การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ

KINETICS STUDY OF GRAPE SEED OIL MICROWAVE-ASSISTED SOLVENT EXTRACTION

บุณยานุช ชำนาญดี

BOONYANUCH CHAMNANDEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

KMITL-2016-AI-M-053-254

การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ

KINETICS STUDY OF GRAPE SEED OIL MICROWAVE-ASSISTED SOLVENT EXTRACTION

บุณยานุช ชำนาญดี

BOONYANUCH CHAMNANDEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

KMITL-2016-AI-M-053-254

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KINETICS STUDY OF GRAPE SEED OIL MICROWAVE-ASSISTED SOLVENT EXTRACTION

BOONYANUCH CHAMNANDEE

A THESIS SUBMITTED IN PATIAL FULFILMENT

OF THE REQUIREMENT FOR DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

KMITL-2016-AI-M-053-254

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ
KINETIC STUDY OF GRAPE SEED OIL MICROWAVE-ASSISTED SOLVENT EXTRACTION

ชื่อนักศึกษา นางสาวบุณยานุช ชำนาญดี

รหัสประจำตัว 57608035

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.กิตติชัย บรรจง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.กิตติชัย บรรจง	
รศ.ดร.สนธิสุข ธีระชัยชยติ	
ผศ.ดร.พอใจ ถามากร	
รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 11 กรกฎาคม 2559 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 29 เดือน ก.ค. พ.ศ 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ
นักศึกษา	นางสาวบุณยานุช ชำนาญดี
รหัสประจำตัว	57608035
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.กิตติชัย บรรจง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นโดยใช้ไมโครเวฟร่วมกับตัวทำละลายโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกำลังไฟฟ้า (100, 300, 600 และ 800 วัตต์) และระยะเวลาในการสกัด (30 วินาที – 10 นาที) ที่มีผลต่อปริมาณผลผลิต, วิเคราะห์จลนพลศาสตร์กระบวนการสกัดโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli และศึกษาความสิ้นเปลืองพลังงานของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ ผลการทดลองพบว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นเพิ่มขึ้นตามระดับกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด โดยสภาวะการสกัดที่ระดับกำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ระยะเวลา 10 นาที ให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันสูงที่สุด (11.38%) ผลการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli ในการวิเคราะห์กระบวนการสกัดพบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ทำนายกระบวนการสกัดได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงในทุกๆเงื่อนไข ($R^2 \geq 0.994$) การคำนวณความสิ้นเปลืองพลังงานในการสกัดทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้า โดยเลือกเป้าหมายค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันที่เท่ากับ 80% ของปริมาณผลผลิตน้ำมันทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 10.34% ผลการคำนวณพบว่าระดับกำลังไฟฟ้าที่ 100 วัตต์ มีความสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0298 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยใช้ระยะเวลาในการสกัด 17.52 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Kinetics Study of Grape Seed Oil Microwave-Assisted Solvent Extraction
Student	Miss Boonyanuch Chamnandee
Student ID	57608035
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2016
Thesis Advisor	Dr. Kittichai Banjong

ABSTRACT

This research was to study the microwave-assisted solvent extraction (MASE) technique employed to the grape seed oil extraction. The objectives were to study the effects of microwave power (100, 300, 600 and 800 W) and extraction time (0.5s -10 min) on the extracted oil yield, examine the capability of Patricelli's mathematical model to estimate the extraction kinetics. The model parameters were calculated using the experimental results obtained from MASE, and study energy consumption. Results showed that the oil yield increased with increasing power and extraction time. The maximum oil yield was 11.38% at 800W for 10 min. The Patricelli's model appeared to adequately estimate the MASE kinetics of grape seeds oil. The coefficients of determination were found to be very high in all cases ($R^2 \geq 0.994$). The energy required to perform the four microwave powers of MASE under the condition which gave 80% of the total oil content was calculated which was 10.34%. The microwave power at 100W consumed the least energy which was 0.0298 kWh. It took 17.32 min.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่อง การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์นี้ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และคอยเอาใจใส่เป็นอย่างดี รวมทั้งช่วยให้คำปรึกษาและแก้ไขปัญหาเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้มีความถูกต้องและมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.สนธิสุข ธีระชัยชยุติ รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ และ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร ที่ได้ให้เกียติมาเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำเพิ่มเติมในส่วนที่บกพร่องในงานวิจัยให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและนักวิทยาศาสตร์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือต่างๆ และช่วยอำนวยความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวของผู้วิจัย รวมถึงเพื่อนๆและพี่ๆที่ดีที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคอยให้ความช่วยเหลือในการให้คำปรึกษาเมื่อเกิดปัญหา จึงช่วยให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บุณยานุช ชำนาญดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ……I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……II

กิตติกรรมประกาศ……III

สารบัญ……IV

สารบัญตาราง……VII

สารบัญภาพ……VIII

บทที่ 1 บทนำ……1

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย……1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย……2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย……2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……4

2.1 เมล็ดองุ่น……4

2.2 น้ำมันเมล็ดองุ่น……4

2.3 การสกัดน้ำมัน……6

2.3.1 วิธีการสกัดน้ำมัน……6

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดไขมันและน้ำมัน……7

2.4 ไมโครเวฟ……8

2.4.1 หลักการเกิดความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟของวัสดุ……10

2.4.2 อันตรกิริยาระหว่างคลื่นไมโครเวฟกับวัสดุ……11

2.4.3 เทคนิคการสกัดด้วยไมโครเวฟ……12

2.5 จลนพลศาสตร์การสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ……12

2.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli และคณะ……13

2.7 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย……19

3.1 วัตถุดิบ……19

3.2 สารเคมี……19

3.3 เครื่องมือ……19

3.4 วิธีการดำเนินงาน……20

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างเมล็ดองุ่น……20

3.4.2 เครื่องสกัดไมโครเวฟ……20

3.4.3 การศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่น……22

3.4.4 การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น……23

3.4.5 การวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ……24

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์……26

4.1 การเปรียบเทียบผลของกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น……26

4.2 จลนพลศาสตร์การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น……29

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีสมการถอดถอยแบบไม่เชิงเส้นเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli……29

4.2.2 จลนพลศาสตร์การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น……30

4.3 การสกัดสารและตัวทำละลายที่สำคัญ……34

4.3.1 ผลการเตรียมสมการคำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ……34

4.3.2 การคำนวณพลังงานไฟฟ้าในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ……36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....39

บรรณานุกรม.....41

ภาคผนวก

ก. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ.....46

ข. เครื่องมือที่ใช้ในการสกัด.....50

ค. การวิเคราะห์ด้วยวิธี Non-linear regression ของโปรแกรม SPSS.....52

ง. ตัวอย่างการคำนวณ.....57

ประวัติผู้เขียน.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการสกัดน้ำมันพืชโดยการบีบอัด……..6

4.1 ปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่น……...28

4.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่นกับเวลาที่ใช้ในการสกัดของการทดลองกับผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli (สัญลักษณ์ คือ ค่าที่ได้จากการทดลอง, เส้น คือ ค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์)……..…...29

4.3 ผลของอัตราการสกัดและเวลาของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ……..…...32

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าต่อ $\ln R_0$……..…….....33

4.5 ค่าของพลังงานไฟฟ้ากับระยะเวลาในการสกัดของทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้าสำหรับนำไปใช้ทำกราฟสมการเส้นตรงเพื่อคำนวณหาพลังงานไฟฟ้า……..…….....34

4.6 ผลการคำนวณระยะเวลาและพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณได้ที่จุดปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ระดับต่างๆ……..……38

ก.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณความชื้นของเมล็ดองุ่น……..…...48

ก.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำมันของเมล็ดองุ่น……..……..…….....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า……...9

2.2 กราฟการสกัดสารสำคัญจากพืชด้วยตัวทำละลาย……..…13

3.1 โมเดลเครื่องสกัดไมโครเวฟ……...……...21

3.2 เครื่องสกัดไมโครเวฟ……...……...……...21

4.1 ผลของกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาในการสกัดที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น.....28

4.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นกับเวลาที่ใช้ในการสกัดของการทดลองกับผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli..……..…….……32

4.3 ผลของกำลังไฟฟ้าต่อ lnR_0……..……...33

4.4 กราฟสมการเส้นตรงไว้ใช้คำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ……..35

ข.1 เครื่องสกัดไมโครเวฟ (Model : ME711K/XST 800 W) ……..……..51

ค.1 การกรอกข้อมูลระยะเวลาและค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นของแต่ที่ระดับกำลังไฟฟ้าลงในไฟล์ข้อมูลโปรแกรม SPSS ……53

ค.2 การเรียกใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Non-linear regression ใน SPSS……..…..…54

ค.3 ตัวอย่างการกรอกสมการของ Patricelli ในวิธีการวิเคราะห์แบบ Non-linear regression ใน SPSS…….55

ค.4 ตัวอย่างตาราง output ในการวิเคราะห์แบบ Non-linear regression ของสมการ Patricelli…….56

ง.1 ตารางข้อมูลปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น……..…….60

ง.2 วิธีการสั่งคำนวณหาค่าเป้าหมายในโปรแกรม excel ……...……..…….61

ง.3 ตัวอย่างการทำนายระยะเวลาการสกัดในการคำนวณหาค่าเป้าหมายของโปรแกรม excel.....…….62

ง.4 ผลลัพธ์ตัวอย่างการทำนายระยะเวลาการสกัด…….63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

กากองุ่นเป็นผลิตภัณฑ์เหลือทิ้งที่ได้จากการผลิตน้ำองุ่นและไวน์ ซึ่งมีประมาณ 20เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผลองุ่นที่ได้จากการผลิต เหลือเป็นกากองุ่นซึ่งประกอบด้วยเปลือกและเมล็ดองุ่น (Mazza และ Minitai, 1993) เมล็ดองุ่นนั้นประกอบด้วยน้ำมันประมาณ 10 – 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของเมล็ด (Schuster, 1992) น้ำมันเมล็ดองุ่นนั้นประกอบไปด้วยกรดไขมันที่มีประโยชน์และมีวิตามินอี (El-Mallah และ Marui, 1993) นอกจากนี้ในเมล็ดองุ่นยังมีสารฟลาวโวนอยด์ชนิดที่เรียกว่า โอลิโกเมอริคโปรแอนโธไซยานิดีน (Oligomeric Proanthrocyanidin) หรือ OPC ในปริมาณสูงมาก สาร OPC มีฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิตามินซี 20 เท่า และสูงกว่าวิตามินอีถึง 50 เท่า เรียกว่ามีคุณสมบัติเป็นซุปเปอร์แอนตี้ออกซิแดนท์ และยังช่วยในการปรับสมดุลร่างกาย ปรับสมดุลของโคเลสเตอรอล ป้องกัน มะเร็ง สามารถป้องกันโรคหัวใจ เพิ่มความแข็งแรงให้หลอดเลือด ช่วยบำรุงผิวพรรณและชะลอริ้วรอยแก่ก่อนวัยอันควร นอกจากนี้ น้ำมันเมล็ดองุ่นยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำอาหารไขมันต่ำอีกหลายๆชนิดและยังใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ครีมบำรุงผิว ผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม เป็นต้น (Joshi และคณะ, 2001) ซึ่งในการแปรรูปของเหลือทิ้งราคาถูกนั้น ทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น ยังช่วยลดปริมาณขยะและสร้างรายได้ให้กับประเทศ (Alonso และคณะ, 2002 ; González และคณะ, 2004) ในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นโดยส่วนใหญ่จะใช้การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย ซึ่งในวิธีการสกัดทั่วไปแล้วนิยมทำการสกัดโดยใช้ความร้อนและตัวทำละลาย (conventional solvent extraction) แต่ในการสกัดโดยใช้ความร้อนนั้นมีข้อเสียในเรื่องการใช้เวลานานและต้องใช้ปริมาณตัวทำละลายในปริมาณมากซึ่งอาจทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่าย วิธีการสกัดโดยใช้ไมโครเวฟ (microwave-assisted solvent extraction ; MAE) จึงเป็นทางเลือกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการสกัด ซึ่งวิธีนี้มีข้อดี คือ ใช้เวลาในการสกัดสั้น สามารถลดปริมาณการใช้ตัวทำละลายในการสกัดได้ และยังช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตของสารสกัดที่ได้ทำให้ประหยัดพลังงานในการสกัดได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเมล็ดองุ่นแดงที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตไวน์มาทำการสกัดน้ำมันด้วยวิธีไมโครเวฟ โดยดัดแปลงตู้ไมโครเวฟแล้วนำมาประยุกต์ใช้กับการสกัดระบบควบแน่นแบบหล่อเย็น ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อปริมาณของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดได้ ซึ่งได้แก่ กำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด และศึกษาหาแนวทางการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟที่มีประสิทธิภาพและสิ้นเปลืองพลังงานน้อย โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการสกัดน้ำมันเพื่อนำผลการวิจัยที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อยอดในระดับต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาในการสกัดด้วยไมโครเวฟที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดได้

1.2.2 เพื่อศึกษาหาแนวทางการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์จลนพลศาสตร์กระบวนการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ

1.2.3 เพื่อศึกษาความสิ้นเปลืองพลังงานของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ศึกษาเรื่องจลนพลศาสตร์การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ วัตถุดิบที่ใช้คือ เมล็ดองุ่นแดงจากบริษัทสยามไวเนอรี่ จำกัด ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดคือ เฮกเซน เครื่องไมโครเวฟสกัดที่ใช้เป็นตู้ไมโครเวฟขนาด 20 ลิตร พร้อมด้วยเครื่องควบแน่นแบบหล่อเย็น โดยการทดลองเริ่มจากการการศึกษาปัจจัยการสกัดคือ ผลของกำลังไฟฟ้า (100, 300, 600 และ 800 วัตต์) และระยะเวลา (30 วินาที, 45 วินาที, 1, 2, 3, 4, 5, 7 และ 10 นาที) ในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นแล้วนำค่าผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธีสมการถดถอยแบบไม่เชิงเส้นด้วยโปรแกรม SPSS เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้วิเคราะห์กระบวนการสกัดและนำไปใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นทุกระดับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำเมล็ดองุ่นซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรมาสกัดเป็นน้ำมันเมล็ดองุ่นที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ และเป็นการช่วยเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือทิ้ง

1.4.2 สามารถนำสมการที่ได้มาใช้คำนวณเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้กำลังไฟฟ้าในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟที่สิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุดและได้ปริมาณน้ำมันสูงเท่าที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะสามารถใช้คำนวณเปรียบเทียบกันได้

1.4.3 สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสกัดด้วยไมโครเวฟในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ระยะเวลาและปริมาณตัวทำละลายน้อย ลดการสิ้นเปลืองพลังงาน และได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันที่สูงเพียงพอ โดยสามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ไปใช้เป็นแนวทางในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เมล็ดองุ่น

เมล็ดองุ่น มีอยู่ในกากองุ่นร้อยละ 20 – 26 (Kamel และคณะ., 1985) เมล็ดองุ่นมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 6.1 – 9.3 มิลลิเมตร และมีความกว้างเฉลี่ย 3.9 – 5.8 มิลลิเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดประมาณ 41 – 63 มิลลิกรัม (Elagamey และคณะ., 2013) ในองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดองุ่นมีความชื้นอยู่ร้อยละ 5.21 – 16.55 (Razavi และคณะ., 2009) ส่วนประกอบของเถ้าและคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 2.86 และ 26.43% ตามลำดับ (Owon, 1999) มีโปรตีนร้อยละ 6.26 – 9.01(Mironeasa และคณะ., 2010) ฟีนอล4.66 – 5.12 กรัมต่อ 100 กรัม (Rababah และคณะ., 2008) และมีองค์ประกอบของน้ำมันร้อยละ 11.6 – 19.6 (Baydar และ Akkurt, 2001) นอกจากนี้เมล็ดองุ่นยังประกอบไปด้วยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ เรียกว่า สาร OPCs (oligomeric proanthocyanidins) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซีและอี (super antioxidant) สามารถสร้างคอลลาเจนในผิวหนัง ทำให้ผิวหนังแข็งแรง โดยลดการทำงานของเอนไซม์คอลลาจีเนส (collagenase) ไฮยาลูโรนิเดส (hyaluronidase) และอิลาสเตส (elastase) (Tixier และคณะ., 1984) เมื่อรับประทานร่วมกับวิตามินซีจะช่วยเสริมฤทธิ์วิตามินซี ช่วยในการนำวิตามินซีกลับมาใช้ใหม่หรือเรียกว่าเป็น vitamin C cofactor (Murray, 1995)

2.2 น้ำมันเมล็ดองุ่น

น้ำมันเมล็ดองุ่นประกอบด้วยกรดไขมันและโทโคฟีรอล (วิตามินอี) ที่มีประโยชน์ (El-Mallah and Murui, 1993) มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมดประมาณ 86.26 – 88.62% และกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดประมาณ 11.34 – 13.68% (Elagamey และคณะ., 2013) Stefaine และคณะ (2007) รายงานว่าในน้ำมันเมล็ดองุ่นมีกรดไขมันจำเป็นสูง เช่น กรดไลโนเลอิก (69 -78%), กรดปาล์มมิติก (5 – 11%) , กรดโอเลอิก (15 -20%) และกรดสเตียริก (3-6%) น้ำมันเมล็ดองุ่นมีองค์ประกอบหลัก คือ กรด ไลโนเลอิก ซึ่งเป็นแหล่งที่ดีของไขมัน การบริโภคอาหารที่มีกรดไลโนเลอิกเป็นองค์ประกอบหลักจะช่วยยับยั้งการสร้าง LDL – cholesterol และเพิ่มการเผาผลาญให้ดีขึ้น เมื่อพิจารณาตามประเภทของกรดไขมันพบว่ามีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) > กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) > กรดไขมันอิ่มตัว (SFA) (Fernandes และคณะ., 2013) น้ำมันเมล็ดองุ่นยังมีแทนนิน (tannin) สูงกว่าน้ำมันจากเมล็ดพืชชนิดอื่นๆ ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันสกัดเย็นจากเมล็ดองุ่น ได้รับการยอมรับจากนักวิจัยชั้นนำทั่วโลกว่ามีสรรพคุณในการชะลอริ้วรอยของผิวพรรณได้ดีกว่าบรรดาสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ผิวพรรณเป็นส่วนได้รับแสงอัลตร้าไวโอเลตก่อให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นอันตรายต่อผิวหนังโดยการทำลายเนื้อเยื่อคอลลาเจน ทำให้ผิวหนังมีริ้วร้อยแก่ก่อนวัยอันควร นอกจากสารต้านอนุมูลอิสระประเภทวิตามินซีและวิตามินอีจะสามารถช่วยชะลอผิวพรรณไม่ให้ริ้วรอยได้ น้ำมันสกัดเย็นจากเมล็ดองุ่นจะช่วยบำรุงผิว คงความอ่อนเยาว์ ยืดอายุของเซลล์ผิว ช่วยซ่อมแซมและฟื้นฟูเซลล์ผิวที่เสื่อมให้กลับแข็งแรง ทำให้ผิวพรรณกระชับเต่งตึงขึ้น สารOPC สามารถถูกดูดซึมเข้าสู่อวัยวะต่างๆได้อย่างรวดเร็ว สามารถกำจัดอนุมูลอิสระในร่างกายได้อย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพในการจับกับโปรตีนคอลลาเจนได้ดี ซึ่งเป็นคุณลักษณะพิเศษของOPC ในการป้องกันริ้วรอยที่จะเกิดขึ้น และด้วยขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตโดยวิธีสกัดเย็น (cold pressed) ที่ปราศจากสารเคมี และความร้อนสูง สามารถคงคุณค่าของสารต้านอนุมูลอิสระชั้นยอด จากเมล็ดองุ่น ทำให้น้ำมันสกัดเย็นจากเมล็ดองุ่น สามารถป้องกันโรคหัวใจ ลดคอลเลสเตอรอล เพิ่มความแข็งแรงให้หลอดเลือด ลดการเกิดลิ่มเลือด ลดการอุดตันของเส้นเลือด ทำให้การไหลเวียนของโลหิตดีขึ้น เส้นเลือด ไม่ตีบตัน เป็นสารป้องกันและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง และ ยับยั้งเซลล์มะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งปอด มะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งเต้านม รวมถึง สามารถป้องกันเซลล์มะเร็งในช่องปาก จมูก หลอดอาหารอีกด้วย -มีผลต่อกล้ามเนื้อหัวใจ โดยทำให้กล้ามเนื้อหัวใจแข็งแรง และทนทานต่อภาวะการขาดเลือด และลดการเต้นผิดจังหวะ มีผลทำให้ลดอัตราการตายจากโรคหัวใจ ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระที่มีผลทำให้เซลล์เสื่อมสภาพ ช่วยเสริมความแข็งแรงให้แก่ข้อต่อต่างๆ เสริมโปรตีนคอลลาเจน จากตำราแพทย์ และข้อมูลความรู้มากมายได้สนับสนุนและยืนยันว่า โรคเรื้อรัง (chronic disease) และโรคจาก ความเสื่อม (degenerative disease) หลายชนิดมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับอาหาร อาหารหลากหลายชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นยาจึงถูกนักวิจัยดึงเอาคุณประโยชน์ออกมาใช้ เมล็ดองุ่นที่มีสาร OPC สูงจึงถูกจับตาและนำมาทดสอบคุณสมบัติ พบว่ากรรมวิธีสกัดเย็นเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการรักษาคุณสมบัติสุดยอดสารต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดองุ่น และจากการทดสอบในทางการแพทย์กับผู้ป่วยและผู้ที่มีปัญหาสุขภาพเกี่ยวกับโรคหัวใจ โรคความดัน พบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ผู้ป่วยมีสุขภาพหัวใจดีขึ้น การหมุนเวียนของเลือดดีขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะ สาร OPC ในน้ำมันเมล็ดองุ่นได้รับการทดสอบแล้วว่ามีคุณสมบัติป้องกันโรคหัวใจ ช่วยให้หลอดเลือดหัวใจแข็งแรงขึ้นด้วยเส้นเลือดเปราะเส้นเลือดแตกและหลอดเลือดอุดตัน และหลอดเลือดฝอยของผู้ป่วยเบาหวานแข็งแรงและยืดหยุ่นขึ้น ชะลออาการจอตาเสื่อม สามารถดูดซึมเข้าสู่อวัยวะต่างๆได้อย่างรวดเร็วกำจัดอนุมูลอิสระในร่างกายได้อย่างต่อเนื่อง และยังช่วยเสริมสร้างโปรตีนคอลลาเจนจึงมีส่วนช่วยป้องกันริ้วรอยที่จะเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดีอีกด้วย น้ำมันเมล็ดองุ่นมีจุดเกิดควันอยู่ที่ประมาณ 320˚F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(160°C) ที่สามารถใช้อย่างปลอดภัยได้ในการทำอาหารในฐานะที่เป็นอาหารไขมันต่ำและสามารถนำมาใช้ในการเป็นน้ำสลัด มาการีน การนำไปทอด อบสลัด และการผัดด้วยไฟอ่อนๆ และยังเหมาะสำหรับการทำฟองดูเนื้อ แต่มีข้อเสียคือ เก็บไว้ได้ไม่นาน มีอายุการเก็บเพียงแค่ 3 – 6 เดือนเท่านั้น น้ำมันเมล็ดองุ่นยังสามารถเป็นน้ำมันที่ใช้ในการนวด โดยช่วยให้ผิวหนังสามารถคงไว้ (โครงสร้างปกติของเอพิเทเลียม และเซลล์ประสาททั่วไป) และถูกใช้ในการเป็นโลชั่นเพื่อป้องกันจากการที่ผิวถูกทำลายจากแสงแดด ผลิตภัณฑ์สำหรับเส้นผม ครีมทาร่างกาย ลิปบาล์ม และครีมทามือ (Joshi et al., 2001)

2.3 การสกัดน้ำมัน

2.3.1 วิธีการสกัดน้ำมัน

ปัจจุบันกรรมวิธีในการสกัดน้ำมันจากพืชที่ใช้กันในทางอุตสาหกรรม มี 2 วิธี คือ วิธีการบีบโดยใช้วิธีทางกลและวิธีการใช้สารทำละลาย (อาชัย พิทยภาคย์ และคณะ. 2544)

2.3.1.1 วิธีการสกัดโดยการบีบอัดเชิงกล (mechanical extraction) เป็นการบีบโดยใช้ความร้อน ซึ่งเป็นการอัดแบบวิธีธรรมชาติ ใช้กับพืชน้ำมันที่มีปริมาณสูง เครื่องมือที่นิยมใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบ hydraulic pressure extractors หรือใช้แบบ screw type expeller เป็นการอัดโดยใช้หลักการเปลี่ยนปริมาตรของวัตถุดิบที่เคลื่อนที่ไปตามร่องเกลียว

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการสกัดน้ำมันพืชโดยการบีบอัด (อาชัย พิทยภาคย์ และคณะ. 2544)

ข้อดี	ข้อเสีย
1.ต้นทุนการสกัดต่ำ	1.ปริมาณน้ำมันที่ติดในกากอาจมีถึง 10 – 15%
2.ไม่มีกรรมวิธีการผลิตที่ยุ่งยาก ซับซ้อน	2.ปริมาณน้ำมันที่ได้น้อย สกัดน้ำมันได้ไม่หมด
3.สามารถทำเป็นอุตสาหกรรมภายในครอบครัวได้	3.ไม่สามารถสกัดสิ่งเจือปนภายในวัตถุดิบได้หมด
4.ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้สามารถนำไปจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์ได้	4.ไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำมันได้แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 วิธีการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (solvent extraction) การสกัดน้ำมันพืชโดยใช้สารละลายนี้เป็นกรรมวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันและจะให้ ผลผลิตสูงกว่าวิธีสกัดด้วยแรงบีบอัด ในกรณีของน้ำมันพืชจะให้ผล 99.0 – 99.5% เมื่อสกัดด้วยตัว ทำละลาย แต่กรณีที่ใช้วิธีสกัดด้วยแรงบีบอัดจะให้ผลประมาณ 95% หรือน้อยกว่า ตัวทำละลาย ที่นิยมใช้มาก เช่น ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) กับอีเทอร์ (ether) นอกจากนี้ยังใช้อะซิโตน (acetone) เอ็น-เฮกเซน (n - hexane) ซึ่งมีจุดเดือดอยู่ระหว่าง 66 – 69 ° C การสกัดด้วยตัวทำละลายอาศัยหลักการที่ว่าน้ำมัน และไขมันสามารถละลายได้โดยตัวทำละลาย การสกัดวิธีนี้ใช้ตัวทำละลายพ่นใส่วัตถุดิบที่ถูกทำให้แบน หรือขนาดเซลล์ที่เล็กลงแล้ว จากนั้นจึงระเหยตัวทำละลายออกได้น้ำมันพืชดิบซึ่งต้องไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ต่อไป

ข้อดีในการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายคือ สามารถสกัดน้ำมันออกได้เกือบทั้งหมด เหลือน้ำมันติดกากเพียงประมาณ 0.5% โรงสกัดน้ำมันพืชขนาดใหญ่นิยมใช้วิธีการนี้เพราะได้ผลผลิตมาก และเครื่องมือ เครื่องจักรสามารถใช้ได้กับวัตถุดิบหลากหลายชนิด แม้ว่าจะต้องลงทุนด้านเครื่องจักรและครุภัณฑ์ในราคาสูง และต้องเสียค่าจ้างผู้ปฏิบัติงานที่มีความชำนาญการให้เหมาะสมกับเทคนิคชั้นสูงในการผลิต ก็ยังนับว่าคุ้มค่า เพราะให้ผลตอบแทนสูงเช่นกัน (อาชัย พิทยภาคย์ และคณะ. 2544)

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดไขมันและน้ำมัน

2.3.2.1 ปริมาณของตัวทำละลาย ถ้าใช้ปริมาณตัวทำละลายในการสกัดมากจะทำให้สกัดน้ำมันออกมาได้มากและมีน้ำมันเหลืออยู่ในกากน้อย แต่ถ้าใช้ตัวทำละลายมากก็ต้องใช้เวลานานในการระเหยเอาตัวทำละลายออก ทำให้สูญเสียตัวทำละลายที่ระเหยออกไปมากขึ้นด้วย ดังนั้นตัวทำละลายที่ใช้ควรมีปริมาณที่เหมาะสม โดยปกติการสกัดน้ำมันจากเมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดนุ่น และเมล็ดฝ้าย จะใช้ตัวทำละลายต่อน้ำหนักของเมล็ดพืชที่สกัดในอัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง

2.3.2.2 ชนิดของตัวทำละลาย ตัวทำละลายหลายชนิดใช้สกัดน้ำมันได้ และตัวทำละลายแต่ละชนิดจะมีสมบัติเฉพาะแตกต่างกันออกไป ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของเมล็ดพืช และไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุด คือ เฮกเซน

2.3.2.3 อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด การสกัดด้วยตัวทำละลายต้องใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 60 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยทำให้น้ำมันละลายออกมาจากเมล็ดพืชได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.4 ความหนาของแผ่นเมล็ดพืชอัด เมล็ดพืชก่อนนำมาสกัด จะถูกบดให้แตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ และอัดเป็นแผ่น แล้วปล่อยให้ตัวทำละลายไหลซึมเข้าไปสัมผัสกับแผ่นเมล็ดพืชอัด ถ้าเมล็ดพืชถูกบดให้ละเอียดเกินไปจะอัดกันแน่น ตัวทำละลายจะซึมผ่านเข้าไปได้ยาก ความหนาของแผ่นเมล็ดถั่วเหลืองที่เหมาะสมประมาณ 0.014 นิ้ว

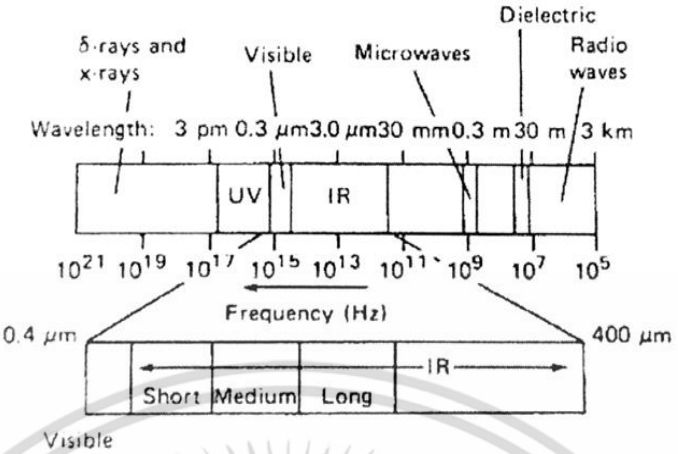
2.3.2.5 ความชื้นของเมล็ดพืช เมล็ดพืชที่นำมาสกัดควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และตัวทำละลายจะต้องไม่มีน้ำหรือความชื้นปนอยู่ เพราะจะทำให้สกัดน้ำมันออกได้ยาก

2.3.2.6 เวลาที่ใช้ในการสกัด การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย ต้องใช้เวลานานพอสมควรเพื่อให้ตัวทำละลายสามารถสกัดเอาน้ำมันออกมาให้ได้มากที่สุด โดยทั่ว ๆ ไปจะใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548)

2.4 ไมโครเวฟ

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความถี่ระหว่าง 300 เมกกะเฮิร์ตซ์ ถึง 300 จิกะเฮิร์ตซ์ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ไมโครเวฟไม่ใช่ความร้อน แต่อยู่ในรูปของพลังงานและถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อนโดยการสั่นสะเทือนของอนุภาคที่มีประจุและหรือการหมุนตัวโมเลกุลที่มีขั้ว ทำให้ชนกับอนุภาคหรือโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากที่วัตถุได้รับคลื่นและมีการดูดซับพลังงานดังกล่าว เป็นผลทำให้เกิดความร้อนขึ้น (Fellows. 2000) และมีความแตกต่างจากการให้ความร้อนแบบโอมมิคที่ความร้อนแบบโอมมิคนั้น เกิดจากความต้านทานกระแสไฟฟ้า (electrical resistance) ของอาหารและเปลี่ยนเป็นความร้อนโดยตรง และข้อดีอีกประการหนึ่งคือ ไมโครเวฟไม่ใช้ปั๊มในการลำเลียงอาหารที่อยู่ในท่อให้ผ่านกระบวนการดังกล่าวจึงไม่เป็นการทำลายคุณลักษณะหรือโครงสร้างของอาหาร (โดยเฉพาะในการบรรจุแบบปลอดเชื้อ) และแตกต่างจากกระบวนการให้ความร้อนแบบดั้งเดิมคือเวลาที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดที่กำหนดในการฆ่าเชื้อน้อยกกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : Fellows (2000)

เทคโนโลยีไมโครเวฟเป็นเทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้กับงานด้านต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย เช่น งานด้านการสื่อสารคมนาคม ด้านอุตสาหกรรม และในครัวเรือน โดยในแต่ละด้านมีการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป เช่น การสื่อสารคมนาคมจะใช้งานในส่วนของการส่งสัญญาณคลื่นไมโครเวฟไปยังเครื่องรับในระบบต่าง ๆ ที่ความถี่ต่างกัน เช่น สัญญาณวิทยุ สัญญาณโทรทัศน์ สัญญาณโทรศัพท์ เป็นต้น ในด้านอุตสาหกรรมใช้ในระบบการผลิต จะใช้คลื่นไมโครเวฟในการผลิตความร้อนสำหรับกระบวนการผลิตต่าง ๆ เช่น การอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร การอบแห้งเซรามิก การอบแห้งกระดาษ การอบแห้งพลาสติก ฯลฯ เป็นต้น เช่นเดียวกันกับงานในครัวเรือน คือ การผลิตความร้อน ใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบอาหารเหมือนเตาแก๊สและเตาไฟฟ้าอย่างไรก็ดีการนำเตาอบไมโครเวฟมาใช้ในการผลิตเป็นความร้อนสำหรับงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยยังไม่แพร่หลาย เนื่องจากราคาของเตาอบไมโครเวฟอุตสาหกรรม ซึ่งใช้แมกนีตรอน (magnetron) หรือแหล่งกำเนิดคลื่นที่มีกำลังวัตต์สูงและทนความร้อนสูงเพื่อจะสามารถทำงานได้ต่อเนื่องมีราคาสูงอยู่ในช่วง 50,000 - 100,000 บาทต่อกิโลวัตต์ และไม่มีจำหน่ายในประเทศไทยซึ่งแตกต่างกับเตาอบไมโครเวฟขนาดเล็กที่ใช้ในครัวเรือนที่ใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศไทย และยกระดับการผลิตเป็น mass production ทำให้ราคาต่ำมากอยู่ในช่วง 1,500 - 2,500 บาทต่อกิโลวัตต์ ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าแมกนีตรอนที่ใช้กับเตาอบไมโครเวฟแบบครัวเรือนสามารถนำมาพัฒนาให้ใช้ได้อย่างต่อเนื่องในงานอุตสาหกรรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 หลักการเกิดความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟของวัสดุ

จากการศึกษาหลักการเกิดความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟของวัสดุในที่นี้จะอ้างถึง“*พื้นฐานการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ*” ของผดุงศักดิ์ รัตนเดโช (2551) ที่อธิบายถึงกลไกลการเกิดความร้อน (Heating mechanism) ไว้ว่าในกระบวนการทำความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟนั้นจะต้องอาศัยกลไกลการเปลี่ยนแปลงพลังงาน 2 กลไกล คือ การเหนี่ยวนำเชิงไอออนและกลไกการหมุนทั้งสองขั้ว โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1.1 กลไกชนิดการเหนี่ยวนำเชิงไอออน (ionic conduction) กลไกนี้เริ่มขึ้นเมื่อประจุไอออนซึ่งเกิดการแตกตัวในสารละลายถูกเร่งด้วยแรงของสนามไฟฟ้าที่กระทำ ตัวอย่างเช่น สารละลายเกลือในน้ำ ซึ่งในสารละลายจะประกอบไปด้วยไอออนของโซเดียม (Na^+) คลอไรด์ (Cl^-) ไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+, H^+) และไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) ซึ่งเคลื่อนที่โดยสนามไฟฟ้าในทิศทางตรงข้ามกับประจุที่มีอยู่แต่ละไอออน จากการเคลื่อนที่ดังกล่าวทำให้ไอออนชนกับโมเลกุลของน้ำที่ยังไม่เกิดการแตกตัวเป็นไอออนอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้พลังงานจลน์เพิ่มขึ้นเป็นเหตุให้ไอออนเกิดความเร่งและส่งผลเป็นลูกโซ่ต่อการชนของโมเลกุลอื่นคล้ายกับการชนของลูกบิลเลียด เมื่อค่าประจุเปลี่ยนแปลงไอออนจึงมีความเร่งเพิ่มขึ้นในทิศทางตรงกันข้าม โดยเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดด้วยอัตราความถี่สูงนับล้านครั้งต่อวินาที ทำให้มีการชนและถ่ายเทพลังงานเกิดขึ้นในระดับโมเลกุลอย่างมหาศาล ดังนั้นจึงมีขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน 2 ขั้นตอน คือ พลังงานของสนามไฟฟ้าถูกเปลี่ยนแปลงไปตามพลังงานจลน์ โดยการเหนี่ยวนำแบบบังคับทิศทาง (ordered kinetic energy) ซึ่งถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นพลังงานจลน์ โดยการเหนี่ยวนำแบบไร้ทิศทาง (disordered kinetic energy) ณ จุดซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานความร้อนและพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นด้วยกลไกนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิหรือความถี่

2.4.1.2 กลไกการชนิดการหมุนของทั้งสองขั้ว (dipolar rotation) สำหรับโมเลกุลหลาย ๆ ชนิด เช่น โมเลกุลน้ำซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสองขั้ว (dipole) โดยธรรมชาติ หมายถึง โมเลกุลมีสมบัติของการกระจายความจุที่ไม่สมมาตร เมื่อเทียบกับจุดศูนย์กลางส่วนโมเลกุลของสสารชนิดอื่นจะเกิดความไม่สมมาตรได้หากเกิดการเหนี่ยวนำโดยสนามไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป ทั้งนี้เพราะสนามไฟฟ้าทำให้เกิดหน่วยแรงเค้นภายในโมเลกุล โดยขั้วทั้งสองได้รับอิทธิจากกลไกดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงขั้วอย่างรวดเร็วตามสนามไฟฟ้าที่มากระทำ ตัวอย่างเช่น คลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 2450 MHz สามารถทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของขั้วประจุถึง 4900 ล้านครั้งต่อหนึ่งรอบคลื่น แม้ว่าในตอนที่เริ่มประจุในโมเลกุลจะมีการกระจายตัวอย่างไม่เป็นระเบียบหรืออย่างสุ่มก็จะได้รับผลให้มีการจัดเรียงประจุตามทิศทางหรือขั้วของสนามไฟฟ้าที่มากระทำ อย่างไรก็ตามเมื่อสนามไฟฟ้าที่มากระทำมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์ทำให้ขั้วที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามไฟฟ้าดังกล่าวเปลี่ยนกลับมามีการกระจายตัวอย่างไม่เป็นระเบียบเช่นเดิม คือ การคลายสนาม (pelaxes) เช่นกัน เมื่อสนามไฟฟ้ามากระทำในทิศทางตรงกันข้ามดังนั้นการสร้างหรือการจัดเรียง (alignment) และการคลายสนามที่ความถี่หนึ่งจะเกิดขึ้นนับล้านครั้งในหนึ่งวินาที เป็นการแปลงพลังงานสนามไฟฟ้าเป็นศักย์เก็บไว้ในวัสดุแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์หรือพลังงานความร้อนนั้นเอง นอกจากนั้นขนาดของโมเลกุลที่ขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิในขณะที่มีการสร้างหรือการจัดเรียงและการคลายสนามไฟฟ้านั้นจะถูกนิยามเป็นความถี่ของการคลายสนามโดยโมเลกุลที่มีขนาดเล็ก เช่น น้ำและโมโนเมอร์จะมีค่าความถี่ของการคลายสนามมากกว่าความถี่ของคลื่นไมโครเวฟและมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุให้การเปลี่ยนพลังงานไปเป็นความร้อนได้ช้าลง ในทางตรงกันข้ามกับโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ เช่น โพลิเมอร์จะมีค่าความถี่ของการคลายสนามน้อยกว่าความถี่ของคลื่นไมโครเวฟมีผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นได้ในบางสภาวะซึ่งนั้นก็คือมีการแปลงพลังงานไปเป็นความร้อนได้สูงและนำไปสู่การเกิดปรากฏการณ์เทอร์มอลรันอะเวย์ (thermal runaway) ในวัสดุได้ง่าย มีข้อสนับสนุนถึงความจริงอย่างหนึ่งที่ว่าของเหลว เช่น น้ำและโมโนเมอร์จะเป็นตัวดูดซับพลังงานไมโครเวฟได้ดีกว่าโพลิเมอร์ เหตุนี้จึงสามารถนำไมโครเวฟไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการอบแห้งที่มีองค์ประกอบเป็นของเหลวและโมโนเมอร์ได้

2.4.2 อันตรกิริยาระหว่างคลื่นไมโครเวฟกับวัสดุ

จากการศึกษาอันตรกิริยาระหว่างคลื่นไมโครเวฟกับวัสดุ ในที่นี้จะอ้างถึง “*พื้นฐานการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ*” ของผดุงศักดิ์ รัตนเดโช (2551) ซึ่งได้แบ่งประเภทของวัสดุที่มีอันตรกิริยากับคลื่นไมโครเวฟเป็น 4 ชนิด คือ

2.4.2.1 วัสดุตัวนำไฟฟ้า (conductors) วัสดุที่มีอิเล็กตรอนอิสระ (free electrons) เช่น โลหะที่สามารถสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคล้ายกับแสงซึ่งสะท้อนเมื่อกระทบกับกระจก ปกติวัสดุเหล่านี้ถูกใช้ออกแบบเป็นบริเวณกักเก็บคลื่นเพื่อควบคุมทิศทางการแพร่กระจายของคลื่น เป็นผนังท่อนำคลื่นและคาวิตี้หรือแอพพลิเคเตอร์

2.4.2.2 วัสดุฉนวนไฟฟ้า (insulators) วัสดุประเภทไม่มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้า เช่น เซรามิกและอากาศ โดยฉนวนนี้จะสามารถสะท้อนและดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ไปจนถึงส่งผ่านคลื่นได้ โดยปกติจะถูกใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มหรือบรรจุวัสดุที่ต้องการทำความร้อนด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ฐานรองรับจาน และวัสดุอื่น

2.4.2.3 วัสดุไดอิเล็กตริก (dielectric) วัสดุที่สามารถดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแปลงเป็นพลังงานความร้อนได้ เช่น น้ำ น้ำมัน ไม้ และอาหารที่มีความชื้น เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.4 วัสดุที่มีองค์ประกอบของแม่เหล็ก (magnetic compounds) วัสดุประเภทนี้ เช่น แร่เหล็ก จะมีอันตรกิริยากับองค์ประกอบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กล่าวคือ สนามแม่เหล็กแปลงสภาพจนเกิดเป็นความร้อนอย่างรวดเร็ว

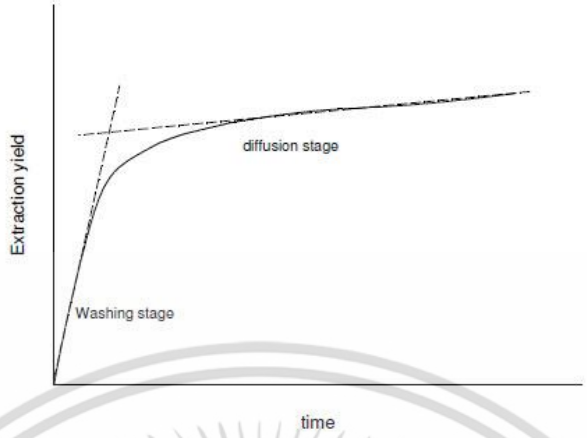
2.4.3 เทคนิคการสกัดด้วยไมโครเวฟ

ในช่วง 5 -10 ปีที่ผ่านมาความสนใจในการสกัดด้วยไมโครเวฟ (MAE) ได้เพิ่มขึ้น เพราะมีข้อดี คือ ลดเวลาการสกัด, ปริมาณตัวทำละลาย, อัตราการสกัดสูงกว่าและสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าเทคนิคการสกัดแบบดั้งเดิม (Hao และคณะ. 2002 ; Yan และคณะ. 2010 ; Yemis และคณะ. 2012) หลักการของวิธีนี้คือ การใช้คลื่นไมโครเวฟซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าร่วมกับตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัดสารสำคัญ เมื่อวัตถุดิบวางตัวอยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแล้วนั้น ด้วยสมบัติความเป็นขั้วของโมเลกุลภายในวัตถุดิบเองที่ต้านการเคลื่อนที่ ทำให้เกิดความร้อนขึ้น ซึ่งมีผลต่อเนื้อเยื่อของวัตถุและมีผลต่อการละลายของสารที่ต้องการและด้วยสมบัติของตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ทำให้มีพฤติกรรมที่แตกต่างกันไปเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น การดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การสะท้อน การส่งผ่านคลื่นเหล็กไฟฟ้า เป็นต้น ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัด ได้แก่ อุณหภูมิ กำลังของคลื่นไมโครเวฟ คุณสมบัติวัตถุดิบ องค์ประกอบที่เป็นความชื้น ความคงตัวของวัตถุดิบ สมบัติของตัวทำละลาย และสมบัติสารที่ต้องการสกัด (ดวงกมล เรือนงาม. 2557)

2.5 จลนพลศาสตร์การสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ

การสกัดด้วยไมโครเวฟประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสกัดอย่างรวดเร็ว (washing step) ขั้นตอนการสกัดอย่างช้า (diffusion step) อธิบายเป็นเส้นโค้งดังแสดงในภาพที่ 2.2 (Franco และคณะ. 2007 ; Perez และคณะ. 2011) กระบวนการสกัดเริ่มขึ้นเมื่อโมเลกุลของตัวทำละลายแทรกซึมเข้าไปภายในเนื้อเยื่อของพืช ทำให้ตัวทำละลายชะสารสำคัญออกมาจากพืช ซึ่งในช่วงแรกของกระบวนการสกัดจะเป็นขั้นตอนการสกัดอย่างรวดเร็ว (washing step) สารสกัดจะถูกชะออกมาจากภายในพืชอย่างรวดเร็วด้วยตัวทำละลาย ส่วนในขั้นตอนการสกัดอย่างช้า (diffusion step) เป็นขั้นตอนที่สารสำคัญที่เหลืออยู่ภายในพืชแพร่ออกมากับตัวทำละลายหลังกระบวนการ washing (Crossley และ Aguilera. 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 กราฟการสกัดสารสำคัญจากพืชด้วยตัวทำละลาย

ที่มา : Franco และคณะ (2007)

2.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Patricelli และคณะ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli และคณะ (1979) อ้างโดย Meziane และคณะ (2006) นี้สามารถนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์จลนพลศาสตร์กระบวนการสกัดสารสำคัญจากพืชได้ โดยจากแบบจำลองนี้ได้อธิบายการสกัดด้วย 2 กลไกที่เกิดขึ้นคือ กระบวนการ washing และกระบวนการ diffusion

กระบวนการ washing (w) คือ กระบวนการที่สารสกัดที่อยู่ภายในและผิวหน้าของพืชถูกชะออกมาอย่างรวดเร็วด้วยตัวทำละลาย

กระบวนการ diffusion (d) คือ กระบวนการที่สารสกัดที่เหลืออยู่ภายในตัวอย่างแพร่ออกมาสู่ตัวทำละลาย

สำหรับการนำไปใช้คำนวณ yield ที่เวลาใดๆ (C_t) นั้นสามารถคำนวณได้ดังสมการนี้ :

$$C_t = C_w(1 - \exp(-k_w * t)) + C_d(1 - \exp(-k_d * t))$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ C_t คือ yield ที่เวลาใดๆ

C_w คือ yield at equilibrium ของกระบวนการการ washing

C_d คือ yield at equilibrium ของกระบวนการ diffusion

k_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลที่กระบวนการ washing

k_d คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลที่กระบวนการ diffusion

t คือ เวลา

2.7 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Akhter และคณะ (2006) ได้รายงานสำหรับการเก็บเกี่ยวเมล็ดองุ่นพันธุ์ Perlette, Anib-e-Shah, Madess Field, Black Hobbage, South Columbia และ Autumn และนำมาสกัดหาองค์ประกอบของปริมาณน้ำมันและพบว่ามีองค์ประกอบของน้ำมันอยู่ที่ 13.0%, 6.6%, 8.8%, 4.3%, 9.6% และ11.7% ตามลำดับ

Armani และคณะ (2010) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันมะกอกโดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยไมโครเวฟ (Microwave-assisted solvent extraction, MASE) เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม (conventional solvent extraction, CSE) โดยได้ศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟที่ใช้ในการสกัด (180, 360, 540 และ 720 วัตต์) กับระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด (0-3 นาที) ที่มีผลต่อปริมาณผลผลิต (yield) ของน้ำมันมะกอกที่สกัดได้ โดยใช้อัตราส่วนตัวทำละลายต่อของแข็ง 3:1 และได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (25, 35 และ 45°C) กับระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด (0-60 นาที) ที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของน้ำมันมะกอกในการสกัดแบบวิธีดั้งเดิม โดยสกัดแบบใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิ (thermostated bath) และได้ทำการศึกษาความเหมาะสมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Patricelli ที่ใช้ในการวิเคราะห์จลนพลศาสตร์การสกัดน้ำมันจากมะกอก เพื่อนำไปใช้อธิบายกระบวนการสกัดน้ำมันมะกอกด้วยวิธีไมโครเวฟเปรียบเทียบกับการสกัดด้วยวิธีแบบดั้งเดิม จากการศึกษาพบว่ากำลังไฟฟ้า, อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ โดยปริมาณผลผลิตน้ำมันเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้า, อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด ส่วนผลของการเปรียบเทียบในแต่ละวิธีการสกัดพบว่า การสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟให้ปริมาณผลผลิตของน้ำมันได้ดีกว่าการสกัดแบบวิธีดั้งเดิมโดยใช้เวลาการสกัดสั้นๆ ซึ่งการสกัดที่ 1 นาทีได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเพียง 3.71% สำหรับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกัดที่อุณหภูมิ 25°C และ 4.37% ที่อุณหภูมิ 45°C ในวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม แต่ในวิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟที่เวลา 1นาทีเท่ากันนั้น ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันถึง 4.58% สำหรับการสกัดที่ใช้กำลังไฟฟ้า 360 วัตต์ และ 4.95% ที่ 720 วัตต์ ส่วนการศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli เพื่อวิเคราะห์การสกัดน้ำมันมะกอก พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) สูงในทุกๆกรณี ($R^2 \geq 0.992$) แสดงว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์กระบวนการสกัดน้ำมันมะกอก และในการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟนี้ยังลดความสิ้นเปลืองพลังงานอีกด้วย โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกตัวอย่างปัจจัยการสกัดที่ได้ ปริมาณผลผลิตของน้ำมันดีที่สุดของการสกัดทั้ง 2 วิธี (ที่กำลังไฟฟ้า 720 วัตต์ สำหรับวิธีไมโครเวฟ และที่อุณหภูมิ 45°C สำหรับวิธีดั้งเดิม) แล้วนำมาคำนวณพบว่าวิธีไมโครเวฟนั้นใช้เวลาสกัดประมาณ2นาที ได้ ปริมาณผลผลิตน้ำมันถึง 5.18% และใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 0.05 kwh ส่วนวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมใช้เวลาสกัดนานถึง11นาทีถึงจะได้ระดับปริมาณผลผลิตน้ำมันที่เท่ากัน คิดค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.214 kwh ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟนั้นเป็นอีกทางเลือกที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดด้วยวิธีแบบดั้งเดิม เพราะได้ปริมาณผลผลิตของน้ำมันสูงภายในเวลาการสกัดสั้นๆ และใช้ตัวทำละลายในการสกัดน้อยกว่าและสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่า

Jun และคณะ (2014) ได้ศึกษาจลนพลศาสตร์การสกัดสารโพลีฟีนอลจากชาเขียวด้วยวิธีใช้ความดันร่วมกับตัวทำละลายในการสกัด (pressure-assisted solvent extraction, PSE) ที่ระดับความดัน 300, 400 และ 500 MPa เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม (conventional solvent extraction, CSE) โดยนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli มาใช้วิเคราะห์จลนพลศาสตร์การสกัดในงานวิจัยนี้ ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli สามารถนำมาใช้ในการทำนายได้ โดยมีค่าปริมาณผลผลิตสารสกัดโพลีฟีนอลที่ได้จากการทดลองสอดคล้องกับค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) สูงในทุกๆเงื่อนไข ($R^2 \geq 0.996$) ประสิทธิภาพการสกัดที่กระบวนการ washing ในการสกัดโดยใช้ความดันมีมากกว่าการใช้วิธีดั้งเดิมในการสกัด สำหรับการประเมินอัตราการสกัดในการสกัดโดยใช้ความดันมีอัตราการสกัดมากกว่าการใช้วิธีแบบดั้งเดิมสกัด และอัตราการสกัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามการใช้ระดับความดันที่เพิ่มขึ้น

Meziane และคณะ (2006) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันมะกอก โดยศึกษาผลของตัวทำละลายและขนาดของตัวอย่างที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณผลผลิตของน้ำมันที่ได้ และใช้แบบจำลองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณิตศาสตร์ของ Patricelli และคณะ (1979) วิเคราะห์จลนพลศาสตร์ของการสกัดน้ำมันมะกอก โดยตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดได้แก่ เฮกเซนและเอธิลแอลกอฮอล์ 96% ขนาดของตัวอย่างที่ใช้ในการสกัดมีขนาด 1.69, 1.03 และ 0.69 มิลลิเมตร สกัดโดยใช้เครื่อง Soxhlet อัตราส่วนตัวทำละลายต่อของแข็ง 4:1 สกัดที่ 25°C นาน150 ชั่วโมง (สำหรับการศึกษา yield at equilibrium) และสกัดนาน 0 – 60 นาที (สำหรับการศึกษาจลนพลศาสตร์) จากผลการศึกษา yield at equilibrium พบว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันที่ใช้เฮกเซนในการสกัดมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเอธิลแอลกอฮอล์ 96% ประมาณ 10.3% ส่วนผลของการการศึกษาจลนพลศาสตร์กระบวนการสกัดน้ำมันพบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli และคณะ นั้นมีความเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้วิเคราะห์กระบวนการสกัดน้ำมันนี้ได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) ระหว่าง $0.987 \leq R^2 \leq 1.000$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลของกระบวนการ washing (k_w) มากกว่า 33 – 126 เท่าของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลในกระบวนการ diffusion (k_d) แสดงว่าประสิทธิภาพการสกัดในช่วงกระบวนการ washing ดีกว่า diffusion และปริมาณผลผลิตของน้ำมันเพิ่มขึ้นตามขนาดของตัวอย่างที่เล็กลง (1.69 – 0.69 มิลลิเมตร) โดยปริมาณผลผลิตน้ำมันเพิ่มขึ้น 42 – 80% สำหรับการใช้เฮกเซนในการสกัด ส่วนการใช้เอธิลแอลกอฮอล์ปริมาณผลผลิตน้ำมันเพิ่มขึ้นเพียง 25 – 51%

Neeraj และคณะ (2014) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ 2 วิธี คือ microwave-assisted hydrodistillation (MAHD) และวิธี Solvent free microwave extraction (SFME) โดยศึกษาผลของกำลังไฟฟ้า, เวลาและขนาดของตัวอย่างที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณผลผลิตของน้ำมันที่สกัดได้ โดยใช้กำลังไฟฟ้าไมโครเวฟ 3 ระดับคือ 288, 464 และ 640 วัตต์ สำหรับวิธี MAHD ใช้เวลาในการสกัดนาน 120 นาทีและในวิธี SFME ใช้เวลาในการสกัด 20 นาที ขนาดของตัวอย่างตะไคร้ที่ใช้ในการสกัดมีขนาด 1, 2 และ 3 เซนติเมตร จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณผลผลิตน้ำมันเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าละระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดและปริมาณผลผลิตน้ำมันลดลงตามขนาดของตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น สำหรับวิธี MAHD ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 464 และ 640 วัตต์ นั้นใช้เวลาในการสกัดนาน 90 นาทีจึงจะสกัดได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันออกมาจนหมด สำหรับในการสกัดทั้ง 2 วิธีนี้ได้ปริมาณผลผลิตของนำมันใกล้เคียงกัน ในวิธี MAHD ได้ปริมาณน้ำมัน 1.72% (w/w) และได้ 1.61% (w/w) ในวิธี SFME แต่ในวิธี MAHD ใช้เวลาในการสกัดยาวนานซึ่งวิธี SFME ใช้เวลาในการสกัด 20 นาทีเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Owon (1999) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดองุ่นและพบว่าเมล็ดองุ่น (*V. vinifera*) นั้นมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 12.69%

Rababah และคณะ (2008) ได้ศึกษาส่วนประกอบที่เป็นน้ำมันของเมล็ดองุ่น และพบว่าเมล็ดองุ่นดำแบบ Baladi และ Asbaniนั้นมีค่าส่วนประกอบที่เป็นน้ำมันสูงที่สุดที่14.52 และ 14.22 g / เมล็ด100 g , ตามลำดับ ตามมาด้วยการเก็บเกี่ยวเมล็ดองุ่นเขียวแบบBaladi (13.28 g /100 g seed), เมล็ดองุ่นเขียวแบบ Ajloni (12.24 g/100 g seed), และเมล็ดองุ่นเขียวแบบ Khudari (10.92 g/100 g seed), ตามลำดับ

Tangolar และคณะ (2009) ได้ศึกษาส่วนประกอบที่เป็นน้ำมันจากเมล็ดองุ่นเก้าชนิด (Alphonse Lavallée, Muscat of Hamburg, Alicante Bouschet, Razakı, Narince, Öküzgözü, และHoroz karası, Salt creek และ Cosmo 2) ส่วนประกอบที่เป็นน้ำมันนั้นพบว่ามีความแตกต่างกัน จะมีระดับจาก 10.45% ถึง 16.73%

Zhang และคณะ (2008) ได้อธิบายว่า การใช้ไมโครเวฟร่วมกับตัวทำละลายในการสกัดน้ำมัน (Microwave-assisted solvent extraction, MASE) ทำให้การสกัดมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยวิธีการนี้จะเป็นการเร่งความร้อนของน้ำที่อยู่ภายในตัวอย่าง ทำให้เซลล์พืชแตกออกอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้น้ำมันที่อยู่ภายในถูกชะออกมากับตัวทำละลายเพิ่มมากขึ้น

ดวงกมล (2553) ศึกษาการลดเวลาในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระชนิดนี้จากสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* โดยใช้คลื่นอัลตร้าซาวน์ร่วมกับไมโครเวฟและตัวทำละลายอินทรีย์ โดยศึกษาปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ คุณสมบัติของตัวทำละลาย เวลา อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อปริมาณสารแอสตาแซนทินที่สกัดได้ พบว่าสารดังกล่าวสามารถสกัดได้ดีด้วยตัวทำละลายอะซิโตน การใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยร่วมกับการใช้ตัวทำละลายอะซิโตนในการสกัดที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดได้ถึง 74 เปอร์เซนต์ โดยใช้เวลาเพียง 5 นาที ด้วยประสิทธิภาพที่เท่ากันแต่เปลี่ยนวิธีการสกัดสาร โดยใช้คลื่นเหนือเสียงเป็นตัวช่วยในการสกัดร่วมกับอะซิโตน พบว่าใช้เวลาในการสกัดนานถึง 45 นาที แต่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่าคือ 45 องศาเซลเซียส

ปาริษา และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาวิธีสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอโดยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดระหว่างตู้อบลมร้อนและเตาไมโครเวฟ พบว่าอัตราการระเหยน้ำเปลือกส้มโอและผงเพคตินด้วยตู้อบลมร้อนเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาที่ใช้และการระเหยน้ำด้วยเตาไมโครเวฟเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าและเวลา แต่ไมโครเวฟสามารถลดเวลาการสกัดทั้ง 2 วิธีได้มากกว่าตู้อบลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วย 60 เปอร์เซ็นต์เอทานอลร่วมกับไมโครเวฟเป็นสภาวะที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดแต่ควรศึกษาการปรับปรุงสี การละลายและคุณภาพการเกิดเจลของเพคติน

สุรศักดิ์ และคณะ (2547) ศึกษาการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระแอนทราควิโนนส์จากรากของต้นยอ (Morinda citrifolia) โดยใช้ไมโครเวฟช่วยในการสกัด โดยศึกษาผลของอุณหภูมิสัดส่วนองค์ประกอบของเอทานอลและชนิดของตัวทำละลายที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การสกัด โดยผลของเปอร์เซ็นต์การสกัดของแอนทราควิโนนส์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาและอุณหภูมิของการสกัดไมโครเวฟเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเปอร์เซ็นต์การสกัดยังขึ้นกับชนิดของตัวทำละลายที่ใช้อีกด้วย และจากตัวทำละลายที่ทำการศึกษาทั้ง 4 ชนิด (อะซิโตน เอทานอล เมธทานอล และอะซิโตไนไตร์) ตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดคือ เมธทานอล เมื่อเปรียบเทียบกับการด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การแช่ยุ่ย การสกัดด้วยซอคเล็ตและคลื่นอัลตร้าซาวน์แล้ว การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟจะใช้เวลาสั้นกว่า นอกจากนี้สมบัติการต่อต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้โดยใช้คลื่นไมโครเวฟยังมีค่าต่ำกว่าการสกัดด้วยซอคเล็ตเพียงเล็กน้อยแต่มีค่าสูงกว่าการสกัดด้วยการแช่ยุ่ยและอัลตร้าซาวน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

เมล็ดองุ่นแดง จากบริษัท สยามไวเนอรี่ จำกัด 9/2 หมู่ที่ 3 ตำบลบางโทรัด อำเภอเมืองจังหวัดสมุทรสาคร

3.2 สารเคมี

Hexane (Commercial grade	Etalmar, Thailand

3.3 เครื่องมือ

1. เครื่องบด (Grinder)	
2. ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer)	
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)	Memmert (UM 400), Germany
4. เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum pump)	Sahaburapa (SP-1A), Thailand
5. เครื่องสกัดไขมัน (Soxtherm)	Gerhardt (S306AK), Germany
6. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง	Denver (SI-324), Germany
7. กระดาษกรองเบอร์ 1	Whatman, England
8. เครื่องสกัดไมโครเวฟ	Samsung ME711K/XST 800W
9. โถสำหรับดูดความชื้น (Desiccator)	
10. ที่คีบ (Flask tong)	
11. ถ้วยอะลูมิเนียม	
12. ถุงซิปล็อค	
13. ลูกแก้วขนาดเล็ก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. ขวดก้นกลม 1000 มิลลิลิตร

15. ขวดรูปชมพู่ 125 มิลลิลิตร (Erlenmeyer flask)

16. บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร

17. กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร

3.4 วิธีการดำเนินงาน

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างเมล็ดองุ่น

1. นำเมล็ดองุ่นพันธุ์แดงจากบริษัทสยาม ไวเนอรี่ จำกัดทั้งหมดมาแยกกากออก

2. นำเมล็ดมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมงเพื่อไล่ความชื้นออก

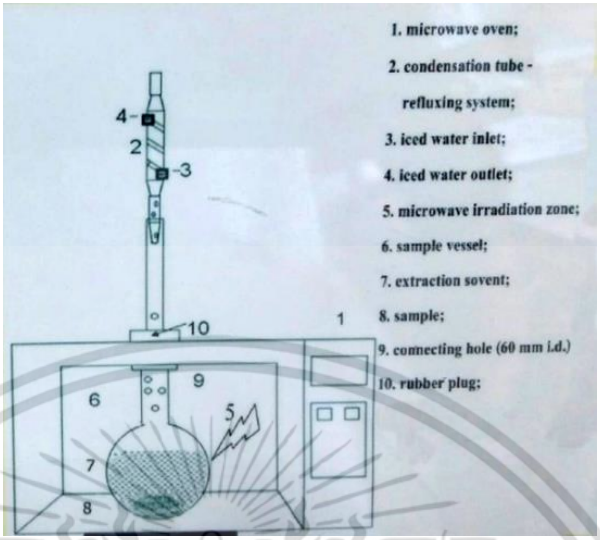
3. นำเมล็ดองุ่นแห้งไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (Grinder) และนำมาร่อนโดยใช้ตะแกรงขนาด 0.67 มิลลิเมตร

4. นำตัวอย่างมาใส่ในถุงซิบล็อค เก็บใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccator) เพื่อรอการใช้งาน

3.4.2 เครื่องสกัดไมโครเวฟ

ใช้เครื่องสกัดไมโครเวฟที่ดัดแปลงมาจากการศึกษาของลำนำพร (2557) เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารต้านออกซิเดชั่นจากกากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟแบบมีอุปกรณ์กวนสาร โดยใช้เครื่องสกัดไมโครเวฟขนาด 20 ลิตร พร้อมเครื่องควบแน่นแบบใช้น้ำหล่อเย็น ประกอบด้วยขวดก้นกลมขนาด 1000 มิลลิลิตร (ภาพที่3.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 โมเดลเครื่องสกัดไมโครเวฟ

ที่มา : ลำนำพร (2557)

ภาพที่ 3.2 เครื่องสกัดไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่น

1. ชั่งตัวอย่างเมล็ดองุ่นบดที่เตรียมไว้จากข้อ 3.4.1 จำนวน 5 กรัม ใส่ลงไปในขวดก้นกลม (Round bottom flask) ขนาด 1000 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลายเฮกเซน 15 มิลลิลิตร (อัตรส่วน 1:3)

2. ใส่ลูกแก้วขนาดเล็กประมาณ 3-4 ลูก นำไปต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ประกอบเข้ากับชุดสกัดไมโครเวฟ

3. สกัดด้วยที่กำลังไฟและระยะเวลาที่กำหนดไว้

4. เมื่อครบกำหนดเวลา นำมากรองแยกเมล็ดองุ่นออกจากสารละลายโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ นำสารละลายที่กรองแล้วเทใส่ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร

5. นำไปอบเพื่อระเหยเฮกเซนที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 2ชั่วโมง หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณผลผลิต (%yield) จากสูตร

$$\text{Yield}(\%) = \frac{\text{ขวดรูปชมพู่พร้อมน้ำมัน} - \text{น้ำหนักขวดรูปชมพู่เปล่า}}{\text{น้ำหนักเมล็ดองุ่นบด}} \times 100 \qquad (1)$$

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial experiment) ในแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อคสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (4×9 Factorial in RCBD) โดยมีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่

1. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น โดยเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด 4 ระดับ ได้แก่ 100, 300, 600 และ 800 วัตต์

2. เวลาในการสกัด โดยเปรียบเทียบเวลาในการสกัด 9 ระดับ ได้แก่ 30 วินาที, 45 วินาที, 1, 2, 3, 4, 5, 7 และ 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมดที่ผ่านการสกัดที่กำลังไฟฟ้าและระยะเวลาที่ระดับที่กล่าวมาข้างต้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.4.4 การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น

1. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองในตอนที่ 3.4.3 คือปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นของทั้งหมดในแต่ละสภาวะมาวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นตามสมการของ Patricelli ซึ่งอ้างโดย Meziane และคณะ (2006) ดังนี้

$$C_t = C_w(1 - \exp(-k_w * t)) + C_d(1 - \exp(-k_d * t))$$

เมื่อ C_t คือ ปริมาณผลผลิตน้ำมันที่เวลาใดๆ

C_w คือ ปริมาณผลผลิตน้ำมันรวมที่จุดสมดุลของกระบวนการการ washing

C_d คือ ปริมาณผลผลิตน้ำมันรวมที่จุดสมดุลของกระบวนการ diffusion

k_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลที่กระบวนการ washing

k_d คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลที่กระบวนการ diffusion

t คือ เวลา (นาที)

หมายเหตุ : ค่า C_w, C_d, k_w และ k_d ในสมการนั้นหาได้จากการนำข้อมูลผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยแบบไม่เชิงเส้น (Non-linear regression analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS ดังแสดงตัวอย่างการคำนวณไว้ในภาคผนวก ค.

จากผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะทำให้ได้สมการ 4 สมการเพื่อไว้ใช้วิเคราะห์กระบวนการสกัดน้ำมันจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้

$C_t = C_w(1 - \exp(-k_w * t)) + C_d(1 - \exp(-k_d * t))$

- 100 วัตต์ — (2)
- 300 วัตต์ — (3)
- 600 วัตต์ — (4)
- 800 วัตต์ — (5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำนวณหาปริมาณผลผลิตน้ำมันรวมที่จุดสมดุลของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นที่แต่ละระดับกำลังไฟฟ้าจากสมการนี้

$$C_e = C_w + C_d \qquad (6)$$

เมื่อ C_e คือ ปริมาณผลผลิตน้ำมันรวมที่จุดสมดุล (yield at equilibrium) ของการสกัดน้ำมัน

3. วิเคราะห์อัตราการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น

ทำการคำนวณหาอัตราการสกัดน้ำมันที่ทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ดังสมการนี้

$$R = \frac{d\rho}{dt} = k_w * C_w \exp(-k_w * t) + k_d * C_d \exp(-k_d * t) \qquad (7)$$

และอัตราการสกัดที่จุดเริ่มต้น(R_0)คำนวณได้ดังนี้

$$R_0 = k_w * C_w + k_d * C_d \qquad (8)$$

3.4.5 การวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ

คำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นที่กำลังไฟฟ้า 4 ระดับ (100, 300, 600 และ 800 วัตต์) ที่สิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด โดยทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในการสกัดที่ได้ yield ในปริมาณที่เท่ากัน โดยเลือกเป้าหมายค่า yield สูงสุดที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli สามารถใช้คำนวณเปรียบเทียบได้ทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้า โดยขั้นตอนการวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานมีดังนี้

1. ทำสมการเพื่อไว้ใช้คำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงาน โดยการนำมิเตอร์ไฟฟ้ามาต่อเข้ากับเครื่องไมโครเวฟสกัด

2. ใส่ตัวอย่างลงในขวดก้นกลมขนาด 1000 ml แล้วนำไปต่อเข้ากับเครื่องสกัดไมโครเวฟ

3. ใช้ระยะเวลาที่ 3, 5, 7 และ 10 นาที ที่ระดับกำลังไฟฟ้าทั้ง 4 ระดับ (100, 300, 600, และ 800 วัตต์) โดยทำการนับจำนวนรอบการหมุนของมิเตอร์ไฟฟ้า แล้วจดบันทึกจำนวนรอบและคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kwh) โดยที่มิเตอร์มีอัตราการหมุน 1200 รอบ/กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยแต่ละสภาวะทำการวัด 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำค่าพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณได้โดยนำค่าเฉลี่ยของค่าพลังงานไฟฟ้าในแต่ละสภาวะมาพลอตกราฟระหว่างค่าพลังงานไฟฟ้า (Q) และเวลา (t) ของที่แต่ละระดับกำลังไฟฟ้าเพื่อสร้างสมการเส้นตรง (linear regression)ไว้ใช้คำนวณหาพลังงานไฟฟ้า

จากผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะได้สมการ 4 สมการจากกราฟไว้ใช้ในการคำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้าของการสกัดน้ำมัน ดังนี้

เมื่อ Q คือ พลังงานไฟฟ้า (kwh)

t คือ ระยะเวลาในการสกัดที่ทำให้ได้ yield เป้าหมายที่เลือกไว้

a, b คือ ค่าคงที่

5. นำสมการที่ 2-5 จากตอนที่ 3.4.4 ของที่แต่ละระดับกำลังไฟฟ้ามาคำนวณหาระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดที่ทำให้ได้ค่า yield เท่ากับค่าที่เลือกไว้ โดยใช้วิธีคำนวณหาค่าเป้าหมาย (Goal seek) ด้วยโปรแกรม Excel

6. เมื่อคำนวณได้ระยะเวลาในการสกัดของทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้า ที่ทำให้สกัดน้ำมันได้ yield เป้าหมายที่เลือกไว้แล้ว นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตามสมการที่ 9-12 และสรุปผลโดยเลือกกำลังไฟฟ้าในการสกัดที่สิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาการนำเมล็ดองุ่นแดงที่เหลือจากกระบวนการผลิตไวน์ (บริษัทสยาม ไวเนอรี่ จำกัด) นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมงแล้วนำมาบดเป็นผงละเอียดขนาดประมาณ 0.67 มิลลิเมตรเพื่อและนำมาใช้ในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ

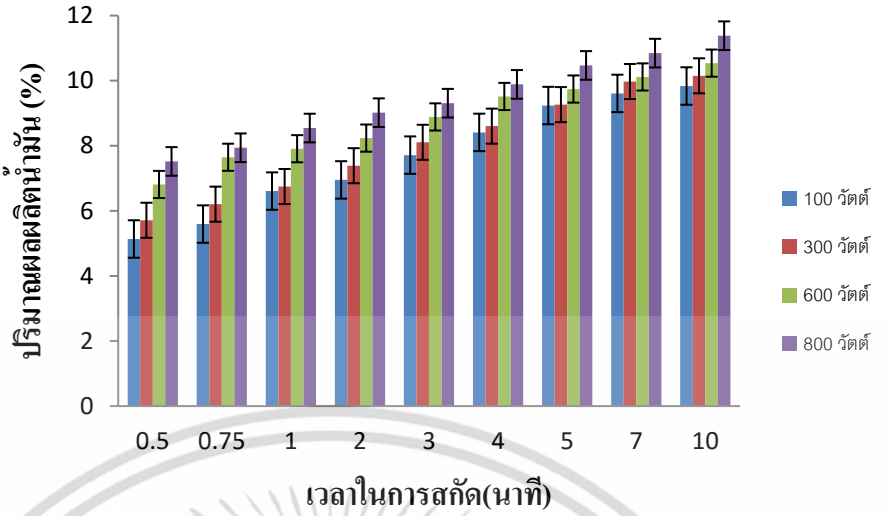
4.1 การเปรียบเทียบผลของกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น

จากการเปรียบเทียบผลของกำลังไฟฟ้า (100, 300, 600 และ 800 วัตต์) และระยะเวลา (30 วินาที – 10 นาที) ที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นพบว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.1) มีค่าอยู่ในช่วง 5.14 – 11.38% สอดคล้องกับ Sabir และคณะ (2012) อ้างโดย Elagamey และคณะ (2013) ที่ได้ทำการสกัดเมล็ดองุ่นพันธุ์ต่างๆ และหาองค์ประกอบของน้ำมันเมล็ดองุ่น ได้รายงานว่าน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดนั้นมีองค์ประกอบน้ำมันเมล็ดองุ่นอยู่ในช่วง 7.3 ถึง 22.4% เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.1ในส่วนของกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจาก 100 วัตต์ เป็น 300 วัตต์ที่ทุกระยะเวลาในการสกัด พบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มระดับกำลังไฟฟ้าไปเป็น 600 วัตต์ พบว่าปริมาณน้ำมันเมล็ดองุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ระยะเวลาที่ 30 วินาที ถึง 5 นาทีแต่เมื่อสกัดถึงที่ระยะเวลาตั้งแต่ 7 นาทีขึ้นไป การเพิ่มขึ้นของปริมาณผลผลิตของน้ำมันนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเพิ่มระดับกำลังไฟฟ้าไปถึง 800 วัตต์ พบว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ที่ทุกระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด แสดงว่ากำลังไฟฟ้ามีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น เนื่องจากกำลังไฟฟ้าและอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กัน การใช้กำลังไฟฟ้าที่สูงขึ้นสามารถทำให้ระบบมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นและเร่งทำลายผนังเซลล์พืชเป็นผลให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเพิ่มมากขึ้น (Chemat และคณะ (2005), Xiao และคณะ (2008)) เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการสกัดของแต่ละระดับกำลังไฟฟ้าพบว่า ที่ระดับกำลังกำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ ผลของระยะเวลาในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกัดตั้งแต่ 30 วินาที ถึง 5 นาทีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.24 ± 0.05 คิดเป็น 71.49% ของปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมด (Total oil content = 12.92% (แสดงการคำนวณไว้ในภาคผนวก ก.)) ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 300 วัตต์ และ 600 วัตต์ ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจนถึงที่ระยะเวลา 7 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.97 ± 0.57 และ 10.12 ± 0.09 คิดเป็น 77.21 และ 78.30% ของปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมดตามลำดับ และที่ระดับกำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ตั้งแต่เวลา 30 วินาที ถึง 10 นาที ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 11.38 ± 0.12 คิดเป็น 88.11% ของปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมด แสดงว่าระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่นสอดคล้องกับรายงานของ Jassie และคณะ (1997) ที่กล่าวว่าเมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดยาวขึ้นปริมาณผลผลิตของสารสกัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเสมอ จากการทดลองในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยต้องการทราบแนวโน้มของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดเพิ่มเติมนอกเหนือจากค่าที่ได้จากผลการทดลอง รวมถึงศึกษาความสิ้นเปลืองพลังงานในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยไมโครเวฟของทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้า ผู้วิจัยจึงนำค่าของผลการทดลองการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมดนี้ไปใช้วิเคราะห์จลนพลศาสตร์กระบวนการสกัดและศึกษาความสิ้นเปลืองพลังงานในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 ผลของกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาในการสกัดที่มีต่อปริมาณผลผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่น

ตารางที่ 4.1 ผลของกำลังไฟฟ้าและระยะเวลาสกัดที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น(%/น้ำหนัก)

เวลาที่ใช้สกัด	ปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่น (%)			
(นาที)	100 วัตต์	300 วัตต์	600 วัตต์	800 วัตต์
0.5	$^{A}5.14 \pm 1.69^{a}$	$^{A}5.71 \pm 0.23^{a}$	$^{B}6.81 \pm 0.41^{a}$	$^{C}7.52 \pm 0.33^{a}$
0.75	$^{A}5.59 \pm 0.25^{a}$	$^{A}6.21 \pm 0.55^{a}$	$^{B}7.65 \pm 0.48^{b}$	$^{B}7.94 \pm 0.27^{ab}$
1	$^{A}6.61 \pm 0.24^{b}$	$^{A}6.75 \pm 0.08^{b}$	$^{B}7.91 \pm 0.09^{b}$	$^{B}8.54 \pm 0.08^{b}$
2	$^{A}6.95 \pm 0.14^{b}$	$^{A}7.39 \pm 0.28^{b}$	$^{B}8.24 \pm 0.22^{bc}$	$^{C}9.02 \pm 0.08^{bc}$
3	$^{A}7.71 \pm 0.10^{c}$	$^{A}8.11 \pm 0.12^{c}$	$^{B}8.89 \pm 0.02^{c}$	$^{B}9.31 \pm 0.11^{c}$
4	$^{A}8.41 \pm 0.08^{c}$	$^{A}8.60 \pm 0.06^{cd}$	$^{B}9.51 \pm 0.08^{cd}$	$^{B}9.89 \pm 0.15^{cd}$
5	$^{A}9.24 \pm 0.05^{d}$	$^{A}9.26 \pm 0.16^{d}$	$^{B}9.74 \pm 0.24^{d}$	$^{B}10.47 \pm 0.37^{d}$
7	$^{A}9.61 \pm 0.32^{d}$	$^{A}9.97 \pm 0.57^{e}$	$^{A}10.12 \pm 0.09^{de}$	$^{B}10.85 \pm 0.30^{d}$
10	$^{A}9.84 \pm 0.56^{d}$	$^{A}10.15 \pm 0.12^{e}$	$^{A}10.54 \pm 0.09^{e}$	$^{B}11.38 \pm 0.12^{e}$

หมายเหตุ a, b, c, …คืออักษรกำกับในแนวตั้ง ต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

A, B, C, …คืออักษรกำกับในแนวนอน ต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 จลนพลศาสตร์การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น

จากการนำข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองที่ 4.1 คือปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมดในแต่ละสภาวะมาวิเคราะห์ด้วยวิธีสมการถดถอยแบบไม่เชิงเส้น (Non-linear regression analysis) กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli เพื่อนำมาใช้ทำนายจลนพลศาสตร์การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีสมการถดถอยแบบไม่เชิงเส้นเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli

จากการนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยวิธีสมการถดถอยแบบไม่เชิงเส้นกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ไว้ในภาคผนวก ค. ให้ค่าผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลและค่าร้อยละของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นรวมที่จุดสมดุลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli

กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวล (นาที$^{-1}$)		ปริมาณผลผลิตน้ำมันรวมที่จุดสมดุล (เปอร์เซ็นต์)			สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ
	k_w	k_d	C_w	C_d	C_e	R^2
100	4.371	0.255	5.052	5.347	10.399	0.994
300	5.338	0.234	5.51	5.284	10.794	0.998
600	4.789	0.208	7.151	3.905	11.056	0.998
800	5.123	0.164	7.721	4.584	12.305	0.999

เมื่อ C_t คือ ปริมาณผลผลิตน้ำมันที่เวลาใดๆ

C_w คือ ปริมาณผลผลิตน้ำมันรวมที่จุดสมดุลของกระบวนการการ washing

C_d คือ ปริมาณผลผลิตน้ำมันรวมที่จุดสมดุลของกระบวนการ diffusion

k_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลที่กระบวนการ washing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

k_d คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลที่กระบวนการ diffusion

t คือ เวลา (นาที)

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli จากตารางนี้ สามารถนำมาเขียนแทนค่าลงในสมการที่ 2-5 (จากตอนที่ 3.4.4) ได้ดังนี้

$$5.052(1-\exp(-4.371*t))+5.347(1-\exp(-0.255*t)) \quad \text{—— 100 วัตต์ ——} \quad (2)$$

$$5.51(1-\exp(-5.338*t))+5.284(1-\exp(-0.234*t)) \quad \text{—— 300 วัตต์ ——} \quad (3)$$

$$7.151(1-\exp(-4.789*t))+3.905(1-\exp(-0.208*t)) \quad \text{—— 600 วัตต์ ——} \quad (4)$$

$$7.721(1-\exp(-5.123*t))+4.584(1-\exp(-0.164*t)) \quad \text{—— 800 วัตต์ ——} \quad (5)$$

นำข้อมูลที่ได้ทั้ง 4 สมการนี้ไปใช้วิเคราะห์กระบวนการสกัดในขั้นตอนถัดไป

4.2.2 จลนพลศาสตร์การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น

จากตารางที่ 4.2 แสดงค่าต่างๆของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Patricelli ในแต่ละระดับกำลังไฟฟ้า (100, 300, 600 และ 800 วัตต์) พบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Patricelli มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ทำนายกระบวนการสกัดน้ำมันด้วยวิธีไมโครเวฟ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ(determination of coefficient, R^2) ในสมการของแต่ละระดับกำลังไฟฟ้าพบว่า มีค่าเข้าใกล้ 1 ในทุกกรณี โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.994 – 0.999 แสดงว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli สามารถใช้ทำนายการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟนี้ได้ ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายโอนมวลที่กระบวนการ washing (k_w) และ diffusion (k_d) ในแต่ละระดับกำลังไฟฟ้าพบว่า ประสิทธิภาพในการสกัดช่วงกระบวนการ washing มีค่ามากกว่า 17 – 31 เท่า ของกระบวนการ diffusion โดยอัตราส่วนนี้มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Meziane และคณะ (2006), Armani และคณะ (2010), Jun และคณะ (2014) ที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli ในการวิเคราะห์กระบวนการสกัดแล้วพบว่ากระบวนการ washing มีประสิทธิภาพในการสกัดมากกว่ากระบวนการ diffusion สำหรับค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นที่จุดสมดุลของกระบวนการ washing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(C_w) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นที่จุดสมดุลของกระบวนการ diffusion (C_d) ไม่ได้แปรผันไปตามระดับกำลังไฟฟ้า ส่วนค่าร้อยละของปริมาณผลผลิตน้ำมันรวมที่จุดสมดุล (C_e) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกำลังไฟฟ้า โดยมีค่าอยู่ในช่วง 10.399 – 12.305

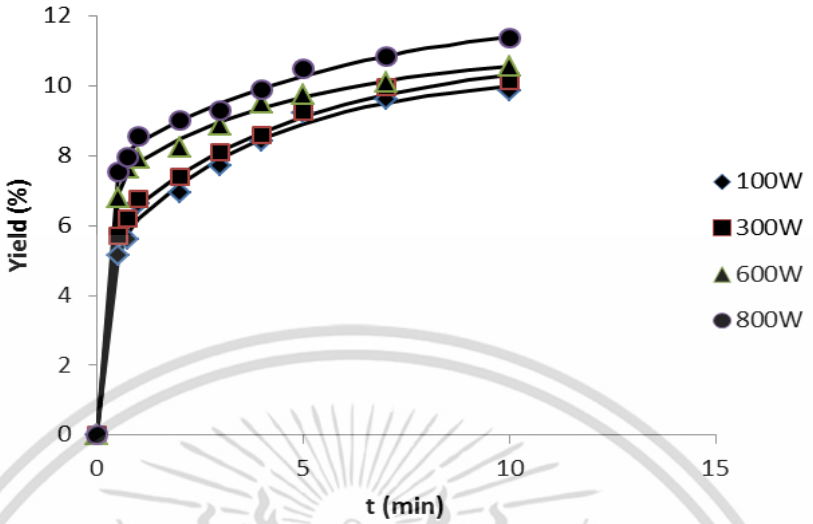
จากภาพที่4.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นกับระยะเวลาในการสกัดที่ได้จากผลการทดลองดังตารางที่4.1 และได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli พบว่ามีความสอดคล้องกันสามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้มาใช้วิเคราะห์กระบวนการสกัดได้ จากกราฟนี้จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาแรกๆในการสกัดและลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้ได้ยืนยันด้วยการคำนวณอัตราการสกัด (R) และอัตราการสกัดเริ่มต้น (R_0) ตามสมการที่ 7 และ 8 (จากตอนที่ 3.4.4) ดังนี้

$$R = \frac{d\rho}{dt} = k_w * C_w \exp(-k_w * t) + k_d * C_d \exp(-k_d * t) \qquad \text{———(7)}$$

$$R_0 = k_w * C_w + k_d * C_d \qquad \text{———(8)}$$

จากตารางที่4.3 พบว่าอัตราการสกัดมีค่าสูงที่ช่วงเริ่มต้นในการสกัด (R_0) มีค่าอยู่ในช่วง 23.45 – 40.31 (%นาที$^{-1}$) โดยค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกำลังไฟฟ้า ซึ่งได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสกัดเริ่มต้นในรูปแบบของ lnR_0 กับระดับกำลังไฟฟ้าไว้ดังตารางที่ 4.4 สามารถนำข้อมูลมาพลอตกราฟเส้นตรงแสดงแสดงความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าต่อ $\ln R_0$ ไว้ดังภาพที่ 4.3 และหลังจากใช้ระยะเวลาในการสกัดนานขึ้นพบว่า อัตราการสกัดมีค่าลดลง แสดงว่าการสกัดมีประสิทธิภาพแค่ระยะเวลาในช่วงแรกๆของการสกัดและจะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดนานขึ้น จากข้อมูลการวิเคราะห์จลนพลศาสตร์กระบวนการสกัดด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli นี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟได้ในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดอุ่นกับเวลาที่ใช้ในการสกัดของการทดลองกับผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli (สัญลักษณ์ คือ ค่าที่ได้จากการทดลอง, เส้น คือ ค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์)

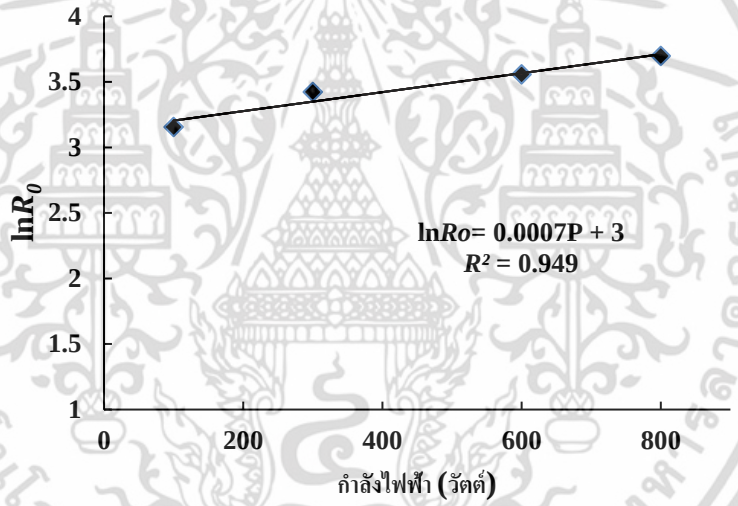
ตารางที่ 4.3 ผลของอัตราการสกัดและเวลาของการสกัดน้ำมันเมล็ดอุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ

เวลา	อัตราการสกัด (% นาที$^{-1}$)			
(นาที)	100 วัตต์	300 วัตต์	600 วัตต์	800 วัตต์
0	23.45	30.65	35.06	40.31
1	1.34	1.12	0.94	0.87
2	0.82	0.78	0.54	0.54
3	0.63	0.61	0.44	0.46
4	0.49	0.48	0.35	0.39
5	0.38	0.38	0.29	0.33
7	0.23	0.24	0.19	0.24
8	0.18	0.19	0.15	0.20
9	0.14	0.15	0.12	0.17
10	0.11	0.12	0.10	0.15
25	0.00	0.00	0.00	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าต่อ $\ln R_0$

กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	lnR_0
100	3.1547
300	3.4226
600	3.5570
800	3.6965



ภาพที่ 4.3 กราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าต่อ $\ln R_0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานของการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ

4.3.1 ผลการเตรียมสมการคำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ

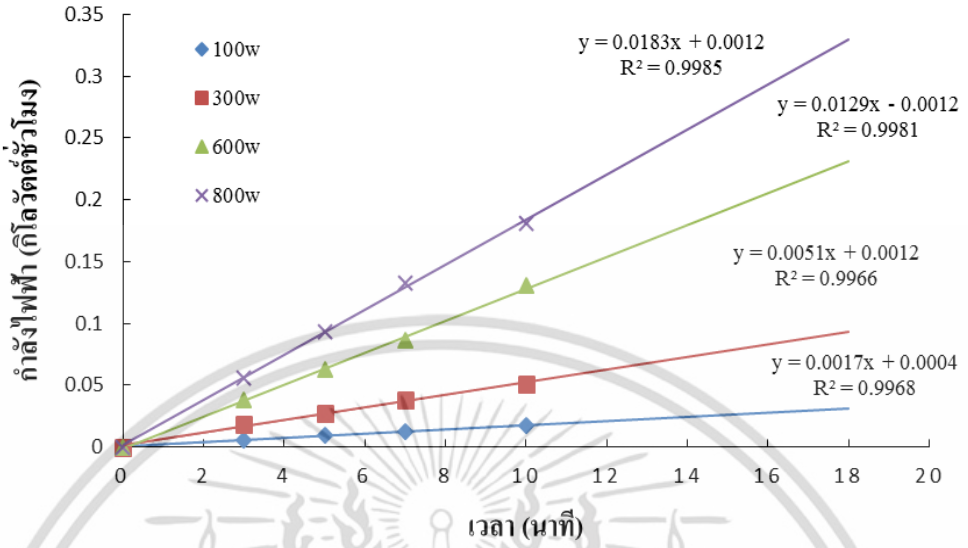
จากการสร้างสมการเส้นตรงเพื่อไว้ใช้คำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานโดยการนำมิเตอร์ไฟฟ้ามาต่อเข้ากับเครื่องไมโครเวฟสกัด ใช้ระยะเวลาที่3, 5, 7 และ 10 นาที ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 100, 300, 600 และ 800 วัตต์ แล้วจดบันทึกจำนวนรอบและแปลงเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง (ขั้นตอนที่3.4.5) ให้ผลการคำนวณดังตารางที่4.5

จากตารางที่4.5 จะเห็นได้ว่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าขึ้นกับระยะเวลาและกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดโดยเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าและระยะเวลาเพิ่มขึ้นส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จากข้อมูลในตารางสามารถนำมาพลอตกราฟเส้นตรงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับระยะเวลาในการสกัดของทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้าเพื่อทำเป็นสมการไว้ใช้คำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงาน (ภาพที่4.4)

ตารางที่4.5 ค่าของพลังงานไฟฟ้ากับระยะเวลาในการสกัดของทั้ง4ระดับกำลังไฟฟ้าสำหรับนำไปใช้ทำกราฟสมการเส้นตรงเพื่อคำนวณหาพลังงานไฟฟ้า

เวลา	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)			
	100 วัตต์	**300 วัตต์**	**600 วัตต์**	**800 วัตต์**
0	0	0	0	0
3	0.0058	0.0178	0.0375	0.0553
5	0.0092	0.0267	0.0631	0.0933
7	0.0128	0.0378	0.0858	0.1331
10	0.0172	0.0511	0.1303	0.1806

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับระยะเวลาในการสกัดของทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้าและแสดงสมการไว้ใช้คำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ

จากภาพที่4.4 สามารถนำมาเขียนสมการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าตามรูปแบบสมการที่ 9-12 (จากตอนที่ 3.4.5) ได้ดังนี้

$$Q = 0.0017t + 0.0004 \quad \text{——— 100 วัตต์ ———} \quad (9)$$

$$Q = 0.0051t + 0.0012 \quad \text{——— 300 วัตต์ ———} \quad (10)$$

$$Q = 0.0129t - 0.0012 \quad \text{——— 600 วัตต์ ———} \quad (11)$$

$$Q = 0.0183t + 0.0012 \quad \text{——— 800 วัตต์ ———} \quad (12)$$

จากสมการข้างต้นที่ได้มานี้สามารถนำไปคำนวณและเปรียบเทียบกันได้ว่าในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นที่แต่ละระดับกำลังไฟฟ้านั้นสิ้นเปลืองพลังงานมากน้อยแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งจะได้แสดงผลในตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การคำนวณพลังงานไฟฟ้าในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ

ในการศึกษาความสิ้นเปลืองพลังงานของการสกัด ผู้วิจัยได้กำหนดค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นเพื่อนำมาคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เปรียบเทียบกันทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้า (100, 300, 600 และ 800 วัตต์) โดยนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli ทั้ง 4 สมการ (สมการที่ 2-5) มาใช้ทำนายระยะเวลาในการสกัด โดยใช้วิธีคำนวณหาค่าเป้าหมาย (Goal seek) ด้วยโปรแกรม Excel ดังแสดงตัวอย่างการคำนวณไว้ในภาคผนวก ง. แล้วนำระยะเวลาที่คำนวณได้ไปคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าตามสมการที่ 9-12

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกกำหนดค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น โดยได้กำหนดไว้หลายๆ ค่า เพื่อนำมาเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้า (ตารางที่4.6) โดยเลือกค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นที่เท่ากับ 75, 80, 85, 90 และ 95% ของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมด (Total oil content = 12.92% (ภาคผนวก ก.)) มาเป็นค่าเป้าหมายสำหรับเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้า แต่เนื่องจากที่แต่ละระดับกำลังไฟฟ้ามีค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นรวมที่จุดสมดุล (Yield at equilibrium, C_e) ที่คำนวณได้จากสมการที่6 (ตารางที่4.2) โดยมีค่าเท่ากับ 10.399, 10.794, 11.056 และ 12.305% ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 100, 300, 600 และ 800 วัตต์ ตามลำดับ จึงไม่สามารถกำหนดเป้าหมายค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันในแต่ละระดับกำลังไฟฟ้าที่สูงกว่าค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นรวมที่จุดสมดุลได้ เพราะจะทำให้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli ที่แต่ละระดับกำลังไฟฟ้าไม่สามารถทำนายระยะเวลาในการสกัดให้ได้ จากตารางที่4.6 จะเห็นได้ว่าการเลือกกำหนดค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สูงตั้งแต่ระดับที่ 85% ของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมดขึ้นไป ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.981% แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของที่ระดับ 100 และ 300 วัตต์ จะไม่สามารถทำนายระยะเวลาในการสกัดได้ เนื่องจากกำหนดเป้าหมายค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นสูงกว่าค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันรวมที่จุดสมดุลของที่ระดับกำลังไฟฟ้า 100 และ300 วัตต์ (สูงกว่า 10.399 และ 10.794%) เช่นเดียวกันกับการกำหนดค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สูงตั้งแต่ระดับที่ 90 และ 95% ของปริมาณผลผลิตน้ำมันทั้งหมดซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.63% และ 12.27% ตามลำดับ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของที่ระดับ 600 วัตต์ จะไม่สามารถทำนายระยะเวลาในการสกัดได้เนื่องจากเป้าหมายที่กำหนดมีค่าสูงกว่า 11.056% ดังนั้นการกำหนดค่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ 75 และ 80 % ของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องุ่นทั้งหมดสามารถคำนวณปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานได้ทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด

จากตารางที่ 4.6 แสดงผลการคำนวณระยะเวลาและพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการ พบว่า ที่ระดับปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นเท่ากับ 75% ของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมด (9.69%) ให้ผลระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดลดลงตามการใช้ระดับกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น โดยที่ระดับกำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ มีค่าเท่ากับ 9.69 นาที ตามด้วย 6.68, 5.05 และ 3.42 นาที ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 300, 600 และ 800 วัตต์ ตามลำดับ สำหรับผลการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ทุกระดับกำลังไฟฟ้าพบว่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 0.0169 – 0.0639 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยที่ระดับกำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ มีค่าพลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0169 กิโลวัตต์ชั่วโมง และที่ระดับกำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ ให้ผลค่าพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.0639 กิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับที่ระดับปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นเท่ากับ 80% ของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมด (10.34%) ซึ่งเป็นสภาวะสูงสุดที่สามารถคำนวณเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานได้ทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้า ให้ผลระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดลดลงตามการใช้ระดับกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น โดยที่ระดับกำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ มีค่าเท่ากับ 17.32 นาที ตามด้วย 10.43, 8.13 และ 5.15 นาที ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 300, 600 และ 800 วัตต์ ตามลำดับ และผลการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ทุกระดับกำลังไฟฟ้าพบว่าพลังไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นมีค่าอยู่ในช่วง 0.0298 – 0.1037 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยที่ระดับกำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ มีค่าพลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0298 กิโลวัตต์ชั่วโมงและที่ระดับกำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ ให้ผลค่าพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.1037 กิโลวัตต์ชั่วโมง ที่ระดับปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นเท่ากับ 85% ของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมด (10.98%) นั้นคำนวณเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานได้แค่ที่ระดับ 600 กับ 800 วัตต์เท่านั้น โดยให้ผลการคำนวณระยะเวลาในการสกัดเท่ากับ 18.97 นาที มีค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.2435 กิโลวัตต์ชั่วโมงที่ระดับกำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ ซึ่งให้ผลการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าที่ระดับกำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ที่มีค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.139 กิโลวัตต์ชั่วโมง ใช้ระยะเวลาเท่ากับ 7.57 นาที สำหรับการกำหนดเป้าหมายที่ระดับปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นเท่ากับ 90 และ 95% ของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมดนั้นสามารถคำนวณได้ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 800 วัตต์เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณระยะเวลาและพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณได้ที่จุดปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ระดับต่างๆ

กำลังไฟฟ้า (W)	ปริมาณผลผลิตน้ำมันมล็ดองุ่น (%)									
	75% (9.69%)		80% (10.34%)		85% (10.98%)		90% (11.63%)		95% (12.27%)	
	เวลา (min)	พลังงานไฟฟ้า (kwh)	เวลา (min)	พลังงานไฟฟ้า (kwh)	เวลา (min)	พลังงานไฟฟ้า (kwh)	เวลา (min)	พลังงานไฟฟ้า (kwh)	เวลา (min)	พลังงานไฟฟ้า (kwh)
100	9.69	0.0169	17.32	0.0298	-	-	-	-	-	-
300	6.68	0.0353	10.43	0.0544	-	-	-	-	-	-
600	5.05	0.0639	8.13	0.1037	18.97	0.2435	-	-	-	-
800	3.42	0.0634	5.15	0.0949	7.57	0.139	11.65	0.2132	30.09	0.5488

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาจลนพลศาสตร์การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟโดยใช้เครื่องไมโครเวฟขนาด 20 ลิตร ที่ประกอบด้วยขวดก้นกลมขนาด 1000 มิลลิลิตร พร้อมเครื่องควบแน่นแบบใช้น้ำหล่อเย็น โดยพิจารณาปัจจัยต่างๆที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น คือ กำลังไฟฟ้าและระยะเวลาในการสกัด รวมถึงศึกษาความสิ้นเปลืองพลังงาน สรุปได้ดังนี้

1. กำลังไฟฟ้าและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น โดยใช้อัตราส่วนของเมล็ดองุ่นบดต่อตัวทำละลายเฮกเซน 1:3 และสกัดด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 100, 300, 600 และ 800 วัตต์ ที่ระยะเวลา 30 วินาที, 45 วินาที, 1, 2, 3, 4, 5, 7 และ 10 นาที พบว่ากำลังไฟฟ้าและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นเพิ่มมากขึ้น โดยการสกัดที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ นาน 10 นาที ให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นมากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.38% คิดเป็น 88.11% ของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมด ซึ่งจะนำค่าผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์จลนพลศาสตร์กระบวนการสกัดดังที่จะกล่าวในลำดับต่อไป

2. การศึกษาจลนพลศาสตร์การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟ โดยนำค่าผลการทดลองจากขั้นตอนแรกมาวิเคราะห์ด้วยวิธีสมการถดถอยแบบไม่เชิงเส้น (Non-linear regression analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ในการนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli ของทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้า (100, 300, 600 และ 800 วัตต์) เพื่อไว้ใช้วิเคราะห์กระบวนการสกัดน้ำมัน พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli ที่ทุกๆระดับกำลังไฟฟ้า มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ทำนายกระบวนการสกัดได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (determination of coefficient, R^2) อยู่ระหว่าง 0.994 – 0.999 สำหรับการสกัดช่วงกระบวนการ washing ให้ผลมีประสิทธิภาพมากกว่าช่วงกระบวนการ diffusion โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลของกระบวนการ washing (k_w) มากกว่า 17 – 31 เท่าของกระบวนการ diffusion (k_d) และในอัตราการสกัดพบว่ามีประสิทธิภาพในช่วงเริ่มต้นของกระบวนการสกัด โดยประสิทธิภาพในกาสกัดจะลดลงเมื่อใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาในการสกัดนานขึ้น โดยอัตราการการสกัดเริ่มต้น (R_0) ที่ระดับกำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ให้ผลมีประสิทธิภาพมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 40.31 (%นาที$^{-1}$)

3. การศึกษาความสิ้นเปลืองพลังงานการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้าทั้ง 4 ระดับ (100, 300, 600 และ 800 วัตต์) สภาวะการกำหนดเป้าหมายปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นที่เท่ากับ 80% ของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.335% เป็นสภาวะสูงสุดที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli สามารถใช้ทำนายระยะเวลาในการสกัดเปรียบเทียบกันได้ทั้ง 4 ระดับกำลังไฟฟ้า พบว่าระดับกำลังไฟฟ้าที่ 100 วัตต์ ให้ผลในการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.0298 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยใช้ระยะเวลาในการสกัด 17.32 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ดวงกมล เรือนงาม. 2553. “ การสกัดสารแอสตาแซนทินจากสาหร่าย *Haematococcus pluvialis.*” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดวงกมล เรือนงาม. 2557. การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. 23(2) : 120 –139.

ปาริยา ทองสุข, ศิริพร เพชรมูล, สุวิมล ประสม, วีรยุทธ บุญไทย และ ปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์. 2551. กรรมวิธีการสกัดและการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดเพคตินจากเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อประโยชน์เชิงพาณิชย์. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร. 39(3) : 571-577.

รัตนา อินทราปกรณ์. 2547. การตรวจสอบและการแยกสาระสำคัญจากสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 215 หน้า.

ลำนำพร ปลดเปลื้อง. 2557. “ ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารต้านออกซิเดชัน จากกากองุ่นแดงด้วยวิธีไมโครเวฟ. ” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช. 2551. พื้นฐานการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุรศักดิ์ เหมวิมล. 2547. การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระแอนทราควิโนนส์จากรากของต้นยอโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ. “ ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมมหาบัณฑิต.” จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาชัย พิทยภาคย์, นคร ทิพยาวงศ์ และ วสันต์ จอมภักดี. 2544. “ การวิเคราะห์ทางเศรษศาสตร์ของการสกัดน้ำมันพืชเชิงกลสำหรับใช้ในชุมชนท้องถิ่น.” ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Akhter, H.; Hamid, S. and Bashir, R. 2000. Journal of the Chemical Society of Pakiston. 28(1): 79-100.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Alonso, A. M., Guillén, D. A., Barroso, C. G., Puertas, B., and García, A. 2002. Determination of antioxidant activity of wine by products and its correlation with polyphenolic content. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50 : 5832-5836.

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(2010) : 322-327.

A.O.A.C. 1990. Ojicial methods of Analysis, ed. K. Helrich. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 18th ed. Washington D.C., U.S.A.

Baydar, N.G., and M. Akkurt. 2001. Oil content and oil quality properties of some grape seeds. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 25:163–168.

Buffler, C.R. 1993. Microwave cooking and processing : Engineering Fundamental for the Food Scientist. Van Nostrand Reinheld, New York.

Chemat, S., Ait-Amar, H., Lagha, A. and Esveld, DC. 2005. Microwave-assisted extraction kinetics of terpenes from caraway seeds. Chemical Engineering and Processing : Process Intensification. 44:1320-1326.

Cunha, I. B. S., Sawaya, A. C. H. F., Caetano, F. M., Shimizu, M. T., Marcucci, M. C., Drezza, F. T., Poovia, G. S. and Carvalho, P. O. 2004. Factors that influence the yield and composition of Brazilian propolis extracts. Journal of the Brazilian Chemical Society. 15: 964-970.

Crossley, J. I., & Aguilera, J. M. 2001. Modeling the effect of microstructure on food extraction. Journal of Food Processing Engineering. 24 : 161-172.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Elagamey, A. A., Abdel-Wahab, M. A., Shimaa M. M. E. and Abdel-Mogib, M. 2013. Comparative study of morphological characteristics and chemical constituents for seeds of some grape table varieties. Journal of American Science. 9(1) : 447-454.

El-Mallah, M. H. and Marui, T. 1993. Local food industries by products. Part 1. Grape seed (muskat), wheat germ and deodorization distillates of cotton seed oil. Seifen-Oele-Fette-Wachse. 119: 145.

Fellow, P. J. 2000. Dielectric. Ohmic and infared heating. Food Processing Technology : Principles and Practice. 2nd ed. P. J. Fellows (ed.). Woodhead Publishing Limited, Cambridge. 365-384.

Fernandes, L., S. Casal, R. Cruz, J.A. Pereira, and E. Ramalhosa. 2013. Seed oils of ten traditional Portuguese grape varieties with interesting chemical and antioxidant properties. Food Research International. 50:161-166.

Franco, D., Sineiro, J., Pinelo, M., & Núñez, M. J. 2007. Ethanolic extraction of Rosa rubiginosa soluble substances : Oil solubility equilibria and kinetic studies. Journal of American Science. 79(1) : 150-157.

González-Paramás, A. M., Esteban-Ruano, S., Santos-Buelga, C., Pacual-Teraesa, S., and Rivas-Gonzalo, J. C. 2004. Flavonol content and antioxidant activity in winery by products. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52 : 234-238.

Hao, L., W. Han, S. Huang, B. Xue and X. Deng, 2002. Microwave-assisted extraction of artemisinin from Artemisia annua. Separation and Purification Technology. 28 : 191-196.

Jassie, L., Ravesz, R., Kiestead, T., Hasty Hasty, E. and Metz, S. 1997. In Kingston H.M. Haswell S.J, (Eds), Microwave–enhanced chemistry. American Chemical Society. Washington DC. p569.

Joshi, S. S., Kuszunski, C.A. and Bagchi, D. 2001. The cellular and molecular basis of health benefits of grape seed poantocyanidin extract. Current Pharmarceutical Biotechnology. 2(2): 187.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jun, X. Lang, H. and Lianggong, Y. 2014. Kinetic modeling of pressure-assisted solvent extraction of polyphenols from green tea in comparison with the conventional extraction. Food Chemistry. 166:287-291.

Kamel, B. B., Dawson, H. and Kakuda, Y. 1985. Characteristics and composition of Melon and grape seed oils and cakes. Journal of the American Oil Chemists' Society. 62(5) : 881-883.

Mazza, G and Miniati, E. 1993. Grapes in Anthocyanins in fruits, vegetables and grains, Boca Murakami, M., Yamaguchi, T., Takamura, H. and Matoba, T.2004. Effect of thermal treatment on radical scavenging activity of single and mixed polyphenolic compounds. Journal of Food Science. 69(1) : FCT7-FCT10.

Meziane, S., Kadi, H., and Lamrous, O. 2006. Kinetics study of oil extraction from olive foot cake. Grasas Y Aceites. 57(2) : 175-179.

Mironeasa, S., Leahu, A., Codinâ, G., Stroe, S. and Mironeasa, C. 2010. Grape seed. Physico-chemical, structural characteristics and oil content. Journal of Agroaligamentary Processes and Technologies. 16(1) : 1-6.

Murray, M.T. 1995. The healing power of herbs. Rocklin, CA, Prima Publishing.

Neeraj, S., Prashant, S., and Mumtaj, S. 2014. Microwave-assisted extraction of lemongrass essential oil : Study of the influence of extraction method and process parameters on extraction process. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 6(11):385-389.

Owon, M. A. 1999. Untraditional source of edible oil from raw grape (Vitis vinifera) seed. Journal of Agricultural Science. 24(5) : 2479-2490.

Perez, E. E., Carelli, A. A., & Crapiste, G. H. 2011. Temperature – dependent diffusion coefficient of oil from different sunflower seeds during extraction with hexane. Journal of Food Engineering. 105(1) : 180-185.

Razavi, S. M. A. and Fathi, M. 2009. Moisture-Dependent Physical Properties of Grape Seed (*Vitis vinifera L.*). The Philippine Agricultural Scientist. 92(2) : 201-212.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rababah, T. M., Ereieja, K. I., Al-Mahasnehehb, M. A., Ismaealc, K., Hidard, A. and Yange, W. 2008. Total Phenolic, Antioxidant Activities, and Anthocyanins of Diferent Grape seed Cultivars Grow in Jordan. Internationalc Journal of Food Properties. 11(2) : 472 - 479.

Schuster, W. H. 1992. Olpflazen in Europa. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 240.

Stefaine, B., Gerald, S., Sabine. K., Heidrun, U. and Gerhard, B. 2007. Characterisation of various group seed oil by volatile compounds, tricylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 108(3) : 1122-1132.

Tangolar, S.G.; özoğul, Y.; Tangolar, S. and Torun, A. 2009 : Evaluation of fatty acid profiles and mineral content of grape seed oil of some grape genotypes. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 60(1): 32-39.

Tixier, J. M., Godeau, G, Robert, A.M., & Hornebeck, W. 1984. Evidence by in vitro studies that binding of pycnogenols to elastin affects its rate of degradation by elastases. Biochemical Pharnacology. 33(24) : 3933-3939.

Trusheva, B., Trunkov, D. and Bankova., V. 2007. Different extraction methods of biologically active components from propolis: a preliminary study. Chemistry Central Journal. 1 : 13.

Xiao, W., Han, L. and Shi, B. 2008. Microwave-assisted extraction kinetics of flavonoids from Radix astragali. Separation and Purification Technology. 62(3): 614-618.

Yan, M.M., W. Liu, Y.J. Fu, Y.G. Zu and C.Y. Chen et al., 2010. Optimisation of the microwave-assisted extraction process for four main astragalosides in Radix Astragali. Food Chemistry. 119 : 1663-1670.

Yemis, O. and G. Mazza, 2012. Optimization of furfural and 5-hydroxymethylfurfural production from wheat straw by a microwave-assisted process. Bioresource Technologies. 109: 215-223.

Zhang, B., Yang, R., & Liu, C. Z. 2008. Microwave-assisted extraction of chlorogenic acid from flower buds of Lonicera japonica thumb. Separation and Purification Technology. 62 : 480-483.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเมล็ดอุ่น (Moisture content) (AOAC.1990)

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในตัวอย่างสารสกัดจากเมล็ดอุ่น

อุปกรณ์

1. ถ้วยอะลูมิเนียม (Aluminiium can)
2. โถดูดความชื้น (Desiccator)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
4. ที่คีบ (Tong)
5. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
6. ช้อนตักสาร

วิธีวิเคราะห์

1. นำถ้วยอะลูมิเนียมอบที่อุณหภูมิ 130 ± 2 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างเมล็ดอุ่นบดประมาณ 5 กรัม ใส่ในถ้วยอะลูมิเนียม
3. นำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 130 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 – 3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
4. ปิดฝาและทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นจึงนำไปชั่งน้ำหนัก
5. คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตรดังนี้ (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

$$\text{ปริมาณความชื้น(\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณความชื้น

$$\frac{5.0036 - 4.8087}{5.0036} \text{ x } 100 = 3.8952$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นปริมาณความชื้นที่ได้มีค่าเท่ากับ 3.8952 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ก.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณความชื้นของเมล็ดอุ่น

ครั้งที่	ปริมาณความชื้น (%wb)
1	3.9
2	3.72
3	3.81
เฉลี่ย	3.81

2. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันเมล็ดอุ่น (Total oil content) (AOAC. 2000)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องสกัดซอกซ์เล็ต (Soxhlet apparatus) พร้อมทิมเบิล (thimble) บีกเกอร์ไขมัน
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)
5. ที่คีบ (Tong)
6. Boiling chip จำนวน 2 เม็ด

สารเคมี

1. เฮกเซน

วิธีการทดลอง

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boiling chip ที่อุณหภูมิ 130°C 1 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชั่งตัวอย่างเมล็ดองุ่นบดที่อบไล่ความชื้นแล้วประมาณ 5 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ในทิมเบิล (extraction thimble) ตวงตัวทำละลายเฮกเซนจำนวน 150 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์ไขมัน ต่อทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างและบีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง
3. เมื่อครบกำหนดเวลา นำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105°C เพื่อระเหยเฮกเซนออก ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์หลังสกัด} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์ก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ตารางที่ ก.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำมันเมล็ดองุ่น

ครั้งที่	ปริมาณน้ำมันเมล็ดองุ่น (%)
1	12.86
2	12.87
3	13.03
เฉลี่ย	12.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เครื่องมือที่ใช้ในการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องสกัดไมโครเวฟ

ภาพที่ ข.1 เครื่องสกัดไมโครเวฟ (Model : ME711K/XST 800 W)

วิธีการใช้เครื่อง

1. ต่อคอนเดนเซอร์เข้ากับไมโครเวฟ จากนั้นนำสายยางต่อจากคอนเดนเซอร์ไปยังตู้ทำน้ำเย็น ทั้ง 2 สาย (น้ำเข้าและน้ำออก)

2. นำขวดก้นกลมขนาด 1000 ml มาต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์

3. ปรับกำลังไฟฟ้า และเวลาตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

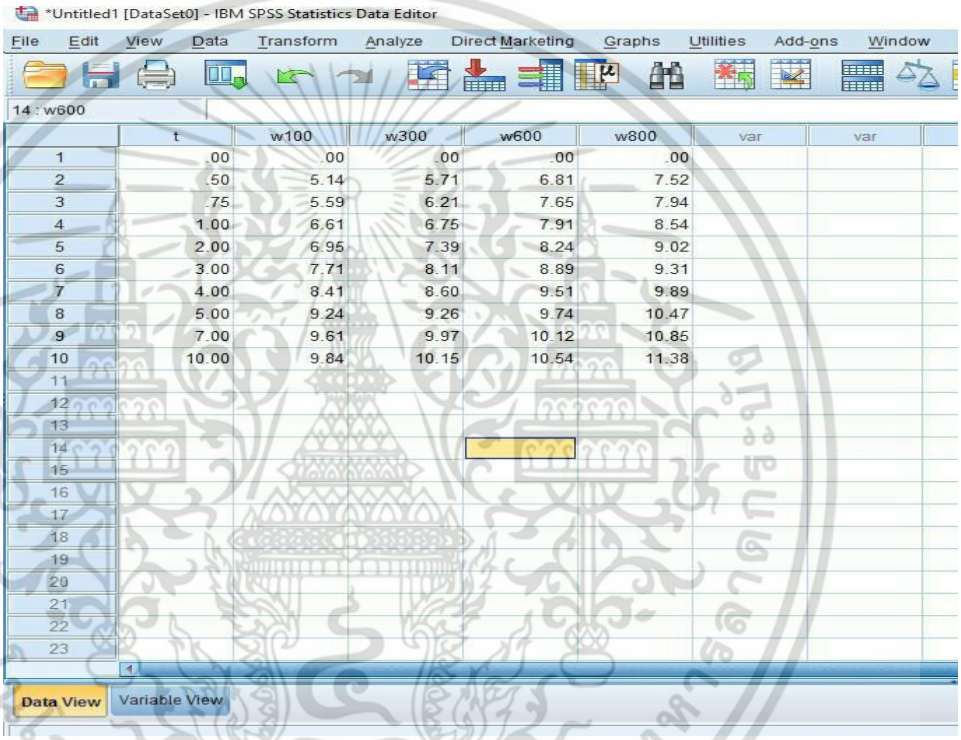
ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ด้วยวิธี Non-linear regression ของโปรแกรม SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ด้วยวิธี Non-linear regression ของโปรแกรม SPSS

1. กรอกข้อมูลระยะเวลาและค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นของแต่ที่ระดับกำลังไฟฟ้าลงในไฟล์ข้อมูลโปรแกรม SPSS

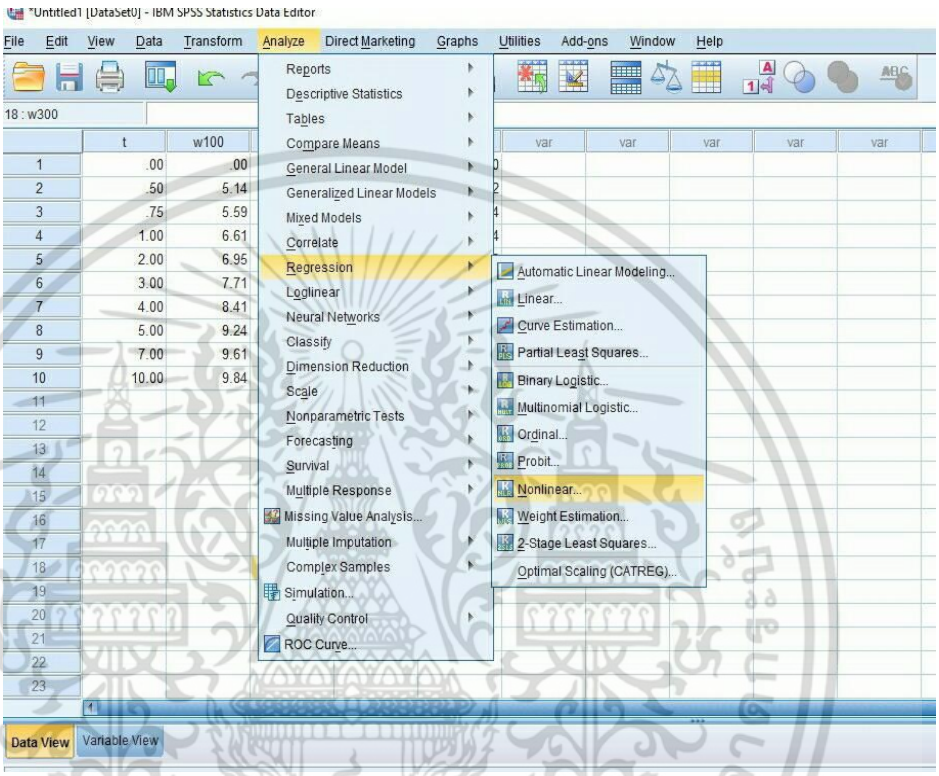


	t	w100	w300	w600	w800	var	var
1	.00	.00	.00	.00	.00		
2	.50	5.14	5.71	6.81	7.52		
3	.75	5.59	6.21	7.65	7.94		
4	1.00	6.61	6.75	7.91	8.54		
5	2.00	6.95	7.39	8.24	9.02		
6	3.00	7.71	8.11	8.89	9.31		
7	4.00	8.41	8.60	9.51	9.89		
8	5.00	9.24	9.26	9.74	10.47		
9	7.00	9.61	9.97	10.12	10.85		
10	10.00	9.84	10.15	10.54	11.38		
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

ภาพที่ ค.1 การกรอกข้อมูลระยะเวลาและค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นของแต่ที่ระดับกำลังไฟฟ้าลงในไฟล์ข้อมูลโปรแกรม SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เรียกใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Non-linear regression ใน SPSS โดยเข้าที่เมนู Analyse – Regression - Nonlinear regression

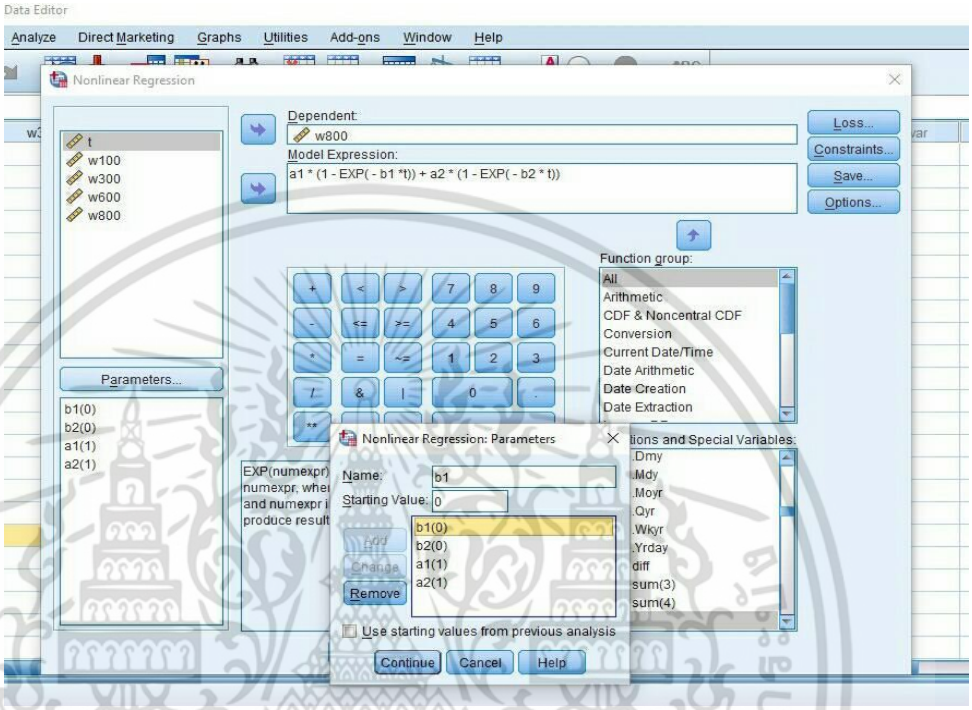


ภาพที่ ค.2 การเรียกใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Non-linear regression ใน SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรอกสมการของ Patricelli ลงในช่อง Model โดยกำหนด Parameter แทนค่าคงที่ต่าง ๆ ในสมการ เช่น a1, b1, a2, b2

<u>ตัวอย่างการคำนวณค่าคงที่ของสมการที่ 800 วัตต์</u>



ภาพที่ ค.3 ตัวอย่างการกรอกสมการของ Patricelli ในวิธีการวิเคราะห์แบบ Non-linear regression ใน SPSS

จากสมการของ Patricelli คือ

$$C_t = C_w(1 - \exp(-k_w * t)) + C_d(1 - \exp(-k_d * t))$$

กรอกเป็น a1 * (1 – EXP(- b1 * t)) + a2 * (1 – EXP(- b2 * t))

เมื่อให้ C_w แทนด้วย Parameter a1 โดยกำหนดค่าเริ่มต้นให้ a1 = 1

k_w แทนด้วย Parameter b1 โดยกำหนดค่าเริ่มต้นให้ b1 = 0

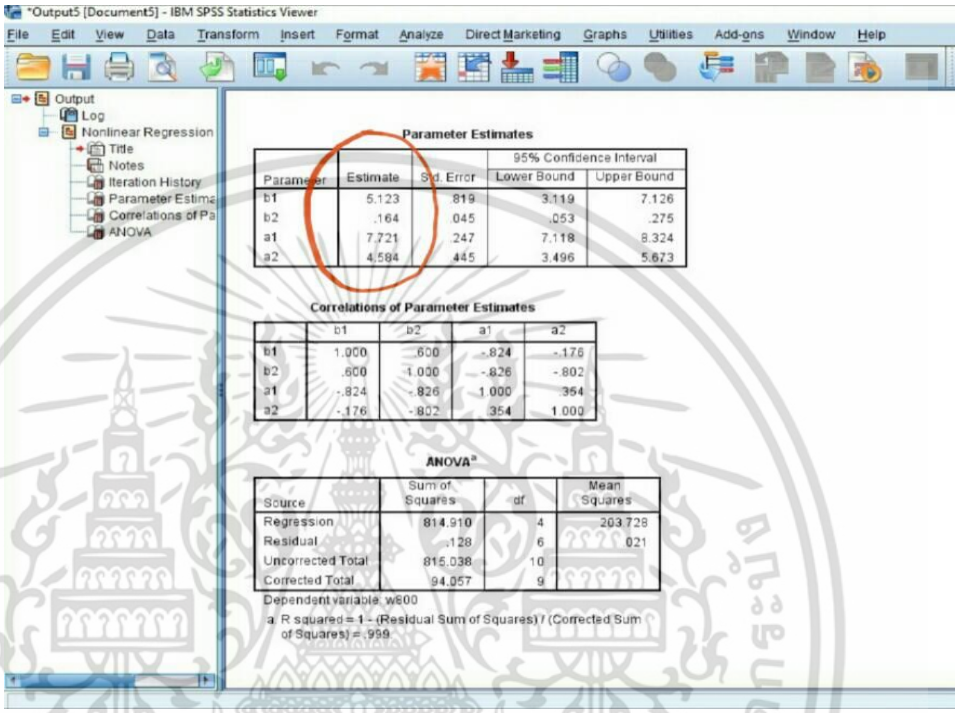
C_d แทนด้วย Parameter a2 โดยกำหนดค่าเริ่มต้นให้ a2 = 1

k_d แทนด้วย Parameter b2 โดยกำหนดค่าเริ่มต้นให้ b2 = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สั่งให้โปรแกรมคำนวณหาค่าคงที่หรือ Parameter ของสมการโดยกด OK

5. อ่านผลการวิเคราะห์ในหน้าต่าง Output ของ SPSS โดยโปรแกรมจะแสดงค่าของ Parameter ที่คำนวณได้ นำค่า Parameter ทั้งหมดไปแทนในสมการ Patricelli



ภาพที่ ค.4 ตัวอย่างตาราง output ในการวิเคราะห์แบบ Non-linear regression ของสมการ Patricelli

จากหน้าต่าง output ของ SPSS จะได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของสมการที่ 800 วัตต์ ดังนี้

a1 (C_w) = 7.721

b1 (k_w) = 5.123

a2 (C_d) = 4.584

b2 (k_d) = 0.164

นำข้อมูลที่ได้มาเขียนเป็นสมการตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli ดังนี้

$$C_t = 7.721(1 - \exp(-5.123 * t)) + 4.584(1 - \exp(-0.164 * t))$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เปอร์เซ็นต์ปริมาณผลผลิตน้ำมัน (Yield, %)

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

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

น้ำหนักขวดชมพู่เปล่า = 93.3148 g

น้ำหนักขวดรูปชมพู่พร้อมน้ำมัน = 93.8158 g

น้ำหนักเมล็ดองุ่นบด = 5.0027 g

$$\text{Yield (\%)} = \frac{93.8158 - 93.3148}{5.0027} \times 100 = 10.0146\ \%$$

2. การคิดเปอร์เซ็นต์ของปริมาณผลผลิตน้ำมันที่กำหนดไว้เทียบกับเปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำมันทั้งหมด

$$\text{Yield (\%)} = \frac{yield \text{ ที่ต้องการ}}{total\ oil\ content} \times 100$$

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u> : ปริมาณ yield ที่ 11.3819 คิดเป็นกี่ % ของ total oil content

$$\text{Yield (\%)} = \frac{11.3819}{12.9183} \times 100 = 88.1\%$$

3. วิธีคิดปริมาณผลผลิตน้ำมันที่ต้องการเมื่อกำหนดเปอร์เซ็นต์

$$\text{Yield ที่ต้องการ} = \frac{total\ oil\ content \text{ x \% ของ } yield \text{ ที่ต้องการ}}{100}$$

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u> : 85% ของปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้งหมดคิดเป็น

$$\frac{12.9183 \text{ x } 85}{100} = 10.9806\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การคำนวณพลังงานไฟฟ้า (Electrical energy, kWh)

จาก

1200 รอบ = 1kWh

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

ที่สกัดด้วยไมโครเวฟเวลา 1 นาที นับจำนวนรอบได้เท่ากับ 7 รอบ

จะได้ 7/1200 = 0.0058 kWh

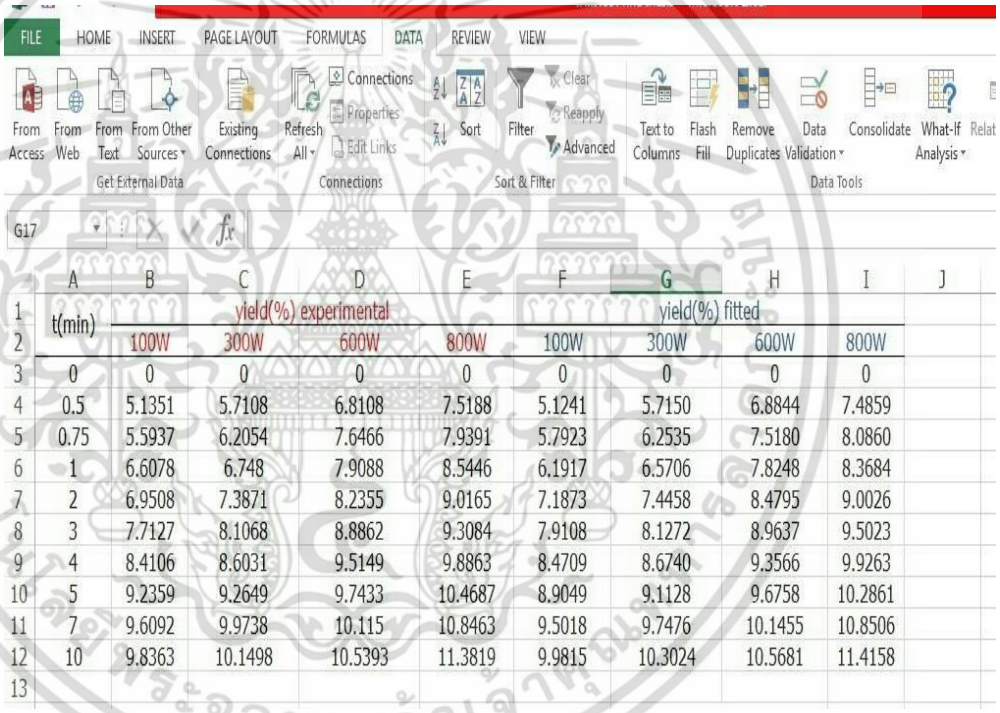
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วิธีการคำนวณระยะเวลาในการสกัดโดยใช้วิธีการคำนวณค่าเป้าหมายด้วยโปรแกรม Excel

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณระยะเวลาของการสกัดที่ระดับ 100 วัตต์ให้ได้ yield เท่ากับ 80% ของ total oil content

1. จากตารางข้อมูล yield ที่ระยะเวลาและระดับกำลังไฟฟ้าต่างๆที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Patricelli ถ้าต้องการสกัดที่ระดับ 100 วัตต์ให้ได้ yield เท่ากับ 80% ของ total oil content จะใช้ระยะเวลาในการสกัดเท่าใด

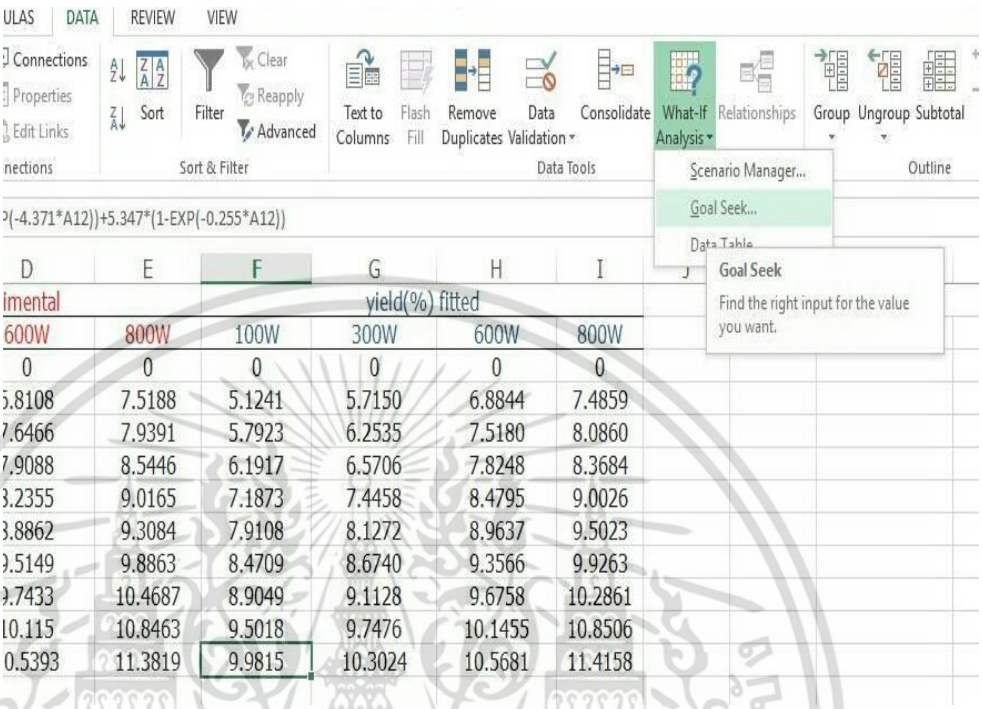


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	t(min)	yield(%) experimental				yield(%) fitted				
2		100W	300W	600W	800W	100W	300W	600W	800W	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0.5	5.1351	5.7108	6.8108	7.5188	5.1241	5.7150	6.8844	7.4859	
5	0.75	5.5937	6.2054	7.6466	7.9391	5.7923	6.2535	7.5180	8.0860	
6	1	6.6078	6.748	7.9088	8.5446	6.1917	6.5706	7.8248	8.3684	
7	2	6.9508	7.3871	8.2355	9.0165	7.1873	7.4458	8.4795	9.0026	
8	3	7.7127	8.1068	8.8862	9.3084	7.9108	8.1272	8.9637	9.5023	
9	4	8.4106	8.6031	9.5149	9.8863	8.4709	8.6740	9.3566	9.9263	
10	5	9.2359	9.2649	9.7433	10.4687	8.9049	9.1128	9.6758	10.2861	
11	7	9.6092	9.9738	10.115	10.8463	9.5018	9.7476	10.1455	10.8506	
12	10	9.8363	10.1498	10.5393	11.3819	9.9815	10.3024	10.5681	11.4158	
13										

ภาพที่ ง.1 ตารางข้อมูลปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

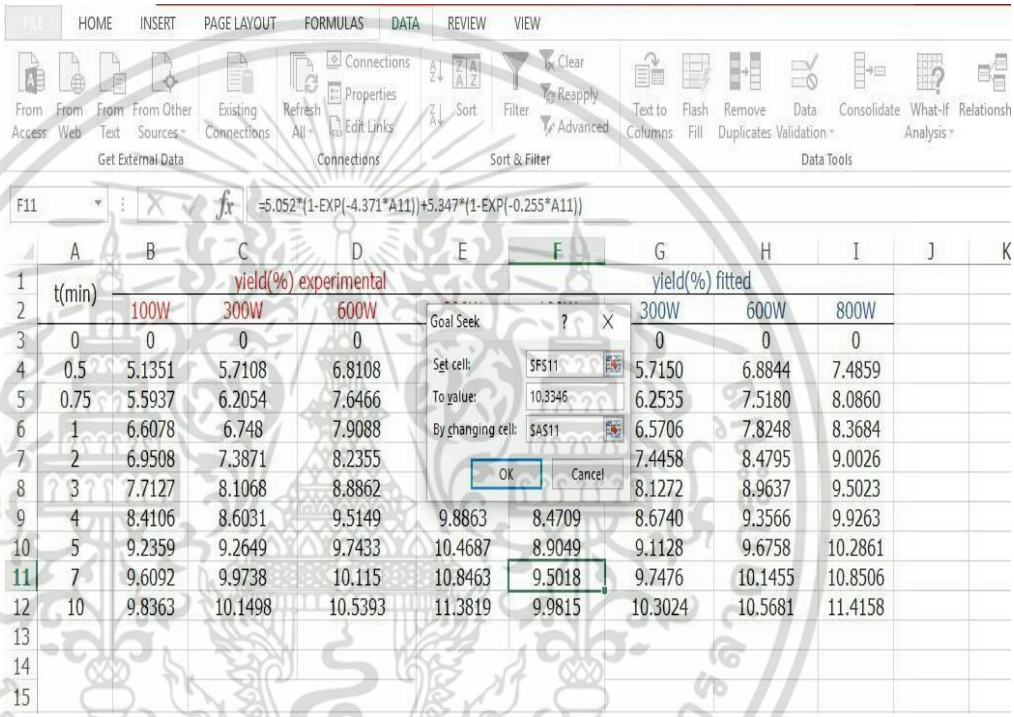
2. สั่ง DATA > What-If Analysis > Goal Seek



ภาพที่ ง.2 วิธีการสั่งคำนวณหาค่าเป้าหมายในโปรแกรม excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คลิกช่อง set cell : ให้คลิกที่เซลล์ F11 โดยเซลล์นี้จะเป็นเซลล์สูตรสมการของ Patricelli ที่ระดับ 100 วัตต์ ส่วนช่อง To Value : ให้พิมตัวเลขที่ต้องการลงไป ซึ่งในที่นี้คือค่า yield เท่ากับ 80% ของ total oil content (10.3346%) แล้วให้ช่อง By Changing Cell : ให้คลิกช่อง A11 ซึ่งเป็นช่องระยะเวลาที่จะเปลี่ยนเป็นคำตอบใหม่ที่เราต้องการ

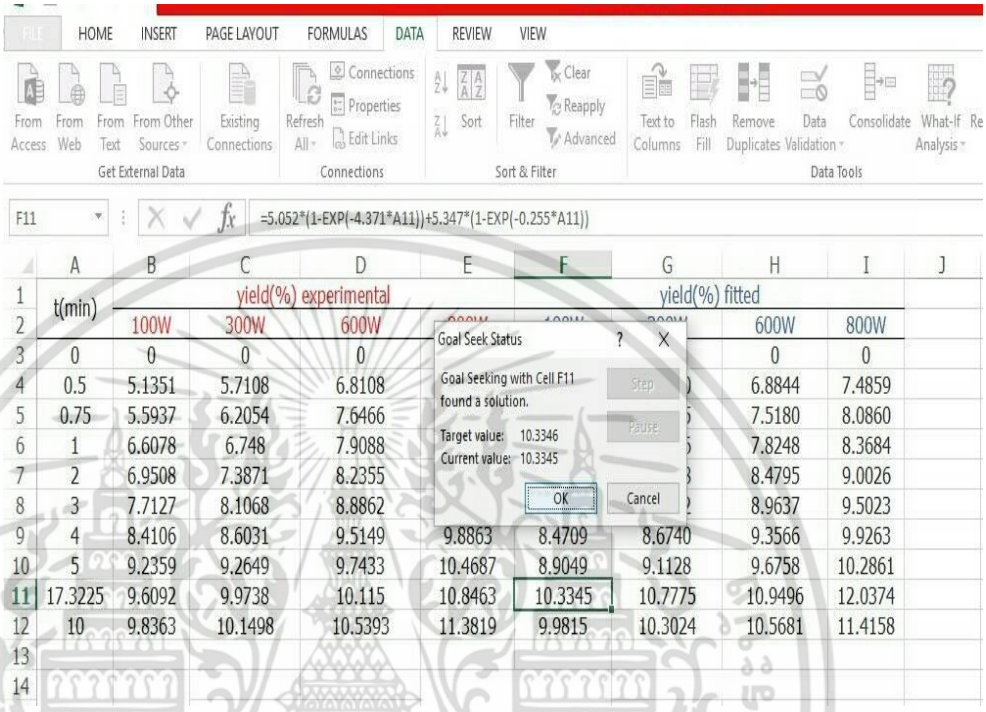


	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	t(min)	yield(%) experimental					yield(%) fitted		
2		100W	300W	600W			300W	600W	800W
3	0	0	0	0			0	0	0
4	0.5	5.1351	5.7108	6.8108			5.7150	6.8844	7.4859
5	0.75	5.5937	6.2054	7.6466			6.2535	7.5180	8.0860
6	1	6.6078	6.748	7.9088			6.5706	7.8248	8.3684
7	2	6.9508	7.3871	8.2355			7.4458	8.4795	9.0026
8	3	7.7127	8.1068	8.8862			8.1272	8.9637	9.5023
9	4	8.4106	8.6031	9.5149	9.8863	8.4709	8.6740	9.3566	9.9263
10	5	9.2359	9.2649	9.7433	10.4687	8.9049	9.1128	9.6758	10.2861
11	7	9.6092	9.9738	10.115	10.8463	9.5018	9.7476	10.1455	10.8506
12	10	9.8363	10.1498	10.5393	11.3819	9.9815	10.3024	10.5681	11.4158
13									
14									
15									

ภาพที่ ง.3 ตัวอย่างการทำนายระยะเวลาการสกัดในการคำนวณหาค่าเป้าหมายของโปรแกรม excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กดปุ่ม OK เพื่อยอมรับคำตอบที่ Goal Seek คำนวณให้ซึ่งระยะเวลาที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 17.32 นาที



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	t(min)	yield(%) experimental					yield(%) fitted			
2		100W	300W	600W				600W	800W	
3	0	0	0	0				0	0	
4	0.5	5.1351	5.7108	6.8108				6.8844	7.4859	
5	0.75	5.5937	6.2054	7.6466				7.5180	8.0860	
6	1	6.6078	6.748	7.9088				7.8248	8.3684	
7	2	6.9508	7.3871	8.2355				8.4795	9.0026	
8	3	7.7127	8.1068	8.8862				8.9637	9.5023	
9	4	8.4106	8.6031	9.5149	9.8863	8.4709	8.6740	9.3566	9.9263	
10	5	9.2359	9.2649	9.7433	10.4687	8.9049	9.1128	9.6758	10.2861	
11	17.3225	9.6092	9.9738	10.115	10.8463	10.3345	10.7775	10.9496	12.0374	
12	10	9.8363	10.1498	10.5393	11.3819	9.9815	10.3024	10.5681	11.4158	
13										
14										

ภาพที่ ง.4 ผลลัพธ์ตัวอย่างการทำนายระยะเวลาการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวบุณยานุช ชำนาญดี
วัน เดือน ปีเกิด	26 พฤษภาคม 2535
ที่อยู่	85/65 หมู่ 5 ถนนบางม่วง – บางคูลัด ตำบลปลายบาง อำเภอบางกราวย จังหวัดนนทบุรี 11130 (fp2n_br@hotmail.com, โทร. 090-4189368)
ประวัติการศึกษา	- สำเร็จการศึกษามัธยมจากโรงเรียนเบญจมราชาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2553 - สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2557 - ศึกษาต่อปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้