บทที่ 2

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปาล์มน้ำมัน

2.1 ปาล์มน้ำมัน (5,6)

ปาล์มน้ำมัน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า อีเลอิส กินนีซิส (Elasis guineesis) ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับพวก มะพร้าว อินทผลัม แหล่งกำเนิดดั่งเดิมอยู่ในทวีปแอฟริกาพบมากอยู่ทางฝั่งตะวันตก และกระจายไปจนถึงเกาะมาดากัสการ์

ปาล์มน้ำมันได้ถูกนำเข้ามาในทวีปเอเชียครั้งแรก ที่สวนพฤกษศาสตร์โบกอร์และได้ขยายการปลูกมาสู่ประเทศมาเลเซีย จนปัจจุบันนี้ประเทศมาเลเซียได้กลายเป็นผู้ส่งออกน้ำมันปาล์มรายใหญ่ที่สุดของโลก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1965 เป็นต้นมา

สำหรับประเทศไทย ตามหลักฐานพบว่าได้มีผู้นำปาล์มน้ำมันเข้ามาปลูกที่จังหวัด - สงขลา ก่อนสงครามโลกครั้งที่สองและได้ทำเป็นเชิงการค้าครั้งแรกที่จังหวัดสตูลและกระบี่ เมื่อปี ค.ศ. 1968 โดยนำพันธุ์ปาล์มมาจากประเทศมาเลเซีย ต่อมาการปลูกสวนปาล์มก็ได้ขยายไปในอีกหลายจังหวัดได้แก่ ตรัง สุราษฎร์ธานี ชุมพร ภูเก็ต สงขลา และประจวบ-คีรีขันธ์ จากการสำรวจถึงกลางปี 1985 พบว่า ทางภาคใต้ของประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกสวนปาล์มถึง 513,583 ไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 4 แสนตัน สกัดน้ำมันดิบได้ประมาณ 89,300 ตัน นับว่าเป็นปริมาณมากพอใช้ในประเทศ

สภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมันจะต้องเป็นแถบที่มีฝนตกชุกอย่างสม่ำเสมอ มีปริมาณน้ำฝนตลอดปีไม่น้อยกว่า 2,000 มิลลิเมตร อุณหภูมิที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ปาล์มน้ำมันยังต้องการแสงแดดอย่างสม่ำเสมอโดยเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 5 ชั่วโมงต่อวันและตลอดปีควรได้รับแสงแดดถึง 1,500 ชั่วโมง

พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่

1) พันธุ์ดูรา (Dura) เป็นพันธุ์ดั้งเดิม ให้ผลที่มีเปลือกบางและกะลาหนาแต่ไม่ค่อยนิยมปลูกกันมากนัก เพราะให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ

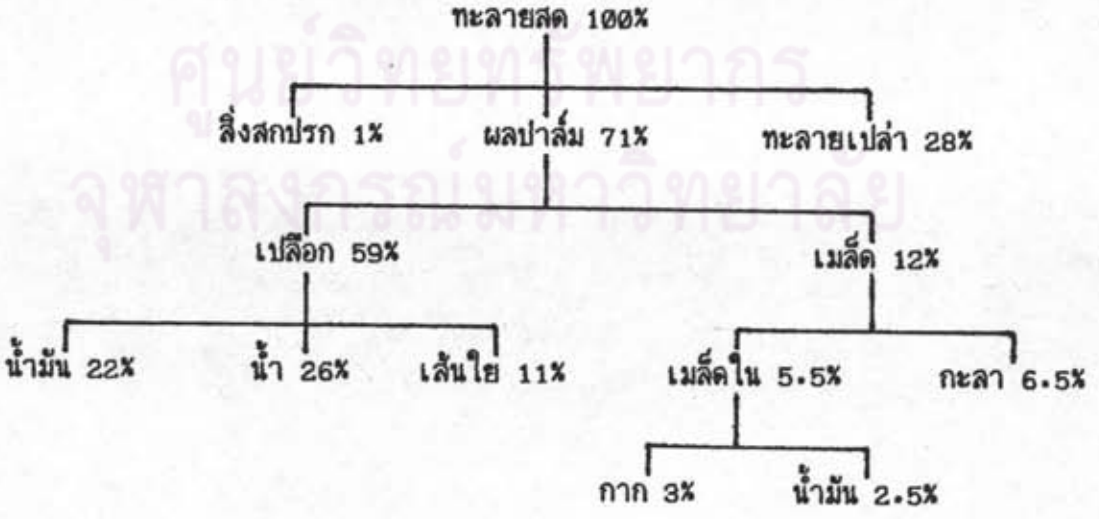
2) พันธุ์พิสิเฟอรา (Pisifera) เป็นพันธุ์ที่ให้เปอร์เซนต์น้ำมันสูง ผลมีเปลือกหนาและกะลาบาง ไม่นิยมปลูกเพราะยุ่งยากในการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ด

3) พันธุ์เทเนอรา (Tenera) เป็นพันธุ์ผสมระหว่างพันธุ์ดูรากับพันธุ์พิสิเฟอรา เปลือกหนาและให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง กะลาบางกว่าพันธุ์ดูรา ปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมปลูกกันแพร่หลายในสวนขนาดใหญ่และในโครงการพัฒนาที่ดินใหม่

ปาล์มน้ำมันให้ผลเร็วคือ 3-4 ปีหลังการปลูกและจะให้ผลผลิตสูงขึ้นตามลำดับจนถึงปีที่ 9 จะให้ผลสูงสุด และให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจไปจนถึงอายุ 25 ปี

2.2 <u>ส่วนประกอบของทะลายปาล์มสด</u>

ทะลายปาล์มสด ซึ่งเป็นผลผลิตจากต้นปาล์มจะประกอบด้วยทะลายเปล่า และผลปาล์ม สำหรับปาล์มพันธุ์เทเนอราที่มีอายุเกิน 8 ปีขึ้นไป จะมีส่วนประกอบโดยประมาณดังนี้



2.3 สูตรโครงสร้างของน้ำมันปาล์ม

ผลปาล์มประกอบด้วยส่วน 3 ส่วนคือ

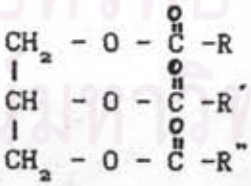
1. เปลือก
2. เมล็ด
3. กะลา

ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของผลปาล์มโดยผ่าตามขวาง

น้ำมันที่ได้มาจากชั้นของเปลือกของผลปาล์ม เรียกว่า น้ำมันปาล์ม (palm oil) ส่วนน้ำมันที่ได้มาจากเมล็ด เรียกว่า น้ำมันเมล็ดปาล์ม (kernel oil)

น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดปาล์มก็มีสูตรโครงสร้างคล้ายกับน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ เช่น น้ำมันมะพร้าว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง มะกอก มันหมู มันวัว ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งเรียกว่าเอสเตอร์(ester)ของกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอลดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สูตรทั่วไปของโมเลกุล น้ำมันพืช (7)

อักษรหมู่ R,R'และR" แทนไฮโดรคาร์บอนโซ่ยาว และแต่ละโซ่จะมีจำนวนคาร์บอน(carbon) เป็นเลขคี่เสมอ (ถ้านับจำนวนคาร์บอนของหมู่คาร์บอนิล (carbonyl, -C-)ด้วยแล้วกรดอินทรีย์ของน้ำมันหรือไขมันจะมีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่เสมอ) โดยทั่วไปจะมีจำนวนคาร์บอน

11-19 ตัว นอกจากนี้โซ่คาร์บอนอาจจะอิ่มตัว (saturated) หรือไม่อิ่มตัว(unsaturated) ก็ได้ ความอิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัวของกรดอินทรีย์ในโมเลกุลของน้ำมันมีผลต่อสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมัน น้ำมันที่มีความไม่อิ่มตัวมากจะมีจุดหลอมเหลวต่ำและมีค่าไอโอดีนสูง

2.4 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดปาล์ม

จากการวิเคราะห์โดยทำให้โมเลกุลของเอสเตอร์แตกสลายเป็นกลีเซอรอลและกรดไขมันแล้วนำมาวิเคราะห์กรดไขมันที่ได้ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 2.1และตารางที่2.2

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันปาล์ม(5)

กรดไขมันอิ่มตัว	สูตร	จำนวนคาร์บอน	เปอร์เซนต์ (น.น.)
ไมริสติก (myristic)	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	14	2.0
ปาล์มมิติก(palmitic)	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	16	43.0
สเตียริก (stearic)	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	18	7.0
		รวม	52.0

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันปาล์ม (ต่อ)

กรดไขมันไม่อิ่มตัว	สูตร	จำนวนคาร์บอน	เปอร์เซนต์ (น.น.)
โอลีอิก(oleic)	$CH_3(CH_2)_2CH=CH(CH_2)_7COOH$	18	39.0
ลิโนลิอิก(linoleic)	$CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7$ -COOH	18	9.0
ลิโนลินิก(linolenic)	$CH_3CH_2CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH=CH-$ $-(CH_2)_7COOH$	18	TRACE
		รวม	48.0

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดปาล์ม(5)

กรดไขมันอิ่มตัว	สูตร	จำนวนคาร์บอน	เปอร์เซนต์(น.น.)
คาโปรอิก (caproic)	$CH_3(CH_2)_4COOH$	6	1.0
คาปริลิก (caprylic)	$CH_3(CH_2)_6COOH$	8	2.8
คาปริก (capric)	$CH_3(CH_2)_8COOH$	10	3.0
ลอริก (lauric)	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	12	48.0
ไมริสติก (myristic)	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	14	17.7
ปาล์มมิติก (palmitic)	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	16	8.2
สเตียริก (stearic)	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	18	1.7
		รวม	82.4

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดปาล์ม (ต่อ)

กรดไขมันไม่อิ่มตัว	สูตร	จำนวนคาร์บอน	เปอร์เซนต์(น.น.)
โอลีอิก (oleic)	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$	18	16.0
ลิโนลีอิก (linoleic)	$CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=CH-(CH_2)_7COOH$	18	1.6
		รวม	17.6

จากตารางที่ 2.1 และ 2.2 แสดงให้เห็นว่า น้ำมันปาล์มมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว และไม่อิ่มตัวใกล้เคียงกัน คือ 52 และ 48 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ แต่น้ำมันเมล็ดปาล์มจะมีกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าที่ไม่อิ่มตัว คือ 82.4 และ 17.6 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 สารประกอบอื่นๆ

น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดปาล์มนอกจากจะประกอบด้วยเอสเตอร์ของกรดไขมันและกลีเซอรอลยังประกอบด้วยสารอื่นๆดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สารที่ประกอบอยู่ในน้ำมันปาล์ม(5)

ชื่อ	ส่วนในล้านส่วน
แคโรตินอยด์ (carotenoids)	500-700
โทโคเฟอรอล (tocopherols)	500-800
สเตอรอล (sterols)	300
ฟอสฟาไทด์ (phosphatides)	500-1,000
แอลกอฮอล์ (alcohol)	800

สารแคโรตินอยด์ มีสีแดงส้ม ทำให้น้ำมันปาล์มมีสีส้ม น้ำมันเมล็ดปาล์มมีองค์ประกอบของกรดไขมันคล้ายคลึงกับน้ำมันมะพร้าวมาก คือต่างก็มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าว (8)

กรดไขมันอิ่มตัว	สูตร	จำนวนคาร์บอน	เปอร์เซนต์(น.น.)
คาปริลิก (caprylic)	$CH_3(CH_2)_6COOH$	8	8.3
คาปริก (capric)	$CH_3(CH_2)_8COOH$	10	6.5
ลอริก (lauric)	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	12	48.2
ไมริสติก (myristic)	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	14	16.7
ปาล์มมิติก (palmitic)	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	16	8.6
สเตียริก (stearic)	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	18	2.8
		รวม	91.1

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าว (ต่อ)

กรดไขมันไม่อิ่มตัว	สูตร	จำนวนคาร์บอน	เปอร์เซนต์(น.น.)
โอลีอิก (oleic)	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7-COOH$	18	7.3
ลิโนลีอิก(linoleic)	$CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2-CH=CH(CH_2)_7COOH$	18	1.6
	รวม		8.9

หากมองในแง่โภชนาการน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวสูง เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันเมล็ดปาล์มและมันหมู เมื่อบริโภคเข้าไปจะมีผลต่อการเพิ่มสารคอเลสเทอรอล(cholesterol) ในร่างกายเกิดปัญหาไขมันอุดตันในเส้นเลือดด้วยเหตุผลนี้จึงมีผู้หันมานิยมบริโภคน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมากขึ้น เช่น น้ำมันคำฝอย น้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น

2.6 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

การสกัดน้ำมันปาล์มดิบจากผลปาล์มได้เริ่มมีมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ชาวพื้นเมืองในทวีปแอฟริกาได้นำเอาผลปาล์มมาหีบโดยวิธีง่ายๆ เช่น นำผลปาล์มมาต้มกับน้ำแล้วนำไปตำ จากนั้นนำไปต้มกับน้ำร้อนเพื่อแยกน้ำมันออกมา ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพต่ำมาก ต่อมาได้มีการพัฒนาเครื่องจักรและกระบวนการผลิตโดยประเทศล่าอาณานิคมในแถบ ทวีปแอฟริกา เช่น เบลเยี่ยมและเนเธอร์แลนด์ เครื่องหีบน้ำมันในยุคแรกๆ มีหลายแบบ เช่น เครื่องหีบน้ำมันแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง(centrifugal press) เครื่องหีบแบบไฮดรอลิก(hydraulic press) และเครื่องหีบแบบเกลียวอัด(screw press) สำหรับประเทศไทย โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีกระบวนการผลิตอยู่ 3 แบบคือ

2.6.1. กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน

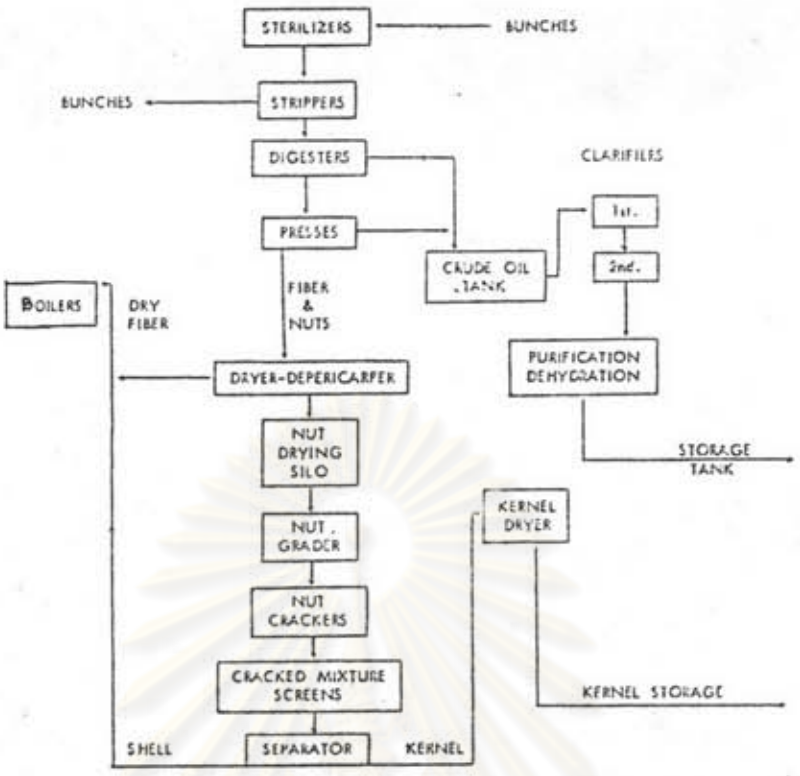
กระบวนการผลิตแบบนี้เป็นกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน ซึ่ง

เครื่องจักรและเทคโนโลยี่ล้วนนำเข้ามาจากต่างประเทศทั้งสิ้น โรงงานประเภทนี้ตั้งขึ้นเป็นครั้งแรกที่จังหวัดกระบี่ ในราวปี ค.ศ. 1974 และปัจจุบันนี้มีโรงงานประเภทนี้อยู่ประมาณ 20 โรงงาน

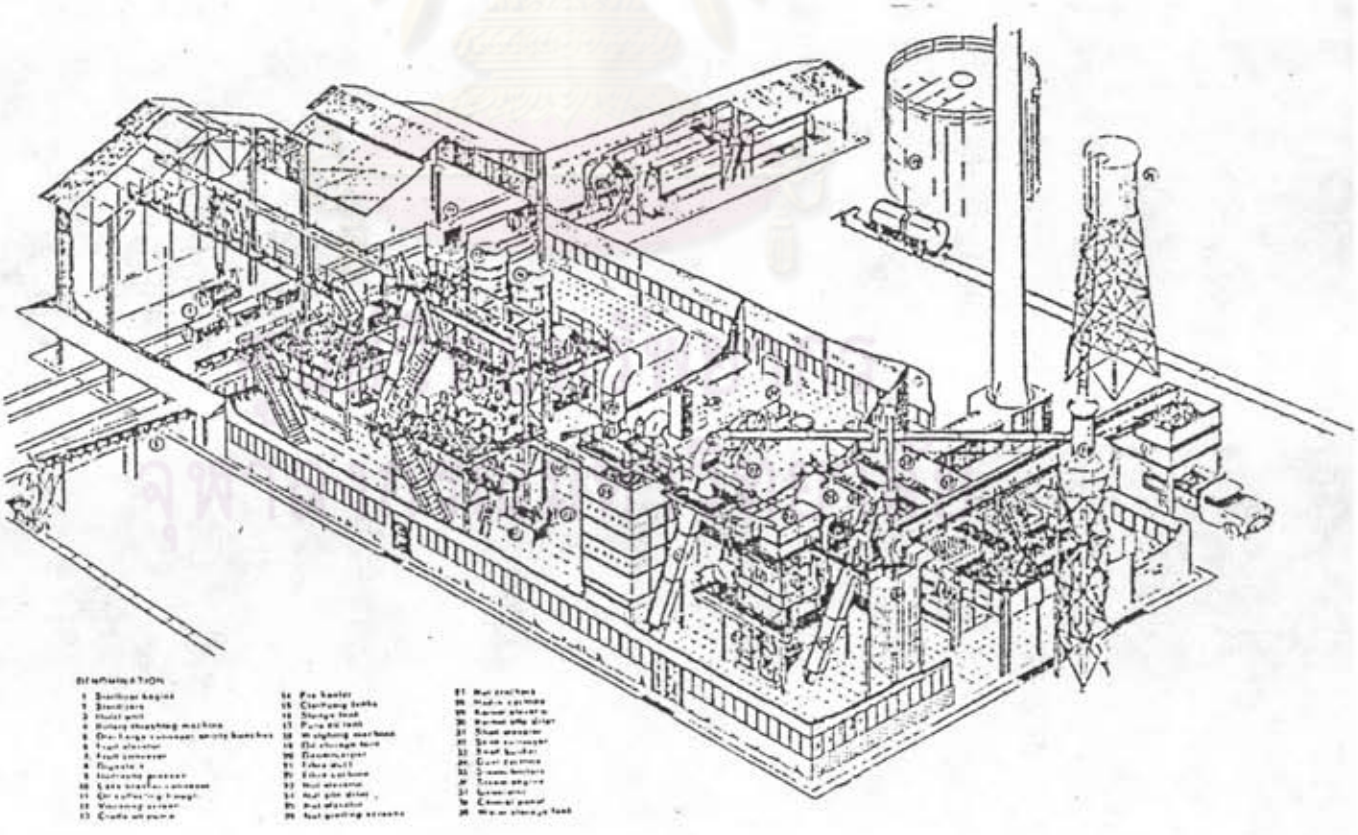
กระบวนการสกัดน้ำมันแบบมาตรฐานได้แสดงไว้ดังแผนผังรูปที่ 2.3 หรือตามรูปที่ 2.4 เริ่มต้นการผลิตโดยนำทะลายปาล์มสดมาอบด้วยไอน้ำ(sterilizer) ที่อุณหภูมิประมาณ 120-130 องศาเซลเซียส ความดัน 45 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้เวลาประมาณ 45 นาที การอบทะลายมีจุดมุ่งหมายเพื่อหยุดปฏิกิริยาไลโปไลซิส(lypolysis)ซึ่งจะทำให้เกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์ม ทำให้ผลปาล์มอ่อนนุ่มและขั้วหลุดจากทะลายได้ง่าย ทะลายปาล์มที่อบแล้วจะป้อนเข้าเครื่องแยกปาล์มออกจากทะลาย(stripper) โดยส่วนใหญ่เป็นเครื่องแบบ-โรตารี่(rotary)หมุนด้วยความเร็วรอบ 23 รอบต่อนาที ทะลายปาล์มเปล่าจะลำเลียงไปเข้าเตาเผาทะลายเพื่อทำปุ๋ยต่อไป ส่วนผลปาล์มก็จะนำไปย่อยด้วยเครื่องย่อยปาล์ม (digester) ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ข้างในมีใบพัดกวนผลปาล์มให้เส้นใยฉีกย่อยออกจากเมล็ดและเซลล์น้ำมันแยกตัวออกมาเพื่อง่ายต่อการหีบน้ำมัน เวลาที่ใช้กวนประมาณ 15 ถึง 20 นาที จากนั้นจะป้อนเข้าเครื่องหีบแบบเกลียวอัด (screw press) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกลียวอัดคู่ทำงานโดยอัตโนมัติ น้ำมันที่สกัดได้จะส่งเข้าไปถังกรอง(clarifiers)ซึ่งจะแยกน้ำมันออกจากน้ำกับเศษเส้นใยและสิ่งสกปรกอื่น ๆในขั้นแรก แล้วนำไปเข้าเครื่อง-เหวี่ยงเพื่อแยกน้ำมันให้สะอาดขึ้น(purification)จากนั้นนำไปไล่ความชื้น(dehydration) ให้ได้มาตรฐาน แล้วนำไปเก็บในถังเก็บน้ำมันขนาดใหญ่เพื่อเตรียมส่งจำหน่ายโรงงานกลั่น-น้ำมันบริสุทธิ์ต่อไป

ส่วนกากผลปาล์ม(fiber and nut)จะนำมาแยกเอาเส้นใยออกจากเมล็ดด้วยเครื่องแยกเส้นใยซึ่งส่วนใหญ่จะใช้แรงลมเป่าให้เส้นใยลอยไปตามท่อไปเข้าเตาของหม้อกำเนิดไอน้ำ(boilers) เมล็ดที่แยกเส้นใยแล้วจะนำไปกะเทาะเมล็ด(nut crackers) เมล็ดที่กะเทาะแล้วก็จะนำไปแยกกะลาออกจากเมล็ดด้วยเครื่องแยกเศษกะลา ซึ่งใช้แบบไฮ-โดรไซโคลน (hydrocyclone) คือแยกด้วยน้ำหรือใช้แรงลมก็ได้จากนั้นเมล็ดของผลปาล์มจะนำไปหีบและผ่านการกรอง แล้วนำไปเก็บในถังเก็บน้ำมันเมล็ดปาล์ม(kernel oil storage tank) เพื่อส่งจำหน่ายต่อไป

ข้อดีของกระบวนการผลิตแบบนี้ คือเครื่องจักรมีประสิทธิภาพในการหีบน้ำมันสูงและสามารถผลิตน้ำมันที่มีคุณภาพค่อนข้างได้มาตรฐาน เนื่องจากกำลังผลิตสูงจึงผลิตน้ำมันได้



รูปที่ 2.3 แสดงกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดปาล์ม (6)



รูปที่ 2.4 แสดงรายละเอียดของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดปาล์ม (9)

เป็นปริมาณมากพอที่จะส่งให้โรงงานกลั่นน้ำมันบริสุทธิ์ หรือส่งจำหน่ายต่างประเทศได้ แต่ปัญหาของกระบวนการผลิตประเภทนี้คือน้ำเสียจากกระบวนการผลิตประมาณ 2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตันวัตถุดิบ

2.6.2 กระบวนการสกัดน้ำมันแบบทอดผลปาล์ม

เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นในประเทศไทยเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1979 กระบวนการผลิตของโรงงานประเภทนี้สามารถใช้วัตถุดิบทั้งในรูปของทะลายปาล์มสดและผลปาล์มร่วง วัตถุดิบพวกทะลายปาล์มสดจะนำมาเข้าเครื่องอบทะลายเช่นเดียวกับประเภทแรก จากนั้นจะนำไปแยกผลปาล์มออกจากทะลายเช่นกัน ผลปาล์มที่แยกออกมานำไปทอดในเกลียวด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิไม่เกิน 120 °ซ เป็นเวลาประมาณ 12-20 นาที โดยให้ความร้อนด้วยไอน้ำรอบรางลำเลียง วัตถุดิบจำพวกผลปาล์มร่วงก็จะนำเข้ามาทอดตรงจุดนี้เช่นกัน จากนั้นผลปาล์มที่สุกแล้วจะนำไปเข้าเครื่องหีบแบบเกลียวอัดคู่ เช่นเดียวกับโรงงานประเภทแรก น้ำมันที่หีบได้จะนำไปไล่ความชื้นในถังสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80-90 °ซ เป็นเวลาประมาณ 30-60 นาที แล้วนำน้ำมันที่ได้ไปกรองผ่านเครื่องกรองแบบอัดหลายชั้น(filter press) เพื่อแยกสิ่งสกปรกก่อนจะบรรจุลงถังเก็บต่อไป ส่วนกากผลปาล์มก็จะนำไปแยกเอาเมล็ดออกเช่นเดียวกับประเภทแรก ข้อดีของโรงงานประเภทนี้คือไม่มีน้ำเสียในกระบวนการผลิตและสามารถรับวัตถุดิบได้ทั้งทะลายปาล์มและผลปาล์มร่วง

2.6.3. กระบวนการหีบน้ำมันผสม

โรงงานประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1975 โดยการดัดแปลงโรงงานหีบน้ำมันมะพร้าวมาเป็นโรงงานหีบน้ำมันปาล์ม ปัจจุบันนี้มีอยู่ประมาณกว่า 20 โรงงาน โรงงานประเภทนี้ใช้ผลปาล์มร่วงเป็นวัตถุดิบ โดยให้ความร้อนแก่ผลปาล์มในกะบะประมาณ 180-200 °ซ ลมร้อนจากเตาจะเป่าเข้ามาโดยตรงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำผลปาล์มไปหีบด้วยเครื่องหีบ กระบวนการผลิตแบบนี้น้ำมันจากเปลือกและเมล็ดจะผสมกันหมด น้ำมันที่ได้จะนำไปกรองด้วยเครื่องกรองแบบอัดหลายชั้น ส่วนกากเส้นใยกะลาและเมล็ดซึ่งปนกันจะบรรจุกระสอบนำไปจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์ต่อไป โรงงานนี้ลงทุนต่ำและสามารถหีบได้ทั้งผลปาล์ม มะพร้าว และยางพารา ฯลฯ กระบวนการไม่ซับซ้อน แต่ข้อเสียคือ น้ำมันจะไหม้และฟอกสียาก เนื่องจากผลปาล์มสดถูกความร้อนสูงโดยตรงจากลมร้อน ซึ่งได้จากการเผาไม้ น้ำมันจะสกปรกและมีเขม่าควัน กรดไขมันอิสระจะสูงกว่าปกติ ประการสุดท้ายคือน้ำ-

มันปาล์มน้ำมันเมล็ดปาล์มที่ผสมอยู่จะมีปัญหามากเมื่อนำไปกลั่นบริสุทธิ์ ราคาการจำหน่ายจึงต่ำกว่าน้ำมันที่ผ่านจากสองกระบวนการข้างต้น

2.7 มาตรฐานคุณภาพของน้ำมันปาล์ม (10)

โดยทางปฏิบัติคุณภาพของน้ำมันปาล์มจะวัดด้วย 3 ค่า คือ กรดไขมันอิสระ ความชื้น และสิ่งสกปรกรายละเอียดดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงมาตรฐานคุณภาพของน้ำมันปาล์ม(10)

รายการ	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด		
		น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค		น้ำมันปาล์มสำหรับอุตสาหกรรม
		ธรรมชาติ	รีไฟน์	
1	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density) ที่ 40/25 องศาเซลเซียส	0.900 ถึง 0.907	0.900 ถึง 0.907	0.900 ถึง 0.907
2	ดัชนีหักเห (refractive index) ที่ n_D 40 องศาเซลเซียส	1.45 ถึง 1.46	1.45 ถึง 1.46	1.45 ถึง 1.46
3	ค่าไอโอดีน แบบวิจส์ (iodine value, Wijs)	45 ถึง 60	45 ถึง 60	45 ถึง 60
4	ค่าสะปอนิฟิเคชัน (saponification value) มิลลิกรัมโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม	190 ถึง 209	190 ถึง 209	190 ถึง 209
5	สารที่สะปอนิฟายไม่ได้ (unsaponifiable matter) สูงสุด กรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม	20	15	20
6	ค่าของกรด (acid value) สูงสุด มิลลิกรัมโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม	4	0.6	10
7	ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) สูงสุด มิลลิกรัมสมมูลเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม	10	10	10
8	น้ำและสิ่งที่ระเหยได้ (water and volatile matter) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส สูงสุด ร้อยละของน้ำหนัก	0.2	0.2	0.5
9	สารที่ไม่ละลายในน้ำมัน (insoluble impurities) สูงสุด ร้อยละของน้ำหนัก	0.05	0.05	0.05
10	ปริมาณสบู่ (soap content) สูงสุด ร้อยละของน้ำหนัก	0	0.005	0.005
11	ปริมาณเหล็ก สูงสุด มิลลิกรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม	5	2.5	10
12	ปริมาณอาร์เซนิก สูงสุด มิลลิกรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม	0.1	0.1	0.1
13	ปริมาณทองแดง สูงสุด มิลลิกรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม	0.4	0.1	0.4
14	ปริมาณตะกั่ว สูงสุด มิลลิกรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม	0.1	0.1	0.2
15	ปริมาณเบตา แคโรทีน (beta-carotene) สูงสุด มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	500 ถึง 700	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด

014297

2.8 การทำน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์

ในขั้นตอนการแปรรูปขั้นที่สองคือ การทำน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์ สารเจือปนที่อยู่ในน้ำมันปาล์มดิบ จำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มไฮโดรไลติก (hydrolytic) ประกอบด้วย ความชื้น สิ่งสกปรก กรดไขมันอิสระ กลีเซอรอล และเอนไซม์ต่าง ๆ

2. กลุ่มออกซิเดทีฟ (oxidative) ประกอบด้วยเศษของโลหะ สารออกซิเดชันต่าง ๆ เม็ดสี โทโคเฟอรอล (tocopherol) และฟอสฟาไทด์ (phosphatides)

3. สารที่เป็นตัวเร่งให้เกิดสารพิษ ได้แก่ สารจำพวกไนโตรเจน กำมะถัน และฮาโลเจน (haloqen) ตลอดจน ฟอสฟาไทด์ และสารออกซิเดชันต่าง ๆ ด้วย

กระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์

มีอยู่ 2 วิธีคือ

1. กระบวนการทำน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์ทางเคมี (chemical refine process)
2. กระบวนการทำน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์ทางกายภาพ (physical refine process)

2.8.1 กระบวนการทำน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์ทางเคมี (Chemical Refine Process) มีขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ

- น้ำมันปาล์มดิบ (crude oil)
- แยกสารเหนียว (degumming)
- การทำให้เป็นกลาง (neutralization)
- การล้างด้วยน้ำ (washing)
- การไล่ความชื้น (drying)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การฟอกสี (bleaching)

- การกรอง (filtration)

- การกำจัดกลิ่น (deodorization)

- การทำให้เย็นและบรรจุถังเก็บ (storage)

<u>รายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้</u>

2.8.1.1 <u>แยกสารเหนียว</u> (degumming)

เพื่อกำจัดสารพวกฟอสฟาไทด์ ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของน้ำมัน (ทำให้น้ำมันเป็นฟอง) โดยการใส่กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) เข้มข้น 85% ใช้ปริมาณ 0.1-0.2 % โดยน้ำหนัก (ไม่ควรใส่มากเกินพอเพราะจะทำให้ต้องใช้โซเดียม-ไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ในการกำจัดกรดมากขึ้น ในขั้นตอนของการทำให้เป็นกลาง) เมื่อเติมกรดฟอสฟอริกเข้มข้นแล้วจะนำน้ำมันมาวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์ของกรดไขมันอิสระและกรดฟอสฟอริกที่เหลือ เพื่อคำนวณหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ ขั้นตอนนี้ฟอสฟาไทด์ จะถูกกำจัดออกไปประมาณ 90%

2.8.1.2 <u>การทำให้เป็นกลาง</u> (neutralization)

ขั้นตอนนี้ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิประมาณ 60 °ซ โซเดียมไฮดรอกไซด์จะไปทำปฏิกิริยากับกรดเกิดเป็นไขสบู่ (soap) พวกฟอสฟาไทด์ที่เหลือก็จะตกตะกอนขณะที่เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์จะต้องผสมอย่างรวดเร็วเพื่อให้เกิดปฏิกิริยากับกรดให้หมดโดยให้เกิดปฏิกิริยากับน้ำมันน้อยที่สุด (การผสมระหว่างน้ำมันกับด่างที่อุณหภูมิสูงจะทำให้น้ำมันถูกเปลี่ยนเป็นไขสบู่ทำให้สูญเสียน้ำมันเพิ่มขึ้น) เมื่อเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์จนได้ปริมาณตามต้องการแล้ว จะเติมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride-solution) ที่อิ่มตัวลงไป เพื่อช่วยให้ไขสบู่ตกตะกอนและปั่นแยกได้ดีขึ้น จากนั้นนำเข้า-เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) เพื่อปั่นแยกเอาไขสบู่และตะกอนต่างๆ ออกจากน้ำมัน

น้ำมันที่แยกไขออกแล้วจะเข้าบ่อเก็บ ส่วนไขสบู่ที่ได้จะแยกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งจะจำหน่ายในรูปของไขสบู่ อีกส่วนหนึ่งจะนำไปเติมกรดซัลฟูริก (sulphuric, H_2SO_4) เข้มข้น เพื่อเปลี่ยนไขสบู่กลับไปเป็น "น้ำมันดำ" (acid oil)

2.8.1.3 <u>การล้าง</u> (washing)

น้ำมันที่ผ่านขั้นตอนการทำให้เป็นกลางจะนำมาล้าง เพื่อล้างเอาไขสบู่ที่ยังแยกออกไม่หมดและสารละลายอื่นๆ ที่ละลายน้ำได้ออกไปจากน้ำมัน เนื่องจากไขสบู่จะมีผลต่อขั้นตอนการฟอกสีของน้ำมันคือ

1) ไขสบู่เมื่อถูกความร้อนและการปั่นกวนในถังฟอกสี จะทำให้เกิดเป็นฟองซึ่งจะทำให้ปริมาตร(working volume)ของบ่อฟอกสี(bleaching tank) ลดลง

2) ทำให้ประสิทธิภาพ (efficiency) ของผงฟอกสีลดลง จำเป็นต้องใช้ผงฟอกสีมากขึ้นทำให้สิ้นเปลือง

3) เนื่องจากผงฟอกสีมีสมบัติเป็นกรด ไขสบู่ที่อยู่ในน้ำมันจะทำปฏิกิริยากับผงฟอกสี โดยจะแลกเปลี่ยนประจุ (H^+ ไปแทนที่ Na^+ ในไขสบู่) ทำให้ไขสบู่กลายเป็นกรดไขมันอิสระ เปอร์เซนต์ของกรดไขมันอิสระในน้ำมันจะเพิ่มขึ้น

ขั้นตอนการล้าง ทำโดยการเติมน้ำร้อนลงไปแล้วทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมัน โดยน้ำจะอยู่ด้านล่างและมีไขสบู่รวมทั้งโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลืออยู่ด้วย จากนั้นถ่ายน้ำออกทางด้านล่างของถังไปเก็บในบ่อ(batch basin)ซึ่งมีลักษณะเป็นแผงกั้นน้ำมัน(baffle)เพื่อแยกเอาน้ำมันบางส่วนที่ติดมากับน้ำออก น้ำที่มีน้ำมันและไขสบู่จะรวมเข้าสู่บ่อซึ่งมีขดลวดความร้อน(steam coil) ความร้อนจะทำลายอิมัลชัน(emulsion) ระหว่างน้ำกับน้ำมันแล้วแยกเอาน้ำมันกลับเข้ามาสู่กระบวนการใหม่และเป็นการลดค่าบีโอดี (BOD) ในน้ำเสียที่จะต้องนำไปผ่านกระบวนการก่อนปล่อยน้ำทิ้ง น้ำมันที่ผ่านขั้นตอนการล้างจะเก็บเข้าสู่ถังเก็บ (washed neutral oil storage tank) แล้วจะไล่ความชื้นออกโดยใช้ระบบแบบสุญญากาศ (vacuum oil dryer)

การทำให้น้ำมันปราศจากน้ำจะมีผลต่อการฟอกสี เพราะหากน้ำมันมีน้ำมากเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพของผงฟอกสีลดลง เนื่องจากน้ำจะไปจับและล้อม

รอบผงฟอกสี ทำให้พื้นที่ผิวของผงฟอกสีลดลง ไม่สามารถจะดูดสารมีสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้คุณภาพของน้ำมันไม่ได้ตามต้องการ หรือทำให้ต้องใช้ผงฟอกสีมากขึ้น

2.8.1.4 <u>การฟอกสี</u> (bleaching)

จุดประสงค์เพื่อปรับปรุง สี กลิ่น และเพิ่มความต้านทานในการเสื่อมสภาพของน้ำมัน การกำจัดพวกสารเจือปนโดยเฉพาะคลอโรฟิลล์(chlorophyll) สารเหล่านี้ถูกกำจัดออกในขั้นตอนการทำให้เป็นกลางเป็นส่วนใหญ่ แต่ก็ยังมีหลงเหลืออยู่ หากไม่ผ่านขั้นตอนการฟอกสีก่อน เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการกำจัดกลิ่น ซึ่งจะใช้อุณหภูมิสูงน้ำมันที่ได้จะมีสีเขียวเข้มเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์

ผงฟอกสีจะทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับ(adsorbent)โดยดูดสารพวก ไขสบู่ กำมะถัน แอลดีไฮด์(aldehyde)และสารมีสี(coloring matter) ผงฟอกสีที่ใช้ เช่นพวก เอกติเวตเตดเอิร์ธ(activated earth)

<u>องค์ประกอบของเอกติเวตเตดเอิร์ธ</u>

SiO_2	77 - 82 %
Al_2O_3	8 - 12 %
Fe_2O_3	1 - 3 %
MgO, CaO	1 - 3 %

สารที่ก่อให้เกิดสีในน้ำมันพืชโดยธรรมชาติประกอบด้วยพวกคาร์โรทีน(carotene)และเซนโทฟิลล์(xanthophyll) ซึ่งก่อให้เกิดสีแดงและสีเหลือง ส่วนคลอโรฟิลล์หรืออนุพันธ์(derivative)ของมัน เช่น ฟอฟายทิน (phaophytin) จะก่อให้เกิดสีเขียว

ปัจจัยที่มีผลต่อการฟอกสี

1. ชนิดของผงฟอกสี
2. เวลาในการสัมผัส (contact time)
3. อุณหภูมิในการฟอกสี
4. ความชื้น
5. การปั่นกวนหรือการผสม

6. ขนาดของผงฟอกสี

สิ่งที่จะเกิดขึ้นในขั้นตอนของการฟอกสีอีกอย่างหนึ่งคือปริมาณของกรดไขมันอิสระ โดยปกติจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.05-0.1% ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเป็นกรดของผงฟอกสีและไขสบู่ที่ติดมากับน้ำมัน เนื่องจากประจุของไฮโดรเจน(H^+)จากผงฟอกสีจะไปแทนที่ประจุของโซเดียม(Na^+)ในไขสบู่ซึ่งเป็นเกลือของกรดไขมัน ทำให้ไขสบู่กลับเป็นกรดไขมันได้ใหม่

2.8.1.5 <u>การกรอง</u> (filtration)

เพื่อแยกเอาผงฟอกสีออกจากน้ำมัน โดยการทำให้เกิดชั้นของเค้ก(form cake)บนตัวกรอง(filter medium)

2.8.1.6 <u>การกำจัดกลิ่น</u> (deodorization)

เนื่องจากในกระบวนการจะมีพวกกรดไขมันอิสระหรือสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดเล็กๆรวมทั้งพวกแอลดีไฮด์(aldehyde)และคีโตน(ketone)อยู่ การกำจัดขั้นตอนนี้ จะใช้ความร้อนประมาณ 180 °ซ ภายใต้ความดันสุญญากาศ พวกโมเลกุลเล็กๆ แอลดีไฮด์ คีโตนก็จะระเหยออกไป จากนั้นนำน้ำมันมาหล่อเย็น

2.8.2 <u>กระบวนการทำน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์ทางกายภาพ</u>(Physical Refines Process)

ประเทศมาเลเซียเป็นประเทศแรกที่เริ่มใช้กระบวนการทางกายภาพในการทำน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์ เมื่อปี ค.ศ. 1975 ที่ "Palmex Industries Sendirian Berhad" ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- น้ำมันปาล์มดิบ (crude oil)

- แยกสารเหนียว (degumming)

- การฟอกสี (bleaching)

- การกรอง (filtration)

- การแยกกรดและกำจัดกลิ่น (deacidification and deodorization)

- ทำให้เย็นบรรจุในถังเก็บ (storage)

1) การกำจัดสิ่งเจือปนจำพวกฟอสฟาไทด์ และโปรตีนด้วยกรดฟอสฟอริก ทำเช่นเดียวกับกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ทางเคมี สารเจือปนจะรวมตัวกันเป็นก้อน(coagulation)

2) ทำการฟอกสีของน้ำมันด้วยดินฟอก ประมาณ 1-2% จากนั้นผ่านเข้าเครื่องกรองเพื่อแยกเอาดินฟอกตลอดจนตะกอนของฟอสฟาไทด์และโปรตีนออกจากน้ำมัน

3) การกำจัดกรด(deacidification)และการกำจัดกลิ่น(deodorization)เพื่อแยกเอากรดไขมันอิสระ สารออกซิเดชัน เม็ดสี แอลดีไฮด์และคีโตนออกจากน้ำมัน โดยพ่นไอน้ำที่อุณหภูมิ 240-260 °ซ ภายใต้สุญญากาศที่ 1-4 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง

กระบวนการทำน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์ทางกายภาพ มีข้อดีหลายประการคือต้นทุนการผลิตต่อหน่วยจะต่ำกว่าเพราะใช้สารเคมีน้อยและน้ำมันไม่สูญเสียมากและประการสุดท้ายจะไม่มีน้ำเสียที่เกิดจากการล้างไขสบู่ เช่นกระบวนการทางเคมี ขณะนี้ในประเทศมาเลเซียมีแนวโน้มในการทำน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์โดยใช้กระบวนการทางกายภาพมากขึ้น

2.9 ประโยชน์ของน้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มและน้ำมันจากเมล็ดปาล์มที่ทำให้บริสุทธิ์แล้วสามารถนำไปใช้แปรรูป ในอุตสาหกรรมอุปโภคและบริโภคได้มากมาย ทั้งการแปรรูปโดยตรงและการนำไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

2.9.1 น้ำมันปรุงอาหาร ตามปกติน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิห้องจะมีลักษณะแยกออกเป็นสองส่วน คือ น้ำมันส่วนใสหรือโอเลอีน ซึ่งมีประมาณ 65-70% และน้ำมันส่วนข้นหรือสเตียริน(stearin) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 30-35% ดังนั้นในการนำน้ำมันปาล์มมาปรุงอาหาร

จะต้องนำเอาน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มาแยกส่วนเอาน้ำมันส่วนใสมาใช้

2.9.2 มาการีนหรือเนยเทียม มักจะทำมาจากน้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดปาล์ม มีลักษณะพิเศษคือละลายได้เร็ว โดยทั่วไปในเชิงอุตสาหกรรมนั้น สูตรการทำมาการีนมักจะใช้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 60% น้ำมันเมล็ดปาล์ม 30% และน้ำมันปาล์มสเตียริน อีก 10%

2.9.3 น้ำมันทอด ในวงการอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมันทอดนั้น น้ำมันปาล์มมักจะมีบทบาทเพราะมีราคาถูกและมีคุณสมบัติอยู่ตัวได้ดีกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น คือไม่ออกซิไดซ์กับอากาศเมื่อถูกความร้อนจนมีกลิ่นหืน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทอดน้ำมันในเชิงอุตสาหกรรมนั้นมักจะใช้น้ำมันปาล์มเติมไฮโดรเจน ซึ่งจะทำให้มีคุณสมบัติอยู่ตัวเป็นพิเศษ และยังทำให้มีความกรอบอีกด้วย เช่น พวกมันฝรั่งทอด ข้าวเกรียบทอด และบะหมี่สำเร็จรูป เป็นต้น

2.9.4 เนยขาว(shortening) น้ำมันปาล์มที่ฟอกบริสุทธิ์สามารถแปรรูปให้เป็นเนยขาวโดยทำให้เย็นตัวโดยทันทีทันใดที่อุณหภูมิประมาณ -40 °ซ เนยขาวนำไปทำผลิตภัณฑ์ได้มากมาย เช่น ทำขนมไข่ ไส้ขนมปังกรอบ ขนมพาย และหน้าขนมเค้ก เป็นต้น

2.9.5 น้ำมันปาล์มเติมไฮโดรเจน น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดปาล์ม เมื่อเติมไฮโดรเจนจะทำให้พันธะคู่ในโมเลกุลของน้ำมันแตกตัวออก และไฮโดรเจนจะเข้าไปในโซ่โมเลกุลทำให้น้ำมันไม่ออกซิไดซ์กับอากาศ จึงนำมาใช้เป็นน้ำมันทอดทำขนมปังกรอบและเครื่องสำอาง ส่วนน้ำมันเมล็ดปาล์มที่เติมไฮโดรเจนจะนำมาใช้ทำทอฟฟี่ เคลือบช็อคโกแลต และไอศกรีม

2.9.6 นมข้นหวาน ปัจจุบันน้ำมันปาล์มได้นำมาใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมนมข้นหวานกันมากเนื่องจากคุณสมบัติหลายอย่างเช่น ไม่มีกลิ่น สำหรับประเทศไทยมีการใช้น้ำมันปาล์มในอุตสาหกรรมนมข้นหวาน ประมาณปีละ 2,500-3,600 ตัน

2.9.7 คอฟฟีเมท นมผงและนมเทียม ในอุตสาหกรรมประเภทนี้มักใช้น้ำมันปาล์มสเตียรินเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต

2.9.8 กรดไขมัน (palm fatty acid distilled, PFAD) เป็นส่วนที่ได้มาจากกระบวนการสุดท้ายของการทำบริสุทธิ์แบบกายภาพ โดยที่กรดนี้จะมีความบริ-

สุทธิ์สูงประมาณ 95% หากนำไปแยกส่วนเป็นกรดต่างๆ ออกมาสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น กรดลอริก ใช้ทำเป็นเรซินสำหรับอุตสาหกรรมสี กรดปาล์มมิติกใช้นำไปเลี้ยงเชื้อราซึ่งใช้สกัดเป็นยาปฏิชีวนะ กรดโอเลอิกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ กรดสเตียริก นำไปผสมเครื่องสำอางและสบู่ฟอกตัวเด็ก กรดลิโนเลอิกนำไปใช้เป็นยาฉีดลดไขมันในเส้นเลือดเป็นต้น

2.9.9 สบู่ น้ำมันปาล์มสามารถนำมาใช้ผลิตสบู่ได้ดี ทั้งสบู่ฟอกร่างกายและสบู่ซักล้าง เช่นสบู่ใช้ฟอกร่างกายใช้ปาล์สเตียริน 40% น้ำมันเมล็ดปาล์มหรือน้ำมันมะพร้าวอีก-10% หรือสบู่ใช้ซักล้างใช้น้ำมันสเตียริน 60% น้ำมันรำข้าว 20% น้ำมันเมล็ดปาล์มหรือน้ำมันมะพร้าว 20% เป็นต้น

ประโยชน์ของน้ำมันปาล์มยังสามารถนำมาใช้ในทางด้านพลังงานทดแทนได้ ซึ่งจะกล่าวในบทต่อไปพร้อมทั้งวิธีการเปลี่ยนรูป หรือการแปรสภาพของน้ำมันปาล์มเพื่อเป็นแนวทางศึกษาในการนำน้ำมันปาล์มมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย