

## การศึกษาวิธีการกำจัดยางเหนียวและลดกรดไขมันอิสระ

### Degumming and Deacid of Crude Palm Oil

วิษณีย์ ออมทรัพย์สิน    วชิรี ศรีรักษา    เกริกชัย ชนรักษ์    วราวุธ ชูธรรมรัช

ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7

#### บทคัดย่อ

ปัจจัยที่สำคัญในการผลิตไบโอดีเซล คือ คุณภาพน้ำมัน โดยเฉพาะน้ำมันปาล์มดิบที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 4-6% FFA as palmitic acid และหากต้องการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน จะต้องปรับสภาพน้ำมันให้มีความเหมาะสม โดยเฉพาะค่ากรดไขมันอิสระควรมีค่าต่ำกว่า 1.5 ดังนั้น จึงได้ศึกษาการลดกรดไขมันอิสระน้ำมันปาล์มดิบ ที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 6.2% โดยใช้สารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 20 25 30 35 40 และ 45 Baume และปริมาณ 4 6 8 และ 10% v/w พบว่า สารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 45 Baume และปริมาณ 10% v/w สามารถลดกรดไขมันอิสระได้มากถึง 2.3% (6.2% เหลือ 3.9%) และปริมาณน้ำมัน 81.29% และถ้าใช้ปริมาณ 4% v/w พบว่าปริมาณน้ำมันเหลือมาก 93.39% แต่ค่ากรดไขมันอิสระลดลงน้อยเพียง 0.6% (6.2% เหลือ 5.6%) เวลาที่เหมาะสมในการลด กรด 20-30 นาที และความเร็ว 250-300 รอบ/นาที สำหรับการลดกรดไขมันอิสระน้ำมันปาล์มดิบค่ากรดไขมันอิสระ 3.1% พบว่า สารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 45 Baume อัตรา 10% v/w สามารถลดกรดไขมันอิสระได้มากที่สุด 1.86% (3.1% เหลือ 1.24%) และปริมาณน้ำมัน 82%

## คำนำ

ในการผลิตไบโอดีเซลวัตถุดิบที่ใช้อาจเป็นน้ำมันพืช น้ำมันใช้แล้ว หรือไขมันสัตว์ก็ได้ ขึ้นกับความยากง่ายในการจัดหาวัตถุดิบ, ราคา และคุณสมบัติที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีข้อจำกัดเฉพาะแตกต่างกันไปตัวอย่างเช่น ไขมันสัตว์ ซึ่งมีมากในประเทศไทยแถบหนาว โดยทั่วไปพบว่าไขมันสัตว์จะมีสภาพแข็งตัว เป็นไขง่าย ณ อุณหภูมิห้อง จุดหลอมเหลวสูงกว่าน้ำมันพืช ปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะมีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว สามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลได้โดยไม่ต้องมีการปรับสภาพ แต่คุณสมบัติไบโอดีเซลที่ได้ จะมีจุดอ่อนตรงที่ จุดขุ่นและจุดไหลเทสูง ทำให้ต้องเติมสารเติมแต่งบางตัวเพื่อปรับสภาพ ช่วยลดอุณหภูมิจุดขุ่นจุด-จุดไหลเท อย่างไรก็ตามพบว่าข้อดีคือ ค่าความร้อนสูง เช่นเดียวกับน้ำมันพืชใช้แล้วที่มีข้อดีคือ ปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลา ต้นทุน ในการลดปริมาณกรดไขมันอิสระ แต่มีจุดอ่อนก็คือ เนื่องจากเป็นน้ำมันพืชใช้แล้วคุณสมบัติจะไม่ดีเท่า น้ำมันพืชบริสุทธิ์เนื่องจากการใช้งานจะมีผลทำให้ปริมาณน้ำ กาก และตะกอนในน้ำมันพืชมีปริมาณมากจำเป็นต้องตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ น้ำตกตะกอน และถ้าจะให้ดียิ่งขึ้นต้องมีการไล่น้ำโดยใช้ความร้อนและผ่านการกรองเพื่อตัดจับสิ่งเจือปนที่ไม่ต้องการออกไป จากนั้นสามารถนำน้ำมันที่ใช้แล้วดังกล่าวไปผลิตไบโอดีเซลได้

จากสถานการณ์การผลิตไบโอดีเซลพบว่า ส่วนใหญ่จะผลิตโดยใช้ น้ำมันพืชใช้แล้วเป็นหลักเนื่องจากหาได้ง่ายโดยทั่วไปและไม่ต้องผ่านกระบวนการปรับสภาพน้ำมัน (กำจัดขางเหนียวและลดกรดไขมันอิสระ) ก่อนผลิตไบโอดีเซล ขั้นตอนค่อนข้างง่ายไม่ซับซ้อน ปริมาณไบโอดีเซลที่ได้ค่อนข้างสูง ในขณะที่การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชดิบ เช่น น้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบ มีน้อยมาก โดยเฉพาะการผลิตเพื่อการค้า ทั้งนี้เนื่องมาจากหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ปริมาณกรดไขมันอิสระสูง, มีขางเหนียว, แหล่งจำหน่ายมีเฉพาะภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงน้อย, ปริมาณการซื้อขายต้องใช้ในปริมาณมาก ซึ่งสาเหตุสำคัญก็คือ ปริมาณกรดไขมันอิสระซึ่งทำให้การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบหรือน้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบค่อนข้างมีจำกัด เนื่องจากการผลิตไบโอดีเซล ปริมาณกรดไขมันอิสระของวัตถุดิบ (น้ำมันพืช) ไม่ควรเกิน 1-1.5% หรือถ้าหากเกิน 3-4% การผลิตไบโอดีเซลควรใช้ 2 ปฏิกิริยาร่วมกันคือ Esterification – Transesterification ซึ่งค่อนข้างสิ้นเปลืองเวลา, พลังงาน และสารเคมีมากกว่าการผลิตโดยใช้ Transesterification ขั้นตอนเดียว และอีกวิธีก็คือ ต้องปรับสภาพน้ำมันปาล์มดิบโดยการกำจัดขางเหนียวและลดกรดไขมันอิสระก่อนนำไปผลิตไบโอดีเซล ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ จึงได้ดำเนินการศึกษาการกำจัดขางเหนียวและการลดกรดไขมันอิสระ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

- น้ำมันปาล์มดิบ
- โซดาไฟ (NaOH) และกรดฟอสฟอริก
- สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA)
- วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน และลดกรดไขมันอิสระ
- ถังผลิตไบโอดีเซลระบบเปิด ขนาด 100 ลิตร
- ถังก๊าซเชื้อเพลิง ปตท. ถังบรรจุน้ำมันปาล์มดิบ
- เครื่องกวนสารเคมีพร้อมอุปกรณ์ให้ความร้อน

### วิธีการ

1) การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ของน้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นข้อมูลในการลดกรดไขมันอิสระ

2) การกำจัดยางเหนียว (degum) กลุ่มฟอสฟาไทด์และโลหะ โดยใช้กรดฟอสฟอริก อัตรา 0.1-0.2% ของน้ำมันปาล์มดิบ ทำปฏิกิริยากับน้ำมันปาล์มดิบ ที่อุณหภูมิ 70-80°C ประมาณ 30 นาที ตั้งทิ้งไว้และแยกยางเหนียว และนำน้ำมันที่ได้มาทดสอบว่ามียางเหนียวตกค้างหรือไม่อีกครั้ง เพื่อความมั่นใจก่อนนำไปลดกรดไขมันอิสระหรือผลิตไบโอดีเซล

3) การเตรียมสารละลายโซดาไฟสำหรับลดกรดไขมันอิสระ ละลายโซดาไฟในน้ำ วัดความหนาแน่นให้มีค่า 25 30 35 40 และ 45 Baume เพื่อนำไปทำปฏิกิริยา saponification

การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ชั่งน้ำมันปาล์มดิบ 300 กรัมในบีกเกอร์ นำไปตั้งบนเครื่องกวนสารเคมีพร้อมให้ความร้อน กระทั่งอุณหภูมิน้ำมันมีค่า 70-80°C เติมสารละลายโซดาไฟที่เตรียมไว้ตามกรรมวิธี โดยปล่อยให้หยดช้าๆ และทำปฏิกิริยาใช้เวลา 30 นาที จากนั้นยกลงและตั้งให้สบู่แยกตัว แยกน้ำมันออกมาจากนั้นนำไประเหยน้ำออกที่อุณหภูมิ 120°C โดยใช้เวลาประมาณ 30 นาที

การปฏิบัติงานในถังผลิตขนาด 100 ลิตร ชั่งน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการกำจัดยางเหนียวตามที่ต้องการ บรรจุในถังกวนไบโอดีเซล (ถังทำปฏิกิริยา) ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ที่ 70-80°C จากนั้นเติมสารละลายโซดาไฟที่เตรียมไว้ เปิดวาล์วให้สารละลายไหลลงในถังทำปฏิกิริยาอย่างช้าๆ และกวนด้วยความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที ใช้เวลาทำปฏิกิริยา 30 นาที จากนั้นตั้งไว้ให้สบู่แยกชั้นกับน้ำมันปาล์มดิบ แยกสบู่แยกและล้างน้ำมันพร้อมใส่น้ำ ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ และชั่งน้ำหนักน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการใส่น้ำแล้ว

4) การบันทึกและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1) บันทึกคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบด้านเคมีและกายภาพ โดย

- บันทึกค่าไอโอดีน , กรดไขมันอิสระ และปริมาณน้ำ โดยปริมาณกรดไขมันอิสระหาเปอร์เซ็นต์ของกรดในรูปกรดปาล์มมิก โดยใช้กรรมวิธีของ AOAC (method 940.28, 1990)

4.2) บันทึกปริมาณน้ำมันปาล์มดิบก่อนและหลังการลดกรดไขมันอิสระ, ปริมาณและความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟ

ศึกษาระหว่างเดือนตุลาคม 2548 - กันยายน 2549 ณ ห้องปฏิบัติการ อคารวิเคราะห์คุณภาพปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 1. คุณสมบัติด้านกายภาพของน้ำมันปาล์มดิบ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติด้านกายภาพของน้ำมันปาล์มดิบ

คุณสมบัติ	ผลการวิเคราะห์ (%)
% FFA (as palmitic acid)	6.20
% MV	0.18

จากตารางที่ 1 น้ำมันปาล์มดิบมีค่ากรดไขมันอิสระ 6.20% FFA as palmitic acid และค่าความชื้น 0.18%

#### 2. การศึกษาอัตราของกรดฟอสฟอริกที่เหมาะสมในการกำจัดยางเหนียว

ในการกำจัดยางเหนียวโดยใช้กรดฟอสฟอริก ได้มีการทดลองใช้กรดฟอสฟอริก 4 อัตรา คือ 0.8 1.0 1.2 และ 1.4% จำนวน 3 ซ้ำ ทำปฏิกิริยากับน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิ 70-80<sup>o</sup>ซ เวลา 20 นาที ตั้งไว้ให้ยางเหนียวตกตะกอน แยกยางเหนียวออก และนำน้ำมันปาล์มดิบไปทดสอบ โดยนำน้ำมันปาล์มดิบ 20 มิลลิลิตร ผสมกับกรดฟอสฟอริก 60 มิลลิลิตร และนำไปอุ่นให้ร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิประมาณ 70<sup>o</sup>ซ นาน 30 นาที (ตารางที่ 2) จะเห็นได้ว่า การใช้กรดฟอสฟอริกอัตรา 1.0 – 1.4% สามารถกำจัดยางเหนียวค่ากรดไขมันอิสระ 6.20% ได้ดี เนื่องจากหลังการทดสอบด้วยกรดฟอสฟอริกอีกครั้ง ไม่ปรากฏยางเหนียวตกค้างในน้ำมันปาล์มดิบ แต่การใช้กรดฟอสฟอริกอัตรา 0.8% พบว่า หลังการทดสอบมียางเหนียวตกค้างในน้ำมันปาล์มดิบทั้ง 3 ซ้ำ แสดงว่า กรดฟอสฟอริกที่ใช้อัตราน้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถกำจัดยางเหนียวได้ 100% ดังนั้น เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุน จึงใช้กรดฟอสฟอริกอัตรา 1.0% ในการกำจัดยางเหนียวน้ำมันปาล์มดิบ

ตารางที่ 2 ผลของอัตราของกรดฟอสฟอริกในการกำจัดยางเหนียว

กรดฟอสฟอริก (%)	การตกค้างของยางเหนียวหลังทดสอบ (%)			เฉลี่ย (%)
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
0.8	2	1	2	1.7
1.0	-	-	-	-
1.2	-	-	-	-
1.4	-	-	-	-

### 3. การศึกษาความเข้มข้นและปริมาณของสารละลายโซดาไฟในการลดกรดไขมันอิสระ

ดำเนินการลดกรดไขมันอิสระโดยใช้สารละลายโซดาไฟ ที่ความเข้มข้น 20 25 30 35 40 และ 45 Baume และปริมาณ 4 6 8 และ 10% v/w (จำนวน 3 ซ้ำ) ทำปฏิกิริยากับน้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 30 นาที ตั้งไว้ให้เกิดสบู่ จากนั้นแยกสบู่ และนำน้ำมันปาล์มดิบไปล้างน้ำ และไล่น้ำที่อุณหภูมิ 120°C นาน 20 นาที (ตารางที่ 3) จะเห็นได้ว่า ปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าลดลง 0.24% (5.81-5.57%) เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟเพิ่มขึ้นจาก 20 เป็น 45 Baume ซึ่งลดลงค่อนข้างน้อย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ การเพิ่มปริมาณสารละลายโซดาไฟ จาก 4% เป็น 10% ที่ความเข้มข้น 20 Baume สามารถลดกรดไขมันอิสระได้ 0.55% (5.81-5.26%) และอัตราการลดลงของกรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟเพิ่มขึ้นเป็น 25 30 35 40 และ 45 Baume ซึ่งสามารถลดกรดไขมันอิสระน้ำมันปาล์มดิบได้ 0.82 0.98 0.95 1.23 และ 1.67% ตามลำดับ

สำหรับปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟ 20-35 Baume ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายโซดาไฟ แต่ที่ความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟ 40-45 Baume ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบมีแนวโน้มลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายโซดาไฟ และพบว่าปริมาณน้ำมันปาล์มดิบหลังลดกรดมีค่าสูงสุด 93.39% เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟ 45 Baume สารละลายโซดาไฟ 4% ในการทำปฏิกิริยา แต่ค่ากรดไขมันอิสระลดลงเล็กน้อย (5.57%) พบว่าปริมาณน้ำมันเหลือมาก 93.39% แต่ค่ากรดไขมันอิสระลดลงน้อยเพียง 0.6% (6.2% เหลือ 5.6%) ดังนั้น หากต้องการลดกรดไขมันอิสระน้ำมันปาล์มดิบ (6.2%) ควรใช้สารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 45 Baume และปริมาณ 10% v/w สามารถลดปริมาณกรดไขมันอิสระได้สูงสุด 2.3% (6.2% เหลือ 3.9%) และปริมาณน้ำมันปาล์มดิบคงเหลือ 81.29%

ตารางที่ 3 ปริมาณกรดไขมันอิสระและปริมาณน้ำมันปาล์มดิบหลังทำปฏิกิริยา saponification โดยใช้ น้ำมันปาล์มดิบที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระ 6.20%

ปริมาณสารละลาย โซดาไฟ (%)	ความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟ (Baume)					
	20	25	30	35	40	45
ปริมาณกรดไขมันอิสระ (%)						
4	5.81	5.90	5.72	5.53	5.35	5.57
6	5.72	5.50	5.44	5.34	4.98	4.83
8	5.53	5.38	5.10	5.07	4.64	4.40
10	5.26	5.08	4.74	4.58	4.12	3.90
ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบหลังลดกรด (%)						
4	61.65	63.65	65.60	74.10	85.99	93.39
6	65.20	60.05	59.45	59.95	88.26	87.34
8	82.10	77.10	81.20	79.20	86.00	83.91
10	92.97	90.73	88.99	88.06	78.18	81.29

และเนื่องจากปริมาณกรดไขมันอิสระที่ได้ มีค่าสูง 3.9% จึงต้องดำเนินการลดกรดไขมันอิสระต่อเนื่องให้มีค่ากรดไขมันอิสระเท่ากัน โดยการลดกรดในถังผลิตไบโอดีเซล ผลได้จากการลดกรดพบว่า น้ำมันปาล์มดิบมีค่ากรดไขมันอิสระ 3.10% จึงได้ใช้ความเข้มข้นและปริมาณสารละลายโซดาไฟจากครั้งแรก ดำเนินการลดกรดไขมันอิสระต่อ (ตารางที่ 4) จะเห็นได้ว่า ปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าลดลง 0.55% (2.93-2.38%) เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟเพิ่มขึ้นจาก 20 เป็น 45 Baume ซึ่งลดลงใกล้เคียงกับการเพิ่มปริมาณสารละลายโซดาไฟ จาก 4% เป็น 10% ที่ความเข้มข้น 20 Baume ซึ่งสามารถลดกรดไขมันอิสระได้ 0.57% (2.93-2.36%) และอัตราการลดลงของกรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟเพิ่มขึ้นเป็น 25 30 35 40 และ 45 Baume ซึ่งสามารถลดกรดไขมันอิสระน้ำมันปาล์มดิบได้ 0.64 0.67 0.83 1.03 และ 1.67% ตามลำดับ

สำหรับปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ พบว่า ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบมีแนวโน้มลดลง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟ เช่นเดียวกับการเพิ่มปริมาณสารละลาย ดังนั้น หากต้องการลดกรดไขมันอิสระน้ำมันปาล์มดิบ (3.1%) ควรใช้สารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 45 Baume และปริมาณ 10% v/w สามารถลดปริมาณกรดไขมันอิสระได้สูงสุด 1.86% และปริมาณน้ำมันปาล์มดิบคงเหลือ 82%

ตารางที่ 4 ปริมาณกรดไขมันอิสระและปริมาณน้ำมันปาล์มดิบหลังทำปฏิกิริยา saponification โดยใช้  
น้ำมันปาล์มดิบที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระ 3.10%

ปริมาณสารละลาย โซดาไฟ (%)	ความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟ (Baume)					
	20	25	30	35	40	45
ปริมาณกรดไขมันอิสระ(%)						
4	2.93	2.84	2.57	2.50	2.40	2.38
6	2.71	2.65	2.30	2.20	1.97	2.00
8	2.53	2.40	2.13	1.93	1.67	1.61
10	2.36	2.20	1.90	1.67	1.37	1.24
ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบหลังลดกรด(%)						
4	94.87	92.01	92.42	93.07	93.38	91.00
6	92.37	93.05	84.03	87.54	88.46	88.44
8	91.87	88.54	78.20	83.45	84.02	79.28
10	74.40	83.11	72.68	80.41	82.49	82.00

#### สรุปผลการทดลอง

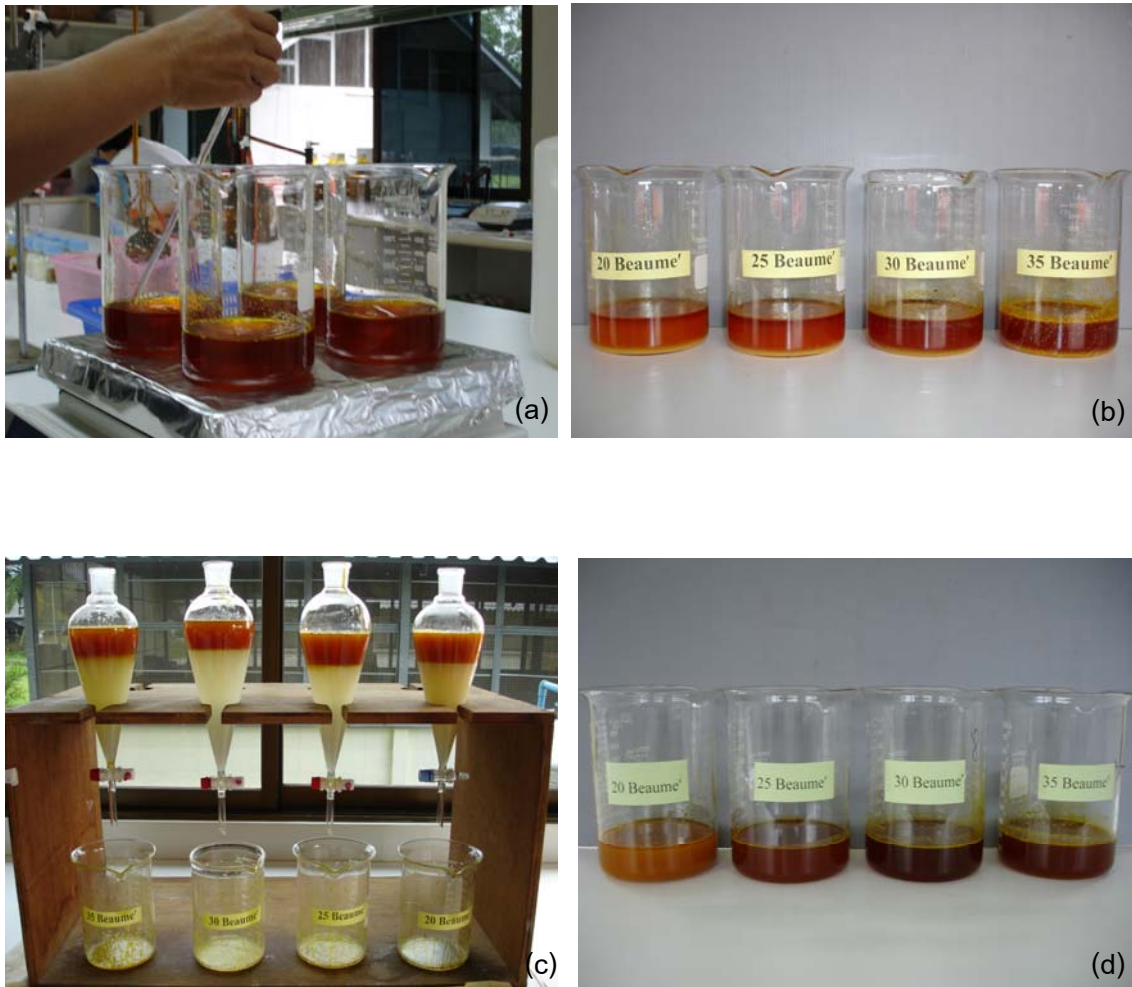
การลดกรดไขมันอิสระน้ำมันปาล์มดิบ ค่ากรดไขมันอิสระ 6.2% โดยใช้สารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 20 25 30 35 40 และ 45 Baume และปริมาณ 4 6 8 และ 10% v/w พบว่าสารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 45 Baume และปริมาณ 10% v/w สามารถลดกรดไขมันอิสระได้มากถึง 2.3% และปริมาณน้ำมันปาล์มดิบคงเหลือ 81.29% สำหรับการลดกรดไขมันอิสระน้ำมันปาล์มดิบ ค่ากรดไขมันอิสระ 3.1% พบว่า สารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 45 Baume อัตรา 10% v/w สามารถลดกรดไขมันอิสระได้มากที่สุด 1.86% และปริมาณน้ำมันปาล์มดิบคงเหลือ 82%

### เอกสารอ้างอิง

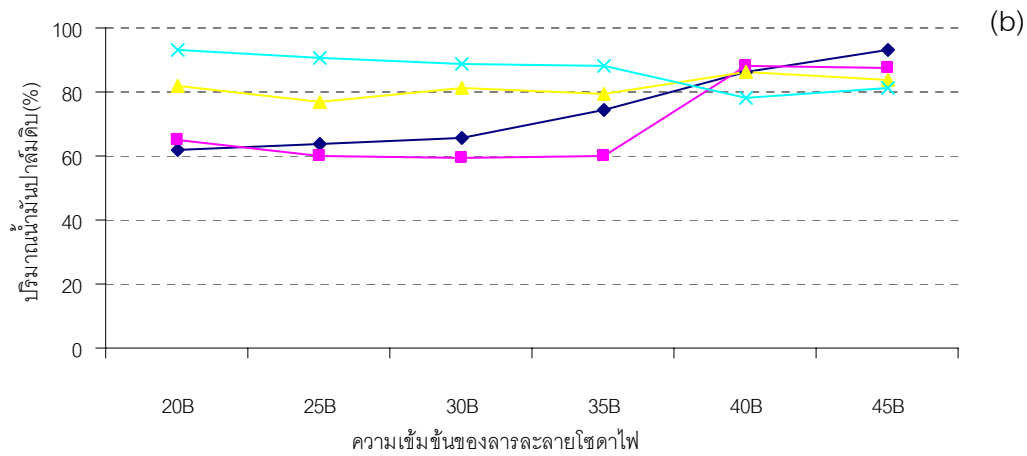
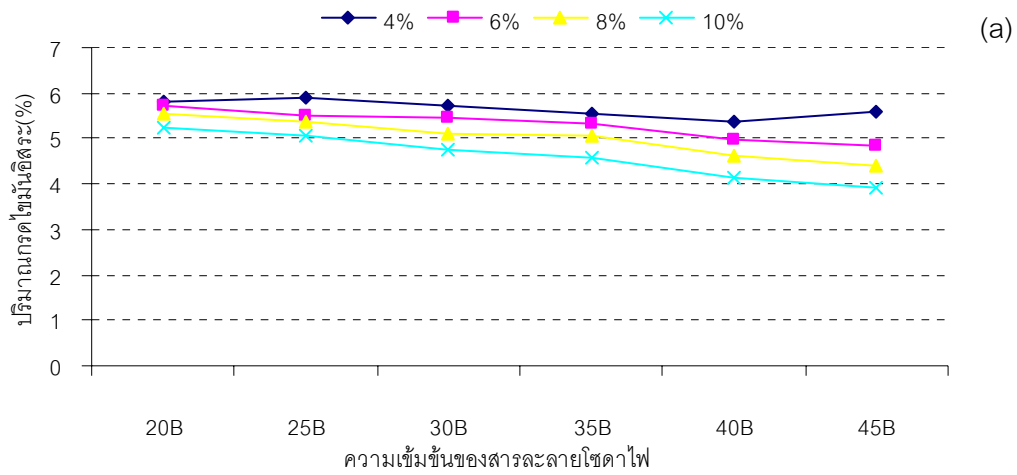
Bailey, A.E. 1953. Bailey's industrial oil and fat products. 5<sup>th</sup> ed./edited by Y.H. Hui. Technology and  
Commearch, International.

Puah, C.W., Choo, Y.M., Ma, A.H. and C.H. Chuah. 2004. Degumming and Bleaching: Effect on  
Selected Constituents of Palm Oil. J. of Oil Palm Res. Vol.16(2):57-63.

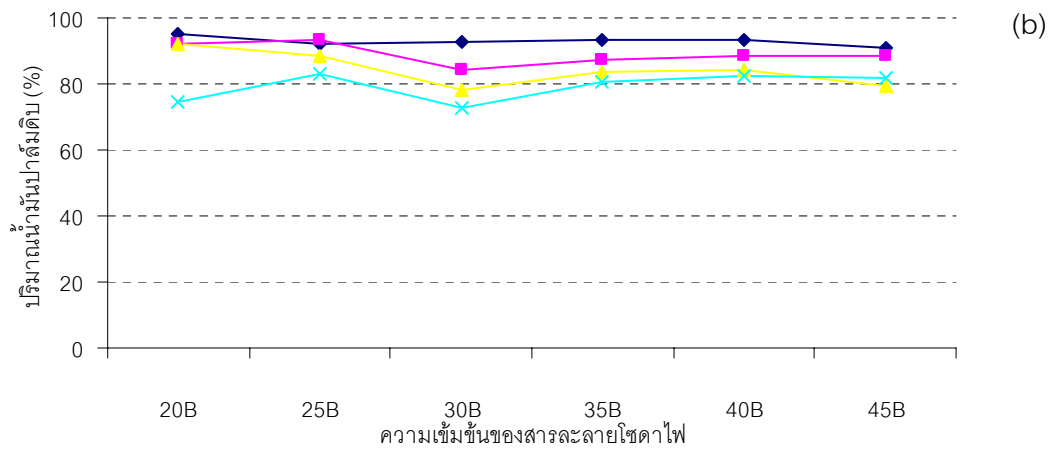
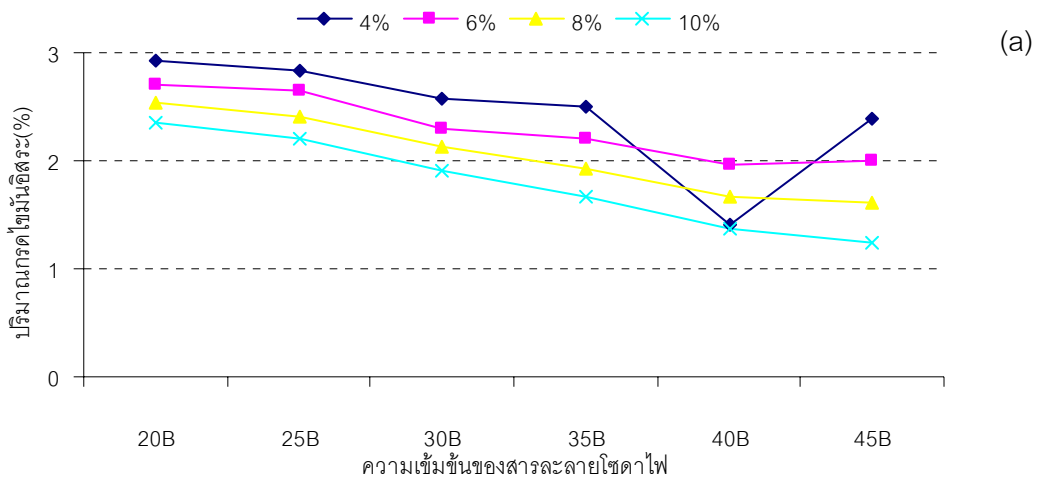
## ภาคผนวก



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการลดกรดไขมันอิสระน้ำมันปาล์มดิบ (a) อุ่นน้ำมันปาล์มดิบให้มีอุณหภูมิ  $80^{\circ}\text{C}$  (b) การตกตะกอนของสบู่หลังทำปฏิกิริยา saponification (c) การล้างสบู่ที่คงค้างในน้ำมันปาล์มดิบ (d) น้ำมันปาล์มดิบหลังล้างน้ำและไล่น้ำ พร้อมนำไปวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ



ภาพที่ 2 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (%) (a) และปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ (%) (b) หลังลดกรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มดิบที่มีค่ากรดไขมันอิสระเริ่มต้นที่ 6.20% FFA as palmitic acid โดยใช้ปริมาณ โซดาไฟ 4 6 8 และ 10% และความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟ 20 25 30 35 40 และ 45 Baume



**ภาพที่ 3** ปริมาณกรดไขมันอิสระ (%) (a) และปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ (%) (b) หลังลดกรดไขมันอิสระของน้ำมัน ปาล์มดิบที่มีค่ากรดไขมันอิสระเริ่มต้นที่ 3.10% FFA as palmitic acid โดยใช้ปริมาณโซดาไฟ 4 6 8 และ 10% และความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟ 20 25 30 35 40 และ 45 Baume