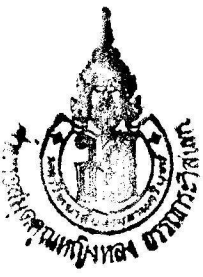
# รายงานการวิจัย



เรื่อง

## โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องขนาดเล็กสำหรับกลุ่มเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อยของประเทศไทย

## Development of Small Scale Palm Oil Refinery and Related Products for Oilpalm Small Holders in Thailand

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประเภททุนวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

ดำเนินการโดย
โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก
อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะผู้วิจัย

| | | |
|---|---|---|
| ดร.ผาสุข | กุลละวณิชย์ | หัวหน้าโครงการ |
| ดร.สัณห์ชัย | กลิ่นพิกุล | รองหัวหน้าโครงการ |
| ดร.เทอดไทย | วัฒนธรรม | นักวิจัย |
| นายชิต | ลิ่มวรพันธ์ | ผู้เชี่ยวชาญ |
| นายธีระพงศ์ | จันทรนิยม | นักวิจัย |

เมษายน 2537

สมบ
เลขหมู่ HD1491.5.P34 ร64
Bib Key.....
2 1 ก.ย. 2544

# บทคัดย่อ

โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก สำหรับกลุ่มเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อยของประเทศไทย เป็นโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาการแปรรูปน้ำมันปาล์มต่อเนื่องครบวงจรของโครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากกพระราชดำริ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หลังจากที่โครงการประสบผลสำเร็จในการพัฒนาโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดเล็กโดยใช้กระบวนการทอดผลปาล์มภายใต้สภาพสุญญากาศ ในปี 2534 โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ในประเภททุนวิจัยเพื่อพัฒนาด้วยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จำนวน 3,306,400 บาท โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโรงงานและกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก ซึ่งมีกำลังผลิตประมาณวันละ 2 ตัน พร้อมทั้งหาวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ เพื่อให้สามารถเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลู่ทางการจำหน่ายในท้องถิ่น และทำให้โรงงานนี้สามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้ คณะผู้วิจัยได้ออกแบบคำนวณทางวิศวกรรมเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของอุปกรณ์ โดยเลือกใช้ระบบทำความร้อนด้วยเทอร์มัลออยล์ และใช้ไอน้ำในกระบวนการดูดกลิ่นและแยกกรด และใช้ในระบบสุญญากาศ โดยได้ออกแบบระบบให้เป็นกระบวนการทางกายภาพ และสามารถกลั่นด้วยกระบวนการทางเคมีได้ เมื่อได้ทำการสร้าง และติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์เสร็จแล้วก็ได้ทำการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มทั้งสองกระบวนการ ผลการทดลองปรากฏว่า กระบวนการแบบเคมีมีต้นทุนการแปรรูป 2.47 บาทต่อกิโลกรัมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ในขณะที่กระบวนการทางกายภาพมีต้นทุนการแปรรูป 2.22 บาทต่อกิโลกรัมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และจากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนการลงทุน สรุปได้ว่า โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดกำลังผลิตวันละ 2.429 ตันน้ำมันปาล์มดิบ ใช้เงินลงทุนรวม 6.058 ล้านบาท ให้ผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return, IRR) 9.16 % สำหรับกระบวนการเคมี และ 19.32 % สำหรับกระบวนการทางกายภาพ และในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองแปรรูปกรดไขมันและไขสบู่เป็นผงซักฟอก และแปรรูปไขสเตียรินเป็นเนยขาว และเนยเทียมได้สำเร็จ และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนโดยรวมผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องเหล่านี้จะได้ค่า IRR 28.46 % ซึ่งถ้ากำหนดค่า MARR ที่ 25 % แล้ว ก็สรุปได้ว่าเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อยพอที่จะรวมกลุ่มกันจัดสร้างโรงงาน และดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้ อย่างไรก็ดี คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า ควรมีการวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติมในสามเรื่อง คือ ปรับปรุงระบบสุญญากาศให้สามารถสร้างสภาพสุญญากาศให้ถึง 754 มม.ปรอท เพื่อให้การกลั่นแบบกายภาพมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เรื่องที่สอง คือ การพัฒนาถังดูดกลิ่นและลดกรดในกระบวนการทางกายภาพให้เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ระบบฟิล์มบาง (Thin Film) แทนระบบปัจจุบัน และในเรื่องสุดท้ายควรมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อนำเอาไขสเตียรินดิบมาทำการแยกส่วนและนำไปใช้ในกระบวนการโอเลโอเคมิคอลล์ (Oleochemicals) เพื่อเพิ่มมูลค่าของไขสเตียรินให้สูงขึ้นต่อไป ซึ่งแนวทางการปรับปรุงดังกล่าวจะทำให้กลุ่มเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อยสามารถปรับตัวรับผลกระทบจาก AFTA ได้

## ABSTRACT

The Development of Small-Scale Palm Oil Refinery was carried out as a further study of downstream palmoil processing under the Royal Project for Small - Scale Palm Oil Industry, Prince of Songkhla University. The project was supported by the National Research Council. Main Objective of the study was to develop a small-scale palm oil refinery with a limited production capacity of 2 tons per day and to develop value - added products utilized from soap stock, fatty acid, and RBD stearin so that the refinery can be commercially operated by small-holder's cooperatives. The first step of the study was the engineering design of the process and main equipments. After the completion of machine installation, the refining processes were carried out for both physical and chemical refine. Results of the experiment showed that the production cost of physical refining was comparatively lower than chemical process. Washing powder and shortening/ magarine were successfully produced from soap stock/palm fatty acid distilled (PFAD) and RBD palm stearin respectively. An economic analysis for 15 year period under certain assumptions was made and the Internal Rate of Return (IRR) was 9.16 % for chemical refine and 19.32% for physical refine. Furher analysis showed that the IRR when the production of washing powder and shortening were included in the physical refining process was 28.46 % which is higher than the selected MARR (25 %). Therefore, it can be concluded at this stage that this refinery might be commercially operated by small-holder's cooperatives. However, the further improvement for physical refining such as the vacuum system and the deodorizing/ deacidifying system, would be recommended. In addition, the splitting of crude palm stearin in small-scale for oleochemical applications should be attempted for further study.

# สัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

1. CPO (Crude Palm Oil) น้ำมันปาล์มดิบ
2. CPKO (Crude Palm Kernel Oil) น้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบ
3. RBD (Refining, Bleaching, Deodorizing) Palm Oil น้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์
4. PFAD (Palm Fatty Acid Distilled) กรดไขมันจากกระบวนการกลั่นแบบกายภาพ
5. IRR (Internal Rate of Return) ผลตอบแทนการลงทุน
6. NPV (Net Present Value) มูลค่าปัจจุบันของโครงการ
7. MARR (Minimum Attractive Rate of Return) ผลตอบแทนการลงทุนต่ำสุดที่จูงใจให้มีการลงทุน = 25 %

# สารบัญรูป


| รูปที่ | ชื่อรูป | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | ขั้นตอนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ | 2 - 3 |
| 2.2 | ถังลดกรดและฟอกสี | 2 - 5 |
| 2.3 | ถังดูดกลิ่นแบบกะ | 2 - 8 |
| 2.4 | การเลี้ยงผลึก และ SEPARATION EFFICIENCY | 2 - 10 |
| 2.5 | Cooling Curve ของการลดอุณหภูมิเพื่อแยกไข | 2 - 11 |
| 2.6 | Rosedown - Votator semi - continuous deodoriser | 2 - 14 |
| 2.7 | Rosedown Econoflow deodorising plant | 2 - 15 |
| 2.8 | EMI Model 'C' deodorising system | 2 - 16 |
| 2.9 | Alfa - Laval deodorising system | 2 - 17 |
| 2.10 | De Smet semi - continuous deodorising plant | 2 - 18 |
| 2.11 | Kirch feld 'Deodest' deodorising plant | 2 - 19 |
| 2.12 | Cambrian deodoriser tray internals | 2 - 20 |
| 2.13 | ACV deacidification design for palm oil | 2 - 20 |
| 2.14 | Schumacher distillation design | 2 - 22 |
| 2.15 | Zosel design for deodorising fats and oils | 2 - 23 |
| 2.16 | แผนผังกรรมวิธีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และระบบแยกไข | 2 - 24 |
| 3.2 | ถังเก็บน้ำมันปาล์มดิบ | 3 - 5 |
| 3.3 | หม้อกำเนิดไอน้ำขนาด 1 ตัน | 3 - 5 |
| 3.4 | เตาต้มน้ำมันเทอร์มัล และเตา Superheat | 3 - 6 |
| 3.5 | ถังดีกัม ฟอกสี และดูดกลิ่น | 3 - 6 |
| 3.6 | ถังละลายไข และถังต้มสบู่ | 3 - 7 |
| 3.7 | ห้องเย็นสำหรับเลี้ยงผลึก | 3 - 7 |
| 3.8 | ถังเลี้ยงผลึก | 3 - 8 |
| 3.9 | เครื่องกรองแยกไข | 3 - 8 |
| 3.10 | เครื่องทำความเย็น | 3 - 9 |
| 3.11 | พัดลมคอล์ยเย็น | 3 - 9 |
| 3.12 | หอสุญญากาศ บารอเมตริกคอนเดนเซอร์ และ Steam Booster | 3 - 10 |
| 3.13 | หอผึ่งเย็นและบ่อน้ำหมุนเวียน | 3 - 10 |

# สารบัญเรื่อง


| บทที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| | ปกหน้า | (ก) |
| | กิตติกรรมประกาศ | (ข) |
| | บทคัดย่อ | (ค) |
| | ABSTRACT | (ง) |
| | สัญญลักษณ์ และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย | (จ) |
| | สารบัญรูป | (ฉ) |
| | สารบัญตาราง | (ช) |
| 1 | บทนำ | 1 - 1 |
| | 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ | 1 - 1 |
| | 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ | 1 - 2 |
| | 1.3 ขอบเขตของโครงการ | 1 - 3 |
| | 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 1 - 3 |
| | 1.5 แผนการดำเนินงานและงบประมาณ | 1 - 3 |
| 2 | การศึกษาวิเคราะห์ทดลอง และรวบรวมเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ | 2 - 1 |
| | 2.1 การศึกษารวบรวมเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ | 2 - 1 |
| | 2.2 การทดลองกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมี ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง | 2 - 21 |
| | 2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ | 2 - 28 |
| | 2.4 ความเหมาะสมของการใช้กระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มจากในต่างประเทศในโครงการนี้ | 2 - 29 |
| 3 | การออกแบบสร้าง และติดตั้งโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก | 3 - 1 |
| | 3.1 การออกแบบระบบในกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์ม | 3 - 1 |
| | 3.2 การสร้างและติดตั้งเครื่องจักร และอุปกรณ์ | 3 - 4 |

| บทที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| 4 | **การศึกษาวิเคราะห์ ทดลอง และรวบรวมเทคโนโลยีเกี่ยวกับการแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมัน** | 4 - 1 |
| | 4.1 ทะลายปาล์มเปล่า | 4 - 1 |
| | 4.2 กากปาล์มและกากเมล็ดในปาล์ม | 4 - 4 |
| | 4.3 เส้นใยปาล์ม | 4 - 9 |
| | 4.4 ไขสบู่ | 4 - 11 |
| | 4.5 ไขสเตียรินบริสุทธิ์ | 4 - 11 |
| | 4.6 สรุปผลการศึกษา | 4 - 16 |
| 5 | **การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์** | 5 - 1 |
| | 5.1 การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการเคมี | 5 - 1 |
| | 5.2 การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการกายภาพ | 5 - 3 |
| 6 | **ผลการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์** | 6 - 1 |
| | 6.1 ผลการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการเคมี | 6 - 1 |
| | 6.2 ผลการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการกายภาพ | 6 - 2 |
| | 6.3 การปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ | 6 - 2 |
| 7 | **การทดลองแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปาล์ม** | 7 - 1 |
| | 7.1 การทดลองแปรรูปไขสบู่ | 7 - 1 |
| | 7.2 การแปรรูปกรดไขมัน (PFAD) | 7 - 4 |
| | 7.3 การแปรรูปไขสเตียริน | 7 - 4 |
| | 7.4 การทดลองแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องอื่น ๆ | 7 - 9 |
| 8 | **การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนการลงทุน** | 8 - 1 |
| | 8.1 สรุปผลการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง | 8 - 1 |
| | 8.2 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนการลงทุน | 8 - 2 |
| | 8.2.1 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต | 8 - 2 |
| | 8.2.2 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน | 8 - 9 |

| บทที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| | 8.2.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนของกระบวนการกายภาพ โดยรวมการแปรรูปผลิตผลพลอยได้ | 8 - 11 |
| | 8.2.4 การทดสอบความไว | 8 - 14 |
| | 8.2.5 สรุปผลการทดสอบความไว | 8 - 16 |
| 9 | บทสรุปและข้อเสนอแนะ | 9 - 1 |
| | 9.1 สรุปผลการวิจัย | 9 - 1 |
| | 9.2 ข้อเสนอแนะ | 9 - 3 |
| | บรรณานุกรม | |
| | ภาคผนวก ก. มาตรฐานคุณภาพน้ำมันปาล์ม | |
| | ภาคผนวก ข. การคำนวณออกแบบระบบเทอร์มัลออยล์ และขนาดของหม้อกำเนิดไอน้ำ | |

| รูปที่ | ชื่อรูป | หน้า |
|---|---|---|
| 3.14 | พัดลมลดอุณหภูมิน้ำในหอผึ่งเย็น | 3 - 11 |
| 3.15 | ตู้เมนจ่ายไฟฟ้า | 3 - 11 |
| 3.16 | การวางผังโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก | 3 - 12 |
| 4.1 | โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส | 4 - 2 |
| 4.2 | การทดลองผลิตปุ๋ยหมักจากเศษทะลายปาล์ม | 4 - 2 |
| 4.3 | การทดลองผลิตสบู่ซักล้าง | 4 - 12 |
| 4.4 | ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ทดลองผลิตที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง รวมทั้งสบู่การฝีมือ | 4 - 12 |
| 4.5 | ไขสเตียรินที่ผลิตได้ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง | 4 - 13 |
| 4.6 | การนำไขสเตียรินไปผสมอาหารสุกร | 4 - 13 |
| 4.7 | การผลิตสบู่หอมจากไขสเตียริน | 4 - 15 |
| 4.8 | เครื่องปั๊มสบู่เป็นก้อน | 4 - 15 |
| 5.1 | น้ำมันปาล์มโอเลอีนกลั่นบริสุทธิ์บรรจุถุง | 5 - 4 |
| 5.2 | ไขสเตียริน | 5 - 4 |
| 6.1 | กราฟแสดงการลดกรดไขมันอิสระในกระบวนการทางกายภาพ | 6 - 4 |
| 6.2 | กราฟแสดงอุณหภูมิของการแยกกรด และดูดกลิ่น ในกระบวนการแบบกายภาพ | 6 - 5 |
| 6.3 | การต่อวาล์วระบบสุญญากาศที่ปรับปรุงใหม่ | 6 - 9 |
| 6.4 | การเปลี่ยนวาล์วท่อไอน้ำ และท่อเทอร์มัลออยล์ | 6 - 10 |
| 7.1 | การผลิตสบู่จากไขสบู่ | 7 - 3 |
| 7.2 | เครื่องบดผสม | 7 - 3 |
| 7.3 | การทดลองผลิตผงซักฟอก | 7 - 5 |
| 7.4 | ผงซักฟอกที่ทดลองผลิตจากไขสบู่ | 7 - 5 |
| 7.5 | การผลิตสบู่จากกรดไขมัน (PFAD) | 7 - 6 |
| 7.6 | เครื่องทำเนยขาว และเนยเทียม | 7 - 10 |
| 7.7 | ตัวอย่างเนยขาวที่ทดลองผลิตได้ | 7 - 10 |
| 8.1 | การกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการเคมี และแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้ต่อวัน | 8 - 3 |
| 8.2 | การกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการกายภาพ และแปรรูปผลิตผลพลอยได้ต่อวัน | 8 - 4 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | ชื่อตาราง | หน้า |
|---|---|---|
| 1.1 | สรุปตารางเปรียบเทียบระหว่างแผนงานวิจัยที่เสนอไว้ในโครงการกับงานวิจัยที่ได้ดำเนินการไปแล้ว | 1 - 4 |
| 6.1 | ตารางแสดงผลการกลั่นน้ำมันปาล์มเมื่อวันที่ 25 เมษายน 2537 | 6 - 3 |
| 6.2 | ตารางปฏิบัติงานของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมี | 6 - 6 |
| 6.3 | ตารางปฏิบัติงานของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพ | 6 - 7 |
| 8.1 | รายการเครื่องจักรและอุปกรณ์ | 8 - 6 |
| 8.2 | การวิเคราะห์ต้นทุนผันแปรของการกลั่นน้ำมันปาล์ม | 8 - 8 |
| 8.3 | ตารางเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพ และเคมี | 8 - 9 |
| 8.4 | ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกระบวนการเคมี | 8 - 12 |
| 8.5 | ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกระบวนการกายภาพ | 8 - 13 |
| 8.6 | ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกระบวนการกายภาพโดยรวมการผลิตผงซักฟอกและเนยขาว | 8 - 15 |
| 8.7 | การทดสอบความไวของผลตอบแทนการลงทุนโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพ | 8 - 17 |
| 8.8 | ผลการทดสอบความไวต่อผลตอบแทนการลงทุนของโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มต้นแบบ โดยรวมการแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้ | 8 - 18 |

# บทที่ 1
## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ปาล์มน้ำมันนับเป็นพืชเศรษฐกิจทางภาคใต้ของประเทศไทย ที่มีการเริ่มปลูกกันในเชิงการค้ามาตั้งแต่ปี พ.ศ.2511 และต่อมาก็มีการขยายพื้นที่เพาะปลูกอย่างรวดเร็วจนถึงปี พ.ศ.2532 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันถึง 853,650 ไร่ และมีผลผลิตปาล์มน้ำมันถึง 1.098 ล้านตัน โดยมีโครงสร้างของการปลูกปาล์มน้ำมันจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ผู้ปลูกรายใหญ่ ซึ่งจดทะเบียนเป็นบริษัทมีพื้นที่เพาะปลูกมากกว่ารายละ 1,000 ไร่ ประมาณ 479,860 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 56 ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด

2. ผู้ปลูกที่ทำเป็นธุรกิจส่วนตัวมิได้จดทะเบียน มีพื้นที่ระหว่าง 50-1,000 ไร่ ต่อรายและมีผู้ปลูกเกิน 1,000 ไร่ อยู่ประมาณ 1,000 ราย มีพื้นที่สวนปาล์มรวม 276,662 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 33 ของพื้นที่ปลูกปาล์มทั้งหมด

3. ผู้ปลูกปาล์มน้ำมันรายย่อย ที่มีพื้นที่น้อยกว่ารายละ 50 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่มีฐานะยากจนและเป็นสมาชิกนิคมของสหกรณ์นิคม หรือนิคมสร้างตนเอง มีพื้นที่รวมกันประมาณ 97,123 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 11 ของพื้นที่ปลูกปาล์มทั้งหมด

เกษตรกรสวนปาล์มรายย่อยกลุ่มที่ 3 นี้ นับว่าเป็นกลุ่มที่มีปัญหามากที่สุด เช่น ขาดเทคโนโลยีและเงินทุนในการปลูก และดูแลรักษาสวนปาล์ม มีการนำเอาผลปาล์มร่วงโคนต้นมาปลูก ทำให้กลายพันธุ์ การตัดทะลายปาล์มดิบขายเนื่องจากกลัวราคาตก หรือกลัวถูกขโมย ตลอดจนการขนส่งทะลายปาล์มทำได้ลำบาก เนื่องจากสภาพถนนไม่ดี เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้ทำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ยต่อไร่ค่อนข้างต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับเกษตรกรกลุ่มอื่น ๆ

ในปี 2527-29 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการโครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กอันเนื่องมาจากพระราชดำริขึ้น โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการพิเศษประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.) เพื่อทำการสำรวจปัญหาความต้องการของเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อย พร้อมทั้งทำการวิจัยและพัฒนา โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก สำหรับกลุ่มเกษตรกรรายย่อยขึ้น โดยร่วมกับสหกรณ์นิคมอ่าวลึก จำกัด จังหวัดกระบี่ สร้างเป็นโรงงานทดลองขึ้นในปี พ.ศ. 2529 และต่อมาในปี พ.ศ. 2534 ก็สามารถพัฒนาโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยใช้ระบบทอดภายใต้สภาพสูญญากาศขึ้นเป็นผลสำเร็จ โดยโรงงานสามารถสกัดน้ำมันปาล์มได้วันละ 5 ตันผลปาล์มสด ซึ่งสามารถรับผลผลิตปาล์มน้ำมันได้ระหว่าง 800-1,000 ไร่ และใช้เงินลงทุนต่ำ ไม่เกิน 3 ล้านบาท ประสิทธิภาพการหีบน้ำมันปาล์มสูงถึง 33 % ของน้ำหนักผลปาล์มและได้กากปาล์มเป็นผลผลิตพลอยได้ สามารถนำไปจำหน่ายได้ทั้งหมด และโรงงานไม่มีมลภาวะ

และน้ำเสียจากกระบวนการผลิต ผลจากการพัฒนาโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบทอดภายใต้สภาพสุญญากาศนี้จึงเป็นแนวทางให้เกษตรกรสวนปาล์มรายย่อยสามารถรวมกลุ่มกันจัดสร้างโรงงานได้

ต่อมาในปี พ.ศ.2531 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ก็ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการจัดสร้างโรงงานสกัด และกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก ขึ้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส อันเป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริอีกโครงการหนึ่ง ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงาน กปร. เช่นกัน และได้ดำเนินการจัดสร้างโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดกำลังผลิตวันละประมาณ 110 ลิตร โดยใช้กระบวนการทางเคมี สำเร็จในปี พ.ศ. 2533 โดยที่โรงงานของศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองแห่งนี้ ได้ทำการผลิตน้ำมันปาล์มโอเลอีนบริสุทธิ์ และได้แปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องได้หลายชนิด เช่น สบู่จากไขสบู่ และผลิตเนยขาว เนยเทียม และครีมแต่งหน้าเค้ก เป็นต้น อย่างไรก็ดี เนื่องจากโรงงานแห่งนี้มีขนาดเล็กมากจึงไม่สามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้ เพราะได้จัดสร้างขึ้นตามพระราชดำริให้เป็นเชิงการศึกษา เพื่อให้เกษตรกรได้ทราบถึงประโยชน์ของการปลูกปาล์มน้ำมันและเข้าใจถึงวิธีการแปรรูปน้ำมันปาล์มจนถึงขั้นบริโภคเท่านั้น

ต่อมาเมื่อวันที่ 24 กันยายน 2534 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ได้มีพิธีลงนามในโครงการพัฒนาปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นโครงการความร่วมมือกับกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ และในปี พ.ศ. 2535-2536 ก็ได้จัดสร้างโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มด้วยระบบทอดสุญญากาศ และโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก ขึ้นที่วิทยาลัยเกษตรกรรมกระบี่ ตรัง และสุราษฎร์ธานี เพื่อเป็นโรงงานฝึกการแปรรูปน้ำมันปาล์มอย่างครบวงจรแก่นักศึกษาวิทยาลัยเกษตรกรรม และเป็นแหล่งเผยแพร่ความรู้แก่เกษตรกรสวนปาล์มในบริเวณใกล้เคียงอีกด้วย และต่อมาในระหว่างวันที่ 15-18 กันยายน 2535 โครงการก็ได้จัดฝึกอบรมคณาจารย์ของวิทยาลัยทั้ง 3 แห่ง เรื่อง การฝึกสกัดน้ำมันปาล์ม และต่อมาในระหว่างวันที่ 20-24 กันยายน 2536 ก็ได้จัดฝึกอบรม เรื่อง การฝึกกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และการแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้แก่คณาจารย์วิทยาลัยทั้ง 3 แห่ง อีกครั้งหนึ่งที่วิทยาลัยเกษตรกรรมกระบี่

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ในการดำเนินการวิจัยโครงการนี้ มีวัตถุประสงค์หลักดังต่อไปนี้

1. เพื่อทำการออกแบบ วิจัย และพัฒนากระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก ที่มีประสิทธิภาพสูง และสามารถดำเนินการได้ในเชิงพาณิชย์
2. เพื่อทำการวิจัย และพัฒนา กระบวนการแปรรูปผลิตผลพลอยได้ต่าง ๆ จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์ม ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลู่ทางการจำหน่ายในเขตชนบทได้อย่างครบวงจร
3. เพื่อทำการศึกษาวิเคราะห์ และรวบรวมเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมันให้มีมูลค่า และประโยชน์สูงสุด ซึ่งเกษตรกรสามารถจะนำไปทำการอุปโภคบริโภคได้ในท้องถิ่น

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการวิจัยนี้ จำกัดขอบเขตเป็นการพัฒนาโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็กที่จะสามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้โดยมีขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1. ใช้เงินลงทุนประมาณ 5 ล้านบาท โดยมีกำลังผลิตไม่เกินวันละ 2-3 ตัน

2. พยายามพัฒนากระบวนการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่มีตลาดในท้องถิ่นชนบท เพื่อลดค่าขนส่ง และค่าโฆษณาผลิตภัณฑ์

3. พยายามวิจัยและพัฒนา เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ลงทุนต่ำ และสะดวกต่อการใช้งาน ซ่อมบำรุงง่าย โดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ต้องได้มาตรฐาน

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โครงการนี้หากทำการวิจัยและพัฒนาได้เป็นผลสำเร็จ ก็คาดว่าจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรสวนปาล์มรายย่อยของประเทศไทย ได้มีโอกาสรวมกลุ่มกันจัดสร้างโรงงานสกัด และแปรรูปน้ำมันปาล์มได้เอง จนถึงขั้นบริโภคได้อย่างครบวงจร และสามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้ กลุ่มของเกษตรกรและหน่วยงานต่าง ๆ ที่จะได้รับประโยชน์จากความสำเร็จของโครงการวิจัยนี้ ประกอบด้วย

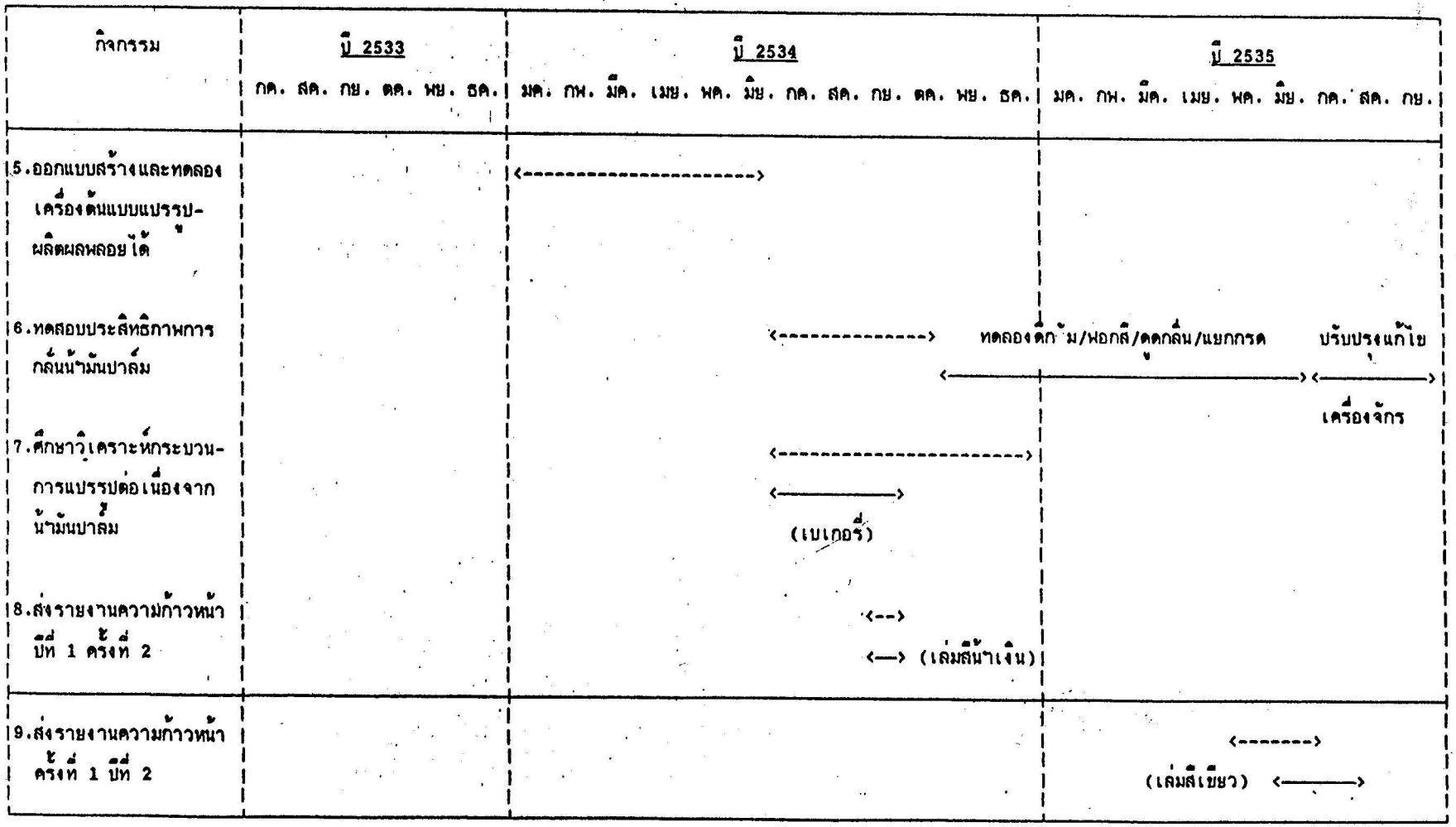
1. สหกรณ์นิคมต่าง ๆ เช่น อ่าวลึก, ท่าแซะ และหลังสวน
2. นิคมสร้างตนเอง พระแสง และสตูล
3. กลุ่มเกษตรกรนอกนิคม และเอกชนรายย่อย
4. กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
5. เกษตรกรสวนปาล์มในโครงการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ดินพรุที่เสื่อมสภาพของจังหวัดนราธิวาส ได้แก่ สหกรณ์นิคมบาเจาะ และสกรณ์นิคมปิเหล็ง เป็นต้น



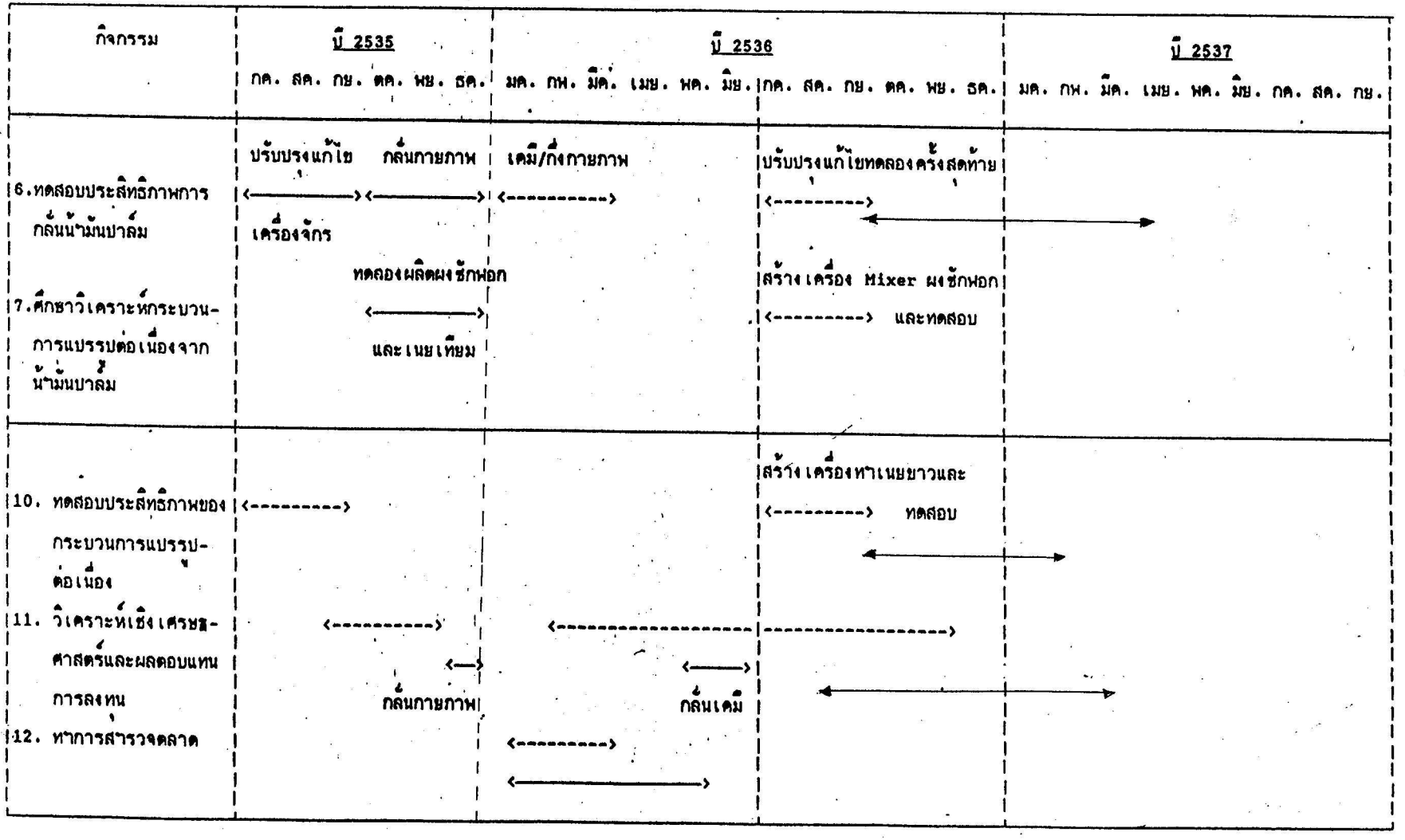
## 1.5 แผนการดำเนินงานและงบประมาณ

โครงการวิจัยนี้ใช้เวลาวิจัยรวมทั้งสิ้น 34 เดือน และใช้งบประมาณทั้งสิ้น 3,306,400 บาท โดยมีแผนการดำเนินการในแต่ละปีดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)


กิจกรรม
ปี 2533
ก.ค. ส.ค. ก.ย. ต.ค. พ.ย. ธ.ค.
ปี 2534
ม.ค. ก.พ. มี.ค. เม.ย. พ.ค. มิ.ย. ก.ค. ส.ค. ก.ย. ต.ค. พ.ย. ธ.ค.
ปี 2535
ม.ค. ก.พ. มี.ค. เม.ย. พ.ค. มิ.ย. ก.ค. ส.ค. ก.ย.
5.ออกแบบสร้างและทดลองเครื่องต้นแบบแปรรูป-ผลิตผลพลอยได้
6.ทดสอบประสิทธิภาพการกลั่นน้ำมันปาล์ม
ทดลองดัก ม/ผอกสี/ดดกลิ่น/แยกกรด
ปรับปรุงแก้ไข
เครื่องจักร
7.ศึกษาวิเคราะห์กระบวนการแปรรูปต่อเนื่องจากน้ำมันปาล์ม
(เบเกอรี่)
8.ส่งรายงานความก้าวหน้าบท 1 ครั้ง 2
(เล่มสีน้ำเงิน)
9.ส่งรายงานความก้าวหน้าครั้ง 1 บท 2
(เล่มสีเขียว)

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)


กิจกรรม
ปี 2535
ปี 2536
ปี 2537
กค. สค. กย. ตค. พย. ธค.
มค. กพ. มีค. เมย. พค. มิย.
กค. สค. กย. ตค. พย. ธค.
มค. กพ. มีค. เมย. พค. มิย. กค. สค. กย.
6.ทดสอบประสิทธิภาพการกลั่นน้ำมันปาล์ม
ปรับปรุงแก้ไข
กลั่นกายภาพ
เดิม/กั่งกายภาพ
ปรับปรุงแก้ไขทดลองครั้งสุดท้าย
เครื่องจักร
7.ศึกษาวิเคราะห์กระบวนการแปรรูปต่อเนื่องจากน้ำมันปาล์ม
ทดลองผลิตผงชักฟอก
และเนยเทียม
สร้างเครื่อง Mixer ผงชักฟอก
และทดสอบ
10. ทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการแปรรูปต่อเนื่อง
สร้างเครื่องทำเนยขาวและ
ทดสอบ
11. วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์และผลตอบแทนการลงทุน
กลั่นกายภาพ
กลั่นเดมี
12. ทำการสำรวจตลาด

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

| กิจกรรม | ปี 2535 | | | | | | ปี 2536 | | | | | | ปี 2537 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | กค. | สค. | กย. | ตค. | พย. | ธค. | มค. | กพ. | มีค. | เมย. | พค. | มิย. | กค. | สค. | กย. | ตค. | พย. | ธค. | มค. | กพ. | มีค. | เมย. | พค. | มิย. | กค. | สค. | กย. |
| 13. ส่งรายงานความก้าว-หน้า ครั้งที่ 2 บทที่ 2 | | | | <-----> | | | <-----> | | | | | <--> | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14. ส่งรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 บทที่ 3 | | | | | | | | | | | | | <--> | | | | | | | | | | | | | | |
| 15.จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ | | | | | | | | | | | | | | | | <-----> | | | <-----> | | | | | | | | |

หมายเหตุ : <----------> แผนงานวิจัย

<----------> งานที่ดำเนินการไปแล้ว

# บทที่ 2

## การศึกษาวิเคราะห์ทดลองและรวบรวมเทคโนโลยี การกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

สำหรับโครงการวิจัยนี้จะเริ่มต้นโดยการศึกษาวิเคราะห์และรวบรวมเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์จากเอกสารต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการออกแบบโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก และนอกจากนั้นก็จะทำการทดลองกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการเคมีที่โรงงานต้นแบบของศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส ที่คณะผู้วิจัยได้สร้างไว้ในปี พ.ศ 2532-2533 เพื่อหาข้อมูลพื้นฐานของการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการทางเคมี

### 2.1 การศึกษารวบรวมเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

เทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เป็นเทคโนโลยีที่ได้เกิดขึ้นมาเป็นเวลานานแล้ว และมีการพัฒนาปรับปรุงอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การศึกษาและรวบรวมเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ จะเริ่มโดยการสรุปถึงวิธีการหรือกรรมวิธีในการกลั่นน้ำมันปาล์มโดยทั่วไปจากเอกสาร PORIM TECHNOLOGY NO.1 , 1981 โดย F.V.K Young ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

น้ำมันปาล์ม คือน้ำมันที่ได้จากส่วนเนื้อของผลปาล์ม มีกรดไขมันพวกปาล์มมิติก (Palmitic) โอเลอิก (oleic) และลิโนเลอิก (linoleic) เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ น้ำมันปาล์มจึงมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว

น้ำมันปาล์มดิบเป็นน้ำมันที่สกัดได้จากผลปาล์ม ยังไม่ผ่านขั้นตอนการกลั่นให้เป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ดังนั้นน้ำมันปาล์มดิบจึงมีสารประกอบที่ไม่ใช่น้ำมันเจือปนอยู่ด้วย โดยปกติน้ำมันปาล์มจะมีสารประกอบที่เป็นน้ำมัน (Triglycerides) อยู่ประมาณร้อยละ 95 โดยน้ำหนัก หรือมากกว่าขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ ส่วนที่เหลืออีกเพียงเล็กน้อยนั้นเป็นสารประกอบที่ไม่ใช่น้ำมัน (impurities) ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 5 กลุ่ม คือ

1. <u>กรดไขมันอิสระ</u> (Free Fatty Acid) เกิดจากการย่อยสลายของไขมันโดยกระบวนการทางเคมีหรือเอนไซม์ ดังนั้นปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ จึงเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบ ถ้าปริมาณของกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบมีมาก ผลผลิตของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่กลั่นได้จะต่ำ เนื่องจากเกิดการสูญเสียมากในการกลั่น

2. <u>กัม</u> (Gums) เป็นสารพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ฟอสฟาไทด์ (phosphatides) และสารอื่น ๆ ที่มีลักษณะเป็นเมือก (various resinous and mucilaginous materials) สารพวกนี้อาจอยู่ในรูปของสารละลาย สารไม่ละลายหรือสารแขวนลอยอยู่ในน้ำมัน ซึ่งจะมีอยู่ในปริมาณตั้งแต่

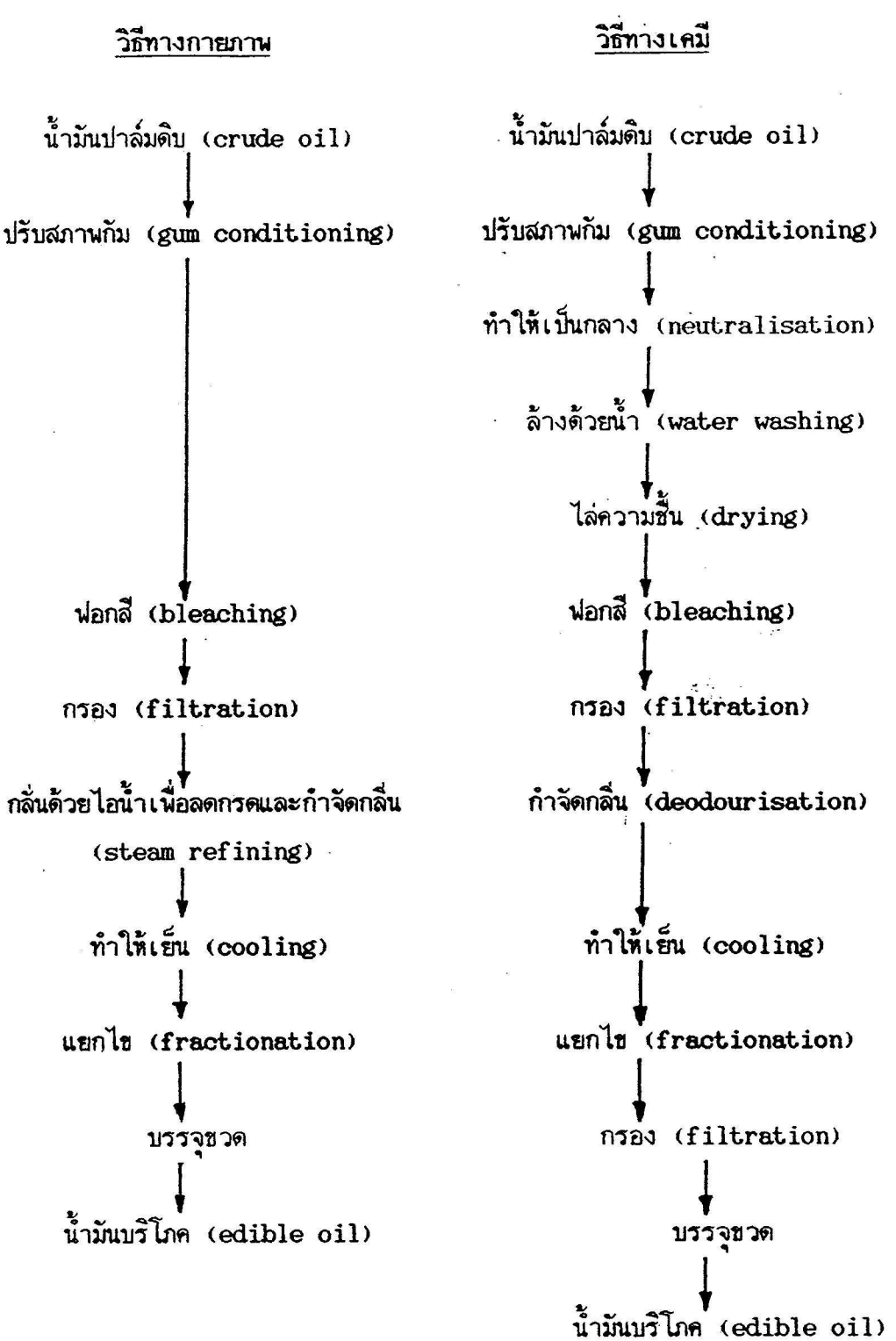
ร้อยละ 0.03 ถึง 3 สารเหล่านี้ถ้าไม่กำจัดออกไปก่อน ในขั้นตอนการกำจัดกลิ่น ซึ่งต้องใช้ความร้อนสูง จะเกิดการไหม้ ทำให้น้ำมันมีสีชาหรือสีน้ำตาล ยิ่งไปกว่านั้นสารพวกนี้มักจะจับอยู่กับโลหะ เช่น เหล็ก ทองแดง และแมกนีเซียม ซึ่งจะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของน้ำมันบริสุทธิ์

3. เม็ดสี (Pigments) ในน้ำมันปาล์ม เป็นสารพวกแคโรตีน (carotene) ซึ่งทำให้น้ำมันปาล์มมีสีเหลืองจนถึงแดงเข้ม ปริมาณแคโรตีนในน้ำมันปาล์มดิบ จะเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำมันปาล์มดิบด้วย ถ้าปริมาณของแคโรตีนน้อยแสดงว่าเกิดการออกซิเดชันของน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งส่งผลให้เกิดการตรึงสี (colour fixation) ขึ้น

4. สารที่เกิดจากปฏิกิริยาเติมออกซิเจน (oxidation products) ปฏิกิริยาเติมออกซิเจนจะเกิดขึ้นเมื่อน้ำมันปาล์มสัมผัสกับอากาศที่อุณหภูมิห้อง โดยปกติจะเกิดกับกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ให้สารประกอบเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxides) ซึ่งไม่อยู่ตัว จะสลายตัวที่อุณหภูมิสูงให้สารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbons) คีโตน (ketones) และแอลดีไฮด์ (Aldehydes) สารเหล่านี้จะทำให้น้ำมันมีกลิ่นหืนและรส ดังนั้นจะต้องกำจัดออกไป

5. โลหะ (Metals) โลหะ เช่น เหล็กและทองแดงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเติมออกซิเจน ดังนั้นถ้ามีอยู่ในน้ำมัน จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยานี้เพิ่มขึ้นและเกิดการตรึงสี

การกลั่นน้ำมันให้บริสุทธิ์เพื่อใช้เป็นน้ำมันบริโภคนั้นมีอยู่ 3 ขั้นตอนหลักคือ การลดกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันตามธรรมชาติ การทำให้น้ำมันมีสีจาง และการกำจัดกลิ่นและรสของน้ำมัน สำหรับการลดกรดไขมันอิสระสามารถทำได้ 2 วิธีคือ วิธีแรกทำให้กรดเป็นกลาง (neutralisation) โดยอาศัยโซดาไฟทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระเกิดเป็นไขสบู่ขึ้น ซึ่งสามารถแยกออกจากน้ำมันได้โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกและล้างคราบสบู่ออกจากน้ำมันด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง วิธีนี้เรียกว่ากระบวนการทางเคมี (chemical process) วิธีที่ 2 เป็นการกลั่นด้วยไอน้ำ ภายใต้อุณหภูมิสูงและสูญญากาศสูงมาก โดยอาศัยไอน้ำเป็นตัวพาเอากรดไขมันและสารระเหยที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสออกไปจากน้ำมัน วิธีนี้เรียกว่ากระบวนการทางกายภาพ (physical process) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า วิธีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มีอยู่ 2 วิธีคือ วิธีทางเคมี และวิธีทางกายภาพ ซึ่งขั้นตอนของแต่ละวิธีแสดงในรูปที่ 2.1




รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์
ที่มา : ดัดแปลงจาก Young, 1981

(1) การปรับสภาพกัม (Gum conditioning)

ขั้นตอนแรกของการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ จะเหมือนกันทั้ง 2 วิธีคือ การปรับสภาพกัม สารประกอบพวกกัมในน้ำมันปาล์มดิบ ส่วนใหญ่จะเป็นสารฟอสฟาไทด์ ซึ่งละลายอยู่ในน้ำมัน สารฟอสฟาไทด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดที่รวมกับน้ำ (hydratable) กับชนิดที่ไม่รวมกับน้ำ (non-hydratable) สารฟอสฟาไทด์ชนิดรวมกับน้ำ สามารถแยกออกได้โดยอาศัยน้ำ สารฟอสฟาไทด์ชนิดไม่รวมกับน้ำสามารถแยกออกได้โดยอาศัยทำปฏิกิริยากับกรดฟอสฟอริค ดังนั้นการปรับสภาพกัมคือ การเติมกรดฟอสฟอริคเข้มข้นร้อยละ 80-85 ลงไปในน้ำมันปาล์มดิบประมาณร้อยละ 0.05-0.1 โดยน้ำหนัก แล้วให้ความร้อนกับน้ำมันปาล์มจนถึงอุณหภูมิ 80 °ซ. เป็นเวลา 20-30 นาที เพื่อให้กรดฟอสฟอริคทำปฏิกิริยากับสารฟอสฟาไทด์

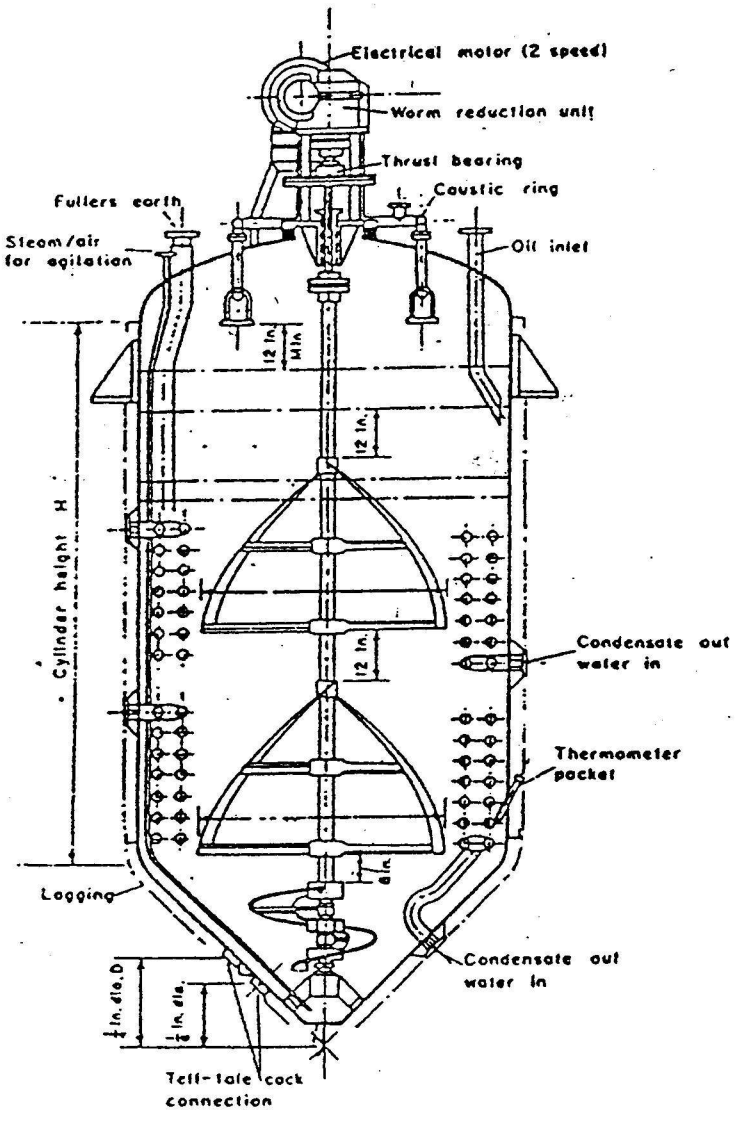
(2) การทำให้เป็นกลาง (Neutralisation)

สำหรับวิธีทางเคมีหลังจากปรับสภาพกัมแล้วขั้นต่อไปคือ การทำให้เป็นกลาง โดยปกติจะทำในถังที่ออกแบบขึ้นมาโดยเฉพาะ (รูปที่ 2.2) นำตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่จะทำให้เป็นกลางไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระก่อน จากนั้นจึงคำนวนหาปริมาณโซดาไฟที่จะต้องใช้เพื่อทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระ โซดาไฟที่ใช้มีความเข้มข้นประมาณ 4 นอร์มัล และปริมาณที่ใช้เติมในน้ำมันจะมากกว่าที่คำนวณได้ประมาณร้อยละ 10-20 โซดาไฟนอกจากจะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระแล้วยังทำปฏิกิริยากับน้ำมันด้วย (saponification) เกิดสบู่มากขึ้นซึ่งมีผลต่อผลผลิตของน้ำมันบริสุทธิ์ น้ำมันจะทำปฏิกิริยากับโซดาไฟได้ดีที่สภาวะดังต่อไปนี้

(1) เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟ
(2) เพิ่มปริมาณของสารละลายโซดาไฟ
(3) เพิ่มอุณหภูมิ
(4) เพิ่มเวลาที่น้ำมันสัมผัสกับโซดาไฟ

ไขสบู่ที่เกิดขึ้นจะลายอยู่ในน้ำและแยกออกจากน้ำมันภายในเวลา 2 ชั่วโมง แต่ถ้าไขสบู่ไม่แยกออกจากน้ำมันแสดงว่าเกิดการรวมตัวกับน้ำมัน (emulsion) ให้ใช้เกลือผงประมาณร้อยละ 0.2 เติมลงไปช้าๆ พร้อมทั้งกวนน้ำมันอย่างเร็ว และเพิ่มอุณภูมิของน้ำมันเป็น 90-95 °ซ. หยุดกวนและพ่นน้ำเดือดประมาณร้อยละ 6 ของน้ำหนักน้ำมันลงไปบนน้ำมัน เสร็จแล้วปล่อยไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง ไขสบู่จะแยกออกจากน้ำมัน

หลังจากแยกไขสบู่ออกไปแล้ว จะต้องล้างด้วยน้ำร้อนจนกว่าจะเหลือคราบสบู่ในน้ำมันน้อยกว่า 100 ส่วนในล้านส่วน โดยปกติจะล้างประมาณ 3 ครั้ง ด้วยน้ำร้อนแต่ละครั้งประมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักน้ำมัน




รูปที่ 2.2 ถังลดกรดและฟอกสี

(3) การฟอกสี (Bleaching)

น้ำมันที่ทำให้เป็นกลางแล้วจะเปียกชื้น ดังนั้นต้องผ่านขั้นตอนการทำให้แห้งโดยทำให้น้ำมันร้อนขึ้นที่อุณหภูมิ 90-95 °ซ. ภายใต้สุญญากาศ จากนั้นจึงฟอกสีน้ำมันด้วยดินฟอกสี (bleaching earth) ปริมาณดินฟอกสีที่ใช้อยู่ในช่วงร้อยละ 1 ถึง 2.5 ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำมัน การฟอกสีจะทำภายใต้สูญญากาศที่อุณหภูมิระหว่าง 100-140 °ซ. ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของการกำจัดกลิ่น ถ้าขั้นตอนการกำจัดกลิ่นใช้อุณหภูมิสูง เช่น 220 °ซ. ขึ้นไป อุณหภูมิของการฟอกสีควรจะเท่ากับ 100 °ซ. สำหรับการกำจัดกลิ่นที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 220 °ซ. การฟอกสีจะต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 140 °ซ. ระยะเวลาการฟอกสีประมาณ 30 นาที หลังจากนั้นจะลดอุณหภูมิน้ำมันลงทันที ที่ 85 °ซ. แล้วกรองเพื่อแยกเอาดินฟอกสีออกจากน้ำมัน

ในวิธีทางกายภาพการฟอกสีจะทำควบคู่กับการปรับสภาพกัม คือหลังจากเติมกรดฟอสฟอริกลงไปในน้ำมันแล้ว ให้ความร้อนกับน้ำมันจนร้อนถึงอุณหภูมิของการฟอกสีคือระหว่าง 90-110 °ซ. ภายใต้สูญญากาศ จึงเติมดินฟอกสีลงไป และหลังจากนั้นประมาณ 15 นาที เติมผงแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ลงไปประมาณร้อยละ 0.15 โดยน้ำหนัก และปล่อยให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นสมบูรณ์ประมาณ 15 นาที จึงลดอุณหภูมิของน้ำมันลงมาที่ 85 °ซ. แล้วกรองเอาดินฟอกสีออกจากน้ำมัน

กรดฟอสฟอริกจะย่อยสลายสารประกอบพวกแคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งจับอยู่กับฟอสฟาไทด์ ที่ไม่รวมกับน้ำทำให้ฟอสฟาไทด์ตกตะกอน โลหะพวกเหล็กและทองแดงจะถูกแยกออกจากน้ำมันด้วยปฏิกิริยาแบบเดียวกัน ดินฟอกสีจะดูดซับเม็ดสีและสารที่เกิดจากปฏิกิริยาเติมออกซิเจนบางส่วน แคลเซียมคาร์บอเนตจะทำปฏิกิริยากับกรดฟอสฟอริกที่เหลือได้แคลเซียมฟอสเฟตซึ่งจะถูกกำจัดออกไปพร้อม ๆ กับสารที่ไม่ใช่น้ำมันอื่น ๆ ในขั้นตอนการกรอง

(4) การกำจัดกลิ่น (Deodourisation)

สำหรับวิธีทางเคมี การกำจัดกลิ่นทำได้ทั้งแบบกะ (Batch) และแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi - continuous) ในถังที่ออกแบบขึ้นมาโดยเฉพาะ

หลักทฤษฎีของการกำจัดกลิ่นอาศัยการกลั่นด้วยไอน้ำภายใต้สูญญากาศ เพื่อกำจัดกรดไขมันอิสระที่เหลือ แอลดีไฮด์ และคีโตน ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสในน้ำมัน นอกจากนี้ยังทำให้เม็ดสีสลายตัว เนื่องจากความร้อนและระเหยสารที่สลายตัวเหล่านี้ออกไปจากน้ำมัน ประสิทธิภาพของการกำจัดกลิ่นของน้ำมันขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ สูญญากาศ และการผสมกันระหว่างไอน้ำกับน้ำมัน

ถังกำจัดกลิ่นน้ำมันแบบกะ (รูปที่ 2.3) สามารถบรรจุน้ำมันได้ 12 ตัน ความลึกของน้ำมันประมาณ 2.5 เมตร ไอน้ำจะถูกพ่นจากก้นถังภายในท่อซึ่งจะดันให้น้ำมันพุ่งขึ้นตามท่อไปกระทบกับหมวกที่อยู่เหนือปากท่อทำให้น้ำมันกระจายออกทางด้านข้าง ช่วยให้น้ำมันและไอน้ำสัมผัสกันดี

สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดกลิ่นของน้ำมันปาล์ม สรุปได้ดังนี้

แบบกะ

| | |
|---|---|
| อุณหภูมิ | 190-200 °ซ. |
| เวลา (นับจากอุณหภูมิ 180 °ซ) | 6 ชั่วโมง |
| สูญญากาศ | 4-6 มม. ของปรอท |
| ไอน้ำ | ร้อยละ 4-6 ระหว่างเวลา 6 ชั่วโมง นับจากอุณหภูมิ 180 °ซ. |

แบบกึ่งต่อเนื่อง

| | |
|---|---|
| อุณหภูมิสูงสุด | 260 °ซ. |
| เวลา (ที่อุณหภูมิ 240-260 °ซ.) | ต่ำสุด 1 ชั่วโมง |
| ไอน้ำ | ทั้งหมดร้อยละ 4 ซึ่งร้อยละ 3 จะใช้ระหว่างอุณหภูมิ 250-260 °ซ. |

เพื่อลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจนในน้ำมันที่กำจัดกลิ่นแล้ว ในทางปฏิบัติจะเติมกรดมะนาวเข้มข้นร้อยละ 10-15 ลงไปในน้ำมันประมาณร้อยละ 0.02 ในระหว่างที่ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 120 °ซ. ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้เศษเหล็กและทองแดงไปเร่งปฏิกิริยาให้เกิดขึ้นได้

ในวิธีทางกายภาพการกำจัดกลิ่นจะทำพร้อมกับการลดกรดไขมันอิสระด้วยวิธีกลั่น ซึ่งคล้ายกับการกำจัดกลิ่นที่กล่าวไปแล้ว สภาวะของการกลั่นแบบกะมีดังนี้

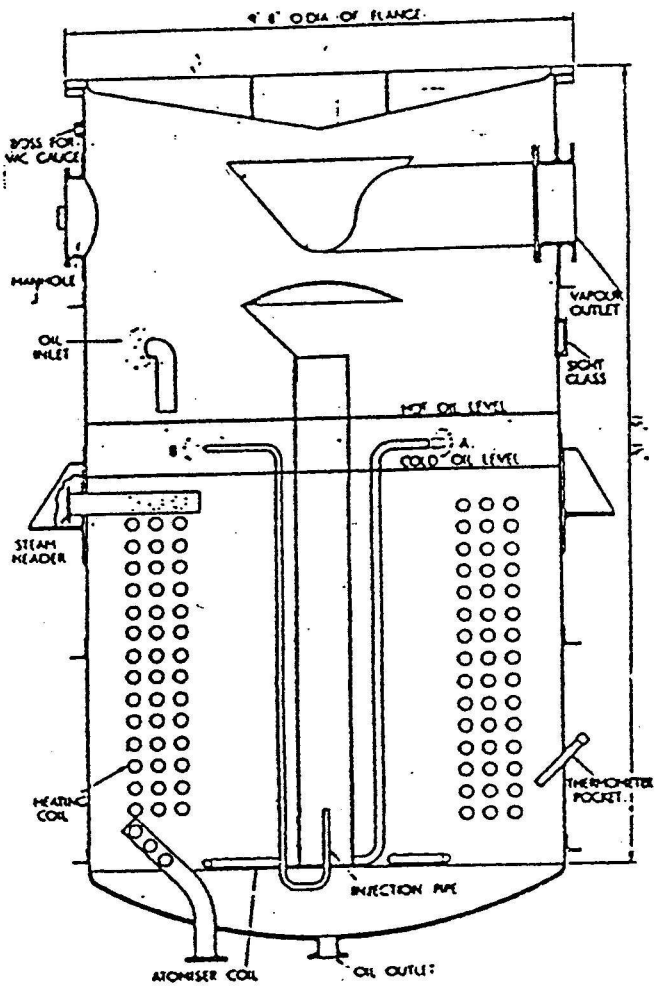
| | |
|---|---|
| อุณหภูมิ | 240-260 °ซ. |
| เวลา (ที่ 240-260 °ซ.) | ต่ำสุด 6 ชั่วโมง สูงสุด 10 ชั่วโมง |
| สูญญากาศ | 1-4 มม. ของปรอท |
| ไอน้ำ | ประมาณร้อยละ 4 แต่ขึ้นอยู่กับการออกแบบหอโรงกลั่น |

การกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ด้วยวิธีทางกายภาพมีข้อได้เปรียบคือ

(1) มีการสูญเสียน้ำมันระหว่างกระบวนการกลั่นน้ำมันบริสุทธิ์น้อยกว่า

(2) ไม่มีปัญหาเรื่องน้ำเสีย

(3) กรดไขมันอิสระที่แยกออกมาจะอยู่ในรูปของกรดไขมันบริสุทธิ์ ซึ่งสามารถจำหน่ายได้ทันที แต่วิธีทางกายภาพมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถใช้กับน้ำมันทุกชนิดได้




รูปที่ 2.3 ถังดูดกลิ่นแบบกะ

(5) การแยกไข (Fractionation)

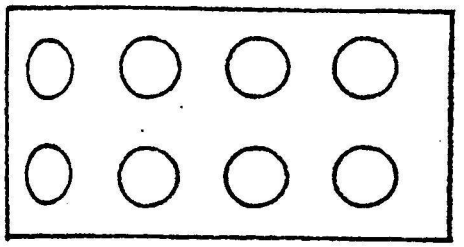
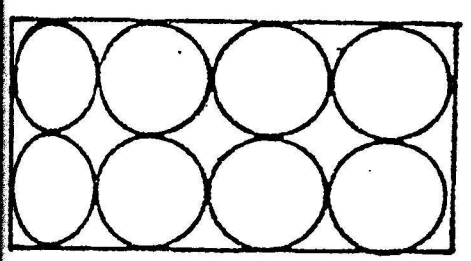
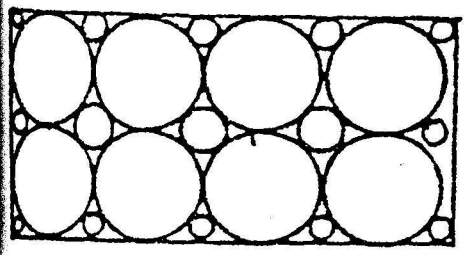
น้ำมันปาล์มประกอบด้วยไตรกลีเซอร์ไรด์ (Triglycerides) ที่มีจุดหลอมเหลวต่าง ๆ กัน กระบวนการแยกไขสามารถแยกน้ำมันปาล์มออกเป็น 2 ผลิตภัณฑ์ คือ น้ำมันปาล์มข้น (Palm stearin) ซึ่งเป็นของเหลวข้น และน้ำมันปาล์มใส (Palm olein) ซึ่งเป็นของเหลวใส การแยกในน้ำมันที่ใช้ในปัจจุบันนี้มี 3 วิธีได้แก่ วิธีแห้ง (Dry) อาศัยการตกผลึกของน้ำมันปาล์มสเตียริน ที่อุณหภูมิต่ำ วิธีของแลนซา (Lanxa) อาศัยสารซักฟอก (detergents) ไปลดแรงดึงผิวของน้ำมันปาล์มสเตียริน ทำให้แยกออกจากน้ำมันปาล์มโอเลอิน และวิธีใช้สารทำละลาย (solvent) สารทำละลายที่นิยมใช้คือเฮกเซน (hexane) หรืออะซีนโตน (acetone)

วิธีแห้งเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปในโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ เพราะเสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด หลักการของวิธีนี้คือ ลดอุณหภูมิของน้ำมันปาล์มลงจนเกิดผลึกของน้ำมันปาล์มสเตียริน จากนั้นเลี้ยงผลึกให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4 และ 2.5 แล้วจึงกรองผ่านเครื่องกรอง (membrane filter press)

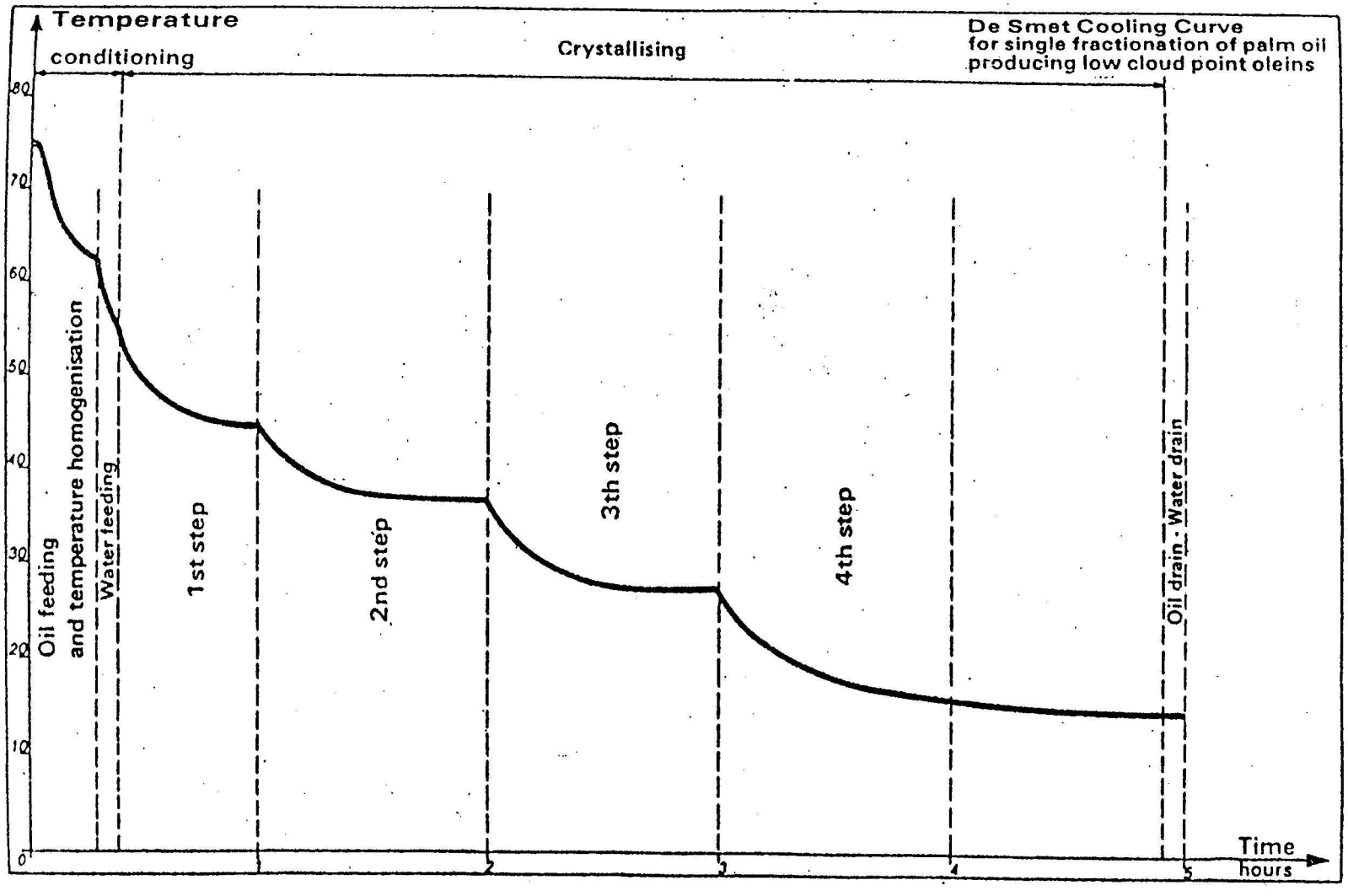
Anthony Athanassiadis จาก Refining Department ของบริษัท Extraction De Smet SA. ได้ลงบทความเรื่อง Refining and Segregation of Palm Oil โดยเน้นกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพ โดยกล่าวถึงกระบวนการหลัก 4 กระบวนการ ดังนี้

1. กระบวนการแยกกัม มีประเด็นที่สำคัญดังนี้
   - ต้องแยกสารฟอสโฟลิปิดส์ ออกจากน้ำมันปาล์มให้หมด
   - การแยกกัมให้ใช้กรดฟอสฟอริคเข้มข้น เพื่อแยกเอาฟอสโฟลิปิดส์ทั้งชนิดละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ และแยกเอาโลหะหนักจำพวกเหล็กออกมาด้วย
   - เมื่อแยกกัมเสร็จแล้วให้ใช้สารละลายโซดาไฟอย่างอ่อนเพื่อทำปฏิกริยากับกรดฟอสฟอริคให้เป็นกลาง และตกตะกอนในรูปของเกลือ

2. กระบวนการฟอกสี มีประเด็นสำคัญดังนี้
   - นำน้ำมันปาล์มประมาณ 25 % เข้าผสมในผงฟอกสีให้เป็น slurry
   - สร้างสุญญากาศในถังฟอกสี
   - ป้อนผงฟอกสีเข้าไปในถังฟอกสี
   - ทำการฟอกสีน้ำมันภายใต้อุณหภูมิ และสภาพสุญญากาศที่กำหนด
   - ทำการกรองผงฟอกสีออกจากน้ำมันโดยใช้แรงอัดของปั๊มประมาณ 2 กก.ต่อ ตร.ซม.

| | size of crystals | separation | SE |
|---|---|---|---|
|  | small (50-100u) | poor | 0.2-0.4 |
|  | large (500-1000u) | favourable | 0.5-0.6 |
|  | small + large | excellent | 0.6-0.85 |

รูปที่ 2.4 การเลี้ยงผลึก และ SEPARATION EFFICIENCY




รูปที่ 2.5 Cooling Curve ของการลดอุณหภูมิเพื่อแยกไข

- ทำน้ำมันให้เย็นตัวลงถึง 55 องศา ซ.
- ใช้ไอน้ำเป่าแยกน้ำมันออกจากผงฟอกสีจนเหลือปริมาณน้ำมันในดินฟอกไม่เกิน 15 %

คุณภาพของน้ำมันหลังดีกัม และฟอกสีแล้วควรจะเป็นดังนี้

| | |
|---|---|
| Acidity in FFA | 3-5 % |
| Phosphatides | 5-50 ppm |
| Colour | R:10 Y:35 (Lovibond cell 1 in) |
| Totox | 3.5-5.0 |

3. <u>กระบวนการดูดกลิ่นและลดกรด</u> มีประเด็นสำคัญดังนี้

- ระบบสุญญากาศให้สามารถสร้างได้ถึง 2-3 มม.ปรอท จึงจะดูดกลิ่นและลดกรดได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ใช้ Steam ejector และ บารอเมตริคคอนเดนเซอร์ต่อกัน 2-3 ชุด
- อุณหภูมิที่ใช้ในการลดกรดและดูดกลิ่นต้องสูงถึง 250-260 องศา ซ. และระยะดูดกลิ่นประมาณ 40 นาที
- ในกระบวนการดูดกลิ่นแบบกายภาพ น้ำมันปาล์มดิบจะต้องมีปริมาณกรดไขมันอิสระระหว่าง 0.5-6.0 %
- สารแอลดีไฮด์ และคีโตน ซึ่งเป็นกลิ่นหืนจะต้องมีปริมาณไม่เกิน 0.1-0.4 % หลังจากดูดกลิ่นแล้ว

4. <u>กระบวนการแยกไข</u> มีประเด็นสำคัญดังนี้

- การแยกไขสเตียรินออกจากน้ำมันส่วนใสโอเลอีนจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอน
  1. เตรียมน้ำมัน อุ่นน้ำมันให้ร้อนเพื่อให้น้ำมันเป็นเนื้อเดียวกัน
  2. ลดอุณหภูมิน้ำมันลงอย่างช้า ๆ เพื่อให้เกิดเม็ดผลึก (nuclei)
  3. ลดอุณหภูมิลงเพื่อให้เกิดเป็นผลึกโตขึ้น
- การเลี้ยงผลึกด้วยการลดอุณหภูมิจะต้องทำให้ผลึกมีขนาดและปริมาณที่เหมาะสม ถ้าผลึกเล็กเกินไป และมีปริมาณมากจะทำให้กรองออกยาก
- เมื่อเลี้ยงผลึกจนได้ที่แล้วก็นำน้ำมันไปกรองแยกไขออกด้วยเครื่องกรองแบบผ้าอัดหลายชั้น จะได้น้ำมันใส 60 % และไขสเตียริน 40 %
- การแยกไขอาจใช้สารละลายเฮกเซนก็ได้ แต่จะมีต้นทุนการแปรรูปสูงกว่าแบบเลี้ยงผลึก

ในการพัฒนาเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มนั้น F.V.K. Young ได้รวบรวมไว้ในบทความเรื่อง Deodorising/Physical Refining : Current Plant and Future Outlook ใน

Proceeding "Palm Oil Product Technology in the Eighties" โดยส่วนใหญ่เป็นกระบวนการกลั่นแบบกายภาพ ซึ่งเป็นแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-Continuous)และแบบต่อเนื่อง (Continuous) ดังนี้

1. ระบบของ Rosedowns - Votator เป็นกระบวนการกลั่นกายภาพแบบกึ่งต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งพัฒนาโดยบริษัท Simon Rosedowns Limited, Hull, ประเทศอังกฤษ ใช้เวลาในการดูดกลิ่นและลดกรดรวมครั้งละ 40 นาที โดยโรงงานจะมีขนาดกำลังผลิต 75 ถึง 325 ตันต่อวัน นอกจากนี้บริษัทยังได้พัฒนาเป็นระบบ Rosedowns "Econoflow" ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ใช้เวลาดูดกลิ่นและลดกรด 30 นาที

2. ระบบ EMI model C พัฒนาโดยบริษัท EMI Corporation, Des Plaines, สหรัฐอเมริกา เป็นกระบวนการกลั่นกายภาพแบบกึ่งต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ระบบนี้เป็นระบบของโรงงานขนาดใหญ่ที่มีกำลังผลิตสูงถึงวันละ 600 ตัน

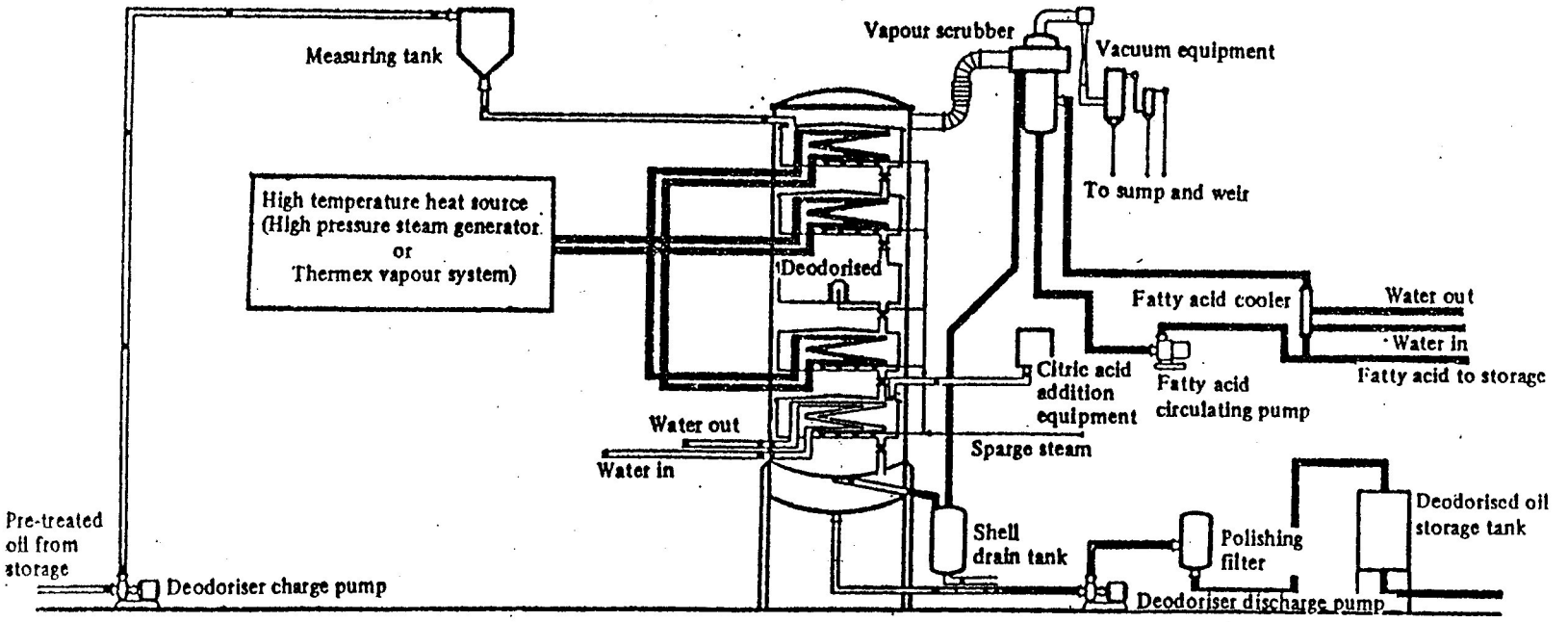
3. ระบบ Alfa - Laval จากบริษัท Alfa - Laval AB, Tumba ประเทศสวีเดน ซึ่งเป็นกระบวนการกายภาพแบบกึ่งต่อเนื่องเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ระบบนี้ใช้เวลาดูดกลิ่นและลดกรดประมาณ 60 นาที และโรงงานมีขนาดตั้งแต่ 50 ถึง 300 ตันต่อวัน

4. ระบบ D Smet ของบริษัท De Smet Engineering S.A. ประเทศเบลเยี่ยม ออกแบบเป็นระบบกึ่งต่อเนื่องเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.10 และใช้เวลาในการดูดกลิ่นและลดกรด 90-105 นาที

5. ระบบ Deodest หรือ EBE ของ Franz Kirchfeld GmbH ประเทศเยอรมัน เป็นกระบวนการกลั่นแบบกายภาพต่อเนื่อง และมีถังดูดกลิ่นเป็นรูปทรงกระบอกนอน ดังแสดงในรูปที่ 2.11 และใช้เวลาในการดูดกลิ่นและลดกรด 90 นาที และโรงกลั่นมีขนาดกำลังผลิตสูงได้ถึงวันละ 600 ตัน

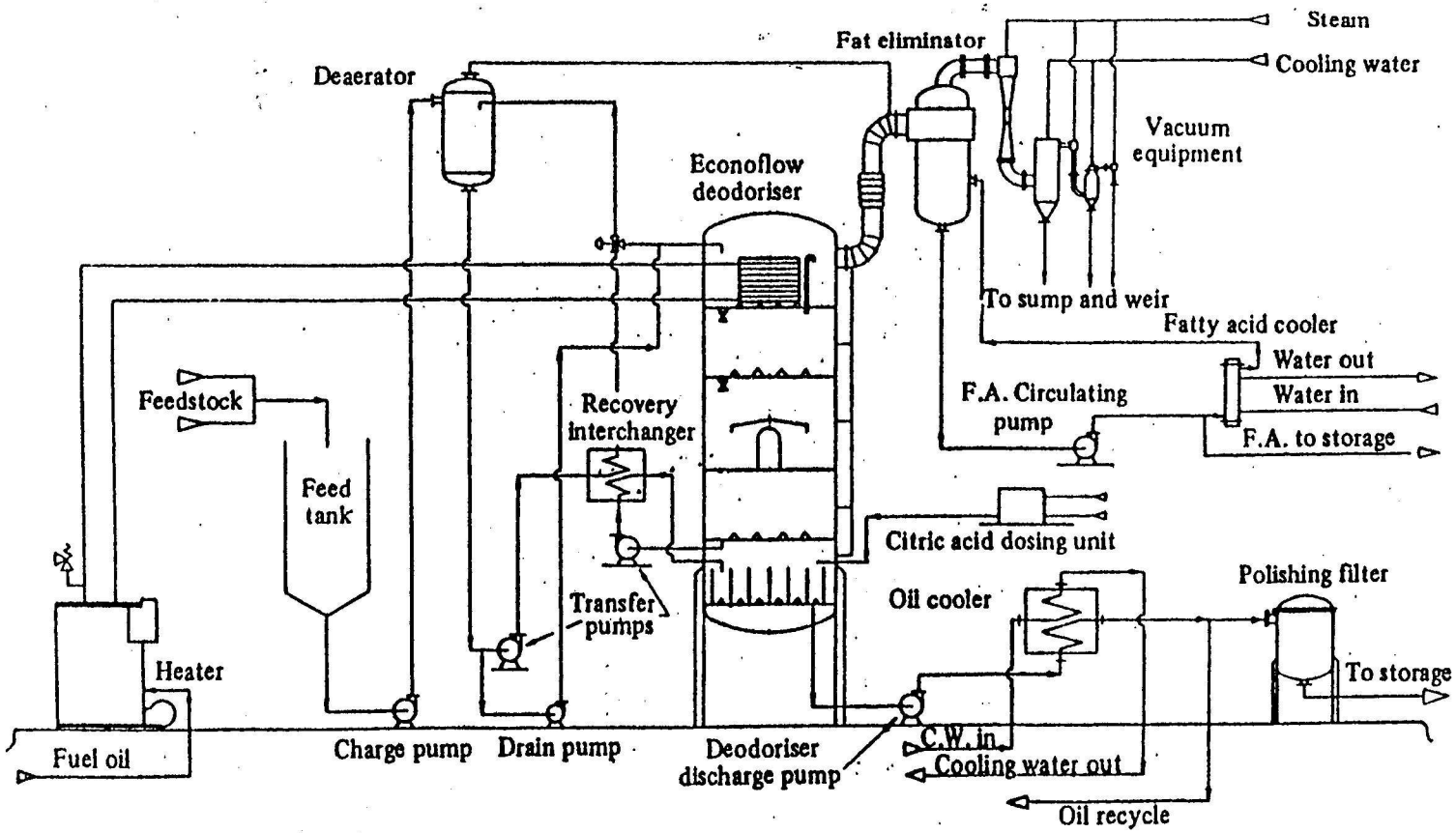
6. ระบบ Campro ของบริษัท Cambrian Processes Ltd ประเทศแคนนาดา ซึ่งเป็นกระบวนการกายภาพแบบต่อเนื่อง และมีถังดูดกลิ่นเป็นรูปทรงกระบอกนอน โดยมีระบบให้ความร้อนแยกเป็นช่วง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ระบบนี้สามารถกลั่นน้ำมันปาล์มได้ถึง 4.545 ตันต่อชั่วโมง

7. ระบบ ACV พัฒนาโดยบริษัท ACV ประเทศเยอรมัน เป็นระบบกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพต่อเนื่อง โดยใช้วิธีผ่านไอน้ำสวนทางกับแผ่นฟิล์มบาง ๆ ของน้ำมันปาล์ม เพื่อดูดกลิ่นหืนออกจากน้ำ



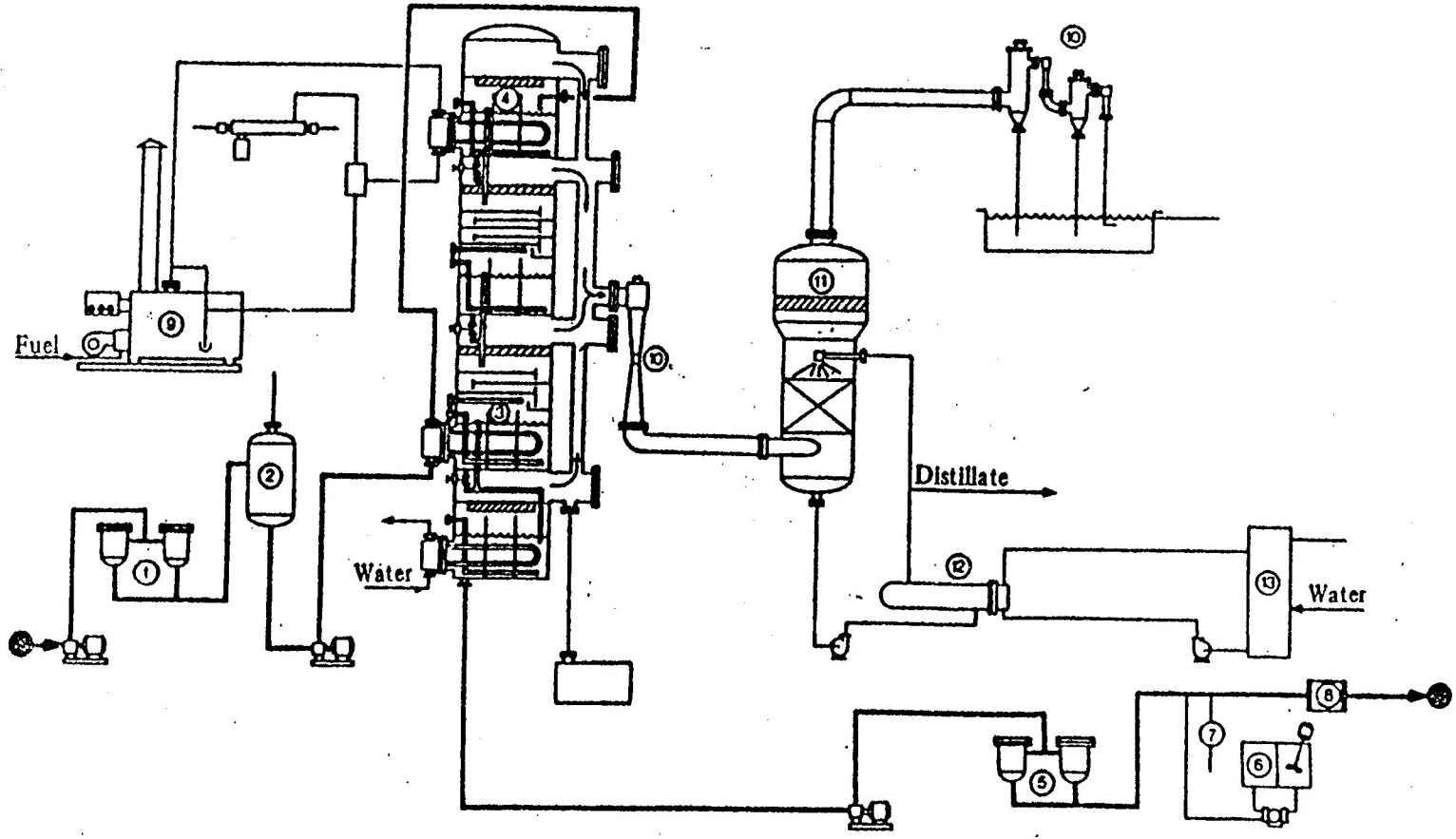

*Rosedowns-Votator semi-continuous deodoriser*

รูปที่ 2.6 Rosedowns-Votator semi-continuous deodoriser



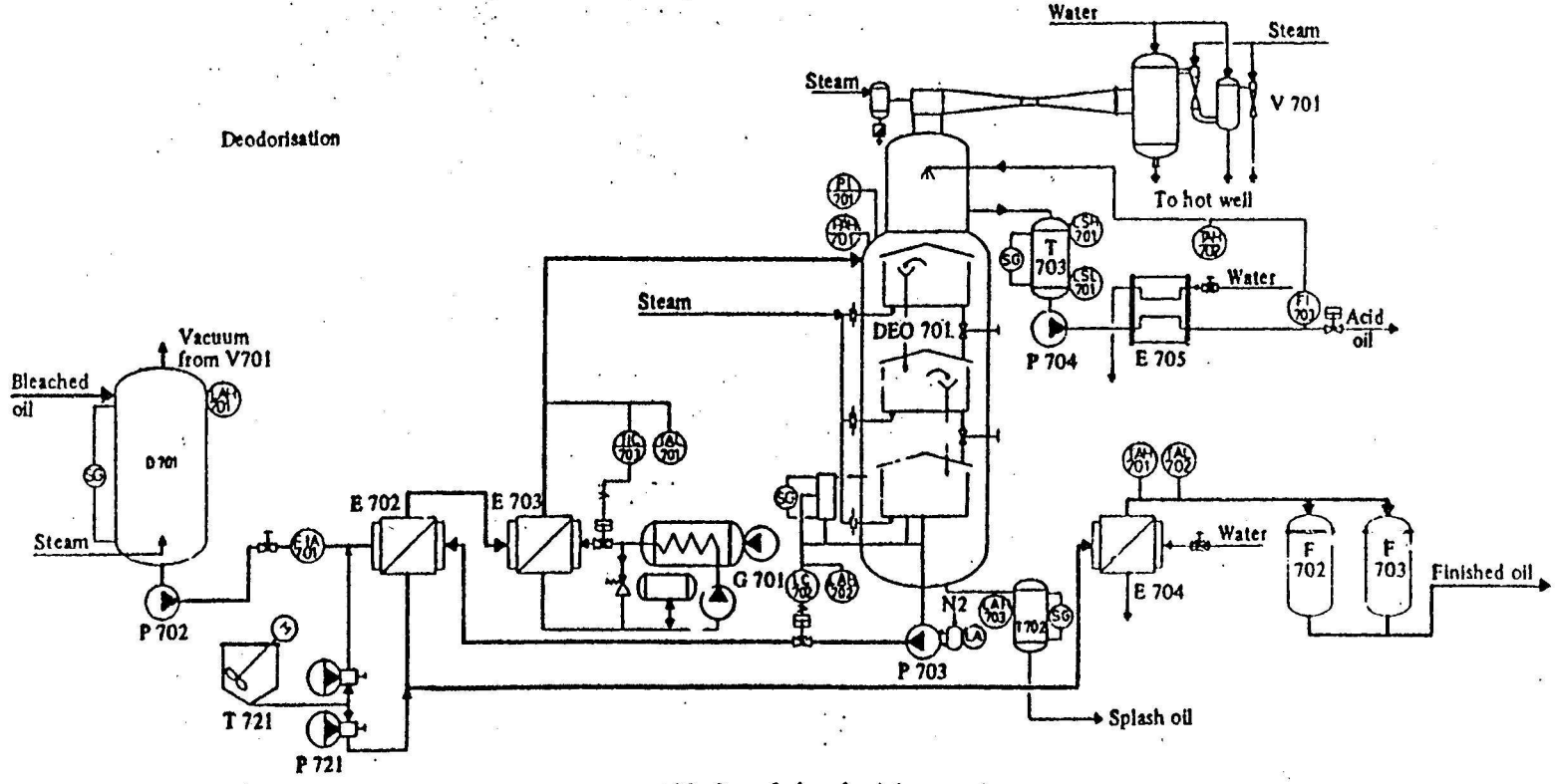

*Rosedowns Econoflow deodorising plant.*

รูปที่ 2.7 Rosedowns Econoflow deodorising plant



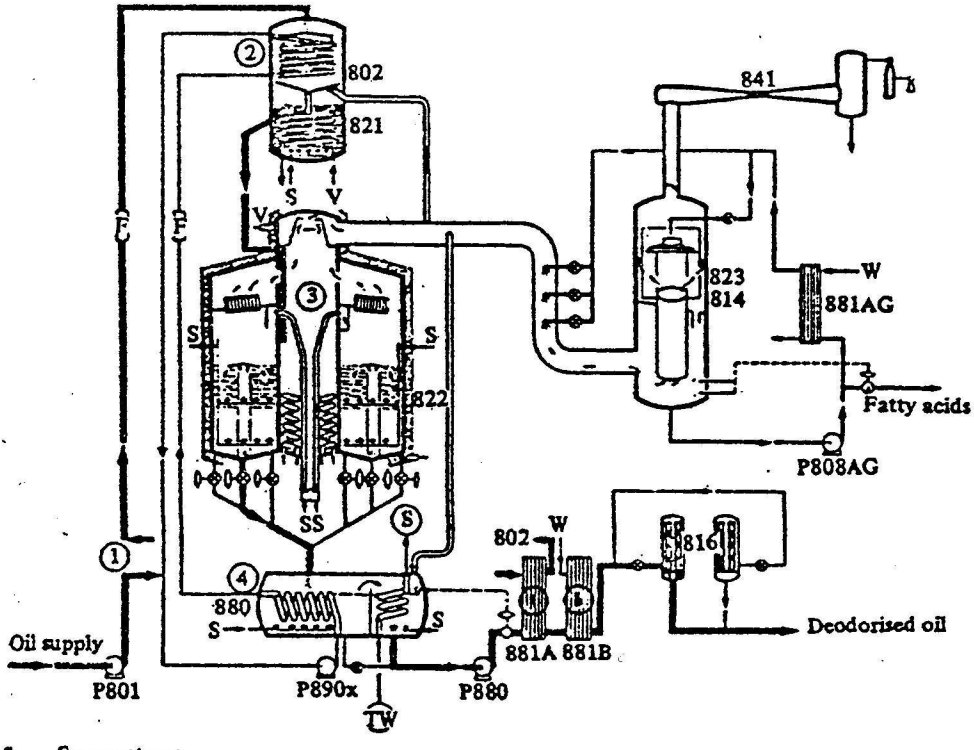

*. E.M.I. model 'C' deodorising system.*

รูปที่ 2.8 E.M.I. model 'C' deodorising system




*Alfa-Laval deodorising system.*

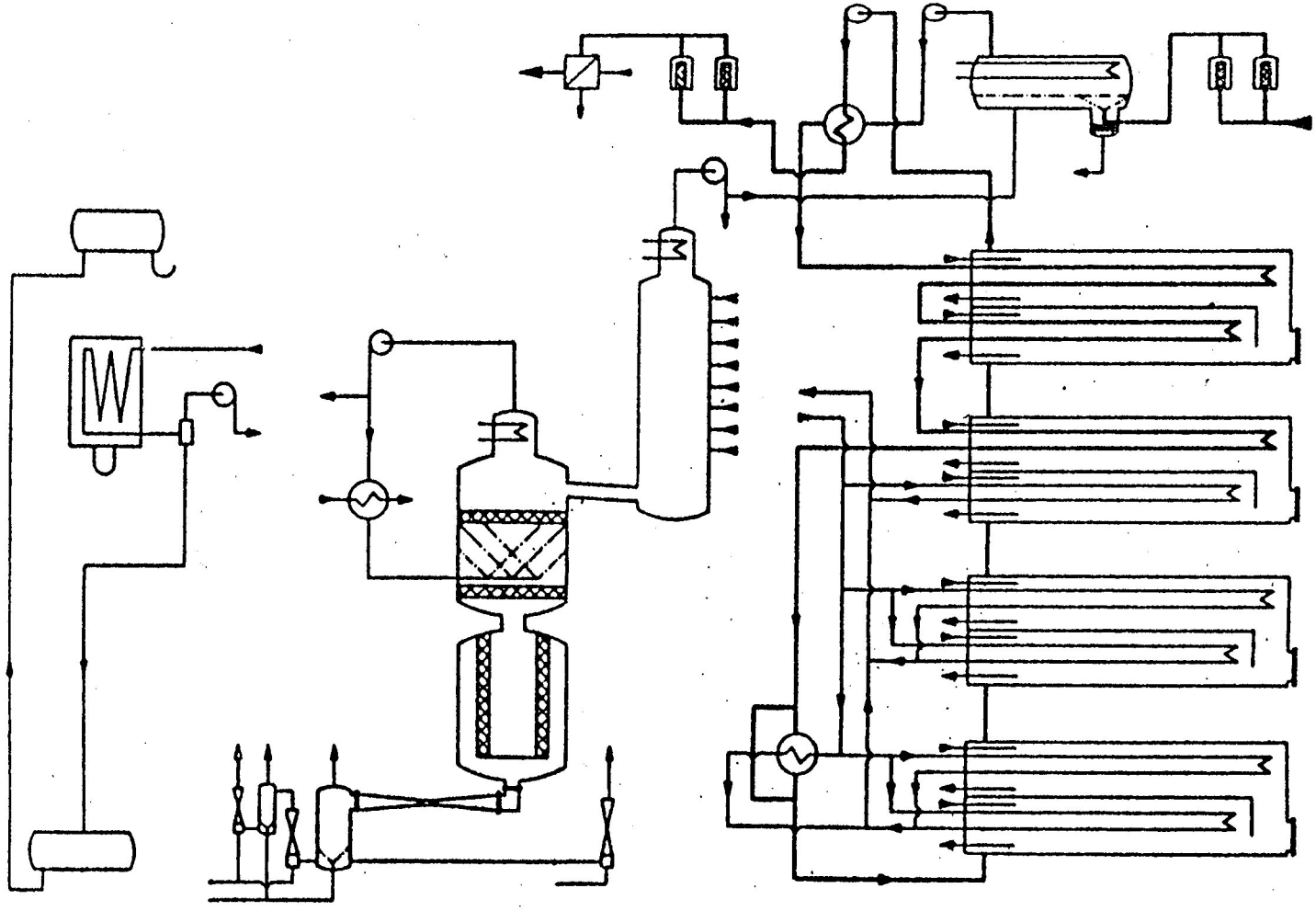
รูปที่ 2.9 Alfa-Laval deodorising system




| | | | |
|---|---|---|---|
| S | Sparge steam | 881AG | Fatty acids cooler |
| F | Flow meter | 880 | Buffer tank-cooler |
| V | Heating fluid | 841 | Vacuum device |
| W | Water | 822 | Deodoriser sod |
| TW | Treated water | 816 | Polishing filter |
| P | Pump | 814/823 | Fatty acids separator – condenser |
| 881B | Finished oil cooler | 802/821 | Deaerator – heater |
| 881A | Oil – oil heat exchanger | | |

