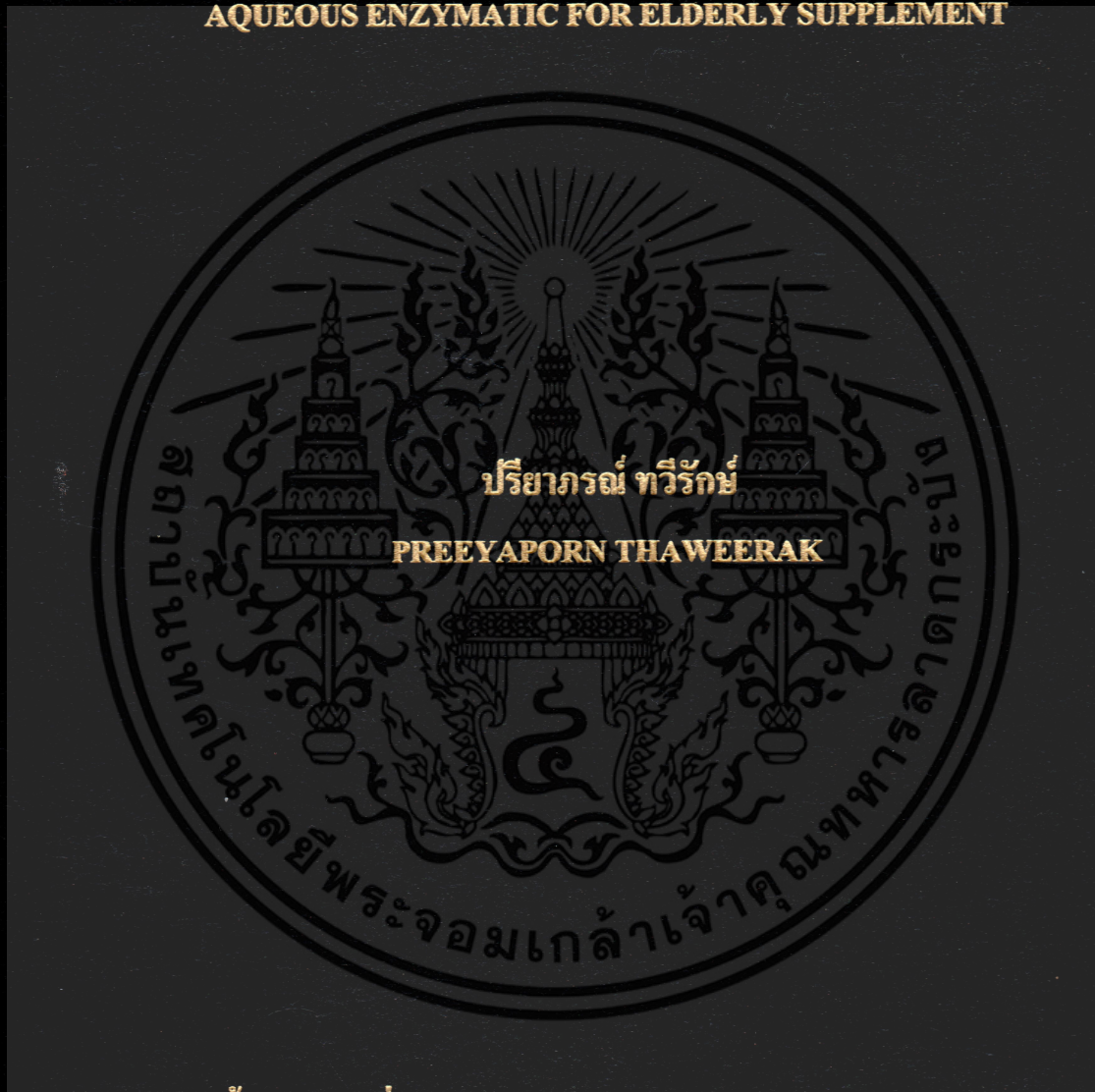


การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาจืดด้วยเทคนิคอัลตราโซนิกช่วยสกัดและเทคนิค
เอนไซม์เพื่อเป็นอาหารเสริมสำหรับผู้สูงอายุ

EXTRACTION OF PERILLA SEED OIL USING ULTRASONIC-ASSISTED AND
AQUEOUS ENZYMATIC FOR ELDERLY SUPPLEMENT



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

KMITL-2018-AI-M-053-309

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาจืดด้วยเทคนิคอัลตราโซนิคช่วยสกัดและเทคนิค
เอนไซม์เพื่อเป็นอาหารเสริมสำหรับผู้สูงอายุ

EXTRACTION OF PERILLA SEED OIL USING ULTRASONIC-ASSISTED AND
AQUEOUS ENZYMATIC FOR ELDERLY SUPPLEMENT



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

KMITL-2018-AI-M-053-309

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXTRACTION OF PERILLA SEED OIL USING ULTRASONIC-ASSISTED AND
AQUEOUS ENZYMATIC FOR ELDERLY SUPPLEMENT



PREEYAPORN THaweERAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

KMITL-2018-AI-M-053-309

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2018

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาจี๋ม้อนด้วยเทคนิคอัลตราโซนิคช่วยสกัดและเทคนิค
เอนไซม์เพื่อเป็นอาหารเสริมสำหรับผู้สูงอายุ

EXTRACTION OF PERILLA SEED OIL USING ULTRASONIC-ASSISTED
AND AQUEOUS ENZYMATIC FOR ELDERLY SUPPLEMENT

ชื่อนักศึกษา

นางสาวปรียาภรณ์ ทวีรัักษ์

รหัสประจำตัว

59608030

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.พอใจ ถามากร

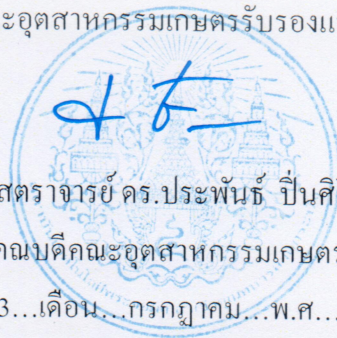
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

| คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ | ลายมือชื่อ |
|---------------------------|--|
| ผศ.ดร.พอใจ ถามากร |  |
| ดร.กิตติชัย บรรจง |  |
| ดร.ระจิตร์ สุวพานิช |  |
| รศ.ดร.วรรณมา ตั้งเจริญชัย |  |

วัน / เดือน / ปีที่สอบ 23 กรกฎาคม 2561 เวลา 09.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรตม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่...23...เดือน...กรกฎาคม...พ.ศ...2561...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|-----------------------------|--|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาจี๋ม้อนด้วยเทคนิคเอนไซม์ และอัลตราโซนิคช่วยสกัดเพื่อเป็นอาหารเสริมสำหรับผู้สูงอายุ |
| นักศึกษา | นางสาวปริยาภรณ์ ทวีรักษ์ |
| รหัสประจำตัว | 59608030 |
| ปริญญา | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต |
| สาขาวิชา | วิทยาศาสตร์การอาหาร |
| พ.ศ. | 2561 |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ | ผศ.ดร.พอใจ งามาการ |

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาจี๋ม้อนด้วยเทคนิคการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงหรืออัลตราโซนิคช่วยสกัดและการใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ช่วยสกัด ผลผลิตที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีจะถูกนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ปริมาณสารพอลิฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันงาจี๋ม้อน การสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงศึกษา 2 ปัจจัย คือ เวลาในการสกัด 1, 3, 5, 10 และ 15 นาที และ สัดส่วนของเมล็ดงาจี๋ม้อนต่อสารละลายเฮกเซน 1:3, 1:5 และ 1:7 โดยน้ำหนัก พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมัน โดยใช้ทรัพยากรและพลังงานคุ้มค่าที่สุด คือ เวลาในการสกัด 1 นาที และ สัดส่วนของเมล็ดงาจี๋ม้อนต่อสารละลายเฮกเซน 1:3 ได้ผลผลิตน้ำมันร้อยละ 36.66 การสกัดโดยใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ช่วยสกัดศึกษา 2 ปัจจัย คือ ชนิดของเอนไซม์ ได้แก่ เซลลูเลส (cellulase) และ วิสโคไซม์ (viscozyme L) และ ความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์ ร้อยละ 1, 2, 3 และ 4 พบว่าผลผลิตน้ำมันที่ได้จากเอนไซม์ทั้งสองชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้น แต่เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณผลผลิตที่ได้จากเอนไซม์ทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้นเดียวกันโดยใช้ T-test พบว่าไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างเอนไซม์ทั้งสองชนิด ดังนั้นสกัดน้ำมันด้วยวิธีนี้จึงใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 1 และใช้เอนไซม์เซลลูเลสในการสกัด เนื่องจากเอนไซม์เซลลูเลสมีราคาถูกกว่าเอนไซม์วิสโคไซม์ ภายใต้สภาวะนี้จะได้ผลผลิตน้ำมันร้อยละ 19.77 น้ำมันงาจี๋ม้อนที่สกัดได้มีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดลิโนเลนิก (omega-3) ลิโนเลอิก (omega-6) และ โอเลอิก (omega-9) ร้อยละ 58.6, 19.10 และ 11.30 ตามลำดับ การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (AV) ค่าเพอร์ออกไซด์ (PV) และค่าความคงตัวของน้ำมันงาจี๋ม้อน พบว่าวิธีการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกัดโดยใช้เอนไซม์มีค่าความเป็นกรดและค่าเพอร์ออกไซด์สูงกว่าวิธีการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากวิธีการสกัดโดยใช้เอนไซม์ช่วยสกัดมีน้ำเป็นสารละลาย จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ค่าความเป็นกรดและค่าเพอร์ออกไซด์สูงกว่าการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ค่าความคงตัวของน้ำมันแสดงให้เห็นว่า การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงมีค่าความคงตัว 0.28 ชั่วโมงมากกว่าการสกัดด้วยเอนไซม์ช่วยสกัดที่มีค่าความคงตัว 0.25 ชั่วโมง ซึ่งค่าความคงตัวแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดทั้งสองวิธีไม่เท่ากัน ในการวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS ของน้ำมันงาขี้ม่อนที่ได้จากการสกัดทั้งสองวิธี พบว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ช่วยสกัดมีปริมาณสารโพลีฟีนอลและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าวิธีการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากการสกัดโดยใช้เอนไซม์ทำให้สารสำคัญต่างๆที่มีอยู่ในเมล็ดงาขี้ม่อนซึ่งมีส่วนสำคัญในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระถูกปลดปล่อยออกมาได้มากกว่าการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง น้ำมันงาขี้ม่อนที่สกัดได้จากวิธีการสกัดโดยใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ช่วยสกัดถูกนำไปแต่งกลิ่นสตรอเบอร์รี่ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และทดสอบชิมกับผู้บริโภคที่มีอายุ 50 ปีขึ้นไปจำนวน 30 คน พบว่าคะแนนความชอบในด้านกลิ่นของน้ำมันที่ถูกแต่งกลิ่นสตรอเบอร์รี่สูงกว่าน้ำมันที่ไม่ถูกแต่งกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และหากผู้บริโภคเลือกรับประทานผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม่อนอย่างใดอย่างหนึ่ง พบว่าผู้บริโภคจำนวน 19 คนจาก 30 คนเลือกรับประทานน้ำมันงาขี้ม่อนที่แต่งกลิ่นสตรอเบอร์รี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

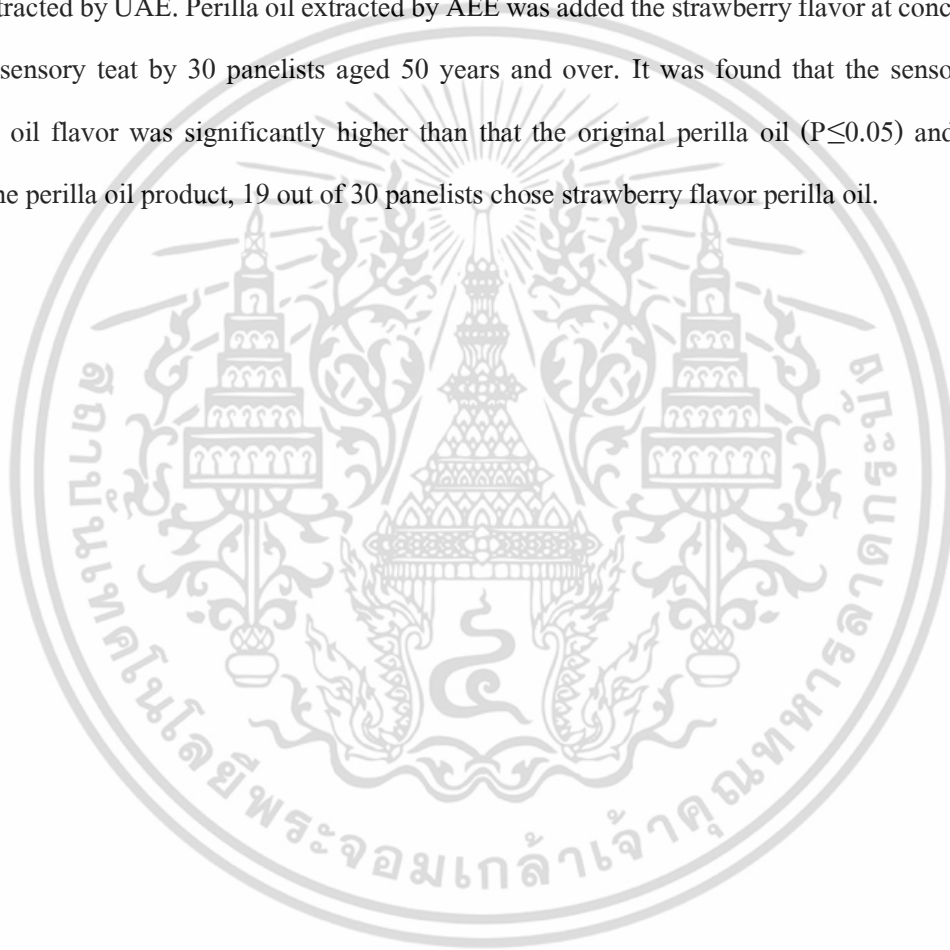
| | |
|-----------------------|---|
| Thesis | Extraction of perilla seed oil using ultrasonic-assisted and aqueous enzymatic for elderly supplement |
| Student | Miss. Preeyaporn Thaweerak |
| Student ID. | 59608030 |
| Degree | Master of science program |
| Program | Food Science |
| Year | 2018 |
| Thesis Advisor | Asst. Prof. Porjai Thamakorn |

ABSTRACT

The purposes of this thesis were to study factors affecting the extraction of oil from perilla seed by ultrasonic-assisted extraction (UAE) and aqueous enzymatic extraction (AEE). The yield of both extraction methods was analyzed, and the extracted oils were determined for physicochemical properties, total phenolic compounds and antioxidant activity. UAE involved in two independent variables: extraction time (1, 3, 5, 10 and 15 min) and solid-to-solvent (hexane) ratio (1:3, 1:5 and 1:7 w/w). The result was found that the optimum conditions of UAE to obtain the most efficiently use of resources and energy were extraction time 1 min and solid-to-solvent ratio 1:3, which resulted in the oil extraction yield of 33.66%. AEE involved in two independent variables: types of enzyme (cellulase and viscozyme L) and concentrations (1, 2, 3 and 4 %). It was found that the oil yield of both enzymes increased when the enzyme concentrations increased but they were not significant different ($P>0.05$), and the comparison of oil yield extracted from the same concentration of both enzymes by T-test found was shown non-statistical differences. Therefore, the optimum condition of AEE was 1% concentration and cellulase enzyme was chosen because of lower cost with oil yield 19.77%. Extracted perilla oil consisted of linolenic acid (omega-3) 58.6%, linoleic acid (omega-6) 19.1% and oleic acid (omega-9) 11.30%. The acid value (AV) and peroxide value (PV) of AEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

had significantly higher than UAE ($P \leq 0.05$) due to hydrolysis reaction of the oil extracted by AEE as a result from the aqueous system. The result was also consistent with the oil stability index, it was shown that UAE (0.28 hours) had slightly higher stability than AEE (0.25 hours) due to the difference conditions of temperature and time between both extraction methods. Total polyphenol and antioxidant activity determined by two different assays, DPPH and ABTS of perilla oil extracted from both extraction methods were investigated. The results indicated that AEE had significantly higher total polyphenol and antioxidant activity than UAE ($P \leq 0.05$). It might be due to AEE could extract more bioactive compounds present in perilla oil than extracted by UAE. Perilla oil extracted by AEE was added the strawberry flavor at concentration of 0.5% and sensory test by 30 panelists aged 50 years and over. It was found that the sensory score of strawberry oil flavor was significantly higher than that of the original perilla oil ($P \leq 0.05$) and in case of selecting the perilla oil product, 19 out of 30 panelists chose strawberry flavor perilla oil.



กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยคำแนะนำอันเป็นประโยชน์และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ ผศ.ดร. พอใจ ถามมาร ซึ่งให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและสละเวลาอันมีค่า เพื่อให้คำปรึกษา ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในวิทยานิพนธ์มาโดยตลอดเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง และ ดร.ระจิตร์ สุวพานิช ซึ่งให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์แก่ผู้ทำการวิจัย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ช่วยให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ให้แนวความคิดและมุมมองที่ต่างออกไป รวมไปถึงคอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนกระทั่งการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอโน้มรำลึกถึงพระคุณบิดามารดาและอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้ และให้ความเมตตาแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ซึ่งเป็นอีกหนึ่งสิ่งสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ปรียาภรณ์ ทวีรักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และvต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

| | |
|--|-----|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | III |
| กิตติกรรมประกาศ..... | V |
| สารบัญ..... | VI |
| สารบัญตาราง..... | X |
| สารบัญภาพ..... | XI |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 3 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 4 |
| 2.1 งามั้ม่อน..... | 4 |
| 2.2 กรดไขมัน โอเมก้า3..... | 6 |
| 2.3 การสกัดน้ำมัน..... | 8 |
| 2.4 อัลตราโซนิก..... | 9 |
| 2.5 เอนไซม์..... | 10 |
| 2.5.1 ชนิดของเอนไซม์..... | 11 |
| 2.5.2 ประเภทของเอนไซม์..... | 12 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และVIต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

| | |
|--|----|
| 2.5.3 การสกัดโดยใช้ความร้อนร่วมกับเอนไซม์..... | 12 |
| 2.6 สารต้านอนุมูลอิสระ..... | 13 |
| 2.6.1 แหล่งที่มาของอนุมูลอิสระ..... | 13 |
| 2.6.2 การต้านอนุมูลอิสระและกำจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย..... | 14 |
| 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 15 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... | 20 |
| 3.1 วัตถุประสงค์..... | 20 |
| 3.2 สารเคมี..... | 20 |
| 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์..... | 21 |
| 3.4 วิธีการดำเนินงาน..... | 22 |
| 3.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของงาขี้ม้อนและการเตรียมตัวอย่างงาขี้ม้อน..... | 22 |
| 3.4.2 การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาขี้ม้อน..... | 22 |
| 3.4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันที่สกัดได้..... | 23 |
| 3.4.4 ทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม้อนแต่งกลิ่น..... | 25 |
| 3.4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ..... | 25 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... | 26 |
| 4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงาขี้ม้อน..... | 26 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และVII ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

| | |
|---|----|
| 4.2 การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาจี๊ม่อน..... | 27 |
| 4.2.1 การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาจี๊ม่อนโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซนและอัลตราโซนิคช่วยสกัด..... | 27 |
| 4.2.2 ผลการสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาจี๊ม่อนด้วยสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์..... | 28 |
| 4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันงาจี๊ม่อน..... | 29 |
| 4.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันงาจี๊ม่อน..... | 30 |
| 4.3.2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันงาจี๊ม่อน..... | 31 |
| 4.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันงาจี๊ม่อน..... | 33 |
| 4.4.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH..... | 33 |
| 4.4.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS..... | 33 |
| 4.5 การวิเคราะห์สารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมด..... | 34 |
| 4.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันงาจี๊ม่อน..... | 35 |
| 4.7 การวิเคราะห์การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำมันงาจี๊ม่อนแต่ละกลิ่น..... | 37 |
| บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... | 40 |
| ข้อเสนอแนะ..... | 42 |
| บรรณานุกรม..... | 43 |
| ภาคผนวก..... | 49 |
| ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี..... | 50 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII ก้องอังก้องถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|----|
| ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ..... | 59 |
| ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านออกซิเดชัน..... | 66 |
| ภาคผนวก ง แบบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม้อนแต่งกลิ่น..... | 77 |
| ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันงาขี้ม้อน..... | 80 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 81 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และIXต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของงาจี้ม้อน..... | 6 |
| 2.1 ปริมาณไขมันทั้งหมด โอเมก้า 6 และ โอเมก้า 3 ในเมล็ดพืชชนิดต่างๆ..... | 8 |
| 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงาจี้ม้อน..... | 26 |
| 4.2 ผลผลิตน้ำมันงาจี้ม้อนที่สกัดได้ด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูงที่สกัดส่วนเมล็ดงาจี้ม้อนและเวลาในการสกัดแตกต่างกัน..... | 27 |
| 4.3 ผลผลิตน้ำมันงาจี้ม้อนที่สกัดได้ด้วยวิธีการสกัดน้ำมันโดยใช้สารละลายเอนไซม์เซลลูเลสและวิตโคไซม์..... | 29 |
| 4.4 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันงาจี้ม้อนที่ได้วิธีการสกัดต่างกัน..... | 32 |
| 4.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, ABTS และสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของน้ำมันงาจี้ม้อน..... | 34 |
| 4.6 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันงาจี้ม้อนจากการวิเคราะห์นี้และจากพื้นที่การปลูกที่แตกต่างกัน..... | 36 |
| 4.7 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาจี้ม้อนแบบธรรมชาติและแต่งกลิ่น..... | 37 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 ลักษณะของเมล็ดงาขี้ม้อนสีน้ำตาล..... | 5 |
| 2.2 การทำงานของเอนไซม์..... | 11 |
| 4.1 กราฟค่า Hue ของน้ำมันงาขี้ม้อนที่สกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (วงกลม) และสกัดโดยใช้เอนไซม์ (สามเหลี่ยม)..... | 30 |
| 4.2 กราฟคะแนนความชอบในด้านต่างๆที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม้อนแบบไม่แต่งกลิ่น (เส้นทึบ) และแบบแต่งกลิ่นสตอว์เบอร์รี่ (เส้นปะ)..... | 38 |
| ข.1 สีในระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ..... | 63 |
| ข.2 กราฟแสดงผลค่า induction time ระหว่างน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง (UAE) และวิธีเอนไซม์ช่วยสกัด (AEE)..... | 65 |
| ค.1 กราฟมาตรฐานไทโรลอกซีในการวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านออกซิเดชัน DPPH..... | 68 |
| ค.2 กราฟมาตรฐานไทโรลอกซีในการวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านออกซิเดชัน ABTS..... | 72 |
| ค.3 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด..... | 75 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งาขี้ม้อนจัดเป็นพืชสมุนไพรตระกูลเดียวกับกะเพราและโหระพามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Perilla frutescens* พบได้ในประเทศจีน เกาหลี ญี่ปุ่น และไทย ในประเทศไทยจะพบได้ที่บริเวณภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย น่าน และแม่ฮ่องสอน เป็นต้น เมล็ดงาขี้ม้อนมีองค์ประกอบของน้ำมันอยู่มากถึงร้อยละ 35-45 (Sargi et al et., 2013) น้ำมันที่ได้อุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid) ที่เป็นกรดไขมันจำเป็นหลายชนิด เช่น กรดไลโนเลนิก (โอเมก้า 3), กรดไลโนเลอิก (โอเมก้า 6) และกรดโอเลอิก (โอเมก้า 9) ซึ่งในน้ำมันที่ได้จากเมล็ดงาขี้ม้อนจะมีกรดไลโนเลนิก หรือโอเมก้า 3 เป็นองค์ประกอบมากที่สุด ประมาณร้อยละ 54-64 (Li et al., 2014; Sargi et al., 2013 และ Siriamornpun et al., 2006) อีกทั้งยังพบสารสำคัญในกลุ่มโพลีฟีนอลที่สำคัญหลายชนิดโดยเฉพาะกรดโรสมารินิก (rosmarinic acid) และสารลูทีโอลิน (luteolin) ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สามารถลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งได้ นอกจากนี้ยังมีสารเซซามอล (sesamol) ที่เชื่อกันว่ามีส่วนช่วยป้องกันโรคมะเร็งและทำให้ร่างกายแก่ช้าลงอีกด้วย

แต่การที่ได้จะได้น้ำมันออกมาจากเมล็ดพืชจะต้องผ่านการสกัดน้ำมัน ซึ่งส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมจะนิยมทำการสกัดโดยใช้ความร้อนและตัวทำละลายอินทรีย์ (conventional solvent extraction) วิธีการสกัดนี้เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองพลังงาน เนื่องจากต้องใช้เวลาและใช้ตัวทำละลายในปริมาณมาก การใช้ตัวทำละลายที่เป็นสารละลายไม่มีขั้วมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวเพื่อแก้ปัญหาในส่วนนี้จึงมีการพัฒนาวิธีการสกัดเพื่อลดปัญหาทั้งในเรื่องของพลังงานและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasonic assisted extraction; UAE) และการสกัดโดยใช้น้ำร่วมกับสารละลายเอนไซม์ (aqueous enzymatic extraction; AEE) ข้อดีของการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงในการสกัด คือ คลื่นความถี่สูงจะช่วยทำให้ผนังเซลล์หรือเซลล์เมมเบรน ของเมล็ดพืชถูกทำลาย ทำให้ใช้เวลาในการสกัดสั้นลง และได้ปริมาณผลผลิตมาก แต่การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่ใช้ร่วมกับสารละลายไม่มีขั้ว เช่น เอทานอล เฮกเซน และปิโตรเลียมอีเทอร์ สารเหล่านี้จัดว่าเป็นสารระเหย (volatile organic compounds; VOCs) ที่ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยากับชั้นบรรยากาศและชั้นโอโซน ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก เป็นอันตรายต่อระบบประสาท และระบบทางเดินหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อ1อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Sharma et al., 2002) ดังนั้นจึงมีการศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต นั่นคือการสกัดน้ำมันโดยใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ (Li et al., 2014; Latif และ Anwar., 2011 และ Sharma et al., 2002) ข้อดีของการสกัดโดยใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ คือ การสกัดน้ำมันโดยใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์สามารถให้ผลผลิตออกมาได้ทั้งน้ำมันและโปรตีนพร้อมกัน โครงสร้างโปรตีนที่ได้จากการสกัดเป็นโปรตีนที่ยังไม่สูญเสียสภาพ (Rosenthal et al., 1996) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเทคนิคการสกัดน้ำมันทั้งสองมาทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาขี้ม่อนเพื่อเป็นแนวทางในการใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับผู้สูงอายุ

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาขี้ม่อนด้วยเทคนิคการใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์และคลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด
- 1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันงาขี้ม่อนที่สกัดได้
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่เป็นผู้สูงอายุต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม่อน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

เมล็ดงาขี้ม่อนสีน้ำตาล จากจังหวัดน่าน ประเทศไทย ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงาขี้ม่อน (น้ำ, ไขมัน, โปรตีน, เกล็ด, ไฟเบอร์ และคาร์โบไฮเดรต) ศึกษาการสกัดน้ำมันโดยใช้สารละลายเฮกเซน (Hexane) ร่วมกับคลื่นความถี่สูงหรืออัลตราโซนิคช่วยสกัด ตัวแปรต้นที่การศึกษาคือ ระยะเวลาการสกัด 1, 3, 5, 10 และ 15 นาที และอัตราส่วนของเมล็ดงาขี้ม่อนต่อสารละลายเฮกเซน 1:3, 1:5 และ 1:7 ตัวแปรตามคือปริมาณผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ และสกัดน้ำมันงาขี้ม่อนด้วยวิธีใช้สารละลายเอนไซม์ร่วมกับน้ำช่วยสกัด ตัวแปรต้นที่ศึกษาคือ ชนิดของเอนไซม์ ได้แก่ Cellulase และ Viscozyme L และ ความเข้มข้นของเอนไซม์ ได้แก่ ร้อยละ 1, 2, 3 และ 4 ตัวแปรตามคือ ปริมาณผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ ศึกษาความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ ABTS และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (total phenolic compounds) ของน้ำมันที่สกัดได้จากทั้งสองวิธี วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันที่สกัดได้ ได้แก่ สี, ค่าความเป็นกรด (AV), ค่าเพอร์ออกไซด์ (PV) และค่าความคงตัว (Oxidative stability) ศึกษาความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม่อนเพื่อสุขภาพของผู้บริโภคที่มีอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อ 2 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงผลของปัจจัยที่มีผลต่อวิธีการสกัดน้ำมันด้วยสารละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงและวิธีการใช้สารละลายเอนไซม์ร่วมกับน้ำช่วยสกัดที่มีต่อผลผลิตน้ำมัน

1.4.2 ทราบถึงผลของการสกัดน้ำมันด้วยสารละลายร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง และการใช้สารละลายเอนไซม์ร่วมกับน้ำที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติในการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันงาจี๊ม้อน

1.4.3 ทราบถึงผลความชอบและการยอมรับของผู้สูงอายุที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันงาจี๊ม้อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อ3อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งามัจฉอน

งามัจฉอน มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ *Perilla frutescens* (L.) เป็นพืชสมุนไพรตระกูลเดียวกับกะเพรา จัดเป็นไม้ล้มลุก ลำต้นตั้งตรงสูง 50-150 เซนติเมตร จัดเป็นพืชพื้นเมืองที่ปลูกกันมากบริเวณทวีปเอเชีย ได้แก่ ประเทศจีน อินเดีย ญี่ปุ่น เกาหลี รวมไปถึงประเทศไทย มีรายงานการสำรวจการปลูกงามัจฉอนทางภาคเหนือตอนบน พบว่าการปลูกกระจายทั่วไปในพื้นที่ดอนเชิงเขา จากการสำรวจแหล่งการปลูกทั้งหมด 10 แห่ง พบว่าต้นงามัจฉอนมีทั้งหมด 130 สายพันธุ์ ซึ่งมีทั้งเมล็ดขนาดเล็ก ขนาดใหญ่ และมีสีที่ต่างกัน ตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลไหม้ สีเทาเข้ม สีเทาอ่อน ไปจนถึงสีขาว (พรรณพกา รัตน โกศล, 2557) จังหวัดที่นิยมปลูกงามัจฉอนในประเทศไทย คือ จังหวัด เชียงใหม่ เชียงราย น่าน พะเยา และแม่ฮ่องสอน เป็นต้น พื้นที่ปลูกงามัจฉอนในเขตภาคเหนือของประเทศไทยมีประมาณ 3,400 ไร่ ให้ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 80 กิโลกรัมต่อไร่ งามัจฉอนถูกใช้อย่างแพร่หลายทั้งในการนำมาประกอบอาหารและในทางการแพทย์ ทั้งในส่วนของใบ ยอดอ่อน และเมล็ด ใบและยอดอ่อนมีสรรพคุณช่วยบรรเทาอาการไอ แก้หวัด และช่วยในการย่อยอาหาร ส่วนเมล็ดมีสรรพคุณช่วยลดไขมันในเลือด น้ำมันในเมล็ดยังสามารถนำมาใช้เป็นยานวดแก้อาการปวดขัดข้อกระดูก และสามารถนำมาใช้ประกอบอาหารได้

ส่วนประกอบต่างๆของต้นงามัจฉอนมีรายละเอียด ดังนี้

ใบ เป็นใบเดี่ยว รูปไข่หรือกลม กว้าง 2-8 เซนติเมตร ยาว 3-9.5 เซนติเมตร ปลายใบเรียวแหลมหรือแหลมเป็นติ่งยาว โคนใบกลม ป้านหรือตัดขอบใบ หยักแบบฟันเลื่อย ใบมีสีเขียวอ่อน ด้านล่างสีอ่อนกว่าด้านบน มีขนทั้งสองด้าน ตามเส้นใบมีขนหนาแน่น ด้านล่างมีต่อมน้ำมัน ก้านใบยาว 10-45 มิลลิเมตร มีขนยาวหนาแน่น

ดอก ออกเป็นช่อ ตามง่ามใบและที่ยอด ริวประดับดอกย่อย รูปไข่ กว้าง 2.5-3.2 มิลลิเมตร ยาว 3-4 มิลลิเมตร ไม่มีก้าน โคนริวประดับกลมกว้าง ขอบเรียบ มีขน ปลายเรียวแหลม ก้านดอกย่อยยาวประมาณ 1.5 มิลลิเมตร มีขนสีขาวปกคลุมหนาแน่น กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันเป็นรูประฆัง ยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ปลายแยกเป็นแฉกแหลม 5 แฉก แฉกกลางด้านบนสั้นกว่าแฉกอื่น ๆ มีเส้นตามยาว 10 เส้น ด้านนอกมีขนและมีน้ำมัน ด้านในมีขนยาวเรียงเป็นวงรอบปากหลอด เมื่อ

ดอกเจริญไปเป็นผลแล้ว กลีบเลี้ยงจะใหญ่ขึ้น กลีบดอกสีขาว เชื่อมติดกันเป็นหลอดทรงกระบอก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อ 4 ว่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลายแยกเป็นปาก ขาว 3.5–4 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขน ด้านในมีขนเรียงเป็นวงอยู่กึ่งกลางหลอด ปากบนปลายเว้าเล็กน้อย ปากล่างมี 3 หยัก ปลายมนหยักกลางใหญ่ กว่าหยักอื่น ๆ และเฉพาะหยักนี้ด้านในมีขน เวลาดอกบานกลีบนี้จะกางออก เกสรเพศผู้มี 4 อัน เรียงเป็นคู่ คู่บนสั้นกว่าคู่ล่างเล็กน้อย ก้านเกสรเกลี้ยง อับเรณูมี 2 พู ด้านบนติดกัน ด้านล่างกางออก จานดอกเห็นชัด รังไข่ยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร มีพูกลมๆ 4 พู ก้านเกสรเพศเมีย ยาว 2.6–3 มิลลิเมตร ปลายแยกเป็น 2 แฉก ไม่มีขน

ผล รูปไข่ถึงกลม ขนาดเล็ก ยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร เมล็ดแข็ง สีน้ำตาลหรือสีเทา มีลายรูปตาข่าย



ภาพที่ 2.1 ลักษณะของเมล็ดงาขี้ม้อนสีน้ำตาล

ที่มา : <http://www.nat-pharm.com/>

จากภาพที่ 2.1 เมล็ดหรือผลของงาขี้ม้อน มีลักษณะกลมเล็ก แข็ง มีสีน้ำตาลหรือสีเทาขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เมล็ดงาขี้ม้อนประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ดังแสดงในตาราง 2.1 ภายในเมล็ดงาขี้ม้อนนั้นมีองค์ประกอบของน้ำมันประมาณร้อยละ 35 ถึง 45 (Asif et al., 2011) ดังนั้นน้ำมันหรือไขมันจึงถือเป็นองค์ประกอบหลักของเมล็ดงาขี้ม้อน น้ำมันที่ได้จากเมล็ดงาขี้ม้อนอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีความจำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด ได้แก่ กรดไลโนเลนิกหรือโอเมก้า 3, กรดไลโนเลอิกหรือโอเมก้า 6 และกรดโอเลอิกหรือโอเมก้า 9 อีกทั้งยังมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินอี และยังพบสารอินทรีย์จำพวก โทโคฟีรอล (tocopherol) ไฟโตสเตอรอล (phytosterol) ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และ ไกลโคไซด์ (glycoside) หลายชนิด เช่น อะพิจินิน (apigenin), ลูทีโอรีน (luteolin) (ศิริวรรณ สุทธิจิตต์, 2550 และ Lee et al., 2013) สารสำคัญเหล่านี้ถือเป็นสารที่ให้ประโยชน์แก่ร่างกาย อีกทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็ง โรคกระเพาะ และโรคซึมเศร้า (Asif et al., 2011 และ Jo et al., 2013) นอกจากนี้ไขมันงาจี๊ม่อนยังเป็นสุดยอดน้ำมันที่มีคุณภาพต่อสุขภาพดีกว่าน้ำมันชนิดอื่น เนื่องจากเป็นน้ำมันที่มีความสมดุลของโอเมก้า 3 และ โอเมก้า 6 นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยระบุว่า ปริมาณกรดไขมันโอเมก้า 3 ในน้ำมันงาจี๊ม่อนนั้นสูงกว่าในน้ำมันปลา 2 เท่า (วิทวัส นิมสกุล, 2555)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของงาจี๊ม่อน

| องค์ประกอบทางเคมี | ร้อยละ |
|-------------------|--------|
| ไขมัน | 40.10 |
| คาร์โบไฮเดรต | 18.91 |
| โปรตีน | 18.12 |
| น้ำ | 6.90 |
| เถ้า | 2.03 |
| ไฟเบอร์ | 22.32 |

ที่มา : Joshi et al. (2015)

2.2 กรดไขมันโอเมก้า 3

กรดไขมันโอเมก้า 3 เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) และเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายเนื่องจากร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ จะต้องได้รับการรับประทานเท่านั้น กรดไขมันที่อยู่กลุ่มของกรดไขมันโอเมก้า 3 ประกอบไปด้วยกรดไขมันอีกหลายชนิดแต่ที่นิยมศึกษากันมาก คือ แอลฟาไลโนเลนิก (Alpha-linolenic acid; ALA), ดีเอชเอ (Docosahexaenoic acid; DHA) และ อีพีเอ (Eicosapentaenoic acid; EPA) (วิทวัส นิมสกุล, 2555 และ กมลกาญจน์ จัญกาญจน์, 2551)

ประโยชน์ของกรดไขมันโอเมก้า 3 แบ่งออกเป็น 2 ทาง ได้แก่ ประโยชน์ของการรับประทานโอเมก้า 3 และสิ่งที่เกิดขึ้นจากการขาดโอเมก้า 3 ประโยชน์ของการรับประทานโอเมก้า 3 ที่มีต่อโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งเป็นโรคที่พบมากในปัจจุบัน สาเหตุส่วนใหญ่เนื่องมาจากการบริโภคอาหาร ซึ่งกรดไขมันโอเมก้า 3 ที่ได้จากน้ำมันงาจี๊ม่อนเมื่อผ่านกระบวนการเผาผลาญของร่างกายสามารถเปลี่ยนเป็น EPA และ DHA ได้ในอัตราประมาณร้อยละ 7 ถึง 10 และมีผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการใช้น้ำมันงาจี๊ม่อนอุดมไปด้วยกรดไขมันโอเมก้า 3 แทนการใช้น้ำมันถั่วเหลืองทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อ 6 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับกรดไขมันโอเมก้า 3 ในเลือดเพิ่มขึ้น นำไปสู่การป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบและลดการแข็งตัวของเลือด (Lewis et al., 2008; Calder et al., 2004; Schacky และ Dyerberg, 2001) ประโยชน์ของกรดไขมันโอเมก้า 3 ยังมีอีกหลายอย่าง เช่น ด้านทานการอักเสบ (anti-inflammatory) ลดความเสี่ยงการเกิดมะเร็ง (anti-cancer) ลดอาการแพ้ (anti-allergic) และ บำรุงสมอง (Brain health) เป็นต้น (Asif et al., 2011; Gwari et al., 2014 และ Li et al., 2014) และข้อเสียจากการขาดกรดไขมันโอเมก้า 3 หรือได้รับในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย อาจส่งผลให้ผิวหนังหยาบ ลอกเป็นเกร็ด ผื่นแดง บวม และระคายเคือง

โอเมก้า 3 เป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายจึงควรบริโภคให้เพียงพอต่อความต้องการในแต่ละวัน สถาบันด้านสาธารณสุขของประเทศแคนาดา (Medicine in collaboration with Health Canada) และ The American Heart Association แนะนำให้บริโภคกรดไขมันโอเมก้า 3 หรือกรดไขมันโอเลอิก 1.3 ถึง 2.7 กรัมต่อวัน และ 1.5 ถึง 3.0 กรัมต่อวัน ตามลำดับ เพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพ (กมลกาญจน์ จิฎกานัญญ์, 2551) ความสมดุลของกรดไขมันโอเมก้า 6 และโอเมก้า 3 เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการสร้างสมดุลภายใน และการพัฒนาตามปกติตลอดวงจรชีวิต ดังนั้นสัดส่วนในการบริโภคน้ำมันโอเมก้า 3 ต่อ โอเมก้า 6 ที่เหมาะสมต่อร่างกาย คือ 1:1 ถึง 1:4 (Asif et al., 2011 และ Simopoulos, 2011)

แหล่งที่พบกรดไขมันโอเมก้า 3 จะพบได้มากในปลาทะเลในเขตน้ำเย็นและเมล็ดพืชต่างๆ เช่น ชาร์ดิน แม็คคาเรล ทูน่า เมล็ดฝ้าย วอลนัท เป็นต้น แต่นอกเหนือจากแหล่งที่พบกรดโอเมก้า 3 ที่กล่าวมาข้างต้น ยังมีเมล็ดพืชอีกหนึ่งชนิดที่อุดมไปด้วยกรดไขมันโอเมก้า 3 เช่นกัน แต่ยังไม่เป็นที่รู้จักมากนัก นั่นคือเมล็ดงาเขียว (Perilla seed) ภายในเมล็ดงาเขียวมีองค์ประกอบของน้ำมันสูงร้อยละ 35-51 (Longvah และ Deosthale, 1998; Li et al., 2014 และ Kongkeaw et al., 2015) และ ในน้ำมันเหล่านั้นก็ยังเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันโอเมก้า 3 ชนิดแอลฟาไลโนเลนิกสูง เมื่อเทียบกับเมล็ดพืชอื่นๆ ดังแสดงในตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณไขมันทั้งหมด โอเมก้า 6 และโอเมก้า 3 ในเมล็ดพืชชนิดต่างๆ

| Nut and seeds | Total fat (g/100g) | Omega 6 (mg/100g) | Omega 3 (ALA) (mg/100g) |
|------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Hazelnut | 61.4 | 7,000 | 100 |
| Pecan | 71.9 | 24,200 | 600 |
| Walnut | 69.2 | 43,200 | 6,300 |
| Sesame seed | 55.6 | 24,400 | 0 |
| Perilla seed oil | 100 | 14,000 | 60,000 |
| Flax seed oil | 100 | 14,700 | 49,300 |
| Soybean oil | 100 | 50,000 | 7,000 |

ที่มา : <http://qualitycounts.com/fpfats.htm>, www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/flax.html และ Hess (n.d.)

2.3 การสกัดน้ำมัน

การสกัดเป็นวิธีหนึ่งที่มีประโยชน์มากในการแยกสารและทำสารให้บริสุทธิ์ การสกัดน้ำมันโดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 วิธีคือ การบีบอัดด้วยแรงกล (Compressed extraction) และการใช้ตัวทำละลาย (Solvent extraction) การสกัดด้วยการบีบอัดด้วยแรงกลจะใช้แรงในการกดเนื้อเยื่อเพื่อให้ผนังเซลล์แตกออก และบีบน้ำมันแยกออกมา น้ำมันที่ได้สามารถนำไปใช้ได้โดยไม่ต้องผ่านการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้กับพืชที่มีปริมาณน้ำมันมาก วิธีการบีบอัดด้วยแรงกลมีข้อเสียคือ ผลผลิตน้ำมันที่ได้จากการสกัดจะได้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดที่อยู่ในของที่สกัด และวิธีการสกัดน้ำมันอีกวิธีหนึ่งคือ วิธีการสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย การสกัดด้วยวิธีนี้จะให้ปริมาณน้ำมันที่สูงกว่าวิธีการสกัดเชิงกล ซึ่งการสกัดด้วยตัวทำละลายจะใช้ของเหลวชนิดหนึ่งเป็นตัวทำละลายเพื่อแยกสารที่ต้องการให้ละลายออกมาในตัวทำละลาย การสกัดน้ำมันด้วยวิธีนี้โดยส่วนมากจะใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีสมบัติไม่มีขั้ว เนื่องจากน้ำมันจะละลายออกมาได้ดีในสารละลายที่ไม่มีขั้ว แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ จะต้องละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี สารละลายต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด สารที่สกัดออกมาควรจะสามารถแยกออกจากสารละลายได้ง่าย และสารละลายต้องหาง่าย มีราคาถูก ตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัดมี น้ำ อะซิโตน อีเทอร์ โทลูอิน เอทานอล และเฮกเซน เป็นต้น ซึ่งวิธีการสกัดน้ำมันโดยการใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีหลายวิธี เช่น การสกัดน้ำมันโดยใช้ซอกซ์เลต (Soxhlet extraction) ซึ่งโดยทั่วไปงานวิจัยทางด้านการสกัดน้ำมันจะใช้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีนี้ซึ่งเป็นวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมโดยใช้ชุดเครื่องมือ soxhlet หลักการคือ สารที่ต้องการสกัดจะละลายออกมา จากวัสดุด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่กลั่นและควบแน่นวนกลับมาอย่างต่อเนื่อง กระบวนการสกัดนี้จะใช้เวลานานมากกว่า 3 ชั่วโมงหรือจนกว่าจะไม่มีสารที่ต้องการละลายออกมาแล้ว ซึ่งอาจโดยสังเกตได้จากสารละลายที่สกัดได้นั้น ไม่มีสีของสารที่ต้องการ (ดวงกมล เรืองงาม, 2557) และ การสกัดน้ำมัน โดยการแช่ (Maceration extraction) การสกัดด้วยวิธีการแช่เป็นวิธีดั้งเดิมที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ปริมาณมากในการสกัด โดยการแช่วัสดุที่ต้องการสกัดลงในตัวทำละลายอินทรีย์ที่บรรจุในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด เพื่อป้องกันการระเหยของตัวทำละลายอินทรีย์ วิธีนี้จัดเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดแต่ใช้เวลานาน (ดวงกมล เรืองงาม, 2557)

2.4 อัลตราโซนิก (Ultrasonic)

อัลตราโซนิก คือ คลื่นเสียงความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยปกติแล้วมนุษย์จะได้ยินคลื่นเสียงที่มีความถี่ระหว่าง 20 เฮิร์ตซ์ ถึง 20,000 เฮิร์ตซ์ แต่คลื่นอัลตราโซนิกมีความถี่เท่ากับ 18 กิโลเฮิร์ตซ์หรือมากกว่านั้น คลื่นอัลตราโซนิกสามารถใช้ระบุตำแหน่ง รูปร่าง และทิศทางของวัตถุที่ขวางเส้นการเดินทางได้อย่างแม่นยำ เนื่องด้วยหลักการสะท้อนของคลื่นเสียงที่เรียกว่า มุมตกกระทบกับมุมสะท้อน และด้วยหลักการนี้จึงมีการนำเอาคลื่นอัลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆมากมาย เช่น การวัดความลึก การจับตำแหน่งของวัตถุ ทดสอบการรั่วของท่อ หรือแม้กระทั่งนำคลื่นอัลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายได้ เนื่องจากคลื่นอัลตราโซนิกสามารถสั่นสะเทือน โมเลกุลทำให้เกิดการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างตัวอย่างและสารละลาย (Valero et al., 2007) ส่งผลให้การสกัดได้สารสกัดออกมาปริมาณมาก อัตราเร็วในการสกัดเร็วขึ้น และเวลาในกระบวนการสกัดสั้นลง (Vilkhu et al., 2008) นอกจากนี้อัตราส่วนตัวทำละลายและขนาดอนุภาคก็เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกหนึ่งอย่างที่จะทำให้ได้สารสกัดออกมามากยิ่งขึ้น

การสกัดน้ำมันโดยการสั่นด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasound assisted extraction) เป็นการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงหรืออัลตราโซนิก (ultrasonic) ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ทั้งแบบมีขั้วหรือไม่มีขั้ว เพื่อสกัดน้ำมันจากวัตถุดิบ เครื่องสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงมีหลายชนิดได้แก่ Ultrasonic bath extractor จะมีลักษณะเป็นอ่างซึ่งจะให้กำเนิดคลื่นผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำหรือของเหลวไปยังสิ่งที่ต้องการสกัด เครื่องนี้จึงถือเป็นการสกัดทางอ้อม และอีกเครื่องหนึ่งคือ Ultrasonic probe extractor เครื่องมือชนิดนี้มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกมีขนาดความยาวและมีคลื่นความถี่ที่แตกต่างกันไป เครื่องมือดังกล่าวจะปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงออกมาในตัวพาซึ่งในที่นี้คือ น้ำหรือตัวทำละลาย

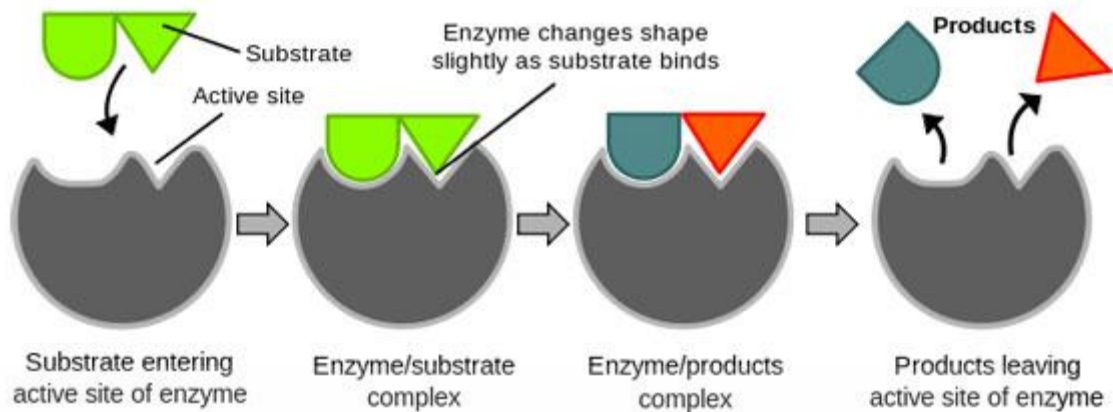
อินทรีย์ กระบวนการดังกล่าวจะทำให้เกิดฟองก๊าซซึ่งเกิดการหดตัวและขยายตัวเป็นวัฏจักร เมื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อ 9 ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟองก๊าซขยายตัวจะดึงสารที่อยู่ภายในวัสดุออกมาละลายในตัวทำละลาย และในขณะที่ฟองก๊าซแตกออกจะเกิดความดันและความร้อนอย่างมากในบริเวณนั้นซึ่งจะมีผลทำให้เนื้อเยื่อของวัสดุึกขาด ด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้น้ำมันที่ต้องการสกัดละลายในตัวทำละลายได้ดีขึ้น การสกัดด้วยวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพดีหรือไม่ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความถี่ของคลื่นเสียงที่ใช้ถ้าใช้ความถี่สูงจะใช้เวลาสั้นในการสกัด สมบัติที่แตกต่างกันของตัวทำละลาย ได้แก่ ตัวทำละลายที่มีความดันไอสูงสามารถสกัดได้ดีกว่าตัวทำละลายที่มีความดันไอต่ำ การสกัดเกิดได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิสูง และความเข้มของคลื่นเสียงที่ใช้ (ดวงกมล เรือนงาม, 2557)

2.5 เอนไซม์ (Enzyme)

เอนไซม์เป็น โปรตีนชนิดหนึ่งที่มีหน้าที่พิเศษแตกต่างจากโปรตีนทั่วไป เอนไซม์มีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีในสิ่งมีชีวิต เพื่อใช้ในการสังเคราะห์องค์ประกอบภายในเซลล์ ระบบการย่อยอาหาร และระบบภูมิคุ้มกัน เอนไซม์แต่ละชนิดจะมีความจำเพาะต่อสารที่ทำปฏิกิริยาที่เรียกว่า “ซับสเตรด” (Substrate) ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาเอนไซม์จะจับตัวกับซับสเตรดทำให้ซับสเตรดแปรสภาพไป โดยมีการสลายหรือสร้างพันธะของซับสเตรดขึ้นใหม่ เกิดผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาเคมีจากการรวมตัวกันระหว่างเอนไซม์กับซับสเตรด จนกลายเป็นเอนไซม์-ซับสเตรดคอมเพล็กซ์ (Enzyme-substrate complex) ซึ่งมีสมมติฐานที่อธิบายกลไกไว้ดังนี้

1. สมมติฐานแม่กุญแจกับลูกกุญแจ เอนไซม์จะเปรียบเสมือนเป็นลูกกุญแจ ส่วนซับสเตรดคือแม่กุญแจ ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อไขด้วยลูกกุญแจ โดยแม่กุญแจจะต้องมีรูปร่างที่พอเหมาะเท่านั้น ถึงจะรวมกับเอนไซม์และเกิดปฏิกิริยากลายเป็นผลิตภัณฑ์ได้
2. สมมติฐานการเหนี่ยวนำ แอคทีฟไซต์จะสามารถยืดหยุ่นและเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อซับสเตรดเข้าใกล้บริเวณแอคทีฟไซต์ของเอนไซม์ ซับสเตรดจะเหนี่ยวนำให้เอนไซม์เปลี่ยนแปลงรูปร่างบริเวณแอคทีฟไซต์ให้มีรูปร่างและขนาดพอเหมาะที่จะรวมกับซับสเตรดได้



ภาพที่ 2.2 การทำงานของเอนไซม์

2.5.1 ชนิดของเอนไซม์

เอนไซม์สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

2.5.1.1 เอนไซม์จากอาหาร (Food enzyme) คือ เอนไซม์ที่พบได้ในอาหารสด อาหารดิบทุกชนิด ถ้ามาจากพืชจะเรียกว่า เอนไซม์จากพืช (Plant Enzyme) แต่ถ้ามาจากสัตว์จะเรียกว่า เอนไซม์จากสัตว์ (Animal Enzyme) อาหารที่ผ่านความร้อนจะทำลายเอนไซม์ในอาหารได้ โดยง่าย ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้จะช่วยในการย่อยอาหารที่เรารับประทานเข้าไป ได้แก่ อะไมเลส (amylase), ไลเปส (lipase), โพรทีเอส (protease), เซลลูเลส (cellulase), แล็กเทส (lactase), ซูเครส (sucrase) และ มอลเทส (maltase)

2.5.1.2 เอนไซม์ย่อยอาหาร (Digestive enzyme) คือ เอนไซม์ที่ผลิตขึ้นจากร่างกาย ส่วนใหญ่จะผลิตมาจากตับอ่อน เพื่อใช้ในการย่อยอาหารและดูดซึมสารอาหารที่รับประทานเข้าไป ทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารที่มีคุณค่า เช่น เอนไซม์กลุ่มไฮโดรเลส (hydrolase) ในระบบทางเดินอาหารจะย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต ลิพิด โปรตีน และกรดนิวคลีอิก

2.5.1.3 เอนไซม์ในการเผาผลาญพลังงาน (Metabolic enzyme) คือ เอนไซม์ที่ผลิตในเลือด ในเซลล์ เนื้อเยื่อ และอวัยวะภายในต่าง ๆ ของร่างกาย มีหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีเพื่อช่วยในการเผาผลาญสารอาหารและสร้างพลังงาน สร้างภูมิคุ้มกัน ความเจริญเติบโตให้กับร่างกาย รวมไปถึงการช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของอวัยวะภายใน และช่วยบำบัดและรักษาโรคภัยไข้เจ็บต่างๆของร่างกาย เช่น ในไมโทคอนเดรียจะมีเอนไซม์ออกซิโครีดักเทสที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง ATP

2.5.2 ประเภทของเอนไซม์

เอนไซม์ที่นำมาใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.5.2.2 เอนไซม์ในอาหาร (Endogenous enzyme) หมายถึง เอนไซม์ที่ปรากฏอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์ตามธรรมชาติ เช่น โลพอกซีจินเนสในถั่วเหลือง พอลิกลาแลกตูโรเนสในมะเขือเทศ และพอลิฟีนอลออกซิเดสในใบชาและเมล็ดกาแฟ ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งในลักษณะที่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารนั้นต้องการ และไม่ต้องการ เช่น กลิ่น รส ลักษณะของเนื้อสัมผัส เป็นต้น

2.5.2.2 เอนไซม์นอกอาหาร (Exogenous enzyme) หมายถึง เอนไซม์ที่ใช้เติมลงในกระบวนการแปรรูปเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ซึ่งจะนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเอนไซม์ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมนั้นจะมาจาก 3 แหล่ง คือ พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ โดยคำนึงถึงความจำเพาะ ความเป็นกรดต่าง อุณหภูมิ ھاได้ง่าย และมีราคาไม่สูงมาก

2.5.3 การสกัดน้ำมันโดยใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ (Aqueous enzymatic extraction)

อุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันบริโภคโดยทั่วไปจะสกัดน้ำมันด้วยวิธีการใช้สารละลายในการสกัด (Solvent extraction) ซึ่งสารละลายที่ใช้ในการสกัดในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะเป็นสารละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ เป็นต้น ซึ่งการสกัดโดยใช้สารละลายไม่มีขั้วให้ผลผลิตน้ำมันมากถึงร้อยละ 95 และยังสามารถนำมาใช้สกัดซ้ำได้อีกด้วย แต่การสกัดโดยใช้สารละลายไม่มีขั้วจะส่งผลกระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสารละลายจัดเป็นสารระเหย (Volatile organic compounds) ซึ่งเมื่อระเหยออกไปสู่ชั้นบรรยากาศจะเกิดเป็นสารพิษเข้าไปทำลายชั้นโอโซน หรือเรียกว่าปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) (Rosenthal et al., 1996) การระเหยของสารละลายอินทรีย์เหล่านี้ไม่เพียงแต่ทำลายชั้นโอโซนของโลกเท่านั้น ยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในโลกด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาวิธีการสกัดที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขึ้นมาเพื่อลดการเกิดปัญหาดังกล่าว

การสกัดน้ำมันโดยใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยลดปัญหาการสกัดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆมาช่วยในการย่อยสลายโครงสร้างของวัตถุดิบที่ต้องการนำมาสกัด ทำให้สามารถสกัดออกมาได้มากยิ่งขึ้น แต่วิธีการสกัดด้วยเอนไซม์ยังคงได้ผลผลิตน้ำมันต่ำกว่าวิธีการสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์ (Yusoff et al., 2015) ดังนั้นจึงมีการศึกษามากมายที่เกี่ยวกับการสกัดด้วยเอนไซม์ทั้งแบบการสกัดด้วยเอนไซม์เพียงอย่างเดียว และการสกัดด้วย

เอนไซม์แบบร่วมกับวิธีการสกัดอื่นๆ ซึ่งเอนไซม์ที่จะนำมาใช้สกัดมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ขึ้นหน้าเว็บไซต์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และด้วย 12 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะให้ผลผลิตที่ต่างกัน ขึ้นกับหลายปัจจัยเช่น ขนาดของเมล็ดพืชน้ำมันซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์และผลผลิตน้ำมัน การใช้เอนไซม์แต่ละชนิดจะต้องปรับสภาพของระบบที่จะทำการสกัดให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ชนิดนั้นๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการสกัดสูงสุด

2.6 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ หรือ สารต้านออกซิเดชัน หมายถึง สารที่ทำหน้าที่ยับยั้งหรือต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือขจัดอนุมูลอิสระ เป็นสารที่มีสมบัติยับยั้งปฏิกิริยาถูกไซของอนุมูลอิสระในกรณีที่อยู่ในร่างกายสารต้านอนุมูลอิสระจะมีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระที่มีในร่างกาย นอกจากนี้สารต้านอนุมูลอิสระยังถูกประยุกต์ใช้เพื่อเป็นสารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องสำอาง และยา

2.6.1 แหล่งที่มาของอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระมีแหล่งที่มาทั้งภายนอกและภายในร่างกาย แหล่งจากภายนอกได้แก่ มลพิษในอากาศ ฝุ่น ควันทนุหรี ผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว หรือธาตุเหล็กในปริมาณสูงกว่าปกติ แสงแดด คลื่นความร้อน และรังสีแกมมา เป็นต้น ส่วนแหล่งที่เกิดขึ้นภายในร่างกายเช่น เกิดจากเมตาบอลิซึมภายในเซลล์ และเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดภายในร่างกาย ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดในร่างกายเป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยมีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายในกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอน เพื่อสร้าง ATP ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวมักพบว่าการปล่อยอนุมูลของออกซิเจนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา (reactive oxygen species) ออกมา ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี กลุ่มสารเหล่านี้ยังรวมไปถึง hydroxyl radical, superoxide radical และ peroxy radical ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้จะสามารถถูกกำจัดหรือลดความรุนแรงได้ด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ

2.6.1.1 การเกิดออกซิเดชันของไขมันแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

1) ระยะเหนี่ยวนำเริ่มต้น (initiation) เป็นระยะที่กรดไขมันแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระ โดยมีแสงหรืออุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

2) ระยะเพิ่มจำนวน (propagation) เป็นระยะที่อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลเพอร์ออกซี (peroxy radical) แล้วทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไขมันเกิดเป็น

ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydro peroxide) และอนุมูลอิสระ หากมีแสงและความร้อนเป็นตัวเร่งก็จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดปฏิกิริยาต่อทำให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนใหม่ได้อย่างต่อเนื่อง

3) ระยะเวลาสิ้นสุด (termination) เป็นระยะที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นรวมตัวกันกลายเป็นโมเลกุลที่เสถียร

2.6.2 การต้านอนุมูลอิสระและกำจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย

ร่างกายมีระบบหรือกลไกเพื่อควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระไม่ให้เกิดอันตรายต่อเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย ซึ่งในสภาวะปกติกลไกเหล่านี้สามารถควบคุมและรักษาปริมาณของอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับที่สมดุลไม่ให้อนุมูลอิสระเกิดอันตรายต่อร่างกายได้ โดยสามารถแบ่งกว้างๆ ได้ 3 ประเภท ดังนี้ (อนุชิตา มุ่งงาม, 2555)

2.6.2.1 ประเภทป้องกันการเกิดสารอนุมูลอิสระในระดับเซลล์ ได้แก่ เอนไซม์ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญอันดับแรกที่ควบคุมปริมาณสารอนุมูลอิสระในร่างกาย ดังนี้

1. Superoxide dismutase; SOD จะทำหน้าที่กำจัดซูเปอร์ออกไซด์ ($O_2^{\bullet-}$) โดยการเปลี่ยน $O_2^{\bullet-}$ ไปเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) แล้วไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะถูกกำจัดออกต่อไปเป็นน้ำและออกซิเจนโดยเอนไซม์ Catalase (CAT) ดังสมการ 2.1 และ 2.2



2. Glutathione peroxidase (GPX) เป็นเอนไซม์ที่มีธาตุซีลีเนียมเป็นองค์ประกอบสำคัญในโครงสร้าง เอนไซม์กลูตาไธโอน เพอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบ hydroperoxide เช่น lipid oxide และ hydrogen peroxide ให้เป็นสารที่มีความคงตัวและน้ำ โดยมีกลูตาไธโอน (Glutathione; GSH) ร่วมในปฏิกิริยา โดยทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนกับ hydrogen peroxide ให้เปลี่ยนไปเป็นน้ำและออกซิไดซ์กลูตาไธโอน (GSSG) จากนั้นกลูตาไธโอนรีดักเตส (GR) จะเร่งปฏิกิริยาที่เปลี่ยน GSSG กลับไปเป็น GSH โดย $NADPH+H^+$ ให้อิเล็กตรอนกับ GSSG

2.6.2.2 ประเภทสารต้านออกซิเดชัน หรือ antioxidant สารกลุ่มนี้สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระได้โดยตรงเพื่อจำกัดอนุมูลอิสระออกไปและหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ไม่ให้

ดำเนินต่อไป เช่น uric acid และ bilirubin จะก่อกวนอนุมูลอิสระ ขณะที่วิตามินอี เบต้าแคโรทีน วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์จะหยุดปฏิกิริยาออกซิ

2.6.2.3 ประเภทสารที่ทำหน้าที่คีเลตโลหะ (metal chelators) สารที่ทำหน้าที่คีเลตโลหะเป็นอีกหนึ่งกลไกสำหรับควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในสมดุล สารที่ทำหน้าที่คีเลตโลหะในร่างกายส่วนใหญ่เป็นโปรตีนเช่น ทรานเฟอร์ริน เฟอร์ริติน แลคโตเฟอร์ริน และอัลบูมิน เป็นต้น ซึ่งโปรตีนเหล่านี้จะจับโลหะที่เกี่ยวข้องกับการเร่งปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระ เช่น ธาตุเหล็ก และทองแดง โดยดึงเอาโลหะมารวมไว้ในโครงสร้างเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ทำให้โลหะนั้นไม่สามารถไปเร่งปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระได้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chen และ Diosady (2003) ศึกษากระบวนการสกัดมะพร้าวด้วยวิธีสกัดโดยใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ โดยการนำเนื้อมะพร้าวตากแห้งมาบดกับสารละลายเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส หลังจากบดแล้วก็นำสารละลายไปทำการปั่นเหวี่ยง พบว่าเกิดการแยกชั้นของสารละลายเป็น 4 ส่วน ได้แก่ น้ำมัน, อิมัลชัน, สารละลาย และ ของแข็ง ซึ่งในชั้นของน้ำมัน ได้ออกมาประมาณร้อยละ 84 ของปริมาณเนื้อมะพร้าวเริ่มต้น และจะเป็นน้ำมันมะพร้าวที่มีลักษณะสีเหลืองใส มีกลิ่นหอมของมะพร้าว ในส่วนของชั้นอิมัลชัน ถ้าหากเอาน้ำออกก็จะมียังประกอบของโปรตีนเข้มข้นละลายอยู่มากขึ้น และส่วนสุดท้ายคือส่วนของของแข็ง จะถูกนำไปทำแห้งแบบแช่แข็ง (freeze dried) เพื่อแยกเอาส่วนที่เหลือออก

Siriamornpun และคณะ (2006) ศึกษาองค์ประกอบของไขมันและกรดไขมันจากเมล็ดงาจืดที่ปลูกในจังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเชียงใหม่ของประเทศไทย และเมล็ดงาจืดจากตลาดท้องถิ่น เมล็ดงาจืดถูกสกัดด้วยสารละลาย คลอโรฟอร์ม: เมทานอล (2:1, v/v) องค์ประกอบของกรดไขมันถูกวิเคราะห์ด้วยวิธี GLC พบว่าไขมันปริมาณร้อยละ 34-36 (w/w) องค์ประกอบหลักของเมล็ดงาจืดคือ ไตรกลีเซอไรด์ร้อยละ 97 ของปริมาณไขมันทั้งหมด ส่วนอีกร้อยละ 3 เป็นไฟโตสเตอรอล (phytosterol) อัตราส่วนของ saturated: monounsaturates: polyunsaturates คือ 1: 1: 8 ชนิดกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ กรดแอลฟาไลโนเลนิก (โอเมก้า 3) มีปริมาณร้อยละ 55-60 ของกรดไขมันทั้งหมด เมล็ดงาจืดจากจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีปริมาณกรดไขมัน โอเมก้า 3

มากกว่าเมล็ดงาจี๊ม่อนจากตลาดท้องถิ่น และยังมีกรดลิโนเลอิก (โอเมก้า 6) ร้อยละ 18-22 ของกรดไขมันทั้งหมด และกรดโอเลอิก (โอเมก้า 9) ร้อยละ 11-13

Latif และ Anwar, (2011) ศึกษาเอนไซม์ 5 ชนิด ได้แก่ Protex 7L, Alcalase 2.4L, Viscozyme L, Natuzyme และ Kemzyme เพื่อหาประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันและโปรตีน จากเมล็ดงาโดยใช้กระบวนการสกัดด้วยเอนไซม์ช่วยสกัดพบว่า Alcalase 2.4L เป็นน้ำมันที่ให้ผลผลิตน้ำมันได้สูงที่สุดร้อยละ 57.4 ของปริมาณน้ำมันในเมล็ด และผลผลิตโปรตีนร้อยละ 87.1 ของโปรตีนเมล็ดทั้งหมด ในด้านการวิเคราะห์ทางคุณภาพ ได้แก่ fatty acid profile, density, refractive index, free fatty acid contents, iodine value, color, saponification และ unsaponifiable matter ของน้ำมันงาที่สกัดโดยใช้เอนไซม์เปรียบเทียบกับน้ำมันที่สกัดได้โดยไม่ใช้เอนไซม์ และ สารสกัดเฮกเซน พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณโทโคฟีรอล

Mohammad Asif (2011) ศึกษากรดไขมันโอเมก้า 3, 6 และ 9 ของเมล็ดงาจี๊ม่อนที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ เมล็ดงาจี๊ม่อนเป็นแหล่งสะสมของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid) ในเมล็ดงาจี๊ม่อนมีปริมาณน้ำมันอยู่ในเมล็ดประมาณร้อยละ 35-45 แต่ในใบของงาจี๊ม่อนกลับมีปริมาณน้ำมันที่น้อยเพียงแค่อ้อยู่ที่ 0.2 หากเปรียบเทียบกับเมล็ดพืชให้น้ำมันชนิดอื่นๆ พบว่าเมล็ดงาจี๊ม่อนมีกรดไขมันโอเมก้า 3 ชนิดแอลฟาไลโนเลนิก ร้อยละ 54-65 กรดไขมันโอเมก้า 6 ร้อยละ 14 และส่วนที่เหลือเป็นกรดไขมันโอเมก้า 9 ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวเหล่านี้เป็นกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์และช่วยป้องกันโรคเรื้อรังต่างๆ ได้ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็ง และโรคที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบต่างๆ เป็นต้น

Shim และ Lee (2011). ศึกษา induction period (IP) ของการเกิดออกซิเดชันของไขมันเพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาน้ำมันงาจี๊ม่อน ระดับของการเกิดออกซิเดชันของไขมันวัดได้จากค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) ซึ่งค่าเปอร์ออกไซด์จะสอดคล้องกับค่า IP หากค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่า IP ลดลง ในการทดลองน้ำมันงาจี๊ม่อนจะถูกเก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิต่างๆ ค่า IP วัดได้จากจุดตัดแกนของเส้นสองเส้นระหว่างเวลาและค่าเปอร์ออกไซด์ที่ IP นั้นๆ ซึ่งสุดท้ายแล้วจะสามารถของแบบจำลองการทำนายอายุการเก็บรักษาที่แม่นยำเพื่อคาดการณ์อายุการเก็บรักษาของน้ำมันงาจี๊ม่อน

Sargi และคณะ (2013) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดพืช 5 ชนิด ได้แก่ เมล็ดเจีย (chia), เมล็ดแฟลกซ์สีทอง (golden flex), เมล็ดแฟลกซ์สีตาล (brown flex), เมล็ดงาขี้ม้อนสีขาว (white perilla) และ เมล็ดงาขี้ม้อนสีน้ำตาล (brown perilla) องค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์คือ ความชื้น เถ้า โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และกรดไขมัน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์คือ ABTS, DPPH และ FRAP ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณ โปรตีนและไขมันของเมล็ดงาขี้ม้อนมีมากที่สุด ปริมาณกรดไขมันแอลฟาไลโนเลนิกของเมล็ดงาขี้ม้อนและเมล็ดเจียมีมากกว่าเมล็ดแฟลกซ์ ในเมล็ดงาขี้ม้อนสีน้ำตาลมีค่าอยู่ในช่วง 531.44 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำมัน ใน เมล็ดงาขี้ม้อนสีขาวมีค่าอยู่ในช่วง 539.07 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำมัน และในเมล็ดเจียมีค่าอยู่ในช่วง 544.85 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำมัน ส่วนผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระพบว่า เมล็ดงาขี้ม้อนสีน้ำตาลมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเมล็ดงาขี้ม้อนสีขาว, เมล็ดแฟลกซ์ และเมล็ดเจีย

Tabtabaei และคณะ (2013) ศึกษา 5 ขั้นตอนที่แตกต่างกันของการสกัดโดยการใช้ น้ำและน้ำร่วมกับเอนไซม์ ในการสกัดเมล็ดมันฝรั่งเพื่อผลิตโปรตีนและน้ำมันมันฝรั่ง ในการสกัดน้ำมัน จะทำให้เกิดการอิมัลชัน แต่เพื่อให้ได้น้ำมันบริสุทธิ์ออกมาใช้งานจึงจำเป็นต้องลดความคงตัวของอิมัลชัน งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันและโปรตีนเพิ่มมากขึ้น และการลดความคงตัวของอิมัลชัน การปรับ pH เพื่อลดความคงตัวของอิมัลชัน ก่อนข้างไม่คุ้มค่า ดังนั้นจึงใช้เอนไซม์ proteases และ phospholipases เข้ามาทำให้เกิดปฏิกิริยา demulsification เพื่อให้ไขมันบริสุทธิ์ถูกปล่อยออกมาได้ ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการสกัดของเอนไซม์แต่ละชนิดมีสภาวะที่เหมาะสมแตกต่างกัน เช่น Viscozyme L สภาวะที่เหมาะสมคือ pH 3.3-5.5 อุณหภูมิ 25-55 องศาเซลเซียส Cellulase คือ pH 4.5-6.0 อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส Alcalase 2.5L คือ pH 6.5-8.5 อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส และ Pectinex ultra SP-L คือ pH 4.5 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

Li และคณะ (2014) ศึกษาชนิดของเอนไซม์ในการสกัดน้ำมันจากงาขี้ม้อนและการใช้อัลตราซาวด์ที่เหมาะสม พบว่าใช้กำลังของเครื่องอัลตราซาวด์ 250 วัตต์ เวลา 30 นาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และสกัดโดยใช้เอนไซม์ 5 ชนิด คือ Cellulase, Viscozyme L., Alcalase 2.4L. , Protex 6L และ Protex 7L ได้ผลผลิตน้ำมันออกมามากที่สุดร้อยละ 81.74 นำน้ำมันที่สกัดได้จากการใช้เอนไซม์ Cellulase เปรียบเทียบคุณลักษณะทางเคมีกายภาพกับวิธีไม่ใช้เอนไซม์ และวิธีใช้สารละลายเฮกเซน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งค่า ค่าไอโอดีน, ค่า

ดัชนีหักเหของของเหลว, สารที่ไม่สามารถซาฟอนนิไฟด์ได้, ค่าซาฟอนนิฟิเคชัน, ค่าเพอร์ออกไซด์ และค่าความเป็นกรด

Kongkeaw และคณะ (2015) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี สารฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดงาขี้ม้อนสีน้ำตาลเปรียบเทียบกับเมล็ดงาขี้ม้อนสีขาว พบว่าเมล็ดงาขี้ม้อนสีน้ำตาลมีองค์ประกอบของโปรตีนร้อยละ 19.13 ไขมันร้อยละ 20.27 เถ้าร้อยละ 3.37 และไฟเบอร์ร้อยละ 23.27 ซึ่งสูงกว่าเมล็ดงาขี้ม้อนสีขาวอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) นอกจากนี้เมล็ดงาขี้ม้อนสีน้ำตาลยังอุดมไปด้วยของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ชนิดแกมมาลิโนเลนิก และแอลฟาไลโนเลนิก อีกทั้งยังอุดมไปด้วยสารประกอบเบต้าแคโรทีน และแอลฟาโทโคฟีรอล เมล็ดงาขี้ม้อนทั้งสีน้ำตาลและสีขาวถูกวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟาวัวโนอย และปริมาณสารฟาวัวโน พบว่าเมล็ดงาขี้ม้อนสีน้ำตาลมีปริมาณมากกว่าเมล็ดงาขี้ม้อนสีขาวอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

Li และคณะ (2015) นำ Response surface methodology (RSM) มาใช้วิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาขี้ม้อน โดยใช้วิธีการสกัดแบบอัลตราโซนิก ปัจจัยที่ศึกษา คือ อุณหภูมิ เวลา และ สัดส่วนของของเหลวต่อของแข็ง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ ที่อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส เวลา 17 นาที และสัดส่วนของของเหลวต่อของแข็ง 7:1 ภายใต้สภาวะดังกล่าวจะได้น้ำมันจากเมล็ดงาขี้ม้อนออกมาร้อยละ 36.27 น้ำมันงาขี้ม้อนที่ถูกสกัดได้มีค่าไอโอดีนสูง ค่าความเป็นกรด และค่าเพอร์ออกไซด์ต่ำแสดงให้เห็นว่าน้ำมันที่ได้จากเมล็ดงาขี้ม้อนมีคุณภาพดี สามารถนำมาใช้เป็นน้ำมันบริโภคได้ และยังเก็บไว้ได้ระยะเวลาอันยาวนานโดยไม่เสื่อมเสียอีกด้วย

สิริภัทร บุญปั้น และคณะ (2015) ศึกษาลักษณะประชากรงาขี้ม้อนพื้นเมืองจากเกษตรกรจำนวน 39 ประชากรจาก 3 กลุ่มพื้นที่ นำมาปลูกทดลองที่แปลงทดลอง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วันที่ 25 มิถุนายน 2555 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยา และทางสรีรวิทยาพืชไร่ 14 ลักษณะ ปริมาณไขมันรวม และกรดไขมัน (โอเมก้า 3 โอเมก้า 6 และ โอเมก้า 9) ผลการทดลอง ความแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานวิทยาทั้งภายในแล ระหว่างประชากร ในลักษณะสีเมล็ดและปริมาณขนใบ พบความแตกต่างระหว่างประชากรในส่วนของลักษณะสรีรวิทยา วิทยาทางพืชไร่ทุกลักษณะ รวมถึงปริมาณไขมันรวม และกรดไขมันแต่ละชนิด โดยประชากร KY3 ให้ผลผลิตสูงที่สุด 66.3 กรัมต่อต้น ประชากร CDCM1 มีค่าเฉลี่ยไขมันรวมในเมล็ดสูงที่สุดร้อยละ 48.68 ประชากร BH1 มีปริมาณกรดไลโนเลนิก (โอเมก้า3) สูงที่สุดร้อยละ 86.1 ประชากร MT5 มีปริมาณกรดไล

โพลีเอทิลีน (โพลีเอทิลีน 6) สูงที่สุดร้อยละ 48.1 และประชากร MT4 มีปริมาณกรดโพลีเอทิลีน (โพลีเอทิลีน 9) สูงที่สุดร้อยละ 18.7 จากการทดลองนี้พบว่าประชากรงาช้างม้วนพื้นเมืองในเขตภาคเหนือของประเทศ ไทยทั้งสามพื้นที่ที่มีความคล้ายคลึงกันในลักษณะสันฐานวิทยา แสดงให้เห็นว่าประชากรงาช้างม้วนพื้นเมืองในการศึกษานี้มีฐานพันธุกรรมที่แคบ จากการประเมินความหลากหลายของลักษณะ ประชากรงาช้างม้วนพื้นเมืองนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์งาช้างม้วนในอนาคต รวมถึงการอนุรักษ์พันธุ์ เพื่อใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมที่สำคัญต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 19 ำงอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุดิบ

เมล็ดงาช้างมือน (*Perilla Frutescens*) จากจังหวัดน่าน ประเทศไทย

3.2 สารเคมี

- 3.2.1 Hexane
- 3.2.2 Potassium hydroxide
- 3.2.3 Acetic acid
- 3.2.4 Chloroform
- 3.2.5 Hydrochloric acid
- 3.2.6 Acetone
- 3.2.7 Ethyl alcohol
- 3.2.8 Potassium iodide
- 3.2.9 Sodium hydroxide
- 3.2.10 Sodium thiosulfate
- 3.2.11 Starch
- 3.2.12 Phenolphthaleine
- 3.2.13 Wijs reagent
- 3.2.14 DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)
- 3.2.15 Trolox (6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid)
- 3.2.16 Folin-Ciocalteu's Reagent
- 3.2.17 p-Anisidine
- 3.2.18 Isooctane
- 3.2.19 Gallic acid monohydrate
- 3.2.20 Sodium carbonate
- 3.2.21 Sulfuric acid
- 3.2.22 ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid))

- 3.2.23 Distillate water
- 3.2.24 Potassium persulphate
- 3.2.25 Cyclohexane
- 3.2.26 L-ascorbic
- 3.2.27 Propylen glycol
- 3.2.28 Cellulase from *Trichoderma longibrachiatum*, ≥ 1.0 unit/mg solid. Activity: 1 unit will liberate 1.0 mmol of glucose from cellulose in 1 hour at pH 5.0 at 37 °C, (Italmar, Thailand)
- 3.2.29 Viscozyme L multienzyme complex (arabanase, cellulase, β -glucanase, hemicellulase and xylanase) from a select strain of *Aspergillus* group. Activity: ≥ 100 FBG/g and the optimum conditions are pH 3.3-5.5 and a temperature of 40-50 °C, (Italmar, Thailand)

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.3.1 เครื่องบดละเอียด
- 3.3.2 ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer)
- 3.3.3 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
- 3.3.4 เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum pump) Sahaburapa (SP-1A), Thailand
- 3.3.5 เครื่องชั่งละเอียด 2 และ 4 ตำแหน่ง
- 3.3.6 เครื่องย่อยไนโตรเจน (Kjeldatherm)
- 3.3.7 เครื่องสกัดไขมัน (Soxtherm) Gerhardt (S306AK), Germany
- 3.3.8 กระดาษกรองเบอร์ 1 Whatman, England
- 3.3.9 เตาให้ความร้อน (Hot plate)
- 3.3.10 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) Eppendorf5804r
- 3.3.11 โถดูดความชื้น (Desiccator)
- 3.3.12 เครื่องเขย่า (Vortex mixer)
- 3.3.13 Micropipettes และ Tips
- 3.3.14 Aluminium cans

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 21 ำงอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|--------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 3.3.15 | เครื่องวิเคราะห์ความคงตัวของไขมัน | Metrohm's 743Rancimat, Switzerland |
| 3.3.16 | เครื่องวัดสี | Hunter Lab รุ่น Color Quest XE, USA |
| 3.3.17 | เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ | Shimadzu (UV-1601), Japan |
| 3.3.18 | เครื่องอัลตราโซนิก | VC750 |
| 3.3.19 | อุปกรณ์เครื่องแก้ว | |
| 3.3.20 | เตาเผา (Muffle furnace) | Nabertherm, Germany |
| 3.3.21 | เครื่องระเหยสุญญากาศ | Buchi R-200 |

3.4 วิธีการดำเนินงาน

3.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของงาขี้ม้อนและการเตรียมตัวอย่างงาขี้ม้อน

นำตัวอย่างงาขี้ม้อน วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น (AOAC, 2000), โปรตีน (AOAC, 2000), ไขมัน (AOAC, 2000), เกลือ (AOAC, 2000), เยื่อใย (AOAC, 2000) และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

การเตรียมตัวอย่างเพื่อการสกัดน้ำมัน นำงาขี้ม้อนไปล้างทำความสะอาด จากนั้นนำไปเข้าเครื่องอบลมร้อน (tray dry) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างไปบดหยาบด้วยเครื่องบด Moulinex ชนิดปั่นแห้งเป็นเวลา 10 วินาที บรรจุในถุงพลาสติกมีซิปล็อก เก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

3.4.2 การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาขี้ม้อน

นำงาขี้ม้อนที่เตรียมจากข้อ 3.4.1 มาทำการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่

3.4.2.1 สกัดโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซนและอัลตราซาวด์ช่วยสกัด (Ultrasonic assisted hexane extraction)

ทำการสกัดโดยใช้สัดส่วนของเมล็ดงาขี้ม้อนต่อสารละลายเฮกเซน 1:3, 1:5 และ 1:7 w/w ใช้อัลตราซาวด์สกัดเป็นเวลา 1, 3, 5, 10 และ 15 นาที ใช้แอมพลิจูดร้อยละ 80 จากนั้นนำมารองเพื่อแยกน้ำมันออกจากกากงาขี้ม้อน แล้วนำไประเหยตัวทำละลาย n-Hexane โดยใช้ Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 68±1 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นอุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิที่เฮกเซนระเหยกลายเป็นไอ โดยระเหยจนกว่าตัวทำละลายหมด วัดปริมาณน้ำมันที่สกัดได้

3.4.2.2 การสกัดด้วยสารละลายเอนไซม์ (Aqueous enzymatic extraction)

นำงาขี้ม่อนผสมกับน้ำกลั่น ในสัดส่วนเมล็ดงาขี้ม่อนต่อน้ำกลั่น 1:6 จากนั้นนำไปให้ความร้อนจนเดือดเป็นเวลา 5 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (Latif et al., 2011) จากนั้นปรับ pH ของระบบให้เหมาะสมกับเอนไซม์ Cellulase และ Viscozyme L. ที่ pH 5.0 โดยใช้ 0.5 N HCl ทำการสกัดที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 1, 2, 3 และ 4 สกัดที่อุณหภูมิที่เหมาะสมของเอนไซม์แต่ละชนิด (Cellulase active ที่ 45 องศาเซลเซียส และ Viscozyme L. ที่ 45 องศาเซลเซียส) ใช้เวลาในการเขย่าสกัด 2 ชั่วโมง ที่ 120 รอบต่อนาที หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 8000g เป็นเวลา 20 นาที เพื่อแยกน้ำมันออกจากน้ำ แล้วใช้ไมโครปิเปตดูดส่วนที่เป็นน้ำมันออกมา วัดปริมาณน้ำมันที่สกัดได้

3.4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันที่สกัดได้

นำน้ำมันจากวิธีการสกัด โดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซนในข้อ 3.4.2.1 และใช้เอนไซม์ช่วยสกัด ในข้อ 3.4.2.3 ที่ได้ผลผลิตน้ำมันสูงที่สุดมาวิเคราะห์ ดังนี้

3.4.3.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (Acid value; A.V.) ด้วยวิธี AOCS (1997) เป็นการวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid; FFA) ที่อยู่ในน้ำมัน ซึ่งค่านี้จะบ่งชี้คุณภาพของน้ำมันหากน้ำมันมีค่าความเป็นกรดสูงแสดงว่าน้ำมันเสื่อมคุณภาพหรือเกิดการหืนมาก การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดสามารถทำได้โดยชั่งตัวอย่างน้ำมัน 10 ± 0.01 กรัม แล้วเติมเอทานอล 95% ปริมาณ 30 มิลลิลิตร และนำไปอุ่นที่อ่างควบคุมอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นหยดสารละลายฟีนอล์ฟทาไลน์ 3-4 หยด และนำไปไทเทรตกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และคำนวณหาค่าความเป็นกรดหรือปริมาณกรดไขมันอิสระได้ดังสมการที่ (3.1) และ (3.2)

$$\text{Acid Value (mg KOH/g)} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{ความเข้มข้นของสารละลาย KOH} \times 56.1}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \quad (3.1)$$

$$\text{Free fatty acid (\%)} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{ความเข้มข้นของสารละลาย KOH} \times 28.2}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \quad (3.2)$$

3.4.3.2 การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value; P.V.) ด้วยวิธี AOCS (1997) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงระดับคุณภาพของน้ำมันใช้บริโภค ว่าน้ำมันเหล่านั้นถูกออกซิไดส์หรือเสื่อมเสียคุณภาพไปมากน้อยเพียงใด ซึ่งทำได้โดยชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5 ± 0.05 กรัม ใส่ใน ขวดรูป ชมพูขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสมอะซิติก: กลอโรฟอร์ม (3:2) 30 มิลลิลิตร จากนั้นไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.01 N จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อนและเติมสารละลายน้ำแข็งความเข้มข้น 1% 2 มิลลิลิตรและไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินจางหาย และค่าเปอร์ออกไซด์สามารถคำนวณได้ดังนี้ (3.3)

$$\text{Acid Value (mg KOH/g)} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{ความเข้มข้นของสารละลาย KOH} \times 56.1}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \quad (3.3)$$

3.4.3.3 การวิเคราะห์ค่าสีของน้ำมัน โดยใช้เครื่อง Hunter Lab (Color Quest XE)

3.4.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compound) ตามวิธีของ Parry และคณะ (2005) โดยสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากน้ำมันงาผ้อมก่อนด้วยสารละลาย methanol ในอัตราส่วน 1:3 (w/v) จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ 0.1 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ Folin Ciocalteu 0.5 มิลลิลิตร หลังจากทำปฏิกิริยา 3 นาที ทำให้สารละลายเป็นกลางด้วยโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 20 จำนวน 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 10 มิลลิลิตร และบ่มทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำสารละลายวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร

3.4.3.5 การวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH คัดแปลงจากวิธีของ Lee และคณะ (2007) นำน้ำมัน 1 กรัม ละลายในเอทิลอะซิเตท 10 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร เตรียม DPPH เข้มข้น 10^{-4} M ในเอทิลอะซิเตททำได้โดยชั่ง DPPH มา 0.0039 กรัม มาละลายในเอทิลอะซิเตทปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย DPPH เข้มข้น 10^{-3} M จากนั้นดูดสารละลาย DPPH เข้มข้น 10^{-3} M มา 5 มิลลิลิตร เติมเอทิลอะซิเตทจนกระทั่งสารละลายมีปริมาตร 50 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐาน DPPH เข้มข้น 10^{-4} M นำสารละลายน้ำมันงาผ้อมมา 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH 9 มิลลิลิตร นำไปเขย่าเป็นเวลา 10 วินาที และตั้งทิ้งไว้ 60 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร

3.4.3.6 การวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS โดยใช้วิธีของ Sevim และคณะ (2013) เริ่มจากการเตรียมสาร ABTS ให้อยู่ในรูปอนุมูล ABTS^{•+} โดยการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 24

เตรียม ABTS 7 mM ผสมกับ $K_2S_2O_8$ 2.45 mM ในอัตราส่วน 1:1 ที่ไว้ในที่มืดและที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง แล้วทำการเจือจางด้วยสารละลายเอทานอลจนมีค่าการ ดูดกลืนแสงเท่ากับ $0.70 (\pm 0.02)$ ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร นำสารละลายน้ำมันงาที่ได้ออกจากการเตรียมโดยใช้ น้ำมันงาที่ 0.5 กรัมผสมกับสารละลายเฮกเซน 5 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ผสมกันแล้วมา 0.15 มิลลิลิตรและเติมอนุมูล $ABTS^{+}$ ที่เจือจางแล้ว 2 มิลลิลิตร ใส่ลงไปหลอดทดลอง ผสมให้เข้า กัน แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 15 นาทีและนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร

3.4.3.7 การวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบของกรดไขมัน โดย ALS Laboratory Group (Thailand) Co., Ltd. ด้วยวิธีการ STM No. 03-010 based on AOAC (2012), 996.06

3.4.4 ทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาที่แต่งกลิ่น

แต่งกลิ่นน้ำมันงาที่แต่งกลิ่น โดยใช้กลิ่นสตอว์เบอร์รี่ร้อยละ 0.5 ของปริมาณน้ำมันงาที่แต่งกลิ่น แบบสอบถามใช้หลักการสร้างแบบคำถามสำหรับวิเคราะห์ลักษณะของผู้บริโภค และใช้วิธีทดสอบ การยอมรับด้วยวิธีฮีโดนิค (Hedonic test) สเกลแบบตัวเลข 9 ระดับ (9 point hedonic scale) ทดสอบ โดยใช้ผู้ชิมที่มีอายุ 50 ปีขึ้นไป จำนวน 30 คน ให้ชิมตัวอย่างน้ำมันงาที่แต่งกลิ่นและ แบบแต่งกลิ่นสตอว์เบอร์รี่ ปริมาณ 2-3 มิลลิลิตรต่อตัวอย่างหนึ่งชนิด ทดสอบความชอบในด้านกลิ่น, สี, รสชาติ, รสค้ำคอ และความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ทั้งสองแบบ

3.4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

หัวข้อ 3.4.2.1 วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD โดยมีปัจจัย 2 ปัจจัย คือ เวลาในการสกัด และอัตราส่วนเมล็ดงาที่ต่อสารละลายที่ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยหลัก และความสัมพันธ์ ร่วมของตัวแปรทั้ง 2 ปัจจัย (interaction) ต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้

หัวข้อ 3.4.2.2 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ร้อยละของเอนไซม์ทั้งสองชนิดเป็นปัจจัย ได้แก่ ร้อยละ 1, 2, 3 และ 4 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

หัวข้อ 3.4.4 วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) ปัจจัยที่ทำการทดสอบคือ สี, กลิ่น, รสชาติ, รสค้ำคอ และความชอบโดยรวม

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงาขี้ม้อน

จากการทดลองพบว่าเมล็ดงาขี้ม้อนมีปริมาณไขมันร้อยละ 42.45 โปรตีนร้อยละ 21.26 และเถ้าทั้งหมดร้อยละ 2.82 ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Sargi และคณะ (2013) ซึ่งได้ปริมาณไขมัน โปรตีน และเถ้า ร้อยละ 40.12 ร้อยละ 24.18 และร้อยละ 3.33 ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณไขมัน โปรตีน และไฟเบอร์ยังมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Joshi และคณะ (2015) ซึ่งได้ปริมาณไขมัน โปรตีน และไฟเบอร์ร้อยละ 40.1 ร้อยละ 18.21 และร้อยละ 22.32 ตามลำดับ แต่มีปริมาณไขมันของเมล็ดงาขี้ม้อนของงานวิจัยนี้ น้อยกว่างานวิจัยของ Gwari และคณะ 2015 ซึ่งได้ร้อยละ 52.0 การที่ปริมาณไขมันในเมล็ดงาขี้ม้อนแตกต่างกันซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับสายพันธุ์ และแหล่งที่ปลูกงาขี้ม้อน นอกจากนี้ปริมาณความชื้นของเมล็ดงาขี้ม้อนที่นำมาทำการทดลองมีปริมาณร้อยละ 3.43 ซึ่งมีน้อยกว่าปริมาณความชื้นจากงานวิจัยของ Sargi และคณะ (2013) Gwari และคณะ (2015) Joshi และคณะ (2015) และ Silva และคณะ (2015) ซึ่งได้ปริมาณความชื้นร้อยละ 6.02 ร้อยละ 6.8 ร้อยละ 6.9 และร้อยละ 4.1 ตามลำดับ ความแตกต่างกันของปริมาณความชื้นของเมล็ดงาขี้ม้อน เกิดจากความแตกต่างของวิธีการเตรียมตัวอย่าง ได้แก่ การทำแห้ง และการเก็บรักษาตัวอย่างก่อนที่จะนำมาทดลอง โดยในตารางที่ 4.1 จะแสดงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงาขี้ม้อนที่ได้จากงานวิจัยนี้

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงาขี้ม้อน

| องค์ประกอบทางเคมี | ค่าที่ได้จากการทดลอง (% น้ำหนักเปียก) |
|-------------------|---------------------------------------|
| ความชื้น | 3.43±0.04 |
| ไขมัน | 42.45±1.47 |
| โปรตีน | 21.26±1.87 |
| เถ้า | 2.82±0.02 |
| ไฟเบอร์ | 24.75±1.23 |
| คาร์โบไฮเดรต | 5.29±0.76 |

หมายเหตุ : ค่า ± Standard Deviation จากการทดลอง 3 ซ้ำ

4.2 การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาเขียว

4.2.1 การสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาเขียวโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซนและอัลตราโซนิกช่วยสกัด (Ultrasonic assisted hexane extraction; UAE)

การสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูงหรืออัลตราโซนิกเป็นตัวช่วยในการสกัดเป็นวิธีที่ใช้เวลาในการสกัดน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการสกัดแบบธรรมดา (Solvent extraction) เนื่องจากคลื่นความถี่สูงจะเข้าไปทำให้เนื้อเยื่อของ วัสดุพืชขาด และเกิดความร้อนเพิ่มขึ้นทำให้น้ำมันที่ต้องการสกัด ละลายในตัวทำละลายได้ดีขึ้น การทดลองกำหนดสัดส่วนของเมล็ดงาเขียวต่อสารละลายที่ใช้สกัดคือ 1:3, 1:5 และ 1:7 เวลาการสกัดคือ 1, 3, 5, 10 และ 15 นาที พบว่าสัดส่วนของเมล็ดงาเขียวต่อสารละลาย 1:7 และเวลาในการสกัด 10 นาที ให้ผลผลิตน้ำมันที่มากที่สุดคือร้อยละ 40.98 หรือคิดเป็นร้อยละ 96.54 ของปริมาณน้ำมันในเมล็ดทั้งหมด

ตารางที่ 4.2 ผลผลิตน้ำมันงาเขียวที่สกัดได้ด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูงที่สัดส่วนเมล็ดงาเขียวและเวลาในการสกัดแตกต่างกัน

| สัดส่วนเมล็ด งาเขียวต่อ สารละลาย | ปริมาณผลผลิต (%) | | | | |
|--|------------------|------------|------------|------------|------------|
| | 1 นาที | 3 นาที | 5 นาที | 10 นาที | 15 นาที |
| 1:3 | 36.66±2.12 | 36.99±0.99 | 37.89±2.71 | 37.71±2.16 | 35.47±2.52 |
| 1:5 | 39.32±0.40 | 38.57±1.29 | 40.69±0.23 | 39.19±1.77 | 36.57±2.09 |
| 1:7 | 37.31±1.48 | 39.75±0.65 | 40.77±1.42 | 40.98±1.19 | 38.15±2.50 |

หมายเหตุ : a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกัน หากมีตัวอักษรต่างกันจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารละลายเฮกเซนและเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อใช้เวลาในการสกัดมากกว่า 10 นาที ปริมาณผลผลิตน้ำมันมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเวลา 10 นาที ($P > 0.05$) เนื่องจากในการทดลองไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิของระบบ เมื่อใช้เวลาในการสกัดมากขึ้นอุณหภูมิของระบบจะเพิ่มขึ้น วัตถุประสงค์ของระบบเมื่อใช้เวลาการสกัด 15 นาที ได้อยู่ในช่วง 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส ซึ่งงานวิจัยของ Li และคณะ (2014) และ Lou และคณะ (2010) ได้กล่าวว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดน้ำมันด้วยวิธีคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 27 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่สูงช่วยสกัดมีอุณหภูมิมากกว่า 50 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลผลิตน้ำมันที่ได้มีปริมาณลดลงเล็กน้อย เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ระบบการสกัดน้ำมันเกิดฟองและแตกตัวอย่างรวดเร็ว (cavitation effect) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของคลื่นอัลตราโซนิค

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการสกัดน้ำมัน โดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซนและอัลตราโซนิค พบว่าสัดส่วนของเมล็ดงาจี๋ม้อนต่อสารละลายมีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่เวลาที่ใช้ในการสกัดและอิทธิพลร่วมระหว่างสัดส่วนกับเวลาในการสกัด (interaction) ไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการสกัด (time) และสัดส่วนเมล็ดงาจี๋ม้อนต่อสารละลาย (ratio) พบว่าเวลาที่ใช้ในการสกัด 1 นาที ได้ผลผลิตน้ำมันออกมาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) กับเวลาในการสกัด 3, 5, 10 และ 15 นาที และสัดส่วนของเมล็ดงาจี๋ม้อนต่อสารละลายพบว่า ปริมาณผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายที่ใช้ในการสกัดขึ้นจาก 1:3 เป็น 1:5 พบว่าได้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 3 ซึ่งเมื่อเทียบกับต้นทุนแล้วพบว่า หากใช้สัดส่วนของเมล็ดงาจี๋ม้อนต่อสารละลาย 1:3 ในการสกัดน้ำมันงาจี๋ม้อน จะมีต้นทุนในส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตประมาณ 430 บาท และเมื่อเทียบกับราคาขายทั่วไปตามท้องตลาด (น้ำมันงาจี๋ม้อน ยี่ห้อ Paulfood ขนาด 250 มิลลิลิตร) พบว่าการใช้สัดส่วนของเมล็ดงาจี๋ม้อนต่อสารละลาย 1:3 จะทำให้ได้กำไรจำนวน 9.92 บาท แต่หากใช้สัดส่วนของเมล็ดงาจี๋ม้อนต่อสารละลาย 1:5 ในการสกัดน้ำมันงาจี๋ม้อน จะมีต้นทุนในส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตประมาณ 570 บาท จะทำให้ขาดทุนจำนวน 98.16 บาท ดังนั้นการใช้สัดส่วนของเมล็ดงาจี๋ม้อนต่อสารละลาย 1:3 ถือว่าเพียงพอต่อการนำมาใช้สกัดน้ำมันของงานวิจัยนี้ อีกทั้งยังคุ้มค่าในด้านผลผลิต พลังงาน และต้นทุน

4.2.2 ผลการสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาจี๋ม้อนด้วยสารละลายเอนไซม์ (Aqueous enzymatic extraction)

การสกัดน้ำมันด้วยวิธีสารละลายเอนไซม์ช่วยสกัด เอนไซม์จะมีหน้าที่เข้าไปทำลายโครงสร้างของ cotyledon cell walls ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วยโปรตีน และไขมัน (Rosenthal et al, 1996) ซึ่งปริมาณของน้ำมันที่สกัดออกมาได้จะขึ้นกับประสิทธิภาพการย่อยสลายของเอนไซม์แต่ละชนิด (Liu et al, 2016) และขนาดอนุภาคของวัสดุที่มีน้ำมัน (Sharma et al, 2015) ซึ่งเอนไซม์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ตัว คือ เซลลูเลส (cellulase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ถูกนำมาใช้ในการสกัดอย่างแพร่หลาย และเป็นเอนไซม์ที่มีความสามารถในการย่อยผนังเซลล์ของพืช (Aliakbarian et al, 2008; Najafian et al, 2009; Chen และ Perego, 2003; Tano-Debrah และ Ohta, 1997) ที่ได้มาจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 28

Trichoderma longibrachiatum และ วิสโคไซม์ (viscozyme L) เป็นเอนไซม์เชิงซ้อน (muti-enzyme) ประกอบไปด้วย arabanase, cellulase, beta-glucanase, hemicellulose และ xylanase ได้จาก *Aspergillus aculeatus* (Li et al, 2014) ผนังเซลล์ของพืชจะประกอบไปด้วย pectin, hemicellulose และ micro-fibrils ของเซลลูโลสซึ่งเชื่อมโยงอยู่กับ โปรตีน (campbell et al, 2011) ดังนั้นเอนไซม์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายผนังเซลล์สูงก็จะส่งผลให้การสกัดน้ำมันจากถั่วเหลืองมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การสกัดด้วยเอนไซม์ยังเป็นวิธีการสกัดน้ำมันที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เหมาะสำหรับการบริโภค (Latif et al, 2009) จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่า การสกัดด้วยเอนไซม์เซลลูเลสและวิสโคไซม์ มีแนวโน้มผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของเอนไซม์วิสโคไซม์ที่เพิ่มขึ้น ไม่ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับเอนไซม์เซลลูเลสถึงแม้ว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 จะแตกต่างจากความเข้มข้นอื่นๆในทางสถิติ แต่เมื่อดูปริมาณร้อยละของผลผลิตแล้วก็พบว่าต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นจึงใช้การสกัดที่ความเข้มข้นเอนไซม์ทั้งสองชนิดที่ร้อยละ 1 และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณผลผลิตน้ำมันระหว่างเอนไซม์เซลลูเลสและวิสโคไซม์ โดยการใช้ T-test พบว่าผลผลิตน้ำมันที่ได้จากเอนไซม์ทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นอาจเลือกใช้เอนไซม์เซลลูเลสที่มีราคาถูกกว่า

ตารางที่ 4.3 ผลผลิตน้ำมันงาที่สกัดได้ด้วยวิธีการสกัดน้ำมันโดยใช้สารละลายเอนไซม์เซลลูเลสและวิสโคไซม์

| เอนไซม์ | ผลผลิตน้ำมัน (%) | | | |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | 1% | 2% | 3% | 4% |
| เซลลูเลส | 19.77±1.38 ^b | 21.49±1.24 ^{ab} | 21.72±1.15 ^{ab} | 21.95±1.07 ^a |
| วิสโคไซม์ ^{ns} | 20.56±0.97 | 21.65±0.83 | 21.93±1.47 | 22.25±1.56 |

หมายเหตุ : a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีตัวอักษรต่างกันจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

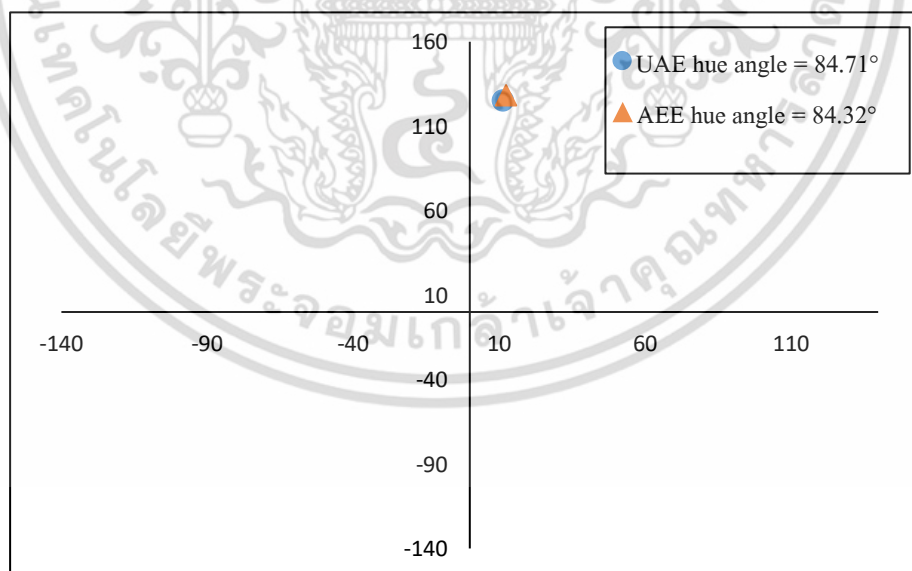
ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันงาขี้ม้อน

4.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันงาขี้ม้อน

4.3.1.1 ผลการวิเคราะห์ด้านสี

คุณสมบัติด้านสีเป็นสิ่งที่แสดงถึงลักษณะลักษณะทางกายภาพอย่างหนึ่งของวัตถุ ซึ่งอธิบายคุณลักษณะหรือคุณสมบัติบางประการที่ปรากฏออกมาผ่านทางสี ซึ่งในบางครั้งคุณลักษณะเหล่านี้อาจเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของอาหารได้ และจากการวิเคราะห์สีของน้ำมันงาขี้ม้อนพบว่าวิธีการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงและการสกัดโดยใช้เอนไซม์ช่วยสกัด มีค่า L^* ที่แสดงถึงความสว่างมีค่าเท่ากับ 82.71 และ 82.67 ค่า a^* หากค่าเป็นบวกจะแสดงถึงความเป็นสีแดงมีค่าเท่ากับ 11.57 และ 12.74 และ b^* หากค่าเป็นบวกจะแสดงถึงความเป็นสีเหลืองมีค่าเท่ากับ 125.05 และ 128.17 ตามลำดับ และเมื่อคำนวณออกมาจะได้ค่า Hue angle เท่ากับ 84.71 และ 84.32 ตามลำดับ และค่า Chroma ซึ่งจะบอกความบริสุทธิ์และความอิ่มตัวของสี พบว่าวิธีการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงและการสกัดโดยใช้เอนไซม์ช่วยสกัดมีค่า Chroma เท่ากับ 125.58 และ 128.80 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าน้ำมันงาขี้ม้อนที่ได้จากวิธีการทั้งสองวิธีมีความอิ่มตัวของสีใกล้เคียงกัน และในรูปที่ 4.1 ค่า Hue angle ของวิธีการสกัดน้ำมันงาขี้ม้อนทั้งสองวิธีแสดงให้เห็นว่าสีของน้ำมันที่ได้มีความใกล้เคียงกัน คือ มีสีเหลืองใสอมส้มเล็กน้อย



ภาพที่ 4.1 กราฟค่า Hue ของน้ำมันงาขี้ม้อนที่สกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (วงกลม) และสกัดโดยใช้เอนไซม์ช่วยสกัด (สามเหลี่ยม)

4.3.2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันงาขี้ม้อน

4.3.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value; PV)

ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) เป็นค่าที่บ่งชี้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของน้ำมัน ได้กลิ่นรสไม่พึงประสงค์ และคุณค่าทางโภชนาการลดลง (Tarmizi et al, 2016) ดังนั้นหากค่าเปอร์ออกไซด์ สูงก็จะบ่งบอกถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มาก นั่นก็หมายความว่า การเสื่อมเสียของน้ำมันก็จะมีความมากไปด้วยเช่นกัน และผลจากการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.4 พบว่าน้ำมันงาขี้ม้อนที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอนไซม์ช่วยสกัด มีค่ามากกว่าน้ำมันงาขี้ม้อนที่ได้จากการใช้คลื่นความถี่สูงหรืออัลตราโซนิกช่วยสกัด เนื่องจากวิธีการสกัดโดยใช้เอนไซม์มีการใช้ความร้อนในการต้มจนเดือดเป็นเวลา 5 นาทีก่อนที่จะทำการสกัดน้ำมัน จึงเป็นการเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่การสกัดน้ำมันทั้ง 2 วิธียังคงอยู่ในเกณฑ์ที่มีในประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 205) พ.ศ. 2543 เรื่องน้ำมันและไขมัน ซึ่งค่าเปอร์ออกไซด์จะมีได้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัมไขมันและไขมัน สำหรับน้ำมันพืช ดังนั้นน้ำมันงาขี้ม้อนจึงถือว่าสามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเพื่อบริโภคได้

4.3.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (Acid value; AV)

ค่าความเป็นกรดของน้ำมันเป็นตัวบ่งชี้ว่าไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของไขมันและน้ำมัน ถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับน้ำได้เป็นกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) โดยมีเอนไซม์ ความร้อน และแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หากค่าความเป็นกรดมีค่าสูงจะแสดงให้เห็นว่ากรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 4.4 พบว่าวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงมีค่าเท่ากับ 0.86 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Li และคณะ (2015) ที่ได้ค่าความเป็นกรดเท่ากับ 0.77 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม ในขณะที่การสกัดด้วยสารละลายเอนไซม์มีค่าเท่ากับ 1.01 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม ซึ่งระดับของค่าความเป็นกรดสำหรับน้ำมันบริโภคที่ผลิตโดยวิธีธรรมชาติและผ่านกรรมวิธีภายใต้ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 205) พ.ศ. 2543 คือ มีค่าความเป็นกรดได้ไม่เกิน 4.0 และ 0.6 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม

ดังนั้นการที่น้ำมันที่สกัดด้วยเอนไซม์มีค่าสูงกว่าสกัดด้วยคลื่นความถี่สูง เนื่องจากสารละลายที่ใช้ในการสกัดเป็นน้ำ แต่การสกัดด้วยคลื่นความถี่สูงใช้สารละลายเป็นเฮกเซน ดังนั้นการสกัดด้วยเอนไซม์จึงมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้มากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Deng และคณะ (1992) ซึ่งได้ค่าความเป็นกรดของน้ำมันเรพซีด (rapeseed oil) ของวิธีการสกัดด้วย

สารละลายเฮกเซนเปรียบเทียบกับกรดสกัดโดยใช้เอนไซม์ช่วยสกัด พบว่าค่าความเป็นกรดของการสกัดด้วยเฮกเซนคือ 1.92 และการสกัดโดยใช้เอนไซม์คือ 2.06

ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันงาขี้ม้อนที่ได้วิธีการสกัดต่างกัน

| คุณสมบัติทางเคมี | วิธีการสกัด | |
|--|----------------------------|------------------------|
| | คลื่นเสียงความถี่สูง (UAE) | สารละลายเอนไซม์ (AEE) |
| Peroxide value (mEq.Kg ⁻¹) | 0.43±0.06 ^b | 1.25±0.07 ^a |
| Acid value (mg KOH.g ⁻¹) | 0.86±0.00 ^b | 1.01±0.14 ^a |
| Oxidative stability (hours) | 0.28 | 0.25 |

หมายเหตุ : a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวแนวนอนเดียวกัน หากมีตัวอักษรต่างกันจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

4.3.2.3 ผลการวิเคราะห์ความคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ผลการวิเคราะห์ความคงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันงาขี้ม้อนด้วยวิธี Rancimat method แสดงในตารางที่ 4.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส น้ำมันที่สกัดด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงและวิธีการสกัดด้วยเอนไซม์ มีค่าเท่ากับ 0.28 และ 0.25 ชั่วโมง ตามลำดับ น้ำมันงาขี้ม้อนมีองค์ประกอบของกรดแอลฟาโอเลฟินิกอยู่มาก ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวทำให้ความคงทนหรือความเสถียรของน้ำมันต่ำเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Cha และ Choi, 1990) ค่าความคงทนต่อการเกิดออกซิเดชันของไขมันมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์ออกไซด์ โดยความคงทนต่อการเกิดออกซิเดชันมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนค่าเปอร์ออกไซด์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Shim และ Lee, 2011) การสกัดโดยใช้เอนไซม์มีการใช้อุณหภูมิสูงในช่วงแรกของการสกัด นั่นคือการต้มเมล็ดงาขี้ม้อนให้เดือดเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ผนังเซลล์ของเมล็ดงาขี้ม้อนถูกทำลายก่อนที่จะเติมเอนไซม์ลงไปในการกระบวนการสกัด และ ช่วงหลังจากสกัดจะมีการนำน้ำมันไปแช่ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที เพื่อยับยั้งเอนไซม์ จึงทำให้ค่าความคงทนของน้ำมันที่สกัดได้จากการใช้เอนไซม์มีค่าต่ำกว่าการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง

4.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันงาจืด

4.4.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.5 พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการใช้คลื่นความถี่สูงร่วมกับสารละลายเฮกเซนช่วยสกัด (Ultrasonic assisted extraction; UAE) และวิธีการใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ (Aqueous enzymatic extraction; AEE) จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ที่กำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 0.05 วิธีการสกัดโดยใช้เอนไซม์ช่วยสกัดใช้เอนไซม์เซลลูเลสและวิตโคไซม์ มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 183.86 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$ และ 180.86 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าวิธีการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 167.44 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$ อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่ชนิดของเอนไซม์ที่ใช้ในการสกัดด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ช่วยสกัดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

4.4.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันงาจืดด้วยวิธี ABTS มีแนวโน้มของผลการวิเคราะห์ออกมาในทางเดียวกันกับวิธี DPPH นั่นก็คือการสกัดด้วยใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ของเอนไซม์เซลลูเลส มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 43.36 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$ ซึ่งมากกว่าเอนไซม์วิตโคไซม์ที่มีค่าเท่ากับ 42.00 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$ แต่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากเอนไซม์ทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนค่าการต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัดมีค่า 33.79 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการสกัดโดยใช้เอนไซม์ช่วยสกัดอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันงาจืดทั้งวิธี DPPH และ ABTS มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันนั่นก็คือ การสกัดน้ำมันโดยใช้ร่วมกับเอนไซม์ มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงร่วมกับสารละลายเฮกเซน อย่างมีนัยสำคัญ การที่น้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอนไซม์ช่วยสกัดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงร่วมกับสารละลายเฮกเซนช่วยสกัด เนื่องจากการใช้เอนไซม์ในการช่วยสกัดจะเพิ่มการปลดปล่อยส่วนประกอบย่อยๆ ที่เป็นสารสำคัญออกมาได้ เช่น ฟีนอล และ โทโคฟีรอล (Ranalli et al., 2005; Latif และ Anwar, 2011) ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่าวิธีใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ที่นอกจากจะเป็นวิธีที่เป็นธรรมชาติและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแล้วก็ยังให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่มากกว่าได้อีกด้วย

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, ABTS และสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของน้ำมันงาขี้ม้อน

| วิธีการสกัด | DPPH ($\mu\text{molTE}/100\text{g}$) | ABTS ($\mu\text{molTE}/100\text{g}$) | TPC ($\mu\text{g}_{\text{Gallic acideq}}/\text{g}$) |
|---------------------------|---|---|--|
| สารละลายเอนไซม์ (AEE) | | | |
| Cellulase | 183.86 \pm 5.63 ^a | 43.36 \pm 1.10 ^a | 83.67 \pm 0.58 ^a |
| Viscozyme L | 180.86 \pm 5.91 ^a | 42.00 \pm 0.73 ^a | 82.00 \pm 5.29 ^a |
| คลีนเสียงความถี่สูง (UAE) | 167.44 \pm 4.16 ^b | 33.79 \pm 2.86 ^b | 70.67 \pm 3.06 ^b |

หมายเหตุ : a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.5 การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic compounds)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าน้ำมันงาขี้ม้อนที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีใช้น้ำร่วมกับเอนไซม์ช่วยสกัด ที่ใช้เอนไซม์เซลลูเลส, วิสโคไซม์ และการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงร่วมกับสารละลายเฮกเซน มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 83.67, 82.00 และ 70.67 $\mu\text{g}_{\text{Gallic acideq}}/\text{g}$ ตามลำดับ ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกถูกระบุว่ามีอยู่ในพืชที่ให้น้ำมันซึ่งมีส่วนสำคัญในการให้ความคงตัวของน้ำมันและถือว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Siger et al., 2008) ซึ่งสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของน้ำมันงาขี้ม้อนที่วิเคราะห์ได้ก็มีแนวโน้มของปริมาณที่วิเคราะห์ได้เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ DPPH และ ABTS นั่นก็คือ เซลลูเลสมากกว่า วิสโคไซม์ และมากกว่าน้ำมันที่สกัดได้ด้วยวิธีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง แต่การสกัดด้วยเอนไซม์ทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่วิธีการสกัดด้วยเอนไซม์ช่วยสกัดแตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งค่าที่ได้สอดคล้องกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ได้วิเคราะห์มาแล้วข้างต้น

4.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันงาจี๊ม่อน

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันจากน้ำมันงาจี๊ม่อนด้วยวิธี AOAC (2012) โดย ALS Laboratory Group (Thailand) Co., Ltd. แสดงในตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันงาจี๊ม่อนพบว่าน้ำมันงาจี๊ม่อนประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 10.7 ได้แก่ กรดปาล์มมีติกร้อยละ 7.3 และกรดสเตียริกร้อยละ 2.67 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวร้อยละ 11.4 ได้แก่ กรดโอเลอิกร้อยละ 11.3 และกรดปาล์มมีโตเลอิกร้อยละ 0.09 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนร้อยละ 77.8 ได้แก่ กรดลิโนเลอิก (โอเมก้า6) ร้อยละ 19.1 และกรดแอลฟาไลโนเลนิก (โอเมก้า3) ร้อยละ 58.6 ซึ่งกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Siriamornpun และคณะ (2006) และ Kongkeaw และคณะ (2015) ซึ่งได้ปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดแอลฟาไลโนเลนิกร้อยละ 59.84 และ 59.08 กรดลิโนเลอิกร้อยละ 18.45 และ 18.87 และ กรดโอเลอิกร้อยละ 11.55 และ 11.81 ตามลำดับ ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวเหล่านี้ถือเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ลดการอักเสบ และลดความเสี่ยงของการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคหัวใจ มะเร็ง และหลอดเลือด (Asif et al, 2011; Zhang et al, 2013 และ Joshi et al, 2015) จะเห็นได้ว่าในน้ำมันงาจี๊ม่อนประกอบไปด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกายในปริมาณสูง

ในตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณองค์ประกอบของกรดไขมันจากน้ำมันงาจี๊ม่อนที่ได้จากการทดลองกับงานวิจัยของ Siriamornpun และคณะ (2006), Saklani และคณะ (2011) และ Ding และคณะ (2012) ซึ่งแต่ละงานวิจัยใช้เมล็ดงาจี๊ม่อนจากแหล่งที่ปลูกต่างกัน ปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดจึงมีค่าแตกต่างกันแต่น้ำมันงาจี๊ม่อนจากงานวิจัยของ Siriamornpun และคณะ (2006) ซึ่งมาจากประเทศไทยจะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันงาจี๊ม่อนที่ได้จากการทดลองมากกว่าน้ำมันงาจี๊ม่อนที่ได้จากประเทศอื่น ซึ่งอาจจะเกิดจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพภูมิอากาศ ฤดูปลูก ลักษณะดิน และสภาพการเจริญเติบโต (Joshi et al., 2015) งานวิจัยของ Asif และคณะ (2011) กล่าวว่า ปริมาณสัดส่วนของโอเมก้า 6 ต่อ โอเมก้า 3 ของน้ำมันบริโภคน้ำมันที่เมื่อบริโภคแล้วจะส่งผลดีต่อสุขภาพของมนุษย์คือ 1 ต่อ 1 ซึ่งอาหารในแถบตะวันตกส่วนใหญ่จะมีสัดส่วนของโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 อยู่ 15-20 ต่อ 1 ดังนั้นการรับประทานอาหารที่มีสัดส่วนของโอเมก้า 3 สูงจะส่งผลให้สัดส่วนของโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 สมดุลยิ่งขึ้น ซึ่งน้ำมันงาจี๊ม่อนที่ได้จากการทดลองมีปริมาณของโอเมก้า 3 มากกว่าโอเมก้า 6 ถึง 3 เท่า

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันงาขี้ม้อนจากการวิเคราะห์นี้และจากพื้นที่การปลูกที่แตกต่างกัน

| องค์ประกอบกรดไขมัน | % องค์ประกอบ (กรัมต่อ100กรัมน้ำมัน) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|------------------|
| | ค่าที่ได้จากการทดลอง | แม่ฮ่องสอน ¹ | เชียงใหม่ ² | อินเดีย ³ | จีน ⁴ |
| Saturated fatty acid | | | | | |
| Caprylic (C8:0) | 0.05 | - | - | - | - |
| Lauric (C12:0) | 0.10 | - | - | - | - |
| Myristic (C14:0) | 0.03 | - | - | - | - |
| Palmitic (C16:0) | 7.30 | 6.86 | 6.54 | 9.90 | 7.23 |
| Stearic (C18:0) | 2.67 | 3.16 | 2.67 | 2.33 | 2.89 |
| Arachidic (C20:0) | 0.18 | - | - | - | - |
| Behenic (C22:0) | 0.05 | - | - | - | - |
| Lignoceric (C24:0) | 0.02 | - | - | - | - |
| Monounsaturated fatty acid | | | | | |
| Palmitoleic (C16:1) | 0.09 | 0.11 | 0.17 | - | - |
| Oleic (C18:1) | 11.30 | 11.55 | 11.41 | 0.10 | 20.77 |
| Polyunsaturated fatty acid | | | | | |
| Linoleic (C18:2) | 19.10 | 18.45 | 22.09 | 14.50 | 10.54 |
| α -Linolenic (C18:3) | 58.60 | 59.84 | 56.96 | 68.60 | 52.58 |
| SFA | 10.70 | 10.05 | 9.37 | - | - |
| MUFA | 11.40 | 11.66 | 11.58 | - | - |
| PUFA | 77.80 | 78.29 | 79.05 | - | - |
| SFA:MUFA:PUFA | 1:1.07:7.20 | 1:1.11:7.79 | 1:1.24:8.44 | - | - |
| <i>n</i> 6 | 19.20 | 18.45 | 22.09 | 14.50 | 10.54 |
| <i>n</i> 3 | 58.60 | 59.84 | 56.96 | 68.60 | 52.58 |
| <i>n</i> 6/ <i>n</i> 3 | 1:3.07(0.33) | 1:3.24(0.31) | 1:2.57(0.39) | 1:4.73(0.21) | 1:4.98(0.20) |

หมายเหตุ : SFA= total saturated fatty acids; MUFA= total monounsaturated fatty acids;

PUFA= total polyunsaturated fatty acids; *n*6= total omega-6; *n*3= total omega-3

^{1,2}Siriamornpun et al., (2006); ³Saklani et al., (2011); ⁴Ding et al., (2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และด้วย 36 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การวิเคราะห์การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม้อนแต่งกลิ่น

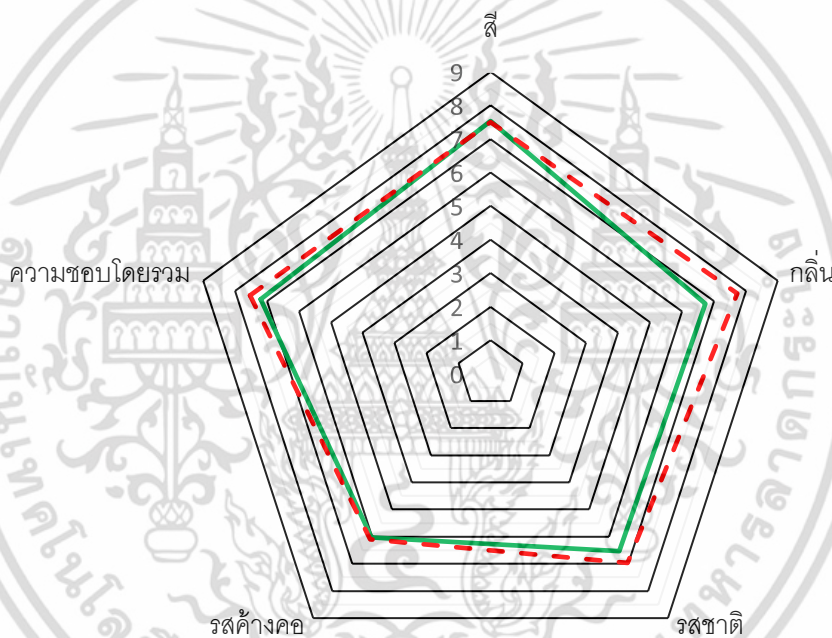
การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม้อนจะใช้วิธีทดสอบฮีโดนิค (Hedonic test) ซึ่งจะแบ่งสเกลที่ใช้วัดหรือคะแนนออกเป็น 1 ถึง 9 คะแนนตามความชอบจากน้อยไปมาก โดยผู้ทดสอบชิมจะมีทั้งหมด 30 คน เป็นบุคคลทั่วไปไม่มีทักษะในการทดสอบชิมหรือเคยทดสอบชิมมาก่อน และมีช่วงอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป เป็นเพศหญิงจำนวน 22 คน เพศชาย 8 คน ร้อยละ 73.33 ของจำนวนผู้ทดสอบชิมจะมีอายุอยู่ในช่วง 50-59 ปี และส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 50 ยังไม่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพมาก่อน และจากการสอบถามโดยใช้แบบสอบถามพบว่าหากผู้ทดสอบเลือกรับประทานอาหารเสริมจะรับประทานอาหารเสริมที่มีส่วนประกอบของโอเมก้า-3 มากที่สุด จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 23.94 รองลงมาเป็นวิตามินซีร้อยละ 22.53 และคอลลาเจนร้อยละ 19.72 ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยในการตัดสินใจซื้ออาหารเสริมที่ผู้ทดสอบชิมจะเลือกซื้อมากที่สุดคือ สารอาหารที่อยู่ในผลิตภัณฑ์จะส่งผลดีต่อสุขภาพและช่วยแก้ปัญหาสุขภาพ และสิ่งที่มีผลน้อยที่สุดในการตัดสินใจซื้อคือรูปแบบในการรับประทานอาหารเสริม

ตารางที่ 4.7 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม้อนแบบธรรมชาติและแต่งกลิ่น (ผู้ทดสอบ 30 คน)

| ปัจจัยคุณภาพ | คะแนนความชอบเฉลี่ย | |
|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| | น้ำมันงาขี้ม้อนไม่ใส่กลิ่น | น้ำมันงาขี้ม้อนใส่กลิ่นสตอว์เบอร์รี่ |
| สี ^{ns} | 7.5 ± 1.2 | 7.5 ± 1.4 |
| กลิ่น | 6.7 ± 1.5 ^b | 7.7 ± 1.5 ^a |
| รสชาติ ^{ns} | 6.5 ± 1.5 | 7.0 ± 1.6 |
| รสค้ำคอ ^{ns} | 6.0 ± 1.8 | 6.1 ± 2.1 |
| ความชอบโดยรวม ^{ns} | 7.2 ± 1.4 | 7.5 ± 1.4 |

งานวิจัยนี้ต้องการสกัดงาขี้ม้อนเพื่อใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ โดยให้ผู้บริโภครับประทานในรูปแบบของน้ำมันที่สกัดได้เลย ซึ่งการรับประทานในรูปแบบนี้อาจมีกลิ่นของวัตถุดิบโดยธรรมชาติที่ผู้บริโภคอาจไม่ยอมรับ จึงมีแนวคิดแต่งกลิ่นเพื่อให้ผู้บริโภครับประทานได้ง่ายขึ้น และสนใจในการบริโภคอย่างสม่ำเสมอเพื่อสุขภาพที่ดี

จากตารางที่ 4.7 พบว่าคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม้อนทั้งสองแบบ คือแบบไม่แต่งกลิ่นและแบบแต่งกลิ่นสตอว์เบอร์รี่ ซึ่งแต่ละแบบมีคะแนนในทุกๆด้านมากกว่า 5 คะแนน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในผู้ทดสอบชิมที่เป็นผู้สูงอายุมีความรู้สึกรับชอบ ในผลิตภัณฑ์นี้ไม่ว่าจะเป็นแบบแต่งกลิ่นหรือไม่แต่งกลิ่นก็ตาม คะแนนจากผลิตภัณฑ์ทั้งสองแบบในด้านสี และรสชาติก็มีความใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากเมื่อน้ำมันงาขี้ม้อนถูกนำไปแต่งกลิ่นแล้วไม่ได้ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป รวมไปถึงรสชาติที่จะติดอยู่ที่คอหลังจากกลืนแล้วยังคงรสเป็นพื้นฐานของน้ำมันงาขี้ม้อนอยู่เช่นเดิม แต่ในด้านของกลิ่นและรสชาติ น้ำมันงาขี้ม้อนที่ใส่กลิ่นสตอว์เบอร์รี่มีคะแนนที่สูงกว่าแบบที่ไม่ใส่กลิ่น ซึ่งคะแนนในด้านกลิ่นของน้ำมันงาขี้ม้อนแบบแต่งกลิ่นสตอว์เบอร์รี่และแบบไม่แต่งกลิ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.2 กราฟคะแนนความชอบในด้านต่างๆที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม้อนแบบไม่แต่งกลิ่น (เส้นทึบ) และแบบแต่งกลิ่นสตอว์เบอร์รี่ (เส้นปะ)

ภาพที่ 4.2 การที่คะแนนในด้านกลิ่นและรสชาติของน้ำมันงาขี้ม้อนแต่งกลิ่นมีคะแนนสูงกว่าอาจมาจากกลิ่นที่ใส่เป็นกลิ่นสตอว์เบอร์รี่ ซึ่งเป็นกลิ่นที่ผู้ทดสอบคุ้นเคยและเป็นกลิ่นที่นำไปปรุงแต่งในอาหารประเภทต่างๆอยู่แล้ว เมื่อใส่กลิ่นสตอว์เบอร์รี่เข้าไปจึงทำให้น้ำมันงาขี้ม้อนซึ่งปกติจะมีกลิ่นงาที่ค่อนข้างแรงก็ถูกกลบโดยกลิ่นสตอว์เบอร์รี่มากขึ้น และการแต่งกลิ่นในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และด้อย 38 ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ยังส่งผลต่อการรับรู้รสชาติ ทำให้ผู้บริโภครู้สึกว่าผลิตภัณฑ์ที่ถูกแต่งกลิ่นมีรสชาติที่ดีขึ้น ส่งผลให้คะแนนในด้านของรสชาติและความชอบโดยรวมของน้ำมันที่แต่งกลิ่นสตอเบอร์รี่สูงกว่า น้ำมันที่ไม่ได้แต่งกลิ่น

จากแบบทดสอบชิมตัวอย่างน้ำมันงาจี๋ม่อนพบว่า ถ้าต้องเลือกรับประทานผลิตภัณฑ์ น้ำมันงาจี๋ม่อน ผู้ชิมส่วนใหญ่จำนวน 19 คน จาก 30 คน เลือกที่จะรับประทานน้ำมันงาจี๋ม่อนใส่ กลิ่นสตอเบอร์รี่ ส่วนอีก 11 คนเลือกที่จะรับประทานน้ำมันงาจี๋ม่อนธรรมชาติ (ไม่ใส่กลิ่น) และ ในส่วนของแบบสอบถามการยอมรับในผลิตภัณฑ์น้ำมันงาจี๋ม่อนพบว่ามี 29 คน จาก 30 คน ยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำมันงาจี๋ม่อน และ 1 คนไม่ยอมรับ โดยให้เหตุผลว่ารับประทานยาก ซึ่งผลการ ทดสอบที่ปรากฏออกมาก็แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่มาจากน้ำมันงาจี๋ม่อนได้รับการยอมรับจาก กลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุ 50 ปีขึ้นไป



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1. การสกัดน้ำมัน โดยใช้คลื่นความถี่สูงช่วยสกัด (Ultrasonic assisted extraction) มีปัจจัยที่ศึกษาคือ เวลาในการสกัด และสัดส่วนของเมล็ดงาขี้ม่อนต่อสารละลายเฮกเซน ทว่าการเพิ่มขึ้นของเวลาการสกัดจาก 1 นาทีไปเป็น 3, 5, 10, และ 15 นาที ไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของน้ำมัน แต่การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนสารละลายเฮกเซนที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อปริมาณผลผลิตของน้ำมัน และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างเวลาในการสกัดและสัดส่วนเมล็ดต่อสารละลาย (interaction) และเมื่อเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองของการใช้สารละลายที่สัดส่วนต่างกับกับผลผลิตน้ำมันที่ได้ พบว่างานวิจัยนี้ใช้สัดส่วนของเมล็ดงาขี้ม่อนต่อสารละลาย 1:3 จะมีความสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ดังนั้นสถานะที่เหมาะสมที่จะใช้สกัดน้ำมันงาขี้ม่อนด้วยวิธีคลื่นความถี่สูงช่วยสกัดในงานวิจัยนี้ คือ เวลาในการสกัด 1 นาที และสัดส่วนของเมล็ดงาขี้ม่อนต่อสารละลายเฮกเซน 1:3 จะได้ผลผลิตน้ำมันเท่ากับร้อยละ 36.66

2. การสกัดน้ำมันโดยการ ใช้สารละลายเอนไซม์ช่วยสกัด (Aqueous enzymatic extraction) ของเอนไซม์สองชนิด คือเซลลูเลส และวิสโคไซม์มีแนวโน้มปริมาณผลผลิตน้ำมันเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเอนไซม์เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลผลิตระหว่างเอนไซม์ทั้งสองชนิด พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นสถานะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันงาขี้ม่อน โดยใช้เอนไซม์คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 1 และใช้เอนไซม์เซลลูเลส เนื่องจากมีราคาที่ถูกกว่าเอนไซม์วิสโคไซม์ และที่สถานะในการนี้จะทำให้ได้ผลผลิตน้ำมันร้อยละ 19.77

3. สีของน้ำมันงาขี้ม่อนพบว่าสีของน้ำมันที่สกัดได้เป็นเฉดสีเหลืองออกส้มเล็กน้อยที่ค่า hue angle เท่ากับ 84.71 และ 84.32 องศาประกอบของกรดไขมันในน้ำมันงาขี้ม่อนเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 89.2 ส่วนใหญ่กรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นกรดแอลฟาโอเลฟินิก ร้อยละ 58.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันงาขี้ม่อนโดยการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (PV) และค่าความเป็นกรด (AV) สรุปได้ว่าการสกัดน้ำมันโดยการ ใช้สารละลายเอนไซม์ช่วยสกัด (Aqueous enzymatic extraction; AEE) มีค่าสูงกว่าการสกัดโดยใช้คลื่นความถี่สูงช่วยสกัด (Ultrasonic assisted extraction; UAE) อย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกันกับการวิเคราะห์ค่าความคงตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และด้วย 40 ว่าจะอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Rancimat) โดยการสกัดด้วยเอนไซม์ช่วยสกัดมีความคงตัวน้อยกว่าการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง เนื่องจากสกัดโดยใช้เอนไซม์ช่วยสกัดมีการใช้ความร้อนมากกว่าจึงมีผลกระทบต่อสมบัติทางเคมี

4. น้ำมันที่ได้จากการใช้เอนไซม์ช่วยสกัดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าน้ำมันที่สกัดโดยใช้คลื่นความถี่สูงช่วยสกัดอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันงาจี๋ม้อนด้วยวิธี DPPH และ ABTS ดังนั้นวิธีการสกัดโดยใช้สารละลายเอนไซม์ช่วยสกัดจึงเป็นวิธีทางเลือกอีกวิธีหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการสกัดน้ำมันงาจี๋ม้อน เนื่องจากเป็นวิธีการสกัดแบบไม่ใช้สารเคมี เป็นมิตรต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม น้ำมันไม่ต้องผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ถึงแม้ว่าผลผลิตน้ำมันที่ได้จะน้อยกว่า แต่ก็มีปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่มากกว่า

5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีอายุ 50 ปีขึ้นไปต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันงาจี๋ม้อนพบว่าผู้ทดสอบให้ปัจจัยทางคุณภาพด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของน้ำมันงาจี๋ม้อนแต่งกลิ่นสตอว์เบอร์รี่มากกว่าน้ำมันงาจี๋ม้อนธรรมชาติ (ไม่ใส่กลิ่น) ในขณะที่ปัจจัยในด้านสีและรสชาติคอเคออบจะไม่แตกต่างกัน ในส่วนของคะแนนความชอบโดยรวมที่ผู้บริโภคให้คะแนนผลิตภัณฑ์ที่ถูกแต่งกลิ่นสตอว์เบอร์รี่สูงกว่าแบบไม่แต่งกลิ่น แสดงให้เห็นถึงการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แต่งกลิ่นนี้ ดังนั้นในอนาคตจึงสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางด้านการตลาดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากเวลาการสกัดที่นานขึ้น ในการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการใช้คลื่นเสียง ความถี่สูงมีผลทำให้ปริมาณของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ลดลง ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิของระบบ ให้คงที่จะทำให้ได้ผลการสกัดที่มีแนวโน้มชัดเจนขึ้น การควบคุมอุณหภูมิในการสกัดด้วยคลื่นเสียง ความถี่อาจทำได้โดยการเปลี่ยนชนิดของเครื่องมือในการสกัดจากแบบ probe มาเป็นแบบอ่างที่สามารถปรับอุณหภูมิของระบบให้คงที่ได้

2. เนื่องจากการวิเคราะห์ความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันงาจี๋ม่อนที่ได้จากวิธีการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงและการสกัดโดยใช้เอนไซม์มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้เห็นไม่สามารถเห็นภาพความแตกต่างหรือไม่แตกต่างของค่าความคงตัวของน้ำมันงาจี๋ม่อนได้ชัดเจน จึงควรเพิ่มวิธีที่ใช้วิเคราะห์ค่าความคงตัว เช่น DSC หรือ ESR เข้ามาวิเคราะห์ร่วมด้วย เพื่อเป็นการยืนยันแนวโน้มของค่าที่วิเคราะห์ได้ว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

บรรณานุกรม

- กมลกาญจน์ จิฎุภาณูจน์. (2551). โอมะก้า-3 กรดไขมันดีมีประโยชน์. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://siweb.dss.go.th/dss_doc/dss_doc/show_discription_doc.asp?ID=737. (วันที่ค้นข้อมูล: 14 มิถุนายน 2561).
- ดวงกมล เรือนงาม. (2557). “การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ (Extraction of Antioxidants).” วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. ปีที่ 23(2), 120-134.
- บุหรัน พันธุ์สวรรค์. (2556). “อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ”. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 21, 275-286.
- ปิติ รุ่งศรีชนานนท์. (2556). ค่าไทรสตีมูลต์ XYZ และปริภูมิสี YXY และ L*C*H*. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก <https://alwayyours.blogspot.com/2013/07/xyz-yxy-lch.html>. (วันที่ค้นข้อมูล 5 มกราคม 2561).
- พรรณผลา รัตน โกศล. (2553). งาม่อนโอเมก้า 3 แห่งขุนเขา. หนังสือพิมพ์กสิกร 83(6): 15-17.
- พรรณผลา รัตน โกศล. (2557). งาม่อนพีชวิเศษสุดให้ออเมก้า 3 ทดแทนปลาทะเลน้ำลึก. จากจดหมายข่าวผลิใบก้าวหน้าใหม่การวิจัยและพัฒนาการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร. (วันที่ค้นข้อมูล: 21 พฤษภาคม 2559).
- วิทวัส นิมสกุณ. (2555). พัฒนคติผู้บริโภคในจังหวัดเชียงใหม่ที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากงาขี้ม่อน. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศิริวรรณ สุทธิจิตต์. (2550). ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ศูนย์กลางความรู้.
- ศิริภัทร บุญปิ่น, ต่อนภา ผุสดี, นริศ ยิ้มยิ้ม, กรวรรณ ศรีงาม, เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม และศันสนีย์ จำจด. (2558). “การประเมินลักษณะประชากรงาขี้ม่อนพื้นเมืองจากภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย.” วารสารขอนแก่นเกษตร, ปีที่ 43(2), 285-296.
- เพ็ญศรี เพ็ญประไพ. (2554). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของย่น้ำมันมะพร้าวผสมสารสกัดจากขิงสด. วิทยานิพนธ์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช.

อนุชิตา มุ่งงาม. (2555). แอนติออกซิแดนท์ในธัญพืช. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอเมก้า 3 กินอย่างไรให้ดีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก

<https://www.pobpad.com/โอเมก้า-3-กินอย่างไรให้ดี>. (วันที่ค้นข้อมูล: 26 มิถุนายน 2561).

Ahmad Tarmizi, A. (2016). **Effect of frying on the palm oil quality attributes – A REVIEW– Review Article**. Journal of Palm Oil Research. 28(2), 143-153.

AOAC, (2000). **Association of Official Analytical Chemists. Official methods of Analysis of analysis, 17th ed**. Association of Official Analytical Chemists Inc., Arlington, Virginia.

AOAC, (2012). **Official Method 996.06. Fat (total, saturated, and unsaturated) in foods. Hydrolytic extraction gas chromatographic method, Official methods of analysis of AOAC international (19th edition)**. Gaithersburg, MD, USA: Association of Analytical Communities.

AOCS, (1997). **Official and Recommended Practices of the AOCS (5th edition)**. American Oil Chemists' Society. Champaign AOCS Press.

AOCS, (2009). **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society 6th ed**. Champaign Illinois, USA.

Asif, M. (2011). **Health effects of omega-3, 6, 9 fatty acids: Perilla frutescens is a good example of plant oils**. *Oriental Pharmacy & Experimental Medicine*, 11(1), 51–59.

Cambell. K., Glatz, C., Johnson, L., Jung, S., de Moura, J., Kapchie, V. and Murphy, P. (2011). **Advances in aqueous extraction processing of soy beans**. Journal of the American Oil Chemists' Society, 88(4), 449-465.

Cha, G. S. and Choi, C. U. (1990). **Determination of oxidation stability of perilla oil by the rancimat method**. Korean Journal Food Science Technology, 22(1), 61-65.

Chen, B. K. and Diosady, L. L. (2003). **Enzymatic aqueous processing of coconuts**. International Journal of Applied Science and Engineering, 1(1), 55-61.

Ding, Y., Neo, M., Yan, H. U., Lingling, S. H. I., Chao, M.A. and Yu-Jun., L. I. U. (2012). **Characterization of fatty acid composition from five perilla seed oils in china and its relationship to annual growth temperature**. Journal of Medicinal Plants Research, 6(9), 1645-1651.

- Deng, Y., Pyle, D. L. and Niranjana, K. (1992). **Studies of aqueous enzymatic extraction of oil from rapeseed**. Agri. Eng. Rural Dev. I Conf. Proc. Vol. 1 (Zhang, W., Giro, P. W., Zhang, S. W., Eds.). International Academic Publishers, Beijing, 190-195.
- Gwari, G., Lohana, H., Haider, S. Z., Bhandari, U., Chauhan, N., and Rawat, D. S. (2014). **Fatty acid and nutrient composition of perilla (*Perilla frutescens L.*) accessions collected from Uttarakhand**. International Journal of Phytopharmacology, 5(5), 379-382.
- Joshi, A., Sharma, A., Pandey, D. P., and Bachheti, R. K. (2015). **Physico-chemical properties of perilla frutescens seeds**. Der Pharma Chemica, 7(5), 35-41.
- Jovanović, A., Đorđević, V., Zdunić, G., Pljevljakušić, D., Šavikin, K., Gođevac, D. and Bugarski, B. (2017). **Optimization of the extraction process of polyphenols from *Thymus serpyllum L.* herb using maceration, heat- and ultrasound-assisted techniques**. Separation and Purification Technology, 179, 369-380.
- Lamsal, B. P., and Johnson, L. A. (2007). **Separating oil from aqueous extraction fractions of soybean**. Journal of the American Oil Chemists' Society, 84, 785-792.
- Latif, S. and Anwar, F. (2009). **Effect of aqueous enzymatic processes on sunflower oil quality**. Journal of American Oil Chemist's Society, 87, 393-400.
- Latif, S. and Anwar, F. (2011). **Aqueous enzymatic sesame oil and protein extraction**. Food Chemistry. 125(2): 679-684.
- Lee, J., Chung, H., Chang, P. S., and Lee J. (2007). **Development of a method predicting the oxidative stability of edible oils using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)**. Food Chemistry, 103, 662-669.
- Lee, J. H., Park, K. H., Lee, M. H., Kim, H. T., Seo, W. D., Kim, J. Y., Baek, I. Y., Jang, D. S., and Ha, T. J. (2013). **Identification, characterization, and quantification of phenolic compounds in the antioxidant activity-containing fraction from the seeds of Korea perilla (*perilla frutescens*) cultivars**. Food Chemistry. 136, 843-852.
- Li, H., Zhang, Z., Hou, T., Li, X. and Chen, T. (2015). **Optimization of ultrasound-assisted hexane extraction of perilla oil using response surface methodology**. Industrial Crops and Products. 76, 18-24.

- Li, J., Zu, Y., Luo, M., Gu, C., Zhao, C., Efferth, T. and Fu, Y. (2013). **Aqueous enzymatic process assisted by microwave extraction of oil from yellow horn (*Xanthoceras sorbifolia* Bunge.) seed kernels and its quality evaluation.** Food Chemistry, 138(4), 2152-2158.
- Li, Y., Zhang, Y., Sui, X., Feng, H., and Jiang, L. (2014). **Ultrasound-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from perilla (*perilla frutescens* L.) seeds.** CyTA - Journal of Food, 12(1), 16–21.
- Liu, J., Gasmalla, M., Li, P., and Yang, R. (2016). **Enzyme-assisted extraction processing from oilseeds: Principle, processing and application.** Innovative Food Science & Emerging Technologies, 35, 184-193.
- Longvah, T., and Deosthale, Y. G. (1998). **Effect of dehulling, cooking and roasting on the protein quality of *Perilla frutescens* seed.** Food Chemistry, 63(4), 519-523.
- Lou, Z., Wang, H., Zhang, M., and Wang, Z. (2010). **Improved extraction of oil from chickpea under ultrasound in a dynamic system.** Journal of Food Engineering, 98(1), 13-18.
- Najafian, L., Ghodsvali, A., Khodaparast, M. H., and Diosady, L. (2009). **Aqueous extraction of virgin olive oil using industrial enzymes.** Food Research International, 42(1), 171-175.
- Ranalli, A., Malfatti, A., Lucera, L., Contento, S., and Sotiriou, E. (2005). **Effects of processing techniques on the natural colorings and the other functional constituents in virgin olive oil.** Food Research International, 38, 873-878.
- Rosenthal, A., Pyle, D. and Niranjana, K. (1996). **Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction.** Enzyme and Microbial Technology, 19(6), 402-420.
- Saklani, S., Chandra, S. and Gautam, A. K. (2011). **Phytochemical investigation and contribution of perilla frutescens as spices in traditional health care system.** International Journal of Pharmacy Technology, 3(4), 3543-3554.
- Sargi, S. C., Silva, B. C., Santos, H. M. C., Montanher, P. F., Boeing, J. S., Santos, O. O., Souza, N. E., and Visentainer, J. V. (2013). **Antioxidant capacity and chemical composition in seed rich in omega-3: chia, flex and perilla.** Journal of Food Science and Technology, 33(3), 541-548.

- Sevim, D., Tuncay, O., and Koseoglu, O. (2013). **The effect of olive leaf addition on antioxidant content and antioxidant activity of “Memecik” olive oils at two maturity stages.** Journal of American Chemical Society, (90), 1359-1369.
- Siger, A., Malgorzata, N. K., and Eleonora, L. S. (2008). **The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils.** Journal of Food Lipids. 15, 137-149.
- Simopoulos, A. P. (2011). **Evolutionary Aspects of Diet: The Omega-6/Omega-3 ratio and the brain.** Mol Neurobiol. 44, 203-215.
- Sharma, A., Khare. S. K. and Gupta, M. N. (2002). **Enzyme-assisted aqueous extraction of peanut oil.** Journal of American Oil Chemists Society, 79, 215-218.
- Sharma, R., Sharma, P. C., Rana, J. C., and Joshi, V. K. (2015). **Improving the olive oil yield and quality through enzyme-assisted mechanical extraction, antioxidants and packaging.** Journal of Food Processing and Preservation, 39(2), 157-166.
- Shim, D. S., and Lee, S. J. (2011). **Shelf-life prediction of perilla oil by considering the induction period of lipid oxidation.** European Journal of Lipid Science and Technology, 904-909.
- Tabtabaei, S., and Diosady, L. L. (2013). **Aqueous and enzymatic extraction processes for the production of food-grade proteins and industrial oil from dehulled yellow mustard flour.** Food Research International, 52, 547-556.
- Tano-Debrah, K., and Ohta, Y. (1997). **Aqueous extraction of coconut oil by an enzyme-assisted process.** Journal of the Science of Food and Agriculture, 74(4), 497-502.
- Tarmizi, A. H. A., Ismail, R., and Kuntom, A. (2016). **Effect of frying on the palm oil quality attributes-a review.** Journal of Oil Palm Research, 28(2), 143-153.
- Teixeira, C. B., Macedo, G. A., Macedo, J. A., Silva, L. H. M., and Rodrigues, A. M. C. (2013). **Simultaneous extraction of oil and antioxidant compounds from oil palm fruit (*Elaeis guineensis*) by an aqueous enzymatic process.** Bioresource Technology, 129, 575-581.
- Valero, M., Recrosio, N., Saura, D., Munoz, N., Marti, N., and Lizama, V. (2007). **Effect of ultrasonic treatment in orange juice processing.** Journal of Food Engineering, 80(2), 509-516.

Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., and Bates, D. (2008). **Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry — A review.** *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(2), 161-169.

Yusoff, M. M., Gordon, M. H., & Niranjana, K. (2015). **Aqueous enzyme assisted oil extraction from oilseeds and emulsion de-emulsifying methods: A review.** *Trends in Food Science & Technology*, 41(1), 60–82.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัด 48 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 49 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์หาความชื้น เป็นวิธีการระเหยน้ำออกจากตัวอย่าง ปริมาณน้ำในอาหารจะหาได้จากน้ำหนักของอาหารเริ่มต้นลบน้ำหนักของอาหารแห้ง เนื่องจากจุดเดือดของน้ำในอาหารมีค่าต่ำกว่าองค์ประกอบหลักต่างๆในอาหาร

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยอะลูมิเนียม (aluminum can)
3. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
4. โถดูดความชื้น (desiccator)
5. ที่คีบ (Tong)

วิธีการทดลอง

1. นำถ้วยอะลูมิเนียมไปอบไล่ความชื้นที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น รอทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักแน่นอน (4 ตำแหน่ง) (W_1)
2. ใส่ตัวอย่างอาหารที่บดแล้วลงในถ้วยอะลูมิเนียม ให้น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่บดแล้ว 3-5 กรัม บันทึกน้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมกับตัวอย่าง (น้ำหนักที่แน่นอน) (W_1)
3. นำเข้าไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาถ้วยอะลูมิเนียม
4. เมื่อครบเวลานำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้นก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก อบซ้ำอีกครั้ง ครั้งละครึ่งชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ หรือผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้งต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.003-0.005 กรัม (W_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 50 อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นของอาหาร จากสมการ

$$\text{ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารเริ่มต้น}(W-W1) - \text{น้ำหนักอาหารแห้ง}(W-W2)}{\text{น้ำหนักอาหารเริ่มต้น}(W-W1)} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียม

W1 = น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมกับน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

W2 = น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมกับน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

หมายเหตุ: เก็บตัวอย่างไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC,2011)

เถ้า (ash) คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ (inorganic) หรือส่วนที่เหลือจากการเผา ซึ่งได้แก่แร่ธาตุต่างๆ เมื่อนำตัวอย่างไปเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์จะถูกเผาไหม้หมดไป เหลืออยู่แต่ส่วนของสารอนินทรีย์ ค่าของเถ้าที่หาได้สามารถบอกถึงคุณภาพของอาหาร ถ้าค่าของเถ้าสูงมากกว่าปกติอาจจะมีการปลอมปน

อุปกรณ์

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

วิธีการทดลอง

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักละเอียด (4 ตำแหน่ง) บันทึก (W_1)
2. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 3-5 กรัม (4 ตำแหน่ง) ใส่ในถ้วยกระเบื้อง (W_1)
3. เผาตัวอย่างบนเตาไฟฟ้า (ทำในตู้ดูดควัน) จนหมดควัน
4. นำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทา
5. รอให้เตาเผาไฟฟ้าเย็นลง จึงเก็บถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผาไฟฟ้า ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา (W_2)
6. คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้าของอาหาร จากสมการ

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

เมื่อ W = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

W_1 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

W_2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าหลังเผา

ก.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC,2011)

โปรตีนเป็นโพลีเมอร์ของกรดอะมิโน เกิดจากกรดอะมิโนจับกันด้วยพันธะเปปไทด์ ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนส่วนใหญ่อาศัยความเฉพาะเจาะจงของกรดอะมิโนหรือพันธะเปปไทด์ การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทำได้หลายวิธี แต่ในการทดลองนี้ใช้หลักการวิเคราะห์โปรตีนอาศัยการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในอาหาร โดยวิธีการที่นิยมเรียกว่าเจลดดาห์ (kjeldahl method) เนื่องจากโปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

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 เปอร์เซ็นต์ เตรียมได้จากการละลายกรดบอริก 2 กรัมลงในน้ำกลั่น ปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 1 นอโมลล์ บีเปต 37% กรดไฮโดรคลอริก 8.26 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32% เตรียมจากซังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
4. ตัวเร่ง (catalyst)(เตรียมจาก 1:8 ของ $\text{CuSO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$)
5. สารละลายอินดิเคเตอร์
6. เตรียม 0.1% เมทิลกรีนใน alcohol 95 เปอร์เซ็นต์
7. เตรียม 0.2% เมทิลเรดใน alcohol 95 เปอร์เซ็นต์

วิธีการทดลอง

1. การย่อย
 - 1.1 ชั่งตัวอย่าง 0.5–5 กรัม (4 ตำแหน่ง) ถ้าเป็นของเหลว 10-30 มิลลิลิตร ใตลงในหลอดย่อยโปรตีน พยายามอย่าให้ตัวอย่างเปื้อนข้างขวด (ปริมาณของตัวอย่างขึ้นอยู่กับปริมาณ โปรตีนในตัวอย่าง ถ้าปริมาณ โปรตีนน้อยให้ใช้ตัวอย่างมาก) เติมตัวเร่ง 10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใต boiling chip 2-3 ลูก (ปริมาณ ตัวเร่ง และกรดซัลฟูริกที่ใช้ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องย่อยที่ใช้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 53 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.2 นำหลอดย่อยโปรตีนวางลงในแอล ก่อนนำไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย ปิดที่บังความร้อน และสวมที่ลูดควัน ที่ต่อเข้ากับชุดกำจัดไอกรด ก่อนเปิดสวิทซ์
- 1.3 ตั้งอุณหภูมิที่ใช้อยู่ 380-400 องศาเซลเซียส (ถ้าตัวอย่างเป็นของเหลวหรือมีฟองขณะทำการย่อย อาจลดอุณหภูมิมาที่ 250 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที) ก่อนปรับไปที่อุณหภูมิที่ใช้อยู่
- 1.4 ทำการย่อยจนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส ซึ่งเวลาในการย่อยขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์
- 1.5 ปิดสวิทซ์ พร้อมยกแอลที่มีหลอดย่อยตัวอย่างขึ้นพัก รอให้สารละลายใสสีฟ้าเย็นลง ซึ่งในช่วงนี้ยังคงเปิดชุดกำจัดไอกรดไว้จน ไม่มีไอกรด (สังเกตจากควันสีขาว) ก่อนนำไปต่อเข้าชุดกลั่น

2. การกลั่น

- 2.1 นำหลอดย่อยตัวอย่างต่อเข้ากับชุดกลั่น โปรตีน ตรวจสอบเช็คความเรียบร้อยของระบบน้ำสำหรับหล่อเย็น ถังน้ำกลั่น ถังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 เปอร์เซ็นต์ โดยสายยางต้องจุ่มลงในถังของน้ำกลั่นหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์
- 2.2 เติมกรดบอริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ขวดชมพูขนาด 500 มิลลิลิตร หยอดอินดิเคเตอร์ทั้งสอง อย่างละ 1 หยดจะได้สารละลายสีชมพูม่วง วางขวดชมพูลงในชุดกลั่นเสียบท่อพลาสติกที่ต่อจากคอนเด็นเซอร์ลงกรดบอริก เพื่อคักจับแก๊สแอมโมเนียที่กลั่นออกมาได้
- 2.3 เปิดเครื่องเพื่อเติมน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในหลอดย่อย สารละลายในหลอดย่อยจะเปลี่ยนเป็นสีดำ
- 2.4 เปิดไอน้ำและตั้งเวลาในการกลั่น เวลาที่ใช้ในการกลั่นขึ้นกับปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง

3. การไตเตรท

- 3.1 นำขวดชมพูที่บรรจุสารละลายที่กลั่นเสร็จแล้วซึ่งมีสีเขียว มาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 หรือ 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนไปเป็นสีชมพูม่วงบันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

4. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

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

เมื่อ A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (N)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

5. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่าง

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

ก.4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2011)

ไขมันเป็นองค์ประกอบหลักตัวหนึ่งของอาหาร เป็นสารอินทรีย์ที่ส่วนใหญ่ไม่สามารถละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น บีโธเดียมอีเทอร์ เฮกเซน คลอโรฟอร์ม อีเธอร์ ฟอสโฟลิปิด สเตอรอล แคโรทีนอยด์ วิตามินเอและอี ดังนั้นไขมันในอาหารจึงมีองค์ประกอบที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามไขมันในอาหารส่วนใหญ่ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์มากกว่าร้อยละ 95 ของไขมันทั้งหมด

อุปกรณ์

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

สารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 55 ว่าจะอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปีโตรเลียมอีเทอร์

วิธีการทดลอง

1. อบบิกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_1)
2. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด อบไล่ความชื้นแล้ว 5-10 กรัม (ปริมาณของตัวอย่างขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันในตัวอย่าง ถ้าปริมาณไขมันน้อยให้ใช้ตัวอย่างมาก) บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W) ห่อด้วยกระดาษกรองใส่ในทิมเบิล
3. ตวงตัวทำละลายปีโตรเลียมอีเทอร์จำนวน 140-180 มิลลิลิตร ใส่ในบิกเกอร์ไขมันต่อทิมเบิล ใส่ตัวอย่างและบิกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง
4. เมื่อครบกำหนดเวลานำบิกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 30 นาที เพื่อระเหยปีโตรเลียมอีเทอร์ออก
5. นำบิกเกอร์ไขมันใส่ในโถดูดความชื้น เพื่อรอให้เย็น ก่อนนำบิกเกอร์ไขมันไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W_2)
6. การคำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{W_2 - W_1}{W} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง

W_1 = น้ำหนักของบิกเกอร์ไขมันก่อนสกัด

W_2 = น้ำหนักของบิกเกอร์ไขมันหลังสกัด

ก.5 การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2011)

ใยอาหาร (crude fiber) คือ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้ประกอบด้วย เซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ hemi-cellulose และแร่ธาตุบางชนิด ตามปกติจะใช้เป็นตัววัดคุณค่าทางอาหารหลายชนิดเพราะใยอาหารย่อยยาก นอกจากนี้ปริมาณใยอาหารยังใช้ในการตรวจการปลอมปนในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 56 ว่าจะอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องวิเคราะห์ไฮอาหาร
3. ถ้วยชนิดทนไฟ
4. เตาเผาไฟฟ้า
5. ตู้อบลมร้อน
6. โถดูดความชื้น
7. ที่ลึบ
8. กาดัมน้ำ
9. กาแก้ว
10. กรวยกรอง
11. กระบอกลดน้ำ
12. เตาไฟฟ้า

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 0.255 N (1.25%)
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.313 N
3. n-Octanol
4. อะซีโตน (acetone)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แห้งและสกัดไขมันออกแล้ว 1 กรัม (น้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในถ้วยชนิดทนความร้อน (ในกรณีตัวอย่างกรอกได้ยาก อาจมีการเติมสารช่วยกรองหรือซีไรท์ ประมาณ 1 กรัมลงบนตัวอย่าง)
2. นำถ้วยชนิดทนไฟต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ไฮอาหาร ในส่วนของ hot extraction unit ปิดล๊อคให้แน่น
3. เปิดฝาด้านบนของเครื่อง เติมกรดซัลฟูริก 0.255 N ที่อุ่นๆจำนวน 150 มิลลิลิตร ลงในขวดย่อยของแต่ละตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 57 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เติม n-Octanol ปริมาณ 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟองล้น ให้ความร้อนจนเดือด
5. ลดความร้อนลง และต้มต่อเป็นเวลา 30 นาที
6. กรองเอกรดอก โดยเคลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง vacuum ถ้ากรองไม่ลงให้ใช้แรงดันที่ตำแหน่ง pressure ช่วย
7. ล้างกากด้วยน้ำกลั่นร้อนสามครั้ง ครั้งละประมาณ 30 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง
8. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 N ที่อุณหภูมิ 150 มิลลิลิตร เติม n-Octanol ปริมาณ 2-3 หยด ให้ความร้อนจนเดือด
9. ทำซ้ำข้อ 5-7
10. ล้างกากด้วยอะซิโตน 25 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง
11. นำถ้วยชนิดทนไฟ ไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W1)
12. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง แล้วนำออกมาใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W2)
13. คำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมันของอาหาร จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของไขมัน} = \frac{W1 - W2}{W} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง

W1 = น้ำหนักถ้วยชนิดทนไฟและกากหลังอบแห้ง (กรัม)

W2 = น้ำหนักถ้วยชนิดทนไฟและถ้ำหลังอบแห้ง (กรัม)

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

ข.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (AOCS Cd 3d-63, 2009)

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (Acid value) ของไขมันหรือน้ำมัน คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันจำนวน 1 กรัม เป็นกลาง ซึ่งนิยมเทียบเป็นร้อยละของ acid value ดังนั้นค่าความเป็นกรดจะเป็นตัวชี้บ่งบอกการหืนของไขมันและน้ำมัน ถ้าค่าความเป็นกรดสูงแสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมาก แสดงว่าเกิดการหืนมาก

สารเคมี

1. สารละลาย Potassium hydroxide เข้มข้น 0.1 M
2. Phenolphthalein indicator 1.0%
3. Ethyl alcohol 95%

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5 ± 0.01 กรัม จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ในขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร
2. เติม Ethyl alcohol 95% 30 มิลลิลิตร นำไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
3. หยด Phenolphthalein เป็นอินดิเคเตอร์ 3-4 หยด นำไปไตเตรทกับสารละลาย Potassium hydroxide จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูจาง สีต้องคงที่เป็นเวลา 30 วินาที
4. บันทึกปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรท
5. คำนวณค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ

วิธีการคำนวณ

$$\text{Acid value} = [(A-B) \times N \times 56.1] / W$$

เมื่อ A = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการไตเตรท blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ไตเตรท

W = น้ำหนักของตัวอย่างน้ำมัน (กรัม)

ข.2 การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (AOCS Cd 8-53, 2009)

ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) คือ ปริมาณออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมันและไขมัน หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมโซโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียของน้ำมันและไขมัน รวมทั้งอาหารที่มีไขมันสูง ถ้าเปอร์ออกไซด์สูง แสดงว่าไขมันหรือน้ำมัน เกิด lipid oxidation มาก มีกลิ่นหืนมาก เกิดปฏิกิริยา oxidative rancidity มาก

สารเคมี

1. Sodium thiosulfate solution เข้มข้น 0.1 N
2. Chloroform: acetic acid (2:3)
3. Potassium Iodide อิมตัว
4. น้ำแป้ง เข้มข้น 1%

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5 ± 0.05 g ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติม Chloroform : acetic acid (2:3) 30 มิลลิลิตร
3. ใส่ KI อิมตัว 3 หยด ลงใน flask เขย่าทันทีในที่มีคนาน 1 นาที
4. เติมน้ำกลั่นทันที 30 มิลลิลิตร
5. ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น นอร์มอล 0.1 จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อนและเติมสารละลายน้ำแข็งความเข้มข้น 1% ปริมาณ มิลลิลิตร และไตเตรทต่อจนสี 2 น้ำเงินจางหาย
6. บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ที่ใช้ในการไตเตรท
7. ทำ blank ตามวิธีเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น แต่ไม่ใส่ตัวอย่างน้ำมัน
8. คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์

วิธีการคำนวณ

$$\text{Peroxide Value} = [(S-B) \times N \times 1000] / W$$

เมื่อ B = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการไตเตรท blank (มิลลิลิตร)

S = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ไตเตรท

W = น้ำหนักของตัวอย่างน้ำมัน (กรัม)

ข.3 การวัดสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE

เครื่องวัดสีทำงานโดยใช้หลักการของ Spectrophotometry ดังนี้ ให้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงภายในตัวเครื่อง ตกกระทบบนพื้นของวัตถุ อนุภาคสีบนผิวของวัตถุจะดูดกลืนแสงบางช่วงคลื่นไว้ และจะสะท้อนแสงบางช่วงคลื่นออกมาและจะถูกบันทึกโดยชุดรับสัญญาณ (spectrometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนำข้อมูลมาประมวลผลตามการตอบสนองของตามนุษย์ที่ไวต่อแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน
คำนวณค่าสีออกมาเป็นตัวเลขระบบ CIE (Commission International de l' Eclairage)

การคำนวณค่า Hue angle

ค่า Hue angle เป็นค่าที่แสดงสีที่แท้จริงของวัตถุ ซึ่งเป็นมุมตกกระทบของค่า a^* ซึ่ง hue angle มีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศา คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Hue angle} &= \arctangent (b^*/a^*) && \text{เมื่อ } a^* > 0 \text{ เมื่อ } b^* > 0 \\ &= \arctangent (b^*/a^*) + 180^\circ && \text{เมื่อ } a^* < 0 \\ &= \arctangent (b^*/a^*) + 360^\circ && \text{เมื่อ } a^* > 0 \text{ เมื่อ } b^* < 0 \end{aligned}$$

ค่า Hue angle เป็นค่าที่แสดงช่วงสีของวัตถุ คือ

| | |
|--|---|
| 0-45 องศา แสดงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง | 180-225 องศา แสดงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง |
| 45-90 องศา แสดงสีส้มแดงถึงสีเหลือง | 225-270 องศา แสดงสีน้ำเงินเขียวถึงสีน้ำเงิน |
| 90-135 องศา แสดงสีเหลืองถึงสีเขียว | 270-315 องศา แสดงสีน้ำเงินถึงสีม่วง |
| 135-180 องศา แสดงสีเหลืองเขียวถึงสีเขียว | 315-360 องศา แสดงสีม่วงถึงสีม่วงแดง |

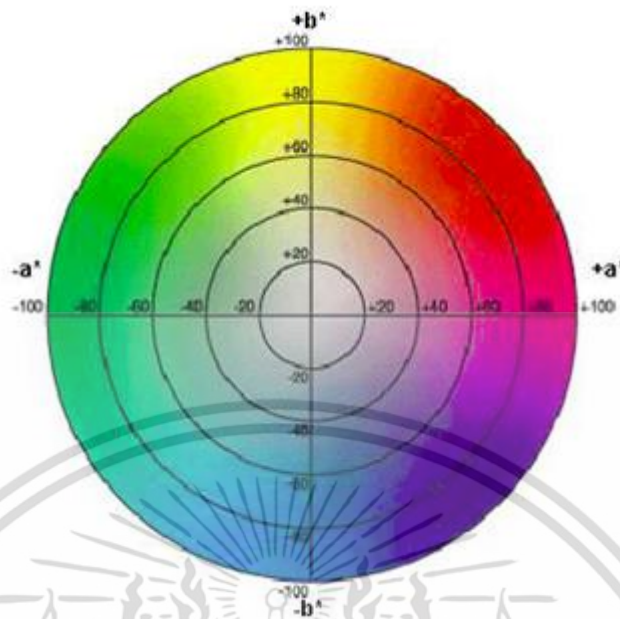
การคำนวณค่า Chroma

ค่า Chroma เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความอิ่มตัวของสี เมื่อมีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีจาง เมื่อมีค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึงวัตถุมีสีเข้ม

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

อุปกรณ์

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



ภาพที่ ข.1 สีในระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ

วิธีการทดลอง

1. เสียบปลั๊กแล้วเปิดเครื่องวัดสี พร้อมทั้งเปิดคอมพิวเตอร์
2. เข้า Windows เลือก Double Click ที่ Icon Universe
3. เมื่อเข้าโปรแกรม Universal สิ่งที่ต้องทำตอนแรกคือ ทำ STANDADIZE
4. ใช้ Mouse Click ที่ Menu Bar STANDADIZE
5. การเลือกค่าในการทำ STANDADIZE MODE มีให้เลือกอยู่ 4 ค่า
 - 5.1 RSIN สำหรับการวัดแบบ Reflectance วัดสีโดยไม่รวมลักษณะพื้นผิว
 - 5.2 RSEX สำหรับการวัดแบบ Reflectance วัดสีโดยรวมลักษณะพื้นผิว
 - 5.3 TTRAN สำหรับการวัดแบบ Transmittance รวม regular + diffuse (นิยม ใช้)
 - 5.4 RTRAN สำหรับการวัดแบบ Transmittance วัดเฉพาะค่า regular ไม่รวมค่า diffuse(ตัวอย่างใสมากๆ)
6. ทำการ Calibration เครื่องก่อนวัดครั้งแรกด้วยชุด Calibration โดยทำตามขั้นตอนที่โปรแกรมกำหนด
 - 6.1 นำแผ่นเทียบสีค่ามาตรฐาน วางที่ transmission port กด OK เมื่อทำการ standardize สมบูรณ์แล้วนำแผ่นเทียบสีค่ามาตรฐานออก
 - 6.2 นำแผ่นเทียบสีขาวมาตรฐาน วางที่ reflectance port กด OK เมื่อทำการ standardize สมบูรณ์แล้วนำแผ่นเทียบสีขาวมาตรฐานวางไว้ตลอดการวัดโดยไม่เอาออก

6.3 นำ cell blank วางที่ transmission port

6.4 ทำการกดอ่านค่า cell blank โดยค่า L^* ที่วัดได้จะเท่ากับ 100 หรือใกล้เคียง 100 ค่า a^* และ ค่า b^* จะเท่ากับ 0 หรือใกล้เคียง 0

6.5 จากนั้นเปลี่ยนจาก cell blank เป็นตัวอย่างน้ำมัน วัดค่าสีของน้ำมันในระบบ CIE

L^* หมายถึง ค่าความสว่าง ที่มีอยู่ในช่วง 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a^* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง ถ้าเป็นบวก (+) และความเป็นสีเขียว (-)

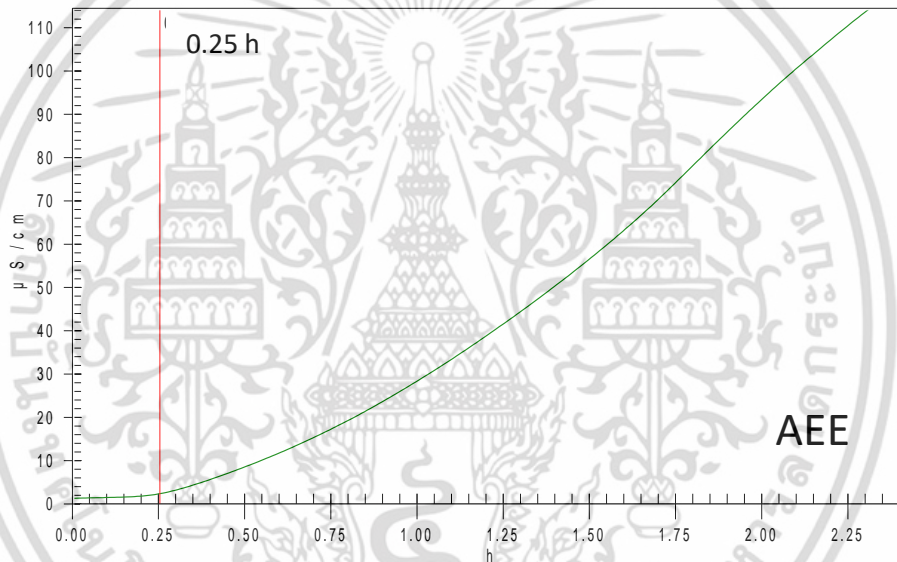
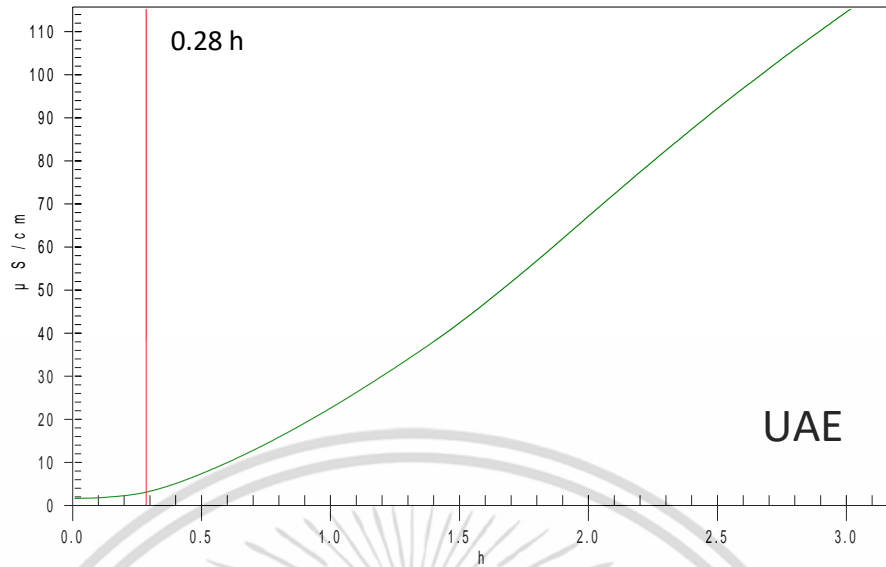
b^* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง ถ้าเป็นบวก (+) และความเป็นสีน้ำเงิน (-)

ข.4 การวิเคราะห์ความคงตัวของน้ำมัน (Rancimat method)

เครื่อง Rancimat เป็นเครื่องวิเคราะห์ความหืนของไขมัน โดยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหรือไขมัน โดยการให้ความร้อนและอากาศเข้าไปในตัวอย่าง เพื่อทำให้เกิดการแตกตัวของไขมัน และเกิดสารประกอบในรูป volatile acids ที่เป็นผลจากการออกซิเดชัน สารประกอบดังกล่าวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะประมวลออกมาเป็นกราฟโดยอัตโนมัติ ซึ่งรายงานเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นค่า induction time (period) หรือ Oil Stability Index (OSI)

วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. เตรียมชั่งตัวอย่าง 3 ± 0.01 กรัม ลงใน reaction vessel ประกอบอุปกรณ์ต่างๆกับเครื่อง Rancimat ตามคู่มือการใช้งานเครื่อง (743 Rancimat) เลือกการให้อากาศไหลผ่านอัตราการไหลคงที่และอุณหภูมิ โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และอัตราการให้อากาศ 20 ลิตรต่อชั่วโมง
2. เมื่อเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างเสร็จ เครื่องจะแสดงผลอัตโนมัติ ทำการบันทึกข้อมูลแสดงค่าเป็น induction time ดังภาพที่ ข.2



ภาพที่ ข.2 กราฟแสดงผลค่า induction time ระหว่างน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง (UAE) และวิธีเอนไซม์ช่วยสกัด (AEE)

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณสมบัติต้านออกซิเดชัน

ก.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติต้านออกซิเดชันด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH radical scavenging activity) ตามวิธีของ Lee และคณะ (2007)

การวิเคราะห์คุณสมบัติต้านออกซิเดชัน DPPH มีหลักการคือ สารละลายของอนุมูลอิสระ DPPH จะมีสีม่วงแดง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ที่ 515 นาโนเมตร ในกรณีตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดี จะทำให้สีม่วงแดงของสารละลาย DPPH เจือจางลงได้มากกว่าตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย

สารเคมี

1. สารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-1-picrylhydrazil)
2. Trolox โดยซัง 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทิลอะซิเตท 100 มิลลิลิตร
3. ethyl acetate

การเตรียมสารละลาย DPPH

1. เตรียม stock solution สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ โดยซัง DPPH 0.0039 กรัม ละลายในเอทิลอะซิเตทปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตร
2. เตรียม working solution โดยดูด stock solution สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ มา 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเอทิลอะซิเตทให้ได้ 50 มิลลิลิตร ไปวัดค่าดูดกลืนแสงให้อยู่ในช่วง 1.1 ± 0.02 ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร

การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่มีความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทิลอะซิเตท 100 มิลลิลิตร ปิเปตมา 0, 40, 80, 120, 160 และ 200 ไมโครลิตร ตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยเอทิลอะซิเตทให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 1000 ไมโครลิตร จะได้ความเข้มข้นโดยรวมในหลอดทดลองเป็น 0, 0.04, 0.08, 0.12, 0.16 และ 0.20 มิลลิโมลาร์ (ไมโครโมล/กรัม) ตามลำดับ

2. เติมสารละลาย DPPH ปริมาณ 4500 ไมโครลิตร ในแต่ละหลอดทดลอง

3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด 60 นาที

4. วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้เอทิลอะซิเตทเป็น blank

5. เขียนกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยคำนวณฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging (%)) และเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของโทรลอกซ์ (มิลลิโมลาร์สมมูลย์ของโทรลอกซ์ หรือไมโครโมล/มิลลิกรัม) กับเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำมัน 0.08 กรัม ละลายในเอทิลอะซิเตท 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม

2. คูดสารละลายจากข้อที่ 1 มา 1 มิลลิลิตร และผสมกับ 4500 ไมโครลิตรของสารละลาย

DPPH

วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด 60 นาที

3. วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้เอทิลอะซิเตทเป็น blank

4. คำนวณฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างน้ำมันเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

การคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

การคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารละลายมาตรฐานหรือตัวอย่างโดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging (%)) ตามสมการต่อไปนี้

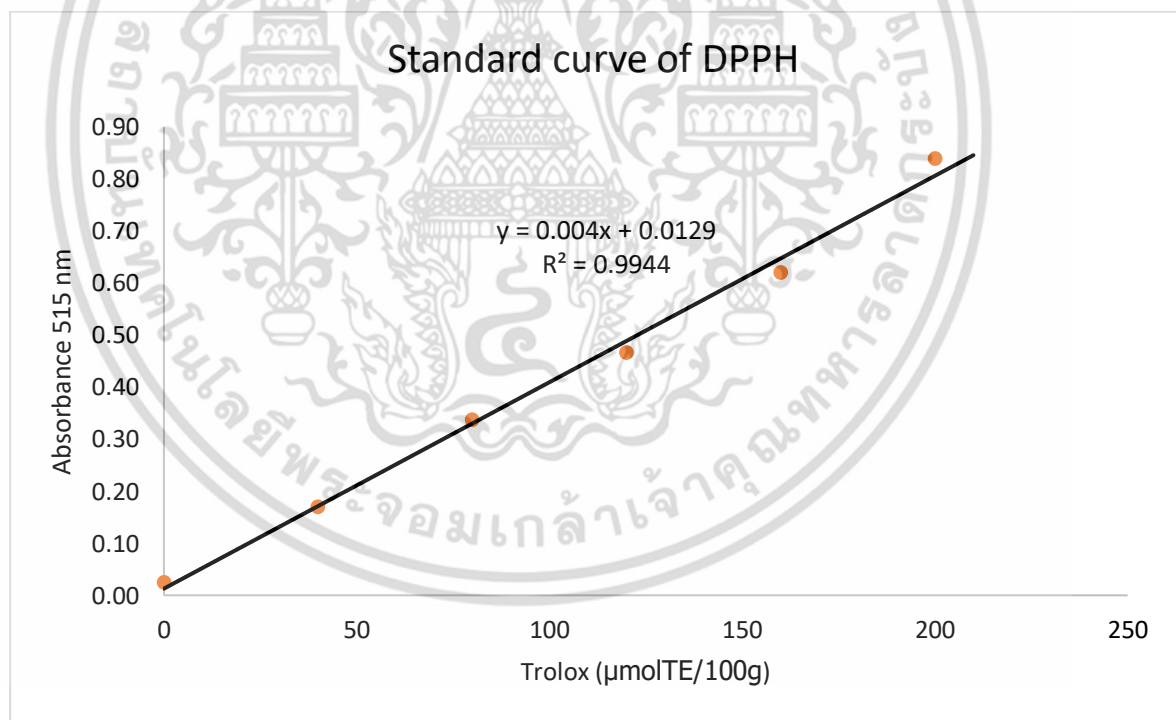
$$\text{เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH} = \left[1 - \left(\frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right) \right] \times 100$$

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารละลายมาตรฐานหรือตัวอย่างน้ำมัน

A_{control} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐาน Trolox ดังภาพที่

ค.1



ภาพที่ ค.1 กราฟมาตรฐาน Trolox ของการวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านออกซิเดชัน DPPH

$$y = 0.004x + 0.0129 \quad (R^2 = 0.9944)$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำมันตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร

x = ความเข้มข้นของสารละลายโทรลอกซ์ (ไมโครกรัม/สารละลายน้ำมันตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร)

c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างน้ำมันงาที่สกัดได้ด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด ชั้นที่ 1

จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 0.08 กรัม ของสารละลายน้ำมันงาที่สกัดได้ด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด ชั้นที่ 1 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เท่ากับ 0.3036 และค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุมเท่ากับ 1.0383 แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ (ภาพที่ ค.1) จะได้

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH} &= [1 - (0.337/1.038)] \times 100 \\ &= 67.54 \% \end{aligned}$$

แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

$$67.54 = 0.004x + 0.0129$$

$$x = 172.108 \text{ ไมโครโมลสมมูลของโทรลอกซ์/สารละลายน้ำมันตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร}$$

เนื่องจากการนำสารละลายน้ำมันมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ได้เจือจางตัวอย่างโดยการละลายน้ำมัน 0.08 กรัม ในเอทิลอะซิเตท 1 มิลลิลิตร และปีเปิดสารละลายน้ำมันมาวัดค่าปริมาตร 1 มิลลิลิตร จึงมีน้ำมันตัวอย่างอยู่ในสารละลายเท่ากับ $[(0.08/1) \times 1] = 0.08$ กรัม มีปริมาณโทรลอกซ์เท่ากับ 172.108 ไมโครโมลสมมูลของโทรลอกซ์ เพราะฉะนั้น ตัวอย่างน้ำมันคิดเป็น 100 กรัม จะ

มีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = $(172.108 / 0.08) \times 100$ เท่ากับ 215.135 โมลสมมูลย์ของโทรลอกซ์
ต่อน้ำมันตัวอย่าง 100 กรัม

ค.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (ABTS radical scavenging activity) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Sevim และคณะ (2013)

สารเคมี

1. สารละลาย ABTS ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง ABTS 0.0384 กรัม ละลายน้ำปรับปริมาตรรวมให้เป็น 10 มิลลิลิตร
2. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (potassium persulfate) ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง 0.033 กรัม ละลายน้ำปรับปริมาตรรวมให้เป็น 50 มิลลิลิตร
3. เอทานอล 95%
4. เฮกเซน

การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

1. เตรียมสารละลาย ABTS^{•+} โดยให้สารละลาย ABTS ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ในอัตราส่วน 1:1 นำสารละลายผสมเก็บในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง ก่อนการใช้งาน 12-16 ชั่วโมง เมื่อนำมาใช้งานให้เจือจางด้วยเอทานอลจนวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 0.70 ± 0.02 ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งโทรลอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอล ปิเปตมา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 และ 60 ไมโครลิตร ตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดทดลองเป็น 300 ไมโครลิตร จะได้ความเข้มข้นโดยรวมในหลอดทดลองเป็น 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.14, 0.16 และ 0.20 มิลลิโมลาร์ (ไมโครโมล/มิลลิลิตร) ตามลำดับ
3. เติมสารละลาย ABTS^{•+} 4000 ไมโครลิตร

4. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาทีในที่มืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 70 ำงอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอลเป็น blank

6. เขียนกราฟมาตรฐาน ไทรลอกซ์ โดยคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ABTS radical scavenging (%)) และเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของไทรลอกซ์ (มิลลิโมลาร์สมมูลย์ของไทรลอกซ์ หรือไมโครโมล/มิลลิลิตร) กับเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ชั่งน้ำมัน 0.5 กรัม ละลายในเฮกเซน 5 มิลลิลิตร

2. บีบตัวอย่างสารละลายน้ำมัน 300 ไมโครลิตร และสารละลาย ABTS^{•+} 4000 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด 15 นาที

3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้เอทานอลเป็น blank

4. คำนวณฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ ABTS ของตัวอย่างน้ำมันเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายไทรลอกซ์

การคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS

การคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของสารละลายมาตรฐานหรือตัวอย่างโดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS (ABTS radical scavenging (%)) ตามสมการต่อไปนี้

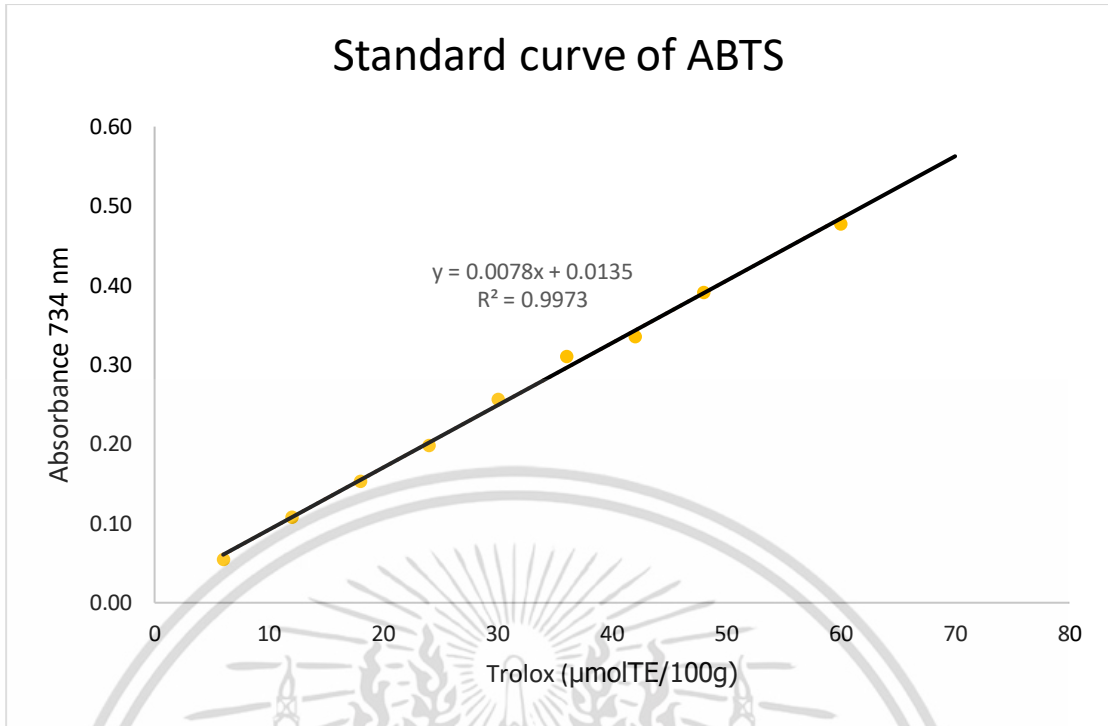
$$\text{เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS} = \left[1 - \left(\frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right) \right] \times 100$$

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารละลายมาตรฐานหรือตัวอย่างน้ำมัน

A_{control} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานไทรลอกซ์ดังภาพที่

ค.2



ภาพที่ ค.2 กราฟมาตรฐาน Trolox ของการวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านออกซิเดชัน ABTS

$$y = 0.0078x + 0.0135 \quad (R^2 = 0.9973)$$

- เมื่อ
- y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำมันตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร
 - x = ความเข้มข้นของสารละลาย Trolox (ไมโครกรัม/สารละลายน้ำมันตัวอย่าง 0.3 มิลลิลิตร)
 - c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างน้ำมันงาจืดที่สกัดได้ด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด ซ้ำที่ 1

จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 0.3 มิลลิลิตร ของสารละลายน้ำมันงาจืดที่สกัดได้ด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด ซ้ำที่ 1 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เท่ากับ 0.338 และค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุมเท่ากับ 0.637 แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของ Trolox (ภาพที่ ค.2) จะได้

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS} &= [1 - (0.338/0.590)] \times 100 \\ &= 42.69\% \end{aligned}$$

แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอคซ์

$$42.69 = 0.0078x + 0.0135$$

$$x = 30.543 \text{ ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอคซ์/สารละลายน้ำมันตัวอย่าง } 0.3 \text{ มิลลิลิตร}$$

เนื่องจากการนำสารละลายน้ำมันมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ได้เจือจางตัวอย่างโดยการละลายน้ำมัน 1 กรัม ในเฮกเซน 5 มิลลิลิตร และปิเปตสารละลายน้ำมันมาวัดค่าปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร จึงมีน้ำมันตัวอย่างอยู่ในสารละลายเท่ากับ $[(1/5) \times 0.3] = 0.06$ กรัม มีปริมาณโทรลอคซ์เท่ากับ 30.543 ไมโครโมลสมมูลย์ของโทรลอคซ์ เพราะฉะนั้น ตัวอย่างน้ำมันคิดเป็น 100 กรัม จะมีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระ ABTS = $(30.543/0.06) \times 100$ เท่ากับ 50.91 โมลสมมูลย์ของโทรลอคซ์ต่อ น้ำมันตัวอย่าง 100 กรัม

ค.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compound contents) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Teixeira และคณะ (2013)

สารเคมี

1. Galic acid
2. Folin-ciocalteu
3. เมทานอล
4. Na_2CO_3 อิมตัว (20%v/v)

วิธีวิเคราะห์

1. การสกัดสารตัวอย่าง

1.1 ชั่งน้ำมัน 1 กรัม ผสมกับเมทานอล 3 มิลลิลิตร นำไปผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที

1.2 นำสารละลายที่เป็น supernatant เก็บไว้ 2 มิลลิลิตร และนำส่วนที่เหลือสกัดอีกสองครั้งโดยผสมกับเมทานอล 3 มิลลิลิตร โดยทำซ้ำขั้นตอนเดียวกัน จากนั้นปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยเมทานอลให้มีปริมาตรรวมเท่ากับ 10 มิลลิลิตร

2. การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

2.1 ปิเปตสารสกัดที่ได้ 0.1 มิลลิลิตรผสมกับ Folin-ciocalteu 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองเขย่าแล้วเก็บไว้ในที่มืด 3 นาที

2.2 ปิเปตสาร Na_2CO_3 อิ่มตัว (20%v/v) 1.5 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่นให้ครบ 10 มิลลิลิตรเก็บไว้ในที่มืด 2 ชั่วโมง

2.3 วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลเป็น blank

3. การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน Gallic acid

3.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (โดยชั่งแกลลิก 0.02 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำ ให้มีปริมาตรรวมเป็น 50 มิลลิลิตร) โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกใส่หลอดทดลอง 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 และ 450 ไมโครลิตร ตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้นโดยรวมในหลอดทดลองเป็น 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4 และ 0.45 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

3.2 ปิเปตสารละลาย Folin-ciocalteu 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองเขย่าแล้วเก็บไว้ในที่มืด 3 นาที

3.3 ปิเปตสาร Na_2CO_3 อิ่มตัว (20%v/v) 1.5 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืด 2 ชั่วโมง

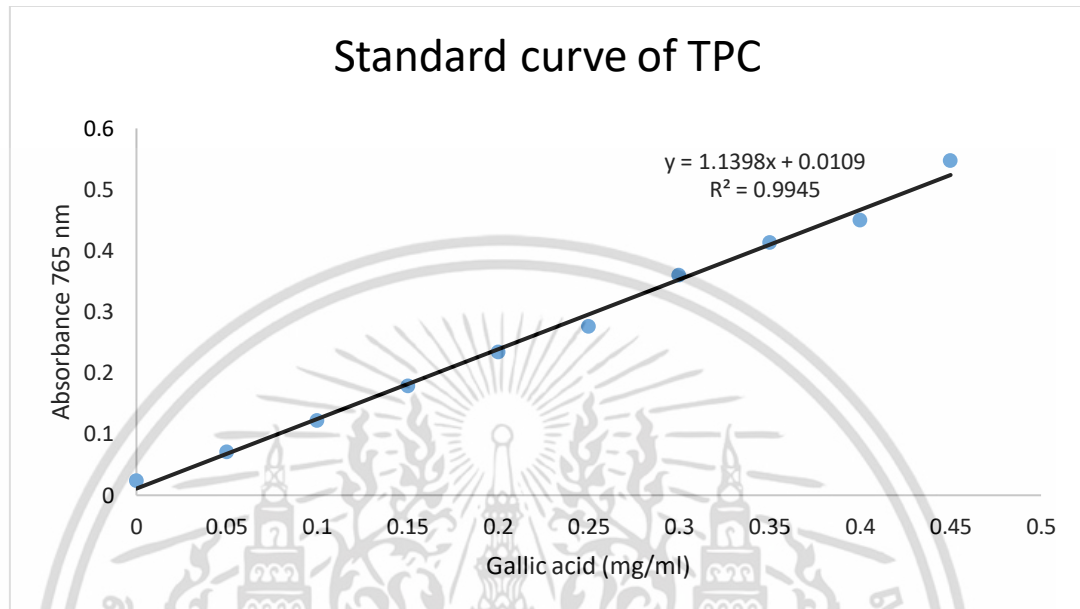
3.4 วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลเป็น blank

3.5 คำนวณปริมาณสารฟีนอลิก ของตัวอย่างน้ำมันเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก

การคำนวณปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัด 74 ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ของสารละลายตัวอย่างโดยคำนวณจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ตามสมการต่อไปนี้



ภาพที่ ค.3 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

$$y = 1.1398x + 0.0109 \quad (R^2 = 0.9945)$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำมันตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร
 x = ความเข้มข้นของสารละลายกรดแกลลิก (มิลลิกรัม/สารละลายน้ำมันตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร)
 c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างน้ำมันงาขี้ม้อนที่สกัดได้ด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด ซ้ำที่ 1

จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ของสารละลายน้ำมันงาขี้ม้อนที่สกัดได้ด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด ซ้ำที่ 1 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เท่ากับ 0.091 แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (ภาพที่ ค.3) จะได้

แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอคซ์

$$0.091 = 1.1398x + 0.0109$$

$$x = 0.0703 \text{ มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิก/สารละลายน้ำมันตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร}$$

เนื่องจากการนำสารละลายน้ำมันมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ได้เจือจางตัวอย่างโดยการละลายน้ำมัน 1 กรัม ในปริมาตรรวมสารละลายเมทานอล 10 มิลลิลิตร และเปิดสารละลายน้ำมันมาวัดค่าปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จึงมีน้ำมันตัวอย่างอยู่ในสารละลายเท่ากับ $[(1/10) \times 0.1] = 0.01$ กรัม มีปริมาณของกรดแกลลิกเท่ากับ 0.0703 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิก เพราะฉะนั้น ตัวอย่างน้ำมันคิดเป็น 100 กรัม จะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด $= (100 \times 0.0703 / 0.01) = 703$ มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิก/สารละลายน้ำมันตัวอย่าง 100 กรัม



ภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัด 76 ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขึ้นร้อนแต่งกลิ่น

ง.1 แบบสอบถามการสำรวจข้อมูลของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขึ้นร้อน

แบบสอบถามผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขึ้นร้อน ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อ
สุขภาพที่มีส่วนประกอบของโอเมก้า 3 สูง

กรุณาใส่เครื่องหมาย / ลงในช่องสี่เหลี่ยมหน้าข้อที่ท่านเห็นเหมาะสมที่สุด

1. ข้อมูลส่วนตัว

- 1.1 เพศ ชาย หญิง
- 1.2 อายุ
 50-59 ปี 60-69 ปี
 70-79 ปี 80 ปี ขึ้นไป
- 1.3 อาชีพ
 รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ ครู/อาจารย์ ธุรกิจส่วนตัว
 แม่บ้าน/พ่อบ้าน รับจ้าง พนักงานบริษัท
 อื่นๆ (โปรดระบุ).....
- 1.4 ภูมิลำเนา
 กรุงเทพฯ ต่างจังหวัด

2. ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค

2.1 ท่านเคยบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพมาก่อนหรือไม่

- เคย ไม่เคย

2.2 ท่านบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบ่อยแค่ไหน

- ทุกวัน 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์
 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัด 777 ว่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 รูปแบบอาหารเสริมที่ท่านเคยบริโภคเป็นแบบใด

- แคปซูล
- เม็ด
- ผงชงดื่ม
- ของเหลว
- อื่นๆ (โปรดระบุ).....

2.4 หากท่านรับประทานอาหารเสริมเพื่อสุขภาพ ท่านจะเลือกรับประทานอาหารเสริมที่มีส่วนประกอบใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- วิตามินบี (Vitamin B)
- วิตามินซี (Vitamin C)
- วิตามินอี (Vitamin E)
- โอเมก้า 3 (Omega-3)
- คอลลาเจน (Collagen)
- อื่นๆ (โปรดระบุ).....

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพของท่านคือ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- รสชาติ
- ราคา
- รูปแบบในการรับประทานสารอาหารที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อสุขภาพ
- การแนะนำจากบุคคลรอบข้าง
- สารอาหารที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ช่วยแก้ไข้ปัญหาสุขภาพ
- ความสะดวกในการเลือกซื้อ
- อื่นๆ (โปรดระบุ).....

3. ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์น้ำมันงาซีมอนเสริมสุขภาพ

น้ำมันงาซีมอนเป็นน้ำมันที่มีส่วนประกอบของกรดไขมันโอเลอิก หรือโอเมก้า 3 สูงเกือบร้อยละ 60 ของปริมาณองค์ประกอบกรดไขมันทั้งหมดในน้ำมัน ซึ่งกรดไขมันโอเมก้า 3 เป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อสุขภาพของมนุษย์ ที่ร่างกายไม่สามารถผลิตได้เอง อีกทั้งกรดไขมันนี้มีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างและการทำงานของสมอง ตับ และระบบประสาทเกี่ยวกับการพัฒนาเรียนรู้ อีกทั้งยังช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลได้อีกด้วย

3.1 หลังจากที่ท่านได้บริโภคผลิตภัณฑ์น้ำมันงาซีมอนแล้ว ท่านมีความคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะผลิตภัณฑ์อย่างไร

คำชี้แจง กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ และให้คะแนนความชอบตามที่ท่านรู้สึกต่อผลิตภัณฑ์ในแต่ละปัจจัยคุณภาพจากคะแนนสเกลความชอบที่กำหนดให้

กำหนดให้ สเกลความชอบ :

- 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2= ไม่ชอบมาก 3= ไม่ชอบปานกลาง 4= ไม่ชอบเล็กน้อย
 5= ไม่สามารถบอกได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบปานกลาง
 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด

| ปัจจัยคุณภาพ | คะแนน ความชอบ รหัส 516 | | | คะแนน ความชอบ รหัส 409 | | | มาก ไป |
|---------------|------------------------------|------|-------|------------------------------|------|-------|-----------|
| | น้อยไป | พอดี | มากไป | น้อยไป | พอดี | มากไป | |
| สี | | | | | | | |
| กลิ่น | | | | | | | |
| รสชาติ | | | | | | | |
| รสค้างคอบ | | | | | | | |
| ความชอบโดยรวม | | | | | | | |

กำหนดให้: รหัส 516 คือน้ำมันงาขี้ม้อนไม่ใส่กลิ่น (control) และ รหัส 409 คือน้ำมันงาขี้ม้อน ใส่กลิ่น สตอร์เบอร์รี่

3.2 ถ้าท่านต้องเลือกรับประทานผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม้อน ท่านจะเลือกรับประทานผลิตภัณฑ์รหัสใด

- 516 409

3.3 หลังจากที่ท่านได้บริโภคผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม้อนแล้ว ท่านยอมรับหรือไม่

- ยอมรับ ไม่ยอมรับเพราะ.....

3.4 เมื่อท่านได้ทราบถึงคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาขี้ม้อนแล้วว่ามีองค์ประกอบของโอเมก้า 3 สูง ท่านจะสนใจซื้อรับประทานหรือไม่

- ไม่ซื้อ อาจจะซื้อ ซื้อแน่นอน

ภาคผนวก จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัด 79 ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันงาขี้ม้อน

จ.1 การคำนวณปริมาณผลผลิตต่อต้นทุนในการผลิตน้ำมันงาขี้ม้อนด้วยวิธีการสกัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง

ที่เวลาการสกัด 1 นาที

สัดส่วนเมล็ดงาขี้ม้อนต่อสารละลาย 1:3 ได้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 36.66

สัดส่วนเมล็ดงาขี้ม้อนต่อสารละลาย 1:5 ได้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 39.32

ต้นทุนของสารละลายเฮกเซน = 70 บาทต่อลิตร

ต้นทุนของเมล็ดงาขี้ม้อน = 220 บาทต่อกิโลกรัม

ดังนั้น

สัดส่วนเมล็ดงาขี้ม้อนต่อสารละลาย 1:3 มีต้นทุนวัตถุดิบเท่ากับ $220+210 = 430$ บาท

สัดส่วนเมล็ดงาขี้ม้อนต่อสารละลาย 1:5 มีต้นทุนวัตถุดิบเท่ากับ $220+350 = 570$ บาท

ราคาน้ำมันงาขี้ม้อนทั่วไปประมาณ 300 บาทต่อน้ำมันงาขี้ม้อน 250 มิลลิลิตร (ยี่ห้อ paulfood)

ดังนั้น

หากใช้สัดส่วน 1:3 ในการสกัดน้ำมันให้ได้จำนวน 250 มิลลิลิตร จะใช้ต้นทุน

$$\frac{300 \times 366.6}{250} = 439.92 \text{ บาท} \quad \text{ได้กำไร } 439.92 - 430 = 9.92 \text{ บาท}$$

หากใช้สัดส่วน 1:5 ในการสกัดน้ำมันให้ได้จำนวน 250 มิลลิลิตร จะใช้ต้นทุน

$$\frac{300 \times 392.32}{250} = 471.84 \text{ บาท} \quad \text{ขาดทุน } 570 - 471.84 = 98.16 \text{ บาท}$$

ประวัติผู้เขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---------------------------------|--|--|
| ชื่อ-นามสกุล | นางสาวปรียาภรณ์ | ทวีรักษ์ |
| วัน เดือน ปีเกิด | 15 ธันวาคม 2536 ที่โรงพยาบาลรามารักษาดี จังหวัดกรุงเทพมหานคร | |
| ประวัติการศึกษา | 2549 | สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น: โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า |
| | 2552 | สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย: โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ |
| | 2559 | สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร (เกียรตินิยมอันดับ1) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| | 2559 | เข้าศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย | 2558 | เจ้าหน้าที่แผนกผลิต บริษัท เพอร์ซิเดนท์ เบเกอรี่ จำกัด มหาชน จังหวัด กรุงเทพมหานคร |
| | 2559 | ปรียาภรณ์ ทวีรักษ์ และ นภา เฟื่องฟูลอย. 2559. ผลของวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายต่อคุณสมบัติของน้ำมันงาขี้ม้อน. ปัญหาพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. |
| | 2560 | Preeyaporn Thaweerak and Porjai Thamakorn. 2017. Effects of |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเชิงวิชาการเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

extraction on yields and acid value of perilla seed oil. In
Proceedings of the 19th Agro Industrial Conference “Food
Innovation Asia Conference 2017”. 15-17 June 2017, BITEC,
Bangkok, Thailand.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อ82ข้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้