การสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบด้วยโซดาไฟ

นางสาว ปิยะวรรณ กฤชเศรษฐสกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548
ISBN 974-17-3627-4
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SYNTHESIS OF FATTY ACIDS FROM CRUDE PALM OIL WITH CAUSTIC SODA

Miss Piyawan Kritsetsakul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic year 2005

ISBN 974-17-3627-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบด้วยโซดาไฟ
โดย	นางสาว ปิยะวรรณ กฤชเศรษฐสกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตรา จงวิศาล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สีรุ้ง ปรีชานนท์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. เจิดศักดิ์ ไชยคุนา)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปิยะวรรณ กฤชเศรษฐสกุล : การสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบด้วยโซดาไฟ.
(SYNTHESIS OF FATTY ACIDS FROM CRUDE PALM OIL WITH CAUSTIC SODA)
อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช, 74 หน้า. ISBN 974-17-3627-4.

การผลิตกรดไขมันจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนระหว่างโซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบ และอุณหภูมิที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ พบว่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสน้ำมันปาล์มดิบสามารถเปลี่ยนเป็นกรดไขมันได้อย่างสมบูรณ์ที่อัตราส่วนโซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ภายในเวลา 120 นาที ซึ่งในเวลาที่เกิดปฏิกิริยานั้นสามารถลดลงเป็น 60 นาทีโดยการเพิ่มอัตราส่วนโซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และที่อัตราส่วนโซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบไม่น้อยกว่า ร้อยละ 80 การเพิ่มขึ้นของเวลาที่ใช้สำหรับการเกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการลดลงของอุณหภูมิที่ใช้สำหรับการเกิดปฏิกิริยาภายใต้สภาวะการเกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ และไม่สมบูรณ์ของน้ำมันปาล์มดิบ ปริมาณกรดไขมันที่ผลิตได้เป็น 3 เท่าของปริมาณกลีเซอรอลเสมอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่อนิสิต.....ปิยะวรรณ กฤชเศรษฐสกุล.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....เดชา ฉัตรศิริเวช.....
ปีการศึกษา .....2548 .....

4770357321 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT

KEYWORD : CRUDE PALM OIL / FATTY ACIDS / CAUSTIC SODA / TRIGLYCERIDE

PIYAWAN KRITSETSAKUL : SYNTHESIS OF FATTY ACIDS FROM CRUDE PALM OIL WITH CAUSTIC SODA. THESIS ADVISOR : DEACHA CHATSIRIWECH , Ph.D., 74 pp. ISBN 974-17-3627-4.

Crude palm oil was hydrolyzed with sodium hydroxide solution to produce fatty acids. The effects of sodium hydroxide to crude palm oil ratio and temperature on completed conversion were investigated. At 90 degree Celsius, crude palm oil was converted to fatty acids completely with sodium hydroxide of at least 40 percent of crude palm oil within 120 minutes. The completion reaction period was reduced to 60 minutes by increase in sodium hydroxide to at least 80 percent of crude palm oil. With sodium hydroxide at 80 percent of crude palm oil, the increment of reaction period for completed conversion become proportional to the reduction of reaction temperature. Under conditions of complete and incomplete conversion of crude palm oil, the amount of fatty acids produced was threefold glycerol amount obtained.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department.....Chemical Engineering.....Student's signature.....Piyawan Kritsetsakul.....

Field of study.....Chemical Engineering.....Advisor's signature.....Deacha Chatsiriwech.....

Academic year .....2005.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการวิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สำหรับคำแนะนำและการดูแลเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา รวมทั้งกรุณาตรวจสอบเนื้อหาวิทยานิพนธ์เพื่อให้ได้วิทยานิพนธ์ที่มีความสมบูรณ์ ตลอดจน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตรา จงวิศาล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สีรุ้ง ปรีชานนท์ และ อาจารย์ ดร. เจิดศักดิ์ ไชยคุนา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และตรวจสอบเนื้อหาวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งต่อ บริษัท ทักษิณปาล์ม จำกัด และอาจารย์ ดร. เจิดศักดิ์ ไชยคุนาที่ได้ให้ความอนุเคราะห์น้ำมันปาล์มดิบในงานวิจัยนี้ รวมทั้ง คุณวรรณดารา อินทรจันทร และคุณบวรพงศ์ พรชุติ สำหรับวัสดุอุปกรณ์ต่างๆและคำแนะนำในการทำงานวิจัย จนงานวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดามารดา ญาติพี่น้องและเพื่อนๆ ซึ่งคอยเป็นกำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญภาพ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ญ

สัญลักษณ์และอักษรย่อ ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตงานวิจัย 3

1.3.1 การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 3

1.3.2 การเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 น้ำมัน 4

2.2 สมบัติทั่วไปของน้ำมัน 4

2.2.1 สมบัติทางกายภาพ 4

2.2.2 สมบัติทางเคมี 5

2.3 ปฏิกิริยาของน้ำมัน 6

2.3.1 ไฮโดรจิเนชัน 6

2.3.2 รีดักชัน 6

2.3.3 การไฮไดรไลซิส 6

2.4 ปาล์มน้ำมัน 8

2.4.1 ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมัน 8

2.4.2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม 9

2.4.3 กระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ 12

2.4.4 องค์ประกอบของกรดไขมันและคุณสมบัติต่างๆของปาล์มน้ำมัน 13

บทที่ หน้า

2.5 การใช้ประโยชน์จากน้ำมันปาล์ม 15
2.6 งานวิจัยเพื่อการสังเคราะห์กรดไขมันในอดีต 16
3. วิธีดำเนินการวิจัย 18
3.1 การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน 18
3.1.1 การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 18
3.1.2 การกำจัดโซดาไฟที่เหลือด้วยกรดเกลือ 18
3.1.3 การเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน 19
3.1.4 การกำจัดกรดเกลือที่เหลือด้วยโซดาไฟ 19
3.1.5 การแยกผลิตภัณฑ์ออกจากสารละลาย 19
3.1.6 การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน ในน้ำมันและผลิตภัณฑ์ที่ได้ 19
3.1.7 การวิเคราะห์สารละลาย 20
3.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบที่ไม่เป็นสบู่ 20
4. ผลการสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบ 21
4.1 กลุ่มสารประกอบในน้ำมันปาล์มดิบ 21
4.2 การสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันชนิดต่างๆ 22
4.3 ผลของปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่อการสังเคราะห์กรดไขมัน 24
4.4 ผลของอุณหภูมิต่อการสังเคราะห์กรดไขมัน 36
5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 47
5.1 สรุปผลการวิจัย 47
5.2 ข้อเสนอแนะ 48
รายการอ้างอิง 49
ภาคผนวก 51
ภาคผนวก ก. 52
ภาคผนวก ข. 53
ภาคผนวก ค. 65
ภาคผนวก ง. 68
ภาคผนวก จ. 71
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 74

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

2.1 แสดงส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมัน 9

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลีเซอรอล กับเวลาที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 31

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโซดาไฟ กับ เวลา ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 32

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ กับเวลาที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 33

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยา กับความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 34

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโซดาไฟ กับ เวลา ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ 42

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ กับ เวลา ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ 43

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ 45

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ 46

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1.1 แสดงราคาวัตถุดิบเพื่อผลิตน้ำมันที่เกษตรกรขายได้ในปี พ.ศ.2543-2546 1

2.1 แสดงคุณสมบัติทางการค้าของน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil,CPO) 11

2.2 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดในปาล์มกับน้ำมันปาล์มดิบ และคุณสมบัติต่างๆของกรดไขมัน 14

4.1 แสดงคุณสมบัติในน้ำมันปาล์มดิบ 21

4.2 ปริมาณกลีเซอรอล และกรดไขมันที่ผลิตได้จากน้ำมันชนิดต่างๆ 1 กรัม 22

4.3 ผลของปริมาณโซดาไฟ ต่อการสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบโดยสมบูรณ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 25

4.4 ผลของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้น กับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือที่ใช้ในปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ 27

4.5 ผลของปริมาณโซดาไฟ ต่อการสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ 28

4.6 ผลของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นกับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือที่ใช้ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ 29

4.7 สมการความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 33

4.8 อันดับของปฏิกิริยาและค่าคงที่ของปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 35

4.9 ราคาต้นทุนการผลิตกรดไขมันที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40 และร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบเทียบน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม 36

4.10 ผลของอุณหภูมิต่อการสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบโดยสมบูรณ์ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ 37

4.11 ผลของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้น กับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือที่ใช้ในปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ 39

4.12 ผลการสังเคราะห์กรดไขมัน ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ 40

4.13 ผลของโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้น กับโซดาไฟและกรดเกลือที่ใช้ในปฏิกิริยาที่เกิดไม่สมบูรณ์ ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ 41
4.14 สมการความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ 44
4.15 อันดับของปฏิกิริยาและค่าคงที่ของปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิต่างๆ 45
ก.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่ในน้ำมันปาล์มดิบ 52
ก.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบ 52
ข.1 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบ ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 53
ข.2 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 54
ข.3 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 60 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 55
ข.4 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 56
ข.5 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 20 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 57
ข.6 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 80องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 58
ข.7 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 70องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 59

ข.8 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบ ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 60
ข.9 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 61
ข.10 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 60 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 61
ข.11 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 62
ข.12 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 20 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 62
ข.13 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 63
ข.14 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ 64

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์และอักษรย่อ

r_{TG}	=	อัตราการเกิดปฏิกิริยา
k, k’	=	ค่าคงที่ปฏิกิริยา (Rate Constant)
n, m	=	อันดับของปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้อง
C_{TG}	=	ความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์
t	=	เวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งเสริมการปลูกพืชน้ำมันเป็นจำนวนมาก พืชน้ำมันที่มีการทำเกษตรเชิงพาณิชย์ในประเทศไทยนั้น ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ละหุ่ง งา และทานตะวัน โดยปัจจุบันรัฐบาลมีการส่งเสริมรวมทั้งมีแผนพัฒนาปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม พ.ศ. 2543-2549 แผนพัฒนานี้ส่งผลให้พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตของปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังส่งผลให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของปาล์มน้ำมันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ ถึง 10 เท่า ในขณะที่มะพร้าวนั้นการเพาะปลูกค่อนข้างกระจัดกระจาย ทำให้การกระจายเทคโนโลยีค่อนข้างลำบาก จึงส่งผลให้การพัฒนานั้นล่าช้า ผลผลิตที่ได้ไม่เพียงพอกับการบริโภค และอุตสาหกรรมภายในประเทศ อีกทั้งการเพาะปลูกมะพร้าวอาจมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากพื้นที่ในการเพาะปลูกโดยมากเป็นพื้นที่ที่ติดชายทะเล จึงมีการแปรสภาพพื้นที่ในการเพาะปลูกไปเป็นสถานที่พักตากอากาศมากขึ้น ในขณะที่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ละหุ่ง งา และทานตะวันนั้น เป็นพืชอายุสั้น ปริมาณการเพาะปลูกภายในประเทศมีไม่มากและยังมีแนวโน้มที่จะลดลงอีกด้วย รวมทั้งมีการนำเข้า ถั่วเหลืองและถั่วลิสงจากต่างประเทศ เนื่องจากการเพาะปลูกไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ต้นทุนของน้ำมันพืชดิบ ประกอบด้วยราคาวัตถุดิบ ร้อยละ 7 ดังนั้นต้นทุนของน้ำมันพืชแต่ละชนิดจึงขึ้นอยู่กับราคาวัตถุดิบในขณะนั้น [1]

ตารางที่ 1.1 : แสดงราคาวัตถุดิบเพื่อผลิตน้ำมันที่เกษตรกรขายได้ในปี พ.ศ.2543-2546

ปี พ.ศ.	ราคาที่เกษตรกรขายได้ (บาท / กิโลกรัม)						
	ปาล์มน้ำมัน	มะพร้าว	ถั่วเหลือง	ถั่วลิสง	งา	ละหุ่ง	ทานตะวัน
2543	1.66	2.22	9.23	11.24	19.15	10.11	6.37
2544	1.19	2.18	9.86	12.24	17.88	9.8	9.57
2545	2.3	2.87	10.12	13.37	19.97	10.07	10.5
2546	2.33	2.97	10.58	15.32	22.13	10.4	9.89
ค่าเฉลี่ย	1.87	2.56	9.95	13.04	19.78	10.1	9.08

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ราคาวัตถุดิบเพื่อนำไปผลิตน้ำมันพืชในประเทศไทย ช่วงปี พ.ศ.2543-2546 ปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบที่มีราคาต่ำที่สุด ส่วนพืชน้ำมันชนิดอื่นมีราคาสูงขึ้นตามลำดับ ดังนี้ มะพร้าว ทานตะวัน ถั่วเหลือง ละหุ่ง ถั่วลิสง และงา (ดังแสดงในตารางที่ 1.1) ดังนั้นปริมาณวัตถุดิบที่มีภายในประเทศและต้นทุนในการสกัดน้ำมันดิบ จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพิจารณาเลือกปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตกรดไขมันเพื่อเพิ่มมูลค่าต่อไป

เนื่องจากน้ำมันพืช และไขมันสัตว์มีกรดไขมันอยู่หลายชนิด กรดไขมันเป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเครื่องสำอาง และครีมบำรุงผิวต่างๆ เพื่อให้ความชุ่มชื้นแก่ผิว กระตุ้นการสร้างเซลล์ใหม่ หรือเพิ่มความยืดหยุ่นของผิวหนัง รวมทั้งการทำยา เป็นต้น นอกจากกรดไขมันแล้วยังมีกลีเซอรอล ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งทางการแพทย์และอุตสาหกรรมเครื่องสำอางอุตสาหกรรมการผลิตกรดไขมันด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เพื่อเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ให้เป็นกรดไขมัน และกลีเซอรอล โดยปฏิกิริยานี้ต้องดำเนินการ ณ อุณหภูมิสูงกว่า 200 องศาเซลเซียส และความดันสูงกว่า 20 บาร์ เพื่อให้น้ำและน้ำมันละลายเข้ากันได้ดี ในขณะที่ไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ สามารถเปลี่ยนเป็นกรดไขมัน และกลีเซอรอลได้ด้วยปฏิกิริยาเคมีกับโซดาไฟ และกรดเกลือตามลำดับ แม้ว่าปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ปฏิกิริยาเคมีทั้งสองสามารถสามารถดำเนินการได้ ณ ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิไม่เกินจุดเดือดของน้ำ การสังเคราะห์กรดไขมันด้วยปฏิกิริยานี้ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่ต้องศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาเป็นกระบวนการผลิตกรดไขมันต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนโซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบ และเวลา ต่อการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์
2. เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ และเวลา ต่อการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

การสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบ ประกอบด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอนดังนี้

1.3.1 การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

- ศึกษาผลของปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่อการสังเคราะห์กรดไขมัน ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นจากร้อยละ20 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบถึงปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้น้ำกลั่น 50 เท่าของปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

- ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ณ อุณหภูมิ 50 70 80 และ90 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ และเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์

ปฏิกิริยาเคมีระหว่างไตรกลีเซอไรด์กับโซดาไฟจะเกิดขึ้นไม่น้อยกว่า 60 นาที และเพิ่มขึ้นครั้งละ 30 นาทีจนกระทั่งปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ โดยวิเคราะห์ได้จากปริมาณโซดาไฟที่เหลือจากปฏิกิริยา

1.3.2 การเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน

- ศึกษาปริมาณกรดเกลือ โดยเติมกรดเกลือเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 0.15 เท่าของปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ และเพิ่มทีละ 0.05 เท่า จนกระทั่งสารละลายใส เพื่อให้สบู่สามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันได้ทั้งหมด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบสภาวะที่เหมาะสมของการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่เพื่อให้ได้สบู่ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน และสามารถนำมาเป็นสารตั้งต้นของการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน เพื่อสังเคราะห์กรดไขมันต่อไป

1.4.2 เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพัฒนากระบวนการสังเคราะห์กรดไขมันจากวัตถุดิบอื่นๆ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำมัน

น้ำมันมีมากในธรรมชาติ เช่นในผลไม้เปลือกแข็งต่างๆ เช่น ปาล์ม ถั่วเหลือง และมะพร้าว เป็นต้น และแหล่งเก็บสะสมไขมันของสัตว์ น้ำมันเป็นชีวโมเลกุลที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกระดับ ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น คลอโรฟอร์ม เฮกเซน อีเทอร์ เป็นต้น น้ำมันที่พบในเซลล์ของพืชและสัตว์ โดยทั่วไปจะมีปริมาณแตกต่างกันออกไปในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ซึ่งถ้าน้ำมันนั้นมีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่าน้ำมัน (oil) และหากมีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่า ไขมัน (fat) สำหรับโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันที่พบในธรรมชาติค่อนข้างหลากหลายขึ้นอยู่กับหน้าที่ทางชีวภาพ โดยน้ำมันทุกชนิดจะมีส่วนของโมเลกุลที่เป็นไฮโดรคาร์บอนมีลักษณะไม่มีขั้ว(non-polar) ซึ่งแสดงคุณสมบัติแยกชั้นกับน้ำ (hydro-phobic) และละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) บางชนิดจะมีส่วนมีขั้ว (polar) ที่มีคุณสมบัติรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ (hydro-philic) น้ำมันที่มีคุณสมบัติสองอย่างนี้รวมอยู่ด้วยกัน คือ มีส่วนที่มีขั้วต่ออยู่กับส่วนที่ไม่มีขั้วจะมีคุณสมบัติเป็นแอมฟิไฟล์ (Amphiphile) น้ำมันกลุ่มนี้สามารถทำหน้าที่เป็นตัวกลาง เพื่อให้น้ำมันที่แยกชั้นกับน้ำสามารถกระจายตัวอยู่ในน้ำได้ ตัวอย่างของน้ำมันกลุ่มนี้ ได้แก่ ฟอสโฟกลีเซอไรด์ สฟินโกลิปิด (sphingolipid) เป็นต้น [2] สำหรับน้ำมันที่มีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นไฮโดรคาร์บอนสายตรง เช่น พวกไตรกลีเซอไรด์ เทอร์ปีนอยด์ หรือเป็นวงแหวน เช่น สเตอรอยด์ น้ำมันเหล่านี้จะมีคุณสมบัติเป็นกลาง ไม่มีขั้ว มีคุณสมบัติแยกชั้นกับน้ำได้ดี และมักจะรวมตัวกันเองเป็นกลุ่มก้อน

2.2 สมบัติทั่วไปของน้ำมัน

2.2.1 สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) สมบัติทางกายภาพของน้ำมันมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ชนิดต่างๆ ที่ประกอบเป็นน้ำมันนั้นๆ จึงใช้ประโยชน์ของสมบัติทางกายภาพในการจำแนก และชี้บ่งชนิดของน้ำมัน ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุล และชนิดของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบ[3] รวมทั้งการนำน้ำมันไปใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่นการผลิตเป็นกรดไขมัน จะพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพด้วย สมบัติทางกายภาพของน้ำมันที่สำคัญ ได้แก่

ก) สี กลิ่น รส น้ำมันที่บริสุทธิ์จะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส และมีสมบัติเป็นกลาง สีเป็นตัวชี้บ่งคุณภาพของน้ำมันได้ น้ำมันแต่ละชนิดจะมีสีที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับรงควัตถุที่มีปนอยู่ในวัตถุดิบที่นำมาใช้สกัดน้ำมัน โดยรงควัตถุส่วนใหญ่ของน้ำมันจะเป็นสารแคโรทีน

ข) จุดหลอมเหลว(Melting point) น้ำมันส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวเป็นช่วงอุณหภูมิ ซึ่งจะเป็นช่วงกว้างหรือแคบ ขึ้นอยู่กับชนิดของไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นส่วนประกอบของน้ำมัน เช่น น้ำมันที่ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ชนิดเดียวกันทั้งหมด จะมีจุดหลอมเหลวที่แน่นอน ตามชนิดของไตรกลีเซอไรด์นั้นๆ จุดหลอมเหลวของน้ำมันจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ จุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น และจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะลดลงเมื่อมีจำนวนพันธะคู่ในกรดไขมันเพิ่มขึ้น น้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเมื่อมีจำนวนคาร์บอนเท่ากัน เช่น ไตรปาล์มิติน (Tripalmitin) จะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่า ไตรปาล์มิโตเลอิน (Tripalmitolein) เป็นต้น

ค) การละลาย(Solubility) น้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันโมเลกุลเล็กๆ เช่น กรดบิวไทริค สามารถละลายน้ำได้ ถ้าน้ำมันประกอบด้วยกรดไขมันที่มีโมเลกุลใหญ่จะละลายน้ำไม่ได้ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายน้ำมัน ได้แก่ อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เบนซีน ปิโตรเลียมอีเทอร์ และละลายได้บ้างเล็กน้อยในเมทิลแอลกอฮอล์ เอทิลแอลกอฮอล์และอะซิโตนที่เย็น แต่การละลายจะดีขึ้นเมื่อทำให้ร้อน ดังนั้นการสกัดน้ำมันจากเนื้อเยื่อจึงใช้วิธีต้มกับเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุด

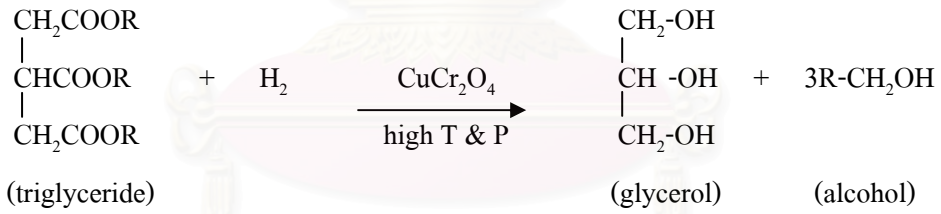
ง) ความถ่วงจำเพาะ(Specific Gravity) น้ำมันมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ น้ำมันแข็งมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.86 ส่วนน้ำมันเหลวจะมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.92-0.94 เมื่อนำน้ำมันเหลวใส่ลงในน้ำจะลอยอยู่เหนือผิวน้ำและกระจายอย่างเท่าเทียมกัน ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันโดยสากลจะวัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ยกเว้นกรณีที่น้ำมันเป็นของแข็งและมีจุดหลอมเหลวสูงอาจวัดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส น้ำมันที่มีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้นหรือมีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเพิ่มขึ้นด้วย

2.2.2 สมบัติทางเคมี(Chemical Properties) สมบัติทางเคมีของน้ำมันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของน้ำมันนั้น เช่น ถ้าน้ำมันประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว น้ำมันก็จะแสดงสมบัติคล้ายกับกรดไขมันไม่อิ่มตัว เป็นต้นและเนื่องจากน้ำมันหรือไตรกลีเซอไรด์เป็นเอสเทอร์จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาได้เช่นเดียวกับเอสเทอร์ทั้งหลาย

2.3 ปฏิกิริยาของน้ำมัน [4]

2.3.1 ไฮโดรจิเนชัน (Hydrogenation) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการที่ไตรกลีเซอไรด์ไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนโดยมีโลหะ(มักใช้นิเกิล)เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้เป็นไตรกลีเซอไรด์อิ่มตัว ปฏิกิริยานี้จัดเป็นตัวอย่างของปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของอัลคีน (alkene) อย่างหนึ่งและเป็นปฏิกิริยาที่มีความสำคัญทางการค้า เพราะใช้ทำน้ำมันพืชให้แข็งตัวเพื่อนำไปผลิตเป็นไขมันสำหรับปรุงอาหาร หรือเนยเทียม ตัวอย่างเช่น น้ำมันเมล็ดฝ้าย มีเปอร์เซ็นต์ของไตรกลีเซอไรด์ไม่อิ่มตัวสูง เมื่อเอาไปไฮโดรจิเนชัน ส่วนที่ไม่อิ่มตัวจะถูกเปลี่ยนไปเป็นส่วนที่อิ่มตัวได้เป็นไขมัน ซึ่งผลิตผลที่เป็นของแข็งนี้อาจจำหน่ายในรูปแบบของไขมันที่ใช้ในการปรุงอาหาร เช่นนำไปผสมกับสีและปรุงรสเป็นเนยเทียมได้

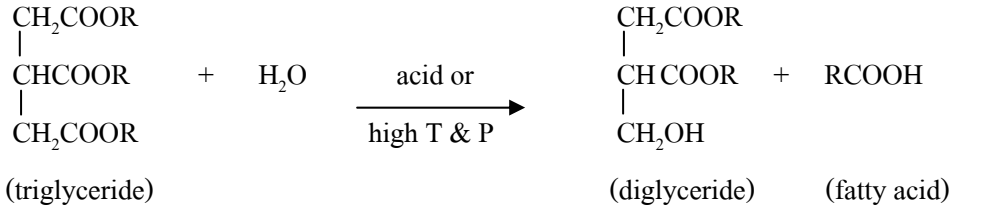
2.3.2 รีดักชัน (Reduction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการที่ไตรกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนที่อุณหภูมิและความดันสูงๆ โดยมีคอปเปอร์โครไมต์ ($CuCr_2O_4$) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์จะถูกแบ่งออกไปได้เป็นกลีเซอรอล และแอลกอฮอล์ที่มีโซ่ยาว ซึ่งแอลกอฮอล์ดังกล่าวนี้ใช้ประโยชน์ในการผลิตผงซักฟอกได้เป็นอย่างดี



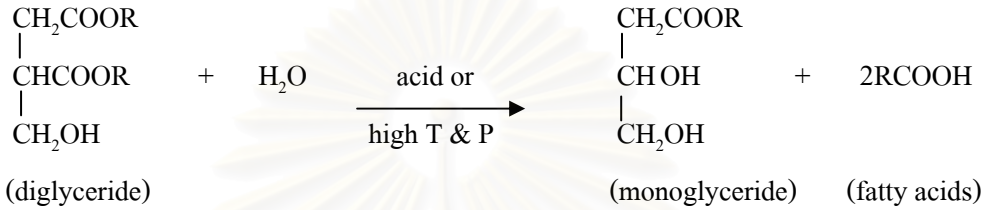
2.3.3 การไฮไดรไลซิส (Hydrolysis) คือ เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการที่ไตรกลีเซอไรด์เกิดปฏิกิริยากับน้ำ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมัน สามารถจำแนกการเกิดปฏิกิริยาได้ ดังนี้ คือ

- การไฮไดรไลซิสโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิ และความดันสูงๆ คือ เกิดที่อุณหภูมิ 210-260 องศาเซลเซียส และความดัน 1.9-6.0 เมกกะปาสคาล [5]

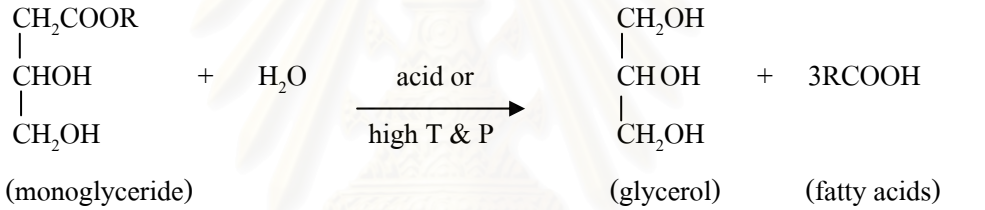
- การไฮไดรไลซิสโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น กรดซัลฟิวริค (H_2SO_4) น้ำมันจะถูกไฮโดรไลซ์ได้ง่ายขึ้น กล่าวคือเมื่อนำไปให้ความร้อนที่ความดันปกติก็สามารถไฮโดรไลซ์ได้ ผลจากการไฮโดรไลซ์น้ำมันจะได้กรดไขมันกับกลีเซอรอล โดยเกิดขึ้น 3 ขั้นตอน ดังสมการต่อไปนี้



(triglyceride) (diglyceride) (fatty acid)



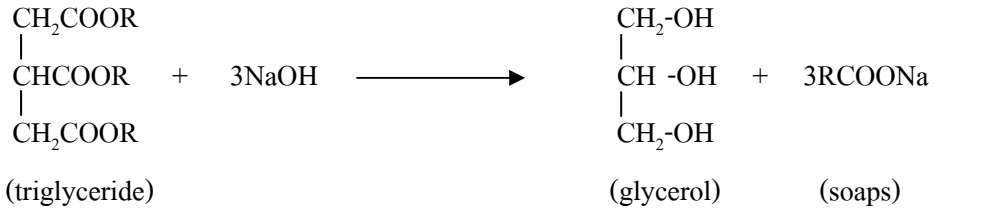
(diglyceride) (monoglyceride) (fatty acids)



(monoglyceride) (glycerol) (fatty acids)

- การไฮไดรไลซิสโดยใช้เอนไซม์ไลเปส (Lipase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะได้กรดไขมันกับกลีเซอรอล เช่นเดียวกัน

- การไฮไดรไลซิสโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือการเปลี่ยนน้ำมันเป็นสบู่ เมื่อให้ความร้อนไตรกลีเซอไรด์กับเบสแก่ เช่น โซดาไฟ (NaOH) หรือโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะได้กลีเซอรอลกับเกลือของกรดไขมัน หรือสบู่ (Soaps) ดังสมการด้านล่างนี้



(triglyceride) (glycerol) (soaps)

สบู่และกลีเซอรอลละลายน้ำได้ เมื่อนำสบู่ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการเปลี่ยนน้ำมันเป็นสบู่ ทำปฏิกิริยากับกรดแก่ เช่น กรดเกลือ(HCl) จะได้ผลิตภัณฑ์ คือ กรดไขมัน และเกลือดังสมการต่อไปนี้

$$\underset{\text{(soaps)}}{RCOONa} + HCl \longrightarrow \underset{\text{(fatty acids)}}{RCOOH} + \underset{\text{(sodium salt)}}{NaCl}$$

2.4 ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (oil palm) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวในตระกูลปาล์มมี่(Palmae) เช่นเดียวกับมะพร้าว ตาล จาก และระกำ ประเทศไทยเริ่มมีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจครั้งแรกประมาณ พ.ศ. 2511 ที่จังหวัดกระบี่ และได้แพร่ขยายมากขึ้นในจังหวัดทางภาคใต้ คือ สตูล ตรัง ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี ชุมพร สงขลา และประจวบคีรีขันธ์ ปาล์มน้ำมันที่เพาะปลูกในเชิงเศรษฐกิจในปัจจุบัน มีชื่อสามัญว่าน้ำมันปาล์มพันธุ์แอฟริกา(African Oil Palm) ซึ่งมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Elaeis guineensis พันธุ์ปาล์มที่นิยมปลูกในประเทศไทย คือ พันธุ์ทีเนอร่า(Tenera)ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์ดูร่า(Dura) กับเพอริเฟอร่า (Perifera) โดยใช้พันธุ์ดูร่าเป็นแม่พันธุ์ และพันธุ์เพอริเฟอร่าเป็นพ่อพันธุ์ ในระยะเวลาที่ผลปาล์มกำลังเจริญเติบโตนั้น ในผลปาล์มจะมีแป้ง ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรต และเมื่อผลเริ่มแก่หรือสุก ปริมาณแป้งจะลดลงและแปรสภาพไปเป็นน้ำมัน ซึ่งเป็นสารประเภทไตรกลีเซอไรด์ เมื่อผลปาล์มแก่มากขึ้น น้ำมันจะเริ่มแปรสภาพไปเป็นกรดไขมันอิสระ(Free Fatty Acid) และกลีเซอรอล(Glycerol) ในช่วงนี้ระยะการแปรสภาพเป็นไปอย่างช้าๆ จึงมีปริมาณกรดไขมันอิสระเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่ให้ปริมาณน้ำมันสูงถึง 0.6 – 0.8 ตัน /ไร่ /ปี เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร และใช้ในการประกอบอาหาร เพราะมีคุณสมบัติทนความร้อนได้สูง ไม่ทำให้เกิดสารก่อมะเร็ง เนื่องจากปาล์มน้ำมันมีราคาต่ำกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น อีกทั้งสามารถผลิตได้เอง การใช้ประโยชน์จากปาล์มน้ำมันจึงก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มและรายได้โดยรวมของประเทศ

2.4.1 ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

- น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil) สกัดได้จากส่วนที่เป็นเนื้อ (Pericarp) ของผลปาล์มน้ำมัน ส่วนเนื้อแยกย่อยออกเป็น 2 ส่วน คือ ชั้นนอกสุด(Exocarp) ซึ่งมีลักษณะบางและมีสีแตกต่างกันตามลักษณะประจำของแต่ละพันธุ์ ชั้นถัดมา คือชั้นกลาง(Mesocarp) มีลักษณะหนากว่าชั้นนอก (Exocarp) และเป็นชั้นที่ให้น้ำมัน

- น้ำมันเมล็ดในปาล์ม (Crude Palm Kernel Oil) สกัดได้จากส่วนที่เป็นเมล็ดใน (Endocarp) ซึ่งมีเนื้ออยู่ข้างในเมล็ดของผลปาล์มน้ำมัน(Kernel) [6]

รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมัน

2.4.2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม [7]

กระบวนการสกัดน้ำมันออกจากผลปาล์มมีหลายกระบวนการ แต่ละกระบวนการมีหลายขั้นตอนซึ่งจะกล่าวถึงโดยสังเขปเพียงกระบวนการเดียวดังนี้

- นำทะลายผลปาล์มสดส่งเข้าหม้อนึ่งไอน้ำ(Sterilize) อบอยู่ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อเป็นการยับยั้ง และทำลายการทำงานของเอนไซม์ไลเปส (Lipase) เพื่อทำให้ผลปาล์มน้ำมันหลุดออกจากทะลายได้ง่ายขึ้น เมื่อถูกส่งเข้าเครื่องนวดและเครื่องจักรอื่นๆ

- นำทะลายผลปาล์มน้ำมันที่อบแล้วเข้าสู่เครื่องนวด (Thresher) ซึ่งจะนวดให้ผลปาล์มหลุดออกจากทะลาย ทะลายเหล่านี้จะถูกส่งแยกไปยังเตาเผา (Incinerator) เพื่อเผาแล้วใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียม (K) ต่อไป โดยทั่วไปแล้วทะลายเปล่าที่ได้นี้จะมีปริมาณร้อยละ 25โดยน้ำหนัก

- นำผลปาล์มน้ำมันขึ้นจากขั้นที่2เข้าเครื่องย่อยบด(Digester)เพื่อย่อยเปลือก (Mesocarp) ออกจากเมล็ดใน ในขั้นตอนนี้จะได้เปลือกเมล็ดใน และน้ำมันดิบ (Crude oil)เล็กน้อย สำหรับเมล็ดจะถูกแยกออกไปต่างหาก และนำไปผ่านขั้นตอนต่างๆดังนี้ คือ ส่งเมล็ดเข้าเครื่องกะเทาะเมล็ด (Nut Cracker) เพื่อแยกกะลา (Mesocarp) ออกจากเนื้อใน (Endosperm or Kernel) แล้วส่งเข้าเครื่องแยก

(Hydrocyclone) เพื่อแยกกะลาเปล่าออก นำไปเป็นเชื้อเพลิงได้ ส่งเนื้อในที่ได้เข้าเครื่องอบแห้ง (kernel dryer) แล้วส่งต่อเข้าโรงเก็บ (storage) เพื่อจำหน่ายหรือสกัดน้ำมันต่อไป

- นำเปลือกและน้ำมันดิบส่งเข้าเครื่องบีบ (Screw press) ในขั้นตอนนี้จะได้น้ำมันดิบแยกออกจากใยกาก และนำใยกากที่แยกออกไปเป็นเชื้อเพลิง

- นำน้ำมันดิบที่ได้ไปกรองในเครื่องกรองเรียกว่าตะแกรงกรองน้ำมัน(Vibration screen) ส่งน้ำมันดิบที่กรองเข้าถังพักน้ำมันดิบ

- นำน้ำมันดิบจากถังพักน้ำมันดิบส่งเข้าถังแยกชั้นน้ำมัน (Clarification) เพื่อแยกน้ำมันดิบออกจากขี้น้ำมันดิบและสิ่งสกปรกต่างๆ เมื่อถูกแยกออกแล้วจะนำไปผ่านขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ คือ นำเข้าสู่เครื่องเหวี่ยง(Centifuge) เพื่อแยกชั้นน้ำมันอีกครั้ง แล้วนำขี้น้ำมันที่ได้จากเครื่องเหวี่ยงส่งเข้าถังแยกชั้นน้ำมันอีกครั้ง และส่วนที่เป็นสิ่งสกปรกส่งเข้าบ่อน้ำเสียเพื่อกำจัดต่อไป

- นำน้ำมันดิบที่ได้ส่งเข้าเครื่องทำให้บริสุทธิ์ (Purify) ขจัดสิ่งสกปรกต่างๆที่ยังคงหลงเหลืออยู่ น้ำมันดิบที่ได้ในขั้นนี้จะยังคงมีความชื้นสูง

- นำน้ำมันดิบที่ได้ส่งเข้าเครื่องกำจัดความชื้น เพื่อทำให้น้ำมันดิบมีความชื้นต่ำลงตามมาตรฐานที่กำหนด จากนั้นจึงส่งเข้าสู่ถังเก็บ(Storage tank) เพื่อจำหน่ายสินค้าหรือเพื่อแปรรูปต่อไป

นอกจากปาล์มน้ำมันจะมีสารประกอบไตรกลีเซอไรด์(triglycerides)แล้วยังประกอบด้วยสารประกอบที่ไม่ใช่ไตรกลีเซอไรด์ (non-triglycerides) สารเหล่านี้จัดเป็นสารเจือปนซึ่งต้องกำจัดออกในขั้นตอนการทำบริสุทธิ์ (Refining) เพราะการที่มีสิ่งเจือปนต่างๆจะทำให้เกิดฟอง ควัน กลิ่น หรือตะกอนที่ทำให้เกิดสีที่ไม่ต้องการได้

สารที่ไม่ใช่กลีเซอไรด์ที่สำคัญมีดังนี้

- กรดไขมันอิสระ ในน้ำมันดิบจะมีกรดไขมันอิสระในปริมาณเล็กน้อยเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส(Hydrolysis) โดยเอมไซม์ไลเปสที่สามารถทำให้เกิดกรดไขมันอิสระได้ นอกจากนี้สภาวะในขั้นตอนการผลิตน้ำมัน อาจทำให้เกิดกรดไขมันอิสระไฮโดรไลซ์ไตรกลีเซอไรด์ตรงบริเวณพันธะได้บ้าง ปริมาณและชนิดของกรดไขมันอิสระแตกต่างกันตามชนิดของเมล็ดที่ใช้ โดยทั่วไปกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบนั้นจะถูกกำจัดในกระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์

- ฟอสโฟลิปิด หรือ ยาง(Gum) ในน้ำมันปาล์มดิบมีฟอสโฟลิปิดที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เลซิทิน(Lecithin) และแซฟฟาลิน(Cephalin) ฟอสโฟลิปิดจะถูกกำจัดในขั้นตอน การกำจัดยาง (Degumming)

- สเตอรอล(Sterol) ในน้ำมันพืชเรียกว่าไฟโตสเตอรอล(Phytosterol) เป็นของผสมของสเตอรอลหลายชนิดรวมกัน

- แวกซ์(Waxes) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ชนิดอื่นที่ไม่ใช่กลีเซอรอล ในน้ำมันปาล์มดิบมีปริมาณแวกซ์สูง ส่งผลให้น้ำมันขุ่นที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนใหญ่แล้วแวกซ์ในน้ำมันดิบได้จากสารที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกหุ้มเมล็ด(Seed coat waxes)

- รงควัตถุ(Pigment) ทำให้น้ำมันปาล์มดิบมีสีเหลืองถึงสีแดงเกิดขึ้น เกิดจากรงควัตถุคาโรตินอยด์(Carotenoides) เป็นองค์ประกอบอยู่ในน้ำมัน

- สารต้านการเกิดออกซิเดชัน(Antioxidations) สารต้านการเกิดออกซิเดชันตามธรรมชาติมีหลายชนิด ที่สำคัญคือ วิตามิน อี การที่มีวิตามินอีในน้ำมันปริมาณมากนั้นทำให้มีความเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี

ถ้านำสมบัติทางเคมีมาพิจารณา อาจแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ส่วนที่สามารถทำปฏิกิริยากับเบสได้ เช่นน้ำมัน และแวกซ์(Waxes) กับส่วนที่ไม่สามารถทำปฏิกิริยากับเบสได้ เช่น สเตอรอล(Sterol) และเทอร์พีน(Terpenes) [8]

หลังจากกระบวนการสกัดน้ำมันแล้วจะได้น้ำมันปาล์มดิบซึ่งมีคุณสมบัติ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และสามารถนำไปเข้าสู่กระบวนการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ต่อไป

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติทางการค้าของน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil,CPO)

คุณสมบัติ	ปริมาณสูงสุดที่อนุญาติให้มี
กรดไขมันอิสระ (%)	5
ความชื้น(%)	0.5
สิ่งเจือปน(%)	0.05
ค่าไอโอดีน(กรัมไอโอดีนที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับน้ำมัน100กรัม)	52-55
ค่าเปอร์ออกไซด์(มิลลิกรัมสมดุลออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม)	10
เหล็ก (ppm)	4
ทองแดง (ppm)	0.2
สารหนู (ppm)	0.1
ตะกั่ว (ppm)	0.2
สบู่(%)	0.005

ที่มา : นคร, 2545 [9]

2.4.3 กระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์

กระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์มีอยู่ 2แบบ คือกระบวนการทางเคมี(Chemical refine) และกระบวนการทางกายภาพ (Physical refine) ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

2.4.3.1 กระบวนการทางเคมี เป็นกระบวนการแยกน้ำมันให้บริสุทธิ์โดยการเติมสารเคมี ดังนั้นต้นทุนในการผลิตจะสูงขึ้นด้วย นอกจากนั้นยังมีการสูญเสียน้ำมันในระหว่างการผลิตมาก

- กระบวนการผลิตเริ่มต้นด้วยการกำจัดสารเจือปนพวกฟอสโฟลิปิด หรือฟอสฟาไทด์ ออกด้วยการเติมกรดฟอสฟอริก(H_3PO_4)
- กระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระ หรือกระบวนการทำให้เป็นกลาง(Neutralization) โดยใช้โซดาไฟซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระทั้งหลายกลายเป็นไขสบู่เกิดเป็นสารแขวนลอย และละลายน้ำได้เมื่อล้าง เมื่อผ่านการล้างหลายๆครั้ง จนได้น้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระไม่เกิน 0.3%
- กระบวนการฟอกสีด้วยการเติมดินฟอกสี(activated clay) และไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส เมื่อฟอกสีแล้วนำไปกรองดินฟอกสีออกด้วยเครื่องกรอง
- กระบวนการกำจัดกลิ่น(Deodorization) ซึ่งเป็นการพ่นไอน้ำเข้าไปภายใต้สุญญากาศ เพื่อแยกเอากรดที่หลงเหลืออยู่พร้อมอัลดีไฮด์(Aldehyde) และคีโตน(Ketone) ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดการเหม็นหืนออกไป น้ำมันที่ได้จากกระบวนการฟอกสี แล้วทำให้บริสุทธิ์นี้เรียกว่า น้ำมันอาร์บีดี (RBD palm oil)

2.4.3.2 กระบวนการทางกายภาพ เป็นกระบวนการที่ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ

- การกำจัดสิ่งสกปรกจำพวกฟอสฟาไทด์ และโปรตีนด้วยกรดฟอสฟอริกเช่นเดียวกับกระบวนการขั้นต้นทางเคมี สารเจือปนจะรวมกันเป็นก้อน(Coagulation)
- การฟอกสีน้ำมันด้วยดินพอก ประมาณร้อยละ 1-2 จากนั้นผ่านเข้าเครื่องกรองเพื่อแยกดินฟอก ตลอดจนพวกฟอสฟาไทด์ และโปรตีนซึ่งถูกทำให้รวมตัวเป็นก้อนแล้ว
- การกำจัดกรด(Deacidification) พร้อมทั้งการกำจัดกลิ่น เพื่อแยกเอากรดไขมันอิสระ และสารออกซิเดชัน เม็ดสี อัลดีไฮด์ และคีโตนออกจากน้ำมัน โดยพ่นไอน้ำที่มีอุณหภูมิ 240-260 องศาเซลเซียส ภายใต้สุญญากาศที่ 1-4 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ก็จะได้น้ำมันที่มีสมบัติเช่นเดียวกันกับวิธีแรก

น้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้วนั้นจะมีสีแดง เกิดการแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ โดยส่วนที่เป็นของเหลวอยู่ด้านบนเรียกว่า ปาล์มโอเลอิน(palm olein)ส่วนล่างที่ข้นเรียกว่า ปาล์มสเตียริน (palm stearin) มีกรดไขมันอิสระร้อยละ 2-5 ขึ้นอยู่กับคุณภาพของปาล์มสดที่เข้า

สกัด และจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 0.3-0.5 โดยปริมาตรขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์จะมีองค์ประกอบของกรดไขมัน ดังนี้

2.4.4 องค์ประกอบของกรดไขมันและคุณสมบัติต่างๆของปาล์มน้ำมัน รวมทั้งน้ำมันเมล็ดในปาล์ม (ดังแสดงในตารางที่ 2.2) กรดไขมันอาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids) หมายถึง กรดไขมันที่คาร์บอนทุกตัวในโมเลกุลไม่สามารถจับกับไฮโดรเจนเพิ่มได้ และไม่สามารถจะจับกับสารใดๆได้อีก ไขมันอิ่มตัวมักได้มาจากสัตว์ ซึ่งมีลักษณะแข็งตัวได้แม้ในอุณหภูมิปกติ เช่น เนยแข็ง น้ำมันหมู ช็อกโกแลต เป็นต้น

กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) หมายถึง กรดไขมันที่คาร์บอนในโมเลกุลสามารถเกาะกับไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นได้ กรดไขมันไม่อิ่มตัวแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

- กรดไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว ไขมันชนิดนี้แทบไม่มีบทบาทอะไร กับปริมาณคอเลสเตอรอล(Cholesterol)ในเลือด เช่น น้ำมันมะกอก น้ำมันคาโนลา เป็นต้น
- กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง กรดไขมันชนิดนี้สำคัญต่อร่างกายมาก ช่วยในการทำงานของอวัยวะสำคัญในร่างกาย มีลักษณะเหลวแม้ในอุณหภูมิต่ำ ส่วนใหญ่ได้จากพืชและสัตว์น้ำบางชนิด เช่น น้ำมันทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดในปาล์มกับน้ำมันปาล์ม และคุณสมบัติต่างๆของกรดไขมัน

ชื่อสามัญ	มวลโมเลกุล	น้ำมันเมล็ดในปาล์ม (ร้อยละโดยมวล)	น้ำมันปาล์ม (ร้อยละโดยมวล)	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	จุดเดือด (องศาเซลเซียส) (กิโลปาสคาล)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) (อุณหภูมิ:องศาเซลเซียส)
Caprylic acid	144.22	3-6	-	16.3	239.7(101.3)	0.8615(80)
Capric acid	172.27	3-5	-	31.3	270.0(101.3)	0.8531(80)
Lauric acid	200.32	40-52	-	44.0	298.0(101.3) 191.4(1.33)	0.8477(80)
Myristic acid	228.38	14-18	0-2	54.4	210.6(1.33)	0.8439(80)
Palmitic acid	256.43	6-10	38-48	62.9	228.7(1.33)	0.8414(80)
Stearic acid	284.49	1-4	3-6	69.6	245..9(1.33)	0.8380(80)
Arachidic acid	312.54	-	0-1	-5.0	223.0(1.33)	0.8240(100)
Oleic acid	282.47	9-16	38-44	16.3	224.0(1.33)	0.8905(20)
Linoleic acid	280.45	1-3	9-12	75.4		0.9025(20)
มวลโมเลกุลเฉลี่ย		218.25-222.08	270.61-271.15			
จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)		24-26	27-50			

ที่มา : Ullmann's (Sixth Edition)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 การใช้ประโยชน์จากน้ำมันปาล์ม [10-14]

น้ำมันปาล์มสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย และแบ่งกลุ่มการนำไปใช้ได้ดังนี้

ก) อุตสาหกรรมด้านอาหาร น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ประมาณร้อยละ 80 นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายประเภท เช่น น้ำมันทอด น้ำมันปรุงอาหาร มาการีน ไอศครีม ครีมเทียม นมเทียม เนยขาว เนยโกโก้ ขนมเค้ก ขนมปัง เป็นต้นรวมถึงผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ เช่น วิตามินอี วิตามินเอ

ข) อุตสาหกรรมโอลิโอเคมิคอล น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ประมาณร้อยละ20 นำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตสินค้าอุปโภค โดยผ่านกระบวนการทางเคมีดังนี้

การผลิตกรดไขมันประเภทต่างๆทั้งกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว เพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรม หลายประเภท เช่น

- กรดลอริก ใช้ทำเป็นเรซินในอุตสาหกรรมเคมี
- กรดปาล์มมิติก ใช้ในการเลี้ยงเชื้อราเพื่อสกัดเป็นยาปฏิชีวนะ
- กรดโอเลอิก ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ
- กรดสเตียริก ใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง สบู่เด็ก ผสมกับกรดปาล์มมิติกเพื่อทำเทียนไข
- กรดลิโนเลอิก ใช้เป็นยาฉีดสำหรับลดไขมันในเส้นเลือด กรดไขมันดังกล่าวจำเป็นต่อพัฒนาการของทารกแรกคลอด โดยเฉพาะระบบประสาท สมอง และการมองเห็น

ค) การผลิตเอสเทอร์ เป็นสารที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำมันปาล์ม และแอลกอฮอล์ โดยอาศัยกรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และมีผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง คือ กลีเซอรอล และเอสเทอร์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ทั้งในด้านพลังงาน (ไบโอดีเซล) หรือใช้เป็นสารสำหรับผลิตอนุพันธ์ของกรดไขมันประเภทต่างๆ

- Fatty Alcohol ใช้ประโยชน์ในการผลิต Sodium Alkyl Sulphates และสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ที่ใช้ผลิตผงซักฟอก
- Fatty Acid Amides มีคุณสมบัติช่วยกันน้ำ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การผลิตกระดาษ ไม้อัด โลหะ ยาง
- Fatty Amines นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การผลิตพลาสติก น้ำมันหล่อลื่น สารควบคุมเชื้อรา และแบคทีเรีย

2.6 งานวิจัยเพื่อการสังเคราะห์กรดไขมันในอดีต

- *United States Patent:2,802,845 [1957]*

สิทธิบัตร ฉบับนี้กล่าวถึงการผลิตกรดไขมันซึ่งมีสบู่เป็นวัตถุดิบ โดยสบู่ที่ได้นี้ได้มาจากน้ำมันเมล็ดฝ้ายทำปฏิกิริยากับปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 50 เทียบจากโซดาไฟที่เป็นของแข็งที่อุณหภูมิ 88-93 องศาเซลเซียส นำสบู่ที่ได้เข้าสู่ถังพักทิ้งไว้ 85 นาที เกิดการแยกชั้นระหว่างโซดาไฟกับสบู่ นำสบู่ไปล้างในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ที่อุณหภูมิ 77-82 องศาเซลเซียส จากนั้นเข้าสู่กระบวนการแยกสบู่กับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ด้วยอิเลกโตรไลซ์ จะได้สบู่และโซเดียมคลอไรด์ นำสบู่ที่ได้ผสมกับน้ำเพื่อให้ได้สบู่เหลว จากนั้นนำไปผสมกับ สารผสมระหว่างแนพทาลีน ฟอร์มัลดีไฮด์ และกรดซัลฟิวริก ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 8 นาที แล้วนำไปเหวี่ยงแยกเพื่อให้แยกกรดไขมันและส่วนผสมของกรดที่มีในธรรมชาติ กับสเตอรอล นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปกลั่นเพื่อที่จะได้กรดไขมันที่มีความบริสุทธิ์ ค่าความเป็นกรด(Acid Value) 190 และ Gardner Number 2

- *United States Patent:2,812,343 [1957]*

สิทธิบัตร ฉบับนี้กล่าวถึงการปรับปรุงแก้ไขวิธีการผลิตกรดไขมันบริสุทธิ์ โดยนำน้ำมันถั่วเหลืองมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตสบู่ จากนั้นนำสบู่ผสมกับกรดซัลฟิวริกเจือจาง ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง จากนั้นสบู่จะเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมัน ทำการแยกกรดไขมันออกมานำมาล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วกำจัดกรดซัลฟิวริก ไม่ต้องทำให้แห้ง นำกรดไขมันที่ได้ไปใส่ใน ตู้อบฆ่าเชื้อชนิดไอน้ำและความดัน(Autoclave) โดยมีการใส่น้ำและตัวเร่งปฏิกิริยา รวมทั้งมีการใส่ไอน้ำเพื่อเป็นการกระตุ้นและรบกวนระบบอยู่ตลอดเวลา ที่ความดัน 5171 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา 6-10 ชั่วโมงจะเกิดการแบ่งชั้นระหว่างกลีเซอรอลกับกรดไขมันทำการแยกกลีเซอรอลออก นำกรดไขมันไปล้างด้วยน้ำหลายๆครั้ง แล้วนำไปอบแห้งด้วยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 93 องศาเซลเซียส ความดัน 2-3 มิลลิเมตรปรอท จากนั้นนำไปทำให้เย็นภายใต้สุญญากาศ อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส แล้วนำไปกลั่นเพื่อให้ได้กรดไขมันบริสุทธิ์ออกมา

- *United States Patent:2,830,789 [1974]*

สิทธิบัตร ฉบับนี้เป็นการกล่าวถึงวิธีการโดยรวมของการผลิตกรดไขมันจากวัตถุดิบที่ทำให้เกิดสบู่ เริ่มจากนำไตรกลีเซอไรด์ที่ได้จากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ กับสารละลายไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นโลหะอัลคาไลน์(Alkali metal) เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ หรืออัลคาไลน์เอิร์ธ(Alkali earth) เช่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ หรือแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ โดยเปลี่ยนน้ำมันเป็นสบู่ จากนั้นนำสบู่เปลี่ยนให้เป็นกรดไขมัน คือ การนำสบู่มาทำปฏิกิริยากับกรด

ซัลฟิวริก หรือไฮโดรคลอริก จะได้กรดไขมันจากเกลือกรดหรือสบู่ จากนั้นทำการแยกเฟสกรดไขมันซึ่งเป็นเฟสที่ไม่ละลายน้ำออกจากเฟสที่ละลายน้ำ โดยการกลั่นแยกเพื่อได้กรดไขมันบริสุทธิ์

- *United States Patent:4,100,181 [1978]*

สิทธิบัตร ฉบับนี้เป็นการกล่าวถึงกระบวนการผลิตกรดไขมันจากวัตถุดิบที่ทำให้เกิดสบู่ โดยมีการตรวจสอบคุณสมบัติควบคู่ไปกับกระบวนการ โดยเริ่มจากนำวัตถุดิบปริมาณ 22000 ส่วน (part are by weight) ที่ประกอบด้วยกรดไขมันหลายๆชนิดได้จากน้ำมันพืช ในที่นี้ใช้น้ำมันเมล็ดฝ้าย นำวัตถุดิบเข้าสู่การเปลี่ยนน้ำมันเป็นสบู่ จากนั้นนำสบู่เปลี่ยนให้เป็นกรดไขมัน และแยกเกลือออก นำมาตรวจสอบคุณสมบัติ ได้ว่า มีค่าความเป็นกรด(Acid Number) 83 , ค่าสปอนิฟิเคชัน (Saponification Number) 194 , pH 4 และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเพียงเล็กน้อย จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการกลั่นด้วยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ความดัน 6 มิลลิเมตรปรอท จะได้กรดไขมันดิบที่มีปริมาณ 15050 ส่วน ค่าความเป็นกรด(Acid Number) 199 และ Gardner Color 9 ทำการแยกกรดไขมันดิบออกไปจนเหลือปริมาณ 14650 ส่วนมีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.91 ค่าความเป็นกรด(Acid Number) 65 ค่าสปอนิฟิเคชัน (Saponification Number) 182 นำส่วนที่เหลือนี้เข้าสู่ถังปฏิกรณ์และทำการกวน เติมสารละลายโซดาไฟร้อยละ 50 ปริมาณ 3943 ส่วน อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง จากนั้นค่อยๆเติมกรดซัลฟิวริกปริมาณ 2450 ส่วน ลงไปและกวนโดยใช้ อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที จากนั้นนำเข้าสู่การแยกโดยใช้ความต่างของความหนาแน่น จะสามารถแยกส่วนที่เป็น กรดไขมันและส่วนที่เป็นเกลือออกได้ นำ 13200 ส่วน กลับเข้าสู่การกลั่นด้วยระบบสุญญากาศอีกครั้งโดยหอกลั่นมีอุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ความดัน 6 มิลลิเมตรปรอท จะได้กรดไขมันดิบเป็นครั้งที่ 2 ปริมาณ 8550 ส่วน คุณสมบัติที่ได้เหมือนกรดไขมันดิบที่ได้จากการแยกในครั้งแรก

- *United States Patent:4,464,305 [1984]*

สิทธิบัตร ฉบับนี้เป็นการกล่าวถึงการผลิตกรดไขมันจากสบู่ที่ทิ้งแล้ว ซึ่งวัตถุดิบส่วนใหญ่ได้มาจาก โรงแรมหรือสถานที่ราชการ กระบวนการนี้ประกอบด้วย การนำวัตถุดิบ ซึ่งก็คือสบู่ก้อนที่ทิ้งแล้วมาเติมด้วยกรดไขมันที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่ได้จากน้ำมันมะพร้าวหรือไขสัตว์ จากนั้นทำการกวนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และเพิ่มอุณหภูมิไปถึง 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จนสังเกตเห็นลักษณะภายนอกเป็นของเหลว คือมีการหลอมเหลวหมด จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไป 0.25 เท่าของน้ำหนักสบู่ที่ใช้ ผสมโดยการกวนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และเพิ่มอุณหภูมิถึง 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา15นาที จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมันที่ได้จากสารละลายโซเดียม หรือโปแตสเซียมซัลเฟต ทำการแยกกรดไขมันออกจากเกลือโซเดียมหรือโปแตสเซียมจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมัน และถ้าต้องการให้กรดไขมันที่ได้นี้มีความบริสุทธิ์จะใช้การกรอง การกลั่น การกำจัดสี และการกำจัดกลิ่นต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบ โดยการดำเนินงานวิจัยสามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน และการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่

3.1 การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน

3.1.1 การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

3.1.1.1 เตรียมปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบ โดยใช้น้ำกลั่น 50 เท่าของปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ

3.1.1.2 นำสารละลายที่เตรียมได้กวนผสมด้วยแท่งแม่เหล็กที่ 750 รอบต่อนาที และให้ความร้อนที่ความดันบรรยากาศ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำมันเหลือน้อยจนไม่สามารถสังเกตเห็นได้

3.1.1.3 บันทึกเวลา ปริมาตรและน้ำหนักที่ได้

3.1.1.4 ทำซ้ำ 3.1.1.1-3.1.1.3 เพิ่มช่วงเวลาขึ้นครั้งละ 30 นาที จนเกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์ พิจารณาจากความคงที่ของปริมาณโซดาไฟที่ใช้ในปฏิกิริยาจากปฏิกิริยานี้จะได้ สบู่และกลีเซอรอลเกิดขึ้น

3.1.1.5 ทำซ้ำ 3.1.1.1-3.1.1.4 โดยเปลี่ยนปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเป็นร้อยละ 80 ร้อยละ 60 ร้อยละ40 และร้อยละ20 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ตามลำดับ

3.1.1.6 ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จะได้ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นที่เหมาะสม นำปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นที่เหมาะสมที่ได้ไปหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อไป ได้แก่ ที่ 70 องศาเซลเซียส 80 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยการทำซ้ำ 3.1.1.1-3.1.1.4

3.1.2 การกำจัดโซดาไฟที่เหลือด้วยกรดเกลือ โดยมีฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

จากการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ มีการเติมปริมาณโซดาไฟที่มากเกินพอ ส่งผลให้ยังคงมีส่วนที่เป็นโซดาไฟเหลืออยู่ จึงต้องทำการกำจัดปริมาณโซดาไฟที่เหลือออกก่อนด้วยกรดเกลือโดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำให้ทราบถึงปริมาณโซดาไฟที่ใช้ไปในปฏิกิริยา

3.1.3 การเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน

3.1.3.1 เตรียมกรดเกลือเป็นจำนวน 0.15 เท่าของมวลน้ำมันปาล์มดิบ

3.1.3.2 เติมกรดเกลือลงในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาในข้างต้น คือ สบู่ (Soap) และกลีเซอรอล(Glycerol) รวมทั้งโซเดียมคลอไรด์ที่ได้จากการกำจัดโซดาไฟที่เหลือด้วยกรดเกลือที่อุณหภูมิและความดันปกติ

3.1.3.3 โดยเพิ่มกรดเกลือทีละ 0.05 เท่าของมวลน้ำมันปาล์มดิบ จนกระทั่งสารละลายใส บันทึกผล ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง เพื่อให้สบู่สามารถเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด และจะเกิดการแยกชั้นระหว่างสารละลายกับผลิตภัณฑ์

3.1.4 การกำจัดกรดเกลือที่เหลือด้วยโซดาไฟโดยมีเมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์

จากการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมันยังคงมีส่วนที่เป็นกรดเกลือเหลืออยู่ ดังนั้นจึงมีการกำจัดกรดเกลือที่เหลือด้วยโซดาไฟ ทำให้ทราบถึงปริมาณกรดเกลือจากการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน ซึ่งจะสัมพันธ์กับปริมาณโซดาไฟในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

3.1.5 การแยกผลิตภัณฑ์ออกจากสารละลาย

3.1.5.1 แยกผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกจากสารละลาย แล้วทำการล้างด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้ง

3.1.5.2 ตั้งทิ้งไว้ให้น้ำและผลิตภัณฑ์แยกชั้นกันได้ดี จากนั้นแยกผลิตภัณฑ์ออกจากน้ำ

3.1.5.3 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันต่อไป

3.1.5.4 บันทึกน้ำหนักและปริมาตรของสารละลาย แบ่งสารละลายออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่นำไปวิเคราะห์หาปริมาณกลีเซอรอล และหาปริมาณโซเดียมคลอไรด์ต่อไป

3.1.6 การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน ในน้ำมันและผลิตภัณฑ์ที่ได้ (ภาคผนวก ค.1)

การวิเคราะห์นี้ใช้หาปริมาณกรดไขมันในน้ำมัน เพราะในน้ำมันปาล์มดิบ ไม่มีแต่ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride)เพียงอย่างเดียว แต่จะมีปริมาณกรดไขมัน (fatty acids) ปนอยู่ด้วยเล็กน้อย หลังผ่านการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ (Saponification) และการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน (Acidulation) แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากน้ำมันปาล์มดิบเป็นผลิตภัณฑ์

3.1.7 การวิเคราะห์สารละลาย

3.1.7.1 การวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรอล (ภาคผนวก ค.2)

หลังจากแยกผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (ชั้นบน) ออกจากส่วนที่เป็นสารละลาย (ชั้นล่าง) แล้วนั้นในชั้นสารละลายยังมีปริมาณกลีเซอรอลปะปนอยู่ ดังนั้นเราจึงแบ่งครึ่งสารที่ได้ เพื่อทำการวัดปริมาณกลีเซอรอลที่ได้จากการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ โดยใช้โปแตสเซียมเพอริโอเดต

3.1.7.2 การวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมคลอไรด์

การวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด ทำได้โดยนำสารละลายครึ่งที่เหลือจากการวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรอล ไปอบแห้ง ณ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ที่ตู้อบแห้ง แล้วนำออกมาชั่งจนกว่าสารที่ได้จะมีน้ำหนักคงที่ บันทึกผล ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือที่ใส่เข้าไปทั้งหมด

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่ (ASTM D 1965-87(1998))