*De Smet semi-continuous deodorising plant.*

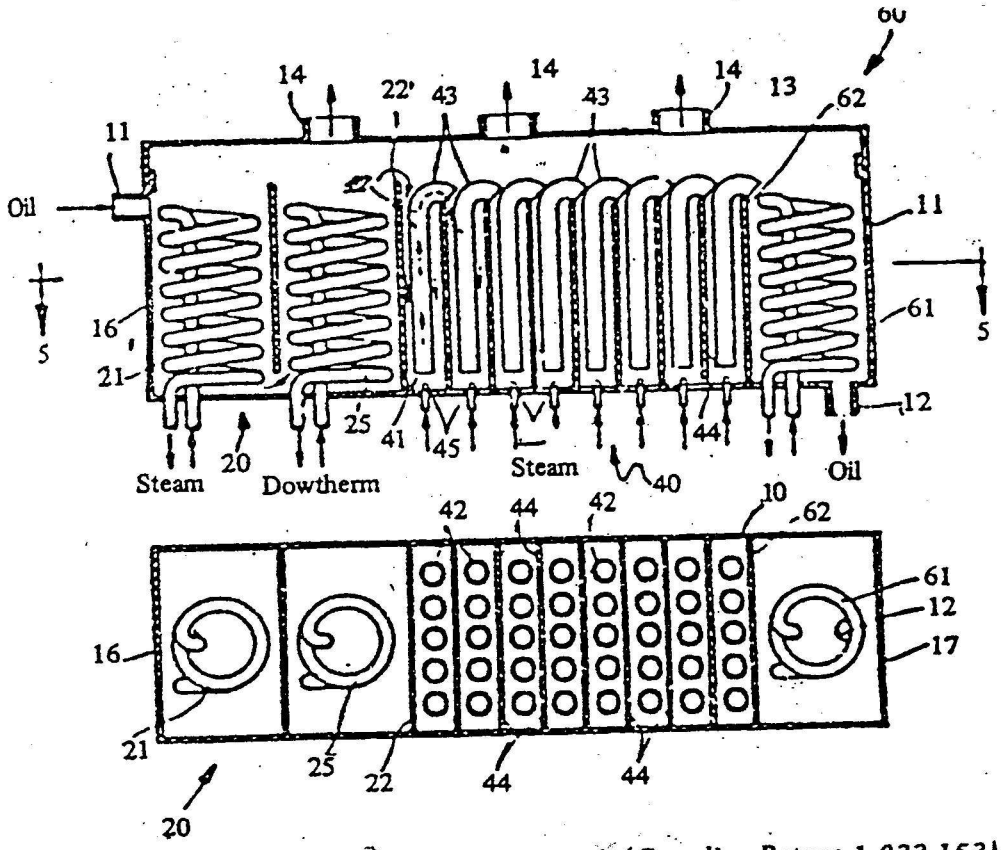
รูปที่ 2.10 De Smet semi-continuous deodorising plant



*Kirchfeld 'Deodest' deodorising plant.*

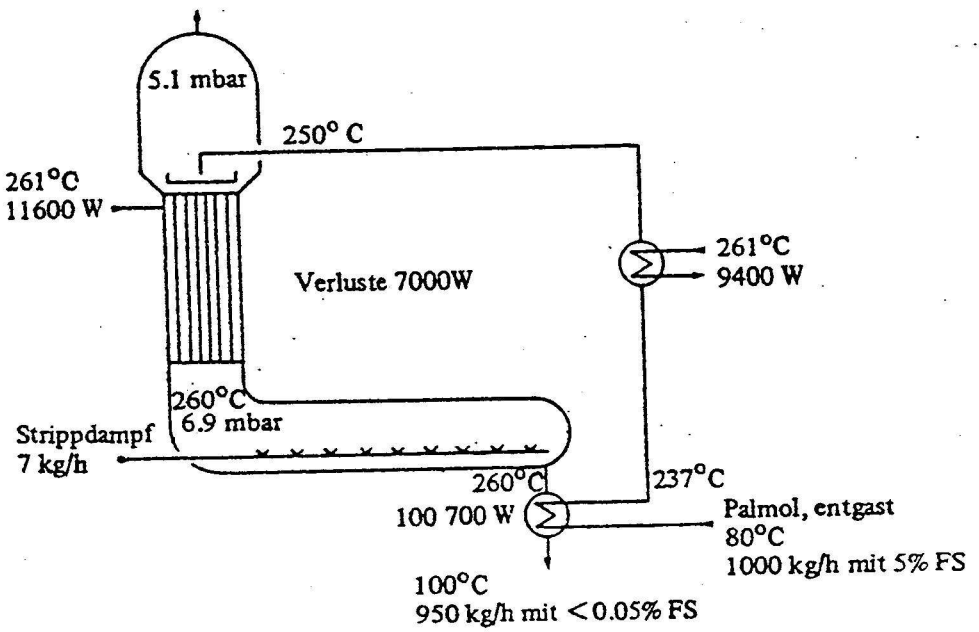
รูปที่ 2.11 Kirchfeld 'Deodest' deodorising plant

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY




*Cambrian deodoriser tray internals (Canadian Patent 1 033 153).*

รูปที่ 2.12 Cambrian deodoriser tray internals (Canadian Patent 1 033 153)




*A.C.V. deacidification design for palm oil.*

รูปที่ 2.13 A.C.V. deacidification design for palm oil

มัน ดังแสดงในรูปที่ 2.13 การดูดกลิ่นแบบนี้ใช้เวลาเพียง 10 - 20 วินาที วิธีการนี้จะประหยัดการใช้ไอน้ำมาก กล่าวคือ สามารถลดกรด FFA จาก 5 % ลงมาเหลือ 0.05 % โดยใช้ไอน้ำเพียง 0.7 % ของน้ำหนักน้ำมันเท่านั้น

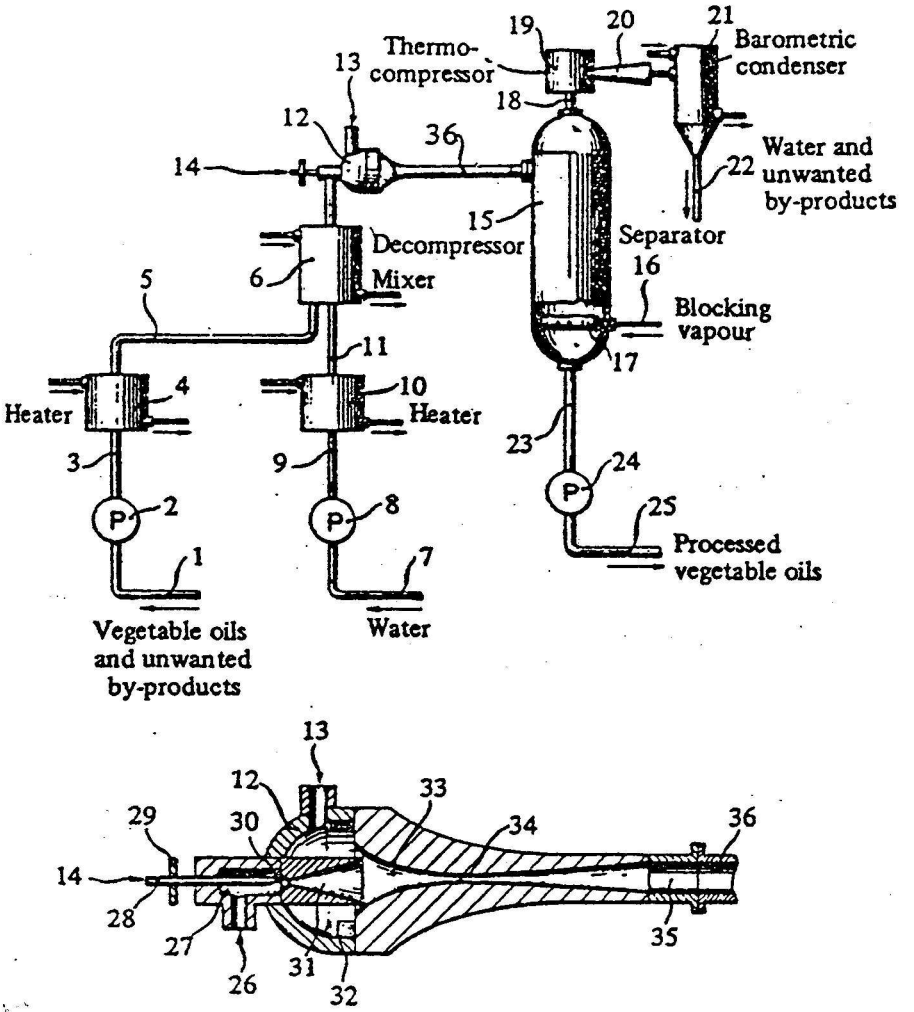
8. ระบบของ Schumacher เป็นระบบการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์แบบต่อเนื่องอีกแบบหนึ่ง ที่ใช้ไอน้ำประมาณ 2 % ของน้ำหนักน้ำมัน และออกแบบตัวกลั่นน้ำมันเป็นลักษณะ Double ดังแสดงในรูปที่ 2.14

9. ระบบ Zosel เป็นระบบที่จดลิขสิทธิ์ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยผ่านน้ำมันปาล์มเข้าไปในหอกลั่นที่บรรจุด้วยลูกแก้ว แล้วให้ความร้อนแก่น้ำมันถึง 150-250 °ซ. จากนั้นก็ฉีดกาซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ามาทางด้านล่างของหอกลั่นที่ความดัน 100-250 บรรยากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.15 น้ำมันจะอยู่ในหอกลั่นประมาณ 18 นาที กาซคาร์บอนไดออกไซด์จะจับกลิ่นหืนและกรดไขมันอิสระผ่านเข้ามาในถังบรรจุถ่าน Activate ก่อนที่กาซจะหมุนเวียนไปยังหอกลั่นต่อไป

## 2.2 การทดลองกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมีที่ศูนย์ศึกษาพัฒนาพิกุลทอง

เนื่องจากคณะผู้วิจัยได้รับงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.) สร้างโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก โดยใช้กระบวนการทางเคมีที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส ในปี พ.ศ.2532-2533 ดังนั้นในโครงการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการเคมี เพื่อหาข้อมูลต่าง ๆ เช่น ประสิทธิภาพการกลั่น เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย และต้นทุนการแปรรูป ตลอดจนการทดลองแปรรูปไขสเตียริน และไขสบู่ เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อไป

รูปที่ 2.16 แสดงถึงระบบวงจรการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส ซึ่งจะเห็นว่ามีกระบวนการหลักอยู่เพียง 3 กระบวนการคือ กระบวนการลดกรด (Neutralization) กระบวนการฟอกสี (Bleaching) และกระบวนการดูดกลิ่น(Deodorization) ซึ่งออกแบบให้สามารถกลั่นน้ำมันได้ครั้งละ 70 ลิตร และแต่ละกระบวนการจะได้รับความร้อนจากระบบเทอร์มัลดังแสดงในรูป นอกจากนั้น ก็จะมีระบบสร้างสภาพความดันต่ำกว่าบรรยากาศ สำหรับกระบวนการฟอกสีและดูดกลิ่นด้วย ซึ่งได้ออกแบบให้เป็นระบบบารอเมตริกคอนเดนเซอร์ สำหรับกระบวนการฟอกสีและดูดกลิ่น

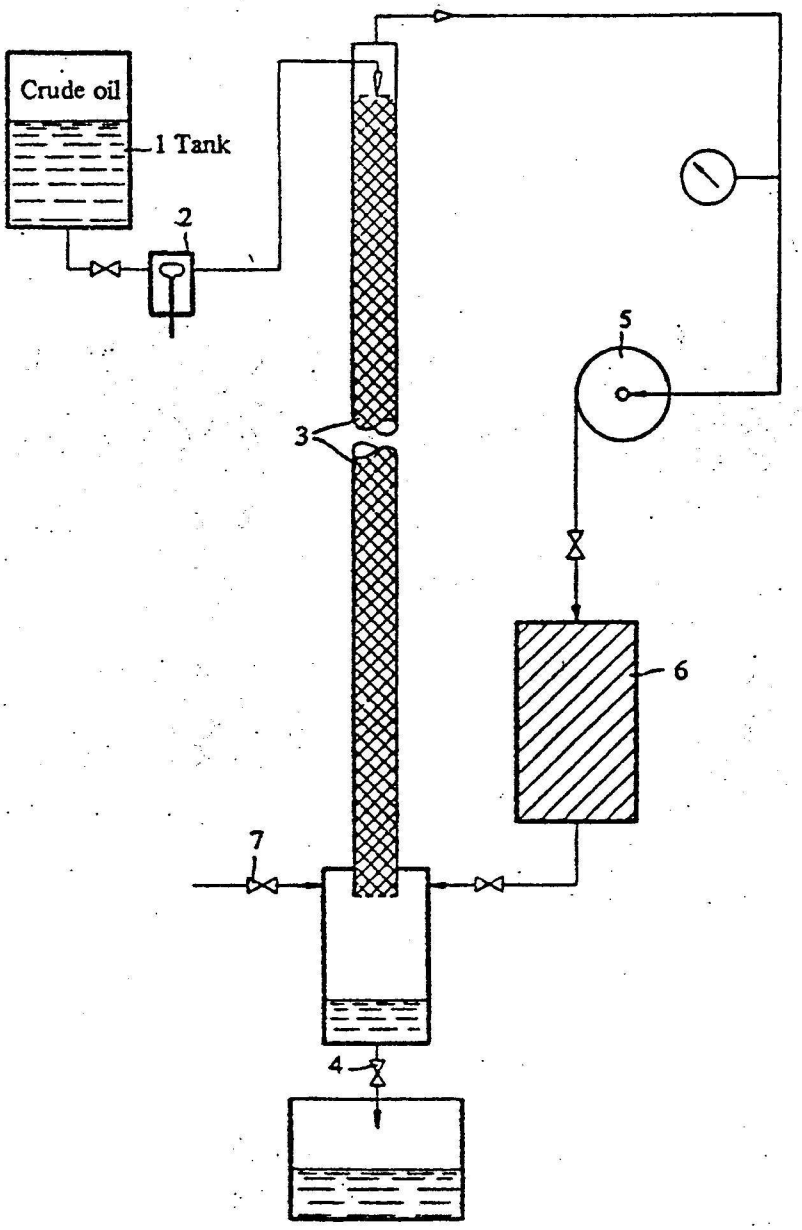






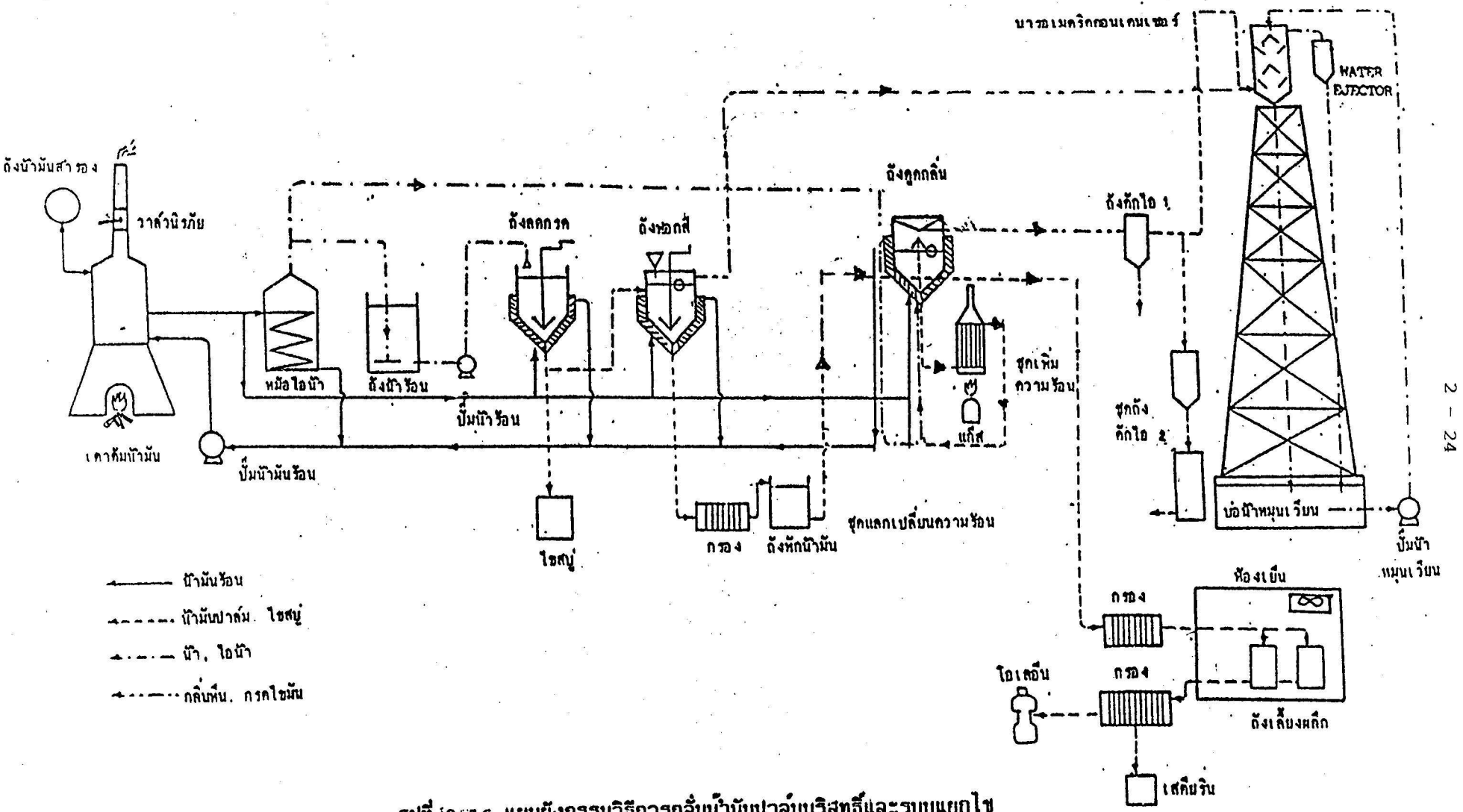
*Schumacher distillation design (US Patent 4 094 748).*

รูปที่ 2.14 Schumacher distillation design (US Patent 4 094 748)




*Zosel design for deodorising fats and oils (US Patent 4 156 688).*

รูปที่ 2.15 Zosel design for dedorising fats and oils (US Patent 4 156 688)




รูปที่ 2.16 แผนผังกรรมวิธีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และระบบแยกไข

## 2.2.1 รายละเอียดการทำงานของระบบกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

สำหรับรายละเอียดการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ในแต่ละกระบวนการหลัก มีดังต่อไปนี้

(ก) กระบวนการลดกรด (Neutralization) มีขั้นตอนประกอบด้วย

1. นำน้ำมันปาล์มดิบบรรจุลงในถังลดกรด จำนวน 70 ลิตร
2. เพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำมันปาล์มจนถึง 95 °ซ ในเวลา 15-20 นาที
3. ผสมโซดาไฟในอัตรา โซดาไฟ 17 กก. ต่อน้ำร้อน 100 ลิตร
4. ค่อย ๆ สเปรย์ สารละลายโซดาไฟลงในน้ำมันปาล์ม และทำการกวนตลอดเวลา สารละลายโซดาไฟจะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มกลายเป็นไขสบู่ ซึ่งเป็นสารแขวนลอยและละลายน้ำได้
5. ทำการตรวจสอบความเป็นด่าง (ค่า pH) ในน้ำมันปาล์ม น้ำมันปาล์มที่ผ่านกระบวนการลดกรดนี้ จะต้องมีปริมาณกรดไขมันอิสระไม่เกิน 0.5 %
6. ทำการถ่ายไขสบู่ออกทางก้นถัง
7. ทำการล้างน้ำมันโดยการสเปรย์น้ำร้อน (95 °ซ.) 3-4 ครั้ง เพื่อล้างเอาไขสบู่ตกค้างออกให้หมด ในกรณีที่มีสบู่แขวนลอยมากให้ใช้เกลือเม็ดโปรยลงไป เกลือจะช่วยแยกไขสบู่แขวนลอยออกจากน้ำมันได้
8. ถ่ายน้ำมันลงในถังฟอกสี

(ข) กระบวนการฟอกสี (Bleaching) มีขั้นตอนประกอบด้วย

1. ให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มจนมีอุณหภูมิ 90 °ซ. และเดินระบบสูญญากาศเพื่อสร้างความดันในถังให้ต่ำกว่าบรรยากาศที่ 10-60 มม.ปรอท
2. ดูดผงฟอกสีเข้าในถังเป็นปริมาณ 3-4 % ของน้ำหนักน้ำมัน
3. ทำการกวนและเพิ่มอุณหภูมิถึง 120 °ซ. และรักษาไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 นาที
4. ถ่ายน้ำมันออกจากถังฟอกสี และนำไปกรองเอาผงฟอกสีออกด้วยกรองแบบผ้าอัดหลายชั้น (Filter Press)
5. นำน้ำมันที่ฟอกสีแล้วไปเก็บไว้ในถังรอการดูดกลิ่นต่อไป

(ค) กระบวนการดูดกลิ่น (Deodorization) มีขั้นตอนดังนี้

1. นำน้ำมันปาล์มเข้าถังดูดกลิ่น
2. เดินปั๊มน้ำระบบบารอเมตริกคอนเดนเซอร์ เพื่อสร้างบรรยากาศในถังดูดกลิ่น ให้มีสภาพเกือบเป็นสูญญากาศ (2.5 มม.ปรอท) แล้วเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันให้สูงถึง 240 °ซ.
3. เปิดไอน้ำฉีดเข้าไปในน้ำมันปาล์มเพื่อดูดกลิ่นหืนออก ภายใต้อุณหภูมิและความดันดังกล่าวเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง

4. ทำการลดอุณหภูมิเหลือ 90 °ซ.
5. ถ่ายน้ำมันที่ดูดกลิ่นแล้วออกจากถัง แล้วนำไปกรองด้วยเครื่องกรองแบบผ้าอัดหลายชั้น ก่อนจะเข้าเครื่องกรองจะใส่ผงกรอง (Filter Aids) เป็นปริมาณ 0.5 % ของน้ำหนักน้ำมัน เพื่อช่วยให้น้ำมันสะอาดบริสุทธิ์ขึ้น

น้ำมันปาล์มที่ผ่านทั้ง 3 กระบวนการแล้ว จะเป็นน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ (RBD Palm Oil) สามารถนำไปบริโภคได้ แต่ยังมีสภาพเป็นน้ำมันส่วนใส (Olein) และน้ำมันส่วนข้น (Stearin) ปนกันอยู่

### 2.2.2 การออกแบบกระบวนการแยกไข (Fractionation)

กระบวนการแยกไข เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแยกเอาน้ำมันส่วนใส (olein) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 60-65 % ออกมาจากไขสเตียริน ซึ่งมีอยู่ประมาณ 35-40% เพื่อนำน้ำมันปาล์มโอเลอีนไปใช้เป็นน้ำมันปรุงอาหาร และแยกไขสเตียรินไปผลิตเป็นสบู่ เนยขาว และเนยเทียม ต่อไป

วิธีการแยกไขนั้น ใช้วิธีการลดอุณหภูมิของน้ำมันปาล์มลงมาตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งจะทำให้น้ำมันปาล์มเกินเป็นเม็ดผลึก (Crystalization) ที่มีขนาดเหมาะสม จึงนำไปกรองแยกน้ำมันโอเลอีนต่อไป ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองใช้ห้องเย็นที่สามารถปรับอุณหภูมิได้ตามความต้องการ และห้องเย็นนี้สามารถใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ด้วย เช่น เพาะเชื้อเห็ด และเก็บผักผลไม้ และเนื้อสัตว์ เป็นต้น

การลดอุณหภูมิเพื่อให้ได้ผลึกที่ดีที่สุดนั้น เริ่มจากน้ำมันปาล์มอุณหภูมิ 75 °ซ.ลดลงเหลือ 45 °ซ. ในชั่วโมงที่ 1 ชั่วโมงที่ 2 ลดลงเหลือ 38 °ซ. ชั่วโมงที่ 3 ลดลงเหลือ 28 °ซ. และลดลงเหลือ 15 °ซ. ในชั่วโมงที่ 5

### 2.2.3 การวิเคราะห์ต้นทุนการกลั่นน้ำมันปาล์ม

จากการทดลองโรงงานแห่งนี้กลั่นน้ำมันปาล์มได้ 110 ลิตรต่อกะ โดยใช้น้ำมันปาล์มดิบ 140 ลิตร

1. ต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| - ค่าเสื่อมราคาอาคารและเครื่องจักร | 153 | บาท |
| - ค่าแรงงาน 4 คน ๆ ละ 100 บาท | 400 | บาท |
| - ค่าซ่อมแซม | 150 | บาท |
| รวม | 703 | บาท |

2. ต้นทุนผันแปร (ไม่รวมค่าน้ำมันปาล์ม)

| | | |
|---|---|---|
| - ค่าโซดาไฟ ใช้ 10 ลิตร ๆ ละ 2.24 บาท | 22.40 | บาท |
| - ค่าดินฟอก 6 กก. ๆ ละ 16 บาท | 96.00 | บาท |
| - ค่าไฟฟ้า | 30.00 | บาท |
| - ค่าน้ำ 6 ลบ.ม. ๆ ละ 4 บาท | 24.00 | บาท |
| - ค่าฟืน (เฉลี่ย) | 100.00 | บาท |
| รวม | 272.40 | บาท |

∴ รวมต้นทุนการแปรรูป = 703 + 272.40 = 975.40 บาท

$$= \frac{975.40}{110}$$

= 8.86 บาท/ลิตร

3. ค่าน้ำมันปาล์มดิบ กก. ละ 12 บาท = 12 x 140

= 1,680 บาท

∴ ต้นทุนรวมการกลั่นน้ำมันปาล์ม $= \frac{(975.40 + 1,680)}{110}$

= 24.14 บาท

หมายเหตุ ค่าเสื่อมราคาคิดดังนี้

อุปกรณ์และอาคาร ราคารวม 558,450 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี

∴ ค่าเสื่อมราคาต่อวัน $= \frac{558,450}{365 \times 10}$

= 153 บาท

ถ้านำน้ำมันปาล์มไปแยกไขต่อ สมมติว่าแยกได้น้ำมันโอเลอีน 70 ลิตร ไขสเตียริน 40 ลิตร และมีค่าขวดและฉลาก 5.50 บาทต่อลิตร

∴ ต้นทุนการผลิตน้ำมันโอเลอีนบรรจุขวด คำนวณได้ดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| ต้นทุนการแปรรูปรวม 975.40 บาท | = | 975.40 | บาท |
| ค่าขวดและฉลาก 70 ชุด 70 x 5.50 บาท | = | 385.00 | บาท |
| รวม | = | 1,360.40 | บาท |

สมมติไขสเตียรินขายได้ในราคา กก. ละ 10 บาท

= 40 x 10 = 400 บาท

∴ ต้นทุนสุทธิเมื่อหักไขสเตียรินออกแล้ว = 1,360.40 - 400 บาท

= 960.40 บาท

∴ ต้นทุนการผลิตน้ำมันปาล์มโอเลอีน = $\frac{960.40}{70}$

= 13.72 บาทต่อลิตร

ถ้าคิดน้ำมันปาล์มดิบด้วย จะคำนวณต้นทุนได้ดังนี้

ต้นทุนรวม 1,360.40 + 1,680 = 3,040.40 บาท

หัก ค่าสเตียริน 3,040.40 - 400 = 2,640.40 บาท

∴ ต้นทุนการผลิตน้ำมันโอเลอีน $\frac{2,640.40}{70}$ = 37.72 บาท/ขวด

## 2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำมันปาล์มบริโภคขึ้น เลขที่ มอก. 288-2535 และประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 109 ตอนที่ 52 เมื่อวันที่ 21 เมษายน 2535 ซึ่งเป็นมาตรฐานล่าสุดของน้ำมันปาล์มบริโภค และมีรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ก. สำหรับน้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี จะมีลักษณะคุณภาพที่สำคัญดังนี้

| คุณภาพ | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|
| Acid Value | ≤ 0.6 |
| Peroxide Value | ≤ 10 |
| Iodine Value | 50 - 55 |
| Saponification Value | 190 - 209 |
| Unsaponification Value | ≤ 12 |
| สบู่ | ≤ 0.005 % |
| สารปนเปื้อน | |
| เหล็ก | ≤ 1.5 Mg/kg |
| สารหนู | ≤ 0.1 Mg/kg |
| ทองแดง | ≤ 0.1 Mg/kg |
| ตะกั่ว | ≤ 0.1 Mg/kg |

องค์ประกอบของกรดไขมัน

| | |
|---|---|
| Lauric acid | ≤ 1.2 |
| Myristic acid | 0.5 - 5.9 |
| Palmitic acid | 32 - 59 |
| Stearic acid | 1.5 - 8.0 |
| Oleic acid | 27 - 52 |
| Linoleic acid | ≤ 1.5 |
| Arachidic acid | ≤ 1.0 |

## 2.4 ความเหมาะสมของการใช้กระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มจากต่างประเทศในโครงการนี้

จากการศึกษาถึงกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มในต่างประเทศ พอสรุปได้ว่า เทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มได้มีการพัฒนากันมากมายหลายแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพซึ่งได้มีการคิดค้นเทคนิค แบบกระบวนการต่อเนื่อง (Continuous Process) เกือบทั้งสิ้น เพื่อให้สามารถเดินระบบได้อย่างต่อเนื่องและสามารถกลั่นน้ำมันปาล์มได้เป็นปริมาณมาก ดังนั้น โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มในต่างประเทศจะมีขนาดกำลังผลิตสูงตั้งแต่วันละ 50 ตัน ถึง 600 ตันต่อวัน และใช้เงินลงทุนสูงหลายสิบล้านบาท หรือหลายร้อยล้านบาท

ในวัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนาโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งใช้เงินลงทุนต่ำ เพื่อให้กลุ่มเกษตรกรสวนปาล์มสามารถรวมตัวกันสร้างได้ และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ก็สามารถนำไปจำหน่ายหรือบริโภคในท้องถิ่น แต่ในขณะเดียวกันก็จะต้องออกแบบให้สามารถดำเนินการเป็นเชิงพาณิชย์แข่งขันกับโรงงานใหญ่ได้ และเมื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มที่พัฒนาขึ้นในประเทศแล้วก็จะพบว่าไม่เหมาะสม เนื่องจากการลงทุนสูงดังกล่าว อย่างไรก็ดีควรออกแบบโรงงานโดยมีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. ออกแบบโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็กซึ่งเป็นแบบกะ (Batch) และใช้กระบวนการทางกายภาพ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการแปรรูปต่ำกว่า และการสูญเสียน้ำมันน้อยกว่ากระบวนการเคมี

2. พยายามวิจัยและพัฒนาระบบถังดูดกลิ่นและลดกรดให้เป็นแบบกะเช่นเดิม แต่พยายามใช้เทคโนโลยีจากจากต่างประเทศมาดัดแปลงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น ระบบ Thin Film หรือระบบของ Cambrian เป็นต้น

3. ทำการวิจัยและพัฒนาระบบสุญญากาศให้สามารถสร้างสุญญากาศได้ถึง 2-3 มม.ปรอท (757-758 มม.ปรอทสุญญากาศ) และปรับปรุงระบบการให้ความร้อนให้สามารถทำอุณหภูมิได้ถึง 250-260 องศา ซ. ซึ่งจะทำให้การลดกรด และดูดกลิ่นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

# บทที่ 3
## การออกแบบ สร้าง และติดตั้งโรงกลั่นน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก

### 3.1 การออกแบบระบบในกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์ม

เมื่อได้ทำการศึกษารวบรวมเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ตลอดจนทำการทดลองกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมีที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองแล้ว คณะผู้วิจัยก็ทำการออกแบบระบบสำหรับโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็กสำหรับกลุ่มเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อย โดยมีเงื่อนไขและข้อกำหนดในการออกแบบดังนี้

1. ขนาดกำลังผลิต ออกแบบให้มีกำลังผลิตวันละ 2 ตัน โดยทำการกลั่นวันละ 2 รอบเป็นอย่างน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดของงบประมาณด้วย

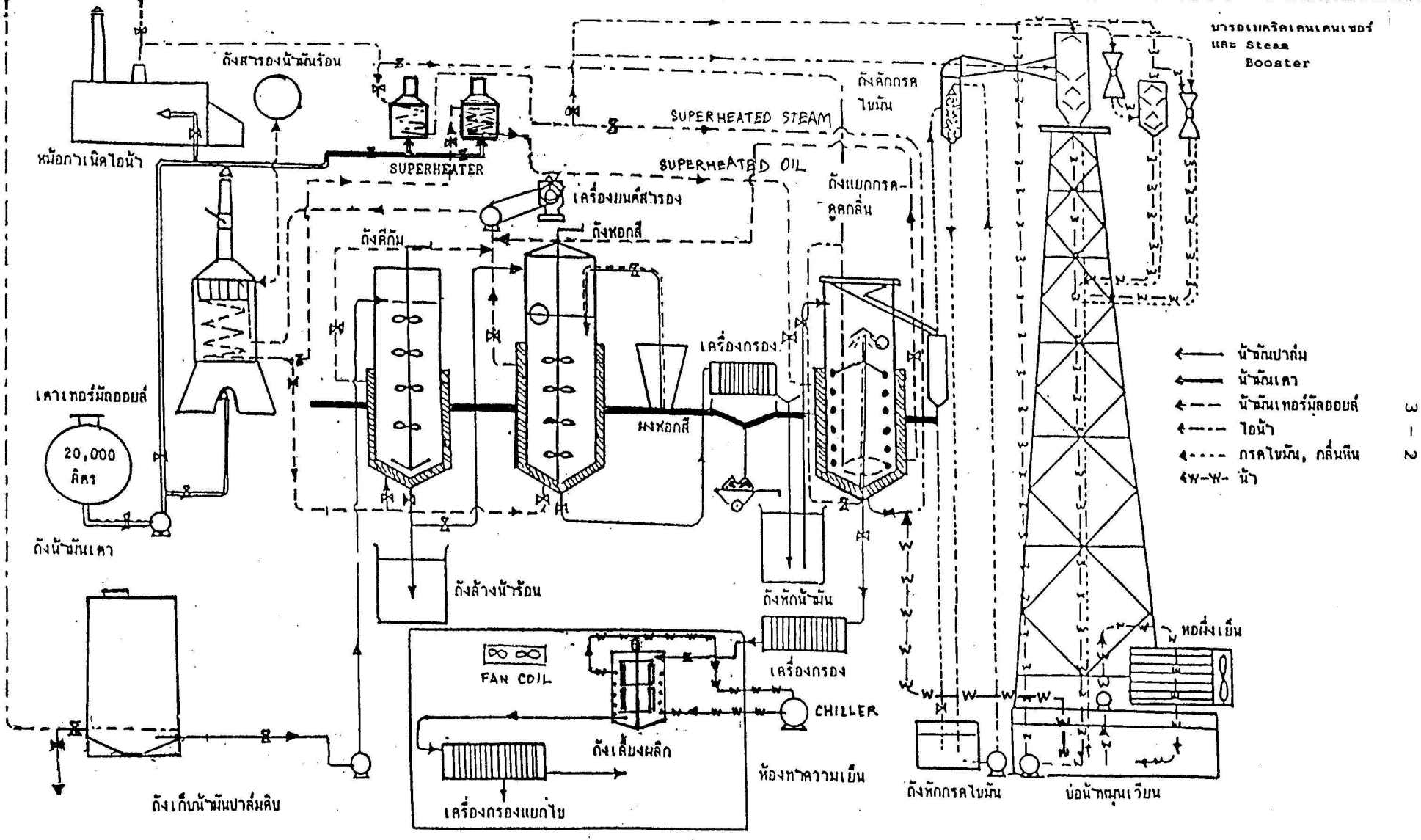
2. ระบบ ออกแบบเป็นกะ (Batch) และเป็นกระบวนการแบบกายภาพ โดยสามารถทำการกลั่นแบบเคมีได้ เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการได้ ในกรณีที่น้ำมันปาล์มดิบมีกรดไขมันอิสระสูงกว่ามาตรฐาน

3. การเลือกระบบให้ความร้อน พิจารณาเลือกระบบเทอร์มัลออยล์ในกระบวนการดีกัม ฟอกสี และดูดกลิ่น เนื่องจากใช้งบประมาณต่ำกว่าระบบไอน้ำ แต่กระบวนการดูดกลิ่นและแยกกรด จะใช้ไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) และไอน้ำยิ่งยวด (Superheated Steam) ด้วย

รูปที่ 3.1 แสดงถึงกระบวนการวงจรการออกแบบกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก และมีรายละเอียดการออกแบบดังต่อไปนี้

1. กระบวนการดีกัม (Degumming Process) ถังแยกกัมออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์-กลาง 0.95 เมตร สูง 3.00 เมตร ตัวถังทำด้วยเหล็กไร้สนิมหนา 3 มิลลิเมตร ปริมาตรการใช้งาน 1,500 ลิตร ระบบให้ความร้อนสร้างเป็นแจ็กเก็ตหุ้มสูง 1.5 เมตรจากกรวยดังกล่าว ภายในถังมีใบพัดกวนน้ำมันและมีฝักบัวสำหรับสเปรย์น้ำและกรดฟอสฟอริค (ดูรายละเอียดแบบแปลนในภาคผนวก ข.)
การทำงานของกระบวนการแยกกัม มีดังนี้

1. สูบน้ำมันปาล์มดิบจากถังเก็บเข้าถังดีกัมปริมาตร 1,500 ลิตร ใช้เวลาประมาณ 20 นาที
2. ให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มดิบในถังจนมีอุณหภูมิ 100 °ซ. ภายในเวลา 30 นาที
3. ผสมกรดฟอสฟอริค 1-2% ฉีดพ่นลงไปในน้ำมันปาล์ม แล้วกวนให้แรงเป็นเวลา 30 นาที
4. ฉีดพ่นน้ำร้อนเพื่อล้างกรด 2-3 ครั้ง ที่อุณหภูมิน้ำมันปาล์ม 90 °ซ. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที
5. ถ่ายน้ำมันปาล์มเข้าถังฟอกสี ใช้เวลา 10 นาที




รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ด้วยวิธีกายภาพ

รวมเวลาในกระบวนการดีกัมทั้งสิ้น ประมาณ 90 นาทีต่อครั้ง ในกรณีที่น้ำมันปาล์มดิบมีกรดน้อยกว่า 4 % อาจใช้กระบวนการแยกกัมแบบไม่ต้องล้างน้ำ โดยข้ามขั้นตอนที่ 4 ไปได้ ซึ่งจะทำให้ลดต้นทุนการผลิตและมลภาวะได้มาก

2. <u>กระบวนการฟอกสี (Bleaching Process)</u> *ถังฟอกสีออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง* 0.95 เมตร สูง 3.75 เมตร ปริมาตรใช้งาน 1,100 ลิตร ทำด้วยเหล็กไร้สนิมหนา 3 มิลลิเมตรเช่นกัน ระบบให้ความร้อนสร้างในแจ็คเก็ตหุ้มสูง 1.80 เมตรจากกรวยด้านล่าง ภายในถังมีใบพัดกวนและมีฝาปิดสนิท เพราะต้องใช้ระบบความดันต่ำกว่าบรรยากาศ โดยมีท่อสำหรับดูดผงฟอกสีเข้าในถังได้ (ดูรายละเอียดแบบแปลนในภาคผนวก ข.) การทำงานของกระบวนการฟอกสี มีดังนี้

1. ให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มในถังฟอกสีจนมีอุณหภูมิ 90 °ซ.ภายใต้ระบบสูญญากาศ ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ 700-750 มม.ปรอท (700-750) ใช้เวลาประมาณ 30 นาที
2. ดูดผงฟอกสีเข้าไปในถัง 1-2 % ของน้ำหนักน้ำมันปาล์มใช้เวลาประมาณ 10 นาที
3. กวนและเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 120 °ซ. ภายในเวลาประมาณ 30 นาที
4. กวนและรักษาอุณหภูมิไว้ที่ 120 °ซ. เป็นเวลา 30 นาที
5. กรองดินฟอกออกจากน้ำมันด้วยเครื่องกรอง Filter Press ใช้เวลาประมาณ 30 นาที
6. สูบน้ำมันเข้ามาในถังฟอกสีใหม่ จำนวน 1,100 ลิตร ใช้เวลา 20 นาที รวมเวลาที่ใช้ในกระบวนการฟอกสี 150 นาทีต่อครั้ง

3. <u>กระบวนการดูดกลิ่นและลดกรด (Deodorization/Deacidification Process)</u>
ถังดูดกลิ่นและลดกรดออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.95 เมตร สูง 3.00 เมตร ปริมาตรใช้งาน 1,500 ลิตร ระบบให้ความร้อนเป็นแจ็กเก็ตสูง 1.75 เมตร จากระดับกรวยภายในถังดูดกลิ่นมีท่อตรงกลาง สำหรับฉีดน้ำมันปาล์มและไอน้ำ ส่วนบนของถังมีกรวยดักไอกลิ่นหืนและกรดไขมันออกจากถังไปยังระบบบารอเมตริกคอนเดนเซอร์ ภายในถังมีขดท่อไอน้ำยิ่งยวด (Superheated Steam) อยู่โดยรอบ (ดูรายละเอียดแบบแปลนในภาคผนวก ข.) การทำงานในกระการดูดกลิ่นและลดกรด มีดังนี้

1. สูบน้ำมันที่ฟอกสีแล้วจากถังพักน้ำมันเข้าถังดูดกลิ่น ใช้เวลา 20 นาที
2. เพิ่มอุณหภูมิน้ำมันให้ถึง 240-250 °ซ. ภายใต้สุญญากาศ 754-757 มม.ปรอท ใช้เวลา 60 นาที
3. เปิดท่อน้ำไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) เข้าไปในน้ำมันปาล์มพร้อมกับยิงสตีมอีเจคเตอร์ (Steam Ejector) เพื่อแยกกลิ่นหืนและกรดไขมันออกจากน้ำมันปาล์มพร้อมกันเป็นเวลานาน 2-3 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำมันปาล์มว่ามีกรด และกลิ่นหืนมากน้อยเพียงใด
4. ลดอุณหภูมิน้ำมันปาล์มเหลือ 90 °ซ. เป็นเวลา 30 นาที
5. กรองน้ำมันปาล์มด้วย Filter Press ใช้เวลา 30 นาที

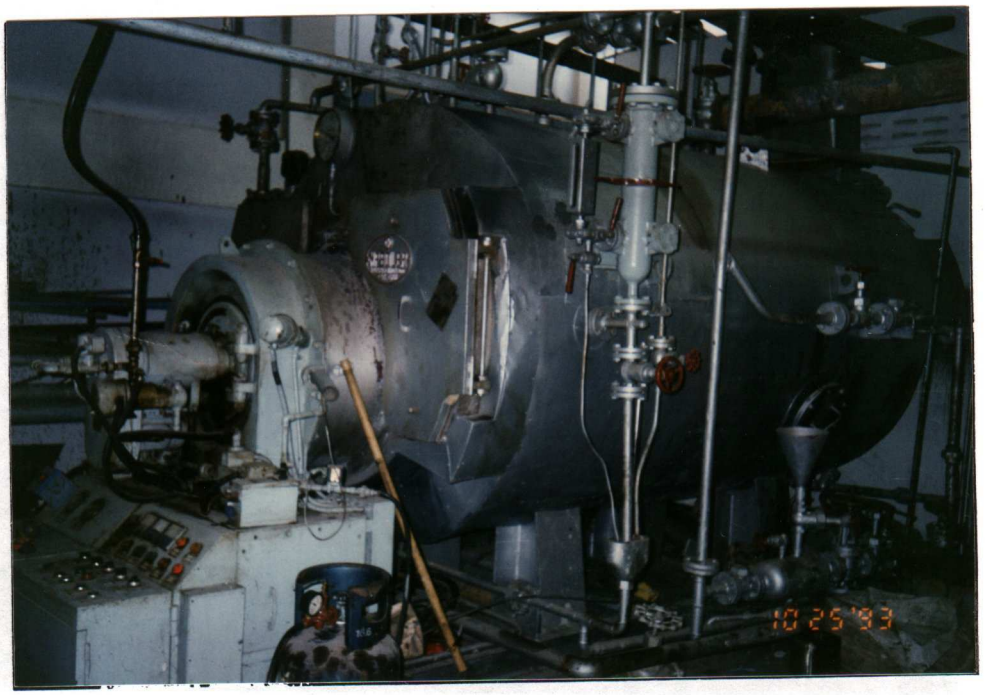
รวมเวลาที่ใช้ในกระบวนการดูดกลิ่นและลดกรด (ไม่รวมการกรอง) เฉลี่ยประมาณ 5 ชั่วโมงต่อครั้ง

สำหรับรายละเอียดของการออกแบบคำนวณระบบเทอร์มัลออยล์ และขนาดของหม้อกำเนิดไอน้ำ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.

## 3.2 การสร้างและติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์

รูปที่ 3.2 - 3.15 แสดงถึงภาพถ่ายของการสร้างและติดตั้งเครื่องจักร และอุปกรณ์กลั่นน้ำมันปาล์มของโรงงานขนาดเล็ก ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ในหัวข้อ 3.2 และรูปที่ 3.16 แสดงถึงการวางผังการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ ในโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์ม โดยใช้อาคารของโรงงานสาธิตหีบน้ำมันปาล์มของโครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากพระราชดำริ หลังโรงหล่อ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

รูปที่ 3.2 ถังเก็บน้ำมันปาล์มดิบ




รูปที่ 3.3 หม้อกำเนิดไอน้ำขนาด 1 ตัน

รูปที่ 3.4 เตาต้มน้ำมันเทอร์มัล และเตา SUPERHEAT

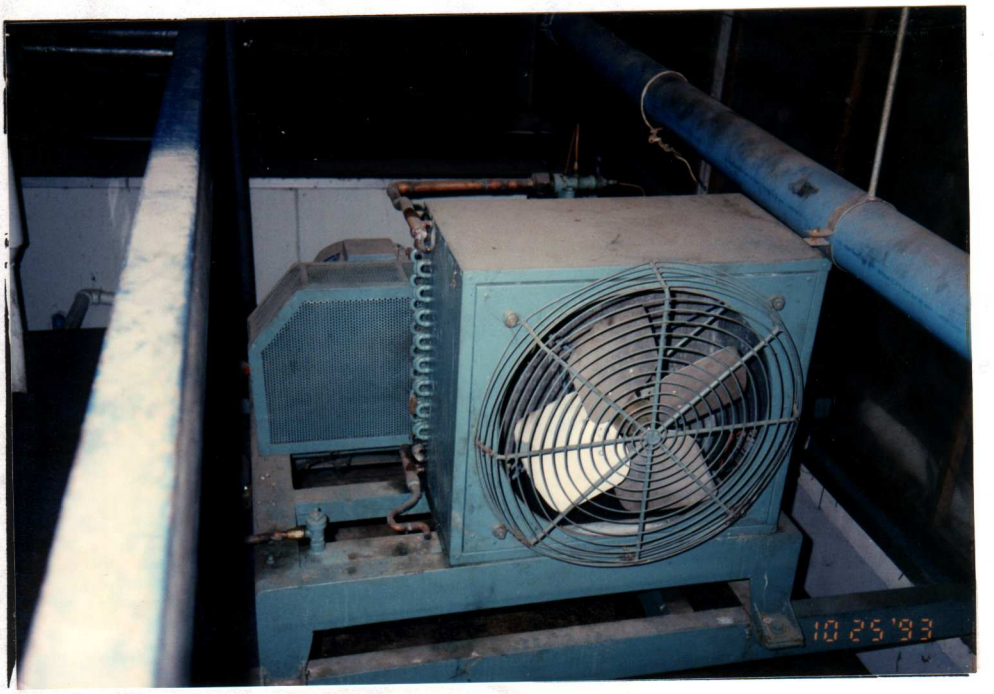
รูปที่ 3.5 ถังดีกัม ฟอกสี และดูดกลิ่น

รูปที่ 3.6 ถังละลายไข และถังต้มสบู่

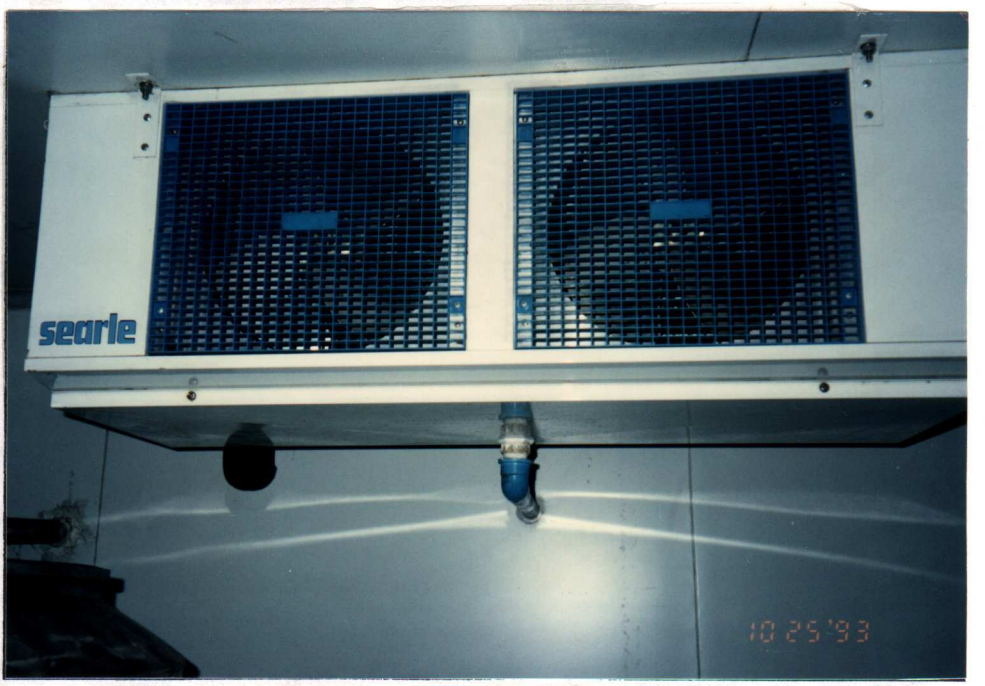
รูปที่ 3.7 ห้องเย็นสำหรับเลี้ยงผลึก

รูปที่ 3.8 ถังเลี้ยงผลึก

รูปที่ 3.9 เครื่องกรองแยกไข




รูปที่ 3.10 เครื่องทำความเย็น




รูปที่ 3.11 พัดลมคอล์ยเย็น

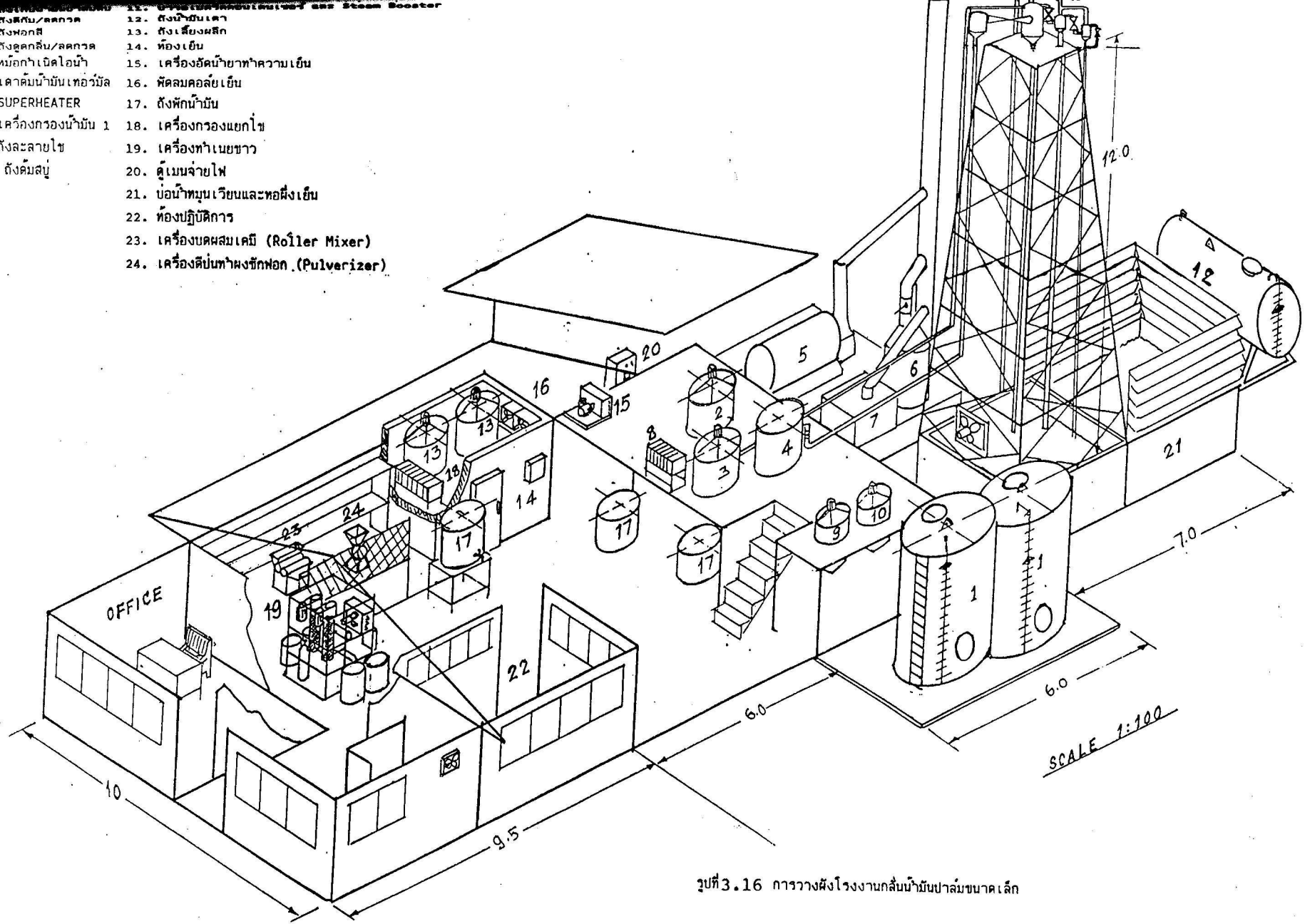
รูปที่ 3.12 หอสุญญากาศบารอเมตริค คอนเดนเซอร์ และ Booster

รูปที่ 3.13 หอผึ่งเย็นและบ่อน้ำหมุนเวียน

รูปที่ 3.14 พัดลมลดอุณหภูมิน้ำในหอผึ่งเย็น

รูปที่ 3.15 ตู้เมนจ่ายไฟฟ้า

2. ถังตีกับ/ลดกวด
3. ถังฟอกสี
4. ถังดูดกลิ่น/ลดกวด
5. หม้อกำเนิดไอน้ำ
6. เตาต้มน้ำมันเทอร์มัล
7. SUPERHEATER
8. เครื่องกรองน้ำมัน 1
9. ถังละลายไข
10. ถังต้มสบู่
12. ถังน้ำมันเตา
13. ถังเลี้ยงผลึก
14. ห้องเย็น
15. เครื่องอัดน้ำยาทำความเย็น
16. พัดลมคอล์ยเย็น
17. ถังพักน้ำมัน
18. เครื่องกรองแยกไข
19. เครื่องทำเนยขาว
20. ตู้เบนจ่ายไฟ
21. บ่อน้ำหมุนเวียนและหอผึ่งเย็น
22. ห้องปฏิบัติการ
23. เครื่องบดผสมเคมี (Roller Mixer)
24. เครื่องตีป่นทำผงซักฟอก (Pulverizer)




รูปที่ 3.16 การวางผังโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก

# บทที่ 4
## การศึกษา วิเคราะห์ ทดลอง และรวบรวมเทคโนโลยี เกี่ยวกับการแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมัน

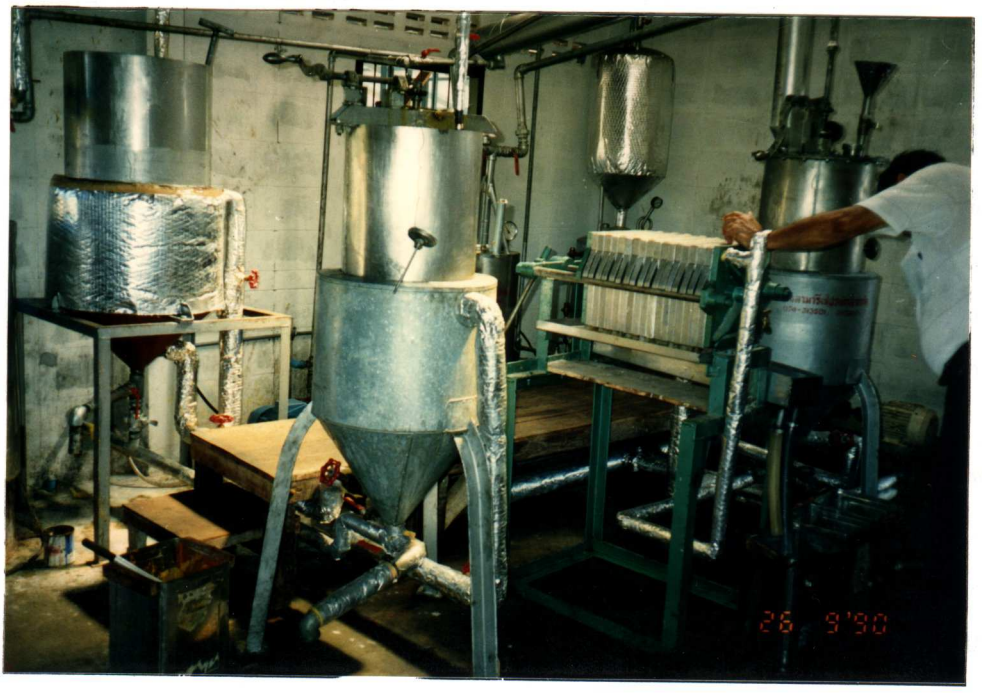
การศึกษาวิจัยนี้ประกอบด้วย การสำรวจและการรวบรวมเอกสารที่มีผู้ทำวิจัยไว้แล้ว รวมทั้งการออกเดินทางสำรวจ การใช้ประโยชน์จากผลผลิตพลอยได้ต่างๆ ตลอดจนการทำการทดลอง ที่โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็กที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง (รูปที่ 4.1) และศูนย์วิจัยอาหารสัตว์นราธิวาส เพื่อหาลู่ทางการแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมันเช่น ทะลายเปล่า เส้นใยปาล์ม กากปาล์ม กากเมล็ดปาล์ม ไขสบู่ และไขสเตียริน เพื่อให้มีการเพิ่มมูลค่า และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งจะรวมทั้งการผลิตเพื่อจำหน่าย และการทำประโยชน์ในท้องถิ่น ดังต่อไปนี้

### 4.1 ทะลายปาล์มเปล่า

การนำทะลายปาล์มเปล่ามาใช้ประโยชน์นั้น มีทั้งทะลายเปล่าที่ผ่านการอบแล้วจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่ และเศษทะลายสดที่เกิดจากการสับทะลาย เพื่อเอาผลปาล์มในโรงงานเล็ก ซึ่งแต่ละชนิดมีการใช้ประโยชน์ดังนี้

1. การนำทะลายเปล่าใส่โคนต้นปาล์ม จากการออกสำรวจโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่ ในจังหวัดกระบี่และจังหวัดตรัง คือ บริษัทสยามปาล์ม และบริษัทตรังน้ำมันพืช พบว่าปัจจุบันโรงงานขนาดใหญ่เกือบทุกแห่งได้นำทะลายปาล์มเปล่าไปกองสุมไว้รอบโคนต้นปาล์มน้ำมัน เพื่อรักษาความชุ่มชื้นของดินรอบโคนต้นปาล์มและช่วยป้องกันวัชพืชด้วย บางโรงงานพยายามนำทะลายเปล่ามาสับให้ละเอียดแล้วบดผสมลงในกากปาล์มจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์ แต่ก่อนโรงงานขนาดใหญ่จะนำทะลายเปล่ามาเผาในเตาเผา แต่เกิดปัญหาด้านมลภาวะทางอากาศ จึงได้ยกเลิกกันไปหลายราย

2. การทดลองผลิตปุ๋ยหมักจากทะลายปาล์ม คณะผู้วิจัยได้ทดลองนำเอาเศษทะลายเปล่ามาผลิตเป็นปุ๋ยหมักที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส ผลการทดลองสรุปได้ว่า สามารถนำทะลายปาล์มเปล่ามาผลิตเป็นปุ๋ยหมักได้ โดยใช้ระยะเวลาการหมัก 45 วัน ต่อการผลิตปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัม หรือ 1 บ่อ (ขนาด 3 x 6 x 1.5 เมตร) ดังแสดงในรูปที่ 4.2




รูปที่ 4.1 โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส

รูปที่ 4.2 การทดลองผลิตปุ๋ยหมักจากเศษทะลายปาล์ม

ค่าใช้จ่าย (ผลิตปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัม)

| | | | |
|---|---|---|---|
| - ทะลายปาล์มผสมกับฟางข้าว เปลือกถั่ว และเศษพืชแห้ง | = | 0 | บาท |
| - มูลสัตว์ 200 กิโลกรัม ๆ ละ 0.16 บาท | = | 32 | บาท |
| - ปุ๋ยยูเรีย 2 กิโลกรัม ๆ ละ 6 บาท | = | 12 | บาท |
| - เชื้อจุลินทรีย์ บี 2 และสารเร่งโปรตีน 1 ถุง | = | 90 | บาท |
| - น้ำ | = | 12 | บาท |
| - ค่าแรงงาน คิดเฉลี่ย 0.25 บาทต่อ กก. | = | 250 | บาท |
| - ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ (บ่อหมัก 10,000 บาท x 45 วัน) / (10 ปี x 365 วัน) | = | 123 | บาท |
| รวมต้นทุน | = | 519 | บาท |
| ต้นทุนปุ๋ยหมัก | = | 519 / 1,000 | |
| | = | 0.519 | บาท/กก. |

โดยปกติปุ๋ยหมักจะไม่มีการจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป โดยทางศูนย์จะผลิตปุ๋ยหมักแล้วนำไปใช้เองทั้งหมด

3. การใช้ทะลายปาล์มเปล่ามาทำการเพาะเห็ดฟาง การใช้ทะลายปาล์มเปล่ามาทำการทดลองเพาะเห็ดฟางนั้น ได้มีการวิจัยเบื้องต้นในต้นปี 2530 โดยกรมวิชาการเกษตร ที่ไร่แสงสวรรค์ อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการเพาะเห็ดฟางบนกองทะลายเปล่าที่ตั้งไว้กลางแจ้งในสวนปาล์ม โดยมีวิธีดังนี้

นำทะลายปาล์มมากองหมักไว้ 2-3 สัปดาห์ แบบกองปุ๋ยหมักใส่มูลสัตว์ ปูนขาว และปุ๋ยยูเรียโรยบาง ๆ เป็นชั้น ๆ สลับกัน 8-10 ชั้น รดน้ำให้ชุ่มแล้วใช้กระบอกไม้ไผ่ทำเป็นปล่องระบายอากาศเสียบเข้าไปกลางกองสัก 3-4 แห่งรอบกอง มีการกลับกองหมัก 2-3 ครั้ง เมื่อเข้าสัปดาห์ที่ 3 จะสังเกตเห็นมีเห็ดน้ำหมักขึ้น แสดงว่าวัสดุหมักใช้การได้แล้ว จึงนำทะลายปาล์มมาเรียงเป็นแปลงเพาะเห็ดกว้าง 60 x 80 ซม. ไม่จำกัดความยาวและวางซ้อนเป็นชั้นสูง 4-5 ชั้น โรยมูลสัตว์แห้ง เชื้อเห็ดฟาง สายพันธุ์ฤดูฝน และอาหารเสริม เช่น กุยมะพร้าวหมักกับกากน้ำตาล รำข้าว ฯลฯ ลงบนชั้นที่ 1 โดยโรยเป็น 2 แถว ห่างจากขอบแปลงเข้าไปประมาณ 1 คืบ โปรยน้ำเล็กน้อยแล้ววางทะลายเป็นแถวที่ 2 โรยมูลสัตว์และเชื้อเห็ดแล้วโปรยน้ำเช่นเดียวกันกับชั้นที่หนึ่ง แล้ววางทะลายปาล์มเป็นแถวที่สามและสี่ รดน้ำให้ชุ่มแล้วใช้ทางปาล์มน้ำมันปิดทับให้ทั่ว คอยรดน้ำให้ชุ่มชื้นราววันที่ 7-8 หลังจากเริ่มเพาะเห็ดจะเห็นดอกเห็ดเล็ก ๆ เกิดทั่วไปเป็นกลุ่ม ๆ และสามารถเก็บผลผลิตได้ในเวลา 15-20 วัน แต่

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ปรากฏว่าผลผลิตค่อนข้างต่ำ ใช้เวลาและแรงงานมากไม่คุ้มในเชิงเศรษฐกิจ ทางกรมวิชาการเกษตรจึงได้ทำการทดลองใหม่อีกครั้งหนึ่งในปี 2530 โดยใช้เส้นใยปาล์มที่หีบน้ำมันแล้วหมักเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน พบว่ามีผลผลิตดีกว่า

อย่างไรก็ดี จากการติดตามผลงานล่าสุด พบว่าได้มีการนำเอาทะลายปาล์มมาทำการผลิตเห็ดฟางได้ในเชิงพาณิชย์แล้ว 2 แห่ง คือ ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส และเอกชนรายหนึ่งในจังวัดกระบี่ โดยที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองใช้ทะลายปาล์มสดมาหมัก แบบทำปุ๋ยหมักเป็นเวลาประมาณ 1เดือน ส่วนเอกชนที่จังหวัดกระบี่ ใช้ทะลายปาล์มที่ผ่านการอบแล้วจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่มากองทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน แล้วนำไปเพาะเห็ดฟางเช่นเดียวกัน คณะผู้วิจัยได้เก็บตัวเลขต้นทุนการผลิตของการเพาะเห็ดฟางที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| ทะลายปาล์มเปล่าหมัก | | 300 | กก. |
| ผลิตเห็ดฟางได้ | | 38 | กก. ต่อ รอบ (3 สัปดาห์) |
| ราคาขายส่ง กก. ละ 60 บาท | = | 2,280 | บาท |
| ต้นทุนประกอบด้วย | | | |
| 1. เชื้อเห็ดฟาง | = | 150 | บาท |
| 2. ฟืน 1 ลบ.หลา | = | 80 | บาท |
| 3. รำข้าว 2 ปีบ | = | 40 | บาท |
| 4. ปูนขาว 10 กก. | = | 22 | บาท |
| 5. ค่าแรงเหมา | = | 800 | บาท |
| รวม | | 1,092 | บาท |
| ∴ กำไรเฉลี่ยต่อรอบ | = | 2,280 - 1,092 | = 1,188 บาท |
| | = | 56.57 | บาทต่อวัน |

## 4.2 กากปาล์มและกากเมล็ดในปาล์ม

ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย จะมีผลิตผลพลอยได้ 2 ชนิด คือ กากปาล์มซึ่งประกอบด้วย เส้นใย กะลา และเมล็ดในปาล์มปนกัน เป็นผลผลิตจากโรงงานที่ใช้ระบบย่างและระบบทอด ซึ่งมีปริมาณโปรตีน 5-6 % ไขมัน 10-11 % โดยเฉลี่ย ส่วนกากเมล็ดปาล์มนั้นจะเป็นผลผลิตพลอยได้จากการหีบน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ซึ่งเป็นผลผลิตจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่ ทั้งกากปาล์มและ

กากเมล็ดในปาล์มนั้นมีการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปของการผสมอาหารสัตว์เป็นส่วนใหญ่ จากการสำรวจวงจรการตลาดของกากปาล์มและกากเมล็ดปาล์ม พบว่าส่วนใหญ่มีผู้รับซื้อไปในราคาประมาณกิโลกรัมละ 1.50-2.50 บาท เพื่อนำไปส่งขายกับโรงงานผลิตมันสำปะหลังอัดเม็ดในภาคตะวันออก โดยใช้ผสมในมันเส้นเพื่อผลิตเป็นมันอัดเม็ดในอัตราส่วน 0.2 % ของน้ำหนักมันเส้น

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับการนำกากปาล์มและกากเมล็ดในปาล์มไปทำการเลี้ยงสัตว์นั้น พบว่ามีอยู่มากมายหลายโครงการ ซึ่งสามารถรวบรวมได้ดังนี้

1. งานวิจัยการทดลองใช้กากปาล์มเลี้ยงโครุ่น โดย สมพงษ์ เทศประสิทธิ์ ที่คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปี 2526 สูตรอาหารใช้ทดลองมี 2 สูตร ดังนี้

| วัตถุดิบ | สูตรที่ 1 (ร้อยละ) | สูตรที่ 2 (ร้อยละ) |
|---|---|---|
| 1. กากปาล์ม | 50 | - |
| 2. ข้าวโพด | - | 50 |
| 3. รำข้าว | 25 | 25 |
| 4. กากถั่วเหลือง | 23 | 23 |
| 5. กระดูกป่น | 1 | 1 |
| 6. เกลือ | 1 | 1 |
| | 100 | 100 |

ผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการเจริญเติบโตของโคเมื่อขุนอาหารด้วยสูตร 1 เฉลี่ย 0.65 กิโลกรัมต่อวัน และสูตร 2 เฉลี่ยได้ 0.66 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีประสิทธิภาพของการใช้อาหารต่อวันของโคทั้งสองสูตรอาหารเท่ากัน คือ 2.67 และเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนราคาอาหารข้นต่อน้ำหนักโคที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม สำหรับสูตร 1 เท่ากับ 7.87 บาท และสูตร 2 เท่ากับ 11.40 บาท ซึ่งจะเห็นได้ว่าสูตรอาหารที่ใช้กากปาล์มมีต้นทุนต่ำกว่ามาก

2. <u>การวิจัยการนำกากเมล็ดปาล์มเลี้ยงสุกรขุน</u> จากการศึกษาของ วินัย ประลมพ์กาญจน์, เสาวนิต คูประเสริฐ, สุรพล ชลดำรงค์กุล, และสมเกียรติ ทองรักษ์ โดยทำการทดลองที่คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และเผยแพร่ในปี 2528 โดยใช้สูตรอาหารสัตว์ 6 สูตรดังนี้

| วัตถุดิบ | สูตรที่ 1 (ร้อยละ) | สูตรที่ 2 (ร้อยละ) | สูตรที่ 3 (ร้อยละ) | สูตรที่ 4 (ร้อยละ) | สูตรที่ 5 (ร้อยละ) | สูตรที่ 6 (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. กากเมล็ดปาล์ม | - | 10.0 | 20.0 | 30.0 | 40.0 | 50.0 |
| 2. ปลาป่น | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 2.6 |
| 3. รำละเอียด | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| 4. ข้าวโพด | 79.9 | 70.9 | 61.9 | 53.0 | 44.2 | 35.1 |
| 5. กากถั่วเหลือง | 4.3 | 3.3 | 2.3 | 1.2 | - | - |
| 6. กระดูกป่น | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 7. เกลือ | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 8. โปรตามิกซ์ | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| ต้นทุนต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 กก.(บาท) | 30.49 | 29.56 | 27.15 | 27.09 | 22.65 | 23.68 |

ผลจากการทดลองพบว่าสูตรอาหารทั้ง 6 ไม่ทำให้สุกรขุนมีความแตกต่างกันในด้านการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพในการใช้อาหารและความหนาของมันสันหลัง แต่สูตรอาหารที่ใช้กากเมล็ดปาล์มมากขึ้น จะทำให้ต้นทุนค่าอาหารลดลง

3. การวิจัยโดยใช้กากเมล็ดปาล์มเลี้ยงสุกร โดย ดร.ยุทธนา ศิริวัธนุกุล คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และเผยแพร่วิจัยในปี 2530 สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองมี 5 สูตร ดังนี้

| วัตถุดิบ | สูตรที่ 1 (ร้อยละ) | สูตรที่ 2 (ร้อยละ) | สูตรที่ 3 (ร้อยละ) | สูตรที่ 4 (ร้อยละ) | สูตรที่ 5 (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. กากเมล็ดในปาล์ม | - | 10.0 | 10.0 | 25.0 | 30.0 |
| 2. รำละเอียด | 20.0 | 10.0 | - | - | - |
| 3. ปลายข้าว | 32.27 | 30.0 | 30.0 | 25.0 | 20.0 |
| 4. ข้าวโพด | 30.0 | 32.25 | 32.36 | 32.74 | 33.0 |
| 5. ปลาป่น | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| 6. กากถั่วเหลือง | 8.0 | 8.4 | 8.7 | 8.3 | 8.0 |
| 7. เปลือกหอยป่น | 1.23 | 0.85 | 0.44 | 0.46 | 0.5 |
| 8. วิตามิน-แร่ธาตุ | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| อัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน) | 0.698 | 0.78 | 0.822 | 0.827 | 0.837 |
| ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (นน.อาหาร/นน.เพิ่ม กกก.) | 3.51 | 3.17 | 27.15 | 27.09 | 22.65 |
| ต้นทุนค่าอาหารต่อ นน.เพิ่ม 1 กก. (บาท) | 16.65 | 13.82 | 12.28 | 11.97 | 11.65 |

ผลการทดสอบพบว่าสูตรอาหารทั้ง 5 ทำให้สุกรที่ทดลองมีความแตกต่างกันในเรื่องอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร และสำหรับต้นทุนค่าอาหารก็จะแตกต่างกันโดย ถ้าใช้กากเมล็ดในปาล์มผสมเป็นปริมาณมาก ต้นทุนค่าอาหารจะต่ำลง

4. การศึกษาวิจัยการใช้กากเมล็ดในปาล์มเลี้ยงไก่กระทง โดย วินัย ประลมพ์กาญจน์, วรวิทย์ วณิชาติ, อุดส่าห์ จันทร์อำไพ และบุญธรรม พฤกษวานิช ทำการทดลองที่คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เผยแพร่งานวิจัยในปี พ.ศ. 2526 สูตรอาหารที่ใช้ทดลองมีทั้งหมด 6 สูตร ในจำนวนนี้ 5 สูตร ใช้กากเมล็ดในปาล์มเป็นวัตถุดิบ อีก 1 สูตร ไม่ใช้กากเมล็ดในปาล์ม สูตรอาหารและต้นทุนมีดังนี้

| วัตถุดิบ | สูตรที่ 1 (ร้อยละ) | สูตรที่ 2 (ร้อยละ) | สูตรที่ 3 (ร้อยละ) | สูตรที่ 4 (ร้อยละ) | สูตรที่ 5 (ร้อยละ) | สูตรที่ 6 (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. กากเมล็ดปาล์ม | - | 5.0 | 10.0 | 20.0 | 30.0 | 40.0 |
| 2. ข้าวโพด | 59.80 | 55.0 | 50.30 | 40.90 | 31.5 | 22.0 |
| 3. ปลาป่น | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 |
| 4. กากถั่วเหลือง | 31.20 | 31.0 | 30.70 | 1.2 | 29.50 | 29.0 |
| 5. กระดูกป่น | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| 6. เกลือ | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1 กก. (บาท) | | | | | | |
| ไก่อายุ 0-4 สัปดาห์ | 10.35 | 9.62 | 10.04 | 9.95 | 10.66 | 10.83 |
| ไก่อายุ 4-8 สัปดาห์ | 14.60 | 14.34 | 14.79 | 14.27 | 14.54 | 15.03 |
| ไก่อายุ 0-6 สัปดาห์ | 11.60 | 11.14 | 11.34 | 11.32 | 11.18 | 12.02 |
| ไก่อายุ 0-8 สัปดาห์ | 25.04 | 24.60 | 24.65 | 23.12 | 23.73 | 24.55 |

ผลจากการทดลองพบว่า (ไก่เล็ก อายุ 0-4 สัปดาห์) สามารถใช้กากเมล็ดในปาล์มในสูตรอาหารได้สูงสุดถึงร้อยละ 20 โดยจะทำให้ประสิทธิภาพในการใช้อาหารไม่แตกต่างไปจากไก่เล็กที่ได้รับกากเมล็ดในปาล์มร้อยละ 0, 5, 10 ส่วนไก่ใหญ่ (อายุ 4-8 สัปดาห์) สามารถใช้กากเมล็ดในปาล์มในสูตรอาหารได้สูงสุดร้อยละ 40 และถ้าใช้กากเมล็ดในปาล์มจำนวนร้อยละ 30 จะทำให้ประสิทธิภาพ ในการใช้อาหารไม่แตกต่างไปจากไก่ใหญ่ที่ได้รับกากเมล็ดในปาล์มร้อยละ 0 , 5, 10, และ 20

5. <u>การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและต้นทุนการชุนโคนมเพศผู้เสริมด้วยอาหารข้นที่มีกากปาล์มระดับต่างๆ</u> โดย ราชศักดิ์ ช่วยชูวงศ์ และคณะ ที่คณะเกษตรศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช เช่นเดียวกัน ได้ทำการทดลองในปี 2530 โดยใช้สูตรอาหารเลี้ยงโคนมเพศผู้ ที่มีส่วนผสมกากเมล็ดปาล์มที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45 % ตามลำดับ โดยควบคุมให้มีปริมาณโปรตีน 16% ทุกสูตร สรุปผลการทดลองได้ว่าสูตรที่มีกากเมล็ดปาล์ม 30 % จะให้อัตราการเจริญเติบโตสูงกว่า และต้นทุนน้ำหนักเพิ่ม 1 กิโลกรัม มีค่าต่ำสุดคือ 14.82 บาท โดยมีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงสุด

6. การศึกษาการเจริญเติบโตและซากของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงด้วยกากเมล็ดปาล์มเปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยข้าวเปลือก โดย ตรีพล เจาะจิตต์ และคณะ ที่คณะเกษตรศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช เช่นเดียวกัน โดยทำการทดลองในช่วงเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน 2530 และใช้สูตรอาหารเปรียบเทียบกันระหว่างการใช้กากเมล็ดปาล์ม กับการใช้ข้าวเปลือก สรุปผลได้ว่ากลุ่มที่เลี้ยงกับกากเมล็ดปาล์มมีอัตราการเจริญเติบโต 181 กรัมต่อสัปดาห์ และมีต้นทุนต่ำกว่าการเลี้ยงด้วยข้าวเปลือกเล็กน้อย

7. การศึกษาการใช้กากเมล็ดปาล์มในระดับต่าง ๆ กันต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลานิล โดย ตรีพล เจาะจิตต์ และคณะ ที่คณะเกษตรศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ทำการทดลองในปี 2530 เช่นเดียวกันโดยใช้สูตรอาหาร 4 สูตร โดยมีส่วนผสมของกากเมล็ดปาล์ม 0, 10, 20 และ 30 % ตามลำดับ ผลการทดลองปรากฏว่า สูตรที่ใช้กากเมล็ดปาล์ม 30% มีอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลสูงสุด 13.50 กรัมต่อปลา 100 ตัวต่อวัน โดยมีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่สูงสุด 28.32 และใช้ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 15.14 บาทต่อปลา 100 ตัว

8. การใช้ต้นสาคู กากเมล็ดปาล์ม และกากเมล็ดยางพารา เป็นอาหารหลักเลี้ยงเป็ดเทศ โดย เสาวคนธ์ โรจนสถิตย์ และคณะ ที่ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ นราธิวาส กรมปศุสัตว์ ในปี 2532 โดยใช้สูตรอาหาร 4 สูตร สูตรที่ 1 ใช้หัวอาหารผสมปลายข้าวและรำละเอียด สูตรที่ 2 ใช้อาหารผสมต้นสาคูและกากเมล็ดปาล์ม 20 % และสูตรที่ 4 ใช้หัวอาหารผสมต้นสาคู และกากเมล็ดยางพารา ทดลองเลี้ยงเป็ดเทศพันธุ์พื้นเมือง 120 ตัว อายุ 4 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า สูตรที่ใช้กากเมล็ดปาล์มผสม 20 % ทำให้เป็ดเทศมีอัตราการเจริญเติบโต 17.39 กรัมต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อาหารสัตว์ 8.27 และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม เท่ากับ 45.50 บาท

## 4.3 เส้นใยปาล์ม

เป็นผลิตผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่ และจากการสำรวจได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

1. การใช้เส้นใยปาล์มเป็นเชื้อเพลิง ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่ใช้เส้นใยปาล์มและเศษกะลาทั้งหมดเป็นเชื้อเพลิงป้อนเข้าหม้อกำเนิดไอน้ำ ซึ่งจะผลิตไอน้ำไปใช้ในการอบทะลายปาล์มและผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ในโรงงานได้ทั้งหมด

2. การวิจัยการนำเส้นใยปาล์มมาผลิตเป็นแผ่นใยปาล์ม-ซีเมนต์ การวิจัยนี้ได้ศึกษา โดย สุทัศน์ สุวรรณสินพันธุ์ และ รศ.ดร.พิชัย นิมิตรยงสกุล ภาควิชาวิศวกรรมโครงสร้าง สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ได้ทำการทดลองใช้เส้นใยปาล์มมาผลิตเป็นวัสดุก่อสร้างในท้องถิ่นเรียกว่า แผ่นใยปาล์ม-ซีเมนต์ โดยมีรายระเอียดการผลิตดังนี้

นำเส้นใยปาล์มจากโรงงานมาแยกเอาเศษกะลาออก และเมล็ดในปาล์มที่ปะปนมาสลัดผ่านตะแกรงเหล็ก แล้วนำเส้นใยปาล์มที่แยกได้ไปล้างน้ำเพื่อแยกเอาฝุ่นผงออกให้สะอาดก่อน หลังจากนั้นนำเส้นใยปาล์มไปตากแดดราว 1-2 วัน โดยฉีกย่อยเส้นใยให้ออกเป็นเส้นเดี่ยว ๆ เสียก่อน

ในขั้นตอนต่อไป คือ การเตรียมบดขี้เถ้าแกลบ (ขี้เถ้าที่ได้จากการเอาแกลบมาเผาแล้วบดให้ละเอียด) และค่อยผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ ในอัตราส่วนปูน 70 ต่อขี้เถ้าแกลบ 30 การเติมขี้เถ้าแกลบลงไปเพื่อเพิ่มความคงทนของเส้นใยปาล์ม และสภาพความเป็นด่างของน้ำปูนเป็นตัวการที่จะทำให้เส้นใยปาล์มเสื่อมสภาพได้เร็ว จากนั้นก็เป็นการผสมเส้นใยปาล์มกับปูนผสมขี้เถ้าแกลบกับน้ำเข้าด้วยกันในอัตราส่วน 3 : 10 : 8 จากนั้นก็เอาเส้นใยปาล์มที่ผสมแล้วนี้เทลงในไม้แบบที่ทำด้วยไม้อัด ขนาด 60 x 60 ซม. โดยมีขอบไม้เสริมขึ้นมา 1 นิ้ว หาไม้มาปิดทับให้แน่น แล้วปล่อยทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จะได้แผ่นใยปาล์ม-ซีเมนต์ เป็นวัสดุก่อสร้างในท้องถิ่น

อย่างไรก็ดี ในการผสมเส้นใยปาล์มกับน้ำปูนนั้น ควรแบ่งส่วนผสมออกเป็น 4 ส่วน โดยให้น้ำปูนมาผสมกับน้ำก่อน เมื่อเข้ากันดีแล้ว จึงนำเอาเส้นใยปาล์มค่อย ๆ ใส่เข้าไป แล้วค่อย ๆ เทน้ำราดน้ำปูนให้ทั่วถึง จากนั้นขยี้ให้น้ำปูนเคลือบผิวของเส้นใยจนเห็นว่าเข้ากันดีแล้ว จึงค่อยผสมส่วนที่เหลืออีก 3 ส่วน

ก่อนที่จะนำเอาแผ่นใยปาล์ม-ซีเมนต์ที่ผ่านการหล่อในไม้แบบเสร็จแล้วไปใช้งาน ควรนำไปผึ่งแดดให้แห้ง และผึ่งในที่ร่มอีก 3-7 วัน และถ้าต้องการให้แข็งแรงยิ่งขึ้น ก็ควรฉาบผิวด้วยน้ำปูนผสมทรายละเอียด เพื่อป้องกันความชื้น สำหรับต้นทุนการผลิตแผ่นใย-ปาล์มซีเมนต์ ขนาด 1 ตารางเมตร จะตกราวแผ่นละ 21 บาท ซึ่งจะถูกกว่าแผ่นใยไม้-ซีเมนต์ ซึ่งมีราคาต้นทุนวัสดุตารางเมตรละ 52 บาท ผลงานวิจัยชิ้นนี้ จึงน่าจะนำไปส่งเสริมแก่เกษตรกรสวนปาล์ม ให้นำเส้นใยปาล์มมาทำวัสดุก่อสร้างให้ท้องถิ่นได้เป็นอย่างดี

3. <u>การนำเส้นใยปาล์มไปทำเป็นวัสดุสำหรับเพาะเห็ดฟาง</u> เป็นการทดลองในปี 2530 โดยกรมวิชาการเกษตร โดยสามารถใช้กากเส้นใยปาล์ม หรือกากเศษเหลือปาล์ม ซึ่งอาจเป็นกากปาล์มที่ผสมกะลาและกากเมล็ดในก็ได้ ในการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน และได้ทำการทดลองในฟาร์มเอกชนแห่งหนึ่งในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา การทดลองใช้สูตรวัสดุ 5 สูตร ที่มีเศษกากปาล์มผสมวัสดุอื่นๆ เช่น ขี้ฝ้าย ขี้เลื่อย รำ และปูนขาว ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน ผลการทดลองสรุปได้ว่า สูตรวัสดุเพาะเห็ดที่ใช้ขี้ฝ้ายผสมกากปาล์มในอัตราส่วน 75 : 25 หมัก 14 วัน จะให้ผลผลิตสูงถึง 11.56 % ($\frac{\text{น้ำหนักผลผลิตเห็ด x 100}}{\text{น้ำหนักวัสดุเพาะ}}$) ซึ่งผลผลิตเฉลี่ยจะสูงกว่าการใช้ทะลายปาล์มในการเพาะเห็ดฟาง แต่การทดลองครั้งนี้มิได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุน เพราะผลผลิตยังไม่มีความแน่นอน

## 4.4 ไขสบู่

เป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการลดกรดในโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ด้วยวิธีทางเคมี ทางคณะผู้วิจัยได้ทดลองผลิตสบู่ซักล้าง ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง โดยนำไขสบู่มาต้มในถังจนมีอุณหภูมิประมาณ 80-90 °ซ. จากนั้นนำสารละลายโซดาไฟ ความเข้มข้น 30 °B ค่อย ๆ เติมลงไปในถังต้มสบู่ แล้วทำการกวนจนเกิดเป็นเนื้อสบู่ และคอยสังเกตว่าไขสบู่กลายเป็นสบู่หมดแล้ว ก็เติมน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 2 ลิตร เทลงไปในถังต้มสบู่กวนให้ทั่วแล้วปิดฝาให้สนิท ปิดไฟตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1-2 ชั่วโมง น้ำเกลือจะดึงเอาน้ำและสิ่งสกปรกและกลีเซอรีนออกมาจากเนื้อสบู่ตกลงในชั้นล่าง ทำการปล่อยน้ำและน้ำเกลือทิ้ง ผสมสี กวนแล้วตักสบู่เทลงใส่เบ้าที่เตรียมไว้ ทิ้งไว้ข้ามคืนสบู่จะแข็งตัวและนำมาตัดให้เป็นก้อน ๆ ขนาด 5 x 7 x 3 ซม. จะมีน้ำหนัก 60-80 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 4.3

สำหรับต้นทุนการผลิตสบู่ซักล้างต่อไขสบู่ 30 กิโลกรัม มีรายละเอียดดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| ไขสบู่ 30 กก. | = | 0 | บาท |
| โซดาไฟ 4.2 กก. ๆ ละ 22 บาท | = | 92.40 | บาท |
| เกลือ 3.5 กก. ๆ ละ 0.90 บาท | = | 3.15 | บาท |
| ค่าโสหุ้ย (ค่าแรงและค่าเสื่อมราคา) | = | 50.00 | บาท |
| น้ำและเชื้อเพลิง | = | 40.00 | บาท |
| รวม | = | 185.55 | บาท |

ผลิตสบู่ได้ 350 ก้อน

$$\therefore \text{ต้นทุนการผลิตต่อก้อน} = \frac{185.55}{350}$$

= 0.53 บาท

สบู่ซักล้างนี้อาจจะตัดให้เป็นก้อนขนาด 5 x 5 x 10 ซม. ส่งขายเป็นสบู่การฝีมือก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

## 4.5 ไขสเตียรินบริสุทธิ์

ไขสเตียรินบริสุทธิ์(รูปที่ 4.5) อาจจะถือเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปของโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และอาจนับเป็นผลิตผลพลอยได้ หากไม่มีลู่ทางการจำหน่ายในท้องตลาด ปัจจุบันไขสเตียรินที่ผลิตที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองได้ส่งไปจำหน่ายเป็นส่วนผสมอาหารสุกรในราคากิโลกรัมละ 12 บาท โดยทางฟาร์มได้นำไขสเตียรินไปผสม 0.5% (ดังแสดงในรูปที่ 4.6) สำหรับงานทดลองขั้นแรกนี้ ได้นำไขสเตียรินมาผลิตเป็นสบู่หอมฟอกร่างกายก่อนแล้ว ในปีที่ 2 จะทดลองผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องเป็นเนยขาวและเนยเทียมต่อไป

รูปที่ 4.3 การทดลองผลิตสบู่ซักล้าง

รูปที่ 4.4 ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ทดลองผลิตที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง รวมทั้งสบู่การฝีมือ

รูปที่ 4.5 ไขสเตียรินที่ผลิตได้ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง

รูปที่ 4.6 การนำไขสเตียรินไปผสมอาหารสุกร

1. การผลิตสบู่หอมจากไขสเตียริน โดยทำการทดลองที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองจังหวัดนราธิวาส โดยผลิตเป็นสบู่หอมแบบพื้นบ้าน ดังมีรายละเอียดขั้นตอนต่อไปนี้

- นำไขสเตียรินมาใส่ถังต้มสบู่ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิถึง 80 °ซ.
- ผสมสารละลายโซดาที่ความเข้มข้น 22 °B ค่อย ๆ สเปรย์ลงในไขสเตียริน แล้วกวนตลอดเวลา
- ให้ความร้อนต่อไปจนกว่าเนื้อสบู่จะข้นเหนียวและไม่มีคราบไขสเตียรินปรากฏอยู่
- ใช้เกลือแกงผสมน้ำในปริมาณเท่า ๆ กัน เทใส่ลงไปให้เกินพอเพื่อแยกเอาเนื้อสบู่ออก ทำการผสมสี และน้ำหอมลงไปตามสัดส่วน กวนให้ทั่วแล้วเทลงในแม่พิมพ์
- เอาแผ่นไม้ปิดแม่พิมพ์ให้มิดชิดปล่อยทิ้งไว้ให้แข็งตัวหนึ่งคืน
- นำมาตัดให้เป็นก้อน แล้วปั๊มให้เป็นรูปที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 4.7-4.8
- ห่อกระดาษแล้วรอส่งจำหน่าย

จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตสบู่หอมจากไขสเตียริน 30 กิโลกรัม ผลิตเป็นสบู่ได้ประมาณ 400 ก้อน ขนาดก้อนละ 65 กรัม มีรายละเอียดดังนี้

ต้นทุนผันแปร

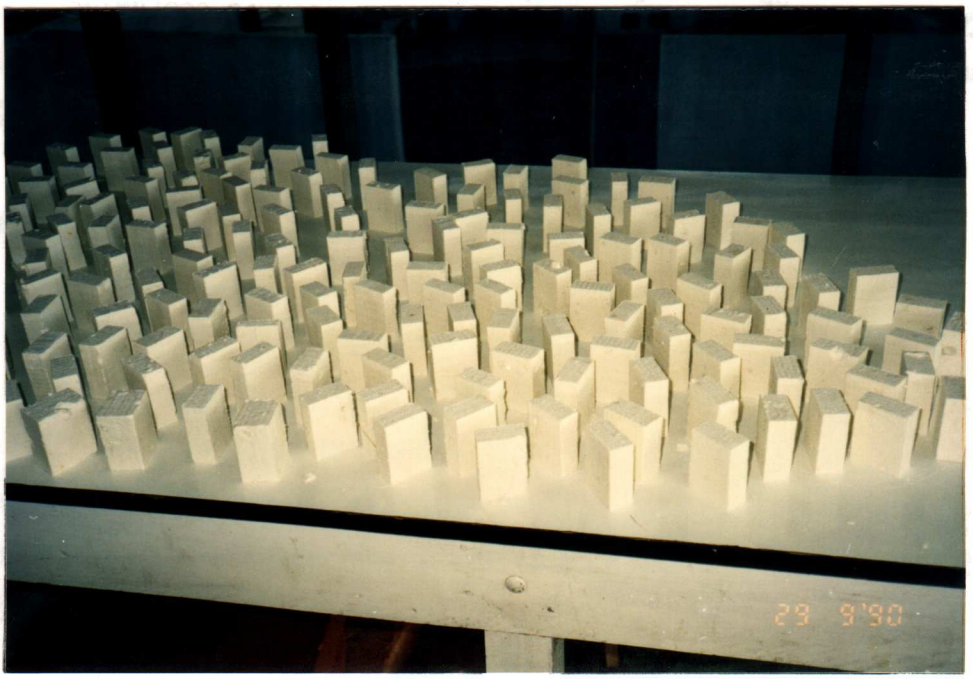
| | | | |
|---|---|---|---|
| - ไขสเตียริน 30 กก. ๆ ละ 14 บาท | = | 420.00 | บาท |
| - โซดาไฟ 4.2 กก. ๆ ละ 22 บาท | = | 92.40 | บาท |
| - น้ำหอม 150 ซี.ซี ราคาลิตรละ 700 บาท | = | 105.00 | บาท |
| - สีน้ำมัน 0.003 กก. ๆ ละ 1,300 บาท | = | 4.90 | บาท |
| - เกลือ 3.5 กก. ๆ ละ 0.9 บาท | = | 3.15 | บาท |
| - กระดาษห่อสบู่ 400 ๆ ละ 0.45 บาท | = | 180.00 | บาท |
| - ค่าเชื้อเพลิงและน้ำประปา | = | 40.00 | บาท |
| รวม | = | 845.45 | บาท |

ต้นทุนคงที่

| | | | |
|---|---|---|---|
| - ค่าแรงงาน 3 คน ๆ ละ 100 บาทต่อวัน | = | 300.00 | บาท |
| - ค่าเสื่อมราคา และค่าซ่อมแซม | = | 100.00 | บาท |
| รวม | = | 400.00 | บาท |

รวมต้นทุนทั้งสิ้น = 845.45 + 400 = 1,245.45 บาท

∴ ต้นทุนการผลิตต่อก้อน = 1,245.45 = 3.11 บาท




รูปที่ 4.7 การผลิตสบู่หอมจากไขสเตียริน

รูปที่ 4.8 เครื่องปั๊มสบู่เป็นก้อน

จะเห็นได้ว่า ถึงแม้ว่าต้นทุนการผลิตจะต่ำแต่การจำหน่ายจะมีปัญหามากเพราะคุณภาพของสบู่ที่ผลิตได้ยังไม่ดีนัก และมีปัญหาด้านโฆษณา ซึ่งไม่สามารถแข่งขันกับสบู่หอมที่ผลิตจากโรงงานขนาดใหญ่ได้ ดังนั้นจึงควรรองานวิจัยเพื่อผลิตเนยขาวและผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ในปีที่สองก่อน

## 4.6 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษารวบรวมผลงานวิจัย ตลอดจนการทดลองหาทางใช้ประโยชน์จากผลิตผลพลอยได้ของปาล์มน้ำมัน ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง นั้น สรุปได้ว่าได้มีงานค้นคว้าวิจัยทางด้านนี้ไว้มากพอสมควรแล้ว และส่วนใหญ่นำผลิตผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์ในท้องถิ่น มิได้ทำเพื่อจำหน่ายในท้องตลาด เว้นแต่การทดลองผลิตเห็ดฟาง ซึ่งผลการทดลองวิจัยยังไม่แน่นอน และหลังจากนั้นก็ได้หยุดไป ดังนั้น สภาพของเกษตรกรร่ายย่อยซึ่งจะมีผลิตผลพลอยได้ ประกอบด้วย เศษทะลายเปล่าและกากปาล์ม จึงควรนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

1. <u>เศษทะลายเปล่า</u>
   - นำไปกองรอบโคนต้นปาล์มเช่นเดียวกับโรงงานใหญ่ หรือ
   - ผลิตเป็นปุ๋ยหมักโดยมีต้นทุน 0.5 บาทต่อกิโลกรัม
   - นำไปผลิตเห็ดฟางในเชิงพาณิชย์ได้

2. <u>กากปาล์มและกากเมล็ดปาล์ม</u>
   - จำหน่ายเป็นส่วนผสมโรงงานผลิตมันอัดเม็ด ในราคากิโลกรัมละ 1.50-2.50 บาท หรือ
   - นำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์สำหรับเลี้ยงวัว และสัตว์เลี้ยงอื่น ๆ ตามสูตรอาหารที่ได้มีการทดลองวิจัยไปแล้ว

3. <u>สบู่ซักล้าง</u>
   - นำไขสบู่ไปผลิตเป็นสบู่ซักล้างใช้ในท้องถิ่น
   - ในกรณีที่ใช้กระบวนการทางกายภาพ จะไม่มีไขสบู่เป็นผลิตผลพลอยได้

4. <u>สบู่หอม</u>
   - เนื่องจากมีปัญหาด้านตลาดจำหน่าย จึงสมควรรอดูผลการวิจัยเพิ่มมูลค่า สเตียรินเป็นเนยขาว เนยเทียม และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เสียก่อน

# บทที่ 5
## การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

เมื่อได้ทำการออกแบบ คำนวณ ระบบและอุปกรณ์กลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ พร้อมทั้งได้ทำการสร้าง และติดตั้งอุปกรณ์เสร็จสมบูรณ์แล้ว คณะผู้วิจัยก็ได้ทำการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ทั้งแบบเคมีและกายภาพ เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองว่า แต่ละแบบมีประสิทธิภาพการกลั่นเป็นอย่างไร และจะมีความเป็นไปได้ในการดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้หรือไม่ นอกจากนั้นก็จะทำการหาข้อบกพร่องของระบบ และอุปกรณ์ต่าง ๆ และทำการปรับปรุงแก้ไข เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ และระบบให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วย

### 5.1 การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการทางเคมี

การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการทางเคมีนี้ จะประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ อันประกอบด้วยกระบวนการดีกัม ฟอกสี ลดกรด และดูดกลิ่น ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดการทดลองดังนี้

5.1.1 กระบวนการดีกัม เริ่มด้วยการปั๊มน้ำมันปาล์มดิบจากถังเก็บ ทำการวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ (FFA) ได้ 4.6 % เข้าในถังดีกัมจำนวน 1,615 กิโลกรัม หรือ 1,755 ลิตร ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

- ในขั้นต่อไปก็จุดเตาเทอร์มัลเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันในถังดีกัมให้ถึง 80 °ซ. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

- ผสมกรดฟอสฟอริคเข้มข้น 10 % ปริมาณ 17.8 ลิตร (1 % ของน้ำมันปาล์มดิบ) เปิดมอเตอร์กวนน้ำมันที่ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที เป็นเวลาประมาณ 30 นาที กัมหรือยางเหนียวก็จะรวมตัวกันตกอยู่ข้างล่าง ปล่อยให้ตกตะกอนอยู่ 30 นาทีก็ถ่ายออกทางก้นถัง

- สเปรย์น้ำร้อนล้างน้ำมัน 2-3 ครั้ง ใช้เวลาประมาณ 30 นาที แล้วถ่ายน้ำมันลงถังฟอกสี การดีกัมใช้น้ำประมาณ 500 ลิตร น้ำมันเตาประมาณ 20 ลิตร และพลังงานไฟฟ้าประมาณ 15 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และมีน้ำมันสูญเสียไปกับกัมประมาณ 1 %

5.1.2 กระบวนการฟอกสี ในการทดลองนี้ คณะผู้วิจัยใช้กระบวนการฟอกสีก่อนลดกรด เพื่อให้ได้ไขสบู่ที่มีสีขาวสะอาด เพื่อจะได้นำไปทดลองทำผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องต่อไป กระบวนการฟอกสีมีขั้นตอนดังนี้

- อุ่นน้ำมันปาล์มให้มีอุณหภูมิ 80-85 °ซ. พร้อมทั้งเดินระบบสูญญากาศให้ภายในถังฟอกสีมีสภาพสูญญากาศ 660 มิลลิเมตรปรอท เพิ่มอุณหภูมิน้ำมันจนถึง 90 °ซ. แสดงว่าความชื้นหมดแล้วในขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

- ผสมผงฟอกสีละลายน้ำมันให้เป็น slurry ประมาณ 3 % ของน้ำหนักน้ำมันปาล์ม ดูดเข้าผสมน้ำมันปาล์มในถังฟอกสี

- กวนน้ำมันที่ความเร็วรอบ 46 รอบต่อนาที และเพิ่มอุณหภูมิเป็น 120 °ซ. ใช้เวลาประมาณ 30 นาที และบ่มทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นลดอุณหภูมิลงเหลือ 80 °ซ.

- นำน้ำมันที่ฟอกสีแล้วผ่านเข้าเครื่องกรอง Filter Press เพื่อกรองผงฟอกสีออก แล้วถ่ายน้ำมันปาล์มลงถังพักใช้เวลา 30 นาที

- รวมเวลาฟอกสีทั้งหมดประมาณ 120 นาที น้ำมันสูญเสียประมาณ 3 %

5.1.3 <u>กระบวนการลดกรด</u> มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- นำน้ำมันที่ฟอกสีแล้วเข้าถังลดกรดซึ่งใช้ถังเดียวกับถังดีกัม แล้วเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันจนถึง 80 °ซ.

- เติมสารละลายโซดาไฟ 20-24 °B แล้วกวนที่ความเร็ว 46 รอบต่อนาที เป็นเวลาประมาณ 30 นาที โซดาไฟจะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระเป็นไขสบู่

- ถ่ายไขสบู่ออก แล้วตรวจสอบปริมาณกรดที่เหลือ ถ้ากรดยังสูงกว่า 0.3 % ให้สเปรย์โซดาไฟเพิ่มเข้าไป แล้วกวนจนปริมาณกรดเหลือไม่เกิน 0.3 %

- ผสมน้ำเกลือเข้มข้น 0.5 % ของน้ำหนักน้ำมันใส่ลงในถังลดกรด เพื่อละลายไขสบู่ออกให้หมด และถ่ายไขสบู่และน้ำเกลือออกทางก้นถัง

- ทำการล้างน้ำมันให้หมดไขสบู่ด้วยน้ำร้อน 90 °ซ. 3 ครั้ง ล้างจนน้ำร้อนที่ออกใสไม่มีขี้สบู่

- กระบวนการลดกรดใช้เวลารวมทั้งสิ้นประมาณ 2 ชั่วโมง

5.1.4 <u>กระบวนการดูดกลิ่น</u> มีขั้นตอนดังนี้

- นำน้ำมันปาล์มเข้าถังดูดกลิ่น ใช้เวลาประมาณ 20 นาที

- เพิ่มอุณหภูมิน้ำมันให้สูงถึง 240-250 °ซ. ภายใต้สภาพสูญญากาศ 754 มิลลิเมตรปรอท (ทำได้จริง 745 มิลลิเมตรปรอท) โดยให้ความร้อนทั้งน้ำมันเทอร์มัล และไอน้ำยิ่งยวด โดยใช้เวลาเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 250 °ซ. ประมาณ 1 ชั่วโมง และดูดกลิ่นอยู่ประมาณ 3 ชั่วโมง

- ลดอุณหภูมิน้ำมันลงโดยใช้น้ำเย็น เปิดผ่านเข้าไปในขดท่อไอน้ำ เพื่อลดอุณหภูมิลงเหลือประมาณ 100 °ซ. ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

- นำน้ำมันไปกรองด้วยเครื่องกรอง Filter Press โดยผสมผงช่วยกรองประมาณ 0.5 % ของน้ำหนักน้ำมัน ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

## 5.2 การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการทางกายภาพ

การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการทางกายภาพ ได้ทำการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มดิบที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระ 4.5 % โดยมีกระบวนการดีกัม และฟอกสี เหมือนกับกระบวนการทางเคมีทุกประการ สำหรับกระบวนการลดกรดและดูดกลิ่น ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำพร้อมกันในถังดูดกลิ่นนั้น มีรายละเอียดการทดลองดังนี้

- นำน้ำมันปาล์มที่ฟอกสีแล้วใส่ถังดูดกลิ่น
- เพิ่มอุณหภูมิน้ำมันจนถึง 240-250 ซ. ภายใต้สภาพสูญญากาศ 756 มิลลิเมตรปรอท (ทำได้จริง 750 มิลลิเมตรปรอท) โดยใช้ไอน้ำที่เพิ่มความร้อนผ่าน Superheater จนมีอุณหภูมิเกือบ 300 °ซ. และใช้ไอน้ำยิ่งยวดผ่านเข้าท่อไอน้ำเพื่อเพิ่มอุณหภูมิแก่น้ำมันปาล์ม ให้ถึง 280 °ซ.
- ขณะเดียวกันเปิดไอน้ำอีกทางเข้าผสมในน้ำมันปาล์ม และกวนน้ำมันเช่นเดียวกับกระบวนการทางเคมี
- เปิดไอน้ำยิ่งยวดผ่าน Steam Booster เพื่อแยกกรดไขมันอิสระพร้อมทั้งกลิ่นหืนออกจากน้ำมัน
- เมื่อดูดกลิ่นเสร็จแล้วปิดวาล์วไอน้ำยิ่งยวด แล้วปล่อยน้ำเย็นเข้าทำความเย็นน้ำมันใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง น้ำมันจะมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 100 องศา ซ.

น้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์แล้วทั้ง 2 กระบวนการได้นำมาทำการแยกไข โดยใช้ถังเลี้ยงผลึกที่กวนน้ำมันปาล์มด้วยความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที พร้อมทั้งลดอุณหภูมิน้ำมันปาล์มโดยใช้น้ำเย็นลดอุณหภูมิจาก 60 °ซ. เหลือ 12 °ซ. ใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกน้ำมันใสออกจากไขสเตียรินด้วยเครื่องกรองแบบ Filter Press ผลการทดลองปรากฏว่าน้ำมันเย็นเร็วเกินไปทำให้โอเลอีนเป็นเยลลี่ กรองออกยากไขไม่แห้ง จึงใช้วิธีทิ้งให้เย็นตัว 6 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิห้องเย็นเป็น 25 °ซ. 3 ชั่วโมง 20 °ซ. 3 ชั่วโมง 15 °ซ. 3 ชั่วโมง 10 °ซ. 3 ชั่วโมง ทิ้งให้คลายตัว 3 ชั่วโมง น้ำมันจะกรองง่าย ไขแข็งและโอเลอีนใส รูปที่ 5.1 และ 5.2 แสดงถึงน้ำมันโอเลอีนและไขสเตียรินที่ผลิตได้

รูปที่ 5.1 น้ำมันปาล์มโอเลอีนกลั่นบริสุทธิ์บรรจุถุง

รูปที่ 5.2 ไซสเตียริน

# บทที่ 6
## ผลการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

### 6.1 ผลการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการเคมี

การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการเคมี ด้วยอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นนี้สรุปได้ว่าค่อนข้างจะราบรื่น และไม่มีปัญหาด้านเทคนิคแต่ประการใด โดยมีผลการทดลองแต่ละกระบวนการตามขั้นตอนดังนี้

6.1.1 กระบวนการแยกกัม

- ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มอุ่นน้ำมันปาล์มดิบจนล้างน้ำมันเสร็จใช้เวลาประมาณ 120 นาทีต่อรอบ
- มีน้ำมันสูญเสียประมาณ 1 %
- ใช้น้ำมันเตาประมาณ 20 ลิตร ไฟฟ้าประมาณ 15 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ใช้น้ำประมาณ 500 ลิตร หรือ 0.5 ลบ.ม.

6.1.2 กระบวนการฟอกสี

- ใช้สุญญากาศ 600 มม.ปรอท
- ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มอุ่นน้ำมันจนกรองน้ำมันเสร็จรวมทั้งสิ้นประมาณ 120 นาที
- มีน้ำมันสูญเสียประมาณ 3 %
- ใช้น้ำมันเตาประมาณ 30 ลิตร พลังงานไฟฟ้า 20 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ผงฟอกสี 1.60 กก.

6.1.3 กระบวนการลดกรด

- ใช้เวลาลดกรดตั้งแต่อุ่นน้ำมันจนถึงล้างไขสบู่ออกจากน้ำมันรวมทั้งสิ้นประมาณ 100 นาทีต่อรอบ
- ปริมาณน้ำมันสูญเสียประมาณ 8 %
- ปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่า 0.3 %
- ใช้โซดาไฟ 7.5 กก. ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 20 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ใช้น้ำประมาณ 500 ลิตร หรือ 0.5 ลบ.ม. ใช้น้ำมันเตาประมาณ 30 ลิตร

6.1.4 กระบวนการดูดกลิ่น

- ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มปั๊มน้ำมันเข้าถัง และลดกรดตลอดจนทำให้เย็นตัวและกรอง

น้ำมันรวมทั้งสิ้นประมาณ 5 ชั่วโมง 50 นาที

- อุณหภูมิในการดูดกลิ่น 250 องศา ซ. ภายใต้สภาพสุญญากาศ 745 มม.ปรอท
- ใช้ผงช่วยกรองประมาณ 15 กิโลกรัม ใช้น้ำในการสเปรย์และผลิตไอน้ำประมาณ 2.2 ลบ.ม. ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 120 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และใช้น้ำมันเตารวมประมาณ 230 ลิตรต่อรอบ

6.1.5 กระบวนการแยกไข

- ใช้เวลาในการเลี้ยงผลึกในห้องเย็นรวม 15 ชั่วโมงต่อรอบ
- ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 65 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อรอบ
- ใช้น้ำมันโอเลอินและไขสเตียริน 65 : 35
- ในการเลี้ยงผลึกแยกไขนั้น จากผลการทดลองพบว่าไม่ต้องใช้ระบบน้ำเย็น (Chiller) ในกระบวนการ แต่สามารถใช้ระบบคอล์ยเย็นในห้องเย็น ซึ่งสามารถปรับตั้งอุณหภูมิและเวลาได้ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการสร้างถังเลี้ยงผลึก และระบบห้องเย็นลดลงไปอีก

## 6.2 ผลการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการกายภาพ

จากการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการกายภาพนั้น สรุปได้ว่ากระบวนการดีกัมและฟอกสีนั้นเหมือนกับกระบวนการเคมีทุกประการ แต่ในกระบวนการลดกรดและดูดกลิ่น ซึ่งทำพร้อมกันในถังดูดกลิ่นนั้น จากการทดลองครั้งแรกในราวเดือนตุลาคม 2536 ปรากฏว่าต้องใช้เวลาดูดกลิ่นและลดกรดนานถึง 9 ชั่วโมงต่อรอบ ทั้งนี้เนื่องจากระบบสุญญากาศสร้างได้เพียง 720 มม.ปรอท เพราะเมื่อน้ำร้อนสุญญากาศจะตก และอุณหภูมิในถังดูดกลิ่นขณะที่ทดลองสร้างได้เพียง 250 องศา ซ. จึงได้มีการปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ดังมีรายละเอียดในหัวข้อ 6.3 และเมื่อทำการปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์เสร็จแล้วทดลองใหม่ในเดือนเมษายน 2537 ปรากฏว่าสามารถลดเวลาลดกรด และดูดกลิ่นเหลือ 6 ชั่วโมง โดยสามารถลดกรดจาก 4.99 % เหลือ 0.38 % ดังแสดงในตารางที่ 6.1 และรูปที่ 6.1 สำหรับรูปที่ 6.2 แสดงถึงค่าอุณหภูมิของน้ำมันปาล์ม น้ำมันเทอร์มัล และค่าสุญญากาศในถังดูดกลิ่น

จากการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มทั้งสองแบบ คณะผู้วิจัยได้ทำการจัดทำตารางเวลาทำงานโดยจัดให้โรงงานทำการผลิตวันละ 2 กะ ดังแสดงในตารางที่ 6.2 และ 6.3 ตามลำดับ

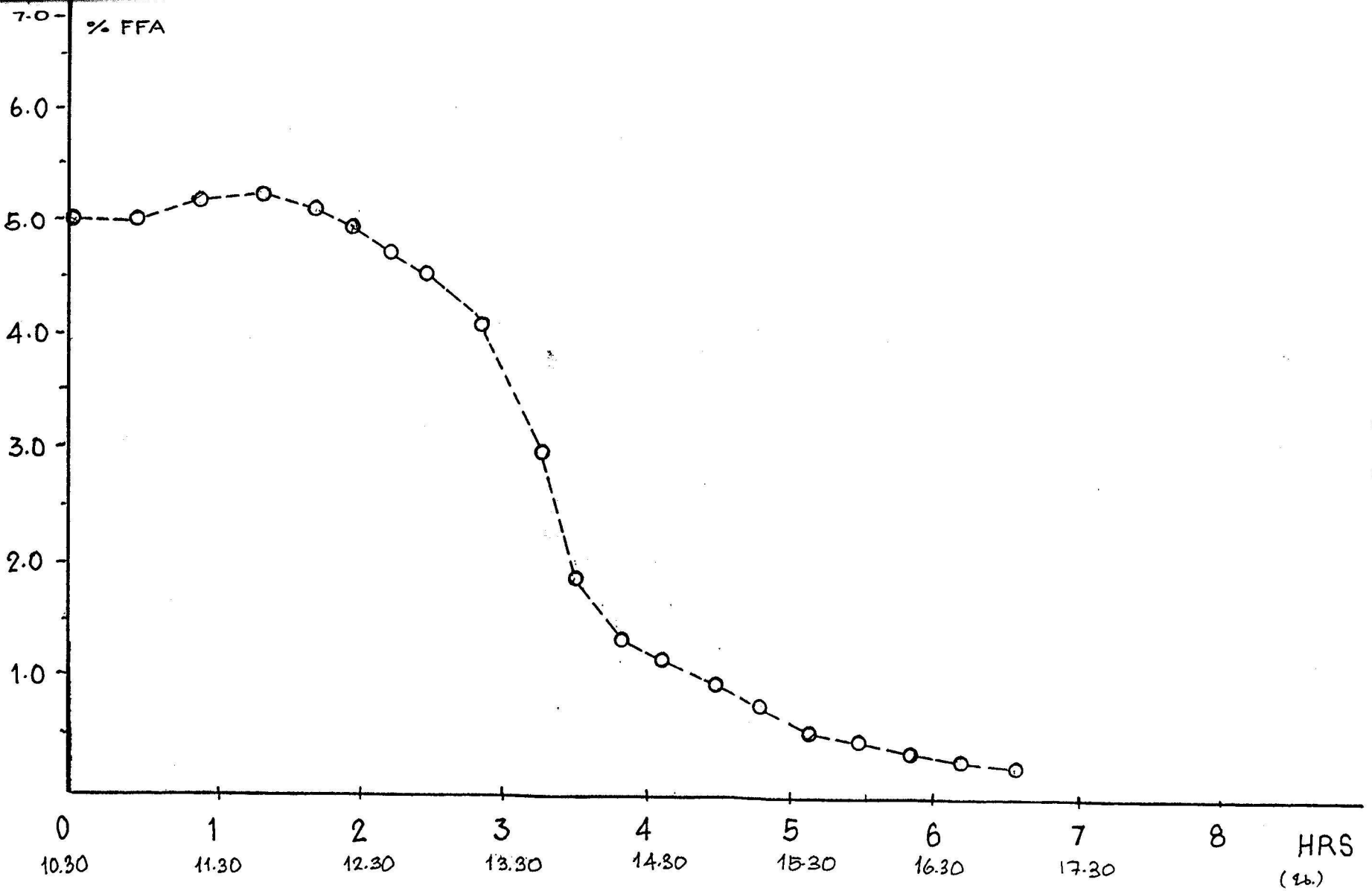
## 6.3 การปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์

จากการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ พบว่า อุปกรณ์และระบบยังต้องมีการปรับปรุงแก้ไขหลายประการ ซึ่งคณะผู้วิจัยก็ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำของกรรมการสภาวิจัย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. ทำการตัดระบบ Superheat ของน้ำมันเทอร์มัลออก เนื่องจากมีปัญหาเรื่องการขยาย

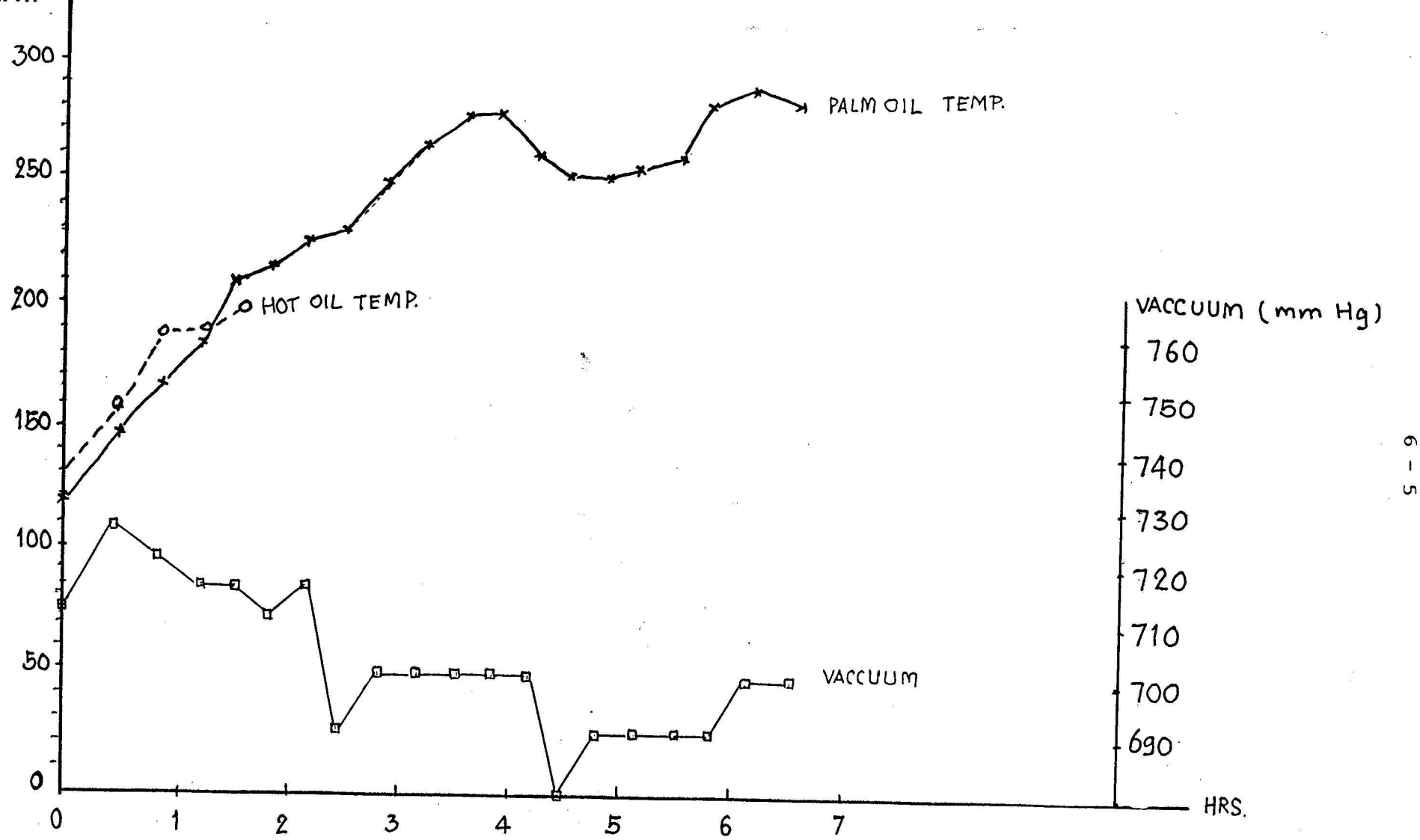
ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงผลการกลั่นน้ำมันปาล์มเมื่อวันที่ 25 เมษายน 2537

| เวลา (น.) | อุณหภูมิ (C) Hot oil | อุณหภูมิ (C) น้ำมันปาล์ม | ความดัน Steam ($kg/cm^2$) | ระบบบารอเมตริก Vacuum (mm Hg) | FFA |
|---|---|---|---|---|---|
| 10.30 | 130 | 120 | 7.0 | 710 | 4.99 |
| 11.00 | 155 | 145 | 7.5 | 725 | 4.99 |
| 11.20 | 185 | 162 | 7.7 | 720 | 5.12 |
| 11.40 | 185 | 182 | 7.5 | 715 | 5.06 |
| 12.00 | 190 | 202 | 6.7 | 715 | 5.04 |
| 12.20 | ปิด | 210 | 8.0 | 710 | 4.97 |
| 12.40 | | 220 | 6.8 | 715 | 4.66 |
| 13.00 | | 225 | 7.6 | 690 | 4.45 |
| 13.20 | | 245 | 7.6 | 700 | 3.81 |
| 13.40 | | 258 | 7.9 | 700 | 2.94 |
| 14.00 | | 275 | 7.2 | 700 | 1.89 |
| 14.20 | | 275 | 8.0 | 700 | 1.28 |
| 14.40 | | 257 | 7.5 | 700 | 1.02 |
| 15.00 | | 250 | 7.0 | 680 | 0.82 |
| 15.20 | | 250 | 7.5 | 690 | 0.72 |
| 15.40 | | 252 | 6.5 | 690 | 0.61 |
| 16.00 | | 257 | 6.5 | 690 | 0.56 |
| 16.20 | | 280 | 7.8 | 690 | 0.46 |
| 16.40 | | 282 | 4.7 | 700 | 0.38 |
| 17.00 | | 275 | 3.2 | 700 | 0.35 |



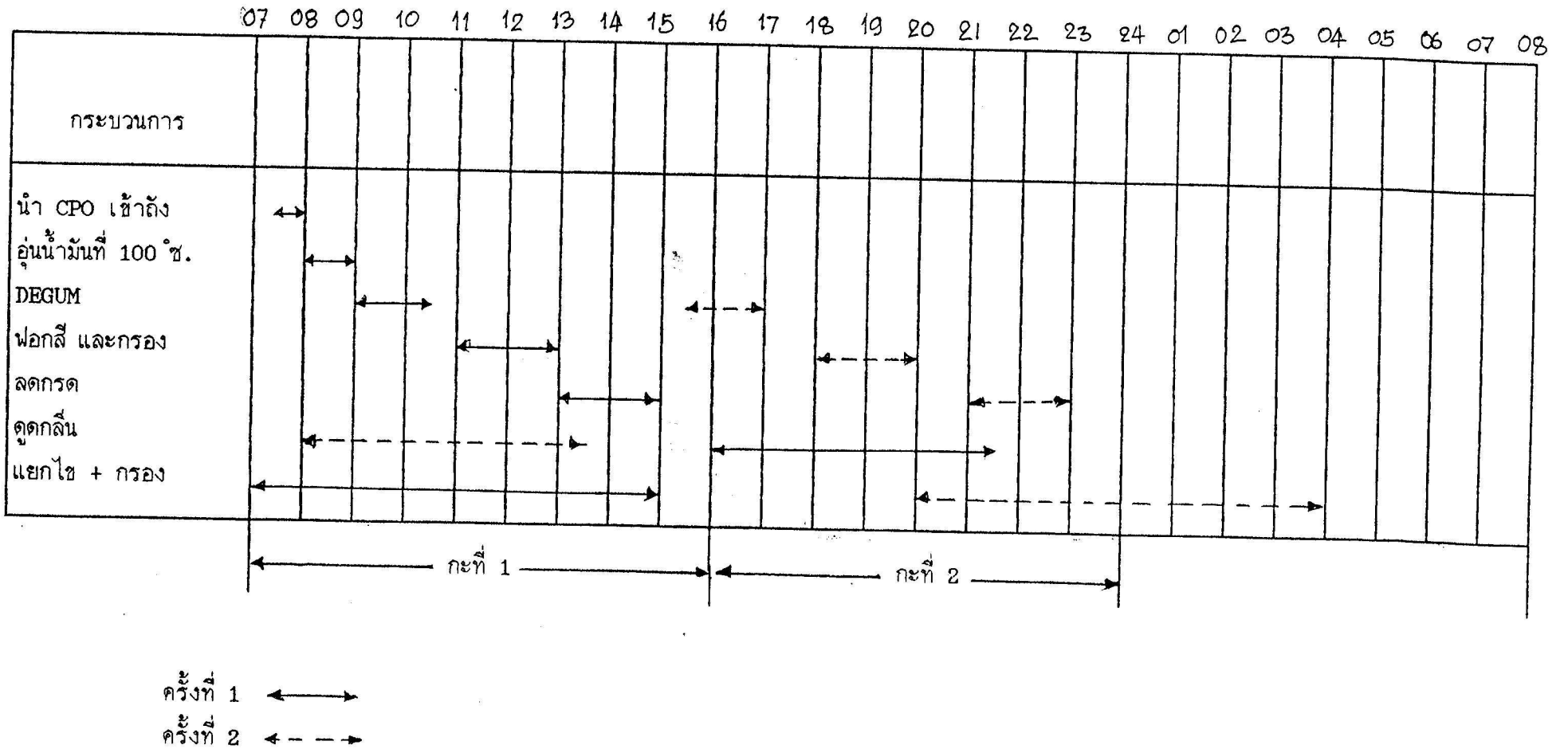



รูปที่ 6.1 กราฟแสดงการลดกรดไขมันอิสระในกระบวนการกายภาพ

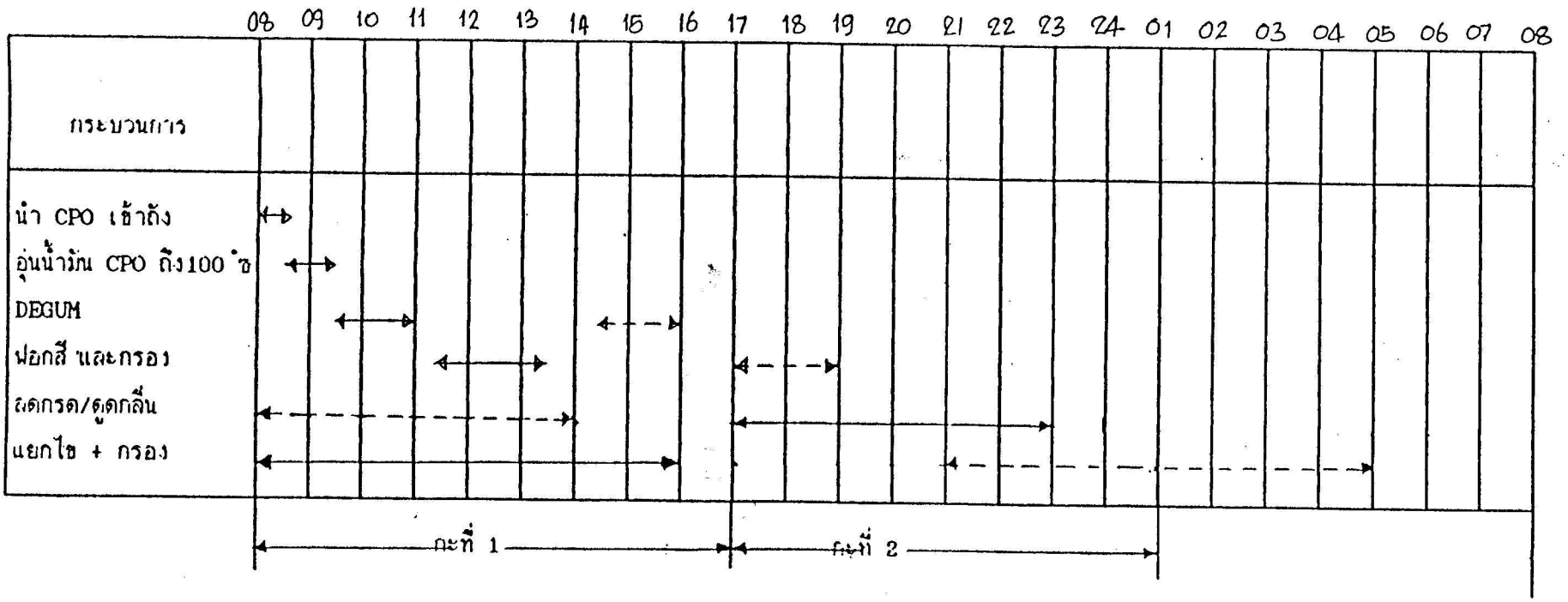



รูปที่ 6.2 กราฟแสดงอุณหภูมิของการแยกกรดและดูดกลิ่นในกระบวนการแบบกายภาพ

ตารางที่ 6.2 ตารางปฏิบัติงานของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมี



ตารางที่ 6.3 ตารางปฏิบัติงานของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพ




ครั้งที่ 1 ←——→

ครั้งที่ 2 ←– – –→

ด้วยของท่อน้ำมันและวาล์ว เมื่ออุณหภูมิสูงมาก และสร้างเตา Superheat เฉพาะของไอน้ำอย่างเดียว

2. แก้ไข Seal ของข้อต่อน้ำมันเทอร์มัลมิให้เกิดการรั่ว

3. ตรวจเช็คและแก้ไขรอยรั่วในระบบสูญญากาศ และถังดูดกลิ่น

4. แก้ไขปัญหาท่อปล่อยไอน้ำมีเสียงดังเสร็จเรียบร้อย

5. แก้ไขปัญหาเรื่องปล่องควัน โดยยกปล่องให้สูงขึ้นพ้นหลังคาตึกโรงหล่อ

6. ทำการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์วาล์วไอน้ำ และวาล์วน้ำมันเทอร์มัลใหม่

7. ทำการแก้ไขระบบการลดอุณหภูมิ (Cooling) ในถังดูดกลิ่น โดยการต่อท่อน้ำเย็นเข้าไปในขดท่อ Superheat ซึ่งเมื่อทำการดูดกลิ่นและแยกกรดเสร็จแล้วก็จะปิดวาล์วไอน้ำจากวงจร Superheat แล้วปั๊มน้ำเย็นจากบ่อน้ำ Cooling เข้าไปในท่อ Superheat แทนเพื่อลดอุณหภูมิน้ำมันจากการทดลองพบว่าสามารถลดอุณหภูมิน้ำมันจาก 240 °ซ. เหลือ 100 °ซ. ภายในเวลาเพียง 1 ชั่วโมง ซึ่งก่อนหน้านี้ต้องใช้ต้องเวลานานกว่า 15 ชั่วโมง และต้องเดินระบบสูญญากาศตลอดเวลาเพื่อมิให้น้ำมันเกิดออกซิไดส์กับอากาศ

8. ทำการยกระดับหลังคาโรงงานขึ้นอีก 1 เมตร เพื่อให้มีการระบายอากาศดีขึ้น

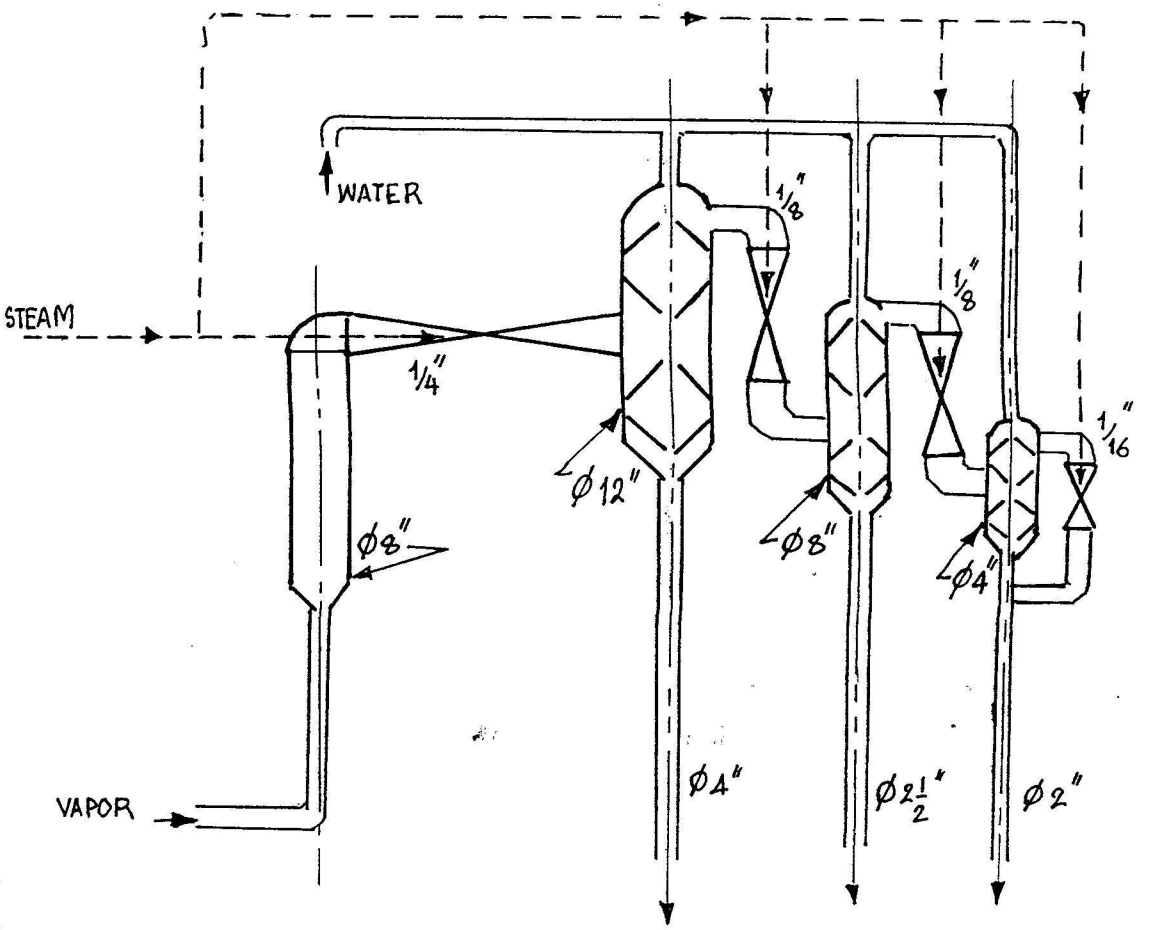
9. เปลี่ยนวาล์วนิรภัยของหม้อกำเนิดไอน้ำและทำการทดสอบ

10. ทำการแก้ไขปัญหากรดไขมันอุดตันในระบบสูญญากาศ โดยในระยะแรกได้พยายามใช้วิธีเปิดไอน้ำเข้าไปละลายกรดไขมัน แต่เกิดปัญหาอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้สูญญากาศตก ต่อมาจึงตัดถังดักกรดไขมันออก แล้วปล่อยให้กรดไขมันตกลงไปในบ่อ แล้วคอยแยกออกเมื่อกรดไขมันลอยตัวขึ้น อย่างไรก็ดีก็ยังคงประสบปัญหาอยู่เนื่องจากอุณหภูมิน้ำในบ่อน้ำหมุนเวียนจะค่อย ๆ สูงขึ้น ทำให้สูญญากาศตกลงมาเป็น 720 มิลลิเมตรปรอท

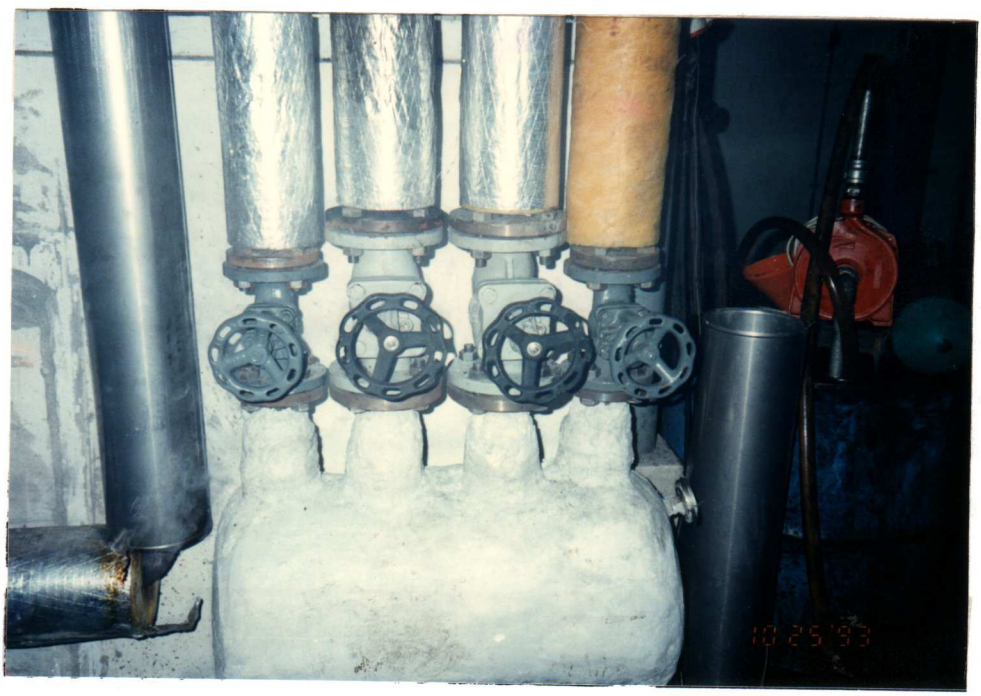
11. ทำการแก้ไขโดยติดพัดลมที่หอผึ่งเย็นเพื่อลดอุณหภูมิน้ำในบ่อหมุนเวียนลงไม่ให้เกิน 30 °ซ.

12. เพิ่มเติมสติมอีเจ็คเตอร์ช่วยในการทำสุญญากาศอีกหนึ่งตัว ดังรูปที่ 6.3

รูปที่ 6.4 แสดงถึงการปรับปรุงอุปกรณ์โดยการเปลี่ยนวาล์วของท่อไอน้ำ และเทอร์มัลออยล์




รูปที่ 6.3 การต่อวงจรระบบสุญญากาศที่ปรับปรุงใหม่



รูปที่ 6.4 การเปลี่ยนวาล์วท่อไอน้ำ และท่อเทอร์มัลออยล์

# บทที่ 7

## การทดลองแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปาล์ม

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบสร้าง ติดตั้ง และทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ทั้งกระบวนการทางกายภาพ และกระบวนการทางเคมี รวมทั้งได้ทำการปรับปรุงแก้ไข และเปลี่ยนอุปกรณ์ กลั่นน้ำมันปาล์มให้ได้มาตรฐานและมีความปลอดภัยในการใช้งานเสร็จแล้ว การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนต่อไปก็คือ การทดลองแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์ม ซึ่งจะมีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. ไขสบู่ (Soap Stock) ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมี

2. กรดไขมัน (Palm Fatty Acid Distilled, PFAD) เป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพ

3. ไขสเตียริน (Stearin) เป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการแยกไขของการกลั่นน้ำมันปาล์มทั้งสองแบบ

ผลิตผลพลอยได้เหล่านี้ได้สร้างปัญหาให้กับโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มขนาดเล็กเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีปริมาณมากและไม่สามารถจำหน่ายได้โดยง่าย หรืออาจจะจำหน่ายได้ในราคาต้นทุนหรือต่ำกว่าต้นทุนเพื่อเป็นการระบายผลิตผลพลอยได้ออกจากโรงงานไป ดังนั้นแนวทางการวิจัยจึงได้ตั้งเป้าหมายเพื่อทำการทดลองแปรรูปผลิตผลพลอยได้เหล่านี้ ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลู่ทางการจำหน่ายในพื้นที่ชนบท โดยแปรรูปให้มีมูลค่าสูงขึ้น (Value Added) โดยแต่ละผลิตผลพลอยได้มีการทดลองแปรรูปดังนี้

### 7.1 การทดลองแปรรูปไขสบู่

ไขสบู่ เป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการลดกรดโดยการกลั่นแบบเคมี ซึ่งปริมาณไขสบู่จะขึ้นอยู่กับปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ จากการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมีพบว่าปริมาณไขสบู่โดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.35 เท่าของปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งในกรณีของโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มขนาดเล็กซึ่งมีความสามารถกลั่นน้ำมันปาล์มได้วันละ 2,760 กิโลกรัมน้ำมันปาล์มดิบ หากน้ำมันปาล์มดิบมีกรดไขมันอิสระ 5 % จะมีไขสบู่เป็นผลิตผลพลอยได้ประมาณ 2,760 X 0.05 X 1.35 = 186 กิโลกรัม

ไขสบู่ สามารถนำไปแปรรูปเป็นสบู่ซักล้าง และสบู่หอมฟอกร่างกายได้ ดังมีรายละเอียดกล่าวไว้ในบทที่ 2 แล้ว แต่จากการนำผลิตภัณฑ์สบู่หอมฟอกร่างกายไปทดลองจำหน่ายที่สหกรณ์นิคมอ่าวลึก จังหวัดกระบี่ ก็พบว่าสามารถจำหน่ายได้น้อยมาก และจากการสุ่มสัมภาษณ์เกษตรกรในจังหวัดกระบี่ก็สรุปได้ว่าเกษตรกรจะเลือกซื้อสบู่ยี่ห้อที่มีการโฆษณาทางวิทยุโทรทัศน์ เพราะเชื่อถือมากกว่าสบู่ที่โครงการผลิตแม้จะจำหน่ายในราคาต่ำกว่ามากก็ตาม ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้สทำการทดลองแปรรูปให้เป็นสบู่ผงสำหรับซักผ้า หรือ "ผงซักฟอกเทียม" ขึ้น โดยได้ทดลองวิจัยสูตรผสมต่าง ๆ หลายสูตร พร้อมทั้งนำไป

ทดลอง แจกให้กับเกษตรกรไปทดลองใช้ และในที่สุดก็สามารถสรุปสูตรผงซักฟอกที่เป็นที่ยอมรับพอสมควร ดังมีรายละเอียดของสูตรผสมและวิธีการผลิตดังนี้

1. <u>การแปรรูปไขสบู่เป็นสบู่</u> ในขั้นตอนแรกจะต้องนำไขสบู่มาผลิตให้เป็นสบู่เสียก่อน โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

- นำไขสบู่มาใส่ในถังต้มสบู่ประมาณครึ่งถัง เติมน้ำสะอาดลงไปพอท่วมไขสบู่ เปิดวงจรน้ำมันเทอร์มัลเพื่อให้ความร้อนแก่ไขสบู่จนไขสบู่ละลายหมด ระวังอย่าให้อุณหภูมิเกิน 95 °ซ. ไขสบู่จะเดือดจนเต็มถังมีสีขั้นขาวคล้ายนม
- นำสารละลายโซดาไฟ 25-28 °B ที่เตรียมไว้ใส่กรวยสเปรย์ลงในถังต้มสบู่ พร้อมทั้งเปิดมอเตอร์กวนไปเรื่อย ๆ น้ำสบู่จะค่อย ๆ ข้น และเหนียวขึ้น สังเกตดูสีขาวคล้ายนมหมดไป แสดงว่าปฏิกิริยาสมบูรณ์แล้ว
- หยุดสเปรย์โซดาไฟ หยุดให้ความร้อน แต่ยังกวนไปเรื่อย ๆ
- เตรียมสารละลายเกลือแกง โดยเอาเกลือเม็ดละลายน้ำสะอาดจนอิ่มตัว เทน้ำเกลือลงไปจนหมด กวนแรง ๆ พร้อมกับสังเกตดูการแยกตัวของเนื้อสบู่ หากเนื้อสบู่ยังไม่แตกตัวต้องเติมน้ำเกลือลงไปอีก
- เมื่อสบู่แยกตัวแล้วให้หยุดกวน ปล่อยสบู่ให้ลอยแยกเป็น 3 ชั้น โดยชั้นบนจะเป็นเนื้อสบู่สะอาด ชั้นกลางเป็นเนื้อสบู่สกปรก และชั้นล่างเป็นน้ำเกลือ
- ถ่ายน้ำเกลือออกทางก้นถัง แล้วแยกเอาเนื้อสบู่สะอาดเทใส่ลงในแม่พิมพ์ ส่วนเนื้อสบู่สกปรกจะแยกไว้ต่างหาก เพื่อนำไปใช้ซักผ้ากรองน้ำมันในโรงงาน

ในการผลิตสบู่นี้จะได้เนื้อสบู่สะอาดประมาณ 1.2 เท่าของไขสบู่ ดังนั้นโดยเฉลี่ยก็จะผลิตสบู่ได้วันละ 186 X 1.2 = 223 กิโลกรัม โดยมีต้นทุนการแปรรูป(ไม่รวมค่าแรง)เท่ากับ 12.50 บาท/กิโลกรัมสบู่

รูปที่ 7.1 แสดงถึงการผลิตสบู่จากไขสบู่

2. <u>นำสบู่มาผลิตเป็นผงซักฟอก</u> ในขั้นตอนที่ 2 เป็นการนำเอาสบู่ที่ผลิตได้จากขั้นตอนแรกมาผลิตเป็นผงซักฟอกจากสารธรรมชาติขึ้น หรือเรียกว่า สบู่ผงสำหรับซักฟอก เนื่องจากยังมีเนื้อสบู่เป็นส่วนผสมอยู่คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองสูตรผงซักฟอกหลายสูตรพร้อมทั้งทดสอบตลาดไปด้วย จนในที่สุดสามารถสรุปสูตรที่ดีที่สุดได้ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. นำเอาโซดาซักผ้า (โซเดียมคาร์บอเนต) 1,500 กรัม ใส่ภาชนะเติมกรดฟอสฟอริคลงไป 1,500 กรัม ทำปฏิกิริยาจนหมด วัดค่า pH ได้ 7 นำส่วนผสมไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด ดังแสดงในรูปที่ 7.2

รูปที่ 7.1 การผลิตสบู่จากไขสบู่

รูปที่ 7.2 เครื่องบดผสม

ข. นำส่วนผสมข้างต้นมาทำการผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ตามสูตรดังนี้

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| สบู่ | 1,000 | กรัม | ราคา | 12.50 | บาท |
| ส่วนผสมจาก ก. | 3,000 | กรัม | ราคา | 54.00 | บาท |
| โปแตสเซียมไนเตรต | 200 | กรัม | ราคา | 5.00 | บาท |
| น้ำตาล | 800 | กรัม | ราคา | 9.80 | บาท |
| สารส้ม | 100 | กรัม | ราคา | 2.50 | บาท |
| โซเดียมคาร์บอเนต | 700 | กรัม | ราคา | 7.70 | บาท |
| ผงช่วยฟอง | 200 | กรัม | ราคา | 20.00 | บาท |
| รวม | 6,000 | กรัม | ราคารวม | 111.50 | บาท |

นำส่วนผสมทั้งหมดมาคลุกเคล้าให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสมแล้วร่อนด้วยตะแกรงละเอียด เติมผงรัสเซียนบลูเล็กน้อย ใส่กลิ่น บรรจุถุงพลาสติกขนาด 1 กิโลกรัม คิดเป็นต้นทุนการผลิต 18.58 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 20.00 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อรวมค่าถุงบรรจุ สีและกลิ่นหอม

จากการคำนวณและทดลองจะผลิตผงซักฟอกได้วันละ 223 X 6 = 1,338 กิโลกรัม

รูปที่ 7.3 แสดงถึงการทำผงซักฟอก และรูปที่ 7.4 เป็นผงซักฟอกที่ผลิตเสร็จแล้ว

## 7.2 การแปรรูปกรดไขมัน (PFAD)

กรดไขมันที่แยกออกมาเป็นผลิตผลพลอยได้จากถังดูดกลิ่นในกระบวนการกลั่นน้ำมันแบบกายภาพ จะมีประปริมาณเท่ากับปริมาณกรดไขมันอิสระ ในน้ำมันปาล์มดิบ ดังนั้นถ้าทำการกลั่นน้ำมันปาล์มวันละ 2,760 กิโลกรัมน้ำมันปาล์มดิบ ที่กรดไขมันอิสระ 5 % ก็จะมีกรดไขมัน (PFAD) ประมาณ 0.05 X 2,760 = 138 กิโลกรัมต่อวัน คณะผู้วิจัยได้นำกรดไขมันมาทำการผลิตเป็นสบู่ และผงซักฟอกเทียมได้เช่นเดียวกับไขสบู่ทุกประการ ดังแสดงในรูปที่ 7.5 แต่เนื่องจากกรดไขมันจะมีกลิ่นหืนจากกระบวนการแยกกรดและดูดกลิ่นติดอยู่ ดังนั้นในการผลิตสบู่จะต้องทำการฟอก 2 ครั้ง ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการแปรรูปสูงขึ้นอีก 2 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นการผลิตผงซักฟอกเทียมจากกรดไขมันจะเฉลี่ยประมาณ 22.00 บาทต่อกิโลกรัม และจะมีปริมาณผงซักฟอกที่ผลิตได้วันละประมาณ 138 X 6.0 X 1.2 = 993 กิโลกรัม

## 7.3 การแปรรูปไขสเตียริน

ไขสเตียริน เป็นผลิตผลพลอยได้จากการนำเอาน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ (RBD Palmoil) มาทำการเลี้ยงผลึกและแยกไข โดยมีปริมาณของไขสเตียรินโดยเฉลี่ย 30-35 % ของน้ำหนักน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ไขสเตียรินมีลักษณะกายภาพเป็นไขแข็งสีขาว และมีคุณสมบัติเฉพาะดังนี้

รูปที่ 7.3 การทดลองผลิตผงซักฟอก

รูปที่ 7.4 ผงซักฟอกที่ทดลองผลิตจากไขสบู่

รูปที่ 7.5 การผลิตสบู่จากกรดไขมัน (PFAD)

Slip Melting Point (°C) 44-56

Iodine Value (Wij's) 46-54

Saponification Value (mg KOH/g oil) 193-206

Unsaponification Matter (%) 0.1-1.0

Fatty Acid Composition (% wt) GLC

| | | |
|---|---|---|
| Myristic | C14:0 | 1-2 |
| Palmitic | C16:0 | 47-74 |
| Stearic | C18:0 | 4-6 |
| Oleic | C18:1 | 16-37 |
| Linoleic | C18:2 | 3-10 |

สำหรับการแปรรูปไขสเตียรินให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถจำหน่ายได้ในท้องถิ่นชนบทนั้น คณะผู้วิจัยได้ทำการพิจารณาแนวทางต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ทั้งการสำรวจเอกสาร และทำการทดลองดังนี้

1. นำไขสเตียรินไปจำหน่ายในโรงงานผสมอาหารสัตว์ และฟาร์มเลี้ยงสัตว์
2. นำไขสเตียรินมาผลิตเป็นสบู่ และผงซักฟอก
3. นำไขสเตียรินมาผลิตเป็นเนยขาว เพื่อส่งจำหน่ายในโรงงานเบเกอรี่
4. นำไขสเตียรินมาผลิตเป็นเนยเทียม เพื่อจำหน่วยเป็นเนยทำโรตีแก่ชาวมุสลิม

สำหรับแนวทางที่ 1 นั้น คณะผู้วิจัยได้ทดลองส่งไขสเตียรินไปจำหน่ายเป็นส่วนผสมของอาหารสุกรของฟาร์มสุกรขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดสงขลาในราคากิโลกรัมละ 12 บาท ทางฟาร์มได้นำไปผสมอาหารสุกรในอัตรา 0.5 % แนวทางนี้จะมีข้อจำกัดคือ จะจำหน่ายได้เฉพาะฟาร์มขนาดใหญ่ที่ทำการผสมสูตรอาหารเองเท่านั้น สำหรับฟาร์มขนาดเล็ก (10-20 ตัว) ที่เลี้ยงโดยเกษตรกรรายย่อยนั้นส่วนใหญ่จะใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ซึ่งจะสะดวกกว่า ดังนั้นแนวทางนี้ตลาดของไขสเตียรินจึงแคบและมีข้อจำกัด

ในแนวทางที่ 2 นั้น คณะผู้วิจัยได้เคยทดลองผลิตสบู่หอมฟอกร่างกายจากไขสเตียรินบริสุทธิ์ขนาดก้อนละ 80 กรัม โดยมีต้นทุนการผลิตก้อนละ 3.11 บาท แต่มีข้อจำกัดในด้านตลาดจำหน่ายเนื่องจากสบู่หอมเป็นสินค้าที่ต้องมีการลงทุนโฆษณาสูงมาก และประชาชนในเขตชนบทเกือบทุกบ้านมีเครื่องรับโทรทัศน์ และจะมีรสนิยมเลือกซื้อสบู่ที่มียี่ห้อและมีการโฆษณามาใช้ถึงแม้จะมีราคาสูงก็ตาม

สำหรับการแปรรูปไขสเตียรินเป็นผงซักฟอกนั้น ก็สามารถทำได้โดยมีคุณภาพดีพอสมควร แต่จะมีปริมาณการผลิตสูงมาก คือ วันละ 6,120 กิโลกรัม เนื่องจากไขสเตียรินที่ผลิตได้เฉลี่ยวันละ 0.35 x 2,429 = 850 กิโลกรัม นำไปผลิตสบู่ได้ 1.2 x 850 = 1,120 กรัมต่อวันและนำไปผลิตเป็นผงซักฟอกได้ 1,020 x 6.00 = 6,120 กิโลกรัมต่อวัน ดังนั้นจึงมีปัญหาเรื่องตลาดจำหน่ายเช่นเดียวกัน

ดังนั้น การแปรรูปไขสเตียรินสำหรับโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็กนี้จึงมีแนวทางที่เป็นไปได้อยู่เพียง 2 แนวทางเท่านั้น คือ ทำการผลิตเป็นเนยขาว และเนยเทียม เพื่อนำผลิตภัณฑ์ไปจำหน่ายในโรงงานผลิตเบเกอรี่ หรืออาจทำการผลิตเป็นเนยเทียมจำหน่ายแก่ชุมชนมุสลิม เนื่องจากโครงการได้เคยทำการผลิตเนยเทียมส่งให้ศูนย์อาหารและโภชนาการ สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ไปทดลองผลิตอาหารมุสลิม เช่น โรตี แล้วปรากฏว่า เนยเทียมเป็นที่ยอมรับของชาวมิสลิมเป็นอย่างดี และเนยเทียมสามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นเวลานานกว่า 3 เดือนอีกด้วย

ในการทดลองผลิตเนยขาวและเนยเทียมนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองสร้างเครื่องต้นแบบโดยมีขนาดกำลังผลิตประมาณ 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 7.6 โดยมีขั้นตอนการผลิตและต้นทุนการแปรรูปดังนี้

1. ใช้สูตรผสมน้ำมันโอเลอีน 40 % ไขสเตียริน 60 %

∴ ปริมาณการผลิตต่อวัน = 566 + 850 = 1,416 กก./วัน

หมายเหตุ : ใช้ไขสเตียรินมาแปรรูปจนหมด 850 กก./วัน

∴ เวลาการผลิต = 1,416/200 = 7 ชั่วโมง/วัน

ทำการผสมน้ำมันปาล์มในถังผสม ขนาด 100 ลิตร กวนให้ละลายเข้ากัน อุ่นส่วนผสมให้มีอุณหภูมิประมาณ 62 °ซ. จากนั้นก็ทำการปั๊มส่วนผสมเข้าไปในเครื่องทำเนยขาว ซึ่งภายในเครื่องจะมีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอก ภายในมีใบพัดสเตนเลสแบบลอยตัวได้ (Floating Blades) ส่วนผสมจะถูกบังคับให้ไหลเข้าไปในทรงกระบอกซึ่งที่ผนังรอบนอกจะมีสารทำความเย็นปั๊มผ่านเข้ามาโดยรอบเพื่อทำให้ส่วนผสมถูกลดอุณหภูมิอย่างฉับพลัน ให้อุณหภูมิเหลือ 21 °ซ. ใบพัดสเตนเลสจะขูดส่วนผสมที่เย็นตัวและเกิดเป็นเยลลี่ และเมื่อเติมกาซไนโตรเจนลงไปแล้วก็จะผ่านเข้าเครื่องนวดอีกครั้งหนึ่ง ส่วนผสมจะมีสีขาวและเนื้อฟูและเบา บรรจุถุงพลาสติกใสขนาดก้อนละ 10 กก. ชั้นนอกเป็นถังพลาสติกมีหูหิ้วและฝาปิดเพื่อรอส่งจำหน่ายต่อไป รูปที่ 7.7 แสดงถึงเนยขาวที่ทดลองผลิตได้

2. ต้นทุนการแปรรูปมีรายละเอียดดังนี้

ค่าไฟฟ้า รวม 26.26 kwh X 2.00 บาท/กก. = 52.53 บาท/ชม.

