# สมบัติทางเคมีของงาชนิดต่างๆ และผลของอุณหภูมิในการอบแห้ง และปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา

# CHEMICAL PROPERTIES OF DIFFERENT TYPES OF SESAME AND EFFECT OF DRYING TEMPERATURE AND MOISTURE CONTENT ON QUALITY OF SESAME OIL

จันทรัตน์ ตั้งศักดิ์เจริญสุข
นพภัสสร ภูมิชัย

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# สมบัติทางเคมีของงาชนิดต่างๆ และผลของอุณหภูมิในการอบแห้ง และปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา

# CHEMICAL PROPERTIES OF DIFFERENT TYPES OF SESAME AND EFFECT OF DRYING TEMPERATURE AND MOISTURE CONTENT ON QUALITY OF SESAME OIL

T148893

จันทรัตน์ ตั้งศักดิ์เจริญสุข
นพภัสสร ภูมิชัย

b. 12876811
i.
เลขหมู่
เลขทะเบียน 148893
วัน.เดือน.ปี 30 พ.ย. 2559

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

**สมบัติทางเคมีของงาชนิดต่างๆ และผลของอุณหภูมิในการอบแห้ง และปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา**

Chemical properties of different types of sesame and effect of drying temperature and moisture content on quality of sesame oil

จัดทำโดย


จันทรัตน์ ตั้งศักดิ์เจริญสุข รหัสนักศึกษา 55080007

นพภัสสร ภูมิชัย รหัสนักศึกษา 55080021


ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..................................................

(ผศ.ดร.นภัสรพี เหลืองสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

17 / มิ.ย. / 2559


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ สมบัติทางเคมีของงาชนิดต่างๆ และผลของอุณหภูมิในการอบแห้ง และปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา

ชื่อนักศึกษา จันทรัตน์ ตั้งศักดิ์เจริญสุข รหัสนักศึกษา 55080007
นพภัสสร ภูมิชัย รหัสนักศึกษา 55080021

หลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. นภัสรพี เหลืองสกุล

## บทคัดย่อ

งา เป็นอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่สามารถเกิดกลิ่นหืนจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย นอกจากนี้งายังประกอบด้วยลิกแนนส์ (lignans) ที่สำคัญคือ เซซามิน (sesamin) และเซซาโมลิน (sesamolin) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงทำให้งาเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ยาก งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของงาชนิดต่างๆ คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า และความชื้น นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งและปริมาณความชื้นของงาหลังการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี งาที่ใช้ในการศึกษามี 4 ชนิดได้แก่ งาเบา งาขาวเล็ก งาขาวใหญ่ และงาดำ พบว่าองค์ประกอบของงาทั้ง 4 ชนิดประกอบด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า และความชื้นซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกัน จากนั้นมีการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันงา ได้แก่ ค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative stability) งาที่ใช้ในการศึกษามี 8 ชนิดได้แก่ งาเบา งาขาวเล็ก งาขาวใหญ่ และงาดำที่ไม่ผ่านการกะเทาะเปลือก และงาเบา งาขาวเล็ก งาขาวใหญ่ และงาดำที่ผ่านการกะเทาะเปลือก พบว่างาที่ผ่านการกะเทาะเปลือกจะมีค่าความเป็นกรดต่ำ ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่างาที่ไม่ผ่านการกะเทาะเปลือก จากนั้นทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งและปริมาณความชื้นของงาหลังการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา งาที่ใช้ในการศึกษามี 3 ชนิดคือ งาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่ผ่านกระบวนการโม่กะเทาะเปลือกและฟอกขาวจากโรงงาน นำมาวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันงา ได้แก่ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยผลของอุณหภูมิในการอบแห้งพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีค่าเพิ่มขึ้น และผลของปริมาณความชื้นของงาหลังการอบแห้ง พบว่าความชื้นสูงทำให้ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีค่าเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: งา อุณหภูมิ ความชื้น ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| Special problem title | Chemical properties of different types of sesame and effect of drying temperature and moisture content on quality of sesame oil |
| Student name | Jantharat Tangsakjareounsuk Student ID 55080007<br>Noppassorn Phoomchai Student ID 55080021 |
| Program | Bachelor of Science in Food Science and Technology |
| Year | 2016 |
| Advisor | Assist.Prof.Dr. Naphatrapi Luangsakul |

## Abstract

Sesame is an important source of fat which consists of rich unsaturated fatty acid. In addition to sesame seed contains significant amounts of the lignans, sesamin and sasamolin which are antioxidants. The purposes of this study were to analyze proximate analysis (protein, fat, carbohydrate, ash and moisture content) of different types of sesame. Moreover, this research studied the effect of drying temperature and moisture content of dried sesame on the quality of sesame oil of different types of sesame. The samples for proximate analysis are light sesame, small white sesame, big white sesame and black sesame which had similar chemical composition. Then acid value (AV), peroxide value (PV) and oxidative stability of different types of the hulled sesame (light sesame, small white sesame, big white sesame and black sesame) and different types of the dehulled sesame (light sesame, small white sesame, big white sesame and black sesame) were analyzed. The result showed that the dehulled sesame were lower acid value. The dehulled sesame had oxidative stability higher than the hulled sesame. After that, this research studied the effect of drying temperature and moisture content of dried sesame on the quality of sesame oil of three types of the dehulled and bleached sesame (light sesame, small white sesame, big white sesame) from factory. The quality of sesame oil was analyzed by acid value, peroxide value and oxidative stability. It was found that when the drying temperature increased the acid value, peroxide value and oxidative stability increased. It was also found that when the moisture content of dried sesame increased the acid value, peroxide value and oxidative stability increased.

Key words: Sesame, Temperature, Moisture content, Acid value, Peroxide value, Oxidative stability

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษในหัวข้อ สมบัติทางเคมีของงาชนิดต่างๆ และผลของอุณหภูมิในการอบแห้งและปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา ในครั้งนี้สามารถผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. นภัสรพี เหลืองสกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และคอยดูแล ตลอดจนช่วยแก้ไขปรับปรุงรูปเล่มปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ คุณอรวรา ฤทธิ์อุดมพล นักศึกษาปริญญาโท ปีที่1 ที่คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณพี่นักวิทยาศาสตร์ทุกท่าน และเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือโดยตลอดมา และขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆด้านจนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

จันทรัตน์ ตั้งศักดิ์เจริญสุข
นพภัสสร ภูมิชัย
30 มิถุนายน 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VI |
| สารบัญภาพ | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา | 1 |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 1 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 2 |
| 2.1 งา | 2 |
| 2.2 โพลีฟีนอล | 6 |
| 2.3 ลิกแนนส์ | 7 |
| 2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของลิพิด | 7 |
| 2.5 การวิเคราะห์คุณภาพของไขมันหรือน้ำมัน | 8 |
| 2.6 เอกสารที่เกี่ยวข้อง | 10 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง | 12 |
| 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี | 12 |
| 3.2 อุปกรณ์ | 12 |
| 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง | 13 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ | 16 |
| 4.1 ศึกษาสมบัติทางเคมีของงาชนิดต่างๆและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันงาชนิดต่างๆ | 16 |
| 4.2 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งของงาหลังกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา | 19 |
| 4.3 ศึกษาผลของปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งของงาหลังกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา | 22 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ | 25 |
| 5.1 สรุปผล | 25 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 25 |
| บรรณานุกรม | 26 |
| ภาคผนวก | 28 |
| ภาคผนวก ก | 29 |
| ภาคผนวก ข | 32 |
| ภาคผนวก ค | 34 |
| ภาคผนวก ง | 43 |
| ประวัติผู้เขียน | 50 |


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.1 | ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของงาประกอบด้วย ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า คาร์โบไฮเดรต ของงาชนิดต่างๆ | 16 |
| 4.2 | ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันงา ประกอบด้วยค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability) | 17 |
| 4.3 | ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content) และค่ากิจกรรมน้ำ (Water activity, Aw) ของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่อุณหภูมิต่างๆ | 19 |
| 4.4 | ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงา ประกอบด้วยค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability) ของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่อุณหภูมิการอบแห้งต่างๆ | 20 |
| 4.5 | ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content) และค่ากิจกรรมน้ำ (Water activity, Aw) ของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่ความชื้นหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส | 22 |
| 4.6 | ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงา ประกอบด้วยค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability) ของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่ความชื้นหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส | 23 |
| ง.1 | การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันงาประกอบด้วยค่าความเป็นกรด และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาชนิดต่างๆ | 43 |
| ง.2 | การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงาประกอบด้วยค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาขาวเล็กที่อุณหภูมิในการอบแห้งต่างๆ | 44 |
| ง.3 | การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงาประกอบด้วยค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาขาวใหญ่ที่อุณหภูมิในการอบแห้งต่างๆ | 45 |
| ง.4 | การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงาประกอบด้วยค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาเบาที่อุณหภูมิในการอบแห้งต่างๆ | 46 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

| | | หน้า |
|---|---|---|
| ง.5 | การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงาประกอบด้วยค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาขาวเล็กที่ความชื้นหลังการอบแห้งต่างๆ | 47 |
| ง.6 | การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงาประกอบด้วยค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันงาขาวใหญ่ที่ความชื้นหลังการอบแห้งต่างๆ | 48 |
| ง.7 | การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงาประกอบด้วยค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาเบาที่ความชื้นหลังการอบแห้งต่างๆ | 49 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน | 8 |
| 2.2 | การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในไขมัน | 9 |
| ก.1 | วัตถุดิบ | 29 |
| ข.1 | วิธีการสกัดน้ำมันงา | 32 |
| ค.1 | ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven) | 34 |
| ค.2 | เครื่องสกัดซอกซ์เล็ต (Soxhlet extractor) | 35 |
| ค.3 | เครื่องย่อยและเครื่องกลั่นไนโตรเจน (KjelDigester and KjelMaster) | 36 |
| ค.4 | เครื่องวัดปริมาณความชื้น (Halogen Moisture Analyzer) | 38 |
| ค.5 | เครื่องวัดค่ากิจกรรมน้ำ (Water activity meter) | 39 |
| ค.6 | เครื่องวัดค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Rancimat) | 42 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งา เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารอาหารเกือบจะครบถ้วน โดยมีไขมัน โปรตีน กรดอะมิโน นอกจากนั้นในงายังมีวิตามินและแร่ธาตุอีกมากมาย ส่วนประกอบหลักของเมล็ดงาคือ น้ำมัน ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ประมาณร้อยละ 85 ได้แก่ กรดโอเลอิก และกรดลิโนเลอิก (วิไลศรี, 2544) ซึ่งไขมันไม่อิ่มตัวนี้จะทำให้เกิดการหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายกว่าไขมันอิ่มตัว ทำให้เกิดลักษณะที่ไม่ดีต่องา นอกจากนั้นแล้วงายังมีสารธรรมชาติ คือ ลิกแนนส์ (lignan) สำคัญ 2 ชนิดคือ เซซามิน (sesamin) และเซซาโมลิน (sesamolin) ในปริมาณสูง ซึ่งมีคุณสมบัติต้านการเกิดอนุมูลอิสระ (antioxidant) จึงทำให้น้ำมันงามีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าน้ำมันที่ได้จากพืชชนิดอื่น ถึงแม้ว่าน้ำมันงาจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูงก็ตาม (ศัลยา, 2547)

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีของงาชนิดต่างๆ และวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันงาชนิดต่างๆ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งของงาหลังกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งของงาหลังกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถผลิตผลิตภัณฑ์งาดำและงาขาวกะเทาะเปลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3.2 สามารถเลือกใช้อุณหภูมิในการอบแห้งงาที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ

1.3.3 สามารถเลือกปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งงาที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 งา (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2558ก)

งา (Sesame) เป็นพืชล้มลุก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Sesamumindicum L.* ซึ่งเป็นพืชน้ำมัน ส่วนที่นำมาใช้ทำอาหารคือ เมล็ด สามารถนำไปสกัดเป็นน้ำมัน (sesame oil) ปรุงอาหาร และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้

2.1.1 ลักษณะทั่วไป

ลักษณะทั่วไปของเมล็ดงาอยู่ในฝักซึ่งพัฒนามาจากดอกที่ได้รับการผสมเกสร และฝักแก่ภายใน 25-35 วัน ฝักงามีลักษณะ กลม ปลายแหลมยาว 5-7 เซนติเมตร กว้าง 1-2 เซนติเมตร ฝักแบ่งออกเป็น 2 หรือ 4 พู แต่ละพูมี 1-2 กลีก เมื่อฝักแก่จัดและแห้ง ฝักจะแตกอ้าออกตรงรอยต่อของพู เมล็ดติดอยู่กับผนังด้านในของเปลือกฝัก เมล็ดงามีขนาดเล็ก ค่อนข้างกลม รูปไข่ น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด ประมาณ 2-4 กรัม เปลือกหุ้มเมล็ดมีทั้งสีขาวสีเหลือง สีน้ำตาล สีเทา หรือสีดำ

2.1.2 แหล่งที่ปลูก

งาเจริญเติบโตได้ดีในเขตที่มีอากาศร้อนและค่อนข้างแห้งแล้ง พันธุ์งาที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำ คือ พันธุ์ร้อยเอ็ด 1 และพันธุ์มหาสารคาม 60 งาปลูกมากที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว ฝักงาแก่ไม่พร้อมกัน ฝักที่แก่ก่อนจะแตกอ้าออกทำให้เมล็ดร่วงหล่นเสียหาย ดังนั้นการเก็บเกี่ยวจึงต้องพิจารณาช่วงที่มีจำนวนฝักที่แก่มากที่สุด ถ้าเก็บเกี่ยวเร็วเกินไป ฝักที่ยังไม่แก่จะมีเมล็ดไม่สมบูรณ์ ทำให้ได้ผลผลิตน้อยและมีคุณภาพต่ำแต่ถ้าปล่อยทิ้งไว้นานเกินไปฝักจะแตกออกทำให้เมล็ดร่วงเสียหาย โดยทั่วไปงามีอายุ 85-120 วัน การเก็บเกี่ยวทำได้โดยตัดต้นงามากองสุมไว้ตากแดด (sun drying) หรือทำแห้ง (dehydration) เพื่อลดความชื้นของเมล็ดให้แห้งสนิท แล้วจึงเก็บรักษาไว้เพื่อรอจำหน่าย

2.1.3 ส่วนประกอบของเมล็ดงา

ส่วนประกอบหลักของเมล็ดงาคือ น้ำมันมีอยู่ประมาณร้อยละ 45-57 มีโปรตีนประมาณร้อยละ 16-33 และคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ18-20 น้ำมันจากเมล็ดงาเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี คือ ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ได้แก่ กรดโอเลอิก (oleic acid) และกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ซึ่งกรดลิโนเลอิกเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acid) นอกจากนั้นยังมีแร่ธาตุ เช่น แมกนีเซียม ทองแดง สังกะสี ลิกแนน เหล็ก ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และมีวิตามินต่างๆ โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน คือวิตามินอี (vitamin E) เมล็ดงายังมีสารสำคัญ 2 ชนิด คือ เซซามิน (sesamin) อาจพบในพืชอื่นด้วย และเซซาโมลิน (sesamolin) ซึ่งมีในงาเท่านั้น มีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant) ป้องกันการเกิดออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) ได้ดี ทำให้น้ำมันงาสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานและไม่มีกลิ่นหืน นอกจากนี้ในเมล็ดงายังมีออกซาเลตสูงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 คุณค่าทางโภชนาการ

งาเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงชนิดหนึ่ง เมล็ดงามีไขมันประมาณร้อยละ 35-57 และมีโปรตีนประมาณร้อยละ 17-25 เมื่อเปรียบเทียบงากับถั่วเหลืองและไข่แล้ว พบว่างามีไขมันสูงกว่าถั่วเหลืองประมาณ 3 เท่า และสูงกว่าไข่ประมาณ 4-6 เท่า มีโปรตีนสูงกว่าไข่ ประมาณร้อยละ5 แต่ต่ำกว่าถั่วเหลืองประมาณ 2 เท่า นอกจากนี้โปรตีนในงายังแตกต่างจากพืชตระกูลถั่วและพืชให้น้ำมันอื่นๆ เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นซึ่งพืชดังกล่าวขาดแคลน เช่น เมธไธโอนินและซีสติน แต่งามีไลซีนต่ำดังนั้นอาจใช้งาเป็นอาหารเสริมพวกอาหารถั่วต่างๆ เมื่อใช้เป็นอาหารหรือใช้เสริมโปรตีนจากเนื้อสัตว์ ซึ่งมีราคาแพง นอกจากนี้ยังใช้เสริมอาหารพวกธัญพืชกล้วยและอาหารแป้งอื่นๆได้เป็นอย่างดี

2.1.5 ชนิดและพันธุ์งา (อภิชาต และวิไลภรณ์, 2558)

ชนิดและพันธุ์ของงาที่ปลูกอยู่ในประเทศไทย เป็นงาพันธุ์พื้นเมืองมีทั้งพันธุ์หนักและพันธุ์เบา ซึ่งสามารถแบ่งงาที่ปลูกในประเทศไทยได้เป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

2.1.5.1. งาดำ ที่ใช้ปลูกกันทั่วไปมี 4 พันธุ์ ได้แก่

1 งาดำบุรีรัมย์ เป็นพันธุ์พื้นเมืองมีลักษณะฝัก 4 กลีบ 8 พู เมล็ดมีขนาดใหญ่ สีค่อนข้างดำสนิท อายุเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ผลผลิต 60-130 กิโลกรัมต่อไร่

2 งาดำนครสวรรค์ เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่ปัจจุบันเป็นพันธุ์ส่งเสริม มีการแนะนำให้ปลูกในพื้นที่หลายจังหวัดมี ลักษณะการเจริญเติบโตแบบทอดยอด เมล็ดมีสีดำขนาดใหญ่และเต่ง ลักษณะฝักเป็นแบบ 4 กลีบ 8 พู ฝักแตกง่ายเมื่อสุกแก่ ลำต้นค่อนข้างสูง แตกกิ่งก้านมาก ใบมีขนาดใหญ่ค่อนข้างกลม มี 1 ฝักต่อ 1 มุมใบ การเกิดฝักจะเวียนสลับ รอบลำต้น 1 ข้อ มี 1 ฝัก อายุเก็บเกี่ยว 95-100 วัน ผลผลิต 60-130 กิโลกรัมต่อไร่ นิยมปลูกมากในท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ศรีสะเกษ สุรินทร์ นครราชสีมา มหาสารคาม ชัยภูมิ สระบุรี ลพบุรี เพชรบูรณ์ พิษณุโลก อุตรดิตถ์ นครสวรรค์ สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ปราจีนบุรี และสุราษฎร์ธานี

3 งาดำ มก.18 เป็นพันธุ์แท้ที่มีการปรับปรุงพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งได้คัดเลือกพันธุ์โดยวิธีจดประวัติจากคู่ผสมระหว่าง col.34 กับงาดำนครสวรรค์ในระหว่างปี 2528-2530 มีการทดสอบผลผลิตในสถานีทดลองและในสภาพไร่เกษตรกรในปี 2534 งาดำพันธุ์ มก.18 มี ลักษณะการเจริญเติบโตแบบทอดยอด ใบสีเขียวเข้ม ลำต้นไม่แตกกิ่งก้านและค่อนข้างสูง เมล็ดมีสีดำสนิท ลักษณะฝัก 2 พู ฝักเกิดตรงกันข้าม ดังนั้น 1 ข้อจะมี 2 ฝัก การเรียงตัวของฝักจะเป็นแบบเวียนสลับรอบลำต้น ความยาวปล้องสั้นทำให้จำนวนของฝักต่อต้นสูง น้ำหนักเมล็ด 3 กรัม ต่อ 1,000 เมล็ด อายุเก็บเกี่ยวปลายฤดูฝน 85 วัน ต้นฤดูฝน 90 วัน ผลผลิต 60-148 กิโลกรัมต่อไร่ ทนทานต่อโรคราแป้ง และทนต่อการหักล้มในปีการเพาะปลูก 2538/39 กรมส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บริษัทคาเนมัสซุ บริษัทนานาพรรณเอ็นเตอร์ไพร์จำกัด และสมาคมพ่อค้าข้าวโพด และพืชพันธุ์ไทย ส่งเสริมการปลูกงาดำ มก.18 ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาและกาญจนบุรี เพื่อส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีความต้องการงาพันธุ์ มก.18 สูงถึงปีละ 10,000 - 30,000 ตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 งาดำ มข.2 เป็นพันธุ์ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นปรับปรุงและคัดเลือกพันธุ์มาจากงาดำพันธุ์ ซีบี 80 ของจีน ลักษณะฝักเป็นแบบ 4 พู เมล็ดสีดำสนิท ไม่ไวต่อช่วงแสงแตกกิ่ง 3-4 กิ่งต่อต้น ต้นสูง 105-115 เซนติเมตร น้ำหนักเมล็ด 2.77 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ปลูกได้ดีทั้งต้นฝนและปลายฤดูฝน มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น 70-75 วัน ผลผลิต 80-150 กิโลกรัมต่อไร่ ต้านทานต่อโรคเน่าดำและทนแล้งได้ดี เขตส่งเสริมการปลูก ได้แก่ จังหวัดบุรีรัมย์ และมหาสารคาม

2.1.5.2 งาขาว ที่ใช้ปลูกกันทั่วไปมี 6 พันธุ์ ได้แก่

1 พันธุ์เมืองเลย มีขนาดเมล็ดเล็ก เรียกว่า งาไข่ปลา ลักษณะฝัก 2 กลีบ 4 พู แตกกิ่งก้านมาก ตอบสนองต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน ผลผลิต 60-90 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นพันธุ์ที่ตลาดต้องการ เพราะนำไปสกัดน้ำมันมีกลิ่นหอม ปลูกมากที่จังหวัดเลยและบริเวณชายแดนไทย-ลาว ช่วงจังหวัดเลยถึงอุตรดิตถ์

2 พันธุ์เชียงใหม่ มีลักษณะฝัก 2 กลีบ 4 พู มีขนาดเมล็ดเล็ก แต่ใหญ่กว่าพันธุ์เมืองเลยเล็กน้อย เมล็ดมีรูปร่างคล้ายหัวใจ ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน ผลผลิต 60-90 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนและเชียงใหม่

3 พันธุ์ชัยบาดาลหรือสมอทอด มีลักษณะฝัก 2 กลีบ 4 พู เมล็ดมีขนาดปานกลาง อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 50-80 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากที่จังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี แต่ปัจจุบันมีปริมาณน้อยมาก

4 พันธุ์ร้อยเอ็ด 1 เป็นพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรปรับปรุงคัดเลือกพันธุ์ สีเมล็ดขาวสม่ำเสมอ ลำต้นตรงไม่แตกกิ่ง ลักษณะฝัก 4 กลีบ 8 พู เมล็ดมีขนาดปานกลางอายุเก็บเกี่ยว 70-75 วัน ผลผลิต 50-120 กิโลกรัมต่อไร่ เหมาะสำหรับปลูกเป็นแถว ไม่ต้านทานต่อหนอนห่อใบงาและหนอนผีเสื้อหัวกะโหลก ฝักแตกง่าย จะต้องเก็บเกี่ยวทันที ที่ครบอายุเก็บเกี่ยว

5 พันธุ์มข.1 เป็นพันธุ์ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นปรับปรุงมาจากงาขาวซีดับบลิว 103 ของจีน ลักษณะฝักเป็นแบบ 2 พู ไม่ไวต่อแสงช่วงแสง ไม่แตกกิ่งก้าน ฝักมีการเรียงตัว เป็นแบบตรงกันข้าม ฝักดก 3-7 ฝักต่อซอกใบ เมล็ดสีขาวค่อนข้างใหญ่ น้ำหนักเมล็ด 2.79 อายุเก็บเกี่ยว 70-75 วัน ผลผลิต 80-150 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ต้านทานหนอนห่อใบงาและหนอนผีเสื้อกะโหลก

6 พันธุ์มหาสารคาม 60 เป็นพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรปรับปรุงพันธุ์จากพันธุ์ที-85 ของประเทศอินเดียลักษณะฝัก 2 กลีบ 4 พู ต้นโปร่ง ไม่แตกกิ่งฝักมีการเรียงตัวเป็นแบบตรงกันข้าม มี 1ฝักต่อ 1 ซอกใบ ขนาดเมล็ดโตสีขาว น้ำหนัก 2.90 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 107 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ต้านทานโรคราแป้ง เขตางเสริมการปลูก ได้แก่ จังหวัดสระบุรี ลพบุรี เพชรบูรณ์ พิษณุโลก และกาญจนบุรี

2.1.5.3 งาดำ-แดง หรือเรียกกันโดยทั่วไปว่า งาเกษตร ที่ใช้ปลูกมี 3 พันธุ์ ได้แก่

1 พันธุ์พื้นเมืองพิษณุโลก และพันธุ์พื้นเมืองสุโขทัย ลักษณะฝักมี 2 กลีบ 4 พู แตกกิ่งก้านมาก ขนาดเมล็ดโต สีของเมล็ดมีทั้งสีดำและสีน้ำตาลแดงปนอยู่ด้วยกันอายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

60-90 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากที่จังหวัดเพชรบูรณ์ นครสวรรค์ พิษณุโลก สุโขทัย ลพบุรี สระบุรี อุตรดิตถ์ แพร่ และน่าน

2 งาแดงอุบลราชธานี 1 คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์โดยกรมวิชาการเกษตร จากงาพันธุ์นานนี 25/160/85-9 ของประเทศพม่า ได้รับการรับรองพันธุ์เมื่อ 19 มกราคม 2536 มีขีดเมล็ดโตสม่ำเสมอ น้ำหนักเมล็ด 3.16 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ลักษณะฝักเป็นแบบ 2 พู ต้นแตกกิ่ง 3-5 กิ่ง อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 141 กิโลกรัมต่อไร่ ต้านทานโรคเหี่ยวหนอนห่อใบงา ไรขาว และมวนฝิ่น ใช้เป็นพันธุ์แนะนำให้เกษตรกรปลูกแทนพันธุ์พื้นเมือง

3 งาแดงพันธุ์ มข.3 คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น จากงาพันธุ์นานนี ของประเทศพม่า ลักษณะฝักเป็นแบบ 2 พู เมล็ดโตสีแดง น้ำหนักเมล็ด 3.12 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด แตกกิ่ง 4-6 กิ่งต่อต้น ต้นสูง 130-150 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยว 80-85 วัน ผลผลิต 100-180 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกได้ทั้งต้นฝนและปลายฤดูฝนเหมาะที่จะปลูกแบบหว่าน ค่อนข้างต้านทานโรคและแมลง

2.1.6 องค์ประกอบทางเคมีของงา

2.1.6.1 ไขมัน (Lipids)

เมล็ดงามีน้ำมันปริมาณมากกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่นเมื่อเทียบต่อหน่อยผลผลิต ซึ่งปริมาณของน้ำมันขึ้นกับปัจจัยทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อม โดยเมล็ดงามีปริมาณน้ำมันงาร้อยละ 37-63 (Gohl, 1975) ปริมาณของน้ำมันงาจะมีความสัมพันธ์กับสีและขนาดของเมล็ด เมล็ดสีขาวหรือสีอ่อนมักจะมีปริมาณน้ำมันสูงกว่าเมล็ดที่มีสีเข้มกว่า และเมล็ดที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีปริมาณน้ำมันมากกว่าเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้สายพันธุ์ที่มีผิวเรียบจะมีปริมาณน้ำมันน้อยกว่าสายพันธุ์ที่มีผิวไม่เรียบ (Seegeler, 1983) น้ำมันงาจะมีสีเหลืองอ่อนจนถึงเข้ม มีกลิ่นรสเฉพาะ โดยกลิ่นของน้ำมันงาเป็นสารประกอบคาร์บอน C5-C9 สายตรงของอนุพันธุ์อัลดิไฮด์หรือคีโตน ทั้งนี้เมล็ดงาที่ผ่านการกำจัดเปลือกจะมีปริมาณไขมันและโปรตีนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณเยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตลดลง

น้ำมันงาจะอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวประมาณร้อยละ80 และพบกรดไขมันอิ่มตัวในน้ำมันงาน้อยกว่าร้อยละ20 กรดไขมันไม่อิ่มตัวส่วนใหญ่เป็นกรดโอเลอิก (18:1) ร้อยละ 33-35 กรดลิโนเลอิก (18:2) ร้อยละ 35-59 ซึ่งกรดลิโนเลอิกจำเป็นต่อโครงสร้างของเซลล์เมมเบรน การขนส่งคอเลสเตอรอล โดยช่วยควบคุมระดับคลอเลสเตอรอลในเลือดไม่ให้มีมากเกินไป ป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัว นอกจากนี้พบปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวของกรดปาล์มิติก (16:0) ร้อยละ8-17 และกรดสเตียริก (18:0) ร้อยละ 3-9 (Kochhar, 2002)

2.1.6.2 โปรตีน (Protein)

ในเมล็ดงาพบโปรตีนประมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 17-31 โดยขึ้นอยู่กับแหล่งของเมล็ดงา เมล็ดงามีโปรตีนที่มีคุณภาพสูง โดยเฉพาะเมทไธโอนินและคริสติน (ร้อยละ 6.1) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบและพบน้อยในพืชตระกูลถั่วแต่มีไลซีนต่ำ (ร้อยละ3.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.3 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

เมล็ดงาประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 21-25 ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ5 ซึ่งพบมากกว่าในกากงาที่ผ่านการกำจัดไขมัน ปริมาณเยื่อใยหยาบในงาพบประมาณร้อยละ 3-6 ซึ่งพบในส่วนของเปลือกงา (husk) และเปลือกหุ้ม (coat) (Ramachandra และคณะ, 1970)

2.1.6.4 วิตามินและเกลือแร่ (Vitamin and Minerals)

เมล็ดงาเป็นแหล่งของวิตามินหลายชนิด โดยเฉพาะกรดโฟลิกและวิตามินอี วิตามินอีที่พบมีทั้งอนุพันธุ์ของเบต้า แอลฟา แกมมาและเดลต้าโทโคเฟอรอล ในอัตราส่วน 100, 40, 10, 1 และ 30 ตามลำดับ ในน้ำมันงาจะมีปริมาณสารประกอบโทโคเฟอรอลในช่วง 330-1010 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำมันงา ซึ่งทำให้น้ำมันงามีความคงตัวต่อการออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังพบเกลือแร่ร้อยละ5-7 โดยเฉพาะแคลเซียม (ร้อยละ 1) และฟอสฟอรัส (ร้อยละ 0.7) โดยแคลเซียมจะพบมากในเปลือกหุ้มเมล็ดและสูญเสียไปในขั้นตอนการกำจัดเปลือก (dehull) (Deosthale, 1981)

2.1.7 ประโยชน์และสรรพคุณ

ประโยชน์ของงาไม่ว่าจะเป็น โปรตีนที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย คือ กรดอะมิโนเมธิโอนีน นอกจากนี้ยังสกัดน้ำมันจากงาออกมาได้อีกด้วย ซึ่งน้ำมันที่ได้นั้นเป็นน้ำมันงาที่มีคุณสมบัติเยี่ยม คือ มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง ทั้งกรดไขมันโอเมก้า 3 กรดไขมันโอเมก้า 6 ที่มีคุณสมบัติช่วยลดคลอเลสเตอรอล จึงช่วยป้องกันหลอดเลือดแข็งตัว ป้องกันโรคหัวใจ ทำให้ระบบหัวใจแข็งแรง นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันไลโนเลอิค ที่ช่วยทำให้ผมดกดำ บำรุงผิวพรรณให้ชุ่มชื้นนอกจากนี้ งายังมีวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญ โดยเฉพาะแคลเซียมที่มีมากกว่านมวัวถึง 6 เท่า มีธาตุเหล็ก แมกนีเซียม สังกะสี ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และทองแดง และยังมากด้วยวิตามินบีชนิดต่างๆซึ่งดีต่อระบบประสาท ช่วยทำให้นอนหลับร่างกายกระฉับกระเฉง พร้อมกันนั้นยังมีสารบำรุงประสาทด้วย และวิตามินอีเป็นตัวแอนติออกซิแดนท์ที่ช่วยต้านมะเร็ง

## 2.2 โพลีฟีนอล (นิรนาม, 2550)

โพลีฟีนอลเป็นสารธรรมชาติตระกูลใหญ่ สารประเภทนี้เรียกตามคุณสมบัติของมัน phenolic antioxidant ให้ผลในทางต่อต้านออกซิเดชันรุนแรงกว่า vitamin antioxidant แบ่งกว้างๆเป็น 2 กลุ่ม คือ

1 Phenolic acids มีอยู่หนึ่งในสามของโพลีฟีนอล พบทั่วไปในพืช

2 Flavoniods มีอยู่สองในสามของโพลีฟีนอล พบทั่วไปในพืช แต่จะมากในพืชบางชนิด ไวต่อเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการออกซิเดชัน และสภาวะการหุงต้มอย่างมาก

2.2.1 คุณสมบัติของสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีต่อร่างกาย

1 ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) เป็นสารที่ทำให้ อนุมูลอิสระ (Free Radical) ไม่สามารถทำปฏิกิริยาoxidation เพื่อทำร้ายเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกายได้

2 ต้านมะเร็ง ลดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบเซลล์ในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็ง

3 ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ โดยการลดระดับของคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 ความคุมความดันโลหิตสูง โดยไปยับยั้ง angiotensis-I converting enzyme (ACE)

5 คุณสมบัติต้านทานโรคอ้วน: สามารถยับยั้ง catechol-O-methyl transferase จึงช่วยกระตุ้นการสร้างความร้อนของร่างกาย เผาผลาญพลังงานและช่วยจัดการกับโรคอ้วน

6 คุณสมบัติต้านโรคเบาหวาน: ลดระดับน้ำตาลในเลือด โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์ย่อยแป้ง โพลีฟีนอลจะยับยั้งการทำงานของอะไมเลสทั้งในน้ำลายและลำไส้ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นคือ แป้งจะถูกย่อยช้าลง ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในเลือดเป็นไปอย่างช้าๆ

7 คุณสมบัติป้องกันฟันผุ: ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในช่องปาก

8 คุณสมบัติต้านจุลินทรีย์: มีคุณสมบัติในการต้านแบคทีเรีย

## 2.3 ลิกแนนส์ (Lignans) (ศัลยา, 2547)

สารสำคัญที่พบได้มากในเมล็ดงาคือ ลิกแนนส์ (Lignans) สำคัญ 2 ชนิด คือ เซซามิน (sesamin) และเซซาโมลิน (sesamolin) โดยพบเซซาโมลินเฉพาะในเมล็ดงาเท่านั้น มีคุณสมบัติต้านทานการเกิดออกซิเดชันได้ดี ส่วนเซซามินช่วยลดคอเลสเตอรอล ลดความดันโลหิตลดการออกซิเดชันในไขมัน ช่วยให้ตับและไตมีสุขภาพดี ช่วยลดปฏิกิริยาเคมีที่จะก่อให้เกิดมะเร็ง

นอกจากนี้เมล็ดงายังมีวิตามินอีในรูปแกมมาโทโคเฟอรอลสูง จากการวิจัยพบว่าสารลิกแนนส์ในงาและแกมมาโทโคเฟอรอลจะช่วยเสริมฤทธิ์การทำงานของกันและกันอีกด้วย

น้ำมันงาที่ได้จากงาที่ผ่านการคั่วจะทนต่อการเหม็นหืนได้ดี เนื่องจากระหว่างการคั่วมีสารแอนติออกซแดนท์เกิดขึ้น

## 2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของลิพิด (ฤดีมาศ, 2555)

1 ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเท่านั้นที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2 กรดไขมันอิสระ กรดไขมันที่อยู่ในรูปอิสระ (free fatty acid) จะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายกว่าที่อยู่ในรูปไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride)

3 ปริมาณออกซิเจน และพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจน ออกซิเจนเข้าร่วมในปฏิกิริยาออกซิเดชัน หากอาหารอยู่ในบรรยากาศที่มีปริมาณออกซิเจนมาก หรือมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจนได้มาก จะเกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็ว ดังนั้น การกำจัดออกซิเจนออกจากบรรจุภัณฑ์ ด้วยการบรรจุสุญญากาศ (vacuum packaging) การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging) หรือใช้สารกำจัดออกซิเจน (oxygen scavenger) ในบรรจุภัณฑ์จะช่วยชะลอการเสื่อมเสียได้

4 อุณหภูมิ อุณหภูมิสูงจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าอุณหภูมิต่ำ การเก็บรักษาอาหารแช่เย็น แช่เยือกแข็ง (freezing) จะลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้

5 วอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity, $a_w$) ของอาหาร

6 แร่ธาตุหรือโลหะ เช่น โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอาหารโดยธรรมชาติ เช่น เหล็ก ในไมโอโกลบิน (myoglobin) หรือ โลหะและแร่ธาตุที่ปนเปื้อนจากดิน หรือจากอุปกรณ์ในการแปรรูป โดยโลหะถึงแม้เพียงส่วนเล็กน้อย 0.1-5 ส่วนในล้านส่วน ก็สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ดังนั้นในกระบวนการทำน้ำมันและไขมันให้บริสุทธิ์จึงต้องมีขั้นตอนของการฟอกสี และกำจัดโลหะหนัก เช่น เหล็ก และทองแดง นอกจากนี้การใช้สารพวกคีเลติง (chelating agent) เช่น EDTA ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารพวกนี้จะไปรวมตัวกับโลหะเป็นสารประกอบเชิงซ้อน เป็นการลดสารเร่งปฏิกิริยาให้น้อยลงปฏิกิริยาออกซิเดชันจะถูกหน่วงให้ช้าลง

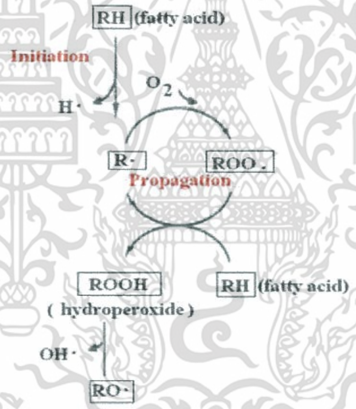
7 แสงและรังสีต่างๆ เช่น visible light แสงอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) และการฉายรังสีอาหาร (food irradiation)

8 สารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) หรือสารต้านอนุมูลอิสระสารต้านออกซิเดชันที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เพื่อป้องกันปฏิกิริยาลิพิดออกซิเดชัน มีทั้งสารธรรมชาติเช่น วิตามินซี วิตามินอี กรดซิตริก หรือสารสังเคราะห์ เช่น TBHQ, propyl gallate เป็นต้น

## 2.5 การวิเคราะห์คุณภาพของไขมันหรือน้ำมัน

2.3.1 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2558ค)

ค่าเปอร์ออกไซด์เป็นค่าที่ใช้การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันหรือน้ำมันซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืน (rancidity) สารเปอร์ออกไซด์จะเกิดขึ้นในไขมันหรือน้ำมันอย่างช้าๆในระหว่างที่ไขมันหรือน้ำมันที่เก็บรักษาสัมผัสกับอากาศเรียกว่าการเกิด oxidative rancidity โดยเป็นปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันเกิดระหว่างพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ดังนั้นไขมันหรือน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมากจะเกิด oxidative rancidity ได้ง่าย




**ภาพที่ 2.1** การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน

**ที่มา:** พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา (2558)

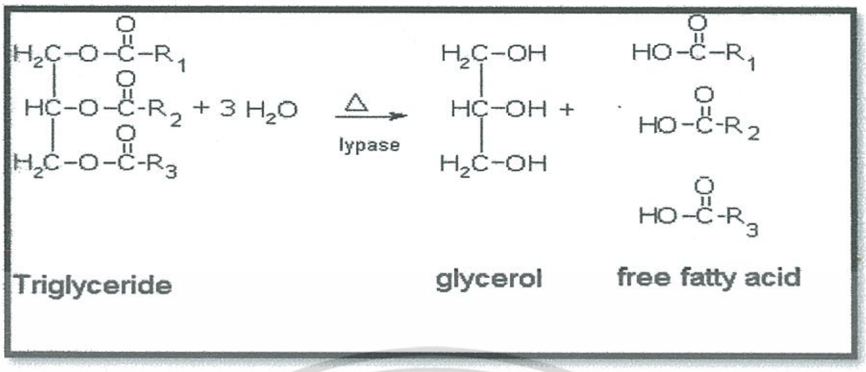
นิยมวัดค่าเปอร์ออกไซด์เพื่อบ่งชี้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมัน เพราะเปอร์ออกไซด์เป็นสารตัวกลางของปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันซึ่ง หากค่าเปอร์ออกไซด์สูง แสดงว่าไขมันหรือน้ำมันเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมาก ส่งผลต่อคุณภาพของไขมันหรือน้ำมันโดยมีกลิ่นหืนเกิดขึ้น บ่งบอกว่าน้ำมันเกิดความเสื่อมเสีย

2.3.2 ค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2558ข)

ค่าความเป็นกรดเป็นค่าที่บ่งชี้คุณภาพของน้ำมันและไขมัน โดยเป็นค่าที่บ่งชี้ว่าไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ที่เป็นส่วนประกอบหลักในไขมันและน้ำมัน ถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(hydrolysis) โดยมีเอนไซม์ไลเปส (lipase) และความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ผลิตผลคือ กลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ ซึ่งทำให้น้ำมันและไขมันมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น




**ภาพที่ 2.2** การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในไขมัน
**ที่มา:** พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา (2558)

โดยค่าความเป็นกรด เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมัน เพื่อบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำมันชนิดนั้นๆ โดยค่าความเป็นกรด หมายถึงจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัมเป็นกลางพอดี ผลการทดลองสามารถนำไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระโดยที่ค่าความเป็นกรดของงามีค่าไม่เกิน 4 (ปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของค่าความเป็นกรดของงา คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดโอเลอิก) ค่าค่าความเป็นกรดที่วิเคราะห์จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันถูกทำลายด้วยเอนไซม์ไลเปสเป็นกรดไขมันอิสระมากน้อยเพียงใด ค่าค่าความเป็นกรดสูง โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ถูกสลายตัวได้เป็นกรดไขมันอิสระมากส่งผลให้คุณภาพของน้ำมันลดลง มีการเสื่อม (เหม็นหืน) การเสื่อมของไขมันหรือน้ำมัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง กลิ่น สี และรสชาติ มีหลายปัจจัยที่ทำให้ไขมันหรือน้ำมันเสื่อม เช่น แสง ออกซิเจนในอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ระยะเวลาการเก็บ เป็นต้น

2.3.3 ความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability)

ความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถบอกถึงคุณภาพของไขมันหรือน้ำมันได้ โดยน้ำมันที่มีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากจะเกิดกลิ่นหืนได้ยากกว่า

2.3.3.1 การวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่าความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Rancimat)

ใช้หลักการพ่นอากาศในตัวอย่างน้ำมันอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 100องศาเซลเซียสอัตราไหลของอากาศ 20 ลิตรต่อชั่วโมง โดยเครื่องวัดค่าความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Rancimat) จะรายงานผลออกมาเป็นค่า Induction time (IT) มีหน่วยเป็นชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงระยะเวลาก่อนเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งหากค่า Induction time (IT) มีค่ามากแสดงว่าน้ำมันมีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

กาญจนา และธีระพล (2547) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณค่าของกากงาดิบ โดยเริ่มต้นได้ทำการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของงาขาว และงาดำก่อนี่จะนำไปสกัดน้ำมัน และเหลือออกมาเป็นกากงา ผลขององค์ประกอบทางเคมีของงาขาว และงาดำประกอบด้วย ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ในส่วนของงาขาวปริมาณร้อยละ 2.94, 45.17, 23.6, 5.50 และ20.99 ตามลำดับ และงาดำมีปริมาณร้อยละ 4.41, 47.01, 23.78, 4.41 และ19.50 ตามลำดับ

Elleuch และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของงาขาว โดยทำการเปรียบเทียบงา 3 ชนิดคือ งาที่เป็นวัตถุดิบ งาที่ไม่ผ่านกระบวนการคั่ว และงาที่ผ่านกระบวนการคั่ว มีปริมาณกากใยร้อยละ 19.33, 42.03 และ32.34 คาร์โบไฮเดรตมีปริมาณร้อยละ 0.84, 1.33 และ0.84 เถ้ามีปริมาณร้อยละ 4.68, 23.90 และ13.7 โปรตีนมีปริมาณร้อยละ 25.77, 10.23 และ18.35 ไขมันงามีปริมาณร้อยละ 52.24, 12.21 และ32.84 นอกจากนี้ยังมีการวัดปริมาณโพลีฟีนอล และเซซามอล โดยนำงาวัตถุดิบ งาที่ไม่ผ่านกระบวนการคั่ว และงาที่ผ่านกระบวนการคั่วไปสกัด โดยมีปริมาณโพลีฟีนอล 87.33, 598 และ260 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัมน้ำมัน ตามลำดับ และมีปริมาณเซซามอล 8.11, 22 และ54.86 มิลลิกรัมต่อหนึ่งกิโลกรัมน้ำมันตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่างาที่ผ่านกระบวนการคั่วโดยให้ความร้อน 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลลดลง แต่จะทำให้ปริมาณเซซามอลเพิ่มขึ้น

Wu (2007) ได้ศึกษาเกี่ยวการวิเคราะห์ปริมาณของสารลิกแนน (lignan) ในน้ำมันงาจำนวน 14 ยี่ห้อ จากการศึกษาพบว่าน้ำมันงาทั้ง 14 ยี่ห้อ มีปริมาณเฉลี่ยของสารลิกแนนทั้งหมดอยู่ที่ 11.5 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีปริมาณของเซซามอล (sesamol) และเซซาโมลิน (sesamolin) มีค่าร้อยละ 82 และ 15 ตามลำดับ เมื่อนำน้ำมันงาไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที พบว่าสารลิกแนนที่อยู่ในน้ำมันงาไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อนำไปให้ความร้อนที่ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที พบว่าสารเซซามอลมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น และเมื่อนำน้ำมันงาไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 200 องศาเซลเซียส พบว่าสารลิกแนนส์มีปริมาณลดลง

Akinoso และคณะ (2010) ได้ศึกษาผลกระทบของความชื้นและความร้อนที่ส่งผลต่อค่าเปอร์ออกไซด์และการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันงา โดยศึกษาที่ความชื้นร้อยละ 4, 7, 10, 13 และ16 และอุณหภูมิที่ใช้ในการคั่วคือ 50, 70, 90, 110 และ130 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 5, 10, 15, 20 และ25 นาทีตามลำดับ ซึ่งค่าเปอร์ออกไซด์เฉลี่ยเท่ากับ 9.85±3.9 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม พบว่าที่ความชื้นและอุณหภูมิสูงส่งผลทำให้เกิดการออกซิเดชันและมีค่าเปอร์ออกไซด์สูง ซึ่งส่งผลทำให้คุณภาพและอายุการเก็บรักษาลดลง

Borchani และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของตัวอย่างน้ำมันจากตัวอย่าง 3 ชนิด คือ น้ำมันงา น้ำมันจากเนยงา และน้ำมันมะกอก โดยวัดค่าไอโอดีน ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่ากรดไขมันอิสระ พบว่าค่าไอโอดีนมีค่า 113.35, 91.34 และ81.23 กรัมไอโอดีนต่อน้ำมันหนึ่งร้อยกรัม ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดมีค่า 1.64, 1.10 และ1.12 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม ตามลำดับ ค่าเปอร์ออกไซด์มีค่า 0.14, 0.19 และ0.99 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัมและค่ากรดไขมันอิสระมีค่าร้อยละ 0.82, 0.55 และ0.56 ตามลำดับ

Konsoula และคณะ (2010) ได้ค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันงา 4 ประเภท คือ น้ำมันงาจากงามีเปลือกที่ไม่ผ่านกระบวนการคั่ว น้ำมันงาจากงามีเปลือกที่ผ่านกระบวนการคั่ว,น้ำมันงาจากงากะเทาะเปลือกที่ไม่ผ่านกระบวนการคั่ว และน้ำมันงาจากงากะเทาะเปลือกที่ผ่านกระบวนคั่ว เปรียบเทียบกับน้ำมันอีก 4 ชนิด ได้แก่ น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่วเหลืองน้ำมันดอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทานตะวัน และน้ำมันข้าวโพด พบว่าน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดงา มีค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ นอกจากนี้จากการวิจัยยังพบน้ำมันงาทั้ง 4 ประเภทนั้นมีค่าการเกิดกลิ่นหืน (Peroxide value) ที่แตกต่างกัน โดยที่น้ำมันงาจากงามีเปลือกที่ไม่ผ่านกระบวนการคั่ว มีค่าการเกิดกลิ่นหืนต่ำที่สุด ส่วนน้ำมันงาจากงามีเปลือกที่ผ่านกระบวนการคั่ว น้ำมันงาจากงากะเทาะเปลือกที่ไม่ผ่านกระบวนการคั่ว และน้ำมันงาจากงากะเทาะเปลือกที่ผ่านกระบวนคั่วมีค่าสูงขึ้นตามลำดับ

Lee และคณะ (2010) ได้ศึกษาผลกระทบของการคั่วเมล็ดงาก่อนนำไปสกัดเป็นน้ำมันที่ส่งผลต่อความคงตัวของปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยนำเมล็ดงาไปคั่วที่อุณหภูมิ 213, 230 และ 247 องศาเซลเซียส โดยที่แต่ละอุณหภูมิทำการคั่วเป็นเวลา 14, 21 และ 28 นาทีตามลำดับ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ผลโดยการหาค่า การดูดกลืนแสงของสารอนุมูลอิสระ (DPPH) ค่าปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่ และค่า conjugated dienoic acid จากผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำมันที่ผ่านกระบวนการคั่วที่ 247 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 28 นาทีมีค่าความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุด ซึ่งการคั่วเมล็ดงาที่อุณหภูมิสูงและเวลานาน ส่งผลให้มีเซซามอลในน้ำมันงามากขึ้น ซึ่งเซซามอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทำให้น้ำมันงามีความคงตัวจากปฏิกิริยาออกซิเดชันมากขึ้น

Dawodo และคณะ (2015) ได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความเป็นกรดของน้ำมันพืช ประกอบด้วยน้ำมันเมล็ดปาล์ม น้ำมันต้นปาล์ม น้ำมันต้นโอลิฟว์ น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลือง มีการกำหนดอุณหภูมิ 25, 50, 100, 150, 200, 250 และ300 องศาเซลเซียส พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันจากเมล็ดปาล์ม น้ำมันต้นปาล์ม น้ำมันต้นโอลิฟว์ น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลือง มีค่า 6.01-7.02, 1.80-2.31, 5.20-6.10, 2.30-3.82 และ2.01-3.60 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัมตามลำดับ และมีค่าความเป็นกรด 3.01-3.99, 5.00-7.00, 6.01-7.40, 3.00-4.02 และ2.80-3.81 มิลลิกรัมโซเดียมไฮดรอกไซด์ของตัวอย่างตามลำดับ ซึ่งจากผลพบว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์และค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

Gharby และคณะ (2015) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงา พบว่าในงามีไขมันเป็นองค์ประกอบหลักถึงร้อยละ 52 และมีโปรตีน แร่ธาตุ เถ้า และความชื้นร้อยละ 22, 3.5, 4.5 และ 6 ตามลำดับ ในการวัดค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะทำการเปรียบเทียบงา กับพืช 4 ชนิด คือ ตะบองเพชร เทียนดำ มะกอก และอาร์แกน โดยนำตัวอย่างทั้งหมดมาสกัดน้ำมันโดยวิธีการบีบน้ำมัน (cold presses) จากนั้นนำมาวัดค่าความคงตัวโดยใช้เครื่อง rancimat โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการเร่งให้เกิดกลิ่นหืนคือ 110 องศาเซลเซียส พบว่าน้ำมันงามีค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน 28 ชั่วโมง ส่วนน้ำมันจากตะบองเพชร เทียนดำ มะกอก และอาร์แกน มีค่า 17, 7, 27 และ31 ชั่วโมงตามลำดับ จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าน้ำมันงามีค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าน้ำมันจากตะบองเพชรและเทียนดำ แต่น้ำมันงามีค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันใกล้เคียงกับน้ำมันจากอาร์แกนและมะกอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

## 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

### 3.1.1 วัตถุดิบ

งาดำ งาขาวเล็ก งาขาวเบา และงาขาวใหญ่ จากโรงงานตั้งยิ่งวัฒนาจำกัด

### 3.1.2 สารเคมี

Acetic acid glacial, (Analytical reagent grade, RCI Labscan, Thailand)

Chloroform, (Analytical reagent grade, RCI Labscan, Thailand)

Ethanol, (Analytical reagent grade, RCI Labscan, Thailand)

Hexane, (Industry grade, RCI Labscan, Thailand)

Methanon, (Analytical reagent grade, Sigma-Aldrich Chemicals Pvt. Ltd., India)

Phenolphthalein, (Analytical reagent grade, Carlo Erba Reagents, Italy)

Potassium iodide, (Analytical reagent grade, Carlo Erba Reagents, Italy)

Sodium hydroxide, (Industry grade, Carlo Erba Reagents, Italy)

Sodium thiosulfate pentahydrate, (Analytical reagent grade, Merck KGaA, Germany)

Starch, (Analytical reagent grade, Merck KGaA, Germany)

## 3.2 อุปกรณ์

Evaporator: (R-114, Buchi (Thailand) Ltd., Thailand)

Hot air oven: (ED/FD, Brinder, Scientific Promotion Co., Ltd., Thailand)

Hot plate & Stirrer: (HS7, Becthai Bangkok Equipment Co., Ltd., Thailand)

Moisture Halogen: (HR73, Mettler Toledo, Switzerland)

Rancimat: (743, Metrohm Ion analysis, Switzerland)

Tray Dry: (J.K.Industries, India)

Vacuum Pump: (A-3S, Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Japan)

Water activity: (Novasina, Progress Electronic Ltd., Part., Thailand)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาสมบัติทางเคมีของงาชนิดต่างๆและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันงาชนิดต่างๆ

งาที่ใช้ในการศึกษาสมบัติทางเคมีประกอบด้วยงาเบา งาขาวเล็ก งาขาวใหญ่ และงาดำที่ไม่ผ่านการกะเทาะเปลือก จะนำมาวิเคราะห์ผลในหัวข้อ 3.3.1.1

งาที่ใช้ในการศึกษาคุณภาพของน้ำมันงาประกอบด้วยงาเบา งาขาวเล็ก งาขาวใหญ่ และงาดำที่ไม่ผ่านการกะเทาะเปลือก รวมถึงงาเบา งาขาวเล็ก งาขาวใหญ่ และงาดำที่ผ่านกะเทาะเปลือก (งาคัด) จะนำมาวิเคราะห์ผลในหัวข้อ 3.3.1.2 (ภาพของงาวัตถุดิบทั้งหมดแสดงในภาคผนวก ก.1)

3.3.1.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร (AOAC, 1984) (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.1 – ค.4)

3.3.1.2 วิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงา (AOCS, 2011) โดยนำงาไปสกัดเป็นน้ำมันงา (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ข.1) ก่อนนำมาวิเคราะห์ดังนี้

1 ค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.7)

2 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.8)

3 ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability) (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.9)

3.3.1.3 วิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Science for Windows (SPSS) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีตัวแปรต้นคือ ชนิดของงา ตัวแปรตามคือ ค่าความเป็นกรด และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และมีการทดสอบการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

3.3.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งงาหลังกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา

งาที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่ผ่านกระบวนการโม่กะเทาะเปลือกและฟอกขาวของโรงงาน (ภาพของงาวัตถุดิบทั้งหมดจะแสดงในภาคผนวก ก.1) โดยนำมาอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง) มีการแปรอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งได้แก่ 80, 100, 120 และ140 องศาเซลเซียส โดยเวลาในการอบแห้งควบคุมโดยใช้ปริมาณความชื้นของงาหลังอบแห้งให้อยู่ระหว่างร้อยละ 4.2-5.5 งาที่ผ่านการอบแห้งแล้วจะนำมาวิเคราะห์ผลดังต่อไปนี้

3.3.2.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยวิธี Halogen drying (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.5)

3.3.2.2 วิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำ (Water Activity, Aw) (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.3 วิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงา (AOCS, 2011) โดยนำงาไปสกัดเป็นน้ำมันงา (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ข.1) ก่อนนำมาวิเคราะห์ดังนี้

1 ค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.7)

2 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.8)

3 ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability) (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.9)

3.3.2.4 วิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Science for Windows (SPSS) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีตัวแปรต้นคือ อุณหภูมิในการอบแห้ง ตัวแปรตามคือ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และมีการทดสอบการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

3.3.3 ศึกษาผลของปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งงาหลังกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา

งาที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่ผ่านกระบวนการโม่กะเทาะเปลือกและฟอกขาวของโรงงาน (ภาพของงาวัตถุดิบทั้งหมดจะแสดงในภาคผนวก ก.1) โดยนำมาอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะมีการแปรปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งเท่ากับร้อยละ 3, 4, 5 และ6 โดยเวลาในการอบควบคุมโดยใช้ปริมาณความชื้นของงาหลังการอบแห้ง งาที่ผ่านการอบแห้งแล้วจะนำมาวิเคราะห์ผลดังต่อไปนี้

3.3.3.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยวิธี Halogen drying (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.5)

3.3.3.2 วิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำ (Water Activity, Aw) (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.6)

3.3.3.3 วิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงา (AOCS, 2011) โดยนำงาไปสกัดเป็นน้ำมันงา (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ข.1) ก่อนนำมาวิเคราะห์ดังนี้

1 ค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.7)

2 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.8)

3 ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability) (รายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ค.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.4 วิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Science for Windows (SPSS) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีตัวแปรต้นคือ ความชื้นหลังการอบแห้ง ตัวแปรตามคือ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และมีการทดสอบการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและวิจารณ์

## 4.1 ศึกษาสมบัติทางเคมีของงาชนิดต่างๆและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันงาชนิดต่างๆ

งาที่ใช้ในการศึกษาสมบัติทางเคมีประกอบด้วยงาเบา งาขาวเล็ก งาขาวใหญ่ และงาดำที่ไม่ผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือก จะแสดงผลดังตารางที่ 4.1

งาที่ใช้ในการศึกษาคุณภาพของน้ำมันงาประกอบด้วยงาเบา งาขาวเล็ก งาขาวใหญ่ และงาดำที่ไม่ผ่านการกะเทาะเปลือก รวมถึงงาเบา งาขาวเล็ก งาขาวใหญ่ และงาดำที่ผ่านกะเทาะเปลือก (งาคัด) จะแสดงผลดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.1** ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของงาประกอบด้วย ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า คาร์โบไฮเดรต ของงาชนิดต่างๆ

| ชนิดของงา | ความชื้น (กรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม) | ไขมัน (กรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม) | โปรตีน (กรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม) | เถ้า (กรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม) | คาร์โบไฮเดรต (กรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม) |
|---|---|---|---|---|---|
| งาเบา | 5.26 | 43.34 | 18.26 | 5.58 | 27.56 |
| งาขาวเล็ก | 5.42 | 48.70 | 22.33 | 4.96 | 18.59 |
| งาขาวใหญ่ | 4.65 | 51.96 | 20.51 | 5.79 | 17.09 |
| งาดำ | 3.87 | 53.35 | 20.71 | 5.32 | 16.75 |

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของงาเบา งาขาวเล็ก งาขาวใหญ่ และงาดำที่ไม่ผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือก พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อนำองค์ประกอบทางเคมีของงาขาวและของงาดำจากงานวิจัยของ กาญจนา และธีรพล (2557) มาเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของงาขาวและงาดำดังตารางที่ 4.1 พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยในรายงานวิจัยของกาญจนา และธีรพล (2557) รายงานว่า งาขาวมีความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้าและคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 2.94, 45.17, 23.60, 5.50 และ20.99 ตามลำดับ ส่วนงาดำมีความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้าและคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 4.41, 47.01, 23.78, 4.41 และ19.50 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.2** ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอล และคุณภาพของน้ำมันงา ประกอบด้วยค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability) ของงาชนิดต่างๆ

| ชนิดของงา | ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัมของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม) | ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ชั่วโมง) |
|---|---|---|
| งาเบา | $3.09^{e} \pm 0.03$ | $4.70^{ab} \pm 0.15$ |
| งาเบาคัด | $0.71^{a} \pm 0.01$ | $5.54^{c} \pm 0.30$ |
| งาขาวเล็ก | $0.84^{b} \pm 0.15$ | $4.45^{a} \pm 0.19$ |
| งาขาวเล็กคัด | $0.79^{ab} \pm 0.03$ | $5.81^{c} \pm 0.02$ |
| งาขาวใหญ่ | $2.34^{d} \pm 0.11$ | $4.94^{b} \pm 0.30$ |
| งาขาวใหญ่คัด | $0.78^{ab} \pm 0.03$ | $5.70^{c} \pm 0.37$ |
| งาดำ | $1.51^{c} \pm 0.03$ | $5.50^{c} \pm 0.12$ |
| งาดำคัด | $1.53^{c} \pm 0.02$ | $4.85^{ab} \pm 0.11$ |

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a-e กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

148893

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าความเป็นกรด (acid value, AV) และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative stability) ของงาที่ไม่ผ่านการกะเทาะเปลือก และงาที่ผ่านการกะเทาะเปลือก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยงาที่ไม่ผ่านการกะเทาะเปลือกจะมีค่าความเป็นกรดสูง และมีค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำกว่างาที่ผ่านการกะเทาะเปลือก เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดของงาจากรายงานวิจัยของ Borchani และคณะ (2010) พบว่ามีค่าความเป็นกรด 1.64±0.02 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาจากรายงานวิจัยของ Gharby และคณะ (2015) พบว่ามีค่าความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน 28.5±0.50 ชั่วโมง เห็นได้ว่าค่าความเป็นกรดและค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างผลในตารางที่ 4.2 และจากรายงานวิจัยของ Borchani และคณะ (2010) และ Gharby และคณะ (2015) มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งของงาหลังกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา

งาที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่ผ่านกระบวนการโม่กะเทาะเปลือกและฟอกขาวจากโรงงาน โดยนำมาอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง) มีการแปรอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งได้แก่ 80, 100, 120 และ140 องศาเซลเซียส เวลาในการอบแห้งควบคุมโดยใช้ปริมาณความชื้นของงาหลังอบแห้งให้มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 4.2-5.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่ากิจกรรมของน้ำจะแสดงดังตารางที่ 4.3 และผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะแสดงดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.3** ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content) และค่ากิจกรรมน้ำ (Water activity, Aw) ของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่อุณหภูมิต่างๆ

| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | งาเบา | | | งาขาวเล็ก | | | งาขาวใหญ่ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เวลาอบ (นาที) | ความชื้น (ร้อยละ) | ค่ากิจกรรมน้ำ | เวลาอบ (นาที) | ความชื้น (ร้อยละ) | ค่ากิจกรรมน้ำ | เวลาอบ (นาที) | ความชื้น (ร้อยละ) | ค่ากิจกรรมน้ำ |
| 80 | 32 | $4.43 \pm 0.08^{a}$ | $0.54 \pm 0.01^{a}$ | 25 | $5.02 \pm 0.08^{b}$ | $0.80 \pm 0.01^{a}$ | 22 | $4.43 \pm 0.45^{a}$ | $0.68 \pm 0.03^{a}$ |
| 100 | 16 | $5.00 \pm 0.04^{b}$ | $0.72 \pm 0.02^{b}$ | 19 | $4.94 \pm 0.23^{ab}$ | $0.78 \pm 0.04^{a}$ | 16 | $4.52 \pm 0.14^{a}$ | $0.72 \pm 0.01^{a}$ |
| 120 | 15 | $5.25 \pm 0.503^{b}$ | $0.70 \pm 0.08^{b}$ | 16 | $4.65 \pm 0.22^{a}$ | $0.76 \pm 0.03^{a}$ | 10 | $4.79 \pm 0.44^{a}$ | $0.79 \pm 0.05^{b}$ |
| 140 | 11 | $4.35 \pm 0.05^{a}$ | $0.54 \pm 0.03^{a}$ | 11 | $4.87 \pm 0.07^{ab}$ | $0.76 \pm 0.01^{a}$ | 5 | $4.84 \pm 0.06^{a}$ | $0.79 \pm 0.04^{b}$ |

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.3 พบว่างาที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80, 100, 120 และ140 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งอยู่ในช่วงที่กำหนดคือ ร้อยละ 4.2–5.5 และมีค่ากิจกรรมน้ำอยู่ในช่วง 0.5-0.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.4** ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงา ประกอบด้วยค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability) ของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่อุณหภูมิการอบแห้งต่างๆ

| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | งาเบา | | | งาขาวเล็ก | | | งาขาวใหญ่ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัมของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม) | ค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม) | ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ชั่วโมง) | ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัมของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม) | ค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม) | ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ชั่วโมง) | ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัมของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม) | ค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม) | ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ชั่วโมง) |
| 80 | 1.36$^{a}$±0.04 | 0.00$^{a}$±0.00 | 7.17$^{a}$±0.03 | 1.11$^{a}$±0.06 | 0.00$^{a}$±0.00 | 7.33$^{a}$±0.74 | 1.05$^{a}$±0.01 | 0.00$^{a}$±0.00 | 9.37$^{a}$±0.02 |
| 100 | 1.72$^{b}$±0.04 | 0.00$^{a}$±0.00 | 7.62$^{b}$±0.03 | 1.33$^{b}$±0.04 | 1.07$^{b}$±0.0.2 | 8.88$^{b}$±0.80 | 1.29$^{b}$±0.02 | 0.00$^{a}$±0.00 | 9.46$^{a}$±0.06 |
| 120 | 1.94$^{c}$±0.04 | 1.47$^{b}$±0.03 | 8.02$^{c}$±0.03 | 1.62$^{c}$±0.05 | 1.49$^{c}$±0.03 | 9.55$^{b}$±0.18 | 1.56$^{c}$±0.05 | 1.42$^{b}$±0.04 | 9.52$^{a}$±0.12 |
| 140 | 2.13$^{d}$±0.13 | 1.75$^{c}$±0.06 | 8.27$^{d}$±0.02 | 1.76$^{d}$±0.02 | 1.53$^{c}$±0.03 | 9.90$^{b}$±0.05 | 1.62$^{d}$±0.06 | 1.58$^{c}$±0.07 | 9.83$^{b}$±0.09 |

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a-d กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability) ของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่มีอุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกันคือ 80, 100, 120 และ140 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของทั้ง 4 อุณหภูมิมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิจะเป็นการเร่งการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยการย่อยสลายไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นกรดไขมันอิสระเพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (Dawodu และคณะ, 2015) ค่าเปอร์ออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเช่นเดียวกัน เนื่องจากกระบวนการการให้ความร้อนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งส่งผลต่อการเกิดเปอร์ออกไซด์ ยิ่งอุณหภูมิสูงจะส่งผลทำให้เกิดการออกซิเดชันและมีค่าเปอร์ออกไซด์ที่สูงขึ้น (Akinoso และคณะ, 2010) นอกจากนี้การเก็บรักษาน้ำมันก็ยังส่งผลต่อการเกิดเปอร์ออกไซด์ หากน้ำมันมีการสัมผัสกับอากาศจะเกิด oxidative rancidity ซึ่งเป็นปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน ทำให้น้ำมันมีเปอร์ออกไซด์เพิ่มและเกิดกลิ่นเหม็นหืนขึ้นได้ (ฤดีมาศ, 2555) ในส่วนของค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง เนื่องจากสารลิกแนนส์ที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ควรให้ความร้อนเกิน 200 องศาเซลเซียสเพราะจะทำให้สารลิกแนนส์มีปริมาณลดลง และจะส่งผลความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาของน้ำมัน (Wu, 2007)

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ พบว่างาเบามีค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ที่สูงกว่างาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ นอกจากนี้งาเบายังมีค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ต่ำกว่างาขาวเล็กและงาขาวใหญ่ แสดงให้เห็นว่างาเบาเสี่ยงต่อการเกิดกลิ่นเหม็นหืนและเสื่อมเสียมากกว่างาขาวเล็กและงาขาวใหญ่ ผลที่กล่าวมานี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของงาแต่ละชนิด และระยะเวลาการเก็บวัตถุดิบที่จะส่งผลต่อการเกิดกลิ่นเหม็นหืนของงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 ศึกษาผลของปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งของงาหลังกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันงา

งาที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่ผ่านกระบวนการโม่กะเทาะเปลือกและฟอกขาวจากโรงงาน โดยนำมาอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีการแปรปริมาณความชื้นหลังการอบเท่ากับร้อยละ 3, 4, 5 และ6 โดยเวลาในการอบควบคุมโดยใช้ปริมาณความชื้นของงาหลังอบแห้ง ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่ากิจกรรมของน้ำจะแสดงดังตารางที่ 4.5 และผลการวิเคราะห์ของค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะแสดงดังตารางที่ 4.6

**ตารางที่ 4.5** ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content) และค่ากิจกรรมน้ำ (Water activity, Aw) ของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่ความชื้นหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

| ความชื้น (ร้อยละ) | งาเบา | | | งาขาวเล็ก | | | งาขาวใหญ่ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เวลาอบ (นาที) | ความชื้น (ร้อยละ) | ค่ากิจกรรมน้ำ | เวลาอบ (นาที) | ความชื้น (ร้อยละ) | ค่ากิจกรรมน้ำ | เวลาอบ (นาที) | ความชื้น (ร้อยละ) | ค่ากิจกรรมน้ำ |
| 3 | 36 | $3.11^{a}\pm0.09$ | $0.57^{a}\pm0.01$ | 28 | $3.43^{a}\pm0.19$ | $0.57^{a}\pm0.01$ | 28 | $3.18^{a}\pm0.01$ | $0.60^{a}\pm0.00$ |
| 4 | 34 | $4.79^{b}\pm0.10$ | $0.59^{b}\pm0.00$ | 25 | $4.77^{b}\pm0.06$ | $0.72^{b}\pm0.00$ | 26 | $4.48^{b}\pm0.06$ | $0.75^{b}\pm0.00$ |
| 5 | 30 | $5.37^{c}\pm0.05$ | $0.64^{c}\pm0.01$ | 21 | $5.74^{c}\pm0.09$ | $0.83^{c}\pm0.01$ | 25 | $5.50^{c}\pm0.02$ | $0.81^{c}\pm0.00$ |
| 6 | 25 | $6.31^{d}\pm0.09$ | $0.72^{d}\pm0.01$ | 16 | $6.69^{d}\pm0.06$ | $0.87^{d}\pm0.00$ | 20 | $6.45^{d}\pm0.08$ | $0.86^{d}\pm0.01$ |

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a-d กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.5 พบว่างาที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งอยู่ในช่วงที่กำหนดคือ ร้อยละ 3, 4, 5 และ6 มีค่ากิจกรรมน้ำอยู่ในช่วง 0.5-0.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.6** ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงา ประกอบด้วยค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability) ของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ที่ความชื้นหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

| ความชื้น (ร้อยละ) | งาเบา | | | งาขาวเล็ก | | | งาขาวใหญ่ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัมของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม) | ค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม) | ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ชั่วโมง) | ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัมโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม) | ค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม) | ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ชั่วโมง) | ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัมของโซเดียมไฮดรอกไซต่อน้ำมันหนึ่งกรัม) | ค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ต่อน้ำมัน หนึ่งกิโลกรัม) | ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ชั่วโมง) |
| 3 | $0.76^{a}\pm0.05$ | $0.00^{a}\pm0.00$ | $6.66^{a}\pm0.07$ | $0.37^{a}\pm0.02$ | $0.00^{a}\pm0.00$ | $7.79^{a}\pm0.06$ | $1.00^{a}\pm0.17$ | $0.00^{a}\pm0.00$ | $7.63^{a}\pm0.05$ |
| 4 | $0.86^{b}\pm0.00$ | $0.00^{a}\pm0.00$ | $7.16^{b}\pm0.07$ | $0.46^{b}\pm0.03$ | $0.00^{a}\pm0.00$ | $7.99^{b}\pm0.12$ | $1.23^{b}\pm0.08$ | $0.00^{a}\pm0.00$ | $7.49^{b}\pm0.02$ |
| 5 | $0.90^{b}\pm0.04$ | $1.13^{b}\pm0.11$ | $8.21^{c}\pm0.04$ | $0.47^{b}\pm0.04$ | $0.00^{a}\pm0.00$ | $8.43^{c}\pm0.05$ | $1.62^{c}\pm0.08$ | $1.07^{b}\pm0.12$ | $6.73^{c}\pm0.05$ |
| 6 | $0.93^{b}\pm0.01$ | $1.46^{c}\pm0.23$ | $8.59^{d}\pm0.05$ | $0.47^{b}\pm0.01$ | $1.13^{b}\pm0.11$ | $9.30^{d}\pm0.06$ | $1.91^{d}\pm0.08$ | $1.53^{c}\pm0.12$ | $6.69^{c}\pm0.04$ |

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a-d กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ ที่มีปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งแตกต่างกันคือ ร้อยละ 3, 4, 5 และ6 พบว่าค่าความเป็นกรด และค่าเปอร์ออกไซด์มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 3, 4, 5 และ6 ค่ากิจกรรมน้ำจะอยู่ในช่วง 0.5-0.8 ซึ่งเป็นช่วงที่เอนไซม์ไลเปสสามารถทำงานและจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยการย่อยสลายไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นกรดไขมันอิสระเพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่ากิจกรรมน้ำที่อยู่ในช่วง 0.5-0.8 เป็นช่วงที่ปฏิกิริยาลิพิดออกซิเดชันเกิดขึ้นสูง ส่งผลให้เกิดเปอร์ออกไซด์เพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน (นิธิยา, 2557) ในส่วนของค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อปริมาณความชื้นหลังการอบแห้งเพิ่มขึ้น โดยผลการวิเคราะห์ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีผลตรงกันข้ามกับผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด และค่าเปอร์ออกไซด์ ซึ่งไม่สามารถหาข้อมูลมาอ้างอิงต่อผลที่เกิดขึ้นได้ เพราะนอกเหนือจากค่าความเป็นกรด และค่าเปอร์ออกไซด์ที่มีผลต่อค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น เช่น สารลิกแนนส์ที่มีหน้าที่ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันภายในงา ที่สามารถส่งผลต่อค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เช่นเดียวกัน ซึ่งจะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ พบว่างาขาวใหญ่มีค่าความเป็นกรด และค่าเปอร์ออกไซด์ที่สูงกว่างาเบา และงาขาวเล็ก นอกจากนี้งาขาวใหญ่ยังมีค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ต่ำกว่างาเบา และงาขาวเล็ก แสดงให้เห็นว่างาขาวใหญ่มีความเสี่ยงต่อการเกิดกลิ่นเหม็นหืนและเสื่อมเสียมากกว่างาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผล

5.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของงาเบา งาขาวเล็ก งาขาวใหญ่ และงาดำ ประกอบด้วยความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

5.1.2 การให้ความร้อนในกระบวนการผลิตงาส่งผลต่อปริมาณโพลีฟีนอลในงา โดยงาที่ไม่ผ่านการกะเทาะเปลือกจะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงกว่างาที่ผ่านการกะเทาะเปลือก เนื่องจากสารประกอบโพลีฟีนอลมีความไวต่อความร้อน ทำให้สารประกอบโพลีฟีนอลเกิดการสูญเสียเมื่อได้รับความร้อน

5.1.3 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง มีผลต่อค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งจะเป็นการเร่งการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ทำให้ไตรกลีเซอไรด์ย่อยสลายเป็นกรดไขมันอิสระเพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้คุณภาพของน้ำมันงาลดลง นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดเป็นสารเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นอัลดีไฮด์ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนในน้ำมันงา ส่งผลให้น้ำมันงาเกิดการเสื่อมเสียและมีคุณภาพลดลง ในส่วนของค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อมีการให้ความร้อนกับงาก่อนนำมาสกัดเป็นน้ำมัน ทำให้มีสารแอนติออกซิแดนท์เกิดเพิ่มขึ้น ซึ่งสารแอนติออกซิแดนท์นี้จะช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่งผลให้น้ำมันงามีความคงตัวของปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

และจากการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ พบว่างาเบามีความเสี่ยงต่อการเกิดกลิ่นเหม็นหืนและเสื่อมเสียมากกว่างาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่

5.1.4 ปริมาณความชื้นหลังการอบแห้ง มีผลต่อค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด และค่าเปอร์ออกไซด์ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากความชื้นหรือปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้เกิดการเพิ่มของอุณหภูมิภายในงา ทำให้ได้รับความร้อนเร็วมากขึ้น ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้ง่าย ในส่วนค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ซึ่งผลวิเคราะห์ที่ได้มีความตรงกันข้ามกับผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด และค่าเปอร์ออกไซด์ เนื่องจากยังมีปัจจัยอื่น เช่น สารลิกแนนส์ที่มีหน้าที่ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในงา ที่สามารถส่งผลต่อค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เช่นเดียวกัน ซึ่งจะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

และจากการเปรียบเทียบค่าค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาเบา งาขาวเล็ก และงาขาวใหญ่ พบว่างาขาวใหญ่มีความเสี่ยงต่อการเกิดกลิ่นเห็นหืนและความเสื่อมเสียมากกว่างาเบา และงาขาวเล็ก

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการเพิ่มจำนวนซ้ำของการทดลอง เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำของผลการทดลอง

5.2.2 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารแอนติออกซิแดนท์ในงา ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้งามีความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


กาญจนา บันสิทธิ์ และธีระพล บันสิทธิ์. 2557. คุณค่าของกากงาดิบ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 16: 47-54.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. เคมีอาหาร (Food Chemistry). พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

นิอร ชุมศรี. 2553. การใช้ประโยชน์สารสกัดกากงากำจัดไขมันเป็นสารต้านออกซิเดชันในน้ำมันบริโภค. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558ก. งา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2073/sesame. 18 พฤศจิกายน 2558.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558ข. ค่าความเป็นกรด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2073/sesame. 18 พฤศจิกายน 2558.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2558ค. ค่าเปอร์ออกไซด์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2073/sesame. 18 พฤศจิกายน 2558.

ฤดีมาศ พุ่มกล่ำ. 2555. ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกอบเชย อินโดนีเซีย. บัณฑิตวิทยาลัย. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี อุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิไลศรี ลิมปพยอม. 2544. คุณค่าทางอาหารในน้ำมันงา. ในการประชุมวิชาการงานทานตะวัน ละหุ่ง และดอกคำฝอยแห่งชาติ ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศัลยา คงสมบูรณ์เวช. 2547. เซซามินกับสุขภาพ. วารสารโภชนบำบัด. 15: 98-101.

สารพันความรู้เกี่ยวกับสารอาหารเพื่อสุขภาพและความงาม. 2550. โพลีฟีนอล. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.charpa.co.th/e_mag/Charpa%20E-Journal%2010%20May%2007.pdf. 7 พฤษภาคม 2559.

อภิชาต ผลเกิด และวิไลภรณ์ ชนกนำชัย. 2558. การปลูกงา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/rice/nga2.pdf. 18 พฤศจิกายน 2558.

Akinoso, R. 2010. Effects of moisture content and heat treatment on peroxide value and oxidative stability of un-refined sesame oil. Ajfand online. 10: 4268-4285.

AOAC, 1984. Official methods of analysis of AOAC international. 14th ed. Washington, DC: Association of official analytical chemists.

AOCS, 2011. American oil chemists society. AOCS official method Cd 3d-63, acid value. official methods and recommendation practice of the American oil chemists society (AOCS), Champaign, Illinois.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AOCS, 2011. American oil chemists society. AOCS official method Cd 8b-90, peroxide value acetic acid-Isooctane method. Official methods and recommendation practice of the American oil chemists society (AOCS), Champaign, Illinois.

Borchani, C., Besbes, S., Blecker, Ch. and Attia, H. 2010. Chemical characteristics and oxidative stability of sesame seed, sesame paste, and olive oils. Journal of Agricultural Science and Technology. 12: 585-59.

Dawodu, M.O., Olutona, G.O. and Obimakinde, S.O. 2015. Effect of temperature on the chemical characteristics of vegetable oils consumed in Ibadan, Nigeria. Pakistan Journal of Nutrition. 14(10): 698-707.

Deosthale, Y.G. 1981. Trace element composition of common oilseed. Journal of American Oil Chemists Society. 58: 988-990.

Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C. and Attia, H. 2007. Quality characteristics of sesame seeds and by-products. Food Chemistry. 103: 641-650.

Gharby, S., Harhar, H., Bouzoubaa, Z., Asdadi, A., Yadini, A.E. and Charrouf, Z. 2015. Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. Journal of the Saudi Society of Agricultural Science. 10(1): 1-7.

Gohl, B. 1975. Tropical feeds. Food and Agriculture Organization. 375-76.

Kochhar, S.P. 2002. Sesame, rice-bran and flaxseed oils, in vegetable oils in food technology. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.

Konsoula, Z. and Kyriakides, M. 2010. Effect of endogenous antioxidants of sesame seeds and sesame oil to the thermal stability of edible vegetable oils. LWT-Food Science and Technology. 43: 1379-1386.

Lee, S.W., Jeung, M.K., Park, M.H., Lee, S.Y. and Lee, J. 2010. Effects of roasting conditions of sesame seeds on the oxidative stability of pressed oil during thermal oxidation. Food Chemistry. 118: 681-685.

Ramachandra, B.S., Sastry, M.C.S. and SubbaRao, L.S. 1970. Process development studies on the wet dehulling and processing of sesame seed to obtain edible protein concentrates. Journal of Food Science and Technology. 7: 127-131.

Seegeler, C.J.P. 1983. Oil Plants in Ethiopia: Their taxonomy and agricutural significance. Wageningen: Center for Agricultural Plublishing and Documentation.

Wu, W.H. 2007. The contents of lignans in commercial sesame oils of Taiwan and their changes during heating. Food Chemistry. 104: 341-344.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก
# วัตถุดิบ

## ก.1 วัตถุดิบ

งาที่ไม่ผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือก

งาขาวเล็ก

งาขาวใหญ่

งาเบา

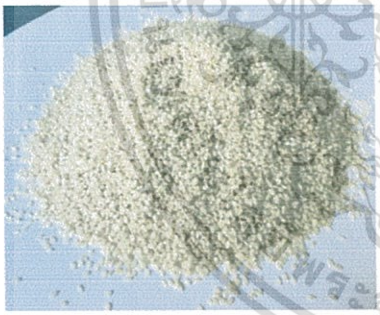
งาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

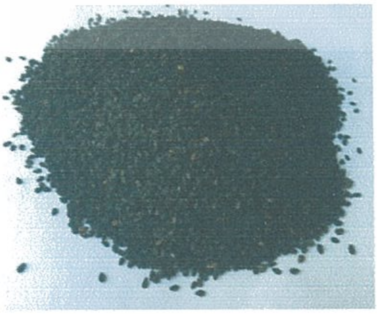
งาที่ผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือก

งาขาวเล็ก

งาขาวใหญ่



งาเบา



งาดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งาที่ผ่านกระบวนการโม่กะเทาะเปลือกและฟอก

งาขาวเล็ก

งาขาวใหญ่

งาเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข
# วิธีการสกัดน้ำมันงา

## ข.1 วิธีการสกัดน้ำมันงา (นิอร, 2553)

นำงาที่ใช้ตรวจวิเคราะห์ มาปั่นด้วยเครื่องปั่นแห้งให้ละเอียด

↓

นำงาที่ปั่นละเอียดแล้วมากวนผสมกับเฮกเซน (งา100กรัม : เฮกเซน500มิลลิลิตร) จากนั้นปิดให้สนิท

↓

วางตั้งทิ้งไว้ในห้องเย็น 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

↓

นำมากรองด้วยเครื่อง Vacuum Pump

↓

นำของเหลวที่กรองได้ไปสกัดเอาน้ำมันด้วยเครื่อง Evaporator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

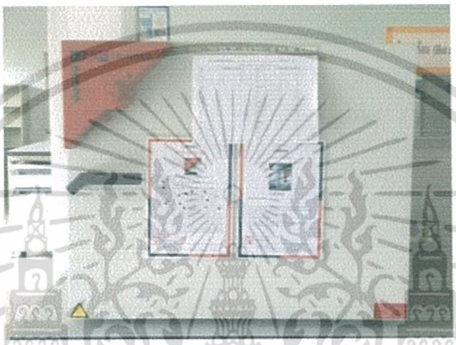
ตัวอย่างน้ำมันงาชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค
# การวิเคราะห์ทางเคมี

## ค.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยใช้วิธีการอบแห้ง (AOAC, 1984)

อุปกรณ์
1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. อลูมิเนียมแคน
3. ตู้อบไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้



**ภาพภาคผนวก ค.1** ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)

4. โถดูดความชื้น (desiccator)
5. ที่คีบ (Tong)

วิธีการวิเคราะห์
1. นำถ้วยอลูมิเนียมไปอบที่ 120 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่โถดูดความชื้น (desiccator) ทิ้งไว้ให้เย็นและนำมาชั่งจนได้น้ำหนักแน่นอน 4 ตำแหน่ง
2. ชั่งนำหนักตัวอย่างอาหารที่บดแล้ว 3.0000-5.0000 กรัม (ทำ 3 ซ้ำ)
3. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาถ้วยอลูมิเนียม
4. เมื่อครบเวลาปิดฝา นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้นก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก
5. เก็บตัวอย่างไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์กับปริมาณไขมัน
6. นำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค.2 การวิเคราะห์ค่าไขมันโดยวิธีซ็อกเลท (Soxhlet method) (AOAC, 1984)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องสกัดไขมัน พร้อมทิมเบิล (thimble) และบีกเกอร์ไขมัน

**ภาพภาคผนวก ค.2** เครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet extractor)

3. ตู้อบไฟฟ้า (Hot Air Oven) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้
4. โถดูดความชื้น (desiccator)
5. ที่คีบ (Tong)
6. Boiling chip จำนวน 2 เม็ด

สารเคมี

1. ปิโตเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส

วิธีการวิเคราะห์

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ Boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 1ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (4 ตำแหน่ง)
2. ชั่งตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้ว บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ในทิมเบิล (extraction thimble) ตวงตัวทำละลายปิโตเลียมอีเทอร์ จำนวน 140-180 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ไขมัน ต่อทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างและบีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง เมื่อครบเวลานำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยปิโตเลียมอีเทอร์ออกไป ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์
3. นำน้ำหนักที่ได้คำนวณหาเปอร์เซ็นไขมันในตัวอย่าง จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์หลังสกัด} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์ก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค.3 การวิเคราะห์ค่าโปรตีนโดยวิธีเคลดาห์ล (Kjeldahl method) (AOAC, 1984)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. Kjeldahl flask
3. เครื่องย่อยและเครื่องกลั่นไนโตรเจน

**ภาพภาคผนวก ค.**3 เครื่องย่อยและเครื่องกลั่นไนโตรเจน (KjelDigester and KjelMaster)

4. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
5. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. Boiling chip จำนวน 2 เม็ด

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดบอริกร้อยละ 2
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 หรือ 0.01 นอร์มอล
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ32
5. ตัวเร่ง(Catalyst)
6. สารละลายอินดิเคเตอร์

เตรียม ร้อยละ 0.1 โบรโมคีซอลกรีน ในเอทานอลร้อยละ 95

เตรียม ร้อยละ 0.1 เมธิลเรด ในเอทานอลร้อยละ 95

นำ ร้อยละ 0.1 โบรโมคีซอลกรีน จำนวน 10 มิลลิลิตร ผสมร้อยละ 0.1 เมธิลเรด จำนวน 1 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 0.1-5 กรัม (ขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนของตัวอย่างถ้าปริมาณโปรตีนน้อยให้ใช้ตัวอย่างมาก) เติมตัวเร่ง 7-10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15-25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 2-3 ลูก ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน(ปริมาณตัวเร่งและกรดซัลฟูริกที่ใช้ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องย่อยที่ใช้)

2.นำหลอดย่อยโปรตีนไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย จนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส ปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมด ทิ้งไว้ให้เย็น

3. นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้าเครื่องกลั่นโปรตีน เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32 กับน้ำกลั่นในปริมาณที่เครื่องกลั่นแต่ละเครื่องกำหนด ใช้กรดบอริกเข้มข้น 2% เป็นตัวจับแอมโมเนีย ตวงกรดบอริกร้อยละ 2 ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด จะได้สารสีส้มแดงใส รอจนกลั่นเสร็จ

4. นำขวดรูปชมพู่หลังจากกลั่นเสร็จที่มีสารละลายกรดบอริกกับแอมโมเนียซึ่งมีสีฟ้าใสมาไตเตรตกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 หรือ 0.01 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนไปเป็นใสไม่มีสี บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

5. นำปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A-B) \times N\ HCl \times 1 \times 100}{W \times 1000}$$

## ค.4 การวิเคราะห์หาค่าเถ้า (AOAC, 1984)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)
3. เตาเผาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (Furnace muffle)
4. เตาให้ความร้อน
5. ที่คีบ (Tong)

วิธีการทดลอง

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักละเอียด บันทึก
2. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 3.0000 – 5.0000 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง
3. เผาตัวอย่างบนเตาให้ความร้อน (ทำในตู้ดูดควัน) จนหมดควัน
4. นำไปเผาที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 – 4 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทา
5. คีบถ้วยกระเบื้องจากเตาเผา ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา
6. นำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้า จากสูตร

$$\%\text{เถ้า} = \frac{b-a}{w} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค.5 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง Moisture Halogen

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดปริมาณความชื้น

**ภาพภาคผนวก ค.4** เครื่องวัดปริมาณความชื้น (Halogen Moisture Analyzer)

2. จานอลูมิเนียม (pan)
3. โถดูดความชื้น
4. คีมคีบ (Forceps)

วิธีการวิเคราะห์

1. อบจานอลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในตู้อบแห้ง และทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
2. ชั่งน้ำหนักจานอลูมิเนียมในเครื่องวัดปริมาณความชื้น (Halogen Moisture Analyzer (Metter Toledo HR73)) และปรับให้เป็นศูนย์
3. ชั่งน้ำหนักของตัวอย่าง (น้ำหนักของตัวอย่างที่ชั่งขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่างตามคู่มือการใช้งานของเครื่อง) งาที่ไม่ไม่ได้ผ่านการอบชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5.0 กรัม และ งาที่ผ่านการอบชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2.0 กรัม ตั้งโปรแกรมการใช้งานตามคู่มือการใช้งาน
4. กดปุ่ม start เครื่องจะเริ่มทำงาน จากนั้นรอจนกระทั่งจานอลูมิเนียมที่ใส่ตัวอย่างเลื่อนออกมาด้านนอกเครื่อง ซึ่งเครื่องจะสิ้นสุดการทำงานและการหาความชื้น
5. ค่าปริมาณความชื้นที่ได้จะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์บนหน้าจอแสดงผลของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค.6 การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมน้ำ (Water Activity, Aw) ด้วยเครื่องวัดค่ากิจกรรมน้ำ (Water activity meter)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่ากิจกรรมน้ำ

**ภาพภาคผนวก ค.5** เครื่องวัดค่ากิจกรรมน้ำ (Water activity meter)

2. ตลับใส่ตัวอย่าง
3. ตลับเกลือ

วิธีการวิเคราะห์

1. วิธีการ Calibrate เครื่อง มีวิธีการดังนี้

1.1 นำ Salt Standard (ความชื้นมาตรฐาน) มาใส่ใน measuring chamber ให้เริ่มต้นด้วย Salt Standard SAL-90 (90.1เปอร์เซ็นต์ERH)

1.2 ปิดฝาครอบ

1.3 หมุนปุ่มสีเหลืองด้านหน้าไปที่หมายเลข 2

1.4 รอจนกว่าค่า aw ใกล้เคียงกับค่า salt standard ที่ใส่เข้าไป

1.5 กดปุ่ม enter จนกระทั่งข้อความบนจอหยุดกระพริบ

1.6 ทำการ calibrate หลายๆ ค่าในคราวเดียวกันเป็นลำดับ เริ่มจากที่มีค่ามากลงไปถึงค่าน้อย อย่างน้อยสองค่า ซึ่งสามารถครอบคลุมถึงค่า Aw ซึ่งคาดว่าจะเป็นค่า Aw ของตัวอย่างที่ต้องการจะวัดค่า

1.7 เครื่องจะทำการ Calibrate จนเสร็จสิ้นกระบวนการ

1.8 เข้าโปรแกรมวัดค่า Aw จากนั้นหมุนปุ่มสีเหลืองของเครื่อง ไปที่ตำแหน่งที่ 1

2. นำตลับพลาสติกมาใส่สารตัวอย่างให้ได้ปริมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของความจุ

3. นำตลับตัวอย่างมาใส่ไว้ใน Measuring Chamber

4. ปิดฝา Chamber โดยหมุนตามเข็มนาฬิกาแล้วปิดฝาครอบ

5. รอกระทั่ง Relative Humidity ของอากาศที่วัดได้อยู่ในสภาวะที่สมดุลกับสารตัวอย่าง

6. ค่ากิจกรรมน้ำที่ได้จะแสดงเป็นตัวเลขบนหน้าจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค.7 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (Acid Value, AV) (AOCS, 2011)

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. บิวเรตและแสตน
3. ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร
4. กระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. เอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์
2. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์
3. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.25 นอร์มอล

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 7.05± 0.05 ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมเอทานอลในปริมาณ 75 มิลลิลิตร และทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมฟีนอล์ฟทาลีน จำนวน 1 มิลลิลิตร
3. หมุนขวดเพื่อผสมส่วนผสมในขวดจากนั้นไตเตรททันทีกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.25 นอร์มอล บันทึกปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเทรต
4. นำปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้ไปคำนวณค่าความเป็นกรด จากสูตร

$$\text{The acid value, mg NaOH of sample} = \frac{[(A-B)\times N\times 40]}{W}$$

โดย A = ปริมาณสารละลายด่างที่ใช้ในการไตเตรทน้ำมัน (มิลลิลิตร)
B = ปริมาณสารละลายด่างที่ใช้ในการไตเตรท blank (มิลลิลิตร)
N = ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)
W = น้ำหนักตัวอย่าง (น้ำมัน) (กรัม)

## ค.8 การวิเคราะห์ค่าค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value, PV) (AOCS, 2011)

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. บิวเรตและแสตน
3. ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร
4. กระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี

1. สารละลายกรดอะซิติก (Acetic acid glacial) และคลอโรฟอร์ม อัตราส่วน 3:2
2. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว
3. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.01 นอร์มัล
4. สารละลายน้ำแป้งความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5.00±0.05 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายผสม อะซิติก : คลอโรฟอร์ม (3:2) 30 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร
4. เขย่าสารละลายเป็นเวลา 1 นาทีในที่มืด และเติมน้ำกลั่นทันที 30 มิลลิลิตร
5. ไตเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อนและเติมสารละลายน้ำแป้ง 2 มิลลิลิตร และไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินจางหายไป
6. บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ที่ใช้ในการไตเทรต
7. ทำ blank ตามวิธีเดียวกับที่กล่าวข้างต้น แต่ไม่ใส่ตัวอย่างน้ำมัน
8. นำปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ได้มาคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ จากสูตร

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

เมื่อ S = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

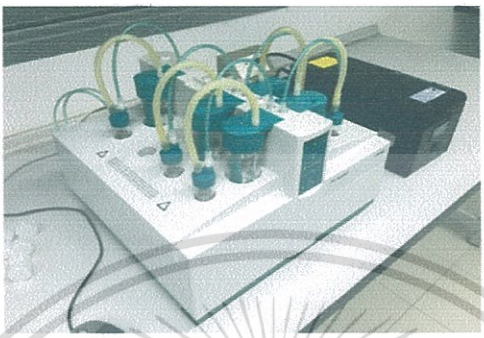
N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (นอร์มอล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค.9 การวิเคราะห์ค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability) ด้วยเครื่องเครื่องวัดค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Rancimat)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน



**ภาพภาคผนวก ค.6** เครื่องวัดค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Rancimat)

2. หลอดใส่ตัวอย่าง
3. กระบอกใส่น้ำ Deionized water (DI)
4. สายยาง และข้อต่อ
5. น้ำ Deionized water (DI)
4. สายยาง และข้อต่อ
6. คอมพิวเตอร์ประมวลผล

วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องเครื่องวัดค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เพื่อวอร์มเครื่อง จนสัญญาณที่หน้าจอเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว
2. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 3 กรัมใส่ลงในหลอดทดลอง ปิดฝาและต่อสายยางให้เรียบร้อย
3. เติมน้ำ DI ลงในกระบอก 80 มิลลิลิตร ปิดฝาและต่อสายยางให้เรียบร้อย
4. ใส่หลอดตัวอย่าง และกระบอกน้ำDI ลงในตัวเครื่อง
5. กดเริ่มที่คอมพิวเตอร์ให้เครื่องทำงาน จนเครื่องขึ้นว่าสำเร็จจริงนำตัวอย่างออก
6. ค่าที่ได้จะแสดงกราฟ และค่า Induction time (IT) ซึ่งมีหน่วยเป็นชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

## ง.1 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันงาประกอบด้วยค่าความเป็นกรด และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันงาชนิดต่างๆ

ตารางที่ ง.1

| Source | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Acid Value | Between Groups | 15.936 | 7 | 2.277 | 468.981 | .000 |
| | Within Groups | .078 | 16 | .005 | | |
| | Total | 16.013 | 23 | | | |
| Oxidative Stability | Between Groups | 5.508 | 7 | .787 | 15.463 | .000 |
| | Within Groups | .814 | 16 | .051 | | |
| | Total | 6.322 | 23 | | | |
| Repeatedly | Between Groups | .000 | 7 | .000 | .000 | 1.000 |
| | Within Groups | 16.000 | 16 | 1.000 | | |
| | Total | 16.000 | 23 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ง.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงาประกอบด้วยค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาขาวเล็กที่อุณหภูมิในการอบแห้งต่างๆ**

ตารางที่ ง.2

| Source | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Moisture Content | Between Groups | .219 | 3 | .073 | 2.636 | .121 |
| | Within Groups | .221 | 8 | .028 | | |
| | Total | .440 | 11 | | | |
| Water Activity | Between Groups | .003 | 3 | .001 | 1.181 | .376 |
| | Within Groups | .006 | 8 | .001 | | |
| | Total | .009 | 11 | | | |
| Acid Value | Between Groups | .768 | 3 | .256 | 135.389 | .000 |
| | Within Groups | .015 | 8 | .002 | | |
| | Total | .783 | 11 | | | |
| Peroxide Value | Between Groups | 4.572 | 3 | 1.524 | 2.540E3 | .000 |
| | Within Groups | .005 | 8 | .001 | | |
| | Total | 4.577 | 11 | | | |
| Oxidative Stability | Between Groups | 11.703 | 3 | 3.901 | 12.757 | .002 |
| | Within Groups | 2.446 | 8 | .306 | | |
| | Total | 14.150 | 11 | | | |
| Repeatedly | Between Groups | .000 | 3 | .000 | .000 | 1.000 |
| | Within Groups | 8.000 | 8 | 1.000 | | |
| | Total | | 11 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ง.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงาประกอบด้วยค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาขาวใหญ่ที่อุณหภูมิในการอบแห้งต่างๆ**

ตารางที่ ง.3

| Source | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Moisture Content | Between Groups | .359 | 3 | .120 | 1.155 | .385 |
| | Within Groups | .830 | 8 | .104 | | |
| | Total | 1.189 | 11 | | | |
| Water Activity | Between Groups | .026 | 3 | .009 | 9.185 | .006 |
| | Within Groups | .007 | 8 | .001 | | |
| | Total | .033 | 11 | | | |
| Acid Value | Between Groups | .608 | 3 | .203 | 289.472 | .000 |
| | Within Groups | .006 | 8 | .001 | | |
| | Total | .613 | 11 | | | |
| Peroxide Value | Between Groups | 6.873 | 3 | 2.291 | 1.439E3 | .000 |
| | Within Groups | .013 | 8 | .002 | | |
| | Total | 6.885 | 11 | | | |
| Oxidative Stability | Between Groups | .354 | 3 | .118 | 18.100 | .001 |
| | Within Groups | .052 | 8 | .007 | | |
| | Total | .406 | 11 | | | |
| Repeatedly | Between Groups | .000 | 3 | .000 | .000 | 1.000 |
| | Within Groups | 8.000 | 8 | 1.000 | | |
| | Total | 8.000 | 11 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ง.4 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงาประกอบด้วยค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาเบาที่อุณหภูมิในการอบแห้งต่างๆ**

ตารางที่ ง.4

| Source | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Moisture Content | Between Groups | 1.695 | 3 | .565 | 8.812 | .006 |
| | Within Groups | .513 | 8 | .064 | | |
| | Total | 2.208 | 11 | | | |
| Water Activity | Between Groups | .083 | 3 | .028 | 13.778 | .002 |
| | Within Groups | .016 | 8 | .002 | | |
| | Total | .099 | 11 | | | |
| Acid Value | Between Groups | .981 | 3 | .327 | 62.558 | .000 |
| | Within Groups | .042 | 8 | .005 | | |
| | Total | 1.022 | 11 | | | |
| Peroxide Value | Between Groups | 7.862 | 3 | 2.621 | 2.246E3 | .000 |
| | Within Groups | .009 | 8 | .001 | | |
| | Total | 7.871 | 11 | | | |
| Oxidative Stability | Between Groups | 2.112 | 3 | .704 | 1.043E3 | .000 |
| | Within Groups | .005 | 8 | .001 | | |
| | Total | 2.117 | 11 | | | |
| Repeatedly | Between Groups | .000 | 3 | .000 | .000 | 1.000 |
| | Within Groups | 8.000 | 8 | 1.000 | | |
| | Total | 8.000 | 11 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ง.5 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงาประกอบด้วยค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาขาวเล็กที่ความชื้นหลังการอบแห้งต่างๆ**

ตารางที่ ง.5

| Source | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Moisture Content | Between Groups | 17.459 | 3 | 5.820 | 460.966 | .000 |
| | Within Groups | .101 | 8 | .013 | | |
| | Total | 17.560 | 11 | | | |
| Water Activity | Between Groups | .163 | 3 | .054 | 1.408E3 | .000 |
| | Within Groups | .000 | 8 | .000 | | |
| | Total | .163 | 11 | | | |
| Acid Value | Between Groups | .024 | 3 | .008 | 11.270 | .003 |
| | Within Groups | .006 | 8 | .001 | | |
| | Total | .029 | 11 | | | |
| Peroxide Value | Between Groups | 2.856 | 3 | .952 | 316.415 | .000 |
| | Within Groups | .024 | 8 | .003 | | |
| | Total | 2.880 | 11 | | | |
| Oxidative Stability | Between Groups | 3.983 | 3 | 1.328 | 231.255 | .000 |
| | Within Groups | .046 | 8 | .006 | | |
| | Total | 4.029 | 11 | | | |
| Repeatedly | Between Groups | .000 | 3 | .000 | .000 | 1.000 |
| | Within Groups | 8.000 | 8 | 1.000 | | |
| | Total | 8.000 | 11 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ง.6 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงาประกอบด้วยค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาขาวใหญ่ที่ความชื้นหลังการอบแห้งต่างๆ**

ตารางที่ ง.6

| Source | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Moisture Content | Between Groups | 17.743 | 3 | 5.914 | 2.544E3 | 1.000 |
| | Within Groups | .019 | 8 | .002 | | |
| | Total | 17.762 | 11 | | | |
| Water Activity | Between Groups | .117 | 3 | .039 | 1.503E3 | .000 |
| | Within Groups | .000 | 8 | .000 | | |
| | Total | .117 | 11 | | | |
| Acid Value | Between Groups | 1.391 | 3 | .464 | 38.873 | .000 |
| | Within Groups | .095 | 8 | .012 | | |
| | Total | 1.486 | 11 | | | |
| Peroxide Value | Between Groups | 5.397 | 3 | 1.799 | 269.833 | .000 |
| | Within Groups | .053 | 8 | .007 | | |
| | Total | 5.450 | 11 | | | |
| Oxidative Stability | Between Groups | 2.223 | 3 | .741 | 433.670 | .000 |
| | Within Groups | .014 | 8 | .002 | | |
| | Total | 2.236 | 11 | | | |
| Repeatedly | Between Groups | .000 | 3 | .000 | .000 | .000 |
| | Within Groups | 8.000 | 8 | 1.000 | | |
| | Total | 8.000 | 11 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ง.7 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันงาประกอบด้วยค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมน้ำ ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของงาเบาที่ความชื้นหลังการอบแห้งต่างๆ**

ตารางที่ ง.7

| Source | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Moisture Content | Between Groups | 16.366 | 3 | 5.455 | 768.341 | .000 |
| | Within Groups | .057 | 8 | .007 | | |
| | Total | 16.422 | 11 | | | |
| Water Activity | Between Groups | .037 | 3 | .012 | 166.637 | .000 |
| | Within Groups | .001 | 8 | .000 | | |
| | Total | .038 | 11 | | | |
| Acid Value | Between Groups | .053 | 3 | .018 | 20.436 | .000 |
| | Within Groups | .007 | 8 | .001 | | |
| | Total | .060 | 11 | | | |
| Peroxide Value | Between Groups | .520 | 3 | 1.735 | 108.326 | .000 |
| | Within Groups | .128 | 8 | .016 | | |
| | Total | 5.332 | 11 | | | |
| Oxidative Stability | Between Groups | 7.261 | 3 | 2.420 | 724.263 | .000 |
| | Within Groups | .027 | 8 | .003 | | |
| | Total | 7.287 | 11 | | | |
| Repeatedly | Between Groups | .000 | 3 | .000 | .000 | 1.000 |
| | Within Groups | 8.000 | 8 | 1.000 | | |
| | Total | 8.000 | 11 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | จันทรัตน์ ตั้งศักดิ์เจริญสุข |
| วัน เดือน ปี เกิด | 28 กันยายน 2536 |
| ประวัติการศึกษา | ปริญญาตรี : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย | นักศึกษาฝึกงานตำแหน่งฝ่ายผลิต บริษัท ซีพีแรม จำกัด |
| รางวัลที่เคยได้รับ | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นพภัสสร ภูมิชัย |
| วัน เดือน ปี เกิด | 9 สิงหาคม 2536 |
| ประวัติการศึกษา | ปริญญาตรี : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย | นักศึกษาฝึกงาน ตำแหน่งประกันคุณภาพ ณ.บริษัทยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด |
| รางวัลที่เคยได้รับ | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้