รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การควบคุมคุณภาพของน้ำมันในกระบวนการผลิต

Quality Control of Oil Process

โดย

นางสาวคนึงนิจ ลำน้อย

B 3953518

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา

สาขาเทคโนโลยีอาหาร

สำนักเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

14 ธันวาคม 2542

รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การควบคุมคุณภาพของน้ำมันในกระบวนการผลิต

Quality Control of Oil Process

โดย

นางสาวคนึงนิจ ลำน้อย

B 3953518

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติงาน ณ

บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

236 หมู่ 4 นิคมอุตสาหกรรมบางปู ถ.สุขุมวิท ต. แพรกษา

อ. เมือง จ. สมุทรปราการ

วันที่ 14 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2542

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน ผศ. ดร. สุเวทย์ นิงสานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาเทคโนโลยีอาหาร

ตามที่ข้าพเจ้า นางสาว คนึงนิจ ลำน้อย นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา (305 499) ระหว่างวันที่ 31 สิงหาคม 2542 ถึง วันที่ 9 ธันวาคม 2542 ในตำแหน่ง ผู้ช่วย Supervisor ณ บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) และได้รับมอบหมายจาก Job supervisor ให้ทำรายงานเรื่อง การควบคุมคุณภาพของน้ำมันในกระบวนการผลิต (Quality Control of Oil Process)

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ได้สิ้นสุดลงแล้ว ข้าพเจ้าจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

คนึงนิจ ลำน้อย

.....

(นางสาว คนึงนิจ ลำน้อย)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่วันที่ 31 สิงหาคม 2542 ถึงวันที่ 9 ธันวาคม 2542 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานวิชาการสหกิจศึกษาฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. คุณ อำพล สิมะโรจนา ผู้จัดการโรงงาน บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่เห็นความสำคัญของระบบการศึกษาแบบสหกิจศึกษา และได้ให้โอกาสที่มีคุณค่าต่อข้าพเจ้า
2. คุณ มณฑา แสงสุพรรณ ซึ่งเป็น ผู้จัดการแผนก Q.C.
3. คุณ ชูขวัญ ศรีใจวงศ์ ซึ่งเป็น Supervisor แผนก Q.C. และ Co-op Supervisor
4. คุณ ประสิทธิ์ อัจฉริยะวัฒน์ ซึ่งเป็น Supervisor แผนก Hydrogination
5. คุณ วิจิตร สมหนองบัว เจ้าหน้าที่แผนก Q.C.
6. เจ้าหน้าที่ในโรงงานทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาครั้งนี้

ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนสนับสนุนให้รายงานวิชาการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คนึงนิจ ล้ำน้อย

.....

(นางสาว คนึงนิจ ล้ำน้อย)

ผู้จัดทำรายงาน

วันที่ 14 ธันวาคม 2542

สารบัญเรื่อง

	หน้า
จดหมายนำส่ง	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
ลักษณะการประกอบการของสถานประกอบการ	1
- ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	2
- ลักษณะการประกอบธุรกิจ	2
- Co – op Supervisor	3
- ตำแหน่งและความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน	3
- ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน	3
วัตถุประสงค์การเรียนรู้	4
น้ำมันปาล์ม	5
ขั้นตอนการผลิตน้ำมัน	7
วิธีวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี กายภาพ และการใช้เครื่องมือขั้นสูง	9
- %FFA	10
- IV	11
- PV	13
- Colour	14
- Cold Test	15
- Cloud Point	16
- % Moisture	17
- GLC	18
- DOBI	20
กระบวนการผลิตน้ำมัน	21
- Crude Palm Oil	22
- Refined Palm Oil	23
- Fractionation Oil	24
- Hydrogenation Oil	25
เอกสารอ้างอิง	28

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ค่าไอโอดีนกับน้ำหนักน้ำมัน	11

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนการผลิตน้ำมัน	7
2	ขั้นตอน Refined Palm Oil	23
3	ขั้นตอน Fractionation	24
4	ขั้นตอน Hydrogenation	25

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลักษณะการประกอบการของสถานประกอบการ

ลักษณะการประกอบการของสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

สถานที่ตั้งสำนักงานใหญ่ : เลขที่ 947 / 155 หมู่ 12 ถนนบางนา – ตราด แขวงบางนา เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร 10260

โทรศัพท์ : 361-8959 – 88

โทรสาร : 361- 8994 – 5

E – MAIL : somchaic@ bkk1.asiaaccess.net.th

http://www.lamsoongroup.com.sg

สถานที่ตั้งโรงงาน กลั่นน้ำมัน : เลขที่ 236 หมู่ 4 นิคมอุตสาหกรรมบางปู ตำบลแพรกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10270

โทรศัพท์ : 709-3610 - 24

โทรสาร : 324-0640

สถานที่ตั้งโรงงานสกัดน้ำมัน : 99/9 หมู่ 2 ตำบลกะลาเส อำเภอสิเกา-ควนกุน จังหวัดตรัง 92150

โทรศัพท์ : (075) 267-268 , (075) 267-028

โทรสาร : (075) 267-265

ประเภทธุรกิจ : ผู้ผลิตน้ำมันปาล์ม,ไขมันผสม ,มาการีน และน้ำยาล้างจาน

ลักษณะการประกอบธุรกิจ

บริษัทดำเนินธุรกิจโรงกลั่นน้ำมันปาล์มดิบ (Refinery) ตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู จังหวัดสมุทรปราการ ในปัจจุบันบริษัทเป็นผู้ผลิต และจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขบวนการกลั่นน้ำมันดิบ ที่มีคุณภาพ โดยมีผลิตภัณฑ์หลักดังนี้

1. น้ำมันปาล์ม
   - 1.1 น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์
   - 1.2 น้ำมันปาล์มโอเลอีน
   - 1.3 น้ำมันปาล์มสเตียรีน
   - 1.4 ไขมันผ่านกรรมวิธีไฮโดรจิเนชั่น
   - 1.5 กรดไขมันอิสระ
2. น้ำมันถั่วเหลือง
3. น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน
4. น้ำมันข้าวโพด
5. ไขมันผสม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6. มาการีน
7. น้ำยาล้างจาน และครีมขจัดคราบ

Co – op Supervisor

คุณชูขวัญ ศรีใจวงศ์ (Q.C. Supervisor)

ตำแหน่ง และความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน

ตำแหน่ง : ผู้ช่วย Supervisor

หน้าที่ความรับผิดชอบ : ตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันในกระบวนการผลิต

ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน

เริ่มปฏิบัติงานตั้งแต่ วันที่ 31 สิงหาคม 2542 จนถึง วันที่ 9 ธันวาคม 2542

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1) เพื่อศึกษาถึงขั้นตอนการผลิตน้ำมัน
2) เพื่อศึกษาขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันในขบวนการผลิต
3) เพื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันทางด้านเคมี กายภาพ และการใช้เครื่องมือชั้นสูงในการวิเคราะห์ เช่น GLC DOBI
4) เพื่อสามารถตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันในขั้นตอนต่อไปนี้ได้

   Crude Palm Oil

   Process Refined Palm Oil

   Process Fractionation Oil

   Process Hydrogenation Oil

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

น้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันพืชที่สกัดได้จากผลปาล์ม ซึ่งเป็นไม้ยืนต้น มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Elaeis Guineensis มีถิ่นกำเนิดในทวีปอาฟริกา และได้แพร่กระจายพันธ์ไปยังลาตินอเมริกาและเอเชียตอนใต้ เช่น อินโดนีเซีย มาเลเซีย ซึ่งปัจจุบันมาเลเซียเป็นแหล่งผลิตที่ใหญ่ที่สุด ประมาณ 58 % ของผลผลิตตลาดโลก สำหรับประเทศไทยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้เช่นจังหวัดกระบี่ สตูล สามารถปลูกปาล์มน้ำมันได้ดี พันธ์ที่ปลูกมีหลายพันธ์แต่ละพันธ์จะมีส่วนของกะลา (shell) ปริมาณต่างกัน เช่น พันธ์ macrocarya จะมีส่วนเป็นกะลาสูงสุด 40 – 60% พันธ์ dura จะมีกะลา 20 – 40% พันธ์ tenera มีกะลา 5 – 20% ส่วนพันธ์ที่ไม่มีกะลาเลยคือ pisifera สำหรับพันธ์ที่นิยมปลูกในมาเลเซีย ได้แก่ พันธ์ deli มีขนาดผลใหญ่กว่า ผลปาล์มจะเกาะกันเป็นกลุ่มเรียกว่าทะลาย ผลจะมีลักษณะรูปไข่ ยาวประมาณ 1-2 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว การเก็บเกี่ยวควรกระทำเมื่อผลแก่พอเหมาะ เพราะปริมาณน้ำมันจะเพิ่มขึ้นตามความแก่จนสุก แต่ถ้าทิ้งไว้ให้สุกเกินไป น้ำมันจะมีคุณภาพต่ำ เมื่อผลสุกจะสังเกตได้จากการเปลี่ยนสี จะเปลี่ยนจากสีม่วงไปเป็นสีแดงส้ม น้ำมันจากผลปาล์มมี 2 ชนิด คือ

1. น้ำมันปาล์ม (Palm Oil) เป็นน้ำมันที่ได้จากส่วนเนื้อ (outer pulp หรือ mesocarp) ซึ่งมีลักษณะนุ่มมีสีส้มจนถึงน้ำตาลแดง ซึ่งจะมีน้ำอยู่ประมาณ 56% ความชื้น 25% ส่วนที่เหลือคือกาก น้ำมันปาล์มเมื่อบีบอัดออกมาจะมีสีส้มแดงเนื่องจากสีแคโรทีนในเนื้อปาล์ม จะติดออกมาด้วยในปริมาณ 300 – 2000 มิลิกรัม/กิโลกรัม จุดอ่อนที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันคือจะต้องทำการสกัดน้ำมันทันทีหลังจากเก็บเกี่ยว ถ้าชักช้าจะทำให้น้ำมันนั้นมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงขึ้นเนื่องจากน้ำย่อยไลเปส (lipase) ในเนื้อปาล์มเอง และจากเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยน้ำมันได้ปะปนไป น้ำมันปาล์มจะประกอบด้วยกรดไขมันที่สำคัญดังนี้

กรดโอเลอิก	40 – 53 %
กรดปามมิติก	32 – 47 %
กรดสเตียริก	1 – 1 %
กรดลิโนเลอิก	2 – 11 %
กรดไมริสติก	1 – 2.5 %

2. น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม (Palm Kernel Oil) เป็นน้ำมันที่ได้จากการสกัดจากส่วนที่เป็นเนื้อใน(kernel) ที่ได้แยกเอาส่วนที่เป็นกะลาออกไปแล้ว ส่วนของเนื้อในจะมีน้ำมันอยู่ถึง 46 – 48 % มี ความชื้นประมาณ 22 % ส่วนที่เหลือคือของแข็งชนิดอื่นที่ไม่ใช่ไขมัน กากเหลือจากที่บีบน้ำมัน

ออกแล้วมีโปรตีนอยู่ประมาณ 17 % สำหรับองค์ประกอบของน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มนี้จะคล้ายคลึงกับน้ำมันมะพร้าว ซึ่งพบว่ามีกรดไขมันดังนี้

