



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved



ภาคผนวก ก

ภาพการสะปอนิฟิเคชัน การแยกของเหลือทิ้ง  
และกระบวนการผลิตแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

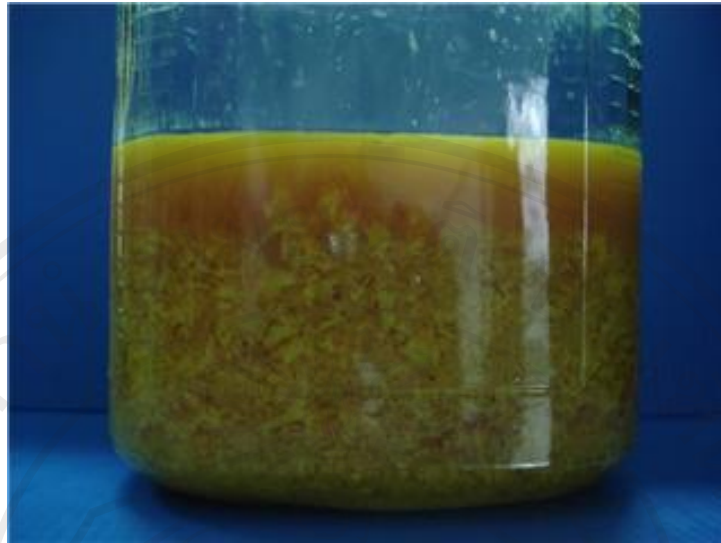
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved



ภาพ ก.1 น้ำมันปาล์มดิบ



ภาพ ก.2 การดีกัมน้ำมันปาล์มดิบ



ภาพ ก.3 การทำปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน



ภาพ ก.4 การระเหยตัวทำละลายออกจากสารผสมระหว่างน้ำมันปาล์มดิบกับเฮกเซน



ภาพ ก.5 แคลโรทีนอยด์ที่สกัดได้



ภาพ ก.6 ไขมันที่ได้จากขั้นตอนการกรอง



ภาพ ก.7 การแยกสารละลายสปูและกลีเซอริน



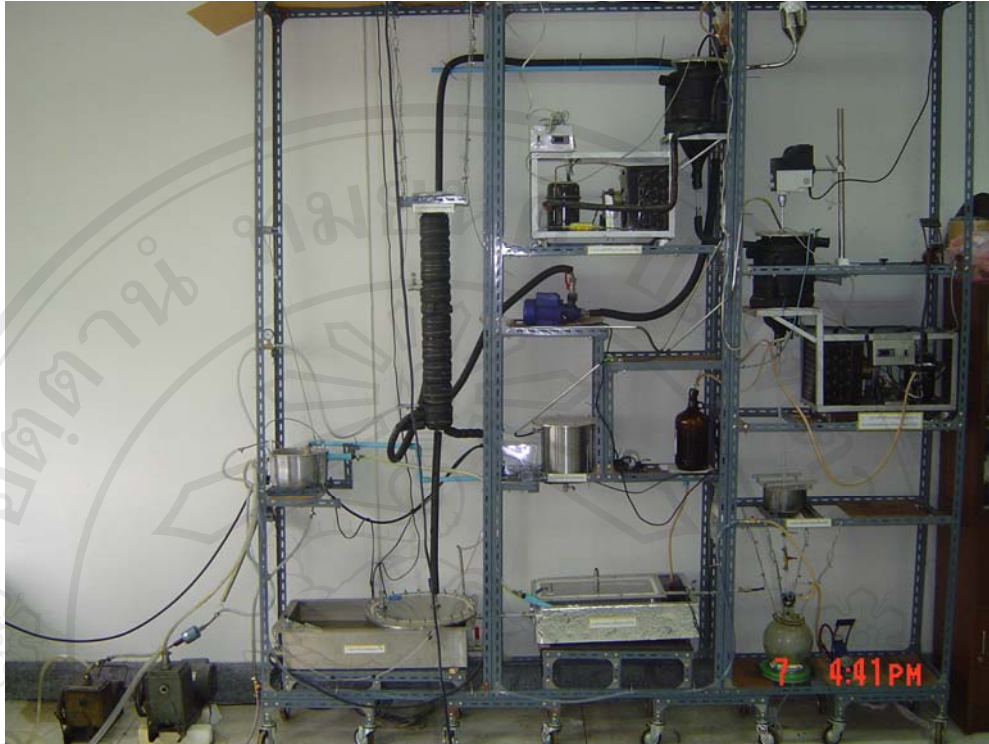
ภาพ ก.8 สปูที่ได้จากกระบวนการสะปอนิฟิเคชัน



ภาพ ก.9 การระเหยน้ำออกจากคลอโรฟิลล์



ภาพ ก.10 เครื่องระเหยตัวทำละลายแบบ



ภาพ ก.11 เครื่องสกัดแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved



ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved



**ตาราง ข.1** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ %แคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสะปอนิฟิเคชัน โดยการใช้ต่างวิธีเดิม (ต่าง 100%), ต่าง 30%, ต่าง 25%, ต่าง 20% และต่าง 15%

**ANOVA**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	112.854	4	28.214	2.562	.104
Within Groups	110.103	10	11.010		
Total	222.957	14			

**ตาราง ข.2** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ %relative recovery ที่ได้จากการสะปอนิฟิเคชันโดยการใช้ต่างวิธีเดิม (ต่าง 100%), ต่าง 30%, ต่าง 25%, ต่าง 20% และต่าง 15%

**ANOVA**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	885.706	4	221.426	.875	.512
Within Groups	2530.920	10	253.092		
Total	3416.626	14			

**ตาราง ข.3** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ %แคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสะปอนิฟิเคชัน โดยการใช้วิธีเดิม (เอทานอล 100%), เอทานอล 80% + น้ำ 20%, เอทานอล 70% + น้ำ 30% และเอทานอล 60% + น้ำ 40% ในการเป็นตัวทำละลายต่าง

**ANOVA**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	81.240	3	27.080	6.494	.015
Within Groups	33.363	8	4.170		
Total	114.603	11			

ตาราง ข.4 ผลการเปรียบเทียบ %แคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสะปอนิฟิเคชันโดยใช้วิธีเดิม (เอทานอล 100%), เอทานอล 80% + น้ำ 20%, เอทานอล 70% + น้ำ 30% และเอทานอล 60% + น้ำ 40% ในการเป็นตัวทำละลายต่าง

METHOD	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
Et70	3	16.6367	
Et80	3	17.9300	
Et100	3	19.5900	
Et60	3		23.5533
Sig.		.128	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตาราง ข.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ %relative recovery ที่ได้จากการสะปอนิฟิเคชัน โดยใช้วิธีเดิม (เอทานอล 100%), เอทานอล 80% + น้ำ 20%, เอทานอล 70% + น้ำ 30% และเอทานอล 60% + น้ำ 40% ในการเป็นตัวทำละลายต่าง

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	201.299	3	67.100	2.906	.101
Within Groups	184.700	8	23.087		
Total	385.998	11			

ตาราง ข.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ %แคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสะปอนิฟิเคชัน โดยใช้เอทานอล 60% + น้ำ 40% + ต่าง 100% และการใช้เอทานอล 60% + น้ำ 40% + ต่าง 90%

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.650	1	20.650	6.271	.087
Within Groups	9.879	3	3.293		
Total	30.530	4			

ตาราง ข.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ %relative recovery ที่ได้จากการ  
 สaponification โดยการใช้เอทานอล 60% + น้ำ 40% + ต่าง 100% และการใช้  
 เอทานอล 60% + น้ำ 40% + ต่าง 90%

**ANOVA**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.533	1	8.533	.433	.557
Within Groups	59.056	3	19.685		
Total	67.590	4			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

**การคำนวณ %yield จากสารสกัด**

$$\% \text{yield} = \frac{\text{แคโรทีนอยด์ที่ได้ (กรัม)} \times 100}{\text{สารสกัดที่ใช้ในการซาปอนิฟิเคชัน (กรัม)}}$$

**การคำนวณ %แคโรทีนอยด์**

ใช้สารสกัดเริ่มต้น 400 กรัม นำไปทำปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน ซึ่งน้ำหนักแคโรทีนอยด์ที่ได้ทั้งหมดเท่ากับ x กรัม (Yield) นำมา y กรัม ทำการเจือจาง 50x50x50 เท่า จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงและคำนวณหาปริมาณแคโรทีนอยด์ได้เท่ากับ z ไมโครกรัม/กรัม (ppm)

$$\text{ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้} \quad \frac{z \times 50 \times 50 \times 50}{10^6} = A \quad \text{กรัม}$$

ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้มาจากตัวอย่าง y กรัม

$$\text{ในตัวอย่าง} \quad y \quad \text{กรัม} \quad \text{มีแคโรทีนอยด์} \quad A \quad \text{กรัม}$$

$$\text{ในตัวอย่าง} \quad 1 \quad \text{กรัม} \quad \text{มีแคโรทีนอยด์} \quad \frac{A}{y} = B \quad \text{กรัม}$$

$$\text{ในตัวอย่าง} \quad 100 \quad \text{กรัม} \quad \text{มีแคโรทีนอยด์} \quad B \times 100 = x \quad \text{กรัม}$$

**การคำนวณ %relative recovery****สารสกัด**

นำสารสกัดมา y กรัม ทำการเจือจาง 50x50 เท่า นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงและคำนวณหาปริมาณแคโรทีนอยด์ได้เท่ากับ z ไมโครกรัม/กรัม (ppm)

$$\text{ปริมาณแคโรทีนอยด์} \quad z \times 50 \times 50 = A \quad \text{ไมโครกรัม}$$

$$\text{สารสกัด} \quad y \quad \text{กรัม} \quad \text{มีแคโรทีนอยด์} \quad A \quad \text{ไมโครกรัม}$$

$$\text{สารสกัด} \quad 400 \quad \text{กรัม} \quad \text{มีแคโรทีนอยด์} \quad \frac{400 \times A}{y} = B \quad \text{ไมโครกรัม}$$

**ตัวอย่าง**

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ได้ทั้งหมดเท่ากับ  $x$  กรัม (Yield) นำตัวอย่างมา  $g$  กรัม ทำการเจือจาง  $50 \times 50 \times 50$  เท่า นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงและคำนวณหาปริมาณแคโรทีนอยด์ ได้เท่ากับ  $h$  ไมโครกรัม/กรัม (ppm)

ปริมาณแคโรทีนอยด์  $h \times 50 \times 50 \times 50 = i$  ไมโครกรัม

สารสกัด  $g$  กรัม มีแคโรทีนอยด์  $i$  ไมโครกรัม

สารสกัด  $x$  กรัม มีแคโรทีนอยด์  $\frac{i \times x}{g} = j$  ไมโครกรัม

**%relative recovery**

$$\% \text{relative recovery} = \frac{j \times 100}{B}$$

**การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการผลิตแคโรทีนอยด์**

วิธีการสะปอนิฟิเคชันแบบเดิม (เอทานอล 100% ร่วมกับการใช้ด่าง 100%)

**ต้นทุน****ขั้นตอนการสกัด**

1. น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาน้ำมันปาล์มดิบจากหนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ วันที่ 17 ธ.ค. 2550 ปีที่ 31 ฉบับที่ 3958

น้ำมันปาล์มดิบ ราคา กิโลกรัมละ 24.92 บาท

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ราคา  $24.92 \times 100 = 2,492$  บาท

2. เฮกเซน

น้ำมันปาล์มดิบ 1.434 กิโลกรัม ใช้เฮกเซน 4.3 ลิตร

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ใช้เฮกเซน  $\frac{4.3 \times 100}{1.434} = 300$  ลิตร

เปรียบเทียบราคาด้วยเฮกเซนเกรดการค้า (commercial grade) จากบริษัทอิตัลมาร์ (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ

เฮกเซน ราคาลิตรละ 66.88 บาท

เฮกเซน 300 ลิตร ราคา  $66.88 \times 300 = \mathbf{20,064}$  บาท

### ขั้นตอนการสะปอนิฟิเคชัน

#### 1. เฮกเซน

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ  $\frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09$  กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ใช้เฮกเซน 2 ลิตร

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ใช้เฮกเซน  $\frac{2 \times 100}{1.09} = \mathbf{183.49}$  ลิตร

เปรียบเทียบราคาด้วยเฮกเซนเกรดการค้า (commercial grade) จากบริษัทอิตัลมาร์ (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ

เฮกเซน ราคาลิตรละ 66.88 บาท

เฮกเซน 300 ลิตร ราคา  $66.88 \times 183.49 = \mathbf{12,271.81}$  บาท

#### 2. โซเดียมไฮดรอกไซด์

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ  $\frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09$  กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์  $\frac{0.4 \times 100}{1.09} = 36.70$  กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เกรดการค้า (commercial grade) จาก บริษัท ยูเนี่ยน ซาชน์ จำกัด เชียงใหม่

โซเดียมไฮดรอกไซด์ ราคา กิโลกรัมละ 28 บาท

โซเดียมไฮดรอกไซด์ 36.70 กิโลกรัม ราคา  $28 \times 36.70 = 1,027.6$  บาท

### 3. เอทานอล

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ  $\frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09$  กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ใช้เอทานอล 2.3 กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ใช้เอทานอล  $\frac{2.3 \times 100}{1.09} = 211.01$  กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาด้วยเอทานอล เข้มข้น 95% จาก บริษัท ยูเนี่ยน ซาชน์ จำกัด เชียงใหม่

เอทานอล ราคา กิโลกรัมละ 86.25 บาท

เอทานอล 211.01 กิโลกรัม ราคา  $86.25 \times 211.01 = 18,199.61$  บาท

### 4. โซเดียมคลอไรด์

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ  $\frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09$  กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ได้สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 2.5 กก.



$$\begin{aligned} \text{น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน} & \frac{2.5 \times 100}{1.09} \\ & = 229.36 \text{ กก.} \end{aligned}$$

สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 1 ลิตร ใช้โซเดียมคลอไรด์ 0.001 กิโลกรัม  
 สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 229.36 ลิตร ใช้โซเดียมคลอไรด์  
 $0.001 \times 229.36 = 0.23$  กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาด้วยโซเดียมคลอไรด์ เกรดวิเคราะห์ (A.R. grade) จาก บริษัทยูเนี่ยน  
 ซายน์ จำกัด เชียงใหม่

โซเดียมคลอไรด์ ราคา กิโลกรัม ละ 165 บาท

โซเดียมคลอไรด์ 0.23 กิโลกรัม ราคา  $165 \times 0.23 = 37.95$  บาท

#### ผลผลิตและของเหลือทิ้ง

##### 1. แครอทินอยด์

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้สารสกัด 36.78 กิโลกรัม

$$\begin{aligned} \text{น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้แคโรทีนอยด์ (yield)} & \frac{0.11 + 0.18}{2} \\ & = 0.145 \text{ กิโลกรัม} \end{aligned}$$

แคโรทีนอยด์ที่ได้จากการศึกษา เข้มข้น ประมาณ 20%

แคโรทีนอยด์ 100 กิโลกรัม มีแคโรทีนอยด์รวม 20 กิโลกรัม

$$\text{แคโรทีนอยด์ 0.145 กิโลกรัม มีแคโรทีนอยด์รวม} \frac{20 \times 0.145}{100} = 0.029 \text{ กิโลกรัม}$$

Britton (1991) ได้รายงานไว้ว่า ในสารประกอบแคโรทีนอยด์มีบีตาแคโรทีนอยู่ 30%

แคโรทีนอยด์รวม 100 กิโลกรัม มีบีตาแคโรทีน 30 กิโลกรัม

$$\text{แคโรทีนอยด์รวม 0.029 กิโลกรัม มีบีตาแคโรทีน} \frac{30 \times 0.029}{100} = 0.0087 \text{ กิโลกรัม}$$

เปลี่ยนแคโรทีนอยด์ที่ได้เข้มข้น 20% เป็น 1% เพื่อเปรียบเทียบราคา

$$\begin{aligned} \text{บีตาแคโรทีนเข้มข้น } 0.0087 \text{ กิโลกรัม} &= 0.0087 \times 9 = 0.0783 \\ &= 0.0783 + 0.0087 \\ &= 0.087 \text{ กิโลกรัม} \end{aligned}$$

เปรียบเทียบราคาโดยใช้แคโรทีนอยด์ผงเข้มข้น 1% จาก บริษัท Food &Cosmetic Ingredients ประเทศสหรัฐอเมริกา

แคโรทีนอยด์ผงเข้มข้น 1% ปริมาณ 1 กิโลกรัม ราคา 122,748 บาท

$$\begin{aligned} \text{แคโรทีนอยด์ผงเข้มข้น 1% ปริมาณ } 0.087 \text{ กิโลกรัม} &\text{ ราคา } 122,748 \times 0.087 \\ &= \mathbf{10,679.08 \text{ บาท}} \end{aligned}$$

## 2. เอทานอลที่นำกลับมาใช้ใหม่ (recovery)

พัชรินทร์และคณะ (2548) ได้รายงานไว้ว่า สามารถนำเอทานอลกลับมาใช้ใหม่ได้ 95%

เอทานอลที่ใช้ไป 100 กิโลกรัม ได้คืน 95 กิโลกรัม

$$\text{เอทานอลที่ใช้ไป } 211.01 \text{ กิโลกรัม ได้คืน } \frac{95 \times 211.01}{100} = 200.46 \text{ กิโลกรัม}$$

เปรียบเทียบราคาด้วยเอทานอลเข้มข้น 95% จาก บริษัทยูเนี่ยน ซาชน์ จำกัด เชียงใหม่

เอทานอล ราคา กิโลกรัมละ 86.25 บาท

$$\text{เอทานอล } 200.46 \text{ กิโลกรัม} \text{ ราคา } 86.25 \times 200.46 = \mathbf{17,289.68 \text{ บาท}}$$

## 3. เฮกเซนที่นำกลับมาใช้ใหม่ (recovery)

พัชรินทร์และคณะ (2548) ได้รายงานไว้ว่า สามารถนำเฮกเซนกลับมาใช้ใหม่ได้ 95%

เฮกเซนที่ใช้ไป 100 กิโลกรัม ได้คืน 95 ลิตร

$$\text{เฮกเซนที่ใช้ไป } 483.49 \text{ ลิตร ได้คืน } \frac{95 \times 483.49}{100} = 459.32 \text{ ลิตร}$$

เปรียบเทียบราคาด้วยเฮกเซนเกรดการค้า (commercial grade) จากบริษัทอิติลมาร์ (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ

เฮกเซน ราคา ลิตรละ 66.88 บาท

$$\text{เฮกเซน } 459.32 \text{ ลิตร} \text{ ราคา } 66.88 \times 459.32 = \mathbf{30,719.32 \text{ บาท}}$$

## 4. ไขมัน

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%  
 น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้ไขมันเหลือทิ้ง 63.22 กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาด้วยน้ำมันปาล์มดิบจากหนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ วันที่ 17 ธ.ค.  
 2550 ปีที่ 31 ฉบับที่ 3958

ไขมัน ราคา กิโลกรัมละ 24.92 บาท

ไขมัน 63.22 กิโลกรัม ราคา  $24.92 \times 63.22 = 1,575.44$  บาท

## 5. สบู่

สารละลายก่อนนำมาแยกกลีเซอรินและสบู่ 100% เมื่อแยกแล้วได้สบู่ 13.18 %

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ  $\frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09$  กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ได้สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 2.5 กก.

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน  $\frac{2.5 \times 100}{1.09}$   
 $= 229.36$  กก.

สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 100 กิโลกรัม ได้สบู่ 13.18 กิโลกรัม

สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 229.36 กิโลกรัม ได้สบู่  $\frac{13.18 \times 229.36}{100}$   
 $= 30.23$  กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาด้วย Soap stock จาก Haas (2005)

สบู่ ราคา กิโลกรัมละ 3.64 บาท

สบู่ 30.23 กิโลกรัม ราคา  $3.64 \times 30.23 = 110.04$  บาท

วิธีการสะปอนิฟิเคชันโดยใช้เอทานอล 100% ร่วมกับการใช้ด่าง 25%

### ต้นทุน

#### ขั้นตอนการสกัด

1. น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาน้ำมันปาล์มดิบจากหนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ วันที่ 17 ธ.ค. 2550 ปี  
ที่ 31 ฉบับที่ 3958

น้ำมันปาล์มดิบ ราคา กิโลกรัมละ 24.92 บาท

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ราคา  $24.92 \times 100 = \mathbf{2,492}$  บาท

2. เฮกเซน

น้ำมันปาล์มดิบ 1.434 กิโลกรัม ใช้เฮกเซน 4.3 ลิตร

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ใช้เฮกเซน  $\frac{4.3 \times 100}{1.434} = 300$  ลิตร

เปรียบเทียบราคาด้วยเฮกเซนเกรดการค้า (commercial grade) จากบริษัทอิตัลมาร์  
(ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ

เฮกเซน ราคา ลิตรละ 66.88 บาท

เฮกเซน 300 ลิตร ราคา  $66.88 \times 300 = \mathbf{20,064}$  บาท

#### ขั้นตอนการสะปอนิฟิเคชัน

1. เฮกเซน

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ  $\frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09$  กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ใช้เฮกเซน 2 ลิตร

$$\text{น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ใช้เฮกเซน} \frac{2 \times 100}{1.09} = \mathbf{183.49} \text{ ลิตร}$$

เปรียบเทียบราคาด้วยเฮกเซนเกรดการค้า (commercial grade) จากบริษัทอิตัลมาร์ (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ

เฮกเซน ราคาลิตรละ 66.88 บาท

$$\text{เฮกเซน 300 ลิตร ราคา } 66.88 \times 183.49 = \mathbf{12,271.81} \text{ บาท}$$

## 2. โซเดียมไฮดรอกไซด์

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

$$\text{สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ} \frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09 \text{ กิโลกรัม}$$

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 กิโลกรัม

$$\text{น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์} \frac{0.1 \times 100}{1.09} = 9.17 \text{ กิโลกรัม}$$

เปรียบเทียบราคาด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เกรดการค้า (commercial grade) จาก บริษัท ยูเนียน ซายน์ จำกัด เชียงใหม่

โซเดียมไฮดรอกไซด์ ราคา กิโลกรัมละ 28 บาท

$$\text{โซเดียมไฮดรอกไซด์ 9.17 กิโลกรัม ราคา } 28 \times 9.17 = \mathbf{256.76} \text{ บาท}$$

## 3. เอทานอล

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

$$\text{สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ} \frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09 \text{ กิโลกรัม}$$

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ใช้เอทานอล 2.3 กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ใช้เอทานอล  $\frac{2.3 \times 100}{1.09} = 211.01$  กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาด้วยเอทานอล เข้มข้น 95% จาก บริษัทยูเนี่ยน ซาชน์ จำกัด เชียงใหม่  
เอทานอล ราคา กิโลกรัมละ 86.25 บาท

เอทานอล 211.01 กิโลกรัม ราคา  $86.25 \times 211.01 = \mathbf{18,199.61}$  บาท

#### 4. โซเดียมคลอไรด์

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ  $\frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09$  กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ได้สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 2.5 กก.

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน  $\frac{2.5 \times 100}{1.09} = 229.36$  กก.

สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 1 ลิตร ใช้โซเดียมคลอไรด์ 0.001 กิโลกรัม

สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 229.36 ลิตร ใช้โซเดียมคลอไรด์

$$0.001 \times 229.36 = 0.23 \text{ กิโลกรัม}$$

เปรียบเทียบราคาด้วยโซเดียมคลอไรด์ เกรดวิเคราะห์ (A.R. grade) จาก บริษัทยูเนี่ยน ซาชน์ จำกัด เชียงใหม่

โซเดียมคลอไรด์ ราคา กิโลกรัมละ 165 บาท

โซเดียมคลอไรด์ 0.23 กิโลกรัม ราคา  $165 \times 0.23 = \mathbf{37.95}$  บาท

## ผลผลิตและของเหลือทิ้ง

### 1. แครอทินอยด์

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้สารสกัด 36.78 กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้แครอทินอยด์ (yield) 0.21 กิโลกรัม

แครอทินอยด์ที่ได้จากการศึกษา เข้มข้น 24.42%

แครอทินอยด์ 100 กิโลกรัม มีแครอทินอยด์รวม 24.42 กิโลกรัม

แครอทินอยด์ 0.21 กิโลกรัม มีแครอทินอยด์รวม  $\frac{24.42 \times 0.21}{100} = 0.051$  กิโลกรัม

Britton (1991) ได้รายงานไว้ว่า ในสารประกอบแครอทินอยด์มีบีตาแคโรทีนอยู่ 30%

แครอทินอยด์รวม 100 กิโลกรัม มีบีตาแคโรทีน 30 กิโลกรัม

แครอทินอยด์รวม 0.051 กิโลกรัม มีบีตาแคโรทีน  $\frac{30 \times 0.051}{100} = 0.0153$  กิโลกรัม

เปลี่ยนแครอทินอยด์ที่ได้เข้มข้น 20% เป็น 1% เพื่อเปรียบเทียบราคา

บีตาแคโรทีน เข้มข้น 0.0153 กิโลกรัม  $= 0.0153 \times 9 = 0.1377$

$$= 0.1377 + 0.0153$$

$$= 0.153 \text{ กิโลกรัม}$$

เปรียบเทียบราคาโดยใช้แครอทินอยด์ผงเข้มข้น 1% จาก บริษัท Food & Cosmetic Ingredients ประเทศสหรัฐอเมริกา

แครอทินอยด์ผงเข้มข้น 1% ปริมาณ 1 กิโลกรัม ราคา 122,748 บาท

แครอทินอยด์ผงเข้มข้น 1% ปริมาณ 0.153 กิโลกรัม ราคา  $122,748 \times 0.153$

$$= 18,780.44 \text{ บาท}$$

## 2. เอทานอลที่นำกลับมาใช้ใหม่ (recovery)

พัชรินทร์และคณะ (2548) ได้รายงานไว้ว่า สามารถนำเอทานอลกลับมาใช้ใหม่ได้ 95%

เอทานอลที่ใช้ไป 100 กิโลกรัม ได้คืน 95 กิโลกรัม

เอทานอลที่ใช้ไป 211.01 กิโลกรัม ได้คืน  $\frac{95 \times 211.01}{100} = 200.46$  กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาด้วยเอทานอล เข้มข้น 95% จาก บริษัทยูเนี่ยน ซาชน์ จำกัด เชียงใหม่

เอทานอล ราคา กิโลกรัมละ 86.25 บาท

เอทานอล 200.46 กิโลกรัม ราคา  $86.25 \times 200.46 = 17,289.68$  บาท

## 3. เฮกเซนที่นำกลับมาใช้ใหม่ (recovery)

พัชรินทร์และคณะ (2548) ได้รายงานไว้ว่า สามารถนำเฮกเซนกลับมาใช้ใหม่ได้ 95%

เฮกเซนที่ใช้ไป 100 กิโลกรัม ได้คืน 95 ลิตร

เฮกเซนที่ใช้ไป 483.49 ลิตร ได้คืน  $\frac{95 \times 483.49}{100} = 459.32$  ลิตร

เปรียบเทียบราคาด้วยเฮกเซนเกรดการค้า (commercial grade) จากบริษัทอิตัลมาร์ (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ

เฮกเซน ราคา ลิตรละ 66.88 บาท

เฮกเซน 459.32 ลิตร ราคา  $66.88 \times 459.32 = 30,719.32$  บาท

## 4. ไบโอมัน

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไบโอมันเหลือทิ้ง 63.22%

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้ไบโอมันเหลือทิ้ง 63.22 กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาด้วยน้ำมันปาล์มดิบจากหนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ วันที่ 17 ธ.ค. 2550 ปีที่ 31 ฉบับที่ 3958

ไบโอมัน ราคา กิโลกรัมละ 24.92 บาท

ไบโอมัน 63.22 กิโลกรัม ราคา  $24.92 \times 63.22 = 1,575.44$  บาท



วิธีการสะปอนิฟิเคชันโดยการใช้เอทานอล 60% ผสมน้ำ 40% ร่วมกับการใช้ด่าง 90%

### ต้นทุน

#### ขั้นตอนการสกัด

#### 1. น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาน้ำมันปาล์มดิบจากหนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ วันที่ 17 ธ.ค. 2550 ปี  
ที่ 31 ฉบับที่ 3958

น้ำมันปาล์มดิบ ราคา กิโลกรัมละ 24.92 บาท

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ราคา  $24.92 \times 100 = \mathbf{2,492}$  บาท

#### 2. เฮกเซน

น้ำมันปาล์มดิบ 1.434 กิโลกรัม ใช้เฮกเซน 4.3 ลิตร

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ใช้เฮกเซน  $\frac{4.3 \times 100}{1.434} = \mathbf{300}$  ลิตร

เปรียบเทียบราคาด้วยเฮกเซนเกรดการค้า (commercial grade) จากบริษัทอิตัลมาร์  
(ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ

เฮกเซน ราคา ลิตรละ 66.88 บาท

เฮกเซน 300 ลิตร ราคา  $66.88 \times 300 = \mathbf{20,064}$  บาท

#### ขั้นตอนการสะปอนิฟิเคชัน

#### 1. เฮกเซน

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ  $\frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09$  กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ใช้เฮกเซน 2 ลิตร

$$\text{น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ใช้เฮกเซน} \frac{2 \times 100}{1.09} = \mathbf{183.49} \text{ ลิตร}$$

เปรียบเทียบราคาด้วยเฮกเซนเกรดการค้า (commercial grade) จากบริษัทอิตัลมาร์ (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ

เฮกเซน ราคาลิตรละ 66.88 บาท

$$\text{เฮกเซน 300 ลิตร ราคา } 66.88 \times 183.49 = \mathbf{12,271.81} \text{ บาท}$$

## 2. โซเดียมไฮดรอกไซด์

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

$$\text{สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ} \frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09 \text{ กิโลกรัม}$$

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.36 กิโลกรัม

$$\text{น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์} \frac{0.36 \times 100}{1.09} = \mathbf{33.03} \text{ ลิตร}$$

เปรียบเทียบราคาด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เกรดการค้า (commercial grade) จาก บริษัทยูเนี่ยน ซาชน จำกัด เชียงใหม่

โซเดียมไฮดรอกไซด์ ราคา กิโลกรัมละ 28 บาท

$$\text{โซเดียมไฮดรอกไซด์ 33.03 กิโลกรัม ราคา } 28 \times 33.03 = \mathbf{924.84} \text{ บาท}$$

## 3. เอทานอล

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

$$\text{สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ} \frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09 \text{ กิโลกรัม}$$

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ใช้เอทานอล 1.26 กิโลกรัม

$$\text{น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ใช้เอทานอล} \frac{1.26 \times 100}{1.09} = \mathbf{115.60 \text{ ลิตร}}$$

เปรียบเทียบราคาด้วยเอทานอล เข้มข้น 95% จาก บริษัทยูเนี่ยน ซาชน์ จำกัด เชียงใหม่  
เอทานอล ราคา กิโลกรัมละ 86.25 บาท

$$\text{เอทานอล 115.60 กิโลกรัม ราคา } 86.25 \times 115.60 = \mathbf{9,970.50 \text{ บาท}}$$

#### 4. โซเดียมคลอไรด์

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

$$\text{สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ} \frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09 \text{ กิโลกรัม}$$

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ได้สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 2.5 กก.

$$\text{น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน} \frac{2.5 \times 100}{1.09} = 229.36 \text{ กก.}$$

สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 1 ลิตร ใช้โซเดียมคลอไรด์ 0.001 กิโลกรัม

สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 229.36 ลิตร ใช้โซเดียมคลอไรด์

$$0.001 \times 229.36 = \mathbf{0.23 \text{ กิโลกรัม}}$$

เปรียบเทียบราคาด้วยโซเดียมคลอไรด์ เกรดวิเคราะห์ (A.R. grade) จาก บริษัทยูเนี่ยน  
ซาชน์ จำกัด เชียงใหม่

โซเดียมคลอไรด์ ราคา กิโลกรัมละ 165 บาท

$$\text{โซเดียมคลอไรด์ 0.23 กิโลกรัม ราคา } 165 \times 0.23 = \mathbf{37.95 \text{ บาท}}$$

## ผลผลิตและของเหลือทิ้ง

### 1. แคะโรทีนอยด์

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้สารสกัด 36.78 กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้แคะโรทีนอยด์ (yield) 0.21 กิโลกรัม

แคะโรทีนอยด์ที่ได้จากการศึกษา เข้มข้น 20% (โดยประมาณ)

แคะโรทีนอยด์ 100 กิโลกรัม มีแคะโรทีนอยด์รวม 20 กิโลกรัม

แคะโรทีนอยด์ 0.21 กิโลกรัม มีแคะโรทีนอยด์รวม  $\frac{20 \times 0.21}{100} = 0.042$  กิโลกรัม

Britton (1991) ได้รายงานไว้ว่า ในสารประกอบแคะโรทีนอยด์มีบีตาแคโรทีนอยู่ 30%

แคะโรทีนอยด์รวม 100 กิโลกรัม มีบีตาแคโรทีน 30 กิโลกรัม

แคะโรทีนอยด์รวม 0.042 กิโลกรัม มีบีตาแคโรทีน  $\frac{30 \times 0.042}{100} = 0.0126$  กิโลกรัม

เปลี่ยนแคะโรทีนอยด์ที่ได้เข้มข้น 20% เป็น 1% เพื่อเปรียบเทียบราคา

บีตาแคโรทีน เข้มข้น 0.0126 กิโลกรัม =  $0.1134 \times 9 = 0.0783$

=  $0.1134 + 0.0126$

= **0.126** กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาโดยใช้แคะโรทีนอยด์ผงเข้มข้น 1% จาก บริษัท Food & Cosmetic Ingredients ประเทศสหรัฐอเมริกา

แคะโรทีนอยด์ผงเข้มข้น 1% ปริมาณ 1 กิโลกรัม ราคา 122,748 บาท

แคะโรทีนอยด์ผงเข้มข้น 1% ปริมาณ 0.126 กิโลกรัม ราคา  $122,748 \times 0.126$

= **15,466.25** บาท

## 2. เอทานอลที่นำกลับมาใช้ใหม่ (recovery)

พัชรินทร์และคณะ (2548) ได้รายงานไว้ว่า สามารถนำเอทานอลกลับมาใช้ใหม่ได้ 95%

เอทานอลที่ใช้ไป 100 กิโลกรัม ได้คืน 95 กิโลกรัม

เอทานอลที่ใช้ไป 115.60 กิโลกรัม ได้คืน  $\frac{95 \times 115.60}{100} = \mathbf{109.82}$  กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาด้วยเอทานอล เข้มข้น 95% จาก บริษัทยูเนี่ยน ซาชน์ จำกัด เชียงใหม่

เอทานอล ราคา กิโลกรัมละ 86.25 บาท

เอทานอล 109.82 กิโลกรัม ราคา  $86.25 \times 109.82 = \mathbf{9,471.98}$  บาท

## 3. เฮกเซนที่นำกลับมาใช้ใหม่ (recovery)

พัชรินทร์และคณะ (2548) ได้รายงานไว้ว่า สามารถนำเฮกเซนกลับมาใช้ใหม่ได้ 95%

เฮกเซนที่ใช้ไป 100 ลิตร ได้คืน 95 ลิตร

เฮกเซนที่ใช้ไป 483.49 ลิตร ได้คืน  $\frac{95 \times 483.49}{100} = \mathbf{459.32}$  ลิตร

เปรียบเทียบราคาด้วยเฮกเซนเกรดการค้า (commercial grade) จากบริษัทอิตัลมาร์ (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ

เฮกเซน ราคา ลิตรละ 66.88 บาท

เฮกเซน 63.22 ลิตร ราคา  $66.88 \times 459.32 = \mathbf{30,719.32}$  บาท

## 4. ไขมัน

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้ไขมันเหลือทิ้ง  $\mathbf{63.22}$  กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาด้วยน้ำมันปาล์มดิบจากหนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ วันที่ 17 ธ.ค. 2550 ปีที่ 31 ฉบับที่ 3958

ไขมัน ราคา กิโลกรัมละ 24.92 บาท

ไขมัน 63.22 กิโลกรัม ราคา  $24.92 \times 63.22 = \mathbf{1,575.44}$  บาท

## 5. สบู่

สารละลายก่อนนำมาแยกกลีเซอรินและสบู่ 100% เมื่อแยกแล้วได้สบู่ 10.12%

น้ำมันปาล์มดิบ 100% สกัดได้สารสกัด 36.78% และไขมันเหลือทิ้ง 63.22%

สารสกัด 36.78 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม

สารสกัด 0.40 กิโลกรัม สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ  $\frac{100 \times 0.40}{36.78} = 1.09$  กิโลกรัม

น้ำมันปาล์มดิบ 1.09 กิโลกรัม ได้สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 2.5 กก.

น้ำมันปาล์มดิบ 100 กิโลกรัม ได้สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน  $\frac{2.5 \times 100}{1.09} = 229.36$  กก.

สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 100 กิโลกรัม ได้สบู่ 10.12 กิโลกรัม

สารละลายก่อนนำมาแยกสบู่และกลีเซอริน 229.36 กิโลกรัม ได้สบู่  $\frac{10.12 \times 229.36}{100} = 23.21$  กิโลกรัม

เปรียบเทียบราคาด้วย Soap stock จาก Haas (2005)

สบู่ ราคา กิโลกรัมละ 3.64 บาท

สบู่ 23.21 กิโลกรัม ราคา  $3.64 \times 23.21 = 84.48$  บาท



ภาคผนวก ง

ตารางผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตาราง ง.1 เปรียบเทียบปริมาณและผลผลิตแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการลดปริมาณต่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน

วิธีที่ใช้	ซ้ำที่	แคโรทีนอยด์ ที่ได้จากสารสกัด (%)	yield (%)
ต่าง 100%	1	17.45	0.19
	2	20.25	0.17
	3	19.47	0.17
เฉลี่ย		19.06 ± 1.45	0.18 ± 0.01
ต่าง 30%	1	13.59	0.19
	2	17.33	0.21
	3	19.06	0.24
เฉลี่ย		16.66 ± 2.8	0.21 ± 0.03
ต่าง 25%	1	28.92	0.21
	2	24.21	0.20
	3	20.12	0.21
เฉลี่ย		24.42 ± 4.40	0.21 ± 0.01
ต่าง 20%	1	15.62	0.17
	2	22.72	0.17
	3	18.05	0.16
เฉลี่ย		18.80 ± 3.61	0.17 ± 0.01
ต่าง 15%	1	16.32	0.13
	2	21.20	0.19
	3	14.25	0.15
เฉลี่ย		17.26 ± 3.57	0.16 ± 0.03



ตาราง ง.2 เปรียบเทียบค่า relative recovery ที่ได้จากการลดปริมาณค่าที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน

สารสกัดเริ่มต้น		ภายหลังสะปอนิฟิเคชัน					
ปริมาณ ตัวอย่าง (กรัม)	ความเข้มข้นที่ได้ (ไมโครกรัม/ กรัม)	วิธีที่ใช้	ซ้ำ ที่	ปริมาณตัวอย่าง (กรัม) ที่ใช้ในการเจือจาง	ความเข้มข้นที่ได้ (ไมโครกรัม/กรัม)	Yield (กรัม)	% relative recovery
0.1056	0.04		1	0.1026	0.14	0.76	32.66
0.1103	0.04	ต่าง 100%	2	0.1085	0.18	0.68	37.57
0.1030	0.04		3	0.1012	0.16	0.67	36.58
เฉลี่ย							35.60 ± 2.60
0.1067	0.04		1	0.1022	0.11	0.75	27.76
0.1078	0.05	ต่าง 30%	2	0.1018	0.14	0.86	32.61
0.1055	0.03		3	0.1025	0.16	0.95	54.89
เฉลี่ย							38.42 ± 14.47
0.1097	0.03		1	0.1075	0.25	0.86	85.60
0.1055	0.05	ต่าง 25%	2	0.1078	0.21	0.79	38.84
0.1018	0.05		3	0.1006	0.16	0.86	38.18
เฉลี่ย							54.21 ± 27.19

ตาราง ง.2 เปรียบเทียบค่า relative recovery ที่ได้จากการลดปริมาณต่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน (ต่อ)

สารสกัดเริ่มต้น		ภายหลังสะปอนิฟิเคชัน					
ปริมาณตัวอย่าง (กรัม)	ปริมาณตัวอย่าง (กรัม)	วิธีที่ใช้	ซ้ำที่	ปริมาณตัวอย่าง (กรัม) ที่ใช้ในการเจือจาง	ความเข้มข้นที่ได้ (ไมโครกรัม/กรัม)	Yield (กรัม)	% relative recovery
0.1084	0.04		1	0.1098	0.14	0.66	31.42
0.1047	0.03	ต่าง 20%	2	0.1070	0.19	0.69	51.23
0.1054	0.04		3	0.1031	0.15	0.64	34.01
เฉลี่ย							38.89 ± 10.77
0.1030	0.04		1	0.1044	0.14	0.50	22.80
0.1054	0.04	ต่าง 15%	2	0.1011	0.17	0.77	47.66
0.1030	0.04		3	0.1005	0.11	0.61	24.32
เฉลี่ย							31.59 ± 13.93

ตาราง ง.3 เปรียบเทียบปริมาณและผลผลิตแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการใช้เอทานอล และเอทานอลผสมน้ำเพื่อเป็นตัวทำละลายต่าง

วิธีที่ใช้	ซ้ำที่	แคโรทีนอยด์ ที่ได้จากสารสกัด (%)	Yield (%)
เอทานอล 100%	1	22.19	0.09
	2	15.82	0.14
	3	20.76	0.09
เฉลี่ย		$19.59 \pm 3.34$	$0.11 \pm 0.03$
เอทานอล 80% + น้ำ 20%	1	18.06	0.13
	2	17.27	0.15
	3	18.46	0.07
เฉลี่ย		$17.93 \pm 0.61$	$0.12 \pm 0.04$
เอทานอล 70% + น้ำ 30%	1	16.60	0.13
	2	16.16	0.15
	3	17.15	0.11
เฉลี่ย		$16.63 \pm 0.50$	0.13
เอทานอล 60% + น้ำ 40%	1	24.61	$0.11 \pm 0.02$
	2	25.04	0.13
	3	21.01	0.14
เฉลี่ย		$23.56 \pm 2.21$	$0.13 \pm 0.02$

ตาราง ง.4 เปรียบเทียบค่า relative recovery ที่ได้จากการใช้เอทานอล และเอทานอลผสมน้ำเพื่อเป็นตัวทำละลายต่างในปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน

สารสกัดเริ่มต้น		ภายหลังสะปอนิฟิเคชัน					
ปริมาณ ตัวอย่าง (กรัม)	ความเข้มข้นที่ได้ (ไมโครกรัม/ กรัม)	วิธีที่ใช้	ซ้ำ ที่	ปริมาณตัวอย่าง (กรัม) ที่ใช้ในการเจือจาง	ความเข้มข้นที่ได้ (ไมโครกรัม/กรัม)	Yield (กรัม)	% relative recovery
0.1030	0.04	เอทานอล 100%	1	0.1007	0.18	0.34	21.09
0.1054	0.04		2	0.1094	0.14	0.56	25.90
0.1018	0.05		3	0.1092	0.18	0.35	16.29
เฉลี่ย							21.09 ± 4.81
0.1055	0.05	เอทานอล 80% + น้ำ 20%	1	0.1046	0.15	0.53	19.26
0.1084	0.04		2	0.1021	0.14	0.58	30.71
0.1047	0.03		3	0.1064	0.16	0.30	17.88
เฉลี่ย							22.62 ± 7.04
0.1056	0.04	เอทานอล 70% + น้ำ 30%	1	0.1010	0.13	0.51	20.87
0.1103	0.04		2	0.1004	0.13	0.59	26.13
0.1097	0.03		3	0.1044	0.14	0.42	25.02
เฉลี่ย							24.01 ± 2.77

ตาราง ง.4 เปรียบเทียบค่า relative recovery ที่ได้จากการใช้เอทานอล และเอทานอลผสมน้ำเพื่อเป็นตัวทำละลายต่างในปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน (ต่อ)

สารสกัดเริ่มต้น		ภายหลังสะปอนิฟิเคชัน					
ปริมาณ ตัวอย่าง (กรัม)	ปริมาณตัวอย่าง (กรัม)	วิธีที่ใช้	ซ้ำ ที่	ปริมาณตัวอย่าง (กรัม) ที่ใช้ในการเจือจาง	ความเข้มข้นที่ได้ (ไมโครกรัม/กรัม)	Yield (กรัม)	% relative recovery
0.1067	0.04	เอทานอล	1	0.1067	0.21	0.44	29.84
0.1078	0.05	60% + น้ำ	2	0.1023	0.20	0.54	29.62
0.1055	0.03	40%	3	0.1092	0.18	0.56	35.72
เฉลี่ย							31.73 ± 3.46

ตาราง ง.5 ปริมาณและผลผลิตแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการใช้เอทานอล 60% ผสมน้ำ 40% ร่วมกับการใช้  
 ค้างปริมาณ 90% ในการทำปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน

วิธีที่ใช้	ซ้ำที่	แคโรทีนอยด์ ที่ได้จากสารสกัด (%)	Yield (%)
เอทานอล 60% + น้ำ 40% + ค้าง 90%	1	19.20	0.20
	2	19.61	0.25
เฉลี่ย		19.41 ± 0.29	0.23 ± 0.04

ตาราง 3.6 %relative recovery ที่ได้จากการใช้เอทานอล 60% ผสมน้ำ 40% ร่วมกับการใช้ต่างปริมาณ 90% ในการทำปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน

สารสกัดเริ่มต้น		ภายหลังสะปอนิฟิเคชัน					
ปริมาณ ตัวอย่าง (กรัม)	ความเข้มข้นที่ได้ (ไมโครกรัม/ กรัม)	วิธีที่ใช้	ซ้ำ ที่	ปริมาณตัวอย่าง (กรัม) ที่ใช้ในการเจือจาง	ความเข้มข้นที่ได้ (ไมโครกรัม/กรัม)	Yield (กรัม)	% relative recovery
0.1047	0.03	เอทานอล 60% + น้ำ 40% +	1	0.1082	0.17	0.40	24.87
0.1054	0.03	ต่าง 90%	2	0.1054	0.17	0.49	33.25
เฉลี่ย							29.06 ± 5.93

ตาราง ง.7 ปริมาณไขมันที่ได้ในขั้นตอนการกรองจากกระบวนการผลิตแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มดิบ

ซ้ำที่	ปริมาณไขมัน (%) (กรัมต่อ100 กรัมของน้ำมันปาล์มดิบ)
1	62.85
2	62.76
3	62.25
4	65.02
เฉลี่ย	63.22 ± 1.23

ตาราง ง.8 ปริมาณกลีเซอรินที่ได้จากปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชัน

ซ้ำที่	ปริมาณกลีเซอริน (%) (กรัมต่อ 100 กรัมของสารละลายก่อนนำมาแยกกลีเซอรินและสบู่)	
	วิธีเดิม (เอทานอล 100% + ต่าง 100%)	วิธีเอทานอล 60% + น้ำ 40% + ต่าง 90%
1	86.70	70.65
2	89.54	65.17
3	80.82	68.98
เฉลี่ย	85.69 ± 4.45	68.27 ± 2.81

ตาราง ง.9 ปริมาณสบู่ที่ได้จากการสะปอนิฟิเคชัน

ซ้ำที่	ปริมาณสบู่ (%) (กรัมต่อ 100 กรัมของสารละลายก่อนนำมาแยกกลีเซอรินและสบู่)	
	สบู่จากการใช้วิธีเดิม (เอทานอล 100% + ต่าง 100%)	สบู่จากการใช้เอทานอล 60% + น้ำ 40% + ต่าง 90%
1	13.30	11.47
2	12.62	8.93
3	13.61	9.97
เฉลี่ย	13.18 ± 0.51	10.12 ± 1.28



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวทิวา วงศ์สถาน
วัน เดือน ปี เกิด	24 ตุลาคม 2525
ภูมิลำเนา	117 หมู่ 8 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย เชียงใหม่ ปีการศึกษา 2543 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ปีการศึกษา 2547

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved