวรรณภูมิ

3.1.2 สารเคมี

Acetic Acid

Chloroform

Ethanol

Hexane (commercial)

Isopropanol

Phenolphthalein

Potassium hydroxide

Potassium iodide

Sodium thiosulfate

Starch soluble GR for analysis ISO

Toluene

3.2 อุปกรณ์

กระบอกตวง (Cylinder) 250 ml.

ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

แฮมเมอร์ มิลล์ (Hammer mill)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการขงในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminum can)

ถุงซิปล็อค (Ziplock bag)

โถดูดความชื้น (Desiccators)

ผ้าขาวบาง

บีกเกอร์ (Beaker) 400 ml.

ขวดก้นกลม (Round bottom flask) 1000 ml.

ชามกระเบื้อง

ช้อนตักสาร (Spatula)

แท่งแก้วคนสาร (Stirring Rod)

คอนเดนเซอร์ (Condenser)

ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 ml. (Erlenmeyer flask)

ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)

กระดาษกรอง (Filter papers) Whatman No.1

ปิเปต (Pipette)

บิวเรต (Burette)

เครื่องสกัดด้วยไมโครเวฟที่ดัดแปลงจาก ลำนำพร และ กิตติชัย (2555)

(ยี่ห้อ Samsung รุ่น ME711K ความจุ 20 ลิตร กำลังไฟ 800 วัตต์)

ชุดกรองสุญญากาศ (Vacuum filter set)

เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dry)

เครื่องระเหย (Evaporator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำเมล็ดมะละกอมาทำความสะอาด นำไปทำให้แห้งโดยการนำเข้าสู่ตูบ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนกว่าเมล็ดจะแห้งสนิท จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วย Hammer mill แล้วนำไปเก็บใส่ถุงซิปล็อค และเก็บใส่โถดูดความชื้นเพื่อรอการนำไปสกัดต่อไป

ตัวอย่างมีการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี คือ ความชื้น (Moisture content) โดยทำตามวิธี AOAC (2000)

3.3.2 การทดลองสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอ

3.3.2.1 การศึกษาอัตราส่วนของเมล็ดมะละกอบดที่ใช้ในการสกัด

วิธีการสกัด เริ่มจากนำเมล็ดมะละกอบด 7.5 15 และ 22.5 กรัม (ตามอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอบดต่อปริมาณเฮกเซนที่ใช้ คือ 1:5 1:10 และ 1:15) ใส่ขวดก้นกลมขนาด 1000 ml. เติมเฮกเซน 150 ml. แล้วนำไปสกัดโดยใช้ไมโครเวฟตัดแปลงจาก (ลำนำพร และกิตติชัย, 2555) โดยใช้กำลังไฟฟ้า และ เวลาตามที่กำหนด เมื่อครบเวลานำเข้าเครื่องกรองสุญญากาศเพื่อกรองแยกเมล็ดมะละกอบดออกจากสารละลายโดยใช้กระดาษกรอง No.1 จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปอบ จนกว่าเฮกเซนจะระเหยหมด แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำมันที่ได้ จากสูตร

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักขูดกับน้ำมัน} - \text{น้ำหนักขูด}}{\text{กรัมของเมล็ดมะละกอบด}} \times 100$$

3.3.2.2 การทดลองเรื่องการใช้ข่างน้ำช่วยในการสกัด

วิธีการสกัดเริ่มจากนำเมล็ดมะละกอบดปริมาณตามอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอบดต่อปริมาณเฮกเซนที่ใช้ คือ 1:5 1:10 และ 1:15 ใส่ขวดก้นกลมขนาด 1000 ml เติมเฮกเซน 150 ml. นำน้ำสะอาด ที่อุณหภูมิห้อง 150ml. ใส่ลงในขามกระเบื้อง แล้วนำไปเข้าไมโครเวฟที่ตัดแปลงจาก ลำนำพร และกิตติชัย (2555) โดยนำขวดก้นกลมวางลงในขามกระเบื้อง ในการสกัดใช้กำลังไฟฟ้าและ เวลาตามที่กำหนด เมื่อครบเวลานำเข้าเครื่องกรองสุญญากาศเพื่อกรองแยกเมล็ดมะละกอบดออกจากสารละลายโดยใช้กระดาษกรอง No.1 จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปอบจนกว่าเฮกเซนจะระเหยหมด แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำมันที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนองร่วมกับการออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง มีวิธีการดำเนินการคือ

1. กำหนดระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง
2. ออกแบบการทดลองแบบประสมกลางโดยใช้โปรแกรม Design Expert
3. นำผลที่ได้จากการทดลองมาบันทึกในโปรแกรม เพื่อสร้างสมการทำนายค่าปริมาณของน้ำมันจากเมล็ดมะละกอ
4. นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนองโดยใช้โปรแกรม Design Expert
5. ตรวจสอบจุดที่เหมาะสม (Optimization) และพิสูจน์แบบจำลองจากแผนภาพที่ได้โดยทำการทดลองที่เป็นอิสระ (นอกเหนือจากที่ใช้สร้างแบบจำลอง) ภายใต้ขอบเขตของตัวแปรแต่ละตัวที่ศึกษา เปรียบเทียบค่าที่สังเกตจากการทำนายเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ตารางที่ 3.1 Level และ Code ของปัจจัยที่ทำการศึกษาเพื่อการตอบสนองที่พื้นผิว

Factor	Code	Level				
		-1.682	-1	0	1	
Time (min)	X1	1.6	3	5	7	8.4
Power (Watt)	X2	200	300	450	600	700
Mass (g)	X3	16.4	30	50	75	83.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การกำหนด code ของ CCD ในการออกแบบการทดลอง ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด (Time,X1), กำลังไฟฟ้า (Power,X2) และ มวลเมล็ดมะละกอบด (Mass, X3)

การทดลองที่	Factor Level		
	X1	X2	X3
1	+1	+1	+1
2	-1	+1	-1
3	0	0	0
4	-1.682	0	0
5	0	0	0
6	-1	+1	+1
7	-1	-1	-1
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	+1.682
11	0	+1.682	0
12	-1	-1	+1
13	0	0	-1.682
14	+1	-1	-1
15	+1	+1	-1
16	+1.682	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	-1.682	0
20	+1	-1	+1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์เชิงสถิติดูความสัมพันธ์เชิงสถิติ an empirical second-order polynomial model ตามสมการที่ 3.1 (Khuri and Cornell, 1996)

$$Y = \beta_0 + \beta_i X_i + \beta_{ij} X_i X_j + \beta_{ij} X_i^2 \quad (3.1)$$

โดยที่ Y คือ the predicted response

β คือ the model coefficient parameter

7. นำค่าจุดเหมาะสมที่ได้จาก model ไปทำการทดลองจริง

3.3.4 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้

นำตัวอย่างน้ำมันที่สกัดได้ไปวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1. ค่า acid value ทำตามวิธี AOCS (1997)
2. ค่า peroxide value ทำตามวิธี AOCS (1997)



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยไมโครเวฟโดยวิธี การหาพื้นที่ผิวผิวตอบสนอง

การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนองร่วมกับการออกแบบการทดลองแบบประสมกลางโดยใช้โปรแกรม Design Expert version 10 ในการประมวลผลจากการศึกษาพบว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอในทุกชุดการทดลอง อยู่ระหว่าง 18.52 ถึง 29.87% ดังแสดงในตารางที่ 4.1 นำผลที่ได้จากการทดลองมาหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเพื่อนำไปสร้างสมการเพื่อทำนายค่าของการตอบสนอง โดยสามารถหาพื้นที่ผิวตอบสนองที่จุดใดๆ ในแต่ละช่วงของปัจจัยได้ดังแสดงในสมการที่ 4.1 และเมื่อนำค่าปัจจัยต่างๆ แทนค่าในสมการโดยจะเรียกค่าที่ได้จากสมการนี้ว่าค่าจากการทำนาย ซึ่งสามารถประมาณค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ ได้อยู่ระหว่าง 19.51 ถึง 29.92%

$$Y = 36.76 - 1.70X_1 - 0.04X_2 - 0.99X_3 + 0.002X_1X_2 - 0.04X_1X_3 - 0.0005X_2X_3 + 0.20X_1^2 + 0.00005X_2^2 + 0.06X_3^2 \quad (4.1)$$

เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายมาสร้างกราฟเส้นตรงดังภาพที่ 4.1 พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.975 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงถึงค่าที่ยอมรับได้ระหว่างค่าจากการทดลองจริงและค่าจากการคำนวณ (Satapanajaru, 2014) และเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างค่าจากการทำนายและค่าจากการทดลองพบว่า ค่าความสัมพันธ์ (Correlation) มีค่าเท่ากับ 0.987 ซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ ก้นสูงมาก และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยกำหนดช่วงความเชื่อมั่น 95% ค่า P-value เท่ากับ 0.05 พบว่า เมื่อนำผลการวิจัยทั้งสองมาเปรียบเทียบกันมีค่าSig (2-tailed) เท่ากับ 0.996 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 อธิบายได้ว่า ค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายทางสถิตินั้นไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.1 ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย

การทดลองที่	Actual values			%Yield	
	X ₁	X ₂	X ₃	การทดลอง	การทำนาย
1	7.00	300	5.00	25.22	25.26
2	3.00	300	15.00	20.84	20.38
3	7.00	300	15.00	21.95	21.86
4	5.00	197.73	10.00	20.89	21.44
5	5.00	450	10.00	20.99	20.33
6	5.00	450	10.00	20.32	20.33
7	3.00	600	15.00	21.14	20.68
8	3.00	600	5.00	24.39	24.07
9	1.64	450	10.00	18.52	19.51
10	5.00	450	18.41	21.19	21.39
11	3.00	300	5.00	22.89	22.13
12	5.00	450	1.59	26.72	27.11
13	8.36	450	10.00	26.08	25.67
14	5.00	450	10.00	20.18	20.33
15	5.00	450	10.00	20.19	20.33
16	7.00	600	5.00	29.87	29.92
17	5.00	450	10.00	20.79	20.33
18	5.00	702.27	10.00	25.58	25.61
19	7.00	600	15.00	24.54	24.88
20	5.00	450	10.00	19.59	20.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตอบสนองพื้นผิวของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอทำได้โดยการสร้างแผนภาพพื้นผิวตอบสนองจากสมการที่หามาได้ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยแสดงผลของปัจจัย 2 ตัวแปร ดังแสดง ในภาพที่ 4.2(ก) ถึง (ค) ตามลำดับ จากภาพ 4.2(ก) พบว่าจุดเหมาะสมระหว่างระยะเวลาในการสกัด และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 7 นาทีและ 600 วัตต์ตามลำดับ ภาพ 4.2(ข) พบว่าจุดเหมาะสมระหว่างผลของระยะเวลาในการสกัดและอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อดัวทำละลายเท่ากับ 7 นาทีและ 15% ตามลำดับ ภาพ 4.2(ค) พบว่าจุดเหมาะสมระหว่างกำลังไฟฟ้า และอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อดัวทำละลายเท่ากับ 600 วัตต์และ 15% ตามลำดับ

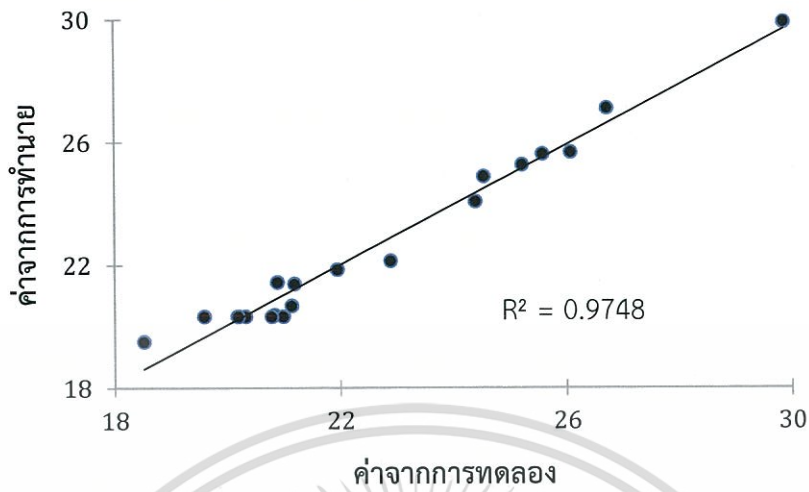
สำหรับการควบคุมสถานะในสกัด ระยะเวลาในการสกัด การใช้เวลาในการสกัดนานเกินไปเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายให้กับผู้ประกอบการแต่ในขณะเดียวกันการใช้เวลาในการสกัดนานทำให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอสูง

นอกจากนี้กำลังไฟฟ้าไมโครเวฟมีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าสูงส่งผลให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอสูงขึ้นแต่เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่สามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดเพียง 800 วัตต์ และจากการทดลองพบว่าการสกัดโดยใช้กำลังไฟฟ้าที่ 700 และ 800 วัตต์เพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่เท่ากัน 30% ต้องใช้เวลาในการสกัดต่างกันถึง 110 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 4.2

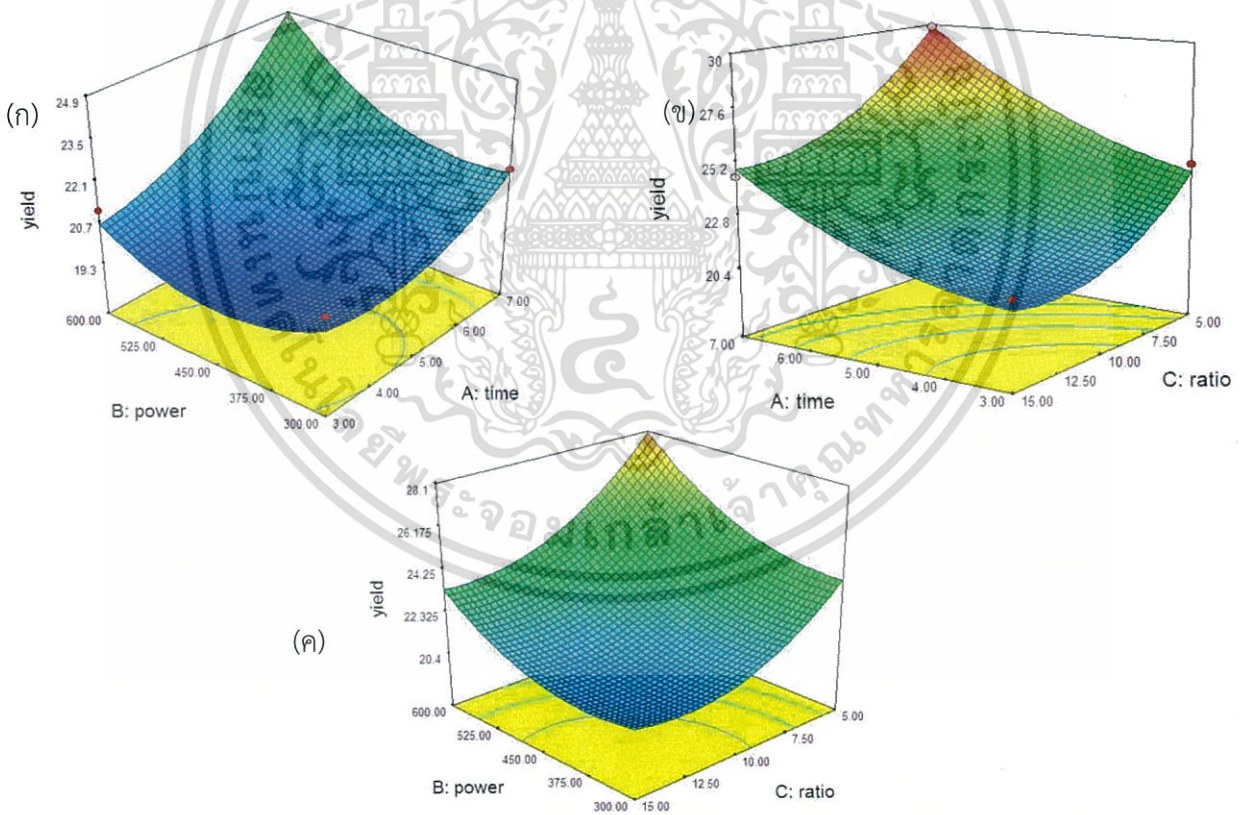
สำหรับอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อดัวทำละลาย หากใช้อัตราส่วนที่ต่ำจะเป็นการสิ้นเปลืองการใช้ตัวทำละลาย เนื่องจากต้องใช้ปริมาณของตัวทำละลายในการสกัดทุกครั้งเท่ากับ 150 มิลลิลิตร จากการทดลองพบว่าการสกัดโดยใช้กำลังไฟฟ้าที่ต่างกันแต่ใช้ระยะเวลาในการสกัดเท่ากันเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่เท่ากัน 30% ที่กำลังไฟฟ้า 700 และ 800 วัตต์ต้องใช้ปริมาณเมล็ดมะละกอต่างกันมากกว่าสองเท่าต่อตัวทำละลาย 150 มิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ดังนั้นสถานะที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอสูงที่สุดคือ การสกัดโดยใช้ระยะเวลาในการสกัดเท่ากับ 6 นาที ใช้กำลังไฟฟ้าไมโครเวฟ 800 วัตต์ และใช้อัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อดัวทำละลาย 15% ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ 30% ซึ่งปริมาณไขมันของเมล็ดมะละกอทั้งหมดเท่ากับ 30.7 ± 0.7 % (Puangsri และคณะ, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 ค่าจากการทดลองและค่าจากการทำนายปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ



ภาพที่ 4.2 แผนภาพพื้นผิวตอบสนองแสดงผลของระยะเวลาในการสกัดและกำลังไฟฟ้า(ก) ผลของระยะเวลาและอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อตัวทำละลาย(ข) และผลของกำลังไฟฟ้าและอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อตัวทำละลาย(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบระยะเวลาในการสกัดเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าต่างกันเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอเท่ากัน

Time(min)	Power(watt)	Ratio(%)	Yield(%)
6.09	800	15	30.00
7.93	700	15	30.00
9.23	600	15	30.00
10.16	500	15	30.00
10.78	400	15	30.00
11.09	300	15	30.00
11.06	200	15	30.00
10.57	100	15	30.00

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบอัตราส่วนเมล็ดมะละกอเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าต่างกันแต่ระยะเวลาในการสกัดเท่ากันเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอเท่ากัน

Time(min)	Power(watt)	Ratio(%)	Yield(%)
6.09	800	15.1	30.00
6.09	700	6.4	30.00
6.09	600	3.2	30.00
6.09	500	1.3	30.00
6.09	400	0.2	30.00

4.2 ผลของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่สภาวะที่เหมาะสมของการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบปกติเทียบกับการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบที่มีอ่างน้ำ

การทดลองสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอโดยใช้ไมโครเวฟแบบที่มีอ่างน้ำ ผลที่ได้จากการทดลอง เมื่อนำมาหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเพื่อนำไปสร้างสมการเพื่อทำนายค่าของการตอบสนอง โดยสามารถหาพื้นผิวตอบสนองที่จุดใดๆ ในแต่ละช่วงของปัจจัยได้ดังแสดงในสมการที่ 4.2

$$Y = 29.93 - 0.085X_1 - 0.002X_2 - 0.53X_3 + 0.0001X_1X_2 - 0.06X_1X_3 - 0.0009X_2X_3 + 0.06 X_1^2 + 0.00001X_2^2 + 0.039X_3^2 \quad (4.2)$$

การทดลองนี้เป็นการศึกษาปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอที่สามารถสกัดได้ด้วยวิธีการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบที่มีอ่างน้ำเทียบกับการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบปกติที่สภาวะเดียวกัน โดยพบว่า เมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบปกติคือ ใช้ระยะเวลา ในการสกัดเท่ากับ 6 นาที ใช้กำลังไฟฟ้าไมโครเวฟ 800 วัตต์ และใช้อัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอ ต่อตัวทำละลาย 15% แทนค่าลงในสมการที่ 4.2 จะได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอ 20.83% ซึ่งถือว่าน้อย เนื่องจากปริมาณของเหลวที่เพิ่มขึ้นในระบบซึ่งก็คือน้ำที่อยู่ในอ่างร่วมกับเฮกเซนที่ใช้ในการสกัดนั้น ทำให้มวลของระบบเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้เกิดความร้อนขึ้นในระบบซ้ำเนื่องจากน้ำในอ่างดูดซับพลังงานคลื่นไมโครเวฟก่อนแล้วจึงถ่ายโอนความร้อนผ่านขวดกันกลมเข้าสู่ตัวอย่างอีกทีหนึ่ง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสกัดลดลง และ ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอน้อยกว่าการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบปกติ นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อเฮกเซนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันเมล็ดมะละกอในการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบที่มีอ่างน้ำ ซึ่งอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอต่อเฮกเซนที่เหมาะสมสำหรับการสกัดแบบที่มีอ่างน้ำเป็นช่วงอัตราส่วนต่างๆ แต่การใช้อัตราส่วนที่ต่ำย่อมหมายถึงการสิ้นเปลืองเฮกเซนที่ใช้ในการสกัด แต่ถ้าใช้อัตราส่วนที่สูงขึ้น ระยะเวลาในการสกัดจะต้องเพิ่มขึ้นด้วยเพื่อให้สามารถสกัดน้ำมันออกมาได้หมด จึงเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า แต่ในขณะเดียวกันการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบที่มีอ่างน้ำจะสามารถควบคุมอุณหภูมิของระบบได้ง่ายกว่า ดังนั้นวิธีการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบที่มีอ่างน้ำจึงยังไม่เป็นวิธีที่เหมาะสมต่อการสกัดในระดับอุตสาหกรรมแต่เหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิการสกัดให้ค่อนข้างคงที่

4.3 ผลของการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้

ผลการวิเคราะห์ ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และ ค่าความเป็นกรด (Acid value) จากตารางที่ 4.4 พบว่าที่การสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบปกติจะได้ค่า PV และ AV สูงกว่าการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบที่มีอ่างน้ำ และ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ซึ่งกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า เมื่อนำทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบกัน มีค่า Sig. ของ PV และ AV เท่ากับ 0.067 และ 0.053 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 อธิบายได้ว่าวิธีการสกัดทั้งสองแบบนี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน

Method	Analytical	
	Peroxide value (PV) (mequiv./kg)	Acid value (AV) (mg KOH.g ⁻¹)
Microwave	1.80±0.20	1.62±0.05
Microwave with waterbowl	1.47±0.12	1.53±0.03

การสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟแบบธรรมดาเกิดความร้อนที่สูงมากกว่าจึงเป็นการเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (Lipid oxidation) ทำให้น้ำมันเมล็ดมะละกอที่ได้นั้นมีค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และค่าความเป็นกรด (Acid value) สูงกว่า แต่ถึงอย่างไรก็ตามค่าของเปอร์ออกไซด์และค่าความเป็นกรดที่ได้จากการสกัดทั้งสองวิธีนี้นั้นยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งถือได้ว่ามีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีกลิ่นหืนน้อยและสามารถนำไปใช้ได้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะละกอด้วยไมโครเวฟ

การตอบสนองพื้นผิว (Response Surface Methodology: RSM) โดยศึกษาทั้งหมด 3 ปัจจัย ดังต่อไปนี้ ระยะเวลาในการสกัด กำลังไฟฟ้าและอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอดต่อตัวทำละลาย ที่มีผลต่อ ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอก สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคือ ใช้เวลาในการสกัด 6 นาที ที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ด้วยอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอดต่อตัวทำละลาย 15% จะได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอก 30% ซึ่งตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

5.1.2 การเปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอก

เมื่อนำผลการทดลองของการสกัดทั้ง 2 วิธี (การสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบปกติและการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบที่มีอ่างน้ำ) มาเปรียบเทียบ ณ สภาวะการสกัดเดียวกัน คือ ใช้เวลาในการสกัด 6 นาที ที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ด้วยอัตราส่วนระหว่างเมล็ดมะละกอดต่อตัวทำละลาย 15% สามารถสรุปผลได้ว่า ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอกที่ได้จากการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบปกตินั้นสูงกว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอกที่ได้จากการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบที่มีอ่างน้ำ ซึ่งการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบปกติจะทำให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอก 30% ส่วนการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบที่มีอ่างน้ำ ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดมะละกอกเพียง 20.83%

จากการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อประเมินคุณภาพของน้ำมันเมล็ดมะละกอกที่สกัดได้ โดยตรวจค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และค่าความเป็นกรด (Acid value) สามารถสรุปได้ว่าการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบปกติจะได้ค่า PV และ AV สูงกว่าการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟแบบที่มีอ่างน้ำ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งในการที่สถานประกอบการจะนำไปใช้จึงต้องศึกษาเพิ่มเติมในระดับที่กว้างมากขึ้นเพื่อความเหมาะสม

5.2.2 ควรทำการศึกษาจำนวนรอบของมิเตอร์เพื่อหากำลังไฟฟ้าที่แท้จริงและประสิทธิภาพของไมโครเวฟ ซึ่งทำให้สามารถทราบถึงความสิ้นเปลืองพลังงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จรัล ทรัพย์เสรี. 2552. DOE Central Composite Design. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/FQ145_p72-74.pdf. 5 ธันวาคม 2558

ซุเปอร์ยูสเซอร์. 2555. เทคนิคการปลูกมะละกอเงินล้าน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://raithunyaboon.blogspot.com/2014/01/8.html> 2 ธันวาคม 2558.

พรพรรณ เลิศกิจมั่นคง และ ตุลวิทย์ สถาปนจารุ. 2558. การหาจุดเหมาะสมของการซุบสังกะสีโดยวิธีตอบสนองที่พื้นผิว. หน้า 888-896. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. การวิจัยเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน.

พรรณทิพย์ แสงสุขเอี่ยม และ ราตรี ชุ่ยหิรัญ. 2558. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีข้อมจากกลีบดอกอัญชันโดยใช้วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง. หน้า 1-8. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ครั้งที่ 7. นครปฐม.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป. น้ำมันมะพร้าว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1180/coconut-oil-%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%A1%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7>. 9 พฤษภาคม 2559.

ลำนำพร ปลดเปลื้อง และ กิตติชัย บรรจง. 2555. ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดกากองุ่นแดงพันธุ์ป๊อกดำด้วยวิธีไมโครเวฟ. ในการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ระหว่างวันที่ 23-26 พฤษภาคม 2555 ศูนย์ประชุมนานาชาติ 60 ปี จังหวัดสงขลา: 177.

วสุธร วรสุทธยางกูร และ ชูดา เงาะไพรรวรรณ. 2558. การเปรียบเทียบผลผลิตของน้ำมันเมล็ดมะละกอสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง อัลตราโซนิค และไมโครเวฟ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศักชัยบดี ปิ่นศรีธง. 2553. เทคนิคสกัดด้วยไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction, MAE).

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://share.psu.ac.th/blog/sci-discus/17171>. 3 ธันวาคม 2558.

สิริชัย ส่งเสริมพงษ์. ม.ป.ป. การใช้เครื่องไมโครเวฟแบบไหลต่อเนื่องในการแปรรูปอาหาร. [ออนไลน์].

เข้าถึงได้จาก: [http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEconomic/30-](http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEconomic/30-Sirichai_Son/template.html)

[Sirichai_Son/template.html](http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEconomic/30-Sirichai_Son/template.html). 3 ธันวาคม 2558

อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล. 2550. การวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับอุตสาหกรรมเกษตร.

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: 202.28.24.44/e_books/issrapong/stat.html.

5 ธันวาคม 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- AOAC. 2000. Official methods of analysis of AOAC international. 16th ed. Texas: Association of Official Analytical Chemistry.
- AOCS. 1997. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 5th edn., AOCS Press, Champaign, Illinois.
- Ajewole, K. 1993. Characterisation of Nigerian citrus seed oils. *Food Chem.* 47, 77–78.
- Adebiyi, A.; Adaikan, G.P. and Prasad, R. N. V. 2003. Tocolytic and toxic activity of papaya seed extract on isolated rat uterus. *Life Science* 74(5): 581-592.
- 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.
- Baboli, Z. and Kordi, A.K. 2010. Characteristics and composition of watermelon seed oil and solvent extraction parameters effects. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 87, 667–671.
- Codex Standard for Olive oil. 2001. Virgin and Refined, and for Refined Olive-Pomace Oil. In *Codex Alimentarius; Codex Alimentarius Commission: Quebec, Canada, Codex Stan 33–1981 (Rev. 1–1989)*, pp. 1–8.
- Curl, C.L. and Fenwick, G. R. 1983. On the determination of papaya seed adulteration of black pepper. *Food Chemistry* 12: 241- 247
- Gharekhani, M., Ghorbani, M., Rasoulnejad, N., 2012. Microwave-assisted extraction of phenolic and flavonoid compounds from *Eucalyptus camaldulensis* Dehn leaves as compared with ultrasound-assisted extraction. *Latin Am. Appl. Res.* 42, 305–310.
- Khuri, A.I. and Cornell, J.A., 1996. *Response Surfaces, Designs and Analysis*, 2nd ed., Marcel Dekker, Inc., New York.
- 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* 91(13):2348-54.
- Li, Z.Y., Wang, Y., Shen, W.T. and Zhou, P. 2012. Content determination of benzyl glucosinolate and anti-cancer activity of its hydrolysis product in *Carica papaya* L. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine.* 13: 231-233

- Marfo, E. K.; Oke, O. L.; Afolabi, O. A. 1986. Chemical composition of papaya (*Carica papaya*) seeds. *Food Chemistry*. 22(4): 259-266
- 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.
- Ngassapa, F.N. and Othman, O.C. 2001. Physicochemical characteristics of some locally manufactured edible vegetable oils marketed in Dar Es Salaam. *Tanz J. Sci* 27, 49 - 58.
- 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.
- Passos, C.P., Yilmaz, S., Silva, C.M. and Coimbra, M.A. 2009. Enhancement of grape seed oil extraction using a cell wall degrading enzyme cocktail. *Food Chem*. 115, 48-53.
- Puangri, T., Abdulkarim, S.M. and Ghazali, H.M. 2005. Properties of *carica papaya* l. (papaya) seed oil following extractions using solvent and aqueous enzymatic methods. *Journal of Food Lipids*.12: 62-76
- Salvador, M.D., Aranda, F., Gomez-Alonso, S. and Fregapane, G. 2001. Cornicabra virgin olive oil: A study of five crop seasons. Composition, quality and oxidative stability. *Food Chem.*, 74, 267-274.
- 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.
- Satapanajaru, T., Yoo, I.M., Bongprom, P., and Pengthamkeerati, P. 2014. Decolorization of Reactive Black 5 by persulfate oxidation activated by ferrous ion and its optimization. *Desalination and Water Treatment*. doi: 10.1080/19443994.2014.932710
- Schinas, P., Karavalakis, G., Davaris, C., Anastopoulos, G., Karonis, D., Zannikos, F., Stournas, S., and Lois, E. 2009. Pumpkin (*Cucurbitapepo* L.) seed oil as an alternative feed stock for the production of biodiesel in Greece. *Biomass Bioenergy*. 33, 44-49.
- Shahidi, F. 2006. *Nutraceutical and Specialty Lipids and Their Co-Products*; Taylor Francis

- Taghvaei, M. Jafari, S. Assadpoor, E. Nowrouziah, S. Alishah, O. (2014) Optimization of microwave-assisted extraction of cottonseed oil and evaluation of its oxidative stability and physicochemical properties. *Food Chemistry* 160: 90–97
- Tian, H.L., Ping Zhan, P. and Li, K.X. 2010. Analysis of components and study on antioxidant and antimicrobial activities of oil in apple seeds. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 4, 395–403.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณ

ก.1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (Yield, %)

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักขูดกับน้ำมัน} - \text{น้ำหนักขูด}}{\text{กรัมของเมล็ดมะละกอบด}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ :

$$\text{น้ำหนักขูดรูปขมฟูเปล่า} = 97.93$$

$$\text{น้ำหนักขูดรูปขมฟูพร้อมน้ำมัน} = 101.98$$

$$\text{น้ำหนักเมล็ดมะละกอบด} = 15$$

จะได้ว่า

$$\text{Yield (\%)} = \frac{101.98 - 97.93}{15} \times 100 = 27\%$$



ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ความชื้น

ข.1 การวิเคราะห์ความชื้น (Moisture content) (AOAC, 2000)

อุปกรณ์:

1. ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
2. ตู้อบไฟฟ้า
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์:

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้นหลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก
2. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 ช้าจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียดประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในภาชนะที่หาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว
4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบใส่โถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก
6. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาทีและทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
7. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์} = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100$$

เมื่อ $M1$ คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

$M2$ คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางเคมี

ค.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (Acid Value; AV) (AOCS, 1997)

สารเคมี:

- 1.เอธานอล95%: เตรียมได้จากการทำให้เอธานอล 95% เป็นกลางโดยหยดฟีนอล์ฟธาไลน์ 3 หยด แล้วเติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์จนได้สีชมพูจาง (ควรเตรียมก่อนใช้)
- 2.สารละลายฟีนอล์ฟธาไลน์ความเข้มข้น1%: เตรียมได้จากละลายฟีนอล์ฟธาไลน์1% ในเอธานอล95%
3. สารละลายมาตรฐานของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล

วิธีวิเคราะห์:

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน (ในกรณีที่เป็นของแข็งควรสกัดน้ำมันออกก่อน) 10 กรัม (จดน้ำหนักที่แน่นอน) ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมเอธานอล95% 30 มิลลิลิตร นำไปอุ่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ประมาณ60°C เป็นเวลา 10 นาที
3. หยดฟีนอล์ฟธาไลน์ 3-4 หยด นำไปไทเทรตกับสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ เขย่าแรงๆจนได้สารละลายสีชมพูจางเหมือนกับสีของเอธานอล และสีต้องคงที่เป็นเวลา 30 วินาที
4. คำนวณหา Acid value ได้ดังนี้

การคำนวณ:

$$\text{Acid value} = \frac{V \times N \times 56.1}{W}$$

- เมื่อ
- V = ปริมาตรของสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)
 - N = ความเข้มข้นของสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล)
 - W = น้ำหนักของน้ำมันตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 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. สารละลายน้ำแบ่งความเข้มข้น 1 %

วิธีวิเคราะห์:

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5 ± 0.05 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายผสมอะซิติก:คลอโรฟอร์ม (3:2) 30 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร
4. เขย่าสารละลายเป็นเวลา 1 นาที ในที่มืด และเติมน้ำกลั่นทันที 30 มิลลิลิตร
5. ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อน และ เติมสารละลายน้ำแบ่ง 2 มิลลิลิตร และไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินจางหาย
6. บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ที่ใช้ในการไทเทรต
7. ทำ blank ตามวิธีเดียวกับที่กล่าวข้างต้น แต่ไม่ใส่ตัวอย่างน้ำมัน
8. คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์

การคำนวณ:

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

เมื่อ S = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต (นอร์มอล)

ภาคผนวก ง

เครื่องมือและวิธีการสกัด

ง.1 เครื่องสกัดไมโครเวฟ



Model: ME711K/XST 800W

SERIAL: J6NC7WBF104281

วิธีการใช้เครื่อง:

1. ต่อกอนเดนเซอร์เข้ากับตัวไมโครเวฟ
2. ต่อสายยางจากคอนเดนเซอร์ไปยังตู้ทำน้ำเย็นทั้ง 2 สาย (สายน้ำเข้าและสายน้ำออก)
3. ต่อกวักก้นกลมขนาด 1000 ml. เข้ากับคอนเดนเซอร์
4. ปรับกำลังไฟและเวลาตามต้องการ

หมายเหตุ ในกรณีที่ทดลองเรื่องอ่างน้ำ ให้นำขวดก้นกลมวางบนชามกระเบื้องก่อนนำไปต่อกับคอนเดนเซอร์

ภาคผนวก จ ผลการสกัด

จ.1 ผลการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟแบบธรรมดา



จ.2 ผลการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟแบบมีอ่างน้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวพรทิพย์ กาศสุวรรณ
วัน เดือน ปี เกิด	23 ตุลาคม พ.ศ. 2536
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2549	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนมัธยมวัดนายโรง
พ.ศ. 2552	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย : โรงเรียนมัธยมวัดนายโรง สายวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์
พ.ศ. 2555	เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน และผลงานวิจัย	เจ้าหน้าที่แผนกจุลชีววิทยา สถาบันอาหาร (National Food Institute) จ. กรุงเทพมหานคร
รางวัลที่เคยได้รับ	โลรางวัลผู้มีผลการเรียนดีเด่น เกียรติบัตรมีผลการเรียนดีเด่น 4 ปีติดต่อกัน ได้รับเลือกเป็นตัวแทนสถาบันเข้าแข่งขันตอบปัญหาวิชาการด้าน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร FoSTAT - Nestlé Quiz Bowl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาววิชญาพร บู่หาด
วัน เดือน ปี เกิด	13 ตุลาคม พ.ศ. 2537
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2549	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า
พ.ศ. 2552	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย : โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า สายวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์
พ.ศ. 2555	เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน และผลงานวิจัย	เจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย จ.ปทุมธานี ผลงานวิจัย ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำสมุนไพรสำหรับผู้ป่วยโรคอ้วนและ เบาหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้