19724

การรีไซเคิลน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้แล้ว

(Recycle of Frying Palm Oil)

T096610

นางสาวมธุลดา คัคนางกูล รหัส 43040688
นางสาวอภิวันท์ วงค์ภา รหัส 43040700

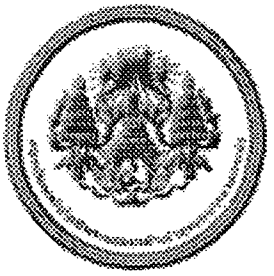
รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ปพ.
ส142ก
2547

ตชมู.....
เลขทะเบียน.....96610
วัน.เดือน.ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การรีไซเคิลน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้แล้ว

(Recycle of Frying Palm Oil)

โดย

นางสาวมธุลดา คัคนางกูล รหัส 43040688

นางสาวอภิวันท์ วงค์ภา รหัส 43040700

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../...../..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(อ.ถิรเดช ดำรงโภวรรณ)

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ)

คณบดีโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มธุลดา คัคนางกูล, อภิวันท์ วงค์ภา . 2546 . การรีไซเคิลน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้แล้ว (Recycle of Frying Palm Oil) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีกาเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา : ถิรเดช ดำรงโภวรรณ

การนำน้ำมันที่ใช้แล้วมารีไซเคิลเพื่อจะลดค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ให้ลดลงจนอยู่ในระดับที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2% กระบวนการเริ่มด้วยการกำจัดสารเจือปนจำพวกฟอสโฟไลปิด หรือฟอสฟาไทด์ออกไปก่อนด้วยกรด ต่อจากนั้นก็ผ่านกระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ เรียกว่ากระบวนการทำให้เป็นกลางโดยใช้สารละลายโซดาไฟ (NaOH) ซึ่งจะทำปฏิกิริยาได้เป็นไขสบู่ ซึ่งเป็นสารแขวนลอยและละลายในน้ำได้ เมื่อผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้ง จะได้น้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระไม่เกิน 0.2% ออกมา จากการทดลองพบว่ากระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการนี้รีไซเคิลน้ำมันที่ผ่านการทอดแป้งและน้ำมันที่ผ่านการทอดโปรตีน (ปลา) ได้ โดยปริมาณน้ำมันที่เหลือเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะได้ว่า น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้งจะมีน้ำมันเหลืออยู่ 68.75% และน้ำมันที่ผ่านการทอดโปรตีน (ปลา) จะมีน้ำมันเหลืออยู่ 93.75% เมื่อนำไปเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรม (มอก. 288-2535) มีค่าอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้กรดซิตริกแทนการใช้กรดมาลิกในกระบวนการรีไซเคิลได้ โดยการใช้กรดมาลิกมีต้นทุนต่อน้ำมันที่ได้ 1 ลิตรประมาณ 11.037 – 13.927 บาท ในขณะที่การใช้กรดซิตริกมีต้นทุนต่อน้ำมันที่ได้ 1 ลิตรประมาณ 11.032 – 13.918 บาท

----------	----------	22 มี.ค. 47
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อ.ถิรเดช ดำรงโภวรรณ ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาและแก้ไขจนรายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ อาจารย์ทุกท่าน ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องอุปกรณ์ทำการทดลอง

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องสมุดหอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ข้อมูลประกอบการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องสมุดภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ข้อมูลประกอบการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่สนับสนุนในด้านกำลังทรัพย์และให้กำลังใจจนทำให้การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ผ่านไปได้ด้วยดี

มธุลดา คัคนางกูล

อภิวันท์ วงค์ภา

22 มีนาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 ปาล์มน้ำมัน	2
2.2 ความสำคัญของปาล์มน้ำมันต่อระบบเศรษฐกิจ	2
2.3 องค์ประกอบน้ำมันพืช	3
2.4 ประเภทไขมัน	4
2.5 ผลิตภัณฑ์ของปาล์มน้ำมันและการสกัด	5
2.6 มาตรฐานคุณภาพ	8
2.7 วิธีการแปรรูปน้ำมัน	9
2.8 การใช้ประโยชน์น้ำมันปาล์มในด้านอาหาร	12
2.9 บทบาทของไขมันและน้ำมันในการประกอบอาหาร	14
3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	19
3.1 อุปกรณ์	19
3.2 วัสดุและสารเคมี	19
3.3 วิธีการทดลอง	20
4. ผลการทดลอง	
4.1 เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ระหว่างน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดตัวอย่าง 2 ชนิด	23
4.2 เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ระหว่างกรดมาลิกและกรดซิตริก	23
4.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	24
4.4 การคำนวณต้นทุน	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	29
5.1 สรุปผลการทดลอง	29
5.2 ข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	สัดส่วนการใช้ประโยชน์น้ำมันปาล์มของอุตสาหกรรมต่างๆ ในประเทศไทย	3
2.	แสดงโครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ	4
3.	แสดงการจำแนกคุณภาพน้ำมันปาล์ม	9
4.	แสดงค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ก่อนและหลังรีไซเคิลน้ำมัน	20
5.	แสดงตารางการคำนวณปริมาณกรด ด่าง เกลือ	21
6.	ปริมาณกรดไขมันอิสระ	23
7.	ปริมาณกรดไขมันอิสระที่ลดลง	23
8.	ปริมาณกรดไขมันอิสระ	24
9.	ค่าของกรด (acid value)	24
10.	ค่าของสี (loviborn)	24
11.	ค่าการแปรผลของเครื่อง loviborn	25
12.	ปริมาณสบู่	25
12.	แสดงจำนวนเงินค่าน้ำที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม	26
13.	แสดงจำนวนเงินค่าไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม	27
14.	แสดงจำนวนเงินค่ากรด/น้ำมัน1ลิตรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม	27
15.	แสดงจำนวนเงินค่าด่าง/น้ำมัน1ลิตรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม	27
16.	แสดงจำนวนเงินค่าเกลือ/น้ำมัน1ลิตรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม	28
17.	แสดงจำนวนเงินค่าเกลือ/น้ำมัน1ลิตรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม	28
18.	สรุปต้นทุนรวม	28
19.	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค (มอก. 288-2535)	29
20.	แสดงราคาต้นทุน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

คนไทยคุ้นเคยกับอาหารทอดมานานแล้ว เช่น ปาท่องโก๋ เป็นอาหารเช้าชนิดหนึ่ง ซึ่งนิยมกันทั้งในชนบทและเมืองหลวง หรือ เนื้อ ปลา หมูทอด มีจำหน่ายในตลาดทั่วไป หรืออาหารตามภัตตาคารจัดเป็นอาหารพร้อมบริโภค ซึ่งให้ความสะดวกแก่ผู้บริโภค หรือกล้วยทอด มันทอด เป็นของว่างอีกชนิดหนึ่งซึ่งประชาชนนิยมบริโภค ถึงแม้ว่าผู้บริโภคจะทราบกันอยู่แล้วว่าอาหารประเภทนี้จะอุดมไปด้วยแคลลอรี่ โคลเลสเตอรอล ไขมันอิ่มตัว ซึ่งไม่มีผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคโดยเฉพาะผู้สูงอายุ แต่ปรากฏว่าอาหารทอดเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในหมู่สาธารณชน ซึ่งถ้ากรรมวิธีการผลิตที่ใช้น้ำมันหรือไขมันที่มีคุณภาพต่ำ จะทำให้อาหารทอดมีคุณภาพไม่ดี ไม่เหมาะสมต่อการบริโภค อาจเกิดผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคอันเนื่องจากสารประกอบที่เกิดขึ้นและปนเปื้อนในอาหาร เพราะจากการที่ผู้ประกอบอาหารไม่สนใจที่จะควบคุมคุณภาพน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารเหล่านี้ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนมากจะใช้น้ำมันทอดอาหารกันซ้ำซากจนน้ำมันดำ ซึ่งเป็นการเอารัดเอาเปรียบผู้บริโภค

น้ำมันที่ผ่านการทอดมาแล้ว ย่อมมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทำให้เกิดองค์ประกอบของสารมากมายที่มีความเป็นพิษต่อการบริโภค ซึ่งจะปนเปื้อนอยู่ในผลิตภัณฑ์ทอดด้วย ถึงแม้จากผลงานวิจัยรายงานว่าไขมันและน้ำมันที่ผ่านความร้อนแล้ว ไม่มีผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค แม้ว่าไขมันหรือน้ำมันได้ผ่านการใช้มาแล้วหลายครั้งและใช้ไฟแรงก็ตาม ทั้งนี้เพราะปริมาณสารประกอบที่เป็นพิษ ซึ่งเกิดขณะทอดอาหารมีระดับต่ำเกินไป การนำน้ำมันทอดแล้วมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นเหตุให้น้ำมันเสื่อมสภาพและคุณภาพอาหารที่ทอดด้อยไป ได้มีการศึกษามานานแล้วว่า การบริโภคอาหารทอดจากน้ำมันที่ใช้แล้วบ่อยๆ ครั้ง ย่อมทำให้เกิดการสะสมสารพิษในร่างกายได้ ดังนั้นในทางการค้าควรจะเลิกใช้น้ำมันเก่า เมื่อน้ำมันที่ใช้ทอดเริ่มเกิดฟองหรือเกิดควันมาก หรือน้ำมันมีสีดำหรือมีกลิ่นรสไม่ดี

จากกระบวนการในอุตสาหกรรมการบริโภคต่างๆที่ได้กล่าวข้างต้น จะทำให้เกิดของเหลือทิ้ง ซึ่งก็คือน้ำมันที่ใช้แล้ว ทำให้กลายเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังสิ้นเปลืองทรัพยากรธรรมชาติ แต่ถ้ามีกระบวนการที่จะสามารถทำการรีไซเคิลน้ำมันที่ใช้แล้วให้นำกลับมาใช้ได้ใหม่ โดยไม่จำเป็นต้องเป็นน้ำมันที่บริสุทธิ์แต่ให้เป็นน้ำมันที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และอยู่ในเกณฑ์ตามที่มาตรฐานกำหนด ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเหลือทิ้ง และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีบทบาทต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมที่สำคัญภายในประเทศ อุตสาหกรรมที่เกิดจากการนำเอาปาล์มน้ำมันมาใช้ได้แก่ การผลิตน้ำมันเพื่อการบริโภค การใช้น้ำมันปาล์มเพื่อเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมเครื่องอุปโภค-บริโภค เช่น เนยเทียม สบู่ ผงซักฟอก เครื่องสำอาง น้ำมันที่สกัดได้จากผลปาล์มมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่สกัดได้จากชั้นของเปลือกเรียกว่าน้ำมันปาล์ม และที่สกัดได้จากเนื้อในเมล็ดซึ่งเรียกว่าน้ำมันเมล็ดปาล์ม

<u>ปาล์มน้ำมัน</u>

ปาล์มน้ำมัน (oil palm) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวซึ่งแต่เดิมพบว่าเป็นพืชเศรษฐกิจของทวีปแอฟริกาและอเมริกาใต้ ต่อมาชาวโปรตุเกสได้นำมาเพาะปลูกเป็นครั้งแรกในประเทศอินโดนีเซีย เมื่อ พ.ศ. 2391 และประเทศมาเลเซียได้เริ่มทำการเพาะปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจเมื่อ พ.ศ. 2460 สำหรับประเทศไทยได้เริ่มปลูกปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจเมื่อ พ.ศ. 2511 ที่จังหวัดกระบี่ และได้แพร่หลายมากขึ้นในจังหวัดทางภาคใต้ คือ ภูเก็ต ตรัง สุราษฎ์ธานี สตูล สงขลา ชุมพร และประจวบคีรีขันธ์ ปาล์มน้ำมันที่เพาะปลูกในเชิงเศรษฐกิจในปัจจุบันมีชื่อสามัญว่า African oil palm ซึ่งมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Elaeis quincensis* Jacq. ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ชอบภูมิอากาศชื้นและฝนตกชุก ด้วยเหตุผลดังกล่าวการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันของโลกจึงจำกัดอยู่ในเขตที่ราบต่ำของภูมิภาคแถบศูนย์สูตรที่มีความชื้นสูง และที่ราบใกล้ชายฝั่งทะเล เนื้อดินสมบูรณ์ และน้ำไม่ขัง

<u>ความสำคัญของปาล์มน้ำมันต่อระบบเศรษฐกิจ</u>

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงชนิดหนึ่ง นอกจากจะช่วยให้เกษตรกรมีรายได้ ยังให้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง น้ำมันที่สกัดได้จากผลปาล์มสดมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่สกัดได้จากชั้นของเปลือก (mesocarp) เรียกว่าน้ำมันปาล์ม (palm oil) และที่สกัดได้จากชั้นของเนื้อในเมล็ด (kernel) เรียกว่าน้ำมันเมล็ดปาล์ม (palm kernel oil) ความต้องการใช้น้ำมันปาล์มในประเทศจะถูกกำหนดจากความต้องการของอุตสาหกรรมต่างๆ และราคาน้ำมันปาล์มหรือน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันทั่วโลกมีการผลิตน้ำมันเพื่อการบริโภคมากกว่า 65 ล้านตัน โดยเป็นความต้องการน้ำมันปาล์มมากกว่าร้อยละ 20 ปริมาณความต้องการบริโภคน้ำมันปาล์มมีอัตราเพิ่มร้อยละ 9.55 ต่อปี ประเทศไทยมีกำลังการผลิตทั้งหมดประมาณ 57,319 ตันต่อชั่วโมงหรือ 3,490,140 ตันต่อปี ผลผลิตที่ได้ทั้งหมดจะถูกป้อนเข้าสู่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มภายในประเทศ ในขณะที่ประเทศมาเลเซียมีกำลังการผลิตน้ำมันปาล์มเป็นอันดับหนึ่งของโลกและสามารถส่งออกน้ำมันปาล์มในแต่ละปีได้มากถึง 6.10 ล้านตัน การส่งออกน้ำมันปาล์มของประเทศไทยมีอัตราที่น้อยมาก (1,675.69 ตันต่อปี) เมื่อเทียบกับการนำเข้าซึ่งมีปริมาณที่สูง (12,949.68 ตันต่อปี) โดยส่วนหนึ่งมาจากการนำเข้าของรัฐบาลโดยองค์การคลังสินค้าเป็นผู้นำเข้าจำนวน 10,000 ตันในแต่ละปี ตามมติของรัฐมนตรีเพื่อบรรเทาภาวะการขาดแคลนน้ำมันปาล์มเพื่อการบริโภคภายในประเทศ สัดส่วนการใช้ประโยชน์น้ำมันปาล์มของอุตสาหกรรมต่างๆ ในประเทศไทย แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนการใช้ประโยชน์น้ำมันปาล์มของอุตสาหกรรมต่างๆ ในประเทศไทย

ประเภทอุตสาหกรรม	เปอร์เซ็นต์
อุตสาหกรรมเพื่อการบริโภค	62.2
อุตสาหกรรมสบู่	9.2
อุตสาหกรรมของว่างและขบเคี้ยว	8.6
อุตสาหกรรมบริโภคอื่นๆ เช่น พลาสติก เครื่องสำอาง น้ำมันหล่อลื่น	7.6
อุตสาหกรรมบะหมี่สำเร็จรูป	5.9
อุตสาหกรรมนมข้นหวานและนมจืด	4.4
อุตสาหกรรมครีมเทียม	1.3
อุตสาหกรรมเนยขาวและครีมเทียม	1.0

ที่มา : ทนาวุฒิ (2544)

<u>องค์ประกอบของน้ำมันพืช</u>

น้ำมันพืชเป็นสารอินทรีย์จำพวกหนึ่ง ซึ่งส่วนประกอบของกลีเซอรอล (glycerol) กับกรดไขมัน (fatty acid) ดังนี้

$$\begin{array}{lcll} H_2C-OH & & OH-OCR' & H_2C-OOCH \\ HC-OH & + & OH-OCR'' \longrightarrow & H_2C-OOCH \quad + \quad 3\,H_2O \\ H_2C-OH & & OH-OCR''' & H_2C-OOCH \\ \text{กลีเซอรอล} & & \text{กรดไขมัน} & \text{ไตรกลีเซอรอล} \end{array}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของกรดไขมัน

กรดไขมันเป็นสารซึ่งประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) ต่ออยู่กับโซ่ไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon chain) ในโมเลกุลของกรดไขมันอาจมีการจับกันระหว่างธาตุของคาร์บอนทั้ง 1 บอนด์ และ 2 บอนด์ โดยพวกที่มี 1 บอนด์ จะเป็นกรดไขมันอิ่มตัว (saturated) และพวกที่มี 2 บอนด์ จะเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated)

กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids)

กรดไขมันอิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่ (double bond) อยู่ในโครงสร้าง ซึ่งคาร์บอนแต่ละตัวบนสายโซ่จะต่ออยู่กับไฮโดรเจนอย่างน้อย 2 ตัว หากในน้ำมันพืชมีกรดไขมันอิ่มตัวอยู่มากจะทำให้น้ำมันพืชนั้นเป็นไขมัน ตัวอย่างกรดไขมันอิ่มตัวนี้ได้แก่ กรดสเตียริก (Stearic) กรดปาล์มมิติก (Palmitic) กรดลอริก (Lauric) และกรดไมรีสติก (Myrestic) โครงสร้างของกรดไขมันเหล่านี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids)

กรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่โซ่ไฮโดรคาร์บอนจะประกอบด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 1 คู่พันธะขึ้นไป ซึ่งตำแหน่งของพันธะคู่ของกรดไขมันแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันออกไป โดยถ้ามีพันธะเดียวคั่นอยู่ระหว่างพันธะคู่จะเรียกแบบนี้ว่า พันธะเดี่ยวสลับคู่ (conjugate double bond) ดังแสดงเป็นตัวอย่างดังนี้

- CH = CH – CH = CH – CH = พันธะเดี่ยวสลับคู่

- CH = CH – CH_2 - CH = CH - พันธะคู่แบบห่าง (isolate double bond)

ตารางที่ 2 แสดงโครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ

ชื่อของกรดไขมัน	จำนวนคาร์บอน	สูตรโครงสร้าง
กรดลอริก (Lauric)	C 12	CH_3-$(CH_2)_{10}$-COOH
กรดไมรีสติก (Myristic)	C 14	CH_3-$(CH_2)_{12}$-COOH
กรดปาล์มมิติก (Palmitic)	C 16	CH_3-$(CH_2)_{14}$-COOH
กรดสเตียริก (Stearic)	C 18	CH_3-$(CH_2)_{16}$-COOH
กรดโอลิอิก (Oleic)	C 18:1	CH_3-$(CH_2)_7$-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH
กรดลิโนลีอิก (Linoleic)	C 18:2	CH_3-$(CH_2)_4$-CH=CH-CH_2-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH
กรดลิโนลีนิก (Linolenic)	C 18:3	CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH

ที่มา : ดนัยและคณะ (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ของปาล์มน้ำมันและการสกัด

เมื่อทะลายปาล์มมาถึงที่สกัดน้ำมัน ผลปาล์มบางส่วนหลุดออกจากทะลายแล้วหากปล่อยให้ผลปาล์มหลุดออกหมดเองจากทะลายต้องใช้เวลามากกว่าหนึ่งอาทิตย์ หากจะคอยให้ผลปาล์มหลุดออกเองดังกล่าว คุณภาพของน้ำมันจะลดลง เนื่องจากปริมาณที่สูงของกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) เนื่องจากสัดส่วนของทั้งผลที่ร่วงและผลที่ติดอยู่กับทะลายจะเสียหายและเกิดย่อยสลายด้วยเอนไซม์ (lipolysis) ซึ่งโมเลกุลของไขมันจะถูกตัดออกโดยขบวนการไฮโดรไลซีสของปฏิกิริยาเอนไซม์กลายเป็นกลีเซอรอลและกรดไขมัน ดังนั้น การแยกเอาผลออกจากทะลายอย่างรวดเร็วเป็นส่วนสำคัญของขบวนการสกัดน้ำมันและมีข้อแม้ว่าจะต้องหยุดยั้งการเสื่อมของคุณภาพน้ำมันปาล์มก่อนที่จะเอาผลปาล์มออกจากทะลาย

น้ำมันปาล์มแข็งตัวที่อุณหภูมิปกติในภูมิอากาศเขตอบอุ่น ที่อุณหภูมิเขตร้อนจะเป็นของเหลวและมีบางส่วนจับกันเป็นรูปผลึก เมื่อตั้งทิ้งไว้จะมีส่วนที่เป็นของเหลวใสอยู่บนชั้นของเหลวที่เป็นผลึก ข้อบังคับ 3 ประการในการเอาน้ำมันออกจากผลปาล์มคือใช้วิธีกลกับเนื้อผลเพื่อให้เพียงพอที่จะทำให้เซลล์แตก และมีอุณหภูมิสูงพอเพื่อช่วยให้เซลล์แตกและทำให้ส่วนประกอบของไขมันเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสมบูรณ์

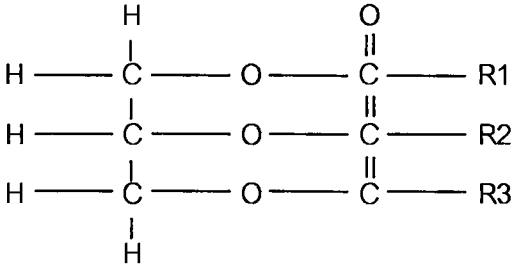
สำหรับการเอาเมล็ดปาล์มออกจากผลปาล์มต้องปฏิบัติดังนี้ คือ ต้องเอาเนื้อผลที่มีน้ำมันอยู่ออกและกะเทาะกะลาโดยไม่ทำความเสียหายแก่เนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน จากเนื้อในเมล็ดปาล์มมักไม่สกัดที่สวนปาล์ม แม้ว่ามีโรงสกัดน้ำมันบางแห่งออกแบบเพื่อการนี้ ข้อแม้สำหรับการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์มซึ่งเป็นของเหลวที่อุณหภูมิกลางวันในเขตร้อนนั้น แตกต่างไปจากน้ำมันปาล์มจากเนื้อผลแต่อาจเหมือนกับเนื้อมะพร้าวและพืชน้ำมันเมล็ดแข็งชนิดอื่นๆ เนื่องจากเนื้อเมล็ดปาล์มแข็งและเหนียวจึงต้องบดให้ป่นก่อนจะสกัดน้ำมันออกด้วยความดัน มักใช้เครื่องหีบแบบหมุนบดให้ละเอียดเพื่อให้เซลล์ที่มีน้ำมันแตกในสัดส่วนที่สูง แล้วนำไปต้มในหม้อต้มทรงสูงที่มีความดันของไอน้ำเพื่อเอาน้ำมันออกและนำไปอัดในเครื่องอัดแบบเกลียว การสกัดวิธีอื่นคือใช้สารละลายน้ำมันสกัดอีกครั้งหลังจากสกัดขั้นแรกก่อนเข้าเครื่องอัดแบบเกลียว ซึ่งจะให้กากปาล์มที่มีน้ำมัน 15% หรืออาจใช้ระบบไดเรก (Direx) ซึ่งสามารถสกัดน้ำมันออกโดยไม่ต้องมีการสกัดขั้นต้น

ผลิตภัณฑ์ การก่อรูป และลักษณะของน้ำมันปาล์ม

ผลิตภัณฑ์ทางการค้า 3 ชนิดของผลปาล์มน้ำมันคือ น้ำมันปาล์ม น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม และกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม ทางเคมีคำว่าไขมัน (fat) ใช้ครอบคลุมน้ำมันพืชและไขมันต่างๆ ไม่ว่าจะอยู่ในสภาพ

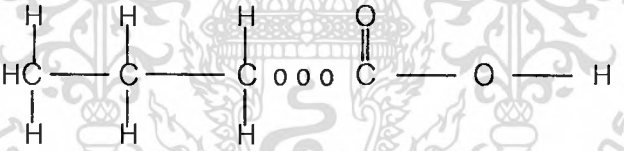
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นของแข็งหรือของเหลว และไขมันหมายถึงเอสเทอร์ของกรดไขมันอิสระที่ประกอบเป็น trihydric alcohol glycerol ไขมันกลีเซอไรด์ พบในไขมันพืชและสัตว์มีสูตรโครงสร้างดังนี้

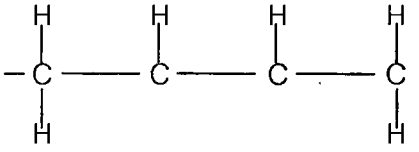


ในที่นี้ R1, R2 และ R3 คือลูกโซ่ของไฮโดรคาร์บอนของอนุพันธ์กรดไขมันอิสระ

ในธรรมชาติการเกิดไขมันพืชเป็นแบบสารผสมของไขมันชนิดต่างๆและลักษณะของไขมันขึ้นอยู่กับกรดไขมันอิสระหลักที่ประกอบอยู่และโดยการก่อรูปจับกันเป็นโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระเป็นลูกโซ่ของไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีอะตอมของไฮโดรเจนเกาะอยู่ 2 ตัว ณ ที่ซึ่งมีอะตอมของคาร์บอนทุกตัวหรือส่วนใหญ่ที่อะตอมของคาร์บอนในลูกโซ่นั้น ที่ปลายของอะตอมของคาร์บอนของลูกโซ่นี้มีอะตอมของไฮโดรเจนเชื่อมอยู่และแขนข้างหนึ่งของอะตอมของคาร์บอนมีกลุ่มคาร์บอนซีลเกาะอยู่ โครงสร้างทั่วไปเป็นดังนี้



กรดไขมันของสูตรโครงสร้างทั่วไปนี้คือกรดไขมันอิ่มตัวเพราะมีอะตอมของไฮโดรเจน เชื่อมอยู่เต็มแขนของอะตอมของคาร์บอนในลูกโซ่ กรดไขมันไม่อิ่มตัวคือพวกที่มีแขนคู่ 2 หรือ 3 แห่ง ระหว่างอะตอมของคาร์บอนดังนั้นจึงมีอะตอมของไฮโดรเจนเพียงหนึ่งเดียวเกาะอยู่ดังนี้



แขนคู่อาจอยู่ในตำแหน่งต่างๆกันในลูกโซ่จึงก่อให้เกิดไอโซเมอร์ (isomer) แตกต่างกัน ยิ่งไปกว่านั้นก็ยังมีไอโซเมอร์แบบเรขาคณิต (cis or tran) ขึ้นอยู่กับโมเลกุลที่เชื่อมโดยแขนคู่ว่าอยู่ทิศทางเดียวกันหรือทิศทางตรงกันข้าม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อน้ำมันชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่น น้ำมันปาล์มมาทำปฏิกิริยาทางเคมี โดยเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วทำให้ร้อน โมเลกุลของน้ำมันจะแตกออกเป็น 2 ส่วน คือ กลีเซอรอลและเกลือของกรดอินทรีย์ (กรดไขมัน) หรือสบู่นั่นเอง ซึ่งเมื่อทำให้เป็นกลางโดยการเติมกรดไฮโดรคลอริคหรือกรดเกลือ ผลผลิตที่ได้จะเป็นอินทรีย์

ในทางเคมีปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดของไขมันเมื่อมองในแง่ของผู้ผลิตคือ ไฮโดรไลซิส นั่นคือการก่อรูปเป็นไกลเซอรอลอิสระและไขมันอิสระ (Free fatty acid) โดยการแยกตัวของโมเลกุลไขมันและการเพิ่มน้ำเข้าไป ซึ่งอาจแสดงได้ดังสมการ

$$CH_2OOCR + H_2O \rightleftharpoons CH_2OH + HOOCR$$

ซึ่ง CH_2 แทน 1/3 ส่วนของอนุพันธ์ไกลเซอรอลและ R เป็นลูกโซ่ไฮโดรคาร์บอนของอนุพันธ์กรดไขมัน ไฮโดรไลซีสอาจเกิดขึ้นเองเมื่อมีน้ำซึ่งอาจเร่งปฏิกิริยาโดยโลหะ หรือโดยปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลเปส เอนไซม์นี้เป็นเอนไซม์ที่ย่อยไขมันในระบบการย่อยอาหารของสัตว์ แต่ก็พบในผลของปาล์มน้ำมัน ในรา และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ใช้ไขมันเป็นอาหาร หน้าที่สำคัญสุดของผู้ผลิตน้ำมันปาล์มคือ การป้องกันไฮโดรไลซีสโดยการลดปริมาณน้ำและสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในน้ำมันให้เหลือน้อยที่สุด และโดยการทำลายเอนไซม์ดังกล่าว การไฮโดรไลซีสด้วยด่าง เรียกว่า saponification ซึ่งก่อให้เกิดสบู่และไกลเซอรอล

โดยธรรมชาติของกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันจะพบว่า กรดไขมันที่มีหมู่ R เป็นไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว เรียกว่า กรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัว ถ้าน้ำมันมีกรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในโมเลกุล เรียกว่า น้ำมันอิ่มตัว และถ้ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ในโมเลกุลเรียกว่า น้ำมันไม่อิ่มตัว ความอิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัวของกรดไขมันในโมเลกุลของน้ำมันมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของน้ำมันนั้นๆ น้ำมันที่มีความอิ่มตัวสูงกว่าน้ำมันที่มีความไม่อิ่มตัว น้ำมันยังมีความไม่อิ่มตัวมากจะมีจุดหลอมเหลวที่ต่ำลง จึงเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง (25°C) ส่วนน้ำมันสัตว์ เช่น น้ำมันหมูมีกรดไขมันอิ่มตัวอยู่มากจึงเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องจะสังเกตเห็นได้ว่าทั้งน้ำมันและไขมัน มีโมเลกุลเป็นสารพวกเอสเตอร์เหมือนกันแต่เรียกแตกต่างกัน ตามสถานะที่ปรากฏ ณ อุณหภูมิห้อง ถ้าเป็นของเหลวเรียกว่า “น้ำมัน” ถ้าเป็นของแข็งเรียกว่า “ไขมัน”

ปฏิกิริยาที่สำคัญอันที่สองของไขมันคือ ออกซิเดชัน ไขมันไม่อิ่มตัวมักได้รับการเติมออกซิเจนตรงแขนคู่ทำให้เกิดผลผลิตของออกซิเดชันอันแรกคือ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนและไม่น่ารับประทานเนื่องจากรสและกลิ่นไม่เป็นที่พึงปรารถนา และอาจมีผลกระทบต่อความสามารถในการฟอกสีของน้ำมัน ในขบวนการสกัดน้ำมัน สารที่ส่งเสริมออกซิเจนเดชันที่น่าจะเป็นไปได้ (prooxidants) คือ ออกซิเจนในบรรยากาศ ธาตุโลหะแม้ปริมาณน้อย และจะเร่งปฏิกิริยาให้เร็วขึ้นโดยแสง การเกิดโดยธรรมชาติของแอนติออกซิแดนท์ ซึ่งระงับการออกซิเดชันอาจวัดได้ในรูปของค่าเปอร์ออกไซด์ของไขมันซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นตัวชี้ปริมาณออกซิเจนที่ทำปฏิกิริยาโดยคำนวณจากการปลดปล่อยไอโอดีนจากโปแตสเซียมไอโอไดด์ในกรดอะซิติกเข้มข้น และระบุเป็นมิลิอิควิวาเลนท์ของเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อ 100 กรัมของไขมัน

ปฏิกิริยาสำคัญอันที่สามของไขมันคือการเติมไฮโดรเจน (hydrogenation) หรือ "การทำให้แข็งตัว" (hardening) ซึ่งเป็นขบวนการทางอุตสาหกรรมซึ่งยอมรับทั่วไปในการเปลี่ยนกลับไปมาระหว่างไขมันและน้ำมันไขมากกว่าขบวนการอื่นใด ขบวนการนี้เป็นการเติมอะตอมของไฮโดรเจนตรงตำแหน่งแขนคู่ของคาร์บอนของไขมันไม่อิ่มตัว เพื่อเปลี่ยนให้เป็นไขมันอิ่มตัวที่มีจุดหลอมเหลวสูง

ปฏิกิริยาที่สี่เรียกว่า halogen addition เป็นการวัดสัดส่วนของไขมันที่ไม่อิ่มตัวต่อแขนคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ปริมาณของฮาโลเจนที่ถูกจับไว้แสดงออกในรูปของไอโอดีนเรียกว่า ค่าไอโอดีน (iodine value) ซึ่งเป็นจำนวนกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดซับต่อไขมัน 100 กรัม

ปฏิกิริยาสุดท้าย คือการกลั่นแยกส่วน (fractionation) เนื่องจากปริมาณน้ำมันปาล์มเข้าสู่ตลาดในปริมาณมากขึ้น ดังนั้นความสนใจที่เพิ่มขึ้นไม่เพียงแต่ผลิตน้ำมันปาล์มให้ได้มาตราฐาน มีคุณภาพสูงเท่านั้น แต่หลายประเทศซึ่งเป็นผู้ผลิตได้ปรับปรุงรายได้รวมโดยการกลั่นแยกส่วนน้ำมันปาล์ม ของเหลวที่แยกส่วนออกสามารถใช้เป็นน้ำมันปรุงอาหารสำหรับท้องถิ่น ส่วนของแข็งที่แยกส่วนออกมาก็ขายในรูปของน้ำมันสำหรับทอดอาหาร เนยเทียม และผลิตภัณฑ์อื่นๆ

ไขมันพืชเช่นน้ำมันปาล์มค่อยๆละลายในอุณหภูมิพิสัยหนึ่ง ทั้งนี้มิใช่เพราะประกอบด้วยส่วนผสมของไขมันแบบต่างๆ แต่ไขมันแข็งซึ่งองค์ประกอบทางเคมีคล้ายกันอาจมีรูปแบบของผลึกหรือไอโซเมอร์แบบ cis และ tran แตกต่างกัน คุณสมบัติทางฟิสิกส์อื่นๆของไขมันซึ่งบางครั้งต้องการทราบเพื่อการขนส่งและการใช้ คือ จุดเกิดควัน (smoke point) หรืออุณหภูมิที่ไขมันเริ่มมีควัน จุดวาบไฟ (flash point) หรืออุณหภูมิที่ไอไขมันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจนเกิดการสันดาปที่พื้นผิว จุดติดไฟ (fire point) หรืออุณหภูมิที่ไอไขมันเกิดขึ้นอย่างเร็วจนเกิดการเผาไหม้ติดต่อกัน ค่าเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความยาวของโซ่กรดไขมัน และกรดไขมันอิสระ

มาตรฐานคุณภาพ

น้ำมันปาล์มมีการซื้อขายโดยใช้กรดไขมันอิสระ 5% เป็นตัวกำหนดโดยประกาศของผู้นำเข้าและมีการปรับใหม่หากมีค่าเกินกว่านี้ เพื่อรักษาให้ได้ตามมาตรฐานนี้ผู้ผลิตจะต้องทำให้น้ำมันมีกรดไขมันอิสระ 3.5% โรงงานในตะวันออกไกลและแห่งอื่นผลิตน้ำมันปาล์มที่มีกรดไขมันอยู่ในพิสัยจาก 2.5 – 4.0% ในไนจีเรีย น้ำมันที่ส่งออกเป็นปริมาณมากซึ่งผลิตโดยผู้ประกอบการขนาดเล็ก เจ้าหน้าที่การตลาดตั้งข้อกำหนดเป็นการภายในสำหรับซื้อน้ำมันที่ใช้บริโภคว่าต้องมีกรดไขมันอิสระ 3.5% น้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระสูงกว่านี้จะต้องลดราคาลง จำแนกคุณภาพน้ำมันปาล์มดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงการจำแนกคุณภาพน้ำมันปาล์ม

ปัจจัย	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
กรดไขมันอิสระ	< 2.0	2.0 – 2.7	2.8 – 3.7	3.8 – 5.0	>5.0
ความชื้น	< 0.1	0.1 – 0.19	0.2 – 0.39	0.4 – 0.6	>0.6
ฝุ่นผง	< 0.005	0.005 – 0.01	0.011 – 0.025	0.026 – 0.05	>0.05

ผู้ผลิตรายใหญ่หลายแห่งจำหน่ายน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระต่ำมากมาเป็นเวลานานบางครั้งต่ำถึง 1.5% และทั่วไปอยู่ราว 2.0%

วิธีการแปรรูปปาล์มน้ำมัน

ลักษณะของกระบวนการผลิต

1. แบบทางกล (Mechanical Process) ประกอบด้วย หม้อน้ำ เทอร์ไบน์ไฟฟ้า ส่วนหีบน้ำมันปาล์ม ส่วนการเตรียมและหีบน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ส่วนบรรจุ
2. แบบเคมี (Chemical Process) ประกอบด้วย โรงกลั่นน้ำมัน ส่วนสกัดน้ำมันเมล็ดในปาล์มด้วยสารละลาย

การแปรรูปน้ำมันปาล์มในอุตสาหกรรมมีกระบวนการ 3 กระบวนการ คือ

1. การหีบเอาน้ำมันจากส่วนเปลือกและส่วนเมล็ดในได้น้ำมันปาล์มดิบ
2. กระบวนการกลั่นใสน้ำมันปาล์มให้บริสุทธิ์
3. นำน้ำมันที่ได้จากการกลั่นใสมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

การผลิตน้ำมันปาล์มดิบ (CPO, Crude Palm Oil)

1. การนึ่งเพื่อหยุดการเกิดกรดและให้แยกผลปาล์มจากขั้วทะลายได้ง่าย และช่วยการย่อยกับหีบได้ง่ายขึ้น
2. การนวดแยกผลปาล์มจากทะลาย
3. การย่อยผลปาล์มเพื่อให้เซลล์น้ำมันแตกตัวง่ายต่อการหีบ
4. การหีบน้ำมันจากผลปาล์ม
5. การแยกใยจากเมล็ดเพื่อนำใยไปใช้เป็นเชื้อเพลิงและเมล็ดไปกะเทาะ
6. การแยกน้ำมัน กาก และน้ำออกจากกันเพื่อให้ได้น้ำมันที่สะอาด เก็บได้นานโดยคุณภาพไม่เปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การกระเทาะและแยกเมล็ดในปาล์มจากกะลา เพื่อนำกะลาไปใช้เชื้อเพลิง ส่วนเมล็ดในปาล์มนำไปอบแห้ง
8. การอบเมล็ดในปาล์มเพื่อรักษาคุณภาพให้เก็บได้นาน

<u>การผลิตน้ำมันเมล็ดในปาล์ม</u>

1. การเตรียมเมล็ดในโดยการย่อยให้เล็กลงและรีดให้เป็นแผ่น
2. การหีบสกัดน้ำมันออกบางส่วน
3. การสกัดน้ำมันเมล็ดในด้วยเฮกเซน (Hexane) และการนำเฮกเซนกลับคืน
4. การบรรจุกากใส่กระสอบ

<u>การกลั่นน้ำมันปาล์ม</u>

ในกระบวนการนี้เป็นการนำเอาน้ำมันปาล์มดิบมาทำให้บริสุทธิ์ โดยขจัดสิ่งเจือปนต่างๆออกไป จนน้ำมันมีความบริสุทธิ์ตามมาตรฐานที่กำหนด สามารถใช้บริโภคได้ สารที่เจือปนในน้ำมันปาล์มดิบสามารถแยกกลุ่มตามผลที่ทำให้เกิดกับน้ำมัน คือ

1. กลุ่มไฮโดรเลติค ได้แก่ ความชื้น สิ่งสกปรก กรดไขมันอิสระ กลีเซอร์ไรด์ และเอนไซม์ต่างๆ
2. กลุ่มออกซิเดตีฟ ได้แก่ พวกโลหะหนัก สารพวกออกซิเดชัน เม็ดสีโตโคเฟอรอล และฟอสฟาไทด์
3. สารที่เป็นตัวเร่งให้เกิดสารพิษ ได้แก่ สารประกอบพวกไนโตรเจน กำมะถันและฮาโลเจน

<u>กระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ มี 2 ระบบ คือ</u>

- ระบบทางกายภาพ
- ระบบทางเคมี

1. กระบวนการทางกายภาพ เป็นกระบวนการที่นำน้ำมันปาล์มดิบมากำจัดสิ่งเจือปน พวกฟอสฟาไทด์ออก โดยใช้กรดฟอสฟอริก สารที่เจือปนอยู่จะรวมตัวเป็นก้อน ฟอกสีน้ำมันด้วยดินฟอกสีและผ่านเข้าเครื่องกรอง เพื่อแยกเอาดินฟอกและตะกอนของสิ่งสกปรกออก หลังจากนั้นก็ผ่านไปยังกระบวนการกำจัดกรดและกลิ่นเพื่อแยกเอากรดไขมันอิสระแอสดีไซด์และคีโตนออก โดยใช้วิธีการฟ่นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 230 – 240 °C ภายใต้สูญญากาศใช้เวลา 1 – 2 ชม. จะได้น้ำมันอาร์บีดี เช่นกัน

2. กระบวนการทางเคมี จะใช้สารเคมีเกือบทุกขั้นตอน ดังนั้นต้นทุนการผลิตต่อหน่วยค่อนข้างสูง เริ่มจากนำน้ำมันปาล์มดิบมาแยกฟอสฟาไรด์ออกก่อนโดยใช้กรดฟอสฟอริค หลังจากนั้นผ่านไปยังกระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ โดยใช้สารละลายโซดาไฟ ขั้นตอนนี้จะได้ไขสบู่ที่มีกรดไขมันอิสระไม่เกิน 0.3% จากนั้นนำน้ำมันไปไล่ความชื้นและฟอกสีด้วยดินฟอกสี กรองดินฟอกสีออกผ่านไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขบวนการกำจัดกลิ่น โดยใช้ไอน้ำเพื่อแยกเอากรดที่เหลืออยู่ พร้อมทั้งแอลีไซด์และคีโตนซึ่งเป็นตัวทำให้น้ำมันหืนออกและยังฟอกสีน้ำมันได้ด้วยน้ำมันที่ได้จะบริสุทธิ์ ซึ่งเรียกว่า น้ำมัน อาร์ บี ดี

<u>การแยกไข</u>

1. การอุ่นน้ำมันเพื่อละลายผลึกไขปาล์ม (Stearin) ที่มีอยู่ให้หมด
2. ตกผลึกไขปาล์มโดยการใช้น้ำเย็นลดอุณหภูมิลงตามประเภทของน้ำมัน
3. กรองแยกไขปาล์มออกจากน้ำมันโอลีน (Olein)
4. ปั๊มแยก น้ำมันโอเลอีนและไขปาล์ม ไปเก็บในถังเก็บเพื่อเตรียมส่งขายเป็นคันรถ หรือเตรียมนำไปบรรจุปีบหรือขวดต่อไป

<u>การบรรจุน้ำมันลงขวดและปีบ</u>

1. การเตรียมภาชนะบรรจุ เช่น กล่อง ขวด ปีบ ฝา ฉลาก
2. การป้อนขวดหรือปีบเข้าสู่สายการผลิตของแต่ละสาย
3. การบรรจุขวดหรือปีบ
4. การปิดฝา
5. การปิดฉลาก
6. การบรรจุขวดลงกล่อง
7. การเรียงปีบหรือกล่องที่บรรจุขวดบนรถยก เพื่อยกเข้ากองเก็บ

<u>ปัจจัยสำคัญของการผลิต</u>

(ก) คุณภาพวัตถุดิบ : (คุณภาพได้จากสวน)