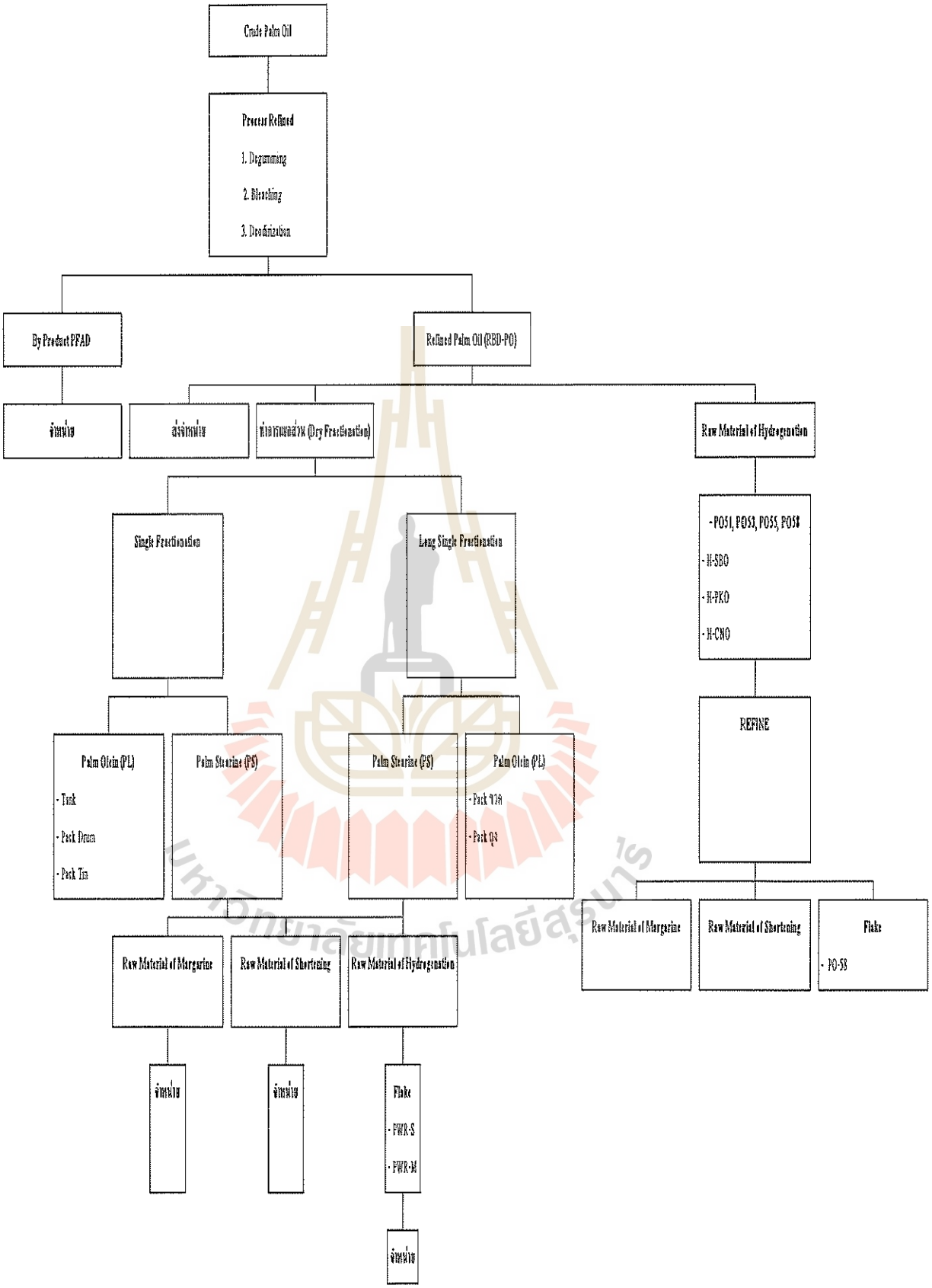
กรดลอริก	46 – 52 %

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนการผลิตน้ำมัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนการผลิตน้ำมัน



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี กายภาพ และการใช้เครื่องมือขั้นสูง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปริมาณกรดอิสระ F.F.A (Free Fatty Acid)

สารเคมี

1. Ethyl Alcohol 95 % (ใช้ได้ทั้ง commercial grade และ A.R. grade)
2. Phenolphthalein indicator 1 % ใน 95 % alcohol
3. Sodium Hydroxide Solution 0.1 N และ 0.2 N (NaOH)

วิธีทำ

1. เตรียม Ethyl Alcohol ทำให้เป็นกลางโดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ เติม NaOH ทีละหยด พร้อมกับเขย่าแรงๆ จนกระทั่งได้สีชมพูอ่อนถาวร
2. ชั่งน้ำมัน 3 – 5 g สำหรับน้ำมันดิบ และ 20 g สำหรับ R.B.D oil ใส่ในขวดรูปชมพู่ ชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน
2. เติม Ethyl Alcohol ที่เตรียมไว้ในข้อ1 ลงในขวดรูปชมพู่ข้อ2 เขย่าให้เข้ากันอุ่นให้พอร้อน อุณหภูมิประมาณ 50 – 60 องศาเซสเซียส
3. น้ำมันดิบไตเตรดกับ NaOH 0.2 N จนกระทั่งได้สีแดงอ่อน สำหรับ R.B.D oil ไตเตรดกับ NaOH 0.1N จนกระทั่งได้สีชมพูอ่อน ๆ

การคำนวณ

1. % F.F.A as Oleic Acid = (ml NaOH) (N NaOH) (28.2) / น้ำหนักตัวอย่างน้ำมัน ใช้สำหรับน้ำมันทั่วๆไป
2. % F.F.A as Lauric Acid = (ml NaOH) (N NaOH) (20.0) / น้ำหนักตัวอย่างน้ำมัน ใช้สำหรับน้ำมันมะพร้าว , น้ำมันปาล์มจากเมล็ดปาล์ม (Palm Kernel Oil)
3. % F. F.A as Palmitic Acid = (ml NAOH) (N NaOH) / น้ำหนักตัวอย่างน้ำมัน ใช้สำหรับน้ำมันปาล์มดิบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค่าไอโอดีน (Iodine Value)

นิยาม : ค่าไอโอดีนคือน้ำหนักเป็นกรัมของไอโอดีนที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับน้ำมันหนัก 100 g เป็นค่าที่ใช้วัดปริมาณ Unsaturation ของไขมันหรือน้ำมัน

สารเคมี

1. สารละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์ 15 % (15 g ในน้ำกลั่น 100 ml)
2. สารละลายมาตรโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 N
3. คาร์บอนเตตระคลอไรด์หรือคลอโรฟอร์ม
4. เมอคิวริคอะซีเตด 2.5 % (ละลายใน glacial acetic acid)
5. สารละลายวิจส์
6. สารละลายแป้ง 1 % (1 g ในน้ำกลั่น 100 ml)

วิธีทำ

1. ชั่งน้ำมันที่แห้งไม่มีสิ่งเจือปนใดๆ ถ้ามีให้กรองก่อน
   ชั่งน้ำมันให้เหมาะสมกับ I.V ตามตาราง โดยชั่งอย่างละเอียด

ค่าไอโอดีนที่คาดไว้	น้ำหนักน้ำมัน (กรัม) ที่ใช้วิเคราะห์
น้อยกว่า 5	3.00 +/ - 0.01
5 ถึง 20	1.00+/- 0.001
21 ถึง 50	0.6 +/- 0.0001
51 ถึง 100	0.3 +/- 0.0001
100 ถึง 150	0.2 +/- 0.0001
151 ถึง 200	0.15 +/- 0.0001

2. เติมคาร์บอนเตตระคลอไรด์ หรือ คลอโรฟอร์ม 10 cc.
3. เติมสารละลายวิจส์ 20 cc.
4. เติมเมอคิวริคอะซีเตด 2.5 % 10 cc. ปิดจุก
5. เขย่าเล็กน้อย เก็บไว้ในที่มืด 5 นาที
6. เติมโปตัสเซียมไอโอไดด์ 15 % 10 cc.
7. ใส่น้ำกลั่น 30 cc.

8. ไตเตรดกับ $Na_2S_2O_3$ 0.1 N จนได้สีเหลืองอ่อน
9. ใส่น้ำแป้ง 0.5 – 1.0 cc.
10. ไตเตรดต่อจนไม่มีสี

การคำนวณ

$$I\,V = \frac{(\text{cc Blank} - \text{cc Sample})\,(\text{N } Na_2S_2O_3)\,(12.69)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีหาค่าเปอร์ออกไซด์ P.V. (Peroxide Value)

นิยาม

วิธีนี้ใช้หาปริมาณสารทั้งหมดในรูป milli – equivalent peroxide ต่อตัวอย่างน้ำมัน 1 kg. ซึ่งสามารถ oxidize โปตัสเซียมไอโอไดด์ภายใต้สภาวะการทดสอบสามารถใช้กับตัวอย่าง น้ำมัน ไขมัน รวมทั้ง มาการีน โดยเตรียมตัวอย่างตามที่กำหนด

สารเคมี

1. สารละลาย Acetic acid – Chloroform Solution อัตราส่วน 3:2 โดยปริมาตร
2. สารละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว ที่เตรียมใหม่ๆ (ต้องแน่ใจว่าสารละลายอิ่มตัวโดยสังเกตุจากการมีผลึกที่ไม่ละลายเหลืออยู่ และสารละลายก่อนใช้ต้องไม่มีสี)
3. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.03 N
4. สารละลายแป้ง 1 g. ในน้ำกลั่น 100 ml.

วิธีทำ

1. ชั่งน้ำมันที่ต้องการหา 3- 5 g.
2. ใส่ Acetic acid – Chloroform Solution 30 cc.
3. ใส่โปตัสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว 0.5 cc. ปิดจุกคอร์ก เขย่า 1 นาที
4. เติมน้ำกลั่นประมาณ 50 ml.
5. ใส่น้ำแป้ง 1 % 0.5 cc.
6. เขย่าให้เข้ากัน ถ้ามีการเปลี่ยนสีของสารละลายเป็นสีน้ำเงิน จึงนำไปไตเตรตกับ 0.03 N โซเดียมไธโอซัลเฟต จนสารละลายไม่มีสี

หมายเหตุ : Blank ทำเช่นเดียวกันแต่ไม่ต้อง ใส่ตัวอย่าง

การคำนวณ : P.V. = $\frac{(\text{ml. โซเดียมไธโอซัลเฟตที่ไตเตรต} - \text{Blank}) \times (\text{N โซเดียมไธโอซัลเฟต}) (1000)}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่าง (g.)}}$

สี (Colour)

นิยาม : สีใช้ในการบอกคุณภาพของน้ำมันได้ ปกติจะอ่านค่าของสีเป็นสเกล สีแดง (R) สีเหลือง (Y) สีน้ำเงิน (B)

เครื่องมือ

1. Lovibond Tintometer
2. Cell

วิธีทำ

1. เตรียมตัวอย่างน้ำมัน โดยการให้ความร้อนจนน้ำมันใส และแห้ง
2. ใส่ตัวอย่างน้ำมันที่เตรียมเรียบร้อยแล้วใน Cell ให้สูงประมาณ 3/4 ของ cell
3. วาง cell ใน Lovibond Tintometer เปิดไฟเครื่อง
4. ปรับสเกลสีแดง เหลือง น้ำเงิน จนกระทั่งสีที่ปรับ match พอดีกับสีตัวอย่างน้ำมันที่เห็นในช่องทางซ้ายมือ

   ปกติสีแดงและสีเหลืองของน้ำมันจะมีความสัมพันธ์กันคือ

   0.1 R 1 Y

   1 R 10 Y

   เพราะฉะนั้นขั้นแรกในการปรับสีอย่างหยาบ สามารถใช้ประโยชน์จากความสัมพันธ์นี้ เมื่อได้สีที่ใกล้เคียงแล้วจึงปรับอีกครั้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการหาค่าโคลเทสต์ (Cold Test)

นิยาม

Cold Test คือการวัดความต้านทานของน้ำมันต่อการตกผลึก ปกติใช้ในการควบคุมการผลิต น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด

อุปกรณ์

1. หลอด Test Tube พร้อมฝาปิดขนาด 1.5 x 14 cm.
2. Water bath สำหรับการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ และใส่น้ำให้อยู่ในระดับท่วมตัวอย่าง
3. Hot plate

วิธีการทดลอง

1. ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างจนถึงอุณหภูมิประมาณ 130 ^{0}C
2. ใส่ตัวอย่างน้ำมันใน Test Tube ให้ต่ำกว่าฝาปิดหลอด ประมาณ 3 cm. ปิดฝาหลอดให้สนิท
3. ปรับอุณหภูมิน้ำมันในหลอดให้ลดลงจนถึงประมาณอุณหภูมิห้อง
4. นำหลอดตัวอย่างไปใส่ใน Water bath โดยระดับน้ำใน Water bath จะต้องอยู่เหนือระดับน้ำมันในหลอด ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่
5. ทุกชั่วโมง สังเกตน้ำมันในหลอดว่าเริ่มขุ่นหรือไม่

หมายเหตุ : น้ำมันที่ดีจะต้องมี Cold Test มากกว่า 5 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการหาค่าคลาวพอยด์ (Cloud Point)

นิยาม

คลาวพอยด์ คือ อุณหภูมิซึ่งน้ำมันขุ่นตัวเนื่องจากเกิดการตกผลึก ภายใต้การควบคุมสภาวะการทำความเย็น และเป็นตัวบอกถึงอุณหภูมิที่จะมีการตกผลึกในขั้นแรก

อุปกรณ์

1. Beaker 50 cc. ทรงสูง
2. กระป๋องพลาสติก
3. โครงเหล็ก หรือโครงพลาสติกทรงกระบอกเจาะรูพรุน
4. เทอร์โมมิเตอร์ แบบละเอียด

วิธีการทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างน้ำมันใส่ใน Beaker ประมาณ 45 ml. แล้วจึงนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 130 ^{0}C
2. ปล่อยทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง หรืออาจวางแช่ในกระป๋องที่มีน้ำหล่อเย็น ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า CP ประมาณ 10 ^{0}C
3. วางตัวอย่างน้ำมันในกระป๋องที่มีโครงทรงกระบอกเจาะรู ซึ่งมีน้ำอยู่ภายในกระป๋องนั้น น้ำจะต้องมีอุณหภูมิต่ำกว่าค่า CP ของน้ำมันตัวอย่าง
4. คนตัวอย่างด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ให้มีความเร็วคงที่ สม่ำเสมอ และเร็วพอที่จะทำให้ตัวอย่างน้ำมัน Beaker เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่เกิด Super Cooling เฉพาะบริเวณใดบริเวณหนึ่ง อุณหภูมิซึ่งกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ที่จุ่มอยู่ใน Beaker เริ่มมองไม่เห็นคือ อุณหภูมิของคลาวพอยด์

<u>ข้อควรระวังในการหาคลาวพอยด์</u>

1. ควรระวังควบคุมอุณหภูมิน้ำเย็นในกระป๋อง ให้เย็นสม่ำเสมอกันตลอดBeaker และอยู่ในช่วง 2-5 ^{0}C ต่ำจาก Cloud Point เสมอในระหว่างที่หาค่าคลาวพอยด์
2. การควบคุมอัตราเร็วในการคนและความสม่ำเสมอในการคน มีความสำคัญต่อการหาคลาวพอยด์ กล่าวคือ ถ้าคนเร็วเกินไป และไม่สม่ำเสมอ หรือในระหว่างการคนยกเทอร์โมมิเตอร์ขึ้นจาก Beaker จะมีผลทำให้เกิดฟองอากาศได้ง่าย ทำให้ค่าคลาวพอยด์ ที่หาได้คลาดเคลื่อน จากความเป็นจริง
3. กรณีที่ใช้ Beaker ใส่ตัวอย่างน้ำมันสำหรับหาคลาวพอยด์ ระหว่างการหาควรระวังปัญหาน้ำเข้าไปในตัวอย่างขณะคน ซึ่งถ้าน้ำเข้าไปแล้ว มีผลทำให้ค่าคลาวพอยด์ที่หาได้ผิดพลาด
4. การคนตัวอย่างจะต้องคนไปในทิศทางเดียวกันตลอดเวลา

วิธีการหาค่าความชื้น (% Moisture)

นิยาม

ใช้หาปริมาณน้ำ และสารที่ระเหยได้ในตัวอย่างน้ำมัน , Shortening และ Margarine

1. โดยการใช้เครื่องอัตโนมัติ

อุปกรณ์

1. ภาชนะอลูมิเนียม
2. เครื่องหาความชื้น

วิธีทำ

1. ชั่งตัวอย่างในภาชนะอลูมิเนียม ในเครื่องหาความชื้น (รอการทำงานของเครื่อง)
2. เมื่อเครื่องจบการทำงาน จึงอ่านค่า %ความชื้น

2. โดยการใช้ตู้อบความร้อน

อุปกรณ์

1. ภาชนะอลูมิเนียม
2. เดสิกเคเตอร์ที่มีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล
3. ตู้อบความร้อนไฟฟ้าที่ปรับอุณหภูมิได้

วิธีทำ

1. ชั่งน้ำหนักภาชนะอลูมิเนียม ให้รู้น้ำหนักแน่นอน
2. ชั่งน้ำมันตัวอย่างใส่ในภาชนะอลูมิเนียมประมาณ 10 gm.
3. นำไปใส่ในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ $105 \pm 1\ ^{0}C$ เป็นเวลา 1 ชม.
4. นำออกไปทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่หายไป} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้}}$$

หมายเหตุ : ตามวิธีของ สมอ. จะใช้ภาชนะอลูมิเนียมที่มีฝาปิด และทำการอบให้แห้ง และทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ เพื่อให้แน่ใจว่าแห้งสนิทและหลังจากอบตัวอย่าง 1 ชม.และทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ รู้น้ำหนักน้ำมันที่หายไปแน่นอนแล้ว จะนำไปอบอีกครั้งๆละ1/2 ชม. จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้ง จะต้องไม่แตกต่างกันมากกว่า 1g.) วิธีนี้เป็นวิธีที่ให้ค่าละเอียดแน่นอน แต่ช้าไม่เหมาะที่จะใช้ในการควบคุมการผลิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีวิเคราะห์หา Fatty Acid Composition by GC.

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้

1. Na_2SO_4
2. Isooctane (Analytical Grade)
3. Saturated KOH in Methanal
4. BF_3CH_3OH
5. Micropipette ขนาด 200 Micro – lites
6. Pipette ขนาด 2 cc. และ 10 cc.
7. Tube ขนาด 16 x 150 mm.
8. กระดาษกรองเบอร์ 2
9. ขวดแก้วขนาดเล็ก (VIAL)
10. Parafilm

วิธีเตรียมตัวอย่างสำหรับน้ำมันทั่วไป (RBD – OIL, Crude – OIL, Hydrogenated – OIL)

1. Heat ตัวอย่างเบาๆ จนละลาย
2. หากตัวอย่างไม่ใสหรือมีน้ำปนให้กรองผ่าน Sodium Sulfate Anhydrous (Na_2SO_4)
3. Pipette Sample จำนวน 200 Micro – lits ด้วย Micropitte ลงใน Tube
4. เติม Isooctane จำนวน 2 CC และผสม
5. เติม KOH 200 Micro – lits เขย่าแรงๆ ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ชั้นที่เป็น Soap ตกตะกอนแยกชั้น
6. กรองส่วนผสมที่ใสผ่านกระดาษกรองลงในขวดแก้วขนาดเล็ก
7. ปิดปากขวดด้วย Parafilm เพื่อรอการ Inject
8. ใช้ Syrink ดูดจำนวน 0.4 – 0.6 Micro – lits แล้ว Inject

วิธีเตรียมตัวอย่างสำหรับน้ำมัน PALM FATTY ACID (PFAD)

1. นำ PFAD ไปอุ่นให้ละลาย แล้วชั่งใส่หลอดแก้ว (ขนาด 25 X 200 mm) = 1gm
2. ดูด BF_3CH_3OH 25 ml ใส่ในหลอดแก้ว
3. นำหลอดแก้วมาแช่ในน้ำร้อนประมาณ 4 – 5 นาที (ควบคุมอุณหภูมิอย่าให้เกิน 80 องศาเซลเซียส)
4. ดูด Isooctane 10 ml ใส่ในหลอดแก้วแล้วนำไปแช่ในน้ำร้อน 4 – 5 นาที

5. ทิ้งให้สารละลายเย็น นำมาหยด Saturated KOH in Water ทีละหยด พร้อมทั้งเขย่าเบาๆ จนกระทั่งสารละลายตกตะกอนเป็นเจล อย่าหยด KOH ขณะที่สารละลายร้อน เพราะ KOH ที่ละลายในน้ำจะทำปฏิกิริยากับสารละลายอย่างรุนแรง และจะพุ่งมานอกหลอดแก้ว
6. ดูดส่วนใสในช่วงบนของหลอดแก้ว มากรองผ่าน $Na_2 SO_4$ ในกระดาษกรอง Whatman No 2
7. นำส่วนที่กรองได้ ฉีดเข้าเครื่อง GC ประมาณ 0.5 – 0.6 Micro – lits

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

DOBI

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้

1. Isooctane
2. Spectrophotometer
3. volumitic flask 25 ml
4. cuvet

วิธีการ

1. ตัวอย่างที่ใช้ต้องสะอาดและไม่มีน้ำ
2. สำหรับน้ำมันดิบชั่ง 0.5 กรัม และ 1 กรัม สำหรับ RBD oil ใน 25 ml Volumitic flask
3. ละลายด้วย Isooctane จนมีปริมาตร 25 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน
4. นำไปวัด absorbance ที่ 269 และ 446 nm โดยเปรียบเทียบกับ blank isooctane

การคำนวณ

$$\text{DOBI} = \frac{\text{abs. ที่ 446 - blank}}{\text{abs. ที่ 269 - blank}}$$

หมายเหตุ

การหาค่า DOBI เป็นการตรวจสอบความสดของน้ำมันโดยที่ค่า DOBI สูง น้ำมันจะมีความสดมาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กระบวนการผลิตน้ำมัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Crude Palm Oil

วัตถุประสงค์ : เพื่อตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบที่จะนำมาผลิต

อุปกรณ์

1) Sampling Bomb ขนาด 250 ml หรือ 500 ml
2) เหยือกพลาสติก ขนาด 1000 ml
3) เชือกฟางยาวประมาณ 2-3 เมตร
4) แท่งแก้ว
5) ขวดหรือ Beaker

ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างของน้ำมันดิบจากแทงค์รถ

1. ตรวจ Seal จากแทงค์รถว่ามีการตี Seal มาหรือไม่
2. ตัด Seal เปิดฝาแล้วใช้ Bombสุ่มตัวอย่างแต่ละช่องทุก ๆ ช่อง บนและล่างผสมรวมกันในเหยือก โดยใช้แท่งแก้วคนแล้วเทใส่ขวดหรือบีกเกอร์
3. นำไปวิเคราะห์คุณภาพหา FFA , IV สังเกตลักษณะของน้ำมันดิบ Impurity ต่าง ๆ เช่น น้ำ เศษผง สิ่งเจือปนต่าง ๆ ซึ่งสีน้ำมันปาล์มดิบจะเป็นสีแดงส้มสีจะต้องสด และมีกลิ่นปาล์มสด (กรณี FFA, IV เกิน Spec หรือกลิ่น สี ผิดปกติ จะต้องนำตัวอย่างไปหา DOBI และ GLC เพื่อดูโครงสร้างต่อไป
4. ถ้าได้คุณภาพตาม Spec ที่ต้องแล้วกำหนดแทงค์ลง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Process Refined Palm Oil

มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) Degumming

เป็นกรรมวิธีในการกำจัด phosphatides, โลหะต่าง ๆ , สิ่งสกปรกอื่น ๆ โดยใช้กรดฟอสเฟอริก(H_3PO_4) เติมเข้าไปภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสม (75 – 85 องศาเซลเซียส) และเวลาที่เหมาะสม

2) Bleaching

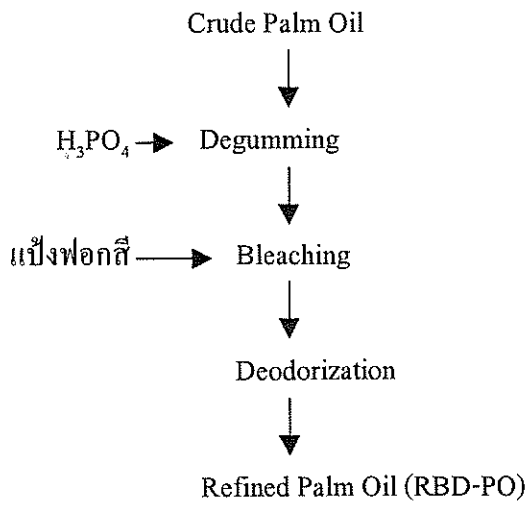
เป็นกรรมวิธีฟอกสีน้ำมันด้วยแป้งฟอกสี (Activated Clay) หรือผงถ่าน (Activated Carbon) ภายใต้ภาวะสูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 90-130 องศาเซลเซียส ในเวลาที่เหมาะสมประมาณ 20-40 นาที แล้ว จึงนำมาผ่านการกรองอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะได้น้ำมันที่มีสีอ่อนตามความต้องการ ขณะเดียวกันกลิ่นบางชนิดก็สามารถกำจัดในกรรมวิธีนี้ด้วย การฟอกสีเป็นขั้นตอนที่ใช้แยกรงควัตถุต่าง ๆที่ปนมากับน้ำมันออก เช่น คลอโรฟิลด์ แคโรทีน เป็นต้น การฟอกสีเป็นการทำให้น้ำมันและไขมันมีความบริสุทธ์มากขึ้น

3) Deodorization

เป็นกรรมวิธีขั้นสุดท้าย ซึ่งกลิ่นต่าง ๆ ของน้ำมันจะถูกกำจัดออกไป น้ำมันที่ได้จะไม่มีกลิ่น (Bland Odour) การกำจัดกลิ่นนี้เป็นกรรมวิธีที่ทำภายใต้ภาวะสูญญากาศที่อุณหภูมิสูง 250-350 องศาเซลเซียส นอกจากกลิ่นจะถูกกำจัดออกไปแล้ว สาร peroxide, aldehydes, ketone สาร carotenoid ที่ทำให้เกิดสีก็จะถูกทำลาย และกรดไขมันอิสระ(Free Fatty Acid)จะถูกทำให้ลดลงต่ำกว่า 0.1%