การวิเคราะห์นี้บอกถึงปริมาณสารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่ในน้ำมันปาล์มดิบ โดยใช้ไดเอทิลอีเทอร์ (Diethyl ether) หลังการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ไดเอทิลอีเทอร์สามารถสกัดสารประกอบที่ไม่เกิดสบู่ออกได้ นำสารที่ได้ไปอบและชั่งน้ำหนัก บันทึกผล ดังนี้

3.2.1 หลังจากการเปลี่ยนน้ำมันเป็นสบู่ นำตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักและปริมาตรที่แน่นอน เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร

3.2.2 ทำการแยกสารด้วยกรวยแยก โดยใช้ไดเอทิลอีเทอร์สกัด 2 ครั้ง ครั้งละ 50 มิลลิลิตร แล้วนำไดเอทิลอีเทอร์ที่ได้มารวมกัน

3.2.3 นำชั้นที่มีไดเอทิลอีเทอร์มาล้างด้วยน้ำกลั่นทีละ 25 มิลลิลิตร จนกระทั่งชั้นไดเอทิลอีเทอร์เป็นกลาง (ตรวจสอบโดยใช้ฟีนอฟทาลีน)

3.2.4 นำสารละลายที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นำออกมาชั่งจนกว่าน้ำหนักจะคงที่

บทที่ 4
ผลการสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบ

สารประกอบอินทรีย์ในน้ำมันปาล์มดิบสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มสารประกอบที่เกิดเป็นสบู่ และกลุ่มสารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่ ดังนั้นในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์กรดไขมันอย่างสมบูรณ์ด้วยการเกิดสบู่ จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาปริมาณกลุ่มสารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่ในน้ำมันปาล์มดิบ จากผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าขั้นตอนการเกิดสบู่เป็นขั้นตอนกำหนดอัตราการสังเคราะห์กรดไขมัน จึงเลือกศึกษาอิทธิพลของปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น และอุณหภูมิ สำหรับการเกิดสบู่ต่อการสังเคราะห์กรดไขมันอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบกับการสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหาร

4.1 กลุ่มสารประกอบในน้ำมันปาล์มดิบ

น้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่เกิดเป็นสบู่ร้อยละ 16.71 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติในน้ำมันปาล์มดิบ

คุณสมบัติในน้ำมันปาล์มดิบ	60 นาที	90 นาที	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ร้อยละของมวลน้ำมันปาล์มดิบ			
สารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่ที่ 90 องศาเซลเซียส	16.85	16.58	16.71	0.0019

สารประกอบกลุ่มนี้ละลายได้ดีในอีเทอร์ (ASTM D 1965-87(1998)) ขณะที่กลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดเป็นสบู่ได้ สามารถเปลี่ยนเป็นสบู่ได้คงเดิม ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ด้วยปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น เท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบ เมื่อเพิ่มระยะเวลาสำหรับการเกิดสบู่ อีก 30 นาที ผลบ่งชี้ว่ากลุ่มสารประกอบที่เกิดสบู่ได้สามารถเปลี่ยนเป็นสบู่ได้ทั้งหมดในระยะเวลา 60 นาที นอกจากนี้สารประกอบอินทรีย์กลุ่มนี้ประกอบด้วยกรดไขมันเริ่มต้น 0.081 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ

4.2 การสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันชนิดต่างๆ

ในงานวิจัยนี้มีการนำน้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหาร (Edible Oil) ซึ่งเป็นปาล์มน้ำมันจากแหล่งเดียวกัน เปลี่ยนให้เป็นสบู่ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ด้วยปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเดียวกันกับมวลน้ำมันปาล์มดิบ ในช่วงเวลา 60 นาที เพื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอิน ดังแสดงในตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณกลีเซอรอล และกรดไขมันที่ผลิตได้จากน้ำมันชนิดต่างๆ 1 กรัม

น้ำมัน*	กลีเซอรอล		กรดไขมัน		มวลโมเลกุลเฉลี่ย	
	มิลลิโมล	กรัม	มิลลิโมล	กรัม	กรดไขมัน	เอสเทอร์
1	**0.9338**	**0.0860**	**2.7936**	**0.7550**	**270.26**	**848.84**
2	1.1600	0.1068	3.4600	0.9320	269.36	846.14
3	0.9662	0.0890	2.8818	0.7763	269.36	846.14
4	1.2386	0.1141	3.7159	0.9529	256.43	807.35
5	1.1217	0.1033	3.3650	0.9573	284.49	891.53
6	1.1815	0.1088	3.5444	0.9550	269.45	846.41
7	0.9387	0.0865	2.8161	0.7955	269.45	846.41

* 1. น้ำมันปาล์มดิบ 2. น้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหาร 3. น้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหารที่มีสารประกอบที่ไม่เกิดสบู่ ร้อยละ 16.71
4. น้ำมันไตรปาล์มมิติน 5. น้ำมันไตรโอลิอิน 6. น้ำมันไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอิน(ด้วยอัตราส่วน 1ต่อ1)
7. น้ำมันไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอิน ที่มีสารประกอบที่ไม่เกิดสบู่ร้อยละ 16.71

น้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหาร(น้ำมัน2)มีปริมาณสารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่ร้อยละ 0.06 โดยมวลของน้ำมันสำหรับปรุงอาหาร หลังจากการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหารเป็นกรดไขมันแล้ว มีปริมาณกลีเซอรอลเกิดขึ้น ร้อยละ 10.68 โดยมวลของน้ำมันสำหรับปรุงอาหาร และปริมาณกรดไขมันร้อยละ 93.20 โดยมวลของน้ำมันสำหรับปรุงอาหาร ปริมาณกรดไขมันเป็น 3 เท่าของปริมาณกลีเซอรอล ซึ่งสอดคล้องกับปฏิกิริยาตามทฤษฎี จากผลการทดลองสามารถคำนวณมวลโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมันได้เป็น 269.36 และมวลโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหารเป็น 846.14 ส่วนน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหารที่มีสารประกอบที่ไม่เกิดสบู่เท่ากับในน้ำมันปาล์มดิบ คือ ร้อยละ 16.71 (น้ำมัน3) มีมวลโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์เท่ากับน้ำมัน2 มีปริมาณกลีเซอรอลเกิดขึ้น ร้อยละ 8.90 โดยมวลของน้ำมันปาล์ม

สำหรับปรุงอาหารที่มีสารประกอบที่ไม่เกิดสบู่และปริมาณกรดไขมันร้อยละ 77.63 โดยมวลของน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหารที่มีสารประกอบที่ไม่เกิดสบู่

น้ำมันไตรปาล์มมิติน (น้ำมัน4) มีมวลโมเลกุลของกรดไขมัน 256.43 และมวลโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันไตรปาล์มมิติน 807.35 หลังจากการเปลี่ยนน้ำมันไตรปาล์มมิตินเป็นกรดไขมันแล้ว มีปริมาณกลีเซอรอลเกิดขึ้น ร้อยละ 11.41 โดยมวลของน้ำมันไตรปาล์มมิติน และปริมาณกรดไขมันร้อยละ 95.29 โดยมวลของน้ำมันไตรปาล์มมิติน ส่วนน้ำมันไตรโอลิอิน(น้ำมัน5) มีมวลโมเลกุลของกรดไขมัน 284.49 และมวลโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันไตรโอลิอิน 891.53 หลังจากการเปลี่ยนน้ำมันไตรโอลิอินเป็นกรดไขมันแล้ว มีปริมาณกลีเซอรอลเกิดขึ้น ร้อยละ 10.33 โดยมวลของน้ำมันไตรโอลิอิน และปริมาณกรดไขมันร้อยละ 95.75 โดยมวลของน้ำมันไตรโอลิอิน ในขณะที่น้ำมันไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอิน ที่อัตราส่วน 1ต่อ1 (น้ำมัน6) มีมวลโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมัน 269.45 และมวลโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอิน 846.41 มีปริมาณกลีเซอรอลเกิดขึ้น ร้อยละ 10.88 โดยมวลของน้ำมันไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอิน และปริมาณกรดไขมัน ร้อยละ 95.50 โดยมวลของน้ำมันไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอิน ส่วนน้ำมันไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอินที่มีสารประกอบที่ไม่เกิดสบู่เท่ากับที่มีอยู่ในน้ำมันปาล์มดิบ คือ ร้อยละ 16.71 (น้ำมัน7) มีปริมาณกลีเซอรอลเกิดขึ้น ร้อยละ 8.65 โดยมวลของน้ำมันไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอินที่มีสารประกอบที่ไม่เกิดสบู่ และปริมาณกรดไขมันร้อยละ79.55 โดยมวลของน้ำมันไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอินที่มีสารประกอบที่ไม่เกิดสบู่ (ดังแสดงในภาคผนวก ง)

การสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบ (น้ำมัน1) มีปริมาณกลีเซอรอลเกิดขึ้นร้อยละ 8.60 โดยมวลของน้ำมันปาล์มดิบ และปริมาณกรดไขมันร้อยละ 75.50 โดยมวลของน้ำมันปาล์มดิบ มวลโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมัน270.26และมวลโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันปาล์มดิบเป็น 848.84 ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณกลีเซอรอลและปริมาณกรดไขมันที่เกิดขึ้นจากน้ำมัน1 มีปริมาณน้อยกว่าน้ำมัน3 และน้ำมัน7อยู่ร้อยละ3 เนื่องจากกรดไขมันจากสังเคราะห์น้ำมันปาล์มดิบมีสารประกอบอื่นปะปนอยู่ ส่งผลให้มวลโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมันในน้ำมัน1 สูงกว่าน้ำมัน3 และน้ำมัน7 และสาเหตุที่มวลโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมันในน้ำมัน3 น้อยกว่าน้ำมัน7 เนื่องจากในน้ำมัน3 มีกรดไขมันชนิดอื่นที่มีมวลโมเลกุลน้อยกว่ารวมอยู่ด้วยนอกเหนือจากไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอินที่ได้จากทฤษฎี คือในน้ำมันปาล์มมีไตรปาล์มมิตินและไตรโอลิอินในปริมาณเท่าๆกัน

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนน้ำมันชนิดต่างๆเป็นกรดไขมัน ได้ว่า กลุ่มสารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่ในน้ำมันปาล์มดิบไม่ส่งผลกระทบใดๆที่ทำให้การสังเคราะห์กรดไขมันเกิดยากขึ้น ดังนั้นจึงมีการศึกษาปัจจัยในการสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบต่อไป

4.3 ผลของปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่อการสังเคราะห์กรดไขมัน

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส โดยการกวนผสมด้วยแท่งแม่เหล็กที่ 750 รอบต่อนาที และใช้น้ำกลั่น 50 เท่าของปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ มีการเปลี่ยนปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นจากร้อยละ 20 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ถึงปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบ คือการเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟสำหรับปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันปาล์มดิบจึงเปลี่ยนเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ได้เร็วขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นโซดาไฟหรือปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น ดังสรุปในตารางที่ 4.3

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ด้วยปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น ร้อยละ 40 - 60 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ เวลาที่ใช้ไม่เกิน 120 นาที ส่วนปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น ร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบและโซดาไฟเริ่มต้นเท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบ เวลาที่ใช้ไม่เกิน 60 นาที มีการทดลองเพิ่มอีก 2 ครั้ง หลังจากปฏิกิริยาเกิดโดยสมบูรณ์ คือเพิ่มเวลาอีก 30 นาที และ 60 นาที แต่ละเงื่อนไขการทดลองได้ผลคงเดิม คือ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นจากร้อยละ 40ของมวลน้ำมันปาล์มดิบถึงปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบ ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ เฉลี่ย 2.8092 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ หรือปริมาณโซดาไฟที่ใช้ ร้อยละ 11.24 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ

ส่วนการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมันนั้น สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ ณ อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) และความดันปกติ ปริมาณกรดเกลือที่ใช้ในการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน เฉลี่ย 2.6217 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ มีการใช้ปริมาณกรดเกลือน้อยกว่าปริมาณโซดาไฟอยู่ ร้อยละ 7 สาเหตุเกิดจากข้อจำกัดของอินดิเคเตอร์ โดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ในการวัดปริมาณโซดาไฟที่เหลือจากการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ มีจุดยุติ ช่วง pH 8.0-9.6 และใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ในการวัดปริมาณกรดเกลือที่เหลือจากการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน มีจุดยุติช่วง pH 4.4-6.2 ส่งผลให้ในการไตเตรทเกิดความแตกต่างระหว่างโซดาไฟที่ใช้เปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ และกรดเกลือที่ใช้เปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน

ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณโซดาไฟ ต่อการสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบโดยสมบูรณ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

โซดาไฟเริ่มต้น		เวลา	ปริมาณที่ใช้ไป		ปริมาณที่เกิดขึ้น		กรดไขมันต่อกลีเซอรอล	สัดส่วนโซดาไฟที่เกิน
กำหนด	ใช้		โซดาไฟ	กรดเกลือ	กรดไขมัน	กลีเซอรอล		
(ร้อยละ)		นาที	มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ					
40	41.34	**120**	**2.7335**	**2.7028**	**2.7896**	**0.9278**	**2.9957**	**2.8**
	41.42	150	2.8915	2.8659	2.8079	0.9314	3.0546	2.6
	41.32	180	2.7673	2.7736	2.8156	0.9336	3.0066	2.7
ค่าเฉลี่ย			**2.7974**	**2.7808**	**2.8044**	**0.9309**	**3.0190**	**2.7**
60	60.78	**120**	**2.8020**	**2.7706**	**2.8038**	**0.9317**	**3.0093**	**4.4**
	61.02	150	2.7622	2.7461	2.7878	0.9300	2.9975	4.5
	61.14	180	2.8525	2.8817	2.8189	0.9408	2.9963	4.4
ค่าเฉลี่ย			**2.8056**	**2.7995**	**2.8035**	**0.9342**	**3.0010**	**4.4**
80	80.87	**60**	**2.8205**	**2.4347**	**2.8419**	**0.9369**	**3.0332**	**6.2**
	81.19	90	2.8123	2.3889	2.8056	0.9379	2.9914	6.2
	80.87	120	2.7625	2.3771	2.8281	0.9328	3.0318	6.3
ค่าเฉลี่ย			**2.7984**	**2.4002**	**2.8252**	**0.9359**	**3.0188**	**6.2**
100	100.79	**60**	**2.6877**	**2.3814**	**2.7022**	**0.9305**	**2.9039**	**8.4**
	100.00	90	2.9608	2.6373	2.7478	0.9328	2.9288	7.4
	101.19	120	2.8571	2.5000	2.7745	0.9398	2.9522	7.9
ค่าเฉลี่ย			**2.8352**	**2.5062**	**2.7415**	**0.9344**	**2.9283**	**7.9**
ค่าเฉลี่ยรวม			**2.8092**	**2.6217**	**2.7936**	**0.9338**	**2.9918**	

ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมันนั้น แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนซึ่งมีกรดไขมันเกาะกลุ่มรวมกันอยู่ ส่วนล่างมีสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และกลีเซอรอล ผสมกันอยู่

เนื่องจากในน้ำมันปาล์มดิบไม่มีการแยกส่วนที่ไม่เกิดสบู่ออก ส่งผลให้กรดไขมันที่ได้เกาะกลุ่มเป็นก้อนซึ่งง่ายต่อการแยก ซึ่งสามารถทำการแยกกรดไขมันได้โดยอาศัยการกรองแยก ปริมาณกรดไขมันที่เกิดขึ้น เฉลี่ย 2.7936 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบและมีปริมาณกลีเซอรอล เฉลี่ย 0.9338 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ หรือ 0.44 กรัม การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมันที่เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ เมื่อมีการเปลี่ยนปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น ผลคือปริมาณกรดไขมันเป็น 3 เท่าของปริมาณกลีเซอรอล ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับปฏิกิริยาตามสมการ

ในการศึกษาผลของปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่อการสังเคราะห์กรดไขมันนอกจากกรดไขมัน กลีเซอรอล ยังมีโซเดียมคลอไรด์เกิดขึ้นอีกด้วย ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือทั้งหมดที่ใส่ในปฏิกิริยา ดังแสดงในตารางที่ 4.4

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ มีการใส่ปริมาณโซดาไฟมากเกินพอ เพื่อให้น้ำมันปาล์มดิบสามารถเกิดเป็นสบู่ได้ทั้งหมด จึงต้องมีการเติมกรดเกลือ เพื่อกำจัดปริมาณโซดาไฟที่เหลือโดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ก่อนที่จะเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมันต่อไป จากนั้นเติมกรดเกลือในปริมาณมากเกินพอ เพื่อให้สบู่สามารถเปลี่ยนเป็นกรดไขมันได้ทั้งหมด และเติมโซดาไฟเพื่อกำจัดกรดเกลือที่เหลือโดยใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ก่อนทำการแยกต่อไป

ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้น และปริมาณกรดเกลือทั้งหมดที่เติม น้อยกว่าปริมาณโซดาไฟอยู่ ร้อยละ 3 ดังแสดงในตารางที่ 4.4 เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องอินดิเคเตอร์ที่ได้กล่าวไว้แล้วในขั้นต้น สรุปได้ว่าปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นยังคงสมนัยกับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือทั้งหมดที่เติมเข้าระบบ เป็นสิ่งที่แสดงถึงการเปลี่ยนสบู่กลับเป็นกรดไขมันได้ทั้งหมด และไม่มีสารตกค้างที่เกิดจากโซดาไฟและกรดเกลือ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ผลของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้น กับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือที่ใช้ในปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ

โซดาไฟเริ่มต้น (ร้อยละ)	เวลา (นาที)	ปริมาณทั้งหมด		ปริมาณที่เกิดขึ้น	อัตราส่วนกรดเกลือต่อโซดาไฟ	อัตราส่วนโซเดียมคลอไรด์ต่อโซดาไฟ
		โซดาไฟ	กรดเกลือ	โซเดียมคลอไรด์		
		มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ				
40	**120**	**16.4817**	**16.1583**	**16.2471**	**0.9804**	**0.9858**
	150	16.3112	16.0020	16.1409	0.9810	0.9896
	180	16.4445	16.1598	16.3748	0.9827	0.9958
ค่าเฉลี่ย		**16.4125**	**16.1067**	**16.2543**	**0.9814**	**0.9904**
60	**120**	**21.2502**	**20.6400**	**21.1567**	**0.9713**	**0.9956**
	150	21.3705	20.7720	20.7982	0.9720	0.9732
	180	21.2231	20.6773	20.6075	0.9743	0.9710
ค่าเฉลี่ย		**21.2813**	**20.6964**	**20.8541**	**0.9725**	**0.9799**
80	**60**	**26.0552**	**25.6694**	**25.4633**	**0.9852**	**0.9773**
	90	26.2139	25.7905	25.6305	0.9838	0.9777
	120	26.2288	25.8434	25.6261	0.9853	0.9770
ค่าเฉลี่ย		**26.1660**	**25.7678**	**25.5733**	**0.9848**	**0.9773**
100	**60**	**31.3156**	**30.8893**	**30.6409**	**0.9864**	**0.9785**
	90	30.8300	30.3922	30.1994	0.9858	0.9795
	120	31.1262	30.6548	30.3894	0.9849	0.9763
ค่าเฉลี่ย		**31.0906**	**30.6454**	**30.4099**	**0.9857**	**0.9781**

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 20 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ สิ่งที่เกิดขึ้น คือ ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ ปริมาณกรดเกลือที่ใช้ ปริมาณกรดไขมันที่เกิดขึ้น และปริมาณกลีเซอรอลที่เกิดขึ้นเพิ่มขึ้นมีการเพิ่มเวลาในปฏิกิริยาจาก 60 นาทีเป็น 90 นาที และคงที่ที่เวลา 120-300 นาที มีปริมาณโซดาไฟที่ใช้เฉลี่ย 1.4215 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ ปริมาณ

กรดเกลือเฉลี่ย 1.2555 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ ปริมาณกรดไขมันเฉลี่ย 1.3990 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ และปริมาณกลีเซอรอลเฉลี่ย 0.4641 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ (ดังแสดงในตารางที่ 4.5) ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ร้อยละ 5.69 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ หรือปริมาณโซดาไฟเกิดปฏิกิริยาไปเพียงครึ่งเดียวเมื่อเทียบกับปฏิกิริยาที่เกิดโดยสมบูรณ์ เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องความเร็วรอบและปริมาตรของสารละลายโซดาไฟที่ความเข้มข้นต่ำ ส่งผลให้โซดาไฟกระจายตัวเข้าไปทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันปาล์มดิบได้ยากขึ้น

ตารางที่ 4.5 ผลของปริมาณโซดาไฟ ต่อการสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์

โซดาไฟเริ่มต้น (ร้อยละ)	เวลา (นาที)	ปริมาณที่ใช้ไป		ปริมาณที่เกิดขึ้น		กรดไขมันต่อกลีเซอรอล
		โซดาไฟ	กรดเกลือ	กรดไขมัน	กลีเซอรอล	
		มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ				
20	60	1.3152	1.1877	1.1994	0.3973	3.0191
	90	1.3515	1.1920	1.3299	0.4410	2.9950
	120	1.3944	1.2583	1.4079	0.4666	3.0175
	150	1.3916	1.2219	1.4008	0.4617	3.0344
	180	1.5752	1.2919	1.3868	0.4614	3.0055
	240	1.3861	1.2619	1.3979	0.4659	3.0007
	300	1.3601	1.2435	1.4014	0.4650	3.0245
40	60	2.1837	1.8327	2.0796	0.6942	2.9957
	90	2.3272	1.9244	2.2707	0.7434	3.0546
60	60	1.8988	1.5898	2.0182	0.7348	2.7466
	90	2.1485	1.8095	2.2937	0.7722	2.9705
80	30	1.4741	1.0777	1.2036	0.4072	2.9558
	45	1.9361	1.5749	1.8152	0.6129	2.9617
					ค่าเฉลี่ย	**2.9832**