1. วัตถุดิบใหม่และสด ทั้งทะลายปาล์ม เมล็ดในปาล์ม และน้ำมันปาล์ม
2. ทะลายปาล์มต้องสุกเต็มที่ ไม่ดิบหรือสุกงอมมากเกินไป
3. เมล็ดในปาล์ม ต้องมีความชื้นและกรดไขมันอิสระ (FFA, Free fatty acid) ต่ำ มีกะลาและสิ่งเจือปนต่ำ
4. น้ำมันปาล์มต้องมีค่ากรดไขมันอิสระ (FFA, Free fatty acid) ต่ำ มีค่าดัชนีการฟอกสี (DOBI) ต่ำ มีความชื้นและสิ่งเจือปนต่ำ

(ข) ต้นทุนการผลิต

1. การควบคุมความสูญเสียของน้ำมัน (Oil Loss) ในกระบวนการผลิต
2. การควบคุมความสูญเสียของสารเคมีที่ใช้ในการผลิต
   - สารลาย เฮกเซน ในการสกัดน้ำมันเมล็ดในปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แป้งฟอกสี และกรดฟอสฟอริกในการกลั่นน้ำมันปาล์ม

3. การควบคุมการหยุดฉุกเฉินและค่าซ่อมแซมของส่วนการผลิตและส่วนผลิตพลังงาน
4. ค่าแรงงาน

<u>คุณสมบัติที่ใช้ทางการค้าของน้ำมันปาล์มในประเทศควรมี ดังนี้</u>

1. กรดไขมันอิสระไม่เกินร้อยละ 5
2. ความชื้นไม่เกินร้อยละ 0.5
3. สิ่งเจือปนไม่เกินร้อยละ 0.05

นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติบางประการที่เป็นเครื่องชี้ชัดคุณภาพน้ำมันที่ควรทราบมี

1. ค่าไอโอดีน (Iodine Value, IV) เป็นตัววัดปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันปาล์ม ค่าที่วัดเป็นน้ำหนักไอโอดีน 1 กรัม ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับน้ำหนัก 100 กรัม ค่า IV ควรอยู่ระหว่าง 52.55
2. ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value, PV) วัดความหืนในน้ำมันปาล์มโดยวัดปริมาณออกซิเจนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาทางเคมีที่อยู่ในน้ำมันเป็นมิลลิกรัมสมดุลต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม ควรมีค่าไม่เกิน 10
3. ปริมาณเหล็ก (Fe) มีเหล็กเจือปนอยู่ไม่เกิน 4 ส่วนในล้านส่วน
4. ทองแดง (Cu) ควรมีเจือปนไม่เกิน 0.2 ส่วนในล้านส่วน
5. สารหนู (Aresenic) มีได้ไม่เกิน 0.1 ส่วนในล้านส่วน
6. ตะกั่ว (Pb) ไม่ควรเกิน 0.2 ส่วนในล้านส่วน
7. ปริมาณสบู่ มีได้ไม่เกิน 0.005%

<u>การใช้ประโยชน์น้ำมันปาล์มในด้านอาหาร</u>

การนำน้ำมันปาล์มไปใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารมีมานานกว่า 5,000 ปีแล้ว ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชน้ำมันที่สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งที่เป็นอาหาร (food) และที่ไม่ใช่อาหาร (non-food) นั่นคือ มีประโยชน์ทั้งด้านการบริโภคและอุปโภค ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะต้องนำน้ำมันปาล์มไปทำให้บริสุทธิ์ (refining) ก่อนนำไปใช้งานด้านต่างๆแต่บางหมู่บ้านในอัฟริกาก็ยังคงมีการทำนำน้ำมันปาล์มที่ไม่ได้ผ่านการทำบริสุทธิ์ไปใช้ในการทำอาหารเหมือนกันอย่างเช่นในอดีต ตัวอย่างของการใช้ประโยชน์ของน้ำมันปาล์มในอาหารคือ ใช้น้ำมันปาล์มโอเลอีนทำอาหารในครัวเรือน หรือใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ที่ต้องมีการทอด เนยเทียม เนยขาว วานาสปาติ น้ำมันพืช ไอศกรีม ขนมขบเคี้ยว และลูกกวาด ครีมเทียมประเภทต่างๆ สบู่และผงซักฟอกและอุตสาหกรรมโอเลโอเคมีคอล (oleochemical) ซึ่งรวมถึงการผลิตเชื้อเพลิง (เมทานอล) เพื่อใช้กับเครื่องยนต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนยขาว

ที่อุณหภูมิ 20°C น้ำมันปาล์มจะมีปริมาณของแข็ง 22-25% จึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการทำเนยขาว ซึ่งผลิตมาจาก 100% ของน้ำมันและไขมัน ฟังชันก์ที่สำคัญอันหนึ่งของเนยขาว คือ ความสามารถในการดักอากาศเอาไว้ในตัว ทำให้เกิดโครงสร้างที่พรุน จึงเพิ่มปริมาตรของเนื้อเค้ก และให้ความนุ่มนวลในเนื้อสัมผัส

เนยเทียม

เนยเทียม เป็นอิมัลชัน ระหว่างน้ำและไขมัน โดยปริมาณของไขมัน จะเป็นตัวตัดสินคุณสมบัติทางกายภาพของเนยเทียมและคุณสมบัตินี้จะแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์ ปาล์มโอเลอีนนั้นเหมาะสมที่จะเป็นองค์ประกอบในส่วนที่เป็นของเหลวของเนยเทียม ในขณะที่อาจนำปาล์มสเตอรีนมาใช้เป็นองค์ประกอบในส่วนที่เป็นของแข็ง

วานาสปาติหรือกีเทียม

กีเทียมหรือเนยใสจากพืช (vegetable ghee) ซึ่งโดยปกติก็จะได้จากการหมักน้ำมันเนยและแยกเอาเฉพาะส่วนที่ใสออกมาอาจมีผลิตภัณฑ์น้ำมันปาล์มผสมอยู่ 5-50%

น้ำมันสำหรับทอด

น้ำมันปาล์มนั้นเป็นน้ำมันพืชที่ใช้กันมากที่สุดในอุตสาหกรรมของการทอด เช่นการทอดบะหมี่สำเร็จรูป เป็นต้น ทั้งนี้เพราะน้ำมันปาล์มปราศจากกลิ่น มีความต้านทานสูงต่อการเกิดออกซิเดชัน ไม่เกิดการโพลีเมอร์ไรซ์ไปเป็นกัม และมีกรดไขมันที่ทรงคุณค่าทางอาหาร (มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว 50% และไม่มี trans acids)

specialty fats

เป็นวัตถุดิบในอุดมคติสำหรับการผลิต specialty fats ซึ่งเหมาะสมสำหรับการสร้างผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาด ท๊อฟฟี่ โดยเฉพาะช็อกโกแลต

การนำไปใช้งานทางอาหารในปัจจุบัน

เนื่องจากน้ำมันปาล์มมีราคาถูกและมีแพร่หลายทั่วไป จึงถูกนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารในรูปอิมัลชัน ในรูปผง และผลิตภัณฑ์ประเภทสะดวกซื้อหลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้น้ำมันปาล์มและน้ำมันปาล์มจากเนื้อเมล็ดในปาล์มแทน ไขมันเนยสำหรับอุตสาหกรรมไอศกรีมและอุตสาหกรรมนมบางชนิดที่เรียกว่า "filled milk" (ซึ่งอาจทำจากนมพร่องมันเนยผสมกับน้ำมันปาล์มก็ได้)

ประโยชน์อีกันหนึ่งที่น่าสนใจ การใช้น้ำมันปาล์มเป็นส่วนผสมในอาหารเด็กอ่อน ทั้งนี้เพราะมีโอเลอีนที่มีจุดเดือดต่ำและมีกรดพามิติก 10-15% ทำให้ง่ายต่อการย่อย

นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์ที่กล่าวมาแล้ว ยังมีอาหารอื่นๆอีกหลายชนิดที่มีน้ำมันปาล์ม และน้ำมันปาล์มจากเนื้อเมล็ดในปาล์มเป็นส่วนประกอบรวมทั้ง ส่วนผสมในซุป เค้ก ของหวานนานาชนิด เครื่องแกงต่างๆ ปลากระป๋อง ถั่ว ซีเรียล เนยถั่ว เครื่องดื่ม ฯลฯ

ศักพยภาพในการนำไปใช้งานด้านอาหาร

อนาคตในการใช้ประโยชน์จากน้ำมันปาล์มคือ การใช้น้ำมันปาล์มแดงบริสุทธิ์ (refined red palm oil) ในการปรุงอาหาร เนื่องจากมีไวตามินอีและเบต้าคาร์โรทีน ในปริมาณที่สูง การบริโภคน้ำมันปาล์มแดงบริสุทธิ์ จึงเป็นหนทางหนึ่งในการต่อสู้กับโรคขาดไวตามินเอ นอกจากนั้นสีแดงของน้ำมันยังเข้ากันได้ดีกับส่วนผสม เช่น พริกและเครื่องแกงอีกด้วย ทำให้อาหารมีสีสัน ดูน่ารับประทานมากขึ้น

อนาคตที่สดใสอันหนึ่งของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปาล์มคือการใช้ RBD palm olein ที่มี IV สูงเป็นน้ำมันสลัด โดยการผสมน้ำมันปาล์มกับน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ หรืออาจใช้ RBD palm oil เป็นน้ำมันบาร์บีคิว เพราะนอกจากมันจะช่วยพากลิ่นแล้วมันยังป้องกันไม่ให้เนื้อบาร์บีคิวแห้งอีกด้วย

บทบาทของไขมันและน้ำมันในการประกอบอาหาร

ไขมันและน้ำมันที่ใช้ในการประกอบอาหารมีความสำคัญ ดังนี้

1. ช่วยเพิ่มรสชาติของอาหารให้ดีขึ้น

2. เป็นตัวนำความร้อนที่ทำให้อาหารสุก ช่วยหล่อลื่นไม่ให้อาหารติดภาชนะที่ใช้ทอดและช่วยทำให้อาหารมีสีสวยด้วย อาหารที่ทอดด้วยน้ำมันมาก ส่วนใหญ่จะมีสีน้ำตาล ต้องใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 177–201 °ซ ในการเลือกน้ำมันสำหรับทอดจึงต้องคำนึงถึงจุดที่เป็นควันของไขมันด้วย เพราะไขมันที่ใช้ทอดต้องไม่สลายตัวเป็นควันก่อน ไขมันและน้ำมันต่างชนิดกันจะทำให้อาหารมีรสชาติต่างกัน ข้อสำคัญที่สุดไขมันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ต้องไม่มีกลิ่นเหม็นหืน และอาหารจะต้องไม่อมน้ำมันมาก เพราะจะทำให้อาหารเสียรสชาติ ปัจจัยที่ทำให้อาหารอมน้ำมันมากเวลาทอด ได้แก่

2.1. เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ทอด การทอดที่อุณหภูมิต่ำทำให้ต้องใช้เวลานาน ทำให้อาหารอมน้ำมันมาก ภาชนะที่ใช้ทอดควรเป็นภาชนะโลหะหนัก ซึ่งนำความร้อนได้ดี และไม่ใส่อาหารลงไปทอดครั้งละมากๆ เพราะทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง

2.2. พื้นที่ผิวของอาหรที่สัมผัสน้ำมัน อาหารชิ้นใหญ่อมน้ำมันมากกว่าชิ้นเล็ก และอาหารที่มีผิวหน้าขรุขระหรือมีรูพรุนจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีผิวเรียบ เพราะมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกันน้ำมันมากกว่า

2.3. ส่วนผสมของอาหาร อาหารที่มีแป้ง ไขมัน และน้ำตาลมากจะอมน้ำมันมากขึ้นตามส่วนประกอบ

2.4. จุดที่เป็นควันของไขมัน อาหารจะอมน้ำมันได้มากขึ้นเมือใช้น้ำมันที่มีจุดเป็นควันต่ำ

น้ำมันที่ใช้ทอดแล้วมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น คือ มีปริมาณของกรดไขมันอิสระมากขึ้น ค่าไอโอดีนลดต่ำลง จุดที่เป็นควันและจุดหลอมเหลวต่ำลง สีของน้ำมันดำขึ้นและน้ำมันจะเหนียวขึ้น น้ำมันที่ใช้แล้วควรกรองเศษอาหารเล็กๆ ออก และเก็บน้ำมันไว้ในที่เย็นปราศจากอากาศและแสงเพื่อช่วยยืดอายุของการทอดของน้ำมันให้นานขึ้น

3. ไขมันทำให้แป้งนุ่มและร่วนเป็นชิ้น อาหารที่ทำด้วยแป้ง เช่น ขนมเค้ก กระหรี่ปั๊บ โรตี และพาย ฯลฯ ถ้าไม่ใส่ไขมัน เส้นใยกลูเตน ซึ่งเกิดจากโปรตีนในแป้งกับน้ำจะเกาะกันเหนียวและแน่น แต่ถ้าใส่ไขมันและไขมันจะเข้าไปแทรกระหว่างเส้นใยกลูเตน และบางส่วนจะทำให้เส้นใยกลูเตนขาด ทำให้เนื้อขนมไม่แน่น ในขนมเค้กไขมันถูกตีเป็นหยดเล็กๆ แทรกอยู่ทั่วไปทำให้ขนมนุ่ม ส่วนในขนมประเภทกระหรี่ปั๊บและพาย ไขมันที่แทรกอยู่เป็นหยดใหญ่อยู่ระหว่างชั้นของเส้นใยกลูเตน จึงทำให้ขนมนุ่มและร่อนเป็นชิ้น

<u>การทอด (Frying)</u>

ในกระบวนการทอด น้ำมันจะเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน การทอดจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ความร้อนแลแห้งในเตาอบ และมีความรวดเร็วกว่าการต้มด้วยน้ำ เนื่องด้วยอุณหภูมิของตัวกลางที่สูงกว่าและการแทรกซึมผ่านของความร้อนที่รวดเร็วกว่านั่นเอง จึงเป็นเหตุผลที่พ่อครัวส่วนใหญ่นิยมใช้การปรุงอาหารโดยการทอด

การทอดไม่ได้มีความหมายเพียงแค่การถ่ายเทความร้อนสู่อาหารเท่านั้น ไขมันจะเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในอาหาร จะเกิดเป็นกลิ่นรสเฉพาะตัวที่มีอยู่แต่ในอาหารทอดเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเดือดปุดของไอน้ำที่เกิดระหว่างการทอดเป็นสิ่งสำคัญ ที่เป็นตัวที่จะบอกว่าภายในชิ้นอาหารที ความดันไดสูงกว่าน้ำมันในเครื่องทอด ถ้าความดันภายในตกลง จะทำให้น้ำมันที่อยู่ภายในแทรกซึมเข้าไปแทนที่ จะทำให้อาหารเกิดการเยิ้มไปด้วยน้ำมัน

<u>การเปลี่ยนแปลงของไขมันระหว่างทอด</u>

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขั้นของน้ำมันหรือไขมันระหว่างทอดที่เห็นได้ชัด คือ น้ำมันเป็นสีดำ ความหนืดเพิ่มขึ้น จุดเกิดควันลดลง เกิดฟองเพิ่มขึ้น เมื่อไขมันได้รับความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีใน 3 รูปแบบ คือ

1. การไฮโดรไลซ์ไขมันทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ โมโนและไดกลีเซอไรด์

2. การออกซิไดซ์ไขมัน ทำให้เกิดสารประกอบหลายชนิดซึ่งระเหยได้ เช่น ไฮโดรเพอออกไซด์ (hydroperoxide) คอนจูเกตเตท ไดอีโนอิก แอซิค (conjugated dieonoic acid) อีพอกไซด์ (epoxide) ไฮดรอกไซด์และคีโทน สารประกอบเหล่านี้อาจเกิดการแตกตัวต่อไปอีก หรืออาจจะยังคงเป็นโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ และเกิดพันธะข้าม (cross lin) ซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดไดเมอริกและโพลิเมอร์ไตรกลีเซอไรด์ที่สูงขึ้น

3. การเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอนกันคาร์บอนโดยไม่มีอะตอมของออกซิเจนในโมเลกุลไขมัน ถ้าพันธะเหล่านี้เกิดขึ้นในกรดไขมัน 1 โมเลกุล จะทำให้เกิดกรดไขมันแบบต่อกันเป็นวง (cyclic fatty acid) ถ้าเกิดพันธะระหว่างกรดไขมัน 2 โมเลกุล อาจเกิดภายในโมเลกุลเดียวกันหรือระหว่างโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ทำให้เกิดกรดไดเมอริกและถ้าเกิดพันธะข้ามระหว่างโมเลกุลเหล่านี้ต่อไปก็ทำให้เกิดโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้นอีก

สารประกอบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงในน้ำมันทอดที่กล่าวแล้วข้างต้นสามารถตรวจวิเคราะห์ได้ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

<u>สารประกอบสลายตัวที่ระเหยได้ (volatile decomposed product)</u> สามารถกลั่นแยกออกจากน้ำมันที่ใช้ทอดได้ คุณลักษณะของสารประกอบเหล่านี้มีความสำคัญด้วยเหตุผล 3 อย่าง คือ

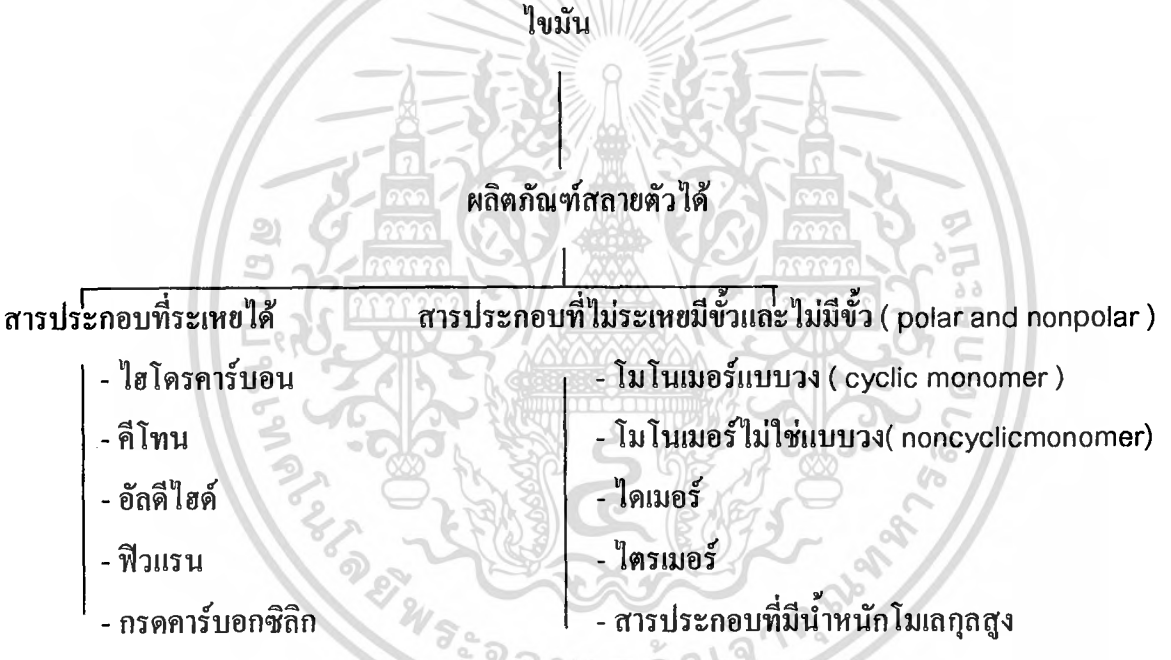
1. โดยศึกษาจากกลไกการเกิดสารเหล่านี้ทำให้เกิดความเข้าใจในปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการทอดแบบน้ำท่วม

2. ขณะทอดอาหารผู้ประกอบการจะหายใจเอาสารเหล่านี้เข้าสู่ร่างกาย ส่วนที่เหลือในน้ำมันจะปนอยู่ในอาหารที่บริโภค จึงควรตรวจสอบสารเหล่านี้ซึ่งมีอิทธิพลต่อสุขภาพของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สารสลายตัวกลุ่มนี้ทำให้เกิดกลิ่นรสของอาหารทอด จึงสามารถนำความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีไปพัฒนาเป็นกลิ่นรสอาหารทอด เลียนแบบกลิ่นรสเกิดจากการทอดแบบน้ำมันท่วม

<u>สารประกอบสลายตัวที่ไม่ระเหย (non volatile decomposed product)</u> สารที่ไม่ระเหยเหล่านี้ยังคงอยู่ในน้ำมันทอด และจะเสื่อมสลายต่อไปทุกครั้งที่ใช้น้ำมันนี้ทอดอาหาร และอาหารจะดูดซึมสารเหล่านี้ไว้ เชื่อกันว่าถ้าใช้น้ำมันทอดหลายๆครั้ง ทำให้เกิดสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น สะสมอยู่ในน้ำมันและไม่ระเหย ทำให้ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันเปลี่ยนไป คือ ความหนืดเพิ่มขึ้น เกิดสีและฟอง ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ ค่าคาร์บอนิล ปริมาณไฮดรอกซิลและค่าสะปอนนิฟิเคชัน (saponification) เพิ่มขึ้น ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวลดลงและทำให้สารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเกิดเพิ่มขึ้นด้วย



ชนิดของปฏิกิริยาระหว่างการทอด เป็นการเสื่อมสลายของไขมันและน้ำมันแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1. การเกิดออกซิเดชันได้เอง (autooxifation) ที่อุณหภูมิ 100 °ซ
2. การเกิดโพลีเมอร์ด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 200 – 300 °ซ ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน
3. การเกิดโพลิเมอร์ด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 200 °ซ ในสภาพที่มีออกซิเจน

<u>การเกิดออกซิเดชันได้เอง</u>

จากการศึกษาการเกิดสารโมโนคาร์โบนิลระหว่างทอดโดยใช้น้ำมันข้าวโพด น้ำมันหมู และเนยขาวเพื่อทอดมันฝรั่ง หลังจากการใช้น้ำมันทั้ง 3 ชนิด พบว่าเมื่อน้ำมันร้อนถึง 200 ซ น้ำมันจะเปลี่ยนเป็นสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

03610

ดำ น้ำมันข้าวโพดมีสีเข้มที่สุดและลดลงตามลำดับ สารโมโนคาร์โบนิลที่พบเป็นพวกอัลดีไฮด์ ซึ่งให้เห็นว่าการเกิดออกซิเดชั่นได้เองเป็นปฏิกิริยาเริ่มแรกที่เกิดในการทอด สรุปได้ว่าการทอดแบบน้ำมันท่วมไม่มีผลทำให้น้ำมันเกิดการเสื่อมสลาย เพราะไม่พบการเปลี่ยนแปลงในส่วนประกอบของกรดไขมัน (fatty acid) ในระหว่างการทอด ทั้งที่การทดลองนี้ใช้สภาวะการทอดรุนแรงกว่าปกติทั่วไป

<u>การเกิดออกซิเดชันและการเกิดโพลิเมอร์ด้วยความร้อน</u>

มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับความเป็นพิษของน้ำมันชนิดต่างๆ อาทิ น้ำมันถั่วเหลือง ละหุ่ง เมล็ดฝ้าย ข้าวโพด ถั่วลิสง และน้ำมันปลาเฮอริง หลังจากการทอดที่อุณหภูมิ 250 – 300 °ซ เป็นเวลา 6 – 24 ชั่วโมง จะเกิดสารโพลิเมอร์ชนิดเป็นวง (cyclic monomer) และเกิดโพลิเมอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ด้วย เมื่อทดลองเลี้ยงหนูด้วยน้ำมันที่ผ่านความร้อนสูงเกินไปดังกล่าว จะทำให้การเจริญเติบโตลดลงหนูจะมีอาการทุรนทุรายและไม่สามารถดูดซึมน้ำมันรวมทั้งอาหารอื่นๆเข้าร่างกายด้วย การเกิดออกซิเดชัน และโพลิเมอร์ของน้ำมันทอด ยังทำให้ทราบว่าการใช้ไขมันหรือน้ำมันปริมาณมาก ถึงแม้จะทอดหลายครั้งคุณภาพน้ำมันก็ยังดีกว่าใช้น้ำมันปริมาณน้อยทอดไม่กี่ครั้งเนื่องจากการทอดด้วยน้ำมันน้อยๆ จะมีการสลายตัวรุนแรงเกิดขึ้นมากกว่า นอกจากนี้มีผู้ทดลองใช้น้ำมันทอดไม่ติดต่อกันนาน 62 ชั่วโมง กับการใช้น้ำมันทอดติดต่อกันนาน 166 ชั่วโมง ถึงแม้ว่าจะใช้เวลาแตกต่างกันมากจะพบสารที่มีขั้ว (polar material) ในน้ำมันปริมาณเท่ากัน เนื่องจากทอดอย่างไม่ต่อเนื่องกันจะมี fatty acyl peroxide เพิ่มขึ้นในขณะที่น้ำมันเย็นลง และไขมันเกิดเสื่อมสลายเมื่อได้รับความร้อนอีก (เป็นผลการทดลองใช้น้ำมันเมล็ดฝ้าย) นอกจากนี้ยังพบวาปรากฏการณ์การเกิดฟองในน้ำมันทอดขึ้นกับชนิดของปฏิกิริยาโพลิเมอไรซ์ และออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในไขมัน ฟองที่เกิดขึ้นเป็นสารโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ทำให้น้ำมันมีลักษณะที่ไม่ดีแต่จะไม่ถูกดูดซึมเข้าไปในอาหารจึงไม่ทำให้เกิดเป็นพิษระยะยาว เพียงแต่ทำให้เกิดอาการท้องเสียเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์

1. บีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์ขนาด 300 มิลลิลิตร
3. เครื่องสเตอร์เรอร์ (stirer)
4. เครื่องฮอตเพลต (hot plate)
5. Erlenmeyer flask 125 ml
6. Volumetric flask
7. บิวเรต 50 ml
8. ขาตั้ง และ ก้ามปู
9. เทอร์โมมิเตอร์
10. ทัพพี

3.2 วัตถุดิบและสารเคมี

1. น้ำมันปาล์มเก่าปริมาตร 800 มิลลิลิตร
2. น้ำ 300 มิลลิลิตร
3. กรดมาลิก
4. กรดซิตริก
5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ผลึกโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.144 กิโลกรัม ต่อน้ำ 0.856 กิโลกรัม)
6. สารละลายเกลือ (เกลือ 0.2 กิโลกรัม ต่อน้ำ 0.8 กิโลกรัม)
7. Isopropyl alcohol (IPA) ที่ทำให้เป็นกลางแล้ว (สีชมพูจางๆ)
8. Phenolphthalein indicator
9. กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
10. Alcoholic KOH
11. Phatalic anhydride
12. Bromophenol blue indicator
13. กรดซัลฟุริก (H_2SO_4)
14. Neautralized acetone (acetone : H_2O = 98 : 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ขั้นตอนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้แล้ว

1. ตรวจหาค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ของน้ำมันปาล์ม ตามวิธีการตรวจหาค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) เมื่อพบว่ามีค่าสูงเกินกว่ามาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 4 แสดงค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid)ก่อนและหลังรีไซเคิลน้ำมัน

น้ำมันปาล์ม	F.F.A.
ก่อนรีไซเคิลน้ำมัน	มากกว่า หรือเท่ากับ 0.6
หลังรีไซเคิลน้ำมัน	น้อยกว่า หรือเท่ากับ 0.2

2. เทน้ำมันใส่บีกเกอร์ 1000 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำมันประมาณ 0.7 กิโลกรัม (800 มิลลิลิตร)

3. ให้ความร้อนน้ำมันด้วยเครื่องฮอตเพลต (hot plate) จนน้ำมันมีอุณหภูมิประมาณ 65 $\pm$ 5 องศาเซลเซียส (วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์) ปิดเครื่องฮอตเพลต (hot plate) และกวนด้วยเครื่องสเตอร์เรอร์ (stirer)

4. เติมน้ำประมาณ 300 มิลลิลิตร กวนต่อประมาณ 10 นาที ปิดเครื่องสเตอร์เรอร์ (stirer) ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมงเพื่อให้ตะกอน และคราบสกปรกแยกจากชั้นน้ำมัน ตกลงในชั้นน้ำก้นภาชนะ และแยกเอาสิ่งสกปรกออก

5. วัดปริมาณน้ำมัน เพื่อคำนวณหาปริมาณกรดมาลิก/กรดซิตริก, ปริมาณสารละลายด่าง, สารละลายเกลือ ที่ต้องใช้ ตามตารางการคำนวณปริมาณกรด ด่าง เกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงตารางการคำนวณปริมาณกรด ด่าง เกลือ

ระดับน้ำมัน	กรด	กรด	ระดับน้ำมัน =1Kg	ด่าง(x AV)	ระดับน้ำมัน =1Kg	เกลือ	ระดับน้ำมัน =1Kg
Kg	g	Kg	จะใช้ปริมาณกรด (kg)	Kg	จะใช้ปริมาณด่าง (kg)	Kg	จะใช้ปริมาณเกลือ (kg)
2161	440	0.44	0.00020360	21.17	0.00979639	20	0.00925497
2144.1	430	0.43	0.00020055	21.05	0.00981763	20	0.00932792
2127.2	420	0.42	0.00019744	21.94	0.01031402	20	0.00940203
2110.3	420	0.42	0.00019902	21.88	0.01036819	20	0.00947732
2093.4	420	0.42	0.00020063	21.82	0.01042323	20	0.00955383
2076.5	420	0.42	0.00020226	21.71	0.01045509	20	0.00963159
2059.6	420	0.42	0.00020392	21.59	0.01048261	20	0.00971062
2042.7	410	0.41	0.00020071	21.48	0.01051549	20	0.00979096
2025.8	410	0.41	0.00020238	21.38	0.01055385	20	0.00987264
2008.9	410	0.41	0.00020409	21.3	0.01060281	20	0.00995569
1992	400	0.4	0.00020080	21.25	0.01066767	20	0.01004016
1975.1	400	0.4	0.00020252	21.13	0.01069819	20	0.01012607
2068.05	416.667	0.41667	0.00020149	21.475	0.01039126	20	0.00967865

ที่ระดับน้ำมัน 1 กิโลกรัม จะใช้กรดมาลิก 0.0002 กิโลกรัม สารละลายด่าง 0.01 x AV กิโลกรัม สารละลายเกลือ 0.00968 กิโลกรัม

ดังนั้นที่ระดับน้ำมัน 0.7 กิโลกรัม (800 มิลลิลิตร) จะใช้กรดมาลิก 0.0002 x 0.7 = 0.141 กิโลกรัม ที่ระดับน้ำมัน 0.7 กิโลกรัม (800 มิลลิลิตร) จะใช้สารละลายด่าง 0.01 x 0.7 x AV = 0.007 x AV กิโลกรัม ที่ระดับน้ำมัน 0.7 กิโลกรัม (800 มิลลิลิตร) จะใช้สารละลายเกลือ 0.00968 x 0.7 = 0.006769 กิโลกรัม

6. ค่อยๆเติมกรดมาลิกลงไปตามปริมาณที่คำนวณได้และเปิดเครื่องสเตอร์เรอร์ (stirer)

8. คำนวณปริมาณสารละลายด่างที่ต้องใช้ ตามตารางการคำนวณปริมาณกรด ด่าง เกลือ

9. นำสารละลายเกลือไปต้มจนเดือด เทสารละลายเกลือที่เดือดลงในบีกเกอร์ เปิดเครื่อง stirer ต่อไป กวนนานประมาณ 10 นาที ปิดเครื่อง stirer ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อมีการแยกชั้น คราบและสิ่งสกปรกจะตกลงก้นบีกเกอร์ และแยกเอาสิ่งสกปรกออก

10. ต้มน้ำร้อนประมาณ 300 มิลลิลิตร แล้วใส่ลงในน้ำมัน เปิดเครื่อง stirer กวนนานประมาณ 10 นาที ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อเกิดการแยกชั้น ให้แยกเอากากและสิ่งสกปรกออก เก็บส่วนบนไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. นำส่วนใสด้านบนล้างซ้ำด้วยน้ำ เช่นเดียวกับข้อ 9. อีกประมาณ 7 ครั้ง ตรวจสอบค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ต้องไม่เกิน 0.2 ตามข้อกำหนดมาตรฐานของน้ำมันปาล์ม

11. เก็บน้ำมันส่วนใสสุดท้าย คือน้ำมันเก่าที่ผ่านการรีไซเคิลแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

1. เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ระหว่างน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดตัวอย่าง 2 ชนิด

เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ของน้ำมันที่ได้จากการรีไซเคิลน้ำมันระหว่างน้ำมันที่ผ่านการทอดอาหารประเภทแป้ง (ปาท่องโก๋) และน้ำมันที่ผ่านการทอดอาหารประเภทเนื้อสัตว์ (ปลา) แสดงตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ชนิดของน้ำมัน	ปริมาณกรดไขมันอิสระ		% ที่ลดลง
	ก่อนรีไซเคิล	หลังรีไซเคิล	
น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้ง (ใช้กรดมาลิก)	0.89	0.17	80.9
น้ำมันที่ผ่านการทอดปลา (ใช้กรดมาลิก)	0.54	0.08	85.2

2. เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ระหว่างกรดมาลิกและกรดซิตริก

เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ของน้ำมันที่ได้จากกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์มระหว่างกระบวนการที่ใช้กรดมาลิก (malic acid) และกระบวนการที่ใช้กรดซิตริก (citric acid) ตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณกรดไขมันอิสระที่ลดลง

ชนิดของน้ำมัน	ปริมาณกรดไขมันอิสระ		% ที่ลดลง
	ก่อนรีไซเคิล	หลังรีไซเคิล	
น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้ง (ใช้กรดมาลิก)	0.89	0.17	80.9
น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้ง (ใช้กรดซิตริก)	0.89	0.15	83.1
น้ำมันที่ผ่านการทอดปลา (ใช้กรดมาลิก)	0.54	0.08	85.2
น้ำมันที่ผ่านการทอดปลา (ใช้กรดมาลิก)	0.54	0.10	81.5

หมายเหตุ : การรีไซเคิลโดยใช้กรดซิตริกจะใช้เวลาในกระบวนการนานกว่าใช้กรดมาลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ค่าที่ทำการวัดคือ

- ปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA.)
- ค่าของกรด (acid value)
- สี (จากเครื่อง loviborn)
- ปริมาณสบู่ (soap)

ตารางที่ 8 ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ชนิดของน้ำมัน	ปริมาณกรดไขมันอิสระ		% ที่ลดลง
	ก่อนรีไซเคิล	หลังรีไซเคิล	
น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้ง (ใช้กรดมาลิก)	0.89	0.17	80.9
น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้ง (ใช้กรดซิตริก)	0.89	0.15	83.1
น้ำมันที่ผ่านการทอดปลา (ใช้กรดมาลิก)	0.54	0.08	85.2
น้ำมันที่ผ่านการทอดปลา (ใช้กรดซิตริก)	0.54	0.10	81.5

ตารางที่ 9 ค่าของกรด (acid value)

ชนิดของน้ำมัน	ค่าของกรด		% ที่ลดลง
	ก่อนรีไซเคิล	หลังรีไซเคิล	
น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้ง (ใช้กรดมาลิก)	1.78	0.34	80.9
น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้ง (ใช้กรดซิตริก)	1.78	0.30	83.1
น้ำมันที่ผ่านการทอดปลา (ใช้กรดมาลิก)	1.08	0.16	85.2
น้ำมันที่ผ่านการทอดปลา (ใช้กรดซิตริก)	1.08	0.2	81.5

หมายเหตุ : Acid value มีค่าเป็นสองเท่าของ Free Fatty Acid

ตารางที่ 10 ค่าของสี(loviborn)

ชนิดของน้ำมัน	สี (loviborn)		% ที่ลดลง
	ก่อนรีไซเคิล	หลังรีไซเคิล	
น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้ง (ใช้กรดมาลิก)	25	13	48
น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้ง (ใช้กรดซิตริก)	25	11	56
น้ำมันที่ผ่านการทอดปลา (ใช้กรดมาลิก)	29	9	67
น้ำมันที่ผ่านการทอดปลา (ใช้กรดซิตริก)	25	9	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ค่าการแปรผลของเครื่อง loviborn

Light Colored Fats	Predominantly Yellow Fats	Dark Fats (Red Cast)	Very Dark Fats (Predominantly Green)	Very Dark Fats (Predominantly Red)
1	11	13	21	31
3	11A	15	23	33
5	11B	17	25	35
7	11C	19	27	37
9			29	39
				41
				43
				45

ที่มา : The FAC color standards are arranged in 4 disk in the following order

ตารางที่ 12 ปริมาณสบู่

ชนิดของน้ำมัน	ปริมาณสบู่		% ที่ลดลง
	ก่อนรีไซเคิล	หลังรีไซเคิล	
น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้ง (ใช้กรดมาลิก)	0.04	0.0038	90.5
น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้ง (ใช้กรดซิตริก)	0.04	0.003024	92.44
น้ำมันที่ผ่านการทอดปลา (ใช้กรดมาลิก)	0.06	0.00228	96.2
น้ำมันที่ผ่านการทอดปลา (ใช้กรดซิตริก)	0.06	0.0038	93.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การคำนวณต้นทุน

1. คำนวณค่าน้ำ

อัตราค่าน้ำ ประเภทที่ 2 ธุรกิจ ราชการ รัฐวิสาหกิจ อุตสาหกรรมและอื่นๆ

ปริมาณน้ำใช้ 0 – 10 ลูกบาศก์เมตร ราคาค่าน้ำ 9.50 บาท/ลูกบาศก์เมตร

การล้างน้ำ 1 ครั้ง ใช้น้ำ 300 มิลลิลิตร ในกระบวนการล้างน้ำ 8 ครั้ง

เทียบให้เป็นปริมาตร 1 ลิตร

น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแป้งปริมาตร 550 มิลลิลิตร ใช้น้ำ 2,400 มิลลิลิตร

น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแป้งปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ใช้น้ำ 4,364 มิลลิลิตร

น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดโปรตีนปริมาตร 750 มิลลิลิตร ใช้น้ำ 2,400 มิลลิลิตร

น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดโปรตีนปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ใช้น้ำ 3,200 มิลลิลิตร

ตารางที่ 12 แสดงจำนวนเงินค่าน้ำที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม

ประเภทน้ำมัน	ปริมาตรน้ำ (มิลลิลิตร)	ปริมาตรน้ำมัน (ลูกบาศก์เมตร)	จำนวนเงิน (บาท)
น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแป้ง	4,364	0.0044	0.0418
น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดโปรตีน	3,200	0.0032	0.0304

2. คำนวณค่าไฟฟ้า

เครื่องฮอตเพลต (hot plate) มีจำนวนวัตต์ เท่ากับ 1500 วัตต์

เครื่องสเตอร์เรอร์ (stirer) มีจำนวนวัตต์เท่ากับ 5 วัตต์

อัตราค่าไฟฟ้า ประเภทธุรกิจขนาดเล็ก

แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์ 150 หน่วยแรก 1.8047 บาท/หน่วย

คำนวณจำนวนหน่วยที่ใช้ ดังนี้

จาก หน่วย = (W / 1,000) x (t / 60) กิโลวัตต์ ชั่วโมง

W = วัตต์ของเครื่องใช้ไฟฟ้า

T = เวลาที่ใช้

ในกระบวนการใช้เครื่องฮอตเพลต (hot plate) 7 ครั้ง แต่ละครั้งใช้เวลา 10 นาที

ดังนั้น จำนวนหน่วย = ((1,500 / 1,000) x (10 / 60)) x 7 = 1.75 หน่วย

ในกระบวนการใช้เครื่องสเตอร์เรอร์ (stirer) ดังนี้

1. ผสมกรด, สารละลายด่าง และสารละลายเกลือ ใช้เวลา 15 นาที

2. กวนเมื่อล้างน้ำจำนวน 7 ครั้ง แต่ละครั้งใช้เวลา 10 นาที

ดังนั้น จำนวนหน่วย = (5 / 1000) x (10 / 60) x 7 = 0.0005833 หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงจำนวนเงินค่าไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม

ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า	จำนวนหน่วยที่ใช้	จำนวนเงิน/หน่วย (บาท)
เครื่องฮอตเพลต (hot plate)	1.75	3.158
เครื่องสเตอร์เรอร์ (stirer)	0.0005833	0.0015268
	รวมจำนวนเงินค่าไฟ	3.1595268

3. <u>คำนวณค่ากรด</u>

ราคาสารเคมีสำรวจที่ร้านรวมเคมี

กรดมาลิก 1 กิโลกรัม ราคา 130 บาท

กรดซิตริก (food grade) 1 กิโลกรัม ราคา 75 บาท

ตารางที่ 14 แสดงจำนวนเงินค่ากรด/น้ำมัน1ลิตรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม

ประเภทกรด	ปริมาณกรดที่ใช้ / น้ำมัน 1 ลิตร		จำนวนเงิน/ลิตร (บาท)	
	น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแป้ง	น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดโปรตีน	น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแป้ง	น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดโปรตีน
กรดมาลิก	0.281	0.213	0.0365	0.0276
กรดซิตริก	0.281	0.213	0.021	0.016

4. <u>คำนวณค่าด่าง</u>

เกล็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 กิโลกรัม ราคา 38 บาท

ตารางที่ 15 แสดงจำนวนเงินค่าด่าง/น้ำมัน1ลิตรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม

ประเภทน้ำมัน	ปริมาตรสารละลายด่าง (กรัม)	ปริมาณเกล็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัม)	จำนวนเงิน/ลิตร (บาท)
น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแป้ง	18.46	2.658	0.101
น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดโปรตีน	11.19	1.611	0.0612

5. <u>คำนวณค่าเกลือ</u>

เกลือ1 กิโลกรัม ราคา 5 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 แสดงจำนวนเงินค่าเกลือ/น้ำมัน1ลิตรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม

ประเภทน้ำมัน	ปริมาตรสารละลายเกลือ (กรัม)	ปริมาณเกลือ (กรัม)	จำนวนเงิน/ลิตร (บาท)
น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแป้ง	9.68	1.936	0.00968
น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดโปรตีน	9.68	1.936	0.00968

6. คำนวณค่าน้ำมันปาล์มเก่า

น้ำมันปาล์มเก่าปริมาตร 13750 มิลลิลิตร ราคา 100 บาท

ตารางที่ 17 แสดงจำนวนเงินค่าน้ำมันปาล์มเก่า 1 ลิตรที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม

ประเภทน้ำมัน	ปริมาตรน้ำมันปาล์มเก่า (มิลลิลิตร)	จำนวนเงิน/ลิตร (บาท)
น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแป้ง	1454	10.5745
น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดโปรตีน	1060	7.7527

ตารางที่ 18 สรุปต้นทุนรวม

รายการ	น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดแป้ง		น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดโปรตีน	
	กรดมาลิก	กรดซิตริก	กรดมาลิก	กรดซิตริก
ค่าน้ำ	0.0462	0.0462	0.0336	0.0336
ค่าไฟฟ้า	3.1595268	3.1595268	3.1595268	3.1595268
ค่ากรด	0.0365	0.0276	0.021	0.016
ค่าด่าง	0.101	0.101	0.0612	0.0612
ค่าเกลือ	0.00968	0.00968	0.00968	0.00968
ค่าน้ำมันเก่า	10.5745	10.5747	7.7527	7.7527
รวมทั้งสิ้น	13.9274068	13.9187068	11.0377068	11.0327068

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

การใช้กระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์ม เพื่อจะลดปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ให้น้อยลงจนอยู่ในระดับที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า กระบวนการที่ใช้รีไซเคิลน้ำมันที่ผ่านการทอดอาหารประเภทแป้ง (ปาท่องโก๋) สามารถนำมาใช้กับน้ำมันที่ผ่านการทอดอาหารประเภทเนื้อสัตว์ (ปลา) ได้ เนื่องจากปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ที่ได้ มีค่าลดลงตามต้องการ