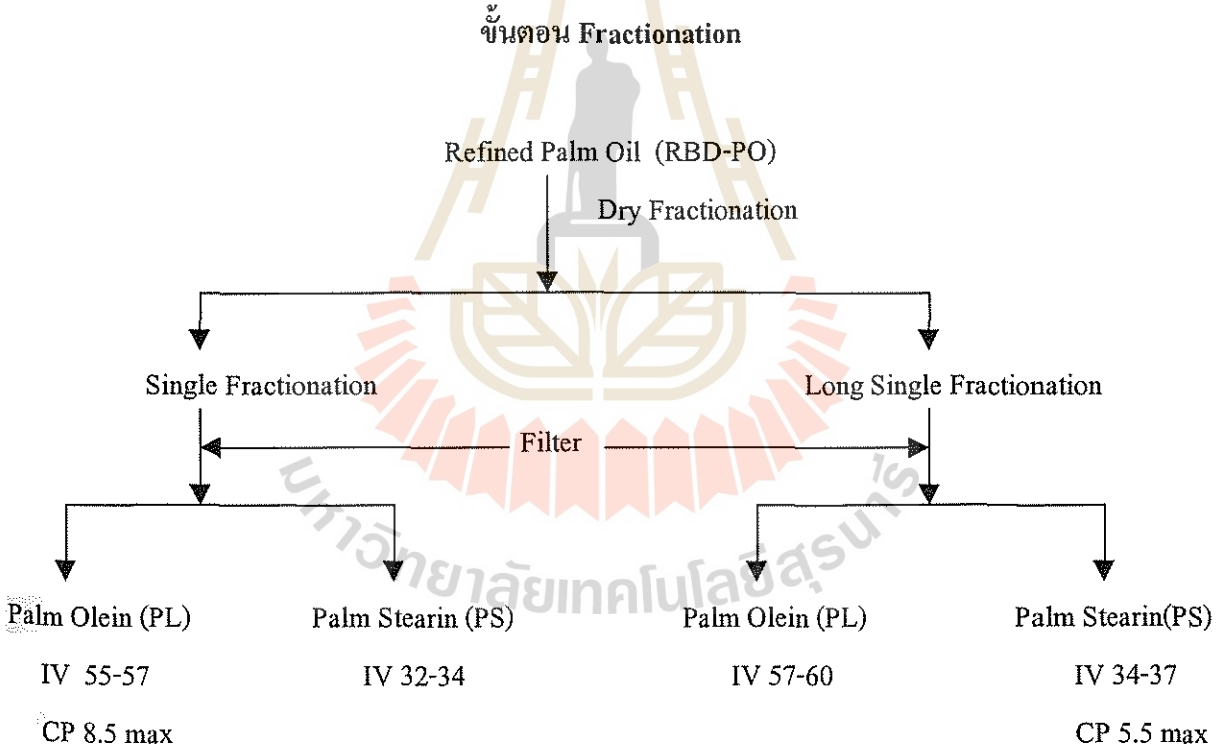
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอน Refined Palm Oil



Fractionation

เป็นกรรมวิธีแยกส่วนน้ำมันปาล์มเพื่อให้ได้ซึ่งน้ำมัน (Oil) หรือไขมัน (Fat) ที่เหมาะสมสำหรับการใช้น้ำมันมากขึ้น เนื่องจากโดยธรรมชาติลักษณะของน้ำมันปาล์มจะเป็นของแข็งปนของเหลว (Semisolid) การแยกส่วนน้ำมันปาล์ม กระทำได้โดยนำน้ำมันมาทำให้เย็นที่อุณหภูมิที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ Stearin (high melting triglyceride) เกิดเป็นผลึก ในขณะที่บางส่วนยังเป็นของเหลวอยู่ได้ Olein (low melting triglyceride) Stearin ที่เกิดสามารถแยกจากน้ำมัน (Olein) ซึ่งเหมาะสมสำหรับทำน้ำมันพืชบริโภค และไขมัน (Stearin) เหมาะสำหรับทำเนยเทียม (Margarine) และไขมันผสม (Shortening) การแยกส่วนใช้ Dry Fractionation เป็นกรรมวิธีที่ทำให้เกิดผลึก Stearin โดยควบคุมอุณหภูมิและนำมาผ่านการกรองแยก Stearin ออก ซึ่งการแยกส่วนจะมี Long Single Fractionation แยกที่อุณหภูมิ 17-19 องศาเซลเซียส และ Single Fractionation แยกที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

HYDROGENATION

เป็นกรรมวิธีเติมไฮโดรเจน(H_2) ให้กับโมเลกุลของน้ำมันที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid chain) เป็นโมเลกุลที่อิ่มตัว (saturated fatty acid chains) การเติม H_2 นี้จะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันเปลี่ยนไป ทำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามต้องการมากขึ้น

หน้าที่ความรับผิดชอบและขั้นตอนการทำงานของ OPERATOR แผนก HYDROGENATION

1. รับคำสั่งการผลิตจาก SUPERVISOR ผลิตน้ำมันอะไร จะใช้น้ำมันจาก TANK ไหนมาผลิต
2. ปั๊มน้ำมันที่ต้องการผลิตจาก TANK ที่ได้รับคำสั่ง มาเข้า CONVERTOR
   2.1 เปิด VALVE ถังผสมแป้ง เพื่อวัดปริมาณน้ำมัน
   2.2 วัดปริมาณในถังแป้งผสม และทำการตักตัวอย่างน้ำมันส่ง QC ตรวจสอบคุณภาพก่อน FEED GAS
   2.2 ทำ VACUME ช่วยดึงน้ำมันในถังผสมแป้งเข้า CONVERTOR เมื่อหมดปิด VALVE ถังผสม
   แป้ง จากนั้นเปิด VALVE เข้า EJECTOR เพื่อ HEAT น้ำมันใน CONVERTOR พร้อมทั้งเปิดใบกวนเพื่อให้ความร้อนกระจายทั่วถึง
3. HEAT ให้ความร้อนน้ำมันใน CONVERTOR อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส
4. เปิด VALVE ถังผสมแป้ง (MIXER TANK) ทำการผสม CATALYST และแป้งดำ กับน้ำมัน พร้อมทั้งเปิดใบกวนในถังผสมแป้ง จากนั้นทำ VACUUM ดูดน้ำมันในถังผสมแป้งเข้า CONVERTOR จนหมด ทำ VACUUM จนกระทั่งใน CONVERTOR เป็นสุญญากาศ
5. จากนั้นปิด VALVE ทุกตัว

