



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินความสุกแก่ของปาล์มน้ำมันด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด
Determination maturity index for Palm oil by Technique
Near Infrared Spectroscopy



ระจิตร สุวพานิช
ศศธร ศรีวิเชียร

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2554

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH

SB

2299

P3

ร 2147

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ผู้ใช้ต้องแจ้งชื่อและที่ตั้งของห้องเรียน และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งก่อนนำไปใช้

เลขหมู่ 131130

เลขทะเบียน 22

วัน,เดือน,ปี 22 พ.ค. 2557

b. 12603363
j.

ชื่อโครงการ การประเมินความสุกแก่ของปาล์มน้ำมันด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด

แหล่งเงินทุน งบประมาณเงินแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวน 199,400 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ เดือน ตุลาคม 2554 ถึง เดือน กันยายน 2555

หัวหน้าโครงการ และหน่วยงานต้นสังกัด

ดร. ระจิตร สุวพานิช สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ร่วมโครงการ และหน่วยงานต้นสังกัด

นาง ศศธร ศรีวิเชียร สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญนิยมปลูกมากในพื้นที่ภาคใต้ของไทย ซึ่งปาล์มน้ำมันสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นสารตั้งต้นของอุตสาหกรรมได้หลากหลาย ในปัจจุบันระบบการรับซื้อผลปาล์มดิบจะใช้วิธีการประเมินปริมาณน้ำมันปาล์มโดยดูจากสีของผลด้วยตาเปล่าและการชั่งน้ำหนักหลายปาล์มซึ่งเป็นวิธีที่รวดเร็ว แต่วิธีการเหล่านี้ขาดความแม่นยำและส่งผลให้ได้ราคาซื้อที่ไม่เป็นธรรมต่อทั้งผู้ขายและผู้ซื้อ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะความแก่ของผลปาล์มกับการดูกลิ่นพลังงานแสงในย่านความยาวคลื่นเนียร์อินฟราเรดกับปริมาณไขมันอิสระและปริมาณคลอโรฟิลล์ ในการศึกษาใช้ตัวอย่างผลปาล์มทั้งหมด 2,250 ผลซึ่งมีระดับความแก่ 60 80 100 และมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ นำมาสแกนด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ช่วงเนียร์อินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 800 – 2400 นาโนเมตร ใช้วิธีการสกัดด้วยสารเคมีเป็นวิธีอ้างอิงในการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระและปริมาณคลอโรฟิลล์ นำข้อมูลสเปกตร้าเนียร์อินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่น ปริมาณไขมันอิสระ และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยวิธีอ้างอิงมาใช้ในการคำนวณเพื่อสร้างสมการเทียบมาตรฐานแบบ partial least square regression สำหรับประเมินความสุกแก่ของปาล์มน้ำมันและเลือกสมการทำนายที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้สูงที่จะนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปีมาใช้นำมาใช้ในการประเมินความสุกแก่ของผลปาล์มโดยทำนายค่า FFA และปริมาณคลอโรฟิลล์ในผลปาล์มได้อย่างแม่นยำ

คำสำคัญ : ปาล์มน้ำมัน, ดัชนีความแก่, เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title : Effect of Ohmic Heating Process on Quality Change of Fresh-cut Guava
During Storage

Researcher : Dr. Rachit Suwapanich

Faculty : Agro-Industry **Department** : Food process engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Co-Researcher: Sasatorn Srivichien

Faculty : Agricultural Technology
Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ABSTRACT

Oil palm is an important industrial crop which is cultivated in the southern region of Thailand. Oil palm can be utilized as a starting material in various industries. Evaluating color of fruits by naked eye and weighing of oil palm bunch are employed to estimate the palm oil content as the rapid method for present purchasing system. However, such methods are not accurate and may not yield a reasonable price for both seller and buyer. Therefore, the reliable and rapid method for determination of palm oil content is required for purchasing. The objective of this study was to determination maturity index for palm oil by technique Near Infrared Spectroscopy. A total of 2250 oil palm fruit samples at 60 80 100 and more than 100 percent of maturity. They were scanned by NIR spectrometers with tranfractance mode, the region of 400 – 2400 nm. Free fatty acid from palm was analyzed by the AOCS Ca 5a-40 and chlorophyll by spectrophotometric method. Partial least squares regression (PLSR) model for quantitative determination of free fatty acid and chlorophyll in palm fruit. Optimization of determination model was investigated. The results show that NIR spectroscopy with have high possibility to use as an accurate, rapid and non-destructive method for determination maturity of palm by free fatty acid and chlorophyll in palm fruit.

Keywords : , Palm oil, maturity index, Near Infrared Spectroscopy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัย ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัย จากแหล่งทุน เงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2554 และ คณะอุตสาหกรรมเกษตร

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่อำนวยความสะดวกในการบริการสถานที่ และเครื่องมือ อุปกรณ์ ในการทำการวิจัยที่ทำงานวิจัย



ระจิตร สุพานิช
ศศธร ศรีวิเชียร
คณะผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของผลปาล์ม	5
ภาพที่ 2 สัดส่วนของส่วนประกอบของทะเลายปาล์มน้ำมัน (พันธุ์เทเนอรา)	6
ภาพที่ 3 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม	15
ภาพที่ 4 ลักษณะของทะเลายปาล์มที่ระยะความแก่ 60 80 100 และมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์	26
ภาพที่ 5 สเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 400-2400 นาโนเมตร ของผลปาล์มที่ระยะความแก่ทั้ง 4 ระยะ	27
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของ FFA ระหว่าง NIRS กับ Prediction ของปาล์ม สเปกตรัมแบบ 2 nd Derivative	30
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ระหว่าง NIRS	31
ภาพที่ 8 แสดงค่า FFA และปริมาณคลอโรฟิลล์ในผลปาล์มแต่ละสเปกตรัม	33

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1 มาตรฐานการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน	8
ตารางที่ 2 มาตรฐานคุณภาพทะลายน้ำมัน	8
ตารางที่ 3 แสดงปริมาณกรดไขมันอิสระชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันปาล์มดิบ	9
ตารางที่ 4 กลุ่มสารเคมีที่คุณค่าซึ่งเป็นองค์ประกอบในน้ำมันปาล์ม 1 g	10
ตารางที่ 5 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในวุ้นน้ำมันปาล์มดิบ	11
ตารางที่ 6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในผลปาล์มที่ระยะสุกต่าง 3 ระดับ ในหน่วย mg/kg	12
ตารางที่ 7 น้ำหนักโดยเฉลี่ย และสีเปลือกของผลปาล์มที่ระยะความแก่ 60 80 100 และมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์	25
ตารางที่ 8 แสดงร้อยละของกรดไขมันอิสระ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ของผลปาล์มที่ระยะความแก่ 60 80 100 และมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์	26
ตารางที่ 9 แสดงค่าความสัมพันธ์ของสมการที่ได้กับปริมาณ FFA ที่วัดได้	28
ตารางที่ 10 แสดงค่าความสัมพันธ์ของสมการที่ได้กับ ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดได้	29
ตารางที่ 11 แสดงค่าความสัมพันธ์ของสมการที่ได้กับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดได้ร่วมกับปริมาณ FFA ที่วัดได้ โดยเรียงข้อมูลตามปริมาณ FFA ตามด้วยปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดได้	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ลักษณะทางกายภาพของผลปาล์ม	24
4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันและคลอโรฟิลล์ของผลปาล์ม	26
4.3 สเปกตรัมของผลปาล์มน้ำมัน	26
4.4 สรุปผลการวิจัย	33
เอกสารอ้างอิง	34
ประวัติผู้วิจัย	36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ(ไทย)	ก
บทคัดย่อ(อังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร	
2.1 ปาล์มน้ำมัน	4
2.2 ปาล์มพันธุ์เทนเนอรา	5
2.3 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและภาวะการสุกของปาล์มน้ำมัน	6
2.4 ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลปาล์มน้ำมัน	6
2.5 ส่วนประกอบของปาล์ม	8
2.6 การเกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมัน	13
2.7 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม (Mill processing)	14
2.8 เทคนิค Near Infrared (NIR) Spectroscopy	17
2.9 ส่วนประกอบของเครื่อง NIR Spectroscopy	17
2.10 เทคนิคการวัดค่าการดูดกลืนด้วยเครื่อง NIR Spectroscopy	18
2.11 การประยุกต์ใช้เทคนิค NIR Spectroscopy ในการตรวจสอบคุณภาพผลผลิต	18
ทางการเกษตร	
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ เนื่องจากสภาพพื้นที่ที่มีความเหมาะสม ประกอบกับนโยบายรัฐบาลกำหนดให้ปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานทดแทนของประเทศ ทำให้พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของประเทศไทยขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นจาก 2.06 ล้านไร่ในปี 2546 เป็น 2.75 และ 3.20 ล้านไร่ในปี 2548 และ 2550 ตามลำดับ ส่งผลให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันของประเทศในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (2546-2550) เพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 11.45 ต่อปี ในปี 2550 มีปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ผลิตได้ จำนวน 6.39 ล้านตัน โดยพื้นที่ปลูกหลักอยู่ในจังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี และชุมพร คิดเป็นพื้นที่ปลูกรวมร้อยละ 74 ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันรวมทั้งหมด จากผลการศึกษาสุทธิจิตต์ และ คณะ (2552) และ สำนักส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขต 5 จังหวัดสงขลา (2552) พบว่าปัญหาการซื้อขายปาล์มในปัจจุบันจะขึ้นกับน้ำหนักปาล์มเป็นหลัก ไม่มีการจัดชั้นคุณภาพและรับซื้อปาล์มตามชั้นคุณภาพอย่างชัดเจน จึงทำให้รายได้ที่ผู้ขายได้รับไม่ผูกพันกับคุณภาพปาล์มที่ขาย ทำให้เกษตรกรและผู้ประกอบการลานเทไม่เกิดแรงจูงใจในการพัฒนา หรือรักษาคุณภาพปาล์มสดเพื่อส่งต่อให้โรงงานสกัดน้ำมัน การศึกษาเพื่อกำหนดชั้นคุณภาพปาล์มและและราคาซื้อตามชั้นคุณภาพที่เหมาะสมจะเป็นแรงจูงใจที่สำคัญในการพัฒนาคุณภาพปาล์มทั้งระบบ ทั้งในส่วนของเกษตรกรที่จะพัฒนาคุณภาพผลผลิต แรงงานจ้างเก็บเกี่ยวที่จะเก็บเกี่ยวผลปาล์มอย่างเหมาะสม ไม่เก็บปาล์มดิบ ตลอดจนลดปัญหาการบ่มปาล์มในระดับลานเท เพื่อให้ได้รับราคาขายที่สูงขึ้น นอกจากนี้ผู้ศึกษายังพบว่าปัญหาการตลาดก็เป็นปัญหาอีกข้อของเกษตรกร โดยเฉพาะปัญหาราคापาล์มที่ไม่แน่นอน ไม่มีการกำหนดราคาขายตามคุณภาพปาล์ม เกณฑ์การรับซื้อตามคุณภาพหรือจัดชั้นคุณภาพปาล์ม ยังไม่มีการนำมาใช้อย่างเป็นทางการ โดยส่วนใหญ่เป็นการตรวจสอบด้วยสายตาของผู้ซื้อเท่านั้น และการให้ราคาที่เพิ่มขึ้นเป็นดุลยพินิจของผู้ลานเทและโรงสกัดผู้ซื้อ อย่างไรก็ตามลานเทและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเองก็ประสบปัญหาหลักด้านการแข่งขันค่อนข้างสูง และจำใจต้องซื้อปาล์มคุณภาพไม่ดี เนื่องจากจำนวนลานเทที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการแย่งกันซื้อ และตัดราคากันเพียงเพื่อให้ได้ปริมาณปาล์มที่คุ้มทุน สอดคล้องกับการรายงานผลสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.) และสำนักงานความร่วมมือทางวิชาการของเยอรมัน (GTZ) ระหว่างวันที่ 9-18 มิถุนายน 2552 ในท้องที่จังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี และชุมพร โดยการสัมภาษณ์เกษตรกรรายย่อยทั่วไป เกษตรกรสมาชิกสหกรณ์ ผู้ประกอบการลานเทและโรงสกัดน้ำมันปาล์ม ที่พบว่า การเก็บเกี่ยวผลปาล์มของเกษตรกรไทยมักเก็บในระยะเวลาที่ไม่เหมาะสม ทำให้อัตราน้ำมันจากผลปาล์มน้ำมันที่สกัดได้ (OER) ของไทยเฉลี่ยอยู่ที่ระดับร้อยละ 17 ซึ่งต่ำกว่าประเทศอื่นค่อนข้างมาก ทางคณะสำรวจได้เสนอแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือ ควรมีควบคุมคุณภาพผลปาล์มน้ำมันก่อนจำหน่ายให้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลานเทหรือโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพผลปาล์มน้ำมันทุกขั้นตอน และทำการคัดแยกคุณภาพผลปาล์มน้ำมันตามความสุกและกำหนดราคาตาม OER ทั้งนี้เพื่อให้เกษตรกรได้รับราคาที่เป็นธรรมมากขึ้น

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดในการตรวจวัดคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตร เช่น การคัดแยกผลมังคุดที่มีอาการเนื่อแก้วยางไหลออกจากผลมังคุดปกติ การตรวจสอบการเกิดอาการสะท้านหนาวในผลมะม่วง การวัดความหวานในชมพู ฝรั่ง มะม่วง หรือการวัดคุณภาพของน้ำมันปาล์ม เป็นต้น ทางผู้วิจัยจึงได้เกิดแนวความคิดในการใช้เทคนิคดังกล่าวตรวจวัดคุณภาพของผลปาล์ม เพื่อใช้บอกระยะความแก่ที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผลปาล์ม

1.2 วัดคุณสมบัติของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษา (หา) ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความแก่ของผลปาล์มกับการดูดกลืนพลังงานแสงในย่านความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น และใกล้อินฟราเรด

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาสเปกตรัมของผลปาล์มที่ระยะความแก่ (การเจริญของผลหลังดอกบาน) แตกต่างกัน โดยใช้เทคนิคการดูดกลืนพลังงานแสงในย่านความยาวคลื่นที่สายตามองเห็นและใกล้อินฟราเรด หาความสัมพันธ์ในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ นำมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป็นแนวทางเพื่อใช้เป็นดัชนีความแก่ผลปาล์ม

1. หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าองค์ประกอบทางเคมีและระยะการเจริญของผลปาล์มที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ เป็นดัชนีบ่งบอกความแก่ของผลปาล์มได้

2. ทำให้ได้ข้อมูลเพื่อนำไปใช้เป็นดัชนีบ่งบอกความแก่ที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผลปาล์ม

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

NIR Spectroscopy เป็นวิธีการวิเคราะห์โมเลกุลที่ไม่ทำลายตัวอย่าง โดยอาศัยการตรวจวัดปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนโดยตัวอย่างเป็นวิธีการที่ให้ผลที่ดีและรวดเร็ว ถูกนำมาใช้ในการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ตั้งแต่การตรวจสอบวัตถุดิบไปจนถึงการตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เมื่อฉายแสงในช่วงความยาวคลื่น NIR ลงไปบนตัวอย่าง แสงที่มีพลังงานเพียงพอจะถูกดูดกลืนและกระตุ้นให้เกิดการสั่นของโมเลกุลใน functional groups ต่าง ๆ 2 ลักษณะ คือ การยืดหด (stretching) และการเปลี่ยนมุม (bending) ช่วงความถี่ overtones และ combination ของหมู่ฟังก์ชัน O-H, C-H, N-H และ O=C ซึ่ง เป็นโมเลกุลหลักของสารอินทรีย์ ถ้าโครงสร้างโมเลกุลของสารตัวอย่างที่ตรวจวัดมีความซับซ้อนสเปคตรัมที่ได้จะยิ่งมีการซ้อนทับกันมากขึ้น

Near Infrared คือคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 785-2650 nm ซึ่งจะมีผลทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นที่ความถี่สูง โมเลกุลจะถูกกระตุ้นจาก ground vibrational level ไปยัง excited vibrational level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎการดูดกลืนแสง

$$T = \frac{I}{I_0}$$

A	=	$-\log T$	=	$\log 1/T$	=	ϵbc
T	=	Transmittance				
A	=	Absorbance				
I	=	ความเข้มแสงสุดท้าย				
I_0	=	ความเข้มแสงเริ่มต้น				
b	=	ความหนาของวัตถุ				
c	=	ความเข้มข้นของสาร				
ϵ	=	Molar absorptivity				

เมื่อต้องการหาค่าประกอบหนึ่งในตัวอย่าง จะต้องเลือกความยาวคลื่นจำเพาะ เพื่อให้องค์ประกอบนั้นดูดกลืนคลื่นแสง NIR ได้ Spectrum จาก NIR เป็น absorption spectrum จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Absorbance กับ ความยาวคลื่น

จากทฤษฎีการดูดกลืนแสงของสารแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน จึงมีการประยุกต์ใช้ NIR Spectroscopy ในการตรวจวัดและประเมินคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตร เช่นการคัดแยกผลมั่งคุดเนื้อแก้วออกจากผลมั่งคุดที่ดี เนื่องจากผลมั่งคุดเนื้อแก้วกับมั่งคุดปกติจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน บอกระยะความแก่ที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวทุเรียน บอกค่าความหวานของชมพู ฝรั่ง มะม่วง และส้มโอ เป็นต้น การประยุกต์ NIRS ในการบอกคุณภาพของน้ำมันปาล์ม เป็นต้น ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะนำเทคนิค NIR Spectroscopy มาตรวจวัดระยะความแก่ที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผลปาล์ม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ข้อมูลและความสัมพันธ์ของการดูดกลืนพลังงานแสงของปาล์มน้ำมันที่ระยะความแก่แตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดมาตรฐานระยะความแก่ที่เหมาะสมที่สัมพันธ์กับคุณภาพของปาล์มน้ำมัน อันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับเกษตรกรในการกำหนดราคาซื้อขาย ตลอดจนปรับปรุงคุณภาพของปาล์มในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว และอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์มเพื่อให้ผู้ผลิตได้ผลปาล์มที่มีคุณภาพดี

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

ปาล์มน้ำมัน (Oil palm) เป็นพืชตระกูลปาล์ม ลักษณะลำต้นเดี่ยว ขนาดลำต้นประมาณ 12 -20 นิ้ว เมื่ออายุประมาณ 1-3 ปี ลำต้นจะถูกหุ้มด้วยโคนกาบใบ แต่เมื่ออายุมากขึ้นโคนกาบใบจะหลุดร่วงเห็นลำต้นชัดเจน ผิวของลำต้นคล้ายๆ ต้นตาล ลักษณะใบเป็นรูปก้างปลา โคนกาบใบจะมีลักษณะเป็นซี่ คล้ายหนามแต่ไม่คมมาก เมื่อไปถึงกลางใบหนามดังกล่าวจะพัฒนาเป็นใบ การออกดอกเป็นพืชที่แยกเพศ คือต้นที่เป็นเพศผู้จะให้เกสรตัวผู้อย่างเดียว ต้นที่ให้เกสรตัวเมียจึงจะติดผล ลักษณะผลเป็นทะลายผลจะเกาะติดกันแน่นจนไม่สามารถสอดนิ้วมือเข้าไปที่ก้านผลได้ เวลาเก็บผลปาล์มจึงต้องใช้มีดงอเกี่ยวที่โคนทะลายแล้วดึงให้ขาด ก่อนที่จะตัดทะลายปาล์มต้องตัดทางปาล์มก่อนเพราะผลปาล์มจะตั้งอยู่บนทางปาล์ม กระบวนการตัดทาง (ใบ) ปาล์ม และตัดเอาทะลายปาล์มลง เรียกรวมๆ ว่า แหวงปาล์ม (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

ในประเทศไทยมีการปลูกทั้งทางภาคใต้และภาคตะวันออก พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก เป็นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา โดยเฉพาะที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ ช่วงปี 2547 - 2550 มีการส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่นาร้าง โดยกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อใช้ในการบริโภคและผลิตไบโอดีเซลได้

2.1 ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มมีต้นกำเนิดอยู่ที่ทางตะวันตกและตอนกลางของทวีปแอฟริกา ต่อมาได้แพร่เข้าไปในทวีปอเมริกาใต้โดยสันนิษฐานว่าเกิดขึ้นในยุคสำอาณานิคม ปาล์มจัดอยู่ในตระกูล *Palme* หรือ *Palmaceae* เป็นตระกูลย่อยเดียวกันกับมะพร้าว คือ *Eliaes* โดยแบ่งเป็น 3 สายพันธุ์ คือ *Eliaes guineensis*, *Eliaes oleifera* และ *Eliaes odora* สำหรับสองสายพันธุ์หลังไม่นิยมปลูกเนื่องจากเติบโตช้าและให้ผลเล็ก พันธุ์ที่นิยมปลูกเชิงเศรษฐกิจอยู่ในปัจจุบันคือ *Eliaes guineensis* อย่างไรก็ตามมีการค้นพบปาล์มป่าอีก 2 ชนิดในเขตลุ่มน้ำอะเมซอนทวีปอเมริกาใต้ ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นพันธุ์พื้นเมืองในแถบนั้น คือ *Eliaes oleifera* และ *Eliaes odora*

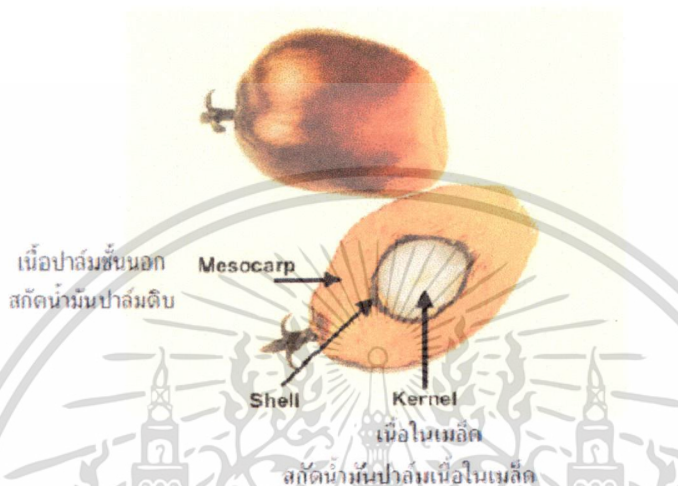
Eliaes guineensis เป็นลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ *dura* ซึ่งมีกะลาที่หนา เนื้อในเมล็ดใหญ่ มีส่วนของเปลือก (mesocarp) 30-50% ของน้ำหนัก และมีปริมาณน้ำมัน 17-18% กับ สายพันธุ์ *tenera* ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีกะลาหนานปานกลาง มีเยื่อหุ้มกะลา มีส่วนของเปลือก 60-95% ของน้ำหนัก และมีปริมาณน้ำมัน 22-24% เนื้อในเมล็ดปานกลาง

ปาล์มน้ำมันออกผลเป็นทะลาย ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของผลปาล์ม จะเห็นว่าส่วนของผลมีเปลือกชั้นนอก (exocarp) และ ชั้นกลาง (mesocarp) ที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อไขมันซึ่งเมื่อคั้นออกมาได้ผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า น้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil: CPO) โดยมีไขมันรวมประมาณ 73.2% และ 32.6% ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

สำหรับชั้นในของผล (endocarp) จะหุ้มด้วยกะลา (shell) ภายในประกอบด้วยน้ำมันซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างจากที่ได้จากเปลือกนอก เมื่อกินออกมาเรียกผลผลิตส่วนนี้ว่าน้ำมันเมล็ดใน (kernel oil)



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของผลปาล์ม

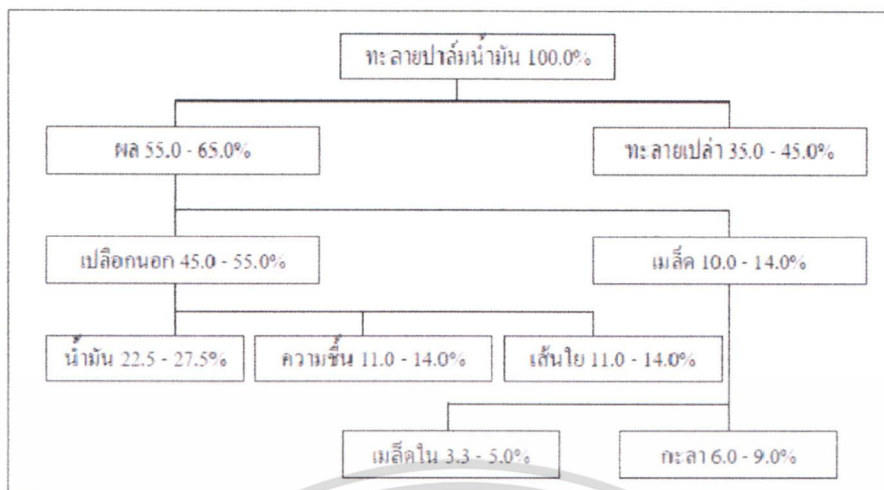
ที่มา : http://www.mpob.gov.my/mmedia/MPOB_estate/6_2pix.html, September 1, 2555.

ผลปาล์มน้ำมันสุกมีสีแดงซึ่งเป็นรงควัตถุจำพวกแคโรทีนอยด์ ทำให้น้ำมันปาล์มที่สกัดได้มีสีแดงส้ม เนื่องจากแคโรทีนอยด์ผสมกับน้ำมันออกมาด้วย ผลที่สุกแล้วหลุดร่วงจากทะลายปาล์มน้ำมันได้ง่าย การเก็บเกี่ยวจะเก็บเกี่ยวในระยะที่ผลปาล์มน้ำมันเริ่มร่วง ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำมันสะสมอยู่ในผลปาล์มน้ำมันสูงที่สุดหลังจากนั้นหากยังไม่ทำการเก็บเกี่ยว น้ำมันในชั้นเปลือกจะมีการสังเคราะห์เพิ่มขึ้นอีกไม่มากเมื่อผลหลุดจากทะลายหรือเมื่อทะลายถูกตัดออกจากต้นการสร้างน้ำมันจะหยุดลง ในส่วนของผลปาล์มน้ำมันที่หลุดจากทะลายเรียกว่า ผลปาล์มน้ำมันร่วง ซึ่งจะร่วงอยู่บนพื้นดินรอบบริเวณโคนต้นปาล์มน้ำมัน ทะลายปาล์มน้ำมันที่มีจำนวนผลร่วงสูงจะให้อัตราการสกัดน้ำมันสูงแต่ปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าสูงเช่นเดียวกัน (นคร, 2545)

2.2 ปาล์มพันธุ์เทนเอร์รา

ปาล์มพันธุ์เทนเอร์รา (Tenera) เป็นพันธุ์ผสมระหว่างพันธุ์คูร่ากับพันธุ์ฟิสเฟอรา เป็นพันธุ์ที่มีเปลือกสำหรับอัดน้ำมันมาก เนื้อหนาและให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง มีกะลาบาง (0.5-4 มิลลิเมตร หรือ 3.0-10.0 มิลลิเมตร) และมีน้ำมันทั้งทะลายประมาณ 22-25% มีทะลายดกกว่าพันธุ์คูร่า เนื่องจากพันธุ์เทนเอร์รามีคุณสมบัติหลายประการจึงมักนิยมปลูกเป็นการค้า (ภาพที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 สัดส่วนของส่วนประกอบของทะลายปาล์มน้ำมัน (พันธุ์เทเนอร่า)

2.3 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและภาวะการสุกของปาล์มน้ำมัน

ปฏิกิริยาทางชีวเคมีในช่วงปาล์มน้ำมันแก่จัด ช่วงนี้จะมีแป้งในส่วนของเปลือกสูง แล้วจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นน้ำมันเรียกว่า กลีเซอไรด์ ในขณะที่ผลปาล์มน้ำมันเริ่มสุก จะมีเอนไซม์ไลเปส ทำการเปลี่ยนกลีเซอไรด์ให้กลายเป็นกรดไขมันอิสระกับกลีเซอรอล เมื่อผลปาล์มเริ่มสุกใหม่ ๆ กรดไขมันเป็นอิสระจะมีไขมันอิสระในระดับน้อย แต่เมื่อเราตัดทะลายปาล์มออกจากต้น กรดไขมันจะเพิ่มบริเวณส่วนของเปลือกผลปาล์ม น้ำมัน ประมาณ 1-5% ภายในเวลาประมาณ 20 นาที แต่ถ้าหากว่าผลปาล์มน้ำมันเกิดบาดแผลจากการตกกระแทกในช่วงการตัดและขนส่ง กรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมันจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว กรดไขมันอิสระที่พบในส่วนของเปลือกปาล์มมีหลายชนิด เช่น Linoleic acid, Myristic acid, Oleic acid, Palmitic acid และ Stearic acid เป็นต้น กรดไขมันแต่ละชนิดมีปริมาณมากน้อยไม่เท่ากัน แต่อย่างไรก็ดี หากมีกรดไขมันอิสระเกิดขึ้นมากเท่าใด ย่อมหมายถึงคุณภาพของผลิตผลน้ำมันปาล์มก็ยิ่งต่ำลงเท่านั้น โดยน้ำมันปาล์มที่เราต้องการจะอยู่ที่ส่วนเปลือกผล ก็อีกส่วนหนึ่งได้จากเนื้อในกะลาของผลปาล์มน้ำมัน ซึ่งเรียกว่าน้ำมันจากเนื้อใน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552)

2.4 ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลปาล์มน้ำมัน

ในปัจจุบันเกณฑ์การรับซื้อตามคุณภาพหรือจัดชั้นคุณภาพปาล์ม ยังไม่มีการนำมาใช้อย่างเป็นทางการ เป็นการตรวจสอบด้วยสายตาของผู้ซื้อเท่านั้น และการให้ราคาที่สูงขึ้นเป็นดุลยพินิจของผู้ลานเทและโรงสกัดผู้ซื้อ (สุทธิจิตต์ และคณะ, 2552) แต่เป้าหมายหลักของการเก็บเกี่ยวคือทำอย่างไรจึงจะได้ผลปาล์มที่สุกพอดี และมีกรดไขมันอิสระเกิดขึ้นในระดับน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

1. วัดจากระยะเวลาภายหลังการผสมเกสร

การนับเวลาการสุกของผลปาล์มน้ำมันจะเก็บเกี่ยวประมาณ 5 เดือนครึ่งถึง 6 เดือน ภายหลังระยะเวลาการผสมเกสร แต่อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไปบ้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในอันหมายถึงความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุดมสมบูรณ์ของต้นปาล์ม และปัจจัยภายนอกได้แก่สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ เช่น ถ้าฝนตกติดต่อกันเป็นช่วงยาวผลปาล์มก็จะสุกเร็ว แต่ถ้าฝนตกชุกหรือน้อยเกินไป ผลปาล์มน้ำมันก็จะสุกช้าไปได้เช่นกัน

2. วัดจากสีของเปลือก

การเปลี่ยนสีของผลปาล์มพันธุ์เทเนอรา ผลดิบมีสีดำ และผลสีแดงส้มเมื่อสุก

3. วัดจากผลปาล์มน้ำมันที่สุกและร่วงหล่นลงพื้นดิน เช่น ทะลายปาล์มที่จัดว่าได้ขนาดผลสุกพอดี พบว่ามีผลปาล์มร่วงลงดินเฉลี่ยประมาณ 2 ผลต่อน้ำหนักทะลายปาล์มสด 1 กิโลกรัม แต่ตัวเลขดังกล่าวเป็นเพียงการประมาณไม่สามารถถือเป็นหลักเกณฑ์ตายตัวเสมอไป ถ้าบังเอิญผู้ตัดทะลายปาล์มพบว่า ทะลายปาล์มหนัก 10 กิโลกรัม เมื่อถึงรอบเก็บเกี่ยวปรากฏว่าผลปาล์มสุกร่วงลงดินเพียง 7 ผล ก็เลยรอไปตัดรอบหน้าอีกประมาณ 7-10 วัน ผลปาล์มน้ำมันย่อมจะสุกเกินไป เนื่องจากผลปาล์มสุกถูกแรงจนถึงทั้งหมดทั้งทะลายใช้เวลาประมาณ 16-20 วัน ถ้าหากปล่อยให้ปาล์มน้ำมันสุกเกินไปและร่วงลงดินเป็นจำนวนมาก กรดไขมันอิสระก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

Tan *et al.* (1997) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์และระยะเวลาแก่ของผลปาล์ม พบว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผลปาล์ม คือ ช่วงเวลาที่ผลปาล์มมีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยเท่ากับ $930 \pm 107 \mu\text{g kg}^{-1}$

การเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มสดเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุด ในการเพิ่มผลผลิตน้ำมันปาล์มต่อไร่ ดังนั้นจะต้องเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มที่สุกพอดีส่งเข้าโรงงาน เพื่อให้ได้น้ำมันปาล์มทั้งปริมาณและคุณภาพสูงสุดต่อไร่ ซึ่งการปฏิบัติที่ถูกต้องและเหมาะสมจะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยไม่ต้องลงทุน

ในส่วนของการรับซื้อปาล์มน้ำมันของโรงงานจะรับซื้อทั้งทะลาย (โรงงานบางแห่งมีการรับซื้อผลปาล์มน้ำมันร่วงแยก) โดยมีมาตรฐานการเก็บเกี่ยว ดังแสดงใน ตารางที่ 1 ที่เกษตรกรต้องพึงปฏิบัติ สิ่งสำคัญของการส่งปาล์มน้ำมัน คือ ต้องรีบส่งให้เร็วที่สุดภายหลังการเก็บเกี่ยวลงจากต้นเพราะจะเกิดกระบวนการที่เอ็นไซม์ทำให้น้ำมันปาล์มมีปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นกรดที่ทำให้ น้ำมันปาล์มดิบมีคุณภาพต่ำ การส่งปาล์มน้ำมันเข้าโรงงานจะส่งทะลายผสมกับผลร่วงที่เก็บมารวมกันในรถบรรทุกแล้วส่งเข้าโรงงาน เมื่อปาล์มน้ำมันถูกส่งถึงโรงงาน จะทำการชั่งน้ำหนักเป็นอันดับแรก ราคาจะถูกกำหนดตามกลไกตลาดในวันนั้น การรับซื้อจะซื้อตามขนาดของทะลายที่ขึ้นอยู่กับอายุของต้นปาล์มน้ำมัน โดยเฉลี่ยแล้วต้นใหญ่ทะลายปาล์มน้ำมันจะใหญ่และมีน้ำมันมากกว่าต้นเล็ก ดังนั้นการตั้งราคาปาล์มน้ำมันโดยทั่วไปทะลายใหญ่จะได้ราคาสูงกว่าทะลายขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังอาจมีการกำหนดราคาหน้าโรงงานที่แปรปรวนตามคุณภาพของทะลาย ดังแสดงใน ตารางที่ 2 ความสุกแก่ของผลปาล์มน้ำมัน รวมทั้งการเก็บเกี่ยวและการขนส่งเข้าโรงงาน การซื้อขายในราคาต่าง ๆ ยังอาจขึ้นอยู่กับสวนที่นำส่งด้วยโดยที่โรงงานจะมีข้อมูลเก่าของสวนที่ส่งเป็นประจำ (พรชัย, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 มาตรฐานการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน

ลักษณะทะลายปาล์มน้ำมัน	สภาพแวดล้อมของการพัฒนาปาล์มน้ำมัน	
	สภาพปกติทั่วไป	สภาพฤดูฝน
1. ทะลายยังไม่สุก	เปลือกแข็งและดำ ไม่มีผลร่วง	เปลือกแข็งและดำ ไม่มีผลร่วง
2. ทะลายที่ใกล้สุก	เปลือกสีส้มปนดำ ผลร่วงน้อยกว่า 10 ผล	เปลือกสีส้มปนดำ ผลร่วงน้อยกว่า 10 ผล
3. ทะลายที่สุกพอดี	เปลือกสีส้มสด ผลร่วง 10 ผล	เปลือกสีส้มสด 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 มาตรฐานคุณภาพทะลายปาล์มน้ำมัน

ลักษณะทะลายปาล์มน้ำมัน	คุณภาพทะลายปาล์มน้ำมัน
1. ความสด	เป็นผลปาล์มที่ตัดแล้วส่งถึงโรงงานภายใน 24 ชั่วโมง
2. ความสุก	ลูกปาล์มชั้นนอกสุกของทะลายหลุดร่วงจากทะลาย
3. ความสมบูรณ์	ลูกปาล์มเต็มทะลายและเห็นได้ชัดว่าได้รับการดูแลรักษาอย่างดี
4. ความชอกช้ำ	ไม่มีทะลายที่ชอกช้ำและเสียหายอย่างรุนแรง
5. โรค	ไม่มีทะลายเป็นโรคใด ๆ หรือเน่าเสีย
6. ทะลายสัตว์กิน	ไม่มีทะลายสัตว์กินหรือทำความเสียหายแก่ปาล์ม
7. ความสกปรก	ไม่มีสิ่งสกปรก เช่น ดิน หิน ทราย ไม้กาบหุ้มทะลาย เป็นต้น
8. ทะลายเปล่า	ไม่มีทะลายเจือปน
9. ก้านทะลาย	ความยาวไม่เกิน 2 นิ้ว

2.5 ส่วนประกอบของปาล์ม

น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่สกัดได้จากผลปาล์ม 2 ส่วน คือ ส่วนของเปลือกนอกและเนื้อในเมล็ด

1. น้ำมันปาล์มจากเปลือกนอก (Mesocarp)

น้ำมันปาล์มดิบ โดยทั่วไปหีบได้จากส่วนของเปลือกนอกของผลปาล์มเมื่อหีบจะได้น้ำมันปาล์มที่มีลักษณะเหลวมีน้ำปนอยู่ หลังจากนั้นนำมากรองแบกสิ่งสกปรก และเส้นใยออกแล้วนำไปขจัดความชื้นให้อยู่ในมาตรฐาน เพื่อลดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิกระหว่างการเก็บทะลายขนส่งน้ำมันปาล์มดิบที่ได้นะบรรจุเก็บลงในถังเพื่อรอการนำไปขายให้กับโรงกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อไป ซึ่งน้ำมันปาล์มดิบจากเปลือกนอกแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นน้ำมันและส่วนที่เป็นไซ โดยทั่วไปจะหลอมเหลวประมาณ 40 องศาเซลเซียส จะจุดแข็งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่าง 25 – 50 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิด ในน้ำมันปาล์มดิบมีองค์ประกอบของกรดไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่พบซึ่งแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณกรดไขมันอิสระชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันปาล์มดิบ

ชนิดของกรดไขมัน	ร้อยละโดยน้ำหนักของกรดไขมัน
กรดไขมันอิ่มตัว	
กรดลอริก (Lauric acid) C12	เล็กน้อย
กรดไมริสติก (Myristic) C12	2
กรดปาล์มเมติก (Palmitic acid) C18	43
กรดสเตียริก (Stearic acid) C18	7
กรดอาราซิดิก (Arachidic acid) C20	เล็กน้อย
รวม	
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	
กรดโอเลอิก (Oleic acid) C18:1	39
กรดลิโนลินิก (Linolenic acid) C18:2	9
กรดลิโนลอลอิก (Linolenic) C18:3	เล็กน้อย
รวม	48

จากข้อมูลในตารางที่ 3 ปริมาณกรดไขมันเหล่านี้ไม่ค่อยแน่นอนขึ้นกับพันธุ์ปาล์ม น้ำมัน ดินและภูมิอากาศที่ปลูก นอกจากนี้แล้วในน้ำมันปาล์มยังประกอบไปด้วยสารที่สามารถทำเป็นสบู่ได้ประมาณร้อยละ 0.2-1 โดยน้ำหนัก

อย่างไรก็ตามยังมีผู้รายงานถึงปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบ เช่น ในปี 2002 Moreira และคณะรายงานว่ากรด palmitic (C16:0) และกรด oleic (C18:1) ซึ่งพบในน้ำมันปาล์มดิบมีปริมาณ 36.9% และ 45.3% ของกรดไขมันรวม ตามลำดับ ในขณะที่ Suresh และคณะรายงานว่าในน้ำมันปาล์มดิบมีปริมาณของกรด palmitic (C16:0) และกรด oleic (C18:1) อยู่ 46% และ 39% ตามลำดับ

นอกจากนี้ในปี 1985 Downes และคณะ ได้รายงานถึงส่วนประกอบและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากพื้นที่ปลูกที่ต่างกัน คือ Malaysia, Ivory coast, Sumatra, Papua New Guinea, Solomon Island, New Britain และ Nigeria พบปริมาณของกรด palmitic และ กรด oleic อยู่ในช่วง 43.1-46.3% และ 36.7-40.8% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณของกรด palmitic ที่รายงานจาก madri, porim และ codex ว่ามีค่าอยู่ในช่วง 41.1-47, 41.8-46.8 และ 32-59% ตามลำดับ

ส่วนประกอบที่รองลงมาในน้ำมันดิบคือ สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ โทโคฟีรอล สเตียรอย ฟอสฟาไทด์ และประกอบด้วยเม็ดสีที่เรียกว่า แคโรทีน ไลโคปีน และซินโตฟิล ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ไม่สูงคิดเป็นร้อยละ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงดังตารางที่ 4 แต่อย่างไรก็ตาม สารดังกล่าว ก่อให้เกิดกลิ่นซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของพวก P-Inonome

ตารางที่ 4 กลุ่มสารเคมีที่คุณค่าซึ่งเป็นองค์ประกอบในน้ำมันปาล์ม 1 g

กลุ่ม	ความเข้มข้น (ppm)
Carotenoids	500 - 700
Vitamin E (Tocopherol และ tocotrinols)	600 - 1000
Sterol	326 - 527
Phospolipids	5 - 130
Triterpene alcohol	40 - 80
Methyl sterols	40 - 80
Squalene	200 - 500
Aliphatic alcohols	100 - 200
Aliphatic hydrocarbon	50

ที่มา : <http://roiet.doae.go.th/phonthong/re22/htm> [1/09/2012]

ในน้ำมันปาล์มจะมีกรดไขมัน (Fatty acid) เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งประมาณร้อยละ 50 จะเป็นกรดไขมันอิ่มตัว น้ำมันปาล์มจะทนต่อการออกซิไดซ์ เนื่องจากมีสารแอนตี้ออกซิแดนซ์ต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นกลุ่มโปรวิตามินเอ เป็นสารในกลุ่มวิตามินอี (Tocopherols และ Tocotrienols)

สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ พบในน้ำมันปาล์มดิบ ประมาณ 500 -700 mg/L องค์ประกอบหลักอยู่ในรูปของ β -carotene ซึ่งทำให้น้ำมันปาล์มมีสีแดงส้มของสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ในน้ำมันปาล์มดิบ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำมันปาล์มดิบ

ชนิดของสาร / สายพันธ์	ร้อยละ						
	M	P	D	MP	MD	MD x P	T
Phytoene	1.12	1.68	2.49	1.83	2.45	1.30	1.27
Cis- β -carotene	0.48	0.10	00.15	0.38	0.55	0.42	0.68
Phytoene	เล็กน้อย	0.90	1.24	เล็กน้อย	0.15	เล็กน้อย	0.06
β -carotene	54.08	54.39	56.02	60.53	56.42	51.64	56.02
α - carotene	40.38	33.11	54.35	32.70	36.40	36.50	35.16
Cis- α carotene	2.30	1.64	0.86	1.37	1.38	2.29	2.49
δ -carotene	0.09	0.27	2.00	0.24	0.22	0.14	0.83
γ - Caorotene	0.09	0.48	1.10	0.23	0.26	0.19	0.33
Neurosporene	0.04	0.63	0.77	0.23	0.08	0.08	0.29
β -zearotene	0.57	0.97	0.56	1.03	0.96	1.53	074
α -zeacarotene	0.43	0.21	0.30	0.35	0.40	0.52	0.23
Lycopene	0.07	4.50	7.81	0.05	0.04	0.02	130
Total carotene	4592	428	997	1430	2324	896	673

หมายเหตุ : M,*E. oleofera* (Melamococca) ; P,*E. guineensis* (*pisifera*) ;D,*E. guineensis* (*dura*) ;
T,*E. guineensis* (*tenera*), DxP. (ที่มา : Yap,1991)

คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) เป็นรงควัตถุสีเขียวที่พบมากในพืช ทำหน้าที่สำคัญในการดูดแสงและกระตุ้นปฏิกิริยาแสงในกระบวนการสังเคราะห์แสง คลอโรฟิลล์มีหลายชนิดได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ บี ซี และดี เป็นต้นแต่ละชนิดมีโครงสร้างและคุณสมบัติแตกต่างกัน ทำให้ความสามารถในการดูดแสงช่วงคลื่นต่าง ๆ ของคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดแตกต่างกันด้วย คลอโรฟิลล์เอดูดแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวช่วงคลื่นซึ่งเป็นศูนย์กลางปฏิกิริยาที่ 680 และ 760 นาโนเมตร สำหรับคลอโรฟิลล์บี สามารถดูดแสงได้ดีในหลายความยาวคลื่น 480 640 และ 650 นาโนเมตร ส่วนคลอโรฟิลล์ซีดูดแสงที่มีความยาวช่วงคลื่น 645 นาโนเมตรได้ดีที่สุด คลอโรฟิลล์มีโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ทำหน้าที่ดูดพลังงานแสง ส่วนนี้มีโครงสร้างเป็นโพลีโรลแบบวงแหวน 4 วง โดยมีแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) เป็นศูนย์กลาง และสี่ส่วนหางเป็นไฮโดรคาร์บอนช่วยยึดรงควัตถุกับระบบแสง (สมบุญ, 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันปาล์มดิบจะพบปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ จากรายงานของ Ikemefuna และ Adamson (1984) กล่าวว่าเมื่อปาล์มน้ำมันสุกปริมาณแคโรทีนอยด์จะเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่คลอโรฟิลล์ไม่ได้สูญหายไปไหนเพียงแต่สีของคลอโรฟิลล์จะถูกปิดบังด้วยสีแคโรทีนอยด์ ดังแสดงในตารางที่ 6 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และบี จะลดลงเมื่ออายุการสุกเพิ่ม โดยจะพบว่าคลอโรฟิลล์เอ มีร้อยละการลดลงถึง 50 - 75 ส่วนในน้ำมันที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์จะพบว่าได้ผ่านขั้นตอนนำรังควัตถุสารมีสีออกจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 583 mg/kg โดยคิดเป็นคลอโรฟิลล์เอ 30 mg/kg ,คลอโรฟิลล์บี 114 mg/kg ,ฟิโอฟิตินเอ 341 mg/kg และฟิโอฟิตินเอ 98 mg/kg นอกจากนี้ Tan และ คณะ (1997) ได้ทำการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในน้ำมันปาล์มดิบโดยพบปริมาณฟิโอฟิตินเออยู่ในช่วงค่าระหว่าง 250 - 1800 mg/kg

ตารางที่ 6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในผลปาล์มที่ระยะสุกต่าง 3 ระดับ ในหน่วย mg/kg

รงควัตถุ		Tenera			Dura		
		Green 1 -2 เดือน	Mature 3 - 4 เดือน	สุก 5 -6 เดือน	Green 1 -2 เดือน	Mature 3 - 4 เดือน	สุก 5 -6 เดือน
คลอโรฟิลล์เอ	ค่าเฉลี่ย	28.9	20.7	4.3	26.5	22.7	2.4
	ช่วง	12 - 48	3 - 34	0.3 - 7.3	13 - 54	16 - 34	0.7 - 3.7
คลอโรฟิลล์บี	ค่าเฉลี่ย	18.6	15.3	7.3	19	11.8	4.6
	ช่วง	8 - 33	3 - 20	0.3 - 13	14 - 35	5 - 17	1.3 - 7.2

2. น้ำมันปาล์มจากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Kernel)

การหีบน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์มทำได้โดยหีบด้วยแรงอัดสูง ๆ หรือสกัดด้วยตัวทำละลาย นั่นที่ได้แตกต่างจากน้ำมันจากเปลือกปาล์ม แต่มีคุณสมบัติและส่วนประกอบใกล้เคียงกับน้ำมันมะพร้าว น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดจะใส ไม่มีสีถึงมีสีเหลืองอ่อน กรดไขมันที่มีอยู่มากเป็นกรดไขมันอิ่มตัว เช่น กรดคาไพริก กรดลอริกและกรดไขมันไม่อิ่มตัว ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดโอเลอิก ซึ่งจะได้เห็นว่าน้ำมันจากเปลือกจะมีสัดส่วนกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเกือบเท่ากันร้อยละ 52:48 ในขณะที่น้ำมันในเนื้อในเมล็ดมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงมาก ในทางโภชนาการน้ำมันปาล์มให้ปริมาณความร้อนประมาณ 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม มีวิตามินเอ ดี อีและเค สูง น้ำมันปาล์มใช้เป็นน้ำมันที่บริโภคได้ดีเพราะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงร้อยละ 48 ทำให้อารมณ์ของคนที่รับประทานคลอเลสเตอรอลต่ำกว่าน้ำมันจากเนื้อสัตว์ และน้ำมันจากเนื้อในปาล์มซึ่งมีกรดไขมันอิ่มตัวสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งเกรดของน้ำมันปาล์มดิบ แบ่งเป็น 4 เกรดคือ เกรดสูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก โดยที่เกรดสูงจะมีค่า FFA (กรดไขมันอิสระ) น้อยกว่า 2 % ความชื้น น้อยกว่า 0.1 % และมีสิ่งเจือปน น้อยกว่า 0.005 % และเกรดต่ำมากจะมีค่า FFA (กรดไขมันอิสระ) มากกว่า 4 % ความชื้น มากกว่า 0.6 % และมีสิ่งเจือปน มากกว่า 0.05 % (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

2.6 การเกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมัน

กรดไขมันอิสระเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในน้ำมันปาล์มดิบ กรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมันจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและจากการปฏิบัติของชาวสวน การเกิดกรดไขมันอิสระนั้นเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ไลเปส ซึ่งเป็นการเกิดขึ้นหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายปาล์มออกจากต้นหรือเกิดจากการที่ปาล์มน้ำมันถูกกระทบ ถูกทำให้เกิดแผลหรือรบกวนจากโรคและแมลงซึ่งเป็นการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ชนิดที่มีอยู่ในผลปาล์มน้ำมัน (Siew และ Monammed, 1992) ในทางปฏิบัตินั้นภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันจะต้องรีบนำส่งโรงงานสกัดน้ำมันให้เร็วที่สุด ตามหลักแล้วควรส่งภายใน 24 ชั่วโมง หลังเก็บเกี่ยวจากต้น การเก็บเกี่ยวจะต้องลดการทำให้ผลปาล์มน้ำมันกระทบกระเทือนพยายามไม่ทำให้ผลปาล์มน้ำมันเป็นแผลอันเกิดจากกระบวนการเก็บเกี่ยว จากการศึกษาพบว่าผลปาล์มน้ำมันที่ทำให้เกิดแผลจะเร่งการทำงานของเอนไซม์ ทำให้เกิดกรดไขมันจาก 1% เป็น 5% ภายในระยะเวลา 20 นาที กระบวนการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระนี้จะเกิดได้ดีอีกกรณีหนึ่ง คือ จะเกิดขึ้นรวดเร็วภายใต้อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส โดยถ้าอุณหภูมิสูงการทำงานของเอนไซม์จะหยุดทันที เหตุนี้จึงต้องรีบนำผลผลิตปาล์มน้ำมันส่งโรงงานและนึ่งไอน้ำ ผลผลิตปาล์มน้ำมันหลังถูกเก็บเกี่ยวออกจากต้นแล้วถ้ายังไม่ส่งโรงงาน โดยเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมปกติหรือการปล่อยให้ผลปาล์มสุกมากเกินไปบนต้นจะมีการเน่าที่เกิดจากเชื้อราชนิดต่าง ๆ เชื้อราจะเริ่มเข้าทำลายที่ส่วนของผิวและผลของปาล์มน้ำมัน การเข้าทำลายของเชื้อรานี้จะทำให้เกิดการเร่งหรือเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ไลเปส ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระในผลน้ำมันปาล์ม อย่างไรก็ตามการเกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมันก่อนเข้าส่งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มนี้ยังเกิดบนผลปาล์มน้ำมันตั้งแต่อยู่บนต้นและยังปรากฏว่าการเข้าทำลายของเชื้อแบคทีเรียและไส้เดือนฝอยก็เป็นสาเหตุของการเกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมันด้วย โดยสรุปแล้วต้องมีการปฏิบัติที่ถูกต้องจึงทำให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระในผลปาล์มน้ำมันมีน้อย ได้แก่

- การทำให้เกิดแผลหรือผลกระทบกับผลปาล์มน้ำมันในกระบวนการเก็บเกี่ยวให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้
- การลดการกระทบหรือเกิดแผลในการย้ายในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
- ลดระยะเวลาให้สั้นที่สุดระหว่างการเก็บเกี่ยวออกจากต้นจนถึงนึ่งไอน้ำในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
- กระบวนการสกัดน้ำมันในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มควรมีวิธีการต่าง ๆ ที่ไม่ทำให้อุณหภูมิต่ำเนื่องจากเอนไซม์จะทำงานที่อุณหภูมิต่ำ
- วัสดุที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันจะต้องไม่เป็นตัวที่ทำให้เกิดการเร่งการทำงานของเอนไซม์ไลเปส ดังนั้นหลังจากทะลายปาล์มตัดหรือแทงออกจากต้นปาล์มน้ำมันแล้วต้องรีบนำผลผลิตปาล์มน้ำมันส่ง

โรงงานและเข้าสู่กระบวนการสกัดหรือบีบน้ำมันออกมาใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม (Mill processing)

หลังการเก็บเกี่ยวทะลายน้ำมันปาล์ม จะมีการขนส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มซึ่งกระบวนการสกัดน้ำมันมี 2 แบบ คือ แบบมาตรฐาน (หีบน้ำมันแยก) และแบบหีบน้ำมันผสมโดยโรงงานแบบมาตรฐาน คือ โรงงานจะสกัดน้ำมันจากส่วนเปลือกกระยะเดียวและส่งเนื้อในให้โรงงานอื่นสกัดน้ำมันต่อ โรงงานแบบมาตรฐานจะมีกำลังการผลิตสูงและน้ำมันที่ได้จัดเป็นน้ำมันเกรดเอเนื่องจากการแยกชนิดของน้ำมันปาล์ม สำหรับโรงงานแบบหีบน้ำมันผสม คือ การที่เกษตรกรนำทะลายน้ำมันออกจากต้นแล้วนำมาบ่มและเฉาะผลปาล์มน้ำมันแยกออกจากทะลายแล้วส่งเฉพาะผลสู่โรงงานที่สกัดน้ำมันปาล์มและน้ำมันจากเนื้อในพร้อมกัน โรงงานแบบหีบน้ำมันผสมจะมีกำลังการผลิตต่ำและน้ำมันที่สกัดได้เป็นน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ดังนั้นในที่นี่จะกล่าวถึงวิธีการสกัดน้ำมันแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไปมาตรฐานดังแสดงในภาพที่ 3 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การนึ่งไอน้ำ (Sterilization bunch)

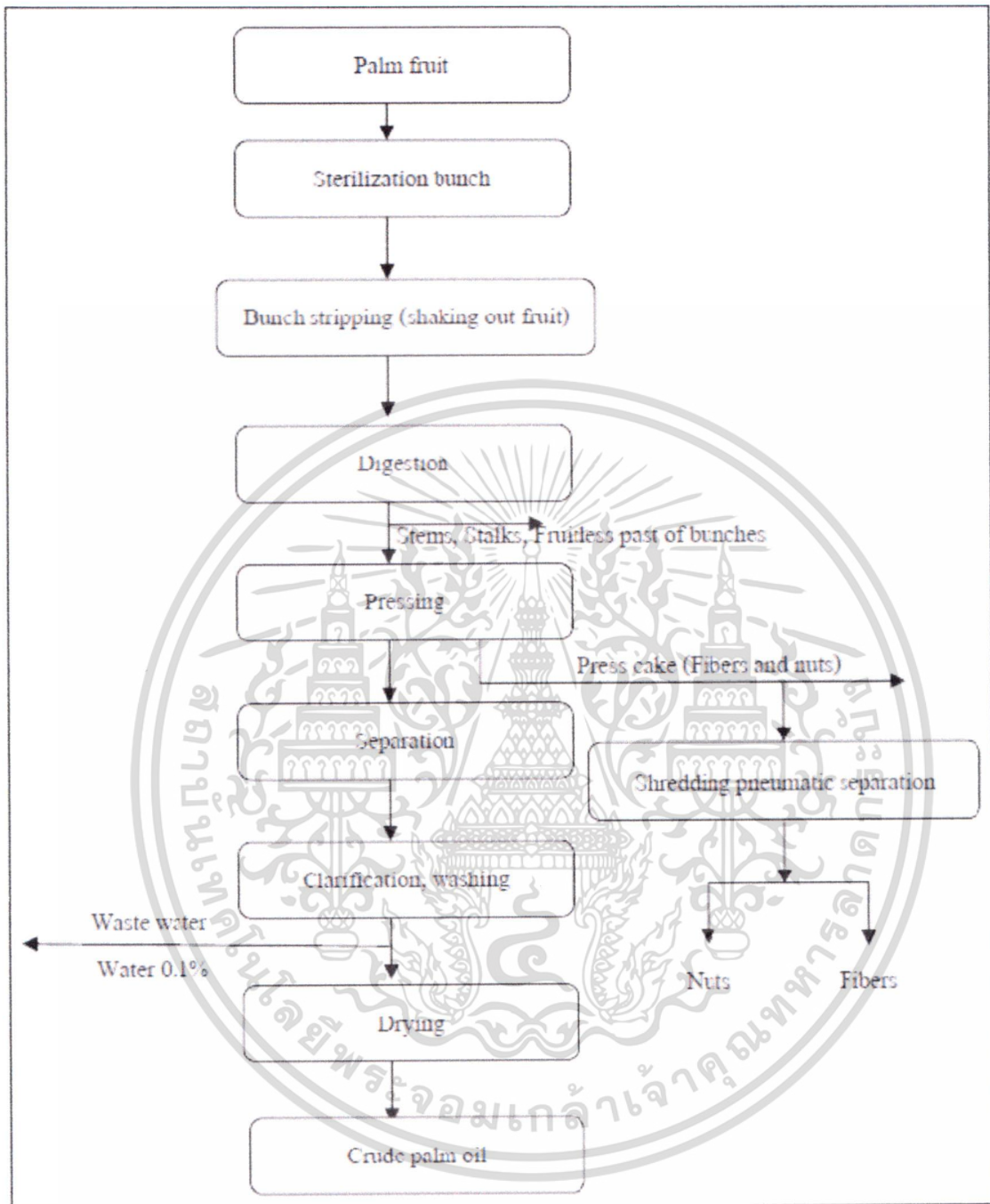
เป็นกระบวนการที่นำทะลายสดปาล์มน้ำมันเข้าไปอบด้วยความร้อนและความดันไอน้ำอุณหภูมิประมาณ 130 - 135 องศาเซลเซียส ความดันไอน้ำ 2.5 - 3.0 บาร์ เวลา 50 - 70 นาที โดยวัตถุประสงค์สำคัญของกระบวนการนี้เพื่อยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ไลเปสและลดปริมาณกรดไขมันอิสระ การนึ่งไอน้ำปาล์มน้ำมันนี้หากใช้เวลานานเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันได้โดยทั่วไปแล้วการอบความดันและความร้อนตามเวลาที่กำหนดมาตรฐานก็จะมีโอกาสสูญเสียน้ำมันประมาณ 3% ในขณะเดียวกันการอบความดันและความร้อนในระยะเวลาที่สั้นไปก็จะทำให้ผลปาล์มน้ำมันจำนวนหนึ่งไม่สามารถหลุดจากทะลายในขั้นตอนแยกผลปาล์มน้ำมันได้ (พรชัย,2549)

2. การแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลายปาล์มน้ำมัน (Bunch stripping)

กระบวนการนี้จะนำทะลายปาล์มน้ำมันเข้าเครื่องนวด (Stripping) ซึ่งเครื่องจะทำหน้าที่แยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลายปาล์มน้ำมัน หมดขั้นตอนนี้ก็จะได้ผลปาล์มน้ำมันและทะลายเปล่าแยกจากกัน โดยสัดส่วนของผลปาล์มน้ำมันกับทะลายปาล์มน้ำมันเปล่ามีประมาณ 55.0 - 65.0% และ 35.0 - 45.0% ตามลำดับ

3. การย่อยผลปาล์มน้ำมัน (Digestion)

การย่อยผลปาล์มน้ำมัน (Digestion) ทำเพื่อย่อยเปลือกออกจากเมล็ดเมื่อเสร็จขั้นตอนนี้จะได้ส่วนของเปลือกประมาณ 44.0 - 55.0% และส่วนของเมล็ดประมาณ 10.0 - 14.0% กระบวนการย่อยผลปาล์มน้ำมันจะต้องใช้ความร้อนประมาณ 95 องศาเซลเซียส โดยต้องควบคุมอุณหภูมิอยู่ในระดับนี้ตลอดไม่ให้สูงเพราะจะทำให้น้ำเดือด การย่อยนี้จะต้องให้มีความสม่ำเสมอทั่วถึง (พรชัย,2549)



ภาพที่ 3 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม

ที่มา : ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, www,2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การสกัดน้ำมันปาล์ม (Pressing)

4.1 แบบหีบน้ำมัน เป็นกระบวนการต่อจากกระบวนการย่อยผลปาล์มน้ำมัน โดยที่จะเป็นเส้นทางของการทำน้ำมันปาล์ม ซึ่งเป็นน้ำมันที่สกัดจากชั้นเปลือกเท่านั้น เครื่องหีบน้ำมันมีหลายแบบ เช่น แบบเกลียวอัด แบบเครื่องปั่น และแบบอัดไฮดรอลิก การใช้เครื่องหีบแบบเกลียวอัด (Screw press) ใช้ความเร็ว 10 รอบต่อนาที เครื่องที่มีขนาดเล็กสามารถหีบน้ำมันปาล์ม 3 ตันต่อชั่วโมง ถ้าขนาดเครื่องใหญ่สามารถหีบน้ำมันปาล์ม 13 ตันต่อชั่วโมง ส่วนเครื่องปั่น (Centrifuge) ใช้ความเร็ว 950 - 1250 รอบต่อนาที กำลังการผลิต 1 - 2 ตันต่อชั่วโมง ใช้เวลาการปั่นประมาณ 10 นาที การหีบน้ำมันโดยเครื่องปั่นนี้มีข้อดี คือ ได้น้ำมันที่ไม่มีเศษกาก ส่วนเครื่องอัดสามารถผลิตได้ประมาณ 5 ตันผลสดปาล์มน้ำมันต่อชั่วโมง น้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยเครื่องปั่น มีน้ำ 40.0 - 50.0% และมีสิ่งเจือปนเล็กน้อย ส่วนน้ำมันดิบที่ได้จากการอัด มีน้ำ 55.0% โดยที่น้ำมันดิบจากเครื่องอัดเกลียวมีน้ำ 60.0% และสิ่งเจือปนมาก การหีบน้ำมันปาล์มจะได้ผลผลิตออกมาเป็นน้ำมันปาล์มที่ยังคงมีสิ่งเจือปนและความชื้นอยู่จึงต้องผ่านขั้นตอนต่อไป (พรชัย, 2549)

4.2 แบบใช้ตัวทำละลาย (ภักธิราและคณะ, 2546) การสกัดแบบนี้เป็นกระบวนการที่ใช้แยกสารที่ต้องการออกจากของผสมหรือสารละลาย โดยใช้ตัวทำละลายและวิธีการที่เหมาะสม ถ้าตัวถูกละลายที่ต้องการสกัดอยู่ในสารตัวอย่างที่เป็นของแข็งสามารถทำการสกัดด้วยตัวทำละลายของเหลวได้ ซึ่งเรียกวิธีการสกัดนี้ว่า Solid - Liquid Extraction การสกัดจะได้ผลดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับสารละลายของตัวถูกละลายในตัวสกัดหรือตัวทำละลายของเหลว และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดจะขึ้นอยู่กับสารละลายของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารตัวอย่างแข็ง ถ้าตัวถูกละลายเพียงดูดซับที่ผิวของของแข็ง การสกัดจะใช้เวลาน้อย แต่ถ้าตัวถูกละลายอยู่ภายในโครงร่างของแข็งจะต้องใช้เวลามากกว่า และถ้าการแพร่ของตัวทำละลายสู่ภายในโครงร่างของแข็งเกิดได้ช้ามาก จึงจำเป็นต้องบดของแข็งให้มีขนาดเล็กลงก่อนทำการสกัดเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการสกัดให้สั้นลง การสกัดของแข็งหรือการทำ Solid - Liquid Extraction สามารถมาประยุกต์ใช้กับการสกัดทางชีววิทยา สารอินทรีย์ ตลอดจนเกลือของสารอินทรีย์ได้ โดยวิธีการสกัดของแข็งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

4.2.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) ถ้าตัวถูกละลายอยู่ในสารตัวอย่างของแข็งเพียงแค่ดูดซับที่ผิว และการละลายของตัวถูกละลายในตัวสกัดมีค่าสูง การสกัดสามารถทำได้โดยเติมตัวสกัดหรือตัวทำละลายลงไปนในสารตัวอย่างภายในบีกเกอร์หรือขวดรูปชมพู่ จากนั้นคนด้วยเครื่องคน (Magnetic Stirrer) หรือใช้เครื่องเขย่า (Shaker) จนกระทั่งตัวถูกละลายในตัวสกัดหมดแล้ว ให้ใช้วิธีการกรองเอาของแข็งออกจากสารละลายจะสามารถแยกตัวถูกละลายออกจากสารตัวอย่างแข็งได้

4.2.2 การสกัดด้วยเครื่องซอกท์เลต (Soxhlet Extraction) ถ้าตัวถูกละลายเป็นสารประกอบอินทรีย์หรือสารทางชีววิทยา ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีการละลายในตัวสกัดต่ำหรือการสกัดจะสมบูรณ์ได้ต้องใช้เวลาานาน จำเป็นต้องใช้เทคนิคการสกัดด้วยเครื่องซอกท์เลต โดยบรรจุของแข็งที่ต้องการสกัดลงในกรวยกระดาษ (Soxhlet Thimble) แล้วใส่ในหลอดแก้ว ตัวสกัดคือตัวทำละลายอินทรีย์ที่ระเหยกลายเป็นไอได้บรรจุในขวดก้นกลม โดยการให้ความร้อนแก่ตัวสกัดในขวดก้นกลมจะทำให้ตัวสกัดระเหยกลายเป็นไอผ่านหลอดแก้วไปยังตัวควบแน่น เมื่อตัวสกัดถูกควบแน่นกลายเป็นของเหลวจะไหลตกลงมาบนของแข็งที่ต้องการสกัดเมื่อตัวสกัดถูกสะสมในหลอดแก้วมากเพียงพอ จะเกิดกาลักน้ำดูดของเหลวให้ไหลกลับมายังขวดก้นกลม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารที่สกัดจะออกมากับตัวสกัดและสะสมในขวดกันกลม ส่วนตัวสกัดก็จะถูกความร้อนทำให้กลายเป็นไอแล้วควบแน่นมาใช้ใหม่อีกอย่างต่อเนื่อง

4.2.3 การกรองน้ำมัน (Separation) กระบวนการกรองน้ำมันต่อจากน้ำมันดิบที่ได้จากการที่บีบเพื่อแยกกากออกจากน้ำมัน เครื่องกรองน้ำมันเป็นแบบมีแผ่นกรองหลายชั้น เมื่อเสร็จสิ้นการกรองจะได้น้ำมันที่สะอาดปราศจากกากโดยเครื่องจะแยกกากออกไป (พรชัย,2549)

4.2.4 การแยกน้ำและสิ่งเจือปน (Clarification, washing) เป็นการใช้เครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง กระบวนการทำงานของเครื่อง คือ การแยกน้ำและสิ่งเจือปนออกจากน้ำมันดิบ น้ำมันดิบที่ได้จากการกรองจะยังมีน้ำและสิ่งเจือปนอยู่ (มีน้ำปนอยู่ 14 ประมาณ 40 - 60%) การเหวี่ยงความเร็วสูงและความร้อนเข้าช่วยก็สามารถแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำมันดิบได้ อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 85 - 95 องศาเซลเซียส น้ำมันจะอยู่ส่วนบน ส่วนน้ำก็ถูกแยกออกมาตามท่อ (พรชัย,2549)

4.2.4 การสกัดความชื้น (Drying) น้ำมันดิบที่เข้าเครื่องเหวี่ยงเรียบร้อยแล้วยังคงมีความชื้นอยู่จึงต้องสกัดความชื้นออกก่อนนำไปบรรจุในถังเพื่อส่งต่อไปยังโรงงานแปรรูปต่อไป น้ำมันดิบที่ได้จะต้องมีมาตรฐานความชื้นตามที่กำหนด เมื่อสิ้นสุดกระบวนการสกัดความชื้นจะได้น้ำมันดิบ ซึ่งน้ำมันปาล์มที่ดีมีคุณภาพตามกำหนด คือ กรดไขมันอิสระไม่เกิน 5% ความชื้นไม่เกิน 0.5% และสิ่งเจือปนไม่เกิน 0.05% (พรชัย,2549)

2.8 เทคนิค Near Infrared (NIR) Spectroscopy

นิพนธ์ (2545) ได้อธิบายว่า Near Infrared (NIR) คือคลื่นแสงหรือแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 780-2500 นาโนเมตร หรือที่จำนวนคลื่น $12,500-4,000 \text{ cm}^{-1}$ โดยเป็นเทคนิคที่เกิดจากสารดูดกลืนคลื่นแสงแบบ Overtone และ Combination แล้วทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นที่ความถี่สูง และโมเลกุลจะถูกกระตุ้นจากสภาวะพื้น (Ground vibration level) ไปยังสภาวะกระตุ้น (Excited vibration level) ซึ่ง Osborne et al. (1993) กล่าวว่าปริมาณการดูดกลืนพลังงานแสง (Absorbance) จะเป็นไปตามกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert) คือพลังงานของคลื่นแสงเมื่อผ่านเข้าไปในตัวอย่งจะถูกดูดกลืนไว้โดยองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่ง ความเข้มของแสงที่ผ่านออกมาโดยทั่วไปจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีนั้น สารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้จะมีอะตอมของไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น O-H พบในแป้ง น้ำ น้ำตาล N-H พบในโปรตีน C-H พบในน้ำมัน เป็นต้น

2.9 ส่วนประกอบของเครื่อง NIR Spectroscopy

แมน และอมร (2539) ได้อธิบายว่าส่วนประกอบของเครื่อง NIR ที่สำคัญประกอบด้วย ต้นกำเนิดแสง (NIR Source) โมโนโครเมเตอร์ (Monochromator) เซลล์ที่ใส่ตัวอย่าง (Sample cell) เครื่องวัดแสง (Detector) และเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องบันทึกสเปกตรัม (Computer หรือ Recorder)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 เทคนิคการวัดค่าการดูดกลืนด้วยเครื่อง NIR Spectroscopy

Siesler และคณะ (2002) ได้อธิบายถึงเทคนิคการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง NIR ไว้ว่า เทคนิคที่ใช้ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงมีความสำคัญ เนื่องจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงจำเป็นต้องเลือกเทคนิคให้เหมาะสมกับตัวอย่างที่นำมาทำการวัด เพื่อให้ได้ข้อมูลสเปกตรัมที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณองค์ประกอบทางเคมีที่ถูกต้องและเหมาะสมมากที่สุด โดยมีเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้

- 1 Transmission เป็นเทคนิคที่ใช้วิธีการวัดปริมาณแสงที่ส่องผ่านออกมาในด้านตรงกันข้ามกับด้านที่แสงตกกระทบ
- 2 Reflection เป็นเทคนิคที่ใช้วิธีการวัดปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากตัวอย่างเมื่อแสงตกกระทบที่พื้นผิวของตัวอย่าง โดยรวมถึงแสงที่สะท้อนจากเนื้อตัวอย่างส่วนที่ใกล้ผิวตัวอย่างได้อีกด้วย
- 3 Transflection เป็นเทคนิคที่ใช้วิธีการวัดปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากตัวอย่าง โดยแสงจากแหล่งกำเนิดแสงตกกระทบลงบนตัวอย่าง แล้วผ่านตัวอย่างลงไปตกกระทบแผ่นเซรามิก ทอง หรือ อะลูมิเนียมในชั้นใต้สุด แล้วจึงสะท้อนกลับมายัง Detector
5. Interaction ใช้ในกรณี fiber optics probe แสงจากแหล่งกำเนิดแสงย่าน NIR ส่องผ่านลงมายังตัวอย่างในวงแหวนด้านนอก แล้วแสงที่สะท้อนออกมาจากเนื้อตัวอย่างถูกส่งไปยัง detector บริเวณส่วนกลาง fiber optics probe

2.11 การประยุกต์ใช้เทคนิค NIR Spectroscopy ในการตรวจสอบคุณภาพผลผลิตทางการเกษตร

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี สามารถนำมาใช้ประเมินคุณภาพทั้งผลผลิตเกษตรและผลิตภัณฑ์อาหาร สำหรับประเทศญี่ปุ่นได้นำเทคนิคนี้มาใช้เป็นระยะเวลา 30 ปีแล้วและมีการใช้อย่างกว้างขวาง เช่นการตรวจวัดองค์ประกอบทางเคมีของผลผลิตต่าง ๆ ได้แก่ พีช แพร แคนตาลูป แอปเปิ้ล ส้ม มะละกอ บลูเบอรี่ หอมหัวใหญ่ และอื่น ๆ (Kawano, 1998)

Kawano และคณะ (1992) ได้นำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดมาใช้เพื่อตรวจวัดปริมาณน้ำตาลในผลพีช (Peach) โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของผลพีช ในช่วงความยาวคลื่น (Wavelength region) 700-1100 nm กับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Brix) พบว่า เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีสามารถวัดปริมาณน้ำตาลในผลพีชได้ โดยเปลี่ยนสเปกตรัมให้อยู่ในรูปของอนุพันธ์อันดับ 2 (Second derivative spectra) และหาความสัมพันธ์แบบ MLR (Multiple Linear Regression) โดยเลือกค่าการดูดกลืนแสงที่ 906 nm เป็นความยาวคลื่นแรก ของสมการซึ่งคือ Sucrose band สมการประกอบด้วยค่าการดูดกลืนแสงที่ 4 ความยาวคลื่นด้วยกัน คือ ที่ 906, 878, 870 และ 889 nm มีค่า SEC (Standard Error of Calibration) 0.48 °Brix ค่า SEP (Standard Error of Prediction) เท่ากับ 0.50 °Brix และค่า bias เท่ากับ 0.01 Brix เช่นเดียวกับ

Miyamoto และคณะ (1998) ได้ใช้เทคนิค NIR ในการตรวจวัดปริมาณกรดซิตริกในผล Satsuma mandarins และเนื่องจากพลังงานแสงที่ส่องผ่านตัวอย่างมีความเข้มข้นต่ำมาก และเป็นที่ยากในการวัดความเข้มข้นของแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 800 nm ดังนั้นจึงต้องมีการปกปิดเปลือกของตัวอย่างด้วย ทั้งนี้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อความแม่นยำ พบว่าจากการ calibration ด้วย PLS (Partial Least Square) นั้นสมการประกอบด้วย 12 แพลตเตอร์ และมีค่า R เท่ากับ 0.963 bias เท่ากับ -0.013% และ SEP เท่ากับ 0.146%

Greensill and Newman (1999) นำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีเพื่อหาความสุกแก่ของ Pawpaws (*Carica papaya*) ด้วยการวัดส่งผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 500-1000 nm พบว่าลักษณะปรากฏของมะละกอสุกที่ระยะต่างๆ คือ immature green จนถึงผลสุก มีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 720-815 nm (Greensill and Newman, 1999)

Saranwong และคณะ (2003) ได้ใช้เทคนิค NIR ด้วยเครื่อง FT 20 และ NIRSystem 6500 ในช่วงคลื่นสั้น 700-1100 nm เพื่อตรวจสอบค่าบrix (Brix value) ของมะม่วง พบว่าเครื่อง NIR ทั้งสองชนิดสามารถตรวจวัดค่าบrixได้และมีความแม่นยำสูง มี SEP เท่ากับ 0.40°Brix ทั้งสองเครื่อง

Schmilovitch, และคณะ (2008) มีการนำเทคนิควิธีการวัดการดูดกลืนแสงในย่านสายตามองเห็นและย่านใกล้อินฟราเรดมาใช้บอกระยะความแก่ของผลอะโวคาโดแบบไม่ทำลายในช่วงความยาวคลื่น 1200-2400 นาโนเมตร

วรรณกนก (2546) การตรวจสอบคุณภาพของส้มเขียวหวานด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี โดยใช้ความยาวคลื่นระหว่าง 700-1100 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงคลื่นสั้น เพื่อประเมินค่าทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) การเปรียบเทียบสมการ calibration จากวิธีวิเคราะห์ทางสถิติ 3 วิธี คือ Modify Partial Least Component Regression (MPLSR) Principal Component Regression (PCR) และวิธี Multiple Linear Regression (MLR) พบว่าสมการ calibration MPLS และ MLR สามารถทำนายค่าทางเคมีได้แม่นยำใกล้เคียงกัน ค่าทำนาย TSS ของผลส้มที่มีเปลือก มีค่าความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.944 และ 0.955 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการพยากรณ์ (SEP) เท่ากับ 0.494 และ 0.574 ค่า Bias เท่ากับ 0.094 และ 0.122 ส่วนของผลส้มทั้งผลปอกเปลือกได้ค่า R เท่ากับ 0.981 และ 0.976 ค่า SEP เท่ากับ 0.254 และ 0.274 ค่า Bias เท่ากับ 0.056 และ 0.049 ตามลำดับ สำหรับค่าทำนาย TA ได้ผลไม่ค่อยแม่นยำนัก โดยค่าทำนาย TA ของผลส้มที่มีเปลือกได้ค่า R เท่ากับ 0.636 และ 0.600 ค่า SEP เท่ากับ 0.069 และ 0.073 ค่า Bias เท่ากับ 0.002 และ -0.005 ตามลำดับ ส่วนของผลส้มที่ปอกเปลือกมีค่า R เท่ากับ 0.561 และ 0.771 ค่า SEP เท่ากับ 0.070 และ 0.057 ค่า Bias เท่ากับ 0.005 และ 0.002 ตามลำดับ

Moh และ Che Man (1998) ใช้เทคนิค NIR ช่วงความยาวคลื่น 1850–2050 nm ตรวจวัดปริมาณ Free Fatty Acid ในน้ำมันปาล์มดิบ และสามารถทำนายค่าทางเคมีได้แม่นยำใกล้เคียงโดยมีค่า Multiple correlation coefficients squared (R^2) เท่ากับ 0.994

Moh และคณะ (1998) ใช้เทคนิค NIR ช่วงความยาวคลื่น 1350-1480 nm. เพื่อตรวจวัดปริมาณ peroxide value (PV) ในน้ำมันปาล์มดิบ พบว่าช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการทำนาย PV คือ ช่วงความยาวคลื่น 1514 nm. โดยมีค่า SEP เท่ากับ 0.156 เมื่อมีค่า PV ระหว่าง 2.17-10.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Moh และคณะ (1999) ได้ใช้เทคนิค NIR ด้วยเครื่อง FTIR และ NIR เพื่อตรวจปริมาณ β -Carotene ในน้ำมันปาล์มดิบ พบว่าเครื่อง NIR ทั้งสองชนิดสามารถตรวจวัดปริมาณ β -Carotene ในน้ำมันปาล์มดิบได้

Kal (2003) ได้ศึกษาการใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) ตรวจสอบน้ำหนักแห้งและความแก่ของผลทุเรียนที่ประเมินโดยผู้ชำนาญการตัดและตัดทุเรียน พบว่าสมการ calibration ที่ดี ได้มาจากการใช้เทคนิค partial least squares (PLS) โดยใช้ปัจจัย 3 และ 6 ปัจจัย ที่คำนวณจากแถบแสง NIR ในช่วงคลื่นระหว่าง 700-950 และ 800-1000 นาโนเมตร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ของชุด calibration มีค่า 0.87 และ 0.88 ค่า standard error of prediction คือ 2.45 และ 0.71 และ Bias คือ 0.08 และ -0.03 ตามลำดับ NIRS สามารถนำมาใช้เป็นเทคนิคการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อทุเรียนแบบรวดเร็วได้โดยไม่ทำลาย

Che Man and Moh (1998) ได้ทำการพัฒนาสมการทำนายที่ใช้หาปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA) ในน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มที่ผ่านกรรมวิธี โดยใช้เครื่อง NIR แบบการสะท้อนแสง พบว่าสามารถใช้ NIR ตรวจสอบปริมาณกรดไขมันอิสระได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำภายใน 5 นาที ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและสามารถใช้ควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีการเตรียม 35 ตัวอย่างให้มีความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระอยู่ในช่วงที่ต้องการโดยการไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ไลเปสร้อยละ 0.15 (w/w) ในตู้บ่มที่ 60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาวัดสเปกตรัม 2 ซ้ำ ด้วยที่ใส่ตัวอย่างแบบ Dutch cup สมการทำนายที่เหมาะสมที่สร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Multiple Linear Regression (MLR) สร้างจากช่วงความยาวคลื่น 1850-2050 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงของ C=O overtone โดยเฉพาะความยาวคลื่นที่ตำแหน่ง 1882 2010 และ 2040 นาโนเมตร การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบให้ค่า Multiple correlation coefficients (R) เท่ากับ 0.994 ส่วนในน้ำมันปาล์มโอเลอินผ่านกรรมวิธี และน้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธีให้ค่า R เท่ากับ 0.961 และ 0.971 ตามลำดับ หลังจากการทดสอบสมการทำนายด้วยกลุ่มตัวอย่าง ตรวจสอบความถูกต้อง ปรากฏว่าค่า R^2 ที่ได้จากการน้ำมันปาล์มทั้ง 3 แบบ มีค่าเท่ากับ 0.997 0.943 และ 0.945 ตามลำดับ

Sato และคณะ (1998) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาความเป็นไปได้ในการประเมินค่ากรดไขมันในเมล็ด rapeseed แบบวิธีไม่ทำลายตัวอย่างด้วยเครื่อง NIR Spectroscopy โดยทำการวัดสเปกตรัมของน้ำมันที่ผ่านการสกัดเนื้อภายในของเมล็ดเรพซิด และเมล็ดเรพซิดที่เป็นเมล็ดเดี่ยว ๆ ด้วยเครื่อง NIR รุ่น Infra Alyzer 500 และใช้ที่ใส่ตัวอย่างแบบ Syrup cup หรือ Single grain cup ทำการวัดค่าในช่วงความยาวคลื่น 1100-2500 นาโนเมตร และบันทึกค่าทุก ๆ 2 นาโนเมตร พบว่าร้อยละของกรดลิโนเลอิกเพิ่มขึ้นในช่วงความยาวคลื่น 1696-1724 นาโนเมตร ซึ่งความยาวคลื่นดังกล่าวเป็นช่วงความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงของกรดลิโนเลอิก และมักจะเห็นการดูดกลืนแสงได้อย่างชัดเจนขึ้นเมื่อแปลง NIR สเปกตรัมให้อยู่ในรูปอนุพันธ์อันดับที่สอง ส่วนเปอร์เซ็นต์ของกรดอีรูอิก 36 เพิ่มขึ้นที่ความยาวคลื่น 1728 นาโนเมตร ซึ่งเห็นได้เล็กน้อยเมื่อ NIR สเปกตรัมอยู่ในรูปของอนุพันธ์ลำดับที่สอง ดังนั้นจึงสามารถนำเทคนิค NIR ไปใช้ประเมินค่ากรดลิโนเลอิกและกรดอีรูอิก ทั้งในเนื้อภายในเมล็ดและเมล็ดเดี่ยว ๆ ของ Rapeseed ได้ โดยที่ตัวอย่างไม่ถูกทำลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sato และคณะ (2003) ศึกษาการวิเคราะห์ส่วนประกอบกรดไขมันในเมล็ดงาโดยใช้เครื่อง Near-Infrared (NIR) Spectroscopy แบบการสะท้อนแสง และพบว่าการใช้เครื่อง NIR แบบการสะท้อนแสงมีความเหมาะสมสำหรับการนำประเมินองค์ประกอบกรดไขมันของเมล็ดงาที่ได้จากสถาบันวิทยาศาสตร์การเพาะแห่งชาติของประเทศญี่ปุ่นและพม่า การวิเคราะห์สมการถดถอยแบบหลายตัวแปรของข้อมูลสเปกตรัมที่ได้จาก NIR และข้อมูลทางเคมีของเมล็ดงาทั้งเมล็ดจะถูกนำไปใช้ในการสร้างสมการ (Calibration) สำหรับทำนายสัดส่วนกรดไขมันแต่ละตัวจากกรดไขมันทั้งที่เป็นองค์ประกอบหลักในเมล็ดงา ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย (SEP) ของกรดปาล์มมิก กรดสเตียริก กรดโอเลอิก และกรดลิโนเลอิกมีค่าร้อยละ 0.616 0.348 1.051 และ 0.826 ตามลำดับ ดังนั้นจึงจัดได้ว่าวิธี NIR เป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็วและเป็นวิธีที่ไม่ทำลายตัวอย่างสำหรับการประเมินกรดไขมันในเมล็ดงาที่ทำการคัดเลือกสำหรับนำไปทำการเพาะปลูก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

นำผลปาล์มพันธุ์เทเนอร์่าที่มีระยะความแก่ 60 80 100 และมากกว่า 100 (ใช้การประเมินจากเกษตรกรผู้ชำนาญ) จากลานเทพาล์มของสหกรณ์ชมรมผู้ปลูกปาล์ม ในเขตตำบลหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรบุรี คัดแยกผลที่มีตำหนิ โรค และแมลง ทิ้ง

ขั้นตอนการศึกษา

ออกแบบการทดลอง เพื่อนำผลปาล์มพันธุ์เทเนอร์่า มาวัดการดูดกลืนแสงในย่านความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและใกล้อินฟราเรดในห้องปฏิบัติการที่ตำแหน่งตรงกลางผล โดยนำผลปาล์มที่ทดสอบมาปรับอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ก่อนทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง ความยาวคลื่น 400 – 2500 นาโนเมตร เก็บข้อมูลของผลปาล์มแต่ละผล จำนวน 300 ผลในแต่ละระยะความแก่ และนำผลปาล์มแต่ละผลที่ผ่านการวัดค่าการดูดกลืนแสง ไปแช่ในไนโตรเจนเหลว ก่อนนำไปสกัดน้ำมันและวิเคราะห์ค่าทางเคมีต่อไป

ขั้นตอนการสกัดน้ำมัน

โดยนำผลปาล์มที่ผ่านการวัดค่าการดูดกลืนแสง (ในแต่ละช่วงความแก่) มาทำการปลดเชื้อในหม้อหนึ่งแรงดันสูงที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส 70 นาที (Corley และ Tinker, 2003) เพื่อทำการยับยั้งเอนไซม์ไลเปสและทำให้ผลปาล์มอ่อนนุ่ม นำผลปาล์มที่นิ่งจนอ่อนนุ่มมาแกะเอาเมล็ดออกให้เหลือเฉพาะเนื้อปาล์มเท่านั้น จากนั้นนำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นระยะเวลา 60 นาที

นำเปลือกปาล์มชั้น mesocarp ใส่ในขวดแก้ว (Schott Duran) เติมตัวทำละลาย (hexane) ในอัตราส่วน 1:2 และทำการแช่สกัดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการสกัดมาระเหยตัวทำละลาย (hexane) ออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary Evaporator) นำน้ำมันที่ได้จากการสกัดใส่ในขวดสี่ขาใส่อากาศภายในออกด้วยก๊าซไนโตรเจน (oxygen free nitrogen; OFN) ปิดฝาขวดให้แน่นพันให้สนิทด้วยพาราฟิล์มแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ระหว่างรอนำไปทดลองเพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันและรักษาคุณสมบัติอื่นๆให้คงที่

1. การหาปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA) ในรูปของกรดปาล์มิติก ตามวิธีการของ AOCS Ca 5a-40 (1997) บันทึกร้อยละกรดไขมันอิสระที่มีในตัวอย่าง 100 กรัม
- หมายเหตุ: ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ ด้วย Spectrophotometric method (Holasova *et al* 1990) ที่ความยาวคลื่น 630, 670 และ 710 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลด์จากสูตร

$$C = 345 \cdot 3(A_{670} - 0.5A_{630} - 0.5A_{710})l^{-1}$$

- เมื่อ C คือ ปริมาณคลอโรฟิลด์ในรูปของคลอโรฟิลด์ a (mg/ 1 kg of oil)
- A คือ ค่า absorbance ที่ความยาวคลื่นที่วัด
- l คือ ความหนาของ the spectrophotometer cell (cm).

นำสเปกตรัมของผลปาล์มที่ระยะความแก่แตกต่างกัน มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางเคมี (ปริมาณ free fatty acid และปริมาณคลอโรฟิลล์) ด้วยวิธี Partial Least Square Regression จะได้สมการเพื่อใช้ในการทำนายระยะความแก่ของผลปาล์ม จากนั้นทำการทดสอบความแม่นยำของโมเดลความสัมพันธ์ที่ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของปาล์ม

ทลายปาล์มที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นปาล์มพันธุ์เทนเอร่าที่มีระยะความแก่ 60 80 100 และมากกว่า 100 โดยการประเมินจากเกษตรกรผู้ชำนาญ (ภาพที่ 4) จากลานเทพาล์มของสหกรณ์ชมรมผู้ปลูกปาล์ม ในเขตตำบลหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ภายในเวลา 30 นาที หลังจากนั้นทำการคัดแยกผลที่มีตำหนิ โรคและแมลงทิ้ง จึงปรับอุณหภูมิของทลายปาล์มในห้องปรับอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสจนกระทั่งทลายปาล์มมีอุณหภูมิเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ทำการสุมผลปาล์มจำนวน 300 ผลต่อ 1 ทลาย ในแต่ละระยะความแก่ใช้ปาล์มจำนวน 10 ทลาย ซึ่งน้ำหนัก วัดค่าสี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7



ทลายปาล์มที่ความแก่ 60 เปอร์เซ็นต์ (stage 1)

ทลายปาล์มที่ความแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ (stage 2)



ทลายปาล์มที่ความแก่ 100 เปอร์เซ็นต์ (stage 3)



ทลายปาล์มที่ความแก่มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ (stage 4)

ภาพที่ 4 ลักษณะของทลายปาล์มที่ระยะความแก่ 60 80 100 และมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 น้ำหนักโดยเฉลี่ย และสีเปลือกของผลปาล์มที่ระยะความแก่ 60 80 100 และมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์

ระยะความแก่	น้ำหนัก กรัม/ผล	ค่า สี เปลือก		
		L*	a*	b*
ระยะความแก่ 60 เปอร์เซ็นต์	8.45	31.28	12.72	-3.50
ระยะความแก่ 80 เปอร์เซ็นต์	12.97	35.73	12.73	3.67
ระยะความแก่ 100 เปอร์เซ็นต์	13.38	37.74	12.75	5.78
ระยะความแก่มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์	14.47	37.99	15.21	6.58

จากผลการศึกษา พบว่า ผลปาล์มมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะความแก่ผล จากที่มีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 8.45 กรัม/ผล เพิ่มขึ้นเป็น 12.97 13.38 และ 14.47 เมื่อผลมีความแก่ 60 80 100 และมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Afshin และ คณะ (2011) ที่พบว่า ผลปาล์มจะมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 2.56 เป็น 6.74 8.83 และ 16.53 กรัม เมื่อผลมีอายุ 8 12 16 และ 20 สัปดาห์หลังดอกบาน

จากการศึกษาพบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของผลปาล์ม ทุก ๆ ระยะความแก่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากที่ระยะความแก่ 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความสว่างเท่ากับ 8.45 เพิ่มขึ้นเป็น 14.47 เมื่อผลปาล์มมีความแก่มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ที่มีค่าเพิ่มขึ้นจาก -3.50 ที่ระยะความแก่ 60 เปอร์เซ็นต์ เป็น 6.58 ที่ระยะความแก่มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับค่าความเป็นสีเขียว (a*) ที่มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 12.72 ที่ระยะความแก่ 60 เปอร์เซ็นต์ เป็น 15.21 ที่ระยะความแก่มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์

Meftah และ คณะ (2008) พบว่าผลปาล์มดิบ จะมีสีเข้มมากที่สุด หรือมีความสว่างน้อยที่สุด และผลปาล์มที่มีอายุสุกพอดี และผลปาล์มที่สุกเกิน มีความเข้มของสีลดลงหรือความสว่างเพิ่มขึ้น เนื่องจากการพัฒนาของผลในระยะแรก คือสัปดาห์ที่ 1-7 จะมีการเพิ่มคลอโรฟิลล์ในชั้นเปลือกสูงมาก และคลอโรฟิลล์จะค่อยๆ สลายไป เมื่อสัปดาห์ที่ 14-15 เปลี่ยนเป็นการสะสมของแคโรทีน จึงทำให้ผลปาล์มมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น และมีความสว่างมากกว่าผลดิบ (สุรกิตติ และคณะ , 2539) สุรกิตติ และ คณะ (2539) พบว่าผลปาล์มที่มีอายุ 14-15 สัปดาห์หลังจากติดผล คลอโรฟิลล์ในผลปาล์มจะค่อยๆ สลายไป และมีปริมาณแคโรทีนเพิ่มขึ้น ทำให้ผลปาล์มที่มีสีเขียวแกมเหลืองเปลี่ยนไปเป็นสีส้มแดง สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ คือ ผลปาล์มที่มีระยะความแก่ 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) น้อยที่สุดนั้น ส่วนผลปาล์มที่ความแก่ 80 100 เปอร์เซ็นต์ การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น คือ 3.67 5.78 และ 6.58 ตามลำดับ (ตารางที่ 7) สอดคล้องกับการศึกษาของ Meftah และ คณะ (2008) พบว่า ค่าสีแดง (R) ของผลปาล์มเพิ่มขึ้นตามระยะความแก่

4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันและคลอโรฟิลล์ของผลปาล์ม

ปริมาณกรดไขมันอิสระในผลปาล์มมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 26.78 – 20.32 โดยจะมีค่าลดลงเมื่อผลมีความแก่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์มีค่าสูงสุด เท่ากับ 3,266.04 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อผลมีความแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าลดลงต่ำสุดเท่ากับ 33.14 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อผลมีความแก่มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 8) สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าสีเปลือกของผลปาล์มที่ พบว่า ปาล์มที่มีระยะความแก่มากขึ้นจะมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 7) และจากลักษณะปรากฏจะสังเกตเห็นว่าผลปาล์มมีเปลือกสีเหลืองส้ม (ภาพที่ 4)

ตารางที่ 8 แสดงร้อยละของกรดไขมันอิสระ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ของผลปาล์มที่ระยะความแก่ 60 80 100 และมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์

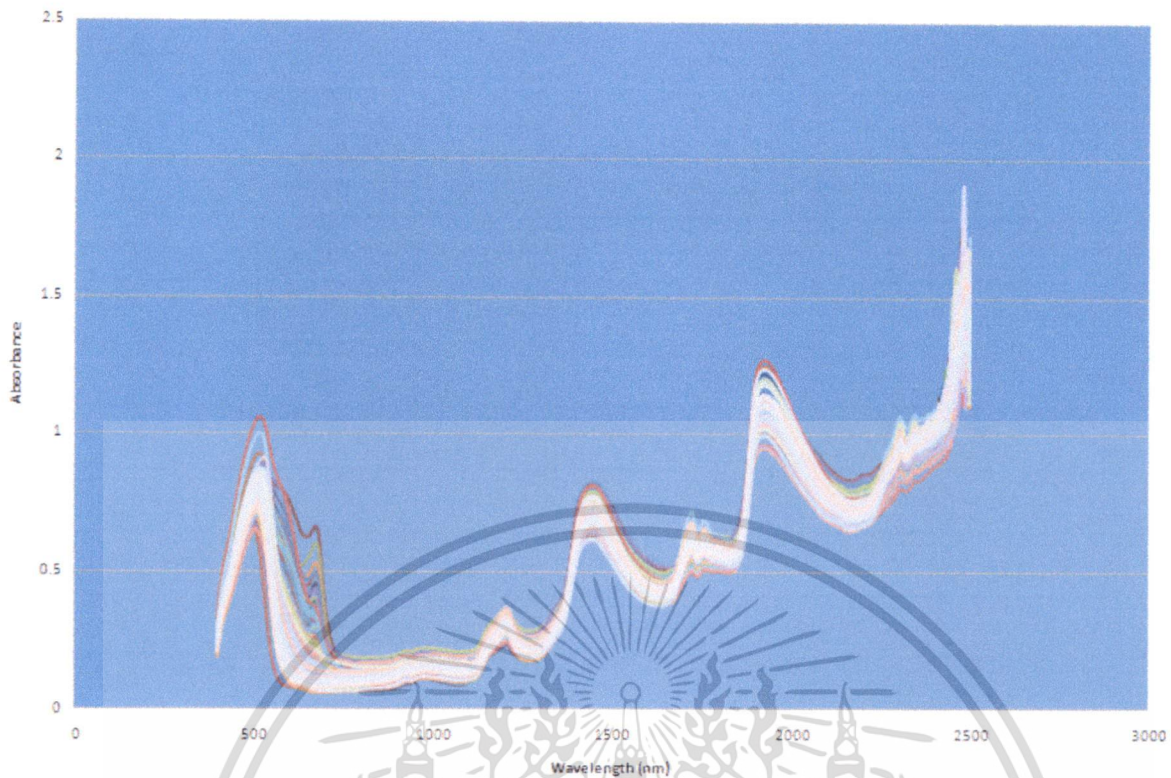
ระยะความแก่	น้ำหนัก (กรัม/ผล)	กรดไขมันอิสระ (%)	คลอโรฟิลล์ (µg/kg)
60 (stage 1)	8.45	26.78	207.02
80 (stage 2)	12.97	25.78	3266.04
100 (stage 3)	13.38	24.90	35.63
มากกว่า100 (stage 4)	14.47	20.32	33.14

4.3 สเปกตรัมของผลปาล์มน้ำมัน

จากการวัดผลปาล์มที่มีความยาวคลื่น 400-2400 นาโนเมตร จะได้สเปกตรัม จำนวน 2,250 สเปกตรัม เมื่อนำสเปกตรัมแต่ละระยะการเก็บเกี่ยวมาทำการเฉลี่ยเพื่อหาค่า FFA และ คลอโรฟิลล์ จะได้สเปกตรัม original ดังภาพที่ 5

สเปกตรัมของผลปาล์มน้ำมันที่วัดด้วยเครื่อง NIR spectrometer แบบพกพา เกิดการยกตัวสูงขึ้น ในขณะที่สเปกตรัมของผลปาล์มที่วัดด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer เกิดปรากฏการณ์กระเจิงของแสง เนื่องจากความแน่นเนื้อของผลปาล์มที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแต่งสเปกตรัมเบื้องต้นก่อนการสร้างสมการเทียบมาตรฐานเพื่อลดอิทธิพลที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 สเปกตรัมการดูดกลืนพลังงานแสงใกล้อินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 400-2400 นาโนเมตร
ของผลปาล์มที่ระยะความแก่ทั้ง 4 ระยะ

เมื่อนำค่า ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid; FFA) ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดได้ โดยค่า ปริมาณกรดไขมันอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มีค่าอยู่ระหว่าง 10 ถึง 33 ร้อยละต่อ 100 กรัม และมีปริมาณ คลอโรฟิลล์ (ในรูปของฟิโอฟิตินเอ) ที่อยู่ในผลปาล์ม ระหว่าง 1 ถึง 995 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำมัน และค่า การดูดกลืนแสงของสเปกตรัม มาทำการ pretreatment ด้วยวิธีต่าง ๆ ในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ มาทำ การทดสอบสร้างสมการวิเคราะห์ในทางสถิติด้วยวิธี Partial Least Square Regression (PLSR) โดยใช้ Cross Validation Systematic 123123 โดยการเรียงตัวอย่างด้วยค่าที่ต้องการวิเคราะห์จากน้อยไปมาก และเปรียบเทียบสมการทดสอบ (Calibration) และสมการทำนาย (Prediction) ของสเปกตรัม ได้ค่าตั้ง ตารางที่ 9 และ 10 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงค่าความสัมพันธ์ของสมการที่ได้กับปริมาณ FFA ที่วัดได้

Pretreatment	ช่วงความยาวคลื่น (nm)	แบบจำลอง	R	RMSEC/RMSEP	SEC/ESP	Bias	F
Original	400-1100	Calibration	0.704	3.097	3.112	-2.898×10^{-6}	14
	400-1700	Prediction	0.645	3.969	3.987	-0.077	14
	400-1700	Calibration	0.561	3.772	3.79	-3.333×10^{-7}	7
	400-2500	Prediction	0.508	4.289	4.31	0.024	7
	400-2500	Calibration	0.523	3.934	3.935	1.018×10^{-7}	5
	400-2500	Prediction	0.468	4.343	4.364	0.0485	5
MSC	400-1100	Calibration	0.814	2.457	2.469	-3.816×10^{-5}	20
	400-1700	Prediction	0.72	3.653	3.67	-0.858	20
	400-1700	Calibration	0.775	2.697	2.711	-9.259×10^{-9}	16
	400-2500	Prediction	0.692	3.842	3.86	-0.056	16
	400-2500	Calibration	0.453	4.212	4.233	-5.555×10^{-7}	5
	400-2500	Prediction	0.358	4.909	4.933	0.023	5
1 st Derivative	400-1100	Calibration	0.653	3.356	3.372	-9.259×10^{-9}	9
	400-1700	Prediction	0.574	4.051	4.063	-0.259	9
	400-1700	Calibration	0.7	3.116	3.131	3.981	11
	400-2500	Prediction	0.611	4.099	4.118	-0.105	11
	400-2500	Calibration	0.323	4.688	4.711	-1.111×10^{-7}	3
	400-2500	Prediction	0.197	5.593	5.618	-0.174	3
2 nd Derivative	400-1100	Calibration	0.932	1.439	1.439	-3.305×10^{-7}	16
	400-1700	Prediction	0.657	4.165	4.180	-2.226	16
	400-1700	Calibration	0.965	1.028	1.033	-3.21×10^{-7}	17
	400-2500	Prediction	0.654	4.064	0.084	0.028	17
	400-2500	Calibration	0.181	5.001	5.026	-2.927×10^{-7}	1
	400-2500	Prediction	0.042	5.730	5.758	0.000	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงค่าความสัมพันธ์ของสมการที่ได้กับ ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดได้

Pretreatment	ช่วงความยาวคลื่น (nm)	แบบจำลอง	R	RMSEC/RMSEP	SEC/ESP	Bias	F
Original	400-1100	Calibration	0.447	161.555	162.345	-1.147×10^{-6}	6
		Prediction	0.402	176.109	176.969	0.596	6
	400-1700	Calibration	0.877	75.975	76.347	2.67×10^{-4}	20
		Prediction	0.791	127.812	128.13	8.829	20
	400-2500	Calibration	0.882	74.433	74.797	3.930×10^{-5}	20
		Prediction	0.793	141.203	141.882	1.808	20
MSC	400-1100	Calibration	0.822	91.635	92.083	-7.477×10^{-5}	14
		Prediction	0.67	149.344	150.069	1.288	14
	400-1700	Calibration	0.883	74.298	74.661	-4.95×10^{-4}	19
		Prediction	0.808	120.937	121.298	7.449	19
	400-2500	Calibration	0.822	91.635	92.083	-7.477×10^{-5}	14
		Prediction	0.67	149.344	150.069	1.288	14
1 st Derivative	400-1100	Calibration	0.818	92.648	93.101	9.967×10^{-6}	13
		Prediction	0.702	141.349	141.889	6.529	13
	400-1700	Calibration	0.895	70.322	70.666	-1.078×10^{-5}	15
		Prediction	0.798	109.993	110.295	7.184	15
	400-2500	Calibration	0.119	203.928	204.925	-5.544×10^{-7}	1
		Prediction	0.039	221.165	222.234	2.354	1
2 nd Derivative	400-1100	Calibration	0.913	63.777	64.091	3.919×10^{-6}	19
		Prediction	0.700	129.749	130.389	-0.588	19
	400-1700	Calibration	0.944	51.111	51.364	2.273	13
		Prediction	0.728	122.467	123.064	1.379	13
	400-2500	Calibration	0.259	187.072	187.987	-9.988×10^{-7}	2
		Prediction	0.161	211.183	212.158	4.946	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากพบว่า สมการการทดสอบของสเปกตรัม 2^{nd} Derivative ในช่วงความยาวคลื่น 400-1700 นาโนเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ของสมการทดสอบสูงที่สุดคือมีค่า 0.965 มีค่า RMSEC ต่ำ

เมื่อนำมาเขียนความสัมพันธ์ของ FFA ระหว่าง NIRS กับ Prediction ของพาล์ม สเปกตรัมแบบ 2^{nd} Derivative ซึ่งมีทิศทางเป็นเส้นตรงไปในแนวเดียวกันและบ่งบอกถึงความแม่นยำสูงในการทำนาย ดังภาพที่ 6(a) สมการทดสอบ และ 6(b)

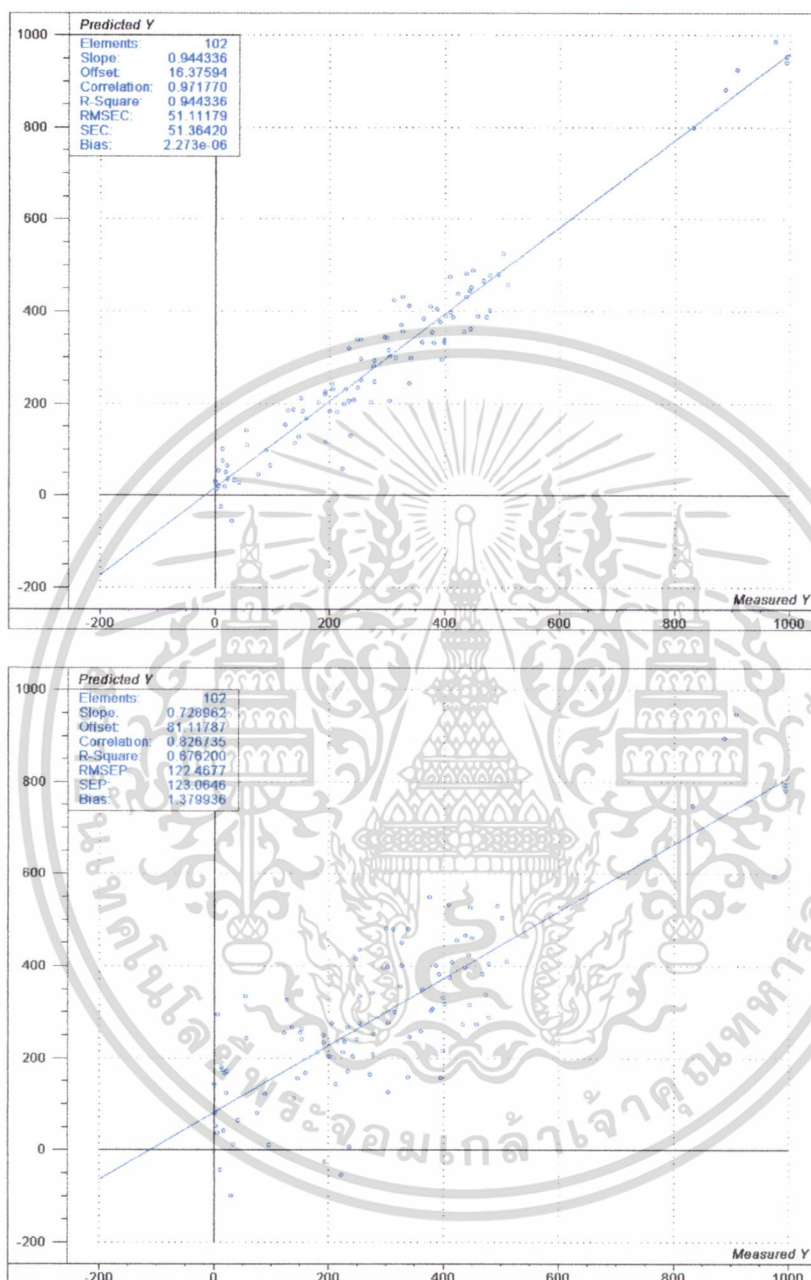


ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของ FFA ระหว่าง NIRS กับ Prediction ของพาล์ม สเปกตรัมแบบ 2^{nd} Derivative

- (a) ความสัมพันธ์ของ FFA ระหว่าง NIRS กับ สมการทดสอบของพาล์ม สเปกตรัมแบบ 2^{nd} Derivative ของ FFA
- (b) ความสัมพันธ์ของ FFA ระหว่าง NIRS กับ สมการทำนายของพาล์ม สเปกตรัมแบบ 2^{nd} Derivative ของ FFA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อนำมาเขียนความสัมพันธ์ของ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ระหว่าง NIRS กับ Prediction ของ
 ปาล์ม สเปกตรัมแบบ 2nd Derivative ได้ความสัมพันธ์เช่นเดียวกับ FFA ดังภาพที่ 7(a) สมการทดสอบ และ
 7 (b)



- ภาพที่ 7(a) ความสัมพันธ์ของ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ระหว่าง NIRS กับ สมการทดสอบของปาล์ม
 สเปกตรัมแบบ 2nd Derivative ของ ปริมาณคลอโรฟิลล์
- 7(b) ความสัมพันธ์ของ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ระหว่าง NIRS กับ สมการทำนายของปาล์ม
 สเปกตรัมแบบ 2nd Derivative ของ ปริมาณคลอโรฟิลล์

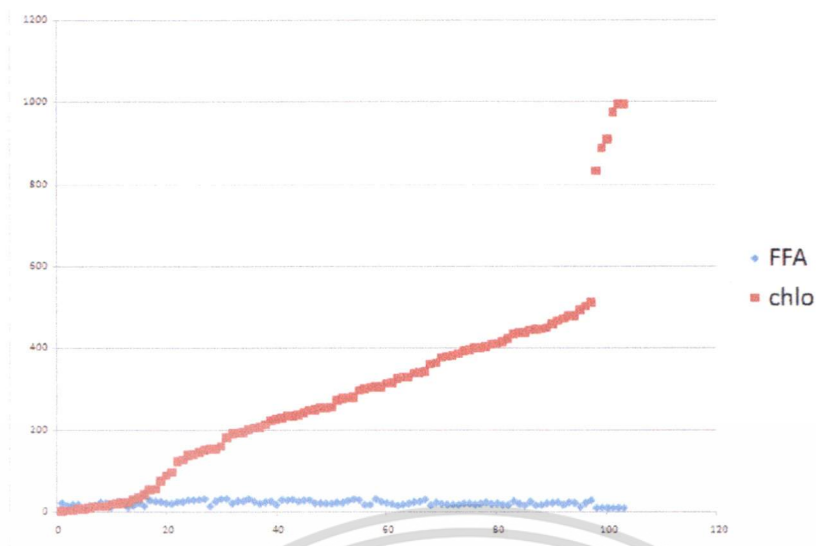
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงค่าความสัมพันธ์ของสมการที่ได้กับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดได้ร่วมกับปริมาณ FFA ที่วัดได้ โดยเรียงข้อมูลตามปริมาณ FFA ตามด้วยปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดได้

Pretreatment	ช่วงความยาวคลื่น (nm)	แบบจำลอง	R	RMSEC/RMSEP	SEC/ESP	Bias	F
Original	400-1100	Calibration	0.609	3.56	3.578	-3.926×10^{-6}	19
	400-1700	Prediction	0.502	4.428	4.447	-0.156	
	400-1700	Calibration	0.614	3.536	3.554	-3.417×10^{-6}	20
	400-2500	Prediction	0.536	4.736	4.759	0.04	20
	400-2500	Calibration	0.524	3.929	3.948	1.852×10^{-8}	16
	400-2500	Prediction	0.472	4.645	4.665	0.158	16
MSC	400-1100	Calibration	0.598	3.611	3.629	-1.880×10^{-6}	17
	400-1700	Prediction	0.489	4.388	4.41	-0.108	17
	400-1700	Calibration	0.621	3.505	3.522	-7.315×10^{-7}	20
	400-2500	Prediction	0.531	4.564	4.587	-0.04	20
	400-2500	Calibration	0.392	4.442	4.464	-3.148×10^{-7}	13
	400-2500	Prediction	0.309	5.033	5.057	0.065	13
2 nd Derivative	400-1100	Calibration	0.415	4.358	4.379	-8.333×10^{-8}	12
	400-1700	Prediction	0.321	4.966	4.990	-0.003	12
	400-1700	Calibration	0.533	3.892	3.911	-1.389×10^{-7}	13
	400-2500	Prediction	0.480	4.566	4.587	0.102	13
	400-2500	Calibration	0.107	5.383	5.409	-4.629×10^{-8}	2
	400-2500	Prediction	0.81	5.542	5.568	-0.078	2

จากตารางที่ 11 สามารถอธิบายได้ว่าสมการ NIR ความยาวคลื่น 400-1700 ที่สร้างจากสเปกตรัมที่ผ่านการ pretreatment แบบ MSC สามารถใช้ทำนาย ปริมาณ FFA และปริมาณคลอโรฟิลล์ไปพร้อมๆ กันได้ แต่ ให้ค่าความแม่นยำน้อยกว่า การสร้างสมการทำนาย FFA หรือ คลอโรฟิลล์อย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ว่า FFA และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ไม่มีความสัมพันธ์กันดังภาพที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 แสดงค่า FFA และปริมาณคลอโรฟิลล์ในผลปาล์มแต่ละสเปกตรัม

4.4 สรุปผลการวิจัย

จึงสามารถสรุปได้ว่าเทคนิคการใช้คลื่นสั้นย่านใกล้อินฟราเรด สเปกตรัมแบบ 2nd Derivative ช่วงความยาวคลื่น 400-1700 นาโนเมตร แบบ Transmittance มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการทำนายค่า FFA และปริมาณคลอโรฟิลล์ในผลปาล์มได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2552. ปาล์มน้ำมัน. [เข้าถึงได้จาก] <http://www.doae.go.th/plant/palm.htm>
[วันที่สืบค้น 3 กันยายน 2552]
- วรรณกนก ทาสวรรณ์. 2546. การตรวจสอบคุณภาพของส้มเขียวหวานด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 2546. 133 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. “การตลาด ผลผลิตการเกษตร:ปาล์มน้ำมัน” .[เข้าถึงได้จาก] www.ryt9.com/s/oa/615568 [วันที่สืบค้น 3 กันยายน 2552]
- สุรภิตติ ศรีกุล อรพิน อินทร์แก้ว และชาย ไชรวิส. 2539. มาตรฐานการสุกแก่ และระยะเวลาการเก็บเกี่ยวทะเลาะปาล์มน้ำมัน. รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2539 ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 91-124. [7 เมษายน 2553]
- สุทธิจิตต์ เจริญทอง เสาวลักษณ์ จันทร์ประสิทธิ์ สุชาติ เจริญทอง และ วิศิษฐ์ ลิ้มพัฒนศิริ. 2552. “ระบบตลาดปาล์มน้ำมัน:จังหวัดสุราษฎร์ธานี.” คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี. [เข้าถึงได้จาก] <http://www.sema.go.th/node/4788>. [วันที่สืบค้น 4 กันยายน 2552]
- Afshin, K., Johari, B. E., Haniff, H. Desa, A. and Farah, S. 2011. The Relationship between Palm oil Quality Index Development and Physical properties of Fresh Fruit Bunches in the Ripening Process. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 3(1): 50-68.
- AOCS 1992 Official Method and Recommended Practices of the AOCS (4th edn). American Oil Chemists Society, Champaign, Illinois, USA.
- Kal Kalayanamitra. 2003. Developing Maturity Indices for Durian (*Durio zibethinus* Murray cv. Monthong) Fruits Based on Physiology and Physicochemistry. Ph.D. Thesis. Graduated School. Chiang Mai University
- Kawano, S., H. Watanabe and M. Iwamoto. 1992. “Determination of sugar content in intact peaches by near infrared spectroscopy in Japan.” *Journal of Near Infrared Spectra*. 3: 179-189.
- Kawano, S. 1998. “New application of nondestructive methods for evaluation of fruits and vegetables in Japan.” *Journal of. Society of Horticultural Science*. 67(6): 1176-1179.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Holasova M, Parizkova H, Porkorny J 1990 Spectrophotometric determination of chlorophyll pigments in crude vegetable oils. *L a Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse* Vol LXVII, October.
- Meftah Salem M. Alfatni, Abdul Rashid Mohamed Shariff, Helmi Zulhaidi Mohd Shafri, Osama M. Ben Saaed and Omar M. Eshanta et al. 2008. Oil Palm Fruit Bunch Grading System Using Red, Green and Blue Digital Number. *Journal of Applied Sciences* 8(8): 1444-1452. [7 เมษายน 2553]
- Miyamoto, M. and T. Fukuda. 1998. "Classification of high acid fruits by partial least squares using the near infrared transmittance spectra of intact satsuma mandarins." *Journal of Near Infrared Spectra*. 6: 267-271.
- Moh, M. H. and Che Man, Y. B. 1998. "Determination of free fatty acids in palm oil by near-infrared reflectance spectroscopy". *Journal of The American Oil Chemists' Society*. 75(5): 557-562.
- Moh, M. H., Che Man, Y. B., van de Voort, F. R. and Abdullah, W. J. W. 1998. "Determination of peroxide value in thermally oxidized crude palm oil by near infrared spectroscopy." *Journal of The American Oil Chemists' Society*. 6 (1): 19-23.
- Moh, M. H., Che Man, Y. B., Badlishah, B. S., Jinap, S., Saad, M. S. and Abdullah, W. J. W. 1999. "Quantitative analysis of palm carotene using Fourier transform infrared and near infrared Spectroscopy". *Journal of The American Oil Chemists' Society*. 76(2): 249-254.
- Saranwong, S., Sornsrivichai, J. and S. Kawano. 2003. "Performance of a portable near infrared instrument for brix value determination of intact mango fruit." *Journal of Near Infrared Spectra*. 11: 175-181.
- Schmilovitch, Z., Hoffman, A., Egozi, H., El-Batzri, R. and Degani, C. 2008. "Determination Of Avocado Maturity By Near-Infrared Spectrometry." *ISHS Acta Horticulturae* 562: III International Symposium on Sensors in Horticulture.
- Tan, Y. A., Chong, C. L. and Low, K. S. 1997. "Crude palm oil characteristics and chlorophyll content." *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 75(3): 281-288

2005). 18 - 20 October 2005 at Technopolis, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima.

Suwapanich, R. and Haewsungcharern, M. 2005. Prediction of Internal Temperature in Mango Fruit using Thermal Properties”. 4th National Seminar on Postharvest/post production Technology 8-9 June 2006. The Empress Hotel, Chiang Mai Thailand.

ประสบการณ์อื่นๆ/การอบรม

1. Training courses on “Short Course on Near Infrared Spectroscopy and Its Applications on Perishable Crops and Grain” 28-30 June 2005
2. Training courses on “Quality of Plant Products and Foods: determination of components and processing properties” 18-18 November 2005
3. Training courses on “Fresh-cut Fruit and Vegetable Processing” 14-16 March 2007
4. Training courses on “Near Infrared Spectroscopy Application on Industrial Agricultural Products” 29-31 August 2007
5. Training courses on “Wax Microemulsion Coatings: Preparation and Emulsion” 30 November – 1 December 2007.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้