ส่วนการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40-80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาจะไม่เท่ากันขึ้นกับ

ระยะเวลา และความเข้มข้นโซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบในปฏิกิริยา ดังแสดงในตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมันที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ ปริมาณกรดไขมันที่เกิดขึ้นเป็น3เท่าของปริมาณกลีเซอรอล สรุปได้ว่าในการศึกษาผลของปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่อการสังเคราะห์กรดไขมันที่เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ปริมาณกรดไขมันเป็น 3 เท่าของปริมาณกลีเซอรอลเสมอ หรือ โซดาไฟทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในน้ำมันปาล์มดิบได้ในขั้นตอนเดียว

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นหลังจากเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมันนั้น นอกจากกรดไขมันกลีเซอรอล ยังมีโซเดียมคลอไรด์เกิดขึ้นอีกด้วย ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือที่ใส่เข้าไปในปฏิกิริยา ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นกับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือที่ใช้ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์

โซดาไฟเริ่มต้น (ร้อยละ)	เวลา (นาที)	ปริมาณทั้งหมด (มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ)		ปริมาณที่เกิดขึ้น (มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ)	อัตราส่วนกรดเกลือต่อโซดาไฟ	อัตราส่วนโซเดียมคลอไรด์ต่อโซดาไฟ
		โซดาไฟ	กรดเกลือ	โซเดียมคลอไรด์		
20	60	12.5875	12.4907	12.3789	0.9923	0.9834
	90	12.7657	12.6365	12.7216	0.9899	0.9965
	120	12.5518	12.4499	12.5075	0.9919	0.9965
	150	12.7422	12.6044	12.6387	0.9892	0.9919
	180	12.4226	12.1752	12.4024	0.9801	0.9984
	240	12.5083	12.4472	12.3427	0.9951	0.9868
	300	12.5686	12.5142	12.3671	0.9957	0.9840
40	60	17.1681	16.8801	16.7065	0.9832	0.9731
	90	16.9530	16.6177	16.6869	0.9802	0.9843
60	60	22.1150	21.5846	21.6098	0.9760	0.9772
	90	21.9762	21.4234	21.4826	0.9748	0.9775
80	30	27.5578	27.1614	26.7477	0.9856	0.9706
	45	27.1178	26.7565	26.5674	0.9867	0.9797

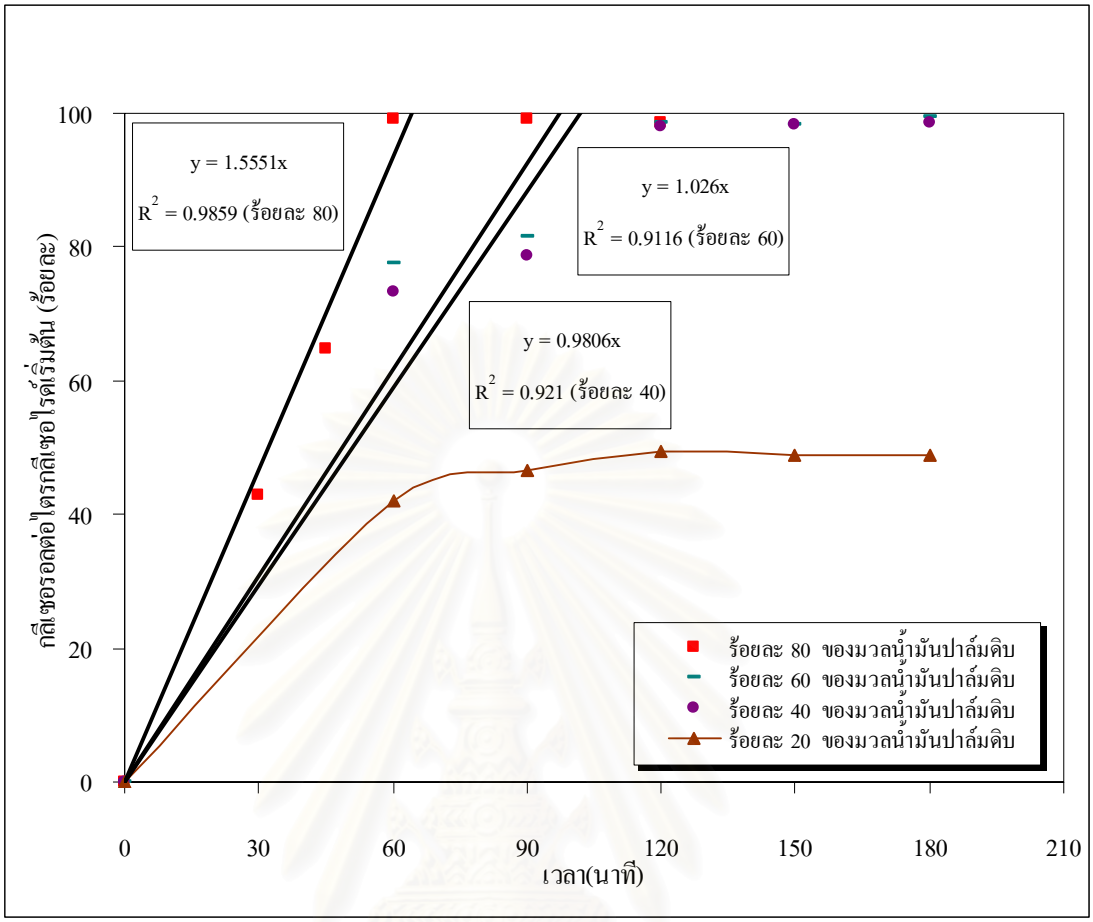
การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ มีการใส่ปริมาณโซดาไฟมากเกินพอ เพื่อให้น้ำมันปาล์มดิบสามารถเกิดเป็นสบู่ได้ทั้งหมด จึงต้องมีการเติมกรดเกลือเพื่อกำจัดปริมาณโซดาไฟที่เหลือก่อนที่จะเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมันต่อไป จากนั้นเติมกรดเกลือในปริมาณมากเกินพอ เพื่อให้สบู่สามารถเปลี่ยนเป็นกรดไขมันได้ทั้งหมด และเติมโซดาไฟเพื่อกำจัดปริมาณกรดเกลือที่เหลือก่อนทำการแยกต่อไป

ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้น และปริมาณกรดเกลือทั้งหมดที่เติม น้อยกว่าปริมาณโซดาไฟอยู่ ร้อยละ 3 เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องอินดิเคเตอร์ที่ได้กล่าวไว้แล้วในขั้นต้น สรุปได้ว่าปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นยังคงสมนัยกับปริมาณโซดาไฟ และกรดเกลือทั้งหมดที่เติมเข้าระบบ เป็นสิ่งที่แสดงถึงการเปลี่ยนสบู่กลับเป็นกรดไขมันได้ทั้งหมด และไม่มีสารตกค้างที่เกิดจากโซดาไฟและกรดเกลือ

จากผลการทดลองในการศึกษาผลของปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่อการสังเคราะห์กรดไขมันที่เกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลีเซอรอล ต่อไตรกลีเซอไรด์เริ่มต้น และเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.1

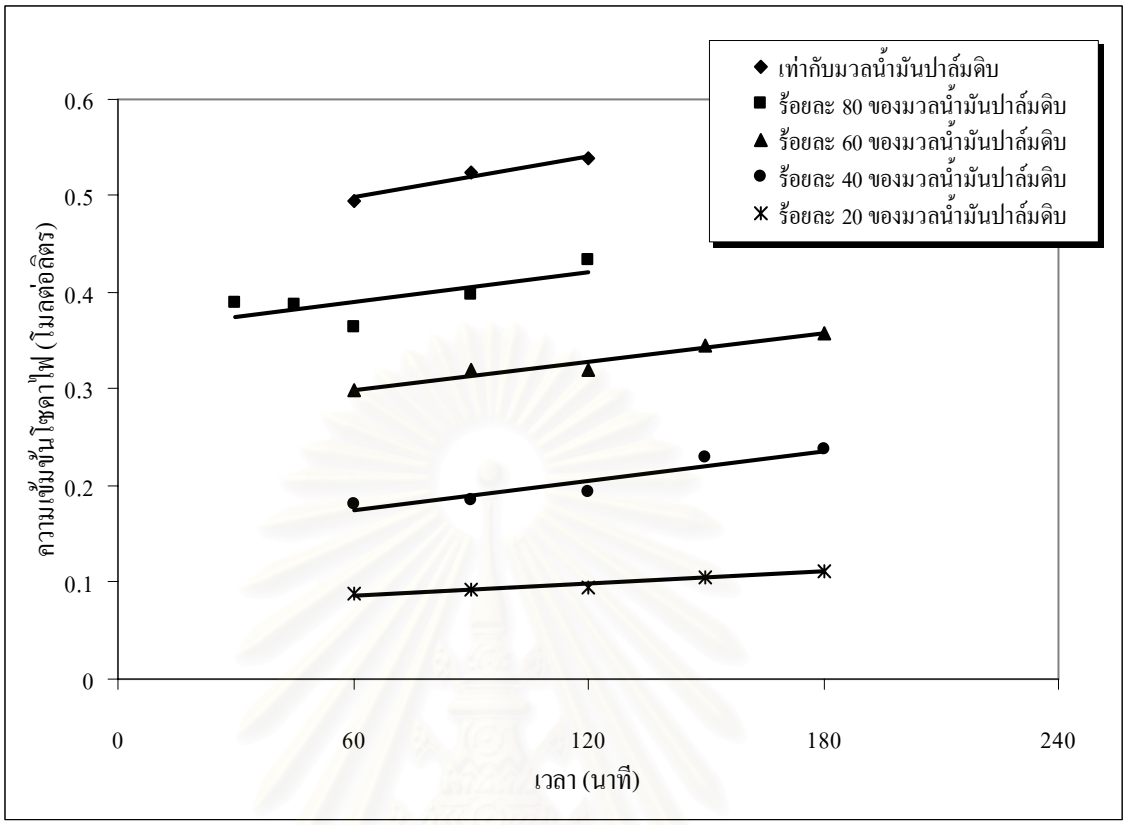
ปริมาณกลีเซอรอลต่อไตรกลีเซอไรด์เริ่มต้น(ร้อยละ)จากการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 20 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ มีแนวโน้มคงที่เมื่อมีการเพิ่มเวลา และที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40-60 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ไตรกลีเซอไรด์สามารถเกิดเป็นกลีเซอรอลได้ทั้งหมด ที่เวลาไม่เกิน 120 นาที ส่วนที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ไตรกลีเซอไรด์สามารถเกิดเป็นกลีเซอรอลได้ทั้งหมด ที่เวลาไม่เกิน 60 นาที ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในตารางที่ 4.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลีเซอรอล กับเวลาที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

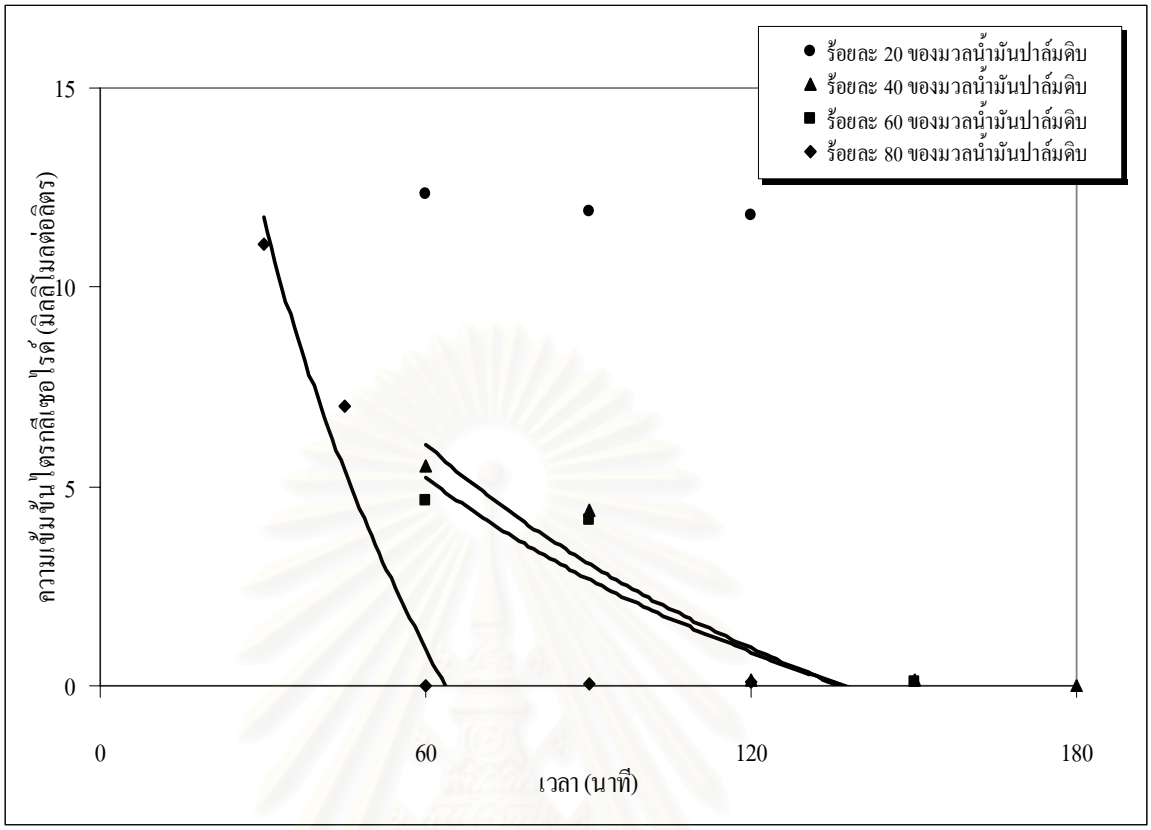
จากรูปที่ 4.1 สรุปได้ว่าที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 60 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ที่เวลาน้อยกว่าปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ หรือเมื่อปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นลดลง ทำให้เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์มากขึ้น



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโซดาไฟ กับ เวลา ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่นั้น ในการทดลองมีการเปลี่ยนปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น ที่ปริมาณน้ำกลั่น 50 เท่าของน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งก็คือการเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้นโซดาไฟ จากรูปที่ 4.2 ความเข้มข้นโซดาไฟเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มเวลา เนื่องจากการทดลองไม่ได้มีการควบคุมการระเหยของน้ำกลั่น แต่ละเงื่อนไขเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นความเข้มข้นโซดาไฟเปลี่ยนไปน้อยมาก และปริมาณไตรกลีเซอไรด์มีอย่างจำกัด ปริมาณความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์จึงมีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยามากกว่าปริมาณความเข้มข้นโซดาไฟ

ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส สามารถหาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์เทียบกับ เวลา ได้ดังนี้



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ กับเวลาที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เวลาที่ใช้การเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ลดลง สามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างไตรกลีเซอไรด์(C_{TG}) กับ เวลา(t) ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.7 สมการความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

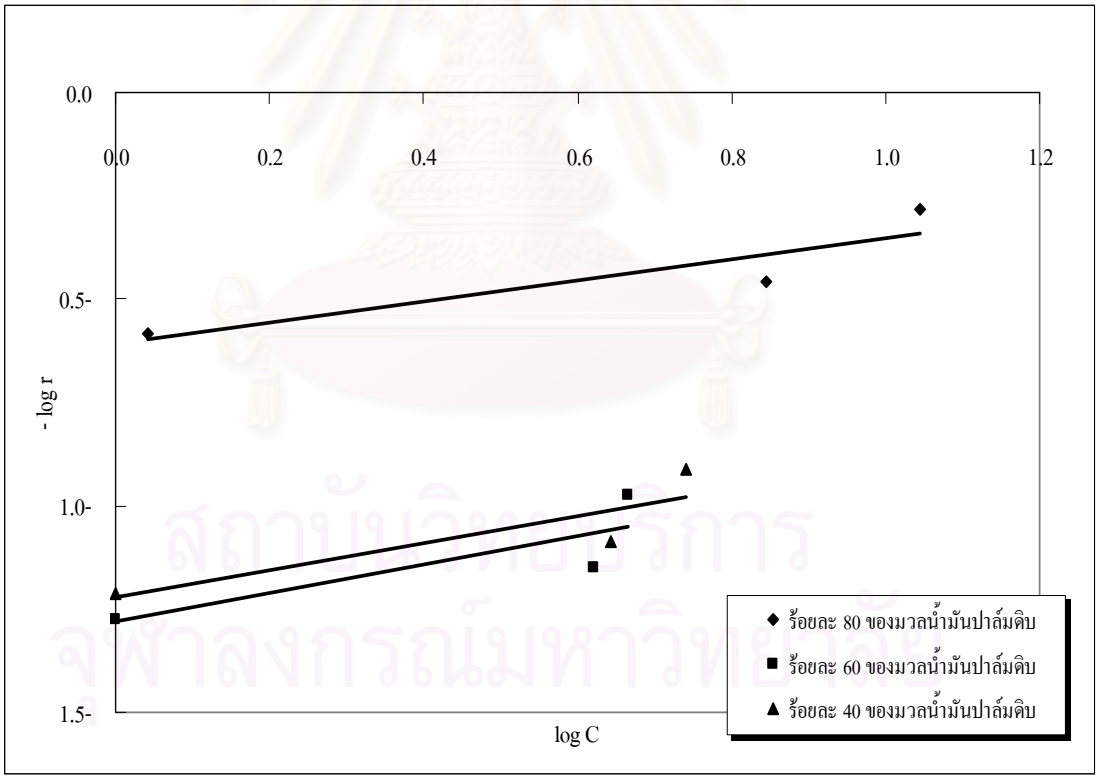
ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น	สมการความสัมพันธ์	ค่าความแปรผัน(R^2)
40	C_{TG} = -7.3811Ln(t) + 36.283	0.8298
60	C_{TG} = -6.3500Ln(t) + 31.246	0.7422
80	C_{TG} = -15.609Ln(t) + 64.827	0.9384

จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ กับ เวลา ที่มวลโซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบต่างๆ ทำให้ทราบถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$-r_{TG} = \frac{-dC_{TG}}{dt} = k'C_{TG}^{n}$$

$$-\log r_{TG} = n \log C_{TG} + \log k'$$

โดยที่ $k' = kC_{NaOH}^{m}$



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยา กับความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.8 อันดับของปฏิกิริยาและค่าคงที่ของปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น	สมการความสัมพันธ์	ความแปรผัน (R^2)	อันดับของปฏิกิริยา (n)	ค่าคงที่ของปฏิกิริยา (ลิตร/มิลลิโมล.นาที) (k')
40	$\log(-r) = 0.3294(\log C_{TG}) - 1.221$	0.7693	1/3	0.0601
60	$\log(-r) = 0.3446(\log C_{TG}) - 1.282$	0.7172	1/3	0.0522
80	$\log(-r) = 0.2585(\log C_{TG}) - 0.609$	0.8237	1/4	0.2460

ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่นั้น ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยา กับความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ ทำให้ทราบถึงอันดับของปฏิกิริยา ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40-60 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ เท่ากับ 1/3 ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ เท่ากับ 1/4 และค่าคงที่ปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ เท่ากับ 0.0601 ลิตร/มิลลิโมล.นาที ร้อยละ60 เท่ากับ 0.0522 ลิตร/มิลลิโมล.นาที และ ร้อยละ80 เท่ากับ 0.2460 ลิตร/มิลลิโมล.นาที เนื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาพิจารณาตามปริมาณความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ ส่งผลให้อันดับของปฏิกิริยาและค่าคงที่ของปฏิกิริยาแตกต่างกันไป

การศึกษาผลของปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นต่อการสังเคราะห์กรดไขมัน เมื่อมีการเพิ่มปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น ส่งผลให้เวลาในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ลดลง ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นจากร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ถึงปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบ เวลาที่ใช้เปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ท่ากัน คือ 60 นาที และที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40-60 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์เท่ากัน คือ 120 นาที

ตารางที่ 4.9 ราคาต้นทุนการผลิตกรดไขมันที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40 และร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบเทียบน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม

ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น	ปริมาณโซดาไฟ (โมล)	ปริมาณกรดเกลือ (โมล)	ต้นทุนสารเคมี (บาท)	พลังงานทั้งหมด (หน่วย)	ต้นทุนพลังงาน (บาท)	ต้นทุนการผลิต (บาท)
40	0.0794	0.0798	1.8293	3.2	3.8804	8.1113
80	0.1303	0.1308	3.0003	1.6	3.2083	6.1413

การหาปริมาณโซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบที่เหมาะสม ทำการพิจารณาที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40 และร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ โดยพิจารณาจากต้นทุนพลังงานเป็นการคิดเงินค่าไฟฟ้าตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก อัตรา 2.1.2 (อัตราปกติแบบอัตราก้าวหน้า)และต้นทุนของสารเคมี(Analytical Grade) ซึ่งก็คือปริมาณโซดาไฟกับกรดเกลือที่ใช้ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน (ดูรายละเอียดที่ภาคผนวก จ) จากการคำนวณได้ว่า ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นที่เหมาะสม ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุด คือ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ดังนั้นจึงมีการลดอุณหภูมิเพื่อคาดหวังว่าจะสามารถลดต้นทุนการผลิตลง จากปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

4.4 ผลของอุณหภูมิต่อการสังเคราะห์กรดไขมัน

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ โดยการกวนผสมด้วยแท่งแม่เหล็กที่ 750 รอบต่อนาที และใช้น้ำกลั่น 50 เท่าของปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ มีการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น70 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลของอุณหภูมิต่อการสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบโดยสมบูรณ์ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ

อุณหภูมิ	เวลา	ปริมาณที่ใช้ไป		ปริมาณที่เกิดขึ้น		กรดไขมันต่อกลีเซอรอล	สัดส่วนโซดาไฟที่เกิน
		โซดาไฟ	กรดเกลือ	กรดไขมัน	กลีเซอรอล		
องศาเซลเซียส	นาที	มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ					
70	**330**	**2.7756**	**2.3642**	**2.8086**	**0.9319**	**3.0139**	**6.3**
	360	2.7157	2.3647	2.8126	0.9293	3.0266	6.4
	390	2.8205	2.4241	2.7746	0.9462	2.9328	6.2
ค่าเฉลี่ย		**2.7706**	**2.3843**	**2.7986**	**0.9358**	**2.9911**	**6.3**
80	**210**	**2.8015**	**2.4882**	**2.8035**	**0.9334**	**3.0036**	**6.2**
	240	2.7843	2.4098	2.8257	0.9320	3.0319	6.2
	270	2.7800	2.4028	2.8037	0.9295	3.0163	6.2
ค่าเฉลี่ย		**2.7886**	**2.4336**	**2.8110**	**0.9316**	**3.0173**	**6.2**
90	**60**	**2.8205**	**2.4347**	**2.8419**	**0.9369**	**3.0332**	**6.2**
	90	2.8123	2.3889	2.8056	0.9379	2.9914	6.2
	120	2.7625	2.3771	2.8281	0.9328	3.0318	6.3
ค่าเฉลี่ย		**2.7984**	**2.4002**	**2.8252**	**0.9359**	**3.0188**	**6.2**
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด		**2.7859**	**2.4061**	**2.8116**	**0.9344**	**3.0091**	**6.2**

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ด้วยปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ไม่เกิน 210 นาที ซึ่งจะใช้เวลาเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ไม่เกิน 330 นาที ซึ่งจะใช้เวลา

เพิ่มขึ้นจาก อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่า เวลาที่ใช้เปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์จะเพิ่มขึ้น เมื่อลดอุณหภูมิลง มีการทดลองเพิ่มอีก 2 ครั้ง หลังจากปฏิกิริยาเกิดโดยสมบูรณ์ คือเพิ่มเวลาอีก 30 นาที และ 60 นาทีตามลำดับ แต่ละเงื่อนไขการทดลองได้ผลคงเดิม คือ ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ เฉลี่ย 2.7859 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ หรือ ปริมาณโซดาไฟ ร้อยละ 11.14 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ

ส่วนการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมันนั้น สามารถเกิดปฏิกิริยาในอุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) และความดันปกติ ปริมาณกรดเกลือที่ใช้ในการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน เฉลี่ย 2.4061 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ มีการใช้กรดเกลือน้อยกว่าโซดาไฟร้อยละ 13 สาเหตุเกิดจากข้อจำกัดของอินดิเคเตอร์ โดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ในการวัดปริมาณโซดาไฟที่เหลือจากการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่มีจุดยุติ ช่วง pH 8.0-9.6 และใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ในการวัดปริมาณกรดเกลือที่เหลือจากการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมันมีจุดยุติ ช่วง pH 4.4-6.2 ส่งผลให้ในการไตเตรทเกิดความแตกต่างระหว่างโซดาไฟที่ใช้เปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่และกรดเกลือที่ใช้เปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน ปริมาณกรดไขมันที่เกิดขึ้น เฉลี่ย 2.8116 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ และมีปริมาณกลีเซอรอล เฉลี่ย 0.9344 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ หรือ 0.44 กรัม การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมันที่เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ผลคือปริมาณกรดไขมันเป็น 3 เท่าของปริมาณกลีเซอรอลซึ่งสอดคล้องกับปฏิกิริยาตามทฤษฎี

ในการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการสังเคราะห์กรดไขมัน นอกจากปริมาณโซดาไฟที่ใช้ กรดเกลือที่ใช้ กรดไขมันที่เกิดขึ้น และกลีเซอรอลที่เกิดขึ้นแล้ว ยังมีโซเดียมคลอไรด์เกิดขึ้นอีกด้วย ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือที่ใส่เข้าในปฏิกิริยา ดังแสดงในตารางที่ 4.11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ผลของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้น กับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือที่ใช้ในปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ

อุณหภูมิ	เวลา	ปริมาณทั้งหมด		ปริมาณที่เกิดขึ้น	อัตราส่วนกรดเกลือต่อโซดาไฟ	อัตราส่วนโซเดียมคลอไรด์ต่อโซดาไฟ
		โซดาไฟ	กรดเกลือ	โซเดียมคลอไรด์		
องศาเซลเซียส	นาที	มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ				
70	**120**	**21.9205**	**21.4665**	**21.2706**	**0.9793**	**0.9704**
	150	21.8345	21.4412	21.2465	0.9820	0.9731
	180	21.9071	21.4694	21.2729	0.9800	0.9711
ค่าเฉลี่ย		**21.8874**	**21.4590**	**21.2633**	**0.9804**	**0.9715**
80	**120**	**21.2911**	**21.4272**	**21.1300**	**1.0064**	**0.9924**
	150	21.2880	21.3627	21.1309	1.0035	0.9926
	180	21.3218	21.3949	21.0542	1.0034	0.9874
ค่าเฉลี่ย		**21.3003**	**21.3949**	**21.1050**	**1.0044**	**0.9908**
90	**60**	**26.0552**	**25.6694**	**25.4633**	**0.9852**	**0.9773**
	90	26.2139	25.7905	25.6305	0.9838	0.9777
	120	26.2288	25.8434	25.6261	0.9853	0.9770
ค่าเฉลี่ย		**26.1660**	**25.7678**	**25.5733**	**0.9848**	**0.9773**

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิต่างๆนั้น มีการใส่ปริมาณโซดาไฟมากเกินพอ เพื่อให้น้ำมันปาล์มดิบสามารถเกิดเป็นสบู่ได้ทั้งหมด จึงต้องมีการเติมกรดเกลือ เพื่อกำจัดปริมาณโซดาไฟที่เหลือโดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ก่อนที่จะเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมันต่อไป จากนั้นเติมกรดเกลือในปริมาณมากเกินพอ เพื่อให้สบู่สามารถเปลี่ยนเป็นกรดไขมันได้ทั้งหมด และเติมโซดาไฟเพื่อกำจัดกรดเกลือที่เหลือโดยใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ก่อนทำการแยกต่อไป ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้น และปริมาณกรดเกลือทั้งหมดที่เติม น้อยกว่าปริมาณโซดาไฟ ร้อยละ 3 เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องอินดิเคเตอร์ที่ได้กล่าวไว้แล้วในขั้นต้น สรุปได้ว่าปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นยังคง

สมนัยกับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือทั้งหมดที่เติมเข้าระบบ เป็นสิ่งที่แสดงถึงการเปลี่ยนสบู่กลับเป็นกรดไขมันได้ทั้งหมด และไม่มีสารตกค้างที่เกิดจากโซดาไฟและกรดเกลือ

ตารางที่ 4.12 ผลการสังเคราะห์กรดไขมัน ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์

อุณหภูมิ	เวลา	ปริมาณที่ใช้ไป		ปริมาณที่เกิดขึ้น		กรดไขมันต่อกลีเซอรอล
		โซดาไฟ	กรดเกลือ	กรดไขมัน	กลีเซอรอล	
องศาเซลเซียส	นาที	มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ				
70	60	0.8100	0.3980	0.3459	0.1217	2.8421
	90	1.1577	0.7824	0.7813	0.2597	3.0086
	120	1.4500	1.0780	1.1769	0.3856	3.0522
	150	1.6963	1.3314	1.3748	0.4768	2.8831
	180	1.9841	1.5833	1.6334	0.6110	2.6736
	210	2.0980	1.7667	1.9476	0.6552	2.9726
	240	2.3333	1.9588	2.1310	0.7605	2.8019
	270	2.3913	2.0632	2.3278	0.7740	3.0074
	300	2.5647	2.2171	2.5459	0.8532	2.9839
80	60	0.9363	0.5279	0.5198	0.1732	3.0008
	90	1.4970	1.1497	1.2501	0.4157	3.0069
	120	1.9323	1.5319	1.7533	0.6013	2.9159
	150	2.2510	1.8347	2.1833	0.7360	2.9665
	180	2.6091	2.2480	2.6665	0.8910	2.9928
					ค่าเฉลี่ย	**2.9363**

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ ณ อุณหภูมิ 70 และ80 องศาเซลเซียส ได้ว่าปริมาณโซดาไฟที่ใช้ กรดเกลือที่ใช้ กรดไขมันที่เกิดขึ้น และกลีเซอรอลที่เกิดขึ้นจะไม่เท่ากัน ขึ้นกับระยะเวลา ปริมาณสารต่างๆจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมันที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ เมื่อมีการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 70 องศาเซลเซียส และ80องศาเซลเซียส ผลคือ ปริมาณกรดไขมันเป็น 3 เท่าของปริมาณกลีเซอรอล

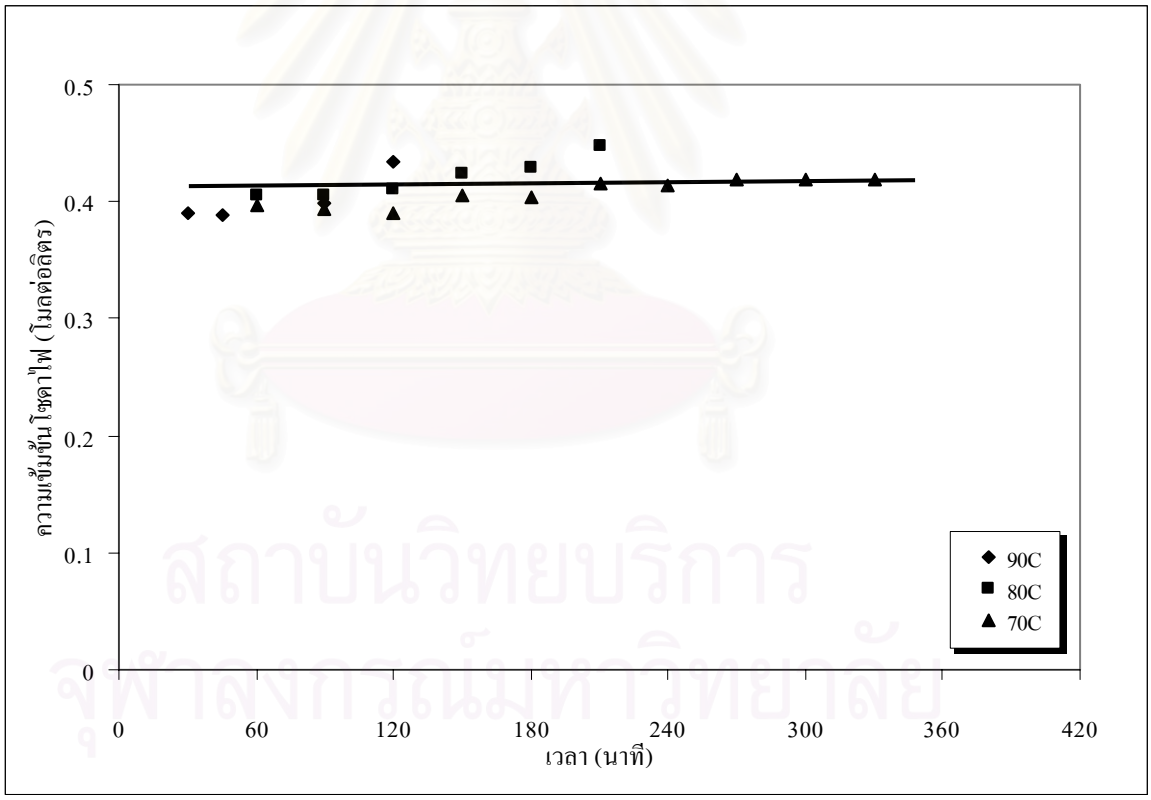
สรุปได้ว่าในการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการสังเคราะห์กรดไขมันที่เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ และไม่สมบูรณ์ ปริมาณกรดไขมันเป็น 3 เท่าของปริมาณกลีเซอรอลเสมอ หรือ โซดาไฟทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในน้ำมันปาล์มดิบได้ในขั้นตอนเดียว

ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมันนั้น มีโซเดียมคลอไรด์เกิดขึ้น ซึ่งในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมันนั้น ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือที่ใส่เข้าไปในปฏิกิริยา ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลของโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้น กับโซดาไฟและกรดเกลือที่ใช้ในปฏิกิริยาที่เกิดไม่สมบูรณ์ ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ

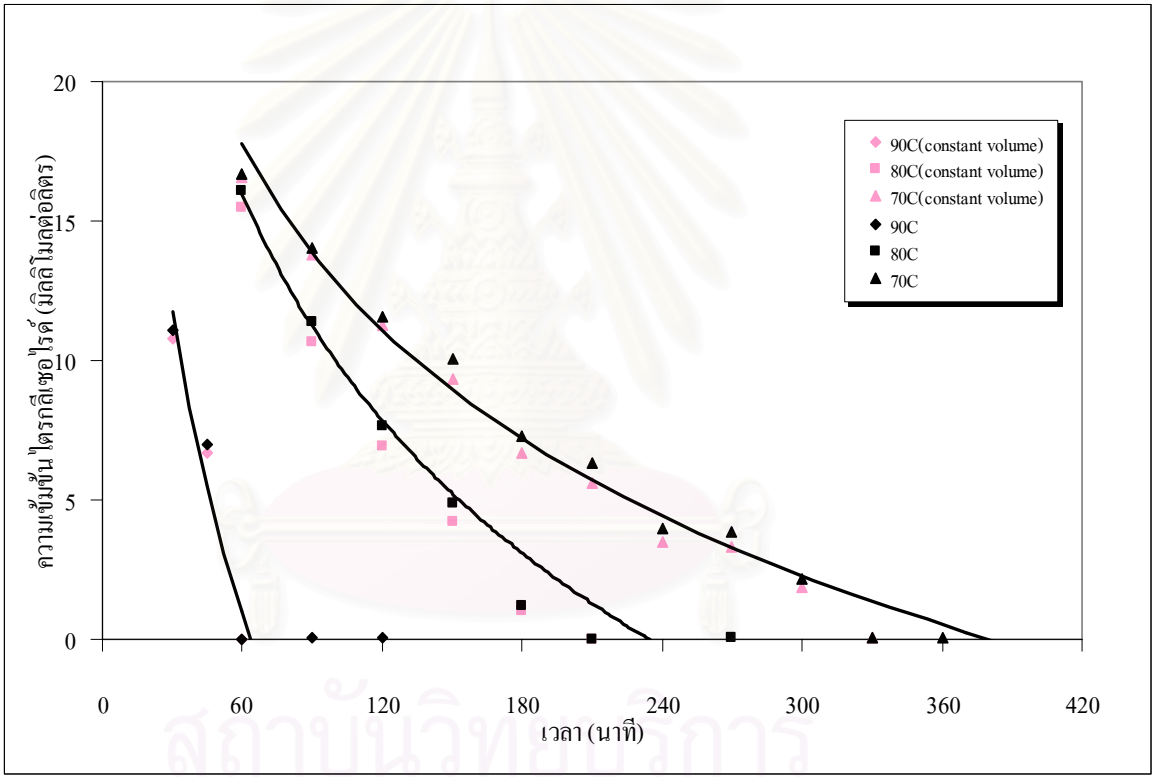
อุณหภูมิ	เวลา	ปริมาณทั้งหมด		ปริมาณที่เกิดขึ้น	อัตราส่วนกรดเกลือต่อโซดาไฟ	อัตราส่วนโซเดียมคลอไรด์ต่อโซดาไฟ
		โซดาไฟ	กรดเกลือ	โซเดียมคลอไรด์		
องศาเซลเซียส	นาที	มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ				
70	60	24.3048	23.8000	23.2438	0.9792	0.9563
	90	23.8717	23.4132	22.8942	0.9808	0.9591
	120	23.6078	23.1600	22.7829	0.9810	0.9651
	150	23.0676	22.6331	22.2288	0.9812	0.9636
	180	22.9242	22.4603	22.0833	0.9798	0.9633
	210	22.4977	22.1078	21.8431	0.9827	0.9709
	240	22.3008	21.8725	21.4314	0.9808	0.9610
	270	22.3555	21.9763	21.4427	0.9830	0.9592
	300	22.3622	21.9622	21.4741	0.9821	0.9603
80	60	24.0936	23.5956	23.4406	0.9793	0.9729
	90	22.9962	23.0739	22.7930	1.0034	0.9912
	120	22.5665	22.5996	22.3942	1.0015	0.9924
	150	22.2562	22.2809	22.0598	1.0011	0.9912
	180	21.7367	21.8254	21.3221	1.0041	0.9809

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิต่างๆนั้น มีการใส่ปริมาณโซดาไฟมากเกินพอ เพื่อให้น้ำมันปาล์มดิบสามารถเกิดเป็นสบู่ได้ทั้งหมด จึงต้องมีการเติมกรดเกลือ เพื่อกำจัดปริมาณโซดาไฟที่เหลือโดยใช้ ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ก่อนที่จะเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมันต่อไป จากนั้นเติมกรดเกลือในปริมาณมากเกินพอ เพื่อให้สบู่สามารถเปลี่ยนเป็นกรดไขมันได้ทั้งหมด และเติมโซดาไฟเพื่อกำจัดกรดเกลือที่เหลือโดยใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ก่อนทำการแยกต่อไป ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้น และปริมาณกรดเกลือทั้งหมดที่เติม น้อยกว่าปริมาณโซดาไฟ ร้อยละ 5 เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องอินดิเคเตอร์ที่ได้กล่าวไว้แล้วในขั้นต้น สรุปได้ว่าปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นยังคง สมนัยกับปริมาณโซดาไฟและกรดเกลือทั้งหมดที่เติมเข้าระบบ เป็นสิ่งที่แสดงถึงการเปลี่ยนสบู่กลับเป็นกรดไขมันได้ทั้งหมด และไม่มีสารตกค้างที่เกิดจากโซดาไฟและกรดเกลือ



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโซดาไฟ กับ เวลา ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น ร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิต่างๆ ความเข้มข้นโซดาไฟเปลี่ยนไปน้อยมากเมื่อมีการเพิ่มเวลา โดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.4142 โมลต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.0271 แต่ละเงื่อนไขเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นความเข้มข้นโซดาไฟเปลี่ยนไปน้อยมาก และปริมาณไตรกลีเซอไรด์มีอย่างจำกัด ปริมาณความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์จึงมีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา มากกว่าปริมาณความเข้มข้นโซดาไฟ สามารถหาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์เทียบกับ เวลา ณ อุณหภูมิต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ กับ เวลา ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ลดลง และเนื่องจากไตรกลีเซอไรด์เปลี่ยนไปเป็นสบู่ส่งผลให้ความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น จากรูปที่ 4.5 ได้มีการพิสูจน์ว่าความเข้มข้นโซดาไฟเปลี่ยนไปน้อยมากเมื่อมีการเพิ่ม

เวลา สามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์(C_{TG}) กับ เวลา(t) ณ อุณหภูมิต่างๆที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 สมการความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ

อุณหภูมิ	สมการความสัมพันธ์	ความแม่นยำ(R^2)
70	$C_{TG} = -9.6122Ln(t) + 57.111$	0.9799
80	$C_{TG} = -11.729Ln(t) + 64.000$	0.9982
90	$C_{TG} = -15.609Ln(t) + 64.827$	0.9384

จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ กับ เวลา ณ อุณหภูมิต่างๆ ทำให้ทราบถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

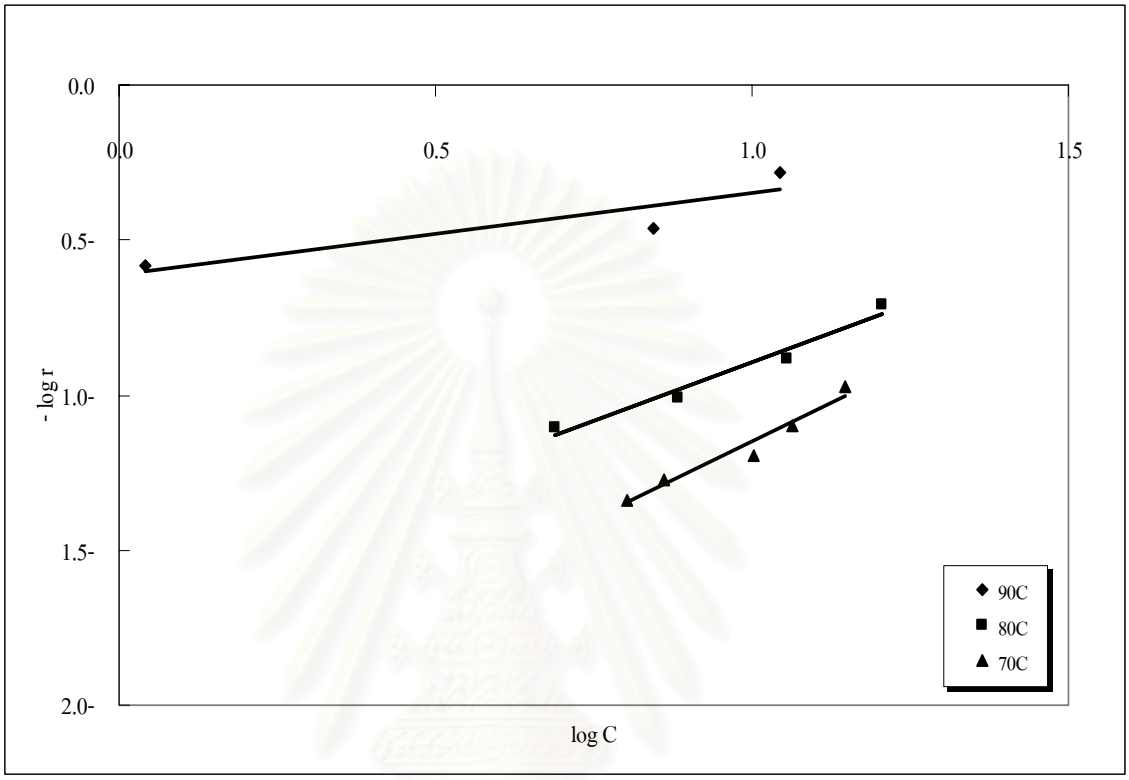
$$-r_{TG} = \frac{-dC_{TG}}{dt} = k'C_{TG}^{n}$$

$$-\log r_{TG} = n \log C_{TG} + \log k'$$

โดยที่ $\boxed{k' = kC_{NaOH}^{m}}$

ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่นั้น ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยา กับความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ ทำให้ทราบถึงอันดับของปฏิกิริยาที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิต่างๆ ได้ว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอันดับของปฏิกิริยาจะลดลง และค่าคงที่ของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.15 เนื่องจากพิจารณาอัตราการเกิดปฏิกิริยา

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ขึ้นกับความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์เพียงสารเดียว ส่งผลให้อันดับของปฏิกิริยาและค่าคงที่ของปฏิกิริยาแตกต่างกันไป

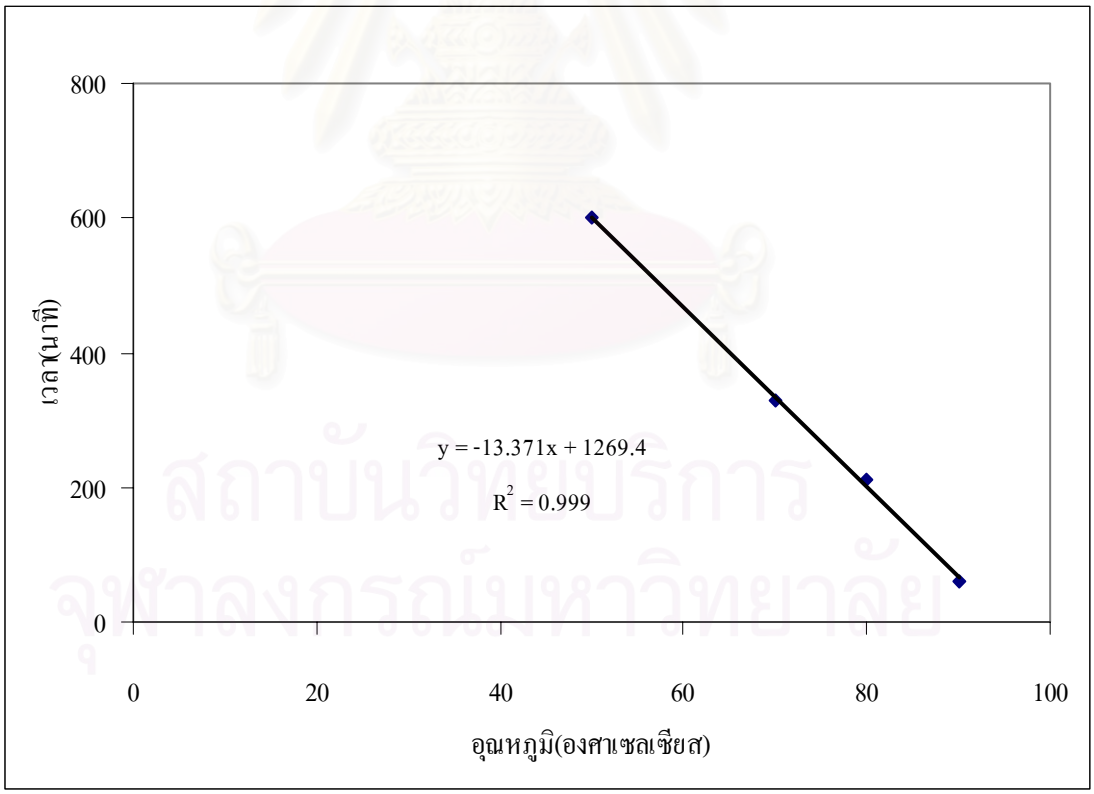


รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับความเข้มข้นไตรกลีเซอไรด์ ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ

ตารางที่ 4.15 อันดับของปฏิกิริยาและค่าคงที่ของปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ	สมการความสัมพันธ์	ความแม่นยำ (R^2)	อันดับของปฏิกิริยา (n)	ค่าคงที่ของปฏิกิริยา (ลิตร/มิลลิโมล.นาที) (k')
70	$\log(-r) = 1.0050(\log C_{TG}) - 2.155$	0.9601	1	0.0070
80	$\log(-r) = 0.7565(\log C_{TG}) - 1.653$	0.9639	3/4	0.0222
90	$\log(-r) = 0.2585(\log C_{TG}) - 0.609$	0.8237	1/4	0.2460

จากผลการเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 90 80 และ 70 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80ของมวลน้ำมันปาล์มดิบสามารถทำนายเวลาในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ได้ว่า ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ คือ 600 นาที และจากการทดลองได้ว่าที่ 600 นาที ปริมาณโซดาไฟที่เกิดปฏิกิริยาในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ เท่ากับ 2.8333 มิลลิโมล ซึ่งสมนัยกับปริมาณโซดาไฟที่เกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ คือ 600 นาที สรุปได้ว่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ และเวลาการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่เป็นเส้นตรง คือ เวลาที่ใช้สำหรับการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิที่ลดลงเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ในช่วงอุณหภูมิ 50-90 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. น้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ ร้อยละ 83.29 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ และกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่เกิดเป็นสบู่ร้อยละ16.71 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ มวลโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันปาล์มดิบเป็น 848.84

2. การสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มดิบ ปริมาณกลีเซอรอลที่เกิดขึ้นร้อยละ 8.60 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ และปริมาณกรดไขมันร้อยละ 75.50 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ มวลโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมันเป็น 270.26

3. ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ในการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์เฉลี่ย ร้อยละ 11.19 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ

4. การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ด้วยปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น ร้อยละ 40-60 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ เวลาที่ใช้ไม่เกิน 120 นาที ส่วนปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ และปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบ เวลาที่ใช้ไม่เกิน 60 นาที

5. การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่โดยสมบูรณ์ด้วยปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ไม่เกิน 210 นาที ส่วนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ไม่เกิน 330 นาที และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ไม่เกิน 600 นาที โดยอุณหภูมิที่ลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์

6. การสังเคราะห์กรดไขมันด้วยโซดาไฟที่เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ปริมาณกรดไขมันเป็น 3 เท่าของปริมาณกลีเซอรอลเสมอ เทียบเท่ากับ โซดาไฟสามารถทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ได้ในขั้นตอนเดียว

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองในอุปกรณ์ขนาดเล็ก ซึ่งไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้งานได้โดยตรงในการผลิตทางการค้า ควรทำการทดลองเพิ่มเติมโดยขยายขนาดให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มากขึ้น เช่น จากเดิมเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม เป็น 100 กรัม 1000 กรัม และ 10 กิโลกรัม ตามลำดับ เพื่อรวบข้อมูลสำหรับนำไปใช้กับอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตในทางการค้าต่อไป

อย่างไรก็ตามสำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดลองน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม ความเร็วรอบในการกวนที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ขนาด 500 มิลลิลิตร คือ 750 รอบต่อนาที ซึ่งหากทำการขยายขนาดอุปกรณ์ต้องมีการเพิ่มความเร็วรอบในการกวนที่เหมาะสม และต้องมีการเพิ่มของปริมาณสารตามอัตราส่วนด้วย

2. งานวิจัยครั้งนี้ได้นำน้ำมันปาล์มดิบมาใช้ซึ่งยังไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ก่อน จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ยังมีปริมาณสารประกอบที่ไม่ใช่กรดไขมันปนอยู่ควรทำการแยกสารประกอบที่ไม่สามารเกิดเป็นสบู่ออกก่อนแล้วจึงนำสารประกอบที่เกิดเป็นสบู่มาทำการเปลี่ยนเป็นกรดไขมันต่อไป หรือทำการแยกสารประกอบที่ไม่สามารถเกิดเป็นสบู่ออกจากกรดไขมันเป็นลำดับสุดท้าย

3. งานวิจัยครั้งนี้ไม่ได้นำกรดไขมันที่ได้ไปใช้งานต่อ จึงมีการใช้อินดิเคเตอร์เพื่อกำจัดโซดาไฟและกรดเกลือที่เหลือจากปฏิกิริยา ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถแยกอินดิเคเตอร์ออกได้หลังจบกระบวนการ แต่เนื่องจากอินดิเคเตอร์ที่ใส่ไปนั้นมีปริมาณเพียงเล็กน้อยและไม่ส่งผลต่อปฏิกิริยาในกระบวนการ ดังนั้นผู้ที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้งานในการผลิตกรดไขมันจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้อินดิเคเตอร์เพราะจะมีการปะปนของสารเกิดขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2543.แผนพัฒนาปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม ปี 2544-2549 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

2. ประหยัด โกมารฑัต 2537. ลิปิด: โครงสร้างทางเคมีและคุณสมบัติทั่วไป. การประชุมปฏิบัติการภาคฤดูร้อน สาขาเคมี ครั้งที่ 19 เรื่อง ลิปิด:ชีวเคมี เทคโนโลยีชีวภาพ. วันที่ 2-4 พฤษภาคม 2534. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3. Carl L. Yaws, Chemical Properties Handbook , McGraw – Hill Handbooks

4. ผศ. ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. สารชีวโมเลกุล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรจน์ มหาสารคราม.

5. Ullmann's, Volume 13, Sixth Edition , Fatty Acids

6. Cuiew Let. Chong , Chemical and Physical Properties of Palm Oil and Palm Kernel Oil, Palm Oil Research Institute of Malaysis, n.d

7. R.J. Hamilton, Development in Oils and Fats , 1 st ed.,Chapman &Halls, 1995

8. รศ.ดร.ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์ 2543. เคมีอินทรีย์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

9. นคร สาระคุณ 2545. การจัดการการผลิตปาล์มน้ำมัน เอกสารการสอนชุดวิชา การจัดการการผลิตพืชไร่อุตสาหกรรม สาขาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

10. S.H. Yoon , S.K. Kim , K.N. Kim , T.W. Kwon and Y.K. Teah , J.Am.Oil Chem.Soc, 1987

11. S.S Chen and K.G. Berger, Palm Oil Developments No.1 , PORIM , 1984

12. H. Shiina, Y. Kubota, H. Mamuro, S. Nakasato, T.L. Ooi and A.S.H. Ong, Yukagaku , 1986

13. T.L. Ooi and A.S.H. Ong, Proc.1987 Int. Oil Palm/Palm Oil Conf (Conf.II Technology), 1987

14. R. Seltzer, Chem.Eng. News, 1985

15. Fred S. Sadler, Pomona and Calif, Production of fatty acids from soap, United States Patent 2,802,845(1957)

16. Robert Paliner Cox and Robert M. Brice, Mothod of making refined fatty acids from soap stocks , United States Patent 2,812,343(1957)

17. Roger L. Garrett, Alexandria, Va., Charles B. Garrett Jr., Robesonia, Pa., and Alan B. Rubin, Fairfax, Va., Soap stock reclamation process for producing fatty acids, glycerine and salt , United States Patent 3,830,789(1974)

18. C. Frank Phillips;Dwight E. Leavens, Process for obtaining free fatty acids from soap stock , United States Patent 4,100,181(1978)

19. Charles H. Patrick, Jr., Process for the recovery of fatty acids from discarded solid soap stock. United States Patent 4,464,305(1984)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่ และวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ ก.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่ในน้ำมันปาล์มดิบ

น้ำมันปาล์มดิบ (กรัม)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	โซดาไฟ		สารประกอบที่ไม่เกิดสบู่	
			(โมล/ลิตร)	(มิลลิลิตร)	(กรัม)	ต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ
5.06	60	90	0.54	250	0.8524	0.1685
5.02	90	90	0.49	250	0.8321	0.1658
					ค่าเฉลี่ย	0.1671
					ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0019

ตารางที่ ก.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบ

น้ำมันปาล์มดิบ (กรัม)	โซดาไฟ			ปริมาณกรด (มิลลิโมล) ต่อ น้ำมันปาล์มดิบ (กรัม)
	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	
2.7173	0.049	4.5	0.221	0.081
2.4195	0.049	4.0	0.196	0.081
			ค่าเฉลี่ย	0.081
			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

แสดงผลของการเกิดปฏิกิริยา เมื่อมีการเปลี่ยนปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นจากร้อยละ 20 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ถึงปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็น 80 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ ข.1 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบ ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส							
เวลา (นาที)	น้ำมันปาล์มดิบ (กรัม)	ปริมาณโซดาไฟ 0.51โมล/ลิตร (โมล)	สารละลายสบู่		กำจัดโซดาไฟด้วยกรดเกลือ 1.0 โมล/ลิตร (โมล)	โซดาไฟที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	โซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบโดยมวล
			(มิลลิลิตร)	(กรัม)			
60	5.06	0.1275	230.0	223.44	0.1139	0.0136	0.1075
90	5.10	0.1275	214.0	211.83	0.1124	0.0151	0.1184
120	5.04	0.1275	210.0	199.67	0.1131	0.0144	0.1143

การเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน						
เวลา (นาที)	ปริมาณกรดเกลือ 1.0 โมล/ลิตร (โมล)	กำจัดกรดเกลือด้วยโซดาไฟ 0.51 โมล/ลิตร (โมล)	กรดเกลือที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	ปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์และกลีเซอรอล		ปริมาณกรดเกลือ (โมล) ต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ
				(มิลลิลิตร)	(กรัม)	
60	0.0424	0.0304	0.0121	469.0	469.45	0.0024
90	0.0426	0.0292	0.0135	449.0	449.70	0.0027
120	0.0414	0.0288	0.0126	444.0	444.78	0.0025

ตารางที่ ข.2 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส							
เวลา (นาที)	น้ำมันปาล์มดิบ (กรัม)	ปริมาณโซดาไฟ 0.41 โมล/ลิตร (โมล)	สารละลายสบู่ (มิลลิลิตร)	สารละลายสบู่ (กรัม)	กำจัดโซดาไฟด้วยกรดเกลือ (โมล)	โซดาไฟที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	โซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบโดยมวล
30	5.02	0.1025	244.0	237.11	(1.00 M) 0.0951	0.0079	0.0590
45	5.01	0.1025	239.0	231.39	(1.00 M) 0.0928	0.0097	0.0774
60	5.07	0.1025	238.0	230.33	(0.98 M) 0.0882	0.0143	0.1128
90	5.05	0.1025	217.0	209.17	(0.98 M) 0.0883	0.0142	0.1125
120	5.07	0.1025	200.0	193.63	(0.98 M) 0.0885	0.0140	0.1105

การเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน						
เวลา (นาที)	ปริมาณกรดเกลือ (โมล)	กำจัดกรดเกลือด้วยโซดาไฟ 0.41 โมล/ลิตร (โมล)	กรดเกลือที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	ปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์และกลีเซอรอล (มิลลิลิตร)	(กรัม)	ปริมาณกรดเกลือ (โมล) ต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ
45	0.0413	0.0358	0.0054	492.0	492.60	0.0011
45	0.0413	0.0334	0.0079	478.0	478.61	0.0016
60	0.0419	0.0296	0.0123	467.0	467.33	0.0024
90	0.0419	0.0299	0.0121	447.0	447.83	0.0024
120	0.0425	0.0305	0.0121	432.0	432.16	0.0024

ตารางที่ ข.3 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 60 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส							
เวลา (นาที)	น้ำมันปาล์มดิบ (กรัม)	ปริมาณโซดาไฟ 0.31โมล/ลิตร (โมล)	สารละลายสบู่ (มิลลิลิตร)	สารละลายสบู่ (กรัม)	กำจัดโซดาไฟด้วยกรดเกลือ 0.86 โมล/ลิตร (โมล)	โซดาไฟที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	โซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบโดยมวล
60	5.08	0.0775	219.0	225.07	0.0653	0.0097	0.0766
90	5.05	0.0775	203.0	209.23	0.0649	0.0109	0.0859
120	5.10	0.0775	198.0	203.64	0.0632	0.0143	0.1121
150	5.08	0.0775	184.0	189.72	0.0635	0.0140	0.1105
180	5.07	0.0775	176.0	181.97	0.0630	0.0145	0.1141

การเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน						
เวลา (นาที)	ปริมาณกรดเกลือ 0.86โมล/ลิตร (โมล)	กำจัดกรดเกลือด้วยโซดาไฟ 0.31 โมล/ลิตร (โมล)	กรดเกลือที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	ปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์และกลีเซอรอล (มิลลิลิตร)	ปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์และกลีเซอรอล (กรัม)	ปริมาณกรดเกลือ (โมล) ต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ
60	0.0418	0.0337	0.0081	478.0	478.89	0.0016
90	0.0415	0.0324	0.0091	457.0	457.69	0.0018
120	0.0421	0.0299	0.0122	442.0	442.44	0.0024
150	0.0421	0.0301	0.0120	429.0	429.76	0.0024
180	0.0418	0.0291	0.0127	417.0	417.55	0.0025

ตารางที่ ข.4 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส							
เวลา (นาที)	น้ำมันปาล์มดิบ (กรัม)	ปริมาณโซดาไฟ 0.21โมล/ลิตร (โมล)	สารละลายสบู่ (มิลลิลิตร)	สารละลายสบู่ (กรัม)	กำจัดโซดาไฟด้วยกรดเกลือ 0.86 โมล/ลิตร (โมล)	โซดาไฟที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	โซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบโดยมวล
60	5.02	0.0525	229.0	224.65	0.0415	0.0110	0.0873
90	5.08	0.0525	220.0	216.52	0.0407	0.0118	0.0931
120	5.08	0.0525	200.0	192.19	0.0386	0.0139	0.1093
150	5.07	0.0525	164.0	158.43	0.0378	0.0147	0.1157
180	5.08	0.0525	162.0	156.95	0.0384	0.0141	0.1107

การเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน						
เวลา (นาที)	ปริมาณกรดเกลือ 0.86โมล/ลิตร (โมล)	กำจัดกรดเกลือด้วยโซดาไฟ 0.21 โมล/ลิตร (โมล)	กรดเกลือที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	ปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์และกลีเซอรอล (มิลลิลิตร)	ปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์และกลีเซอรอล (กรัม)	ปริมาณกรดเกลือ (โมล) ต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ
60	0.0413	0.0321	0.0111	508.0	508.21	0.0022
90	0.0418	0.0320	0.0117	498.0	498.81	0.0023
120	0.0415	0.0297	0.0137	464.0	464.90	0.0027
150	0.0414	0.0288	0.0145	422.0	422.19	0.0029
180	0.0417	0.0296	0.0141	425.0	425.70	0.0028

ตารางที่ ข.5 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 20 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส							
เวลา (นาที)	น้ำมันปาล์มดิบ (กรัม)	ปริมาณโซดาไฟ 0.105โมล/ลิตร (โมล)	สารละลายสบู่		กำจัดโซดาไฟด้วยกรดเกลือ 0.86 โมล/ลิตร (โมล)	โซดาไฟที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	โซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบโดยมวล
			(มิลลิลิตร)	(กรัม)			
60	5.05	0.02625	222.0	216.89	0.0196	0.0066	0.0526
90	5.01	0.02625	212.0	205.85	0.0195	0.0068	0.0541
120	5.01	0.02625	204.0	196.81	0.0193	0.0070	0.0558
150	5.02	0.02625	183.0	176.73	0.0193	0.0070	0.0557
180	5.09	0.02625	162.0	157.41	0.0182	0.0080	0.0630
240	5.04	0.02625	115.5	112.19	0.0193	0.0070	0.0554
300	5.01	0.02625	71.0	68.20	0.0194	0.0068	0.0544

การเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน						
เวลา (นาที)	ปริมาณกรดเกลือ 0.86โมล/ลิตร (โมล)	กำจัดกรดเกลือด้วยโซดาไฟ 0.21 โมล/ลิตร (โมล)	กรดเกลือที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	ปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์และกลีเซอรอล		ปริมาณกรดเกลือ (โมล) ต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ
				(มิลลิลิตร)	(กรัม)	
60	0.0415	0.0355	0.0060	493.0	493.86	0.0012
90	0.0419	0.0359	0.0060	485.0	485.90	0.0012
120	0.0412	0.0349	0.0063	471.0	471.75	0.0013
150	0.0421	0.0359	0.0061	456.0	456.91	0.0012
180	0.0418	0.0352	0.0066	430.0	430.77	0.0013
240	0.0414	0.0350	0.0064	376.5	376.95	0.0013
300	0.0412	0.0350	0.0062	332.0	332.88	0.0012