= 52.53/200 = 0.26 บาท/กก.

ค่าไนโตรเจน ใช้ประมาณวันละ 2 ถัง ๆ ละ 100 บาท

= (2 X 100 )/1,416 = 0.14 บาท/กก.

ค่าบรรจุถุง ประมาณ 1.00 บาท/กก.

กระป๋องพลาสติก ใบละ 30 บาท เท่ากับ 3.00 บาท/กก.

∴ รวมต้นทุนแปรรูป = 0.26 + 0.14 + 1.00 + 3.00 = 4.4 บาท/กก.

สำหรับการผลิตเนยเทียมนั้น จะใช้สูตรที่แตกต่างกับการผลิตเนยขาว โดยจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังนี้

ส่วนผสม ประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| 1. น้ำมันปาล์มโอเลอีน | 1,120 | กรัม |
| 2. น้ำ | 300 | กรัม |
| 3. เกลือ | 40 | กรัม |
| 4. สารอีมัลซิฟาย | 30 | กรัม |
| 5. โซเดียมเบนโซเอท | 2 | กรัม |
| 6. กลิ่นวานิลา, กล้วยหอม อย่างละ | 1 | ช้อนชา |
| 7. สีเหลืองผสมอาหาร | | เล็กน้อย |
| 8. ไขสเตียริน | 1,000 | กรัม |

วิธีทำ

นำไขสเตียรินตั้งไฟให้ละลาย แล้วทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิ 60-65 °ซ. นำน้ำต้มเดือดละลายเกลือลงไปจนหมด ใส่โซเดียมเบนโซเอท สารอีมัลซิฟาย กลิ่นและสี คนให้เข้ากัน เสร็จแล้วนำส่วนผสมใส่ลงในน้ำมันโอเลอีนกวนให้เข้ากันแล้วนำไปพรีซที่อุณหภูมิ 5-10 °ซ. ในห้องเย็น จากนั้นนำไขสเตียรินที่ละลายไว้มาเติมลงในส่วนผสมกวนให้เร็วและแรง และลดอุณหภูมิให้ต่ำลงมาถึง 10-15 °ซ. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจากนั้นก็นำไปบรรจุภาชนะจำหน่ายต่อไป

ในการผลิตเนยเทียมในเชิงอุตสาหกรรมนั้น ให้ใช้ส่วนผสมตามสูตรนี้แต่ผสมครั้งละ 100 ลิตร แล้วปั๊มเข้าเครื่องทำเนยต้นแบบก็จะเป็นเนยเทียมตามต้องการ โดยจะมีกำลังผลิตวันละ 1,500-1,600 กิโลกรัมเช่นเดียวกัน

สำหรับการผลิต ผลิตผลพลอยได้เหล่านี้จะใช้คนงานเพิ่มอีก 3 คน โดยทำวันละกะเดียว คิดเป็นค่าแรงรวมเดือนละ 3,500 บาทต่อคน หรือ 10,500 บาทต่อเดือน

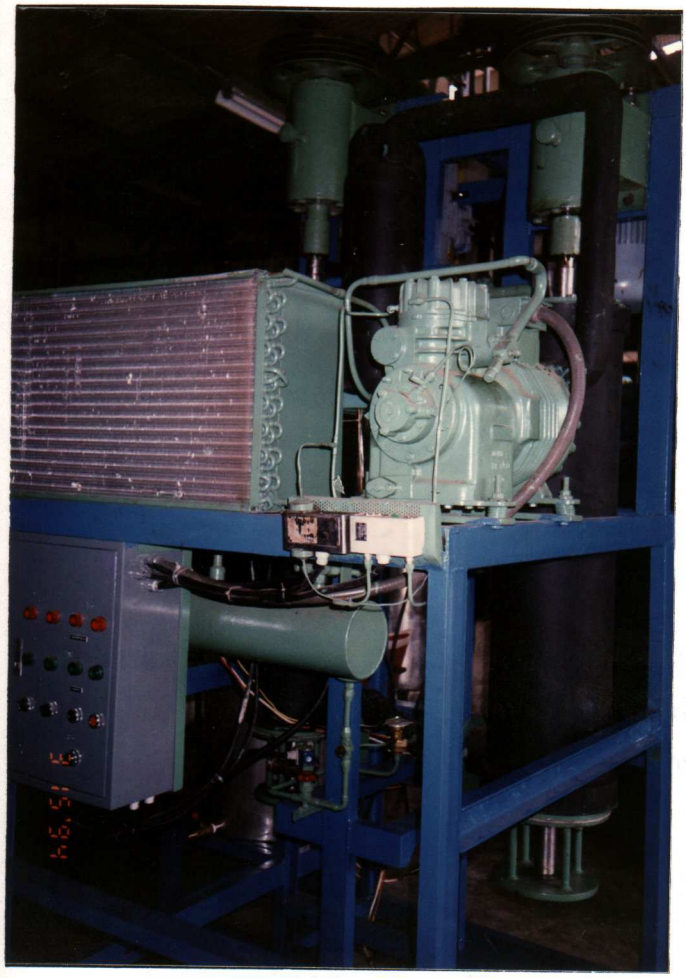
## 7.4 การทดลองแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องอื่น

นอกเหนือจากการทดลองแปรรูปผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไว้ในข้อ 6.4 ได้แก่ เนยขาว และผงซักฟอกเทียมแล้ว คณะผู้วิจัยยังได้ทำการทดลองแปรรูปผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีก 3 ชนิด โดยเป็นการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อแสดงว่าสามารถจะนำผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องได้ โดยเฉพาะการนำเนยขาวและเนยเทียมไปใช้ในอุตสาหกรรมเบเกอรี่ได้เป็นอย่างดีดังนี้

### 1. การทำสบู่ล้างจาน

ส่วนผสม 1 ประกอบด้วย

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| น้ำ | 1,000 กรัม | | | |
| โซเดียมฟอสเฟต | 500 กรัม | กก. ละ 14 บาท | = 8.68 | บาท |
| โปแตสเซียมไนเตรท | 125 กรัม | กก. ละ 25 บาท | = 3.125 | บาท |



รูปที่ 7.6 เครื่องทำเนยขาวและเนยเทียม

รูปที่ 7.7 ตัวอย่างเนยขาวที่ทดลองผลิตได้

ส่วนผสม 2 ประกอบด้วย

| | | | |
|---|---|---|---|
| น้ำ | 500 กรัม | | |
| น้ำตาลทราย | 250 กรัม | กก. ละ 14 บาท | = 3.50 บาท |
| อลูมิเนียมซัลเฟต | 25 กรัม | กก. ละ 25 บาท | = 0.625 บาท |

ส่วนผสม 3 ประกอบด้วย

| | | | |
|---|---|---|---|
| สบู่ไม่แยก | 1,500 กรัม | | = 10.00 บาท |
| หัวแชมพู | 750 กรัม | กก. ละ 28 บาท | = 21.00 บาท |
| น้ำ | 1,000 กรัม | | |

ส่วนผสม 4 ประกอบด้วย

สี - น้ำหอม = 4.50 บาท

วิธีทำ

1. ละลายส่วนผสมที่ 1 และที่ 2 เข้าด้วยกัน ทิ้งไว้ให้เย็น
2. ละลายส่วนที่ 3 ด้วยไฟอ่อน ๆ จนละลายหมด ลดไฟลงแล้วเอาส่วนผสมจากข้อ 1 ใส่และกวนให้เข้ากัน ใส่สีและกลิ่นตามใจชอบ
3. รีบตักส่วนผสมใส่ภาชนะขณะกำลังร้อนอยู่ (ภาชนะบรรจุใบละ 5 บาท)

ส่วนผสมตามสูตรนี้ จะได้น้ำหนักสบู่ล้างจาน 5,650 กรัม ต้นทุนการผลิตรวม 54.75 บาท

∴ ราคาต้นทุน = 54.75 / 5.650 = 9.69 บาท/กก.

ภาชนะบรรจุขนาด 500 กรัม ราคา 5 บาท

∴ ต้นทุนรวม = 9.69 + 10.00 ≃ 20 บาท/กก.

2. **การทดลองผลิตเค้กเนย** โดยใช้เนยเทียมเป็นวัตถุดิบ มีรายละเอียดการทดลองดังนี้

*ส่วนผสม*

| | | |
|---|---|---|
| ก. ไข่ไก่ | 14 | ฟอง |
| น้ำตาลขาว | 600 | กรัม |
| สารอีมัลซิฟาย | 30 | กรัม |
| น้ำ | 50 | กรัม |
| ข. แป้งเค้ก | 500 | กรัม |
| ผงฟู | 15 | กรัม |
| นมผงช้อกโกแลต | 50 | กรัม |
| ค. เนยเทียม | 400 | กรัม |
| กลิ่นวานิลา, มะนาว, กล้วยหอม | อย่างละ 1 | ช้อนชา |

วิธีทำ

เอาส่วนผสม ก. ผสมเข้ากัน ตีด้วยเครื่องตีจนขึ้นฟูขาวนวล ฟองละเอียด จากนั้นนำส่วนผสม ข. ร่อนด้วยตะแกรงร่อน 3 ครั้ง เพื่อให้เข้ากันดี แล้วใส่ลงในส่วนผสม ก. โดยแบ่งใส่ 4-5 ครั้ง แล้วกวนเบา ๆ เพื่อมิให้ส่วนผสมยุบตัว ขั้นตอนต่อไปก็นำส่วนผสม ค. กวนให้เข้ากันแล้วเติมลงไปโดยกวนเบา ๆ พอให้เข้ากันดีแล้วตักใส่แม่พิมพ์ซึ่งแม่พิมพ์จะทาน้ำมันพืชไว้แล้ว นำแป้งเค้กโรยให้ทั่วเคาะแป้งที่เหลือออก เมื่อตักใส่แม่พิมพ์ประมาณครึ่งแม่พิมพ์แล้วก็นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 350 °ซ. จนสุก ใช้เวลาประมาณ 20 นาที เมื่อสุกแล้วนำออกจากเตาอบโรยลูกเกดลงบนผิวหน้าเค้ก สำหรับต้นทุนการผลิตไม่รวมค่าแรง เท่ากับ 12 บาทต่อปอนด์

3. <u>การทดลองผลิตขนมปัง</u> โดยใช้เนยขาวเป็นวัตถุดิบ มีรายละเอียดสูตรและวิธีการทำดังนี้

**ส่วนผสม**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| เนยขาว | 150 | กรัม | ราคา | 3.00 บาท |
| แป้งขนมปัง | 1,000 | กรัม | ราคา | 15.00 บาท |
| ยีสต์ | 15 | กรัม | ราคา | 3.33 บาท |
| สาร S 500 | 10 | กรัม | ราคา | 1.13 บาท |
| นมผง | 30 | กรัม | ราคา | 0.84 บาท |
| น้ำตาลทรายขาว | 200 | กรัม | ราคา | 2.60 บาท |
| เกลือ | 10 | กรัม | ราคา | 0.03 บาท |
| น้ำเย็น | 550 | กรัม | | - - |
| | | | รวม | 25.93 บาท |

วิธีทำ

นำส่วนผสมทั้งหมดมาตีให้เข้ากันโดยเครื่องตี จนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำมาพักไว้ประมาณ 10 นาที จากนั้นนำมาปั้นเป็นก้อนพักไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาเข้าเตาอบประมาณ 15-20 นาที ก็จะสุก จากนั้นก็นำออกมาจากเตาทิ้งไว้ 1-1.5 ชั่วโมง ก็นำไปบรรจุถุงจำหน่ายได้

ผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดลองมีดังนี้

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. ขนมปังหัวกะโหลก | 3 | แถว | ราคาขาย | 45.00 บาท |
| 2. ขนมปังไส้ | 9 | ชิ้น | ราคาขาย | 54.00 บาท |
| 3. ขนมปังไส้กรอก | 8 | ชิ้น | ราคาขาย | 80.00 บาท |
| 4. ขนมปังโดนัท | 2 | ชิ้น | ราคาขาย | 12.00 บาท |
| | | | รวม | 191.00 บาท |

การวิเคราะห์ต้นทุนกำไร จากขนมปังที่ทำการทดลอง ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 1. รายได้จากการขาย | 191.00 | บาท |
| 2. ต้นทุนวัตถุดิบ | 25.93 | บาท |
| 3. ไส้ขนมปังและไส้กรอก | 60.00 | บาท |
| 4. ค่าแรงและค่าไฟฟ้า | 50.00 | บาท |
| กำไรขั้นต้น | 55.07 | บาท |

หมายเหตุ ยังไม่ได้รวมต้นทุนคงที่ ค่าโสหุ้ยการผลิต ค่าวัสดุหีบห่อ และค่าขนส่ง

# บทที่ 8

## การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนการลงทุน

### 8.1 สรุปผลการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง

จากวิธีการ และผลการทดลองการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ทั้งกระบวนการเคมี และกายภาพ รวมทั้งการทดลองแปรรูปผลิตผลพลอยได้ และผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องของโรงงานต้นแบบที่ได้ทำการทดลองออกแบบไว้ สรุปผลได้ดังนี้

8.1.1 กระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมี (กลั่น 2 รอบต่อวัน)

(1) วัตถุดิบและผลผลิต

- ใช้น้ำมันปาล์มดิบ (FFA = 5 %) = 2,760 กก./วัน
- ได้น้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ = 2,456 กก./วัน
- เปอร์เซ็นการสูญเสีย 11 %
- ปริมาณไขสบู่ = 186 กก./วัน
- น้ำมันปาล์มโอเลอีน = 1,596 กก./วัน
- ไขสเตียริน = 860 กก./วัน

(2) การใช้พลังงานและวัสดุการผลิตต่อวัน

- พลังงานไฟฟ้า = 480 kwh
- น้ำ = 6.50 ลบม.
- น้ำมันเตา = 620 ลิตร
- กรดฟอสฟอริค = 3.23 กก./วัน
- โซดาไฟ = 17.00 กก./วัน
- ดินฟอกสี = 75.0 กก./วัน
- ผงช่วยกรอง = 30.0 กก./วัน

8.1.2 กระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพ (กลั่นวันละ 2 รอบ)

(1) วัตถุดิบและผลผลิต

- ใช้น้ำมันปาล์มดิบ (FFA = 5 %) = 2,760 กก./วัน
- ได้น้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ = 2,539 กก./วัน
- การสูญเสีย 8 %
- ปริมาณกรดไขมัน (PFAD) = 138 กก./วัน
- น้ำมันปาล์มโอเลอีน = 1,650 กก./วัน
- ไขสเตียริน = 889 กก./วัน

(2) การใช้พลังงานและวัสดุการผลิต

- พลังงานไฟฟ้า = 442 kwh
- น้ำ = 5.5 ลบม.
- น้ำมันเตา = 720 ลิตร
- กรดฟอสฟอริค = 3.23 กก./วัน
- ดินฟอกสี = 45.0 กก./วัน
- ผงช่วยกรอง = 30.0 กก./วัน

8.1.3 การแปรรูปผลิตผลพลอยได้

(1) กระบวนการเคมี

- แปรรูปไขสบู่ 186 กก. เป็นผงซักฟอก = 1,338 กก./วัน
- ต้นทุนการผลิตผงซักฟอก = 20.00 บาท/กก.
- แปรรูปน้ำมันปาล์มโอเลอีน 572 กก. และสเตียริน 860 กก. เป็นเนยขาว = 1,432 กก./วัน
- ต้นทุนการแปรรูปรวมภาชนะบรรจุ = 4.40 บาท/กก.

(2) กระบวนการกายภาพ

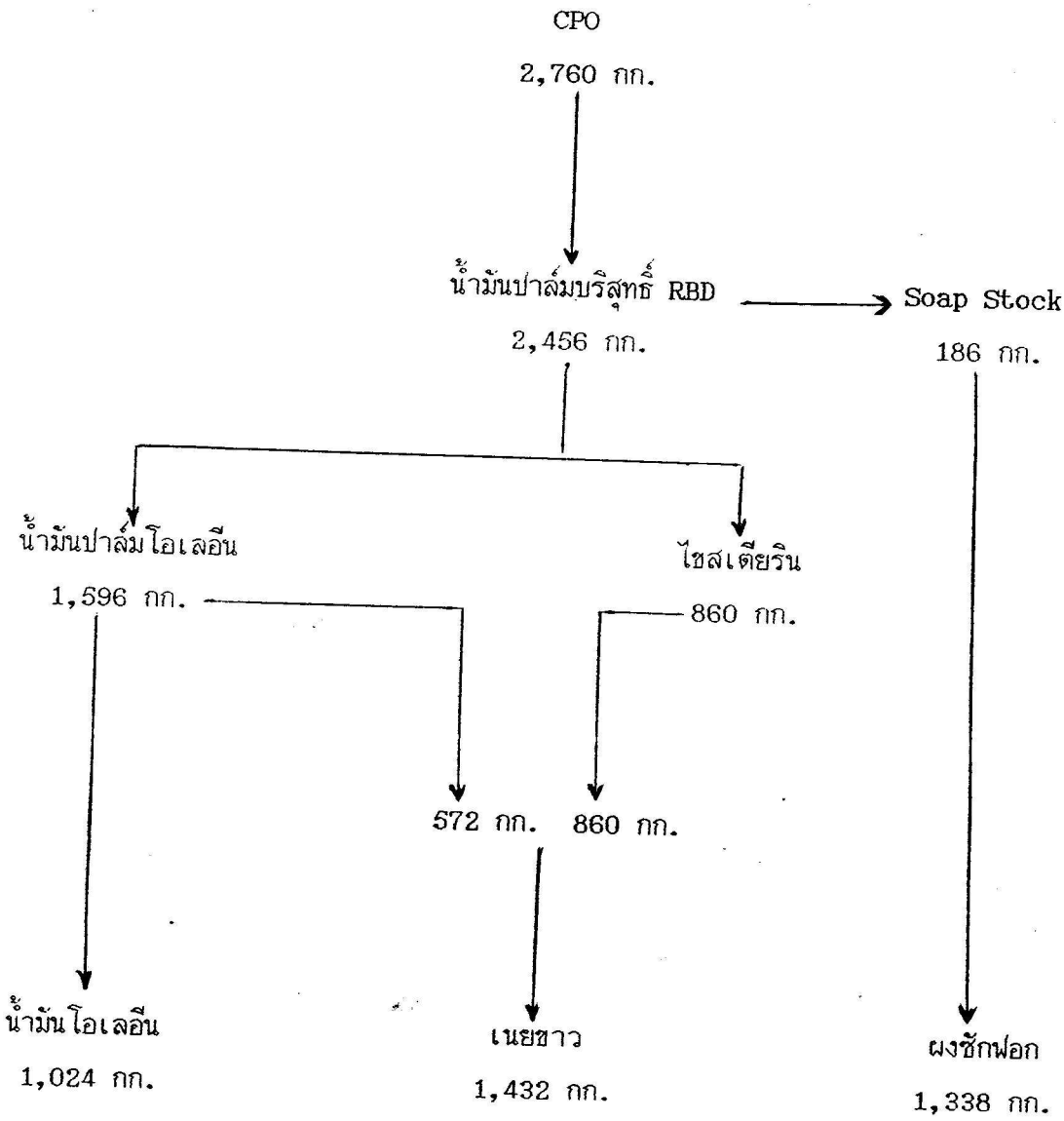
- แปรรูปกรดไขมัน 138 กก. เป็นผงซักฟอก = 993 กก./วัน
- ต้นทุนการผลิตผงซักฟอก = 22 บาท/กก.
- แปรรูปน้ำมันปาล์มโอเลอีน 592 กก. และไขสเตียริน 889 กก. เป็นเนยขาว = 1,481 บาท
- ต้นทุนการแปรรูป (รวมภาชนะบรรจุ) = 4.40 บาท/กก.

รูปที่ 8.1 และ 8.2 แสดงถึง Mass Balance ของการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และแปรรูปผลิตผลพลอยได้ของทั้งสองกระบวนการ

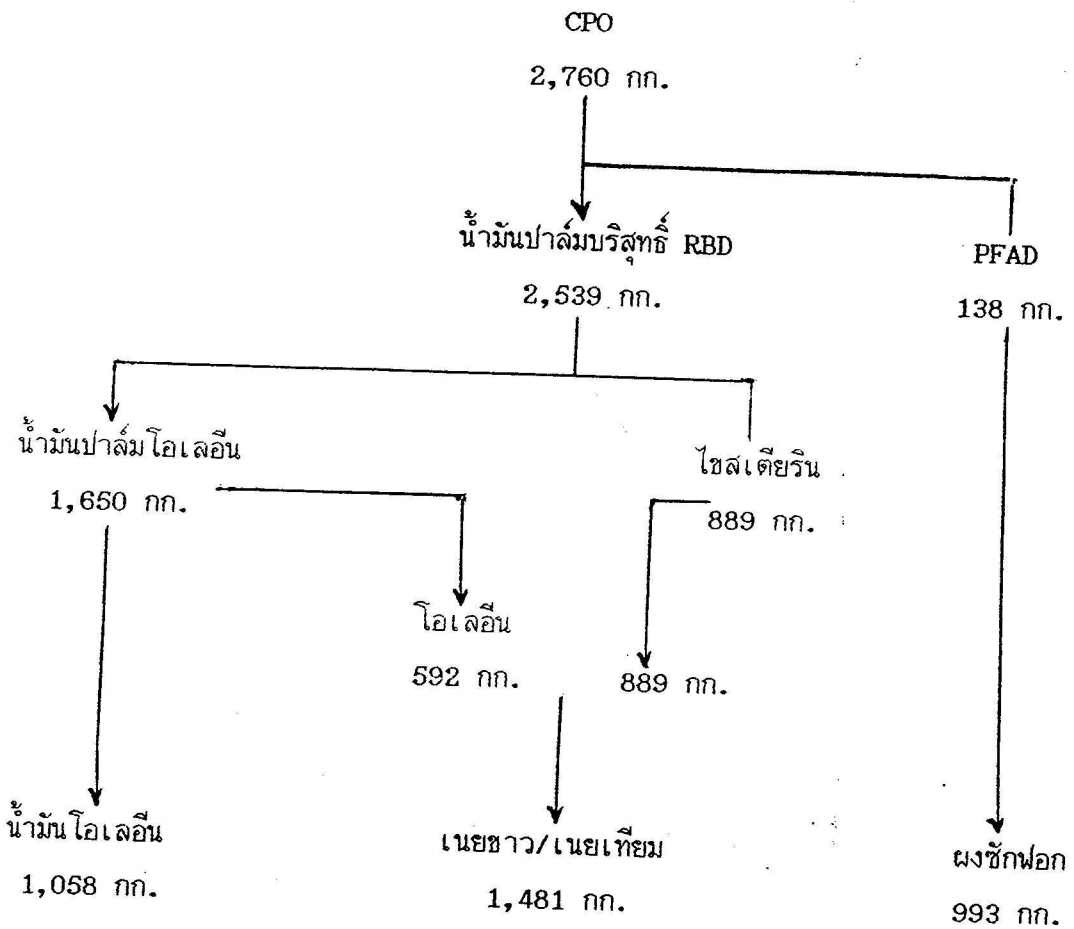
## 8.2 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนการลงทุน

8.2.1 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก ประกอบด้วยการวิเคราะห์ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร ต้นทุนการแปรรูปต่อหน่วย และต้นทุนการผลิตต่อหน่วย ของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มทั้ง 2 ระบบ ดังนี้

ก. เงินทุน (Investment Cost) ประกอบด้วย ค่าที่ดิน ค่าลงทุน อาคารโรงงานและสำนักงาน ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ ระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้




รูปที่ 8.1 การกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการเคมี และแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้ต่อวัน




รูปที่ 8.2 การกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการกายภาพ และการแปรรูปผลิตผลพลอยได้ต่อวัน

(1) ค่าที่ดิน ใช้ที่ดินในการก่อสร้างโรงงานรวม 3 ไร่ สำหรับสร้างโรงงาน สำนักงาน โรงอาหาร บ้านพัก และระบบบำบัดน้ำทิ้ง ราคาประเมินซื้อขายที่ดินในบริเวณพื้นที่สวนปาล์ม ตัดถนนใหญ่ห่างจากตัวเมืองไม่เกิน 5 กิโลเมตร ราคาประเมินไร่ละ 60,000 บาท

ค่าที่ดิน = 3 x 60,000 บาท = 180,000 บาท

(2) ค่าก่อสร้าง อาคารโรงงานขนาด 12 x 30 ม. เป็นอาคารชั้นเดียวมีสำนักงานขนาด 12 x 6 ม. โรงอาหารขนาด 5 x 5 ม. และบ้านพักคนงานแบบเรือนแถว 10 ห้อง ๆ ละ 5 x 10 เมตร มีค่าลงทุนดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| อาคารโรงงาน 12 x 30 ม. x 2,500 บาท/ตรม. | = | 900,000 บาท |
| อาคารสำนักงาน 12 x 6 ม. พร้อมเฟอร์นิเจอร์ | = | 300,000 บาท |
| โรงอาหาร 5 x 5 ม. x 2,000 บาท/ตรม. | = | 50,000 บาท |
| บ้านพักคนงาน 10 ห้อง x 5 x 10 x 3,000 บาท/ตรม. | = | 150,000 บาท |
| งานปรับปรุงพื้นที่ ทำถนนและบ่อน้ำเสีย | = | 250,000 บาท |
| รวม | = | 1,650,000 บาท |

(3) ค่าเครื่องจักร และระบบสาธารณูปโภค เครื่องจักรและอุปกรณ์มีรายละเอียดสรุปในตารางที่ 8.1 เป็นเงิน รวม 3,012,005 บาท และมีค่าลงทุนอื่น ๆ ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 1. เครื่องจักรและอุปกรณ์ | = | 3,012,005 บาท |
| 2. ค่าแรงติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ | = | 165,913 บาท |
| 3. ค่าปรับปรุงอุปกรณ์ | = | 300,000 บาท |
| 4. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 100 KVA 1 เครื่อง | = | 200,000 บาท |
| 5. หม้อแปลงไฟฟ้า 100 KVA 1 ลูก | = | 100,000 บาท |
| 6. ค่าขยายข่ายสายไฟฟ้าแรงสูง | = | 200,000 บาท |
| 7. ระบบประปา | = | 150,000 บาท |
| 8. ระบบโทรศัพท์ | = | 100,000 บาท |
| รวม | = | 4,227,918 บาท |
| รวมค่าลงทุนทั้งหมด | = | 6,057,918 บาท |

ข. ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ต้นทุนคงที่ประกอบด้วย ดอกเบี้ย ค่าเสื่อมราคา เงินเดือน และค่าโสหุ้ยการผลิต ดังมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

(1) ดอกเบี้ย สมมติผู้ลงทุนกู้เงินจากธนาคาร 6 ล้านบาท อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 13 ต่อปี

ค่าดอกเบี้ย = 6,000,000 x 0.13 = 780,000 บาท/ปี

= 780,000 = 2136.98 บาท/วัน

ตารางที่ 8.1 รายการเครื่องจักรและอุปกรณ์

| ลำดับที่ | รายการ | จำนวน | ราคาต่อหน่วย | รวมราคา |
|---|---|---|---|---|
| 1. | ถังเก็บน้ำมันปาล์ม 15,000 ลิตร | 2 | 50,000 | 100,000 |
| 2. | ถังพักน้ำมัน 1.5 ตัน | 3 | 9,000 | 27,000 |
| 3. | ถังน้ำมันโอเลอีน 200 ลิตร | 30 | 3,000 | 90,000 |
| 4. | ถังดีกัมขนาด 1,400 ลิตร พร้อมอุปกรณ์ | 1 | 80,353 | 80,353 |
| 5. | ถังฟอกสีขนาด 1,400 ลิตร พร้อมอุปกรณ์ | 1 | 43,925 | 43,925 |
| 6. | ชุดกรองน้ำมัน 20 แผ่น พร้อมอุปกรณ์ | 1 | 53,130 | 53,130 |
| 7. | ถังดูดกลิ่นขนาด 1,400 ลิตร | 1 | 253,052 | 253,052 |
| 8. | หม้อกำเนิดไอน้ำขนาด 1 ตัน | 1 | 600,000 | 600,000 |
| 9. | ชุดเทอร์มัลออยล์ พร้อมเตา | 1 | 126,300 | 126,300 |
| 10. | ชุดตักไขมัน | 2 | 11,625 | 23,250 |
| 11. | ชุดบารอเมตริค และ Steam Booster | 1 | 123,013 | 123,013 |
| 12. | ระบบท่อ วาล์ว ปั๊ม | 1 | 363,038 | 363,038 |
| 13. | วัสดุอุปกรณ์หุ้มฉนวน | 1 | 151,439 | 151,439 |
| 14. | ถังละลายไข และถังต้มสบู่ | - | 59,520 | 59,520 |
| 15. | ชุดเฟืองทด มอเตอร์ เกียร์ และท่อ | - | 28,552 | 28,552 |
| 16. | ถังเลี้ยงผลิกพร้อมมอเตอร์กวน | 2 | 27,900 | 55,800 |
| 17. | ระบบห้องเย็น คอมเพรสเซอร์ | - | 249,427 | 249,427 |
| 18. | ชุดตู้จ่ายไฟ สายไฟ และแสงสว่าง | - | 134,206 | 134,206 |
| 19. | เครื่องทำเนยขาว | 1 | 150,000 | 150,000 |
| 20. | ชุดอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ปรับปรุงใหม่ | - | 300,000 | 300,000 |
| | รวม | | | 3,012,005 |

(2) ค่าเสื่อมราคา ประกอบด้วยค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร และอาคารซึ่งคิดอายุ 10 ปี และ 20 ปี ตามลำดับ โดยคิดค่าเสื่อมแบบเส้นตรงดังนี้

ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร = $\frac{4,227,918}{10 \times 365}$ = 1,158.33 บาท/วัน

ค่าเสื่อมราคาอาคาร = $\frac{1,650,000}{20 \times 365}$ = 226.02 บาท/วัน

รวมค่าเสื่อมราคา = 1,384.35 บาท/วัน

(3) เงินเดือน ประกอบด้วย ผู้จัดการ 1 คน อัตราเดือนละ 7,500 บาท ช่างเทคนิค 2 คน อัตราเงินเดือน 5,000 บาท พนักงานธุรการ 1 คน อัตราเงินเดือน 3,500 บาท

เงินเดือน = (7,500 + 10,000 + 3,500) x 12/30 = 840 บาท/วัน

(4) ค่าโสหุ้ย ประกอบด้วย ค่าโทรศัพท์ ค่าเอกสาร ค่ารับรองและค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักรคิดเฉลี่ยวันละ 500 บาท

สรุปต้นทุนคงที่ ดังนี้

| | | บาท/วัน | บาท/ปี |
|---|---|---|---|
| ค่าดอกเบี้ย | | 2,136.98 | 780,000 |
| ค่าเสื่อมราคา | | 1,384.35 | 505,287 |
| | รวม | 3,521.33 | 1,285,287 |
| เงินเดือนบริหาร | | 840.00 | 252,000 |
| ค่าโสหุ้ย | | 500.00 | 150,000 |
| | รวม | 1,340.00 | 402,000 |

ค. ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) ต้นทุนผันแปรของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มทั้ง 2 แบบ จะแตกต่างกันตามผลการทดลอง ในที่นี้จะทำการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 แบบ โดยทั้งสองกระบวนการจะเดิน 2 กะ ๆ ละ 12 ชั่วโมง ทั้งนี้ยังไม่รวมการผลิตเนยขาวและผงซักฟอก จะคิดเฉพาะการกลั่นน้ำมันปาล์มอย่างเดียว ผลการวิเคราะห์ต้นทุนผันแปร แสดงไว้ในตารางที่ 8.2

ง. ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย เมื่อทราบค่าต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรของแต่ละกระบวนการแล้ว ก็สามารถคำนวณหาต้นทุนการแปรรูปรวม และต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการสูญเสียน้ำมันจากการทดลองกระบวนการแบบกายภาพ 8 % และกระบวนการเคมี 11 % ตามลำดับ คิดราคาน้ำมันปาล์มดิบ 11.50 บาทต่อกิโลกรัม ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 8.3 สรุปได้ว่ากระบวนการกลั่นน้ำมันแบบกายภาพมีต้นทุนผันแปร 2.22 บาทต่อกิโลกรัมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดยกระบวนการเคมีจะมีต้นทุนผันแปร 2.47 บาทต่อกิโลกรัมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ส่วนต้นทุนรวมจะเท่ากับ 16.63 และ 17.35 บาทต่อกิโลกรัมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ตามลำดับ

ตารางที่ 8.2 การวิเคราะห์ต้นทุนผันแปรของการกลั่นน้ำมันปาล์ม

| รายการ | ราคาต่อหน่วย (บาท/หน่วย) | แบบกายภาพ | | แบบเคมี | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | จำนวน (หน่วย) | บาทต่อวัน | จำนวน (หน่วย) | บาทต่อวัน |
| ค่าไฟฟ้า | 1.50 บาท/kwh | 442 kwh | 663.00 | 480 kwh | 720.00 |
| ค่าน้ำ | 3.00 บาท/ลบม. | 5.50 ลบม. | 16.50 | 6.50 ลบม. | 19.50 |
| น้ำมันเตา | 4.31 บาท/ลิตร | 720.16 ล | 3,103.89 | 620.39 ล. | 2,673.88 |
| กรดฟอสฟอริค | 15 บาท/กก. | 3.23 กก. | 48.45 | 3.23 กก. | 48.45 |
| โซดาไฟ | 26 บาท/กก. | - | - | 17.00 กก. | 442.00 |
| ดินฟอกสี | 12 บาท/กก. | 45 กก. | 540.00 | 75 กก. | 900.00 |
| ผงช่วยกรอง | 12 บาท/กก. | 30 กก. | 360.00 | 30 กก. | 360.00 |
| ค่าแรงรายวัน | 150 บาท/คน/กะ | 3 คน/กะ (2 กะ) | 900.00 | 3 คน/กะ (2 กะ) | 900.00 |
| รวม | | | 5,631.84 | | 6,063.80 |

ตารางที่ 8.3 ตารางเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพและเคมี

| ลำดับที่ | รายการ | แบบกายภาพ | แบบเคมี |
|---|---|---|---|
| 1. | น้ำมันปาล์มดิบ (CPO) | 3,000 ลิตร (2,760 กก.) | 3,000 ลิตร (2,760 กก.) |
| 2. | น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RBD) | 2,539 กก. (สูญเสีย 8 %) | 2,456 กก. (สูญเสีย 11 %) |
| 3. | ต้นทุนวัตถุดิบ (11.50 บาท/กก.) | 31,740.00 บาท | 31,740.00 บาท |
| 4. | ต้นทุนคงที่ | 4,861.33 บาท | 4,861.33 บาท |
| 5. | ต้นทุนผันแปร | 5,631.84 บาท | 6,063.80 บาท |
| 6. | ต้นทุนรวม (3) + (4) + (5) | 42,233.17 บาท | 42,613.16 บาท |
| 7. | ต้นทุนแปรรูปต่อหน่วย (5) - (2) | 2.22 บาท/กก.RBD | 2.47 บาท/กก.RBD |
| 8. | ต้นทุนรวมต่อหน่วย (6) - (2) | 16.63 บาท/กก.RBD | 17.35 บาท/กก.RBD |

8.2.2 <u>การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน</u> จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มทั้งสองแบบนั้น จะเห็นได้ว่ากระบวนการกายภาพมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า และมีการสูญเสียน้ำมันในกระบวนการผลิตน้อยกว่ากระบวนการเคมี อย่างไรก็ตาม ในหัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนเพื่อเปรียบเทียบ แต่ละกระบวนการว่าจะสามารถดำเนินการในเชิงพานิชย์ได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์ครั้งแรกนี้จะเน้นที่ผลิตหลัก คือ น้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ โดยยังไม่คำนึงถึงการแปรรูปผลิตผลพลอยได้

การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนครั้งนี้จะใช้ค่า Internal Rate of Return (IRR) เป็นตัวชี้วัด โดยมีข้อสมมติดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลาวิเคราะห์โครงการ 15 ปี
2. ราคาน้ำมันปาล์มเฉลี่ย 11.50 บาทต่อกิโลกรัม (ใช้ราคาเฉลี่ยของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร)
3. กรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มดิบ เฉลี่ย 5 %
4. โรงงานทำการผลิตปีละ 300 วัน โดยหยุดวันอาทิตย์และวันนักขัตฤกษ์
5. ระยะเวลาก่อสร้างโรงงานและติดตั้งเครื่องจักร 8 เดือน
6. ในช่วงปีที่ 1 ผลิต 4 เดือน ที่ 50 % ของกำลังผลิต
7. ในช่วงปีที่ 2 ผลิตได้ 80 % ของกำลังผลิต
8. ในช่วงปีที่ 3 เป็นต้นไป ผลิตได้ 100 %
9. ค่าขนส่งและค่าการตลาด กก.ละ 2.00 บาท
10. ราคาขายน้ำมันปาล์มโอเลอีน 26.00 บาทต่อ กก. (24.00 บาทต่อลิตร)
11. ราคาขายไขสเตียริน 12.00 บาทต่อ กก.
12. ได้รับสิทธิประโยชน์ จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนเขต 3 ไม่เสียภาษีเงินได้นิติบุคคล 8 ปี และลด 50 % อีก 5 ปี ประมาณการต้นทุนการผลิต และรายได้ มีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

(1) ต้นทุนคงที่

| | บาทต่อปี |
|---|---|
| - ดอกเบี้ยและค่าเสื่อมราคา | 1,285,287 |
| - เงินเดือนและค่าซ่อมแซม | 402,000 |
| | 1,687,287 |

(2) ต้นทุนผันแปร

- กระบวนการกายภาพ

  2.22 x 300 x 2,539.2 = 1,691,107

- กระบวนการเคมี

  2.47 x 300 x 2,456.4 = 1,820,192

(3) วัตถุดิบ

  2,760 x 300 x 11.50 = 9,522,000

(4) ค่าขนส่งและการตลาด

- กระบวนการกายภาพ

  2.00 x 300 x 2,539.2 = 1,523,520

- กระบวนการเคมี

  2.00 x 300 x 2,456.4 = 1,473,840

(5) รวมต้นทุน

| | | บาทต่อปี |
|---|---|---|
| - กระบวนการกายภาพ | = | 14,423,914 |
| - กระบวนการเคมี | = | 14,503,319 |

(6) รายได้

กระบวนการกายภาพ

- น้ำมันโอเลอีน

1,650 x 300 x 26.00 = 12,873,744

- ไขสเตียริน

889 x 300 x 12.00 = 3,199,392

รวม = 16,073,136

กระบวนการเคมี

- น้ำมันโอเลอีน

1,597 x 300 x 26.00 = 12,453,948

- ไขสเตียริน

860 x 300 x 12.00 = 3,095,064

รวม = 15,549,012

(7) กำไร

| | | |
|---|---|---|
| - กระบวนการกายภาพ | = | 1,649,222 |
| - กระบวนการเคมี | = | 1,045,693 |

ตารางที่ 8.4 และ 8.5 แสดงถึงการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนของกระบวนการกลั่นน้ำมันแบบเคมี และกายภาพตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้ค่าดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| กระบวนการกายภาพ | IRR | = | 19.32 % |
| กระบวนการเคมี | IRR | = | 9.32 % |

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า กระบวนการกายภาพสามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้ แต่กระบวนการเคมีมีค่า IRR ต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ย (13 %) จึงไม่สามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้

8.2.3 <u>การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนของกระบวนการกายภาพโดยรวมการแปรรูปผลิตผลพลอยได้</u> จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนในหัวข้อที่แล้ว ซึ่งแสดงว่ากระบวนการกายภาพให้ผลตอบแทนสูงกว่า และสามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้ แต่ค่า IRR ซึ่งเท่ากับ 19.32 % อยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้น ในหัวข้อนี้จึงเป็นการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนโดยรวมการแปรรูป กรดไขมันซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้ เป็นผงซักฟอก และแปรรูปไขสเตียรินให้เป็นเนยขาวเพื่อเพิ่มมูลค่าตามผลการทดลองที่แสดงไว้ในบทที่ 7 ดังมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 8.4 ECONOMIC ANALYSIS OF SMALL SCALE PALM OIL REFINERY (CHEMICAL REFINE)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Price | 26.00 | 12.00 | 20.00 | Baht/kg | | | | | | | | |
| INTERNAL RATE OF RETURN | | | | | | | VC | | 0.00 | 3.39 | | | | | | | | | |
| | | | | | UNIT (MILLION BAHT) | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.760 | 11.50 | 3521.33 | 1340.00 | 2.47 | 0.11 | 0.65 | 0.35 | 0 | | 2.00 | | | | | | | | |
| | | | | | | | PRODUCTION (tons) | | | | | | | | TOTAL | PROF | Net Prof | | |
| YEAR | INVEST | CPO(tons) | RM Cost | FC | ADM+OH | VC | RBD PO | RBD Olein | Stearin | SHORT | TL WT | Tr&Com | TL-COST | REVENUE | | | GUES Val | IRR | NPV |
| 1 | 6.057918 | 138.000 | 1.5870 | 1.285285 | 0.160800 | 0.303365 | 122.820 | 79.8330 | 42.9870 | 0.0000 | 122.82 | 0.2456 | 3.5821 | 2.5915 | -7.04851 | -7.04851 | 22.00% | 9.16% | 7.04709 |
| 2 | | 662.400 | 7.6176 | 1.285285 | 0.402000 | 1.456154 | 589.536 | 383.1984 | 206.3376 | 0.0000 | 589.536 | 1.1791 | 11.9401 | 12.4392 | 0.49910 | 0.49910 | | | |
| 3 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 1.04569 | | | |
| 4 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 1.04569 | | | |
| 5 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 1.04569 | | | |
| 6 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 1.04569 | | | |
| 7 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 1.04569 | | | |
| 8 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 1.04569 | | | |
| 9 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 0.888840 | | | |
| 10 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 0.888840 | | | |
| 11 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 0.888840 | | | |
| 12 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 0.888840 | | | |
| 13 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 0.888840 | | | |
| 14 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 0.731985 | | | |
| 15 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.820192 | 736.920 | 478.9980 | 257.9220 | 0.0000 | 736.92 | 1.4738 | 14.5033 | 15.5490 | 1.04569 | 0.731985 | | | |

ตารางที่ 8.6 ECONOMIC ANALYSIS OF SMALL SCALE PALM OIL REFINERY (PHYSICAL REFINE)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Price | 26.00 | 12.00 | 20.00 | Baht/kg | | | | | | | | |
| INTERNAL RATE OF RETURN | | | | | | | YC | | 0.00 | 3.39 | | | | | | | | | |
| | | | | | UNIT (MILLION BAHT) | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.760 | 11.50 | 3521.33 | 1340.00 | 2.22 | 0.08 | 0.65 | 0.35 | 0 | | 2.00 | | | | | | | | |
| | | | | | | | PRODUCTION (tons) | | | | | | | TOTAL | Profit | Net Prof | | | |
| YEAR | INVEST | CPO(tons) | RM Cost | FC | ADM+OH | VC | RBD PO | RBD Olein | Stearin | SHORT | TL WT | Tr&Com | TL-COST | REVENUE | B/F Tax | | GUES Val | IRR | NPV |
| 1 | 6.057918 | 138.000 | 1.5870 | 1.285285 | 0.160800 | 0.281851 | 126.960 | 82.5240 | 44.4360 | 0.0000 | 126.96 | 0.2539 | 3.5689 | 2.6789 | -6.94792 | -6.94792 | 22.00% | 19.32% | 6.94755 |
| 2 | | 662.400 | 7.6176 | 1.285285 | 0.402000 | 1.352886 | 609.408 | 396.1152 | 213.2928 | 0.0000 | 609.408 | 1.2188 | 11.8766 | 12.8585 | 0.98192 | 0.98192 | | | |
| 3 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.64922 | | | |
| 4 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.64922 | | | |
| 5 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.64922 | | | |
| 6 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.64922 | | | |
| 7 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.64922 | | | |
| 8 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.64922 | | | |
| 9 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.401839 | | | |
| 10 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.401839 | | | |
| 11 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.401839 | | | |
| 12 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.401839 | | | |
| 13 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.401839 | | | |
| 14 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.154456 | | | |
| 15 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 495.1440 | 266.6160 | 0.0000 | 761.76 | 1.5235 | 14.4239 | 16.0731 | 1.64922 | 1.154456 | | | |

| | | บาท/ปี |
|---|---|---|
| (1) ต้นทุนคงที่ | = | 1,687,287 |
| (2) ต้นทุนผันแปรกลั่นน้ำมันปาล์ม | = | 1,691,107 |
| (3) ต้นทุนวัตถุดิบ | = | 9,522,000 |
| (4) ต้นทุนแปรรูปผงซักฟอก | | |
| 22.00 x 993 x 300 | = | 6,553,800 |
| (5) ต้นทุนแปรรูปเนยขาว | | |
| 4.40 x 1,481 x 300 | = | 1,954,920 |
| (6) ค่าขนส่งและค่าการตลาด | | |
| 2.00 x 3,532 x 300 | = | 2,119,200 |
| (7) ค่าแรงงานผงซักฟอกและเนยขาว | | |
| 3 x 3,500 x 12 | = | 126,000 |
| ∴ รวมต้นทุน | = | 23,654,314 |
| (8) รายได้ | | |
| - น้ำมันปาล์มโอเลอีน | | |
| 26.00 x 1,058 x 300 | = | 8,252,400 |
| - ผงซักฟอก | | |
| 25.00 x 993 x 300 | = | 7,447,500 |
| - เนยขาว | | |
| 23.00 x 1,481 x 300 | = | 10,218,900 |
| รวมรายได้ | = | 25,918,800 |
| ∴ ผลกำไรต่อปี | = | 2,264,486 บาท |

จากผลการผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนภายใต้ข้อสมมติดังกล่าว ในตารางที่ 8.6 ได้ค่า IRR = 28. 46 % ซึ่งสรุปได้ว่า หากไม่มีปัญหาด้านตลาดจำหน่ายของผลิตภัณฑ์น้ำมันปาล์มโอเลอีน ผงซักฟอก และเนยขาว จะทำให้โรงงานแห่งนี้สามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้

8.2.4 การทดสอบความไว (Sensitivity Analysis) จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน ซึ่งสรุปได้ว่า กระบวนการกายภาพให้ผลตอบแทนการลงทุนสูงกว่า คือ ค่า IRR = 19.32 % โดยคิดราคาน้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ย 11.50 บาทต่อ กก. และราคาจำหน่ายน้ำมันปาล์มโอเลอีนบริสุทธิ์ 26.00 บาทต่อ กก. (หรือประมาณ 24.00 บาทต่อลิตร) และราคาไขสเตียริน 12.00 บาทต่อ กก. ซึ่งเป็นราคาที่ควรจะเป็น เมื่อราคาน้ำมันปาล์มดิบเท่ากับ 11.50 บาท อย่างไรก็ดีถ้าคิดค่า MARR (Minimum Altractive Rate of Return) ที่ 25 % ก็พบว่า โครงการนี้ยังให้ผลตอบแทนต่ำ

ตารางที่ 8.6 ECONOMIC ANALYSIS FOR SMALL - SCALE PALMOIL REFINERY WITH VALUE ADDED PRODUCTS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Price | 26.00 | 25.00 | 23.00 | Baht/kg | | | | | | | | | |
| INTERNAL RATE OF RETURN | | | | | | | VC | | 22.00 | 4.40 | | | | | | | | | | |
| | | | | | UNIT (MILLION BAHT) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.760 | 11.50 | 3521.33 | 1340.00 | 2.22 | 0.08 | 0.4167 | 0.3911 | 0.5833 | | 2.00 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | PRODUCTION (tons) | | | | | | | | | TOTAL | Profit | Net Prof | | |
| YEAR | INVEST | CPO(tons) | RM Cost | FC | ADM+OH | VC | RBD PO | RBD Olein | DETERGENT | SHORT | TL WT | Tr&Com | Wages | TL-COST | REVENUE | Before Tax | | GUES Val | IRR | NPV |
| | | | | | | | | | | | | | Y-A Prod. | | | | | | | |
| 1 | 6.057918 | 138.000 | 1.5870 | 1.285285 | 0.160800 | 0.281851 | 126.960 | 52.9042 | 49.6541 | 74.0558 | 176.6140 | 0.3532 | 0.042 | 5.1284 | 4.3201 | -6.86617 | -6.86617 | 22.00% | 28.58% | 6.86584 |
| 2 | | 662.400 | 7.6176 | 1.285285 | 0.402000 | 1.352886 | 609.408 | 253.9403 | 238.3395 | 355.4677 | 847.7474 | 1.6955 | 0.126 | 19.2868 | 20.7367 | 1.44990 | 1.44990 | | | |
| 3 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 2.26570 | | | |
| 4 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 2.26570 | | | |
| 5 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 2.26570 | | | |
| 6 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 2.26570 | | | |
| 7 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 2.26570 | | | |
| 8 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 2.26570 | | | |
| 9 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 1.925841 | | | |
| 10 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 1.925841 | | | |
| 11 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 1.925841 | | | |
| 12 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 1.925841 | | | |
| 13 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 1.925841 | | | |
| 14 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 1.585986 | | | |
| 15 | | 828.000 | 9.5220 | 1.285285 | 0.402000 | 1.691107 | 761.760 | 317.4254 | 297.9243 | 444.3346 | 1059.684 | 2.1194 | 0.126 | 23.6552 | 25.9209 | 2.26570 | 1.585986 | | | |

เกินไป ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงเป็นการทดสอบความไว โดยเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันปาล์มโอเลอีน เพื่อเปรียบเทียบค่า IRR และ MARR ที่ระดับราคาต่าง ๆ โดยเริ่มราคาน้ำมันปาล์มดิบที่ 9.50 บาทต่อ กก. ซึ่งจะเป็นราคาคาดคะเนเมื่อมีผลกระทบจาก AFTA จนขึ้นไปถึง 14.00 บาท ซึ่งเป็นระดับราคาสูงสุดที่รัฐบาลมีมาตรการคุ้มครองอยู่ในปัจจุบัน และคิดราคาไขสเตียรินเท่ากับราคาน้ำมันปาล์มดิบบวกอีก 1.00 บาทต่อกิโลกรัม ดังมีผลการวิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 8.7

สำหรับการทดสอบความไวในกรณีที่ใช้กระบวนการกลั่นน้ำมันแบบกายภาพ และมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผงซักฟอกนั้น จะใช้ระดับราคาคงที่ คือ 25.00 บาทต่อ กก. ส่วนเนยขาวนั้นจากการสำรวจราคาเนยขาวชนิดทำขนมปังที่ขายในท้องตลาดนั้นมีราคา 42.00 บาทต่อ กก. ดังนั้นในการวิเคราะห์ทดสอบความไว จะลองใช้ระดับราคาเนยขาวตั้งแต่ 20.00 บาท ไปจนถึง 30.00 บาทต่อ กก. เพื่อดูผลกระทบต่อค่า IRR ดังมีผลวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 8.8

8.2.5 <u>สรุปผลการทดสอบความไว</u> จากการเปรียบเทียบค่า IRR ที่ระดับราคาต่าง ๆ ของน้ำมันปาล์มดิบ และผลิตภัณฑ์ของโรงงานต้นแบบนี้ พอสรุปได้ว่า

1. กรณี Primary Product โดยมีผลกระทบจาก AFTA ที่จะทำให้ระดับราคาน้ำมันปาล์มดิบตกลงมาที่ 9.50 บาทต่อ กก. นั้น น้ำมันปาล์มโอเลอีนบริสุทธิ์จะต้องมีระดับราคาจำหน่ายที่ 24.50 บาทต่อ กก. หรือประมาณ 22.54 บาทต่อลิตร โดยราคาจำหน่ายไขสเตียรินที่ 10.50 บาท จึงจะทำให้ค่า IRR สูงเท่ากว่า MARR คือ 27.21 %

2. ที่ระดับราคาน้ำมันปาล์มดิบอื่น ๆ นั้น ราคาน้ำมันปาล์มโอเลอีนจะต้องขยับขึ้นตามไปด้วย (ดังค่าในตารางที่ 8.7) จึงจะทำให้ค่า IRR สูงกว่าค่า MARR และสรุปได้ว่าโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการกายภาพ โดยพิจารณาเฉพาะ Primary Product คือ น้ำมันปาล์มโอเลอีนและไขสเตียรินนั้น มีโอกาสที่จะดำเนินการในเชิงพาณิชย์น้อย และมีความเสี่ยงมากถ้าราคาของน้ำมันปาล์มและผลิตภัณฑ์แปรปรวนไป

3. ในการวิเคราะห์ความไวของโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มต้นแบบ โดยใช้กระบวนการกายภาพ และรวมผลิตผลพลอยได้นั้น จะมี IRR ค่อนข้างสูง ซึ่งในการวิเคราะห์นี้ จะใช้ระดับราคาเนยขาวระหว่าง 20.00 ถึง 30.00 บาท และจะใช้ค่าเฉลี่ยประมาณ 25.00-26.00 บาท โดยที่ราคาในท้องตลาดอยู่ในระดับ 42.00 บาท สรุปได้ว่า หากโรงงานนี้ทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องและมีตลาดจำหน่าย ยกตัวอย่าง เช่น เนยขาว ส่วนหนึ่งส่งให้โรงงานเบเกอรี่ อีกส่วนหนึ่งแปรรูปเป็นเนยเทียมส่งขายเป็นเนยสำหรับทำโรตีในกลุ่มชาวมุสลิม ซึ่งโครงการได้เคยผลิตเนยเทียมส่งไปทดสอบที่ศูนย์อาหารและโภชนาการคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แล้ว ปรากฏว่าเป็นที่ยอมรับของชาวมุสลิมเป็นอย่างดี โรงงานแห่งนี้ก็จะมีลู่ทางดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้ โดยไม่มีความเสี่ยงมากนัก

ตารางที่ 8.7 การทดสอบความไวของผลตอบแทนการลงทุนโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพ

| รายการ | 1 | 2 | 3 | 4* | 5 | 6 | 7 | 8 | 9* | 10 | 11* | 12* | 13 | 14 | 15* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำมันปาล์มดิบ | 9.50 | 9.50 | 9.50 | 9.50 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 11.50 | 11.50 | 11.50 |
| น้ำมันโอเลอีน | 23.00 | 23.50 | 24.00 | 24.50 | 23.00 | 23.50 | 24.00 | 24.50 | 25.00 | 25.00 | 26.00 | 26.50 | 25.00 | 26.00 | 26.50 |
| ไขสเตียริน | 10.50 | 10.50 | 10.50 | 10.50 | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 12.50 | 12.50 | 12.50 |
| ค่า IRR (%) | 15.62 | 19.61 | 23.46 | 27.21 | 10.84 | 15.07 | 19.08 | 22.95 | 26.72 | 18.03 | 25.72 | 29.43 | 13.41 | 21.41 | 25.21 |

| รายการ | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21* | 22 | 23 | 24 | 25* | 26 | 27 | 28 | 29* | 30* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำมันปาล์มดิบ | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 |
| น้ำมันโอเลอีน | 25.00 | 25.50 | 26.00 | 26.50 | 27.00 | 27.50 | 27.00 | 27.50 | 28.00 | 28.00 | 28.00 | 28.50 | 29.00 | 29.50 | 29.00 |
| ไขสเตียริน | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 16.00 |
| ค่า IRR (%) | 8.44 | 12.84 | 16.96 | 20.89 | 24.71 | 28.45 | 15.88 | 19.85 | 23.70 | 27.45 | 14.78 | 18.81 | 22.68 | 26.45 | 26.74 |

หมายเหตุ * ระดับราคาน้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ให้ค่า IRR สูงกว่า MARR (25 %)

ตารางที่ 8.8 ผลการทดสอบความไวต่อผลตอบแทนการลงทุนของโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มต้นแบบโดยรวมการแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้

| รายการ | 1 | 2* | 3* | 4 | 5 | 6* | 7* | 8* | 9 | 10 | 11* | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำมันปาล์มดิบ | 9.50 | 9.50 | 9.50 | 9.50 | 9.50 | 9.50 | 9.50 | 9.50 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.50 |
| น้ำมันโอเลอีน | 22.00 | 22.00 | 21.50 | 21.50 | 17.00 | 17.00 | 17.00 | 17.00 | 17.00 | 17.00 | 17.50 | 17.00 |
| ผงซักฟอก | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 |
| เนยขาว | 20.00 | 22.00 | 22.00 | 22.00 | 25.00 | 26.00 | 26.00 | 28.00 | 25.00 | 26.00 | 26.00 | 25.00 |
| ค่า IRR (%) | 13.81 | 27.71 | 25.33 | 22.92 | 23.88 | 30.54 | 25.80 | 43.56 | 17.43 | 24.34 | 26.74 | 10.48 |

| รายการ | 13 | 14 | 15 | 16* | 17 | 18 | 19* | 20 | 21* | 22* | 23 | 24* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำมันปาล์มดิบ | 10.50 | 10.50 | 10.50 | 10.50 | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 11.50 | 11.50 | 11.50 | 12.00 | 12.00 |
| น้ำมันโอเลอีน | 17.00 | 17.50 | 18.00 | 18.50 | 18.50 | 19.00 | 20.00 | 21.00 | 21.50 | 22.00 | 22.00 | 22.50 |
| ผงซักฟอก | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 |
| เนยขาว | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 |
| ค่า IRR (%) | 17.91 | 20.42 | 22.87 | 25.28 | 18.90 | 21.38 | 26.22 | 24.76 | 27.15 | 29.52 | 23.29 | 25.70 |

ตารางที่ 8.8 (ต่อ)

| รายการ | 25* | 26* | 27* | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33* | 34* | 35* | 36* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำมันปาล์มดิบ | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 |
| น้ำมันโอเลอีน | 23.00 | 24.00 | 24.00 | 25.00 | 26.00 | 27.00 | 27.00 | 27.00 | 28.00 | 28.00 | 28.00 | 26.00 |
| ผงซักฟอก | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 |
| เนยขาว | 26.00 | 25.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 25.00 | 26.00 | 26.00 | 27.00 | 28.00 | 30.00 |
| ค่า IRR (%) | 28.08 | 26.18 | 32.78 | 25.18 | 28.04 | 29.93 | 15.19 | 22.24 | 27.05 | 33.64 | 35.50 | 43.85 |

หมายเหตุ * ระดับราคาน้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันปาล์มโอเลอีน และผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องที่ให้ค่า IRR สูงกว่า MARR (25 %)

# บทที่ 9

## บทสรุปและข้อเสนอแนะ

### 9.1 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยในโครงการพัฒนาโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก สำหรับกลุ่มเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อยของประเทศไทย สามารถสรุปผลได้ดังนี้

9.1.1 ได้ทำการศึกษารวบรวมเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และได้ทำการออกแบบคำนวณระบบของโรงกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ซึ่งมีขนาดกำลังผลิตวันละ 2 ตัน โดยออกแบบให้สามารถทำการกลั่นได้ทั้งกระบวนการกายภาพและกระบวนการเคมี ใช้เงินลงทุนรวมทั้งสิ้น 6,057,918 บาท ซึ่งจำแนกรายการได้ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 1. ค่าที่ดิน 3 ไร่ | 180,000 | บาท |
| 2. ค่าก่อสร้างอาคาร | 1,650,000 | บาท |
| 3. ค่าเครื่องจักร และสาธารณูปโภค | 4,227,918 | บาท |
| รวม | 6,057,918 | บาท |

9.1.2 ได้ทำการศึกษา ทดลอง และรวบรวมผลงานวิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ทะลายปาล์ม เส้นใยปาล์ม กากปาล์ม ไขสบู่ และไขสเตียริน สรุปได้ว่ามีการนำทะลายปาล์มไปทำปุ๋ย และเพาะเห็ดฟาง รวมทั้งได้มีการนำไปอัดและฟอกเป็นเส้นใยทำเบาะส่วนกากปาล์มและกากเมล็ดปาล์มนำไปทดลองใช้เป็นอาหารสัตว์ เส้นใยปาล์มนำไปเป็นเชื้อเพลิงและทำแผ่นใยปาล์ม-ซีเมนต์ ไขสบู่ได้ทดลองนำไปผลิตเป็นสบู่ซักล้างและสบู่การฝีมือ ส่วนไขสเตียรินมีการนำไปทดลองเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์ และทำสบู่หอมฟอกร่างกาย

9.1.3 ได้ทำการทดลองกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มทั้งกระบวนการแบบเคมี และกระบวนการแบบกายภาพ สรุปผลได้ดังนี้

| | กระบวนการกายภาพ | กระบวนการเคมี |
|---|---|---|
| ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ต่อวัน | 2,760 กก. | 2,760 กก. |
| ปริมาณความสูญเสีย | 8 % | 11 % |
| ปริมาณน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ที่ผลิตได้ | 2,539 กก. | 2,456 กก. |
| ต้นทุนผันแปรต่อ กก. น้ำมันบริสุทธิ์ | 2.22 บาท | 2.47 บาท |
| ต้นทุนรวมต่อ กก. น้ำมันบริสุทธิ์ | 16.63 บาท | 17.35 บาท |

9.1.4 ได้ทำการทดลองแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้ ที่จะเพิ่มมูลค่าและมีลู่ทางการจำหน่ายในท้องถิ่น สรุปได้ดังนี้

1. ไขสบู่ (Soap Stock) ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการแบบเคมี สามารถนำมาผลิตเป็นผงซักฟอกได้ โดยใช้ต้นทุนการแปรรูปรวมค่าหีบห่อ 20.00 บาทต่อกิโลกรัม สามารถผลิตผงซักฟอกได้วันละประมาณ 1,430 กิโลกรัม

2. กรดไขมัน (PFAD) เป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการกลั่นแบบกายภาพ สามารถนำมาผลิตเป็นผงซักฟอกได้เช่นเดียวกัน โดยมีต้นทุนการแปรรูปกิโลกรัมละ 22 บาท (รวมค่าหีบห่อแล้ว) และสามารถผลิตได้วันละประมาณ 993 กิโลกรัม

3. ไขสเตียริน ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการแยกไข สามารถนำมาผลิตเป็นเนยขาว และเนยเทียม โดยมีสูตรผสม ไขสเตียริน 60 : โอเลอีน 40 โดยคิดค้นเป็นเครื่องทำเนยขาวมีกำลังผลิตประมาณชั่วโมงละ 200 กิโลกรัม ต้นทุนการแปรรูปรวมวัสดุหีบห่อประมาณ 4.40 บาทต่อกิโลกรัม โดยมีกำลังผลิตวันละ 1,430-1,480 กิโลกรัม

นอกจากนี้ก็ยังได้ทำการทดลองแปรรูปไขสบู่ให้เป็นสบู่ล้างจานได้สำเร็จ และทดลองผลิตขนมปังจากไขสเตียรินและเนยขาว และทดลองผลิตเค้กเนยจากมากาารีนอีกด้วย

9.1.5 จากผลการเปรียบเทียบกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มทั้งสองแบบสรุปได้ว่า กระบวนการกลั่นแบบเคมีได้ค่า Internal Rate of Return (IRR) 9.16 % ส่วนกระบวนการแบบกายภาพได้ค่า IRR 19.32 % จึงสรุปได้ว่าโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดกำลังการผลิตวันละ 2.4 ตัน สามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้ โดยใช้กระบวนการแบบกายภาพ และเมื่อรวมการแปรรูปผลิตผลพลอยได้เป็นผงซักฟอกและเนยขาว ก็จะทำให้ผลตอบแทนการลงทุนสูงขึ้นเป็น 28.46 % ซึ่งในกรณีนี้ได้กำหนดค่า MARR ไว้เท่ากับ 25 % ค่า IRR นี้ก็จะสูงกว่าซึ่งจะจูงใจให้มีการลงทุนเพื่อดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้ที่ราคาน้ำมันปาล์มดิบ 11.50 บาทต่อ กก. ราคาน้ำมันปาล์มโอเลอีน 26.00 บาทต่อ กก. ผงซักฟอก 25.00 บาทต่อ กก. และเนยขาว 23.00 บาทต่อ กก.

9.1.6 จากการทดสอบความไว โดยใช้ราคาน้ำมันปาล์มดิบต่ำสุด 9.50 บาท และค่าสูงสุด 14.00 บาท ในกรณีที่รัฐบาลมีมาตรการควบคุมอยู่และใช้ราคาไขสเตียรินสูงกว่าราคาน้ำมันปาล์มดิบ 1.00 บาทต่อ กก. และใช้ราคาน้ำมันปาล์มโอเลอีนที่ค่าต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ตามกลไกตลาด สรุปได้ว่าหากวิเคราะห์เฉพาะ Primary Product คือน้ำมันปาล์มโอเลอีนบริสุทธิ์ และไขสเตียรินแล้วโรงงานแห่งนี้ค่อนข้างจะมีความเสี่ยงสูงในการดำเนินการในเชิงพาณิชย์ แต่เมื่อทดสอบความไวของโรงงานในกรณีที่ทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องสรุปได้ว่า มีความเป็นไปได้สูงพอสมควร แต่ทั้งนี้จะต้องมีตลาดที่จะระบายผงซักฟอก และเนยขาว หรือเนยเทียมให้หมด ซึ่งในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นได้ทำการทดสอบตลาดแล้วปรากฏว่าเป็นที่ยอมรับของท้องถิ่น

9.1.7 ในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยสามารถทำการปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ตามข้อแนะนำของคณะกรรมการติดตามและประเมินผลการวิจัยเป็นผลสำเร็จหลายประการดังนี้

1. สามารถเร่งอุณหภูมิการดูดกลิ่นและลดกรดได้ถึง 280 °องศาเซลเซียส โดยใช้ระบบ Superheat ของไอน้ำ และตัดวงจร Superheat ของเทอร์มัลออยล์ ซึ่งไม่ปลอดภัย ออกไปได้ทั้งหมด

2. สามารถปรับปรุงระบบการทำความเย็นให้กับน้ำมันปาล์มที่ผ่านการดูดกลิ่น และลดกรด ซึ่งมีอุณหภูมิถึง 250 °ซ. ให้สามารถลดอุณหภูมิลงมาเหลือ 100 °ซ. ภายใน 1 ชั่วโมง ได้โดยใช้วงจรน้ำเย็นผ่านน้ำเย็นเข้าไปในขดท่อไอน้ำในถังดูดกลิ่นได้เป็นผลสำเร็จ ซึ่งก่อนปรับปรุงนั้นจะต้องใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 10 ชั่วโมง และจะต้องเดินระบบสุญญากาศเลี้ยงไว้มิให้น้ำมันปาล์มเกิดออกซิไดส์ตลอดเวลา ทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก

3. ได้ทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ท่อและวาล์วให้ได้มาตรฐานจนมีความปลอดภัยสูง และได้ทำการต่อท่อปล่องควันให้สูงพ้นหลังคาตึกโรงหล่อเพื่อแก้ปัญหาควันดำ และแก้ไขปัญหาการปล่อยไอน้ำให้เกิดเสียงดังได้สำเร็จ

4. ทำการปรับปรุงแก้ไขหอผึ่งเย็นเพื่อลดอุณหภูมิน้ำไม่ให้เกิน 30 °ซ. โดยติดตั้งพัดลมดูดอากาศขนาด 3 แรงม้า 1 ชุด ทำให้สุญญากาศไม่ตกขณะทำงาน

9.2 <u>ข้อเสนอแนะ</u>

ในการดำเนินการโครงการวิจัยครั้งนี้ ถึงแม้จะสรุปได้ว่าโรงงานต้นแบบซึ่งมีขนาดกำลังผลิตวันละ 2.76 ตันน้ำมันปาล์มดิบ จะสามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้โดยใช้กระบวนการแบบกายภาพ รวมทั้งทำการแปรรูปผลิตผลพลอยได้ และผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องแล้วก็ตาม ก็ยังมีสิ่งจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข และทำการวิจัยเพิ่มเติมอีกหลายประการ รวมทั้งมีข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากคณะผู้วิจารณ์โครงการวิจัยอีกหลายข้อ ดังต่อไปนี้

9.2.1 <u>ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขงานวิจัยและงานวิจัยต่อเนื่อง</u> ประกอบด้วย

1. ควรปรับปรุงระบบสุญญากาศให้สามารถทำสุญญากาศได้ถึง 754-756 มม.ปรอท เพื่อให้สามารถกลั่นน้ำมันด้วยกระบวนการทางกายภาพได้ อย่างมีประสิทธิภาพสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. ทำการปรับปรุงระบบดูดกลิ่นและลดกรดจากถังดูดกลิ่นแบบกะ (Batch) ให้เป็นระบบอื่นที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ระบบ Thin Film หรือระบบ Cambrian เป็นต้น ซึ่งถ้าหากทำการศึกษาค้นคว้า

และทดลองเป็นผลสำเร็จก็จะทำให้สามารถกลั่นน้ำมันด้วยระบบกายภาพมีประสิทธิการกลั่นน้ำมันสูงขึ้น

3. ควรมีการศึกษาค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับการนำเอาไขสเตียรินดิบ (Crude Palm Stearin) มาทำการแยกส่วนด้วยกรรมวิธี Oleochemical ในสเกลเล็ก เพื่อหาทางเพิ่มมูลค่าไขสเตียรินให้มีตลาดจำหน่ายอย่างกว้างขวางขึ้น เช่น ผลิตเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานผลิตยางรถยนต์ และเครื่องสำอางเป็นต้น

4. ในการจัดสร้างโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็กในพื้นที่ชนบท ควรสร้างควบคู่ไปกับการสร้างโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จะทำให้สามารถลดค่าขนส่ง และค่าลงทุนเครื่องจักรอุปกรณ์บางอย่างที่สามารถใช้ร่วมกันได้ และจะทำให้ประหยัดพลังงาน และการสูญเสียได้มาก อย่างไรก็ดีขนาดของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่เหมาะสมกับโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มนี้ ควรจะมีกำลังผลิตวันละ 10 ตันทะลายจึงจะสมดุลย์กัน

สำหรับข้อเสนอแนะข้อ 2 และ ข้อ 3 นั้น หากดำเนินการค้นคว้าวิจัยได้เป็นผลสำเร็จในสเกลเล็กก็จะส่งผลให้เกิดการวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีอย่างสำคัญยิ่ง เพราะจะทำให้ต้นทุนการกลั่นน้ำมันปาล์มลดลงไปเป็นอันมาก และในขณะเดียวกันก็ได้นำเอาไขสเตียรินซึ่งมีราคา และมูลค่าต่ำมากมาแปรรูปในอุตสาหกรรม Oleochemicals ซึ่งจะเพิ่มมูลค่าสูงขึ้นเป็นอันมาก ดังนั้นโครงการนี้ก็สามารถที่จะดำเนินการอยู่ได้เป็นอย่างดี ถึงแม้จะมีผลกระทบจากข้อตกลงทางการค้า AFTA เข้ามาในอนาคตก็ตาม

9.2.2 <u>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากคณะผู้วิจารณ์โครงการวิจัย</u> ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก เป็นเรื่องที่ควรสนับสนุนให้เกิดขึ้นในประเทศไทย เนื่องจากในประเทศไทยมีเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อยเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีการกลั่นแบบกายภาพ ควรจะพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงโดยใช้เงินลงทุนต่ำ อนึ่งการซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศก็จะมีราคาสูงมาก

2. โรงงานต้นแบบที่มีกำลังผลิตประมาณ 2 ตันต่อวันนั้น ในเชิงพาณิชย์อาจจะมีขนาดเล็กเกินไป ควรจะพัฒนาโรงงานที่มีกำลังผลิตประมาณ 10 ตันต่อวัน ซึ่งน่าจะใช้เงินลงทุนประมาณ 15 ล้านบาท ซึ่งควรจะต้องมีการวิเคราะห์วิจัยเพิ่มเติมรวมทั้งต้องการทำการทดสอบในเชิงการค้า (Commercial Test) อย่างจริงจังด้วย

3. เทคโนโลยีการลดกรด และดูดกลิ่นในกระบวนการแบบกายภาพควรได้รับการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ทัดเทียมหรือใกล้เคียงกับเทคโนโลยีต่างประเทศ โดยการพัฒนาระบบสุญญากาศให้ดีขึ้น และลดเวลาลดกรดและดูดกลิ่นลงให้เหลือ 1-2 ชั่วโมงก่อนในขั้นแรก และในขั้นต่อไปก็พัฒนาและดัดแปลงเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น แบบใช้กาซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือระบบฟิล์มบาง เป็นต้น

4. โครงการวิจัยนี้นับเป็นพื้นฐานของเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มในสเกลเล็กที่พัฒนาขึ้นเองในประเทศ และจะนำไปสู่การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิต

ภัณฑ์จากน้ำมันปาล์มให้สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุด เช่น การพัฒนากระบวนการแปรรูปไขสเตียริน การสกัดวิตามินอี และการแปรรูปเป็นเมธิลเอสเตอร์ ตลอดจนการผลิตเครื่องสำอางจากน้ำมันปาล์ม เป็นต้น งานวิจัยต่อเนื่องเหล่านี้จะต้องรีบดำเนินการโดยเร่งด่วน เพื่อรองรับผลกระทบจาก AFTA อีกภายในเวลาไม่เกิน 8 ปีข้างหน้านี้ มิฉะนั้นอนาคตของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในประเทศไทยอาจจะต้องพบกับจุดจบเป็น Sunset Industry ก็อาจเป็นได้

5. โรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้นในประเทศไทย เกือบทุกโรงงานทำการสกัดน้ำมันปาล์มปนกับน้ำมันเมล็ดใน ซึ่งเรียกว่า น้ำมันเกรดบี ซึ่งไม่ใช่น้ำมันที่ได้คุณภาพมาตรฐาน ดังนั้นจะต้องมีแนวทางการพัฒนาและแก้ไขปัญหานี้ให้ได้ในอนาคต เช่น หาตลาดที่เหมาะสม เช่นส่งป้อนโรงงานผลิตสบู่ หรือหาทางพัฒนาพันธุ์ปาล์มที่มีเมล็ดในเล็ก หรือหาวิธีการแยกน้ำมันทั้งสองประเภทนี้ออกจากกันด้วยวิธีการอื่น ๆ

# บรรณานุกรม


1. ชัยยศ สันติวงษ์ การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2533
2. ชุมพล ศฤงคารศิริ การวิเคราะห์และตัดสินใจเพื่อการลงทุน บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 21536
3. ณรงค์ ชูประกอบ อนาคตอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2533
4. เพชรี ชุมทรัพย์ หลักการบริหารการเงิน โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2536
5. ไพจิตร จันทรวงศ์ พืชน้ำมันและน้ำมันพืช 52 ชนิด คู่มือการใช้ประโยชน์ และตรวจสอบคุณภาพ สายงานเคมีพืชน้ำมัน และสารธรรมชาติ กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร, 2530
6. วีระพล สุวรรณนันต์ การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของแผนและโครงการ สำนักฝึกอบรม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2524
7. การอบรมโครงการพัฒนาบุคลากร ด้านเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดย กองวิทยาลัยเกษตรกรรม กรมอาชีวศึกษา ร่วมกับ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 20-24 กันยายน 2536
8. ปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม คู่มือเกษตรกร, โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากพระราชดำริ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2528
9. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค มอก. 288-2535, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2535
10. AFTA และการปรับตัวของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก เอกสารสรุปผลการสัมมนา จัดโดย สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม วันศุกร์ที่ 4 มีนาคม 2537 ณ โรงแรมไดมอนด์ พลาซ่า หาดใหญ่ สงขลา
11. Athanassiadis, A., Refining and Segregation of Palm Oil, Refining Department, Extraction De Smet S.A. Antwerp, Belgium.
12. Jacobsbery, B., Quality of Palm Oil, PORIM Occasional Paper, no 10, October 1983.
13. Mahatta, T.L., Technology and Refining of Oils and Fats, Small Business Publications, New Delhi.
14. Pantzaris, T.P., Pocketbook of Palm Oil Uses, Palm Oil Research Institute of Malaysia, 1987,
15. Perry, R.H., Chilton, C.H., Chemical Engineering Handbook, 5th Edition, Mc.Graw Hill, 1973.
16. Young, F.V.K., The Refining of Palm Oil, PORIM Technology, 1981.
17. Young, F.V.K., Deodorising / Physical Refining : Current Plant and Future Outlook, Palm Oil Product Technology in the Eighties.

# มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
# น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค

มอก. 288—2535

**สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**
**กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400**
**โทรศัพท์ 2461175**

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 109 ตอนที่ 52
วันที่ 21 เมษายน พุทธศักราช 2535

# คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 274
## มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม

ประธานกรรมการ

คุณหญิงระเบียบ ภูมิรัตน

กรรมการ

| | |
|---|---|
| นางเวียงวิภา จารุตามระ | |
| นายพิพัฒน์ พันพาไพร | |
| นายยงยุทธ ฟุ้งเกียรติชัย | ผู้แทนกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม |
| นางไพจิตร จันทรวงศ์ | ผู้แทนกรมวิชาการเกษตร |
| นายสมวงศ์ วงศ์วอนแสง | ผู้แทนกรมประชาสงเคราะห์ |
| นายวิชา วนดุรงควรรณ | ผู้แทนคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| นายสุจินต์ ชอบสงบ | ผู้แทนมหาวิทยาลัยมหิดล |
| นายสัณห์ชัย กลิ่นพิกุล | ผู้แทนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| นายปรีชญา เหมสุจิ | ผู้แทนบริษัท เนสท์เล่ย์ จำกัด |
| นายประสพ วานิชดี | ผู้แทนบริษัท อุตสาหกรรมนมไทย จำกัด |
| นายสมาน ศรีสุข | ผู้แทนบริษัท ลีเวอร์บราเธอร์ (ประเทศไทย) จำกัด |
| นายบุญศรี กฤษณกาญจน์ | ผู้แทนบริษัท อุตสาหกรรมวิวัฒน์ จำกัด |
| นายวัฒนา เพชรเกษม | ผู้แทนกรมวิทยาศาสตร์บริการ |
| นางเสาวลักษณ์ บุญวิจิตร | ผู้แทนบริษัท ล่ำสูง จำกัด |

กรรมการและเลขานุการ

| | |
|---|---|
| นางเสาวลักษณ์ ทองสถิตย์ | ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม |

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค นี้ ได้ประกาศใช้เป็นครั้งแรกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันปาล์ม มาตรฐานเลขที่ มอก.288-2521 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 96 ตอนที่ 62 วันที่ 26 เมษายน พุทธศักราช 2522 และแก้ไขเพิ่มเติมตามมาตรฐานเลขที่ มอก.288-2528 ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษเล่ม 102 ตอนที่ 85 วันที่ 1 กรกฎาคม พุทธศักราช 2528 ต่อมาเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงให้เหมาะสมกับความก้าวหน้าทางวิชาการ จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยใช้ผลการวิเคราะห์จากกรมวิชาการเกษตร กรมวิทยาศาสตร์บริการ ข้อมูลจากผู้ทำและเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

CODEX STAN 125-1981 Standard for edible palm oil

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511

# ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1793 (พ.ศ. 2535)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ.2511

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

น้ำมันปาล์ม

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค

---

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันปาล์ม มาตรฐานเลขที่ มอก. 288-2528

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 379 (พ.ศ. 2521) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันปาล์ม ลงวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ.2521 และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 921 (พ.ศ.2528) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511 เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันปาล์ม (แก้ไขครั้งที่ 1) ลงวันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ.2528 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค มาตรฐานเลขที่ มอก. 288-2535 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 90 วัน นับแต่วันถัดจากวันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ.2535

สิปปนนท์ เกตุทัต

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

# มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
# น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค

## 1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและชนิด คุณลักษณะที่ต้องการ วัตถุเจือปนอาหาร สารปนเปื้อน สุขลักษณะ การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค

## 2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

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

2.2 น้ำมันปาล์มธรรมชาติ (virgin palm oil) หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ได้จากวิธีทางกล ความร้อน หรือวิธีทางกลร่วมกับความร้อน อาจทำให้สะอาดขึ้นโดยการล้างด้วยน้ำ ตั้งให้ตกตะกอน กรองและหมุนเหวี่ยง (centrifuge) เท่านั้น

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

2.4 น้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี(refined palm olein) หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีเช่นเดียวกับข้อ 2.3 และแยกไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงออก มีจุดขุ่น (cloud point) ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

## 3. ประเภทและชนิด

3.1 น้ำมันปาล์มแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

3.1.1 น้ำมันปาล์มธรรมชาติ

3.1.2 น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี

3.1.3 น้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.1.3.1 ชนิดที่ 1

3.1.3.2 ชนิดที่ 2

## 4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ลักษณะทั่วไป

4.1.1 สี

มีสีตามลักษณะเฉพาะของน้ำมันปาล์มแต่ละประเภท

4.1.2 กลิ่นและรส

มีกลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะของน้ำมันปาล์มแต่ละประเภท และต้องไม่มีกลิ่นหืน

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี

ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

4.3 องค์ประกอบของกรดไขมัน

ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC(1979) ข้อ 2.301 และข้อ 2.302

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี

(ข้อ 4.2)

| รายการที่ | คุณลักษณะ | เกณฑ์ที่กำหนด | | | | วิธีทดสอบ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | น้ำมันปาล์มธรรมชาติ | น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี | น้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี ชนิดที่ 1 | น้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี ชนิดที่ 2 | ตาม |
| 1 | ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density) ที่ 50/20 องศาเซลเซียส | 0.891 ถึง 0.899 | | | | CAC/RM 9 |
| 2 | ดัชนีหักเห (refractive index) ที่ $n_D$ 50 องศาเซลเซียส | 1.455 ถึง 1.456 | | | | IUPAC(1979) ข้อ 2.102 |
| 3 | จุดขุ่น องศาเซลเซียส | ไม่กำหนด | ไม่กำหนด | ไม่เกิน 5 | ไม่เกิน 10 | AOCS Cc 6-25 |
| 4 | น้ำและสารที่ระเหยได้ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | IUPAC(1979) ข้อ 2.601 |
| 5 | สิ่งอื่นที่ไม่ละลาย (insoluble impurities) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | IUPAC(1979) ข้อ 2.204 |
| 6 | ค่าไอโอดีน แบบวิจส์ (iodine value, Wijs) | 50 ถึง 55 | 50 ถึง 55 | ไม่น้อยกว่า 60 | 55 ถึง 60 | IUPAC(1979) ข้อ 2.205 |
| 7 | ค่าสะพอนิฟิเคชัน (saponification value) มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อตัวอย่าง 1 กรัม | 190 ถึง 209 | 190 ถึง 209 | 190 ถึง 209 | 190 ถึง 209 | IUPAC(1979) ข้อ 2.202 |
| 8 | สารที่สะพอนิฟายไม่ได้ (unsaponifiable matter) กรัมต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม ไม่เกิน | 12 | 12 | 8 | 10 | IUPAC(1979) ข้อ 2.401 |
| 9 | ค่าของกรด (acid value) มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ไม่เกิน | 4 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | IUPAC(1979) ข้อ 2.201 |
| 10 | ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value) มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม ไม่เกิน | 10 | 10 | 10 | 10 | IUPAC(1979) ข้อ 2.501 |
| 11 | สบู่ ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน | 0 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | CAC/RM 13 |
| 12 | บีตาแคโรทีน (beta carotene) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม | 500 ถึง 2 000 | ไม่กำหนด | ไม่กำหนด | ไม่กำหนด | AOAC(1984) ข้อ 43.008 ถึงข้อ 43.013 |



มอก. 288-2535

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของกรดไขมัน

(ข้อ 4.3)

หน่วยเป็นร้อยละ

| รายการที่ | กรดไขมัน | เกณฑ์ที่กำหนด | |
|---|---|---|---|
| | | น้ำมันปาล์มธรรมชาติและน้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี | น้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี |
| 1 | กรดลอริก (lauric acid) | ไม่เกิน 1.2 | ไม่เกิน 1.2 |
| 2 | กรดไมริสติก (myristic acid) | 0.5 ถึง 5.9 | 0.5 ถึง 5.9 |
| 3 | กรดพาล์มมิติก (palmitic acid) | 32 ถึง 59 | 32 ถึง 59 |
| 4 | กรดพาล์มมิโตลีอิก (palmitoleic acid) | น้อยกว่า 0.6 | น้อยกว่า 0.6 |
| 5 | กรดสเตียริก (stearic acid) | 1.5 ถึง 8.0 | 1.5 ถึง 6 |
| 6 | กรดโอลีอิก (oleic acid) | 27 ถึง 52 | 35 ถึง 52 |
| 7 | กรดไลโนลีอิก (linoleic acid) | 5 ถึง 14 | 10 ถึง 16 |
| 8 | กรดไลโนลีนิก (linolenic acid) | ไม่เกิน 1.5 | ไม่เกิน 1.5 |
| 9 | กรดอราชิดิก (arachidic acid) | ไม่เกิน 1.0 | ไม่เกิน 1.0 |

## 5. วัตถุเจือปนอาหาร

อาจใช้วัตถุเจือปนอาหารได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนดต่อไปนี้

5.1 สี

สีตามรายชื่อต่อไปนี้ยอมให้ใช้ได้ในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อความมุ่งหมายที่จะปรับสีของผลิตภัณฑ์ประเภทนั้น ๆ ให้เหมือนธรรมชาติ หรือให้สม่ำเสมอ แต่ในการเติมสีจะต้องไม่ใช้เพื่อเป็นการหลอกลวง หรือทำให้ผู้บริโภคเข้าใจผิด โดยปิดบังส่วนเสียหรือความด้อยคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น หรือทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นดูเหมือนมีคุณค่ามากกว่าที่เป็นจริง

5.1.1 บีตา-แคโรทีน (beta-carotene)

5.1.2 อันนัตโต (annatto)

5.1.3 เคอร์คิวมิน (curcumin)

5.1.4 แคนทาแซนทีน (canthaxanthine)

5.1.5 บีตา-อะโป-8´-แคโรทีนัล (beta-apo-8´-carotenal)

5.1.6 เมทิลและเอทิลเอสเตอร์ของกรดบีตา-อะโป-8´-แคโรทีโนอิก (methyl and ethyl ester of beta-apo-8´-carotenoic acid)

5.2 สารกันหืน (antioxidant)

ถ้าใช้สารกันหืน ให้ใช้ตามที่กำหนดข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

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

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC(1979) ข้อ 2.621

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

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC(1979) ข้อ 2.622 ยกเว้นทีบีเอชคิวให้ทดสอบตามข้อ 11.2

5.2.3 สารพวกแกลเลตรวมกับบีเอชเอหรือบีเอชที และ/หรือทีบีเอชคิวต้องไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่สารพวกแกลเลตต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC(1979) ข้อ 2.621 และข้อ 2.622 ยกเว้นทีบีเอชคิวให้ทดสอบตามข้อ 11.2

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

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 11.3

5.2.5 โทโคฟีรอล (tocopherol) ให้ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

5.3 สารเสริมฤทธิ์สารกันหืน (antioxidant synergist)

5.3.1 กรดซิทริกและโซเดียมซิเทรต (citric acid and sodium citrate) ให้ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

## 6. สารปนเปื้อน

6.1 สารปนเปื้อนในน้ำมันปาล์มจะมีได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สารปนเปื้อน

(ข้อ 6.1)

หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

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

## 7. สุขลักษณะ

7.1 สุขลักษณะ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดสุขลักษณะของอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก.34

## 8. การบรรจุ

8.1 ให้บรรจุน้ำมันปาล์มในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท ไม่รั่วซึม ผิวภายในของภาชนะบรรจุรวมทั้งจุกหรือฝา (ถ้ามี) ต้องปราศจากสีหรือสารอื่นใดที่ละลายได้ในน้ำมันปาล์ม

8.2 ภาชนะบรรจุที่เป็นพลาสติกให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาชนะพลาสติกและฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำมันและไขมันบริโภค มาตรฐานเลขที่ มอก.654

8.3 ปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิของน้ำมันปาล์มในแต่ละภาชนะบรรจุต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 11.1

## 9. เครื่องหมายและฉลาก

9.1 ที่ภาชนะบรรจุน้ำมันปาล์มทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

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

(2) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัมหรือกิโลกรัม หรือปริมาตรสุทธิ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตรหรือลูกบาศก์เดซิเมตร

(3) วัตถุเจือปนอาหารและปริมาณที่ใช้ (ถ้ามี)

(4) เดือน ปีที่ทำ

(5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

9.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

## 10. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

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

10.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

10.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบการบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก และลักษณะทั่วไป

10.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบการบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก และลักษณะทั่วไป

(ข้อ 10.2.1)

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

10.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4.1 ข้อ 8. และข้อ 9. ในแต่ละรายการ ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ 2 จึงจะถือว่าน้ำมันปาล์มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี องค์ประกอบของกรดไขมัน วัตถุเจือปนอาหาร และสารปนเปื้อน

10.2.2.1 ให้นำตัวอย่างจากข้อ 10.2.1 มาภาชนะบรรจุละเท่า ๆ กัน ผสมกันอย่างรวดเร็ว ให้ได้ตัวอย่างรวมไม่น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เดซิเมตร เก็บตัวอย่างไว้ในภาชนะที่สะอาด แห้ง และปิดให้สนิท

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

10.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างน้ำมันปาล์มต้องเป็นไปตามข้อ 10.2.1.2 และข้อ 10.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าน้ำมันปาล์มรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

## 11. การทดสอบ

11.1 ปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิ

11.1.1 ปริมาตรสุทธิ

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

11.1.1.2 น้ำมันปาล์มที่มีขนาดบรรจุเกิน 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร ให้ทดสอบโดยวิธีชั่งน้ำหนัก หาความหนาแน่นสัมพัทธ์ แล้วคำนวณหาปริมาตร

11.1.1.3 น้ำมันปาล์มที่มีสภาพกึ่งเหลวกึ่งแข็งในอุณหภูมิปกติ ให้ปฏิบัติตามข้อ 11.1.1.1 หรือข้อ 11.1.1.2

11.1.2 น้ำหนักสุทธิ

ให้ทดสอบโดยวิธีชั่งตัวอย่างทั้งภาชนะบรรจุแล้วหักลบด้วยน้ำหนักภาชนะบรรจุเปล่า

11.2 พีบีเอชคิว

11.2.1 เครื่องมือ

11.2.1.1 กรวยแยกขนาด 200 และ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

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

11.2.1.3 เครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator)

11.2.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

11.2.2.1 เอทิลแอซีเทต

11.2.2.2 แอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟต

11.2.2.3 สารละลายนอร์แมลเฮกเซน-เอทิลแอซีเทต 1 + 1

11.2.2.4 สารละลายนอร์แมลเฮกเซน-เอทิลแอซีเทต 99 + 1

11.2.2.5 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 20 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

11.2.2.6 สารละลายมาตรฐานทีบีเอชคิว 1 000 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ละลายทีบีเอชคิว 100 มิลลิกรัมในเอทิลแอซีเทต 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

11.2.3 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

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

11.2.4 วิธีทดสอบ

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

11.3 อัลคอร์บิล พาล์มิเทต

11.3.1 เครื่องมือ

11.3.1.1 เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิกรัม

11.3.1.2 เครื่องหมุนเหวี่ยง มีความเร็ว 2 500 รอบต่อนาที มีหลอดหมุนเหวี่ยงขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรพร้อมจุกแก้ว

11.3.1.3 ไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟ(high performance liquid chromatograph) ซึ่งมีที่บรรจุตัวอย่างขนาด 0.02 ลูกบาศก์เซนติเมตร (20 $\mu$l) และมีคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.6 มิลลิเมตร ยาว 25 เซนติเมตร บรรจุด้วยโครมีกาบอนด์ไดแอมีน (chromegabond diamine) ขนาด 5 ไมโครเมตร

11.3.1.4 เครื่องผสมชนิดหมุน (vortex mixer) หรือชนิดอื่นที่เหมาะสม

11.3.1.5 เครื่องอังน้ำ

11.3.2 สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

11.3.2.1 เมทานอล ชั้นคุณภาพโครมาโทกราฟิก

11.3.2.2 สารละลายผสม

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

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

11.3.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในหลอดหมุนเหวี่ยง เติมเมทานอล 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดจุกแล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมนาน 1 นาที เพื่อสกัดตัวอย่าง แล้วจึงนำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 2 500 รอบต่อนาที นาน 5 นาที หรือจนได้ชั้นเมทานอลใส หากจำเป็นต้องทำให้เจือจาง อาจทำได้โดยเติมเมทานอลจนได้สารละลายที่มีความเข้มข้นประมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

11.3.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

ชั่งอัสคอร์บิล พาล์มิเทตให้ได้น้ำหนัก 10 มิลลิกรัมพอดี ละลายและทำให้เจือจางด้วยเมทานอลจนมีความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

11.3.5 วิธีทดสอบ

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

11.3.5.2 ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 11.3.5.1 โดยใช้สารละลายมาตรฐาน(ข้อ 11.3.4)แทนสารละลายตัวอย่าง

11.3.5.3 หาปริมาณอัสคอร์บิล พาล์มิเทต ในตัวอย่างจากกราฟโดยเปรียบเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐาน

---

# ภาคผนวก ช.

## การคำนวณออกแบบระบบเทอร์มัลออยล์และขนาดของหม้อกำเนิดไอน้ำ

จากข้อมูลรายละเอียดของการออกแบบกระบวนการต่าง ๆ ในการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ รวมทั้งข้อมูลการปฏิบัติงานของแต่ละกระบวนการ และการจัดตารางการทำงานดังกล่าว ทำให้สามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาคำนวณเพื่อออกแบบเทอร์มัลออยล์ และขนาดของหม้อกำเนิดไอน้ำ ดังนี้

### การคำนวณออกแบบระบบเทอร์มัลออยล์

(ก) ถังแยกกัม (Degumming Tank)

Jacketed tank

- heat transfer area,

$$A = \pi (95.4)(150) + \frac{(95.4)}{2}\pi\sqrt{\left(\frac{95.4}{2}\right)^2 + 30^2}$$

$$= 5.34 \times 10^4 \text{ cm}^2$$

$$= 57.48 \text{ ft}^2$$

- heat transfer coefficient, U = 40 BTU/h - $ft^2$ °F
- Specific Heat ของ Thermal Oil, C

= 0.526 BTU/lb °F[8]

- Specific heat ของ CPO, c = 0.55 BTU/lb °F
- น้ำหนัก CPO ในถัง, M = $1500\ l \times 0.92 \frac{kg}{l}$

= 1380 kgs

= 3042 lb.

- Thermal oil inlet temperature, T1 = 300°C = 572°F
- CPO inlet temp, t1 = 25°C = 77°F
- CPO final temp,.t2 = 100°C = 212°F

กำหนด เวลาที่ใช้ heat CPO จาก 25°C ถึง 100°C,

$\Theta = 20$ นาที $= \frac{1}{3}$ hr.

non-isothermal heating medium

K-factor $= e^{UA/WC}$

$= e^{40(57.48)/W(0.526)}$

$= e^{4371/W}$

$$\ln\left[\frac{T1-t1}{T1-t2}\right] = \frac{WC}{MC}\left[\frac{K-1}{K}\right]\Theta$$

$$\ln\left[\frac{572-77}{572-212}\right] = \frac{W\,(0.526)}{(3042)\,(0.55)}\left[\frac{e^{\frac{4371}{W}}-1}{e^{\frac{4371}{W}}}\right]\Theta$$

$$\therefore \Theta = \frac{1013\, e^{4371/W}}{W\,(e^{4371/W}-1)}$$

ที่ $\Theta = \frac{1}{3}$ hr, W = 5,600 lb/hr.

= 42.3 kg/min.

(ข) ถังฟอกสี (Bleaching Tank)

Jacketed tank, non-iso thermal heating medium

$$A = \pi\,(77.7)\,(180) + \frac{\pi\,(77.7)}{2}\sqrt{\frac{(77.7)^2+(20)^2}{2}}$$

$= 4.971 \times 10^4$ cm$^2$ $= 53.03$ ft$^2$

U = 40 BTU/h. ft$^2$ °F

C = 0.526 BTU/lb °F

c = 0.55 BTU/lb °F

M = 1,100 ℓ $\times$ 0.92 $\frac{kg}{ℓ}$ = 1,012 kg = 2,231 lb

T1 = 300°C = 572°F

t1 = 25°C = 77°F

**ช่วงที่ 1** เพิ่มอุณหภูมิจาก 25°C ถึง 80°C แล้วเติมผงฟอกสี

$t1 = 25°C = 77°F$

$t2 = 80°C = 176°F$

กำหนด $\Theta$ = 11 นาที = 0.181 hr.

**ช่วงที่ 2** เพิ่มอุณหภูมิจาก 80°C ถึง 115°C

$t1 = 80°C = 176°F$

$t2 = 115°C = 239°F$

กำหนด $\Theta$ = 0.141 hr. (9 นาที)

ให้ W ในช่วงที่ 1 เท่ากับ W ในช่วงที่ 2

$K\text{ - factor} = e^{40(53.03)/W(0.526)}$

$= e^{4033/W}$

**ช่วงที่ 1**

$$\ln\left[\frac{572-77}{572-176}\right] = \frac{0.526W}{2231(0.55)}\left[\frac{e^{4033/W}-1}{e^{4033/W}}\right]\Theta$$

$$\Theta = \frac{520.45\, e^{4033/W}}{W\,(e^{4033/W}-1)}$$

$\therefore$ W = 5,600 lb/hr

**ช่วงที่ 2**

$$\ln\left[\frac{572-176}{572-239}\right] = \frac{0.526W}{2231(0.55)}\left[\frac{e^{4033/W}-1}{e^{4033/W}}\right]\Theta$$

$$\Theta = \frac{404.25\, e^{4033/W}}{W\,(e^{4033/W}-1)}$$

$\therefore$ W = 5,600 lb/hr

$\therefore$ รวม 2 ช่วง W = 5,600 lb/hr.

(ค) <u>ถังดูดกลิ่นและแยกกรด (Deodorization and Deacidification Tank)</u>

ขนาดเท่าถังแยกกัม

Jacketed Tank, non-isothermal heating medium

คิดเฉพาะ heat จาก Thermal oil

$A = 57.48\ ft^2$

$U = 40\ BTU/h\text{-}ft^2$

$C = 0.526\ BTU/lb\ °F$

$c = 0.55\ BTU/lb\ °F$

$M = 1000\ \ell \times 0.92\ \frac{kg}{\ell} = 920\ kg = 2028\ lb$

$T1 = 572°F\ (300°C)$

$t1 = 25°C = 77°F$

$t2 = 250°C = 482°F$

$\Theta = 1.2\ hr$

$k = e^{4371/W}$

$$\ln\left[\frac{572-77}{572-482}\right] = \frac{0.526W}{2028(0.55)}\left[\frac{e^{4371/W}-1}{e^{4371/W}}\right]\Theta$$

$$\Theta = \frac{3615\ e^{4371/W}}{W\ (e^{4371/W}-1)}$$

$$\therefore\ W = 5{,}600\ lb/hr.$$

∴ Hot oil วงจรที่ 1 (Degumming, bleaching)

$= 42.3 + 42.3$

$= 84.6\ kg/hr$

∴ Hot oil วงจรที่ 2 (Deodorization, Deacidification)

$= 42.3\ kg/hr$

(ง) <u>การคำนวณขนาดของปั๊มน้ำร้อน</u>

1. ระบบแยกกัมและฟอกสี

- ความยาวเทียบเท่าของระบบท่อ

- ท่อ ∅ 2 นิ้ว ยาว = 20 เมตร
- ข้องอ 90° ขนาด 2 นิ้ว 9 ตัว ความยาวเทียบเท่า = 1.6 เมตร/ตัว

$\therefore$ ความยาวรวม = 1.6 x 9 = 14.4 เมตร

- สามทางขนาด 2 นิ้ว จำนวน 5 ตัว ความยาวเทียบเท่า = 4 เมตร/ตัว

$\therefore$ ความยาวรวม = 4 x 5 = 20 เมตร

- วาล์วประตูน้ำขนาด 2 นิ้ว จำนวน 6 ตัว ความยาวเทียบเท่า

= 10 เมตร/ตัว

$\therefore$ ความยาวรวม = 6 x 10 = 60 เมตร

$\therefore$ ความยาวเทียบเท่ารวม = 144.4 เมตร

- อัตราการไหลในท่อ = 85 ลิตร/นาที

ความเร็ว, V = $\frac{Q}{A}$

เมื่อ A = 21.7 $cm^2$ (ท่อขนาด 2 นิ้ว)

V = $\frac{85 \times 1,000}{21.7 \times 60 \times 100}$

= 0.65 เมตร/วินาที

- แรงดันสูญเสียในท่อ,

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

เมื่อ $\lambda = \frac{2(0.02 + 0.0005)}{D}$

$= 2(0.02 + \frac{0.005}{0.05})$

$= 0.06$

$h_f = 0.06 \times \frac{114.4}{0.05} \times \frac{(0.65)^2}{2 \times 9.81}$

= 3 เมตร

- แรงดันทั้งหมด, H = $h_f + h_s + V^2/2g$

เมื่อ $h_s$ = ระดับความสูงของท่อ = 1.5 เมตร

$\therefore H = 1.5 + 3 + (0.65)^2/(2 \times 9.81)$

= 4.25 เมตร

- กำลังที่ใช้ในการขับปั๊ม

$$Pw = 0.163 \gamma QH$$

เมื่อ $\gamma = 0.997$

$$Pw = 0.163 \times 0.997 \times 0.083 \times 4.52$$

$$= 0.06 \text{ kw}$$

- กำลังเพลา $Ps = \frac{Pw}{\eta}$

กำหนดให้ประสิทธิภาพของปั๊ม : $\eta = 50\ \%$

$$Ps = \frac{0.06}{0.5}$$

$$= 0.12 \text{ kw}$$

$$= \frac{0.12}{.746} \text{ hp}$$

$$= 0.16 \text{ hp}$$

๒. ระบบดูดกลิ่นและแยกกรด

- ความยาวเทียบเท่าของระบบท่อ

- ท่อขนาด 2 นิ้ว ยาว = 25 เมตร
- ข้องอ 180° รวม 4 ตัว ความยาวเทียบเท่า = 3.75 เมตร/ตัว

∴ความยาวเทียบเท่าข้องอ 180° = 4 x 3.75 = 15 เมตร

- ข้องอ 90° รวม 6 ตัว ความยาวเทียบเท่า = 1.6 เมตร/ตัว

∴ความยาวเทียบเท่าของข้องอ 90° = 6 x 1.6 = 9.6 เมตร

- สามทางขนาด 2 ตัว ความยาวเทียบเท่า = 4 เมตร/ตัว

∴ความยาวเทียบเท่าของสามทาง = 2 x 4 = 8 เมตร

- วาล์วประตูน้ำขนาด 2 นิ้ว 2 ตัว ความยาวเทียบเท่า = 10 เมตร/ตัว

∴ความยาวเทียบเท่าของวาล์ว = 2 x 10 = 20 เมตร

- วาล์วโกลฟ์ 2 นิ้ว 1 ตัว ความยาวเทียบเท่า = 2.25 เมตร

∴ความยาวเทียบเท่าของระบบท่อ = 79.85 เมตร

- อัตราการไหลของน้ำมันในท่อ = 42.5 ลิตร/นาที

$\therefore$ V = $\frac{42.5 \times 1,000}{21.7 \times 60 \times 10}$

= 0.32 เมตร/วินาที

- แรงดันสูญเสียในท่อ $h_f$ = $\lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$

= $0.06 \times \frac{79.85}{0.05} \times \frac{(0.32)^2}{2 \times 9.81}$

= 0.5 เมตร

- แรงดันทั้งหมด H = $h_f + h_d + \frac{V_2}{2g}$

= $0.5 + 1.5 + \frac{(0.32)^2}{2 \times 9.81}$

= 2 เมตร

- กำลังที่ใช้ขับปั๊ม Pw = $0.163 \times \gamma \times Q \times H$

= $0.163 \times 0.997 \times 0.042 \times 2$

= 0.013 kw

- กำลังเพลา Ps = $\frac{Pw}{\eta}$

= $\frac{0.013}{0.5}$

= 0.026 kw

การเลือกปั๊ม

ระบบแยกก๊าซและฟอกสี

เลือกปั๊มรุ่น N4 32/125A - 71A4 ที่ 5.2 เมตร, Q = 90 ℓ/min

ระบบดูดกลืน

เลือกปั๊มรุ่น N4 32/125F - 71A4 ที่ 2.9 เมตร, Q = 50 ℓ/min

## การคำนวณออกแบบหม้อกำเนิดไอน้ำ (Boiler)

การคำนวณออกแบบขนาดของหม้อกำเนิดไอน้ำจะคำนวณจากปริมาณไอน้ำที่ต้องการใช้ในระบบย่อยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

### (ก) Oil - pump Ejector

Palm oil circulation Rate = 1200 ℓ/2.5 hr.

$$= \frac{1,200}{2.5 \times 60}$$

= 8 ℓ/min

ท่อขนาด 2.5 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน = 2.469 นิ้ว

= 6.27 ซม.

$$\text{ความเร็ว } V = \frac{Q}{A} = \frac{8\times10^3}{\frac{\pi(6.27)^2}{4}} = 259 \text{ ซม./นาที}$$

$$= 4.32 \text{ cm/Sec}$$

$$N_{rc} = \frac{Dv\varrho}{\mu}$$

เมื่อ $N_{rc}$ = Raynold number

$\varrho = 0.925 \text{ g/cm}^3$

$\mu = 0.2 \text{ c.p.} = 0.002 \text{ gm/cm.s}$

$$\therefore N_{rc} = \frac{6.27\times4.32\times0.925}{0.002}$$

= 12527, turbulence flow

$$\frac{\Theta}{D} = \frac{0.0152 \text{ cm}}{6.27} = 0.0024$$

f = 0.0087 (เปิดจากตาราง)

$$\text{Friction head loss } F = \frac{(4f.L)}{D}\frac{V^2}{2g_c}$$

$$= \frac{4(0.0087)(10\times100)}{6.27} \cdot \frac{(4.32)^2}{2\times980.7}$$

$$= 0.0528 \frac{\text{gf-cm}}{\text{gm fluid}}$$

ค้านวณ Pressure Drop

$$\Delta P \text{ flow} = F\varrho = (0.0528)(0.925) = 0.0488 \frac{gf}{cm^2}$$

$$\Delta Pz \text{ (nozzle-Loss)} = \Delta Z.\varrho = .8 \times 100\ (0.925)$$

$$= 740 \frac{gf}{cm^2}$$

$$\therefore \Delta P \text{ Total} = 740 + 0.0528 = 740.0528 \frac{gf}{cm^2}$$

$$\therefore \Delta P \text{ Total} = 740.0528\ (0.14223) = 10.5 \text{ psi}$$

เผื่อไว้ 2 เท่า

∴ Discharge pressure ของ ejector

$$= \frac{10.5}{2} = 5.25 \text{ psi abs.}$$

$$\text{steam flow rate, } W = C\gamma A_z \sqrt{\frac{2g_c (P1-P2)\varrho 1}{1-\beta^4}}$$

$A_z$ = nozzle area of $\frac{1}{4}$ in $\phi$

$$= \pi \left(\frac{1}{4} \times \frac{1}{12}\right)^2 = 3.14 \times 10^{-4} \text{ ft}^2$$

C = Coifficient = 0.98

$g_c$ = 32.174 lbm.ft/bf.sec$^2$

P1 = steam pressure = 25 psig = 5714 lb/ft$^2$ abs

P2 = discharge pressure = 5.25 psi abs

= 756 lb/ft$^2$ abs

$$\beta = \frac{\phi \text{ nozzle}}{\phi \text{ Steam linefeed}} = \frac{1/4}{1/2} = 0.5$$

$\varrho 1$ = Steam density = 0.094 lb/ft$^3$

$$\gamma = \text{expansion factor} = f\left[\frac{1-r}{K}\right]$$

$$V = \frac{P2}{P1} = \frac{5.25}{(25+14.7)} = 0.132$$

$$k = \frac{C_p}{C_v} = 1.40$$

$$\therefore \gamma = \sqrt{\gamma^{2/K}\left(\frac{K}{K-1}\right)\left(\frac{1-\gamma^{K-1}}{1-\gamma}\right)\left(\frac{1-\beta^4}{1-\beta^4\gamma^{2/K}}\right)}$$

$$= 0.312$$

$$\therefore W = 0.98\,(0.312)\,(3.41\times10^{-4})\sqrt{\frac{2(32.174)\,(5714-756)\,(0.094)}{(1-0.54)}}$$

$$= 0.0171 \text{ lb/s}$$

$$= 27.9 \text{ kg/hr}$$

ใช้ ejector 3 ตัว

∴Steam for 3 oil pump ejector $= 3\times27.9$

$= 83.7$ kg/hr.

**(ข) Deodorizer Stripping Steam**

capacity $= \frac{1200\ \ell}{2.5 \text{ hr.}} = 480\ \ell/h$

Stripping Steam = 35 kg/hr.

**(ค) Vacuum Ejectors**

ต้องการ pressure = 6 mbar abs.

= 4.5 mm. Hg.

ดังนั้นใช้ 3 stages ดังนี้

Stage 1 90 mm Hg.-------> 760 mm. Hg. (atmosphere)

Stage 2 13 mm Hg.-------> 95 mm. Hg.

Stage 3 2 mm Hg.-------> 16 mm. Hg.

ระหว่างแต่ละ Stage มี Surface Condenser เพื่อลดปริมาณ Vapor Flow

**คำนวณหาประมาณ Steam ที่ใช้**

- Steam nozzle ใน ejector จะ operate ที่ critical pressure ratio
- Assume perfect gas

สูตร $W_{max} = C.A_t\, P_a \sqrt{g_c\, k \frac{M}{RT_a} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{K+1}{K-1}}}$

เมื่อ $W_{max}$ = Steam flow rate, (lb/hr)

$C$ = discharge colfficient = 0.98

$A_t$ = X-area ของ nozzle throat

$\phi$ 1/4 in : $A_t = \pi \frac{\left(\frac{2}{8} \times 12\right)^2}{4} = 3.409 \times 10^{-4}$ ft$^2$

$\phi$ 1/8 in : $A_t = \pi \frac{\left(\frac{1}{8} \times 12\right)^2}{4} = 8.522 \times 10^{-5}$ ft$^2$

$P_a$ = up-Stream Steam pressure = 150 psig

= 164.696 psia = 23,715 lb/ft$^2$

$g_c$ = Conversion factor = 32.174 lb$_{in}$ ft/lbf.s$^2$

$k$ = heat capacity ratio = $\frac{C_p}{C_v}$ = 1.4

$M$ = Mol. wt. ของ Steam = 18

$R$ = gas constant = 1,546 $\frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb mol °F}}$

$T_a$ = up-Stream Steam Temperature = 366°F

= 826°R

$\therefore W_{max}$ = $1.155 \times 10^{-1}$ lb/s = 415.9 lb/hr

= 188.7 kg/hr สำหรับ nozzle $\phi \frac{1}{4}$ in

และ = 47.16 kg/hr สำหรับ nozzle $\phi \frac{1}{8}$ in

∴ Ejector 3 ตัว ใช้ Steam รวมกัน ($\phi$ 1/4 in 1 ตัว $\phi$ 1/8 in 2 ตัว)

$= 188.7 + 2(47.16) = 283$ kg/hr.

**(ง) Degumming Water Washing**

Consumption Rate = 200 ℓ hot water/70 ℓ oil

Palm Oil Charge = 2,000 l/4 hr

∴ Hot water utilization $= \frac{2000}{4} \times \frac{200}{70} = 1{,}430$ ℓ/hr

Making hot water from 25°C to 100°C

∴ Hot water heating load $= 1430\ (100 - 25)$

$= 107.25 \times 10^3$ kg/hr

Low pressure steam 25 psig (2.737 bar abs)

∴ latent heat = 2216 KJ/kg

= 528 kcal/kg

∴ Steam Load $= \frac{107.25 \times 10^3}{528}$

= 203 kg/hr

คิด Steam efficiency = 80 %

∴ Steam consumption rate = 254 kg/hr

**(จ) คำนวณปริมาณ Steam ที่ต้องการใช้ทั้งหมด**

Total Steam consumption

= 3 - Pump ejector steam
+ deodorizer stripping steam
+ Vacuuming ejecttors
+ degumming water washing

= 83.7 + 35 + 283 + 254 kg/hr

= 655.7 kg/hr

Heat Loss 30 %

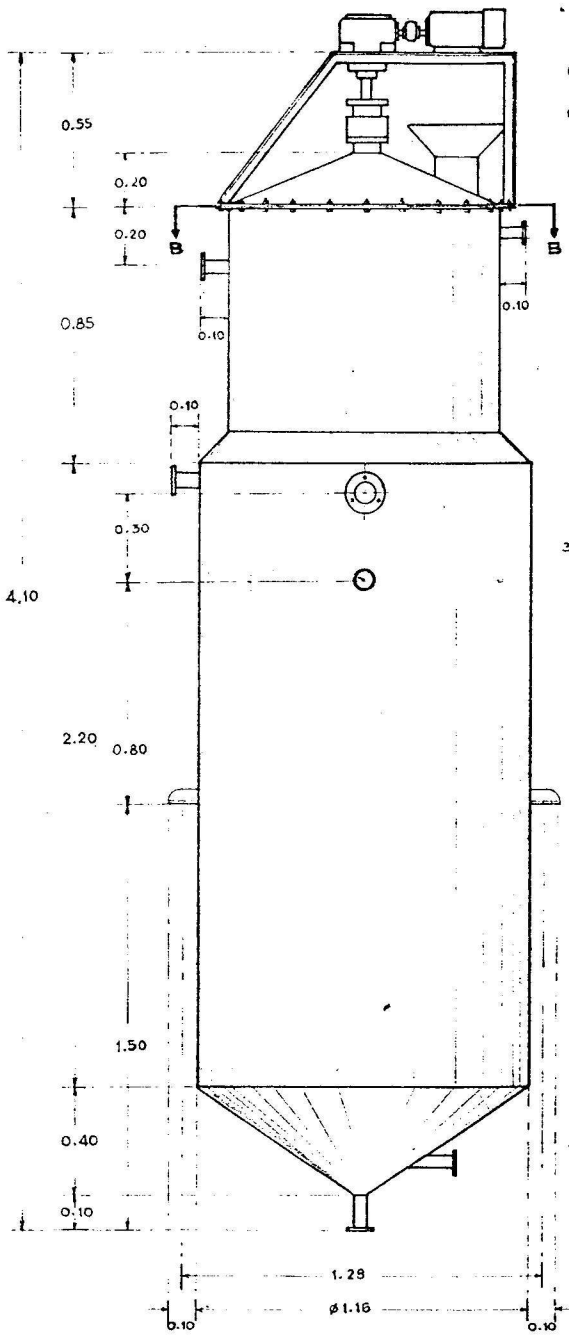
$\therefore$ Total steam required = 852.4 kg/hr

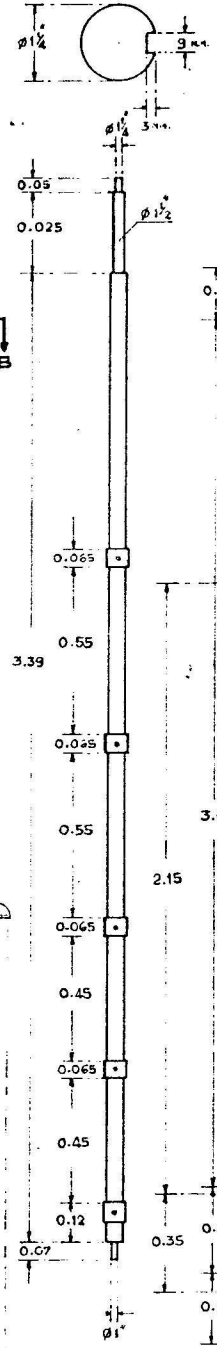
ใช้ Boiler ขนาด 1 ตัน = 1,000 kg/hr

Operate = 85 %

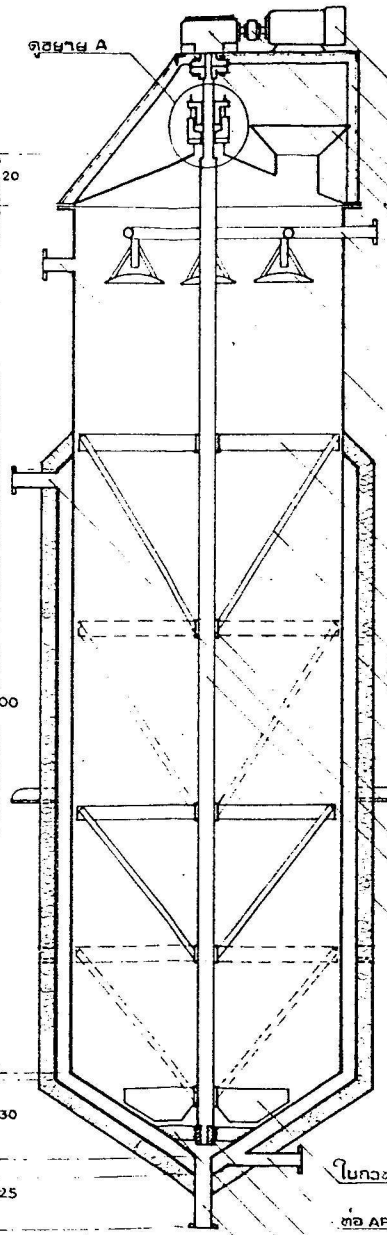
$\therefore$ Capacity Margin = 15 %

## รูปด้านข้าง 1:20



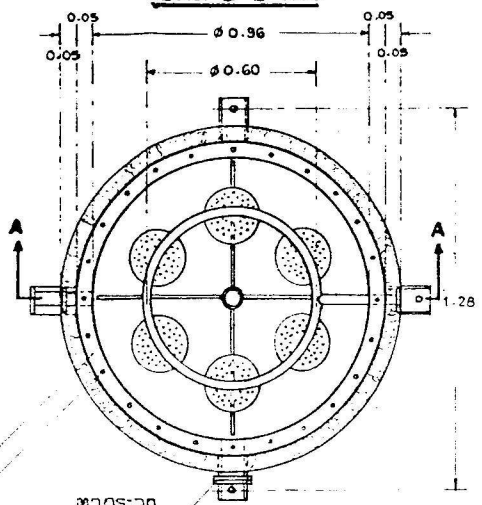

## รูปตัด A-A 1:20

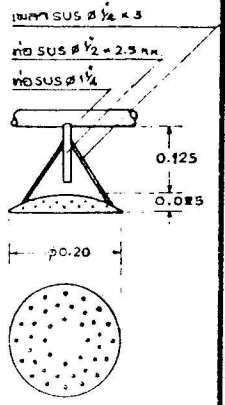



มอเตอร์ 3 HP 1450 RPM
L 5 x 40 x 40
ยอย MT 70
กรวยสะท้อนเสส เกียร์ขด # 22 1:60
ยอยเหล็ก # 5060
ท่อ SUS ø 1¼ x 3 มม.
หน้าแปลน # 6 มม.
ข้อสวม SUS ø½ x 1½
ฝักบัว SUS ø 0.20
SUS หนา 3 มม.
สกรูสตาร์ท ø 12 มม. x 100 มม. SUS x 3 ตัว
หัวน็อต SUS ø 12 มม.
ใบกวน SUS หนา 6 มม. x 65 มม.
ท่อ SUS ø 2" x 3.5 มม.
เพลา SUS ø 12 มม.
# 6 มม.
ชุดวนใยแก้วหนา 50 มม. x 24K
C 100 x 50
บู๊ชยึดใบกวน ø นอก 70 มม. x 65 มม.
ท่อ API # 40 x 1½
ท่อ SUS ø 2" x 3.5 มม.
แผ่นสเตนเลส # 26

ใบกวน SUS หนา 3 มม. x 80 มม.
ท่อ API # 40 x 1½
บู๊ชยึดปลอก ใน ø นอก 2" x 2½
SUS แบน หนา 6 มม. x 65 มม.
ท่อ SUS ø 2" x 3.5 มม.

## รูปตัด B-B 1:20



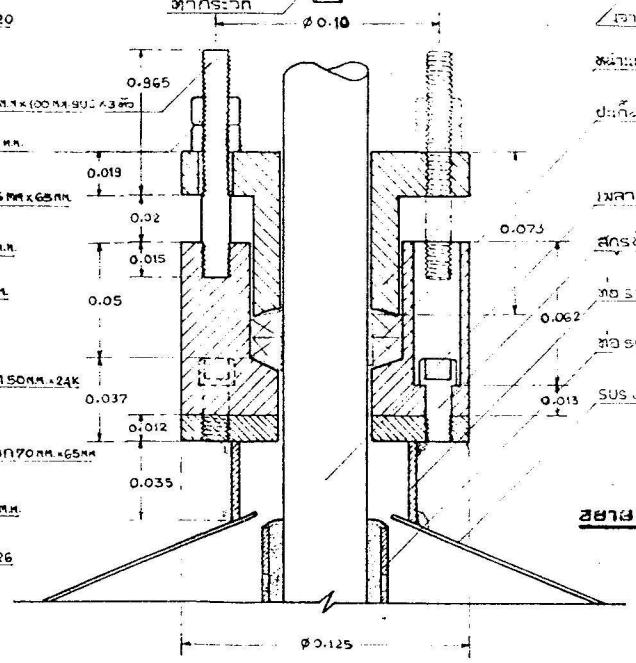






เจาะรู ø ½

หน้าแปลนฝาการันเหล็กเหลือ

ปะเก็นซุบทะกั่ว ½




เพลา SUS ø 1½

สกรูตัวจม ø ⅜ x 1 x 3 ตัว

ท่อ SUS ø 3" x 3.5 มม.

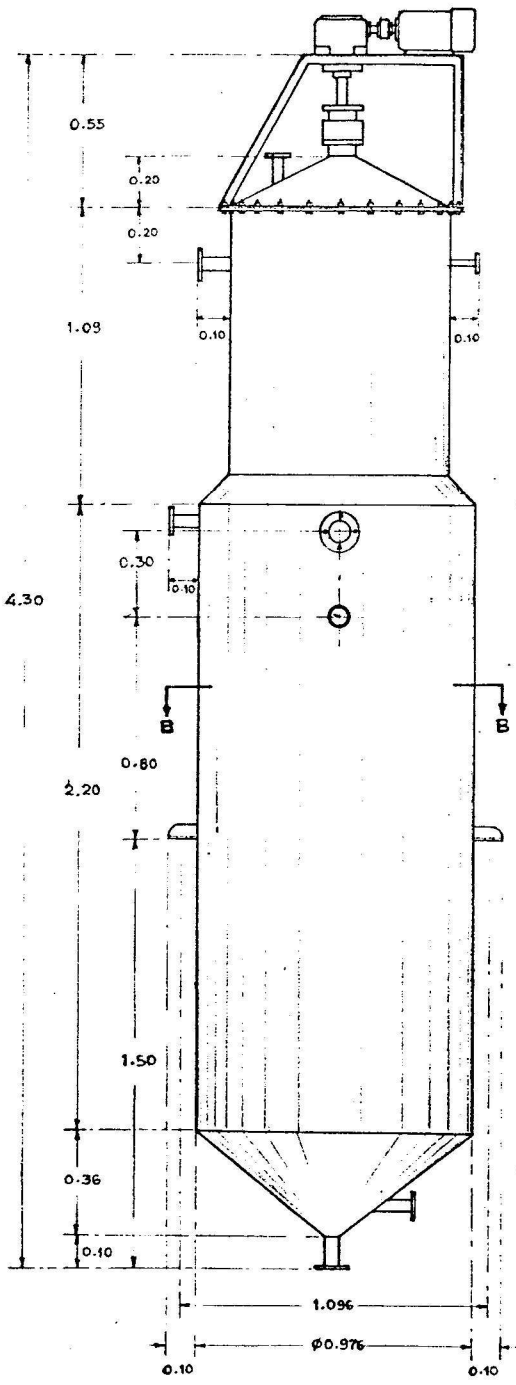
ท่อ SUS ø 2" x 3.5 มม.

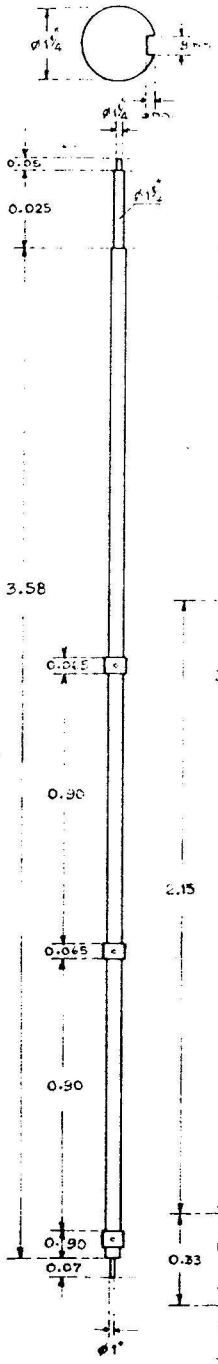
SUS หนา 3 มม.

## ขยาย A 1:2.5

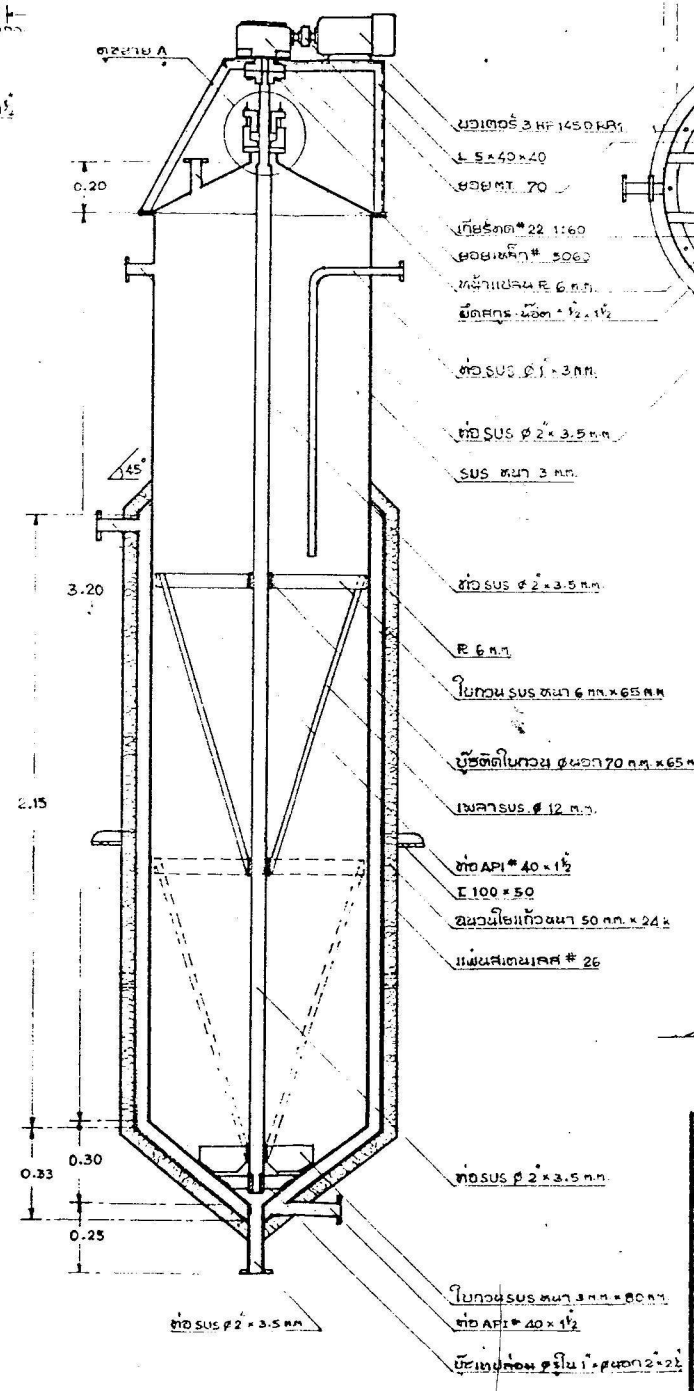
| โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กตามพระราชดำริ ม.อ. | | | |
|---|---|---|---|
| สำนักวิจัย และ พัฒนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | | | |
| โครงการ | โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก | | |
| แบบ | ถังดีกัม | | |
| เสนอ | วิศิษฏ์ เรืองธนศักดิ์ | วันที่ 1 ธ.ค. 37 | |
| ผู้ตรวจ | | | |

## รูปด้านข้าง 1:20

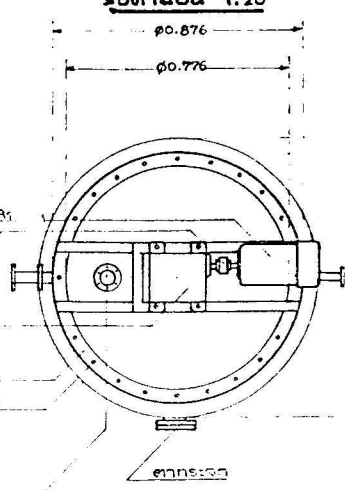


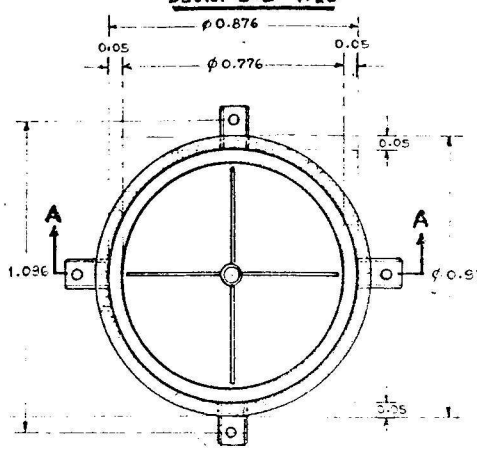

## รูปตัด A-A 1:20

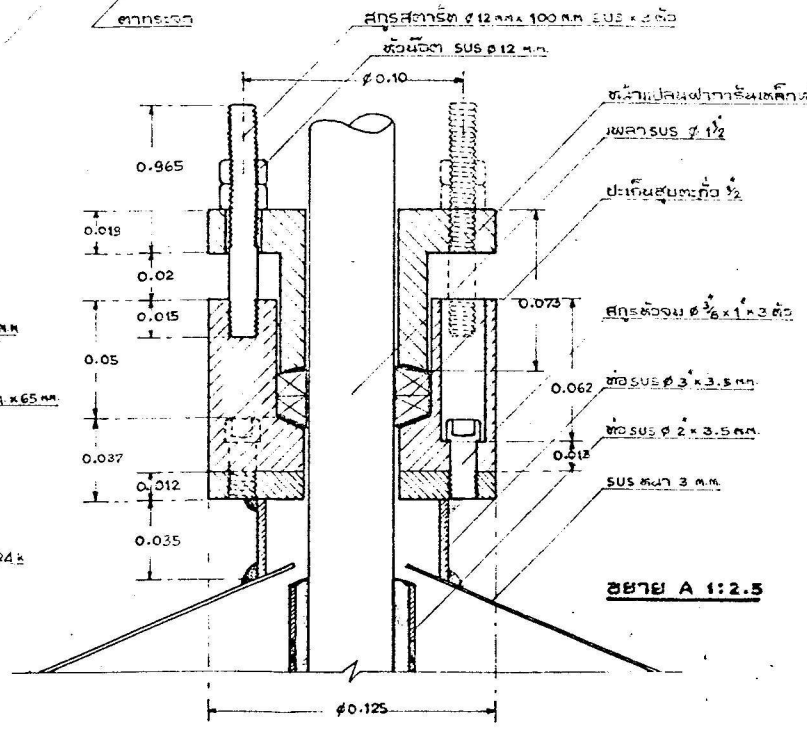



## รูปด้านบน 1:20




## รูปตัด B-B 1:20

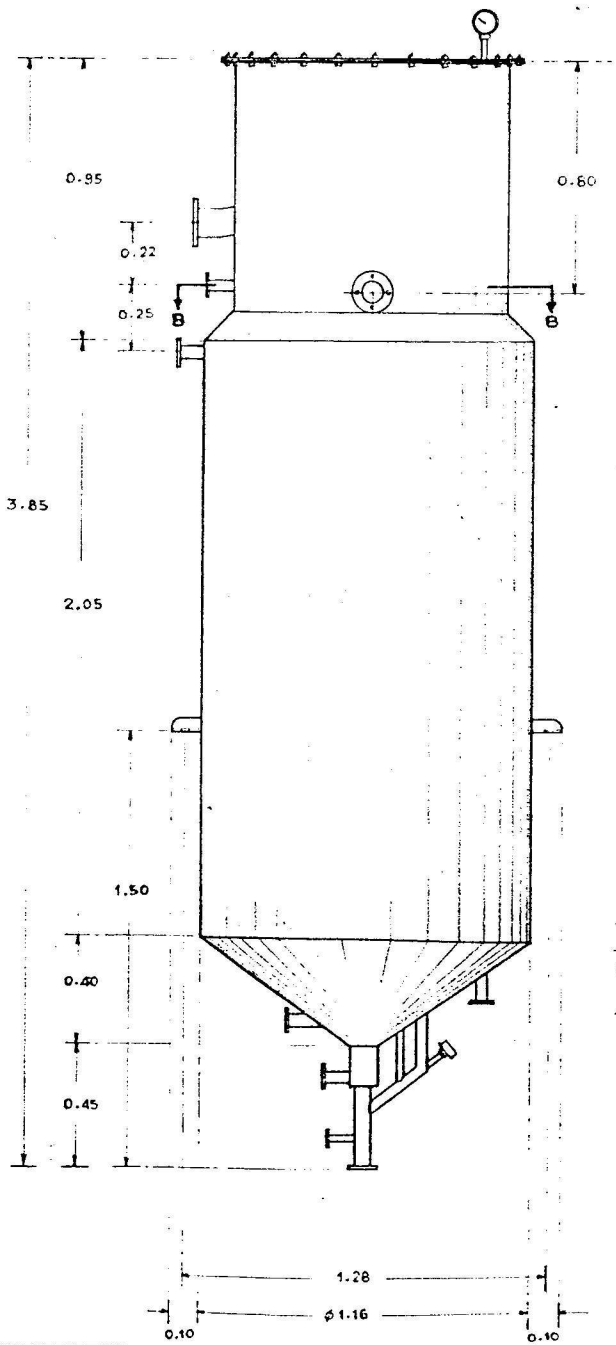


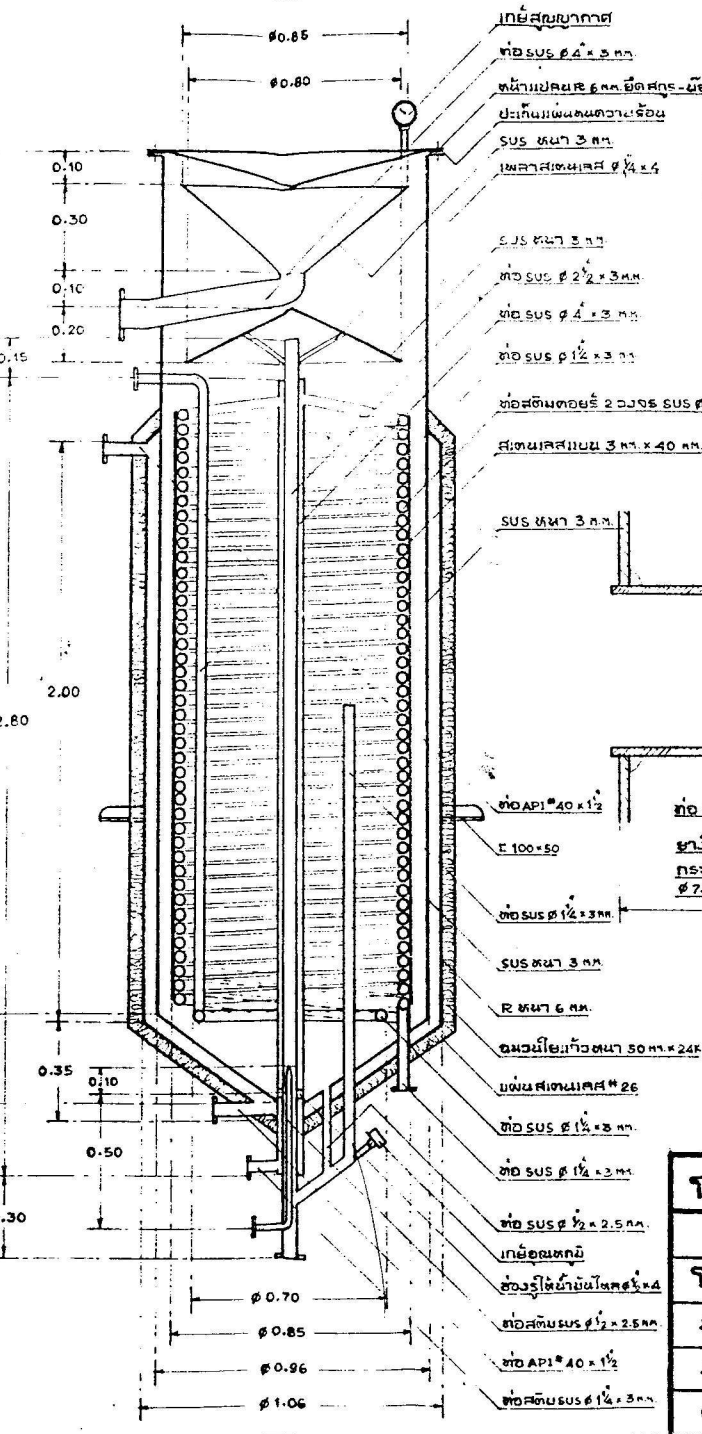

ขยาย A 1:2.5

| | | | |
|---|---|---|---|
| โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กตามพระราชดำริ ม.อ. | | | |
| สำนักวิจัย และ พัฒนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | | | |
| โครงการ | โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก | | |
| แบบ | ถังฟอกสี | | |
| เขียน | วิสิษฐ์ เรืองธนศักดิ์ | วันที่ 1 ธ.ค. 37 | |
| ผู้ตรวจ | | | |

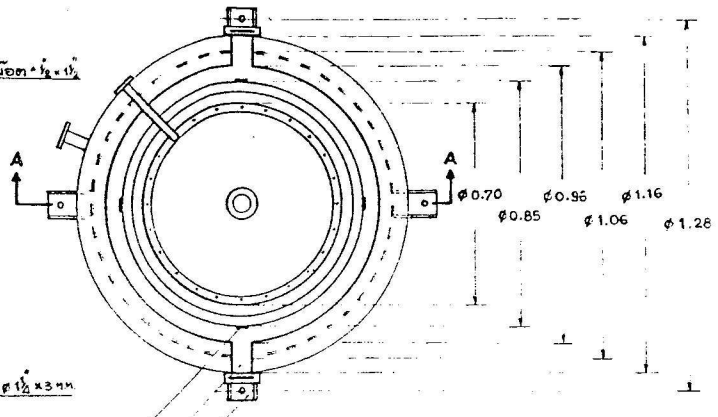
## รูปด้านข้าง 1:20

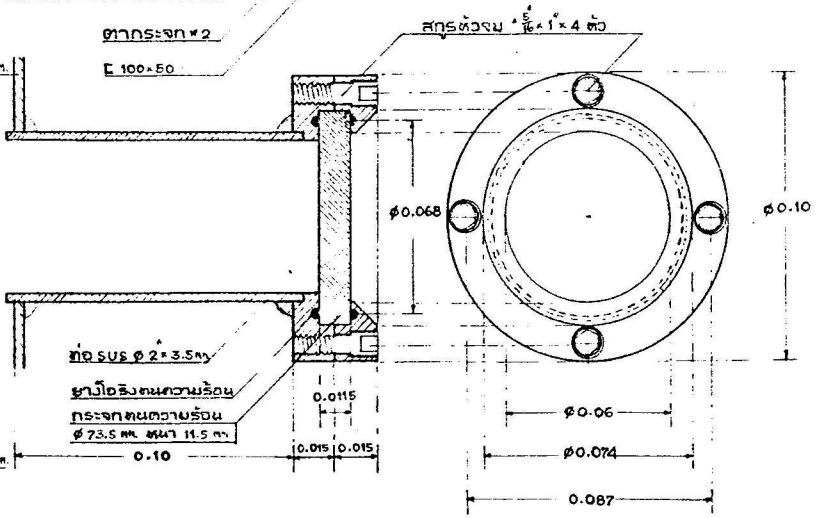



## รูปตัด A-A 1:20




## รูปตัด B-B 1:20

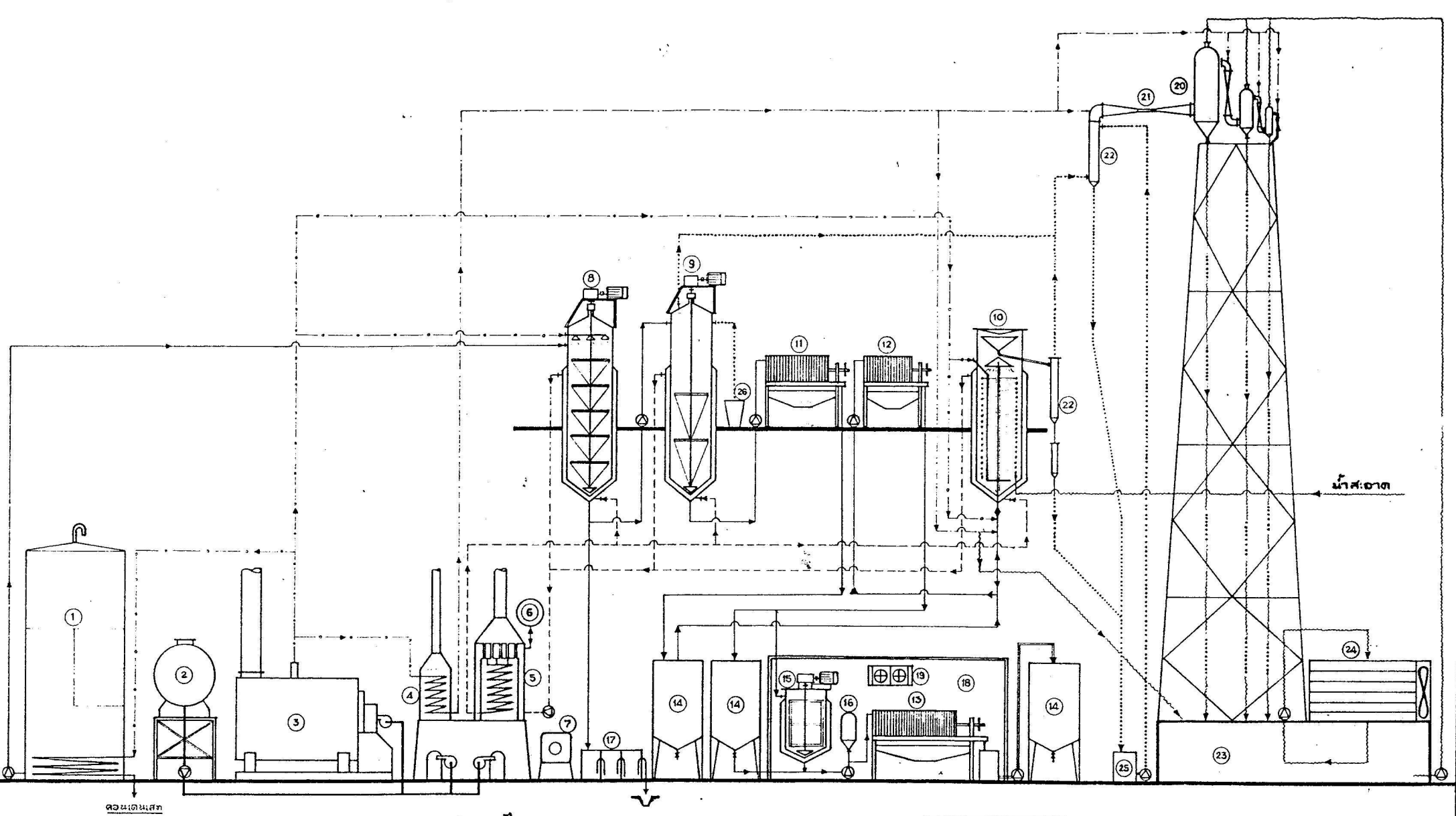



## ขยายตากระจก 1:2

| โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กตามพระราชดำริ ม.อ. | | | |
|---|---|---|---|
| สำนักวิจัย และ พัฒนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | | | |
| โครงการ | โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก | | |
| แบบ | ถังดูดกลิ่น และลดกรด | | |
| เรียน | วิสิษฐ์ เรืองธนศักดิ์ | วันที่ 1 ธ.ค. 37 | |
| ผู้ตรวจ | | | |

GATEWAY NATURAL TRACING PAPER 90/95 gm² SIZE A2




## รายการประกอบไดอะแกรม

1. ถังเก็บน้ำมันปาล์มดิบ
2. ถังเก็บน้ำมันเตา
3. หม้อน้ำ
4. เตาซุปเปอร์ฮีล
5. เตาต้มน้ำมันเทอร์มัล
6. ถังสำรองน้ำมันเทอร์มัล
7. เครื่องยนต์สำรอง
8. ถังดีกัม/ลดกรด
9. ถังฟอกสี
10. ถังดูดกลิ่น/ลดกรด
11. เครื่องกรองน้ำมัน 1.
12. เครื่องกรองน้ำมัน 2.
13. เครื่องกรองน้ำมัน 3./แยกไข
14. ถังพักน้ำมัน
15. ถังเลี้ยงพลึก
16. ถังความดัน
17. ถังล้างน้ำร้อน
18. ห้องเย็น
19. พัดลมดอล์ฟเย็น
20. บารอเมตริกคอนเดนเซอร์
21. สตีมอีแจ็คเตอร์
22. ถังดักกรดไขมัน
23. บ่อน้ำหมุนเวียน
24. หอผึ่งเย็น
25. ถังพักกรดไขมัน
26. ถังผงฟอก

น้ำมันปาล์มดิบ
น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์
น้ำมันเตา
น้ำมันเทอร์มัล
ไอน้ำ
ซุปเปอร์ฮีล
กรดไขมัน กลิ่นสิ้น
น้ำ
แว็คคิวอัม

| | | | |
|---|---|---|---|
| โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กตามพระราชดำริ ม.อ. | | | |
| สำนักวิจัย และ พัฒนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | | | |
| โครงการ | โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก | | |
| แบบ | ไดอะแกรมการผลิต | | |
| เรียน | วิศิษฏ์ เรืองธนศักดิ์ | วันที่ 1 ธ.ค. 37 | |
| ผู้ตรวจ | | | |