รายงานการวิจัย

หอสมุดคุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

เรื่อง

การพัฒนาโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มขนาดเล็กสำหรับกลุ่มเกษตรกร สวนปาล์มรายย่อยของประเทศไทย

Development of Small Scale Palm Oil Refinery for Oilpalm Small Holders in Thailand

โดย

โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก
อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

คณะผู้วิจัย

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

เมษายน 2537

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก สำหรับกลุ่มเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อยของประเทศไทย เป็นโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาการแปรรูปน้ำมันปาล์มต่อเนื่องครบวงจรของโครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากพระราชดำริ 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 และติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์เสร็จแล้ว ก็ได้ทำการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มทั้งสองกระบวนการ ผลการทดลองปรากฏว่า กระบวนการแบบเคมีมีต้นทุนการแปรรูป 2.47 บาทต่อกิโลกรัมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ในขณะที่กระบวนการทางกายภาพมีต้นทุนการแปรรูป 2.34 บาทต่อกิโลกรัมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ นอกจากนี้ทางโครงการก็ได้ทดลองแปรรูปไขสบู่ และกรดไขมัน (PFAD) ให้เป็นสบู่ผงสำหรับซักฟอก และสามารถแปรรูปไขสเตียรินให้เป็นเนยขาว และเนยเทียมได้สำเร็จ โดยใช้ส่วนผสมสเตียริน 60 ต่อ โอเลอีน 40 และจากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนการลงทุน สรุปได้ว่า โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดกำลังผลิตวันละ 2.429 ตันน้ำมันปาล์มดิบใช้เงินลงทุนรวม 6.058 ล้านบาท ให้ผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return, IRR) 17.95 % สำหรับกระบวนการเคมี และ 22.09 % สำหรับกระบวนการทางกายภาพ และมีระยะคืนทุน 3 ปี 2 เดือน และ 2 ปี 11 เดือน ตามลำดับ จากการวิเคราะห์สรุปได้ว่าเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อยพอที่จะรวมกลุ่มกันจัดสร้างโรงงาน และดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้ อย่างไรก็ดี คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า ควรมีการวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติมในสามเรื่อง คือ ปรับปรุงระบบสุญญากาศให้สามารถสร้างสภาพสุญญากาศให้ถึง 754 มม.ปรอท เพื่อให้การกลั่นแบบกายภาพมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เรื่องที่สอง คือ การพัฒนาถังดูดกลิ่นและลดกรดในกระบวนการทางกายภาพให้เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ระบบฟิล์มบาง (Thin Film) แทนระบบปัจจุบัน และในเรื่องสุดท้ายควรมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อนำเอาไขสเตียรินดิบมาทำการแยกส่วน และนำไปใช้ในกระบวนการโอเลโอเคมิคอลล์ (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 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 years period under certain assumptions was made and the Internal Rate of Return (IRR) was 17.95 % for chemical refine and 22.09 % for physical refine. Pay back period for each system was 3 years and 2 months and 2 years and 11 months respectively. Therefore, it can be concluded at this stage that this refinery might be commercially operated by small-holder's cooperatives. However, 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 stould 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

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกหน้า	(ก)
	กิตติกรรมประกาศ	(ข)
	บทคัดย่อ	(ค)
	ABSTRACT	(ง)
	สัญลักษณ์ 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 - 22
	2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	2 - 27
3	การออกแบบสร้าง และติดตั้งโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก	3 - 1
	3.1 การออกแบบระบบในกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์ม	3 - 1
	3.2 การคำนวณออกแบบระบบเทอร์มัลออยล์ และขนาดของหม้อกำเนิดไอน้ำ	3 - 7
	3.3 การสร้างและติดตั้งเครื่องจักร และอุปกรณ์	3 - 19

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 การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการทางเคมี	5 - 1
	5.2 การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการทางกายภาพ	5 - 3
	5.3 การปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์	5 - 8
6	**การทดลองแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปาล์ม**	6 - 1
	6.1 การทดลองแปรรูปไขสบู่	6 - 1
	6.2 การแปรรูปกรดไขมัน (PFAD)	6 - 4
	6.3 การแปรรูปไขสเตียริน	6 - 4
	6.4 สรุปผลการทดลองแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องของโรงงานขนาดเล็ก	6 - 9
	6.5 การทดลองแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องอื่น ๆ	6 - 12
7	**การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนการลงทุน**	7 - 1
	7.1 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต	7 - 1
	7.2 ประมาณการรายได้และกำไรจากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ทั้งหมด	7 - 5
	7.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน	7 - 7
8	**บทสรุปและข้อเสนอแนะ**	8 - 1
	8.1 สรุปผลการวิจัย	8 - 1
	8.2 ข้อเสนอแนะ	8 - 3
	บรรณานุกรม	
	ภาคผนวก ก. มาตรฐานคุณภาพน้ำมันปาล์ม	