เมื่อใช้กรดซิตริก (Citric acid) แทนกรดมาลิก (Malic acid) ในกระบวนการรีไซเคิล ก็สามารถทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ลดลงได้ตามต้องการเช่นกัน แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้กรดซิตริก (Citric acid) แทนกรดมาลิก (Malic acid)ในกระบวนการรีไซเคิลได้

จากการวัดค่าเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค (มอก. 288-2535) ที่แสดงตามตารางนี้

ตารางที่ 19 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค (มอก. 288-2535)

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
ค่าของกรด (acid value) มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อตัวอย่าง 1 กรัม	ไม่เกิน 0.6
สบู่ ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่เกิน 0.005

ซึ่งเมื่อนำค่าที่ได้จากการรีไซเคิลไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานนี้จะได้ว่า ค่าของกรด (ปริมาณกรดไขมันอิสระคูณสอง), สบู่ จะอยู่ในค่ามาตรฐาน แสดงว่ากระบวนการรีไซเคิลน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการนี้นอกจากเป็นกระบวนการที่ช่วยลดปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) เป็นหลัก ยังมีส่วนช่วยในการลดค่าสบู่และค่าสีได้อีกด้วย

ต้นทุนที่ใช้ในการรีไซเคิลน้ำมันที่ผ่านการทอดอาหารประเภทแป้งและน้ำมันที่ผ่านการทอดอาหารประเภทเนื้อสัตว์แสดงดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 แสดงราคาต้นทุน

ชนิดน้ำมัน	น้ำมันทอดแป้ง		น้ำมันทอดปลา	
กรดที่ใช้	กรดมาลิก	กรดซิตริก	กรดมาลิก	กรดซิตริก
ต้นทุน	10.76	10.758	10.878	7.873

น้ำมันปาล์มใหม่ ราคา 30-35 บาท ต่อ 1 ลิตร

ซึ่งต้นทุนที่ใช้ในการรีไซเคิลเมื่อเทียบกับราคาน้ำมันปาล์มใหม่ต่อลิตรแล้วมีค่าน้อยกว่า ดังนั้น การนำน้ำมันเก่าที่ใช้แล้วมารีไซเคิลจึงมีความเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

กระบวนการรีไซเคิลนี้สามารถลดปริมาณกรดไขมันอิสระได้ดี แต่เกิดการสูญเสียน้ำมันออกไปมาก เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ไม่เหมาะสม ควรใช้ภาชนะที่มีขนาดใหญ่ ด้านล่างเป็นกรวยมีวาล์วเปิด-ปิดได้ เมื่อต้องการนำตะกอนออก มีใบกวนที่มีแรงสูงเพื่อช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดี
น้ำมันที่รีไซเคิลได้จะมีกลิ่นแรงกว่าน้ำมันใหม่ ดังนั้นเมื่อจะนำไปใช้ควรที่จะทำการผสมกับน้ำมันใหม่เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ไกรวุฒิ ศิริอนันตภัทร. 2534. การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากากรบีบผลปาล์มทั้งผล. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จงรักษ์ บุญเส็ง. 2531. การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแรงดันเบรคดาวน์ในน้ำมันพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชาลี มะลิซ้อน, นภาพร พุฒขาว. 2543. ผลของการเคลือบแป้งและเคลือบขนมปังต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์และน้ำมันระหว่างการทอดแบบ Deep Fat Frying. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ณัฐพงศ์ เสนาธิบดี, วิธาน เกียรติอุบลไพบูล. 2544. การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดในปาล์มโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่น. ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ดนัย เพลินพิศศิริ, วรกุล งานฉมัง. 2544.เทอร์โมไฮดรอไดนามิกส์เจอร์นัลแบริ่งหล่อลื่นด้วยน้ำมันพืช. ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทนาวุฒิ ปริญญาพัฒนบุตร. 2544. เบต้าแคโรทีนจากปาล์มน้ำมัน. สัมมนา ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทรงพล คำยัง, ปฤงคพ ดีปัญญา. 2543. การแยกครูดแคโรทีนจากน้ำมันปาล์มดิบ. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2545. ปาล์มน้ำมันและการเพิ่มมูลค่า. วารสารจดหมายข่าวปาล์มน้ำมัน 3 (4) : 3-4

นคร สาระคุณ, บุญรักษ์ ตุ้ยศิริ, ดำรง พงศ์มานะวุฒิ, สิญจนา เนตรสาน. 2534. ปาล์มน้ำมัน. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2535. คุณภาพน้ำมันทอด. วารสารสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร 22, 2: 8-12

ศักดิ์ศิลป์ โชติสกุล, วินาภรณ์ กุฎีรัตน์, กิจจารักษ์ วงษ์กุดเลาะ. 2541. ปาล์มน้ำมัน. กองส่งเสริมพืชไร่นา กรมส่งเสริมการเกษตร

สาวิตรี จันทรานุรักษ์. 2546. การใช้ประโยชน์น้ำมันปาล์มในด้านอาหาร. วารสารจดหมายข่าวปาล์มน้ำมัน 4 (3) : 12

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2535. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2535. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันรำสำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริโภค. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม

"refine oil." [Online]. Available: http://www.oil.refinery.com/edible_oil_refinery.htm

"refine oil." [Online]. Available: http://www.waltonfeed.com/omega/wht-oil.html

"refining edible oil." [Online]. Available: http://www.presco-plc.com/production_refinery.html

"refining edible oil." [Online]. Available: http://www.cottonseed.com/publications/csobro.asp.

"edible oil." ." [Online]. Available: http://www.indiamart.com/tajengineeringworks/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีตรวจสอบทางเคมี

ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid :FFA)

เพื่อหา % กรดไขมันในน้ำมัน

สารเคมีและอุปกรณ์

1. Erlenmeyer flask 125 ml.
2. Isopropyl Alcohol (IPA) ที่ทำให้เป็นกลางแล้ว(เป็นสีชมพู)
3. Phenolphthalein indicator solution
4. NaOH solution 0.1 N

วิธีการ

1. เขย่าตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน
2. ชั่งตัวอย่างใส่ใน flask ขนาด125 ml. ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว
3. เติม IPA 20-25 ml. และหยด Indicator 2-3 หยด
4. เขย่าสารละลายแล้วไทเทรตกับ 0.1 NaOH (end point สีชมพู) เขย่าอย่างแรงจนปรากฏสีชมพูถาวรนาน 30 วินาที

การคำนวณ

$$\% \text{ FFA} = \text{ml. of NaOH} * N * 28.2 / \text{Wt. of sample}$$

$$\text{Acid Value} = \text{FFA} * 2$$

ปริมาณสบู่ (Soap content)

เพื่อหาปริมาณเกลือของกรดไขมัน คิดเป็นกรัมของโซเดียมโอลิเอตที่ละลายอยู่ในน้ำมัน 100 กรัม

สารเคมี

1. Bromophenol blue indicator 1% in Ethyl alcohol
2. HCl 0.01 N
3. Neautralized acetone (acetone : H_2O = 98 : 2)

วิธีการ

1. ชั่งน้ำมัน 40 g. ใส่ flask ซึ่งล้างด้วยสารละลาย acetone
2. เติมสารละลาย acetone 50 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หยด indicator 2-3 หยด

4. อุ่นและเขย่าทิ้งไว้ให้แยกชั้น ถ้ามีสบู่อยู่จะปรากฏสีเขียวหรือน้ำเงิน แล้วไทเทรตกับ HCl 0.01 N พร้อมกับอุ่นจนชั้นบนเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอย่างถาวร

การคำนวณ

% soap content = (V * N * 304 * 100) / Wt. * 1000

V = volume of HCl

N = normality of HCl

Wt. = weight of sample

<u>สี (Color)</u>

เพื่อวัดสีของน้ำมัน

เครื่องมือ Lovibond Tintometer

วิธีการ

1. นำน้ำมันที่ต้องการวัดใส่ใน cell วัดสี

2. นำไปวัดสี โดยทำตามวิธีการที่เครื่องบอก

การแปรผล

ให้ดูที่เอกสารอ้างอิงของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

มาตรฐานอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค (มอก. 288 – 2535)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและชนิด คุณลักษณะที่ต้องการ วัตถุเจือปนอาหาร สารปนเปื้อน สุขลักษณะ การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "น้ำมันปาล์ม" หมายถึง น้ำมันที่ได้จากเนื้อ (mesocarp) ของผลปาล์มน้ำมันที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ***เอแลอิส กินเอนซิส (Elaeis guineensis)*** ใช้เพื่อการบริโภค และในอุตสาหกรรมทำผลิตภัณฑ์อาหาร

2.2 น้ำมันปาล์มธรรมชาติ (Virgin palm oil) หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ได้จากวิธีทางกล ความร้อน หรือ วิธีทางกลร่วมกับความร้อน อาจทำให้สะอาดขึ้นโดยการล้างด้วยน้ำ ตั้งให้ตกตะกอน กรอง และหมุนเหวี่ยง (centrifuge) เท่านั้น

2.3 น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี (Refined palm oil or non-virgin palm oil) หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีกำจัดกรดไขมันอิสระ ฟอกสี และกำจัดกลิ่น

2.4 น้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี (Refined palm olein) หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีเช่นเดียวกับข้อ 2.3 และแยกไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงออก มีจดขุ่น (Cloud point) ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

3. ประเภทและชนิด

3.1 น้ำมันปาล์มแบ่งออกเป็น3 ประเภท คือ

3.1.1 น้ำมันปาล์มธรรมชาติ

3.1.1 น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 น้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.1.2.1 ชนิดที่ 1

3.1.2.2 ชนิดที่ 2

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ลักษณะทั่วไป

4.1.1 สี

มีสีตามลักษณะเฉพาะของน้ำมันปาล์มแต่ละประเภท

4.1.2 กลิ่นและรส

มีกลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะของน้ำมันปาล์มแต่ละประเภท และต้องไม่มีกลิ่นหืน การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี

ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด				วิธีทดสอบตาม
		น้ำมันปาล์มธรรมชาติ	น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี	น้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี		
				ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	
1	ความหนาแน่น (relative density) ที่ 50/20 องศาเซลเซียส	0.891 ถึง 0.899				CAC/RM 9
2	ดัชนีหักเห (refractive index) ที่ n_D 50 องศาเซลเซียส	1.455 ถึง 1.456				IUPAC(1979) ข้อ 2.102
3	จุดขุ่น องศาเซลเซียส	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	ไม่เกิน 5	ไม่เกิน 10	AOAC Cc 6-25
4	น้ำและสารที่ระเหยได้ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	0.2	0.2	0.2	0.2	IUPAC(1979) ข้อ 2.601
5	สิ่งอื่นที่ไม่ละลาย (insoluble impurities) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.05	0.05	0.05	0.05	IUPAC(1979) ข้อ 2.204
6	ค่าไอโอดีน แบบวิจส์ (iodine value, Wijs)	50 ถึง 55	50 ถึง 55	ไม่น้อยกว่า 60	50 ถึง 60	IUPAC(1979) ข้อ 2.205
7	ค่าสะพอนิฟิเคชัน (saponification value) มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อตัวอย่าง 1 กรัม	190 ถึง 209	190 ถึง 209	190 ถึง 209	190 ถึง 209	IUPAC(1979) ข้อ 2.202
8	สารที่สะพอนิฟายไม่ได้ (unsaponifible matter) กรัมต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม ไม่เกิน	12	12	8	10	IUPAC(1979) ข้อ 2.401
9	ค่าของกรด (acid value) มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ไม่เกิน	4	0.6	0.6	0.6	IUPAC(1979) ข้อ 2.201
10	ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value) มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม ไม่เกิน	10	10	10	10	IUPAC(1979) ข้อ 2.501
11	สบู่ ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0	0.005	0.005	0.005	CAC/RM 13
12	บีตาแคโรทีน (beta carotene) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	500 ถึง 2000	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	AOAC (1984) ข้อ 43.008 ถึงข้อ 43.013

4.3 องค์ประกอบของกรดไขมัน

ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC (1979) ข้อ 2.301 และข้อ 2.302

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของกรดไขมัน

(ข้อ 4.3)

หน่วยเป็นร้อยละ

รายการที่	กรดไขมัน	เกณฑ์ที่กำหนด	
		น้ำมันปาล์มธรรมชาติ และ น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี	น้ำมันปาล์มโอลีอีน ผ่านกรรมวิธี
1	กรดลอริก (lauric acid)	ไม่เกิน 1.2	ไม่เกิน 1.2
2	กรดไมริสติก (myristic acid)	0.5 ถึง 5.9	0.5 ถึง 5.9
3	กรดพาล์มิติก (palmitic acid)	32 ถึง 59	32 ถึง 59
4	กรดพาล์มิโตลีอิก (palmitoleic acid)	น้อยกว่า 0.6	น้อยกว่า 0.6
5	กรดสเตียริก (stearic acid)	1.5 ถึง 8.0	1.5 ถึง 6.0
6	กรดโอลีอิก (oleic acid)	27 ถึง 52	35 ถึง 52
7	กรดไลโนลีอิก (linoleic acid)	5 ถึง 14	10 ถึง 16
8	กรดไลโนลีนิก (linolenic acid)	ไม่เกิน 1.5	ไม่เกิน 1.5
9	กรดอราชิติก (arachidic acid)	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0

5. วัตถุเจือปนอาหาร

อาจใช้วัตถุเจือปนอาหารได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนดต่อไปนี้

สี

สีตามรายชื่อต่อไปนี้ยอมให้ใช้ได้ในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อความมุ่งหมายที่จะปรับสีของผลิตภัณฑ์ประเภทนั้นๆ ให้เหมือนธรรมชาติ หรือให้สม่ำเสมอ แต่ในการเติมสีจะต้องไม่ใช้เพื่อเป็นการหลอกลวงหรือทำให้ผู้บริโภคเข้าใจผิด โดยปิดบังส่วนเสียหรือความด้อยคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น หรือทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นดูเหมือนมีคุณค่ามากกว่าที่เป็นจริง

บีตา-แคโรทีน (beta-carotene)

อันนัตโต (annatto)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคอร์คิวมิน (curcumin)

แคนทาแซนทีน (canthaxanthine)

บีตา-อะโป-8'-แคโรทีนัล (beta-apo-8'-carotenal)

เมทิลและเอทิลเอสเตอร์ของกรดบีต-อะโป-8'-แคโรทีโนอิก (methyl and ethyl ester of beta-apo-8'-carotenoic acid)

สารกันหืน (antioxidant)

ถ้าใช้สารกันหืน ให้ใช้ตามที่กำหนดข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

5.2.1 โพรพิล ออกทิล และโดเดซิลแกลเลต (propyl , octyl and dodecyl gallate) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC (1979) ข้อ 2.621

5.2.2 บิวทิเลเตด ไฮดรอกซี โทลูอีน (butylated hydroxy toluene) หรือที่เรียกกันว่า บีเอชที (BHT) บิวทิเลเตด ไฮดรอกซีอะนิโซล (butylated hydroxyanisole) หรือทีเรียกกันว่า บีเอชเอ (BHA) และเทอร์เชียรี บิวทิล ไฮโดรควิโนน (tertiary butyl hydroquinone) หรือที่เรียกกันว่า ทีบีเอชคิว (TBHQ) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC (1979) ข้อ 2.622 ยกเว้นทีบีเอชคิวให้ทดสอบตามข้อ 11.2

5.2.3 สารพวกแกลเลตรวมกับบีเอชเอหรือ บีเอชที และ/หรือ ทีบีเอชคิวต้องไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่สารพวกแกลเลตต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC (1979) ข้อ 2.621และข้อ 2.622 ยกเว้นทีบีเอชคิวให้ทดสอบตามข้อ 11.2

5.2.4 อัสคอร์บิล พาล์มิเทต (ascorbly palmitate) และ อัสคอร์บิล สเตียเรต (ascorbyl stearate) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 11.3

5.2.5 โทโคฟีรอล (tocopherol) ให้ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

5.3 สารเสริมฤทธิ์สารกันหืน (antioxidant synergist)

5.3.1 กรดซิทริกและโซเดียมซิเทรต (citric acid and sodium citrate) ให้ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สารปนเปื้อน

6.1 สารปนเปื้อนในน้ำมันปาล์มจะมีได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สารปนเปื้อน

(ข้อ 6.1)

หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

รายการที่	สารปนเปื้อน	เกณฑ์ที่กำหนด		วิธีทดสอบตาม
		น้ำมันปาล์มธรรมชาติ	น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธีและน้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี	
1	เหล็ก	5	1.5	CAC/RM 14
2	สารหนู	0.1	0.1	AOAC(1984) ข้อ 25.048 และข้อ 25.049
3	ทองแดง	0.4	0.1	AOAC(1980) ข้อ 25.044 ถึงข้อ 25.048 AOAC(1984) ข้อ 25.066 ถึงข้อ 25.071
4	ตะกั่ว	0.1	0.1	AOAC(1984) ข้อ 25.119 ถึงข้อ 25.129 และข้อ 25.114 ถึงข้อ 25.118

7. สุขลักษณะ

สุขลักษณะ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดสุขลักษณะของอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก. 34

8. การบรรจุ

8.1 ให้บรรจุน้ำมันปาล์มในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท ไม่รั่วซึม ผิวภายในของภาชนะบรรจุรวมทั้งจุกหรือฝา (ถ้ามี) ต้องปราศจากสีหรือสารอื่นใดที่ละลายได้ในน้ำมันปาล์ม

8.2 ภาชนะบรรจุที่เป็นพลาสติกให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาชนะพลาสติกและฟิล์มพลาสติก สำหรับบรรจุน้ำมันและไขมันบริโภค มาตรฐานเลขที่ มอก. 654

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 ปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิของน้ำมันปาล์มในแต่ละภาชนะบรรจุต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลากการทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 11.1

9. เครื่องหมายและฉลาก

9.1 ที่ภาชนะบรรจุน้ำมันปาล์มทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) คำว่า " น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภคธรรมชาติ" หรือ " น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภคผ่านกรรมวิธี" หรือ "น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภคโอลีอีนผ่านกรรมวิธีชนิดที่ 1" หรือ " น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภคโอลีอีนผ่านกรรมวิธีชนิดที่ 2 " แล้วแต่กรณี

(2) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัมหรือกิโลกรัม หรือปริมาตรสุทธิ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตรหรือลูกบาศก์เดซิเมตร

(3) วัตถุเจือปนอาหารและปริมาณที่ใช้ (ถ้ามี)

(4) เดือน ปีที่ทำ

(5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

9.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

10. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

10.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง น้ำมันปาล์มประเภทและชนิดเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน บรรจุในภาชนะบรรจุชนิด และขนาดเดียวกัน มีเครื่องหมายการค้าเดียวกัน ที่ทำขึ้นในคราวเดียวกัน หรือในช่วงเวลา 8 ชั่วโมงถ้าทำต่อเนื่อง หรือที่ส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

10.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัว อย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

10.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบการบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก และลักษณะทั่วไป

10.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบการบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก และลักษณะทั่วไป

(ข้อ 10.2.1)

ขนาดรุ่น หน่วยภาชนะบรรจุ	ขนาดตัวอย่าง หน่วยภาชนะบรรจุ	เลขที่จำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 500	3	0
501 ถึง 3 200	13	1
3 201 ถึง 35 000	20	2
35 001 ถึง 500 000	32	3
500 001 ขึ้นไป	50	5

10.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4.1 ข้อ 8. และข้อ 9. ในแต่ละรายการต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ 2 จึงจะถือว่าน้ำมันปาล์มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีองค์ประกอบของกรดไขมัน วัตถุเจือปนอาหาร และสารปนเปื้อน

10.2.2.1 ให้นำตัวอย่างจากข้อ 10.2.1 มาภาชนะบรรจุละเท่าๆกัน ผสมกันอย่างรวดเร็ว ให้ได้ตัวอย่างรวมไม่น้อย กว่า 2 ลูกบาศก์เดซิเมตร เก็บตัวอย่างไว้ในภาชนะที่สะอาด แห้ง และปิดให้สนิท

10.2.2.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.2 ข้อ 4.3 ข้อ 5. และข้อ 6. ทุกรายการ จึงจะถือว่าน้ำมันปาล์มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างน้ำมันปาล์มต้องเป็นไปตามข้อ 10.2.1.2 และข้อ 10.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าน้ำมันปาล์มรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. การทดสอบ

11.1 ปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิ

11.1.1 ปริมาตรสุทธิ

11.1.1.1 น้ำมันปาล์มที่มีขนาดบรรจุไม่เกิน 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร ให้ทดสอบที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส โดยเทน้ำมันลงในกระบอกตวงมาตรฐานจนหมด แล้วคว่ำทิ้งไว้ให้น้ำมันหยดต่อไปอีก 10 นาที อ่านปริมาตรที่ได้

11.1.1.2 น้ำมันปาล์มที่มีขนาดบรรจุเกิน 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร ให้ทดสอบโดยวิธีชั่งน้ำหนัก หาความหนาแน่นสัมพัทธ์ แล้วคำนวณหาปริมาตร

11.1.1.3 น้ำมันปาล์มที่มีสภาพกึ่งเหลวกึ่งแข็งในอุณหภูมิปกติ ให้ปฏิบัติตามข้อ 11.1.1.1 หรือข้อ11.1.1.2

11.1.2. น้ำหนักสุทธิ

ให้ทดสอบโดยวิธีชั่งตัวอย่างทั้งภาชนะบรรจุแล้วหักลบด้วยน้ำหนักภาชนะบรรจุเปล่า

11.2 ทีบีเอชคิว

11.2.1 เครื่องมือ

11.1.1.1 กรวยแยกขนาด 200 และ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

11.1.1.2 ก๊าซิลิควิดโครมาโทกราฟ ซึ่งประกอบด้วยเฟลมไอออไนเซชันดีเทกเตอร์ (flame ionization detector)และคอลัมน์แก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.3 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตร บรรจุด้วยโครโมซอร์บ W ขนาด 150 ถึง 180 ไมครอน ซึ่งเคลือบด้วยไดเอทิลีนไกลคอลซักซิเนต (diethylene glycol succinate, DEGS) ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และกรดฟอสฟอริกร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก สามารถปรับสภาวะการใช้งานได้ดังนี้ อุณหภูมิของคอลัมน์ 196 องศาเซลเซียส ดีเทกเตอร์ (detector) 250 องศาเซลเซียส อินเจกชันพอร์ต (injection port) 250 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน 35 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที

11.1.1.3 เครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator)

11.2.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

11.2.2.1 เอทิลแอซีเทต

11.2.2.2 แอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟต

11.2.2.3 สารละลายนอร์แมลเฮกเซน-เอทิลแอซีเทต 1 + 1

11.2.2.4 สารละลายนอร์แมลเฮกเซน-เอทิลแอซีเทต 99 + 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.2.2.5 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 20 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

11.2.2.6 สารละลายมาตรฐานทีบีเอชคิว 1000 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายทีบีเอชคิว 100 มิลลิกรัมในเอทิลแอซีเทต 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

11.2.3 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

11.2.3.1 ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานทีบีเอชคิว 0 2 4 6 8 และ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร 6 ใบตามลำดับ เติมเอทิลแอซีเทตจนถึงขีดปริมาตรฉีดสารละลาย 0.004 ลูกบาศก์เซนติเมตร (4 ไมโครลิตร) จากแต่ละขวดเข้าเครื่องก๊าซลิควิดโครมาโทกราฟ เขียนกราฟมาตรฐานระหว่างความสูงของยอด (peak) เป็นมิลลิเมตร กับปริมาณทีบีเอชคิว เป็นมิลลิกรัม

11.2.4 วิธีทดสอบ

11.2.4.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ละลายในสารละลายนอร์แมลเฮกเซน-เอทิลแอซีเทต (ข้อ 11.2.2.4) 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ่ายใส่กรวยแยกขนาด 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่านาน 5 นาที แยกชั้นน้ำออก สกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง รวมชั้นน้ำไว้ในกรวยแยกขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำชั้นน้ำนี้มาสกัดด้วยสารลาะยนอร์แมลเฮกเซน-เอทิลแอซีเทต (ข้อ 11.2.2.3) 2 ครั้ง ครั้งละ 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่านาน 5 นาที รวมชั้นสารละลายใส่ในขวดจุกแก้ว เติมแอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟตเพื่อดูดน้ำ กรองแล้วนำสารละลายไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนบนเครื่องอังน้ำ (water bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้เหลือ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วฉีดสารละลายนี้ 0.004 ลูกบาศก์เซนติเมตร เข้าเครื่องก๊าซลิควิดโครมาโทกราฟ คำรวณหาปริมาณทีบีเอชคิวจากกราฟโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

11.3 อัลคอร์บิล พาล์มิเทต

11.3.1 เครื่องมือ

11.3.1.1 เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิกรัม

11.3.1.2 เครื่องหมุนเหวี่ยง มีความเร็ว 2500 รอบต่อนาที มีหลอดหมุนเหวี่ยงขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมจุกแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.3.1.3 ไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟ (high performance liquid chromatograph) ซึ่งมีที่บรรจุตัวอย่างขนาด 0.02 ลูกบาศก์เซนติเมตร (20μ1) และมีคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.6 มิลลิเมตร ยาว 25 เซนติเมตร บรรจุเวยโครมีกาบอนด์ไดแอมีน (chromegabond diamine) ขนาด 5 ไมโครเมตร

11.3.1.4 เครื่องผสมชนิดหมุน (vortex mixer) หรือชนิดอื่นที่เหมาะสม

11.3.1.5 เครื่องอังน้ำ

11.3.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

11.3.2.1 เมทานอล ชั้นคุณภาพโครมาโทกราฟิก

11.3.2.2 สารละลายผสม

ผสมโมโนเบสิกโพแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.02 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ที่มีความเป็นกรด-ด่าง 3.5 กับเมทานอลในอัตราส่วน 30 : 70 โดยปริมาตร

11.3.2.3 อัสคอร์บิล พาล์มิเทต ชั้นคุณภาพเอ็นเอฟหรือเอฟซีซี (National Formularly, NF or Food Chemical Codex, FCC)

11.3.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในหลอดหมุนเหวี่ยง เติมเมทานอล 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดจุกแล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม นาน 1 นาที เพื่อสกัดตัวอย่าง แล้วจึงนำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 2500 รอบต่อนาที นาน 5 นาที หรือจนได้ชั้นเมทานอลใสหากจำเป็นต้องทำให้เจือจาง อาจทำได้โดยเติมเมทานอลจนได้สารละลายที่มีความเข้มข้นประมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

11.3.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

ชั่งอัสคอร์บิล พาล์มเทตให้ได้น้ำหนัก 10 มิลลิกรัมพอดี ละลายและทำให้เจือจางด้วยเมทานอลจนมีความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

11.3.5 วิธีทดสอบ

11.3.5.1 ผ่านสารละลายตัวอย่าง 0.02 ลูกบาศก์เซนติเมตร เข้าไปในเครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟ แล้วไล่ (eluted) ด้วยสารละลายผสม (ข้อ 11.3.2.2) ที่ไหลผ่านด้วยอัตราเร็ว 1.0 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.3.5.2 ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 11.3.5.1 โดยใช้สารละลายมาตรฐาน (ข้อ 11.3.4) แทนสารละลายตัวอย่าง

11.3.5.3 หาปริมาณอัสคอร์บิล พาล์มิเทต ในตัวอย่างจากกราฟโดยเปรียบเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ลักษณะของน้ำมันระหว่างการรีไซเคิล

ก่อนการทดลอง

น้ำมันทอดอาหารประเภทแป้ง (ป้าท่องโก๋) ก่อนการรีไซเคิล

น้ำมันทอดอาหารประเภทเนื้อสัตว์ (ปลา) ก่อนการรีไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างการทดลอง

น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้งระหว่างการรีไซเคิลโดยใช้กรดมาลิก (หลังใส่กรด ด่าง เกลือ)

น้ำมันที่ผ่านการทอดปลาระหว่างการรีไซเคิลโดยใช้กรดมาลิก (หลังใส่กรด ด่าง เกลือ)

น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้งระหว่างการรีไซเคิลโดยใช้กรดซิตริก (หลังใส่กรด ด่าง เกลือ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันที่ผ่านการทอดปลาระหว่างการรีไซเคิลโดยใช้กรดซิตริก (หลังใส่กรด ด่าง เกลือ)

น้ำมันที่รีไซเคิลระหว่างรอให้ตกตะกอน

<u>น้ำมันที่ผ่านการรีไซเคิลแล้ว</u>

น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้งผ่านการรีไซเคิลโดยใช้กรดมาลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันที่ผ่านการทอดแป้งผ่านการรีไซเคิลโดยใช้กรดซิตริก

น้ำมันที่ผ่านการทอดปลาผ่านการรีไซเคิลโดยใช้กรดมาลิก

น้ำมันที่ผ่านการทอดปลาผ่านการรีไซเคิลโดยใช้กรดซิตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้