

การเปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง
ช่วยสกัดกับวิธีการแช่

COMPARISON OF ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION WITH
MACERATION EXTRACTION METHODS OF GRAPE SEED OIL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

KMITL-2016-AI-M-053-253

การเปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง
ช่วยสกัดกับวิธีการแช่

COMPARISON OF ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION WITH
MACERATION EXTRACTION METHODS OF GRAPE SEED OIL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

KMITL-2016-AI-M-053-253

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**COMPARISON OF ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION WITH
MACERATION EXTRACTION METHODS OF GRAPE SEED OIL**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016
KMUTL-2016-AI-M-053-253**

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 การเปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด
กับวิธีแช่

COMPARISON OF ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION WITH
MACERATION EXTRACTION METHODS OF GRAPE SEED OIL

ชื่อนักศึกษา นางสาววิรัชญา วงศ์วานิช
รหัสประจำตัว 56608010
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.กิตติชัย บรรจง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.กิตติชัย บรรจง	
รศ.ดร.สนธิสุข ชีระชัยขยติ	
ผศ.ดร.พอใจ ถามาการ	
รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ	

วัน / เดือน / ปีที่สอบ 11 กรกฎาคม 2559 เวลา 09.30 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 27 เดือน กค. พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัดกับวิธีการแช่
ชื่อนักศึกษา	นางสาววรัญญา วงศ์วานิช
รหัสประจำตัว	56608010
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.กิตติชัย บรรจง

บทคัดย่อ

เมล็ดองุ่นพันธุ์ชiraz (*Vitis vinifera* cv Shiraz) มีปริมาณน้ำมันทั้งหมดร้อยละ 13.61 โดยน้ำหนักแห้ง นำมาสกัดเป็นน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยตัวทำละลายเฮกเซน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น ได้แก่ อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น และระยะเวลาในการสกัด เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดด้วยวิธีการแช่ (Maceration Extraction; ME) และวิธีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด (Ultrasound-Assisted Extraction; UAE) ตลอดจนผลของวิธีการสกัดต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับวิธี ME คือ อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น 6 ต่อ 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ใช้เวลาในการสกัด 30 นาที ให้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 11.13 โดยน้ำหนักแห้ง และวิธี UAE ที่ความถี่ 20 กิโลเฮิร์ตซ์ กำลังไฟฟ้า 750 วัตต์ ค่าแอมพลิจูดร้อยละ 80 โดยใช้อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น 2 ต่อ 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และใช้คลื่นเสียงความถี่สูงสกัดตลอดระยะเวลา 15 นาที ให้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 11.42 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพโดยช่วยลดปริมาณการใช้ตัวทำละลายได้ถึง 3 เท่า และลดระยะเวลาในการสกัดเป็น 2 เท่าของวิธี ME ในเรื่ององค์ประกอบของกรดไขมันพบกรดไลโนเลอิก (C18:2) กรดโอเลอิก (C18:1) และกรดปาล์มิติก (C16:0) เป็นกรดไขมันหลัก และพบว่าน้ำมันเมล็ดองุ่นเป็นแหล่งที่ดีของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (PUFA) สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันที่ได้ซึ่งเป็นน้ำมันดิบ ได้แก่ ความหนืด ค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าไอโอดีน และค่าสปอนนิฟิเคชัน มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำมันบริโภค แต่ยังมีค่าความเป็นกรดและค่ากรดไขมันอิสระสูงเกินมาตรฐาน และในการวิเคราะห์วิตามินอีพบในรูปแอลฟา-โทโคฟีรอลปริมาณสูงที่สุด

คำสำคัญ: น้ำมันเมล็ดองุ่น ปริมาณผลผลิตน้ำมัน วิธีการสกัดโดยการแช่ วิธีการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด สมบัติทางเคมีกายภาพ

Thesis	Comparison of Ultrasound-Assisted Extraction with Maceration Extraction Methods of Grape Seed Oil
Student	Miss Waranya Wongwanich
Student ID.	56608010
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2016
Thesis Advisor	Dr. Kittichai Banjong

ABSTRACT

Shiraz grape seeds containing the total oil content of 13.61% (w/w on dry weight) were used by commercial hexane. The objectives of this research were to study the effect of solvent to solid ratio and extraction time of the extraction of grape seed oil and to evaluate the optimal condition for maceration extraction (ME) and ultrasound-assisted extraction (UAE). The effect of extraction methods on yield and quality of grape seed oil were determined. It was found that the optimal condition for ME was obtained at solvent to solid ratio of 6:1 (v/w) and maceration time of 30 min gave 11.13% (w/w on dry basis) oil yield. It was showed that the extractive yield increased with solvent to solid ratio and maceration time. The optimal condition for UAE was achieved at 20 kHz 750 W power and 80% amplitude level using solvent to solid ratio of 2:1 (v/w) and ultrasonication time of 15 min provided 11.42% (w/w on dry basis) oil yield. Increasing the amplitude level and ultrasonication time had benefit to improve the oil yield. Thus UAE was efficient extraction process of oil. In addition, it had been found that the application of ultrasound enables reduction of solvent consumption and extraction time by 3 and 2 times of ME respectively. Concerning fatty acid profile, linoleic (C18:2), oleic acid (C18:1) and palmitic acid (C16:0) were predominant. Grape seed oil found to be a good source of polyunsaturated fatty acid constituting over 85%. For the physicochemical properties of unrefined grape seed oil were determined as viscosity, peroxide value, iodine value and saponification value, which were complied with the standard edible oil value. Vitamin E was analyzed and α -tocopherol was presented the highest amount.

Key words: grape seed oil, oil yield, maceration extraction, ultrasound-assisted extraction, physicochemical properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาลดจนประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ตลอดจนเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งสำหรับการตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สนธิสุข ชีรชัยชยุดิ ผศ.ดร.พอใจ ถาฆากร และ รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้เกียรติเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งตรวจทานแก้ไข และให้คำแนะนำลดจนข้อชี้แนะจนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุก ๆ ท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้และวิชาการต่าง ๆ ให้แก่ข้าพเจ้า ตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษา ณ สถาบันฯ แห่งนี้ จนกระทั่งประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณครอบครัว ที่ให้โอกาสในการศึกษา คอยสนับสนุนช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการเรียนและวิจัยตลอดมา

ขอขอบพระคุณนักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ทุก ๆ ท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน และเพื่อนทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากปราศจากความช่วยเหลืออันดีจากผู้มีพระคุณทั้งหลาย รูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้ และผู้เขียนขอขอบคุณผู้แต่งและสำนักพิมพ์หนังสืออ้างอิงดังกล่าวเป็นอย่างสูง

สุดท้ายผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจอ่านทั่วไป และหากมีข้อความใดหรือเนื้อหาตอนหนึ่งตอนใดผิดพลาดไปเนื่องจากการพิมพ์หรือด้วยเหตุผลใดก็ตาม ผู้จัดทำยินดีรับคำติชมจากผู้อ่านด้วยใจจริง

วรัญญา วงศ์วานิช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กากอุงุ่น	3
2.2 เมล็ดอุงุ่น	3
2.3 น้ำมันเมล็ดอุงุ่น	4
2.4 การสกัด	6
2.5 คลื่นเสียงความถี่สูง	7
2.6 การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง	8
2.7 การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย	10
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	14
3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี	14
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	14
3.3 สารเคมี	15
3.4 สถานที่ทำการทดลอง	16
3.5 วิธีการทดลอง	16
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	21
4.1 องค์ประกอบของเมล็ดคองุ่น	21
4.2 สภาพที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันเมล็ดคองุ่นด้วยวิธีการแช่	21
4.3 สภาพที่เหมาะสมของคลื่นเสียงความถี่สูงช่วยในการสกัดน้ำมันเมล็ดคองุ่น	24
4.4 ปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดคองุ่นที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน	27
4.5 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดคองุ่น	28
4.6 สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันเมล็ดคองุ่น	31
4.7 สมบัติความคงตัวของน้ำมันของน้ำมันเมล็ดคองุ่น	37
4.8 สมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดคองุ่น	38
4.9 ปริมาณวิตามินอี (โทโคฟีรอลและโทโคไตรอินอล) ในน้ำมันเมล็ดคองุ่น	40
4.10 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันเมล็ดคองุ่น	43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	44
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก	50
ภาคผนวก ก	51
ภาคผนวก ข	78
ภาคผนวก ค	80
ภาคผนวก ง	82
ประวัติผู้เขียน	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบโดยประมาณของเมล็ดองุ่นแห้ง (<i>Vitis vinifera</i> cv Shiraz)	21
ตารางที่ 4.2 ผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่นและระยะเวลาในการสกัดโดยวิธีการแช่ที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น	23
ตารางที่ 4.3 ผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่นและระยะเวลาในการสกัดโดยวิธีการแช่ที่มีต่อความสามารถในการสกัดได้ (recovery)	24
ตารางที่ 4.4 ผลของค่าแอมพลิจูดที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น	25
ตารางที่ 4.5 ปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ได้จากวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัดเปรียบเทียบกับวิธีการแช่เพียงอย่างเดียวตลอดระยะเวลาสกัด 15 นาที	27
ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นและปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดของวิธีสกัดที่แตกต่างกัน	28
ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน	30
ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัว, กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (เชิงเดี่ยว) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (เชิงซ้อน) และสัดส่วนของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน	31
ตารางที่ 4.9 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธีต่าง ๆ	36
ตารางที่ 4.10 ความคงตัวของน้ำมันเมล็ดองุ่น	38
ตารางที่ 4.11 สมบัติทางความร้อนการเกิดจุดหลอมเหลว (melting) และการตกผลึก (crystalization) ของน้ำมันเมล็ดองุ่น	39
ตารางที่ 4.12 ปริมาณวิตามินอี (โทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอล) ในน้ำมันเมล็ดองุ่น	42
ตารางที่ 4.13 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของในน้ำมันเมล็ดองุ่น	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 คลื่นความถี่ของคลื่นอัลตราซาวนด์ในช่วงต่าง ๆ	8
ภาพที่ 2.2 การสกัดทางอ้อมโดยอาศัยตัวกลาง หรือเครื่องล้างระบบอัลตราโซนิค	9
ภาพที่ 2.3 การสกัดโดยตรงแบบใช้ ultrasound horn หรือ probe เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นเสียง	9
ภาพที่ 2.4 การสกัดโดยตรงแบบให้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงติดกับถังสกัด	9
ภาพที่ 3.1 การทดลองด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด โดยใช้เวลาสกัดทั้งหมด 15 นาที	18
ภาพที่ 4.1 ผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่นและระยะเวลาในการสกัด โดยวิธีการแช่ที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น	23
ภาพที่ 4.2 ผลของเวลาที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัดที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น	26
ภาพที่ 4.3 ลักษณะสีของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ได้จากการสกัดที่แตกต่างกัน	32
ภาพที่ 4.4 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนการเกิดจุดหลอมเหลวของน้ำมันเมล็ดองุ่น	40
ภาพที่ 4.5 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนการตกผลึกของน้ำมันเมล็ดองุ่น	40
ภาพที่ ก.1 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์ TPC	67
ภาพที่ ก.2 กราฟมาตรฐานโพลีฟีนอลในการวิเคราะห์ด้านอนุมูลอิสระ DPPH	72
ภาพที่ ก.3 กราฟมาตรฐานโพลีฟีนอลในการวิเคราะห์ด้านอนุมูลอิสระ ABTS	76
ภาพที่ ข.1 เทอร์โมแกรมของสมบัติทางความร้อนของอุณหภูมิการเกิดจุดหลอมเหลวของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี ME	78
ภาพที่ ข.2 เทอร์โมแกรมของสมบัติทางความร้อนของอุณหภูมิการตกผลึกของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี ME	78
ภาพที่ ข.3 เทอร์โมแกรมของสมบัติทางความร้อนของอุณหภูมิการเกิดจุดหลอมเหลวของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี UAE	79
ภาพที่ ข.4 เทอร์โมแกรมของสมบัติทางความร้อนของอุณหภูมิการตกผลึกของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี UAE	79
ภาพที่ ค.1 โครมาโตแกรมของชนิดกรดไขมันที่สกัดด้วยวิธี ME	80
ภาพที่ ค.2 โครมาโตแกรมของชนิดกรดไขมันที่สกัดด้วยวิธี UAE	80
ภาพที่ ค.3 โครมาโตแกรมของชนิดโทคอลล์ที่สกัดด้วยวิธี ME	81
ภาพที่ ค.4 โครมาโตแกรมของชนิดโทคอลล์ที่สกัดด้วยวิธี UAE	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ ง.1 กากองุ่นและเมล็ดองุ่น	82
ภาพที่ ง.2 การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธี ME	82
ภาพที่ ง.3 การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธี UAE	83
ภาพที่ ง.4 น้ำมันเมล็ดองุ่นและเฮกเซน (miscella) ที่ได้จากการกรองก่อนระเหย ตัวทำละลาย	83
ภาพที่ ง.5 น้ำมันเมล็ดองุ่นที่ได้หลังระเหยตัวทำละลาย	83



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมล็ดคองุ่นเป็นส่วนประกอบหลักในกากองุ่น ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตไวน์ กากองุ่นประกอบด้วยเปลือก เมล็ด และก้าน โดยมีประมาณร้อยละ 20-25 ของน้ำหนักองุ่นที่ใช้ผลิตไวน์ ในส่วนของเมล็ดคองุ่นมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 40-60 ของกากองุ่น องค์ประกอบภายในของเมล็ดคองุ่นมีน้ำมันประมาณร้อยละ 7-20 เยื่อใยร้อยละ 35 โปรตีนร้อยละ 11 แร่ธาตุร้อยละ 3 น้ำร้อยละ 7 และยังมีอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิกร้อยละ 29 (Matthäs, 2008) จึงสามารถนำเมล็ดคองุ่นไปสกัดเป็นน้ำมันหรือสารช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับอาหารและยาได้ อีกทั้งยังเป็นการช่วยลดปัญหาในการกำจัดของเสียอีกด้วย เมล็ดคองุ่นจึงเป็นวัตถุดิบสำคัญที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผู้ผลิตได้

น้ำมันเมล็ดคองุ่นเป็นผลิตภัณฑ์อีกหนึ่งทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพเนื่องจากภายในเมล็ดคองุ่นอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูงถึงร้อยละ 90 โดยเฉพาะกรดไลโนเลอิกมีมากกว่าร้อยละ 70 และกรดโอเลอิกร้อยละ 15 (Matthäs, 2008) ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ และมีสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ คือ วิตามินอี (tocopherol) ปริมาณ 5-52 มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 100 กรัม ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันเซลล์ประสาทและต่อต้านเนื้องอกลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Bail และคณะ, 2008) น้ำมันเมล็ดคองุ่นจึงได้รับความสนใจจากผู้บริโภคและนักวิจัย ทำให้มีผู้ศึกษาและทำการวิจัยเกี่ยวกับสารสกัดและน้ำมันเมล็ดคองุ่นเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ยา อาหารเพื่อสุขภาพ รวมทั้งเครื่องสำอางด้วย

การสกัดน้ำมันเพื่อต้องการให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมันสูงเพียงพอ ส่วนใหญ่นิยมสกัดด้วยตัวทำละลาย ซึ่งมีวิธีการสกัดที่หลากหลาย ทั้งสกัดโดยใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อน ปัจจุบันได้มีการใช้คลื่นอัลตราซาวนด์ (ultrasound) หรือคลื่นอัลตราโซนิก (ultrasonic wave) ซึ่งเป็นคลื่นเสียงความถี่สูงมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการสกัด เนื่องจากการใช้คลื่นอัลตราซาวนด์กำลังสูงและความถี่ต่ำ (high power and low frequencies) หรือที่เรียกว่า พาวเวอร์อัลตราซาวนด์ (power ultrasound) ความถี่ที่ใช้อยู่ในช่วง 20-100 กิโลเฮิร์ตซ์ มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหาร (Baumann และคณะ, 2005) ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลและทางเคมีของอาหาร โดยเกิดปรากฏการณ์แคปิวเทชัน (cavitation) ทำให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปในวัตถุดิบที่นำมาสกัดได้ดียิ่งขึ้น และมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทมวลสาร (mass transfer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้คลื่นอัลตราซาวนด์ยังไปทำลายพื้นผิวที่บริเวณผนังเซลล์และภายในเซลล์ ทำให้สารที่ต้องการสกัดสามารถออกมาได้ง่ายขึ้น (Mason, 1998)

ในกระบวนการผลิตไวน์จะใช้อุ่นประมาณ 2,500 ตัน ซึ่งในทุก ๆ ปีจะต้องทิ้งเมล็ดที่เหลือจากการผลิต 125 ตัน (ข้อมูลจากโรงงานสยาม ไวน์เออรี่) ทางโรงงานจึงประสบปัญหาในการจัดการของเสีย โดยปกติแล้วเมล็ดองุ่นเหล่านี้จะถูกนำไปกองทิ้งไว้รวมกัน ทำให้เกิดปัญหาพื้นที่ไม่เพียงพอและเกิดการเน่าเสียในโรงงาน (Vayupharp และ Laksanalamai, 2012) ถึงแม้ว่าจะมีการพัฒนาวิธีการสกัดขึ้นมากมายที่ได้ปริมาณผลผลิตสูงและราคาต่ำ แต่มีการศึกษาอยู่ไม่มากที่สนใจในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดองุ่นที่ได้จากโรงงานผลิตไวน์ในประเทศไทย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำเมล็ดองุ่นพันธุ์ Shiraz ซึ่งเป็นสายพันธุ์องุ่นสำหรับทำไวน์แดงที่ปลูกมากที่สุดในประเทศไทยจาก โรงงานอุตสาหกรรมผลิตไวน์มาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันเมล็ดองุ่น โดยการพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดองุ่นเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลื่นเสียงความถี่สูงในกระบวนการสกัด และศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดเพื่อให้สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ต่อยอดในระดับต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น ได้แก่ ระยะเวลาในการสกัด และอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดด้วยวิธีการแช่ (maceration extraction, ME) และวิธีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด (ultrasound-assisted extraction, UAE)

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบวิธีการแช่ (ME) และวิธีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด (UAE) ที่มีต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของน้ำมัน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้มีขอบเขตของการวิจัยคือ การประยุกต์เทคโนโลยีคลื่นเสียงความถี่สูง (อัลตราโซนิก) ในกระบวนการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น เพื่อเปรียบเทียบผลของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีการแช่และวิธีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดทั้งด้านปริมาณผลผลิตและคุณภาพของน้ำมัน โดยวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน และสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ สี ความหนืด ค่าความเป็นกรด ค่ากรดไขมันอิสระ ค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าพาราแอนนิซิดิน ค่าไอโอดีน ค่าสปอนนิฟิเคชัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความคงตัวของน้ำมัน สมบัติทางความร้อน ปริมาณวิตามินอี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมัน เมล็ดองุ่นที่ใช้ในการสกัดน้ำมันได้จากโรงงานผลิตไวน์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 กากองุ่น

กากองุ่นเป็นผลิตภัณฑ์เหลือทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำองุ่นและไวน์ โดยประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักรองุ่นที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้และไวน์ จะเหลือเป็นกากองุ่นซึ่งประกอบด้วย เปลือก เมล็ด และก้าน ทั้งนี้เปลือกและเมล็ดองุ่นจะประกอบไปด้วยสารประกอบฟีนอลิก ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ได้แก่ แอนโทไซยานิน (anthocyanin) โพรไซยานิดิน (procyanidins) คาเทชิน (catechin) และ อีพิกาทะชิน (epicatechin) สารกลุ่มกรดฟีนอลิก ได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid) และสารในกลุ่ม stilbenes ได้แก่ เรสเวอราทรอล (resveratrol) โพรไซยานิดิน (procyanidins) ที่สกัดได้จากเมล็ดองุ่นมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในเซลล์เนื้อเยื่อ และมีประสิทธิภาพในการป้องกันเซลล์เนื้อเยื่อถูกทำลายจากอนุมูลอิสระได้เทียบเท่ากับวิตามินอี สารประกอบฟีนอลิกที่ได้จากองุ่นยังช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของ low-density lipoprotein ทำให้ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจได้

สารประกอบฟีนอลิกในกากองุ่นมีประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงได้รับความสนใจอย่างมากในกลุ่มนักวิจัย อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมยา นอกจากกากองุ่นจะมีสารต้านอนุมูลอิสระแล้ว ยังมีปริมาณไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุที่มีความสำคัญด้วย (Jianmei และ Mohamed, 2013)

2.2 เมล็ดองุ่น

เมล็ดองุ่น มีอยู่ในกากองุ่นร้อยละ 38-52 โดยคิดเป็นน้ำหนักแห้ง ประกอบด้วยน้ำมันร้อยละ 13-19 ซึ่งอุดมไปด้วยกรดไขมันจำเป็น โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดไลโนเลอิก มีประมาณร้อยละ 72-76 ซึ่งสูงกว่าน้ำมันจากเมล็ดพืชชนิดอื่น เช่น เมล็ดดอกคำฝอย เมล็ดทานตะวัน และเมล็ดข้าวโพด ส่วนประกอบดังกล่าวทำให้น้ำมันเมล็ดองุ่นมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีโปรตีนร้อยละ 11 และสารอื่น ๆ ร้อยละ 60-70 ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้ และสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ โทโคฟีรอล และเบตาแคโรทีน (Jianmei และ Mohamed, 2013)

เมล็ดองุ่นประกอบด้วยวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี และกรดไขมันอิสระ เช่น กรดไลโนเลอิก กรดโอเลอิก กรดพาราเมติก และกรดสเตียริก เป็นต้น นอกจากนี้เมล็ดองุ่น ยังประกอบด้วยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) คือ โพรแอนโทไซยานินส์

(proanthocyanins) เป็นจำนวนมาก สารนี้เมื่อรวมตัวกันจะอยู่ในรูปโพลิโเมอร์ริก โพรแอนโทไซยานินส์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิกินส์ (oligomeric proanthocyanidins) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า สาร “OPCs” มีสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีฤทธิ์สูงกว่าวิตามินอีถึง 50 เท่า โดยเข้าไปช่วยเสริมสร้างระบบต่อต้านอนุมูลอิสระในร่างกายให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น และลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง จากคุณสมบัตินี้สาร โพรแอนโทไซยานินส์ (proanthocyanins) จึงช่วยบำรุงผิวพรรณให้เต่งตึง ไม่เหี่ยวแห้งช่วยรักษาฝ้า กระ รักษาความผิดปกติของหลอดเลือด และเส้นเลือดฝอย (สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม, 2549)

2.3 น้ำมันเมล็ดองุ่น

น้ำมันเมล็ดองุ่นประกอบด้วย วิตามินอี (80-120 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) วิตามินซี เบตาแคโรทีน สารที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยค่าร้อยละ 0.8-1.5 ที่อุดมไปด้วยโทโคฟีรอล สเตอรอล (แคมเปสเตอร์อล, เบตา-ไซโตสเตอรอล และสตีกลมาสเตอร์อล) และกรดไขมันหลายชนิด

น้ำมันเมล็ดองุ่นที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์จะประกอบด้วยสารประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงโทโคฟีรอล (5-52 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) และสารประกอบฟีนอลิกจากพืชจำนวนมากทั้งที่มีโมเลกุลต่ำและโมเลกุลสูง ซึ่งเป็นผลให้น้ำมันพืชมีประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกจากนี้ น้ำมันเมล็ดองุ่น ยังมีจุดเกิดควันสูงมาก (ประมาณ 190-230 องศาเซลเซียส) ซึ่งเหมาะสมกับการปรุงอาหารที่ใช้ความร้อนสูง มีการศึกษาจำนวนมากพบว่าน้ำมันมะกอกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเทียบเท่ากับน้ำมันองุ่น จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระวิธี Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) เพื่อประเมินศักยภาพในการใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (Bail และคณะ, 2008)

2.3.1 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดองุ่น

น้ำมันเมล็ดองุ่น เป็นน้ำมันพืชที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงประมาณร้อยละ 90 ของกรดไขมันทั้งหมด มีกรดไลโนเลอิกเป็นองค์ประกอบหลักมากกว่าร้อยละ 70 กรดโอเลอิกประมาณร้อยละ 15 และมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (ร้อยละ 10) เพียงเล็กน้อยสูงกว่าน้ำมันเรพซิด แต่ใกล้เคียงกับน้ำมันพืชอื่น ๆ ที่ใช้กันทั่วไป และมีกรดไขมันอื่น ๆ ปริมาณน้อย มีกรดไลโนเลนิกต่ำกว่าร้อยละ 1 จากการศึกษาพบว่าน้ำมันเมล็ดองุ่นมีกรดไลโอเลอิกและโอเลอิกเป็นองค์ประกอบหลักด้วยองค์ประกอบเหล่านี้ น้ำมันเมล็ดองุ่นจึงมีลักษณะคล้ายกับน้ำมันเมล็ดทานตะวัน ซึ่งประกอบด้วยกรดไลโนเลอิกประมาณร้อยละ 60-70 และกรดโอเลอิกร้อยละ 15-20 และมีกรดไลโนเลนิกเล็กน้อยเช่นเดียวกัน นอกจากนี้จะมีองค์ประกอบของกรดไขมันคล้ายกันแล้ว ยังมีองค์ประกอบของ triacylglycerol คล้ายกันด้วย ได้แก่ trilinolein, oleodilinolein และ palmitodilinolein เป็นส่วนประกอบหลักในน้ำมันเมล็ดองุ่นรวมเป็นร้อยละ 80 ของทั้งหมด และร้อยละ 35, 23 และ 12 ตามลำดับในน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (Matthäs, 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fernandes และคณะ (2013) ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดองุ่นสายพันธุ์ต่าง ๆ พบว่า กรดไลโนเลอิกเป็นกรดไขมันที่มีมากที่สุดคือน้ำมันเมล็ดองุ่น ซึ่งเป็นที่น่าสนใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริโภคอาหารที่มีกรดไลโนเลอิกเป็นองค์ประกอบหลักจะช่วยยับยั้งการสร้าง LDL-cholesterol และเพิ่มการเผาผลาญให้ดีขึ้น เมื่อพิจารณาตามประเภทของกรดไขมันพบว่า มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) > กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) > กรดไขมันอิ่มตัว (SFA)

น้ำมันเมล็ดองุ่นอุดมไปด้วยกรดไลโนเลอิก เป็นแหล่งที่ดีของไขมัน และมีกรดไลโนเลอิกต่ำมาก ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของน้ำมันบริโภค เพราะหากมีกรดไลโนเลอิกสูงจะสามารถก่อให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ในน้ำมัน นอกจากนี้กรดไลโนเลอิกประกอบด้วยพันธะคู่ 3 ตำแหน่งบนสายไฮโดรคาร์บอน ถ้าน้ำมันมีกรดไลโนเลอิกปริมาณมากจะมีความคงตัวต่ำ หรือมีอายุการเก็บรักษาสั้น น้ำมันเมล็ดองุ่นมีปริมาณกรดไลโนเลอิกต่ำ จึงมีประโยชน์ในด้านสุขภาพและอายุการเก็บรักษา

2.3.2 องค์ประกอบของวิตามินอีในน้ำมันเมล็ดองุ่น

โทโคฟีรอลจัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบวิตามินอี ซึ่งสามารถพบได้ในน้ำมันพืชทุกชนิดในปริมาณและองค์ประกอบที่แตกต่างกัน โทโคฟีรอลมีไอโซเมอร์ที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือ แอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคฟีรอล นอกจากนี้กลุ่มของสารประกอบวิตามินอียังมีโทโคไตรอีนอล และ plastochromanol-8 สารประกอบเหล่านี้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระซึ่งช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของน้ำมันที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และมีฤทธิ์ทางชีวภาพในการช่วยปกป้องเซลล์ที่เกิดจากสภาวะความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ความรุนแรงของฤทธิ์ทั้งสองนี้จะเกิดตรงกันข้ามในแต่ละโทโคฟีรอลภายใต้สภาวะอุณหภูมิปกติ ในขณะที่แอลฟา-โทโคฟีรอลเป็นสารประกอบที่ใช้ในการต้านสภาวะความเครียดออกซิเดชันในเซลล์มากที่สุด แต่ออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของน้ำมันที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เพียงเล็กน้อย ดังนั้นน้ำมันที่มีแอลฟา-โทโคฟีรอลสูง เช่น น้ำมันจมูกข้าวสาลีเป็นน้ำมันที่ดีต่อสุขภาพ แต่ป้องกันการเสื่อมสภาพจากการเกิดออกซิเดชันในระหว่างการเก็บรักษาได้ต่ำ (Matthäs, 2008)

น้ำมันเมล็ดองุ่นที่ขายทั่วไปจะมีวิตามินอี 399-785 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ และสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตขององุ่น (Choi และ Lee, 2009) จากงานวิจัยของ Fernandes และคณะ (2013) พบว่าในน้ำมันเมล็ดองุ่นขององุ่น 10 สายพันธุ์ มีปริมาณโทโคฟีรอลแตกต่างกันไป โดยมีค่าประมาณ 328-578 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโทโคฟีรอลทั้งหมดที่พบในน้ำมันเมล็ดองุ่นน้อยกว่าที่พบในน้ำมันถั่วเหลือง (860 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (880 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่ใกล้เคียงกับน้ำมันเมล็ดฝ้าย (560 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และสูงกว่าน้ำมันงา (387 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Baydar และ Akkurt, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การสกัด (Extraction)

การสกัด (extraction) หมายถึง การแยกสิ่งที่ต้องการออกจากสิ่งที่ไม่ต้องการ ในการสกัดของแข็ง-ของเหลว ตัวทำละลายจะต้องแพร่เข้าไปในของแข็งที่อิมด้วยตัวทำละลายไปยังเฟสของตัวทำละลาย อัตราการแพร่หาจากระยะเวลาที่ต้องการให้สมดุลเกิดขึ้นระหว่างเฟสทั้งสอง ซึ่งเวลาสำหรับกระบวนการแพร่เพื่อให้ถึงสมดุลเป็นสัดส่วนกลับกับกำลังสองของระยะทางการแพร่ ดังนั้นในการสกัดด้วยตัวทำละลาย ยิ่งอนุภาคมีขนาดเล็ก ระยะเวลา (residence time) ที่ของแข็งต้องอยู่ในขั้นตอนการสกัดยิ่งสั้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าขนาดของอนุภาคของของแข็งจะมีผลต่ออัตราการสกัด คือ ยิ่งอนุภาคมีขนาดเล็ก พื้นที่ผิวสัมผัส (interfacial area) ระหว่างของแข็งและของเหลวยิ่งมาก ทำให้อัตราการถ่ายเทขององค์ประกอบที่ละลายได้เพิ่มมากขึ้นก็ตาม แต่ในกรณีที่สารเป็นอนุภาคละเอียดมาก อาจก่อให้เกิดความต้านทานหรือยับยั้งการหมุนเวียนของตัวทำละลายที่จะผ่านชั้นของของแข็ง ทำให้พื้นที่ผิวของการสัมผัสที่มากขึ้นก็ไม่ได้ช่วยในเรื่องอัตราการถ่ายเทมวล (ปัทมธร ภัทรสถาพรกุล, 2551) วิธีที่ใช้ในการสกัดอาจแบ่งเป็น

2.4.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย

การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นการให้ของเหลวไปชะสารเคมีที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืช เพื่อที่จะนำสารสำคัญที่ต้องการนั้นออกมา ดังนั้นชนิดของตัวทำละลายจึงมีผลต่อสารสกัด ถึงแม้ว่าพืชที่ทำการสกัดนั้นจะเป็นพืชชนิดเดียวกันก็ตาม การสกัดด้วยตัวทำละลายจะใช้หลักการที่ว่าสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกันได้ไม่เท่ากัน เช่น มีสารสองชนิดคือ สาร a และสาร b ปนกันอยู่แต่สาร a ละลายได้ดีในเฮกเซน และสาร b ไม่ละลายในเฮกเซน ดังนั้น เมื่อเทเฮกเซนลงไปสาร a ก็จะละลาย แต่สาร b จะไม่ละลาย ซึ่งถ้าเป็นของแข็งกับของเหลวก็ให้ทำการกรองต่อ แต่ถ้าเป็นของเหลวกับของเหลว ก็ให้ใช้กรวยแยกในการแยกต่อไป หรือถ้าตัวทำละลายระเหยได้ง่ายก็ให้ไประเหยตัวทำละลายออกไป

สำหรับการสกัดด้วยตัวทำละลายมี 5 วิธี ได้แก่

- การสกัดแบบให้ของเหลวไหลผ่าน (percolation)
- การสกัดแบบแช่อยู่ (maceration with solvent)
- การสกัดด้วยน้ำร้อน (boiling with water หรือ infusion)
- การสกัดด้วยไขมันเย็น (extraction with cold fat หรือ enfleurage)
- การสกัดด้วยไขมันร้อน (extraction with hot fat)

2.4.2 การกลั่น หรือการสกัดด้วยไอน้ำ จะใช้หลักการให้ไอน้ำพาสารที่เราต้องการออกมา โดยสารนั้นควรมีจุดเดือดต่ำ ระเหยง่าย และไม่ละลายน้ำ แต่ถ้าเป็นสารที่มีจุดเดือดสูงจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงความดันเข้าช่วยเพื่อให้สารนั้นกลายเป็นไอได้โดยยังไม่ถึงจุดเดือดปกติของสาร

โดยมากจะใช้ในการสกัดพวกน้ำมันหอมระเหยจากพืช

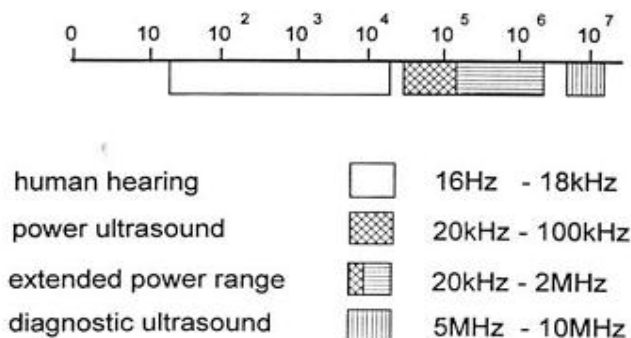
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การใช้เทคนิคสมัยใหม่เข้าช่วย ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการสกัดสารด้วยตัวทำละลายร่วมกับวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้สารสำคัญออกมาจากตัวพืชมากขึ้นและมีคุณภาพดี หรือช่วยลดระยะเวลาให้การสกัดให้เร็ว เช่น การสกัดด้วยของเหลวยิ่งยวด (supercritical fluid extraction) การสกัดโดยใช้พลังงานไฟฟ้าช่วย (extraction by electrical energy) การสกัดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก (ultrasonically assisted extraction)

2.5 คลื่นเสียงความถี่สูง

คลื่นเสียงความถี่สูง เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า คลื่นอัลตราโซนิก (ultrasonic waves) หรือคลื่นอัลตราซาวนด์ (ultrasound wave) หมายถึง พลังงานที่เกิดจากคลื่นเสียงที่มีการสั่นของคลื่นประมาณ 20,000 ครั้งต่อวินาที หรือสูงกว่า (Hoover, 2000) หรือหมายถึง คลื่นความดัน (pressure waves) ที่มีความถี่ (frequency) สูงกว่าคลื่นเสียงปกติ (สูงกว่า 20,000 กิโลเฮิร์ตซ์) ส่วนคำว่า อัลตราโซนิก (ultrasonic) หรือ โซนิเคชันส์ (sonications) หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับคลื่นเสียงหรืออัลตราซาวนด์ในช่วงความถี่ดังกล่าวซึ่งมนุษย์ไม่สามารถได้ยิน โดยทั่วไปแล้วคลื่นเสียง (sound) ที่มนุษย์ได้ยินนั้น เกิดจากการสั่นสะเทือนของตัวกลางที่ยืดหยุ่น (elastic medium) ที่มีความถี่อยู่ในช่วง 20-20,000 กิโลเฮิร์ตซ์ คลื่นเสียงผ่านเข้าสู่ตัวกลางที่ยืดหยุ่นในลักษณะที่เป็นคลื่นตามยาว (longitudinal waves) แต่คลื่นเสียงที่ผ่านเข้าไปภายในวัตถุที่เป็นของแข็งอาจอยู่ในลักษณะที่เป็นคลื่นตามยาวหรือคลื่นตามขวาง (transverse waves)

ในการศึกษาการใช้ประโยชน์จากอัลตราซาวนด์ตั้งแต่ต้นจนถึงปัจจุบัน พบว่ามีการนำอัลตราซาวนด์ มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหรือในกระบวนการแปรรูปอาหาร โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การใช้อัลตราซาวนด์กำลังต่ำและความถี่สูง (low power and high frequencies) ความถี่ที่ใช้อยู่ในช่วง 5-10 เมกะเฮิร์ตซ์ และให้พลังงานเสียงอยู่ในระดับ 100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ถึง 1 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งใช้ในด้านการศึกษาวิเคราะห์ (diagnostic ultrasound) เป็นส่วนใหญ่ และการใช้อัลตราซาวนด์กำลังสูงและความถี่ต่ำ (high power and low frequencies) หรือที่เรียกว่าพาวเวอร์อัลตราซาวนด์ (power ultrasound) ความถี่ที่ใช้อยู่ในช่วง 20-100 กิโลเฮิร์ตซ์ และให้พลังงานเสียงอยู่ในระดับ 10-1000 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ลักษณะเครื่องผลิตอัลตราซาวนด์ชนิดดังกล่าวนี้เป็นแบบโพรบ (probe) (Baumann และคณะ, 2005) มักนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหาร



ภาพที่ 2.1 คลื่นความถี่ของคลื่นอัลตราซาวนด์ในช่วงต่าง ๆ

ที่มา: Mason (1998)

การใช้พาวเวอร์อัลตราโซนิกในกระบวนการแปรรูปอาหาร ทำให้เกิดผลต่อคุณสมบัติทางกลและทางเคมีของอาหาร เนื่องจากคลื่นดังกล่าวทำให้เกิดปรากฏการณ์แคปวิเตชัน (cavitation) และส่วนมากใช้คลื่นในช่วงความถี่ 20-40 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์ อัลตราโซนิกทั่วไปที่ใช้ในการทำความสะดวก การทำให้เซลล์แตกและในการขึ้นรูปพลาสติก เป็นต้น

2.6 การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasound-assisted extraction; UAE)

การประยุกต์ใช้คลื่นอัลตราซาวนด์ หรือคลื่นเสียงความถี่สูง ในการสกัดพืช เนื่องจากเนื้อเยื่อของพืชที่ประกอบเป็นเซลล์นั้นมีผนังเซลล์อยู่ชั้นนอกสุดซึ่งจะเป็นตัวต้านทานการสกัดได้ การใช้คลื่นอัลตราซาวนด์ความถี่ต่ำ (low frequency ultrasound) 20-100 กิโลเฮิร์ตซ์ ช่วยในการสกัด ซึ่งการสกัดจะประกอบด้วยสองขั้นตอน คือ กระบวนการแพร่ผ่านผนังเซลล์ของตัวทำละลาย และการชะสารสำคัญ ออกจากเซลล์เมื่อผนังเซลล์ ถูกทำลายลง ส่วนการสกัดพืชแห้งจะเพิ่มอีกหนึ่งกระบวนการคือ กระบวนการดูดน้ำกลับ (Hydration and swelling) ซึ่งอัลตราซาวนด์ทำให้ Swelling index สูงขึ้นดีกว่าการใช้การกวนทางกลธรรมดา และอัลตราซาวนด์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการดังกล่าว ได้โดยการเกิดปรากฏการณ์แคปวิเตชัน (cavitation) เนื่องจากคลื่นประกอบด้วยช่วงอัดและช่วงขยาย ในช่วงขยายเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวทำละลาย จะทำให้เกิดฟอง (bubble) ของตัวทำละลายขนาดเล็กจำนวนมาก เมื่อฟองเหล่านี้ได้รับแรงจากคลื่นในช่วงอัด จะทำให้ฟองแตกออกและเกิดเป็น microjet ที่มีความแรงมากทำให้ผนังเซลล์ของพืชถูกทำลาย เมื่อผนังเซลล์ของพืชแตกออกจะทำให้อัตราการถ่ายเทมวลสารเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการชะสารสำคัญออกจากเซลล์พืชที่ถูกทำลายได้มากขึ้น

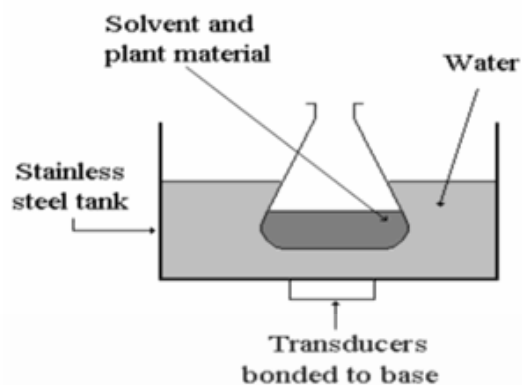
การสกัดโดยวิธี UAE มี 3 รูปแบบ ได้แก่

1. การสกัดทางอ้อมโดยอาศัยตัวกลาง เช่น น้ำในการส่งผ่านคลื่นเสียง

2. การสกัดโดยตรงแบบใช้ ultrasound horn หรือ probe เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นเสียง

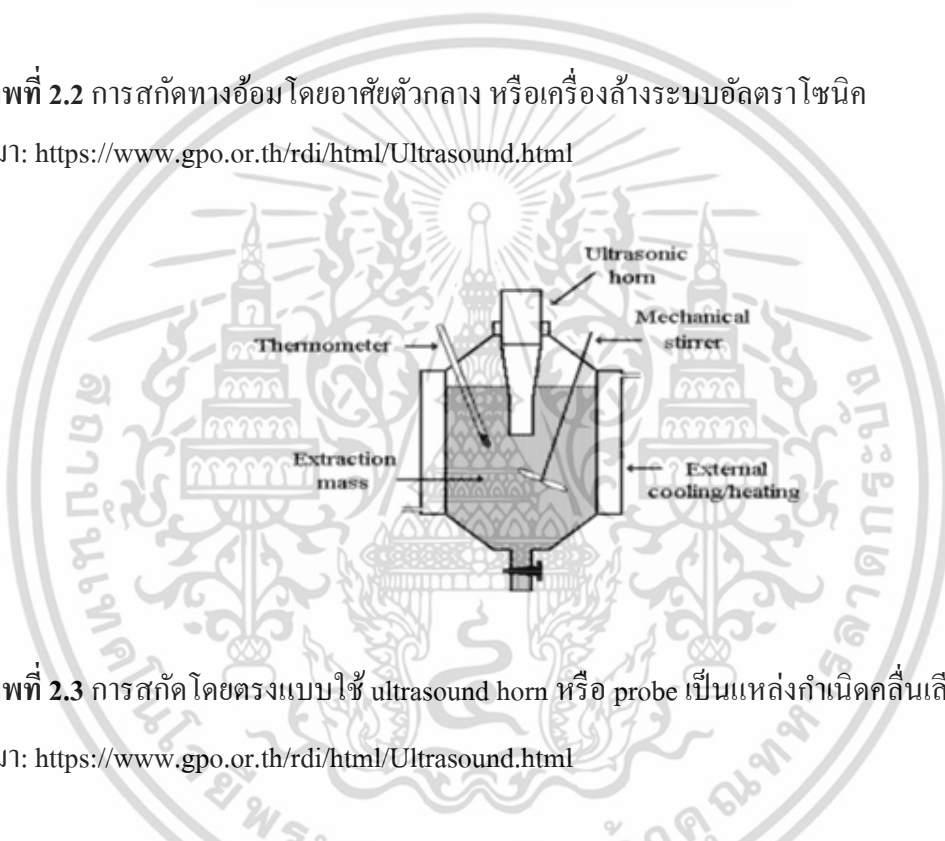
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การสกัดโดยตรงแบบให้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงติดกับถังสกัด (สุเมธ บุญเกิด, 2555)



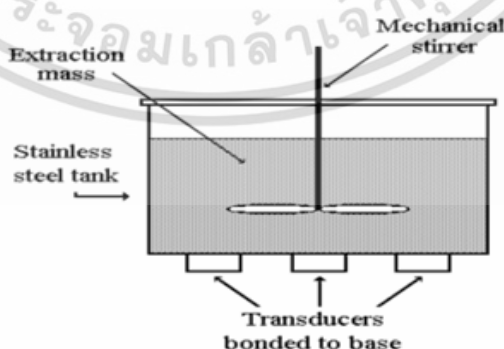
ภาพที่ 2.2 การสกัดทางอ้อมโดยอาศัยตัวกลาง หรือเครื่องล้างระบบอัลตราโซนิก

ที่มา: <https://www.gpo.or.th/rdi/html/Ultrasound.html>



ภาพที่ 2.3 การสกัดโดยตรงแบบใช้ ultrasonic horn หรือ probe เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นเสียง

ที่มา: <https://www.gpo.or.th/rdi/html/Ultrasound.html>



ภาพที่ 2.4 การสกัดโดยตรงแบบให้แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงติดกับถังสกัด

ที่มา: <https://www.gpo.or.th/rdi/html/Ultrasound.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

การสกัดไขมันหรือน้ำมันออกจากวัตถุดิบด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก และใช้สกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันต่ำ หรือสกัดน้ำมันออกจากกากที่เหลือจากการบีบด้วยเครื่องอัด ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดจะต้องไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ได้แก่ เฮกเซน (n-hexane) คาร์บอนไดซัลไฟด์ และไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น ตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุด คือ เฮกเซน

วิธีการสกัดทำได้โดยให้ตัวทำละลายซึมผ่านเมล็ดที่บดละเอียด น้ำมันที่อยู่ในเมล็ดจะละลายออกมาด้วยตัวทำละลาย เมื่อน้ำมันละลายออกมาหมดแล้ว นำไปกลั่นแยกเอาตัวทำละลายออก สารละลายของน้ำมันในตัวทำละลาย เรียกว่า miscella ซึ่งประกอบด้วย ตัวทำละลาย น้ำหรือความชื้น น้ำมัน และกาก ซึ่งกากจะแยกออกจากน้ำมัน โดยการกรอง ส่วนเฮกเซนและน้ำ แยกออกโดยการระเหย (evaporation) ที่ความดันต่ำ และได้น้ำมันออกมาประมาณร้อยละ 98 และมีความชื้นเหลืออยู่น้อยกว่าร้อยละ 0.15 โดยน้ำหนัก ขั้นตอนการระเหยเอาตัวทำละลายออกต้องใช้ความร้อนอุณหภูมิที่สูงที่สุด เพราะหากใช้อุณหภูมิสูงเกินไป จะเร่งให้เกิดออกซิเดชัน ทำลายสารต้านออกซิเดชัน และทำให้น้ำมันที่ได้มีสีเข้มขึ้น

การใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายจะได้ปริมาณสูงกว่าวิธีอื่น เมล็ดพืชบางชนิดใช้วิธีการบีบร่วมกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย อย่างไรก็ตามการสกัดด้วยตัวทำละลายจะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าวิธีอื่น ๆ เพราะตัวทำละลายมีราคาแพง ถึงแม้จะกลั่นแยกเอาตัวทำละลายกลับมาใช้ได้ก็ก็ตาม แต่ก็มีส่วนที่ระเหยหายไปด้วย น้ำมันที่ได้ออกมาเป็นน้ำมันที่ไม่บริสุทธิ์ เรียกว่า crude oil มักมีสารประกอบต่าง ๆ ปนอยู่มากมาย ต้องนำไปผ่านกระบวนการทำให้้ำมันบริสุทธิ์ต่อไป

น้ำมันที่มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติบางชนิด เช่น น้ำมันมะกอก ไม่สามารถใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายได้ เพราะจะทำให้กลิ่นหายไปขณะที่กลั่นแยกเอาตัวทำละลายออก นอกจากนั้นพวกไขมันสัตว์ก็ไม่สามารถใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายได้ จะใช้วิธีการเจียวและบีบเท่านั้น

2.7.1 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดไขมันและน้ำมัน

2.7.1.1 ปริมาณของตัวทำละลาย ถ้าใช้ปริมาณตัวทำละลายในการสกัดมากจะทำให้สกัดน้ำมันออกมาได้มากและมีน้ำมันเหลืออยู่ในกากน้อย แต่ถ้าใช้ตัวทำละลายมากก็ต้องใช้เวลานานในการระเหย เอาตัวทำละลายออก ทำให้สูญเสียตัวทำละลายที่ระเหยออกไปมากขึ้นด้วย ดังนั้น ตัวทำละลายที่ใช้ควรมีปริมาณที่เหมาะสม โดยปกติการสกัดน้ำมันจากเมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดนุ่น และเมล็ดฝ้าย จะใช้ตัวทำละลาย ต่อน้ำหนักของเมล็ดพืชที่สกัดในอัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง

2.7.1.2 ชนิดของตัวทำละลาย ตัวทำละลายหลายชนิดใช้สกัดน้ำมันได้ และตัวทำละลายแต่ละชนิดจะมีสมบัติเฉพาะแตกต่างกันออกไป ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของเมล็ดพืช และไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุด คือ เฮกเซน

2.7.1.3 อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด การสกัดด้วยตัวทำละลายต้องใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 60 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยทำให้น้ำมันละลายออกมาจากเมล็ดพืชได้ง่าย

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

2.7.1.5 ความชื้นของเมล็ดพืช เมล็ดพืชที่นำมาสกัดควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และตัวทำละลายจะต้องไม่มีน้ำหรือความชื้นปนอยู่ เพราะจะทำให้สกัดน้ำมันออกได้ยาก

2.7.1.6 เวลาที่ใช้ในการสกัด การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย ต้องใช้เวลานานพอสมควรเพื่อให้ตัวทำละลายสามารถสกัดเอาน้ำมันออกมาให้ได้มากที่สุด โดยทั่ว ๆ ไปจะใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Luque-García และ Luque de Castro (2004) ได้พัฒนาและดัดแปลงเครื่องมือสำหรับการสกัดไขมันทั้งหมดจากเมล็ดพืชน้ำมัน เรียกว่าการสกัดแบบ UASE (Ultrasonic-assisted soxhlet extraction) โดยให้ soxhlet chamber อยู่ใน thermostated water bath ที่มีน้ำเป็นตัวกลางอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส และให้ ultrasonic probe (ความถี่ 20 กิโลเฮิร์ตซ์, กำลัง 100 วัตต์) จุ่มลงไปใต้น้ำเหนือผิว soxhlet chamber 1 มิลลิเมตร วางเอียง 45 องศา สูงจากก้น water bath 9 เซนติเมตร ผ่านลงไปเพื่อให้คลื่นอัลตราซาวด์ช่วยในการสกัด จากผลการเปรียบเทียบวิธีการสกัดแบบ Soxhlet extraction พบว่า ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากวิธี UASE ให้ผลเท่ากับหรือมากกว่าวิธี soxhlet ซึ่งต้องใช้เวลาอย่างน้อย 2 เท่าของวิธี UASE และเมื่อศึกษาอิทธิพลของคลื่นอัลตราซาวด์ต่อองค์ประกอบของน้ำมัน โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography เปรียบเทียบการสกัดทั้ง 2 วิธี โดยใช้เมล็ด 3 ชนิด คือ เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดดอกทานตะวัน และเมล็ดเรพ (rape seed) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในวิธีการสกัด แสดงว่า คลื่นอัลตราซาวด์ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของน้ำมัน

จากรายงานของ Hemwimol และคณะ (2006) ได้อธิบายว่า คลื่นอัลตราโซนิกที่มี amplitude สูงจะผ่านไปยังของเหลวได้ดี ฟองอากาศจะแตกอย่างรุนแรงกว่า ซึ่งช่วยในการทำลายเนื้อเยื่อเซลล์ และช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพในการสกัดด้วย

Zhang และคณะ (2008) ได้สกัดน้ำมันจากเมล็ดแฟลก (flaxseed) ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบใช้ flat tip probe ขนาด 2 เซนติเมตร เป็นคลื่นก้านิดเสียงโดยตรง โดยใช้ผงเมล็ดแฟลกผสมกับตัวทำละลาย n-hexane 100 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์พลาสติกขนาด 200 มิลลิลิตร สกัดอย่างต่อเนื่อง ใช้อัลตราโซนิกความถี่ 20 กิโลเฮิร์ตซ์ พบว่าเมื่อเพิ่มกำลังจาก 20 วัตต์ เป็น 50 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 66.77 เป็นร้อยละ 84.9 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 12) ผลของเวลาในการสกัด พบว่า ในช่วง 15 นาทีแรก ปริมาณน้ำมันที่สกัดด้วยอัลตราโซนิกกับวิธีการแช่ (maceration extraction) แตกต่างกันประมาณร้อยละ 12 และเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ หลังจาก 30 นาที แตกต่างกันประมาณร้อยละ 18 แสดงให้เห็นว่าคลื่นอัลตราโซนิกมีประสิทธิภาพสูงในช่วง 30 นาทีแรก ผลของอุณหภูมิ พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดแบบแช่ปริมาณของน้ำมัน ไม่เปลี่ยนแปลง โดยปริมาณน้ำมันจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 0.1 จากการเพิ่มอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็น 50 องศาเซลเซียส แต่ในการสกัดโดยอัลตราโซนิกปริมาณน้ำมันจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะได้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 83 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะได้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 77 โดยจะลดลงจากเดิมประมาณร้อยละ 6 ผลของอัตราส่วนตัวทำละลายต่อของแข็งโดยใช้อัตราส่วน 4:1, 6:1, 10:1 และ 20:1 ปริมาตรโดยน้ำหนัก พบว่า การสกัดด้วยอัลตราโซนิกให้ผลดีกว่าแบบแช่ ในทุกอัตราส่วน โดยการใช้ อัลตราโซนิกและอัตราส่วนตัวทำละลายต่อของแข็งมีผลต่อปริมาณน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในเรื่องขององค์ประกอบของกรดไขมัน พบว่า การสกัดทั้ง 2 วิธีให้ผลไม่แตกต่างกัน สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันเมล็ดแฟลกด้วยอัลตราโซนิก คือ ที่กำลัง 50 วัตต์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และอัตราส่วน 6:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก

Fernandes และคณะ (2013) ได้ศึกษาลักษณะของน้ำมันเมล็ดองุ่นจากองุ่น 10 สายพันธุ์ โดยการสกัดด้วยวิธี soxhlet และใช้ petroleum เป็นตัวทำละลาย สกัดนาน 24 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณน้ำมันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ขององุ่น โดยมีปริมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 6-13 เมื่อนำมาวิเคราะห์ องค์ประกอบของกรดไขมัน และสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ แสดงให้เห็นว่า น้ำมันเมล็ดองุ่น เป็นแหล่งที่ดีของ γ -tocotrienol, α -tocopherol และ α -tocotrienol และอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไลโนเลอิก อีกทั้งยังมีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ด้วย

Da Porto และคณะ (2013) ได้ศึกษาถึงวิธีการสกัดน้ำมันและสารโพลีฟีนอลในเมล็ดองุ่น โดยการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต องค์ประกอบของกรดไขมัน และค่า UV indices ในน้ำมันที่ได้ จากวิธีการสกัดแบบธรรมดา (Soxhlet extraction) กับวิธีใช้คลื่นอัลตราซาวนด์ช่วยในการสกัด (Ultrasound-assisted extraction) การสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแบบใช้ probe เป็นแหล่งกำเนิดเสียงโดยตรง ให้ probe จุ่มลงในสารละลาย 4 เซนติเมตร โดยใช้ผงเมล็ดองุ่น 25 กรัม และ n-hexane ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เป็นตัวทำละลายในบีกเกอร์ขนาด 250 mL ใช้คลื่นอัลตราโซนิก ความถี่ 20 กิโลเฮิร์ตซ์ และกำลังแตกต่างกัน คือ 50, 100 และ 150 วัตต์ เวลาสกัด 30 นาที ควบคุม อุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ส่วนวิธีการสกัดแบบธรรมดา ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลาสกัด 6 ชั่วโมง ผลของน้ำมันที่ได้จากการสกัด พบว่าเมื่อเพิ่มกำลังอัลตราโซนิกจาก 50 วัตต์ เป็น 150 วัตต์ ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 11.42 เป็นร้อยละ 14.08 โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำมัน ที่สกัดด้วย soxhlet มีปริมาณสูงถึงร้อยละ 14.64 โดยน้ำหนัก แต่การสกัดด้วยอัลตราโซนิกที่กำลัง

150 วัตต์ เวลา 30 นาที สามารถช่วยเพิ่มปริมาณน้ำมันได้สูงถึงประมาณร้อยละ 14 เทียบได้กับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ soxhlet ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง ส่วนในเรื่ององค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมัน พบว่า การใช้อัลตราโซนิกไม่มีผลต่อองค์ประกอบของไขมันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันที่สกัดด้วย soxhlet มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 232 และ 268 นาโนเมตร สูงกว่าน้ำมันที่สกัดด้วยอัลตราโซนิก กล่าวคือ น้ำมันที่สกัดด้วยอัลตราโซนิกถูกออกซิไดซ์ได้น้อยกว่าวิธี soxhlet และค่า K_{232} และ K_{268} จะลดลงเมื่อเพิ่มกำลังจาก 50 วัตต์ เป็น 150 วัตต์

Samaram และคณะ (2014) ได้ประเมินความเป็นไปได้ของการใช้วิธีการสกัดด้วยอัลตราโซนิกในการสกัดน้ำมันเมล็ดมะละกอด้วยเครื่อง ultrasonic bath extractor โดยให้น้ำเป็นตัวกลางในการส่งผ่านคลื่นเสียง โดยใช้อัตราผสมเมล็ดมะละกอดต่อ n-hexane 1:8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดแบบธรรมดา 2 วิธี คือ สกัดโดยใช้ soxhlet และสกัดโดยเขย่าด้วย water bath shaker ซึ่งใช้ผงเมล็ดมะละกอด 1 กรัมต่อ n-hexane 10 มิลลิลิตร ได้ศึกษาในเรื่องการตกผลึกและสมบัติด้านความร้อน, สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมัน และความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชัน พบว่า น้ำมันที่สกัดด้วยอัลตราโซนิกมีความคงตัวมากที่สุด โดยให้สีอ่อนที่สุด และมีสารที่สปอนิฟายไม่ได้ต่ำที่สุด และมีความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชันสูงกว่าวิธีอื่น ๆ โดยใช้สภาวะสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที อัตราส่วนของแข็งต่อตัวทำละลาย 1:8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร คลื่นอัลตราซาวด์ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ และกำลัง 700 วัตต์ ส่วนวิธีการสกัดด้วย ตัวทำละลายโดยการเขย่าใช้เวลานานถึง 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้น้ำมันที่มีความคงตัวน้อยที่สุด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 กากองุ่นสดพันธุ์ชiraz (*Vitis vinifera* L. cv. Shiraz) ที่เหลือหลังจากบีบน้ำสำหรับผลิตไวน์ วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2558 จากบริษัท สยาม ไวน์เออรี่ จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร อบแห้งทันที บรรจุในถุงกระสอบ เก็บไว้ในตู้สุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลอง

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 เครื่องบดหยาบ (Hammer mill)	
3.2.2 ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer)	
3.2.3 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)	Memmert (UM 400), Germany
3.2.4 เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum pump)	Sahaburapa (SP-1A), Thailand
3.2.5 เครื่องอัลตราโซนิก	Sonics & Materials (Vibra cell VC-750), USA
3.2.6 เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator)	Buchi (R-215), Switzerland
3.2.7 เครื่องย่อยไนโตรเจน (Kjeldatherm)	Gerhardt (KB 8S), Germany
3.2.8 เครื่องกลั่นไนโตรเจน (Vapodest)	Gerhardt (VAP 30S), Germany
3.2.9 เครื่องสกัดไขมัน (Soxtherm)	Gerhardt (S306AK), Germany
3.2.10 เครื่องวิเคราะห์เชื้อใย	Foss (Fibertec™ M6-1020), Denmark
3.2.11 เตาเผา (Muffle furnace)	Nabertherm LT40, Germany
3.2.12 เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง	Ohuau (ARC 120), USA
3.2.13 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง	Denver (SI-324), Germany
3.2.14 กระดาษกรองเบอร์ 1	Whatman, England
3.2.15 กระดาษกรองเบอร์ 113	Whatman, England
3.2.16 เครื่องวัดสี	Hunter Lab (Color Quest XE), USA
3.2.17 เครื่องวัดความหนืด	Brookfield (DV-III), USA
3.2.18 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	Shimadzu (UV-1601), Japan
3.2.19 เครื่อง Gas Chromatography (GC)	Agilent (6890N), USA
3.2.20 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	Hitachi (L-2130), Japan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.21 เครื่องวิเคราะห์ความคงตัวของไขมัน	Metrohm (743 Rancimat), Switzerland
3.2.22 เครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC)	METTLER TOLEDO (DSC 2), Switzerland
3.2.23 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)	Beckman Coulter, USA
3.2.24 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)	Hettich zentrifugen, Germany
3.2.25 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)	Memmert-WNB 7-45, Germany
3.2.26 โถสำหรับดูดความชื้น (Desiccator)	
3.2.27 Vortex mixer	
3.2.29 เตาหลอม	
3.2.30 Micropipettes และ Tips	
3.2.31 Hot plate stirrer	
3.2.32 Thermometer	
3.2.33 อุปกรณ์เครื่องแก้ว	

3.3 สารเคมี

3.3.1 Hexane (Commercial grade)	Etalmar, Thailand
3.3.2 Potassium hydroxide	Ajax Finechem, Australia
3.3.3 Acetic acid	RCI Labscan, Thailand
3.3.4 Chloroform	RCI Labscan, Thailand
3.3.5 Hydrochloric acid	RCI Labscan, Thailand
3.3.6 Acetone	Carlo Erbo, Italy
3.3.7 Cyclohexane	RCI Labscan, Thailand
3.3.8 Wij's reagent	Panreac, USA
3.8.9 DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)	Sigma, USA
3.8.10 Trolox (6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid)	Sigma, USA
3.8.11 Folin-Ciocalteu's	Carlo Erba, Italy
3.8.12 <i>p</i> -Anisidine	Acros, Belgium
3.8.13 Isooctane	Merck, Germany
3.8.14 Gallic acid monohydrate	Sigma, USA
3.8.15 Sodium carbonate	Merck, Germany

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.16 Sulfuric acid	RCI Labscan, Thailand
3.8.17 Ethyl alcohol 95%	Etalmar, Thailand
3.8.18 Potassium iodide	Carlo Erba, Italy
3.8.19 Sodium hydroxide	Carlo Erba, Italy
3.8.20 Sodium thiosulfate	Carlo Erba, Italy
3.8.21 Starch	Fluka, Germany
3.8.22 Phenolphthaleine	Carlo Erba, Italy
3.8.23 ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid))	Sigma, USA
3.8.24 Potassium persulphate	Carlo Erba, Italy
3.8.25 Methanol	Sigma, USA

3.4 สถานที่ทำการทดลอง คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การเตรียมวัตถุดิบและศึกษาองค์ประกอบของเมล็ดคองุ่น

นำกากองุ่นสดไปอบไล่ความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อน (tray dryer) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แยกเมล็ดคองุ่นออกจากเปลือก และก้าน จากนั้นนำเมล็ดคองุ่นที่ได้มาบดด้วยเครื่องบดหยาบ (hammer mill) ผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างเมล็ดคองุ่นที่ผ่านการบดแล้วในถุง บรรจุแบบสุญญากาศเก็บในที่แห้ง และเย็นที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลอง

วิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดคองุ่นแห้ง ได้แก่ ปริมาณความชื้น (moisture) ไขมัน (crude fat) โปรตีน (crude protein) เถ้า (ash) เยื่อใย (crude fiber) และคาร์โบไฮเดรต (crude carbohydrate) ตามวิธี AOAC (2011)

3.5.2 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันเมล็ดคองุ่นด้วยวิธีการแช่ (maceration extraction; ME)

ชั่งตัวอย่างผงเมล็ดคองุ่น 10 กรัมลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลละลายเฮกเซน ตามอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดคองุ่นที่กำหนด ปิดฝา ตั้งที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลาที่ควบคุมแล้วนำมากรองสุญญากาศผ่านกระดาษกรอง (Whatman) เบอร์ 1 เพื่อกรองเอาส่วนที่เป็นของแข็งออก จากนั้นนำไปแยกตัวทำละลายออกจากน้ำมันด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระเหยจนกว่าตัวทำละลายจะหมด กรองสุญญากาศ

ด้วยกระดาษกรอง (Whatman) เบอร์ 113 (สำหรับงานกรองน้ำมันโดยเฉพาะ) คำนวณหาปริมาณผลผลิต (% yield) ตามสมการ (1)

$$\text{Oil yield (\%)} = \frac{\text{weigh of oil (g)}}{\text{weigh of dry matter (g)}} \times 100 \quad (1)$$

การหาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดสำหรับวิธีการแช่เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงเพียงพอ โดยศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดคองุ่น กำหนดเป็น 3 ระดับ คือ 2:1, 4:1 และ 6:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และระยะเวลา ในการสกัด กำหนดเป็น 7 ระดับ คือ 1, 3, 5, 10, 15, 30 และ 60 นาที เพื่อเลือกอัตราส่วนการสกัดที่ลดการสิ้นเปลืองตัวทำละลายและยังคงให้ปริมาณผลผลิตสูงเพียงพอ และเลือกอัตราส่วนที่ให้ปริมาณผลผลิตต่ำกว่าหรือประมาณร้อยละ 70 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดคองุ่น เพื่อนำไปปรับปรุงโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด และความเป็นไปได้ในการเพิ่มปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดคองุ่นที่สกัดด้วยวิธีการแช่น้ำมันเมล็ดคองุ่นที่สกัดได้จากสถานะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวิธีการแช่ เก็บในขวดสีชาปิดสนิท ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันเมล็ดคองุ่นต่อไป วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลในบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (3×7 Factorial in RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ กำหนดระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 โดยเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดคองุ่นที่ได้

3.5.3 สถานะที่เหมาะสมของคลื่นเสียงความถี่สูงช่วยในการสกัดน้ำมันเมล็ดคองุ่น (ultrasound-assisted extraction; UAE)

ซึ่งตัวอย่างผงเมล็ดคองุ่น 10 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 300 มิลลิลิตร เติมตัวทำละลายเฮกเซน ตามอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดคองุ่น และระยะเวลาในการสกัดที่ได้ทำการศึกษาในหัวข้อ 3.5.2 คือ อัตราส่วนตัวทำละลายต่อผงเมล็ดคองุ่น 2:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และระยะเวลาในการสกัด 15 นาที โดยใช้เครื่องอัลตราโซนิกครุ่น Vibra Cell VC-750 ซึ่งให้คลื่นเสียงความถี่สูง 20 กิโลเฮิร์ตซ์ กำลังไฟฟ้า 750 วัตต์ ผ่านโพรบโลหะ (ultrasonic probe) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร สามารถปรับค่าพลังงานของคลื่นได้ในช่วงร้อยละ 1-100 ของค่าแอมพลิจูด (amplitude) สูงสุด เปิดเครื่องอัลตราโซนิกให้สกัดตามเวลาที่กำหนดในแผนการทดลอง จากนั้นนำไปสกัดต่อโดยการแช่ตั้งทิ้งไว้จนครบเวลาสกัดทั้งหมด เมื่อครบเวลาที่ควบคุมแล้วนำมากรองสุญญากาศ ระเหยตัวทำละลาย และคำนวณหาปริมาณผลผลิต (% yield) เช่นเดียวกับวิธี 3.5.2

3.5.3.1 ค่าแอมพลิจูด (amplitude) ของคลื่นเสียงความถี่สูงที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น

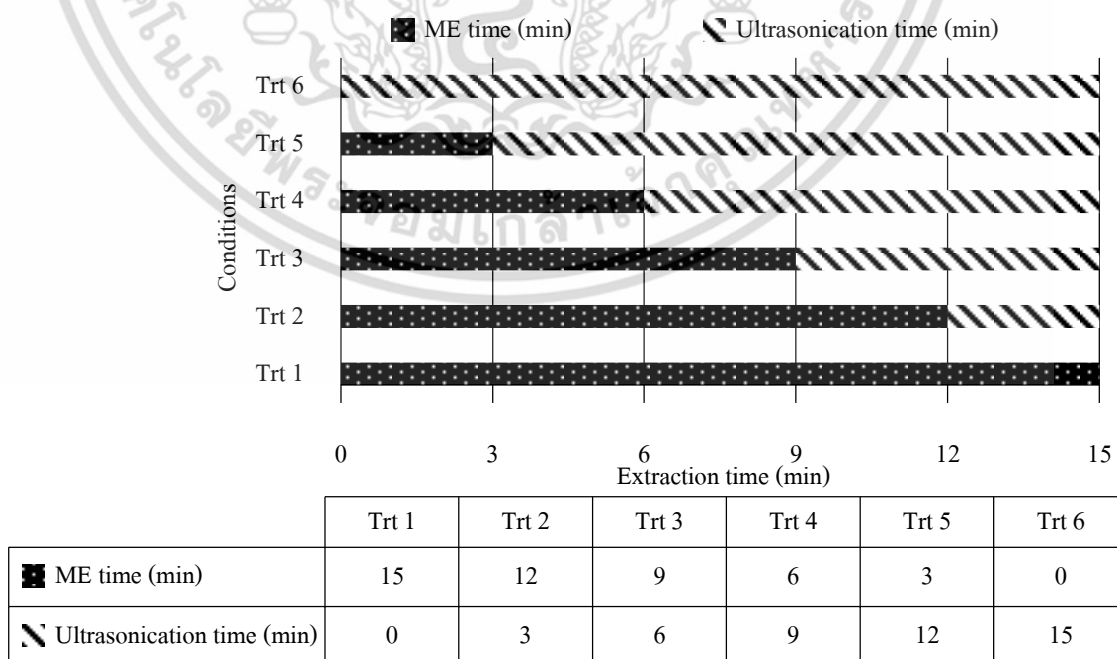
โดยการทดลองใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัดด้วยเฮกเซนที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลาในการสกัด 15 นาที ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ค่าแอมพลิจูด 5 ระดับ คือ ร้อยละ 20, 40, 60, 80, และ 100 (ชูดิมา วันเพ็ญ และคณะ, 2556)

วางแผนการทดลองเป็นแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (บล็อก) กำหนดระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 โดยเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ได้

3.5.3.2 ระยะเวลาที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัดก่อนแล้วแช่ในตัวทำละลาย

โดยนำสภาวะที่ได้เลือกได้จากการทดลองในหัวข้อ 3.5.2 คือ อัตราส่วนตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น 2:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และระยะเวลาในการสกัด 15 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงการสกัดเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตด้วยการใช้อัตราโซนิค ปรับค่าแอมพลิจูดตามที่ได้จากการศึกษาในหัวข้อ 3.5.3.1 โดยการทดลองใช้คลื่นอัตราโซนิคช่วยสกัดก่อนนำไปสกัดต่อด้วยการแช่ทิ้งไว้ ที่อุณหภูมิห้อง ปัจจัยในการศึกษา ได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงสกัดก่อนแช่ ซึ่งกำหนดเป็น 6 ระดับ คือ 0, 3, 6, 9, 12, และ 15 นาที จากนั้นนำไปแช่ทิ้งไว้จนครบเวลาในการสกัดทั้งหมด ดังภาพที่ 3.1

วางแผนการทดลองเป็นแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (บล็อก) กำหนดระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 โดยเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ได้



ภาพที่ 3.1 การทดลองด้วยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด โดยใช้เวลาสกัดทั้งหมด 15 นาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดได้จากสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวิธีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด เก็บในขวด สีชาปิดสนิท ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่นต่อไป

3.5.4 ผลของวิธีการสกัดที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น

วิธีสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น 2 วิธี คือ วิธีการแช่ (maceration extraction, ME) โดยสกัดตามสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ที่ได้จากการทดลองในหัวข้อ 3.5.2 และวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด (ultrasound-assisted extraction, UAE) โดยสกัดตามสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในหัวข้อ 3.5.3

วิเคราะห์ปริมาณของน้ำมันเมล็ดองุ่น โดยนำน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดได้จากวิธีสกัดทั้ง 2 วิธี คือ ME และ UAE มาเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตน้ำมัน (% yield) และความสามารถในการสกัดน้ำมันได้ (recovery) นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อวิธีการสกัด ได้แก่ อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น เวลาในการสกัด และอุณหภูมิที่ใช้

วางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ กำหนดระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 โดยเปรียบเทียบน้ำมันที่ได้จากวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี

3.5.5 ผลของวิธีการสกัดที่แตกต่างกันที่มีต่อคุณภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่น

นำน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 วิธี วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่น ได้แก่

3.5.5.1 วิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน (Fatty acid compositions) ตามวิธี AOAC (2005) ด้วยเครื่อง Gas chromatography (GC)

3.5.5.2 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่น

3.5.5.2.1 วิเคราะห์ค่าสี โดยใช้เครื่อง Hunter Lab (Color Quest XE)

3.5.5.2.2 วิเคราะห์ความหนืด โดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส, 100 rpm

3.5.5.3 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำมันเมล็ดองุ่น

3.5.5.3.1 วิเคราะห์ค่ากรดและกรดไขมันอิสระ (Acid value; AV หรือ Free fatty acid) ตามวิธี AOCS (1997)

3.5.5.3.2 วิเคราะห์ค่าไอโอดีน (Iodine value; IV) วิธีการ Wijs ตามวิธี AOCS (2009)

3.5.5.3.3 วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value; PV) ตามวิธี AOCS (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5.3.4 วิเคราะห์ค่าพาราแอนนิซิดีน (*p*-Anisidine value; *p*-AV) ตามวิธี AOCS (1997)

3.5.5.3.5 วิเคราะห์ค่าสปอนนิฟิเคชัน (Saponification value; SV) ตามวิธี AOCS (2009)

3.5.5.3.6 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total polyphenol content) ตามวิธีของ Singleton และ Rossi (1965)

3.5.5.4 วิเคราะห์ความคงตัวของน้ำมัน (Rancimat method)

3.5.5.5 วิเคราะห์สมบัติทางความร้อน (Thermal behavior) โดยใช้เครื่อง Differential scanning calorimetry (DSC)

3.5.5.6 วิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี (Tocopherols และ Tocotrienol) ดัดแปลงจากวิธีของ Huang และ Ng (2011) ด้วยเครื่อง High-performance liquid chromatography (HPLC)

3.5.5.7 วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3.5.5.7.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging activity) โดยดัดแปลงจาก Lavelli (2002) และ Jiang และคณะ (2005)

3.5.5.6.2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS (ABTS radical scavenging activity) โดยดัดแปลงจาก Sevim และคณะ (2013)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ยกเว้นข้อ 3.5.4.1 และ 3.5.4.6 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ยกเว้นหัวข้อ 3.5.4 และ 3.5.5 ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการทดลองด้วย T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 องค์ประกอบของเมล็ดองุ่น

การวิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดองุ่นพันธุ์ซิราซที่ใช้ในงานวิจัยนี้ พบว่า มีปริมาณของน้ำมันร้อยละ 13.61 และปริมาณความชื้น โปรตีน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 4.93, 11.94, 37.32, 2.79 และ 34.35 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Kamel และคณะ (1985) ที่ทำการศึกษาปริมาณน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยตัวทำละลายคลอโรฟอร์มต่อเมทานอล (2:1, โดยปริมาตร) มีปริมาณของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดได้ร้อยละ 14 และมีปริมาณความชื้น โปรตีน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 30.1, 8.2, 38.6, 2.2 และ 37 (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ นอกจากนี้ Fernandes และคณะ (2013) ได้ศึกษาลักษณะของน้ำมันเมล็ดองุ่นจากองุ่น 10 สายพันธุ์ของประเทศโปรตุเกส สกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ พบว่ามีปริมาณน้ำมันอยู่ในช่วงร้อยละ 6-13 โดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ขององุ่น และสภาพแวดล้อมของแหล่งที่ปลูกองุ่น

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบโดยประมาณของเมล็ดองุ่นแห้ง (*Vitis vinifera* cv Shiraz)

องค์ประกอบ	ร้อยละ โดยน้ำหนักเปียก (%wb)	ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง (%db)
ความชื้น	4.70 ± 0.04	4.93 ± 0.04
โปรตีน	11.38 ± 0.17	11.94 ± 0.18
ไขมัน	12.96 ± 0.12	13.61 ± 0.13
เยื่อใย	35.56 ± 0.65	37.32 ± 0.68
เถ้า	2.66 ± 0.03	2.79 ± 0.03
คาร์โบไฮเดรต	32.74 ± 0.00	34.35 ± 0.00

4.2 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีการแช่ (maceration extraction; ME)

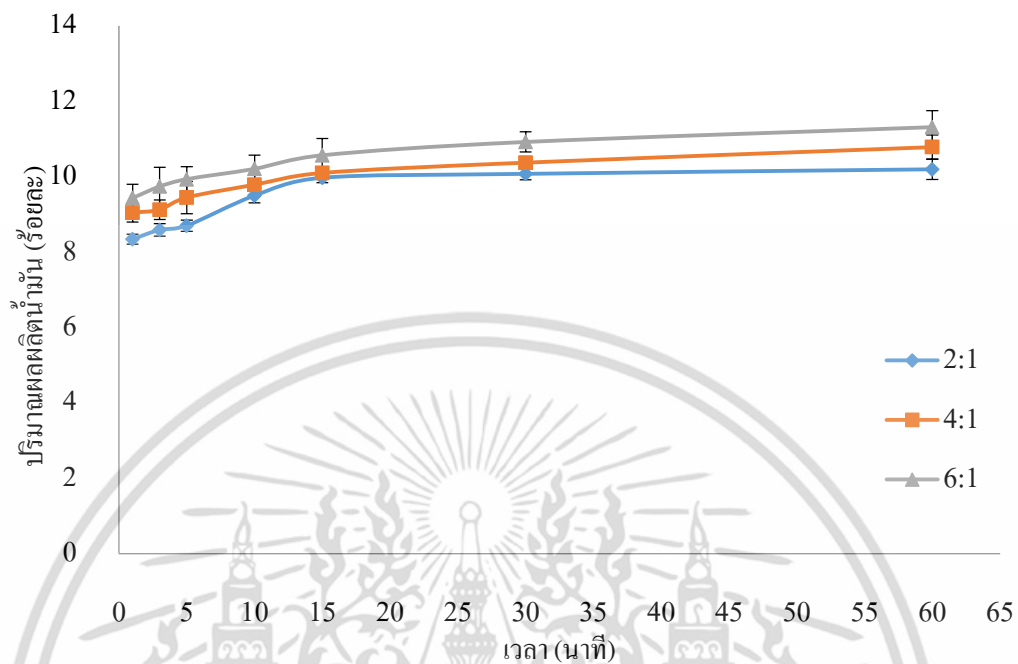
จากภาพที่ 4.1 แสดงผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่นและระยะเวลาในการสกัดด้วยวิธีการแช่ที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น พบว่าทั้ง 2 ปัจจัย คือ อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น และเวลาที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมัน โดยที่อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่นมากหรือปริมาณตัวทำละลายในการสกัดมาก จะทำให้สามารถสกัดน้ำมันออกมาได้มากกว่า เพราะตัวทำละลายจะสามารถแพร่เข้าไปในของแข็ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ง่ายขึ้น เพื่อละลายเอาตัวถูกละลายออกมา (Zhang และคณะ, 2008; Goula, 2013) ซึ่งในที่นี้ คือน้ำมัน และตัวถูกละลายจะแพร่ออกมาจากของแข็งที่อิมัลชันด้วยตัวทำละลายไปยังเฟสของตัวทำละลาย ทั้งนี้อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อของแข็งต้องมากพอที่จะทำให้ระดับของตัวถูกละลายที่ต้องการละลายออกมา สมดุลที่เกิดขึ้นจะเป็นสภาวะที่ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในเฟสของของแข็งและเฟสของตัวทำละลายเท่ากัน ดังนั้นความเข้มข้นของตัวถูกละลายในสารละลายที่อยู่ในของแข็งจะเท่ากับในเฟสของของเหลวหรือตัวทำละลาย แต่เมื่อปริมาณของตัวทำละลายไม่เพียงพอต่อการละลายตัวถูกละลายทั้งหมดที่มีอยู่ สมดุลจะพิจารณาว่าเป็นสภาวะที่ความเข้มข้นของตัวถูกละลาย ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกต่อไปในทั้งสองเฟส ไม่ว่าจะมีการสัมผัสที่นานขึ้นก็ตาม แต่เพื่อให้สมดุลเกิดขึ้นจำเป็นต้องให้เฟสของแข็งและตัวทำละลายได้สัมผัสกันเป็นเวลาที่นานพอ (Jadhav และคณะ, 2009) ดังนั้นอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อของแข็งถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพในกระบวนการสกัด (Pinelo และคณะ, 2005) ดังภาพที่ 4.1 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดจะทำให้ปริมาณผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเวลาที่ใช้ในการสกัดจะต้องใช้เวลาให้เหมาะสม เพื่อให้ตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันออกมาให้ได้มากที่สุด หรือในปริมาณที่เพียงพอ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวทำละลาย จะทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น โดยที่อัตราส่วนตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น 4:1 และ 6:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ให้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าอัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ในทุกระยะเวลาการสกัด แต่ผลการวิเคราะห์ปัจจัยร่วมพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างอัตราส่วนตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่นและระยะเวลาในการสกัดต่อปริมาณผลผลิตน้ำมัน ($p > 0.05$)

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันที่ได้จากวิธีการแช่อยู่ในช่วงร้อยละ 8.34-11.31 โดยน้ำหนักแห้ง และพบว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นที่อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น 6:1, 4:1 และ 2:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการสกัดที่อัตราส่วน 6:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และเวลาสกัด 60 นาที ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดที่สุด คือ ร้อยละ 11.31 โดยน้ำหนักแห้ง และจากตารางที่ 4.3 พบว่ามีความสามารถในการสกัดได้ (recovery) คิดเป็นร้อยละ 83.10 เมื่อเทียบกับการสกัดด้วยวิธีชอกห์เลต (ร้อยละ 13.61) ที่เป็นการวิเคราะห์ปริมาณไขมันทั้งหมดซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100 แต่เลือกใช้สภาวะที่เหมาะสมที่อัตราส่วน 6:1 และเวลาสกัด 30 นาที เพราะให้ผลผลิตไม่แตกต่างจาก 60 นาที และถือว่าเป็นการให้ผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการ คือ มีความสามารถในการสกัดได้มากกว่าร้อยละ 80 ส่วนที่อัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก พบว่ายังไม่สามารถสกัดได้ผลผลิตสูงเท่ากับที่อัตราส่วน 6:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และมีความสามารถในการสกัดได้อยู่ในช่วงร้อยละ 64-78 ซึ่งยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงตั้งสมมติฐานว่าที่อัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก สามารถนำไปปรับปรุงปริมาณผลผลิตได้โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง

ช่วยสกัดร่วมกับวิธีการแช่ และคาดว่า การใช้อัลตราโซนิคจะสามารถช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงขึ้นได้อีกทั้งสาเหตุที่เลือกอัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และที่ระยะเวลาในการสกัดทั้งหมด 15 นาที เพราะสามารถลดการใช้ตัวทำละลายและเวลาในการสกัดได้



ภาพที่ 4.1 ผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่นและระยะเวลาในการสกัดโดยวิธีการแช่ที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น

ตารางที่ 4.2 ผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่นและระยะเวลาในการสกัดโดยวิธีการแช่ที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น

เวลา (นาที)	ปริมาณผลผลิตน้ำมัน (ร้อยละ)		
	อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น (โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก)		
	2:1	4:1	6:1
1	^A 8.34 ± 0.13 ^a	^B 9.04 ± 0.25 ^a	^B 9.43 ± 0.37 ^a
3	^A 8.59 ± 0.16 ^a	^B 9.12 ± 0.26 ^a	^C 9.74 ± 0.51 ^a
5	^A 8.70 ± 0.15 ^a	^B 9.45 ± 0.43 ^{ab}	^B 9.93 ± 0.33 ^{ab}
10	^A 9.50 ± 0.19 ^b	^{AB} 9.78 ± 0.29 ^{bc}	^B 10.20 ± 0.36 ^{bc}
15	^A 9.97 ± 0.13 ^{bc}	^{AB} 10.10 ± 0.15 ^{cd}	^B 10.56 ± 0.45 ^{cd}
30	^A 10.07 ± 0.16 ^c	^A 10.37 ± 0.04 ^{de}	^B 10.92 ± 0.27 ^{de}
60	^A 10.19 ± 0.27 ^c	^B 10.78 ± 0.32 ^c	^C 11.31 ± 0.44 ^c

^{a, b, c, ...} คือ อักษรกำกับในแนวตั้ง ต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A, B, C, ...} คือ อักษรกำกับในแนวนอน ต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่นและระยะเวลาในการสกัดโดยวิธีการ
แช่ที่มีต่อความสามารถในการสกัดได้ (recovery)

เวลา (นาที)	Recovery* (ร้อยละของน้ำมันทั้งหมด)		
	อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น (โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก)	2:1	4:1
1	61.28	66.45	69.30
3	63.09	67.03	71.54
5	63.91	69.40	72.97
10	69.77	71.89	74.98
15	73.24	74.18	77.62
30	74.01	76.19	80.22
60	74.89	79.21	83.10

* คือ พิจารณาจากการสกัดด้วยวิธีชอกท์เลตซึ่งเป็นวิธีการที่เฮกเซนสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้ทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 100

4.3 สภาวะที่เหมาะสมของคลื่นเสียงความถี่สูงช่วยในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น (ultrasound-assisted extraction; UAE)

4.3.1 ค่าแอมพลิจูด (amplitude) ของคลื่นเสียงความถี่สูงที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น

จากตารางที่ 4.4 เป็นการศึกษาค่าแอมพลิจูด (amplitude) ของคลื่นเสียงความถี่สูงที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น พบว่า การใช้ระดับแอมพลิจูดต่างกันมีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณผลผลิตน้ำมันเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับแอมพลิจูด สามารถอธิบายได้ว่าคลื่นเสียงความถี่สูง หรือคลื่นอัลตราโซนิกที่มีแอมพลิจูดสูงกว่า จะผ่านไปยังของเหลวได้ดีและฟองอากาศที่เกิดจากปรากฏการณ์แคปวิเตชัน (cavitation) จะแตกอย่างรุนแรงกว่าซึ่งช่วยในการทำลายเนื้อเยื่อเซลล์และทำให้สารที่อยู่ภายในเซลล์ออกมายังตัวทำละลายได้ง่ายขึ้นเนื่องจากผนังเซลล์ถูกทำลาย นอกจากนี้ยังช่วยให้โมเลกุลของสารผสมเข้ากันได้ดีขึ้นทำให้เพิ่มอัตราการถ่ายเทมวลสาร ดังนั้นจึงเป็นการช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพในการสกัดด้วย (Hemwimol และคณะ, 2006; Zhang และคณะ, 2008) นอกจากนี้ จากตารางที่ 4.4 ยังทำให้ทราบว่า การใช้ระดับแอมพลิจูดร้อยละ 20-60 ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่ระดับแอมพลิจูดร้อยละ 80-100 ให้ปริมาณน้ำมันสูงที่สุด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกค่าแอมพลิจูดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในสกัด คือ ร้อยละ 80 เพราะให้ปริมาณผลผลิตสูงเพียงพอ และเนื่องจากการใช้แอมพลิจูดสูงเกินไปทำให้เกิดความร้อนสูงมาก ซึ่งอาจส่งผลต่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบต่าง ๆ ในน้ำมันที่ไม่คงทนต่อความร้อนเกิดการสลายตัวได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชูติมา วันเพ็ญ และคณะ (2556) ซึ่งทำการพริทรีตเมล็ดด้วยอัลตราซาวนด์ก่อนการสกัดอินนูลิน จากหัวแก่นตะวันด้วยน้ำร้อน พบว่าขณะเพิ่มเวลาในการพริทรีตเมล็ดด้วยคลื่นอัลตราซาวนด์ที่มี กำลังสูงเพียงพอเป็นระยะเวลาสั้น ๆ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดคาร์โบไฮเดรตจากผงแก่น ตะวันได้ เนื่องจากเกิดการแคปวิเตชัน (cavitation) ส่งผลให้เกิดการทำละลายโครงสร้างที่ทำหน้าที่ เก็บกักอินนูลินไว้ โดยการพริทรีตเมล็ดด้วยอัลตราซาวนด์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยระดับ แอมพลิจูดร้อยละ 80-100 เป็นระยะเวลา 10 นาที ให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดสูงที่สุด และ พบว่าการพริทรีตเมล็ดด้วยอัลตราซาวนด์ทุกสภาวะทำให้ปริมาณร้อยละการสกัด อินนูลินเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้พริทรีตเมล็ด

ตารางที่ 4.4 ผลของค่าแอมพลิจูดที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่น

ค่าแอมพลิจูด (ร้อยละ)	ปริมาณผลผลิตน้ำมัน (ร้อยละ)
20	9.10 ± 0.07 ^a
40	9.35 ± 0.25 ^{ab}
60	9.70 ± 0.33 ^b
80	10.80 ± 0.13 ^c
100	11.03 ± 0.33 ^c

^{a, b, c, ...} คือ อักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3.2 ระยะเวลาที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัดร่วมกับวิธีการแช่

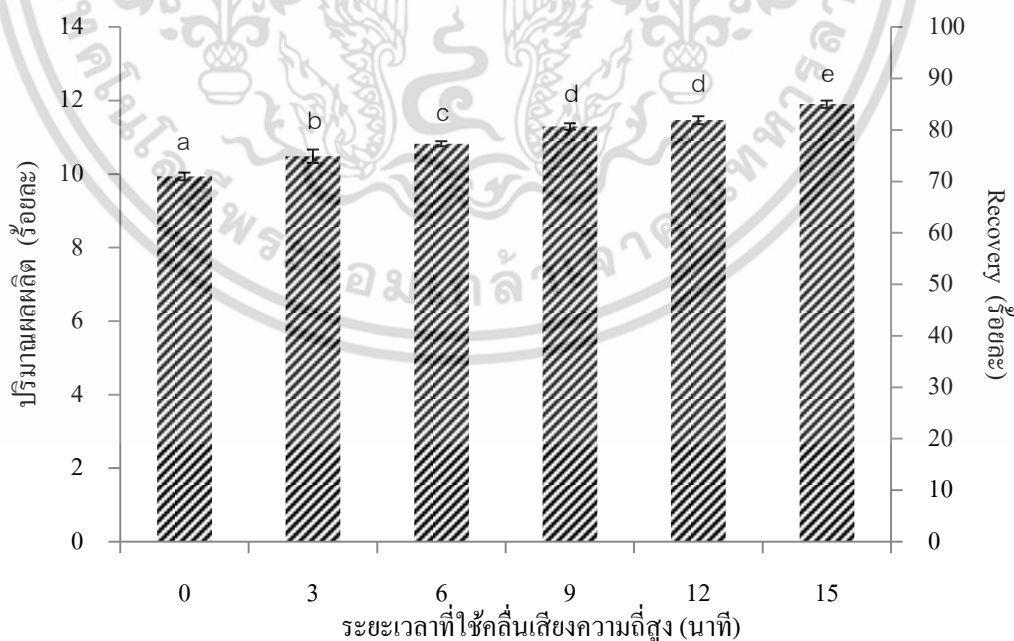
จากผลการทดลองที่ 4.2 ทำให้ทราบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้คลื่น เสียงความถี่สูงช่วยสกัด คือ ที่อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น 2:1 โดยปริมาตรต่อ น้ำหนัก และใช้ระยะเวลาในการสกัดทั้งหมด 15 นาที เช่นเดียวกับ Malicanin และคณะ (2014) ที่ศึกษาผลของการใช้คลื่นอัลตราซาวนด์ช่วยสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น โดยต้องการลดปริมาณตัวทำ ละลายให้น้อยที่สุด เพราะตัวทำละลายอินทรีย์ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงเลือกใช้อัตราส่วนของ ตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น 2:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก

ผลของเวลาที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัดที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ด องุ่น โดยเวลาในการสกัดทั้งหมด 15 นาที แสดงดังภาพที่ 4.2 พบว่าเวลาที่ใช้อัลตราโซนิกมีผลต่อ ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณผลผลิตน้ำมันเพิ่ม สูงขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง เนื่องจากคลื่นเสียงความถี่สูงทำให้เกิด ปรากฏการณ์แคปวิเตชันในตัวทำละลาย ส่งผลให้ตัวทำละลายแทรกซึมเข้าไปในวัสดุที่นำมาสกัด ได้ดียิ่งขึ้น และยังทำให้การผสมได้ผลดีขึ้น โดยจะไปเร่งทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทมวลสาร

(mass transfer) เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้นคลื่นยังไปทำลายพื้นผิวที่บริเวณผนังเซลล์และภายในเซลล์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์หรือข้อผิดพลาดใดๆ กรุณาแจ้งผู้จัดทำเอกสารนี้ ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้สารที่ต้องการสกัดสามารถออกมาได้ง่ายขึ้น ซึ่งแตกต่างกับการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบธรรมดา (Hemwimol และคณะ, 2006) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang และคณะ (2008) ได้สกัดน้ำมันจากเมล็ดแฟลก (flaxseed) พบว่าระยะเวลาในการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงมีอิทธิพลในเชิงบวกต่อปริมาณผลผลิตน้ำมัน เพราะคลื่นเสียงความถี่สูงจะช่วยทำลายเนื้อเยื่อเซลล์ ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับตัวทำละลายมากขึ้น สามารถเห็นภาพได้ชัดเจนผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscopy; SEM) จึงทำให้เพิ่มอัตราการแพร่จากของแข็งมายังของเหลว ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่า ปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดคองุ่นอยู่ในช่วงร้อยละ 9.66-11.57 โดยน้ำหนักแห้ง และการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงพบว่า มีผลช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตได้เพิ่มขึ้นจากการไม่ใช้อัลตราโซนิกร้อยละ 5.49, 8.90, 13.66, 15.42 และ 19.77 สำหรับเวลาในการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด 3, 6, 9, 12 และ 15 นาที ตามลำดับ โดยที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงตลอดระยะเวลาสกัด 15 นาที ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดที่สุด คือ ร้อยละ 11.57 โดยน้ำหนักแห้ง และให้ปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการไม่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (วิธีการแช่เพียงอย่างเดียวตลอดระยะเวลาสกัด 15 นาที) สูงถึงร้อยละ 19.77 และมีความสามารถในการสกัดได้ (recovery) ร้อยละ 85.01 ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับวิธีนี้ คือ การสกัดด้วยอัลตราโซนิกความถี่ 20 กิโลเฮิร์ตซ์ ค่าแอมพลิจูด ร้อยละ 80 ที่อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดคองุ่น 2:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และใช้คลื่นเสียงความถี่สูงสกัดตลอดระยะเวลา 15 นาที



ภาพที่ 4.2 ผลของเวลาที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัดที่มีต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดคองุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันเมล็ดคองุ่นที่ได้จากวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัดเปรียบเทียบกับวิธีการแช่เพียงอย่างเดียวตลอดระยะเวลาสกัด 15 นาที

เวลาในการสกัด (นาที)		ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)	ปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ)	Recovery* (ร้อยละของน้ำมันทั้งหมด)
ME	UAE			
15	0	9.66 ± 0.10 ^a	-	70.99
12	3	10.19 ± 0.18 ^b	5.49	74.88
9	6	10.52 ± 0.07 ^c	8.90	77.31
6	9	10.98 ± 0.08 ^d	13.66	80.69
3	12	11.15 ± 0.11 ^d	15.42	81.91
0	15	11.57 ± 0.10 ^e	19.77	85.01

^{a, b, c, ...} คือ อักษรกำกับในแนวตั้งต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* คือ พิจารณาจากการสกัดด้วยวิธีซอกซ์เลตซึ่งเป็นวิธีการที่เฮกเซนสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้ทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 100

4.4 ปริมาณผลผลิตของน้ำมันเมล็ดคองุ่นที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดคองุ่นจากวิธีการสกัด 2 วิธี ได้แก่ วิธีการแช่ (ME) และวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด (UAE) แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่าวิธีการแช่เป็นวิธีการสกัดโดยให้ตัวทำละลายละลายน้ำมันออกมาจากของแข็งในภาชนะปิดโดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องตามระยะเวลาที่ต้องการ ซึ่งปกติแล้วจะใช้เวลาสกัดนานหลายชั่วโมง แต่ในการทดลองนี้ พบว่าการสกัดที่อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดคองุ่น 6:1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และใช้เวลาในการสกัด 30 นาที ก็ให้ผลเพียงพอต่อความต้องการ คือ มีความสามารถในการสกัดได้มากกว่าร้อยละ 80 เนื่องจากวิธีการนี้ไม่ใช้ความร้อนจึงไม่มีพลังงานไฟฟ้าเข้ามาเกี่ยวข้องกับ ส่วนวิธีการสกัดแบบใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด พบว่ามีความสามารถในการสกัดได้ร้อยละ 83.91 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ทั้งสองวิธีให้ปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการนี้สามารถลดปริมาณการใช้ตัวทำละลายได้ถึง 3 เท่า และสามารถลดระยะเวลาในการสกัดได้ถึง 2 เท่าของวิธีการแช่ ถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะทำที่อุณหภูมิห้องแต่ในระหว่างที่คลื่นเสียงความถี่สูงทำงานจะเกิดความร้อนขึ้น โดยในการสกัดอุณหภูมิจะค่อย ๆ สูงขึ้นถึงประมาณ 60 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิสุกท้ายที่วัดได้) และเนื่องจากวิธีการนี้มีการใช้เครื่องอัลตราโซนิกเป็นแหล่งกำเนิดคลื่น จึงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมด้วย

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณผลผลิตน้ำมันเมล็ดองุ่นและปัจจัยที่มีผลต่อวิธีการสกัด

	วิธีการสกัด	
	ME	UAE
อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น (โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก)	6:1	2:1
เวลาในการสกัด (นาที)	30	15
อุณหภูมิเริ่มต้นในการสกัด (องศาเซลเซียส)	30	30
ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ) ^{ns}	11.13 ± 0.13	11.42 ± 0.13
Recovery* (ร้อยละของน้ำมันทั้งหมด)	81.78	83.91

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* คือ พิจารณาจากการสกัดด้วยวิธีซอกซ์লেตซึ่งเป็นวิธีการที่เอกชนสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้ทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 100

4.5 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดองุ่น

ผลการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมัน (fatty acid composition) ในน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน พบว่า องค์ประกอบของกรดไขมันน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดได้จากวิธีสกัดที่แตกต่างกัน โดยรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4.6) ยกเว้นกรดปาล์มิติก (C16:0) มีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวได้ว่าวิธีการสกัดไม่ส่งผลต่อความชัดเจนมากนักของกรดไขมันที่ได้

จากตารางที่ 4.7 กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่พบมากที่สุดคือน้ำมันเมล็ดองุ่น ได้แก่ กรดปาล์มิติก (palmitic acid; C16:0) รองลงมา คือ กรดสเตียริก (stearic acid; C18:0) ส่วนกรดไขมันชนิดอื่น ๆ พบเพียงปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ประเภทกรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (MUFA) พบปริมาณกรดโอเลอิกสูงที่สุด (oleic acid; C18:1) และพบกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (PUFA) ปริมาณสูงที่สุดโดยเฉพาะกรดไลโนเลอิก (linoleic acid; C18:2) สูงถึงร้อยละ 66.76 การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดองุ่นนี้สามารถบ่งบอกได้ว่าน้ำมันเมล็ดองุ่นนั้นมีกรดไลโนเลอิกเป็นองค์ประกอบสูงที่สุด โดยที่การสกัดทั้งวิธี ME และ UAE ให้ปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะใช้ตัวทำละลายในการสกัดทั้งสองวิธี อีกทั้งวิธี UAE ยังใช้ระยะเวลาในการใช้อัตราโซนิคสกัดในระยะเวลาสั้น ๆ เพียง 15 นาที ซึ่งอาจจะยังไม่เห็นผลความแตกต่างชัดเจนเมื่อเทียบกับวิธีการแช่เพียงอย่างเดียว

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Malicanin และคณะ (2014) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอนติออกซิแดนซ์และความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันเมล็ดองุ่นสายพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่สกัดโดยใช้อัตราซาวนด์ (UAE) และวิธี Soxhlet ในการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันพบว่า ระยะเวลาในการใช้อัตราโซนิคตั้งแต่ 15-135 นาที และวิธีการสกัด (วิธี UAE และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Soxhlet) ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของน้ำมันเมล็ดองุ่น และมีปริมาณกรดไลโนเลอิก (linoleic acid; C18:2) สูงที่สุด ร้อยละ 74 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมด ร้อยละ 87 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Fernandes และคณะ (2013) ที่ได้เปรียบเทียบผลของวิธีการสกัดน้ำมัน ด้วยวิธี UAE และวิธีมาตรฐาน (Soxhlet) จากเมล็ดองุ่นสายพันธุ์ Raboso Piave พบว่าน้ำมันเมล็ดองุ่นอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (PUFA) โดยเฉพาะกรดไลโนเลอิก (ร้อยละ 72) ซึ่งใกล้เคียงกับผลของการวิจัยนี้ และวิธีการสกัดน้ำมันไม่มีองค์ประกอบของกรดไขมันหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Luque-Garcia และ Luque de Castro ที่ว่าการใช้คลื่นอัลตราซาวนด์ช่วยในการสกัดน้ำมันในวิธี Soxhlet (Ultrasound-assisted soxhlet extraction; UASE) ไม่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดพืชอื่น ๆ เช่นกัน (ได้แก่ ถั่วเหลือง, ทานตะวัน, เรพซิด)

จากตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าน้ำมันเมล็ดองุ่นมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมด (total unsaturated fatty acid) สูงถึงร้อยละ 87 เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดองุ่น SFA: MUFA: PUFA มีค่าเท่ากับ 1: 1.5: 5 เป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (PUFA) สูงเป็น 5 เท่าของปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัว โดยสัดส่วนของกรดไขมันที่องค์การอนามัยโลก (WHO) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และสมาคมหัวใจแห่งสหรัฐอเมริกา (AHA) แนะนำว่าเป็นน้ำมันที่เหมาะสมสำหรับการบริโภค คือ SFA: MUFA: PUFA เท่ากับ 1: 1.5: < 1 ซึ่งสัดส่วนกรดไขมันที่เหมาะสมนี้จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน น้ำมันเมล็ดองุ่นมีสัดส่วนของ PUFA มาก และ MUFA ปานกลาง ซึ่งน้ำมันที่อยู่ในกลุ่มนี้คือ น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันเมล็ดข้าวโพด และน้ำมันเมล็ดฝ้าย หากรับประทานน้ำมันกลุ่มนี้ในปริมาณที่ไม่มากเกินไปจะช่วยลดระดับ LDL-cholesterol ได้ แต่การรับประทานมากเกินไป ก็พบว่า HDL-cholesterol หรือคอเลสเตอรอลตัวดี ก็จะลดลงไปด้วยเช่นกัน และเนื่องจากน้ำมันในกลุ่มนี้มี PUFA ค่อนข้างสูง โอกาสแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระเมื่อได้รับความร้อนจึงมีมากขึ้น ทำให้ความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดจากการที่มีอนุมูลอิสระสูงเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นจึงไม่ควรใช้น้ำมันกลุ่มนี้ปรุงประกอบอาหารที่อุณหภูมิสูง

ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

กรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (ร้อยละของไขมันทั้งหมด)	
	ME	UAE
Saturated fatty acid (SFA)		
C12:0	0.02 ± 0.01	nd
C13:0	nd	nd
C14:0 ^{ns}	0.08 ± 0.00	0.07 ± 0.00
C15:0 ^{ns}	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00
C16:0	8.57 ± 0.01 ^a	8.51 ± 0.01 ^b
C17:0 ^{ns}	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.00
C18:0 ^{ns}	4.37 ± 0.08	4.53 ± 0.04
C20:0 ^{ns}	0.18 ± 0.01	0.24 ± 0.07
C21:0	nd	nd
C22:0 ^{ns}	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.00
C23:0	nd	nd
C24:0 ^{ns}	0.13 ± 0.02	0.16 ± 0.02
Monounsaturated fatty acid (MUFA)		
C16:1 ^{ns}	0.24 ± 0.00	0.24 ± 0.00
C18:1 ^{ns}	23.94 ± 6.90	19.13 ± 0.13
C20:1 ^{ns}	0.19 ± 0.01	0.20 ± 0.01
Polyunsaturated fatty acid (PUFA)		
C18:2 ^{ns}	66.76 ± 0.28	66.44 ± 0.20
C18:3 ^{ns}	0.38 ± 0.00	0.37 ± 0.01
C20:2 ^{ns}	0.05 ± 0.00	0.06 ± 0.00

^{a, b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

nd หมายถึง ตรวจไม่พบ (not detected)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัว, กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (เชิงเดี่ยว) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (เชิงซ้อน) และสัดส่วนของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

ชนิดของกรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (ร้อยละของไขมันทั้งหมด)	
	ME	UAE
Saturated fatty acid (SFA) ^{ns}	13.45 ± 0.11	13.58 ± 0.06
Monounsaturated fatty acid (MUFA) ^{ns}	19.37 ± 0.18	19.57 ± 0.13
Polyunsaturated fatty acid (PUFA) ^{ns}	67.19 ± 0.28	66.87 ± 0.21
Total unsaturated fatty acid ^{ns}	86.56 ± 1.52	86.43 ± 0.07
SFA:MUFA:PUFA	13.45: 19.37: 67.19	13.58: 19.57: 66.87
	1: 1.5: 5	1: 1.5: 5

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

4.6 สมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่น

ผลของสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธีการแช่ (ME) และวิธีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด (UAE) แสดงในตารางที่ 4.9

สีของน้ำมันแสดงถึงการมีรงควัตถุ ได้แก่ แคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งเป็นสารสีเหลืองส้ม และคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ซึ่งเป็นสารสีเขียว สีของน้ำมันเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถบ่งบอกสีที่ไม่พึงประสงค์ของน้ำมันพืช หรือส่งเสริมให้เกิดออกซิเดชันในที่มีแสง และยับยั้งตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้สำหรับปฏิกิริยา hydrogenation ได้

ผลของค่าสีของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธีการแช่และวิธีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด แสดงดังตารางที่ 4.9 โดยน้ำมันมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 27.04 ถึง 28.02 น้ำมันที่มีค่าความสว่างสูงสุด คือ น้ำมันที่สกัดด้วยวิธี ME แต่จากผลการทดลองพบว่าน้ำมันที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีให้ผลไม่แตกต่างกันมากนัก ค่าความสว่าง (L*) เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำมันดิบ (crude oil) (Shahidi, 2006) จากผลการทดลองพบว่า น้ำมันที่สกัดด้วยวิธี ME โดยการแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าความสว่างสูงกว่าน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี UAE ซึ่งมีความร้อนที่เกิดจากเครื่องอัลตราโซนิกเข้ามาเกี่ยวข้องในการทดลอง ให้อุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียส โดยอาจจะส่งผลให้น้ำมันมีสีเข้มมากกว่า หรือสามารถอธิบายได้ว่า อุณหภูมิในการสกัดมีผลต่อค่าสีน้ำมันค่อนข้างมาก

ข้อสังเกตนี้สามารถอธิบายได้ว่า การสกัดที่อุณหภูมิสูงขึ้น อาจจะทำให้การถ่ายเทมวลสารของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสี หรือรงควัตถุ (pigment) และสาร ไม่บริสุทธิ์อื่น ๆ จากตัววัตถุดิบไปเป็นน้ำมัน ได้ง่ายขึ้น ค่าสี น้ำมันอาจจะแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของวัตถุดิบและ/หรือสภาวะที่ใช้ในการสกัดด้วย (Samaram และคณะ, 2014) ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a^*) อยู่ในช่วง 8.12 ถึง 8.42 ลักษณะสีของน้ำมันที่สกัดได้ คือ สีเขียวมะกอก เป็นผลจากความสามารถของตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัดสารประกอบเม็ดสีคลอโรฟิลล์จากเมล็ดองุ่น ซึ่งคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียวที่ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ดีในน้ำมันหรือไขมัน (นิธิยา รัตนานนท์, 2553) คลอโรฟิลล์และสารประกอบคลอโรฟิลล์ในเมล็ดส่วนใหญ่จะเปลี่ยนไปเป็นฟีโอไฟตินในระหว่างขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ คือ การบดเมล็ดก่อนที่จะสกัดน้ำมัน ทำให้โครงสร้างภายในถูกทำลาย ร่วมด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นจากการบดจะส่งผลให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มมากขึ้น ฟีโอไฟตินเป็นคลอโรฟิลล์ชนิดหลักที่มีในน้ำมันดิบ (crude oil) และน้ำมันที่ผ่านการกำจัดยางเหนียวแล้ว (degumming oil) (Muralidhara และคณะ, 2002) เพราะสารประกอบคลอโรฟิลล์ละลายได้ในน้ำมัน เมื่อน้ำมันถูกสกัด ทำให้ยังคงมีสีเขียวอยู่ ความเข้มของสีจึงขึ้นอยู่กับปริมาณของคลอโรฟิลล์ที่มีในเมล็ดพืชนั้น ๆ ในกระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช คลอโรฟิลล์จะถูกสกัดออกมาได้ง่ายโดยเฮกเซน ซึ่งจะปนอยู่ในน้ำมันดิบ ถ้ามีความเข้มข้นมากพอจะทำให้ น้ำมันดิบมีสีเขียว คลอโรฟิลล์จะสลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน เปลี่ยนไปเป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) ทำให้น้ำมันมีสีคล้ำหรือเข้มขึ้น นอกจากนี้ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ และอาจจะก่อให้เกิดออกซิเดชันในน้ำมันด้วย ซึ่งจะส่งผลให้อายุการเก็บรักษาน้ำมันสั้นลง (Diosady, 2015) ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) อยู่ในช่วง 46.62 ถึง 48.30 โดยน้ำมันที่มีค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่า คือ น้ำมันที่สกัดด้วยวิธี ME อาจจะมีปริมาณของแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุจากธรรมชาติที่ให้สีส้ม-เหลืองมากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าค่า Chroma หรือความเข้มของสี และค่า Hue ที่บ่งบอกถึงเฉดสีมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ทราบ ว่าน้ำมันทั้งสองวิธีมีสีใกล้เคียงกันเดียวกัน หรืออยู่ในช่วงของสีเดียวกัน



ภาพที่ 4.3 ลักษณะสีของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ได้จากการสกัดที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้อาจจะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิในการสกัดด้วย โดยวิธี ME เป็นการสกัดแบบแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แต่วิธี UAE มีความร้อนเกิดจากเครื่องอัลตราโซนิค อุณหภูมิจะอยู่ประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจจะมีผลต่อค่าสีของน้ำมัน ทำให้น้ำมัน ME มีค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเขียว และค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่าน้ำมัน UAE แต่พบว่าค่าต่าง ๆ ที่วัดได้มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก อาจเป็นเพราะใช้ระยะเวลาในการสกัดไม่นานมาก คือ วิธี ME ใช้เวลาในการแช่ในตัวทำละลาย 30 นาที ส่วนวิธี UAE ใช้เวลาในการสกัด 15 นาที

ความหนืดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) โดยที่ความหนืดจากการสกัดด้วยวิธี UAE มีค่าสูงสุด (29.67 เซนติพอยต์) ตามด้วยวิธี ME (26.13 เซนติพอยต์) การใช้ตัวทำละลายในการสกัดจะทำให้สารอินทรีย์ชนิดไม่มีขี้สามารถละลายในสารสกัดทั้งหมด น้ำมันที่สกัดออกมาด้วยตัวทำละลายไม่ได้ประกอบด้วยไตรเอซิลกลีเซอรอลเพียงอย่างเดียว แต่จะมีสารประกอบอื่น ๆ เช่น ฟอสโฟลิพิด และ โพลาร์ลิพิดอื่น ๆ ซึ่งละลายได้ในน้ำปนอยู่ด้วย รวมเรียกว่า กัม (gums) จะทำให้ได้น้ำมันที่มีลักษณะขุ่นหนืด (gummy) สารนี้มีอยู่ในน้ำมันประมาณร้อยละ 0.03-3.0 เนื่องจากอัลตราโซนิคมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทมวลสารที่ต้องการสกัดออกจากวัตถุดิบได้มากกว่า ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่ามีปริมาณกัมที่ปนอยู่ในน้ำมันมากกว่า จึงทำให้ลักษณะน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี UAE จึงมีความหนืดสูงกว่าวิธี ME

ค่าความเป็นกรดของน้ำมันที่สกัดได้จากทั้งวิธี ME และ UAE มีค่า 1.34 และ 1.19 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม ตามลำดับ ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกันเชิงคุณภาพมากนัก ซึ่งพบว่าค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน Codex Alimentarius (1918) มาตรฐานสำนักงานอุตสาหกรรม (2533) และประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2543) ซึ่งใช้เกณฑ์เดียวกัน คือ กำหนดให้ไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม ประมาณ 2 เท่า อาจเป็นเพราะยังไม่ได้ผ่านการทำให้บริสุทธิ์โดยการทำให้เป็นกลางด้วยด่างก่อน สอดคล้องกับรายงานของพงษ์ศิริ วินิจฉาย และวารุณี ชนะแพสย์. (2550) ที่พบว่าน้ำมันเมล็ดเสาวรสที่สกัดด้วยเฮกเซน ปีโตรเลียมอีเทอร์ และการบีบอัด มีค่าความเป็นกรด 0.75, 1.02, และ 1.22 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม ตามลำดับ มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน แต่ทั้งนี้ น้ำมันที่ได้มีค่าเป็นกลางที่เหมาะสมสำหรับเป็นน้ำมันเพื่อการบริโภคได้ หรือนำไปใช้ในงานเครื่องสำอางได้ ส่วนค่ากรดไขมันอิสระมีค่าสูงเล็กน้อย (ร้อยละ 0.60-0.67) ซึ่งน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระประมาณร้อยละ 0.5-15 ในรูปกรดโอเลอิก จะเริ่มสังเกตการณ์เห็นได้ (นิธิยา รัตนปนนท์, 2548)

ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่สกัดได้จากทั้ง 2 วิธี (2.66 มิลลิสมมูลเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม) ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ น้ำมันใหม่ (fresh oil) จะมีค่าต่ำกว่า 10 มิลลิสมมูลเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 กิโลกรัม (มอก.47-2533) ส่วนน้ำมันที่มีกลิ่นหืน จะมีค่าเปอร์ออกไซด์ประมาณ 20-40 มิลลิลิตรสมมูล เปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม ซึ่งค่าเปอร์ออกไซด์ เป็นการวัด degree of lipid oxidation โดยการหาปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการออกซิเดชัน นั่นคือ สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ซึ่งจะเกิดขึ้นในน้ำมันอย่างช้า ๆ ในระหว่างที่น้ำมันถูกเก็บไว้ให้สัมผัสอากาศ เรียกว่า oxidative rancidity เป็นการเกิดออกซิเดชันขึ้นที่พันธะคู่ของกรดไขมัน ชนิดไม่อิ่มตัว ดังนั้นน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมาก หรือมีค่าไอโอดีนสูง จะเกิด oxidative rancidity ได้ง่าย จึงนิยมวัดค่าเปอร์ออกไซด์ เพื่อใช้ชี้บ่งการเกิดออกซิเดชันของน้ำมัน เพราะเปอร์ออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์แรก (primary oxidation product) ของปฏิกิริยาออกซิเดชัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548) และสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบที่ไม่มีสีและกลิ่นรส เป็นสารที่ไม่มีควมคงตัว สามารถแตกตัวได้เป็นสารแอลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นและรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เป็นกลิ่นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative rancidity) ค่าเปอร์ออกไซด์ไม่ได้เป็นค่าที่บอกถึงสภาพของน้ำมันได้ เนื่องจากสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์จะเริ่มสลายตัว หรือเกิด polymerization ทำให้ค่าที่วัดได้มีค่าลดลง ทั้งที่กระบวนการออกซิเดชันยังเกิดอยู่ และน้ำมันเสื่อมเสียไปแล้ว ด้วยเหตุนี้จึงต้องติดตามการสร้างและการสลายตัวของทั้ง primary product และ secondary product ของการเกิดออกซิเดชัน จึงจะสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของน้ำมันได้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

ค่าพาราแอนนิซิติน ของน้ำมันทั้ง 2 วิธี มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งค่าพาราแอนนิซิติน เป็นการวัดผลิตภัณฑ์ขั้นที่สอง (secondary product) ของการเกิดออกซิเดชัน โดยที่สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่ไม่เสถียรเกิดการแตกตัวและเปลี่ยนโครงสร้างเป็นสารโมเลกุลเล็ก ได้แก่ แอลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ กรด และไฮโดรคาร์บอน สารเหล่านี้จะไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ซึ่งจะอันตรายต่อสุขภาพ ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้ โดยร้อยละ 50 ของสารประกอบแอลดีไฮด์เป็นสารที่ระเหยได้ (volatile compounds) จึงส่งผลให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ (off-flavoured oil) หรือเกิดการหืนแบบ oxidative rancidity ในการวัดค่าพาราแอนนิซิตินจะเป็นการหาปริมาณสารแอลดีไฮด์ในส่วนที่เป็น non volatile โดยการให้แอลดีไฮด์ทำปฏิกิริยากับสาร *p*-anisidine แอลดีไฮด์หลักที่ตรวจวัด คือ 2-alkenals โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ 350 นาโนเมตร ซึ่งน้ำมันที่มี กรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมาก จะมีแนวโน้มในการเกิดออกซิเดชันได้มากกว่า ส่งผลให้มีค่าพาราแอนนิซิตินสูง (สุนิสา วิชาเชิดชู, 2553) นอกจากนี้ยังสามารถหาค่าการเกิดออกซิเดชันทั้งหมด (Total oxidation (TOTOX value); TV) ได้จากสมการ $TV = 2PV + p-AV$ โดย PV = peroxide value และ *p*-AV = para-anisidine value จากสมการพบว่า ค่า TV จะขึ้นอยู่กับค่าเปอร์ออกไซด์และค่าพาราแอนนิซิติน เมื่อนำมาคำนวณแล้วพบว่า การสกัดทั้งสองวิธีให้ค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าไอโอดีนของน้ำมันทั้ง 2 วิธี (114.17-114.76 กรัมของไอโอดีนต่อน้ำมัน 100 กรัม) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับรายงานของจิระวัฒน์ เข็มวัฒน์ และคณะ (2557) ซึ่งค่าไอโอดีนของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต ($SC-CO_2$) เท่ากับ 112.41 กรัมของไอโอดีนต่อน้ำมัน 100 กรัม ค่าไอโอดีนเป็นตัวบ่งชี้ว่าน้ำมันมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหรือจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่ผสมรวมกันอยู่ในน้ำมัน ถ้าค่าไอโอดีนสูงแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมากและจะเกิดการหืนเนื่องจาก oxidative stability ได้ง่าย

ส่วนค่าสaponification พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี ME และ UAE เท่ากับ 202.62 และ 212.73 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันในเชิงคุณภาพมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Akhter และคณะ (2006) น้ำมันจากเมล็ดองุ่น 6 สายพันธุ์ ได้จากการสกัดโดยการเขย่าที่อุณหภูมิห้อง ค่าสaponification อยู่ในช่วง 188.24-210.00 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม แสดงให้เห็นว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเมล็ดองุ่นมีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าสaponification เป็นตัวบ่งชี้ขนาดของโมเลกุลหรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไตรเอซิลกลีเซอรอลในน้ำมัน ซึ่งงานวิจัยของ Abdulkarim และคณะ (2005) รายงานว่า วิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดมะม่วงด้วยเอนไซม์และการสกัดด้วยวิธีการใช้ ตัวทำละลายอินทรีย์ไม่มีความแตกต่างกันหรืออาจกล่าวได้ว่าวิธีการสกัดที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าสaponification

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) กล่าวคือ สารประกอบฟีนอลิกอาจจะรวมถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (antioxidant activity) สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติซึ่งพบในน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดองุ่น สารเหล่านี้จะเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ เพราะจะช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (autoxidation) ของน้ำมันที่ระดับเซลล์ และต้านระดับออกซิเจนได้ (Aguilera และคณะ, 2005) พบว่า การสกัดด้วยวิธี ME พบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าวิธี UAE เนื่องจากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่สามารถชะล้างสารสำคัญออกมามากขึ้น และความได้เปรียบของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดด้วยวิธีการสกัด UAE มีความร้อนจากเครื่องอัลตราโซนิกเข้ามาเกี่ยวข้องในการสกัด อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส ในการสกัดซึ่งสารประกอบดังกล่าวอาจจะถูกทำลายด้วยความร้อน สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบตามธรรมชาติมีหลายประเภท มีลักษณะและสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกันไป สมบัติทั่วไปของสารประกอบฟีนอลิก คือ ละลายในน้ำได้เล็กน้อย สามารถละลายได้ดีในสารละลายอินทรีย์ โดยทั่วไปสารประกอบฟีนอลิกถูกแบ่งกว้าง ๆ ได้ 5 ประเภท ได้แก่ กรดฟีนอลิก (phenolic acids) สารประกอบจำพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoid) สติลเบนส์ (stilbens) คูมารินส์ (coumarins) แทนนินส์ (tannins) สารประกอบฟีนอลิกมีสูตร

โครงสร้างทางเคมี เป็นวงแหวนที่เป็นอนุพันธ์ของเบนซีน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) อย่างน้อยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่งหมู่ต่อสารฟีนอลิกพื้นฐาน คือ สารฟีนอล (phenol) ประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่ อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดนี้ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นสารประกอบกลุ่มใด พบว่าน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธี ME และ UAE มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 107.57 และ 94.35 ไมโครกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 มิลลิลิตรของน้ำมันตามลำดับ

ดังนั้นจากการวิเคราะห์น้ำมัน พบว่าวิธีการสกัดน้ำมันทั้งสองวิธี ให้ผลของสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมัน ไม่แตกต่างกันเชิงคุณภาพมากนัก หรืออาจกล่าวได้ว่าวิธีการสกัด ไม่มีผลต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่น

ตารางที่ 4.9 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธีต่าง ๆ

สมบัติทางเคมีกายภาพ	วิธีการสกัด	
	ME	UAE
สี: ค่าความสว่าง (L)	28.02 ± 0.01 ^a	27.04 ± 0.02 ^b
ค่าสีแดง (a*)	8.12 ± 0.01 ^a	8.42 ± 0.03 ^b
ค่าสีเหลือง (b*)	48.30 ± 0.02 ^a	46.62 ± 0.04 ^b
ค่า Chroma (C°)	48.98 ± 0.02 ^a	47.38 ± 0.02 ^b
ค่า Hue (°h)	80.46 ± 0.00 ^a	79.53 ± 0.36 ^b
ความหนืด (cP)	26.13 ± 0.29 ^a	29.67 ± 0.06 ^b
ค่าความเป็นกรด (mg KOH/ g oil)	1.34 ± 0.02 ^a	1.19 ± 0.00 ^b
ค่ากรดไขมันอิสระ (as % oleic acid)	0.67 ± 0.01 ^a	0.60 ± 0.00 ^b
ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq O ₂ / kg oil) ^{ns}	2.66 ± 1.15	2.66 ± 1.15
ค่าพาราแอนนิซิดีน	1.64 ± 0.12 ^a	1.39 ± 0.04 ^b
ค่าการเกิดออกซิเดชันทั้งหมด (ค่า TOTOX) ^{ns}	6.96 ± 2.25	6.71 ± 2.29
ค่าไอโอดีน (g I ₂ / 100 g oil) ^{ns}	114.17 ± 0.71	114.76 ± 0.63
ค่าสปอนนิฟิเคชัน (mg KOH/ g oil)	202.62 ± 0.19 ^a	212.73 ± 0.62 ^b
ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (µg GAE/ ml oil)	108.00 ± 4.08 ^a	94.35 ± 3.03 ^b

^{a, b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน ในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 สมบัติความคงตัวของน้ำมันของน้ำมันเมล็ดองุ่น

สมบัติความคงตัวของน้ำมัน เป็นการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชัน โดยเครื่อง Rancimat method จะใช้หลักการพ่นอากาศในตัวอย่งน้ำมันอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส วัดค่าดัชนีความเสถียร (Oil stability index : OSI) เป็นค่า induction time มีหน่วยเป็นชั่วโมง

หลักการทำงานของเครื่อง Rancimat เริ่มจากน้ำมันได้รับความร้อนและออกซิเจนที่เพียงพอในระยะเวลาหนึ่งจะเกิดกรดอินทรีย์ที่ระเหยได้ที่สำคัญ คือ กรดฟอร์มิก ซึ่งเป็นอนุพันธ์ตัวที่สองที่ได้จากการสลายตัวของแอลดีไฮด์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน อากาศจะเป็นตัวพาสารระเหยเหล่านี้ผ่านไปใต้น้ำปราศจากไอออน (deionized water) โดยที่ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ deionized จะถูกวัดด้วยมาตรวัด electrode ตลอดช่วงระยะเวลาการวิเคราะห์ และบันทึกค่าที่ได้ออกมาเป็นกราฟ ในช่วงแรกกราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นขนานกับแนวแกนระนาบซึ่งเป็นแกนของเวลา เมื่อสารระเหยละลายอยู่ในน้ำมากขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้น จากนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงเส้นกราฟที่ชันขึ้น โดยจุดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของอัตราการเกิดออกซิเดชันวัดได้จากการเปลี่ยนแปลงความชันของกราฟได้ค่าระยะเวลา (ชั่วโมง) ในการเหนี่ยวนำให้เกิดการหืนของน้ำมัน (induction time) ซึ่งประโยชน์ของการวิเคราะห์ความคงตัวของน้ำมัน คือ ใช้ในการประเมินอายุการเก็บรักษาของน้ำมัน และสามารถประยุกต์ใช้เครื่อง Rancimat ในการหาค่าดัชนีการป้องกันการหืนของสารต้านออกซิเดชันได้จากอัตราส่วนระหว่าง Induction time ของน้ำมันที่เติมสารต้านออกซิเดชันและ Induction time ของน้ำมันชนิดเดียวกันที่ไม่เติมสารต้านออกซิเดชัน

ผลของน้ำมันเมล็ดองุ่นในการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชันด้วยวิธี Rancimat method พบว่า มีความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีระยะเวลาในการเกิดการหืนของน้ำมัน (oxidative stability index (OSI) value) 2.31 และ 2.55 ชั่วโมง สำหรับน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี ME และ UAE ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันเมล็ดองุ่นอุดมไปด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงถึงร้อยละ 87 ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดออกซิเดชัน โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (Polyunsaturated fatty acid) จึงส่งผลให้ระยะเวลาในการเกิดออกซิเดชันค่อนข้างเร็ว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Assumpção และคณะ (2014) ที่ได้ศึกษาความคงตัวของน้ำมันเมล็ดองุ่นบริสุทธิ์ (virgin grape seed oil) และน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ผ่านกรรมวิธี (refined grape seed oil) โดยเลือกใช้สภาวะในการควบคุมต่างกัน และสภาวะที่ใช้ใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ คือ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลอากาศ 20 ลิตรต่อชั่วโมง และ 8 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าการทดลองทั้งสองสภาวะของน้ำมันเมล็ดองุ่นทั้ง 2 ชนิด ให้ค่า OSI ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า OSI อยู่ในช่วง 2.28-2.94 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.10 ความคงตัวของน้ำมันเมล็ดองุ่น

วิธีการสกัด	ความคงตัวของน้ำมัน (ชั่วโมง) ^{ns}
ME	2.31 ± 0.09
UAE	2.55 ± 0.16

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

4.8 สมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดองุ่น

DSC เป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนสำหรับน้ำมันและไขมัน เทคนิคนี้ใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความร้อนในวัสดุ โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าเอนทัลปี (enthalpy) ปัจจุบัน DSC ได้ถูกนำมาใช้วัดค่าพลังงานร่วมกับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร ซึ่งข้อมูลจาก DSC ของน้ำมันและไขมันจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับอนุกรมของการหลอมเหลวและการตกผลึก (O'Brien, 2008)

ผลของสมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดองุ่น ตรวจสอบด้วยวิธี Differential calorimetry scanning (DSC) ศึกษาในช่วงอุณหภูมิ -85 ถึง 85 องศาเซลเซียส (5 องศาเซลเซียสต่อนาที) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อนที่สะดวกและรวดเร็ว ซึ่งนำมาใช้ในการกำหนดหาลักษณะอุณหภูมิของน้ำมันในขณะที่เกิดการเปลี่ยนสถานะ การเปลี่ยนสถานะที่อุณหภูมิสูงสุด คือ การเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว ซึ่งสัมพันธ์กับการหลอมเหลวโดยสมบูรณ์ การเปลี่ยนสถานะนี้ช่วยเป็นแนวทางในการเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานและการเก็บรักษา การเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.11 พบว่าการเกิดจุดหลอมเหลว ซึ่งเป็นลักษณะของการดูดพลังงาน (endothermic) โดยจุดเริ่มต้นการเกิดจุดหลอมเหลว (onset temperature; T_{OM}) มีค่า -36.52 และ -35.77 องศาเซลเซียส ของวิธีการสกัด ME และ UAE ตามลำดับ ขณะที่ค่าอุณหภูมิที่เกิดการหลอมเหลวสูงสุด (peak temperature; T_{PM}) พบในวิธี ME ที่อุณหภูมิ -30.64 องศาเซลเซียส และวิธี UAE -30.15 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิสุดท้ายที่เกิดจุดหลอมเหลว (offset temperature; T_{OM}) ของวิธี ME อยู่ที่อุณหภูมิ -24.14 องศาเซลเซียส และวิธี UAE ที่อุณหภูมิ -23.90 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.3) ส่วนจุดเริ่มต้นของการเกิดผลึก (T_{OC}) ที่อุณหภูมิ -54.81 และ -52.09 องศาเซลเซียส ของวิธีการสกัด ME และ UAE ตามลำดับ และลักษณะการคายพลังงาน (exothermic) ของการตกผลึก (ภาพที่ 4.3) ของน้ำมันที่สกัดได้จากวิธีการที่ต่างกัน โดยที่การตกผลึกของน้ำมันเมล็ดองุ่นเกิดผลึกสุดท้ายสูงสุด (T_{PC}) ที่อุณหภูมิ -65.28 และ -64.89 องศาเซลเซียส ของวิธีการสกัด ME และ UAE ตามลำดับ (ภาพที่ 4.3) ซึ่งค่าอุณหภูมิต่าง ๆ ในการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วย DSC ทั้งการเกิดจุดหลอมเหลวและการตกผลึก พบว่ากราฟที่ได้ของน้ำมันไม่มีความแตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทั้งของวิธี ME และ UAE

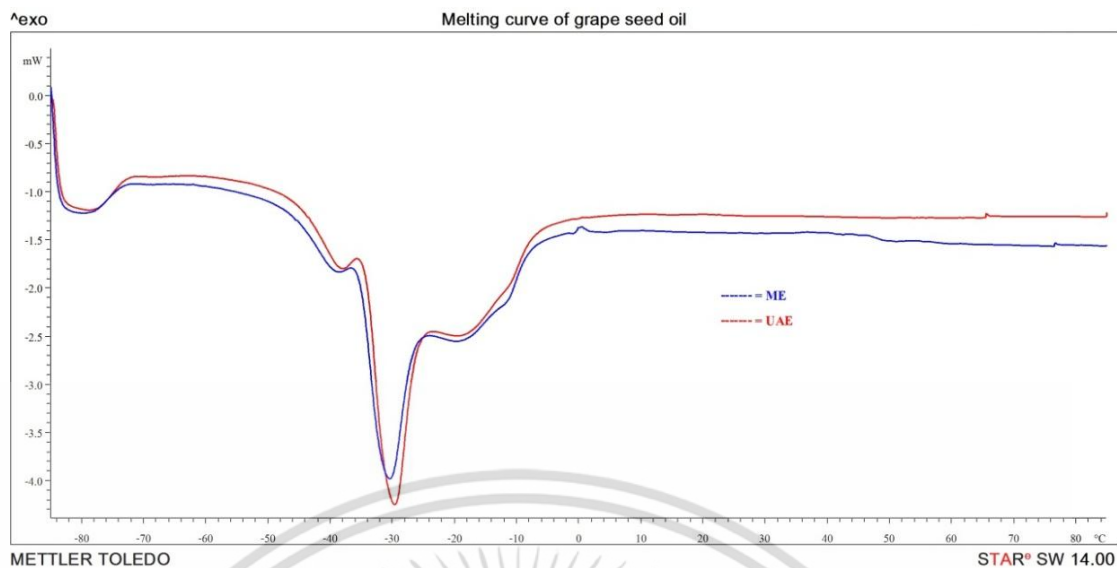
Tan และ Che Man (2002) รายงานว่าน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง (high degree of saturated) หรือน้ำมันที่มีค่าไอโอดีนมากกว่า 65 จะแสดงลักษณะของการหลอมเหลว และการตกผลึกที่อุณหภูมิสูงกว่าน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (high degree of unsaturation) หรือมีค่าไอโอดีนมากกว่า 65 โดยใน 1 กราฟจะสามารถเกิด peak ได้มากกว่า 1 peak ซึ่งจำนวนของ peak จะแสดงถึงชนิดของไครเอซิลกลีเซอรอล (TGA) ที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมันชนิดนั้น เช่น น้ำมันเมล็ดองุ่น การตกผลึกจะมี 3 peak เกิดขึ้น สอดคล้องกับภาพที่ 4.3 และ peak ภายพลังงานที่ต่ำที่สุด (เกิดผลึกสุดท้าย) จะแหลมและสูงกว่าอีก 2 peak แรก ซึ่งในการศึกษานี้ได้เปรียบเทียบน้ำมันบริโภคหลายชนิด พบว่ากราฟและอุณหภูมิใน DSC สามารถบ่งบอกชนิดของน้ำมันได้

ตารางที่ 4.11 สมบัติทางความร้อนการเกิดจุดหลอมเหลว (melting) และการตกผลึก (crystalization) ของน้ำมันเมล็ดองุ่น

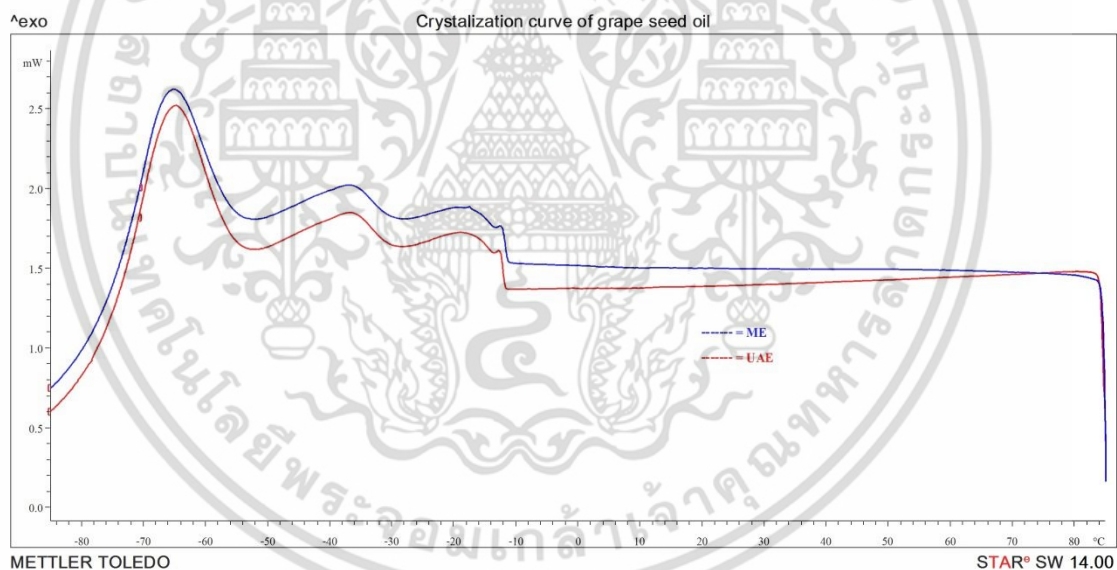
กราฟ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	วิธีการสกัด	
		ME	UAE
Melting (M)	T_{OM}^{ns}	-36.52 ± 0.60	-35.77 ± 1.08
	T_{PM}^{ns}	-30.64 ± 0.22	-30.15 ± 0.64
	T_{FM}^{ns}	-24.14 ± 0.50	-23.90 ± 0.75
Crystallization (C)	T_{OC}^{ns}	-54.81 ± 0.66	-54.09 ± 0.21
	T_{PC}^{ns}	-65.28 ± 0.42	-64.89 ± 0.39
	T_{FC}^{ns}	-73.50 ± 0.25	-73.41 ± 0.29

หมายเหตุ T_o = onset temp., T_p = peak temp., T_f = offset temp

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 4.4 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนการเกิดจุดหลอมเหลวของน้ำมันเมล็ดองุ่น



ภาพที่ 4.5 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนการตกผลึกของน้ำมันเมล็ดองุ่น

4.9 ปริมาณวิตามินอี (โทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอล) ในน้ำมันเมล็ดองุ่น

โทโคฟีรอล (tocopherol) และ โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) เป็นวิตามินอีของวิตามินอี ดังนั้นสารทั้งสองกลุ่มนี้ถูกเรียกรวม ๆ ว่า “วิตามินอี” หรือ “โทคอลส์ (Tocols)” ซึ่งเป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน คุณสมบัติเป็นสารสีเหลืองอ่อน ชั้นหนืด เหนียวเหมือนน้ำมัน ไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายในไขมันและตัวทำละลายไขมัน ก่อนข้างทนต่อความร้อน สามารถทนต่อความร้อน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้สูงถึง 200 องศาเซลเซียส ทนต่อกรด ไม่ทนต่อด่าง แสงแดด และออกซิเจน จึงถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายถ้าสัมผัสกับอากาศ และจะถูกออกซิไดซ์อย่างรวดเร็วถ้าวิตามินละลายในไขมันที่เหม็นหืน (rancidity) หรือมีโลหะ เช่น เหล็ก ทองแดงอยู่ด้วย ทั้งโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอล แบ่งเป็น 4 รูป (ไอโซเมอร์) ได้แก่ แอลฟา (α) เบตา (β) แกมมา (γ) และ (δ) ซึ่งแอลฟา-โทโคฟีรอล มีกิจกรรมวิตามินอี และมีบทบาทสำคัญในขบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกายของมนุษย์มากที่สุด (อนุชิตา มุ่งงาม, 2555) โดยโทโคฟีรอลเหล่านี้มี vitamin E activity ลดลงจาก แอลฟา \rightarrow เดลตา แต่มี antioxidant activity เพิ่มขึ้นจาก แอลฟา \rightarrow เดลตา โทโคฟีรอลทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันตามธรรมชาติให้กับสิ่งมีชีวิตในเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์ ปริมาณโทโคฟีรอลที่เหลืออยู่ในน้ำมันพืชภายหลังจากที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ จะทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันให้แก่ไขมัน (นิธิยา รัตนานนท์, 2548)

โทโคไตรอีนอลบางไอโซเมอร์สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันและมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าโทโคฟีรอล เพราะนอกจากจะสามารถให้ไฮโดรเจนแก่หมู่ไฮดรอกซิลได้ดีกว่าแล้ว ยังมีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระได้มากกว่าแอลฟา-โทโคฟีรอลถึงสามเท่า (Packer, 1995) และมีความคงตัวในอุณหภูมิสูงได้ดีกว่าโทโคฟีรอล นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกายได้

Feng และคณะ (1996) ทำการทดลองในน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ พบว่า แกมมา-โทโคไตรอีนอล มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ตามด้วย แกมมา-โทโคฟีรอล, แอลฟา-โทโคฟีรอล และแอลฟา-โทโคไตรอีนอล

ผลของโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลในน้ำมันเมล็ดองุ่น แสดงในตารางที่ 4.12 โดยการศึกษาพบกลุ่มโทโคฟีรอลมากกว่ากลุ่มโทโคไตรอีนอล ซึ่งกลุ่มโทโคไตรอีนอลนี้พบรูปเดลตา (δ -tocotrienol) มากที่สุด คือ 21.65-25.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมไขมัน รองลงมาคือรูปแอลฟา (α) (12.90-9.12 มิลลิกรัมต่อไขมัน 1 กิโลกรัม) ไม่พบรูปเบตา (β) และแกมมา (γ) ส่วนปริมาณโทโคฟีรอลที่พบมีทั้งหมด 3 รูป คือ α , β และ δ โดยพบรูปแอลฟา (α -tocopherol) มากที่สุด มีปริมาณสูงถึง 102.50-105.95 มิลลิกรัมต่อไขมัน 1 กิโลกรัม ไม่พบรูป γ ปริมาณวิตามินอีหรือโทคอลล์ของน้ำมันที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 วิธีให้ปริมาณแตกต่างกันเล็กน้อย ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะเป็นการสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนและเป็นน้ำมันที่ไม่ผ่านกระบวนการกำจัดกัม เช่นเดียวกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gliszczynska-Swigło (2007) ที่ศึกษาปริมาณโทโคฟีรอลในน้ำมันพืช พบว่าน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ผ่านกรรมวิธี (refined) มีปริมาณโทโคฟีรอลทั้งหมด 121 มิลลิกรัมต่อไขมัน 1 กิโลกรัม โดยพบในรูป α มากที่สุด คือ 103 มิลลิกรัมต่อไขมัน 1 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบกับน้ำมันชนิดอื่น ๆ เช่น น้ำมันเมล็ดทานตะวันที่สกัดโดยการบีบเย็นเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธี พบว่าให้ค่าไม่แตกต่างกันมากนัก กล่าวคือ โทโคฟีรอลจากธรรมชาติในน้ำมันผ่านกรรมวิธียังคงอยู่ในระดับที่เห็นได้ชัด เนื่องจากโทโคฟีรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความคงทนต่อความร้อนสูง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วโทโคฟีรอลมักจะสูญเสียในระหว่างขั้นตอนกำจัดกลิ่น (deodorization) และขั้นตอนการกลั่น (distillation) ในกระบวนการผลิตน้ำมัน และจากงานวิจัยของประทุมพร ชาติไทย (2557) ซึ่งเปรียบเทียบปริมาณโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดด้วยวิธีการแตกต่างกันได้รายงานว่าการสกัดด้วยวิธีการบีบเย็นด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรู (CSP) มีค่าสูงที่สุด สูงกว่าวิธี Soxhlet (SE) และวิธีแช่ (CSE) ซึ่งทั้งสองวิธีนี้ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัดและผ่านการกำจัดกัม จึงสามารถละลายสารกลุ่มโทคอลส์ออกไปด้วย และพบว่ากระบวนการกำจัดกัมของน้ำมันมีส่วนทำให้ปริมาณโทคอลส์ลดลง

ตารางที่ 4.12 ปริมาณวิตามินอี (โทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอล) ในน้ำมันเมล็ดคองุ่น

รูปของวิตามินอี (ไอโซเมอร์)	ปริมาณวิตามินอี (มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม)	
	วิธีการสกัด	
	ME	UAE
กลุ่ม Tocopherols		
- แอลฟา (α) ^{ns}	105.95 ± 8.98	102.50 ± 2.26
- เบตา (β) ^{ns}	20.60 ± 6.79	21.00 ± 2.97
- แกมมา (γ)	nd	nd
- เดลตา (δ)	4.80 ± 0.14 ^a	7.65 ± 4.03 ^b
กลุ่ม Tocotrienols		
- แอลฟา (α)	12.90 ± 9.12 ^a	13.50 ± 1.27 ^b
- เบตา (β)	nd	nd
- แกมมา (γ)	nd	nd
- เดลตา (δ) ^{ns}	21.65 ± 0.35	25.80 ± 3.82
รวม (Tocols)	165.95 ± 2.76 ^a	170.45 ± 9.83 ^b

^{a, b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

nd หมายถึง ตรวจไม่พบ (not detected)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันเมล็ดคองุ่น

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ของน้ำมันเมล็ดคองุ่น (ตารางที่ 4.13) พบว่าการสกัดน้ำมันเมล็ดคองุ่นด้วยวิธี ME และ UAE มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งการวิเคราะห์โดยวิธี DPPH radical scavenging assay และวิธี ABTS radical cation decolorization assay โดยน้ำมันเมล็ดคองุ่นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ในช่วง 25.97-27.49 ไมโครโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อน้ำมัน 100 กรัม และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS อยู่ในช่วง 284.17-296.80 ไมโครโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัม น้ำมัน พบว่า น้ำมันที่สกัดด้วยวิธี ME มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี UAE เล็กน้อย แต่ให้ผลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากการสกัดด้วยวิธี UAE มีความร้อนที่เกิดจากเครื่องอัลตราโซนิกร่วมด้วย อุณหภูมิในการสกัดประมาณ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจจะส่งกระทบต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ทำให้มีการสูญเสียปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ หรือสารประกอบฟีนอลิก และส่งผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ ทั้งนี้ผลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ตารางที่ 4.13 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันเมล็ดคองุ่น

วิธีวิเคราะห์	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ไมโครโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อน้ำมัน 100 กรัม)	
	วิธีการสกัด	
	ME	UAE
DPPH ^{ns}	27.49 ± 1.04	25.98 ± 0.44
ABTS ^{ns}	296.80 ± 1.23	284.17 ± 6.11

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น ได้แก่ ระยะเวลาในการสกัด และอัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดด้วยวิธีการแช่ (ME) และการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด (UAE) พบว่า

1.1 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดด้วยวิธี ME คือ ที่อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่นเท่ากับ 6 ต่อ 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ใช้เวลาในการสกัด 30 นาที ให้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 11.13 โดยน้ำหนักแห้ง

1.2 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับวิธี UAE คือ ที่ความถี่ 20 กิโลเฮิร์ตซ์ กำลังไฟฟ้า 750 วัตต์ ค่าแอมพลิจูดร้อยละ 80 โดยใช้อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อผงเมล็ดองุ่นเท่ากับ 2 ต่อ 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และใช้คลื่นเสียงความถี่สูงสกัดตลอดระยะเวลา 15 นาที ให้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 11.42 โดยน้ำหนักแห้ง

โดยการสกัดทั้งสองวิธีมีความสามารถในการสกัดได้ประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมด

2. การเปรียบเทียบผลของวิธีการสกัดที่มีต่อคุณภาพของน้ำมันเมล็ดองุ่น พบว่า

2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดองุ่นที่ได้จากการสกัดทั้งสองวิธี มีชนิดของกรดไขมันและปริมาณใกล้เคียงกัน มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมดสูงถึงร้อยละ 87 โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (PUFA) และมีกรดไลโนเลอิก (C18:2) เป็นกรดไขมันหลักที่โดดเด่น มีปริมาณสูงถึงร้อยละ 67

2.2 น้ำมันที่ได้จากการสกัดทั้งสองวิธี มีค่าสี ค่าความหนืด ค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าไอโอดีน และค่าสปอนนิฟิเคชัน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำมันบริโภค แต่ยังมีค่าความเป็นกรดและค่ากรดไขมันอิสระสูงเกินมาตรฐาน เนื่องจากน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดในการศึกษานี้เป็นน้ำมันดิบ (crude oil หรือ unrefined oil) จึงต้องผ่านการทำให้บริสุทธิ์โดยการทำให้เป็นกลางด้วยด่างก่อนจะนำไปบริโภค และพบว่าน้ำมันที่สกัดทั้งสองวิธีมีค่าเหล่านี้แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

2.3 การศึกษาสมบัติทางความร้อน พบจุดหลอมเหลวและอุณหภูมิในการตกผลึกของน้ำมันทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีจุดหลอมเหลวประมาณ -30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเริ่มต้นการตกผลึกประมาณ -54 องศาเซลเซียส

2.4 ปริมาณวิตามินอีของน้ำมันที่ได้จากการสกัดทั้งสองวิธี ให้ค่าไม่แตกต่างกันมาก โดยพบรูปแอลฟา-โทโคฟีรอลมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าทั้งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น โดยจะช่วยลดปริมาณการใช้ตัวทำละลายได้ถึง 3 เท่า และลดระยะเวลาในการสกัดได้ถึง 2 เท่าของวิธีการแช่ และให้ผลทางสมบัติเคมีและกายภาพของน้ำมันไม่แตกต่างจากวิธีการแช่ ดังนั้นการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง หรือคลื่นอัลตราโซนิคจึงเป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีทางเลือกสำหรับกระบวนการสกัดน้ำมัน แต่ทั้งนี้การเลือกใช้วิธีการสกัดยังต้องคำนึงปัจจัยอื่น ๆ อีกด้วย เช่น ต้นทุนการผลิต และความเหมาะสมต่อการใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กระทรวงสาธารณสุข. 2543. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 205 พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำมันและไขมัน.
- จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์, ปารมี เฟื่องปรีชา, ภัทรนันท์ กมลนัทธ์ และกนกวรรณ ไพรพนาพงศ์. 2557. การสกัดและลักษณะน้ำมันจากเมล็ดองุ่นไทยที่สกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสถานะวิกฤต. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 45(2)(พิเศษ) : 157-160.
- ชุติมา วันเพ็ญ, บุษราภรณ์ งามปัญญา, พิมพ์ชนก จตุรพิริย์ และปราโมทย์ ภูวิจิตรจารุ. 2556. ผลของการพรีทรีตเมนต์ด้วยอัลตราซาวด์ต่อการสกัดอินนูลินจากหัวแก่นตะวัน. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 36 : 249-258.
- นิธิยา รัตนานพนธ์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- นิธิยา รัตนานพนธ์. 2553. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ประทุมพร ชาดีไทย. 2557. “ลักษณะของน้ำมันเมล็ดมะรุมสกัดด้วยวิธีแตกต่าง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ปัทมธร ภัทรสถาพรกุล. 2551. หลักการโดยทั่วไปของการสกัด [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://203.158.184.2/elearning/AgriProEn2/unit1304.htm>. (เข้าถึงเมื่อ 2 พฤษภาคม 2557).
- พงษ์ศิริ วินิจฉัย และวารุณี ธนะแพสย์. 2550. “การศึกษาวิธีการสกัดและการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันเมล็ดเสาวรส.” หน้า 664-672. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม. 2549. การสกัดสารโพรงแอนโทไซยานินสีจากเมล็ดองุ่นด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด. วิศวกรรมสาร มข. 33 : 431-442.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันและไขมันสำหรับบริโภค. มอก.47-2533.
- สุนิสา วิชาเชิดชู. 2553. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อคุณภาพน้ำมันทอดไก่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุเมธ บุญเกิด. 2555. การใช้อัลตราซาวด์ในการช่วยสกัดพืชสมุนไพร [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.gpo.or.th/rdi/html/Ultrasound.html>. (เข้าถึงเมื่อ 4 พฤษภาคม 2557).
- อนุชิต มุ่งงาม. 2555. แอนติออกซิแดนซ์ในธัญพืช. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- Abdullah, M., and A.B. Koc. 2013. Kinetic of ultrasound-assisted oil extraction from black seed (*Nigella Sativa*). *J Food Process Preserv.* 37 : 814-823.
- Akhter, H., Hamid, S. and Bashir, R., 2006, Variation in lipid composition and physico-chemical constituent among six cultivars of grape seeds. *J Chem Soc Pakistan.* 28(1) : 97-100.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists' Society 17th ed. Association of Official Analytical Chemists Inc., Arlington, Virginia.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists' Society 18th ed. Association of Official Analytical Chemists Inc., Arlington, Virginia.
- AOAC. 2011. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists' Society 19th ed. Association of Official Analytical Chemists Inc., Arlington, Virginia.
- AOCS. 1997. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society 5th ed. Champaign Illinois, USA.
- AOCS. 2009. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society 6th ed. Champaign Illinois, USA.
- Assumpção, C.F., I.L. Nunes, T.A. Mendonça, A. Jablonski, S.H. Flôres, and d.A.O. Rios. 2014. The Quality, Stability, and Bioactive Compound Composition of Virgin and Refined Organic Grape Seed Oil. *J Am Oil Chem Soc.* 91 : 2035-2042.
- Bail, S., G. Stuebiger, S. Krist, H. Unterweger, and G. Buchbauer. 2008. Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. *Food Chem.* 108 : 1122-1132.
- Baumann, A.R., S.E. Martin and H. Feng. 2005. Power ultrasound treatment of *Listeria monocytogenes* in apple cider. *J Food Prot.* 11 : 2333-2340.
- Codex alimentarius. 1981. Food standard codex. 19 -1981.
- Diosady, L.L. 2005. Chlorophyll removal from edible oils. *Int J Appl Sci Eng.* 3 : 81-88.
- Feng, H.P. 1996. Preparative techniques for isolation of vitamin E homologs and evaluation of their antioxidant activities. *Dissertation Abstracts International (Section) B.* 56 : 5243.
- 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 Res Int.* 50 : 161-166.
- Gliszczynska-Swigło, A., Sikorska, E., Khmelinskii, I., and Sikorski, M. 2007. Tocopherol content in edible plant oils. *Pol J Polish Food Nutr Sci.* 57(4) : 157-161.

- Goula, A.M. 2013. Ultrasound-assisted extraction of pomegranate seed oil - Kinetic modeling. *J Food Eng.* 117 : 492-498.
- Hemwimol, S., P. Pavasant, and A. Shotipruk. 2006. Ultrasound-assisted extraction of anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia*. *Ultrason Sonochem.* 13 : 543-548.
- Jadhav, D., R. B.N, P.R. Gogate, and V.K. Rathod. 2009. Extraction of vanillin from vanilla pods: A comparison study of conventional soxhlet and ultrasound assisted extraction. *J Food Eng.* 93 : 421-426.
- Jiang, L., T. Yamaguchi, H. Takamura, and T. Matoba. 2005. Characteristics of Shodo Island Olive Oils in Japan : Fatty Acid Composition and Antioxidative Compounds. *Food Science and Technology Research.* 11 : 254-260.
- Jianmei, Y., and A. Mohamed. 2013. Functional components of grape pomace: their composition, biological properties and potential applications. *Int J Food Sci Technol.* 48 : 221-237.
- Kamel, B., H. Dawson, and Y. Kakuda. 1985. Characteristics and composition of melon and grape seed oils and cakes. *J Am Oil Chem Soc.* 62 : 881-883.
- Lavelli, V. 2002. Comparison of the Antioxidant Activities of Extra Virgin Olive Oils. *J. Agric. Food Chem.* 50 : 7704-7708.
- Malićanin, M., V. Rac, V. Antić, M. Aćnti, L.M. Palade, P. Kefalas, and V. Rakić. 2014. Content of antioxidants, antioxidant capacity and oxidative stability of grape seed oil obtained by ultrasound assisted extraction. *J Am Oil Chem Soc.* 91 : 989-999.
- Mason, T.J. 1998. "Power ultrasound in food processing—The way forward." 105-126. in Povey, M.J.W. and Mason, T.J., eds. *Ultrasound in Food Processing*. London : Blackie Academic and Professional.
- Matthäs, B. 2008. Virgin grape seed oil: Is it really a nutritional highlight? *Eur J Lipid Sci Tech.* 110 : 645-650.
- Muralidhara, H.S., G.F. Seymour, B.F. Jirjis, D.D. Otten, and X. Luo. Removal of Gum and Chlorophyll-Type Compounds from Vegetable Oils. U.S. Patent no. 6,376,689 B1, 23rd April 2002.
- O'Brien, R.D. 2008. *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications*, 3rd ed. Boca Raton, FL : CRC Press.
- Packer, L., S.U. Weber, and G. Rimbach. 2001. Molecular Aspects of α -Tocotrienol Antioxidant Action and Cell Signalling. *J Nutr.* 131 : 369S-373S.

- Pinelo, M., M. Rubilar, M. Jerez, J. Sineiro, and M.J. Núñez. 2005. Effect of solvent, temperature, and solvent-to-solid ratio on the total phenolic content and antiradical activity of extracts from different components of grape pomace. *J Agric Food Chem.* 53 : 2111-2117.
- Samaram, S., H. Mirhosseini, C.P. Tan, and H.M. Ghazali. 2014. Ultrasound-assisted extraction and solvent extraction of papaya seed oil: Crystallization and thermal behavior, saturation degree, color and oxidative stability. *Ind Crops Prod.* 52 : 702-708.
- Sevim, D., O. Tuncay, and O. Koseoglu. 2013. The Effect of Olive Leaf Addition on Antioxidant Content and Antioxidant Activity of “Memecik” Olive Oils at Two Maturity Stages. *J Am Oil Chem Soc.* 90 : 1359-1369.
- Shahidi, F., 2006. “Quality assurance of fats and oils.” 565-575. in Shahidi, F., ed. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products Edible, Oil and Fat Products: Chemistry, Properties, and Health Effects*, 6th ed. Vol. 1. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons.
- Singleton, V.L., R. Orthofer, and R.M. Lamuela-Raventós. 1999. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. 152-178. *Methods in Enzymology*. Vol. 299. Academic Press.
- Tan, C.P., and Y.B. Che Man. 2000. Differential scanning calorimetric analysis of edible oils: Comparison of thermal properties and chemical composition. *J Am Oil Chem Soc.* 77:143-155.
- Vayuphar, B., and V. Laksanalamai. 2012. Recovery of antioxidants from grape seeds and its application in fried food. *J Food Process Technol.* 3 : 152.
- Zhang, Z.-S., L.-J. Wang, D. Li, S.-S. Jiao, X.D. Chen, and Z.-H. Mao. 2008. Ultrasound-assisted extraction of oil from flaxseed. *Sep Purif Technol.* 62 : 192-198.

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดคองุ่น

การวิเคราะห์โดยประมาณ

Proximate Analysis มีประโยชน์ในการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร เช่น การทำ nutrition fact ที่ติดอยู่บนฉลากอาหาร ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกบริโภคอาหารและเครื่องดื่มได้อย่างเหมาะสม

ก.1 การวิเคราะห์ความชื้น (moisture) (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์หาความชื้น เป็นวิธีการระเหยน้ำออกจากตัวอย่าง ปริมาณน้ำในอาหารจะหาได้จากน้ำหนักของอาหารเริ่มต้นลบน้ำหนักของอาหารแห้ง เนื่องจากจุดเดือดของน้ำในอาหารมีค่าต่ำกว่าองค์ประกอบหลักต่าง ๆ ในอาหาร

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (aluminum can)
3. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
4. โถดูดความชื้น (desiccator)

วิธีวิเคราะห์

1. นำ aluminum can ไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น รอทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักแน่นอน (4 ตำแหน่ง)
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดแล้ว 3 ± 0.1 กรัม ไปอบที่ 105 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง โดยเปิดฝาเพื่อให้น้ำระเหยออกจากอาหาร
3. เมื่อครบเวลา ปิดฝา นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) ก่อนชั่งน้ำหนัก เพื่อไม่ให้อาหารดูดความชื้นจากอากาศซึ่งทำให้ค่าคลาดเคลื่อน อบซ้ำอีกครั้ง ครั้งละครึ่งชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ หรือผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้งต้องต่างกันไม่เกิน 0.005 กรัม
4. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

การคำนวณหาปริมาณความชื้นในตัวอย่าง

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

เมื่อ W1 = น้ำหนักก่อนอบ

W2 = น้ำหนักหลังอบ

ก.2 การวิเคราะห์ไขมัน (fat) (AOAC, 2011)

ไขมันเป็นองค์ประกอบหลักตัวหนึ่งของอาหาร เป็นสารอินทรีย์ที่ส่วนใหญ่ไม่สามารถละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น ปีโตรเลียมอีเทอร์ เฮกเซน คลอโรฟอร์ม ไขมันในอาหารรวมถึงสารประกอบในกลุ่มไตรกลีเซอไรด์ โมโนหรือไดกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระ ฟอสโฟลิปิด สเตอรอล แคโรทีนอยด์ วิตามินเอและอี ดังนั้นไขมันในอาหารจึงมีองค์ประกอบที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามไขมันในอาหารส่วนใหญ่ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์มากกว่าร้อยละ 95 ของไขมันทั้งหมด

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
2. สกักชอกห์เลต (soxhlet apparatus) พร้อมทิมเบิล (thimble) และบีกเกอร์
3. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
4. โถดูดความชื้น (desiccator)
5. ที่คีบ (tong)
6. Boiling chip
7. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. เฮกเซน (hexane)

วิธีวิเคราะห์

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boiling chip ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดอบไล่ความชื้นแล้ว 10 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรองใส่ในทิมเบิล (extraction thimble)
3. ตวงตัวทำละลายเฮกเซน 140 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ไขมัน ต่อทิมเบิลใส่ตัวอย่าง และ

บีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำบีกเกอร์ไขมันออกทิ้งให้เย็นสักครู่ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 1-2 ชั่วโมง
5. นำบีกเกอร์ไขมันใส่ในโถดูดความชื้น จากนั้นนำออกมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง จดบันทึกน้ำหนัก

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

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

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง

W1 = น้ำหนักก่อนอบ

W2 = น้ำหนักหลังอบ

ก.3 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (ash) (AOAC, 2011)

เถ้า (ash) คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ (inorganic) หรือส่วนที่เหลือจากการเผา ซึ่งได้แก่แร่ธาตุต่าง ๆ เมื่อนำตัวอย่างไปเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์จะถูกเผาไหม้หมดไป เหลืออยู่แต่ส่วนของสารอนินทรีย์ ถ้าของเถ้าที่หาได้สามารถบอกถึงคุณภาพของอาหาร ถ้าค่าของเถ้าสูงมากกว่าปกติอาจมีการปลอมปน

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งชนิดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เตาไฟฟ้า (hot plate)
3. เตาเผาไฟฟ้า (muffle furnace)
4. ถ้วยสำหรับเผาเถ้า (crucible)
5. โถดูดความชื้น (desiccator)

วิธีการ

1. เเผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาด ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เพื่อไม่ให้มีความชื้นเหลืออยู่ในถ้วยกระเบื้องแล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น เพื่อไม่ให้ถ้วยกระเบื้องมีการดูดความชื้นจากอากาศซึ่งอาจทำให้ได้น้ำหนักที่ไม่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างใส่ในถ้วยกระเบื้อง (3 ± 0.1 กรัม)
3. เเผาตัวอย่างบนเตาไฟฟ้าจนหมดควัน
4. นำไปเผาในเตาไฟฟ้าที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมง ให้เป็นเถ้าสีขาว
5. รอให้เตาเผาเย็นลง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้า

คำนวณหาปริมาณเถ้าในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า (\%)} = \frac{W_2 - W}{W_1 - W} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง

W_1 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

W_2 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและเถ้าหลังเผา

ก.4 โปรตีน (protein) (Kjeldahl method; AOAC, 2011)

โปรตีนเป็นโพลีเมอร์ของกรดอะมิโน เกิดจากกรดอะมิโนมาจับกันด้วยพันธะเปปไทด์ ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนส่วนใหญ่อาศัยความเฉพาะเจาะจงของกรดอะมิโนหรือพันธะเปปไทด์ การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทำได้หลายวิธี แต่ในการทดลองนี้ใช้หลักการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนอาศัยการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในอาหาร โดยวิธีการที่นิยมเรียกว่า วิธีเจลดาล์ (kjeldahl method) เนื่องจากโปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มาจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. หลอดย่อยโปรตีน
3. อุปกรณ์ชุดวิเคราะห์โปรตีน (kjeldahl apparatus)
4. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
5. ขวดชมพูขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร
6. Boiling chip

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดบอริก 2% เตรียมได้จากการละลายกรดบอริก 2 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอล ปิเปต 37% กรดไฮโดรคลอริก 2.07 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32% เตรียมจากซังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
5. ตัวเร่ง (catalyst) (เตรียมจาก 1:10 ของ $\text{CuSO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สารละลายอินดิเคเตอร์

- เตรียม 0.1% Methylene blue ใน alcohol 95%
- เตรียม 0.2% Methyl red ใน alcohol 95%

วิธีการ

1. การย่อย

1.1 ชั่งตัวอย่าง 3 ± 0.1 กรัม (4 ตำแหน่ง) ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน อย่าให้ตัวอย่างเปื้อนข้างหลอด เติมตัวเร่ง 10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 3 ลูก

1.2 นำหลอดย่อยโปรตีน วางลงใน rack ก่อนนำไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย ปิดที่บังความร้อน (heat shield) และสวมที่ดูดควัน ที่ต่อเข้ากับชุดกำจัดไอกรด (exhaust) ก่อนเปิดสวิตช์ (power on)

1.3 ตั้งอุณหภูมิที่ใช้อยู่ 370 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

1.4 ทำการย่อย จนได้สารละลายสีฟ้าใส

1.5 ปิดสวิตช์ พร้อมยก rack ที่มีหลอดย่อยตัวอย่างขึ้นพัก รอให้สารละลายสีฟ้าเย็นลง ซึ่งช่วงนี้ยังคงเปิดชุดกำจัดไอกรดไว้จนไม่มีไอกรด ก่อนนำไปต่อเข้ากับชุดกลั่น

2. การกลั่น

2.1 นำหลอดย่อยตัวอย่างต่อเข้ากับชุดกลั่นโปรตีน ตรวจสอบเช็คความเรียบร้อยของระบบน้ำสำหรับหล่อเย็น ถังน้ำกลั่น ถังโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32% โดยสายยางต้องจุ่มลงในถังน้ำกลั่นหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.2 เติมกรดบอริกเข้มข้น 4% ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ทั้งสอง อย่างละ 1 หยดจะได้สารละลายสีชมพูม่วง วางขวดรูปชมพู่ลงในชุดกลั่น เสียบท่อพลาสติกที่ต่อจากคอนเดนเซอร์ลงในกรดบอริก เพื่อดักจับแก๊สแอมโมเนียที่กลั่นออกมาได้

2.3 เปิดเครื่องเพื่อเติมน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในหลอดย่อยสารละลาย ในหลอดย่อยจะเปลี่ยนเป็นสีดำ

2.4 เปิดไอน้ำและตั้งเวลาในการกลั่น เวลาที่ใช้ในการกลั่นขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง

3. การไตเตรท

3.1 นำขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสารละลายที่กลั่นเสร็จแล้วซึ่งมีสีเขียว มาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูม่วง บันทึกการใช้กรดไฮโดรคลอริก

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง} = \frac{(A-B) \times N \times 14 \times 100}{W \times 1000} \times 100$$

เมื่อ A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (normal)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่าง} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

ก.5 ใยอาหาร (crude fiber) (AOAC, 2011)

ใยอาหาร (crude fiber) คือ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้ประกอบด้วย เซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ hemi-cellulose และแร่ธาตุด่างชนิด ตามปกติจะใช้เป็นตัววัดคุณค่าทางอาหารหลายชนิด เพราะใยอาหารย่อยยาก นอกจากนี้ใยอาหารยังใช้ในการตรวจการปลอมปนอาหาร

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร (fiber extraction apparatus)
3. ถ้วยชนิดทนไฟ (sinter glass crucible) ขนาดของตัวกรอง (fiber) ประมาณ 40-90 ไมครอน

ไมครอน

4. เตาเผาไฟฟ้า (muffle furnace)
5. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
6. โถดูดความชื้น (desiccator)
7. ที่คีบ (tong)
8. กัดม้มน้ำ
9. กาแก้ว
10. กรวยกรอง
11. กระจบอกฉีดน้ำ
12. เตาไฟฟ้า (hot plate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 0.255 นอร์มอล (1.25 เปอร์เซ็นต์) ปิเปตกรดซัลฟูริก 96 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 7.10 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตร 1 ลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 นอร์มอล (1.25 เปอร์เซ็นต์) เตรียมจากซังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
3. อะซิโตน
4. สารป้องกันการเกิดฟอง (Anti-foam)

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้ว 1 กรัม (น้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในถ้วยชนิดทนไฟ (ในกรณีที่ตัวอย่างกรองยาก เติมสารช่วยกรอง ซีโรไลท์ (celite) ประมาณ 1 กรัม ลงบนตัวอย่าง)
2. นำถ้วยชนิดทนไฟต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์อาหาร ในส่วนของ hot extraction unit ปิดล็อกให้แน่น
3. เปิดฝาด้านบนของตัวเครื่อง เติมกรดซัลฟูริก 0.255 นอร์มอล ที่อุ่น ๆ 150 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยของแต่ละตัวอย่าง
4. เติมสารป้องกันการเกิดฟอง ปริมาณ 2-3 หยด ให้ความร้อน กรองจนแห้ง
5. ลดความร้อนลง และต้มเป็นเวลา 30 นาที
6. กรองเอากรดออก โคนเลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง vacuum ถ้ากรองไม่ลงให้ใช้แรงดันที่ตำแหน่ง pressure ช่วย
7. ล้างกากด้วยน้ำร้อน 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 30 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง
8. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 นอร์มอล ที่อุ่น ๆ 150 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยของแต่ละตัวอย่าง เติมสารป้องกันการเกิดฟอง ปริมาณ 2-3 หยด ให้ความร้อนจนเดือด
9. ทำซ้ำ ข้อ 5 ถึงข้อ 7
10. ล้างกากที่อยู่ในถ้วยชนิดทนไฟด้วยอะซิโตน 25 มิลลิลิตร กรองให้แห้ง
11. นำถ้วยชนิดทนไฟไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
12. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกมาใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

การคำนวณเปอร์เซ็นต์เยื่อใยอาหาร

$$\text{เปอร์เซ็นต์เยื่อใยอาหาร} = \frac{(W1-W2)}{W} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

W1 = น้ำหนักของถ้วย crucible และกากหลังอบแห้ง (กรัม)

W2 = น้ำหนักของถ้วย crucible และกากหลังเผา (กรัม)

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน

ก.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน (fatty acid composition) (AOAC (2005), 996.06)

การวิเคราะห์กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบด้วยแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas chromatography) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 6890N โดยใช้คอลัมน์ 100m × 0.25 mm ID, 0.20 μm film thickness ยี่ห้อ Supelco รุ่น SP-2560

สภาวะการทดลอง

Condition การทดสอบ

Injection port : 250 °C

FID Detector : 250 °C

Oven Temperature profile : Initial temp. 140 °C; hold 5 min

Increase temp. 3 °C/min to 250 °C; hold 17 min

Run time : 55 min

Capillary column : Supelco SP-2560

GC FID : Agilent Model 6890N (G1539N)

Serial No. US10406046

การคำนวณ

$$\% \text{ Area} = \frac{PA_{fa} \times 100}{\sum \text{Area}}$$

เมื่อ PA_{fa} = Peak Area Fatty acid

$$\text{Fatty acid (g/100g)} = \left(\frac{\% \text{Area} \times \text{Total Fat}}{100} \right) \times \text{factor}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.7 วิธีการวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab (Color Quest XE)

เครื่องวัดสีทำงานโดยใช้หลักการของ spectrophotometry ดังนี้ ให้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงภายในตัวเครื่องตกกระทบบนผิวของวัตถุ อนุภาคของสีบนผิวของวัตถุจะดูดกลืนแสงบางช่วงคลื่นไว้ และสะท้อนแสงบางช่วงคลื่นออกมา และถูกบันทึกโดยชุดรับสัญญาณ (spectrometer) และนำข้อมูลมาประมวลผลตามการตอบสนองของตามนุษย์ที่ไวต่อแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน คำนวณค่าสีออกมาเป็นตัวเลขระบบ CIE (Commission International de l'Eclairage)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Hunter Lab รุ่น Color Quest XE
2. ชุด calibration

วิธีวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องทดสอบและโปรแกรมการทดสอบในคอมพิวเตอร์ ในการตรวจสอบสีของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ใช้ค่าสีระบบ CIE L* a* b* โดยการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) ด้วยการตั้งค่าต่าง ๆ ดังนี้ Mode เลือก TTRAN (Total transmission) ใช้วัดสีวัตถุโปร่งใส โดยจะรวมแสงที่ทะลุผ่านทั้งหมด และแสงที่กระเจิง และเลือก Illuminant/Observers เลือก D65/10°

2. ทำการ Calibration เครื่องก่อนการวัดครั้งแรกด้วยชุด Calibration โดยทำตามขั้นตอนที่โปรแกรมกำหนด ดังนี้

- 2.1 นำ black card วางที่ transmission port กด OK เมื่อทำการ standardize สมบูรณ์แล้วนำ black card ออก

- 2.2 นำ cell blank วางแทนที่ black card

- 2.3 นำ white calibrated tile วางที่ reflectance port (วางไว้ตลอดการวัดโดยไม่เอาออก)

- 2.4 ทำการกดอ่านค่า cell blank โดยค่า L* ที่วัดได้จะเท่ากับ 100 หรือใกล้เคียง 100 ค่า a* และ b* จะเท่ากับ 0 หรือใกล้เคียง 0

- 2.5 จากนั้นเปลี่ยนจาก cell blank เป็นตัวอย่างน้ำมัน วัดค่าสีของน้ำมันในระบบ CIE L* a* b* โดยทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a* หมายถึง ความเป็นสีแดง ถ้าเป็นบวก (+) และความเป็นสีเขียว ถ้าเป็นลบ (-)

b* หมายถึง ความเป็นสีเหลือง ถ้าเป็นบวก (+) และความเป็นสีน้ำเงิน ถ้าเป็นลบ (-)

C* หมายถึง ค่าความเข้มของสี (Chroma) คำนวณจาก $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

h° หมายถึง ค่าเฉดสี (Hue) คำนวณจาก $h^{\circ} = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ ค่าที่ได้จะเป็นค่ามุม หน่วยเป็นองศา

ก.8 การวิเคราะห์ความหนืด Brookfield viscometer (Brookfield DV-III)

Brookfield viscometer เป็นมาตรวัดความหนืด (viscometer) ประเภท rotational viscometer ที่ใช้วัดความหนืด (viscosity) ของของเหลว มีหน่วยเป็นเซนติพอยส์ (centipoise) นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ในอุตสาหกรรมอาหาร ตัวเครื่องประกอบด้วย แท่งโลหะทรงกระบอก (spindle) จะหมุนอยู่ในของเหลวที่ต้องการวัด โลหะทรงกระบอกนี้หมุนได้โดยต่อกับมอเตอร์ การวัดความหนืดจะวัดแรงเสียดทานของของเหลวออกมาเป็นค่า Torque และนำมาคำนวณโดยการคูณด้วยค่าคงที่ตามที่กำหนดมากับเครื่อง หรือสามารถอ่านค่าเป็น centipoise ได้โดยตรงจากเครื่อง

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Brookfield viscometer รุ่น Brookfield DV-III
2. ชุด Small sample adapter
3. หัววัดเบอร์ 18

วิธีการวิเคราะห์

1. ปิเปิดตัวอย่างน้ำมัน 8 มิลลิลิตร ใส่ใน chamber ซึ่งติดตั้งเข้ากับชุด small sample adapter และควบคุมการวัดที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส
2. ใส่หัววัดเบอร์ 18 และจุ่มในตัวอย่าง
3. กด select spindle เพื่อเลือกขนาดของหัววัด และกด select spindle อีกครั้งเพื่อตอบตกลง
4. เลือกความเร็วรอบ โดยพิจารณาความเร็วรอบจากค่าทอร์ก (torque) ที่เข้าใกล้ 100 หลังจากนั้นอ่านค่าความหนืดของตัวอย่างเป็นเซนติพอยส์ (cP)

ก.9 การวิเคราะห์ค่ากรดและกรดไขมันอิสระ (Acid value; AV หรือ Free fatty acid)

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด ค่าของกรด (Acid value; A.V.) ค่า A.V. ของไขมัน หรือน้ำมัน คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมัน หรือน้ำมันจำนวน 1 กรัมเป็นกลาง ซึ่งนิยมเทียบเป็นร้อยละของ acid value ดังนั้นค่า A.V. จะเป็นตัวชี้บ่งบอกการหืนของไขมัน และน้ำมัน ถ้าค่า A.V. สูงแสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกไฮโดรไลซ์ เป็นกรดไขมันอิสระมาก แสดงว่าเกิดการหืนมาก

อุปกรณ์

1. Erlenmeyer flasks 250 มิลลิลิตร
2. Magnetic stirrer
3. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี

1. สารละลาย potassium hydroxide (KOH) 0.1 โมลาร์
2. Phenolphthalein 1.0% ใน ethyl alcohol 95%
3. Ethyl alcohol 95%

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 10 ± 0.01 กรัม จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ในขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร
2. เติม ethyl alcohol 95% -30 มิลลิลิตร นำไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
3. หยด phenolphthalein เป็น indicator 3-4 หยด นำไปไตเตรทกับสารละลาย potassium hydroxide (KOH) เขย่าแรง ๆ จนได้สารละลายสีชมพูจากเหมือนกับสี ethyl alcohol สีต้องคงที่เป็นเวลา 30 วินาที
4. บันทึกปริมาตรสารละลาย potassium hydroxide (KOH) ที่ใช้ในการไตเตรท
5. คำนวณค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ

การคำนวณความเป็นกรดและกรดไขมันอิสระ

$$\text{Acid value, mg KOH/g of test portion} = \frac{\text{ml KOH} \times M \times 56.1}{\text{นน.ตัวอย่าง (กรัม)}}$$

$$\text{Free fatty acid as oleic, \%} = \frac{\text{ml KOH} \times M \times 28.2}{\text{นน.ตัวอย่าง (กรัม)}}$$

เมื่อ M = ความเข้มข้นของสารละลาย KOH ที่ใช้ในการไตเตรท (โมลาร์)

ก.10 การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value; PV)

สารเคมี

1. สารละลายผสมอะซิติก : คลอโรฟอร์ม (3:2)
2. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว
3. สารละลายโซเดียมไซโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล
4. สารละลายน้ำแข็งความเข้มข้น 1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5 ± 0.05 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายผสมอะซิติค: คลอโรฟอร์ม (3:2) 30 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร
4. เขย่าสารละลายเป็นเวลา 1 นาที ในที่มืด และเติมน้ำกลั่นทันที 30 มิลลิลิตร
5. ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมโซอิลเฟตความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อนและเติมสารละลายน้ำแป้งความเข้มข้น 1% ปริมาณ 2 มิลลิลิตร และไตเตรทต่อจนสีน้ำเงินจางหาย
6. บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมโซอิลเฟต ที่ใช้ในการไตเตรท
7. ทำ blank ตามวิธีเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น แต่ไม่ใส่ตัวอย่างน้ำมัน
8. คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์

การคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์

$$\text{Peroxide value (milliequivalents peroxide/ 1000 g sample)} = \frac{(S-B) \times N \times 1000}{\text{นน.ตัวอย่าง (กรัม)}}$$

- เมื่อ
- B = ปริมาตร Sodium thiosulfate ที่ใช้ในการไตเตรท Blank (มิลลิลิตร)
 - S = ปริมาตร Sodium thiosulfate ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
 - N = ความเข้มข้นของสารละลาย Sodium thiosulfate $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (นอร์มอล)

ก.11 วิเคราะห์ค่าพาราแอนนิซิดีน (*p*-Anisidine value; *p*-AV)

อุปกรณ์

1. หลอดฝาเกลียว ขนาด 10 มิลลิลิตร
2. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร
3. ปิเปตอัตโนมัติหรือบิวเรตต์อัตโนมัติ
4. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่สามารถวัดได้ที่ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร
5. เซลล์แก้วขนาด 1.00 (± 0.01) เซนติเมตร

สารเคมี

1. ไอโซออกเทน (2, 2, 4-ไตรเมทิลเพนเทน)
2. กรดอะซิติค
3. สารละลายพาราแอนนิซิดีน (ละลายในกรดอะซิติค) เตรียมโดยชั่งสารพาราแอนนิซิดีน 2.5 กรัม ละลายในกรดอะซิติค 1 ลิตร เมื่อเตรียมเสร็จเก็บในขวดสีชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 0.5 ± 0.1 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายไอโซออกเทน เขย่าให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร
3. ทำ blank โดยใช้สารละลายไอโซออกเทน
4. นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 350 นาโนเมตร
5. ปิเปิดสารละลายตัวอย่างจากขวดวัดปริมาตร 25 มิลลิลิตร ออกมาจำนวน 5 มิลลิลิตร

ใส่ในหลอดทดลอง

6. ปิเปิดสารละลาย blank จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองอีกหลอดหนึ่ง
7. เติมสารละลายพาราแอนนิซิดีน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
8. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 350 นาโนเมตร
9. คำนวณค่าพาราแอนนิซิดีน

$$p\text{-Anisidine Value} = \frac{25 \times (1.2A_s - A_b)}{\text{นน.ตัวอย่าง (กรัม)}}$$

เมื่อ

A_s = ค่าการดูดกลืนแสงหลังเติมสารละลายพาราแอนนิซิดีน

A_b = ค่าการดูดกลืนแสงก่อนเติมสารละลายพาราแอนนิซิดีน

ก.11 การวิเคราะห์ค่าไอโอดีน (Iodine value; IV)

ค่าไอโอดีน (Iodine value) คือ จำนวนกรัมของไอโอดีนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันจำนวน 100 กรัม ค่า IV เป็นตัวชี้บ่งว่าไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด หรือ Degree of unsaturation ของไขมัน ถ้าค่า IV สูงแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมาก และจะทำให้เกิดการหืน oxidative rancidity ได้ง่ายด้วย

อุปกรณ์

1. Iodine flask ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 1000 มิลลิลิตร
3. ปิเปิด ขนาด 10, 20 และ 25 มิลลิลิตร
4. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
5. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
6. Magnetic stirrer
7. ปีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
8. ตู้อบลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี

1. สารละลาย Wijs
2. สารละลาย Potassium Iodide 10% (w/v)
3. สารละลาย Acetic acid-cyclohexane 1:1 (v/v)
4. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)
5. สารละลายน้ำแป้ง 1%
6. สารละลายมาตรฐาน Sodium thiosulfate 0.1 นอร์มอล

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ หลอมสารละลายตัวอย่างน้ำมันที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส และกรองผ่านกระดาษกรองใส่ลงในขวดชมพู 500 มิลลิลิตร
2. ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างน้ำมันจนตัวอย่างมีอุณหภูมิ 68-71 องศาเซลเซียส
3. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 10 ± 0.02 กรัม ใส่ใน Iodine flask ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมสารละลาย cyclohexane จำนวน 15 มิลลิลิตร เขย่าให้ละลายเข้ากัน
4. เติมสารละลาย Wijs 25 มิลลิลิตร ปิดจุกแล้วเขย่าเบา ๆ จนละลายผสมกัน จับเวลา 30 นาที นำไปเก็บในที่มืด เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาและเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 25 ± 5 องศาเซลเซียส
5. จากนั้นเติมสารละลาย Potassium Iodide (KI) 10% จำนวน 20 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
6. ไตเตรทด้วยสารละลาย Sodium thiosulfate 0.1 นอร์มอล จนสารละลายสีเหลืองจางลง จากนั้นเติมน้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ประมาณ 1-2 มิลลิลิตร ไตเตรทต่อจนสารละลายสีฟ้าเริ่มจางลง
7. ทำสารละลาย blank ควบลู่ไปด้วย โดยใช้วิธีดังกล่าวข้างต้น

การคำนวณค่าไอโอดีน

$$\text{Iodine value} = \frac{(B-S) \times N \times 12.69}{\text{นน.ตัวอย่าง (กรัม)}}$$

- เมื่อ
- B = ปริมาตร Sodium thiosulfate ที่ใช้ในการไตเตรท Blank (มิลลิลิตร)
 - S = ปริมาตร Sodium thiosulfate ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
 - N = ความเข้มข้นของสารละลาย Sodium thiosulfate $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (นอร์มอล)

ก.12 การวิเคราะห์ค่าสaponification value (Saponification value)

ค่าสaponification value (Saponification value) หมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของ KOH ที่ใช้ในการไฮโดรไลซ์ไขมันหรือน้ำมันอย่างสมบูรณ์ จำนวน 1 กรัมได้เป็นสบู่และกลีเซอรอล นิยมหาค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สaponification ของลิปิดที่รู้น้ำหนักแน่นอนกับสารมาตรฐาน KOH ปริมาณมากเกินไป หลังจากปฏิกิริยาเกิดขึ้นสมบูรณ์แล้วหาปริมาณ KOH ที่เหลือโดยนำไปไตเตรทกับกรด ซึ่งจะหาปริมาณ KOH ที่ใช้ไป

อุปกรณ์

1. Erlenmeyer flask 250 มิลลิลิตร
2. Air Condensers พร้อมอุปกรณ์ติดตั้ง
3. Water bath

สารเคมี

1. Hydrochloric acid 0.5 M (41.60 มิลลิลิตรในน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร)
2. Potassium hydroxide (KOH) (ชั่ง 34 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วยเอทานอล 1 ลิตร)
3. Phenolphthalein indicator 1.0% ใน ethyl alcohol 95%

วิธีการวิเคราะห์

1. หลอมตัวอย่างน้ำมันและชั่งน้ำมัน 4 ± 0.01 กรัม ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 50 มิลลิลิตร
3. ทำสารละลาย blank โดยทำเช่นเดียวกับวิธีดังกล่าว
4. นำขวดตัวอย่างน้ำมันต่อกับเครื่อง Air condensers แล้วต้มจนน้ำมันเกิดการ saponified อย่างสมบูรณ์ ใช้เวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง
5. นำขวดตัวอย่างน้ำมันออกมาทิ้งไว้ในที่เย็น (ไม่เย็นจนเกินไป)
6. เติมฟีนอล์ฟทาลีน 1 มิลลิลิตรและไตเตรทด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก 0.5 โมลาร์จนสารละลายสีชมพูจางหายไป
7. บันทึกปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรท

การคำนวณ

$$\text{Saponification value} = \frac{(B-S) \times M}{W} \times 56.1$$

- เมื่อ
- B = ปริมาตรของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรท blank (มิลลิลิตร)
 - S = ปริมาตรของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
 - M = ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรคลอริก
 - W = ตัวอย่างน้ำมัน (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.13 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total polyphenol content) ตามวิธีของ Singleton และ Rossi (1965)

สารเคมี

1. สารละลาย Folin-Ciocalteu reagent
2. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)
3. สารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
4. อะซิโตน (acetone)

การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

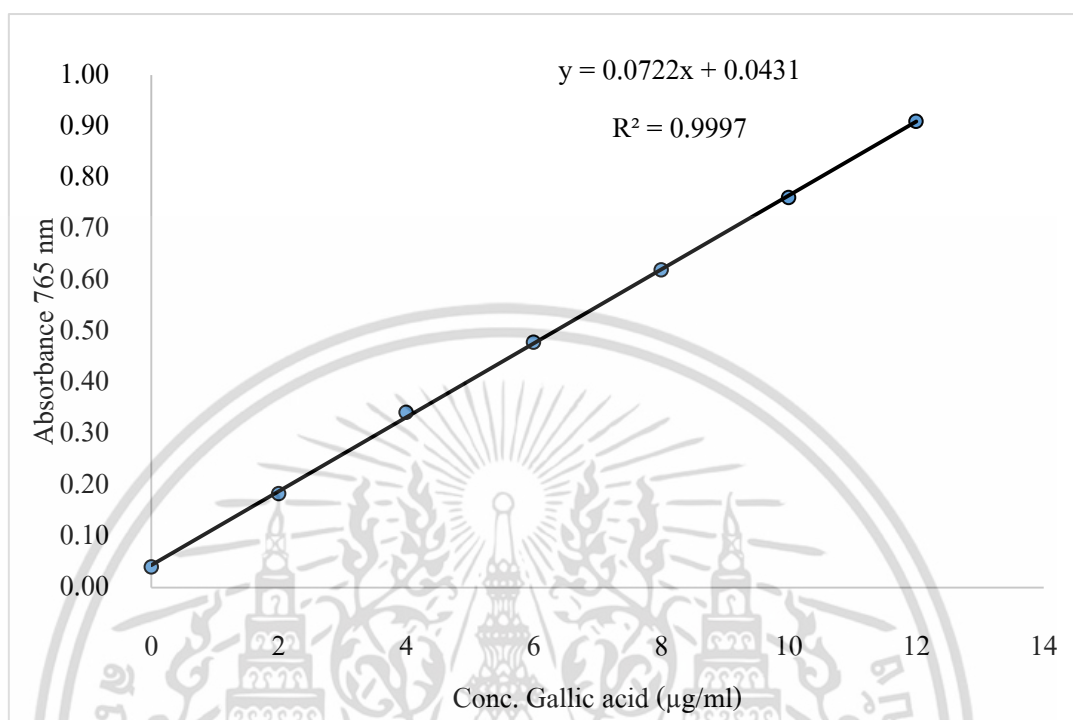
1. เตรียมสารละลายมาตรฐานของกรดแกลลิกความเข้มข้นเริ่มต้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยชั่งกรดแกลลิก 0.02 กรัม ละลายในอะซิโตน ปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร
2. นำมาเจือจางเพื่อเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยเปิดสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่หลอดทดลอง หลอดละ 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25 และ 0.30 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มีด 5 นาที
4. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มีด 10 นาที
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer (Shimadzu UV-1601, Japan)
6. เขียนกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัมจะได้กราฟมาตรฐาน

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่าง

1. เปิดสารสกัดน้ำมัน 0.20 มิลลิลิตร เติมอะซิโตน 1.9 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 5 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มีด 5 นาที
3. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มีด 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 8000 rpm เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้ น้ำกลั่นเป็น blank



ภาพที่ ก.1 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์ TPC

การคำนวณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยใช้สมการที่ได้จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

$$y = 0.0722x + 0.0431 \quad (R^2 = 0.9997)$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำมันตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

x = ความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิก (ไมโครกรัม/ สารละลายน้ำมัน 5 มิลลิลิตร)

c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธี ME

ปริมาณสารละลายน้ำมันเมล็ดองุ่น วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เท่ากับ 0.352 แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ภาพที่ ก.1) จะได้

$$0.352 = 0.0722x + 0.0431$$

$$x = 4.28 \text{ ไมโครกรัม/ สารละลายน้ำมันตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร}$$

เนื่องจากสารละลายน้ำมันปริมาตร 5 มิลลิลิตร มีน้ำมันตัวอย่างปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิกเท่ากับ 4.28 มิลลิกรัม เพราะฉะนั้น ตัวอย่างน้ำมัน 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิกอยู่ = $(5 \times 4.28) / 0.2$ เท่ากับ 106.96 มิลลิกรัมต่อน้ำมันตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

ตัวอย่างน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธี UAE

ปริมาณสารละลายน้ำมันเมล็ดองุ่น วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เท่ากับ 0.337 แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ภาพที่ ก.1) จะได้

$$0.337 = 0.0722x + 0.0431$$

$$x = 4.07 \text{ ไมโครกรัม/ สารละลายน้ำมันตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร}$$

เนื่องจากสารละลายน้ำมันปริมาตร 5 มิลลิลิตร มีน้ำมันตัวอย่างปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิกเท่ากับ 4.07 มิลลิกรัม เพราะฉะนั้น ตัวอย่างน้ำมัน 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิกอยู่ = $(5 \times 4.07) / 0.2$ เท่ากับ 101.77 มิลลิกรัมต่อน้ำมันตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

ก.14 การวิเคราะห์ความคงตัวของน้ำมัน (Rancimat method)

หลักการ

เครื่อง Rancimat เป็นเครื่องวิเคราะห์ความหืนของไขมัน โดยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหรือไขมันโดยการให้ความร้อนและอากาศเข้าไปในตัวอย่าง เพื่อทำให้เกิดการแตกตัวของไขมัน และเกิดสารประกอบในรูป volatile acids ที่เป็นผลจากการออกซิเดชัน สารประกอบดังกล่าวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะประมวลออกมาเป็นกราฟโดยอัตโนมัติ ซึ่งรายงานเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นค่า

Induction time (period) หรือ Oil Stability Index (OSI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่อง Rancimat (เครื่อง Rancimat รุ่น 743 บริษัท Metrohm Siam)
2. อุปกรณ์สำหรับเครื่อง Rancimat
3. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
4. Dropper สำหรับดูดน้ำมัน
5. Beaker
6. น้ำกลั่น

วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. เตรียมชั่งตัวอย่างประมาณ 3 ± 0.01 กรัม ลงใน reaction vessel ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ กับเครื่อง rancimat ตามคู่มือการใช้งานเครื่อง (743 rancimat) เลือกการให้อากาศไหลผ่านอัตราการไหลคงที่และอุณหภูมิ โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และอัตราการให้อากาศ 20 ลิตรต่อชั่วโมง
2. เมื่อเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างเสร็จ เครื่องจะแสดงผลอัตโนมัติ ทำการบันทึกข้อมูลแสดงค่าเป็น induction time

ก.15 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน (Thermal behavior)

Differential calorimetry scanning (DSC) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อน ซึ่งใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (thermal transition) ของสารตัวอย่างที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (การดูดหรือคายพลังงาน) ของสารตัวอย่าง เมื่อถูกเพิ่ม (หรือลด) อุณหภูมิในบรรยากาศที่ถูกควบคุม นำมาใช้ในการกำหนดหาลักษณะอุณหภูมิของน้ำมัน ในขณะที่เกิดการเปลี่ยนสถานะ การเปลี่ยนสถานะที่อุณหภูมิสูงสุด คือ การเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว ซึ่งสัมพันธ์กับการหลอมเหลวโดยสมบูรณ์ การเปลี่ยนสถานะนี้ช่วยชี้แนะแนวทางในการเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานและการเก็บรักษา การเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวนอกจากนี้ยังสามารถใช้จำแนกความแตกต่างของตัวอย่าง ชนิดน้ำมันแต่ละชนิด ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีต่างกันออกไปในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ตัวอย่างจะถูกวางบนจานอะลูมิเนียมที่อยู่ภายในเตาที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (sample pan) โดยภายในเตาจะมีสารอ้างอิงซึ่งเป็นจานอะลูมิเนียมเปล่า (reference pan) เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบกับตัวอย่างภายใต้สภาวะเดียวกัน

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Differential calorimetry scanning รุ่น DSC 204 F1 Phoenix®
2. Aluminium volatile pan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการและสถานการณ์วิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 10 มิลลิกรัม ใส่ลงใน aluminium volatile pan
2. ทำตัวอย่างให้เย็นจนถึง -85 องศาเซลเซียส 2 นาที จากนั้นทำให้ร้อนอุณหภูมิจาก -85 ถึง 85 องศาเซลเซียส ในอัตราระยะเวลา 5 องศาเซลเซียส/ นาที และคงอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ไว้ 2 นาที จากนั้นทำให้เย็นจาก 85 ถึง -85 องศาเซลเซียส ในอัตราระยะเวลา 5 องศาเซลเซียส/ นาที
3. เครื่องทำการบันทึกข้อมูล จุดเริ่มต้น (onset) จุดสูงสุด (peak) และจุดสิ้นสุด (offset)

ก.16 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอี (Tocopherols และ Tocotrienol) คัดแปลงจากวิธีของ Huang และ Ng (2011)

วิเคราะห์ปริมาณของโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลด้วย High-performance liquid chromatography ยี่ห้อ Hitachi HPLC system รุ่น L-2130 โดยใช้คอลัมน์ชนิด Inertsil[®] CN-3, SIL-100A (5 µm; 4.6 mm × 250 mm) และ guard column: Inertsil[®] SIL-100A (5 µm; 4 mm × 10 mm) (GL Science Inc., Tokyo, Japan) สารละลายมาตรฐาน α, β, γ และ δ-tocopherols และ สารละลายมาตรฐาน α, β, γ และ δ-tocotrienols ยี่ห้อ supelco สารละลายที่ใช้ hexane ทำการวิเคราะห์ด้วยระบบ Mobile phase: hexane/isopropanol/ethyl acetate/acetic acid

สถานการณ์ทดลอง

Condition การทดสอบ

Detector ชนิด Fluorescence (Hitachi L-2485) ที่ความยาวคลื่นการกระตุ้น (λ_{ex}) 298 nm และความยาวคลื่นการคาย (λ_{em}) 328 nm

HPLC mobile phase: hexane/isopropanol/ethyl acetate/acetic acid (96.7:0.8:0.8:0.8 v/v/v/v)

Flow rate 1 ml/min

Injection volume: 20 µl

$$\text{สูตรการคำนวณ (mg/kg)} = \frac{\text{amount} \times \text{dilution}}{\text{weight}}$$

ก.17 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH radical scavenging activity) ตามวิธีของ Lavelli (2002) และ Jiang และคณะ (2005)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีหลักการคือ สารละลายของอนุมูลอิสระ DPPH จะมีสีม่วงแดง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ที่ 517 นาโนเมตร ในกรณีตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดี จะทำให้สีม่วงแดงของสารละลาย DPPH เจือจางลงได้มากกว่าตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี

1. สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง DPPH 3.9432 กรัม ละลายในเมทานอล (methanol) ปรับปริมาตรรวมให้เป็น 100 มิลลิลิตร
2. เมทานอล (methanol)

การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเมทานอล ปิเปตมา 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 และ 40 ไมโครลิตร ตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 200 ไมโครลิตร จะได้ความเข้มข้นโดยรวมในหลอดทดลองเป็น 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.14 0.16, 0.20 และ 0.30 มิลลิโมลาร์ (ไมโครโมล/มิลลิลิตร) ตามลำดับ
2. เติมสารละลาย DPPH ปริมาณ 3800 ไมโครลิตร ในแต่ละหลอดทดลอง
3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มีด 30 นาที
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลเป็น blank
5. เขียนกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยคำนวณฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging (%)) และเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของโทรลอกซ์ (มิลลิโมลาร์สมมูลย์ของโทรลอกซ์ หรือ ไมโครโมล/มิลลิลิตร) กับเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ

วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ชั่งน้ำมัน 1 กรัม ละลายในเมทานอล 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer)
2. นำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 3500 rpm เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกส่วนมีขี้และส่วนที่ไม่มีขี้
3. ดูดส่วนใส (methanol phase) 200 ไมโครลิตร และสารละลาย DPPH 3800 ไมโครลิตร ผสมเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มีด 15 นาที
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลเป็น blank
5. คำนวณฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างน้ำมันเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

การคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

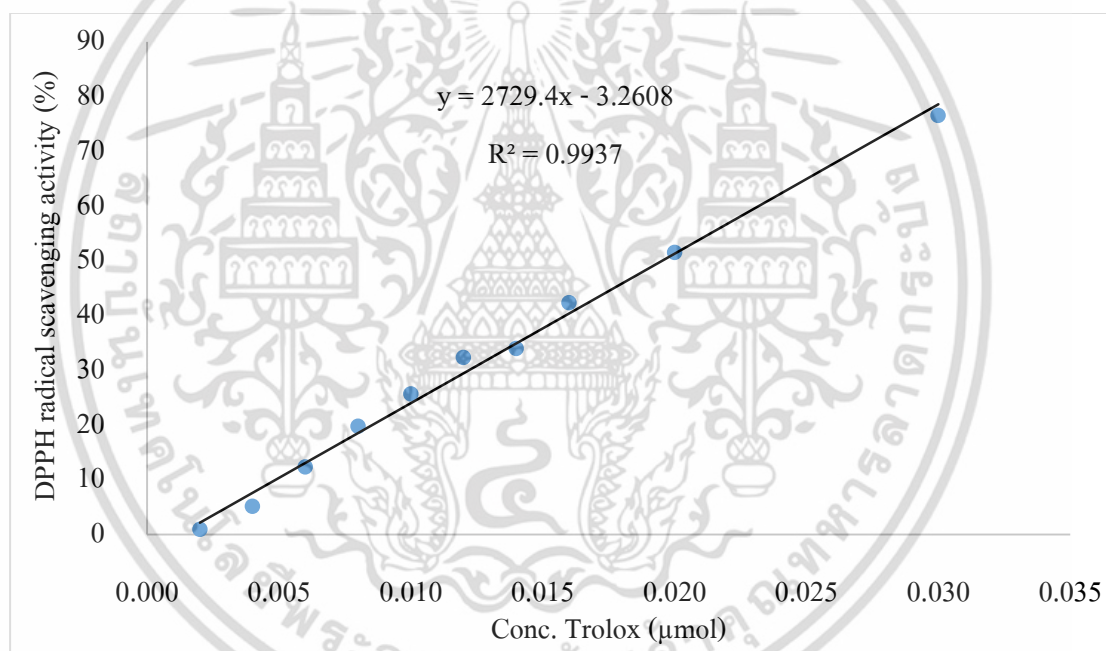
การคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารละลายมาตรฐานหรือสารตัวอย่าง โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging (%)) ตามสมการต่อไปนี

$$\text{เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH} = \left[1 - \left(\frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right) \right] \times 100$$

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารละลายมาตรฐานหรือตัวอย่างน้ำมัน

A_{control} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ ดังภาพที่ ก.2



ภาพที่ ก.2 กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ในการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

$$y = 2729.4x - 3.2608 \quad (R^2 = 0.9937)$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำมันตัวอย่างที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

x = ความเข้มข้นของสารละลายโทรลอกซ์ (ไมโครกรัม/ สารละลายน้ำมันตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตร)

c = จุดตัดแกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธี ME

ปริมาณสารละลายน้ำมันเมล็ดองุ่น 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เท่ากับ 0.619 และค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม 0.835 แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ (ภาพที่ ก.2) จะได้

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH} &= [1-(0.619/0.835)] \times 100 \\ &= 25.87 \end{aligned}$$

แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

$$25.87 = 2729.4x - 3.2608$$

$$x = 0.0107 \text{ ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์/ สารละลายน้ำมันตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตร}$$

เนื่องจากการนำสารละลายน้ำมันมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ได้เจือจางตัวอย่างโดยการละลายน้ำมัน 1 กรัม ในเมทานอล 5 มิลลิลิตร และปิเปตสารละลายน้ำมันมาวัดค่าปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร จึงมีน้ำมันตัวอย่างอยู่ในสารละลายเท่ากับ $[(1/5) \times 0.2] = 0.04$ กรัม มีปริมาณโทรลอกซ์เท่ากับ 0.0107 ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์ เพราะฉะนั้น ตัวอย่างน้ำมันคิดเป็น 100 กรัม จะมีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = $(0.0107/0.04) \times 100$ เท่ากับ 26.68 ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อน้ำมันตัวอย่าง 100 กรัม

ตัวอย่างน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธี UAE

ปริมาณสารละลายน้ำมันเมล็ดองุ่น 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เท่ากับ 0.626 และค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม 0.835 แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ (ภาพที่ ก.2) จะได้

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH} &= [1-(0.626/0.835)] \times 100 \\ &= 25.03 \end{aligned}$$

แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

$$25.03 = 2729.4x - 3.2608$$

$$x = 0.0104 \text{ ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์/ สารละลายน้ำมันตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในการนำสารละลายน้ำมันมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ได้เจือจางตัวอย่างโดยการละลายน้ำมัน 1 กรัม ในเมทานอล 5 มิลลิลิตร และปีเปตสารละลายน้ำมันมาวัดค่าปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร จึงมีน้ำมันตัวอย่างอยู่ในสารละลายเท่ากับ $[(1/5) \times 0.2] = 0.04$ กรัม มีปริมาณโทรลอกซ์เท่ากับ 0.0104 ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์ เพราะฉะนั้น ตัวอย่างน้ำมันคิดเป็น 100 กรัม จะมีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = $(0.0104/0.04) \times 100$ เท่ากับ 26.00 ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อน้ำมันตัวอย่าง 100 กรัม

ก.18 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (ABTS radical scavenging activity) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Sevim และคณะ (2013)

วิธีนี้เป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของแอนติออกซิแดนท์โดยรวม (total antioxidant activity) โดยอาศัยกลไกในการส่งผ่านอิเล็กตรอนไปรีดิวซ์สารอื่น เป็นการวัดความสามารถในการขจัดอนุมูล $ABTS^{+\cdot}$ [2, 2'-azino-bis-(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphonate radical cation)] ซึ่งเป็นวิธีวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระทางอ้อม วิธีการทดลอง โดยใช้สาร ABTS [2, 2'-azino-bis-(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphonic acid)] มีสูตรโมเลกุล คือ $C_{18}N_{18}N_4O_6S_4$ มาทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ ด้วยการให้ถูกออกซิไดซ์ด้วยโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (potassium persulfate; $K_2H_2O_8$) ให้กลายเป็น $ABTS^{+\cdot}$ ซึ่งเป็นอนุมูลที่มีสีฟ้า-เขียว มีค่าการดูดกลืนแสง λ_{max} ที่ 660, 734 และ 820 นาโนเมตร แต่ส่วนใหญ่นิยมวัดที่ 734 นาโนเมตร ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสาร ขึ้นอยู่กับความสามารถของตัวอย่างที่ทดสอบในการขจัดอนุมูล $ABTS^{+\cdot}$ ดังนั้น เมื่อเติมสารทดสอบที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันลงไป จะทำให้สีของ $ABTS^{+\cdot}$ จางลง

สารเคมี

1. สารละลาย ABTS ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง ABTS 0.0384 กรัม ละลายน้ำปรับปริมาตรรวมให้เป็น 10 มิลลิลิตร
2. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (potassium persulfate) ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง 0.0066 กรัม ละลายน้ำ ปรับปริมาตรรวมให้เป็น 10 มิลลิลิตร
3. เอทานอล 95%
4. เฮกเซน (hexane)

การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

1. เตรียมสารละลาย $ABTS^{+\cdot}$ โดยให้สารละลาย ABTS ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ในอัตราส่วน 1:1 นำสารละลายผสมเก็บในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง ก่อนการใช้งาน 12-16 ชั่วโมง เมื่อนำมาใช้งานให้เจือจางด้วยเอทานอลจนวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ได้ 0.70 (± 0.02) ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอล ปิเปตมา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 และ 60 ไมโครลิตร ตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 300 ไมโครลิตร จะได้ความเข้มข้นโดยรวมในหลอดทดลองเป็น 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.14 0.16 และ 0.20 มิลลิโมลาร์ (ไมโคร โมล/มิลลิลิตร) ตามลำดับ

3. เติมสารละลาย ABTS⁺ 4000 ไมโครลิตร

4. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาทีในที่มืด

5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอลเป็น blank

6. เขียนกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ABTS radical scavenging (%)) และเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของโทรลอกซ์ (มิลลิโมลาร์สมมูลย์ของโทรลอกซ์ หรือไมโคร โมล/มิลลิลิตร) กับเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ชั่งน้ำมัน 0.5 กรัม ละลายในเฮกเซน 5 มิลลิลิตร

2. ปิเปตตัวอย่างสารละลายน้ำมัน 300 ไมโครลิตร และสารละลาย ABTS⁺ 4000 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มืด 15 นาที

3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอลเป็น blank

4. คำนวณฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ ABTS ของตัวอย่างน้ำมันเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

การคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS

การคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของสารละลายมาตรฐานหรือสารตัวอย่าง โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ ABTS (ABTS radical scavenging (%)) ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS} = \left[1 - \left(\frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right) \right] \times 100$$

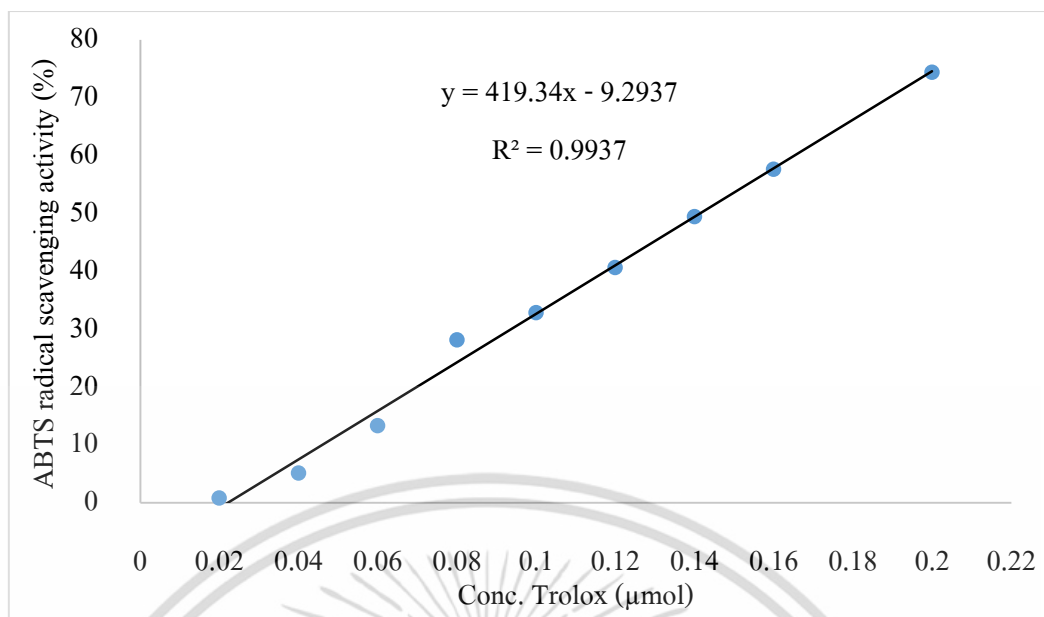
โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารละลายมาตรฐานหรือตัวอย่างน้ำมัน

A_{control} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

ดังภาพที่ ก.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.3 กราฟมาตรฐาน Trolox ในการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS

$$y = 419.34x - 9.2937 \quad (R^2 = 0.9937)$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำมันตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

x = ความเข้มข้นของสารละลาย Trolox (ไมโครกรัม/ สารละลายน้ำมันตัวอย่าง 0.3 มิลลิลิตร)

c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธี ME

ปริมาณสารละลายน้ำมันเมล็ดองุ่น 0.3 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เท่ากับ 0.169 และค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม 0.493 แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของ Trolox (ภาพที่ ก.3) จะได้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS} = [1 - (0.169/0.493)] \times 100$$

$$= 65.72$$

แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของสารละลาย Trolox

$$65.72 = 419.34x - 9.2937$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เห็นได้เห็นไปเผยแพร่โดยไม่ผ่านการคำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในการนำสารละลายน้ำมันมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ได้เจือจางตัวอย่างโดยการละลายน้ำมัน 1 กรัม ในเฮกเซน 5 มิลลิลิตร และปิเปตสารละลายน้ำมันมาวัดค่าปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร จึงมีน้ำมันตัวอย่างอยู่ในสารละลายเท่ากับ $[(1/5) \times 0.3] = 0.06$ กรัม มีปริมาณโทรลอกซ์เท่ากับ 0.18 ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์ เพราะฉะนั้น ตัวอย่างน้ำมันคิดเป็น 100 กรัม จะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS = $(0.1789/0.06) \times 100$ เท่ากับ 298.17 ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อน้ำมันตัวอย่าง 100 กรัม

ตัวอย่างน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดด้วยวิธี UAE

ปริมาณสารละลายน้ำมันเมล็ดองุ่น 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เท่ากับ 0.181 และค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม 0.493 แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ (ภาพที่ ก.3) จะได้

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS} &= [1 - (0.181/0.493)] \times 100 \\ &= 63.29 \end{aligned}$$

แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

$$63.29 = 419.34x - 9.2937$$

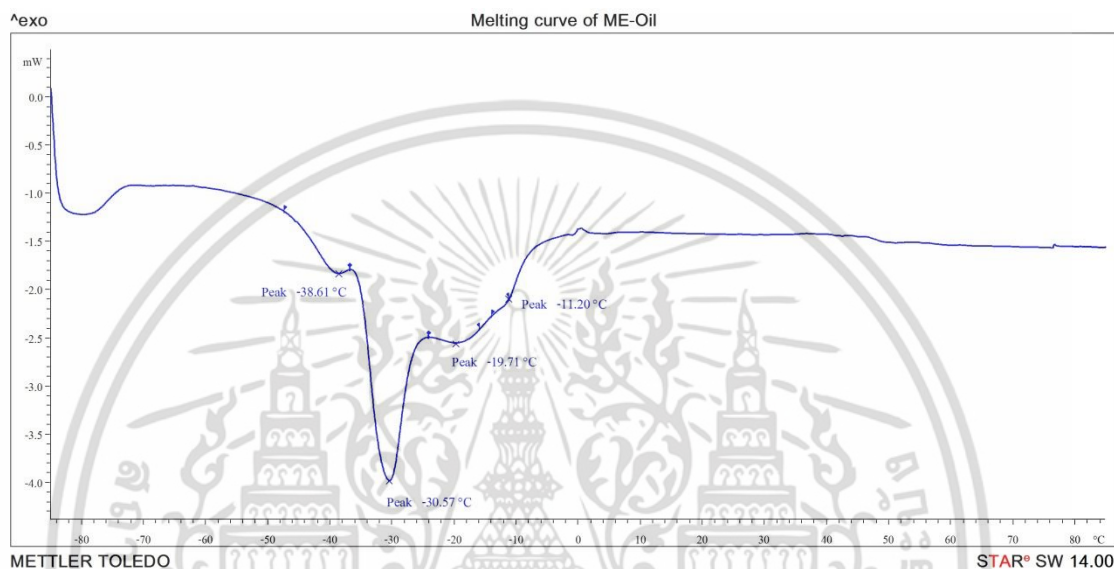
$$x = 0.1731 \text{ ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์/ สารละลายน้ำมันตัวอย่าง } 0.2 \text{ มิลลิลิตร}$$

เนื่องจากในการนำสารละลายน้ำมันมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ได้เจือจางตัวอย่างโดยการละลายน้ำมัน 1 กรัม ในเฮกเซน 5 มิลลิลิตร และปิเปตสารละลายน้ำมันมาวัดค่าปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร จึงมีน้ำมันตัวอย่างอยู่ในสารละลายเท่ากับ $[(1/5) \times 0.3] = 0.06$ กรัม มีปริมาณโทรลอกซ์เท่ากับ 0.1731 ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์ เพราะฉะนั้น ตัวอย่างน้ำมันคิดเป็น 100 กรัม จะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS = $(0.1731/0.06) \times 100$ เท่ากับ 288.50 ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อน้ำมันตัวอย่าง 100 กรัม

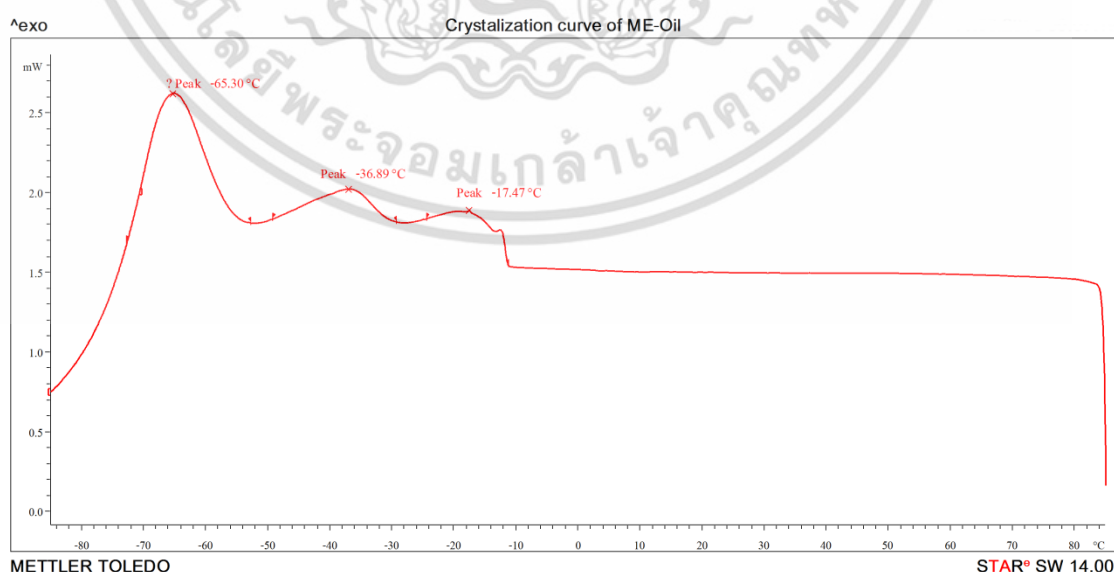
ภาคผนวก ข

ตัวอย่างเทอร์โมแกรมของสมบัติทางความร้อน (Thermal behavior)

ข.1 สมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดองุ่นที่สกัดได้จากวิธีแช่ (Maceration extraction; ME)

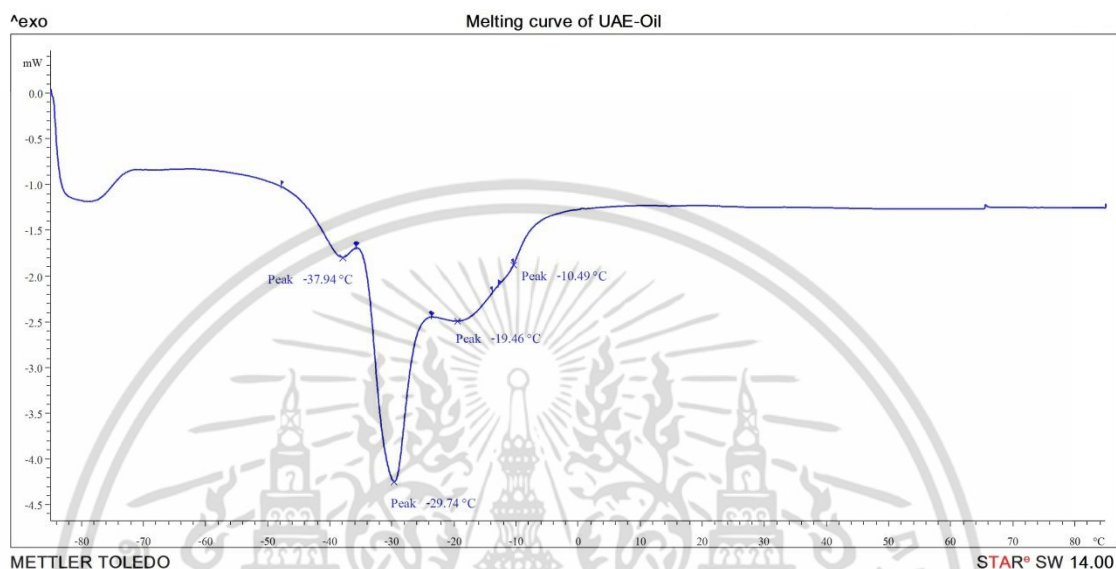


ภาพที่ ข.1 เทอร์โมแกรมของสมบัติทางความร้อนของอุณหภูมิการเกิดจุดหลอมเหลวของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี ME

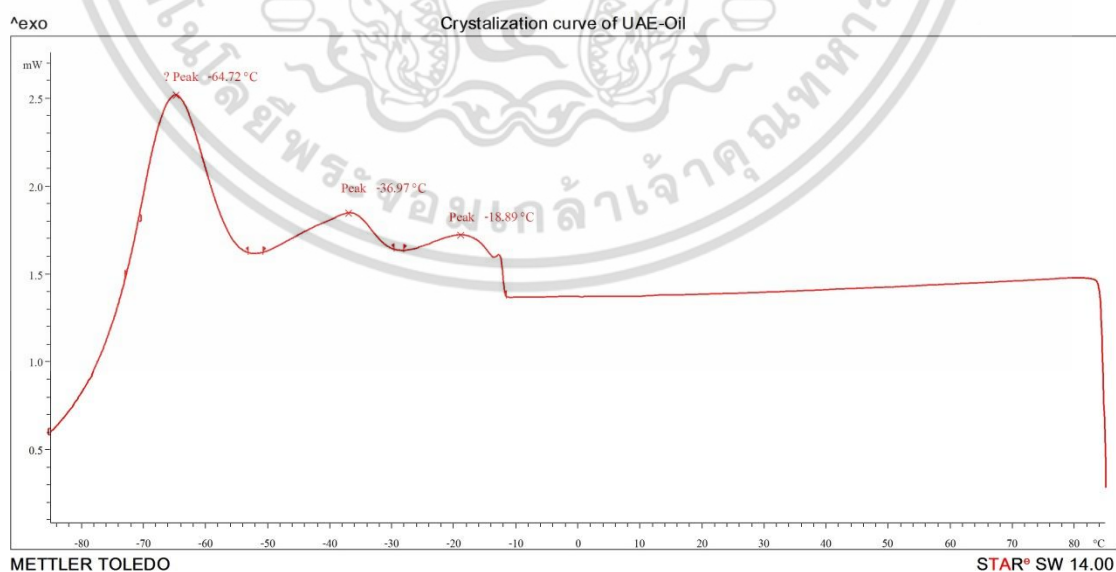


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.2 เทอร์โมแกรมของสมบัติทางความร้อนของอุณหภูมิการตกผลึกของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี ME
 ข.2 สมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดงุ่นที่สกัดได้จากวิธีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด (Ultrasound-assisted extraction; UAE)



ภาพที่ ข.3 เทอร์โมแกรมของสมบัติทางความร้อนของอุณหภูมิการเกิดจุดหลอมเหลวของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี UAE

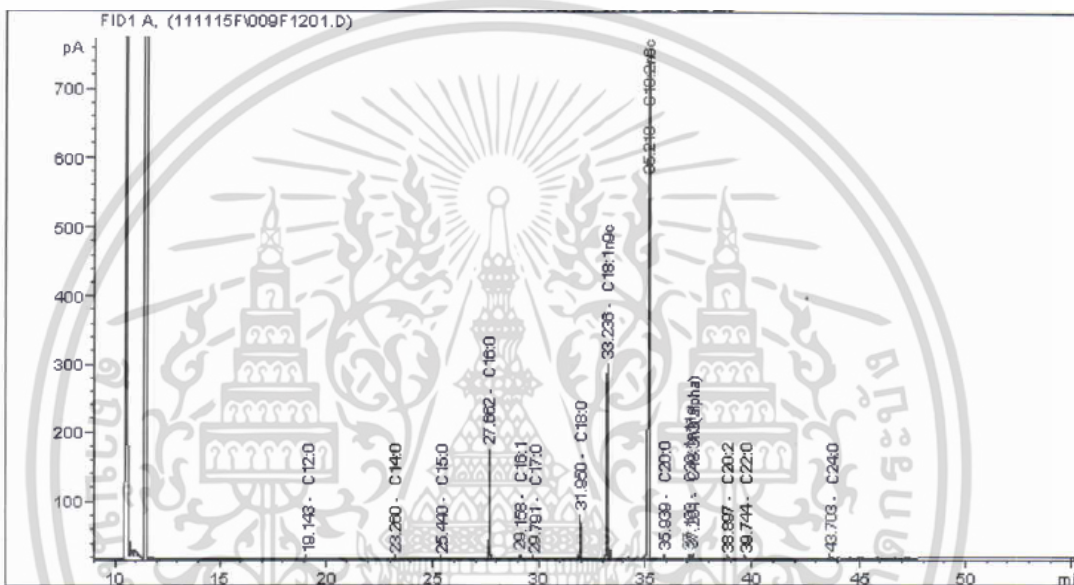


ภาพที่ ข.4 เทอร์โมแกรมของสมบัติทางความร้อนของอุณหภูมิการตกผลึกของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี UAE

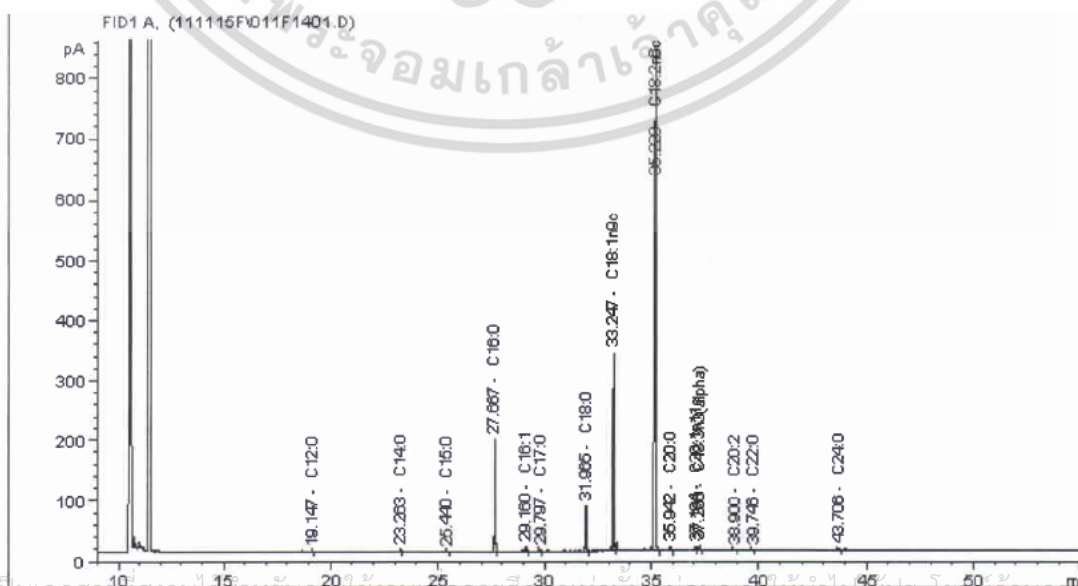
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างโครมาโตแกรมของการวิเคราะห์กรดไขมันด้วยวิธี GC
และการวิเคราะห์วิตามินอีด้วยวิธี HPLC

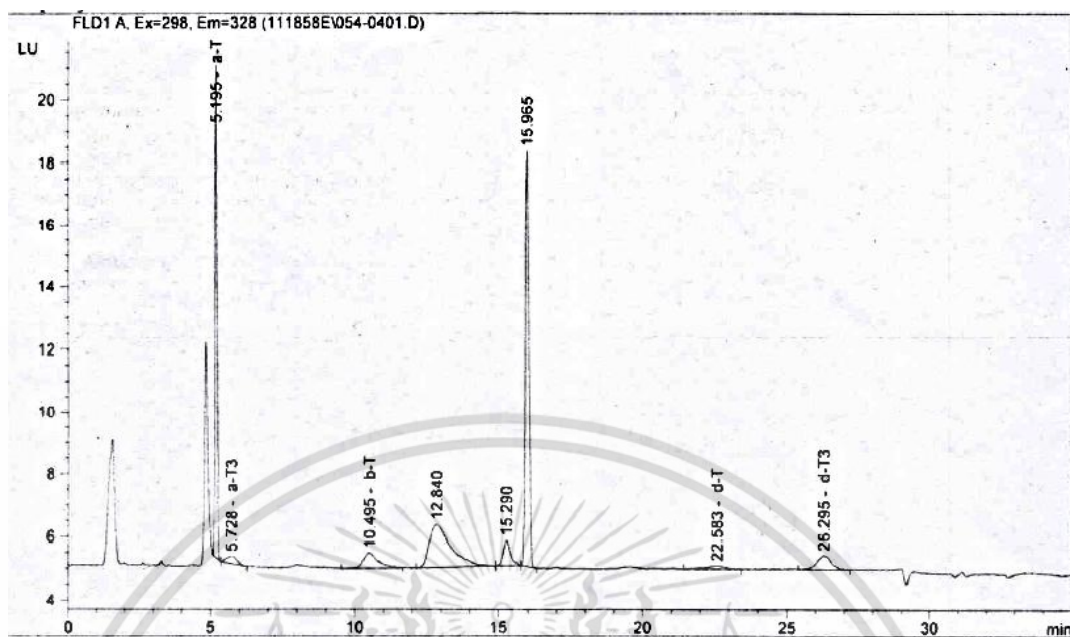


ภาพที่ ค.1 โครมาโตแกรมของชนิดกรดไขมันที่สกัดด้วยวิธี ME

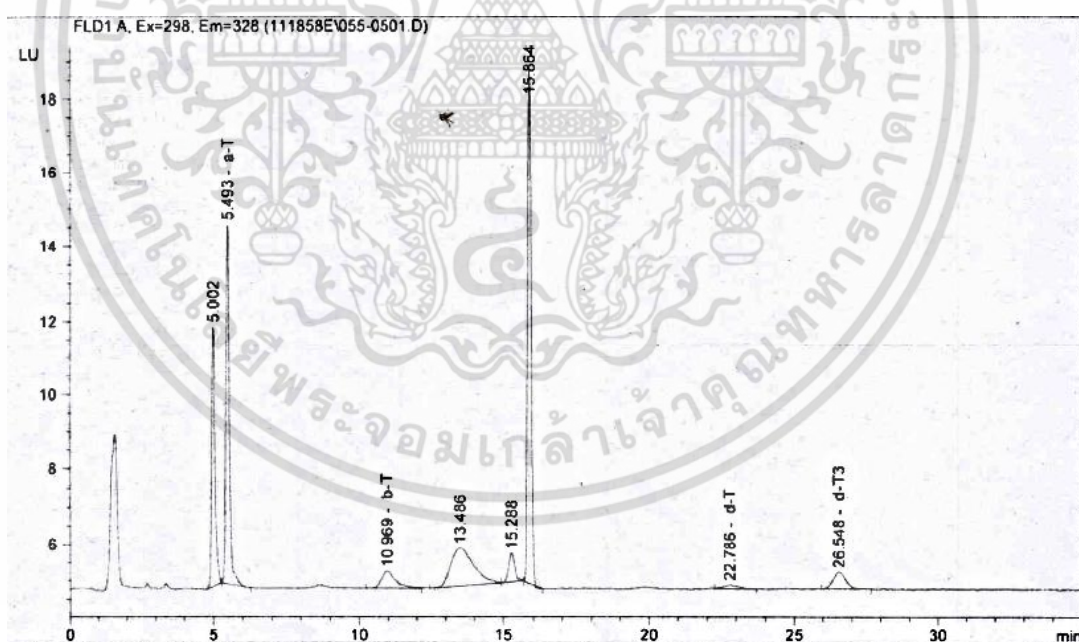


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้คนอื่นใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค.2 โครมาโตแกรมของชนิดกรดไขมันที่สกัดด้วยวิธี UAE



ภาพที่ ค.3 โครมาโตแกรมของชนิดโทคอลล์ที่สกัดด้วยวิธี ME



ภาพที่ ค.4 โครมาโตแกรมของชนิดโทคอลล์ที่สกัดด้วยวิธี UAE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
ภาพการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่น



ภาพที่ ง.1 กากองุ่น และเมล็ดองุ่น



ภาพที่ ง.2 การสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธี ME

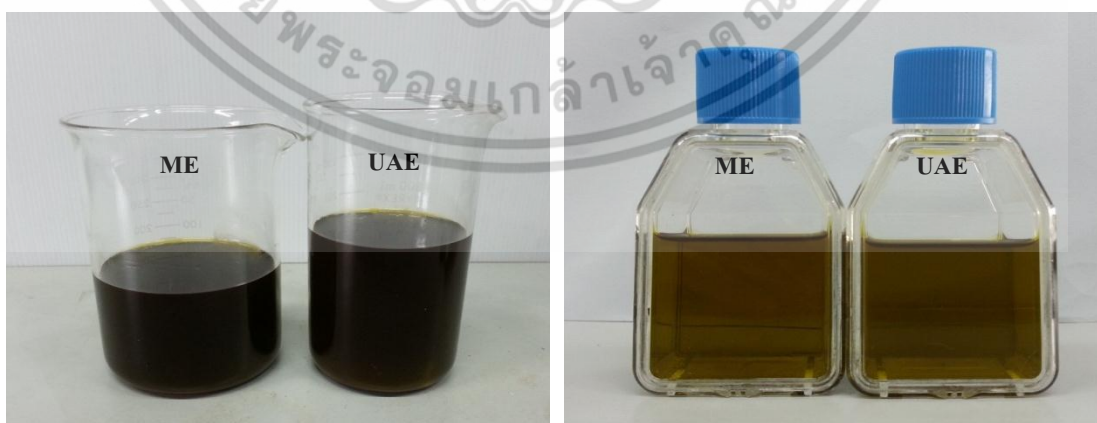
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ๓.๓ การสกัดน้ำมันเมล็ดคองุ่นด้วยวิธี UAE



ภาพที่ ๓.๔ น้ำมันเมล็ดคองุ่นและเฮกเซน (miscella) ที่ได้จากการกรองก่อนระเหยตัวทำละลาย



ภาพที่ ๓.๕ น้ำมันเมล็ดคองุ่นที่ได้หลังระเหยตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นางสาววรัญญา วงศ์วานิช
วัน เดือน ปีเกิด	15 กุมภาพันธ์ 2534
ที่อยู่	82/1 ถ.ตลาดล่าง ต.ตลาด อ.เมืองสุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี 84000
ประวัติการศึกษา	2556 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สาธารณสุขศาสตร์) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ การอาหารเพื่อสุขภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2559 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่นำเสนอ	Supathra Lilitchan, Jirawut Janpanjaeng, Thanapohn Lunchaisri, Waranya Wongwanich and Nuttachai Panusophon. 2013 : Investigation of the physicochemical properties of palm olein oil blended with rice bran oil and oil uptake in deep-fat frying The 15 th FOOD INNOVA- TION ASIA CONFERENCE 2013. BITEC Bangna, Bangkok, Thailand. 13 -14 June 2013. (Proceeding) วรัญญา วงศ์วานิช และกิตติชัย บรรจง. 2559. ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัด น้ำมันเมล็ดถั่วด้วยวิธีการแช่และการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 34(3): -. แหล่งทุน เงินงบประมาณ ประจำปี 2559 (อยู่ในขั้นตอนของการดำเนินการจัดพิมพ์เป็นรูปเล่มที่สมบูรณ์ ในวารสารปีที่ 34 ฉบับที่ 3 (กันยายน-ธันวาคม 2559))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้