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 - 12
2.7	Rosedown Econoflow deodorising plant	2 - 13
2.8	EMI Model 'C' deodorising system	2 - 14
2.9	Alfa - Laval deodorising system	2 - 16
2.10	De Smet semi - continuous deodorising plant	2 - 17
2.11	Kirch feld 'Deodest' deodorising plant	2 - 18
2.12	Cambrian deodoriser tray internals	2 - 19
2.13	ACV deacidification design for palm oil	2 - 19
2.14	Schumacher distillation design	2 - 20
2.15	Zosel design for deodorising fats and oils	2 - 21
2.16	แผนผังกรรมวิธีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และระบบแยกไข	2 - 23
3.1	แผนผังแสดงกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ด้วยวิธีกายภาพ	3 - 2
3.2	การออกแบบถังดีกัม	3 - 3
3.3	การออกแบบถังฟอกสี	3 - 5
3.4	ถังลดกรดและถังดูดกลิ่น	3 - 6
3.5	ถังเก็บน้ำมันปาล์มดิบ	3 - 20
3.6	หม้อกำเนิดไอน้ำขนาด 1 ตัน	3 - 20
3.7	เตาต้มน้ำมันเทอร์มัล	3 - 21
3.8	ถังดีกัม ฟอกสี และดูดกลิ่น	3 - 21
3.9	ถังละลายไข และถังต้มสบู่	3 - 22
3.10	ห้องเย็นสำหรับเลี้ยงผลึก	3 - 22
3.11	ถังเลี้ยงผลึก	3 - 23
3.12	เครื่องกรองแยกไข	3 - 23

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
3.13	เครื่องทำความเย็น	3 - 24
3.14	พัดลมคอล์ยเย็น	3 - 24
3.15	หม้อกรองน้ำอ่อน	3 - 25
3.16	หอสุญญากาศ บารอเมตริกคอนเดนเซอร์ และ Steam Booster	3 - 26
3.17	หอผึ่งเย็นและบ่อน้ำหมุนเวียน	3 - 26
3.18	พัดลมลดอุณหภูมิน้ำในหอผึ่งเย็น	3 - 27
3.19	ตู้เมนจ่ายไฟฟ้า	3 - 27
3.20	การวางผังโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก	3 - 28
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	กราฟแสดงการลดกรดไขมันอิสระในกระบวนการทางกายภาพ	5 - 5
5.2	กราฟแสดงอุณหภูมิของการแยกกรด และดูดกลิ่น ในกระบวนการแบบกายภาพ	5 - 6
5.3	น้ำมันปาล์มโอเลอีนกลั่นบริสุทธิ์บรรจุถุง	5 - 7
5.4	ไขสเตียริน	5 - 7
5.5	การต่อวงจรระบบสุญญากาศที่ปรับปรุงใหม่	5 - 11
5.6	การเปลี่ยนวาล์วท่อไอน้ำ และท่อเทอร์มัลออยล์	5 - 12
6.1	การผลิตสบู่จากไขสบู่	6 - 3
6.2	เครื่องบดผสม	6 - 3
6.3	การทดลองผลิตผงซักฟอก	6 - 5
6.4	ผงซักฟอกที่ทดลองผลิตจากไขสบู่	6 - 5
6.5	การผลิตสบู่จากกรดไขมัน (PFAD)	6 - 6
6.6	เครื่องทำเนยขาว และเนยเทียม	6 - 10

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
6.7	ตัวอย่างเนยขาวที่ทดลองผลิตได้	6 - 10
6.8	การกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการเคมี และแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้ต่อวัน	6 - 11
6.9	การกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการกายภาพ และแปรรูปผลิตผลพลอยได้ต่อวัน	6 - 12