ตารางที่ ข.6 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ณ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส							
เวลา (นาที)	น้ำมันปาล์มดิบ (กรัม)	ปริมาณโซดาไฟ 0.41โมล/ลิตร (โมล)	สารละลายสบู่		กำจัดโซดาไฟด้วยกรดเกลือ 1.0 โมล/ลิตร (โมล)	โซดาไฟที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	โซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบโดยมวล
			(มิลลิลิตร)	(กรัม)			
60	5.02	0.1025	241.0	237.76	0.0978	0.0047	0.0375
90	5.01	0.1025	234.0	229.24	0.0950	0.0075	0.0599
120	5.02	0.1025	226.0	220.27	0.0928	0.0097	0.0773
150	5.02	0.1025	215.0	211.30	0.0912	0.0113	0.0900
180	5.04	0.1025	208.0	203.16	0.0894	0.0132	0.1044
210	5.08	0.1025	197.0	192.24	0.0883	0.0143	0.1122
240	5.10	0.1025	187.0	182.21	0.0883	0.0142	0.1114
270	5.09	0.1025	176.0	171.78	0.0884	0.0142	0.1112

การเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน						
เวลา (นาที)	ปริมาณกรดเกลือ 1.0 โมล/ลิตร (โมล)	กำจัดกรดเกลือด้วยโซดาไฟ 0.41 โมล/ลิตร (โมล)	กรดเกลือที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	ปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์และกลีเซอรอล		ปริมาณกรดเกลือ (โมล) ต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ
				(มิลลิลิตร)	(กรัม)	
60	0.0207	0.0180	0.0027	426.0	426.66	0.0005
90	0.0206	0.0148	0.0058	409.0	409.25	0.0012
120	0.0207	0.0130	0.0077	394.0	394.76	0.0015
150	0.0207	0.0114	0.0092	377.0	377.65	0.0018
180	0.0207	0.0093	0.0113	363.0	363.64	0.0022
210	0.0206	0.0080	0.0126	348.0	348.08	0.0025
240	0.0207	0.0084	0.0123	339.0	339.42	0.0024
270	0.0206	0.0083	0.0122	328.0	328.55	0.0024

ตารางที่ ข.7 ผลการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมัน ณ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

การเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ ณ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส							
เวลา (นาที)	น้ำมันปาล์มดิบ (กรัม)	ปริมาณโซดาไฟ 0.41 โมล/ลิตร (โมล)	สารละลายสบู่ (มิลลิลิตร)	สารละลายสบู่ (กรัม)	กำจัดโซดาไฟด้วยกรดเกลือ 1.0 โมล/ลิตร (โมล)	โซดาไฟที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	โซดาไฟต่อน้ำมันปาล์มดิบโดยมวล
60	5.00	0.1025	248.0	245.92	0.0985	0.0040	0.0324
90	5.01	0.1025	245.5	243.03	0.0967	0.0058	0.0463
120	5.00	0.1025	244.0	240.44	0.0953	0.0072	0.0580
150	5.07	0.1025	232.0	229.11	0.0939	0.0086	0.0679
180	5.04	0.1025	229.0	224.21	0.0925	0.0100	0.0794
210	5.10	0.1025	221.0	217.46	0.0918	0.0107	0.0839
240	5.10	0.1025	219.0	215.59	0.0906	0.0119	0.0933
270	5.06	0.1025	216.0	212.50	0.0904	0.0121	0.0957
300	5.02	0.1025	214.0	210.20	0.0896	0.0129	0.1028
330	5.08	0.1025	211.0	206.15	0.0884	0.0141	0.1110
360	5.10	0.1025	209.0	204.19	0.0887	0.0139	0.1086
390	5.07	0.1025	207.0	203.53	0.0882	0.0143	0.1128

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปลี่ยนสบู่เป็นกรดไขมัน						
เวลา (นาที)	ปริมาณกรดเกลือ 1.0 โมล/ลิตร (โมล)	กำจัดกรดเกลือด้วยโซดาไฟ 0.41 โมล/ลิตร (โมล)	กรดเกลือที่เกิดปฏิกิริยา (โมล)	ปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรด์และกลีเซอรอล		ปริมาณกรดเกลือ (โมล) ต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ
				(มิลลิลิตร)	(กรัม)	
60	0.0206	0.0186	0.0020	435.0	435.76	0.0004
90	0.0206	0.0167	0.0039	426.0	426.04	0.0008
120	0.0206	0.0152	0.0054	420.0	420.89	0.0011
150	0.0209	0.0141	0.0068	404.0	404.45	0.0013
180	0.0207	0.0127	0.0080	396.0	396.51	0.0016
210	0.0210	0.0119	0.0090	386.0	386.94	0.0018
240	0.0210	0.0110	0.0100	380.0	380.84	0.0020
270	0.0208	0.0104	0.0104	375.0	375.36	0.0021
300	0.0207	0.0095	0.0111	370.0	370.63	0.0022
330	0.0207	0.0086	0.0120	364.0	365.11	0.0024
360	0.0207	0.0086	0.0121	362.0	362.16	0.0024
390	0.0207	0.0084	0.0123	359.0	359.23	0.0024

ตารางที่ ข.8 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นเท่ากับมวลน้ำมันปาล์มดิบ ในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

เวลา (นาที)	ปริมาณกรดไขมัน		ปริมาณกลีเซอรอล		ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (โมล)	ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ทั้งหมด (โมล)
	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(กรัม)	(มิลลิโมล)		
60	3.87	13.6729	0.43	4.7084	0.1550	0.1585
90	3.90	14.0139	0.44	4.7849	0.1540	0.1572
120	3.86	13.9835	0.44	4.7366	0.1532	0.1569

ตารางที่ ข.9 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

เวลา	ปริมาณกรดไขมัน		ปริมาณกลีเซอรอล		ปริมาณโซเดียมคลอไรด์	ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ทั้งหมด
(นาที)	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(นาที)	(โมล)
30	2.80	6.0420	0.19	2.0441	0.1343	0.1383
45	2.88	9.0941	0.28	3.0706	0.1331	0.1359
60	3.88	14.4087	0.44	4.7503	0.1291	0.1321
90	3.86	14.1683	0.44	4.7363	0.1294	0.1324
120	3.88	14.3384	0.44	4.7293	0.1299	0.1330

ตารางที่ ข.10 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 60 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

เวลา	ปริมาณกรดไขมัน		ปริมาณกลีเซอรอล		ปริมาณโซเดียมคลอไรด์	ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ทั้งหมด
(นาที)	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(นาที)	(กรัม)
60	3.61	10.2526	0.34	3.7329	0.1098	0.1123
90	3.68	11.5832	0.36	3.8994	0.1085	0.1110
120	3.89	14.2995	0.44	4.7519	0.1079	0.1084
150	3.88	14.1620	0.44	4.7245	0.1057	0.1086
180	3.87	14.2918	0.44	4.7698	0.1045	0.1076

ตารางที่ ข.11 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

เวลา	ปริมาณกรดไขมัน		ปริมาณกลีเซอรอล		ปริมาณโซเดียมคลอไรด์	ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ทั้งหมด
(นาที)	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(นาที)	(กรัม)
60	3.67	10.4396	0.32	3.4848	0.0839	0.0862
90	3.79	11.5351	0.35	3.7763	0.0848	0.0861
120	3.89	14.1409	0.43	4.7132	0.0825	0.0837
150	3.88	14.2361	0.43	4.7224	0.0818	0.0827
180	3.88	14.3033	0.44	4.7426	0.0832	0.0835

ตารางที่ ข.12 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 20 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

เวลา	ปริมาณกรดไขมัน		ปริมาณกลีเซอรอล		ปริมาณโซเดียมคลอไรด์	ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ทั้งหมด
(นาที)	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(นาที)	(กรัม)
60	3.37	6.0569	0.18	2.0062	0.0625	0.0636
90	3.36	6.6630	0.20	2.2247	0.0637	0.0640
120	3.39	7.0537	0.22	2.3376	0.0627	0.0629
150	3.42	7.0322	0.21	2.3175	0.0634	0.0640
180	3.46	7.0588	0.22	2.3487	0.0631	0.0632
240	3.38	7.0454	0.22	2.3479	0.0622	0.0630
300	3.45	7.0459	0.21	2.3296	0.0620	0.0630

ตารางที่ ข.13 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

เวลา	ปริมาณกรดไขมัน		ปริมาณกลีเซอรอล		ปริมาณโซเดียมคลอไรด์	ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ทั้งหมด
(นาที)	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(นาที)	(กรัม)
60	3.87	2.6092	0.08	0.8695	0.1177	0.1210
90	3.79	6.2628	0.19	2.0828	0.1142	0.1152
120	3.88	8.8014	0.28	3.0184	0.1124	0.1133
150	3.85	10.9602	0.34	3.6946	0.1107	0.1117
180	3.87	13.4393	0.41	4.4906	0.1075	0.1096
210	3.89	14.2417	0.44	4.7415	0.1073	0.1082
240	3.91	14.4111	0.44	4.7532	0.1078	0.1086
270	3.90	14.2706	0.44	4.7312	0.1072	0.1085

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.14 ผลการหาวิเคราะห์ปริมาณสารในผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบในการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่

เวลา	ปริมาณกรดไขมัน		ปริมาณกลีเซอรอล		ปริมาณโซเดียมคลอไรด์	ปริมาณโซดาไฟที่ใช้ทั้งหมด
(นาที)	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(กรัม)	(มิลลิโมล)	(นาที)	(กรัม)
60	3.43	1.7297	0.06	0.6086	0.1162	0.1215
90	3.66	3.9144	0.12	1.3011	0.1147	0.1196
120	3.68	5.8847	0.18	1.9280	0.1139	0.1180
150	3.78	6.9700	0.22	2.4176	0.1127	0.1170
180	3.82	8.2325	0.28	3.0792	0.1113	0.1155
210	3.81	9.9326	0.31	3.3414	0.1114	0.1147
240	3.80	10.8679	0.36	3.8788	0.1093	0.1137
270	3.84	11.7785	0.36	3.9165	0.1085	0.1131
300	3.87	12.7803	0.36	4.2831	0.1078	0.1123
330	3.89	14.2677	0.44	4.7340	0.1081	0.1114
360	3.91	14.3444	0.44	4.7394	0.1084	0.1114
390	3.88	14.0690	0.44	4.7972	0.1079	0.1111

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์และตัวอย่างการคำนวณ

ค.1 การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน (AOCS Official Method Da 14-48)

วัสดุอุปกรณ์

- ขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตร
- บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร
- อุปกรณ์ทำความร้อน(Hot Plate and Stirr)

สารเคมีที่ใช้

- สารละลายโซดาไฟ 0.5 โมลต่อลิตร
- เอทิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 95 โดยปริมาตร เตรียมโดย เติมฟีนอฟทาลีน 3-5 หยด ทำให้เดือดและทำให้เป็นกลาง โดยใช้สารละลายโซดาไฟ 0.1-0.2 โมลต่อลิตร
- ฟีนอฟทาลีน อินดิเคเตอร์ ร้อยละ 1 ใน แอลกอฮอล์ ร้อยละ 95

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำมันตัวอย่าง 2 กรัม
2. เติมเอทิลแอลกอฮอล์ขณะร้อนและมีสภาพเป็นกลาง 20-30 มิลลิลิตร
3. นำสารละลายที่ได้ขณะร้อนมาไตเตรทกับสารละลายโซดาไฟ 0.5 โมลต่อลิตร โดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ หยดเพียง 0.5 มิลลิลิตร ขณะที่เขย่ากับโซดาไฟ 0.5โมลต่อลิตร ดูให้สีคงอยู่ประมาณ 30 วินาที อ่านค่าที่ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการคำนวณ

จากการสังเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหาร 3.25 กรัมนั้น ได้น้ำหนักกรดไขมันเป็น 3.03 กรัม และปริมาณกรดไขมัน 11.2416 มิลลิโมล โดยคิดเทียบในน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหารจะไม่มีสารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่

$$\text{น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักกรดไขมัน} - \text{น้ำหนักสารประกอบที่ไม่เกิดเป็นสบู่}}{\text{จำนวนโมลของโซดาไฟที่เกิดปฏิกิริยา}}$$

$$\text{น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของน้ำมันปาล์ม} = 3\,(\text{น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมัน}) + 38.057$$

$$\text{น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมัน} = \frac{3.03 - 0}{11.2416} = 269.36$$

น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์ = 3 (269.36) + 38.057 = 846.14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค.2 การวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรอล (ASTM D128-98(2003))

$$C_3H_8O_3 + 2KIO_4 \longrightarrow 2HCHO + HCOOH + 2KIO_3 + H_2O$$

วัสดุอุปกรณ์

- ขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตร
- บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร
- ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร

สารเคมีที่ใช้

- โซดาไฟ 0.05 โมลต่อลิตร
- โปแตสเซียมเพอริโอเดต
- เมทิลเรด อินดิเคเตอร์ 0.01 กรัม/ลิตร ในแอลกอฮอล์ร้อยละ 60

วิธีการทดลอง

- ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร
- ชั่งโปแตสเซียมเพอริโอเดต 3 กรัม ลงในสารตัวอย่างทำการเขย่าประมาณ 30 นาที
- กรองโปแตสเซียมเพอริโอเดต ออก
- นำสารละลายที่ได้ไตเตรทกับสารละลายโซดาไฟ 0.05 โมลต่อลิตร จนถึงจุดยุติโดยใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ อ่านค่าที่ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

แสดงการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลีเซอรอล ปริมาณกรดไขมัน น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมัน และน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์ ในน้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหาร และน้ำมันไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอิน(อัตราส่วน1ต่อ1)

1. ทดลองเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมันได้ปริมาณกลีเซอรอล 0.9338 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบและปริมาณกรดไขมัน 2.7936 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ น้ำหนักกรดไขมันร้อยละ75.50โดยมวลต่อน้ำมันปาล์มดิบ

จาก $TG + 3NaOH + 3HCl \longrightarrow 3FA + GL + 3NaCl$

- ปริมาณกลีเซอรอล 0.9338 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบและปริมาณกรดไขมัน 2.7936 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มดิบ

$$\text{กลีเซอรอล(โมล)} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม)}}{\text{มวลโมเลกุลของกลีเซอรอล}}$$

$$\text{จะได้ น้ำหนักกลีเซอรอล} = \frac{0.9338}{1000} \times 92.10$$

$$= 0.0860 \text{ กรัม หรือ ร้อยละ } 8.60 \text{ โดยมวลต่อน้ำมันปาล์มดิบ}$$

$$\text{กรดไขมัน(โมล)} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม)}}{\text{มวลโมเลกุลของกรดไขมัน}}$$

$$\text{จะได้ น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมัน} = \frac{0.7550}{2.7936} \times 1000 = 270.26$$

- สามารถหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์

$$\text{มวลโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์} = 3(\text{มวลโมเลกุลของกรดไขมัน}) + 38.057$$

$$= 3(270.26) + 38.057 = 848.84$$

2. ทดลองเปลี่ยนน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหารเป็นกรดไขมัน ได้ปริมาณกลีเซอรอล 1.1600 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหารและปริมาณกรดไขมัน 3.4600 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหาร น้ำหนักกรดไขมันร้อยละ 93.20โดยมวลต่อน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหาร

จาก $TG + 3NaOH + 3HCl \longrightarrow 3FA + GL + 3NaCl$

- ปริมาณกลีเซอรอล 1.1600 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหารและปริมาณกรดไขมัน 3.4600 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหาร

$$\text{กลีเซอรอล(โมล)} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม)}}{\text{มวลโมเลกุลของกลีเซอรอล}}$$

$$\text{จะได้ น้ำหนักกลีเซอรอล} = \frac{1.1600}{1000} \times 92.10$$

$$= 0.1068 \text{ กรัม หรือ ร้อยละ } 10.68 \text{ โดยมวลต่อน้ำมันปาล์ม}$$

$$\text{กรดไขมัน(โมล)} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม)}}{\text{มวลโมเลกุลของกรดไขมัน}}$$

$$\text{จะได้ น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมัน} = \frac{0.932}{3.46} \times 1000 = 269.36$$

- สามารถหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันปาล์มสำหรับปรุงอาหาร

$$\text{มวลโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์} = 3(\text{มวลโมเลกุลของกรดไขมัน}) + 38.057$$

$$= 3(269.36) + 38.057 = 846.14$$

3. การเปลี่ยนน้ำมันไตรปาล์มมิตินผสมไตรโอลิอิน(อัตราส่วน1ต่อ1)จากทฤษฎีในน้ำมันปาล์มมีไตรปาล์มมิตินกับไตรโอลิอินอยู่เท่าๆกัน โดยมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมัน = 269.45 (Ullmann's)

- สามารถหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์

มวลโมเลกุลเฉลี่ยของไตรกลีเซอไรด์ = 3(มวลโมเลกุลของกรดไขมัน) + 38.057

= 3(269.45) + 38.057 = 846.41

- ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ = 1.1815 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันผสม

จาก $TG + 3NaOH + 3HCl \longrightarrow 3FA + GL + 3NaCl$

- ปริมาณกลีเซอรอล 1.1815 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันปาล์มและปริมาณกรดไขมัน 3.5444 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำมันผสม

$$\text{กลีเซอรอล(โมล)} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม)}}{\text{มวลโมเลกุลของกลีเซอรอล}}$$

$$\text{จะได้ น้ำหนักกลีเซอรอล} = \frac{1.1815}{1000} \times 92.10$$

= 0.1088 กรัม หรือ ร้อยละ 10.88 โดยมวลต่อน้ำมันผสม

$$\text{กรดไขมัน(โมล)} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม)}}{\text{มวลโมเลกุลของกรดไขมัน}}$$

$$\text{จะได้ น้ำหนักกรดไขมัน} = \frac{3.5444}{1000} \times 269.45$$

= 0.9550 กรัม หรือ ร้อยละ 95.50 โดยมวลต่อน้ำมันผสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

การคำนวณต้นทุนการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นสบู่ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้น ร้อยละ 40 และ ร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ โดยการทดลองใช้ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม อุปกรณ์ทำความร้อน LAUDA (A 100) Made in Germany 1.6 กิโลวัตต์ 230 โวลต์ ทำการให้ความร้อนจากอุณหภูมิ เริ่มต้น 32 องศาเซลเซียส ถึง 90 องศาเซลเซียส

ต้นทุนของสารเคมี

ปริมาณกรดเกลือเข้มข้น 2.5 ลิตร ราคา 350 บาท

ปริมาณโซดาไฟ 1 กิโลกรัม ราคา 290 บาท

ต้นทุนพลังงานโดยการคิดเงินค่าไฟฟ้าตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก อัตรา 2.1.2 (อัตราปกติแบบอัตราก้าวหน้า)

ผู้ใช้ไฟฟ้าใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า	12	กิโลโวลต์
มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	2,000	หน่วยต่อเดือน
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (F_t)	3.00	สตางค์/หน่วย

<u>กรณีที่ 1</u> ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ทำการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมันโดยสมบูรณ์ ที่เวลา 120 นาที ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

ต้นทุนของสารเคมี

- โซดาไฟ = 0.0794 โมล = 3.176 กรัม ราคา 0.9210 บาท ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม

- กรดเกลือ = 0.0798 โมล ราคา 0.9083 บาท ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม

รวมราคาต้นทุนสารเคมี 0.9210 + 0.9083 = 1.8293 บาท ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม

ต้นทุนพลังงาน

พลังงานทั้งหมด = 3.2 หน่วย (กิโลวัตต์.ชั่วโมง)

- ค่าพลังงานไฟฟ้า (หน่วยที่ 1-150) = 3.2 x 1.8047 = 5.7750 บาท
- ค่าไฟฟ้าผันแปร (F_t) = จำนวนพลังงานไฟฟ้า x ค่า F_t = 3.2 x 0.03 = 0.0960 บาท
- ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% = (ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่า F_t) x 7/100 = (5.7750+0.096) x 7/100

= 0 .4110 บาท

รวมราคาต้นทุนพลังงาน = 5.7750 + 0.0960 + 0.4110 = 6.2820 บาท ต่อ น้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม

ดังนั้นต้นทุนที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 40 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ
= 1.8293 + 6.2820 = 8.1113 บาท ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม

<u>กรณีที่ 2</u> ที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ ทำการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นกรดไขมันโดยสมบูรณ์ ที่เวลา 60 นาที ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

ต้นทุนของสารเคมี

- โซดาไฟ = 0.1303 โมล = 5.212 กรัม ราคา 1.5115 บาท ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม
- กรดเกลือ = 0.1308 โมล ราคา 1.4888 บาท ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม

รวมราคาต้นทุนสารเคมี 1.5115 + 1.4888 = 3.0003 บาท ต่อ น้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม

ต้นทุนพลังงาน

พลังงานทั้งหมด = 1.6 หน่วย (กิโลวัตต์.ชั่วโมง)

- ค่าพลังงานไฟฟ้า (หน่วยที่ 1-150) = 1.6 x 1.8047 = 2.8875 บาท
- ค่าไฟฟ้าผันแปร (F_t) = จำนวนพลังงานไฟฟ้า x ค่า F_t = 1.6 x 0.03 = 0.0480 บาท

- ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% = (ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่า F_t) x 7/100 = (2.8875 + 0.0480) x 7/100

  = 0.2055 บาท

รวมราคาต้นทุนพลังงาน = 2.8875 + 0.0480 + 0.2055 = 3.1410 บาท ต่อน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม

ดังนั้นต้นทุนที่ปริมาณโซดาไฟเริ่มต้นร้อยละ 80 ของมวลน้ำมันปาล์มดิบ
= 3.0003 + 3.1410 = 6.1413 บาทต่อน้ำมันปาล์มดิบ 5 กรัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ปิยะวรรณ กฤชเศรษฐสกุล เกิดเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2546 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2548

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย