อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมัน ที่มีต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ

EFFECTS OF HEAT TREATMENT TEMPERATURE AND DURATION OF OIL PALM FRUITS ON CRUDE PALM OIL QUALITY

ณัฐฐาภรณ์ ภักดีสรสุข
NUTTHARPORN PUCKDEESORASUK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-100-061

อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมัน ที่มีต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ

EFFECTS OF HEAT TREATMENT TEMPERATURE AND DURATION OF OIL PALM FRUITS ON CRUDE PALM OIL QUALITY

ณัฐฐาภรณ์ ภักดีสรสุข

NUTTHARPORN PUCKDEESORASUK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

KMITL-2016-EN-M-100-061

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	EFFECTS OF HEAT TREATMENT TEMPERATURE AND DURATION OF OIL PALM FRUITS ON CRUDE PALM OIL QUALITY
Student	Ms. Nuttharporn Puckdeesorasuk
Student ID.	56601116
Degree	Master of Engineering
Program	Agricultural Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Prasan Choomjaihan
Thesis Co - Advisor	Dr. Tanakorn Tantanawat

ABSTRACT

To meet the acceptable quality specifications of crude palm oil (CPO), the aim of this research was to study on the effect of temperature and drying time of oil palm fruits using a hot–air oven in laboratory scale. The results showed that the free fatty acid (FFA), deterioration of bleachability index (DOBI), and moisture content in CPO were at an acceptable value, but FFA decreased with increasing temperature or oven time compared to non-heat-treated palm fruits. The storage of CPO for 0, 7 and 14 days resulted in increased FFA only at low temperature, while FFA were unchanged at high temperature with longer heat treatment. From our study of dried oil palm fruits, the best condition was given at 120 °C for 30 minutes by using a hot-air oven in laboratory scale. The energy consumption was the lowest at 1.82 kWh which is conforming to acceptable quality specifications of CPO. The exponential models for predicting FFA in CPO with a storage time of 0, 7 and 14 days gave R-squared values of 0.92, 0.93 and 0.96 respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันที่มีต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ

Thesis Title Effects of Heat Treatment Temperature and Duration of Oil Palm Fruits on Crude Palm Oil Quality

นักศึกษา นางสาวณัฐฐาภรณ์ ภักดีสรสุข

รหัสประจำตัว 56601116

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ (ร่วม) ดร.ธนกร ตันธนวัฒน์

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-100-061

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.จิราพร	ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ	
รศ.ดร.ปานมนัส	ศิริสมบูรณ์	
รศ.ดร.อนุพันธ์	เทอดวงศ์วรกุล	
ผศ.ดร.ทรงวุฒิ	แสงจันทร์	
ผศ.ดร.ประสันต์	ชุ่มใจหาญ	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพุธที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2559 เวลา 09.30-11.30 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันที่มีต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ
นักศึกษา	นางสาวณัฐฐาภรณ์ ภักดีสรสุข
รหัสประจำตัว	56601116
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ (ร่วม)	ดร.ธนกร ตันธนวัฒน์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันด้วยเตาอบลมร้อนในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อให้สามารถสกัดน้ำมันปาล์มดิบในระดับห้องปฏิบัติการที่มีคุณภาพตามมาตรฐานกำหนด จากการศึกษาพบว่าค่ากรดไขมันอิสระ, ค่าความสด, และค่าความชื้นหลังจากผ่านการอบที่อุณหภูมิสูงหรือระยะเวลาในการอบนานขึ้นมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่ค่ากรดไขมันอิสระมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลปาล์มน้ำมันที่ไม่ผ่านการอบ เมื่อเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบเป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน มีการเพิ่มขึ้นของค่ากรดไขมันอิสระที่การให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำเท่านั้น ในขณะที่ค่ากรดไขมันอิสระคงที่เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบที่นานกว่า เมื่อพิจารณาถึงพลังงานไฟฟ้าที่ใช้พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลานาน 30 นาที ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดเท่ากับ 1.82 kWh สมการการทำนายอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ มีความสัมพันธ์แบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งสมการทำนายค่ากรดไขมันอิสระที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 7 และ 14 วัน ให้ค่าความแม่นยำในรูปแบบของค่า R-Square เท่ากับ 0.92, 0.93, และ 0.96 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	EFFECTS OF HEAT TREATMENT TEMPERATURE AND DURATION OF OIL PALM FRUITS ON CRUDE PALM OIL QUALITY
Student	Ms. Nuttharporn Puckdeesorasuk
Student ID.	56601116
Degree	Master of Engineering
Program	Agricultural Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Prasan Choomjaihan
Thesis Co - Advisor	Dr. Tanakorn Tantanawat

ABSTRACT

To meet the acceptable quality specifications of crude palm oil (CPO), the aim of this research was to study on the effect of temperature and drying time of oil palm fruits using a hot–air oven in laboratory scale. The results showed that the free fatty acid (FFA), deterioration of bleachability index (DOBI), and moisture content in CPO were at an acceptable value, but FFA decreased with increasing temperature or oven time compared to non-heat-treated palm fruits. The storage of CPO for 0, 7 and 14 days resulted in increased FFA only at low temperature, while FFA were unchanged at high temperature with longer heat treatment. From our study of dried oil palm fruits, the best condition was given at 120 °C for 30 minutes by using a hot-air oven in laboratory scale. The energy consumption was the lowest at 1.82 kWh which is conforming to acceptable quality specifications of CPO. The exponential models for predicting FFA in CPO with a storage time of 0, 7 and 14 days gave R-squared values of 0.92, 0.93 and 0.96 respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า และขอขอบพระคุณ ดร.ธนกร ตันธนวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการออกแบบการทดลองและให้คำแนะนำและให้ความรู้เกี่ยวกับปาล์มน้ำมัน และให้คำปรึกษาในการค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ ที่ให้คำแนะนำและกำลังใจและความช่วยเหลือ และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ทำให้ข้าพเจ้าได้นำความรู้จากการเรียนมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย และให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ หน่วยวิจัยเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีการแปรรูปปาล์มน้ำมันที่ให้การสนับสนุนในด้านอุปกณ์และเครื่องมือสำหรับใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการทุกคนที่ช่วยสนับสนุนและให้กำลังใจส่งผลให้วิทยานิพนธ์นี้ได้สำเร็จลุล่วง

สุดท้ายต้องขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าอย่างยิ่งที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วง

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ณัฐฐาภรณ์ ภักดีสรสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ..... I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูป..... IX

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 9

1.3 สมมติฐานของการศึกษา..... 9

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 9

1.5 ขอบเขตการวิจัย 10

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 11

2.1 ปาล์มน้ำมัน 11

2.1.1 ประวัติและความเป็นมาของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน..... 11

2.1.2 ลักษณะทั่วไปของปาล์มน้ำมัน..... 12

2.1.3 ผลและเมล็ดของปาล์มน้ำมัน 13

2.1.4 การเก็บเกี่ยวทะลายปาล์ม..... 15

2.1.5 พื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันของไทย 17

2.1.6 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันปาล์ม 18

2.1.7 ส่วนประกอบของน้ำมันปาล์มดิบ 19

2.2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (Palm oil Milling Processing)..... 20

2.2.1 การนึ่งไอน้ำ (Sterilization Bunch)..... 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลาย (Palm Fresh Fruit Brunch Stripping) 22
2.2.3 การย่อยผลปาล์มน้ำมัน (Digestion) 22
2.2.4 การหีบน้ำมันปาล์ม (Pressing) 22
2.2.5 การกรองน้ำมัน (Separation) 23
2.2.6 การกำจัดน้ำออกจากน้ำมัน (Drying) 23
2.3 สัดส่วนผลผลิตในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม 24
2.4 การเกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมัน 27
2.5 คุณภาพน้ำมันปาล์มดิบรวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมัน 28
2.6 กระบวนการอบผลปาล์มและความชื้นที่ส่งผลต่อการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ 30
2.7 การไตเตรท 31
2.7.1 คำนิยามค่าของกรด 31
2.7.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ 31
2.7.3 ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย 31
2.7.4 วิธีวิเคราะห์ 31
2.7.5 วิธีการคำนวณ 32
2.7.6 ตัวอย่างการคำนวณค่าของกรดและปริมาณกรดไขมันอิสระ 33
2.8 การออกแบบการทดลอง (Design of Experimental) 33
2.8.1 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง 34
2.8.2 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 37
2.8.3 ข้อดีและข้อเสียของการทดลองแบบแฟคทอเรียล 39
2.9 หลักการทำงานของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer 41
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 42
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 47
3.1 วิธีการดำเนินงาน 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การวางแผนการทดลอง....47
3.1.2 การเตรียมตัวอย่าง....48
3.1.3 กระบวนการแปรรูปจากผลปาล์มน้ำมันสด....49
3.1.4 การศึกษาหาความชื้นของผลปาล์มน้ำมันสด....50
3.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ....52
3.3 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ....53
3.4 การตรวจวิเคราะห์ค่าความชื้นในน้ำปาล์มดิบ....55
3.5 การตรวจวิเคราะห์ค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ....55
3.6 การศึกษาผลของการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบหลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อน....56
3.7 การวัดค่าพลังงานไฟฟ้า....57
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์....58
4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ....58
4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ....61
4.2.1 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ....62
4.2.2 อิทธิพลของระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ....63
4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ....64
4.4 สภาวะในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ....66
4.5 ค่าพลังงานไฟฟ้า....67
4.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0, 7 และ 14 วัน....68
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....80
5.1 สรุปผลการวิจัย....80
5.2 ข้อเสนอแนะ....82
เอกสารอ้างอิง....83
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก ข้อมูลและผลการทดลอง.....87
ภาคผนวก ข ผลการใช้ Customized Fitting Program 101
ภาคผนวก ค บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ 110
ประวัติผู้เขียน 121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 มาตรฐานการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน 16

2.2 มาตรฐานคุณภาพทะลายปาล์มน้ำมัน 16

2.3 สูตรทางเคมีและชื่อวิทยาศาสตร์ของกรดไขมันทั่วไป 20

2.4 ระดับคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ....29

2.5 ปริมาณกรดไขมันอิสระในปาล์มน้ำมันที่ได้รับแรงกระทบกระเทือนทางกายภาพ 29

2.6 ปริมาณการชั่งน้ำมันพืช 32

4.1 ค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบต่างๆ....61

4.2 ค่าความสดในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ 62

4.3 ค่าความสดในน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลาในการอบต่างๆ 63

4.4 ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบต่างๆ....65

4.5 แสดงค่า R-Square ที่ได้จากการเลือกเส้นกราฟที่เหมาะสมกับข้อมูล (Curve Fitting) ด้วยวิธี Customized Fitting Program....69

4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ k 70

4.7 เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันอิสระเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสดที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 7 และ 14 วัน....71

4.8 การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของวิธีการสร้างด้วย Customized Fitting Program....72

4.9 รูปแบบของสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันกับค่าสัมประสิทธิ์ k ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลาต่างๆ....75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า
1.1 เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2554 – 2559 2
1.2 ระบบอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย 3
1.3 โครงสร้างอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย ปี 2558 4
1.4 ราคาผลปาล์มน้ำมันทั้งทะลายที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา ระหว่างปี 2554-2558 5
1.5 ราคาผลปาล์มน้ำมัน น้ำมันปาล์มดิบ และราคาน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (Bulk) 5
1.6 การใช้พลังงานของประเทศไทยปีพ.ศ. 2557 6
1.7 การใช้เอทานอลและไบโอดีเซลในประเทศไทย ปี พ.ศ.2553 – 2557 7
2.1 ลักษณะของต้นปาล์มน้ำมัน 12
2.2 ส่วนประกอบของทะลายปาล์มน้ำมัน 13
2.3 สัดส่วนของส่วนประกอบของทะลายปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอรา 14
2.4 ส่วนต่างๆของผลปาล์ม 15
2.5 สัดส่วนพื้นที่ปลูกปาล์มในประเทศไทย 17
2.6 ภาพจำลองการรวมตัวของกลีเซรอลกับกรดไขมัน 3 โมเลกุล 18
2.7 โครงสร้างการจับตัวกันระหว่างกลีเซอไรด์กับกรดไขมันอิสระภายในโมเลกุลของน้ำมันพืช 18
2.8 สูตรโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) 19
2.9 โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) 19
2.10 กระบวนการหีบน้ำมันปาล์มดิบด้วยกระบวนการหีบน้ำมันแบบมาตรฐาน 24
2.11 สัดส่วนผลผลิตในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม [13] 26
2.12 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส 27
2.13 ปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ 36
2.14 ผลกระทบการเกิดอิทธิพลระหว่างปัจจัย A และปัจจัย B โดยภาพซ้าย (ก) กรณีที่อิทธิพลของปัจจัยร่วมไม่มีผล และภาพขวา (ข) กรณีที่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วมมีผล 38
3.1 แผนผังการทดลอง 48
3.2 การแบ่งส่วนของทะลายปาล์ม 49
3.3 การแบ่งช่อปาล์มน้ำมันภายในและภายนอกเท่าๆกัน 49
3.4 เครื่องปั่น 50
3.5 เตาอบลมร้อน (Hot-Air Oven) 50
3.6 แผนผังแสดงการทดสอบหาความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสด 51
3.7 ทะลายปาล์มน้ำมันที่นำมาทดสอบ 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.8 เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ (Automatic Tritrator).....54
3.9 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง 54
3.10 ตัวอย่างน้ำมันปาล์มดิบสำหรับตรวจวิเคราะห์ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ.....55
3.11 เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer.....56
3.12 น้ำมันปาล์มดิบตัวอย่างที่บรรจุลงในหลอดเก็บตัวอย่าง 57
3.13 เครื่องวัดค่าพลังงานไฟฟ้า 57
4.1 ตัวอย่างผลปาล์มน้ำมันที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยเตาอบลมร้อน (Hot-Air Oven).....59
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0 วัน หรือหลังจากสกัดน้ำมันทันที 60
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับค่าความสดในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0 วัน หรือหลังจากสกัดน้ำมันทันที.....62
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0 วัน หรือหลังจากสกัดน้ำมันทันที.....65
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับค่ากรดไขมันอิสระใน น้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 7 วัน.....66
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับค่ากรดไขมันอิสระใน น้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 14 วัน.....67
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันกับค่าการใช้ พลังงานไฟฟ้าด้วยเตาอบลมร้อน (Hot-Air Oven) ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60 ถึง 140 องศาเซลเซียส.....68
4.8 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่ระยะเวลาต่างๆกับ ค่าสัมประสิทธิ์ k ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ 0 วัน หรือหลังสกัดน้ำมันปาล์มดิบทันที 73
4.9 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่ระยะเวลาต่างๆกับ ค่าสัมประสิทธิ์ k ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ 7 วัน.....74
4.10 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่ระยะเวลาต่างๆกับค่าสัมประสิทธิ์ k ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ 14 วัน.....74
4.11 ความสัมพันธ์ของปริมาณค่ากรดไขมันอิสระจากผลการทดลองเปรียบเทียบ กับค่ากรดไขมันอิสระจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษา น้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0 วัน หรือหลังจากสกัดน้ำมันทันที 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.12 ความสัมพันธ์ของปริมาณค่ากรดไขมันอิสระจากผลการทดลอง เปรียบเทียบกับค่ากรดไขมันอิสระจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 7 วัน 78

4.13 ความสัมพันธ์ของปริมาณค่ากรดไขมันอิสระจากผลการทดลอง เปรียบเทียบกับค่ากรดไขมันอิสระจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 14 วัน 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

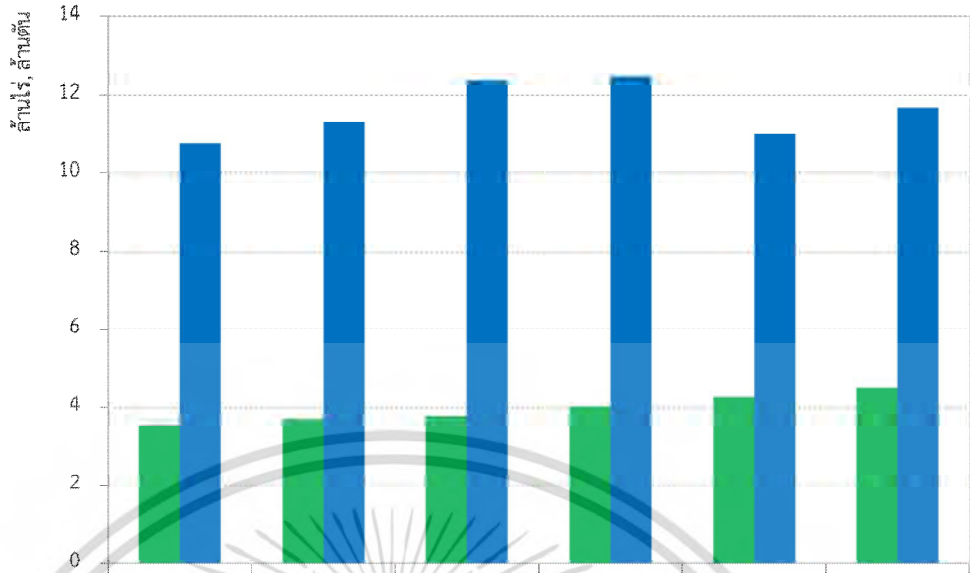
1.1 ความสำคัญและที่มา

ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชเศรษฐกิจ มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา เป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันทุกชนิด สามารถนำมาแปรรูปทำเป็นน้ำมันปาล์มประกอบอาหาร เนย รวมถึงเป็นส่วนผสมในไบโอดีเซล ในประเทศไทยปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ มีการปลูกทั้งทางภาคใต้และภาคตะวันออก ประเทศผลิตและส่งออกน้ำมันปาล์มรายใหญ่ที่สุดในโลก คือ ประเทศอินโดนีเซีย รองลงมาคือ ประเทศมาเลเซีย และประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตเป็นอันดับที่สามของโลก [1]

จากสถานการณ์ปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2558 ในด้านการผลิต พบว่าจากการขยายเนื้อที่ปลูกปาล์มน้ำมันอย่างต่อเนื่องส่งผลให้เนื้อให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันในช่วงตลอดระยะเวลา 3 ปีที่ผ่านมามีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และในปีพ.ศ. 2558 มีเนื้อที่ปลูกปาล์มน้ำมันซึ่งให้ผลผลิต 4.28 ล้านไร่ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิม 4.02 ล้านไร่ และผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันรวม 11.02 ล้านตัน จากการพยากรณ์ไตรมาส 4 เดือนธันวาคม 2558 ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรคาดว่าในปีพ.ศ. 2559 ประเทศไทยจะมีเนื้อที่ให้ผล 4.52 ล้านไร่ และมีผลผลิต 11.68 ล้านตัน ดังแสดงในรูปที่ 1.1

อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันทั้งระบบของไทยสามารถแสดงดังรูปที่ 1.2 คือ ในระบบการค้าปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม ในอดีตประกอบด้วยผู้เกี่ยวข้องหลัก 3 ฝ่าย คือ เกษตรกรสวนปาล์ม โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ต่อมาเริ่มมีอีกฝ่ายหนึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องในระบบการค้า คือ โรงงานผลิตไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์ ซึ่งเริ่มเป็นผู้ผลิตรายใหม่ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบในวัตถุดิบตั้งแต่ปี 2551 เป็นต้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	2554	2555	2556	2557	2558	2559
เนื้อที่ให้ผล (ล้านไร่)	3.56	3.7	3.77	4.023	4.276	4.515
ผลผลิต (ล้านตัน)	10.76	11.31	12.37	12.472	11.016	11.683

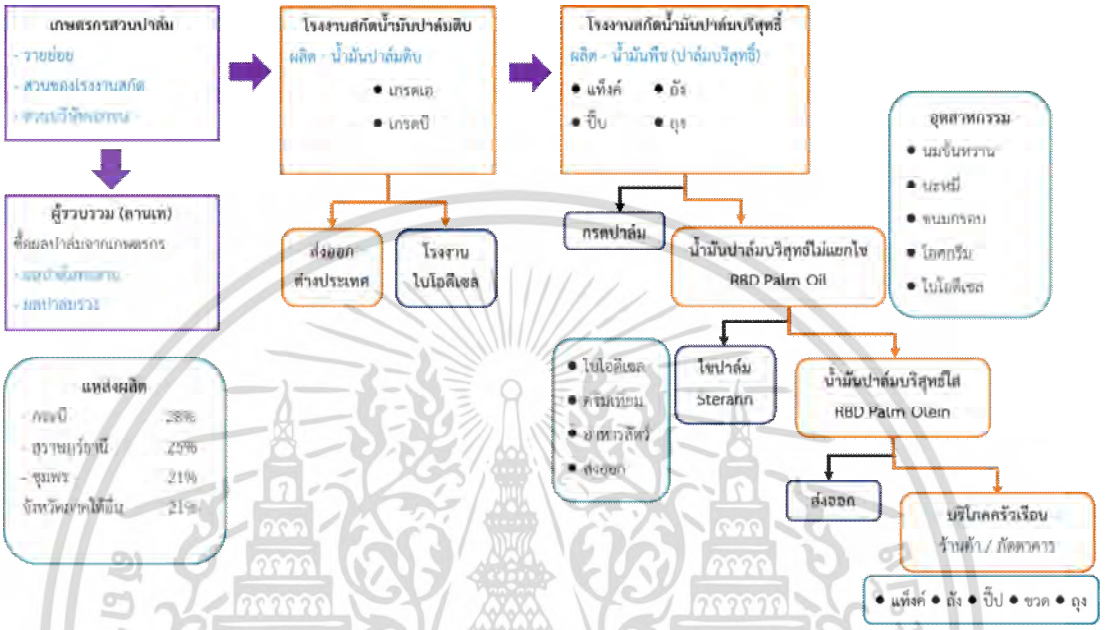
รูปที่ 1.1 เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2554 – 2559
ข้อมูล ณ วันที่ 28 ธันวาคม 2558 [2]

ปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มของไทย ณ ปัจจุบันยังเป็นอุตสาหกรรมเน้นหนักการแปรรูปเป็น “น้ำมันพืช” และในระบบการค้าน้ำมันพืช มีการผลิตหลายชนิด ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดในปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันทานตะวัน และน้ำมันรำข้าว ซึ่งทั้งระบบมีปริมาณน้ำมันปาล์มในสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 66 ตั้งแต่ปี 2550 ซึ่งน้ำมันปาล์ม จำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil) สกัดได้จากส่วนเปลือกสดของผลปาล์มน้ำมันและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม (Crude Palm Kernel Oil) สกัดได้จากเมล็ดในของผลปาล์มน้ำมัน น้ำมันปาล์มสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย และแบ่งกลุ่มการนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้คือ

1) ด้านอุตสาหกรรมอาหาร โดยใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลากหลายประเภท ได้แก่ น้ำมันทอด น้ำมันปรุงอาหาร มาการีน ไอศครีม ครีมเทียม นมเทียม เนยขาว เนยโกโก้ ขนมเค้ก ขนมปัง เป็นต้น รวมถึงผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ ได้แก่ วิตามินอี วิตตามินเอ
2) ด้านอุตสาหกรรมโอลิโอเคมิคอล ใช้ประโยชน์สำหรับการผลิต สินค้าอุปโภค โดยผ่านกระบวนการทางเคมี ได้แก่ การทำกรดไขมันประเภทต่างๆ ทั้งกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว เพื่อนำไปใช้อุตสาหกรรมมากมาย ได้แก่ กรดลอริก ใช้ทำเป็นเรซิน กรดปาล์มมิติก ใช้ในการเลี้ยงเชื้อรา เพื่อสกัดเป็นยาปฏิชีวนะ เมื่อนำไปรวมกับกรดสเตียติคทำเทียนไข กรดโอเลอิก ใช้ในอุตสาหกรรมเสื้อผ้า กรดสเตียริก ใช้ในการผลิตเครื่องสำอา สบู่เด็ก บวกกับกรดลิโนเลอิก ใช้เป็นยาฉีดสำหรับลดไขมันในเส้นเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

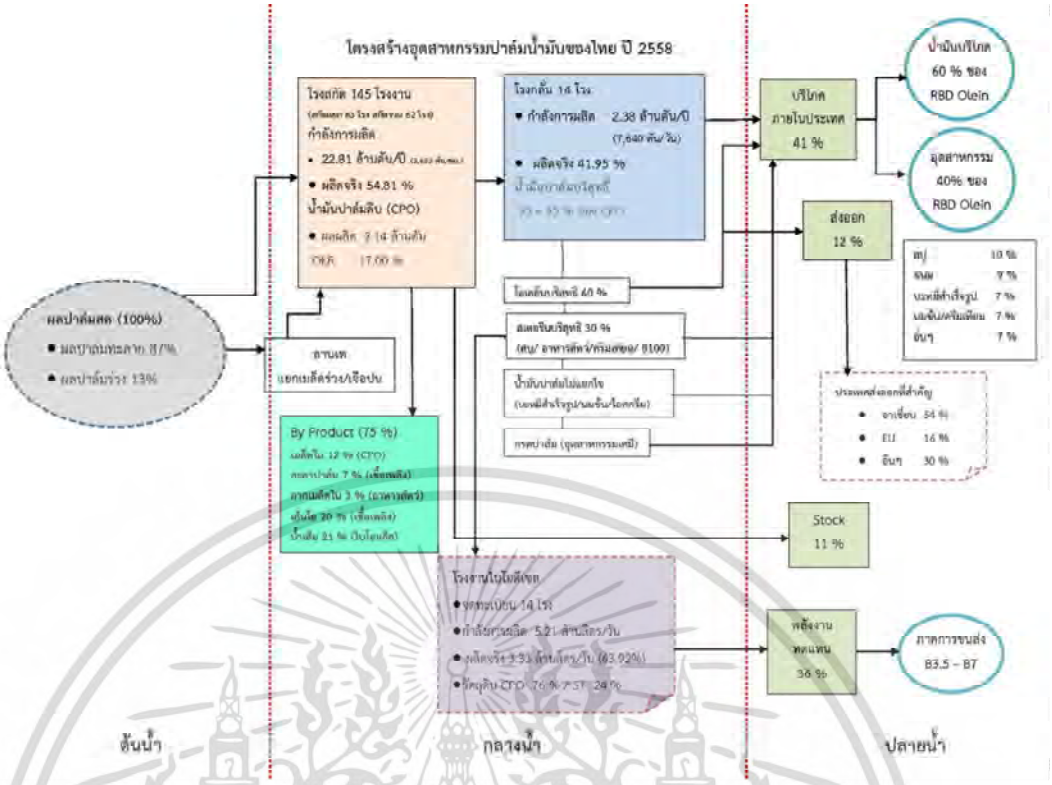
3) อุตสาหกรรมไบโอดีเซล การผลิตเมทธิลเอสเทอร์ เป็นสารที่ได้จากการทำกระบวนการทางเคมี คือ น้ำมันปาล์มและเมทธิลอัลกอฮอล์ โดยใช้โซดาไฟเป็นตัวเร่ง ซึ่งมีสารที่สำคัญและมีมูลค่ามาก ได้แก่ กลีเซอรอล เมทธิลเอสเทอร์ สามารถไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ด้านพลังงานไบโอดีเซล



รูปที่ 1.2 ระบบอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย [3]

เพื่อให้เห็นรายละเอียดของการเชื่อมโยงของภาคส่วนต่างๆ ในอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มในประเทศให้ชัดเจนยิ่งขึ้น สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้จัดทำโครงสร้างอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย ปี 2558 โดยแบ่งเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ในปีดังกล่าวประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิต 4.28 ล้านไร่ ให้ผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันคิดเป็นน้ำหนักรวม 11.02 ล้านตัน ทะลายปาล์มน้ำมันทั้งหมดถูกนำไปสกัดเป็นน้ำมันปาล์มดิบทั้งหมดได้ในปริมาณรวม 2.14 ล้านตัน ซึ่งน้ำมันปาล์มดิบเหล่านี้ถูกมานำกลั่นเป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เพื่อการบริโภคคิดเป็นร้อยละ 41 ใช้ในการผลิตเป็นไบโอดีเซลคิดเป็นร้อยละ 36 ส่งออกคิดเป็นร้อยละ 12 และสต็อกสำรองไว้คิดเป็นร้อยละ 11 ดังแสดงในรูปที่ 1.3

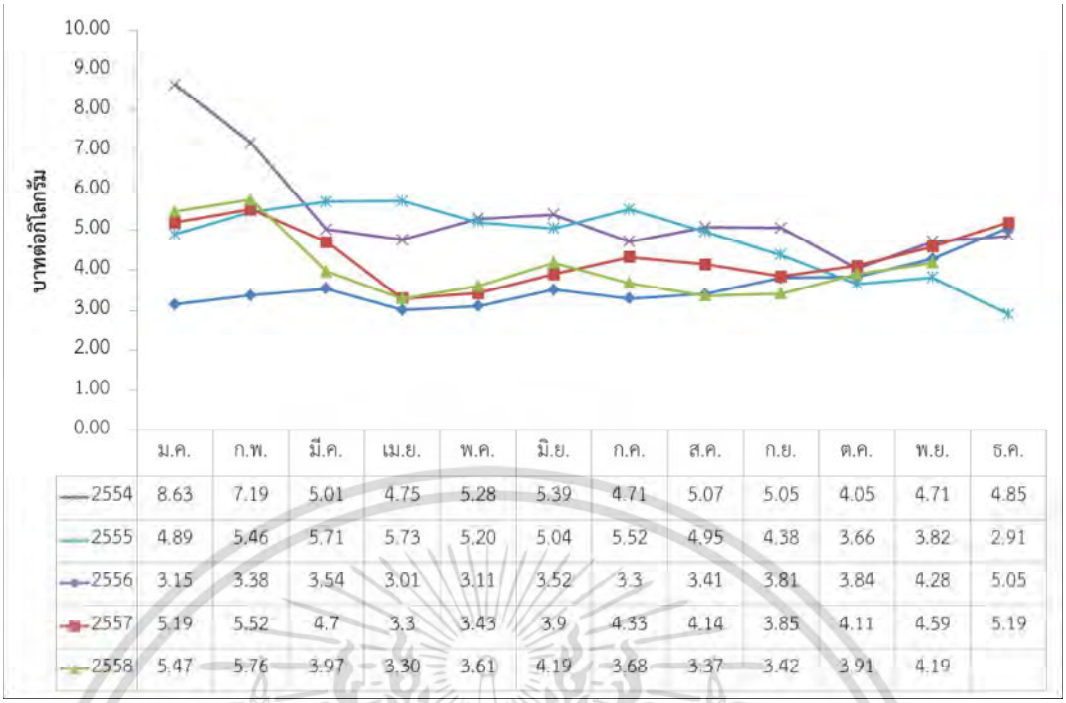
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 โครงสร้างอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย ปี 2558 [2]

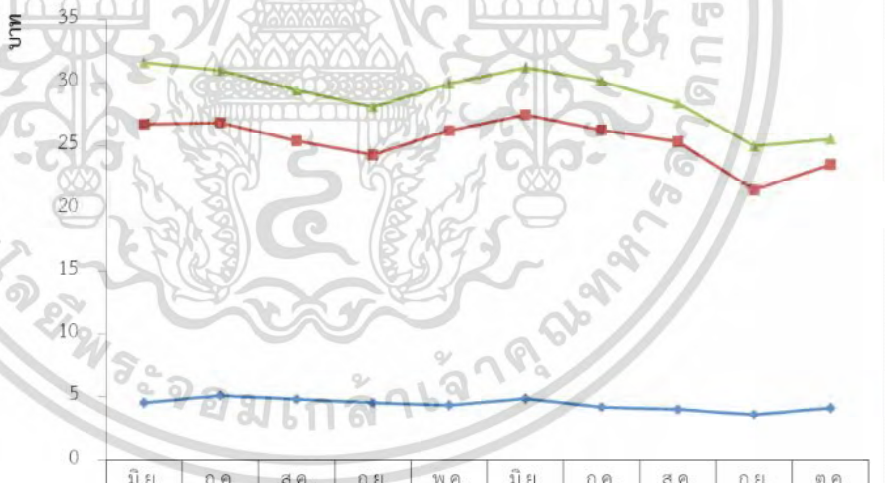
สำหรับสถานการณ์ปาล์มน้ำมันในด้านราคาผลปาล์มทะลายที่เกษตรกรขายได้ ปี 2558 (มกราคม-พฤศจิกายน) เฉลี่ยกิโลกรัมละ 4.08 บาท ลดลงจาก 4.28 บาท ในช่วงเวลาเดียวกันของปี 2557 ร้อยละ 4.67ดังแสดงในรูปที่ 1.4 จากแนวโน้มปี 2558 จากภาวะราคาปาล์มน้ำมันในช่วงต้นปีจะเร่งตัวขึ้น เนื่องจากผลกระทบจากสภาพอากาศ ที่แห้งแล้งมาตั้งแต่กลางปี 2557 ประกอบกับความต้องการใช้ในประเทศมีต่อเนื่องทำให้สต็อกน้ำมันปาล์มลดลง จากผลผลิตปาล์มน้ำมันที่มีปริมาณมากขึ้นโดยคาดว่าราคาเฉลี่ยทั้งปีจะ ใกล้เคียงกับปีก่อน จากผลผลิตปาล์มน้ำมันที่จะเพิ่มขึ้นจากปีก่อน ในขณะที่ความต้องการใช้น้ำมันปาล์มมีทิศทางเพิ่มขึ้นเช่นกันสำหรับราคาผลปาล์มน้ำมันคิดที่อัตราให้น้ำมันร้อยละ 17 ราคาน้ำมันดิบ และราคาน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (Bulk) แสดงในรูปที่ 1.5 โดยในเดือนตุลาคม ราคาทะลายปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มดิบอยู่ที่กิโลกรัมละ 4.10 บาท และ 23.50 บาท ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าราคาเฉลี่ยปี 2557 ในช่วงเวลาเดียวกัน (ช่วงเดือน มิถุนายน เป็นต้นไป) สาเหตุเนื่องจากการส่งออกน้ำมันปาล์มดิบที่ไม่สามารถแข่งขันได้ในตลาดต่างประเทศ ส่งผลให้ปริมาณสต๊อกน้ำมันปาล์มคงเหลือในประเทศอยู่ในระดับสูงขึ้น กระทบต่อเนื่องถึงการรับซื้อผลผลิตปาล์มน้ำมันจากเกษตรกรของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2554	8.63	7.19	5.01	4.75	5.28	5.39	4.71	5.07	5.05	4.05	4.71	4.85
2555	4.89	5.46	5.71	5.73	5.20	5.04	5.52	4.95	4.38	3.66	3.82	2.91
2556	3.15	3.38	3.54	3.01	3.11	3.52	3.3	3.41	3.81	3.84	4.28	5.05
2557	5.19	5.52	4.7	3.3	3.43	3.9	4.33	4.14	3.85	4.11	4.59	5.19
2558	5.47	5.76	3.97	3.30	3.61	4.19	3.68	3.37	3.42	3.91	4.19	

รูปที่ 1.4 ราคาผลปาล์มน้ำมันทั้งทะลายที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา ระหว่างปี 2554-2558 ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ณ วันที่ 29 ธันวาคม 2558 [3]

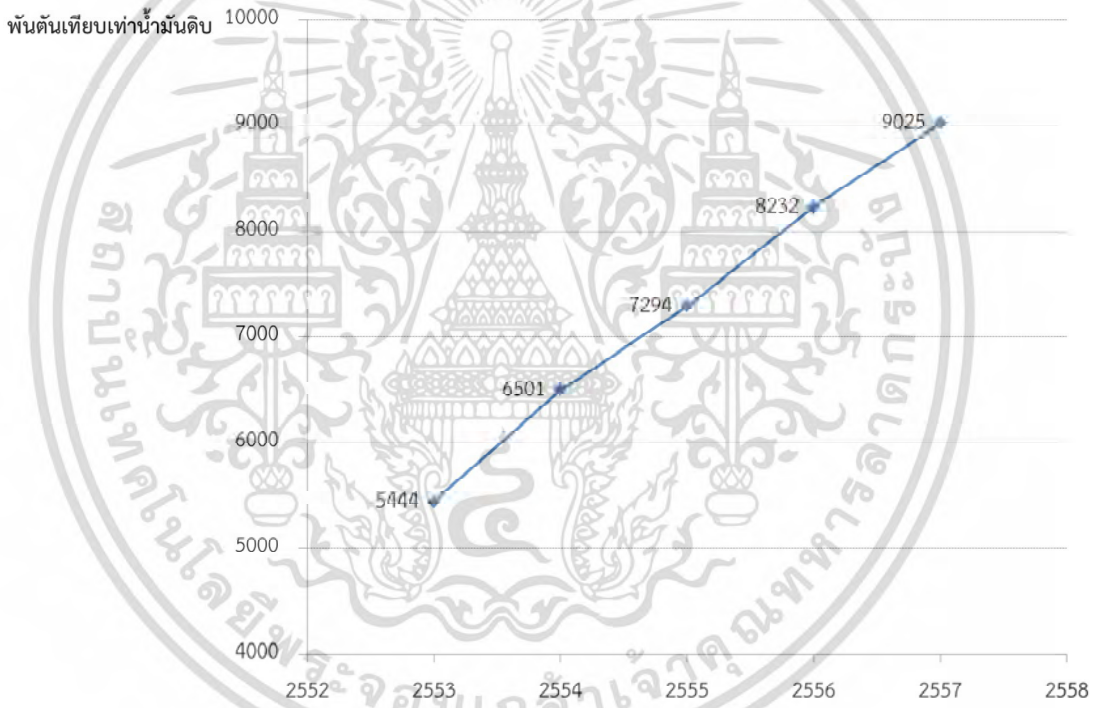


	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
	ปี 2557 (บาท)				ปี 2558 (บาท)					
ผลปาล์มน้ำมัน (น้ำมัน 17%)	4.51	5.09	4.79	4.50	4.31	4.84	4.16	3.99	3.56	4.1
น้ำมันปาล์มดิบ	26.68	26.8	25.36	24.27	26.17	27.43	26.22	25.29	21.5	23.5
น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ bulk	31.57	30.97	29.42	28.05	29.92	31.19	30.11	28.35	24.95	25.5

รูปที่ 1.5 ราคาผลปาล์มน้ำมัน น้ำมันปาล์มดิบ และราคาน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (Bulk) ปี 2557-2558 ในช่วงเดือน มิ.ย. เป็นต้นไป [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับด้านพลังงานนั้นประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ที่มีการใช้พลังงานเป็นจำนวนมากเป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังมีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้มีการสูญเสียเงินในการซื้อเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก จากข้อมูลโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องดังแสดงในรูปที่ 1.6 ซึ่งเป็นผลมาจากนโยบายการพัฒนาพลังงานทดแทน ที่มีเป้าหมายให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นในทุกภาคส่วนของสังคม นอกจากจะเป็นการลดการใช้พลังงานจาก เชื้อเพลิงฟอสซิลแล้ว ยังเป็นการลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศอีกด้วย เนื่องจากการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทยในปัจจุบัน จะใช้พลังงานที่ผลิตภายในประเทศเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย แสงอาทิตย์ ลม พลังงานน้ำขนาดเล็ก ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ขยะ และเชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอลและไบโอดีเซล) โดยที่การใช้พลังงานทดแทนดังกล่าวจะใช้ในรูปของไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ

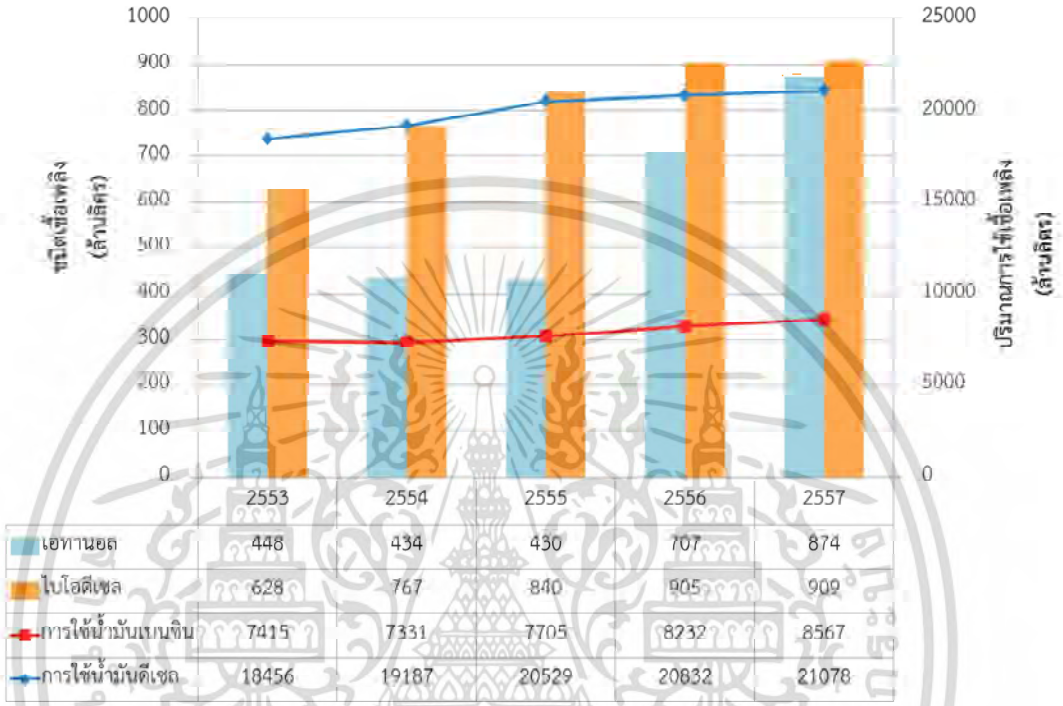


รูปที่ 1.6 การใช้พลังงานของประเทศไทยปีพ.ศ. 2557

ในปี 2557 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทน 9,025 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 9.6 และคิดเป็นร้อยละ 11.9 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ส่งผลให้มีการลดการนำเข้าพลังงาน คิดเป็นมูลค่า 215,065.75 ล้านบาท ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 27.68 ล้านตันโดยพบว่า มีการใช้ในรูปความร้อนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 64.0 ของการใช้พลังงานทดแทนทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ เชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอลและไบโอดีเซล) และไฟฟ้า คิดเป็น ร้อยละ 19.7 และ 16.3 ตามลำดับสำหรับการใช้พลังงานจากชีวภาพ (เอทานอลและไบโอดีเซล) มีการใช้ 6.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้านลิตรต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 10.9 โดยพบว่า มีการใช้เอทานอล 3.2 ล้านลิตรต่อวัน และไบโอดีเซล 2.9 ล้านลิตรต่อวันและมีปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์น้ำมันเบนซิน มีค่าประมาณ 23.47 ล้านลิตรต่อวัน หรือ 8,567 ล้านลิตรต่อปี และน้ำมันดีเซล มีค่าประมาณ 57.74 ล้านลิตต่อวัน หรือ 21,078 ล้านลิตรต่อปีดังแสดงในรูปที่ 1.7 [4]



	2553	2554	2555	2556	2557
เอทานอล	448	434	430	707	874
ไบโอดีเซล	628	767	840	905	909
การใช้น้ำมันเบนซิน	7415	7331	7705	8232	8567
การใช้น้ำมันดีเซล	18456	19187	20529	20832	21078

หมายเหตุ : การใช้น้ำมันเบนซินประกอบด้วย น้ำมันเบนซิน91 และ 95แก๊สโซฮอล์ อี10 อี20 และ อี85

รูปที่ 1.7 การใช้เอทานอลและไบโอดีเซลในประเทศไทย ปี พ.ศ.2553–2557 [4]

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าน้ำมันดีเซลที่ใช้งานจริงในประเทศไทยมีมูลค่าสูงกว่าน้ำมันเบนซิน ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่สามารถทำการผลิตทดแทนขึ้นมาใช้ หากมีต้นทุนในการผลิตที่ไม่สูงจนเกินไปพลังงานทดแทนจะมีประโยชน์ทั้งการประหยัดพลังงานธรรมชาติรวมถึงต้นทุนสำหรับน้ำมันดีเซล ซึ่งสามารถใช้ไบโอดีเซลทดแทนได้ในกรณีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เป็นหลัก สำหรับส่วนผสมของไบโอดีเซลมาจากน้ำมันพืช สำหรับประเทศไทยสามารถผลิตน้ำมันดิบได้จาก มะพร้าว ถั่วเหลือง สบู่ดำ และปาล์มน้ำมัน เป็นต้น ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาสัดส่วนในการผลิตของพืชดังกล่าวแล้ว ปาล์มน้ำมันมีความสามารถผลิตน้ำมันจากปาล์มน้ำมันได้มากที่สุด และยังเป็นน้ำมันที่มีต้นทุนต่ำที่สุดอีกด้วย [5]

ดังนั้นปาล์มน้ำมันจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศในการช่วยลดการสูญเสียการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้ หากมีการนำปาล์มน้ำมันมาผลิตเป็นไบโอดีเซลเพื่อช่วยลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาข้อมูลด้านการผลิตของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มของประเทศไทยในปัจจุบันแล้ว พบว่าเกษตรกรยังขาดการบริหารจัดการสวนที่ดี และด้านการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการปลูกกระจายอย่างไม่มีทิศทาง รวมถึงพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่มีคุณภาพมีกระบวนการควบคุมไม่ทั่วถึงทำให้มีผลผลิตต่อไร่ต่ำ และมีอัตราน้ำมัน (OER) ต่ำ อันเนื่องมาจากเกษตรกรตัดปาล์มดิบ ขาดมาตรการควบคุมลานเททำให้ผลปาล์มสดที่เข้าสู่โรงงานมีคุณภาพต่ำ โรงงานสกัดน้ำมันแบบหีบรวมมีข้อจำกัดด้านคุณภาพซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับอีกทั้งมีต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างสูง ซึ่งในปัจจุบันมีโรงงานขนาดใหญ่ คือ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบใช้ไอน้ำ และขนาดเล็กคือโรงงานสกัดน้ำมันแบบไม่ใช้ไอน้ำ ซึ่งทีมงานวิจัยมีความสนใจในกระบวนการอบผลปาล์มในขนาดเล็กสำหรับใช้ในระดับชุมชน เพื่อให้ชุมชนสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทางการเกษตรของตนเองได้ และยังช่วยลดต้นทุนในด้านการขนส่ง ซึ่งในอดีตนั้นมีเพียงเทคโนโลยีระบบการอบด้วยไอน้ำ ซึ่งในกระบวนการก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม คือ มีน้ำเสียจากกระบวนการผลิต สำหรับกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำนี้ในปัจจุบันมีการพัฒนาใหม่ โดยโรงงานจะมีขนาดเล็กและใช้งบในการลงทุนน้อย มีค่าบริหารการจัดการต่ำ ไม่มีน้ำเสียในกระบวนการผลิต น้ำมันปาล์มที่ผลิตได้จากกระบวนการนี้ได้จากเนื้อปาล์ม ไม่ต้องผ่านการระบวนการไล่ความชื้นในน้ำมันปาล์ม น้ำมันที่ผลิตได้เป็นน้ำมันเกรดเอ คุณภาพสูง กากที่เหลือจากระบวนการสามารถนำไปจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์ได้ ซึ่งทางศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติได้ดำเนินกิจกรรมการวิจัยด้านเทคโนโลยีการสกัดน้ำมันปาล์มร่วมกับบริษัท เกรทอะโกร จำกัด ในปี พ.ศ. 2551 ในการออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบสกัดน้ำมันปาล์มแบบแยกเมล็ดในโดยไม่ใช้ไอน้ำ โดยมุ่งหวังที่จะให้มีการนำเทคโนโลยีดังกล่าวไปใช้งานให้เกิดประโยชน์อย่างกว้างขวางมากขึ้น ในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มขั้นตอนหนึ่งที่เป็นหัวใจสำคัญในกระบวนการอบผลปาล์มคือ ขั้นตอนในการยับยั้งการเกิดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ ซึ่งกระบวนการอบหรือการให้ความร้อนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณค่ากรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) ที่สามารถช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี Hydrolysis ของน้ำมันส่งจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพน้ำมัน

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันสำหรับการอบผลปาล์มของโรงสกัดในระดับชุมชนยังไม่มีข้อมูลที่แน่ชัดว่าควรให้ความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนเท่าใดจึงเป็นค่าที่เหมาะสมที่จะทำให้น้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้เป็นน้ำมันปาล์มดิบที่มีคุณภาพสูงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการซื้อขายน้ำมันปาล์มดิบ ทีมงานวิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการอบผลปาล์มน้ำมันสดด้วยเตาอบลมร้อน ซึ่งจะเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่มีประโยชน์ต่อการสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำเพื่อใช้ในระดับชุมชนในอนาคต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ในการศึกษาอิทธิพลที่มีผลต่อการอบผลปาล์มน้ำมันสด ในการศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ โดยผลการศึกษาจะสามารถใช้เป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัยสำหรับการพัฒนาเตาอบลมร้อนหรือกระบวนการอบผลปาล์มน้ำมันสดในอุตสาหกรรมระดับชุมชนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.5.1 ศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันที่เหมาะสม เพื่อให้ได้น้ำมันปาล์มดิบที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน

1.5.2 ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายค่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ หลังจากสกัดน้ำมันทันที และที่ระยะเวลาในการเก็บรักษานาน 7 และ 14 วัน โดยมีอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันเป็นตัวแปรต้น

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบส่งผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ

สมมติฐานหลัก : ค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการอบผลปาล์มน้ำมันที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน

สมมติฐานทางเลือก : ค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการอบผลปาล์มน้ำมันที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่ระดับต่างๆ อย่างน้อยสองค่ามีความแตกต่างกัน

1.3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบส่งผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ

สมมติฐานหลัก : ค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการอบผลปาล์มน้ำมันที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน

สมมติฐานทางเลือก : ค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการอบผลปาล์มน้ำมันที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่ระดับต่างๆ อย่างน้อยสองค่ามีความแตกต่างกัน

1.3.3 อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบส่งผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ

สมมติฐานหลัก : ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการอบผลปาล์มน้ำมันที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน

สมมติฐานทางเลือก : ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการอบผลปาล์มน้ำมันที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่ระดับต่างๆ อย่างน้อยสองค่ามีความแตกต่างกัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อให้สามารถสกัดน้ำมันปาล์มดิบที่มีคุณภาพดีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และประหยัดพลังงานในระดับห้องปฏิบัติการได้

1.4.2 เพื่อเป็นข้อมูลและองค์ความรู้พื้นฐานในการอบผลปาล์มน้ำมันสด สำหรับใช้ในระบบสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำในระดับชุมชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.3 การศึกษานี้เป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ โดยการให้ความร้อนด้วยเตาอบลมร้อน (Hot–Air Oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UEF500

1.5.4 ตลอดการดำเนินการศึกษานี้ ทางทีมวิจัยใช้ผลปาล์มน้ำมันสดที่มาจากปาล์มน้ำมันสายพันธุ์เทเนอร่า ที่เก็บเกี่ยวจากสวนปาล์มทุ่งรังสิต ตำบลบึงกาฬสาม อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี และใช้วิธีการบ่มตามธรรมชาตินาน 5 วัน โดยทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 60 – 140 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการให้ความร้อนนาน 0 – 120 นาที โดยมีดัชนีชี้วัดคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ คือ ค่ากรดไขมันอิสระ ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ และค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

เนื้อหาของบทนี้ถูกแบ่งออกเป็นส่วนสำคัญหลายส่วน ซึ่งจะกล่าวถึงปาล์มน้ำมัน, กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ, สัดส่วนผลผลิตในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม, การเกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมัน, คุณภาพน้ำมันปาล์มดิบรวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมัน, กระบวนการอบผลปาล์มและความชื้นที่ส่งผลต่อการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ, การไตเตรท, การออกแบบการทดลองการวิเคราะห์ความแปรปรวน, หลักการทำงานของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับ ซึ่งการตรวจเอกสารทั้งหมดในบทนี้จะทำให้ทราบความรู้ที่มีอยู่ในปัจจุบัน และช่องว่างความรู้ที่ยังไม่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการอบปาล์มน้ำมัน โดยช่องว่างความรู้ที่ยังไม่ได้ศึกษาจะถูกทดสอบและพัฒนาต่อไปในงานวิจัย ซึ่งจะกล่าวในบทถัดไป

2.1 ปาล์มน้ำมัน

2.1.1 ประวัติและความเป็นมาของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (Oil Palm) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Elaeis Guineensis Jacq เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลปาล์มซึ่งเป็นตระกูลเดียวกันกับมะพร้าว มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในทวีปแอฟริกาตะวันตก จากเซียร์ราลีโอน ไลบีเรียล ไอวอรี่โคสต์ กานา และแคเมอรูน ตลอดจนแถบเส้นศูนย์สูตรของสาธารณรัฐคองโกและซาอีร์ ปาล์มน้ำมันเป็นพืชตระกูลใบเลี้ยงเดี่ยว เป็นไม้ยืนต้นให้ผลผลิตตลอดทั้งปี และมีอายุยืนยาว พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมที่สุดในโลกควรอยู่ระหว่างเส้นละรุ้งที่ 10 องศาเหนือถึงใต้เส้นศูนย์สูตร หรืออย่างสูงไม่เกินเส้นรุ้งที่ 20 องศาเหนือถึงใต้เส้นศูนย์สูตร เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวมีอากาศชุ่มชื้น และมีฝนตกชุก ทำให้ปาล์มน้ำมันเติบโตและให้ผลผลิตสูง ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้ปาล์มน้ำมันปลูกได้เพียงประมาณ 43 ประเทศทั่วโลกเท่านั้น และทำให้ประเทศในเขตอาเซียนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศมาเลเซียและประเทศอินโดนีเซียได้กลายเป็นแหล่งผลิตปาล์มน้ำมันหลักของโลก ในทวีปเอเชียได้มีการนำปาล์มน้ำมันมาปลูกครั้งแรกในประเทศอินโดนีเซีย หลังจากนั้นได้มีการนำปาล์มน้ำมันมาปลูกในเชิงธุรกิจในประเทศมาเลเซีย ซึ่งทำให้ประเทศมาเลเซียได้กลายเป็นผู้นำในการส่งออกปาล์มน้ำมันรายที่ใหญ่ที่สุดของโลกตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2508 เป็นต้นมา [6]

สำหรับประเทศไทยมีการนำเข้าปาล์มน้ำมันมาปลูกที่จังหวัดสงขลาเป็นที่แรก โดยมีการสันนิษฐานว่าในปีพ.ศ. 2480 พระยาประดิพัทธ์ภูบาล เป็นผู้นำเข้าปาล์มน้ำมันมาจากประเทศมาเลเซีย โดยเป็นปาล์มน้ำมันสายพันธุ์เทเนอร่า ต่อมาหม่อมเจ้าอมรสมานลักษณ์ ได้ขยายพันธุ์ไปปลูกเพื่อการค้าตำบลบ้านปริก อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา ปาล์มน้ำมันจึงได้มีการขยายพื้นที่การปลูกอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแห่งแรกของประเทศไทยขึ้นในปี 2515 สำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันในเชิงการค้าเป็นครั้งแรกที่จังหวัดสตูลและกระบี่ ซึ่งต่อมาได้มีการปลูกปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันกันอย่างแพร่หลายจังหวัดในภาคใต้และชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของไทย ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้กิจการการสกัดน้ำมันปาล์มมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องเป็นต้นมา

2.1.2 ลักษณะทั่วไปของปาล์มน้ำมัน

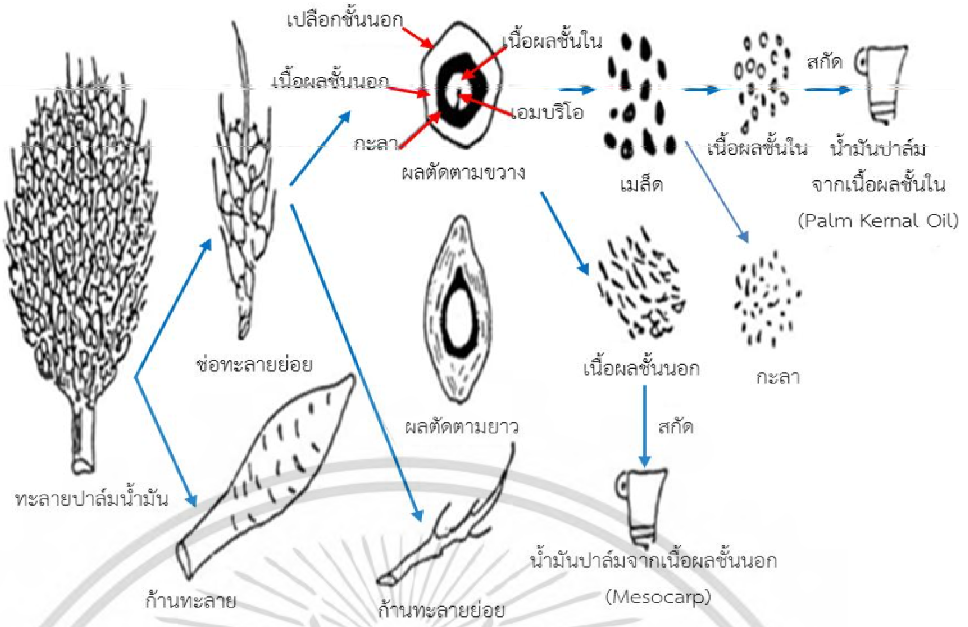
ปาล์มน้ำมันเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและเป็นพืชยืนต้น (Perennial Crop) ถูกจำแนกให้อยู่ในวงศ์ (Family) Palmae หรือ Arecaceae (Monocotyledon) ปาล์มน้ำมันเป็นพืชผสมข้ามประเภทที่มีช่อดอกตัวผู้และตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน แต่ช่วงเวลาการออกดอกจะไม่พร้อมกัน [6]

ลักษณะทั่วไปของปาล์มน้ำมันมีถิ่นกำเนินที่ทวีปแอฟริกา สายพันธุ์ที่นำมาปลูกในทางการค้าคือสายพันธุ์ลูกผสมเทเนอรา (ดูรา x ฟิสิเฟอรา) สายพันธุ์นี้มีความสูงของต้นโดยประมาณ 15 – 18 เมตร ขนาดของลำต้น 45 – 60 เซนติเมตร เมื่อผลสุกจะมีสีแดงอมม่วง – ส้ม ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวประมาณ 7 – 10 วัน อายุในการเก็บเกี่ยวตลอดการปลูก 20 – 30 ปี [7]

รูปที่ 2.1 ลักษณะของต้นปาล์มน้ำมัน

ลักษณะทั่วไปของทะลายปาล์มน้ำมัน คือ ช่อดอกตัวเมียที่ได้รับการผสมแล้ว ประกอบด้วยก้านทะลาย ช่อทะลายย่อย และผล [8] ในแต่ละทะลายจะมีปริมาณผล 50 – 65 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยทั่วไปปาล์มน้ำมันสามารถผลิตทะลายได้ไม่ต่ำกว่า 12 ทะลายต่อต้นต่อปี แต่ละทะลายมีน้ำหนัก 10 – 30 กิโลกรัม น้ำหนักของทะลายปาล์มน้ำมันจะแปรผันตามอายุและแปรผกผันกับจำนวนทะลายต่อต้น คือ ปาล์มน้ำมันที่มีอายุน้อยจะมีจำนวนทะลายต่อต้นมากแต่ทะลายจะมีขนาดเล็ก เมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุมากขึ้นจะมีจำนวนทะลายต่อต้นน้อยลงแต่ขนาดของทะลายจะใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



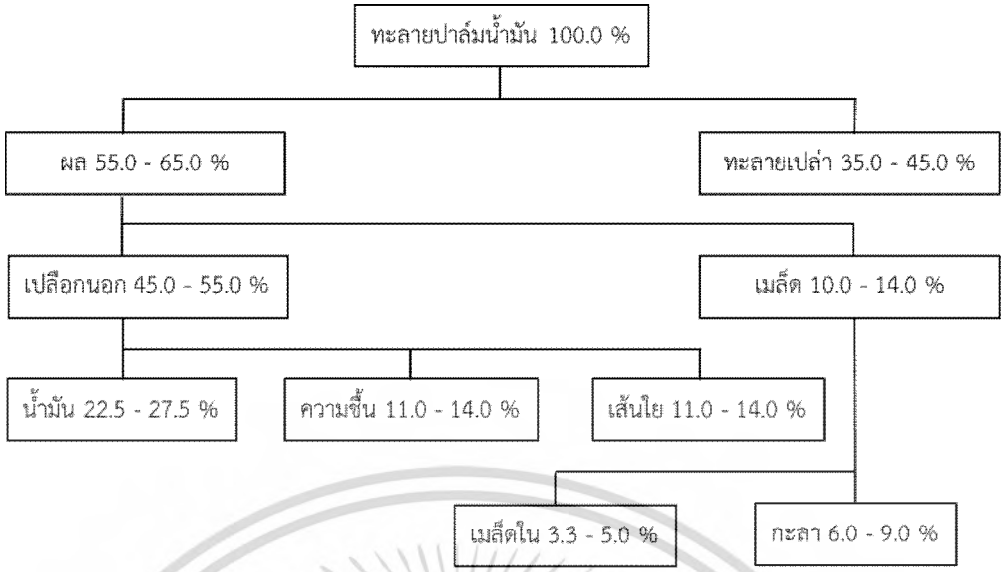
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของทะลายปาล์มน้ำมัน [8]

2.1.3 ผลและเมล็ดของปาล์มน้ำมัน

ผลปาล์มน้ำมันคือ ดอกตัวเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์จากเกสรตัวผู้โดยจะเริ่มมีการเจริญเติบโตโดยใช้เวลาจนถึงวันเก็บเกี่ยวเมื่อผลสุกเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 5 – 6 เดือน หลังจากการผสมเกสร ผลปาล์มเป็นแบบเมล็ดแข็งไม่มีก้านผล (Sessile drupe) อยู่รวมกัน ทะลายปาล์มน้ำมัน 1 ทะลาย จะมีขนาดประมาณ 35 x 45 เซนติเมตร ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอายุและสายพันธุ์รวมทั้งความสมบูรณ์ของต้น แต่ละทะลายจะมีผลปาล์มน้ำมันหลายพันผล ในสวนปาล์มทั่วไปพบว่าใน 1 ทะลาย จะมีผลปาล์มน้ำมันประมาณ 500 – 4,000 ผล และมีน้ำหนัก 10 – 30 กิโลกรัม ผลปาล์มน้ำมันมีรูปร่างคล้ายไข่ โดยปกติมีขนาดประมาณ 2 – 5 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 30 กรัมต่อผล ซึ่งผลปาล์มน้ำมันที่อยู่ชั้นในของทะลายจะมีขนาดเล็กกว่าผลปาล์มที่อยู่ชั้นนอก [9]

หากนำรูปที่ 2.2 มาพิจารณาแยกส่วนประกอบโดยนำทะลายปาล์มน้ำมัน (สายพันธุ์เทเนอรา) 100 เปอร์เซ็นต์ มาแยกผลออกจากทะลายจะได้ผลปาล์มน้ำมันประมาณ 55 – 65 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือ 35 – 45 เปอร์เซ็นต์ [10] เป็นทะลายเปล่าแล้วทำการย่อยผลปาล์มน้ำมันได้เปลือกนอก 45 – 55 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ด 10 – 14 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของเปลือกนอกมีน้ำมัน 22.5 – 27.5 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 11 – 14 เปอร์เซ็นต์ และเส้นใย 11 – 14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดนำไปกะเทาะกะลาออกและนำเนื้อเมล็ดในไปสกัดน้ำมัน ได้กะลา 6 – 9 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดในปาล์ม 3.3 – 5 เปอร์เซ็นต์ [11] ดังแสดงในรูปที่ 2.3

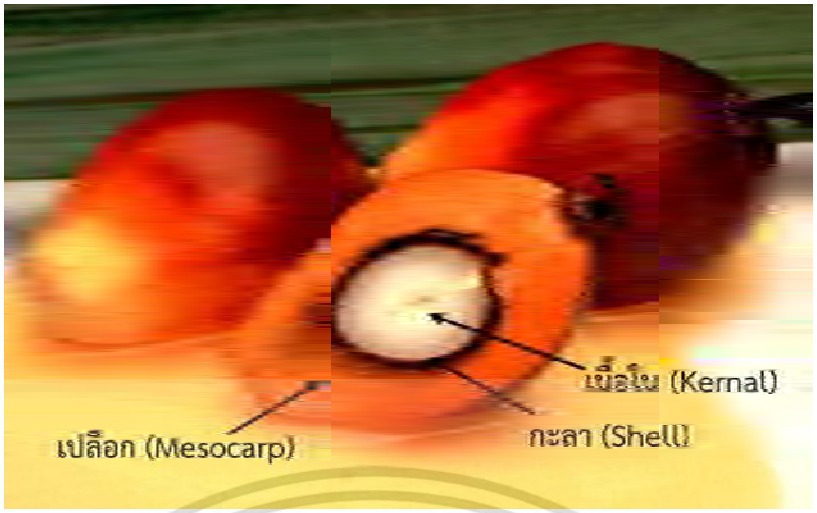
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 สัดส่วนของส่วนประกอบของทะลายปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอรา [10]

ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมันดังแสดงในรูปที่ 2.4 ชั้นนอกสุดที่เป็นผิวเปลือก (Exocarp) จะมีสีแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ สายพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีชั้นของผิวนอกเป็นสีแดง ซึ่งเป็นการพัฒนาจากสีดำเรื่อยมา ชั้นถัดไปเป็นชั้นที่เรียกว่าเปลือก (Mesocarp) เป็นชั้นที่มีน้ำมันและไฟเบอร์เป็นองค์ประกอบ ถัดเข้าไปเป็นชั้นของเมล็ด (Seed) โดยเป็นกะลา (Shell) และชั้นในสุดเป็นเนื้อปาล์มน้ำมันที่เป็น Endosperm ของเมล็ดปาล์มที่เรียกว่าเนื้อใน (Kernal) โดยในชั้นนี้จะมีน้ำมันอยู่มากเช่นเดียวกัน ในชั้นของ Mesocarp ยังมีลักษณะอีกอย่างหนึ่งคือ ส่วนที่เรียกว่าวงเส้นใย (Fiber Ring) ซึ่งพบในปาล์มน้ำมันสายพันธุ์เทเนอรา ซึ่งเป็นที่นิยมปลูกเพื่อการค้าในแถบประเทศไทยและประเทศมาเลเซีย น้ำมันในส่วนของชั้น Mesocarp เรียกว่าน้ำมันปาล์มหรือ Palm Oil ซึ่งจัดเป็นน้ำมันคุณภาพสูง ปริมาณน้ำมันในชั้นนี้มีประมาณ 45 – 55 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคิดต่อน้ำหนักผลทั้งลูก น้ำมันของชั้นนี้มีสีเหลืองจนถึงสีแดงเข้ม มีจุดหลอมตัวอยู่ที่ 25 -50 องศาเซลเซียส ในน้ำมันชั้นนี้เป็นน้ำมันจำพวกเมล็ดแข็งชั้นนอกสุดของกะลา ถัดไปเป็นชั้นของเนื้อสีขาวชั้นเนื้อในของเมล็ดปาล์มมีส่วนประกอบของน้ำมันอยู่จำนวนมาก โดยที่มีคุณสมบัติแตกต่างจากน้ำมันในส่วนของ Mesocarp น้ำมันในส่วนเนื้อในปาล์มน้ำมันเรียกกว่าน้ำมันจากเมล็ดปาล์มหรือ Palm Kernal Oil น้ำมันในชั้น Kernal ของปาล์มน้ำมัน มีลักษณะคล้ายกับน้ำมันมะพร้าว ไม่มีสีหรือมีสีขาวอมเหลือง จัดเป็นน้ำมันจำพวกอิ่มตัว (Saturated) โดยปกติน้ำมันที่สกัดได้จากส่วนของเนื้อในจะแข็งตัวง่ายทั้งๆที่อยู่ในอุณหภูมิปกติ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ส่วนต่างๆของผลปาล์ม [7]

2.1.4 การเก็บเกี่ยวทะลายปาล์ม

ช่อดอกตัวเมียที่ได้รับการผสมเกสรแล้วจะได้เวลาประมาณ 5 – 6 เดือน ผลปาล์มเริ่มสุก ระยะเวลานี้อาจเปลี่ยนแปลงมากน้อยซึ่งเป็นไปตามสภาพแวดล้อม และความสมบูรณ์ของต้นปาล์ม โดยปฏิกิริยาชีวเคมีของผลปาล์มในช่วงที่ผลปาล์มสุกนั้น แป้งในส่วนชั้นของเปลือกจะแปรสภาพกลายเป็นน้ำมันซึ่งเรียกว่า กลีเซอไรด์ (Glyceride) สำหรับผลปาล์มที่สุกนั้น สีของเมล็ดปาล์มจะเปลี่ยนจากม่วงดำเป็นสีแดงส้ม นอกจากการวัดความสุกของเมล็ดปาล์มจากสีแล้ว ยังสามารถสังเกตได้จากผลปาล์มที่ร่วงจากทะลาย โดยเฉลี่ยจำนวน 2 ผลต่อน้ำหนักทะลาย 1 กิโลกรัม จึงสามารถทราบได้ว่าเมล็ดปาล์มสุกพร้อมตัดได้แล้ว โดยมีข้อปฏิบัติในการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มดังนี้คือ ควรตัดทะลายปาล์มที่สุกพอดีไม่ควรตัดทะลายปาล์มที่ยังดิบ เพราะในผลปาล์มดิบนั้นมีสภาพเป็นน้ำและแป้ง ยังไม่แปรสภาพเป็นน้ำมัน ส่วนทะลายปาล์มที่สุกมากเกินไปเมื่อนำมาสกัดเป็นน้ำมันปาล์มดิบจะมีค่ากรดไขมันอิสระสูง รอบการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูที่ผลปาล์มออกชุกควรเก็บเกี่ยวทุก 7 – 10 วัน สำหรับฤดูแล้งอาจเก็บเกี่ยวในช่วงที่นานกว่านี้ ในขณะแทงทะลายปาล์มไม่ควรทำให้ผลปาล์มมีรอยขีดข่วนหรือช้ำมากนักเพราะจะส่งผลต่อค่ากรดไขมันอิสระทำให้มีค่าสูงเมื่อนำไปสกัดเป็นน้ำมันปาล์มดิบ ในกรณีที่ทะลายปาล์มติดแน่นกับลำต้นควรใช้มีดขอหรือมีดพร้าตัดบริเวณขั้วของทะลายก่อนแล้วจึงใช้เสียมแทงเพื่อให้ทะลายหลุดออกโดยง่าย เมื่อเก็บทะลายปาล์มมาจากสวนแล้วควรรีบนำขนส่งไปยังโรงงานโดยเร็ว เนื่องจากผลปาล์มอาจมีรอยขีดข่วนหรือเกิดความช้ำจากการขนส่ง ซึ่งทำให้เกิดค่ากรดไขมันอิสระสูงได้ [12]

การรับซื้อปาล์มน้ำมันของโรงงานจะรับซื้อทั้งทะลายและในโรงงานบางแห่งมีการรับซื้อผลปาล์มน้ำมันร่วงแยก โดยมีมาตรฐานการเก็บเกี่ยวดังแสดงในตารางที่ 2.1 ที่เกษตรกรพึงปฏิบัติ สิ่งสำคัญของการส่งปาล์มน้ำมัน คือ ต้องรีบส่งให้เร็วที่สุดภายหลังการเก็บเกี่ยวลงจากต้นเพราะจะเกิดกระบวนการที่เอนไซม์ทำให้น้ำมันปาล์มมีปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดที่ทำให้น้ำมันปาล์มดิบมีคุณภาพต่ำ การส่งปาล์มน้ำมันเข้าโรงงานจะส่งทะลายผสมกับผลร่วงที่เก็บมาร่วมกันในรถบรรทุกแล้วนำส่งเข้าโรงงาน เมื่อปาล์มน้ำมันถูกส่งถึงโรงงาน จะทำการชั่งน้ำหนักทะลายปาล์มเป็นอันดับแรก ซึ่งราคาจะถูกกำหนดตามกลไกลการตลาดในวันนั้น การรับซื้อทะลายปาล์มจะซื้อตามขนาดของทะลายที่ขึ้นอยู่กับอายุของต้นปาล์มน้ำมันโดยเฉลี่ยแล้วต้นที่มีขนาดใหญ่ทะลายปาล์มน้ำมันจะมีขนาดใหญ่และมีปริมาณน้ำมันมากกว่าต้นปาล์มที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นในการตั้งราคาปาล์มน้ำมันโดยทั่วไปทะลายปาล์มที่มีขนาดใหญ่จะได้ราคาสูงกว่าทะลายปาล์มที่มีขนาดเล็ก นอกจากนี้อาจมีการกำหนดราคาหน้าโรงงานที่แปรปรวนตามคุณภาพของทะลาย ดังแสดงใน

ตารางที่ 2.2 ความสุกแก่ของผลปาล์มน้ำมัน รวมทั้งการเก็บเกี่ยวและการขนส่งเข้าโรงงาน การซื้อขายในราคาต่างๆอาจขึ้นอยู่กับส่วนที่นำส่งอีกด้วย โดยที่โรงงานจะมีข้อมูลเก่าของสวนปาล์มที่ส่งอยู่เป็นประจำ ปาล์มน้ำมันทั้งทะลายและผลปาล์มร่วงจะถูกเทรวมลงในตู้ที่มีรางเลื่อนเข้าสู่ขั้นตอนตามลำดับของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มต่อไป [13]

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน

ลักษณะทะลายปาล์มน้ำมัน	**สภาพแวดล้อมของการพัฒนาทะลายปาล์มน้ำมัน**	
	สภาพปกติทั่วไป	**สภาพฤดูฝน**
1. ทะลายยังไม่สุก	เปลือกแข็งและดำ ไม่มีผลร่วง	เปลือกแข็งและดำ ไม่มีผลร่วง
2. ทะลายที่ใกล้สุก	เปลือกสีส้มปนดำ ผลร่วงน้อยกว่า 10 ผล	เปลือกสีส้มปนดำ ผลร่วงน้อยกว่า 10 ผล
3. ทะลายที่สุกพอดี	เปลือกสีส้มสด ผลร่วง 10 ผล	เปลือกสีส้มเข้ม ผลร่วงมากกว่า 10 ผล
4. ทะลายที่สุกมากเกินไป	เปลือกสีส้มสด ผลร่วงมากกว่า 50 ผล	เปลือกสีส้มสด ผลร่วงมากกว่า 50 ผล
5. ทะลายเน่า	ผลร่วง 1 ใน 3 ของทะลาย	ผลร่วง 1 ใน 3 ของทะลาย
6. ทะลายเปล่า	ไม่มีผลในทะลาย	ไม่มีผลในทะลาย

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพทะลายปาล์มน้ำมัน

ลักษณะทะลายปาล์มน้ำมัน	**คุณภาพทะลายปาล์มน้ำมัน**
1. ความสด	เป็นผลปาล์มที่ตัดแล้วส่งถึงโรงงานภายใน 24 ชั่วโมง
2. ความสุก	ผลปาล์มชั้นนอกสุดของทะลายหลุดร่วงออกจากทะลาย
3. ความสมบูรณ์	ผลปาล์มเต็มทะลายและเห็นได้ชัดว่าได้รับการดูแลรักษาอย่างดี

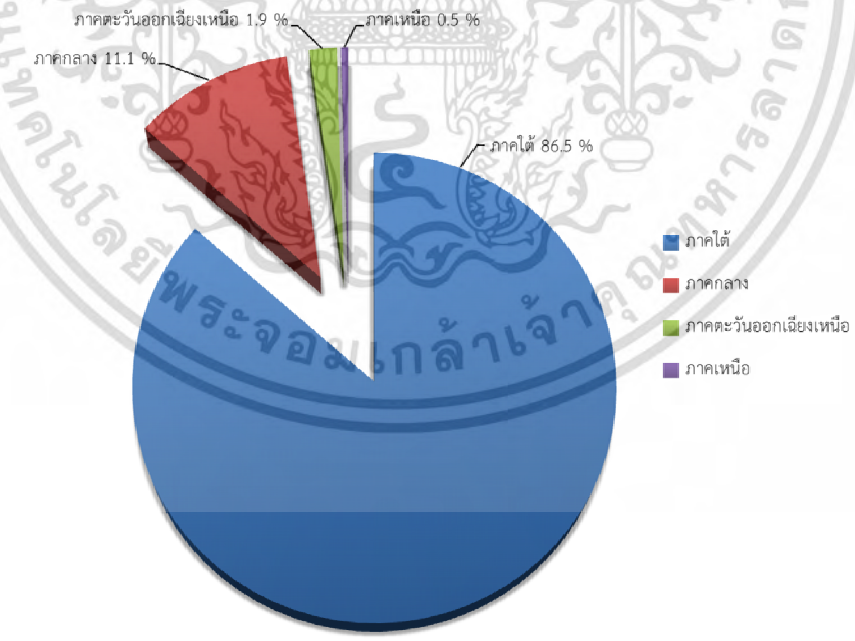
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2 (ต่อ)

ลักษณะทะลายปาล์มน้ำมัน	คุณภาพทะลายปาล์มน้ำมัน
4. ความช้ำ	ไม่มีทะลายที่ช้ำและเสียหายอย่างรุนแรง
5. โรค	ไม่มีทะลายเป็นโรคใดๆ หรือไม่เน่าเสีย
6. ทะลายสัตว์กิน	ไม่มีทะลายสัตว์กินหรือทำความเสียหายแก่ผลปาล์ม
7. ความสกปรก	ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปน เช่น ดิน หิน ทราย ไม้กาบหุ้มทะลาย เป็นต้น
8. ทะลายเปล่า	ไม่มีทะลายเจือปน
9. ก้านทะลาย	ความยาวไว้เก็บ 2 นิ้ว

2.1.5 พื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันของไทย

ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันมากเป็นอันดับสามของโลก รองจากประเทศอินโดนีเซียและประเทศมาเลเซีย ซึ่งทั้งสองประเทศเป็นประเทศที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันรายใหญ่ของโลก มีสัดส่วนรวมกันคิดเป็นร้อยละ 60 ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมดของโลก ในขณะที่ประเทศไทยมีสัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกที่ให้ผลผลิตได้เพียงร้อยละ 3.81 และภาคใต้เป็นภาคที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุดในประเทศ โดยคิดเป็นร้อยละ 86.5 รองลงมาคือ ภาคกลาง ร้อยละ 11.1 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ มีสัดส่วน 1.9 และ 0.5 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

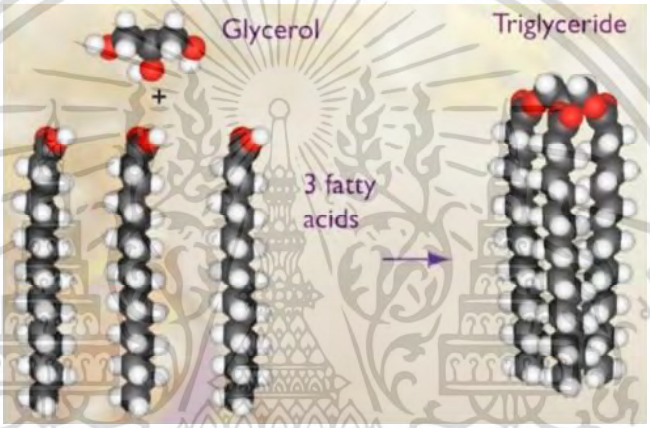


รูปที่ 2.5 สัดส่วนพื้นที่ปลูกปาล์มในประเทศไทย

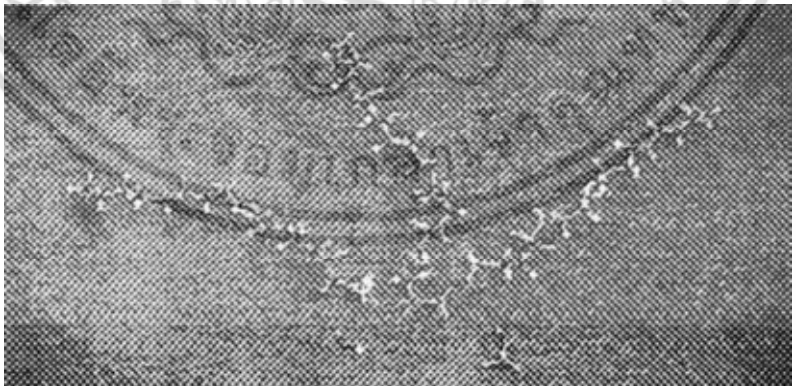
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มมีลักษณะของโมเลกุลเหมือนกับน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ชนิดต่างๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าว ไขมันหมู เป็นต้น ซึ่งเป็นสารอินทรีย์จำพวกหนึ่งที่ประกอบด้วยโครงสร้างโมเลกุลของกลีเซอรอล (Glycerol) หรืออาจเรียกว่า กลีเซอริน (Glycerin) มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นพอลิออล (Polyol) [14] เป็นสารที่เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีรสหวานเล็กน้อย ในโมเลกุลมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) 3 หมู่ จึงทำให้ละลายในน้ำได้ดี มีสมบัติในการดูดจับน้ำได้ดี (Hydroscopic) กลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบหลักในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ซึ่งได้จากการรวมตัวของกลีเซอรอลกับกรดไขมัน (Fatty Acid) 3 โมเลกุล ดังแสดงในรูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7 โดยมีสูตรโครงสร้างโมเลกุลดังแสดงในรูปที่ 2.8

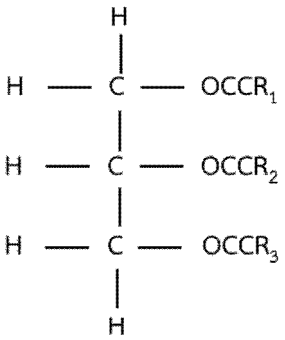


รูปที่ 2.6 ภาพจำลองการรวมตัวของกลีเซรอลกับกรดไขมัน 3 โมเลกุล



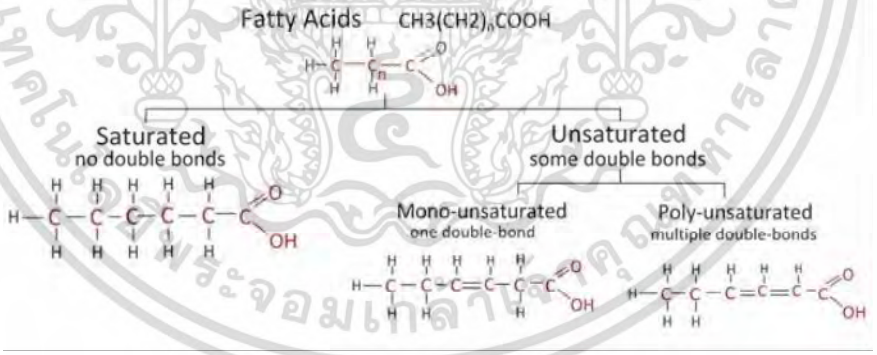
รูปที่ 2.7 โครงสร้างการจับตัวกันระหว่างกลีเซอไรด์กับกรดไขมันอิสระภายในโมเลกุลของน้ำมันพืช [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 สูตรโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride)

จากสูตรโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ในหมู่ R ของโมเลกุลน้ำมันแทนไฮโดรคาร์บอนโซ่ยาว หมายความว่าโมเลกุลของ R ประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน (C) และไฮโดรเจน (H) อะตอมเรียงตัวกันเป็นแถวโซ่ โดยในแต่ละโซ่มีจำนวนธาตุคาร์บอน (C) มีอะตอมเป็นเลขคี่เสมอ โดยทั่วไปจำนวนธาตุคาร์บอน (C) จำนวน 11 – 19 ตัว โซ่คาร์บอนนี้เรียกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid) หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) ก็ได้ สำหรับโซ่ที่เป็นธาตุคาร์บอน (C) อิ่มตัวประกอบไปด้วยพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนที่เป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด ส่วนโซ่คาร์บอนไม่อิ่มตัวประกอบไปด้วย พันธะเดี่ยวและมีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอน อยู่ 1 พันธะ 2 พันธะ หรือ 3 พันธะ [13] ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) [15]

2.1.7 ส่วนประกอบของน้ำมันปาล์มดิบ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญในภาคใต้ของประเทศไทย ในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มมีกระบวนการดังนี้คือ การหีบผลปาล์มน้ำมันสุกเพื่อให้ได้น้ำมันปาล์มดิบแล้วนำไปเข้าสู่กระบวนการกลั่นเป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ หรือเรียกว่าน้ำมันปาล์มรีไฟน์ (Refined Palm Oil)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นจึงผ่านกระบวนการแยกลำดับส่วน (Fractionation) เพื่อทำการแยกสเตียรีน (Stearin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีจุดหลอมเหลวสูงให้ออกจากโอเออิน (Olein) ซึ่งโอเลอินมีจุดหลอมเหลวต่ำ สำหรับสเตียรินซึ่งเป็นส่วนที่เป็นของแข็งที่ก่อตัวขึ้นเมื่อลดอุณหภูมิต่ำลง โดยมีส่วนประกอบเป็นจำนวนมากเป็นกรดไขมันอิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดปาล์มมิติก (Palmitic, $C_{16:0}$) โอเลอินเป็นส่วนของเหลวที่เหลือจากการตกผลึกของสเตียรีน ซึ่งมีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่า เช่น กรดโอเลอิก (Oleic, C18:1) และลิโนเลอิก (Linoleic, C18:2) [16] โดยมีสูตรทางเคมีและชื่อวิทยาศาสตร์ของกรดไขมันทั่วไปแสดงในตารางที่ 2.3 [17]

ตารางที่ 2.3 สูตรทางเคมีและชื่อวิทยาศาสตร์ของกรดไขมันทั่วไป [17]

Fatty Acid	Systematic name	Structure[a]	Formula
Lauric	Dodecanoic	12:0	$C_{12}H_{24}O_2$
Myristic	Tetradecanoic	14:0	$C_{14}H_{28}O_2$
Palmitic	Hexadecanoic	16:0	$C_{16}H_{32}O_2$
Steric	Octadecanoic	18:0	$C_{18}H_{36}O_2$
Arachidic	Eicosanoic	20:0	$C_{20}H_{40}O_2$
Behenic	Docosanoic	22:0	$C_{22}H_{44}O_2$
Lignoceric	Tetracosanoic	24:0	$C_{24}H_{48}O_2$
Oleic	cis-9-Octadecanoic	18:1	$C_{18}H_{34}O_2$
Linoleic	cis-9,cis-12-Octadecadionoic	18:2	$C_{18}H_{32}O_2$
Linolenic	cis-9,cis12,cis-15-Octadecatrionic	18:3	$C_{18}H_{30}O_2$
Erucic	Cis-13-docosenoic	22:1	$C_{22}H_{42}O_2$

[a] x:y x แทนด้วยจำนวนคาร์บอนในกรดไขมัน
y แทนด้วยจำนวนพันธะคู่ในกรดไขมัน

2.2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (Palm oil Milling Processing)

หลังจากการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันจะเข้าสู่ขั้นตอนการขนส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมี 2 แบบ คือ แบบหีบน้ำมันแยก และแบบหีบน้ำมันผสม โดยโรงงานแบบหีบน้ำมันแยกเป็นโรงงานมาตรฐาน คือ โรงงานจะทำการสกัดน้ำมันจากส่วนเปลือกหรือในส่วนของ เปลือก (Mesocarp) อย่างเดียว และส่งเนื้อใน (Kernal) ให้กับโรงงานอื่นสกัดน้ำมันต่อ สำหรับโรงงานแบบหีบน้ำมันแยกหรือโรงงานแบบมาตรฐานนี้เป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่ใช้กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบใช้ไอน้ำ ซึ่งมีกำลังการผลิตสูง และน้ำมันที่สกัดได้เป็นน้ำมันคุณภาพดี เกรดเอ เนื่องจากมีการแยกชนิดของน้ำมันปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโรงงานแบบหีบน้ำมันผสม คือ โรงงานที่สกัดน้ำมันปาล์มจากส่วนเปลือก (Mesocarp) และน้ำมันจากเนื้อใน (Kernal) พร้อมกัน โรงงานแบบหีบน้ำมันผสมจะมีกำลังผลิตต่ำ เป็นโรงงานสกัดน้ำมันแบบไม่ใช้ไอน้ำ มีกำลังการผลิตต่ำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในประเทศไทยสามารถแบ่งการสกัดน้ำมันที่ใช้งานโรงสกัดน้ำมันปาล์มแบ่งเป็น 2 แบบ คือ การสกัดน้ำมันปาล์มแบบใช้ไอน้ำ โดยส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดใหญ่มีกำลังการผลิตสูง โดยทำการหีบแยกเมล็ดในปาล์ม และใช้ผลปาล์มทั้งทะลายในการผลิตน้ำมันปาล์มได้ผลผลิตเป็นน้ำมันจากเปลือกและน้ำมันจากเมล็ดในปาล์ม ในปัจจุบันส่วนใหญ่โรงสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่ใช้ไอน้ำในกระบวนการสเตอริไลซ์ด้วยไอน้ำที่มีแรงดันสูงที่ 15 – 45 psi ใช้เวลานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส [18] น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil, CPO) ที่ได้จากกระบวนการสกัดเป็นน้ำมันคุณภาพดี [19] สำหรับโรงสกัดน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก ไม่มีความสามารถในการใช้ไอน้ำในกระบวนการสเตอร์ริไลซ์เช่นเดียวกันกับโรงสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงเป็นการสกัดน้ำมันปาล์มแบบใช้ความร้อน ก่อนที่จะนำผลปาล์มที่เตรียไว้สำหรับนำไปหีบเป็นน้ำมันในขั้นตอนต่อไป ซึ่งน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil, CPO) ของโรงสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำแบบหีบรวมเมล็ดในปาล์มจะใช้การให้ความร้อนผลปาล์มด้วยวิธีย่าง ทอด หรือกระบวนการอบลมร้อน [20] ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับงานวิจัยนี้ ในผลปาล์มน้ำมันที่ตัดมาใหม่มีค่ากรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) ประมาณ 1 – 3 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสกัดน้ำมันด้วยแรงทางกลพบว่าค่ากรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ [21] ปริมาณที่สูงขึ้นของค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญของโรงสกัดน้ำมันปาล์ม ดังนั้นหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วปาล์มน้ำมันควรนำไปสกัดโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ก่อนที่ค่ากรดไขมันอิสระจะสูงขึ้น อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดของจำนวนปาล์มน้ำมันที่นำมาสกัดนั้นยังผลิตได้ไม่เพียงพอต่อกำลังการผลิตของโรงงานทำให้มีความจำเป็นต้องเก็บผลปาล์มน้ำมันให้นานขึ้น ส่งผลให้ค่ากรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันจึงเป็นสิ่งจำเป็นในขั้นตอนแรกของกระบวนการสกัดน้ำมันเพื่อที่จะแยกและทำลายเอนไซม์ เพื่อยับยั้งการเกิดกรดไขมันอิสระ เพื่อให้มีศักยภาพในการผลิตสูงสุด

สำหรับโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบด้วยกระบวนการหีบน้ำมันแบบมาตรฐาน ดังแสดงใน
รูปที่ 2.10 ซึ่งเป็นการสกัดน้ำมันปาล์มดิบจากผลปาล์มด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบเกลียวอัดชนิดเกลียวคู่ ทำให้สามารถแยกน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในออกจากกันได้ ซึ่งมีกระบวนการผลิตดังนี้

2.2.1 การนึ่งไอน้ำ (Sterilization Bunch)

ในกระบวนการนึ่งไอน้ำนี้เป็นกระบวนการหลังจากที่เก็บเกี่ยวทะลายปาล์มสดเพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการผลิต ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเข้าสู่ในกระบวนการนี้ภายใน 72 ชั่วโมง กระบวนการนึ่งไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นกระบวนการนำทะลายปาล์มสดเข้าไปอบด้วยความร้อนและความดันใช้อุณหภูมิ 130 ถึง 135 องศาเซลเซียส ความดันไอน้ำ 2.5 ถึง 3.0 บาร์ ระยะเวลานาน 50 ถึง 70 นาที [10] เนื่องจากในกระบวนการนี้จะเป็นการรักษาคุณภาพของน้ำมันซึ่งเป็นการยับยั้งปริมาณกรดไขมันอิสระก่อนที่จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว กระบวนการนึ่งไอน้ำช่วยให้น้ำมันที่สกัดได้มีคุณภาพและปริมาณค่ากรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมันต่ำลงเมื่อส่งเข้าโรงงานจะทำการนึ่งทะลายปาล์มสด เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ไลเปสที่เป็นตัวการเร่งการเกิดกรดไขมันอิสระ นอกจากการนึ่งผลปาล์มน้ำมันจะช่วยยับยั้งค่ากรดไขมันอิสระแล้ว ในกระบวนการนี้ยังช่วยให้ผลปาล์มหลุดออกจากก้านทะลายปาล์มได้ง่ายขึ้นและเนื้อปาล์มน้ำมันอ่อนนุ่ม ช่วยทำให้ง่ายต่อการบีบอัดน้ำมันอีกด้วย [22] ในกระบวนนึ่งไอน้ำปาล์มน้ำมันหากใช้เวลานานเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันได้ โดยทั่วไปแล้วการอบความดันและความร้อนตามเวลาที่กำหนดตามมาตรฐานมีโอกาสสูญเสียน้ำมันในกระบวนการอยู่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในขณะเดียวกันหากอบให้ความร้อนและความดันในระยะเวลาที่สั้นเกินไปก็จะทำให้ผลปาล์มน้ำมันจำนวนหนึ่งไม่สามารถหลุดออกจากก้านทะลายในขั้นตอนการแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลายได้ [13] สำหรับด้านการใช้พลังงานในกรณีที่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบไอน้ำสามารถควบคุมประสิทธิภาพของการใช้ไอน้ำในการผลิตได้ดี จะมีอัตราการใช้ไอน้ำอยู่ประมาณ 0.50 ตันไอน้ำต่อผลปาล์มน้ำมันสด สำหรับไอน้ำที่เหลือส่วนมากมักจะไม่ค่อยมีไอน้ำเหลือทิ้ง เนื่องจากภายหลังการนึ่งปาล์มน้ำมันไอน้ำจะเกิดการควบแน่นและกลายเป็นน้ำเสีย ซึ่งจำเป็นต้องเข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียต่อไป [23]

2.2.2 การแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลาย (Palm Fresh Fruit Brunch Stripping)

ทะลายปาล์มที่ผ่านกระบวนการนึ่งแล้วจะถูกส่งมาเข้าสู่เครื่องเหวี่ยงแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลาย เพื่อให้ผลปาล์มแยกออกจากทะลายและได้เป็นผลปาล์มน้ำมันและทะลายปาล์ม จากนั้นทะลายเปล่าที่ถูกแยกจะส่งไปย่อยเพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงต่อไป [10] สำหรับผลปาล์มน้ำมันที่แยกออกจากทะลายแล้วจะนำมาตีแยกส่วนของเนื้อปาล์ม (Mesocarp) กับเมล็ดในปาล์ม (Nut) เพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการสกัดน้ำมันต่อไป

2.2.3 การย่อยผลปาล์มน้ำมัน (Digestion)

ผลปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแยกผลออกจากทะลายแล้วจะเข้าสู่กระบวนการย่อยผลปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกข้างในมีใบกวนผลปาล์มน้ำมันเพื่อให้เส้นใยฉีกย่อยออกจากเมล็ด ซึ่งในกระบวนการย่อยผลปาล์มน้ำมันจะช่วยให้เซลล์น้ำมันแตกตัวออกมา ช่วยให้ง่ายต่อการสกัดน้ำมัน สำหรับในกระบวนการนี้ใช้ระยะเวลาประมาณ 15 ถึง 20 นาที เพื่อให้ได้เป็นเส้นใยสำหรับเตรียมเข้าสู่กระบวนการหีบน้ำมันต่อไป [24]

2.2.4 การหีบน้ำมันปาล์ม (Pressing)

กระบวนการหีบน้ำมันปาล์มเป็นกระบวนถัดจากกระบวนการย่อยผลปาล์มน้ำมันให้เป็นเส้นใย และจะเข้าสู่กระบวนการหีบโดยเครื่องสกัดน้ำมันเป็นแบบเกลียวอัดชนิดเกลียวคู่ เพื่อให้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกัดน้ำมันออกจากเปลือกนอกของผลปาล์มน้ำมัน เครื่องสกัดเกลียวอัดชนิดเกลียวคู่จะถูกปรับระยะห่างของเกลียวให้เหมาะสม เพื่อให้สามารถสกัดน้ำมันปาล์มดิบออกมาให้ได้มากที่สุด โดยกะลา (Shell) ของเมล็ดในปาล์มนั้นจะต้องอยู่ในสภาพปกติหรือแตกน้อยที่สุด เพื่อให้ได้น้ำมันปาล์มดิบที่มีคุณภาพดี เกรดเอ ตามมาตรฐาน หลังจากที่หีบเส้นใยจนกระทั่งได้น้ำมันแล้ว จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการแยกเส้นใย เพื่อแยกเส้นใยมาใช้สำหรับเป็นเชื้อเพลิงต่อไป สำหรับเมล็ดในปาล์มจะถูกแยกออกมาและนำเข้าไปอบให้แห้ง แล้วส่งเข้าสู่กระบวนการอบกะเทาะและแยกเนื้อเมล็ดในปาล์มเพื่อสกัดเป็นน้ำมันจากเมล็ดในปาล์มต่อไป [24, 25]

2.2.5 การกรองน้ำมัน (Separation)

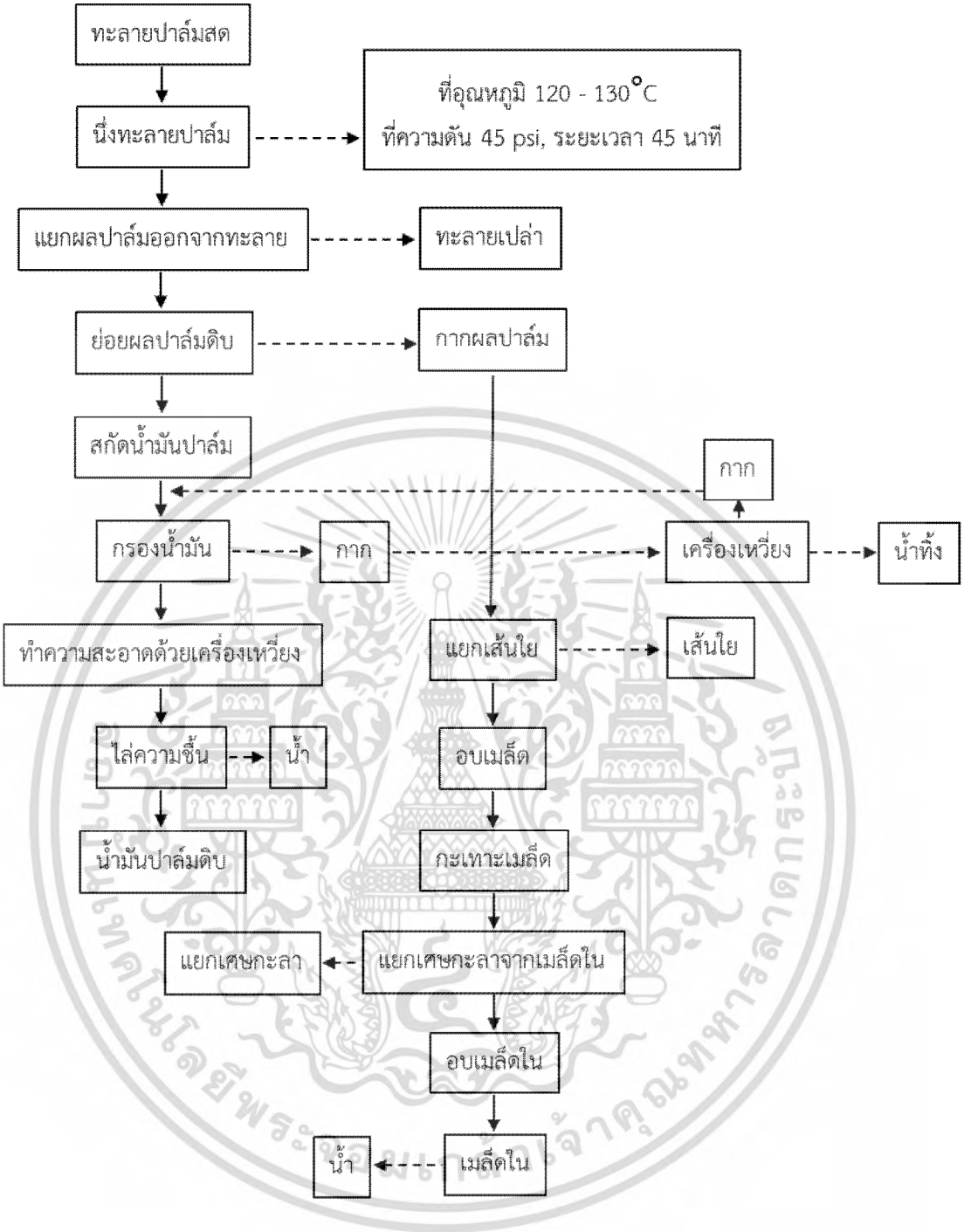
น้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้จากกระบวนการหีบน้ำมันปาล์มมักจะมีเส้นใยปาล์มปะปนอยู่ในน้ำมัน โดยในกระบวนการนี้น้ำมันจะถูกส่งเข้ามายังตะแกรงสั่นเพื่อแยกเศษของแข็งออกจากน้ำมัน [25] จากนั้นถูกส่งไปยังเครื่องเหวี่ยงปั่นแยกน้ำมันเพื่อให้น้ำมันที่สกัดได้สะอาดมีเศษเจือปนน้อยที่สุด

2.2.6 การกำจัดน้ำออกจากน้ำมัน (Drying)

ในกระบวนการนี้เป็นการยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันให้ยาวนานขึ้น [24, 25] จึงจำเป็นต้องกำจัดความชื้นในน้ำมัน โดยน้ำมันที่ออกจากกระบวนการกรองน้ำมันแล้วจะถูกส่งผ่านเข้าเครื่องระเหยภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

สำหรับกากปาล์มที่เหลือจากกระบวนการหีบน้ำมันแล้ว จะถูกนำมาแยกเอาเส้นใยออกจากเมล็ดด้วยเครื่องแยกเส้นใย ซึ่งในกระบวนการแยกเส้นใยนี้ใช้แรงลมเป่าให้เส้นใยเข้าสู่เตาของหม้อกำเนิดไอน้ำ เมล็ดที่แยกเส้นใยแล้วจะนำเข้าสู่กระบวนการอบแห้งและขัดให้สะอาดแล้วจึงนำเข้าเครื่องกะเทาะเมล็ด เพื่อเอากะลาออกจากเมล็ดใน สำหรับกะลากับเมล็ดในจะถูกแยกด้วยไฮโดรไซโคลน และนำมาอบเพื่อไล่ความชื้นให้มีค่าอยู่เกณฑ์ที่ไม่เกิน 7% [24] หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดในปาล์มมาสกัดเป็นน้ำมันจากเมล็ดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 กระบวนการหีบน้ำมันปาล์มดิบด้วยกระบวนการหีบน้ำมันแบบมาตรฐาน [24]

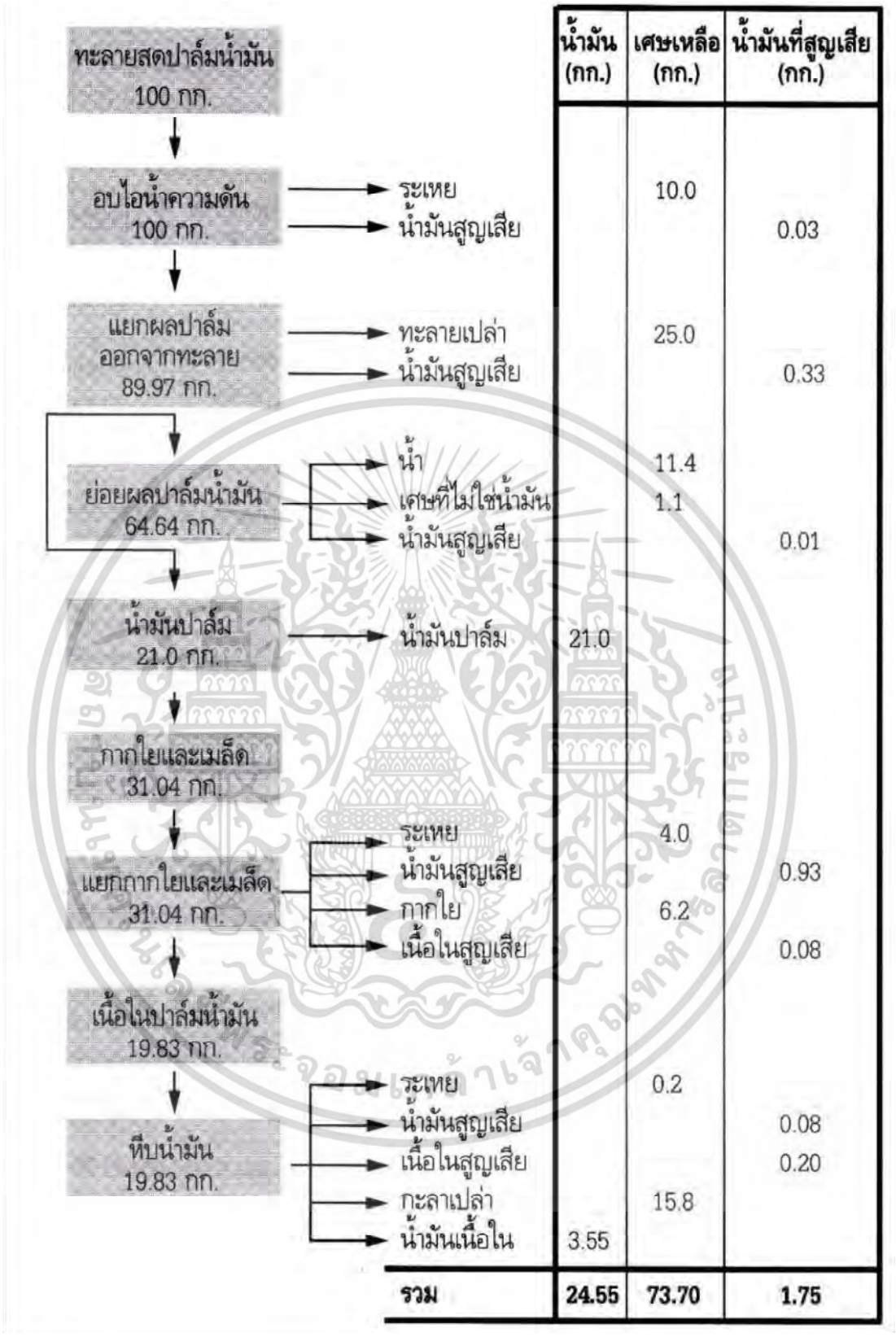
2.3 สัดส่วนผลผลิตในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม

ปาล์มน้ำมันจะให้ผลผลิตหลักคือน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil, CPO) และน้ำมันจากเมล็ดในปาล์ม (Palm Kernel Oil) การเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันออกจากต้นเรียกว่าทะลายสดปาล์มน้ำมัน (Fresh Fruit Bunch, FFB) นอกจากนี้จะมีสิ่งอื่นๆที่ไม่ใช้น้ำมันปะปนอยู่ไม่ว่าจะเป็นทะลายปาล์มเปล่า, กากใย, กะลาเปล่า หรือสิ่งเจือปนและน้ำในส่วนต่างๆอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัดส่วนของน้ำมันและส่วนอื่นๆนี้อาจจะเป็นค่าที่แตกต่างจากกระบวนการสกัดในโรงงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของโรงงาน โดยสัดส่วนของน้ำมันและส่วนต่างๆที่เป็นองค์ประกอบในทะลายสดปาล์มน้ำมัน [9] ดังแสดงในรูปที่ 2.11 โดยกำหนดให้ทะลายปาล์มสดน้ำมันเข้ามาในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เท่ากับ 100 กิโลกรัม (100%) เมื่อนำเข้าสู่กระบวนการให้ความร้อนแบบไอน้ำความดันจะปลดปล่อยน้ำออกไป 10 กิโลกรัม (10%) ในกระบวนการนี้ทำให้ปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบไอน้ำสูญเสียน้ำมันไปประมาณ 0.03 กิโลกรัม (0.03%) เมื่อเสร็จกระบวนการนี้ทำให้เหลือน้ำหนักรวมเท่ากับ 89.97 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 10.03 กิโลกรัม (10.03%) เมื่อนำเข้าสู่กระบวนการแยกผลปาล์มน้ำมัน จะทำการแยกทะลายปาล์มเปล่าออกจากผลปาล์มซึ่งในกระบวนการนี้คิดเป็นน้ำหนัก 25 กิโลกรัม (25%) และในขั้นตอนนี้จะมีการสูญเสียน้ำจากผลปาล์มน้ำมันอีกครั้งซึ่งคิดเป็นน้ำหนัก 0.33 กิโลกรัม (0.33%) จะได้สัดส่วนผลปาล์มน้ำมัน 64.64 กิโลกรัม จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการย่อยผลปาล์มน้ำมัน ในขั้นตอนนี้จะแยกน้ำออกไปอีก 11.4 กิโลกรัม (11.4%) ซึ่งจะมีสิ่งเจือปนต่างๆที่ไม่ใช่น้ำมันอยู่ 1.1 กิโลกรัม (1.1%) และเกิดการสูญเสียน้ำมันอีก 0.01 กิโลกรัม (0.01%) ซึ่งจะเหลือน้ำมันอยู่เพียง 21 กิโลกรัม (21%) ในกระบวนการกะเทาะและการแยกส่วนระหว่างกะลากับเนื้อในปาล์มนั้น จะเริ่มจากการที่มีส่วนของกากใยและเมล็ด 31.04 กิโลกรัม ในส่วนต่างๆนี้จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการแยกกากใยและเมล็ด ซึ่งจะระเหยน้ำออกไปอีก 4 กิโลกรัม (4%) และเกิดการสูญเสียน้ำมันอีก 0.93 กิโลกรัม (0.93%) กากใย 6.2 กิโลกรัม (6.2%) และเนื้อในสูญเสียอีก 0.08 กิโลกรัม (0.08%) หลังจากสิ้นสุดกระบวนการนี้จะเหลือเมล็ดปาล์มน้ำมัน 19.83 กิโลกรัม (19.83%) จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการหีบน้ำมันจากเนื้อในเพื่อให้ได้เป็นน้ำมันเนื้อใน การหีบน้ำมันจะระเหยน้ำออกไป 0.2 กิโลกรัม (0.2%) น้ำมันในชั้นเนื้อจะสูญเสียไปอีก 0.08 กิโลกรัม (0.08%) ส่วนของเนื้อสูญเสียไป 0.2 กิโลกรัม (0.2%) กะลาเปล่า 15.8 กิโลกรัม (15.8%) เมื่อเสร็จกระบวนการนี้จะได้น้ำมันเนื้อใน 3.55 กิโลกรัม (3.55%) จากกระบวนการการสกัดน้ำมันจากส่วนของเปลือกและการสกัดน้ำมันจากส่วนเนื้อใน จะได้น้ำมันที่เป็นน้ำมันปาล์มประมาณ 21% ของน้ำหนักทะลายสดปาล์มน้ำมัน และน้ำมันเนื้อใน 3.55% ซึ่งเมื่อนำมารวมกันแล้วเท่ากับว่าทะลายสดปาล์มน้ำมัน 100 กิโลกรัม จะได้น้ำมันที่มีน้ำหนักรวมเท่ากับ 24.55% [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



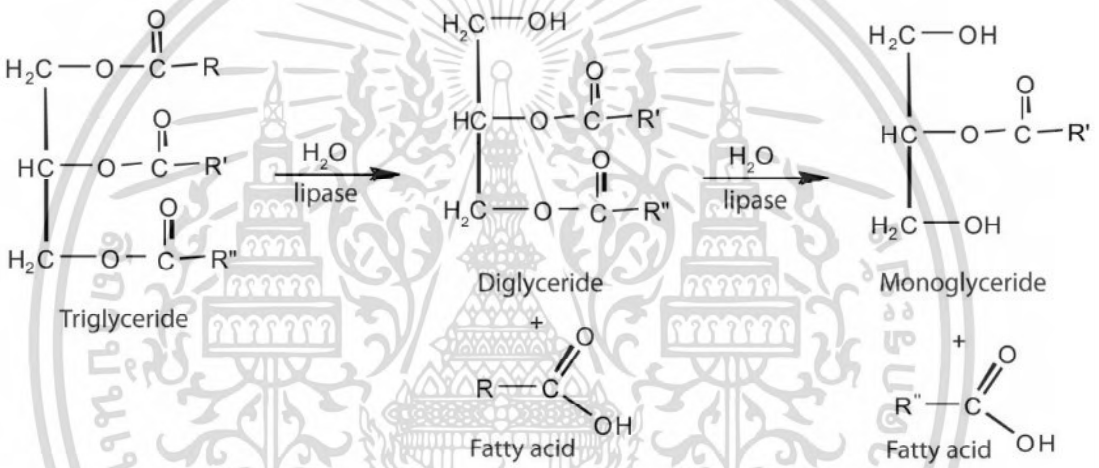
รูปที่ 2.11 สัดส่วนผลผลิตในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมัน

การเกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมัน ที่สำคัญมี 4 ประการคือ

1) เอนไซม์ไลเปส เป็นสาเหตุที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ ซึ่งกรดไขมันอิสระนี้จะไม่เกิดในระหว่างที่ผลปาล์มยังอยู่บนต้น เนื่องจากกรดไขมันอิสระจะมีเนื้อเยื่อ (Membrane) ชนิดหนึ่งช่วยป้องกันอยู่ แต่เมื่อผลปาล์มได้รับความกระทบกระเทือนหรือฉีกขาด เนื้อเยื่อจะขาดออกทำให้กรดไขมันอิสระอยู่ระหว่าง 1.5 – 1.8% แต่ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นในผลปาล์มที่มีรอยฉีกขาดหรือขีดข่วนนั้นจะเพิ่มขึ้นสูงกว่า 40% ภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้นเมื่อตัดทะลายปาล์มสดออกจากต้นแล้ว อัตราการเกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์มจะสูงขึ้นกว่าปกติ จึงควรรีบนำส่งโรงสกัดทันทีโดยไม่ให้ผลปาล์มน้ำมันมีรอยช้ำหรือรอยขีดข่วน



รูปที่ 2.12 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส

2) ความชื้นหรือน้ำ เป็นสิ่งสำคัญหนึ่งที่ก่อให้เกิดไขมันอิสระ เพราะในการย่อยของเอนไซม์ไลเปส (Enzyme Lipase) น้ำจะช่วยย่อยในการทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระ โดยเรียกปฏิกิริยานี้ว่าไฮโดรไลซีส (Hydrolysis) ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ซึ่งมีสมการทางเคมีดังนี้

$$CH_2(OOCR)_3 + H_2O \rightarrow C_3H_5(OH)_3 + 3HOOCR \qquad (2.1)$$

3) เชื้อรา การเกิดเชื้อราบนผลปาล์มน้ำมันนั้น เกิดจากการวางทะลายปาล์มน้ำมันไว้บนพื้นดิน จะทำให้เกิดราชนิดหนึ่งคือ Osora ขึ้นที่ผลปาล์ม ทำให้ผลปาล์มน้ำเสียและราชนิดนี้ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระที่มีปริมาณสูงขึ้นอีกด้วย จากการทดลองของ Willbaux พบว่า ราชนิดนี้ทำให้กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นจาก 0.1% เป็น 6.5% ภายในระยะเวลาไม่เกิน 60 ชั่วโมง [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) สิ่งสกปรกต่างๆ โดยเฉพาะโลหะที่เจือปนอยู่ในน้ำมันจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา Hydrolysis ทำให้เกิดเร็วขึ้น นอกจากนี้โลหะยังเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยา Oxidation กับน้ำมันโดยมีแสงสว่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [26]

2.5 คุณภาพน้ำมันปาล์มดิบรวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมัน

คุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil, CPO) ที่สกัดได้จากผลปาล์มน้ำมันสดขึ้นอยู่กับกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA), ความชื้น รวมถึงสิ่งเจือปนอื่นๆ ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาจำแนกตามประเภทดังกล่าวสามารถแสดงระดับคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบได้ดังตารางที่ 2.4 จากตารางพบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระที่สูงกว่ามาตรฐานนั้น ทำให้คุณภาพของน้ำมันลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เสียค่าใช้จ่ายที่สูงในการกำจัดกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมันเมื่อนำเข้าสู่กระบวนการกลั่นใส และทำให้ปริมาณของน้ำมันกลั่นใสลดลง ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตน้ำมันกลั่นใสสูงขึ้นอีกด้วย [27, 28]

การแบ่งเกรดน้ำมันปาล์มดิบ ได้แบ่งออกเป็น 2 เกรด ได้แก่

1) น้ำมันปาล์มดิบเกรดเอ (Crude Palm Oil Grade A, CPO – A) เป็นน้ำมันเกรดมาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเพื่อบริโภค และเพื่อดำเนินการผลิตไบโอดีเซล โดยการควบคุมมาตรฐานของน้ำปาล์มดิบเกรดเอ ถูกควบคุมด้วยค่าทางเคมี คือ ค่ากรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) ไม่เกิน 5% ของปริมาณน้ำมันปาล์มดิบต่อ 1 หน่วย และมีค่า DOBI ไม่ต่ำกว่า 2.0 โดยลักษณะของน้ำมันจะมีความข้นหนืดและมีสีเหลืองไปจนแดง

2) น้ำมันปาล์มดิบเกรดบี (Crude Palm Oil Grade B, CPO – B) เป็นน้ำมันที่ได้จากการอบแล้วนำมาสกัดผลปาล์มน้ำมันทั้งผลรวมไปถึงเมล็ดใน น้ำมันเกรดนี้เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมผลิตไบโอดีเซล อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ โดยการควบคุมมาตรฐานของน้ำมันปาล์มดิบเกรดบี จะถูกควบคุมด้วยค่าทางเคมีคือ ค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) ไม่เกิน 8 - 10% ของปริมาณน้ำมันปาล์มดิบต่อ 1 หน่วย และมีค่าความชื้นที่ไม่สูงเกิน 0.5% ต่อปริมาณน้ำมันปาล์มดิบต่อ 1 หน่วย ลักษณะของน้ำมันจะเป็นสีระหว่างสีเหลืองแดงและสีน้ำมันคล้ำ โดยขึ้นอยู่กับการผลิตในขั้นตอนการอบผลปาล์มน้ำมันของแต่ละผู้ผลิตที่จะส่งผลต่อการไหม้ของผลปาล์มน้ำมัน หรือความสะอาดของผลปาล์มน้ำมันก่อนเข้ากระบวนการสกัด [29]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ระดับคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ [29, 30]

รายการ	ระดับคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ				
	ดีมาก	**ดี**	**ปานกลาง**	**พอใช้**	**เลว**
กรดไขมันอิสระ	น้อยกว่า 2.0	2.0 – 2.7	2.8 – 3.7	3.5 – 5.0	เกิน 5.0
ความชื้น	น้อยกว่า 0.1	0.1 – 1.9	0.2 – 0.39	0.4 – 0.6	เกิน 0.6
สิ่งเจือปน	น้อยกว่า 0.005	0.001 – 0.005	0.0001 – 0.025	0.025 – 0.05	เกิน 0.05
ค่าความสด	เกิน 2.0				

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลกับการสร้างกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมัน ได้แก่

1) การกระทบกระเทือนทางกายภาพ เช่น การเก็บเกี่ยวและการขนส่ง ทำให้ชั้นเปลือกนอกและเนื้อปาล์มน้ำมันถูกทำลาย เนื่องจากได้รับแรงกระแทกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไตรกลีเซอไรด์ภายในผลปาล์มน้ำมัน ซึ่งเกิดจากอากาศและความชื้นจากภายนอกทำให้มีการเปลี่ยนรูปจากไตรกลีเซอไรด์เป็นกรดไขมันอิสระ หรือเรียกว่าเกิดปฏิกิริยาทางเคมี (Hydrolysis) มักเกิดกับทะลายปาล์มน้ำมันที่สุกเกินไปหรือผลปาล์มที่ได้รับแรงกระแทก ดังนั้นหลังเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันแล้วควรรีบส่งเข้าโรงงานสกัดน้ำมันทันที

ตารางที่ 2.5 ปริมาณกรดไขมันอิสระในปาล์มน้ำมันที่ได้รับแรงกระทบกระเทือนทางกายภาพ [31]

ลักษณะทางกายภาพ	กรดไขมันอิสระ [%]	ไตรกลีเซอไรด์ [%]
1. ไม่ได้รับความกระทบกระเทือน	0.025	99.80
2. ได้รับความกระทบกระเทือนปานกลาง	4.7	91.40
3. ได้รับความกระทบกระเทือนมาก	15.2	84.70
4. มาตรฐาน	3 – 5	93.97

2) การเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันที่สุกเกินไป ในทะลายปาล์มน้ำมันที่สุกเกินไปผนังเซลล์ที่หุ้มน้ำมัน (ถุงน้ำมัน) จะเปราะแตกหักได้ง่ายกว่าในทะลายปาล์มน้ำมันที่สุกพอดีหรือทะลายที่ยังไม่สุก เมื่อเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันในระยะนี้ผลปาล์มน้ำมันจะได้รับอิทธิพลของแรงกระทบกระเทือนมากกว่า และเซลล์แตกหักได้ง่าย ทำให้มีโอกาสเกิดกรดไขมันอิสระมากขึ้น

3) การเน่าของผลทำให้เกิดเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถเข้าทำงายผลปาล์มน้ำมันได้ในสภาพของปาล์มน้ำมันที่ได้รับการกระทบกระเทือนมากและในผลปาล์มที่สุกเกินไป โดยจะส่งผลเกิดการหมัก (Fermentation) ภายในผลทำให้มีการสร้างกรดไขมันอิสระขึ้น

4) ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวจนส่งถึงโรงงานสกัดน้ำมัน ช่วงเวลานี้มีความสำคัญในการสร้างกรดไขมันอิสระ เพราะหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วทะลายปาล์มจะได้รับความกระทบกระเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งทำให้การสร้างกรดไขมันอิสระขึ้น การสร้างกรดไขมันอิสระเป็นปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งส่งถึงโรงงานสกัด

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการสร้างกรดไขมันอิสระจาก 4 ปัจจัยดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การยับยั้งการสร้างกรดไขมันอิสระจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ร่วมกัน นอกจากนี้การจัดการที่สำคัญอีกประการเพื่อที่จะลดการสร้างกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมันที่สำคัญคือ การเก็บเกี่ยว ควรระมัดระวังอย่าให้มีการกระทบกระเทือนที่รุนแรง หรือทำให้ทะลายปาล์มบอบช้ำน้อยที่สุด ควรเก็บในระยะที่ทะลายปาล์มน้ำมันสุกพอดี หลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วควรรีบนำทะลายปาล์มส่งเข้าโรงงานสกัดภายใน 24 ชั่วโมง [32]

2.6 กระบวนการอบผลปาล์มและความชื้นที่ส่งผลต่อการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ

การควบคุมอุณหภูมิในการอบผลปาล์มเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อกระบวนการอบผลปาล์ม โดยจะต้องอบที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นและเป็นการทำลายเอนไซม์ไลเปสในผลปาล์มน้ำมัน โดยจะต้องมีการควบคุมผลปริมาณผลปาล์มน้ำมันแต่ละครั้งที่เข้าอบ เพื่อให้อัตราการอบต่อเวลาคุ้มค่าต่อการทำการอบในแต่ละครั้ง และผลปาล์มที่ผ่านกระบวนการอบแล้วเมื่อนำไปสกัดเป็นน้ำมันจะได้เป็นน้ำมันที่คุณภาพดี [33]

ความชื้นที่ส่งผลต่อการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ เนื่องจากความชื้นเป็นสาเหตุทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมัน ก่อให้เกิดกรดไขมันอิสระดังสมการต่อไปนี้

$$CH_2(OOCR)_3 + H_2O \rightarrow C_3H_5(OH)_3 + 3HOOCR \qquad (2.2)$$

ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสทำให้เกิดสารที่มีกลีเซอไรด์บางส่วน ซึ่งมีผลต่อการตกผลึกและการคงตัวในเนื้อเดียวกันของน้ำมัน แต่ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสอาจเกิดสมดุลย์ได้ หากไม่มีน้ำมันมากเกินพอหรือไม่ถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอกอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ หรือสิ่งเร้าอื่นๆ ในกรดไขมันอิสระที่มีปริมาณต่ำจะมีความไวต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้ง่ายกว่าไขมันโมเลกุลใหญ่ [33]

นอกจากนี้ความชื้นยังมีผลต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่น สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นโดยเป็นตัวลดความสามารถในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ พบว่าความชื้นที่มากกว่า 0.15% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ แต่มีผลน้อยเมื่ออุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส เพราะว่าอุณหภูมิสูงที่ขึ้นทำให้การแตกตัวของอากาศลดลงไป แต่ถ้าหากความชื้นมีมากกว่า 0.35% ที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส จะไม่มีความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันจากออกซิเจน และที่ความชื้น 0.15 – 0.25% เป็นปริมาณความชื้นที่เหมาะสม [34]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การไตเตรท

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดและปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันพืชทั้งน้ำมันเก่าและน้ำมันใหม่ เป็นขั้นตอนก่อนทำการป้อนน้ำมันพืชเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยน้ำมันที่ผ่านการทอดแล้วจะมีค่าความเป็นกรดในปริมาณที่แตกต่างกัน ในการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดก่อนทำปฏิกิริยานี้จะทำให้ทราบถึงปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาที่ต้องใช้ในการทำปฏิกิริยา ซึ่งจะส่งผลให้ได้ผลผลิตสูง เกิดปฏิกิริยาได้อย่างสมบูรณ์และยังช่วยลดการสูญเสียน้ำมัน โดยมีวิธีการวิเคราะห์ค่าของกรดในน้ำมันพืชดังต่อไปนี้

2.7.1 คำนิยามค่าของกรด

คำนิยาม ค่าของกรด คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาเป็นกลางกับกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันพืชหนักหนึ่งกรัม

2.7.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่

1) ขวดรูปชมพู่
2) บีกเกอร์
3) กระบอกตวง
4) บิวเรต
5) โพแทสเซียมไฮดรอกไซต์
6) โพรพานอล
7) โทลูอีน
8) ฟีนอล์ฟทาลีน
9) น้ำกลั่น

2.7.3 ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย

1) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำกลั่น ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยชั่งน้ำหนักโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 5.61 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 1 ลิตร
2) สารผสมโพรพานอลกับโทลูอีนในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร และทำให้เป็นกลางต่อฟีนอล์ฟทาลีนด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์
3) สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1 กรัมในโพรพานอลทำให้เป็น 100 มิลลิลิตร

2.7.4 วิธีวิเคราะห์

1) ชั่งน้ำมันพืชที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียว โดยชั่งปริมาณดังแสดงในตารางที่ 2.6 ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนและใส่ลงในขวดรูปชมพู่ และบันทึกน้ำหนักของน้ำมันพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ปริมาณการชั่งน้ำมันพืช

ค่าของกรด	น้ำหนักน้ำมันพืช (±10) กรัม	ความละเอียดในการชั่ง ± กรัม
0 - 1	20	0.05
1 - 4	10	0.02
4 - 15	2.5	0.01
15 - 75	0.5	0.001
มากกว่า 75	0.1	0.0002

ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) (2558)

2) เติมสารผสมโพรพานอลกับโทลูอีนปริมาณ 125 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกตวง เขย่าให้น้ำมันพืชละลาย อาจใช้ความร้อนในกรณีที่น้ำมันไม่ละลายในสาละลาย

3) เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอิดิเคเตอร์ปริมาณ 2 มิลลิตร

4) ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จนสารละลายเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีชมพูอ่อน และคงตัวอยู่ 30 วินาที บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

2.7.5 วิธีการคำนวณ

1) ค่าของกรด

$$AV = \frac{56.1 \times N \times V}{m} \qquad (2.3)$$

โดย;

AV = ค่าความเป็นกรด, มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกรัมน้ำมัน

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์นอร์มัล

V = ปริมาตของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท, มิลลิกรัม

m = น้ำหนักน้ำมันพืช, กรัม

2) ปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA = ปริมาณกรดไขมันอิสระ, ร้อยละโดยน้ำหนัก)

$$\%FFA(\text{as palmitic acid})^{*} = \frac{AV}{2.19} \qquad (2.4)$$

ปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปเปอร์เซ็นต์กรดไขมันปาล์มมิตอก ใช้สำหรับน้ำมันพืชที่มีกรดปาล์มมิติกเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง เช่น น้ำมันปาล์มดิบ, น้ำมันปาล์มโอลีน, น้ำมันปาล์มสเตียริน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\%\text{FFA(as lauric acid)}^{**} = \frac{\text{AV}}{2.81} \quad (2.5)$$

ปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปเปอร์เซ็นต์กรดลอริกที่ใช้สำหรับน้ำมันพืชที่มีค่าของกรดลอริกเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง เช่น น้ำมันมะพร้าว, น้ำมันเมล็ดในปาล์ม

2.7.6 ตัวอย่างการคำนวณค่าของกรดและปริมาณกรดไขมันอิสระ

ชั่งน้ำมันปาล์มดิบปริมาณ 2.50 กรัม ละลายลงในสารผลสมโพรพานอลกับโทลูอีนปริมาณ 125 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ปริมาณ 2 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ปริมาณที่ใช้ไป 4.5 มิลลิลิตร ต้องการทราบว่าน้ำมันปาล์มดิบมีค่าของกรดและปริมาณกรดไขมันอิสระเท่าไร

การคำนวณค่าของกรด

$$\text{AV} = \frac{56.1 \times \text{N} \times \text{V}}{\text{m}} = \frac{56.1 \times 0.1 \times 4.5}{2.50} = 10.10$$

ดังนั้นน้ำมันปาล์มดิบมีค่าความเป็นกรดเท่ากับ 10.10 มิลลิกรัม โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมน้ำมัน

การคำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปเปอร์เซ็นต์ปาล์มมิติก

$$\%\text{FFA(as palmitic acid)}^{*} = \frac{\text{AV}}{2.19} = \frac{10.10}{2.19} = 4.61$$

ดังนั้นน้ำมันปาล์มดิบมีปริมาณกรดไขมันอิสระในรูปกรดปาล์มมิติกเท่ากับร้อยละ 4.61 โดยน้ำหนัก [35]

2.8 การออกแบบการทดลอง (Design of Experimental)

การออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experimental; DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติชั้นสูงที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการเพื่อให้ได้ผลตอบสนองเป็นไปตามที่เราต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือ วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการทดลองแบบลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า (One Factor at a time, OFAT) จะให้ผลตอบสนองเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการได้ช้ามาก และสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์รวมถึงต้องเก็บข้อมูลมากและยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับกระบวนการที่มีอัตรากิริยาระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

การใช้หลักการสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ผู้ทำการทดลองต้องมีความเข้าใจวิธีการเก็บข้อมูลตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา ซึ่งขั้นตอนของการออกแบบการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1) การนิยามปัญหา (Statement of the Problem) เป็นการระบุว่าความต้องการในการผลิตคืออะไร และต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้เกี่ยวโยงไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2) การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย (Choice of Factors, Levels and Ranges) เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎี และประสบการณ์จากงานวิจัยต่างๆ เพื่อระบุว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วง (Range) ในการทดลองอย่างไร การกำหนดระดับของปัจจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบดังนี้

   ก. แบบกำหนด (Fixed Effect) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอนโดยผู้ทดลองกำหนดเอง

   ข. แบบสุ่ม (Random Effect) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะเป็นตัวแทนของทั้งปัจจัย ไม่ได้เป็นตัวแทนของระดับใดระดับหนึ่ง

   ค. แบบผสม (Mixed Effect) หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดและแบบสุ่มรวมกัน

3) การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Selection of the Response Variable) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้วิจัยจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาและการวัดค่านั้นจะต้องมีความแม่นยำและถูกต้อง ซึ่งหมายถึงเครื่องมือวัดจะต้องมีความแม่นยำและถูกต้องด้วย

4) การเลือกแบบการทดลอง (Choice of Experiment Design) เมื่อกำหนดทรีทเมนต์ (Treatment) และตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) แล้ว ต้องทำการตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดของการทดลองซึ่งหมายถึง จำนวนซ้ำการทดลอง (Replicate) ความเหมาะสมของลำดับในการทดลอง ข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อค (Blocking) ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลอง

5) การดำเนินการทดลอง (Performing the Experimental) ในระหว่างการดำเนินการทดลองผู้วิจัยจะต้องศึกษาดูแลอย่างใกล้ชิด ปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ ข้อควรระวังในขณะทำการทดลอง คือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัดและความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งจะมีเทคนิคแตกต่างกันไปในแต่ละสาขาวิจัย

6) การวิเคราะห์ข้อมูล (Statistical Analysis of Data) ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้ความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาวิเคราะห์ และสรุปผลรวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะตีความข้อมูลและวิธีการทางสถิติ ไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยมีผล (Effect) เท่าใดแน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ช่วงความเชื่อมั่นในการสรุปผล

7) การสรุปผลและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Recommendations) เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วต้องทำการสรุปผลการวิเคราะห์ อาจแสดงในรูปของกราฟ ตาราง แผนภูมิ เป็นต้น และให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น เมื่อสรุปผลแล้วควรมีการทดสอบเพื่อยืนยันผลจากการทดลองอีกครั้งหนึ่ง

2.8.1.1 ส่วนประกอบต่างๆของการทดลอง

1 วิธีปฏิบัติหรือทรีทเมนต์ (Treatment) คือ สิ่งหรือวิธีที่ผู้ดำเนินการทดลองปฏิบัติต่อสิ่งทดลองเพื่อวัดผลเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2 ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่งที่คิดว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนองและนำมาพิจารณาในการทดลอง ปัจจัยอาจมีลักษณะเป็นเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณก็ได้ กลุ่มของ ทรีทเมนต์ทั้งหลายที่มีความเกี่ยวข้องกัน (A Particular Class of Related Treatment) อาจใช้คำว่าตัวแปรอิสระแทนก็ได้ โดยปัจจัยดังแสดงในรูปที่ 2.13 สามารถแบ่งออกได้เป็น

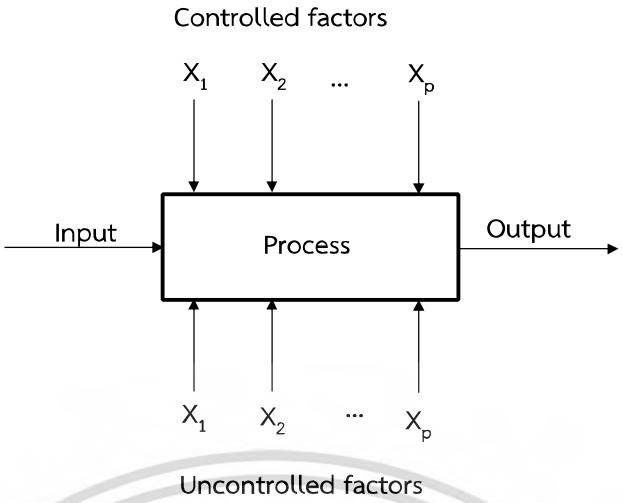
1) ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controlled Factors) หมายถึงปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยได้ในการดำเนินการทดลอง ซึ่งเป็นผลดีต่อการทดลองเพราะโดยส่วนใหญ่ผู้ทำการทดลองต้องการกำหนดค่าต่างๆที่คิดว่ามีผลตอบสนองที่สนใจ

2) ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrolled Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ อาจจะเนื่องมาจากมีข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีและต้นทุน ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้แบ่งออกเป็น

ก ตัวแปรรบกวน (Noise Variable หรือ Background Variable) หมายถึง ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) ในการทดลอง แต่ไม่ใช่ปัจจัยที่เรากำลังทำการศึกษาส่วนใหญ่มักได้แก่ เวลาหรือเครื่องมืออุปกรณ์ เป็นต้น

ข ตัวแปรแทรกซ้อน (Nuisance Variable) คือ ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง แต่เราไม่ทราบมาก่อน สามารถกำจัดอิทธิพลของตัวแปรแทรกซ้อนได้โดยการสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ [36]

3) ตัวแปรตองสนอง (Response Variable) คือ ตัวแปรที่ถูกสังเกตหรือวัดค่าในการทดลอง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรที่สะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั่นเอง ในการทดลองหนึ่งๆ อาจวัดค่าตัวแปรตามได้มากกว่า 1 ก็ได้ การเลือกตัวแปรที่ดีควรพิจารณาความไว (Sensitivity) ความเชื่อถือได้ (Reliability) การแจกแจงของตัวแปรนั้นและความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ในการเลือกตัวแปรตามจะต้องพิจารณาว่า ค่าสังเกตที่ได้จากทรีทเม้นต์ต่างๆ ควรมีการแจกแจงโดยประมาณ ซึ่งมีข้อสมมติในเรื่องความเป็นปกติ (Normality) นี้เป็นสิ่งจำเป็นในการออกแบบการทดลอง ซึ่งอาจจะใช้การแปลงข้อมูล (Transformation) ค่าสังเกตที่มีการแจกแจงไม่ปกติเป็นแบบปกติได้

2.8.1.2 หลักการพื้นฐานสำหรับการออกแบบการทดลอง

1 การทดลองซ้ำ (Replication) ซึ่งมีสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ ทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ และถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่ง การทดลองซ้ำ (Replication) ทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบนี้

2 การทำแบบสุ่ม (Randomization) หมายถึง การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูลจะต้องเป็นปัจจัยแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ การที่เราสุ่มการทดลองทำให้เราสามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจปรากฏในการทดลองได้ โดยวัตถุประสงค์ของการสุ่มมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก เพื่อขจัดอคติ หรือ ความเอนเอียงของผู้ทดลอง และเพื่อให้แน่ใจได้ว่าทรีเมนต์ต่างๆจะไม่ได้เปรียบและเสียเปรียบกันในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง การสุ่มจึงเป็นการประกันว่าจะไม่มีอคติใดๆเกิดขึ้นในการทดลอง

ข การวิเคราะห์และทดสอบทางสถิติ มีข้อกำหนดว่าความคลาดเคลื่อน (Error) จะต้องเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกัน การสุ่มจึงเป็นการทำให้ข้อมูลเป็นไปตามข้อกำหนดเหล่านี้ ทั้งนี้การสุ่มจะช่วยขจัดหรือเฉลี่ยความผันแปรภายนอกที่ควบคุมไม่ได้ ให้เกิดขึ้นกับหน่วยทดลองด้วยโอกาสเท่าๆกัน การทำแบบสุ่มยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ

(1) การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomization)

(2) การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Randomization)

(3) การทำแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อค (Complete Randomization)

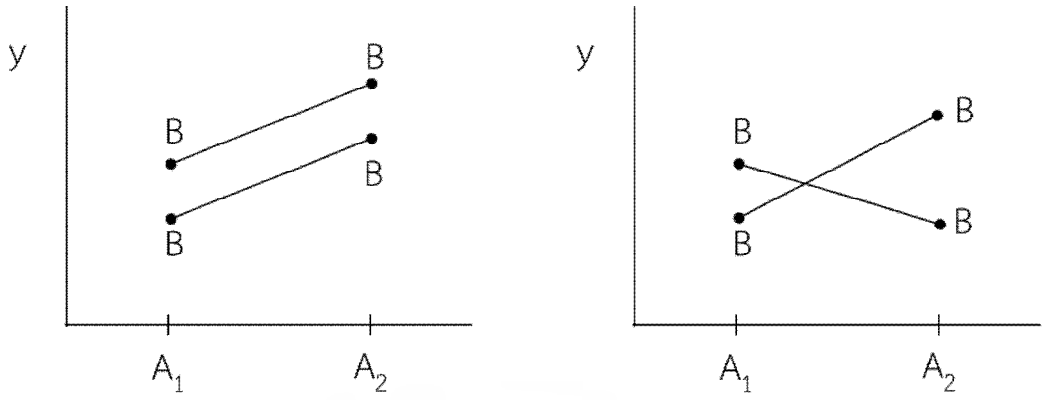
ค บล็อคกิ้ง (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรงให้แก่การทดลอง บล็อกอันหนึ่งอาจจะหมายถึง ส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซ็ตทั้งหมดของวัสดุ การเปรียบเทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจต่างๆ ภายในแต่ละบล็อกจะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกิ้ง

2.8.2 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลใช้มากในการทดลองที่เกี่ยกับปัจจัยหลายปัจจัย ที่ต้องการจะศึกษาถึงผลร่วมที่มีผลต่อผลตอบสนองที่เกิดจากปัจจัยเหล่านั้น การทดลองแบบแฟคทอเรียลเป็นแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการตรวจสอบอิทธิพลของหลายๆปัจจัย (Factor) พร้อมกัน คำว่าแฟคทอเรียล หมายถึง การทดลองที่สมบูรณ์ในแต่ละครั้งหรือแต่ละซ้ำของการทดลองนั้น กล่าวคือ มีการใช้ระดับของปัจจัยต่างๆร่วมกันจึงสามารถตรวจสอบอิทธิพลต่างๆในการทดลองครั้งหนึ่งๆได้พร้อมกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.14 เช่น ปัจจัย A มี a ระดับ ปัจจัย B มี b ระดับ แต่ละซ้ำจะมี AB รูปแบบการทดลอง (Treatment Combination) แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. อิทธิพลหลัก (Main Effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยที่แสดงต่อตัวแปรตอบสนองด้วยตัวของมันเอง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเกิดขึ้น
2. อิทธิพลร่วม (Interaction Effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยหนึ่งที่จะเปลี่ยนไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก.) อิทธิพลของปัจจัยร่วมที่ไม่มีผล (ข.) อิทธิพลของปัจจัยร่วมมีผล

รูปที่ 2.14 ผลกระทบการเกิดอิทธิพลระหว่างปัจจัย A และปัจจัย B โดยภาพซ้าย (ก) กรณีที่อิทธิพลของปัจจัยร่วมไม่มีผล และภาพขวา (ข) กรณีที่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วมมีผล [37]

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลมีอยู่ด้วยหลายแบบ ซึ่งได้แก่

1. การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยเป็นการออกบแบบเชิงแฟคทอเรียลชนิดที่ง่ายที่สุด จะเกี่ยวข้องกับปัจจัย 2 ปัจจัย เช่น ปัจจัย A และปัจจัย B โดยปัจจัย A จะประกอบด้วย a ระดับ ส่วนปัจจัย B จะประกอบด้วย b ระดับ ซึ่งในแต่ละการทำซ้ำของการทดลองจะประกอบด้วยการทดลองร่วมปัจจัยทั้งหมดเท่ากับ a x b การทดลอง และโดยปกติจะมีจำนวนการทดลองซ้ำทั้งหมด n ครั้ง
2. การออกแบบเชิงแฟทอเรียลแบบ 2^k เป็นการออกแบบการทดลองที่ใช้ในกรณีที่มีปัจจัย k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ระดับเหล่านี้อาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดัน หรืออาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น เครื่องจักร คนงาน และใน 2 ระดับ ที่กล่าวมานี้จะแทนด้วยระดับสูงและต่ำของปัจจัยหนึ่งๆใน 1 การทำซ้ำที่บริบูรณ์ สำหรับการออกแบบเช่นนี้จะประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น 2^kข้อมูลการออกแบบการทดลองแบบนี้มีประโยชน์มากต่องานทดลองในช่วงเริ่มแรก เมื่อมีปัจจัยจำนวนมากที่เราต้องการที่จะตรวจสอบ โดยปกติในการออกแบบจะแทนระดับสูงด้วยเครื่องหมาย “+” และระดับต่ำด้วยเครื่องหมาย “-”
3. การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล แบบ 2 ระดับหรือการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k เป็นการออกแบบการทดลองที่ผู้ทดลองสามารถละเลยอันตรกิริยาขั้นสูงบางตัวได้ เนื่องจากการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k แบบเต็มมีจำนวนปัจจัยมาก จำนวนการทดลองอาจจะเพิ่มขึ้นมากเกินกว่าทรัพยากรที่มีอยู่จะรองรับได้ การออกแบบเช่นนี้จะทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถจะทำได้ เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัยทั้ง k ชนิดได้อย่างครบกรณี การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลจึงถูกนำมาใช้ในการกรองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลทดสอบ กล่าวคือในการทดลองหนึ่งอาจจะมีปัจจัยมากมายที่กำลังอยู่ในความสนใจของผู้ทดลอง จึงใช้การออกแบบเช่นนี้เพื่อค้นหาว่ามีปัจจัยใดบ้างเป็นปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลทดสอบ การทดลองเพื่อกรองปัจจัยนี้ส่วนมากจะใช้ในตอนเริ่มต้นการทดลอง เนื่องจากโดยมากแล้วในขณะนั้นจะมีปัจจัยจำนวนมากที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นปัจจัยที่มีผลน้อยหรือไม่มีผลต่อผลทดสอบที่กำลังพิจารณาอยู่ หลังจากทำการทดลองเพื่อกรองปัจจัยเสร็จสิ้นแล้ว ปัจจัยที่มีผลจะถูกนำไปทำการทดลองอย่างละเอียดในการทดลองต่อๆไป

4. การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับ หรือการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 3^k หมายถึงการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับ และระดับทั้งสามของแต่ละปัจจัยมีค่าเป็น ต่ำ ปานกลาง และสูง สัญลักษณ์ที่ใช้แทนระดับทั้งสามเป็นตัวเลข -1, 0 และ 1 ตามลำดับ สังเกตว่าการทดลองแบบนี้จะมีระดับที่สามของปัจจัยเพิ่มเข้ามาในแบบจำลอง ซึ่งทำให้สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลทดสอบที่สนใจ และปัจจัยที่สนใจในลักษณะที่เป็นสมการแบบควอดราติกได้ การออกแบบ 3^k จะเหมาะสม เมื่อผู้ทดลองกำลังสนใจกับผลทดสอบที่มีลักษณะเป็นส่วนโค้ง แต่การออกแบบนี้ไม่ได้เป็นการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์แบบพหุนามกำลังสอง โดยการออกแบบการทดลองที่เป็นทางเลือกที่ดีกว่าคือ การออกแบบพื้นผิวผลตอบสนอง

2.8.3 ข้อดีและข้อเสียของการทดลองแบบแฟคทอเรียล

จากที่ได้กล่าวถึงการทดลองแบบแฟคทอเรียลในข้างต้น สามารถสรุปข้อดีและข้อเสียของการทดลองแบบแฟคทอเรียล [37] ได้ดังต่อไปนี้

ข้อดี

1. เป็นการใช้หน่วยทดลองทั้งหมด เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์หลายทรีทเมนต์พร้อมกันได้ จึงเป็นการประหยัดและเสียเวลาน้อยกว่าการทดสอบครั้งละ 1 ปัจจัย
2. ทำให้สามารถตรวจสอบอิทธิพลของกิริยาร่วมกันระหว่างปัจจัยได้ จึงช่วยในการสรุปผลได้กว้างขวางกว่าการทดลองครั้งละ 1 ปัจจัย
3. การทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ คือการทดลองที่ได้ความเป็นออร์ทอกอนัล (Orthogonality) และไม่มีโครงสร้างที่ซับซ้อน ทำให้สามารถศึกษาได้ทั้งปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย

1. เนื่องจากมีรูปแบบการทดลอง (Treatment Combination) จึงต้องใช้หน่วยทดลองมากขึ้น จึงอาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนหน่วยทดลอง
2. ในกรณีที่กิริยาร่วมเกิดขึ้น อาจทำให้การสรุปผลเป็นภาษาที่เข้าใจง่ายได้ยาก
3. ถ้าจำนวนปัจจัยมีมากขนาดของการทดลองก็จะใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการเสียค่าใช้จ่ายสูง และการหาวัตถุทดลองที่มีความสม่ำเสมอจำนวนมากก็เป็นไปได้ยาก

นอกจากนี้การทดลองแบบแฟคทอเรียลสามารถกำหนดจุดประสงค์ของการทดลองได้ว่าจะทำการศึกษาไปในทิศทางใด เช่น เพื่อศึกษาความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear Model) สำหรับปัจจัยที่มี 2 ระดับ, การศึกษาความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Model) สำหรับปัจจัยที่มีตั้งแต่ 3 ปัจจัยขึ้นไป หรือเพื่อคัดกรองปัจจัย (Factor Screening Experiments) ก็สามารถทำได้เช่นกัน

ในกรณีที่การทดลองมี 3 ปัจจัย คือ ปัจจัย A, ปัจจัย B และปัจจัย C รูปแบบของสมการของการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูป จะมีตัวแบบสมการทางด้านสถิติเชิงเส้น (Linear Statistical Model) โดยในการสามารถเขียนได้ดังสมการต่อไปนี้

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \in_{ijkl} \quad (2.5)$$

เมื่อกำหนดให้

i	คือ	ระดับปัจจัย A; (i = 1, 2, ..., a)
j	คือ	ระดับปัจจัย A; (j = 1, 2, ..., b)
k	คือ	ระดับปัจจัย A; (k = 1, 2, ..., c)
l	คือ	ระดับปัจจัย A; (l = 1, 2, ..., n)

โดยที่

y_{ijkl}	คือ	ค่าตัวแปรตอบสนอง
μ	คือ	ค่าเฉลี่ยรวม (Grand Mean)
τ_i	คือ	ค่าผลกระทบของปัจจัย A ที่ระดับ i
β_j	คือ	ค่าผลกระทบของปัจจัย A ที่ระดับ j
γ_k	คือ	ค่าผลกระทบของปัจจัย A ที่ระดับ k
$(\tau\beta)_{ij}$	คือ	ค่าผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย A ที่ระดับ i และปัจจัย B ที่ระดับ j
$(\tau\gamma)_{ik}$	คือ	ค่าผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย A ที่ระดับ i และปัจจัย C ที่ระดับ k
$(\beta\gamma)_{jk}$	คือ	ค่าผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย B ที่ระดับ j และปัจจัย C ที่ระดับ k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ คือ ค่าผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย A ที่ระดับ i ปัจจัย B ที่ระดับ j และปัจจัย C ที่ระดับ k

ϵ_{ijkl} คือ ค่าผิดพลาดหรือส่วนที่ยังอธิบายไม่ได้จากการทดลอง (Error หรือ Residuals)

ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องทราบค่าต่างๆ ซึ่งจะแสดงในตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของหัวข้อถัดไป

2.9 หลักการทำงานของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

UV-VIS Spectrophotometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณแสงและค่า intensity ในช่วงรังสียูวีและช่วงแสงขาวที่ทะลุผ่านหรือถูกดูดกลืนโดยตัวอย่างที่วางอยู่ในเครื่องมือ โดยที่ความยาวคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของสารที่อยู่ในตัวอย่าง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ สารประกอบเชิงซ้อนและสารอนินทรีย์ที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นของสารเหล่านี้ได้

คุณสมบัติในการดูดกลืนแสงของสาร เมื่อโมเลกุลของตัวอย่างถูกฉายด้วยแสงที่มีพลังงานเหมาะสมจะทำให้อิเล็กตรอนภายในอะตอมเกิดการดูดกลืนแสง แล้วเปลี่ยนสถานะไปอยู่ในชั้นที่มีระดับพลังงานสูงกว่าเมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่านหรือสะท้อนมาจากตัวอย่าง เทียบกับแสงจากแหล่งกำเนิดที่ความยาวคลื่นค่าต่างๆ ตามกฎของ Beer-Lambert ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของสารจะแปรผันกับจำนวนโมเลกุลที่มีการดูดกลืนแสง ดังนั้นจึงสามารถใช้เทคนิคนี้ในการระบุชนิดและปริมาณของสารต่างๆที่มีอยู่ในตัวอย่างที่ต้องการทดสอบได้

สำหรับส่วนประกอบหลักของเครื่อง UV – VIS Spectrophotometer ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 อย่าง ได้แก่

1) แหล่งกำเนิดแสง ในเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะต้องให้รังสีในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการอย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดเวลา รวมทั้งมีความเข้มแสงที่มากพอด้วยหลอดกำเนิดแสงมีหลายชนิดตามความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมา ซึ่งต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสมกับของเหลวที่นำมาวัดค่าดูดกลืนแสง ตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงช่วง UV ใช้หลอด H_2 และ D_2 lamp ให้ความยาวคลื่นอยู่ในย่าน 160 - 380 นาโนเมตร ชนิดของสเปกโทรสโกปี UV Molecular Absorption และช่วง Visible ใช้หลอด Tungsten หรือ Halogen ให้ความยาวคลื่นในช่วง 240-2,500 นาโนเมตร ซึ่งชนิดของสเปกโทรสโกปีเป็นแบบ UV-visible หรือ Near-IR Molecular Absorption

2) Monochromator ส่วนประกอบนี้เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแสงโดยจะทำให้แสงที่ออกมาจากต้นกำเนิดแสงซึ่งเป็นพอลิโครเมติกให้เป็นแสงโมโนโครเมติก ซึ่งเป็นแถบแสงแคบๆหรือมีความยาวคลื่นเดียว ใช้ฟิลเตอร์ (กระจกสี) ปริซึม (Prism) หรือ เกรตติ้ง (Grating)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เซลล์ที่ใช้บรรจุสารละลายตัวอย่าง สำหรับเซลล์ที่ใส่สารตัวอย่าง (Cell sample) บางครั้งอาจเรียกว่า คิวเวทท์ (Cuvettes) รูปแบบที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ เซลล์ที่ทำด้วยแก้วธรรมดา จะใช้ได้เฉพาะช่วงวิสิเบิ้ล เนื่องจากเนื้อแก้วธรรมดาถูกดูดกลืนแสงในช่วงยูวีได้ และเซลล์ที่ทำด้วยซิลิกาและควอร์ตซ์ (Quartz) สามารถใช้ได้ทั้งช่วงยูวีและวิสิเบิ้ล

4) Detector ทำหน้าที่ในการวัดความเข้มของรังสีที่ถูกดูดกลืนโดยการแปลงพลังงานคลื่นรังสีเป็นพลังงานไฟฟ้าเครื่องตรวจจับสัญญาณที่ดีต้องมีสภาพไวสูง คือ แม้ปริมาณแสงจะเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย ก็สามารถตรวจจับสัญญาณความแตกต่างได้ เครื่องวัดแสงที่ยังนิยมกันอยู่ในปัจจุบัน คือ หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photo Multiplier Tube, PMT) และเครื่องวัดแสงชนิดซิลิกอนไดโอด (Silicon Diode Detector)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาพบว่าที่ผ่านมามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมัน เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปส เพื่อลดการเกิดกรดไขมันอิสระ รวมถึงกล่าวถึงคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Chow M.C. และ Ma. N.A. (2007) ได้มีการนำเตาอบไมโครเวฟมาใช้ในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมัน พบว่าการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟทำให้เนื้อของผลปาล์มน้ำมันมีความอ่อนนุ่มและสามารถยับยั้งปฏิกิริยา Lipolysis ได้ น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันจากเมล็ดในที่สกัดได้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี คือ มีค่ากรดไขมันอิสระน้อย ทำให้การให้ความร้อนด้วยเตาอบไมโครเวฟเป็นเทคโนโลยีทางเลือกที่อาจจะมีความเป็นไปได้ในกระบวนการแบบต่อเนื่อง อีกทั้งเทคโนโลยีนี้เป็นเทคโนโลยีที่สะอาด [19]

Tan C.H. *et. al.* (2009) ได้ทำการศึกษาวิธีพื้นผิวตอบสนองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรักผลปาล์มน้ำมัน ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการสกัดน้ำมัน โดยประยุกต์ใช้การอบแห้งผลปาล์มน้ำมันที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่แตกต่างกัน โดยนำผลปาล์มที่ผ่านการอบแล้วมาสกัดด้วยวิธีแรงทางกล ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาเปอร์เซ็นต์ของค่ากรดไขมันอิสระ ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าควรดำเนินการอบที่อุณหภูมิ 66.8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 12.8 ชั่วโมง ซึ่งทำให้น้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้มีค่ากรดไขมันอิสระและมีปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เท่ากับ 1% และ 33.6% ตามลำดับ สำหรับคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันที่สกัดได้พบว่าการมีสมบัติทางเคมีที่ดีและมีประโยชน์ต่องานอุตสาหกรรม [38]

Hadi N.A. *et. al.* (2012) ได้รายงานเกี่ยวกับผลกระทบของความร้อนแบบแห้งของปาล์มน้ำมัน โดยมีวัตถุประสงค์ในการยับยั้งเอนไซม์ไลเปสและการสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีพารามิเตอร์ของน้ำมันต่างๆ โดยการยับยั้งเอนไซน์มไลเปสด้วยวิธีการใช้ไอน้ำ ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวก่อให้เกิดกรดไขมันอิสระที่สูงขึ้นก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการสกัดน้ำมัน นอกจากนี้ยังได้รายงานวิธีการยับยั้งเกิดกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันอิสระด้วยการใช้ไอน้ำแรงดันสูง ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการผลิตที่มีปริมาณมาก แต่ยังคงมีข้อด้อยคือในกระบวนการดังกล่าวมีน้ำเสียและสิ้นเปลืองน้ำในกระบวนการ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาการอบด้วยความร้อนแบบแห้ง โดยมีระยะเวลาในการอบ 5 นาที ก่อนนำมาสกัดน้ำมันด้วยวิธีทำลาย ผลการศึกษาพบว่าการให้ความร้อนแบบแห้งมีค่ากรดไขมันอิสระในช่วง 1.02 – 2.19 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความสด (DOBI) อยู่ในช่วง 4.19 – 6.72 จึงสามารถสรุปได้ว่าการให้ความร้อนแบบแห้งสามารถให้ผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบที่มีคุณภาพเทียบเท่ากับน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้จากการสกัดด้วยวิธีการใช้ไอน้ำในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ [39]

Fatin S.A. *et. al.* (2014) ได้รายงานถึงอิทธิพลของระยะเวลาในการเก็บรักษาทะลายปาล์มน้ำมัน เพื่อให้สามารถสกัดเป็นน้ำมันปาล์มดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาพบว่าทะลายปาล์มน้ำมันที่ผ่านการสับให้เป็นช่อก่อนแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลาย ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษานาน 30 และ 120 นาที เมื่อผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแล้ว พบว่ามีค่ากรดไขมันอิสระ, ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ, ค่าความสด (DOBI) ในน้ำมันปาล์มดิบ และปริมาณแคโรทีนอยู่ในช่วง 1.19 – 2.21±0.394, 0.175 – 0.411±0.097%, 2.74 – 0.85±0.7476 และ 430.402 – 326.081±0.768 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าทะลายปาล์มที่ผ่านการสับให้เป็นช่อก่อนที่จะให้ความร้อนทำให้น้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้มีคุณภาพ [40]

Umudee I. *et. al.* (2013) ได้ทำการศึกษาอัตราการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระของผลปาล์มน้ำมันสดที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน ซึ่งเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญของอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์ม งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการสเตอริไลซ์ผลปาล์มน้ำมัน โดยการใช้เทคนิคการฉายรังสีไมโครเวฟเพื่อยับยั้งการเกิดเอนไซม์ Lipolysis ซึ่งเป็นสาเหตุให้การทำให้เกิดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ จากรายงานผลการวิจัยพบว่าการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟสามารถยับยั้งการเกิดกรดไขมันอิสระโดยอุณหภูมิที่เหมาะสมของการให้ความร้อนของเนื้อปาล์มคือ 50 – 80 องศาเซลเซียส และผลปาล์มน้ำมันจะสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 7 วันที่สภาพแวดล้อม เมื่อนำมาสกัดเป็นน้ำมันปาล์มดิบและนำมาวิเคราะห์คุณภาพพบว่าปราศจากการเกิดกรดไขมันอิสระอย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่าความร้อนจากรังสีของไมโครเวฟเป็นตัวการทำให้ผลปาล์มแห้งและสามารถยับยั้งการเกิดกรดไขมันอิสระได้ [41]

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น ในปัจจุบันกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ การสกัดน้ำมันปาล์มแบบใช้ไอน้ำ และการสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำ ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น สำหรับในงานวิจัยนี้ทางทีมงานวิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำ ซึ่งเป็นระบบการสกัดขนาดเล็กซึ่งมีในเขตชุมชนจำนวนมาก ซึ่งมีการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มหลากหลายแบบ เช่น ย่าง ทอด และการให้ความร้อนด้วยลมร้อน และยังไม่มีข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ในดำเนินการสกัดน้ำมันปาล์มเพื่อให้ได้น้ำมันที่ดีมีคุณภาพสูง ดังนั้นทางทีมวิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำการศึกษาและออกแบบการทดลองดังจะกล่าวในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันด้วยเตาอบลมร้อน (Hot-Air Oven) ในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งทะลายปาล์มน้ำมันที่นำมาใช้ทดสอบตลอดการทดลองมีอายุในการปลูก 3 ปี โดยทะลายปาล์มน้ำมันดังกล่าวนำมาแยกผลออกจากทะลาย และนำผลปาล์มน้ำมันสดผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่ 60, 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันเป็นระยะเวลานาน 0, 15, 30, 60, 90 และ 120 นาที หลังจากนั้นนำมาสกัดเป็นน้ำมันปาล์มดิบด้วยเครื่องบีบน้ำมันด้วยแรงทางกล และนำตัวอย่างน้ำมันปาล์มดิบมาตรวจสอบคุณภาพน้ำมันตามมาตรฐานการซื้อขายน้ำมันปาล์มดิบ ได้แก่ การตรวจวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) ในน้ำมันปาล์มดิบหลังจากสกัดน้ำมันทันที และระยะเวลาที่ปล่อยน้ำมันปาล์มดิบทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลานาน 7 และ 14 วัน ด้วยเครื่องไตเตรทอัตโนมัติ (ยี่ห้อ Metlor Toledo รุ่น T50), การตรวจวิเคราะห์ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ (Moisture Content , MC) โดยวิธีการทดสอบโดยหาร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของตัวอย่าง ในเตาอบลมร้อน (Hot – Air Oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และการตรวจวิเคราะห์ค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ (Deterioration of Bleachability Index, DOBI) ซึ่งเป็นตัวดัชนีบ่งชี้ความยากง่ายในกระบวนการกลั่น ในการทดสอบใช้เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer (ยี่ห้อ Thermo SCIENTIFIC รุ่น Genesys 10S UV–VIS โดยทำการวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 446 นาโนเมตร และที่ความยาวคลื่น 269 นาโนเมตร โดยน้ำมันปาล์มดิบที่มีคุณภาพดีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีค่ากรดไขมันอิสระไม่เกิน 5% ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบไม่เกิน 0.5% และค่าความสดในน้ำมันปาล์มดิบไม่ต่ำว่า 2.0 โดยรายละเอียดของการทดลองมีรายละเอียดตามที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

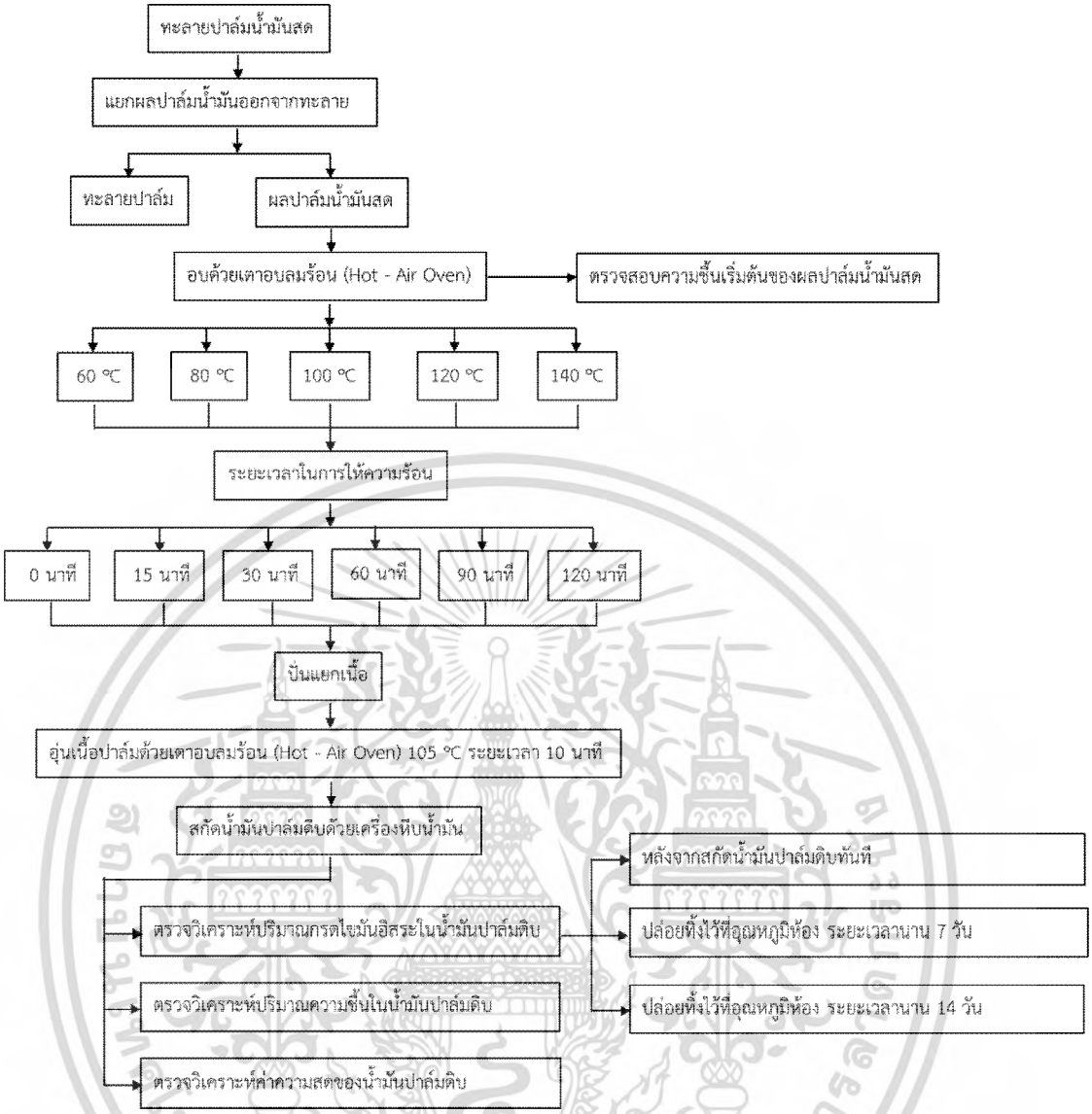
3.1 วิธีการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ จึงได้แบ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 4 ส่วนคือ การวางแผนการทดลอง, การเตรียมตัวอย่าง, กระบวนการแปรรูปจากผลปาล์มน้ำมันสด, การศึกษาหาความชื้นของผลปาล์มน้ำมันสด โดยที่รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนแสดงดังต่อไปนี้

3.1.1 การวางแผนการทดลอง

แผนการทดลองในงานวิจัยนี้ คือ การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ ได้ทำการวางแผนการทดลองแบบ Full Factorial ทั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ ได้แก่ ค่ากรดไขมันอิสระ, ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ และค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ ซึ่งได้แสดงไว้ดังแสดงในรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



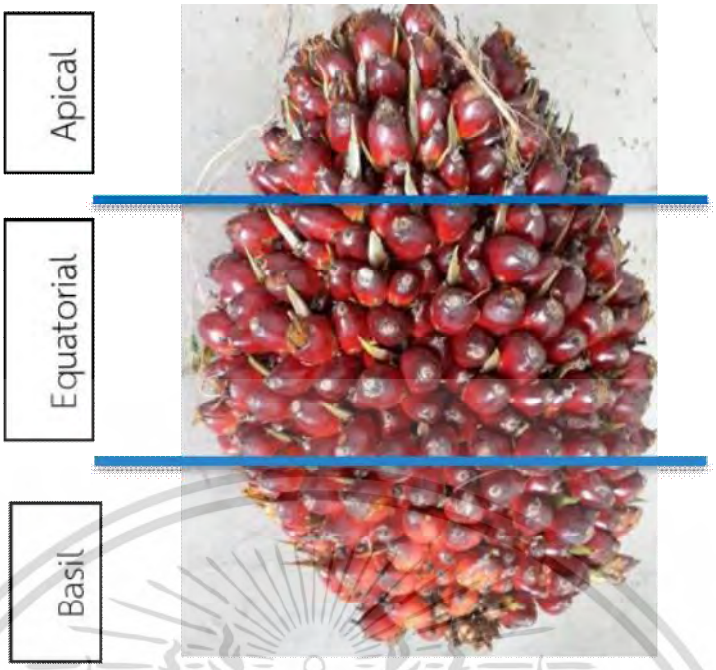
รูปที่ 3.1 แผนผังการทดลอง

3.1.2 การเตรียมตัวอย่าง

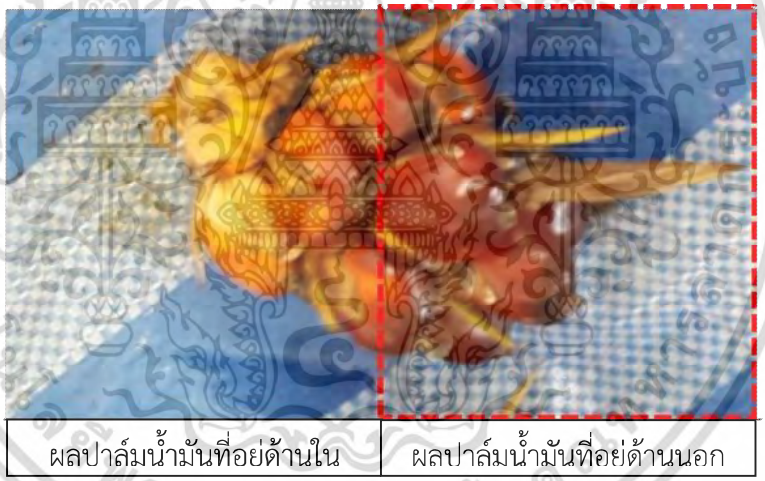
นำทะลายปาล์มที่มีอายุ 3 ปี ที่มาจากสวนเดียวกัน โดยตลอดการทดลองใช้ทะลายปาล์มน้ำมันที่มาจากสวนปาล์มทุ่งรังสิต ตำบลบึงกาฬสาม จังหวัดปทุมธานี โดยทะลายปาล์มที่นำมาทดลองผลปาล์มน้ำมันไม่มีรอยช้ำหรือตำหนิใดๆและเก็บเกี่ยวมาในวันเดียวกัน โดยบ่มด้วยวิธีตามธรรมชาติเป็นระยะเวลานาน 5 วัน

ในการเตรียมผลปาล์มน้ำมันเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ผลปาล์มน้ำมันที่ที่ถูกแยกออกมาจากบริเวณส่วนปลาย (Apical) ซึ่งอยู่ด้านตรงข้ามกับขั้วทะลายและบริเวณส่วนกลาง (Equatorial) โดยใช้เฉพาะผลปาล์มน้ำมันที่อยู่บริเวณด้านนอก ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 การแยกผลออกจากทะลายใช้วิธีการแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลายด้วยมือ ซึ่งในแต่ละหน่วยทดลองใช้ผลปาล์มน้ำมันสดหนัก 120±0.1 กรัม บรรจุลงในกระป๋องอลูมิเนียม (Moisture Can)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การแบ่งส่วนของทะลายปาล์ม



รูปที่ 3.3 การแบ่งซ่อปาล์มน้ำมันภายในและภายนอกเท่าๆกัน

3.1.3 กระบวนการแปรรูปจากผลปาล์มน้ำมันสด

ในกระบวนการแปรรูปผลปาล์มน้ำมันสด ใช้วิธีการเตรียมตัวอย่างผลปาล์มน้ำมันด้วยการเตรียมตัวอย่างในหัวข้อ 3.1.2 ตลอดการดำเนินการทดลอง จากนั้นจึงนำตัวอย่างเข้าเตาอบลมร้อน (Hot – Air Oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UFE500 ที่อุณหภูมิ 60, 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 15, 30, 60, 90, 120 นาที ตามลำดับ หลังจากที่ผลปาล์มน้ำมันผ่านการอบแล้ว นำผลปาล์มน้ำมันมาปั่นแยกส่วนเนื้อปาล์ม (Mesocarp) ออกจากเมล็ด (Nut) ด้วยเครื่องปั่นยี่ห้อ Philips รุ่น HR 2100 ดังแสดงในรูปที่ 3.4 แล้วนำมามาสกัดเป็นน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เครื่องบีบน้ำมันด้วยแรงทางกล และบรรจุน้ำมันที่สกัดได้ลงในหลอดเก็บน้ำมันตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

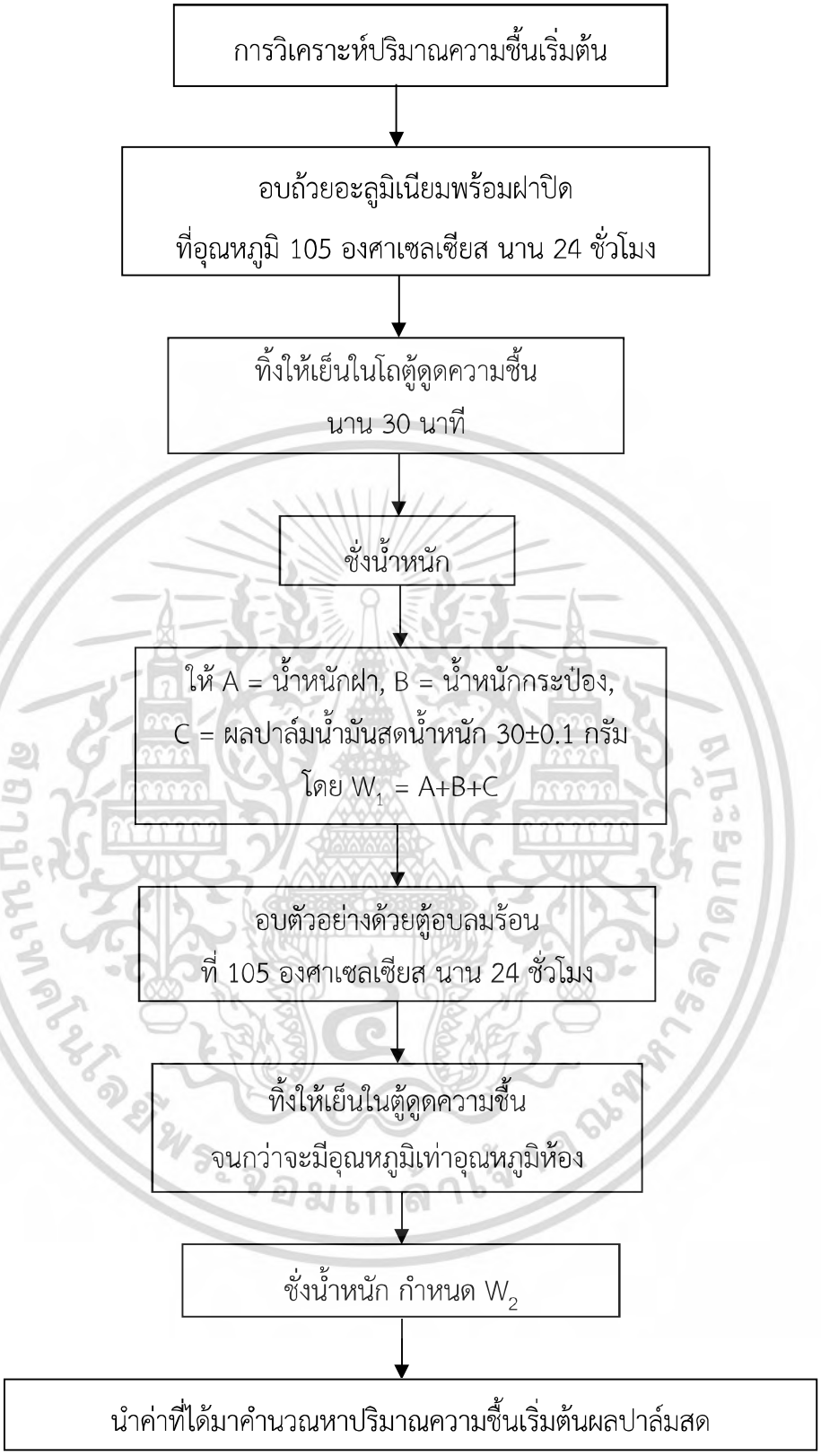
รูปที่ 3.4 เครื่องปั่น ยี่ห้อ Philips รุ่น HR2110

3.1.4 การศึกษาหาความชื้นของผลปาล์มน้ำมันสด

การศึกษาหาความชื้นเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลปาล์มน้ำมันสด ซึ่งในการวิเคราะห์นี้เป็นการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นเริ่มต้น (Initial Moisture Content) ของผลปาล์มน้ำมันสดที่นำมาทดสอบโดยการดัดแปลงวิธีของ AOAC (2005) ในขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมผลปาล์มน้ำมันสำหรับใช้ทดสอบ ทำการแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลายด้วยวิธีปลิดผลออกจากทะลายด้วยมือ โดยใช้ผลปาล์มน้ำมันสดที่อยู่ด้านนอกของทะลายที่ถูกแยกออกมาจากบริเวณส่วนปลาย (Apical) ด้านตรงข้ามกับขั้วทะลายและบริเวณส่วนกลาง (Equatorial) ผลปาล์มน้ำมันสดที่นำมาใช้ตลอดการทดลองเป็นผลปาล์มน้ำมันที่ไม่มีรอยขีดข่วนและไม่บอบช้ำ ซึ่งเป็นไปในแนวทางของงานวิจัย Umudee I. และคณะ [41] นำผลปาล์มน้ำสดน้ำหนัก 30±0.1 กรัม ใส่ลงในกระป๋องอลูมิเนียม (Moisture Can) และไปอบด้วยเตาอบลมร้อน (Hot–Air Oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UEF500 ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสดของการศึกษานี้ สามารถแสดงในรูปของแผนผังการทดสอบหาความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสดดังแสดงในรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.5 เตาอบลมร้อน (Hot-Air Oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UEF500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผนผังแสดงการทดสอบหาความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ

สำหรับการศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ ในการศึกษานี้ใช้ทะลายปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 3 ปี โดยตลอดการดำเนินการศึกษานี้ได้นำทะลายปาล์มมาจากสวนปาล์มน้ำมัน ตำบลบึงกาฬสาม อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ดังแสดงในรูปที่ 3.7 โดยทะลายปาล์มที่นำมาทดสอบทำการแยกผลออกจากทะลายด้วยวิธีปลิดผลปาล์มน้ำมันด้วยมือ โดยผลปาล์มน้ำมันสดที่ได้นำมาศึกษานี้จะใช้ผลปาล์มน้ำมันที่อยู่ในบริเวณส่วนปลายและส่วนกลางของทะลาย [41] เนื่องจากเป็นบริเวณที่ผลปาล์มน้ำมันมีความสุกสม่ำเสมอกัน และขนาดของผลปาล์มน้ำมันมีขนาดใกล้เคียง โดยทำการศึกษาโดยให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิที่ 60, 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเตาอบลมร้อน (Hot – Air Oven) และมีระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันเป็นระยะเวลานาน 0, 15, 30, 60, 90 และ120 นาที โดยมีขั้นตอนการเตรียมผลปาล์มน้ำมันตัวอย่างดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 3.1.2 ซึ่งในแต่ละหน่วยทดลองมีน้ำหนักเท่ากับ 120±0.1 กรัม จากนั้นนำผลปาล์มน้ำมันมาสกัดเป็นน้ำมันปาล์มดิบด้วยเครื่องบีบน้ำมันแบบแรงทางกล และบรรจุน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ลงในหลอดเก็บน้ำมันตัวอย่างดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 3.1.3 จากนั้นจึงนำน้ำมันปาล์มดิบมาตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน ได้แก่ การวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) โดยแบ่งระยะในการศึกษาสภาวะการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ ออกเป็น 3 ช่วง คือ ในช่วงแรกทำการวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบหลังจากสกัดน้ำมันทันที และในช่วงระยะเวลาที่ปล่อยน้ำมันปาล์มดิบทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลานาน 7 และ 14 วัน โดยทำการวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระด้วยเครื่องไตเตรทอัตโนมัติ (ยี่ห้อ Metlor Toledo รุ่น T50) รวมถึงการตรวจวิเคราะห์ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ (Moisture Content, MC) และวิเคราะห์ค่าความสดของน้ำมัน (Deterioration of Bleachability ,DOBI) โดยเป็นตัวดัชนีบ่งชี้ความยากง่ายในกระบวนการกลั่น ในการทดสอบใช้เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer (ยี่ห้อ Thermo SCIENTIFIC รุ่น Genesys 10S UV – VIS) ซึ่งจะวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 446 นาโนเมตร และความยาวคลื่น 269 นาโนเมตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการวิเคราะห์ค่าความสดของ PORIM [39] โดยทำการวิเคราะห์ค่าความชื้นและค่าความสดของน้ำมันในน้ำมันปาล์มดิบหลังจากสกัดน้ำมันทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 ทะลายปาล์มน้ำมันที่นำมาทดสอบ

3.3 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ

ปริมาณกรดไขมันอิสระในการสกัดน้ำมันปาล์มดิบนำมาวิเคราะห์ตามมาตรฐานของ ASTM D664 โดยใช้สารละลาย Isopropanol [42] และใช้เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ (Automatic Tritrator) ยี่ห้อ Mettlor Toledo รุ่น T50 ในการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบนั้น นำน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil, CPO) เข้าตู้อบลมร้อน (Hot – Air Oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UFE500 เพื่อทำการอุ่นน้ำมันให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยตั้งค่าอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส [40] หลังจากน้ำมันปาล์มตัวอย่างมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว นำน้ำมันปาล์มดิบตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักตัวอย่างปริมาณ 0.5±0.05 กรัม ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BSA224S-CW ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ไตเตรทด้วยสารละลาย (KOH) ความเข้มข้น 0.1 M และบันทึกปริมาตรของสารละลาย KOH ที่ใช้เพื่อนำไปคำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\%FFA = \frac{V \times N \times 25.6}{m} \tag{3.1}$$

เมื่อ;

V คือ ปริมาตรของสารละลาย KOH ที่ใช้

N คือ ความเข้มข้นของ KOH (0.1005 normality concentration) ที่ใช้

m คือ น้ำหนักน้ำมันปาล์มดิบตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ (Automatic Tritrator)
ยี่ห้อ Mettlor Toledo รุ่น T50

รูปที่ 3.9 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง
ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BSA224S-CW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การตรวจวิเคราะห์ค่าความชื้นในน้ำปาล์มดิบ

ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ ดำเนินการทดสอบโดยดัดแปลงจากวิธี AOAC [43] โดยทำการชั่งน้ำมันปาล์มดิบตัวอย่างหนัก 5±0.1 กรัม ใส่ลงในภาชนะ โดยกำหนดให้เป็น W_1 นำไปอบด้วยเตาอบลมร้อน (Hot-Air Oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UFE500 ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส โดยบันทึกน้ำหนักหลังอบทุก 3 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นชั่งน้ำหนักสุดท้ายหลังอบ (W_2) และนำผลที่ได้มาคำนวณค่าความชื้น (M.C.-wt.%) ได้ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Moisture Content (M.C.)} = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W_1} \quad (3.2)$$

รูปที่ 3.10 ตัวอย่างน้ำมันปาล์มดิบสำหรับตรวจวิเคราะห์ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ

3.5 การตรวจวิเคราะห์ค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ

ค่าความสด (Deterioration of Bleachability Index, DOBI) ของน้ำมันปาล์มดิบ สามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้มาตรฐานของ PORIM (1995) [39] โดยนำน้ำมันปาล์มดิบตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง น้ำหนัก 0.1±0.1 กรัม ละลายตัวอย่างลงใน n-Hexane (95%) ให้เป็นเนื้อเดียวกัน [40] แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร เติมลงใน Quart Cuvette ปริมาตร 3.5 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer (ยี่ห้อ Thermo SCIENTIFIC รุ่น Genesys 10S UV–VIS) ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ที่ความยาวคลื่น 446 นาโนเมตร และ 269 นาโนเมตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการวิเคราะห์ค่าความสดของ PORIM [39] และคำนวณหาค่าความสด (Deterioration of bleachability, DOBI) ได้จากสมการที่ 3.3 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

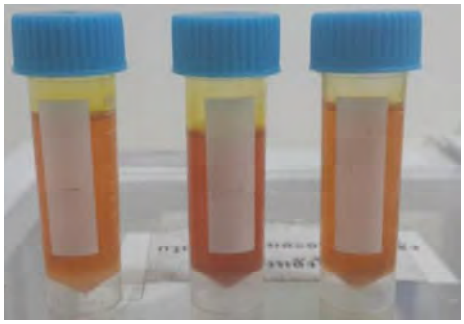
$$DOBI = \frac{Abs\,446nm}{Abs\,269nm} \quad (3.3)$$

รูปที่ 3.11 เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer (ยี่ห้อ Thermo SCIENTIFIC รุ่น Genesys 10S UV–VIS)

3.6 การศึกษาผลของการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบหลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อน

ในการศึกษาผลของการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบหลังจากผลปาล์มน้ำมันผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาในให้ความร้อนที่ระดับต่างๆ และนำมาสกัดจนได้เป็นน้ำมันปาล์มดิบแล้ว จะนำมาบรรจุลงในหลอดเก็บตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.12 และปล่อยตัวอย่างไว้ที่อุณภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) โดยนำมาวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) ในช่วงระยะเวลาที่ปล่อยน้ำมันปาล์มดิบทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลานาน 7 และ 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 น้ำมันปาล์มดิบตัวอย่างที่บรรจุลงในหลอดเก็บตัวอย่าง

3.7 การวัดค่าพลังงานไฟฟ้า

ค่าการใช้พลังงานในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนผลปาล์มน้ำมันด้วยเตาอบลมร้อน (Hot-Air Oven) เป็นค่าที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และยังสามารถแสดงถึงต้นทุนการอบด้วยเตาอบลมร้อนในระดับในห้องปฏิบัติการ ในการศึกษานี้ทำการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบมิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.13 โดยทำการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าในหน่วยของกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) ที่อุณหภูมิ 60, 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการให้ความร้อน 0, 15, 30, 60, 90, 100 และ 120 นาที จากนั้นคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ได้ดังสมการที่ 3.4 และคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในหน่วยบาทได้ดังสมการที่ 3.5 โดยกำหนดให้ค่าไฟฟ้ายูนิตละ 4 บาท

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) x จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน (ชั่วโมง) (3.4)

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ (บาท)= จำนวนยูนิต x ค่าไฟฟ้าต่อยูนิต (3.5)

รูปที่ 3.13 เครื่องวัดค่าพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาและวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายศึกษาการอบผลปาล์มน้ำมันสดด้วยเตาอบลมร้อนในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่มีประโยชน์ต่อการสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำในระดับชุมชนในอนาคต โดยผลจากการศึกษาจะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัยสำหรับการพัฒนาเตาอบลมร้อนหรือกระบวนการอบผลปาล์มน้ำมันสดในอุตสาหกรรมระดับชุมชนต่อไป สำหรับผลปาล์มน้ำมันที่นำมาศึกษาตลอดการดำเนินการศึกษานี้ ทางทีมวิจัยได้ศึกษาหาความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสด ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2005) [43] โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อให้ทราบถึงค่าความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มที่จะนำมาทดสอบ และเพื่อเป็นการควบคุมความชื้นของผลปาล์มน้ำมันที่นำมาใช้ตลอดการดำเนินการทดลอง จากผลการศึกษาพบว่ามีค่าความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันเท่ากับ 25.95±2.7 เปอร์เซ็นต์ความชื้น (ฐานเปียก) ดังแสดงผลการศึกษาหาค่าความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันในตารางภาคผนวกที่ ก1 สำหรับในการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบทางทีมวิจัยได้แบ่งออกเป็น 6 ส่วน ได้แก่ อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ, อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ, อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ, สภาวะในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ, ค่าพลังงานไฟฟ้า, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0, 7 และ 14 วัน โดยมีรายละเอียดดังที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ

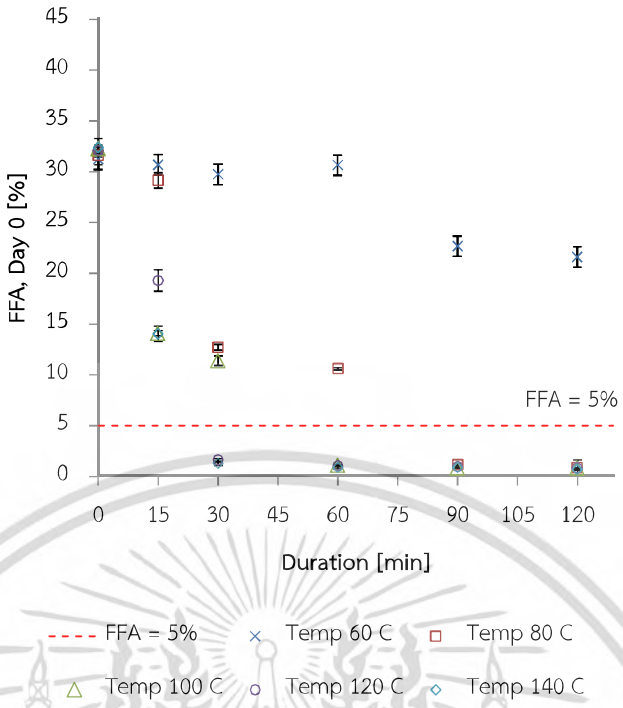
การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมัน ทางทีมวิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามแผนการทดลองแบบ Full Factorial โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 3.1.1 โดยการเตรียมตัวอย่างผลปาล์มน้ำมันสำหรับใช้ทดสอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในหัวข้อ 3.1.2 และมีกระบวนการแปรรูปจากผลปาล์มน้ำมันเป็นน้ำมันปาล์มดิบ ดังรายละเอียดตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 3.1.3 โดยการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันที่ส่งผลต่อค่ากรดไขมันอิสระ ได้ทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 5 ระดับ คือ อุณหภูมิ 60, 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส และที่ระยะเวลาในการอบ 6 ระดับ คือ ระยะเวลาในการอบนาน 0, 15, 30, 60, 90 และ 120 นาที โดยในแต่ละตัวอย่างสำหรับใช้ในการศึกษานี้ ใช้ผลปาล์มน้ำมันหนัก 120±0.1 กรัม บรรจุลงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระป๋องอลูมิเนียมขนาด 10 ออนซ์ ดังรูปที่ 4.1 หลังจากผลปาล์มน้ำมันผ่านการให้ความร้อนด้วยเตาอบลมร้อน (Hot-Air Oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UFE500 แล้ว จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการแปรรูปผลปาล์ม โดยใช้เครื่องปั่น Philips รุ่น HR 2100 เพื่อทำการแยกส่วนของเนื้อปาล์ม (Mesocarp) มาสกัดเป็นน้ำมันปาล์มดิบ โดยใช้เครื่องบีบน้ำมันแบบแรงทางกล หลังจากได้น้ำมันปาล์มดิบแล้วนำมาวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระทันทีหลังจากสกัดน้ำมัน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ ตั้งแต่ 60 ถึง 140 องศาเซลเซียส เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0 วัน หรือหลังจากสกัดน้ำมันทันทีพบว่า คากรดไขมันอิสระมีคาลดลง เมื่อผลปาลมน้ำมันผานการอบที่อุณหภูมิสูงหรือระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างผลปาล์มน้ำมันที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยเตาอบลมร้อน (Hot-Air Oven)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0 วัน หรือหลังจากสกัดน้ำมันทันที

จากผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ ดังข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 4.2 เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิ 5 ระดับ คือ 60, 80, 90, 100 และ 100 องศาเซลเซียส และที่ระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด 6 ระดับ คือ 0, 15, 30, 60, 90 และ 120 นาที ที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางภาคผนวก ก 2 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) แบบแบ่งพิจารณาทีละปัจจัยของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบต่างๆ มีรายละเอียดแสดงในตารางภาคผนวก ก 3 ถึง ตารางภาคผนวก ก 13 จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยของอุณหภูมิ และปัจจัยของระยะเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่ากรดไขมันอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนที่ส่งผลต่อค่ากรดไขมันอิสระ เมื่อทำการวัดค่ากรดไขมันอิสระทันทีหลังจากสกัดน้ำมัน ซึ่งสามารถแสดงค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบต่างๆดังแสดงในตารางที่ 4.1 จากผลการทดลองดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของดันแคน (Duncan's Multiple – Range Test, DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) แสดงให้เห็นว่าผลปาล์มน้ำมันที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน ค่ากรดไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันให้สูงขึ้น ค่ากรดไขมันอิสระมีแนวโน้มลดลง และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.1 ค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบต่างๆ

Temperature [°C]	Duration [min]					
	0	15	30	60	90	120
60	$_{ns}31.21\pm1.55^{a}$	$_{a}30.68\pm1.17^{a}$	$_{a}29.75\pm1.73^{a}$	$_{a}30.64\pm1.37^{a}$	$_{a}22.67\pm1.53^{b}$	$_{a}21.59\pm0.76^{b}$
80	$_{ns}31.58\pm0.89^{a}$	$_{b}29.15\pm0.75^{b}$	$_{b}12.72\pm0.29^{c}$	$_{b}10.60\pm0.11^{d}$	$_{b}1.15\pm0.08^{e}$	$_{b}0.87\pm0.76^{e}$
100	$_{ns}32.28\pm0.34^{a}$	$_{c}14.09\pm0.26^{b}$	$_{c}11.40\pm0.47^{c}$	$_{c}1.08\pm0.07^{d}$	$_{b}0.83\pm0.03^{d}$	$_{b}0.82\pm0.02^{d}$
120	$_{ns}32.08\pm0.37^{a}$	$_{d}19.28\pm1.04^{d}$	$_{d}1.62\pm0.14^{c}$	$_{d}1.04\pm0.09^{cd}$	$_{b}0.97\pm0.04^{cd}$	$_{b}0.86\pm0.03^{d}$
140	$_{ns}32.37\pm0.90^{a}$	$_{c}14.03\pm0.74^{d}$	$_{d}1.28\pm0.18^{c}$	$_{c}0.87\pm0.10^{c}$	$_{b}0.87\pm0.09^{c}$	$_{b}0.68\pm0.04^{c}$

หมายเหตุ : *^{a,b} ตัวอักษรด้านหน้าใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่ากรดไขมันอิสระ ในคอลัมน์เดียวกันตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในแต่ละอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน (60, 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT*

^{a,b} ตัวอักษรด้านหลังใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่ากรดไขมันอิสระ ในแถวเดียวกันตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในแต่ละช่วงระยะในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน (0, 15, 30, 60, 90 และ 120 นาที) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT

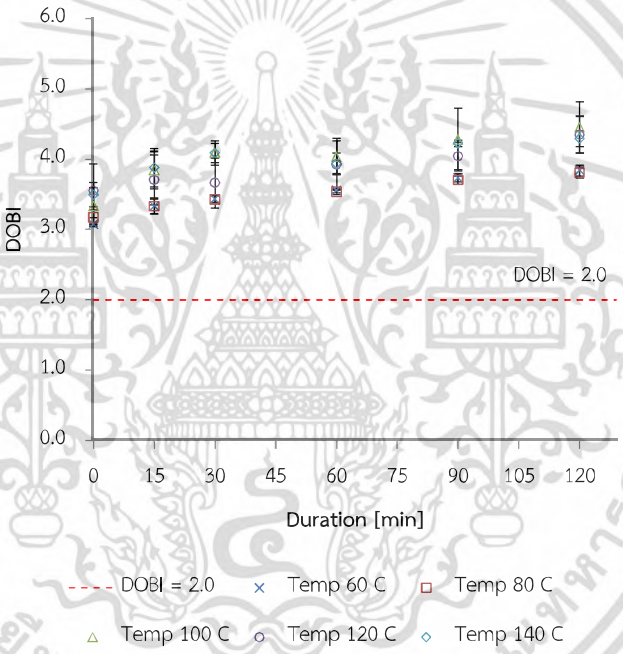
4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ

สำหรับผลของการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิ 5 ระดับ คือ 60, 80, 90, 100 และ 100 องศาเซลเซียส และที่ระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด 6 ระดับ คือ 0, 15, 30, 60, 90 และ 120 นาที ที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ ก 14 จากการศึกษาพบว่าปัจจัยของอุณหภูมิและปัจจัยของระยะเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) แต่สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ ดังนั้นจึงได้แบ่งพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ และอิทธิพลของระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ ดังที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไปใน 4.2.1 และ 4.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ

จากผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ ดังข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าที่น้ำมันที่สกัดได้เป็นน้ำมันที่คุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากมีค่าความสดมากกว่า 2.0 เมื่ออบผลปาล์มน้ำมันด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60 ถึง 120 องศาเซลเซียส และที่ระยะเวลาในการอบตั้งแต่ 0 ถึง 120 นาที เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของดันแคน (Duncan's Multiple – Range Test, DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) พบว่าที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยของค่าความสดในน้ำมันปาล์มดิบไม่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 100 และ 140 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยของค่าความสดในน้ำมันปาล์มดิบไม่แตกต่างกัน และที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยของค่าความสดในน้ำมันปาล์มดิบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับค่าความสดในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0 วัน หรือหลังจากสกัดน้ำมันทันที

ตารางที่ 4.2 ค่าความสดในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ

Temperature [°C]	DOBI
60	3.49 ± 1.49^{a}
80	3.49 ± 0.23^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

Temperature [°C]	DOBI
100	4.00±0.45^{c}
120	3.87±0.40^{b}
140	3.99±0.31b^{c}

หมายเหตุ : ^{a,b} *ตัวอักษรใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความสดในน้ำมันปาล์มดิบ ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแต่ละอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน (60, 80, 100, 120 และ 140 °C) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT*

4.2.2 อิทธิพลของระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ

จากผลการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของดันแคน (Duncan's Multiple – Range Test, DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) ที่ระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันเป็นระยะเวลานาน 15 และ 30 นาที ค่าเฉลี่ยของความสดในน้ำมันปาล์มดิบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และที่ระยะเวลาในการอบเป็นระยะเวลานาน 30 และ 60 ค่าเฉลี่ยของความสดในน้ำมันปาล์มดิบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่ระยะเวลาในการอบนาน 0, 90 และ 120 นาที ค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าความสดในน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลาในการอบต่างๆ

Duration [min]	DOBI
0	3.32±0.27^{a}
15	3.62±0.32^{b}
30	3.74±0.34b^{c}
60	3.80±0.28^{c}
90	4.00±0.31^{d}
120	4.15±0.33^{e}

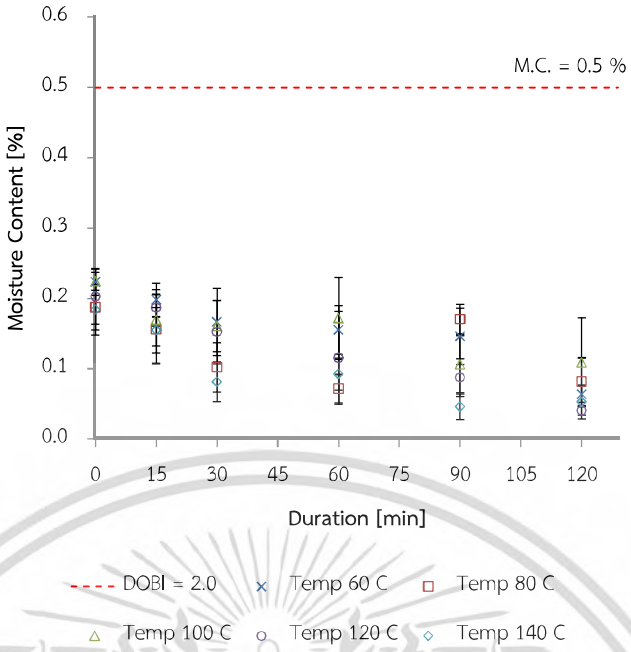
หมายเหตุ : ^{a,b} *ตัวอักษรใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความสดในน้ำมันปาล์มดิบ ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงระยะในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน (0, 15, 30, 60, 90 และ 120 นาที) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ

การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ ดังข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าที่น้ำมันที่สกัดได้เป็นน้ำมันที่คุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากมีค่าความชื้นไม่เกิน 0.5% เมื่ออบผลปาล์มน้ำมันด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60 ถึง 120 องศาเซลเซียส และที่ระยะเวลาในการอบตั้งแต่ 0 ถึง 120 นาที เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิ 5 ระดับ คือ 60, 80, 90, 100 และ 100 องศาเซลเซียส และที่ระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด 6 ระดับ คือ 0, 15, 30, 60, 90 และ 120 นาที ที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางภาคผนวก ก 15 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) แบบแบ่งพิจารณาทีละปัจจัยของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบต่างๆ มีรายละเอียดแสดงในตารางภาคผนวก ก 16 ถึง ตารางภาคผนวก ก 26 จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยของอุณหภูมิ และปัจจัยของระยะเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนที่ส่งผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อทำการวัดค่ากรดไขมันอิสระทันทีหลังจากสกัดน้ำมัน ซึ่งสามารถแสดงค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ ที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 จากผลการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของดันแคน (Duncan's Multiple – Range Test, DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) แสดงให้เห็นว่าน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้จากผลปาล์มน้ำมันที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และที่ระยะเวลาในการให้ความร้อนที่ต่ำว่า 15 นาที ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมัน ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0 วัน หรือหลังจากสกัดน้ำมันทันที

ตารางที่ 4.4 ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบต่างๆ

Temperature [°C]	Duration [min]					
	0	15	30	60	90	120
60	$_{ns}0.22\pm0.02^{a}$	$_{ns}0.20\pm0.02^{ab}$	$_{a}0.17\pm0.05^{b}$	$_{bc}0.16\pm0.4^{b}$	$_{ab}0.15\pm0.04^{b}$	$_{ab}0.07\pm0.06^{d}$
80	$_{ns}0.19\pm0.03^{a}$	$_{ns}0.16\pm0.05^{ab}$	$_{ab}0.11\pm0.04^{bc}$	$_{a}0.07\pm0.20^{c}$	$_{a}0.17\pm0.02^{a}$	$_{ab}0.83\pm0.03^{c}$
100	$_{ns}0.22\pm0.02^{a}$	$_{ns}0.17\pm0.04^{ab}$	$_{a}0.16\pm0.03^{ab}$	$_{c}0.17\pm0.06^{ab}$	$_{bc}0.11\pm0.04^{b}$	$_{b}0.11\pm0.07^{b}$
120	$_{ns}0.20\pm0.04^{a}$	$_{ns}0.19\pm0.03^{a}$	$_{a}0.15\pm0.04^{ab}$	$_{ab}0.12\pm0.06^{bc}$	$_{cd}0.09\pm0.03^{cd}$	$_{a}0.04\pm0.01^{d}$
140	$_{ns}0.19\pm0.03^{a}$	$_{ns}0.16\pm0.04^{a}$	$_{b}0.09\pm0.03^{bc}$	$_{ab}0.10\pm0.02^{b}$	$_{d}0.05\pm0.02^{c}$	$_{ab}0.06\pm0.03^{bc}$

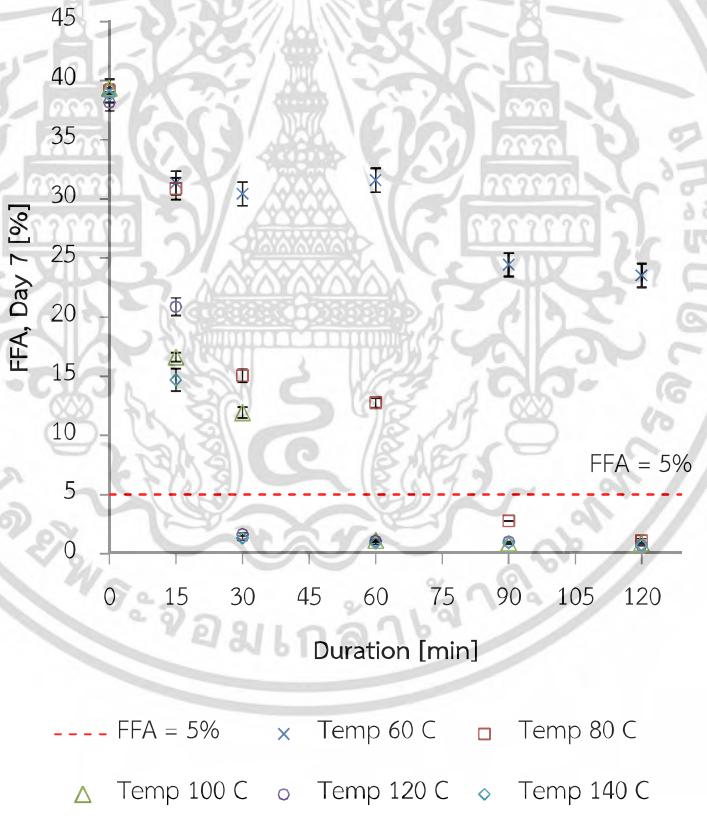
หมายเหตุ : *^{a,b} ตัวอักษรด้านหน้าใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ ในคอลัมน์เดียวกันตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในแต่ละอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน (60, 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT*

^{a,b} ตัวอักษรด้านหลังใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ ในแถวเดียวกันตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในแต่ละช่วงระยะในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน (0, 15, 30, 60, 90 และ 120 นาที) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

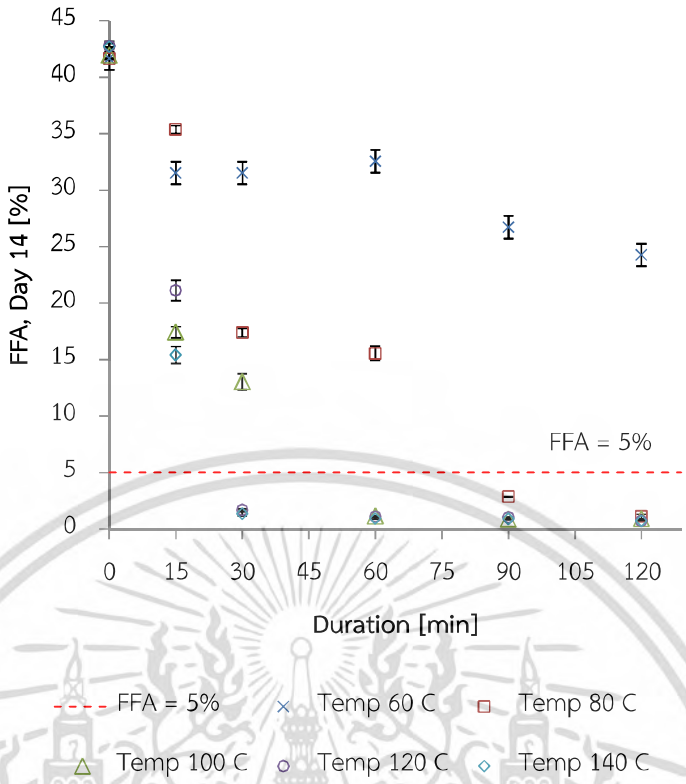
4.4 สภาวะในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ

ในการศึกษาผลของการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบหลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 3.6 น้ำมันปาล์มดิบตัวอย่างสำหรับใช้ในการศึกษาบรรจุอยู่ในหลอดเก็บตัวอย่าง ที่ระยะเวลาที่ปล่อยน้ำมันปาล์มดิบทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลานาน 7 และ 14 วัน แล้วนำมาตรวจวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระเพื่อตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ ดังแสดงผลการศึกษาในรูปที่ 4.5 และ รูปที่ 4.6 ตามลำดับ จากผลการดำเนินการศึกษาพบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันที่สามารถยับยั้งการเกิดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบได้นานถึง 14 วัน คือ การอบผลปาล์มน้ำมันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบนาน 90 ถึง 120 นาที, อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้ระยะเวลาในการอบ 60 ถึง 120 นาที, อุณหภูมิ 120 และ 140 องศาเซลเซียส ให้ระยะเวลาในการอบ 30 ถึง 120 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่สามารถรักษาคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบให้มีค่ากรดไขมันอิสระอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

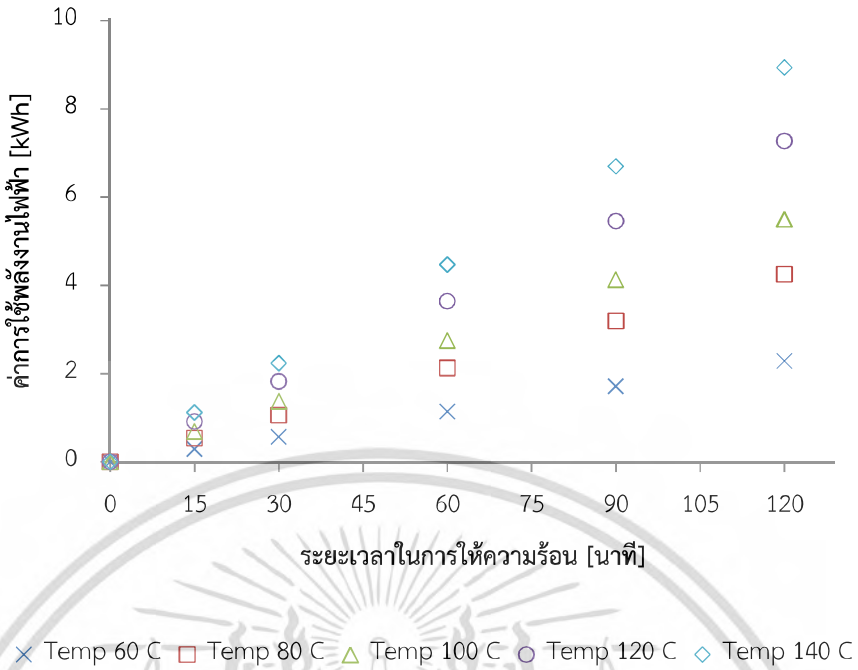


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 14 วัน

4.5 ค่าพลังงานไฟฟ้า

การศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจากการอบผลปาล์มน้ำมันด้วยเตาอบลมร้อน (Hot-Air Oven) ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยที่ผลปาล์มน้ำมันที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60, 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการอบเป็นระยะเวลานาน 0, 15, 30, 60, 90 และ 120 นาที เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่อุณหภูมิการให้ความร้อนที่ระดับต่างๆ ค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อมีระยะเวลาในการอบที่นานขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.7 สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการอบผลปาล์มน้ำมันให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าและได้น้ำมันปาล์มดิบที่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 30 นาที มีค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.82 kWh และยังคงรักษาคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้น้ำมันปาล์มดิบที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานาน 14 วัน มีค่ากรดไขมันอิสระเท่ากับ 1.64±0.03 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าความชื้นและค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบหลังสกัดน้ำมันทันทีเท่ากับ 0.15±0.05 เปอร์เซ็นต์ และ 3.66±0.36 ตามลำดับ ซึ่งน้ำมันที่สกัดได้เป็นน้ำมันปาล์มดิบที่มีคุณภาพดีอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด คือ ค่ากรดไขมันอิสระไม่เกิน 5%, ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบมีค่าน้อยกว่า 0.5%, ค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบมีค่ามากกว่า 2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันกับค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยเตาอบลมร้อน (Hot-Air Oven) ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60 ถึง 140 องศาเซลเซียส

4.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0, 7 และ 14 วัน

ในการซื้อขายน้ำมันปาล์มดิบในปัจจุบันตัวแปรที่สำคัญที่สุดที่ใช้ในการบ่งชี้คุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil, CPO) ที่สกัดได้ผลปาล์มน้ำมันสดขึ้นอยู่กับกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) ซึ่งน้ำมันปาล์มดิบเกรดเอ (Crude Palm Oil Grade A, CPO – A) เป็นน้ำมันเกรดมาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเพื่อบริโภค และเพื่อดำเนินการผลิตไบโอดีเซล โดยการควบคุมมาตรฐานของน้ำปาล์มดิบเกรดเอ ถูกควบคุมด้วยค่าทางเคมี คือ ค่ากรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) ไม่เกิน 5% ซึ่งจากผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบในหัวข้อที่ 4.1 และสภาวะในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบในหัวข้อที่ 4.4 ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้นาน 0, 7 และ 14 วัน สามารถนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด โดยใช้รูปแบบความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันแบบเอ็กซ์โพแนนเชียลให้อยู่ในรูปแบบของสมการที่ 4.1 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเลือกเส้นกราฟที่เหมาะสมกับข้อมูล (Curve Fitting) โดยการใช้รูปแบบความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันแบบเอ็กโพแนนเชียลดังแสดงในสมการที่ 4.1

$$y = A_x e^{-kt} \quad (4.1)$$

เมื่อกำหนดให้

y = ค่ากรดไขมันอิสระเมื่อเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด [%]

A_x = ค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบเมื่อไม่มีการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษา 0, 7, 14 วัน

k = ค่าสัมประสิทธิ์

t = ระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด [นาที]

จากผลการทดลองเลือกเส้นกราฟที่เหมาะสมกับข้อมูล (Curve Fitting) วิธีการสร้างเส้นกราฟที่เหมาะสมด้วยการใช้ Customized Fitting Program พบว่าที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60 ถึง 140 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0, 7 และ 14 วัน มีค่า R–Square และค่าสัมประสิทธิ์ k ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และ
ตารางที่ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า R-Square ที่ได้จากการเลือกเส้นกราฟที่เหมาะสมกับข้อมูล (Curve Fitting) ด้วยวิธี Customized Fitting Program

ระยะเวลาในการเก็บรักษา [วัน]	อุณหภูมิ [°C]	R-Square
0	60	0.7281
0	80	0.9205
0	100	0.9785
0	120	0.9439
0	140	0.9797
7	60	0.626

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ระยะเวลาในการเก็บรักษา [วัน]	อุณหภูมิ [°C]	R-Square
7	80	0.9602
7	100	0.9866
7	120	0.9588
7	140	0.9878
14	60	0.5597
14	80	0.9465
14	100	0.9831
14	120	0.9693
14	140	0.9897

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ k

ระยะเวลาในการเก็บรักษา [วัน]	อุณหภูมิ [°C]	ค่าสัมประสิทธิ์ k
0	60	0.0029
0	80	0.0224
0	100	0.0440
0	120	0.0521
0	140	0.0662
7	60	0.0048
7	80	0.0239
7	100	0.0484
7	120	0.0577
7	140	0.0742
14	60	0.0053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ระยะเวลาในการเก็บรักษา [วัน]	อุณหภูมิ [°C]	ค่าสัมประสิทธิ์ k
14	80	0.0220
14	100	0.0492
14	120	0.0607
14	140	0.0759

จากตารางที่ 4.5 พบว่าค่า R–Square ที่ได้จากการสร้าง Curve Fitting ด้วยวิธีการสร้างเส้นกราฟที่เหมาะสมกับข้อมูล (Curve Fitting) ด้วยการใช้ Customized Fitting Program แสดงให้เห็นว่า รูปแบบของสมการที่ได้นั้นสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตอบสนองและมีความเหมาะสมกับข้อมูล และจาก

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ k ของสมการ โดยการกำหนดจุดตัดแกน y ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เป็นตัวแปร A_∞ ของสมการ ใช้ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบที่วัดได้จากระยะเวลาในการอบ 0 นาที ที่อุณหภูมิ 60 ถึง 140 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นผลปาล์มน้ำมันที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน ดังนั้นจึงสามารถแสดงถึงเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันอิสระเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสดได้ ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 0, 7 และ 14 วัน โดยแสดงผลในตารางที่ 4.7 ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันอิสระเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสดที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 7 และ 14 วัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา [วัน]	ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันอิสระเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสด [%]
0	31.904
7	38.910
14	42.297

จากตารางในข้างต้นจะได้ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันอิสระเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสด โดยการใช้ค่ากรดไขมันอิสระจากผลการศึกษาในหัวข้อที่ 4.4 คือ ค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบของสภาวะการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ ที่ระยะเวลาในการให้ความร้อน 0 นาที ทำให้ทราบค่าของปริมาณกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมันสดเริ่มต้นที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน โดยกำหนดให้เป็นจุดตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกน y ของสมการที่ระยะเวลาในการเก็บรักษา 0, 7 และ 14 วัน จากนั้นจึงนำข้อมูลมาทำการเลือกเส้นกราฟที่เหมาะสมกับข้อมูล (Curve Fitting) ด้วยวิธีการสร้างด้วย Customized Fitting Program โดยทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 4.8 ดังนี้

ตารางที่ 4.8 การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของวิธีการสร้างด้วย Customized Fitting Program

พารามิเตอร์	การปรับตั้งค่า
Method	Nonlinear Least Squares
Robust	Off
DiffMinChange	0.0
DiffMaxChange	0.1
MaxFunEvals	600.0
MaxIter	400.0
TolFun	0.0
TolX	0.0
StartPoint	0.1
Lower	0.0
Upper	1.0

จากผลการนำข้อมูลมาทำการเลือกเส้นกราฟที่เหมาะสมกับข้อมูล (Curve Fitting) ด้วยวิธีการสร้างด้วย Customized Fitting Program โดยทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 ข้างต้นแล้ว จึงได้สมการรูปแบบความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันแบบเอ็กโพแนนเชียลแสดงในสมการต่อไปนี้

เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ 0 วัน ;

$$y = 31.904e^{-kt} \quad (4.2)$$

เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ 7 วัน ;

$$y = 38.910e^{-kt} \quad (4.3)$$

เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ 14 วัน ;

$$y = 42.9197e^{-kt} \quad (4.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนดให้

y = ค่ากรดไขมันอิสระเมื่อเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาวันต่างๆ [%]

A_x = ค่าสัมประสิทธิ์ของค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบเมื่อไม่มีการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษา 0, 7, 14 วัน โดยใช้ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันอิสระเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสด [%] ดังแสดงในตารางที่ 4.8

k = ค่าสัมประสิทธิ์

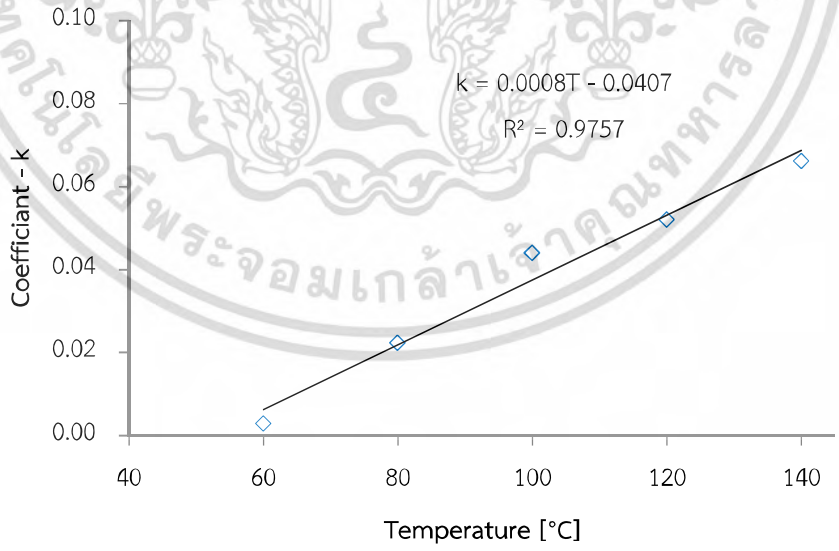
t = ระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด [นาที]

จาก

ตารางที่ 4.6 เมื่อนำมาสร้างเส้นกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิที่ให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดกับค่าสัมประสิทธิ์ k ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันที่ระยะเวลา 0, 7, 14 วัน มีความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันแบบกราฟเส้นตรง (Linear) ซึ่งอยู่ในรูปแบบของสมการที่ 4.5

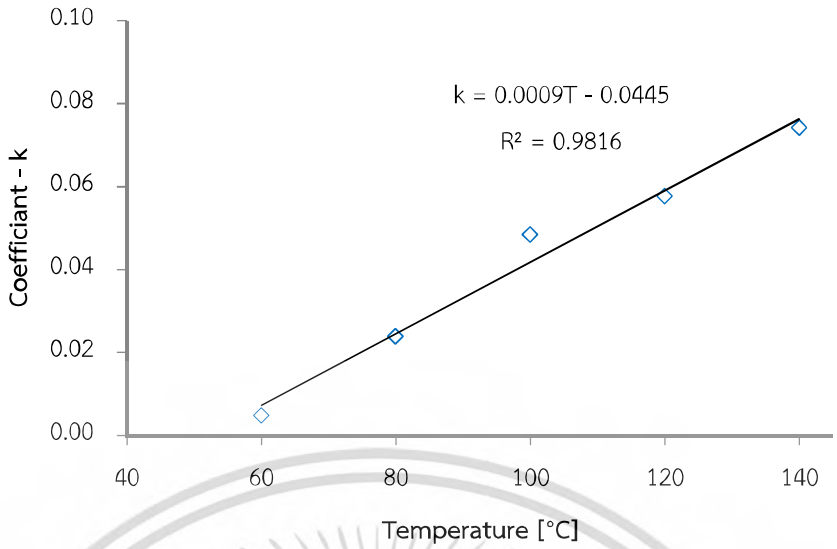
$$k = a_x T + b_x \tag{4.5}$$

โดยแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่ระยะเวลาต่างๆ กับค่าสัมประสิทธิ์ k โดยแบ่งพิจารณาตามระยะเวลาในการเก็บรักษา 0, 7 และ 14 วันดังต่อไปนี้

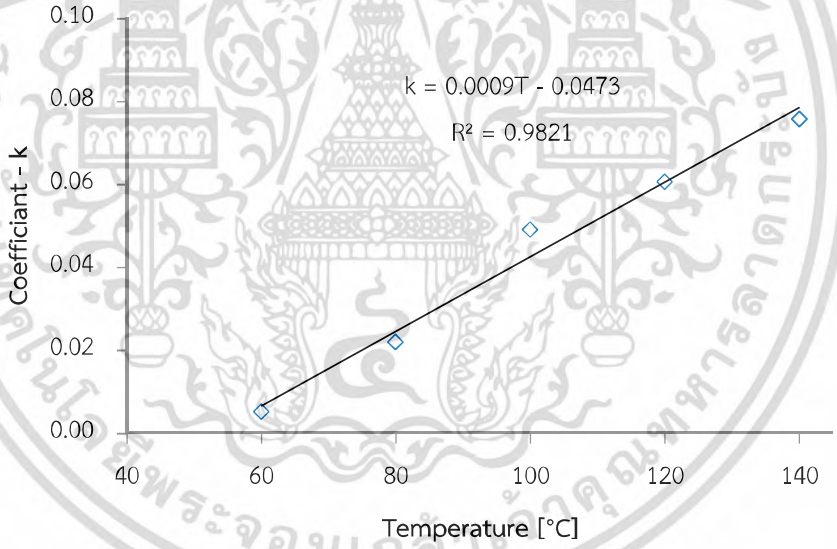


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่ระยะเวลาต่างๆกับค่าสัมประสิทธิ์ k ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ 0 วัน หรือหลังสกัดน้ำมันปาล์มดิบทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่ระยะเวลาต่างๆ กับค่าสัมประสิทธิ์ k ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ 7 วัน



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่ระยะเวลาต่างๆ กับค่าสัมประสิทธิ์ k ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 รูปแบบของสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันกับค่าสัมประสิทธิ์ k ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาในการเก็บรักษา [วัน]	รูปแบบสมการ	R-Square	ค่าสัมประสิทธิ์	
			a	b
0	k = 0.0008T - 0.0407	0.9757	0.0008	0.0407
7	k = 0.0009T - 0.0445	0.9816	0.0009	0.0445
14	k = 0.0009T - 0.0473	0.9821	0.0008	0.0473

จากข้อมูลในข้างต้นทำให้สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0, 7 และ 14 วัน เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิ 60, 80, 100, 120, 140 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการให้ความร้อนต่างๆเป็นระยะเวลานาน 0, 15, 30, 60, 90, 120 นาที ดังสมการต่อไปนี้

$$FFA_{DAY0} = 31.904e^{-(a_0T+b_0)t} \quad (4.6)$$

$$FFA_{DAY7} = 38.910e^{-(a_7T+b_7)t} \quad (4.7)$$

$$FFA_{DAY14} = 42.9297e^{-(a_{14}T+b_{14})t} \quad (4.8)$$

เมื่อกำหนดให้ ;

FFA_{DAY0} = ค่าการทำนายเปอร์เซ็นต์ของค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบหลังสกัดน้ำมันทันที [%]

FFA_{DAY7} = ค่าการทำนายเปอร์เซ็นต์ของค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบหลังจากปล่อยน้ำมันปาล์มดิบทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลานาน 7 วัน [%]

FFA_{DAY14} = ค่าการทำนายเปอร์เซ็นต์ของค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบหลังจากปล่อยน้ำมันปาล์มดิบทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลานาน 14 วัน [%]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a_0 = ค่าสัมประสิทธิ์ a เมื่อปล่อยน้ำมันปาล์มดิบทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลานาน 0 วัน หรือหลังสกัดน้ำมันทันที

a_7 = ค่าสัมประสิทธิ์ a เมื่อปล่อยน้ำมันปาล์มดิบทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลานาน 7 วัน

a_{14} = ค่าสัมประสิทธิ์ a เมื่อปล่อยน้ำมันปาล์มดิบทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลานาน 14 วัน

T = อุณหภูมิที่ให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันตั้งแต่ 60 ถึง 140 องศาเซลเซียส

b_0 = ค่าสัมประสิทธิ์ b เมื่อปล่อยน้ำมันปาล์มดิบทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลานาน 0 วัน หรือหลังสกัดน้ำมันทันที

b_7 = ค่าสัมประสิทธิ์ b เมื่อปล่อยน้ำมันปาล์มดิบทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลานาน 7 วัน

b_{14} = ค่าสัมประสิทธิ์ b เมื่อปล่อยน้ำมันปาล์มดิบทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลานาน 14 วัน

t = ระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด [นาที]

เมื่อแทนค่าค่าสัมประสิทธิ์ a และ b ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ 0, 7 และ 14 วัน ดังแสดงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$FFA_{DAY0} = 31.904e^{-(0.0008T+0.0407)t} \quad (4.9)$$

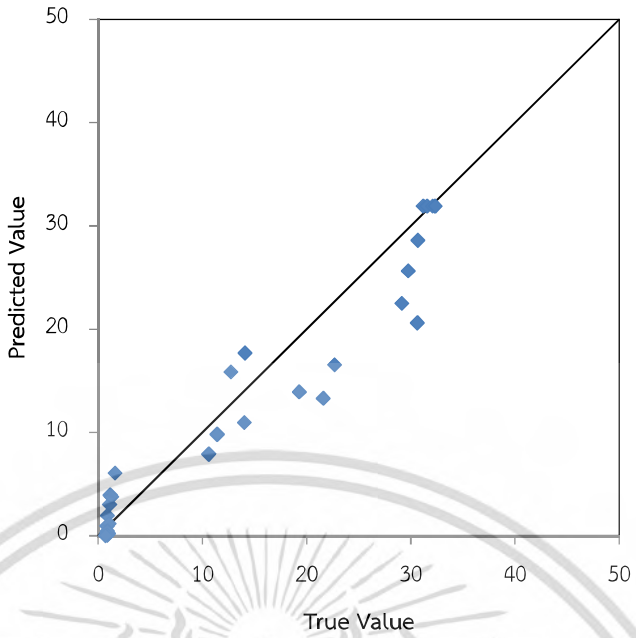
$$FFA_{DAY7} = 38.910e^{-(0.0009T+0.0445)t} \quad (4.10)$$

$$FFA_{DAY14} = 42.9297e^{-(0.0009T+0.0473)t} \quad (4.11)$$

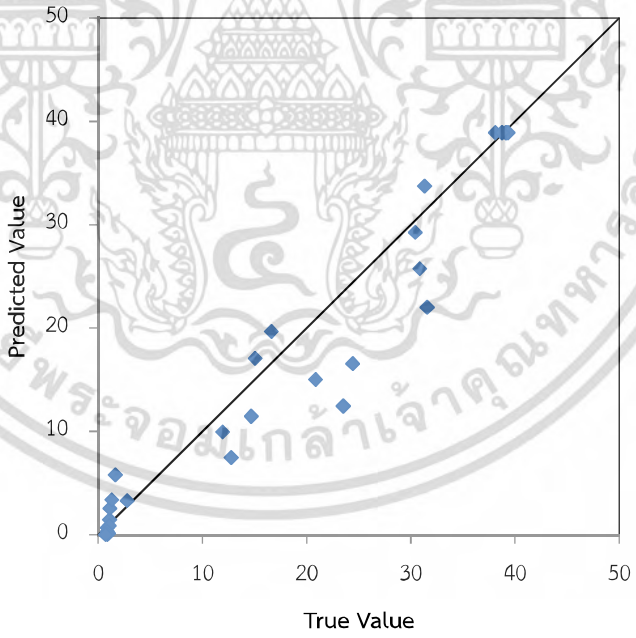
สำหรับการแสดงผลแบบพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างค่ากรดไขมันอิสระและกับระยะเวลาในระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันเป็นระยะเวลานาน 0, 15, 30, 60, 90 และ 120 นาที ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 60, 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ 0, 7 และ 14 วัน ดังแสดงในภาคผนวก ข จากรูปที่ 4.11 ถึง รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณค่ากรดไขมันอิสระจากผลการทดลองเปรียบเทียบกับค่ากรดไขมันอิสระจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ 0, 7 และ 14 วัน

จากผลการศึกษาพบว่าที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดเพื่อยับยั้งค่ากรดไขมันอิสระให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ มีค่ากรดไขมันอิสระต่ำว่า 5% ค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบมีค่าน้อยกว่า 0.5% ค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบมากกว่า 2.0 คือ การให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันที่ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันเป็นเวลานาน 30 นาที เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการอบผลปาล์มน้ำมันด้วยเตาอบลมร้อนในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นสภาวะดังกล่าว มีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยมีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 1.82 kWh ค่าไฟฟ้าที่ใช้เป็นจำนวนเงิน 7.27 บาท ซึ่งแสดงข้อมูลค่าไฟฟ้าและพลังงานที่ใช้ในการอบด้วยเตาอบลมร้อน (Hot – Air Oven) ในภาคผนวก ก ตารางภาคผนวกที่ ก2 จากการศึกษาพบว่าที่สภาวะดังกล่าว สามารถรักษาคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ให้มีคุณภาพดีเกรดเอ โดยมีค่ากรดไขมันอิสระเฉลี่ยเท่ากับ 1.64±0.03% เมื่อเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบนานถึง 14 วัน และเมื่อทำการตรวจวัดค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบหลังสกัดทันทีพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15±0.05% โดยน้ำหนัก และเมื่อตรวจวิเคราะห์น้ำมันปาล์มดิบหลังสกัดทันทีมีค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ยเท่ากับ 3.66±0.36 และจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ ที่สภาวะการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มที่อุณหภูมิ 60 – 140 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันที่ระยะเวลา 0 – 120 นาที ซึ่งสมการทำนายค่ากรดไขมันอิสระที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 7 และ 14 วัน ให้ค่าความแม่นยำในรูปแบบของค่า R-Square เท่ากับ 0.92, 0.93, และ 0.96 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

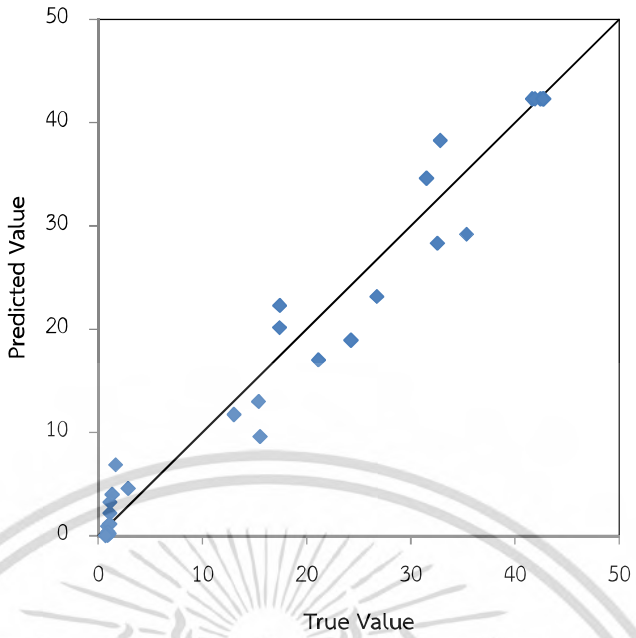


รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของปริมาณค่ากรดไขมันอิสระจากผลการทดลอง เปรียบเทียบกับค่ากรดไขมันอิสระจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0 วัน หรือหลังจากสกัดน้ำมันทันที



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ของปริมาณค่ากรดไขมันอิสระจากผลการทดลองเปรียบเทียบกับค่ากรดไขมันอิสระจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ของปริมาณค่ากรดไขมันอิสระจากผลการทดลองเปรียบเทียบกับค่ากรดไขมันอิสระจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ ด้วยวิธีการให้ความร้อนด้วยเตาอบลมร้อน (Hot – Air Oven) ที่อุณหภูมิ 60, 80, 100, 120, 140 องศาเซลเซียส โดยระยะเวลาในการให้ความร้อนเป็นระยะเวลานาน 0, 15, 30, 60, 90 และ 120 นาที โดยผลการทดลองทั้งหมดแบ่งออกเป็น 6 ส่วน คือ อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ, อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ, อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ, สภาวะในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ, ค่าพลังงานไฟฟ้า และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบที่ระยะเวลา 0, 7 และ 14 วัน

นอกจากนี้ทางทีมวิจัยได้ทำการการศึกษาหาความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสดตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2005) [43] โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเบื้อต้นเพื่อให้ทราบถึงค่าความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มที่จะนำมาทดสอบ เพื่อเป็นการควบคุมผลปาล์มสดที่นำมาใช้ตลอดการทดลอง จากผลการทดลองพบว่าค่าความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.95±2.7 เปอร์เซนต์ความชื้น (ฐานเปียก)

ส่วนแรก การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบจากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิ, ระยะเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่ากรดไขมันอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนที่ส่งผลต่อค่ากรดไขมันอิสระ

ส่วนที่สอง อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบจากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิ, ระยะเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) แต่สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ

ส่วนที่สาม อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิ, ระยะเวลาในการให้ความร้อนที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนที่ส่งผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบพลังงานไฟฟ้า

ส่วนที่สี่ สภาวะในการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบ จากผลการดำเนินการศึกษาพบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันที่สามารถยับยั้งการเกิดกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบได้นานถึง 14 วัน คือ การอบผลปาล์มน้ำมันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบนาน 90 ถึง 120 นาที, อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้ระยะเวลาในการอบ 60 ถึง 120 นาที, อุณหภูมิ 120 และ 140 องศาเซลเซียส ให้ระยะเวลาในการอบ 30 ถึง 120 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่สามารถรักษาคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบให้มีค่ากรดไขมันอิสระอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้

ส่วนที่ห้า ค่าพลังงานไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่าการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 30 นาที มีใช้พลังงานน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 1.82 kWh และยังคงรักษาคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้น้ำมันปาล์มดิบที่เก็บไว้นาน 14 วัน มีค่ากรดไขมันอิสระเท่ากับ 1.64±0.03 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าความชื้นและค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบหลังสกัดน้ำมันทันทีเท่ากับ 0.15±0.05 เปอร์เซ็นต์ และ 3.66±0.36 ตามลำดับ ซึ่งน้ำมันที่สกัดได้เป็นน้ำมันปาล์มดิบที่มีคุณภาพดีอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด

จากนั้นทางทีมวิจัยได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนที่หก คือ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายค่ากรดไขมันอิสระในระยะเวลาในการเก็บรักษา 0, 7 และ 14 วัน เพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำนายค่ากรดไขมันอิสระซึ่งสามารถทำนายได้อย่างแม่นยำโดยมีค่า R-Square เฉลี่ยเท่ากับ 0.92, 0.93 และ 0.96 ตามลำดับ โดยสมการดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการทำนายได้ดีได้ในช่วงอุณหภูมิ 60 – 140 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันตั้งแต่ 0 – 120 นาที โดยการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดด้วยเตาอบลมร้อนในระดับห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ถึงแม้ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายค่ากรดไขมันอิสระจะสามารถทำนายค่าได้อย่างแม่นยำ แต่สมการดังกล่าวยังคงมีข้อจำกัด คือ สามารถทำนายค่ากรดไขมันอิสระที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาสูงสุดได้เพียง 14 วัน ดังนั้นหากมีการศึกษาเพิ่มเติมจะสามารถขยายขอบเขตองค์ความรู้ได้เพิ่มขึ้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม

งานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในด้านการเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบและพัฒนาเตาอบผลปาล์มได้ในอนาคต รวมถึงการนำไปต่อยอดพัฒนาระบบสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำในระดับชุมชน แต่ควรคำนึงถึงการออกแบบที่เหมาะสมซึ่งมีปัจจัยต่างๆ ในการอบผลปาล์มจำนวนครั้งละมากๆ เช่น ความทั่วถึงของการให้ความร้อนแก่ผลปาล์ม ความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มขาเข้าสู่ระบบการอบผลปาล์ม การควบคุณอุณหภูมิภายในเตาอบ ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้อาจจะนำไปสู่การดัดแปลงวิธีการเก็บรักษาผลปาล์มน้ำมันโดยการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสด เพื่อรักษาคุณภาพผลปาล์มเมื่อนำผลปาล์มมาสกัดน้ำเป็นน้ำมันปาล์มดิบแล้วยังให้น้ำมันปาล์มดิบที่มีคุณภาพดี อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการซื้อขาย รวมถึงเกษตรกรสามารถนำวิธีการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการอบผลปาล์มน้ำมันเพื่อนำมาสกัดในโรงสกัดน้ำมันในพื้นที่ชุมชนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] จินตน์กานต์ งามสุทธา. **"ปาล์มน้ำมันสู่น้ำมันปาล์ม สู่ AEC กรมวิชาการเกษตร."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.doa.go.th/pibai/pibai/n16/v_9-oct/korkui.html. 2555.

[2] ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. **"ปาล์มน้ำมัน: เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2554-2559."** 2558.

[3] กรมการค้าภายใน. **"ระบบอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันไทย."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dit.go.th. 2558.

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ."**Process น้ำมันปาล์ม."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.2.dede.go.th/Wboard/Question.asp. 2551.

[5] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. **"คู่มือการใช้งานระบบสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำ รุ่น CP-P 1500."** 2555.

[6] ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. **"โครงการพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมกับประเทศเพื่อนบ้าน (ยุทธศาสตร์ความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมภายใต้กรอบโครงการพัฒนาเขตเศรษฐกิจสามฝ่าย อินโดนีเซีย - มาเลเซีย - ไทย: IMT-GT)."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www. thaifta.com/trade/study/imtgt_chap5-3.pdf. 2557.

[7] ชนินทร พรนภดล. "การวิเคราะห์และออกแบบตู้นึ่งปาล์ม." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550.

[8] นคร สาระคุณ. **คู่มือน้ำมันปาล์มและการจัดการ.** สวน. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2545.

[9] ชัยวัฒน์ พรหมเพชร. **"เครื่องอบผลปาล์มแบบสกรู."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, วิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2556.

[10] สาวิตรี คำหอม. **"การศึกษาประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟแบบสายพานในกระบวนการนึ่งปาล์มน้ำมัน."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, วิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2551.

[11] อิบรอเฮม ยีดำ. **"ปาล์มน้ำมัน."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/510211/lecturenote/slidePPT/oilpalm.ppt. 2551.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] บุญล้วน ผาสุข, ไชยวัฒน์ อธิคมสมบัติ, เมธา สาสุข และจำลอง ปราบแก้ว. **"เครื่องแยกเปลือกปาล์มออกจากเมล็ด."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, วิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2546.

[13] พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. **คัมภีร์ปาล์มน้ำมัน พืชพืชเศรษฐกิจเพื่อบริโภคและอุปโภค.** กรุงเทพฯ: มติชน. 2549.

[14] Connemann J. and Fischer J. "Biodiesel in Europe 1998." **Biodiesel Processing Technologies.** Jul. 1998.

[15] กิตติศักดิ์ ทวีสินโสภา. **"การผลิตเมทิลเอสเตอร์จากน้ำมันปาล์มหีบรวม โดยใช้กระบวนการผลิตแบบ Esterification และ Transesterification."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต วิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2549.

[16] Cornelius J. A. "Palm Oil from Hybrid Oil Palms." **Oil Palm News.** vol.9, 1975. pp.12- 13.

[17] Barnwal B. K. and Sharma M. P. "Prospect of Biodiesel Production from Vegetable Oils in India." **Renewable & Sustainable Energy Reviews.** vol. 9, 2005. pp.363-378.

[18] Sivasothy K. "Palm oil milling technology." **Advances in Palm Oil Research.** vol.1, 2000. pp.745-775.

[19] Chow M. C. and Ma A. N. "Processing of Fresh Palm Fruits Using Microwave." **Microwave Power Electromagnetic Energy.** vol.40, no.3, 2007. pp.165-173.

[20] พูนสุข ประเสริฐสรรพ์ และสุธีระ ประเสริฐสรรพ์. **"การศึกษาและวิเคราะห์สถานภาพและศักยภาพของการใช้ประโยชน์จากของเสียจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม."** ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2537.

[21] อุกฤษฎ์ สหพัฒน์สมบัติ, ธนกร ตันธนวัฒน์ และเอกรัตน์ ไวยนิตย์ ."การพัฒนาระบบสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำขนาด 1 ตันผลปาล์มต่อชั่วโมง." **การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 5.** มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2552.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[22] วิชัย ปานสมุทร, วิทยา พงศ์พฤทธิ์ และชวน อินต๊ะรังษี. **"พลังงานชีวมวลทางด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมจากพืชปาล์มน้ำมัน."** พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2546. 17-117.

[23] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ."**Process น้ำมันปาล์ม."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.2.dede.go.th/Wboard/Question.asp. 2551.

[24] ผาสุข กุลละวณิชย์. **"โครงการแปรรูปผลิตภัณฑ์และพัฒนาด้านการตลาดของโรงงานหีบน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก ตามพระราชดำริ."** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2531.

[25] วิชัย ปานสมุทร, วิทยา พงศ์พฤทธิ์ และชวน อินต๊ะรังษี. **"พลังงานชีวมวลทางด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมจากพืชปาล์มน้ำมัน."** พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2546. 17-117.

[26] ณัฐวุฒิ ดุษฎี, สุทัศน์ ปฐมนุพงศ์, นิกราน หอมดวง, อัจฉรา แกล้วกล้า และประสาทพร กออวยชัย. **"โครงการพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มคุณภาพสูงขนาดเล็กควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว."** ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2554

[27] สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. **"โครงการวิจัยและพัฒนาระบบอบแห้งผลปาล์มโดยใช้ซ่อทะลายปาล์มน้ำมันและวัสดุเหลือใช้จากการสกัดน้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง."** 2540.

[28] บัญญัติ นิยมวาส. **"การพัฒนาระบบอบแห้งผลปาล์ม."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร-มหาบัณฑิต, วิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2544.

[29] บุญญาวัลย์ อยู่สุข. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. **"การทดสอบคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบ."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :http://www.nstda.or.th/nac2014/download/presentation/1April/06_Boonyawan.pdf. 2559.

[30] Arnott G. W. "The Malayan oil palm and the analysis of its products." **Minist. Agric. cooperative, Fed. Malaya, Div. Agric. Bull.** vol.113, 1963. pp.32.

[31] Ariffin A. A. and Tan Y. I. "The Effect of Handing of FFB on the Formation of FFA and the Subsequent Quality of Crude Palm Oil." **PORIM International Palm Oil Development Conference.** 1989.

[32] ฉกรรจ์ สังข์ทอง. **ปาล์มน้ำมัน.** กรุงเทพฯ: เซาท์เทริ์นเพรสแอนด์พับบลิเคชั่น. 2540.

[33] ไกรวุฒิ ศิริอนันตภัทร์. **"การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบที่ได้บีบผลปาล์มทั้งผล."** วิทยานิพนธ์อุตสาหกรรมเกษตรมหาบัณฑิต, สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2534.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[34] Chong C. L. and Gapor A. "Effect of Moisture and Trace Metals on oil Quality." **Workshop on Quality in Palm oil Industry.** 1983. pp.46-66.

[35] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.). **“การผลิตและการตรวจสอบมาตรฐานไบโอดีเซล”.** 2558.

[36] Montgomery D. C. **Design and Analysis of Experiment.** 7th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. 2009.

[37] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. **การออกแบบและการวิเคราะห์การทดลอง.** 1. กรุงเทพฯ: ท้อป. 2551.

[38] Tan C. H., Ghazali H. M., Kuntom A., Tan C. P. and Ariffin A. A. "Extraction and Physicochemical Properties of Low Free Fatty Acid Crude Palm Oil." **Food Chemistry.** vol.113, 2009. pp.645-650.

[39] Hadi N. A., Han N. M., May C. Y. and Ngan M. A. "Dry Heating Of Palm Fruits: Effect On Selected Parameters." **American Journal of Engineering and Applied Sciences.** vol.5, no.2, 2012. pp.128-131.

[40] Fatin S. A., Rosnah S. and Robiah Y. "The Effect of Storage Time of Chopped Oil Palm Fruit Bunches on the Palm Oil Quality." **Agriculture and Agricultural Science Procedia.** vol.2, 2014. pp.165–172.

[41] Umudee I., Chongcheawchamnan M., Kiatweerasakul M., Tongurai C. "Sterilization of Oil Palm Fresh Fruit Using Microwave Technique". **International Journal of Chemical Engineering and Applications.** vol. 4, no. 3, 2013. pp.111 - 113.

[42] ASTM D664-4 **An American National Standard British Standard 4457.** 2004.

[43] AOAC. **"Official Methods of Analysis of the Association of Offical Analytical Chemists.",** 18th eds. Method 981.10, Association of Official Analytical Chemists, Washingtion DC. 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลและผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก1 ผลการวัดค่าความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมัน

น้ำหนักก่อนอบ [g]	น้ำหนักหลังอบ [g]	ค่าความชื้นเริ่มต้น [%]
37.0607	26.8067	27.67
36.9902	26.1731	29.24
36.1112	25.4756	29.45
41.1071	30.7381	25.22
40.7912	29.8866	26.73
39.10118	29.1015	25.57
36.0916	26.9902	25.22
44.3703	31.1864	29.71
46.0001	35.001	23.91
45.64434	34.6478	24.09
42.8904	33.8265	21.13
40.7745	30.12	26.13
36.363	26.2512	27.81
36.0551	27.1004	24.84
37.3506	27.5865	26.14
36.3404	26.3376	27.53
44.2706	32.6466	26.26
43.7611	30.6906	29.87
38.5448	27.4334	28.83
39.436	28.0546	28.86
44.9083	30.8962	31.20
44.4989	31.2811	29.70
43.7506	30.8802	29.42
42.927	30.0463	30.01
41.7968	31.7908	23.94
41.0766	30.9757	24.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

น้ำหนักก่อนอบ [g]	น้ำหนักหลังอบ [g]	ค่าความชื้นเริ่มต้น [%]
42.0954	32.2439	23.40
40.2463	30.9798	23.02
42.001	32.775	21.97
41.625	30.2941	27.22
42.8996	30.0734	29.90
41.9902	31.8819	24.07
43.9779	34.0149	22.65
45.0042	34.0452	24.35
40.9508	31.7973	22.35
41.6457	31.3031	24.83
37.8905	26.7448	29.42
34.149	24.4358	28.44
29.0603	21.4163	26.30
36.3052	26.5163	26.96
36.1994	26.1738	27.70
38.0356	27.1812	28.54
32.4008	23.4969	27.48
35.5858	27.5942	22.46
33.0041	24.455	25.90
28.9446	22.0501	23.82
32.2705	24.1757	25.08
36.3911	27.0851	25.57
35.1963	25.20493	28.39
34.5489	26.5162	23.25
36.1202	26.1883	27.50
35.8984	25.1982	29.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

น้ำหนักก่อนอบ [g]	น้ำหนักหลังอบ [g]	ค่าความชื้นเริ่มต้น [%]
36.7979	28.1704	23.45
40.1928	31.5154	21.59
29.13	21.8764	24.90
33.8977	25.8984	23.60
31.7283	24.6914	22.18
31.8745	24.4216	23.38
34.9739	27.6107	21.05
36.1709	27.7998	23.14

ตารางผนวกที่ ก2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp	6206.767	4	1551.692	2888.000	0.000
Duration	11336.774	5	2267.355	4221.000	0.000
Temp * Duration	2520.065	20	126.003	234.553	0.000
Error	48.349	90	0.537		
Corrected Total	20111.955	119			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 0 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.935	4	0.984	1.153	0.37
Within Groups	12.795	15	0.853		
Total	16.73	19			

ตารางผนวกที่ ก4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 15 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1033.531	4	258.383	355.493	0.000
Within Groups	10.902	15	0.727		
Total	1044.433	19			

ตารางผนวกที่ ก5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 30 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2146.447	4	536.612	798.790	0.000
Within Groups	10.077	15	0.672		
Total	2156.524	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 60 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2650.978	4	662.744	173.700	0.000
Within Groups	5.724	15	0.382		
Total	2656.701	19			

ตารางผนวกที่ ก7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 90 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1509.695	4	377.424	800.912	0.000
Within Groups	7.069	15	0.471		
Total	1516.763	19			

ตารางผนวกที่ ก8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 120 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1382.247	4	345.562	290.900	0.000
Within Groups	1.782	15	0.119		
Total	1384.029	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	386.192	5	77.238	40.042	0.000
Within Groups	34.721	18	1.929		
Total	420.913	23			

ตารางผนวกที่ ก10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3553.082	5	710.616	290.400	0.000
Within Groups	4.404	18	0.245		
Total	3557.487	23			

ตารางผนวกที่ ก11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3052.522	5	610.504	905.000	0.000
Within Groups	1.214	18	0.067		
Total	3053.736	23			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3545.551	5	709.110	340.200	0.000
Within Groups	3.752	18	0.208		
Total	3549.302	23			

ตารางผนวกที่ ก13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 140 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3319.493	5	663.899	280.700	0.000
Within Groups	4.257	18	0.237		
Total	3323.750	23			

ตารางผนวกที่ ก14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความสดของน้ำมันปาล์มดิบ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp	6.331	4	1.583	33.388	0.00
Duration	8.322	5	1.664	35.11	0.00
Temp * Duration	0.751	20	0.038	0.792	0.717
Error	4.267	90	0.047		
Corrected Total	19.671	119			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp	0.051	4	0.013	9.713	0
Duration	0.221	5	0.044	33.425	0
Temp * Duration	0.059	20	0.003	2.239	0.005
Error	0.119	90	0.001		
Corrected Total	0.45	119			

ตารางผนวกที่ ก16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 0 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.005	4	0.001	1.435	0.271
Within Groups	0.014	15	0.001		
Total	0.019	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 15 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.006	4	0.002	1.228	0.340
Within Groups	0.019	15	0.001		
Total	0.026	19			

ตารางผนวกที่ ก18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 30 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.022	4	0.005	3.612	0.030
Within Groups	0.022	15	0.001		
Total	0.044	19			

ตารางผนวกที่ ก19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 60 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.027	4	0.007	3.583	0.031
Within Groups	0.029	15	0.002		
Total	0.056	19			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 90 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.039	4	0.010	9.403	0.001
Within Groups	0.016	15	0.001		
Total	0.054	19			

ตารางผนวกที่ ก21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่เป็นระยะเวลานาน 120 นาที

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.011	4	0.003	2.160	0.123
Within Groups	0.019	15	0.001		
Total	0.030	19			

ตารางผนวกที่ ก22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.059	5	0.012	10.947	0.000
Within Groups	0.019	18	0.001		
Total	0.078	23			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.047	5	0.009	7.870	0.000
Within Groups	0.021	18	0.001		
Total	0.068	23			

ตารางผนวกที่ ก24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.037	5	0.007	3.703	0.018
Within Groups	0.036	18	0.002		
Total	0.074	23			

ตารางผนวกที่ ก25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.075	5	0.015	9.795	0.000
Within Groups	0.027	18	0.002		
Total	0.102	23			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) อิทธิพลของระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่มีผลต่อค่าความชื้นในน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันสดที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.062	5	0.012	15.701	0.000
Within Groups	0.014	18	0.001		
Total	0.076	23			

ตารางผนวกที่ ก27 ข้อมูลค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการอบด้วยเตาอบลมร้อน

อุณหภูมิ [°C]	ระยะเวลาในการอบ [นาที]	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด [kWh]	ค่าไฟฟ้าที่ใช้ [บาท]
60	0	0.00	0
60	15	0.29	1.14
60	30	0.57	2.28
60	60	1.14	4.56
60	90	1.71	6.84
60	120	2.28	9.12
80	0	0.00	0
80	15	0.53	2.12
80	30	1.06	4.25
80	60	2.12	8.50
80	90	3.19	12.74
80	120	4.25	16.99
100	0	0.00	0
100	15	0.69	2.75
100	30	1.37	5.50
100	60	2.75	10.99
100	90	4.12	16.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก27 (ต่อ)

อุณหภูมิ [°C]	ระยะเวลาในการอบ [นาที]	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด [kWh]	ค่าไฟฟ้าที่ใช้ [บาท]
100	120	5.50	21.98
120	0	0.00	0
120	15	0.91	3.64
120	30	1.82	7.27
120	60	3.64	14.54
120	90	5.45	21.82
120	120	7.27	29.09
140	0	0.00	0
140	15	1.12	4.46
140	30	2.23	8.93
140	60	4.46	17.86
140	90	6.70	26.78
140	120	8.93	35.71

หมายเหตุ : คำนวณค่าไฟฟ้ายูนิตละ 4 บาท โดยมีสูตรการคำนวณต่อไปนี้

จำนวนยูนิตหรือพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) x จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน (ชั่วโมง)

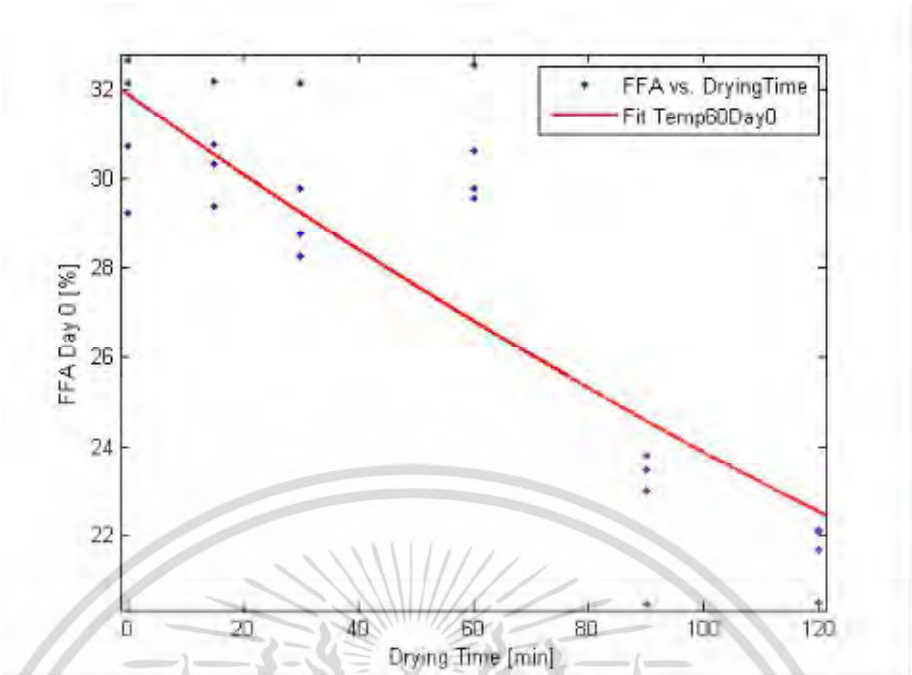
ค่าไฟฟ้าที่ใช้ (บาท) = จำนวนยูนิต x ค่าไฟฟ้าต่อยูนิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

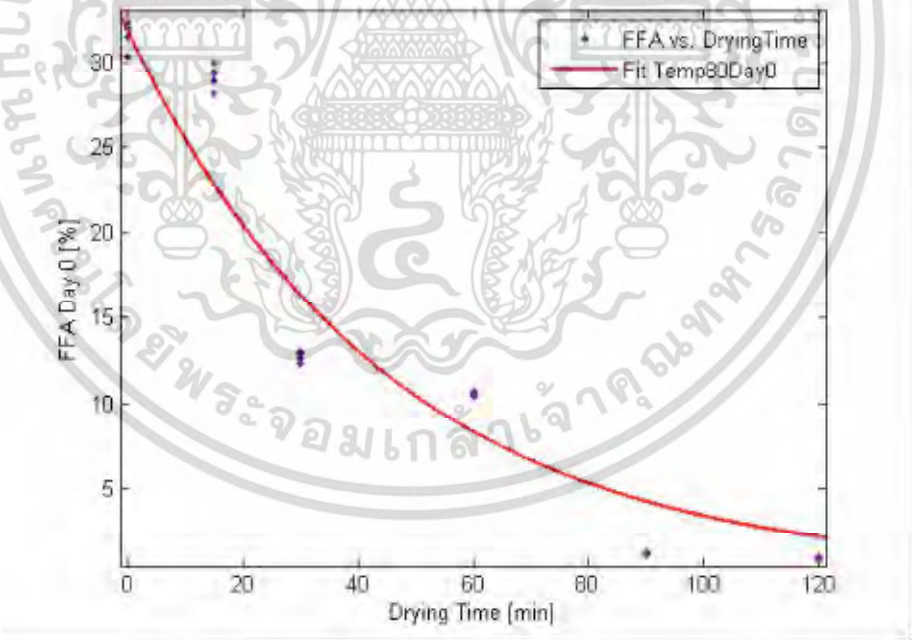
ภาคผนวก ข

ผลการใช้ Customized Fitting Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

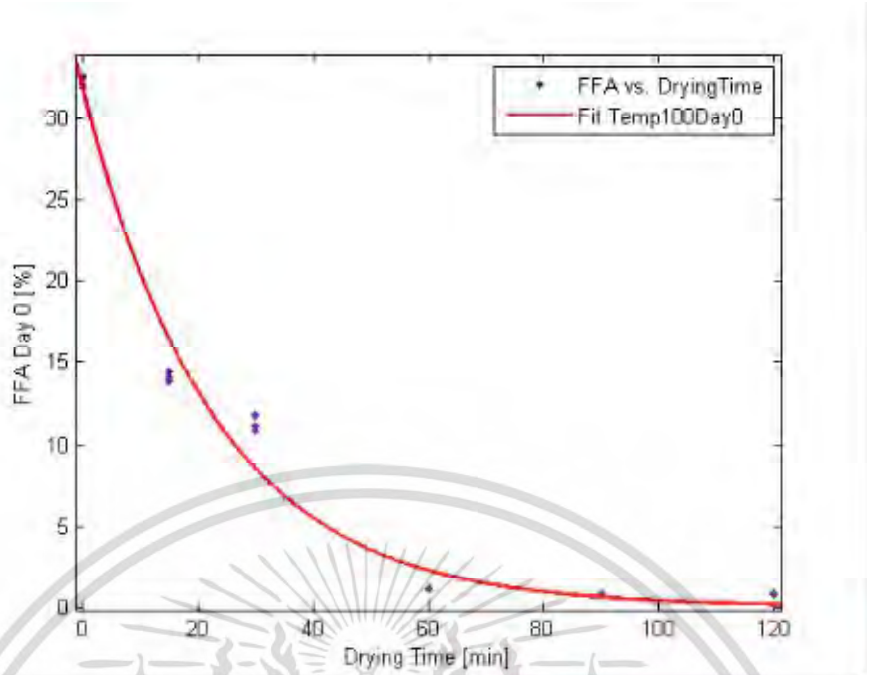


รูปที่ ข1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หลังจากสกัดทันที

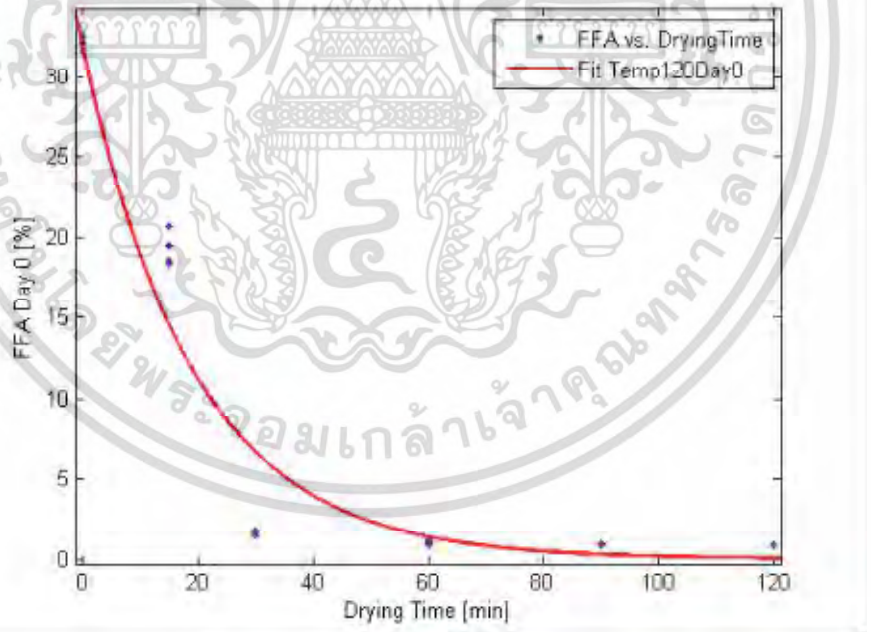


รูปที่ ข2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส หลังจากสกัดทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

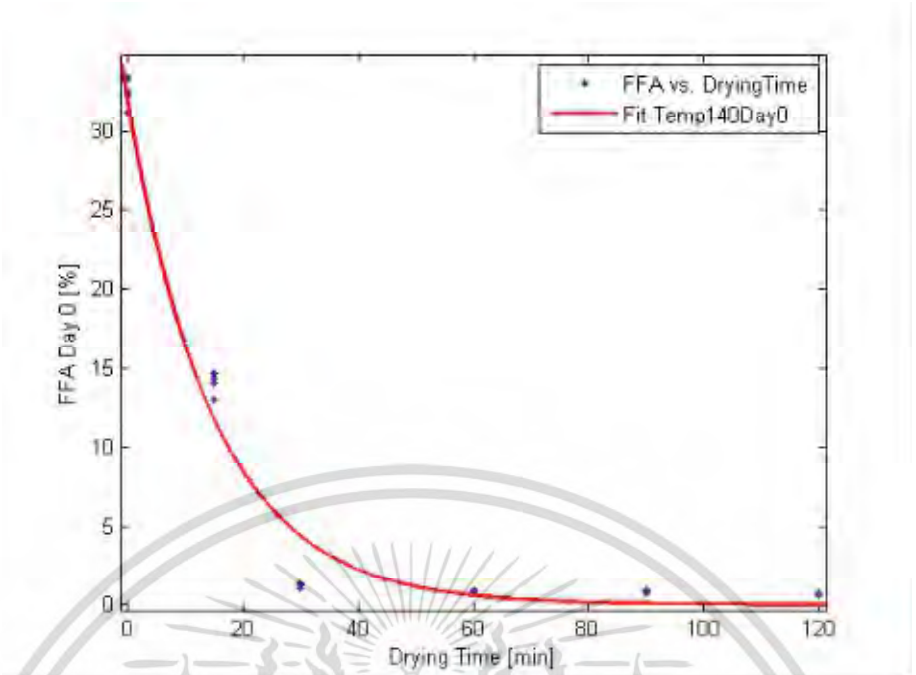


รูปที่ ข3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส หลังจากสกัดทันที

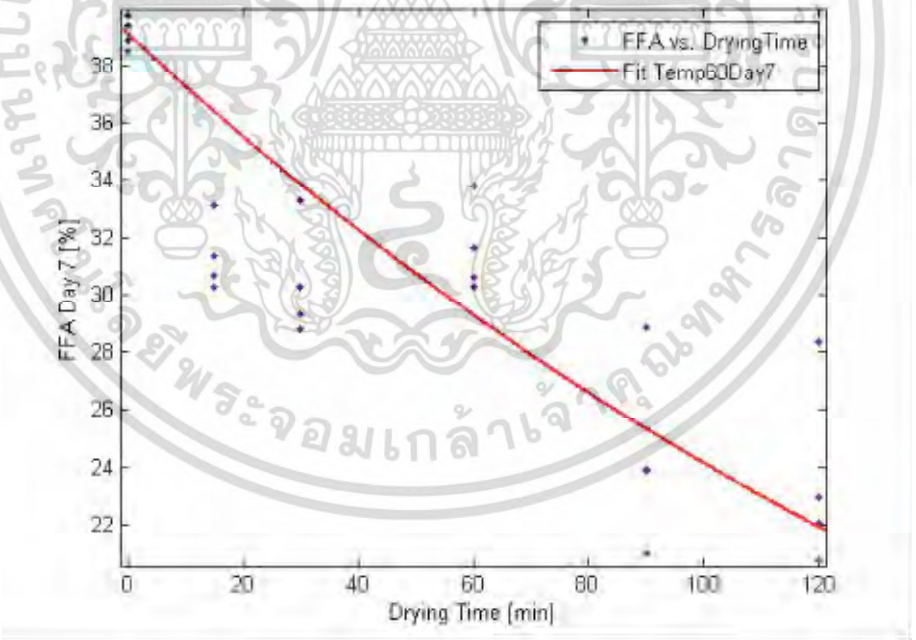


รูปที่ ข4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส หลังจากสกัดทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

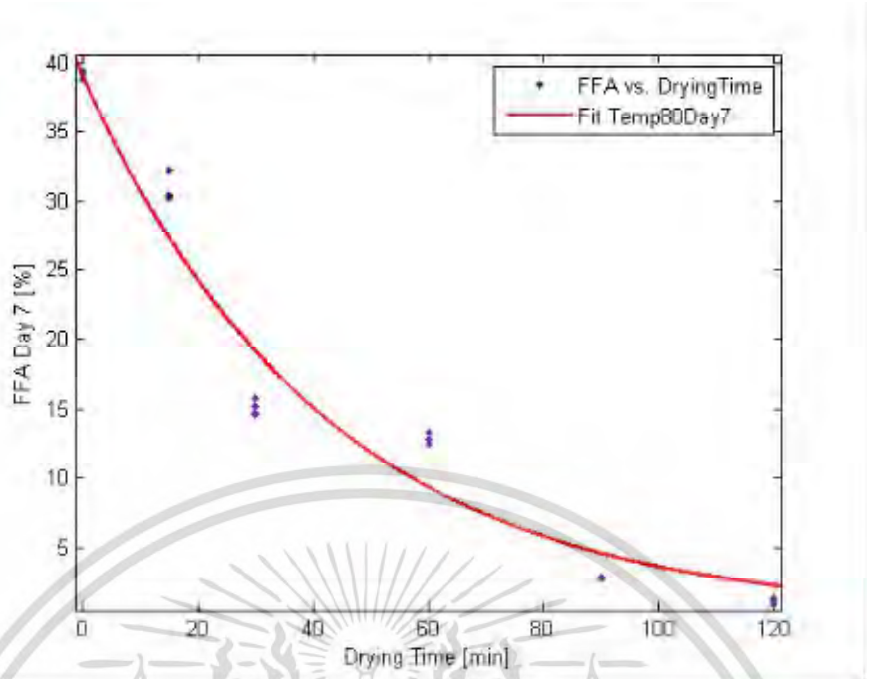


รูปที่ ข5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส หลังจากสกัดทันที

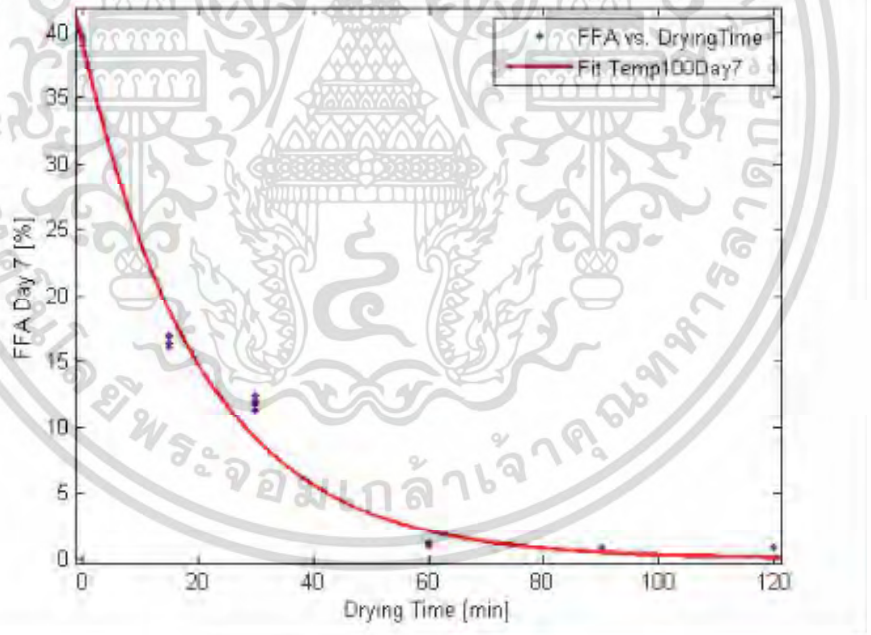


รูปที่ ข6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเมื่อปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

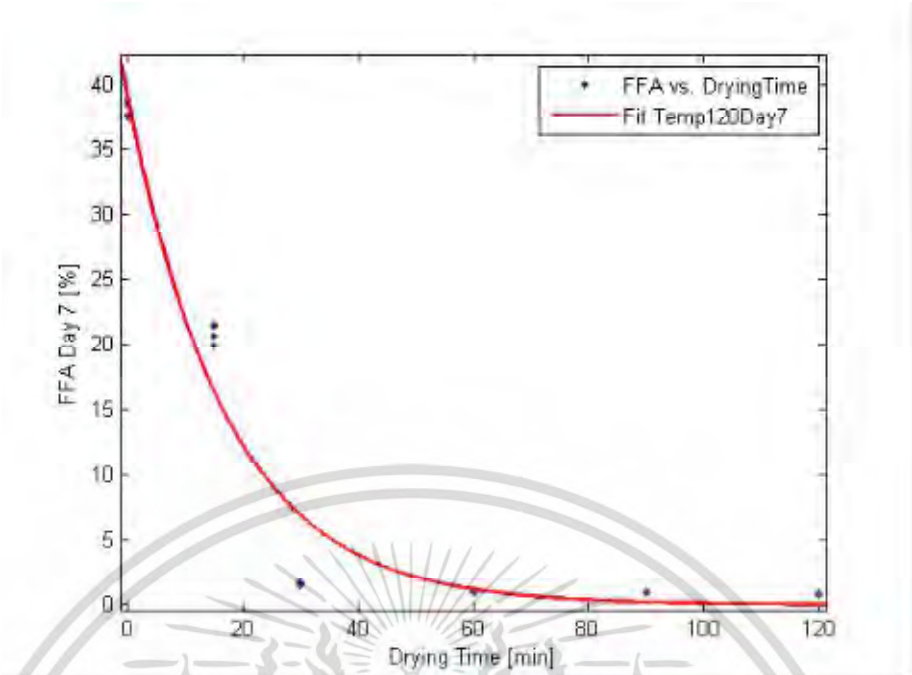


รูปที่ ข7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเมื่อปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน

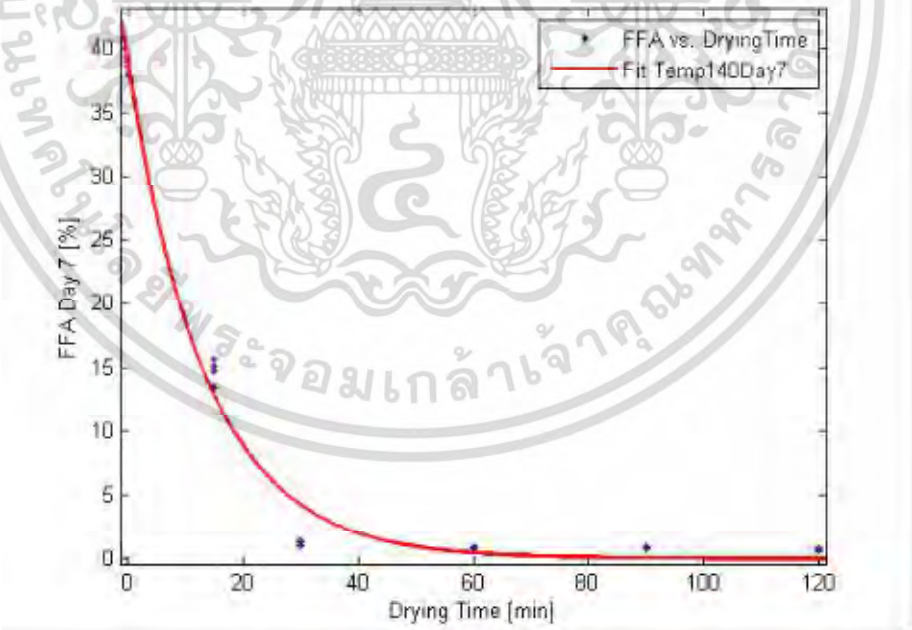


รูปที่ ข8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเมื่อปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

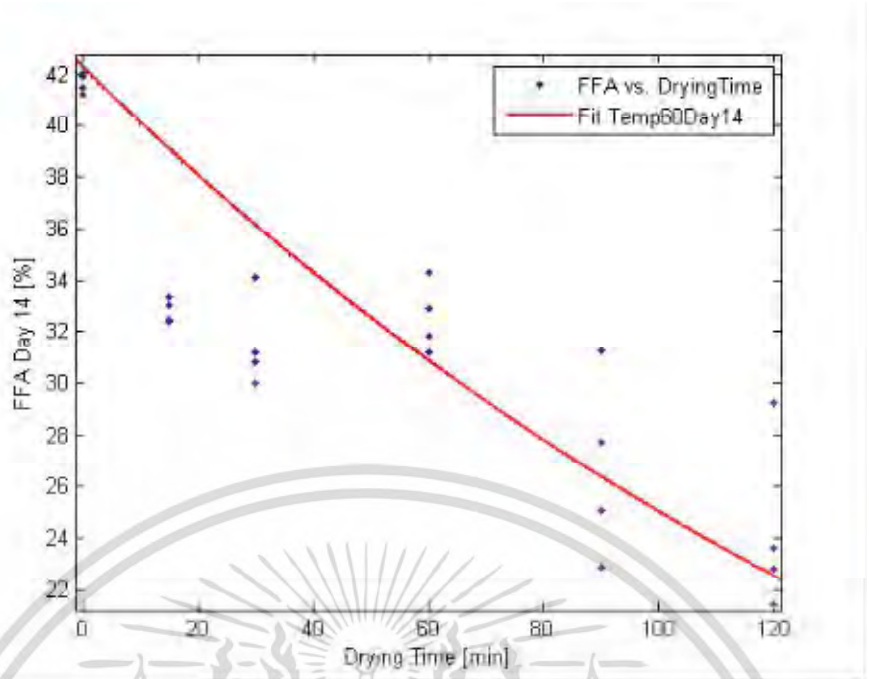


รูปที่ ข9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเมื่อปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน

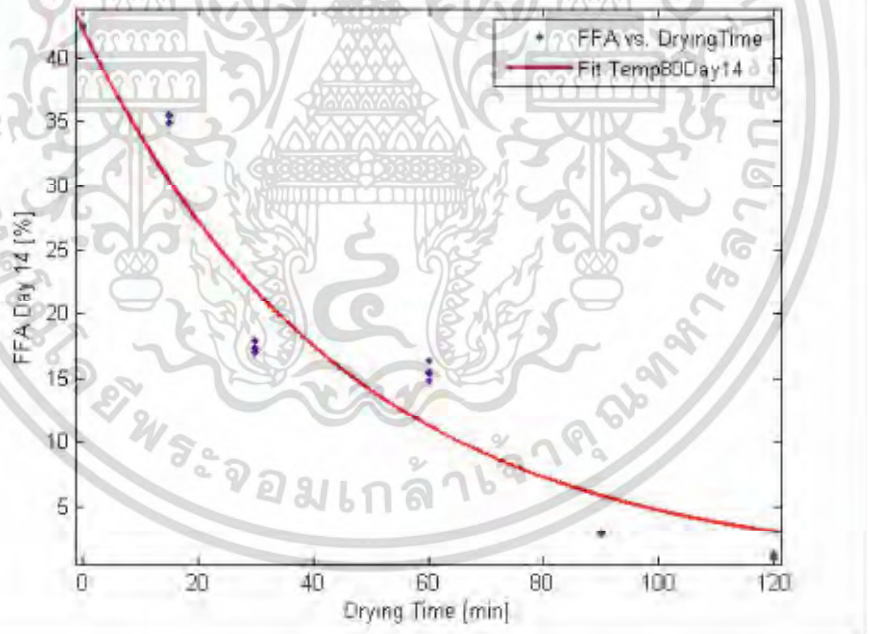


รูปที่ ข10 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียสเมื่อปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

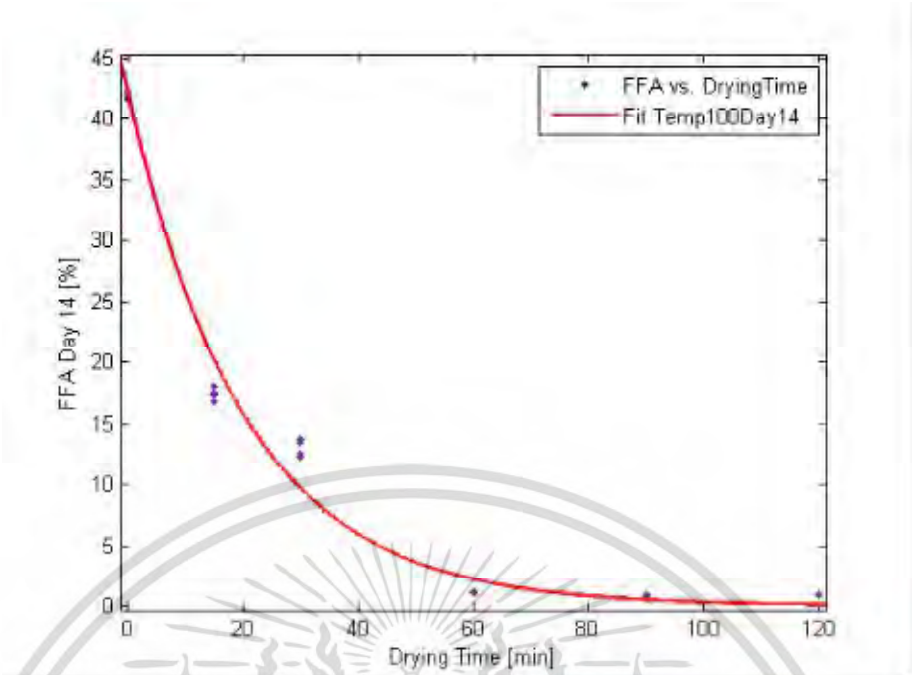


รูปที่ ข11 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเมื่อปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 14 วัน

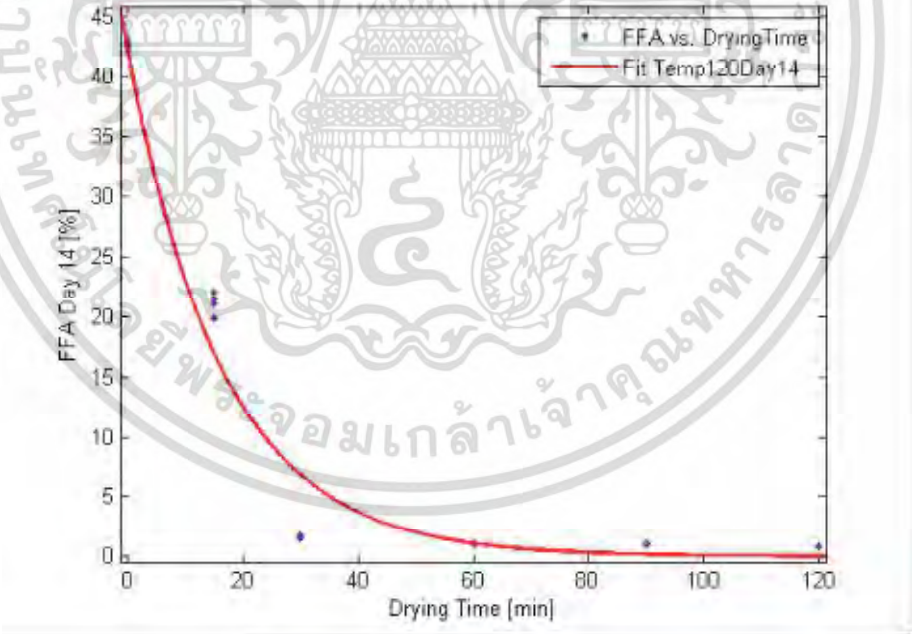


รูปที่ ข12 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเมื่อปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

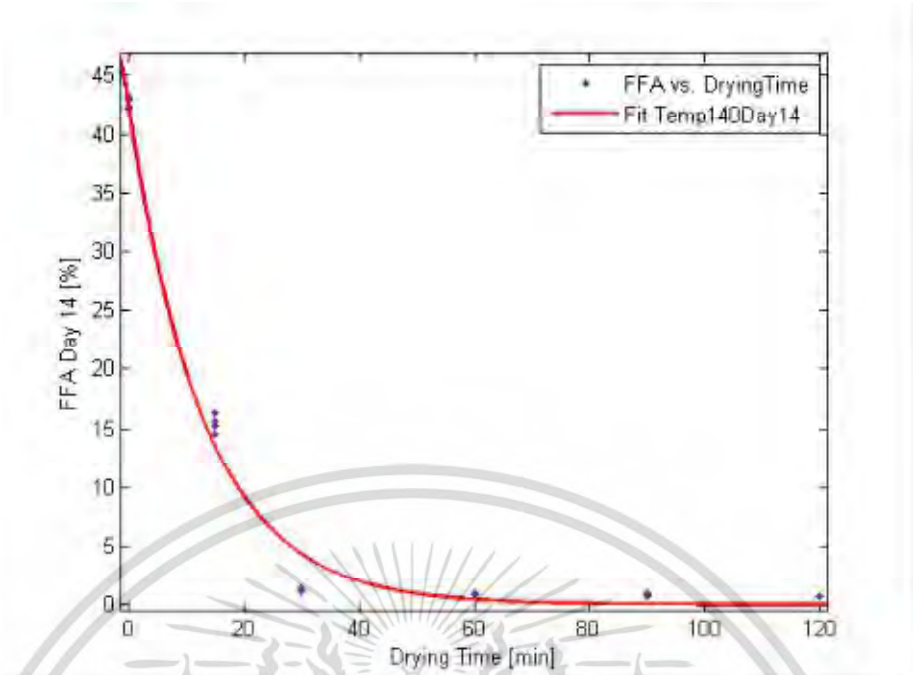


รูปที่ ข13 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเมื่อปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 14 วัน



รูปที่ ข14 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเมื่อปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข15 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบผลปาล์มน้ำมันสดและค่ากรดไขมันอิสระที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียสเมื่อปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-1 บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

[1] ณัฐฐาภรณ์ ภักดีสรสุข, ประสันต์ ชุ่มใจหาญ, ธนกร ตันธนวัฒน์, “อิทธิพลของการสร้างสภาวะความชื้นเทียมและการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของผลปาล์มน้ำมัน” การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 16 ประจำปี 2558 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 8, 17 - 19 มีนาคม 2558, กรุงเทพมหานคร, ไทย, หน้า 350-354.

[2] ณัฐฐาภรณ์ ภักดีสรสุข, ประสันต์ ชุ่มใจหาญ “การศึกษาผลกระทบของระยะเวลาในการให้ความร้อนผลปาล์มต่อการยับยั้งค่ากรดไขมันอิสระ และต่อการเก็บรักษา” การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 16 ประจำปี 2558 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 8, 17 - 19 มีนาคม 2558, กรุงเทพมหานคร, ไทย, หน้า 413 – 416

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 16th TSAE National Conference and the 8th TSAE International Conference
การประชุมวิชาการเกษตรวิศวกรรมแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16 ประจำปี 2558 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 8

TEA-01

อิทธิพลของการสร้างสภาวะความชื้นเทียม และการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของผลปาล์มน้ำมัน

ณัฐฐาภรณ์ ภักดีสรสุข[1], ประสันต์ ชุ่มใจหาญ[1] และ ธนกร ตันธนวัฒน์[2]

[1]หลักสูตรวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
[2]ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย
ถ.พหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

ติดต่อผู้เขียน: ณัฐฐาภรณ์ ภักดีสรสุข E-mail: nuttharporn@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการสร้างสภาวะความชื้นเทียมและการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของผลปาล์มน้ำมัน โดยการแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำ เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ และตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่ ระยะเวลาที่แช่ผลปาล์มน้ำมันในน้ำ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลปาล์มน้ำมัน เมื่อศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องพบว่า ระยะเวลาที่แช่ผลปาล์มน้ำมันในน้ำส่งผลให้ผลปาล์มน้ำมันมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น โดยในช่วงแรกจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความชื้นคงที่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 - 45 และจะเริ่มลดลงเมื่อแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำนาน 48 ชั่วโมง จนกระทั่งผลปาล์มน้ำมันได้ดูดซับน้ำไปถึงจุดอิ่มตัวแล้ว อัตราการเพิ่มขึ้นของความชื้นของผลปาล์มน้ำมันจะเริ่มเปลี่ยนแปลงไปอย่างไม่เป็นรูปแบบ ส่งผลทำให้ผิวของผลปาล์มน้ำมันมีรอยแตก จึงสามารถสังเกตได้ชัด คือ ผิวของผลปาล์มมีเนื้อปาล์มน้ำมันบางส่วนมีลักษณะหลุดออกมาเล็กน้อย ทำให้สูญเสียเนื้อปาล์มน้ำมันบางส่วนในขณะที่แช่น้ำทิ้งไว้ ส่วนพื้นที่หน้าตัดที่มีเนื้อปาล์มน้ำมันหลุดออกไปจากการแช่น้ำทิ้งไว้ ส่งผลให้เนื้อปาล์มน้ำมันได้รับน้ำหรือสามารถดูดซับน้ำกลับเข้าไปได้อีก จึงมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ปาล์มน้ำมัน, แช่น้ำ, การสร้างสภาวะความชื้นเทียม

1. บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากปาล์มน้ำมันสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายอีกทั้งยังเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันสูง รัฐบาลจึงได้กำหนดนโยบายให้มีการสนับสนุนเกษตรกรปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อนำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซล โดยมีการจัดตั้งโครงการต่างๆ ในภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ [1]

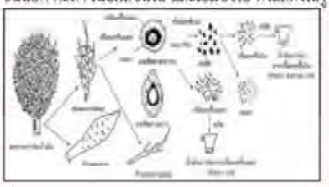
นอกจากนี้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้จัดทำแผนพัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน ปี 2551-2555 โดยกำหนดเป้าหมายขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 2.5 ล้านไร่ พื้นที่ปลูกทดแทนสวนปาล์มน้ำมันเก่าด้วยปาล์มพันธุ์ดี 0.5 ล้านไร่ และเพิ่มผลผลิตจาก 3.0 ตันต่อไร่เป็น 3.5 ตันต่อไร่ต่อปี อัตราน้ำมันจากร้อยละ 17 เป็น ร้อยละ 18 ซึ่งผลผลิตน้ำมันปาล์มได้นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าอุปโภคและบริโภคเพื่อการส่งออก นอกจากนี้เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกร จึงได้มีการเตรียมการรองรับผลกระทบจากการเปิดการค้าเสรีอาเซียน และเป็นการเตรียมความพร้อมเกษตรกรรายย่อยให้สามารถปรับตัวต่อสู้กับการค้าเสรีในอนาคต รวมทั้งสนับสนุนแผนพัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน และน้ำมันปาล์ม กรมส่งเสริมการเกษตรจึงได้จัดทำโครงการเพิ่มการผลิตปาล์มน้ำมัน เพื่อให้เกษตรกรเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปาล์มน้ำมัน และสามารถผลิตได้อย่างยั่งยืน [2]

ลักษณะทั่วไปของทะลายปาล์มน้ำมัน คือ ช่อดอกตัวเมียที่ได้รับการผสมแล้ว ประกอบด้วย ก้านทะลาย ช่อทะลายย่อย ผลปาล์มน้ำมัน ซึ่งในแต่ละทะลายจะมีปริมาณผลประมาณ 55.0 – 65.0% โดยน้ำหนัก ปาล์มน้ำมันสามารถผลิตทะลายได้ไม่ต่ำกว่า 12% ทะลายต่อต้นต่อปี น้ำหนักของทะลายปาล์มน้ำมันจะแปรผันตามอายุและแปรผกผันกับจำนวนทะลายต่อต้น คือ ปาล์มน้ำมันที่มีอายุน้อยจะมีจำนวนทะลายต่อต้นมาก แต่ทะลายจะมีขนาดเล็ก และเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปาล์มน้ำมันมีอายุมากขึ้นก็จะมีจำนวนทะลายต่อต้นน้อยลง แต่ขนาดของทะลายจะมีขนาดใหญ่ขึ้น [3]

ผลปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วยเปลือกผลชั้นนอก เนื้อผลชั้นนอก กะลา เนื้อผลชั้นใน และเอมบริโอ ดังแสดงในรูปที่ 1



(ที่มา : นคร, 2545) [3]

รูปที่ 1 ส่วนประกอบของทะลายปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันที่ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นสายพันธุ์เทเนอร่า มีองค์ประกอบผลปาล์มประมาณ 55.0 – 65.0% ที่เหลือ 35.0 – 45.0% เป็นทะลายปาล์มเปล่า เมื่อทำการย่อยผลปาล์มน้ำมัน จะได้เปลือกนอก 45.0 – 55.0% และเมล็ด 10.0 – 14.0% ในส่วนของเปลือกนอกจะมีน้ำมัน 22.5 – 27.5% ส่วนเมล็ดนำไปกะเทาะทะลายออกและนำเนื้อไปสกัดน้ำมัน ได้กะลา 6.0 -9.0% และเมล็ดในปาล์ม 3.3 – 5.0% [4]

การจำลองความชื้นผลปาล์มด้วยวิธีการแช่น้ำ เป็นวิธีการหนึ่งในการสร้างสภาวะความชื้นเทียม สามารถนำมาใช้ประโยชน์สำหรับเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้สร้างสภาวะความชื้นที่แตกต่างกัน ดังเช่น งานวิจัยของ Aremu และ Fadela ได้ทำการสร้างสภาวะความชื้นในผลอินทผาลัมโดยวิธีการแช่น้ำเป็นระยะเวลานาน 3, 7, 16, และ 35 ชั่วโมง สามารถสร้างสภาวะให้ผลอินทผาลัมที่มีความชื้นเริ่มต้น 19.39%(wb) ให้มีความชื้นเท่ากับ 20.17%, 33.52%, 43.04% และ 56.27%(wb) ตามลำดับ[5] และงานวิจัยของ Olaniyan, และ Ole ได้ทำการสร้างสภาวะความชื้นของผล Shea nut ด้วยการแช่ผล Shea nut ลงในน้ำเป็นเวลานาน 3, 12, และ 48 ชั่วโมง ผลจากการทดลองพบว่าผล Shea nut ที่มีความชื้นเริ่มต้น 6.81% (db) หลังจากแช่ลงในน้ำแล้ว จะมีความชื้นเท่ากับ 18.06%, 32.35% และ 62.80% (db) ตามลำดับ[6]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการสร้างสภาวะความชื้นเทียมต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผลปาล์มน้ำมัน โดยการแช่ผลปาล์ม

2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างผลปาล์มน้ำมันที่นำมาศึกษาเก็บมาจากสวนปาล์มรังสิต ตำบลบึงกาสาม อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี (รูปที่2) เป็นทะลายปาล์มสายพันธุ์เทเนอร่า (Tenera) โดยใช้ผลปาล์มน้ำมันด้านนอกและเป็นผลที่อยู่บริเวณส่วนกลางของทะลาย (Equatorial) ใช้วิธีแยกผลออกจากทะลายด้วยมือ และเป็นทะลายปาล์มที่เก็บเกี่ยวภายในวันเดียวกันตลอดการทดลอง ซึ่งเป็นแนวทางเดียวกับงานวิจัยของ Umudee [7]

รูปที่ 2 การเตรียมตัวอย่างผลปาล์มสำหรับการสร้างสภาวะความชื้นเทียม

การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของการสร้างสภาวะความชื้นเทียมและการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของผลปาล์มน้ำมันโดยวิธีการแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำ เป็นเวลานาน 90 ชั่วโมง ซึ่งตัวแปรที่ได้ศึกษามีดังนี้ คือ ระยะเวลาที่แช่ผลปาล์มน้ำมันในน้ำที่อุณหภูมิห้องต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลปาล์มน้ำมัน โดยทำการบันทึกผลทุกๆ 3 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ค่าความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมัน

นำผลปาล์มน้ำมันจำนวน 40±0.1 กรัม (ประมาณ 3 ผล) หาความชื้นเริ่มต้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture Analyzer) รุ่น MX-50 ยี่ห้อ AND จำนวน 3 ซ้ำ ที่อุณหภูมิ 105±1°C ซึ่งดัดแปลงวิธีการวัดค่าความชื้นจากวิธีมาตรฐาน AOAC (AOAC, 2005) [8] ซึ่งทำการวิเคราะห์ความชื้นของผลปาล์มน้ำมันก่อนและหลังการอบแห้ง (รูปที่3) โดยมีสมการดังแสดงในสมการ (1)

$$M_w = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad \ldots(1)$$

เมื่อ M_w คือ ค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (%wb)

M_i คือ น้ำหนักเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมัน (g)

M_f คือ น้ำหนักสุดท้ายของผลปาล์มน้ำมัน (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

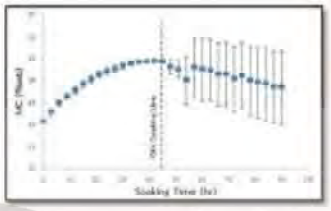
รูปที่ 3 การวิเคราะห์ค่าความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มน้ำมันด้วยเครื่อง Moisture Analyzer รุ่น MX-50 ยี่ห้อ AND

3. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

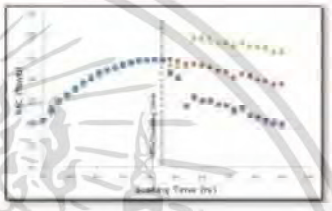
จากการศึกษาพบว่าเมื่อทำการจำลองสภาวะความชื้นเทียมของผลปาล์มน้ำมันโดยวิธีการแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำเป็นเวลานาน 90 ชั่วโมง พบว่าความชื้นเริ่มต้นของผลปาล์มมีค่าแท้เท่ากับ21.74%, 22.14%, 22.46% (wb) ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.11% (wb) เมื่อพิจารณาผลปาล์มที่ผ่านการแช่ในน้ำทุกๆ 3 ชั่วโมง ในช่วงแรกสภาวะความชื้นเฉลี่ยสามารถจำลองได้จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น จนกระทั่งแช่ผลปาล์มลงในน้ำเป็นเวลา 36 - 45 ชั่วโมง ทำให้ทราบสภาวะความชื้นเฉลี่ยของผลปาล์มน้ำมันเริ่มเข้าสู่สมดุลที่ระดับความชื้นประมาณ 25%(wb) และมีค่าความชื้นเฉลี่ยจะเริ่มลดต่ำลงเล็กน้อยจากความชื้นสมดุล เมื่อมีการแช่นานขึ้นกว่า 45 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำ (ชั่วโมง) และเปอร์เซ็นต์ความชื้น(ฐานเปียก)

แต่เมื่อพิจารณาจากการกระจายตัวของค่าความชื้นผลปาล์มน้ำมันดังแสดงในรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าในช่วง 45 ชั่วโมงแรกของการแช่น้ำ ผลปาล์มน้ำมันมีค่าการกระจายตัวของความชื้นค่อนข้างต่ำ แต่เมื่อทำการแช่น้ำนานกว่า 45 ชั่วโมง แล้วนั้น ค่าการกระจายตัวของความชื้นผลปาล์มน้ำมันมีค่ากว้างขึ้น ซึ่งเมื่อนำผลความชื้นที่เวลานานกว่า 45 ชั่วโมง มาทำการแยกวิเคราะห์พบว่าข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบอย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 การกระจายตัวของข้อมูลความชื้นผลปาล์มน้ำมันที่เวลาในการแช่ผลปาล์มต่างๆกัน



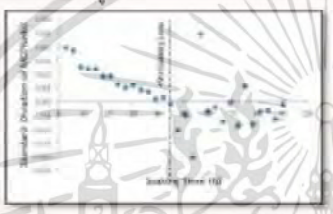
รูปที่ 6 รูปแบบข้อมูลความชื้นผลปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่น้ำก่อน 45 ชั่วโมง และนานกว่า 45 ชั่วโมง

ลักษณะ 3 แบบของผลปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่ในน้ำนานกว่า 45 ชั่วโมง สามารถแบ่งออกได้เป็น Type I, II และ III ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ Type I เป็นลักษณะผลปาล์มน้ำมันที่เมื่อผ่านการแช่น้ำนานกว่า 45 ชั่วโมงแล้ว มีความชื้นเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากผิวของผลปาล์มน้ำมันที่เปิดออกกว้างของผลปาล์มและเป็นร่องลึกจึงทำให้น้ำสามารถแทรกเข้าไปยังด้านในของผลปาล์มได้มาก สำหรับ Type II เป็นลักษณะผลปาล์มน้ำมันที่เมื่อผ่านการแช่น้ำนานกว่า 45 ชั่วโมง ความชื้นจะค่อยๆลดลงหลังจากที่ความชื้นเข้าสู่สมดุลแล้ว ลักษณะทางกายภาพของผลปาล์มน้ำมันจะมีรอยช้ำเพียงเล็กน้อย ที่ผิวของผลปาล์มน้ำมันมีรอยที่ใกล้จะเปิดออก สำหรับ Type III ลักษณะทางกายภาพของผลปาล์มน้ำมันเมื่อแช่ในน้ำนานกว่า 45 ชั่วโมง มีการหลุดออกของผิวอย่างเห็นได้ชัด แต่ไม่เป็นร่องลึกดังเช่น Type I เปอร์เซ็นต์ของผลปาล์มน้ำมันเกิดการสูญเสียบางส่วน ทำให้ความชื้นต่ำลงหลังจากที่ผลปาล์มน้ำมันนั้นเข้าสู่สมดุลแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7 ลักษณะผลปาล์มน้ำมัน Type I, II, III ตามลำดับ ที่ผ่านการแช่ในน้ำที่เวลานานกว่า 45 ชั่วโมง

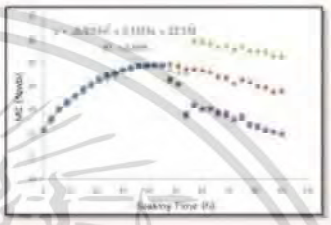
เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำ (ชั่วโมง) กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชื้น ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำ (ชั่วโมง) กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชื้น

พบว่า เมื่อระยะเวลาในการแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำในช่วงแรกจะมีค่าลดลง จนกระทั่งผลปาล์มน้ำมันอยู่ในสภาวะสมดุลตัวค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ณ ชั่วโมงที่ 45 โดยที่ลักษณะทางกายภาพของผลปาล์มน้ำมันยังคงสภาพไม่มีรอยแตก หรือช้ำ จนกระทั่งแช่ในน้ำเป็นเวลานานกว่า 45 ชั่วโมง พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นไปอย่างไม่เป็นรูปแบบ เนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพของผลปาล์มน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงไป คือ มีรอยแตก ทำให้เมื่อแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำมีเนื้อของผลปาล์มน้ำมันบางส่วนหลุดออกมา จึงทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อของผลปาล์มน้ำมันบางส่วน ในขณะเดียวกันน้ำก็สามารถแทรกเข้าสู่เนื้อของผลปาล์มน้ำมัน จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักอย่างไม่คงที่ ซึ่งเป็นผลทำให้ค่าสภาวะความชื้นที่จุดอิ่มตัวเริ่มเป็นไปอย่างไม่เป็นรูปแบบ เมื่อแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำเป็นเวลานานกว่า 45 ชั่วโมง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำ (ชั่วโมง) และเปอร์เซนต์ความชื้น (ฐานเปียก) ดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่าการแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำในช่วงชั่วโมงที่ 0 – 45 เมื่อนำมาทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่ผลปาล์มลงในน้ำและเปอร์เซนต์ความชื้น พบว่ามีค่า R^2 เท่ากับ 0.999 โดยเป็นไปตามสมการ $y = -0.0016x^2 + 0.1313x + 22.174$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทั้งสองตัวแปรมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง เมื่อทำการสร้างสภาวะความชื้นเทียมของผลปาล์มน้ำมันโดยการแช่ลงในน้ำเป็นระยะเวลาไม่เกิน 45 ชั่วโมง โดยที่ผลปาล์มมีลักษณะทางกายภาพคงสภาพเดิม



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำ (ชั่วโมง) และเปอร์เซนต์ความชื้นฐานเปียก)

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาอิทธิพลของการสร้างสภาวะความชื้นเทียมและการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของผลปาล์มน้ำมัน ที่มีน้ำหนัก 40±0.1 กรัม พบว่าเมื่อทำการสร้างสภาวะความชื้นของผลปาล์มน้ำมันที่มีค่าความชื้นเริ่มต้น 22.11% โดยวิธีการแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำเป็นระยะเวลานาน 90 ชั่วโมง พบว่าเมื่อแช่ผลปาล์มน้ำมันลงในน้ำในช่วงแรกอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นในช่วงแรกจะเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งผลปาล์มได้ดูดซับน้ำจนกระทั่งอิ่มตัวแล้ว คือ ในช่วงชั่วโมงที่ 36 ถึง 45 ซึ่งเมื่อแช่ผลปาล์มน้ำมันจนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 45 จะสามารถสร้างสภาวะความชื้นได้สูงสุด คือ มีค่าความชื้นเท่ากับ 24.88% และสามารถสร้างสภาวะความชื้นได้ต่ำสุดเท่ากับ 22.55% โดยทำการแช่ผลปาล์มลงในน้ำเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง จนกระทั่งผลปาล์มน้ำมันได้ดูดซับน้ำไปถึงจุดอิ่มตัวแล้ว อัตราการเพิ่มขึ้นของความชื้นของผลปาล์มน้ำมันจะเริ่มเปลี่ยนแปลงไปอย่างไม่เป็นรูปแบบ ส่งผลทำให้ผิวของผลปาล์มน้ำมันมีรอยแตก ซึ่งสามารถสังเกตได้ชัด คือ ผิวของผลปาล์มมีเนื้อปาล์มน้ำมันบางส่วนมีลักษณะหลุดออกมาเล็กน้อย ทำให้สูญเสียเนื้อปาล์มน้ำมันบางส่วนในขณะที่แช่น้ำทิ้งไว้ ส่วนพื้นที่หน้าตัดที่มีเนื้อปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันหลุดออกไปจากการแช่น้ำทิ้งไว้ ส่งผลให้เนื้อปาล์มน้ำมันได้รับน้ำหรือสามารถดูดซับน้ำกลับเข้าไปได้อีก จึงมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาการสร้างสภาวะความชื้นของผลปาล์มโดยวิธีการแช่น้ำพบว่าเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยสร้างความชื้นของผลปาล์มน้ำมันให้มีความชื้นสูงขึ้นโดยผลปาล์มยังคงสภาพ ไม่มีรอยแตก หรือช้ำ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเตรียมสภาวะความชื้นในผลปาล์มน้ำมันให้มีค่าความชื้นที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาเชิงพลังงานทางความร้อนของผลปาล์มเมื่อมีความชื้นที่แตกต่างกัน หรือนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาการอบผลปาล์มด้วยวิธีการให้ความร้อนรูปแบบต่างๆ ที่สภาวะความชื้นที่แตกต่างกัน เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติที่สนับสนุนโครงการวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=898&Itemid=123. เข้าดูเมื่อวันที่ 2/01/2558

[2] กรมส่งเสริมการเกษตร. (2558) [ระบบออนไลน์] โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช (ปาล์มน้ำมัน) http://www.plandoae.go.th/project/projecttool/userfiles/palm/2556_11Dec55W.doc. เข้าดูเมื่อวันที่ 3/01/2558

[3] นคร สาระคุณ. (2545) คู่มือน้ำมันปาล์มและการจัดการสวน. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[4] อิบรอเฮม ยีตำ. (2551) ปาล์มน้ำมัน [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/510211/lecturenote/slide-PPT/oilpalm.ppt , เข้าดูเมื่อวันที่ 3/01/2558

[5] Aremu A.K. and Fadele O.K. (2010) Moisture Dependent Thermal Properties of Doum Palm Fruit (Hyphaene Thebaica) Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS) 1 (2): 199-04. Scholarlink Research Institute Journals, 2010 (ISSN: 2141-7016)

[6] Olaniyan A.M., Oje K. (2002) Some Aspects of the Mechanical Properties of Shea Nut. Biosystems Engineering 81(4), 413-420.

[7] Umudee I., Chongcheawchamnan M., Kiatweerasakul M., and Tongurai C. (2013) Sterilization of Oil Palm Fresh Fruit Using Microwave Technique. International Journal of Chemical Engineering and Applications, Vol. 4, No. 3, June 2013.

[8] AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 18th eds. Methods: 981.10, Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 16th TSAE National Conference and the 8th TSAE International Conference
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 16 ประจำปี 2558 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 8

TET-13

การศึกษาผลกระทบของระยะเวลาในการให้ความร้อนผลปาล์ม ต่อการยับยั้งค่ากรดไขมันอิสระ และต่อการเก็บรักษาผลปาล์ม

ณัฐชาภรณ์ ภักดีสรสุข[1], และ ประสันต์ ชุ่มใจหาญ[1],
[1]หลักสูตรวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ติดต่อผู้เขียน: ประสันต์ ชุ่มใจหาญ E-mail: kcprasan@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ปาล์มเป็นหนึ่งในพืชอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทยเพราะมีศักยภาพในการผลิตน้ำมันสูงเมื่อเทียบต่อน้ำหนักของผลปาล์ม น้ำมันปาล์มสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น น้ำมันพืช อาหารสัตว์ กรดไขมันต่างๆ น้ำมันไบโอดีเซล และสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อตอบโจทย์ของการผลิต ผลปาล์มต้องผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันในโรงสกัดน้ำมันปาล์ม และเพื่อป้องกันการขาดแคลนผลปาล์มระหว่างการผลิต โรงสกัดน้ำมันปาล์มจำเป็นต้องมีการกักตุนผลปาล์มสด ส่งผลให้ผลปาล์มสดที่กักตุนไว้เป็นเวลานานมีการเสื่อมคุณภาพ โดยเฉพาะอัตราการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระ(FFA)ของน้ำมันปาล์มที่สกัดได้ ซึ่งเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญของอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์ม ดังนั้นจุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาผลกระทบของเวลาในการให้ความร้อนต่อผลปาล์มเพื่อยับยั้งการเกิดกรดไขมันอิสระ จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อให้ความร้อนผลปาล์มที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 60 - 120 นาที และผลปาล์มน้ำมันสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นที่สภาพแวดล้อมปกติ โดยไม่พบการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ปาล์มน้ำมัน, ค่ากรดไขมันอิสระ

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการปลูกปาล์มน้ำมันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในพื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 1.3 ล้านไร่ และให้ผลผลิตประมาณ 1.5 ล้านตันทะลายสดต่อปี ปาล์มน้ำมันทั้งหมดที่ผลิตได้จะถูกส่งไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ซึ่งในปัจจุบันโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในภาคใต้จะกระจายอยู่ในหลายจังหวัด เช่น ชุมพร, กระบี่, สุราษฎร์ธานี, ตรัง, สตูล และสงขลา เป็นต้น โดยมีกำลังผลิตรวมประมาณ 337,990 ตันน้ำมันปาล์มดิบต่อปี [1]

กำลังการผลิตดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อชดเชยความผันผวนทางด้านพลังงานของประเทศ ซึ่งสถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทยในปี 2555 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์รวมทั้งสิ้น 1,856 พันบาร์เรลเทียบเท่าน้ำมันดิบ มีมูลค่ารวม 1,914,199 ล้านบาท โดยมูลค่าการใช้พลังงานทุกชนิดเพิ่มขึ้น การนำเข้าพลังงานมีมูลค่ารวม 1,247,217 ล้านบาท โดยนำเข้าในรูปของน้ำมันดิบมีสัดส่วนมูลค่าสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 79 และน้ำมันสำเร็จรูปคิดเป็นร้อยละ 8 ของข้อมูลนำเข้าทั้งหมด [2]

ปัญหาน้ำมันปิโตรเลียมที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและการราคาน้ำมันสูงขึ้นทำให้ประชาชนมีภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานโดยเฉพาะค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นทุกปี รัฐบาลจึงได้หาทางออกโดยการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน เช่น น้ำมันปาล์ม ซึ่งเป็นน้ำมันจากพืชที่รัฐบาลได้กำหนดยุทธศาสตร์พลังงานทดแทนเป็นวาระแห่งชาติ โดยกระทรวงพลังงานมีเป้าหมายให้ใช้ไบโอดีเซล 3% ของการใช้น้ำมันดีเซลทั้งหมดในปี 2554 หรือการใช้ร้อยละ 2.4 ล้านลิตร นอกจากนี้กระทรวงพลังงานโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ดำเนินโครงการส่งเสริมการผลิตการใช้ไบโอดีเซลในระดับชุมชน เพื่อให้ชุมชนสามารถผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้ในท้องถิ่น [2]

ปัจจุบันอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในประเทศไทยสามารถแบ่งการสกัดน้ำมันที่ใช้งานในโรงสกัดน้ำปาล์มแบ่งเป็น 2 แบบ คือ การสกัดน้ำมันปาล์มแบบใช้ไอน้ำ โดยส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดใหญ่มีกำลังการผลิตสูง โดยทำการหีบแยกเมล็ดในปาล์ม และใช้ผลปาล์มทั้งทะลายในการผลิตน้ำมันปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ผลผลิตเป็นน้ำมันจากเปลือกและน้ำมันจากเมล็ดในปาล์ม ในปัจจุบันส่วนใหญ่โรงสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่จะใช้ไอน้ำในกระบวนการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ด้วยไอน้ำที่มีแรงดันสูงที่ 15 - 45 psi ใช้เวลานาน 90 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส [3] น้ำมันปาล์มดิบ (CPO) ที่ได้จากกระบวนการสกัดเป็นน้ำมันที่คุณภาพดี [4]

สำหรับโรงสกัดน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก ไม่มีความสามารถในการใช้ไอน้ำในกระบวนการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ ดังนั้นจึงเป็นการสกัดน้ำมันปาล์มแบบใช้ความร้อน ก่อนที่จะนำผลปาล์มที่เตรียมไว้ไปหีบในขั้นตอนต่อไป ซึ่งน้ำมันปาล์มดิบ (CPO) ของโรงสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำแบบหีบรวมเมล็ดในปาล์มจะใช้การให้ความร้อนผลปาล์มด้วยวิธีย่าง ทอด หรือกระบวนการอบลมร้อน [5] ในผลปาล์มสดที่ตัดมาใหม่มีค่ากรดไขมันอิสระ (FFA) ประมาณ 1 - 3% และเมื่อสกัดน้ำมันด้วยแรงทางกลพบว่า ค่า FFA เพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 30 % [6] ปริมาณที่สูงขึ้นของ FFA ในน้ำมันปาล์มดิบ เป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญของโรงสกัดน้ำมันปาล์ม ดังนั้นหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วปาล์มน้ำมันต้องนำไปสกัดโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ก่อนที่ค่า FFAจะเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดของจำนวนปาล์มน้ำมันที่นำมาเข้าสกัดนั้นยังผลิตได้ไม่เพียงพอ ต่อกำลังการผลิตของโรงงานทำให้ต้องเก็บผลปาล์มน้ำมันให้นานขึ้น ส่งผลให้ค่า FFA ในผลปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การให้ความร้อนกับผลปาล์มน้ำมันสดจึงเป็นสิ่งจำเป็นในขั้นตอนแรกของกระบวนการสกัดเพื่อที่จะแยกและทำลายเอนไซม์ เพื่อยับยั้งการเกิด FFA เพื่อให้มีศักยภาพในการผลิตสูงสุด

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การศึกษาผลกระทบของเวลาในการอบผลปาล์มด้วยเตาอบลมร้อนเพื่อยับยั้งปริมาณกรดไขมันอิสระ ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้ากระบวนการสกัดซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาปริมาณกรดไขมันอิสระก่อนเข้าสู่กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

2. วิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1) ตลอดการดำเนินการทดลองผลปาล์มน้ำมันที่ใช้ ถูกเก็บเกี่ยวมาวันเดียวกันจากสวนปาล์ม ตำบลนึงกาหลาม จังหวัดปทุมธานี โดยทะลายปาล์มน้ำมันที่นำมาทดสอบผลปาล์มน้ำมันไม่มีรอยช้ำหรือตำหนิใดๆ และเก็บเกี่ยวมาวันเดียวกัน โดยบ่มด้วยวิธีตามธรรมชาติเป็นระยะเวลา 5 วัน

2) เตาอบลมร้อนยี่ห้อ Memmert รุ่น UFE500 ซึ่งมีขนาดภายใน 560 มิลลิเมตร x 480 มิลลิเมตร x 400 มิลลิเมตร ความจุภายใน 108 ลิตร ตลอดทั้งการดำเนินการทดลอง

3) เครื่อง Auto Tritrator ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น T50

การเตรียมผลปาล์มเพื่อใช้ในการทดสอบ

ในการดำเนินการทดลองนี้ใช้ผลปาล์มที่อยู่ด้านนอกของทะลาย ที่ถูกแยกออกมาจากส่วนบริเวณส่วนปลาย (Apical) ด้านตรงข้ามกับขั้วทะลายที่ตัดมาเท่าๆกันดังแสดงในรูปที่ 1 ในแต่ละหน่วยทดลองประกอบด้วยผลปาล์มสดจำนวน 20 ผล โดยใช้ผลปาล์มที่ไม่ช้ำและไม่มีบาดแผล โดยใช้วิธีปลิดผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลายด้วยมือ ซึ่งการเตรียมผลปาล์มน้ำมันด้วยย่างนี้เป็นแนวทางเดียวกับงานวิจัยของ I. Umudee, M. Chongcheawchamnan, M. Klatweera-sakul, และ C. Tongurai, 2013 [7]

กระบวนการแปรรูปจากผลปาล์มสด

ผลปาล์มน้ำมันในหัวข้อ 2.2 นำใส่ลงในปิกเกอร์และนำเข้าเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 15, 30, 60, 90, และ 120 นาที ตามลำดับ แล้วนำไปสกัดน้ำมันปาล์มด้วยการสกัดแบบแยกเมล็ดใน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่า FFA ทันที (วันที่0) จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำมันที่สกัดได้เป็นเวลาบาน 3 และ 7 วัน ที่อุณหภูมิห้องแล้วจึงนำไปวิเคราะห์ค่า FFA

รูปที่ 1 : ตำแหน่งผลปาล์มที่ใช้ในการทดลองจากทะลายปาล์มน้ำมัน (ดัดแปลงมาจาก I. Umudee, M. Chongcheawchamnan, M. Klatweerasakul, และ C. Tongurai, 2013)

การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA) ในน้ำมันปาล์มดิบ

ปริมาณกรดไขมันอิสระในการสกัดน้ำมันปาล์มวิเคราะห์ตามมาตรฐานของ AOCS โดยใช้สารทำละลาย Isopropanol [8] โดยเครื่อง Potentiometric Titration

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

จากการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาอบผลปาล์มน้ำมันที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 0, 30, 60, 90 และ

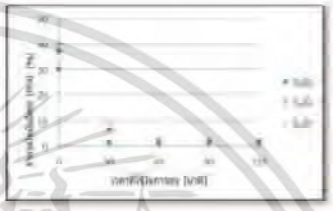
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

120 นาที ตามลำดับ ดังแสดงรูปที่ 2 พบว่าผลปาล์มน้ำมันที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (วันที่ 0) เมื่อนำไปสกัดให้ได้น้ำมันปาล์มดิบโดยการใช้แรงทางกลในการสกัดส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของค่ากรดไขมันอิสระมีค่าเท่ากับ 30.13 % แต่เมื่อมีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสกับผลปาล์มน้ำมัน พบว่าค่า FFA มีแนวโน้มลดลงเป็น 1.27, 0.95, 0.93 และ 0.91% ตามระยะเวลาในการอบ 30, 60, 90 และ 120 นาที จากผลการทดสอบทางสถิติพบว่าระยะเวลาในการอบที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่า FFA อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 1 และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า เมื่อทำการอบผลปาล์มน้ำมันดิบที่เวลานานกว่า 60 นาที ค่า FFA ที่ตรวจพบมีค่าเริ่มคงที่ แสดงในรูปที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อทำการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มที่สกัดด้วยแรงทางกลดังกล่าวเป็นระยะเวลา 3 และ 7 วัน พบว่าเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า FFA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 1 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเจาะลึกรูปที่ 2 ร่วมกับผลการเปรียบเทียบทางสถิติในตารางที่ 2 พบว่าค่า FFA มีค่าเพิ่มขึ้นที่ทุกระยะเวลาในการอบ และผลปาล์มที่ไม่ผ่านการอบมีค่า FFA เพิ่มสูงขึ้นประมาณ 10% อย่างเห็นได้ชัด (จาก 30.14% เป็น 40.35%) แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการอบนานกว่า 60 นาทีพบว่าปริมาณ FFA เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยประมาณ 1-1.5 % จากระดับเริ่มต้น แม้ว่าค่าทางสถิติจะชี้ให้เห็นว่าระยะเวลาในการอบผลปาล์มที่เกินกว่า 60 นาที มีผลต่อปริมาณค่า FFA แต่เมื่อพิจารณาเจาะลึกข้อมูลแล้วพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเทียบกับไม่ได้มีการอบผลปาล์ม และจากมาตรฐานการซื้อขายน้ำมันปาล์มดิบคุณภาพดีในประเทศไทยนั้นตามมาตรฐานมีค่า FFA ไม่เกิน 5% ของปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ ต่อ 1 หน่วย ซึ่งจะสามารถทำให้การซื้อขายน้ำมันปาล์มดิบได้ราคาสูง ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการอบผลปาล์มที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลานานกว่า 60 นาที ส่งผลให้ค่ากรดไขมันไม่เพิ่มขึ้นมากและไม่เกินกว่ามาตรฐานกำหนด แม้จะเก็บรักษาน้ำมันเป็นระยะเวลา 7 วัน ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้เป็นไปในทางเดียวกันกับงานวิจัยของ I. Umudee, M. Chongcheawchaman, M. Klatweerasakul, and C. Tongurai [7] คือ ผลปาล์มน้ำที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนมีอัตราการเพิ่มขึ้นของ FFA สูงกว่าผลปาล์มน้ำมันที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่เหมาะสมซึ่งสามารถชะลอยับยั้งเอนไซม์ไม่ให้เกิดปฏิกริยาที่ทำให้เกิดไลเปสได้ [7]

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่ากรดไขมันอิสระ ที่ระยะเวลาในการอบและระยะเวลาที่ปล่อยน้ำมันทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระยะเวลาในการอบ (A)	4	8017.918	2004.48	8.34E+05*
ระยะเวลาในการเก็บรักษา(B)	2	115.597	77.799	3.24E+04*
AB	8	113.992	14.249	3.93E+03*
ความคลาดเคลื่อน	30	0.072	0.002	

* มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5%



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการอบต่อค่าหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0, 3, 7 วัน

ตารางที่ 2: ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับ $\alpha = 0.05$ ของอิทธิพลของระยะเวลาอบผลปาล์มที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาต่างๆ ที่ส่งผลต่อค่า FFA และวัดค่าหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0, 3, 7 วัน

เวลาอบ (นาที)	ค่าเฉลี่ยของค่ากรดไขมันอิสระ (FFA) (%)		
	เก็บรักษา 0 วัน	เก็บรักษา 3 วัน	เก็บรักษา 7 วัน
0	30.14 ^{a} ±0.10	37.21 ^{a} ±0.10	40.35 ^{a} ±0.15
30	1.27 ^{b} ±0.20	6.50 ^{b} ±0.30	9.09 ^{b} ±0.20
60	0.95 ^{c} ±0.10	2.27 ^{c} ±0.10	2.52 ^{c} ±0.10
90	0.93 ^{c} ±0.10	2.20 ^{c} ±0.10	2.26 ^{c} ±0.10
120	0.91 ^{c} ±0.10	1.94 ^{c} ±0.10	2.02 ^{c} ±0.10

หมายเหตุ : อักษรตัวบนโน้ตหลักเดียวกันที่เหมือนกันไม่มีความต่างทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ LSD
อักษรตัวล่างโน้ตแถวเดียวกันที่เหมือนกันไม่มีความต่างทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ LSD

4. สรุปผล

จากการศึกษาผลกระทบของเวลาในการอบผลปาล์มด้วยเตาอบลมร้อนเพื่อยับยั้งค่ากรดไขมันอิสระพบว่า เมื่อให้ความร้อนผลปาล์มด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที เมื่อระยะเวลาใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอบผลปาล์มที่มากขึ้นจะส่งผลทำให้ปริมาณค่ากรดไขมันอิสระมีแนวโน้มลดลง และการให้ความร้อนผลปาล์มที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส อิทธิพลของระยะเวลาในการอบส่งผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาถึงผลปาล์มที่ไม่ได้ให้ความร้อนมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า FFA สูงขึ้นมากกว่าผลปาล์มที่ได้รับความร้อน ซึ่งความแตกต่างนี้ชี้ให้เห็นว่าการให้ความร้อนแก่ผลปาล์มน้ำมันด้วยลมร้อนสามารถยับยั้งเอนไซม์ไม่ให้เกิดปฏิกิริยาได้ และระยะเวลาการอบตั้งแต่ 60 ถึง 120 นาที สามารถเก็บรักษาผลปาล์มน้ำมันได้นานถึง 7 วัน เมื่อให้ความร้อนผลปาล์มด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งปริมาณค่ากรดไขมันอิสระดังกล่าว ตามมาตรฐานการซื้อขายน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย ดังนั้นการให้ความร้อนผลปาล์มสดด้วยลมร้อนก่อนเข้าสู่กระบวนการสกัดเป็นประโยชน์สำหรับการยืดระยะเวลาการเก็บปาล์มน้ำมันที่จะนำไปสกัดได้ และสามารถช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเอนไซม์ในผลปาล์มสดได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือจนทำให้งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ธีระพงศ์ จันทร์นิยม, ประกิจ ทองคำ, อารีรวณ จันทนฤกษ์, อิชระ เฮกสมหวาเมษยุ์, 2536. การใช้ Acetylene และ Ethylene เพื่อเร่งการสร้างของผลปาล์มจากทะลาย, ทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุน มอ.เพื่อวิจัยและพัฒนาภาคใต้,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[2] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2557. สถานการณ์พลังงานในปี 2556 และแนวโน้มปี 2557 (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.epo.go.th , เข้าดูเมื่อวันที่ 30/01/2558

[3] Sivasothy K., "Palm oil milling technology," Advances in Palm Oil research," vol. 1, pp. 745-775, 2000.

[4] Chow MC. and Ma AN., "Processing of fresh palm fruits using microwaves," Microwave Power Electromagnetic Energy, vol. 40, no. 3, pp. 165-173, Asia, 2007.

[5] พูนสุข ประเสริฐสรรพ์ และ สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2537. การศึกษาและวิเคราะห์สถานภาพและศักยภาพของการให้ประโยชน์จากของเสียจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม, ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, สำนักงานวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

[6] อุกฤษฎ์ สหพัฒน์สมบัติ, ธนกร ตันธนวัฒน์, เอกรัตน์ ไวยนิตย์ และคณะ. 2552. การพัฒนาระบบสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำขนาด 1 ตันผลปาล์มต่อชั่วโมง. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

[7] Umudec I. , Chongcheawchamnan M. , Kiatwee rasakul M. and Tongural C. (2013) Sterilization of Oil Palm Fresh Fruit Using Microwave Technique. International Journal of Chemical Engineering and Applications, Vol. 4, No. 3, June 2013.

[8] AOCS Official Method Ca 5a-40; Free fatty acids, American Oil Chemists' Society, Boulder, Urbana, 2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวณัฐฐาภรณ์ ภักดีสรสุข
วัน เดือน ปีเกิด	15 พฤศจิกายน 2528 ที่กรุงเทพฯ
ที่อยู่	1669/231 ซอยสรณคมณ์ 25 ถนนสรณคมณ์
	แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ 10210 โทร. 0-2565-0215
ประวัติการศึกษา	2548 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1.) ปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม
	2.) การวิจัยและพัฒนาการออกแบบเครื่องจักรกลเกี่ยวกับปาล์มน้ำมัน
	3.) การวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนรถยนต์
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	
พ.ศ.2552-2553	ตำแหน่งวิศวกรออกแบบ บริษัท Tata Technologies (Thailand)
พ.ศ.2553-2555	ตำแหน่งวิศวกรออกแบบ บริษัท Isuzu Technical Center of Asia
พ.ศ.2555-2556	ตำแหน่งวิศวกรออกแบบ บริษัท Honda R&D Asia Pacific
ปัจจุบัน	ตำแหน่งวิศวกร หน่วยเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีการแปรรูปปาล์มน้ำมัน
	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้