ขั้นตอนการ FEED GAS H_2

1. เปิด VALVE ดักก่อนเข้า REGULATOR
2. ปรับตั้งกำลังดัน PRESSURE GAS H_2 ที่ REGULATOR โดยวิธีการหมุนเข้า (ตามเข็มนาฬิกา) สังเกตดูเกจ์เข็มจะขึ้น (น้ำมันทุกตัว ใช้ PRESSURE 60 PSI ยกเว้น R- SBO ใช้ 20 PSI)
3. เปิด VALVE GAS H_2 ตัวที่อยู่ใต้ CONVERTOR
4. GAS H_2 จะเข้าไปใน CONVERTOR ผ่านออก COIL ซึ่งจะเจาะเป็นรูเล็กๆ GAS H_2 จะเข้าทำปฏิกริยากับน้ำมัน และสารเคมีในลักษณะที่เป็นฟองอากาศเล็กๆ
5. คิดคำนวณการใช้ GAS H_2 ตามสูตร
6. เมื่ออัด GAS H_2 เสร็จแล้ว ให้ปิด VALVE โดยไล่จาก ข้อ3 ไปข้อ 1

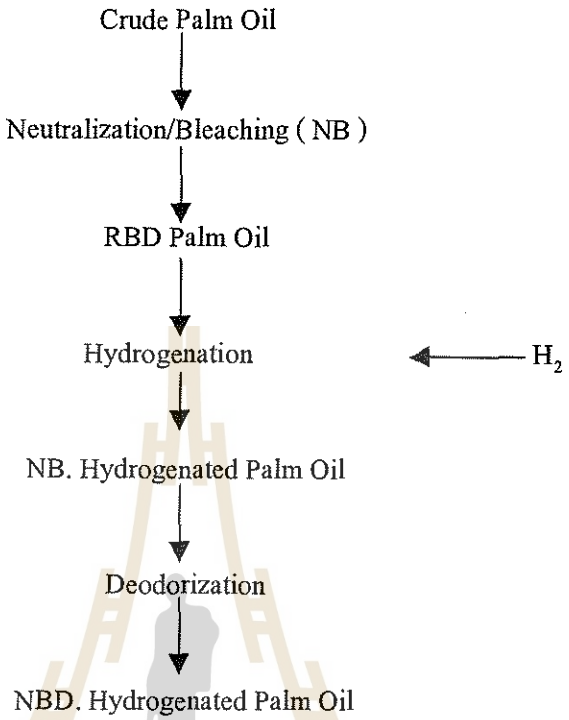
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เมื่อ FEED H_2 ได้ตามจำนวนที่คำนวณไว้แล้ว จะนำตัวอย่างน้ำมันใน CONVERTOR ไปวิเคราะห์หา IV และ SP/MP ยังไม่ได้ก็จะคำนวณปริมาณ H_2 และ FEED เพิ่มจำนวน IV ได้ตามที่ต้องการ

7. ในที่กำลัง FEED H_2 เข้า CONVERTOR นั้น น้ำมันมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากขณะเกิดปฏิกริยาไฮโดรนั้นจะเกิดพลังงานความร้อนขึ้นด้วย ทำให้น้ำมันมีอุณหภูมิสูงขึ้นอาจจะมากกว่า 200 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเวลาในการ FEED H_2 ถ้าน้ำมันที่มี IV เริ่มต้นสูงเช่น SBO,PO จำเป็นต้องใช้เวลามากในการ FEED H_2 อุณหภูมิก็จะสูงตามไปด้วย เราจึงต้องควบคุมไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินกว่า 200 องศาเซลเซียส เพราะอาจเกิดอันตรายหรือน้ำมันไหม้ได้ โดยจะใช้น้ำจาก COOLING เป็นตัวควบคุมให้อยู่ในระดับ 175 – 200 องศาเซลเซียส เท่านั้น
8. เมื่อวิเคราะห์ IV ได้ตามที่ต้องการแล้ว ก็จะทำเย็นน้ำมันก่อนปล่อยลงกรอง โดยใช้น้ำจาก COOLING ทำเย็นน้ำมันลงมาจนอุณหภูมิประมาณ 100 – 120 องศาเซลเซียส ก่อนปล่อยน้ำมันลงมายังถัง HT4 ต้องเปิด VALVE ใต้ EJECTOR ปล่อยแก๊สที่ตกค้างใน CONVERTOR ออกก่อนการเปิดวาล์วปล่อยแก๊สทั้งนี้ต้องค่อยๆเปิดอย่างระมัดระวัง เพราะถ้าเปิดอย่างรวดเร็ว H_2 แก๊สภายใน CONVERTOR ที่หลงเหลืออยู่จะเสียดสีกับอากาศภายนอกอาจทำให้เกิดระเบิดขึ้นได้
9. หลังจากเปิดแก๊สออกจาก CONVERTOR หมดแล้ว จึงจะปล่อยน้ำมันลงมาถึง HT4 ได้และจะปั๊มจาก HT4 ขึ้นผ่านเครื่องกรอง FILLTER PRESS เพื่อกรองเอาแป้งฟอกสี แป้งช่วยกรอง และ CATALYST ออกก่อนน้ำมันที่กรองแล้วจะลงมายัง HT5 และจะถูกปั๊มผ่าน POLISHING FILLTER เพื่อกรองเอา CATALYST ที่อาจจะหลงเหลืออยู่ออกให้หมดอีกครั้ง น้ำมันที่ผ่านการกรองขั้นนี้จะถูกส่งไปยังถังเก็บ HT2 , HT3 และพร้อมจะนำไปผ่านขั้นตอนการดับกลิ่นต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอน Hydrogenation



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2536. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีของน้ำมันและไขมัน ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 84 น.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2535. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารของน้ำมัน. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 112 น.

บริษัทล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน). 2540. รายงานประจำปี 2540.

แผนกค้นคว้าวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์. 2540. วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน. กรุงเทพฯ.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี