

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 เป็นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอร่า โดยเฉพาะที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ ช่วงปี 2547 - 2550 มีการส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่นาร้าง โดยกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อใช้ในการบริโภคและผลิตไบโอดีเซลได้

2.1 ปาล์มน้ำมัน

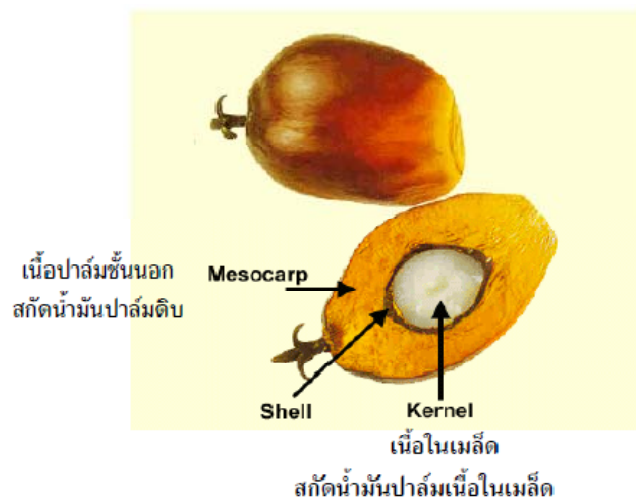
ปาล์มมีต้นกำเนิดอยู่ที่ทางตะวันตกและตอนกลางของทวีปแอฟริกา ต่อมาได้แพร่เข้าไปในทวีปอเมริกาใต้โดยสันนิษฐานว่าเกิดขึ้นในยุคล่าอาณานิคม ปาล์มจัดอยู่ในตระกูล *Palme* หรือ *Palmaceae* เป็นตระกูลย่อยเดียวกันกับมะพร้าว คือ *Eliaes* โดยแบ่งเป็น 3 สายพันธุ์ คือ *Eliaes guineensis*, *Eliaes oleifera* และ *Eliaes 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

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

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



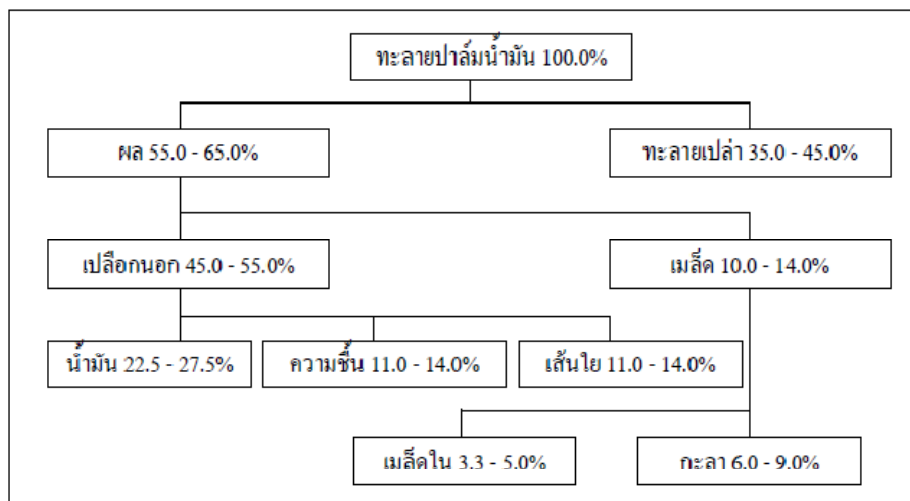
ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของผลปาล์ม

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

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

2.2 ปาล์มพันธุ์เทนอรา

ปาล์มพันธุ์เทนอรา (Tenera) เป็นพันธุ์ผสมระหว่างพันธุ์ดูรากับพันธุ์ฟิสิเฟอรา เป็นพันธุ์ที่มีเปลือกสำหรับอัดน้ำมันมาก เนื้อหนาและให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง มีกะลาบาง (0.5-4 มิลลิเมตร หรือ 3.0-10.0 มิลลิเมตร) และมีน้ำมันทั้งทะลายประมาณ 22-25% มีทะลายดกกว่าพันธุ์ดูรา เนื่องจากพันธุ์เทนอรามีคุณสมบัติหลายประการจึงมักนิยมปลูกเป็นการค้า (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 สัดส่วนของส่วนประกอบของทะลายปาล์มน้ำมัน (พันธุ์เทเนอร่า)

2.3 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและภาวะการสุกของปาล์มน้ำมัน

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

2.4 ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลปาล์มน้ำมัน

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

1. วัดจากระยะเวลาภายหลังการผสมเกสร

การนับเวลาการสุกของผลปาล์มน้ำมันจะเก็บเกี่ยวประมาณ 5 เดือนครึ่งถึง 6 เดือน ภายหลังระยะเวลาการผสมเกสร แต่อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไปบ้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในอันหมายถึงความ

อุดมสมบูรณ์ของต้นปาล์ม และปัจจัยภายนอกได้แก่สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ เช่น ถ้าฝนตกติดต่อกันเป็นช่วงยาวผลปาล์มก็จะสุกเร็ว แต่ถ้าฝนตกซ้ำหรือน้อยเกินไป ผลปาล์มน้ำมันก็จะสุกช้าไปได้เช่นกัน

2. วัดจากสีของเปลือก

การเปลี่ยนสีของผลปาล์มพันธุ์เทเนอรา ผลดิบมีสีดำ และผลสีแดงส้มเมื่อสุก

3. วัดจากผลปาล์มน้ำมันที่สุกและร่วงหล่นลงพื้นดิน เช่น ทะลายปาล์มที่จัดว่าได้ขนาดผลสุกพอดีพบว่า มีผลปาล์มร่วงลงดินเฉลี่ยประมาณ 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) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์และระยะความแก่ของผลปาล์มพบว่า 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 ต้องรีบส่งให้เร็วที่สุดภายหลังจากการเก็บเกี่ยวลงจากต้นเพราะจะเกิดกระบวนการที่เอ็นไซม์ทำให้น้ำมันปาล์มมีปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นกรดที่ทำให้น้ำมันปาล์มดิบมีคุณภาพต่ำ การส่งปาล์มน้ำมันเข้าโรงงานจะส่งทะลายผสมกับผลร่วงที่เก็บมารวมกันในรถบรรทุกแล้วส่งเข้าโรงงาน เมื่อปาล์มน้ำมันถูกส่งถึงโรงงาน จะทำการชั่งน้ำหนักเป็นอันดับแรก ราคาจะถูกกำหนดตามกลไกตลาดในวันนั้น การรับซื้อจะซื้อตามขนาดของทะลายที่ขึ้นอยู่กับอายุของต้นปาล์มน้ำมัน โดยเฉลี่ยแล้วต้นใหญ่ทะลายปาล์มน้ำมันจะใหญ่และมีน้ำมันมากกว่าต้นเล็ก ดังนั้นการตั้งราคาปาล์มน้ำมันโดยทั่วไปทะลายใหญ่จะได้ราคาสูงกว่าทะลายขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังอาจมีการกำหนดราคาหน้าโรงงานที่แปรปรวนตามคุณภาพของทะลาย ดังแสดงใน ตารางที่ 2 ความสุกแก่ของผลปาล์มน้ำมัน รวมทั้งการเก็บเกี่ยวและการขนส่งเข้าโรงงาน การซื้อขายในราคาต่าง ๆ ยังอาจขึ้นอยู่กับสวนที่นำส่งด้วยโดยที่โรงงานจะมีข้อมูลเก่าของสวนที่ส่งเป็นประจำ (พรชัย, 2549)

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 ไม่กาบหุ้มทะลาย เป็นต้น
8. ทะลายเปล่า	ไม่มีทะลายเจือปน
9. ก้านทะลาย	ความยาวไม่เกิน 2 นิ้ว

2.5 ส่วนประกอบของปาล์ม

น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่สกัดได้จากผลปาล์ม 2 ส่วน คือ ส่วนของเปลือกนอกและเนื้อในเมล็ด

1. น้ำมันปาล์มจากเปลือกนอก (Mesocarp)

น้ำมันปาล์มดิบ โดยทั่วไปหีบได้จากส่วนของเปลือกนอกของผลปาล์มเมื่อหีบจะได้น้ำมันปาล์มที่มีลักษณะเหลวมีน้ำปนอยู่ หลังจากนั้นนำมารองแบกล้างสกปรก และเส้นใยออกแล้วนำไปจัดความชื้นให้อยู่ในมาตรฐาน เพื่อลดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิกระหว่างการเก็บทะลายขนส่งน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จะบรรจุเก็บลงในถังเพื่อรอการนำไปขายให้กับโรงกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อไป ซึ่งน้ำมันปาล์มดิบจากเปลือกนอกแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นน้ำมันและส่วนที่เป็นไซ โดยทั่วไปจะหลอมเหลวประมาณ 40 องศาเซลเซียส จะจุดแข็งตัว

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
กรดลิโนลิก (Linolenic acid) C18:2	9
กรดลิโนลอลอิก (Linolenic) C18:3	เล็กน้อย
รวม	48

จากข้อมูลในตารางที่ 3 ปริมาณกรดไขมันเหล่านี้ไม่ค่อยแน่นอนขึ้นกับพันธุ์ปาล์มน้ำมัน 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 สเตียรอยด์ ฟอสฟาไทด์ และประกอบด้วยเม็ดสีที่เรียกว่า แคโรทีน ไลโคปีน และซินโทฟิล ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ไม่สูงคิดเป็นร้อยละ 1

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 เนื่องจากมีสารแอนต้ออกซิแดนท์ต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นกลุ่มโปรวิตามินเอ เป็นสารในกลุ่มวิตามินอี (Tocopherols และ Tocotrienols)

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

ตารางที่ 5 ปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำมันปาล์มดิบ

ชนิดของสาร สายพันธุ์	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	0.15	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 -Carotene	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 -zeacarotene	0.57	0.97	0.56	1.03	0.96	1.53	0.74
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	1.30
Total carotene	4592	428	997	1430	2324	896	673

หมายเหตุ : M, *E. oleifera* (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 ส่วนนี้มีโครงสร้างเป็นไฟโรลแบบวงแหวน 4 วง โดยมีแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) เป็นศูนย์กลาง และสี่ส่วนหางเป็นไฮโดรคาร์บอนช่วยยึดตรึงกับระบบแสง (สมบุญ, 2538)

น้ำมันปาล์มดิบจะพบปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ จากรายงานของ Ikemefuna และ Adamson (1984) กล่าวว่าเมื่อน้ำมันสุกปริมาณแคโรทีนอยด์จะเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่คลอโรฟิลล์ไม่ได้สูญหายไปไหนเพียงแต่สีของคลอโรฟิลล์จะถูกปิดบังด้วยสีแคโรทีนอยด์ 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

ที่มา : 14

2. น้ำมันปาล์มจากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Kernel)

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

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

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

- การทำให้เกิดแผลหรือผลกระทบกับผลปาล์มน้ำมันในกระบวนการเก็บเกี่ยวให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้
- การลดการกระทบหรือเกิดแผลในการย้ายในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
- ลดระยะเวลาให้สั้นที่สุดระหว่างการเก็บเกี่ยวออกจากต้นจนถึงนึ่งไอน้ำในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
- กระบวนการสกัดน้ำมันในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มควรมีวิธีการต่าง ๆ ที่ไม่ทำให้อุณหภูมิต่ำเนื่องจากเอนไซม์จะทำงานที่อุณหภูมิต่ำ
- วัสดุที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันจะต้องไม่เป็นตัวที่ทำให้เกิดการทำงานของเอนไซม์ไลเปส ดังนั้นหลังจากทะลายปาล์มตัดหรือแทงออกจากต้นปาล์มน้ำมันแล้วต้องรีบนำผลผลิตปาล์มน้ำมันส่งโรงงานและเข้าสู่กระบวนการสกัดหรือหีบน้ำมันออกมาใช้ประโยชน์ต่อไป

2.7 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม (Mill processing)

หลังการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน จะมีการขนส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มซึ่งกระบวนการสกัดน้ำมันมี 2 แบบ คือ แบบมาตรฐาน (หีบน้ำมันแยก) และแบบหีบน้ำมันผสมโดยโรงงานแบบมาตรฐาน คือ โรงงานจะสกัดน้ำมันจากส่วนเปลือกกระยะเดียวและส่งเนื้อในให้โรงงานอื่นสกัดน้ำมันต่อ โรงงานแบบมาตรฐานจะมีกำลังการผลิตสูงและน้ำมันที่ได้จัดเป็นน้ำมันเกรดเอเนื่องจากการแยกชนิดของน้ำมันปาล์ม สำหรับโรงงานแบบหีบน้ำมันผสม คือ การที่เกษตรกรนำทะลายปาล์มน้ำมันออกจากต้นแล้วนำมาบ่มและเฉาะผลปาล์มน้ำมันแยกออกจากทะลายแล้วส่งเฉพาะผลสู่โรงงานที่สกัดน้ำมันปาล์มและน้ำมันจากเนื้อในพร้อมกัน โรงงานแบบหีบน้ำมันผสมจะมีกำลังการผลิตต่ำและน้ำมันที่สกัดได้เป็นน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการสกัดน้ำมันแบบที่นิยมใช้โดยทั่วไปมาตรฐานดังแสดงในภาพที่ 3 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การนึ่งไอน้ำ (Sterilization bunch)

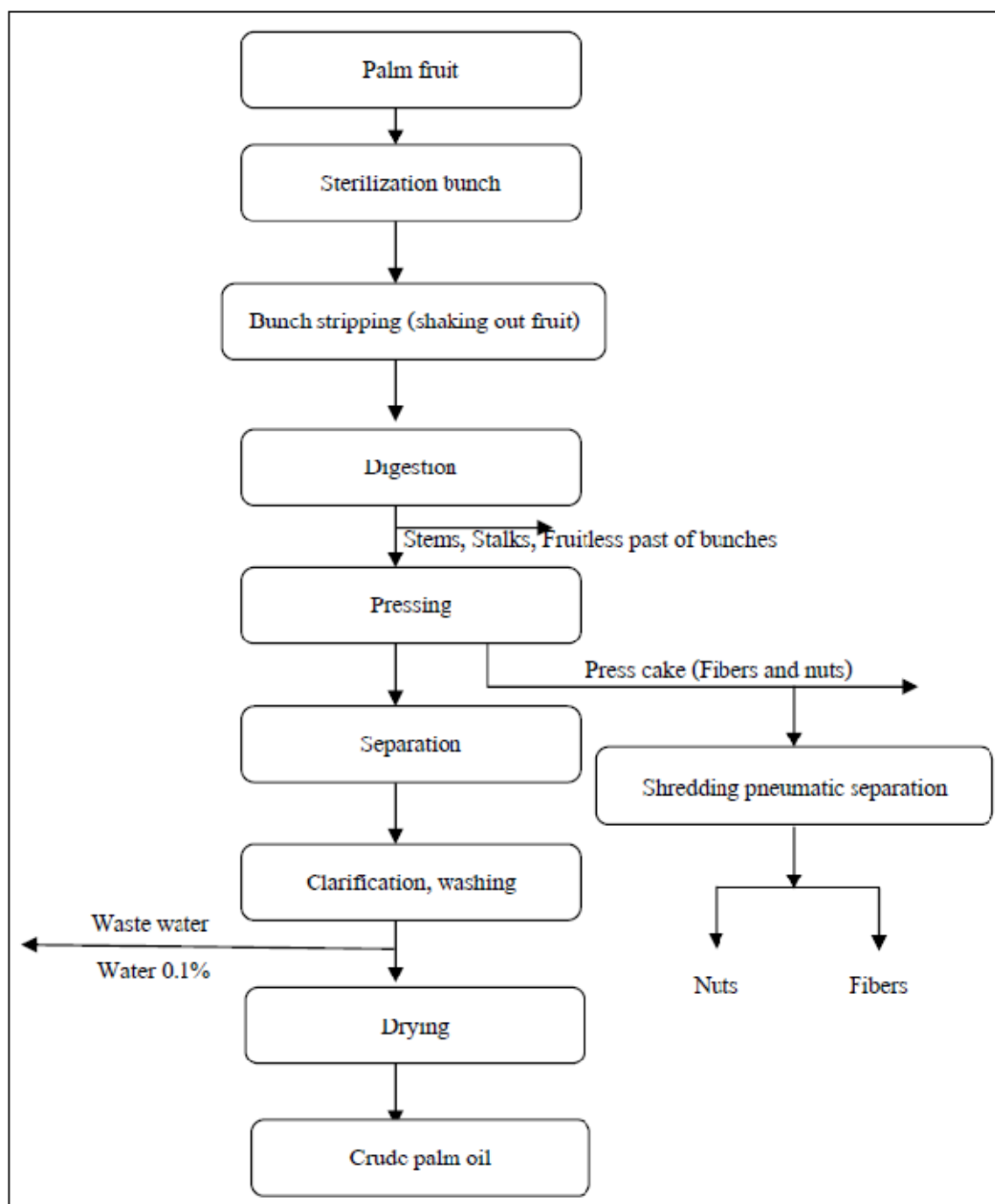
เป็นกระบวนการที่นำทะลายสดปาล์มน้ำมันเข้าไปอบด้วยความร้อนและความดันใช้อุณหภูมิประมาณ 130 - 135 องศาเซลเซียส ความดันไอน้ำ 2.5 - 3.0 บาร์ เวลา 50 - 70 นาที โดยวัตถุประสงค์สำคัญของกระบวนการนี้เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสและลดปริมาณกรดไขมันอิสระ การนึ่งไอน้ำปาล์มน้ำมันนี้หากใช้เวลานานเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันได้โดยทั่วไปแล้วการอบความดันและความร้อนตามเวลาที่กำหนดมาตรฐานก็จะมีโอกาสสูญเสียน้ำมันประมาณ 3% ในขณะเดียวกันการอบความร้อนและความดันในระยะเวลาที่สั้นไปก็จะทำให้ผลปาล์มน้ำมันจำนวนหนึ่งไม่สามารถหลุดจากทะลายในขั้นตอนแยกผลปาล์มน้ำมันได้ (พรชัย,2549)

2. การแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลายปาล์มน้ำมัน (Bunch stripping)

กระบวนการนี้จะนำทะลายปาล์มน้ำมันเข้าเครื่องนวด (Stripping) ซึ่งเครื่องจะทำหน้าที่แยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลายปาล์มน้ำมัน หมุดขั้นตอนนี้จะได้ผลปาล์มน้ำมันและทะลายเปล่าแยกจากกัน 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

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 (ภทิธราและคณะ,2546) การสกัดแบบนี้เป็นกระบวนการที่ใช้แยกสารที่ต้องการออกจากของผสมหรือสารละลาย โดยใช้ตัวทำละลายและวิธีการที่เหมาะสม ถ้าตัวถูกละลายที่ต้องการสกัดอยู่ในสารตัวอย่างที่เป็นของแข็งสามารถทำการสกัดด้วยตัวทำละลายของเหลวได้ ซึ่งเรียกวิธีการสกัดนี้ว่า Solid - Liquid Extraction การสกัดจะได้ผลดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับสารละลายของตัวถูกละลายในตัวสกัดหรือตัวทำละลายของเหลว และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดจะขึ้นอยู่กับสารละลายของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารตัวอย่างแข็ง ถ้าตัวถูกละลายเพียงดูดซับที่ผิวของของแข็ง การสกัดจะใช้เวลาสั้น แต่ถ้าวถูกละลายอยู่ภายในโครงร่างของแข็งจะต้องใช้เวลามากกว่า และถ้าการแพร่ของตัวทำละลายสู่ภายในโครงร่างของแข็งเกิดได้ช้ามาก จึงจำเป็นต้องบดของแข็งให้มีขนาดเล็กลงก่อนทำการสกัดเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการสกัดให้สั้นลง การสกัดของแข็งหรือการทำ Solid - Liquid Extraction สามารถประยุกต์ใช้กับการสกัดทางชีววิทยา สารอินทรีย์ ตลอดจนเกลือของสารอินทรีย์ได้ โดยวิธีการสกัดของแข็งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

4.2.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) ถ้าวถูกละลายอยู่ในสารตัวอย่างของแข็งเพียงแค่ดูดซับที่ผิว และการละลายของตัวถูกละลายในตัวสกัดมีค่าสูง การสกัดสามารถทำได้โดยเติมตัวสกัดหรือตัวทำละลายลงในสารตัวอย่างภายในบีกเกอร์หรือขวดรูปชมพู่ จากนั้นคนด้วยเครื่องคน (Magnetic Stirrer) หรือใช้เครื่องเขย่า (Shaker) จนกระทั่งตัวถูกละลายในตัวสกัดหมดแล้ว ให้ใช้วิธีการกรองเอาของแข็งออกจากสารละลายจะสามารถแยกตัวถูกละลายออกจากสารตัวอย่างแข็งได้

4.2.2 การสกัดด้วยเครื่องซอกซ์เลต (Soxhlet Extraction) ถ้าวถูกละลายเป็นสารประกอบอินทรีย์หรือสารทางชีววิทยา ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีการละลายในตัวสกัดต่ำหรือการสกัดจะสมบูรณ์ได้ต้องใช้เวลานาน จำเป็นต้องใช้เทคนิคการสกัดด้วยเครื่องซอกซ์เลต โดยบรรจุของแข็งที่ต้องการสกัดลงในกรวยกระดาษ (Soxhlet Thimble) แล้วใส่ในหลอดแก้ว ตัวสกัดคือตัวทำละลายอินทรีย์ที่ระเหยกลายเป็นไอได้บรรจุในขวดก้นกลม โดยการให้ความร้อนแก่ตัวสกัดในขวดก้นกลมจะทำให้ตัวสกัดระเหยกลายเป็นไอผ่านหลอดแก้วไปยังตัวควบแน่น เมื่อตัวสกัดถูกควบแน่นกลายเป็นของเหลวจะไหลตกลงมาบนของแข็งที่ต้องการสกัดเมื่อตัวสกัดถูกสะสมในหลอดแก้วมากเพียงพอ จะเกิดกลักน้ำดูดของเหลวให้ไหลกลับมายังขวดก้นกลม

สารที่สกัดจะออกมาเป็นตัวสกัดและสะสมในขวดกันกลม ส่วนตัวสกัดก็จะถูกความร้อนทำให้กลายเป็นไอแล้วควบแน่นมาใช้ใหม่อีกอย่างต่อเนื่อง

4.2.3 การกรองน้ำมัน (Separation) กระบวนการกรองน้ำมันต่อจากน้ำมันดิบที่ได้จากการหีบเพื่อแยกกากออกจากน้ำมัน 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 แล้วทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นที่มีความถี่สูง และโมเลกุลจะถูกกระตุ้นจากสถานะพื้น (Ground vibration level) ไปยังสถานะกระตุ้น (Excited vibration level) ซึ่ง Osborne et al. (1993) กล่าวว่าปริมาณการดูดกลืนพลังงานแสง (Absorbance) จะเป็นไปตามกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert) คือพลังงานของคลื่นแสงเมื่อผ่านเข้าไปในตัวอย่างจะถูกดูดกลืนไว้โดยองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่าง 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)

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 พืช แพร แคนตาลูป แอปเปิ้ล ส้ม มะละกอ บลูเบอร์รี่ หอมหัวใหญ่ และอื่น ๆ (Kawano, 1998)

Kawano และคณะ (1992) ได้นำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดมาใช้ในการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลในผลพีช (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 และเป็นการยากในการวัดความเข้มข้นของแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 800 nm ดังนั้นจึงต้องมีการปดลอกเปลือกของตัวอย่างด้วย ทั้งนี้

เพื่อความแม่นยำ พบว่าจากการ calibration ด้วย PLS (Partial Least Square) นั้นสมการประกอบด้วย 12 แฟกเตอร์ และมีค่า R เท่ากับ 0.9b3 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 มีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสง ในช่วงความยาวคลื่น 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 ทั้งสองชนิดสามารถตรวจวัดค่าบrixได้และความแม่นยำสูง มี SEP เท่ากับ 0.40°Brix ทั้งสองเครื่อง

Schmilovitch, และคณะ (2008) มีการนำเทคนิควิธีการวัดการดูดกลืนแสงในย่านสายตามองเห็น และย่านใกล้อินฟราเรดมาใช้บอกระยะความแก่ของผลอะโวคาโดแบบไม่ทำลายในช่วงความยาวคลื่น 1200-2400 นาโนเมตร

วรรณนก (2546) การตรวจสอบคุณภาพของส้มเขียวหวานด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี โดยใช้ความยาวคลื่นระหว่าง 700-1100 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงคลื่นสั้น เพื่อประเมินค่าทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (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

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) ตรวจสอบน้ำหนักแห้งและความแก่ของผลทุเรียนที่ประเมินโดยผู้ชำนาญการตัดและคัสดูเรียน 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 ชั่วโมง 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 หลังจากการทดสอบสมการทำนายด้วยกลุ่มตัวอย่างตรวจสอบความถูกต้อง ปรากฏว่าค่า R^2 ที่ได้จากการน้ำมันปาล์มทั้ง 3 แบบ มีค่าเท่ากับ 0.997, 0.943 และ 0.945 ตามลำดับ

Sato และคณะ (1998) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาความเป็นไปได้ในการประเมินค่ากรดไขมันในเมล็ด rapeseed แบบวิธีไม่ทำลายตัวอย่างด้วยเครื่อง NIR Spectroscopy โดยทำการวัดสเปกตรัมของน้ำมันที่ผ่านการสกัดเนื้อภายในของเมล็ดเรพซีด และเมล็ดเรพซีดที่เป็นเมล็ดเดี่ยว 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

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