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
1.1	สรุปตารางเปรียบเทียบระหว่างแผนงานวิจัยที่เสนอไว้ในโครงการกับงานวิจัยที่ได้ดำเนินการไปแล้ว	1 - 4
5.1	ตารางแสดงผลการกลั่นน้ำมันปาล์มเมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2535	5 - 4
5.2	ตารางปฏิบัติงานของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมี	5 - 9
5.3	ตารางปฏิบัติงานของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพ	5 - 10
7.1	รายการเครื่องจักรและอุปกรณ์	7 - 4
7.2	การวิเคราะห์ต้นทุนผันแปรของการกลั่นน้ำมันปาล์ม	7 - 5
7.3	ตารางเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพ และเคมี	7 - 7
7.4	ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกระบวนการเคมี	7 - 9
7.5	ตารางวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนกระบวนการกายภาพ	7 - 10

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 ต่อราย และมีผู้ปลูกเกิน 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 ปัญหาเหล่านี้ทำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ยต่อไร่ค่อนข้างต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับเกษตรกรกลุ่มอื่น ๆ

ในปี 2527-29 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการโครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กอันเนื่องมาจากพระราชดำริขึ้น โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการพิเศษประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.) เพื่อทำการสำรวจปัญหาความต้องการของเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อย พร้อมทั้งทำการวิจัยและพัฒนา โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก สำหรับกลุ่มเกษตรกรรายย่อยขึ้น โดยร่วมกับสหกรณ์นิคมอ่าวลึก จำกัด จังหวัดกระบี่ สร้างเป็นโรงงานทดลองขึ้นในปี พ.ศ. 2529 และต่อมาในปี พ.ศ. 2534 ก็สามารถพัฒนาโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยใช้ระบบทอดภายใต้สภาพสุญญากาศขึ้นเป็นผลสำเร็จ 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 เพื่อเป็นโรงงานฝึกการแปรรูปน้ำมันปาล์อย่างครบวงจรแก่นักศึกษาวิทยาลัยเกษตรกรรม และเป็นแหล่งเผยแพร่ความรู้แก่เกษตรกรสวนปาล์มในบริเวณใกล้เคียงอีกด้วย และต่อมาในระหว่างวันที่ 15-18 กันยายน 2535 โครงการก็ได้จักฝึกอบรมคณาจารย์ของวิทยาลัยทั้ง 3 แห่ง เรื่อง การฝึกสกัดน้ำมันปาล์ม และต่อมาในระหว่างวันที่ 20-24 กันยายน 2536 ก็ได้จัดฝึกอบรม เรื่อง การฝึกกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และการแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้แก่คณาจารย์วิทยาลัยทั้ง 3 แห่ง อีกครั้งหนึ่งที่วิทยาลัยเกษตรกรรมกระบี่

1.2 <u>วัตถุประสงค์ของโครงการ</u>

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 ได้มีโอกาสรวมกลุ่มกันจัดสร้างโรงงาน-สกัด 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

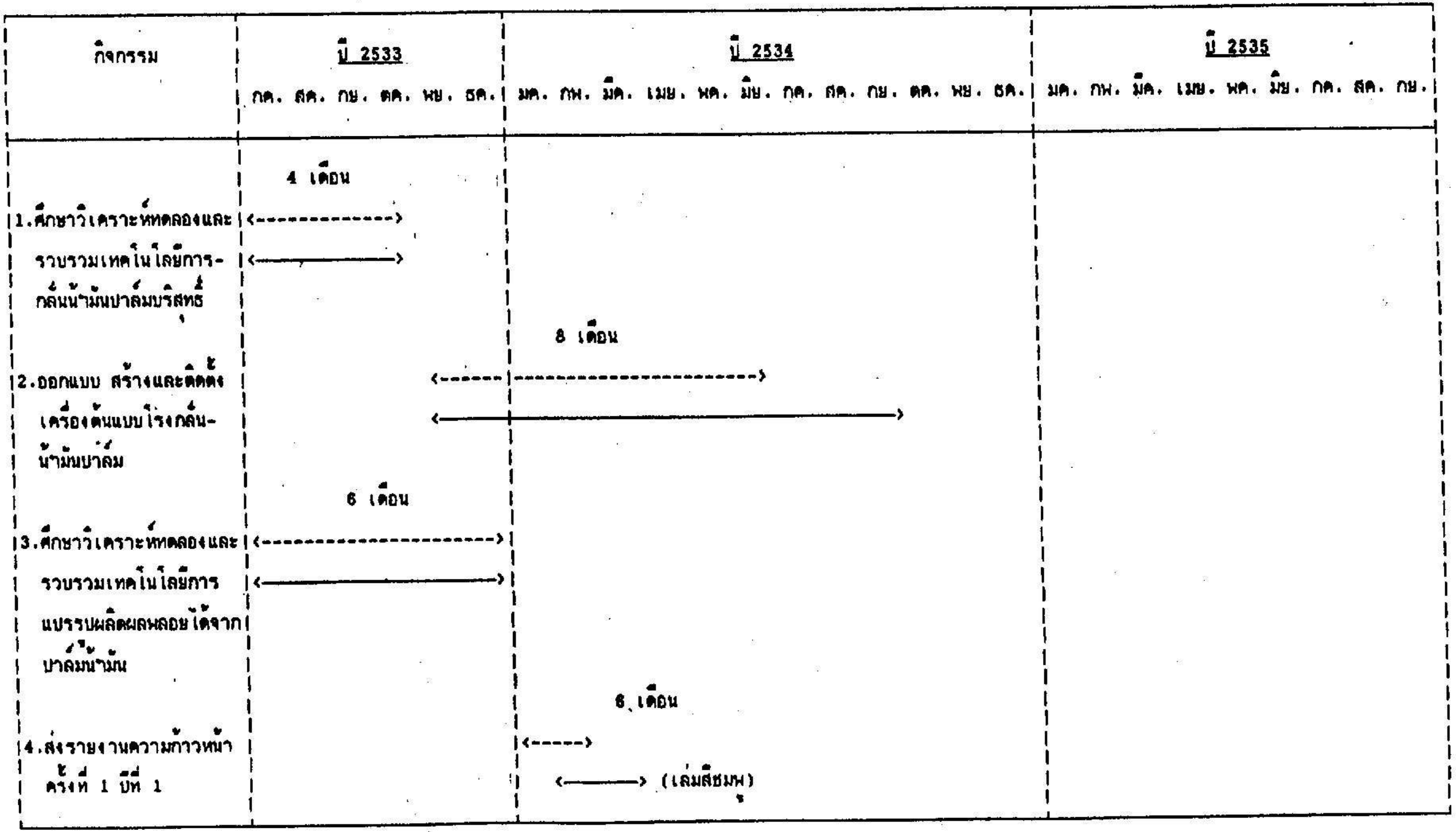
ฯลฯ

1.5 แผนการดำเนินงานและงบประมาณ

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

ตารางที่ 1.1

สรุปตารางเปรียบเทียบระหว่างแผนงานวิจัยตามที่เสนอไว้ในโครงการกับงานวิจัยที่ได้ดำเนินการไปแล้ว



ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

กิจกรรม	ปี 2533						ปี 2534												ปี 2535								
	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.
5.ออกแบบสร้างและทดลองเครื่องต้นแบบแปรรูปผลิตผลพลอยได้							<---	---	---	---	---	--->															
6.ทดสอบประสิทธิภาพการกลั่นน้ำมันปาล์ม													<---	---	---	--->											
																<——	——	——	—— ทดลองดักกัม/ฟอกสี/ดูดกลิ่น/แยกกรด	——	——	——	——	——>	<—— ปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักร	——	——>
7.ศึกษาวิเคราะห์กระบวนการแปรรูปต่อเนื่องจากน้ำมันปาล์ม													<---	---	---	---	---	--->									
													<—— (เบเกอรี่)	——	——	——>											
8.ส่งรายงานความก้าวหน้าปีที่ 1 ครั้งที่ 2															<--	-->											
															<—	—>	(เล่มสีน้ำเงิน)										
9.ส่งรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ปีที่ 2																							<---	---	--->		
																						(เล่มสีเขียว)		<——	——	——>	

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

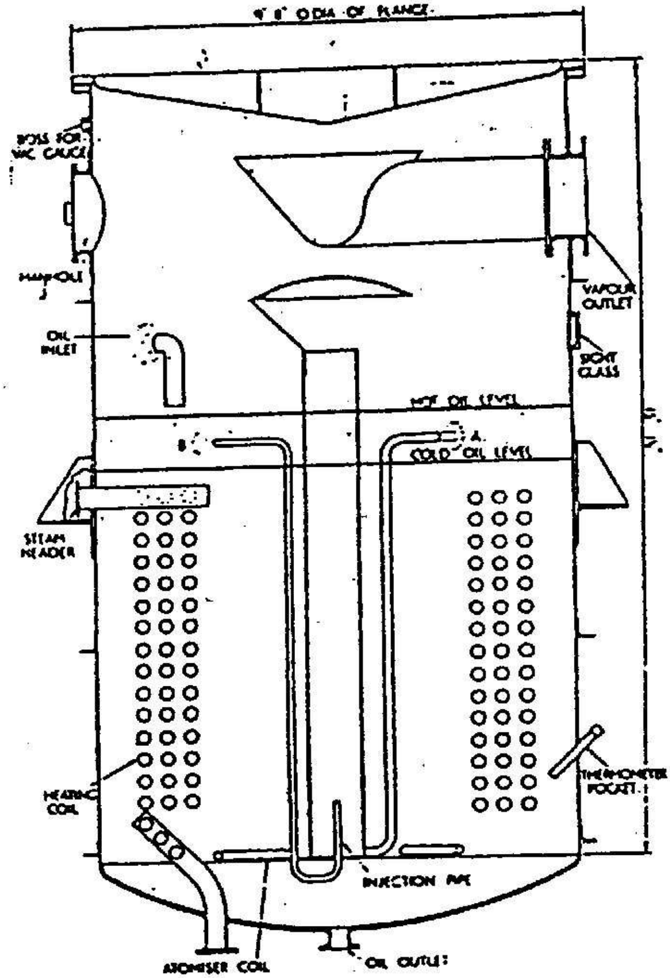
กิจกรรม	ปี 2535 กค. สค. กย. ตค. พย. ธค.	ปี 2536 มค. กพ. มีค. เมย. พค. มิย.	ปี 2536 กค. สค. กย. ตค. พย. ธค.	ปี 2537 มค. กพ. มีค. เมย. พค. มิย. กค. สค. กย.
6. ทดสอบประสิทธิภาพการกลั่นน้ำมันปาล์ม	ปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักร <————> กลั่นกายภาพ <————>	เคมี/กึ่งกายภาพ <---------->	ปรับปรุงแก้ไขทดลองครั้งสุดท้าย <---------> <—————	—————>
7. ศึกษาวิเคราะห์กระบวนการแปรรูปต่อเนื่องจากน้ำมันปาล์ม	ทดลองผลิตผงซักฟอกและเนยเทียม <————>		สร้างเครื่อง Mixer ผงซักฟอกและทดสอบ <--------->	
10. ทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการแปรรูปต่อเนื่อง	<--------->		สร้างเครื่องทำเนยขาวและทดสอบ <---------> <—————	—————>
11. วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์และผลตอบแทนการลงทุน	<----------> <—> กลั่นกายภาพ	<------------------ <———> กลั่นเคมี	------------------> <—————	—————>
12. ทำการสำรวจตลาด		<---------> <—————————>		

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

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

หมายเหตุ : <----------> แผนงานวิจัย

<———> งานที่ดำเนินการไปแล้ว



รูปที่ 2.3 ถังดูดกลิ่นแบบกะ

(5) <u>การแยกไข (Fractionation)</u>

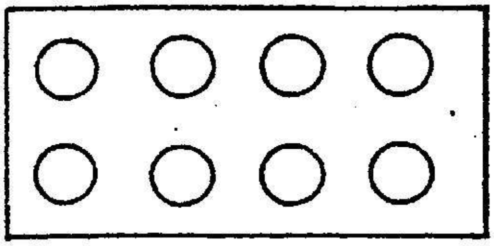
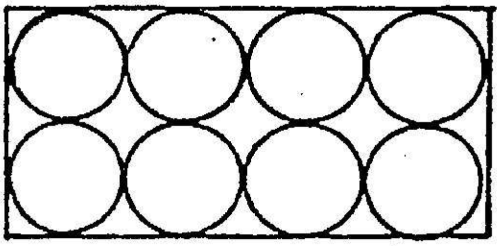
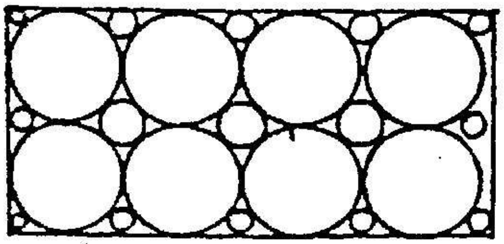
น้ำมันปาล์มประกอบด้วยไตรกลีเซอร์ไรด์ (Triglycerides) ที่มีจุดหลอมเหลวต่าง ๆ กัน กระบวนการแยกไขสามารถแยกน้ำมันปาล์มออกเป็น 2 ผลิตภัณฑ์ คือ น้ำมันปาล์มข้น (Plam stearin) ซึ่งเป็นของเหลวข้น และน้ำมันปาล์มใส (Palm olein) ซึ่งเป็นของเหลวใส การแยกในน้ำมันที่ใช้ในปัจจุบันนี้มี 3 วิธีได้แก่ วิธีแห้ง (Dry) อาศัยการตกผลึกของน้ำมันปาล์มสเตียรินที่อุณหภูมิต่ำ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

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

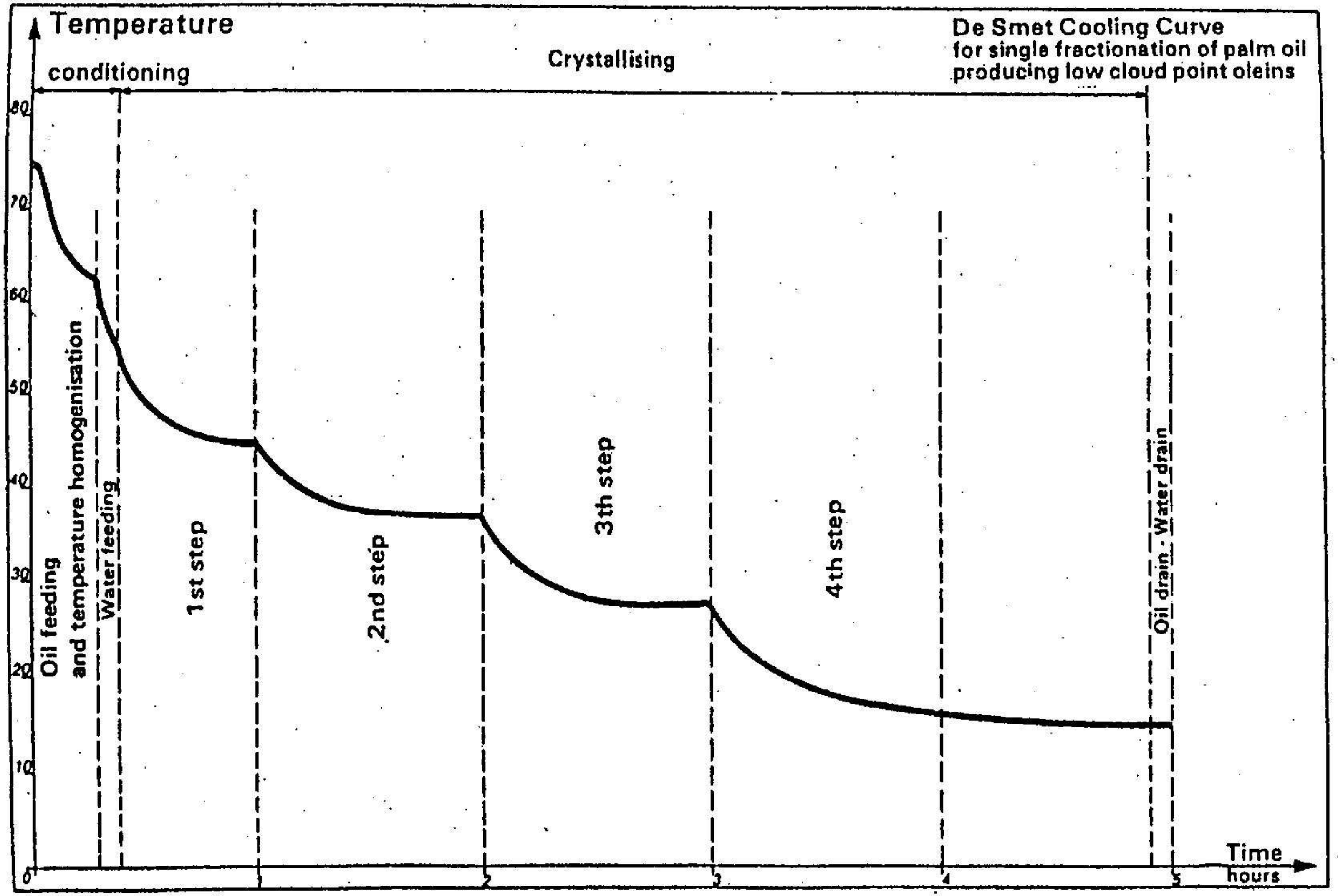
ในการพัฒนาเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มนั้น F.V.K. YOUNG ได้รวบรวมไว้ในบทความเรื่อง Deodorising/Physical Refining : Current Plant and Future Outlook ใน Proceeding "Palm Oil Product Technology in the Eighties" โดยส่วนใหญ่เป็นกระบวนการกลั่นแบบกายภาพ ซึ่งเป็นแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-Continuous)และแบบต่อเนื่อง (Continuous) ดังนี้

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

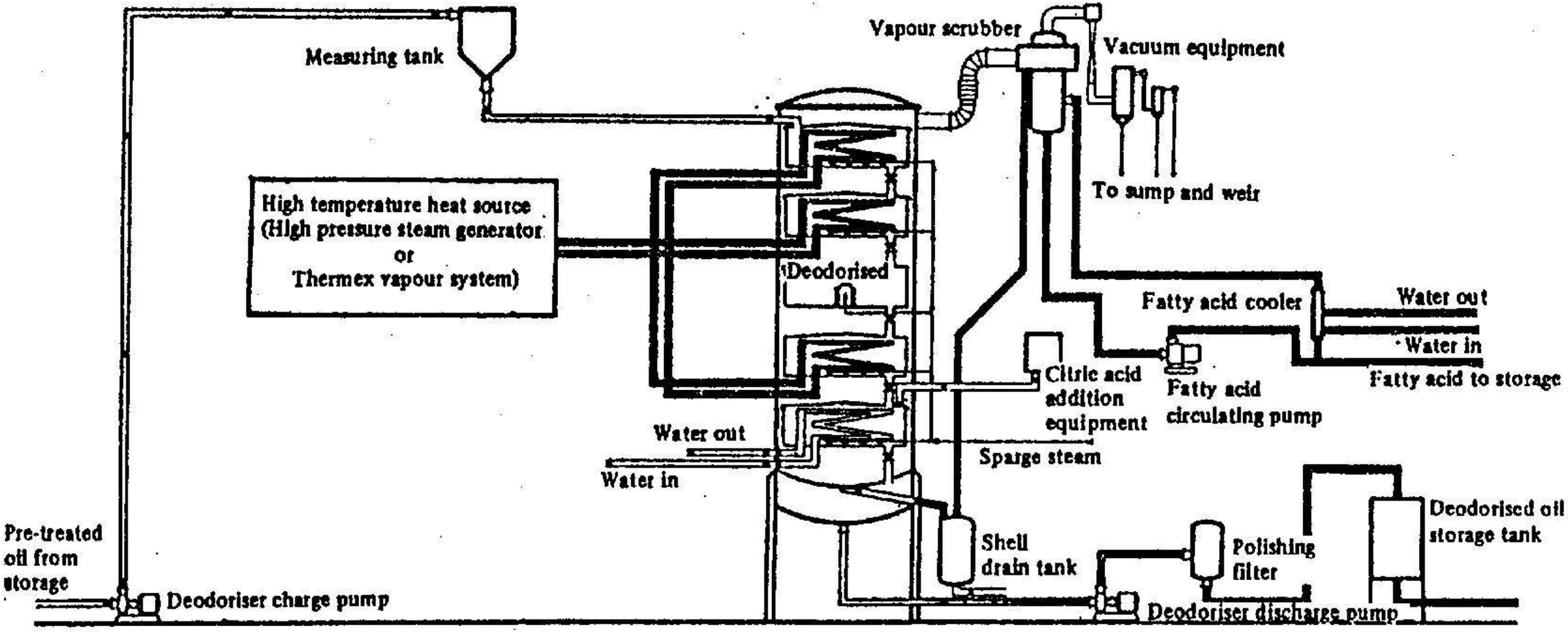
2. <u>ระบบ EMI model C</u> พัฒนาโดยบริษัท EMI Corporation, Des Plaines, สหรัฐอเมริกา เป็นกระบวนการกลั่นกายภาพแบบกึ่งต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ระบบนี้เป็นระบบของโรงงานขนาดใหญ่ที่มีกำลังผลิตสูงถึงวันละ 600 ตัน

	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

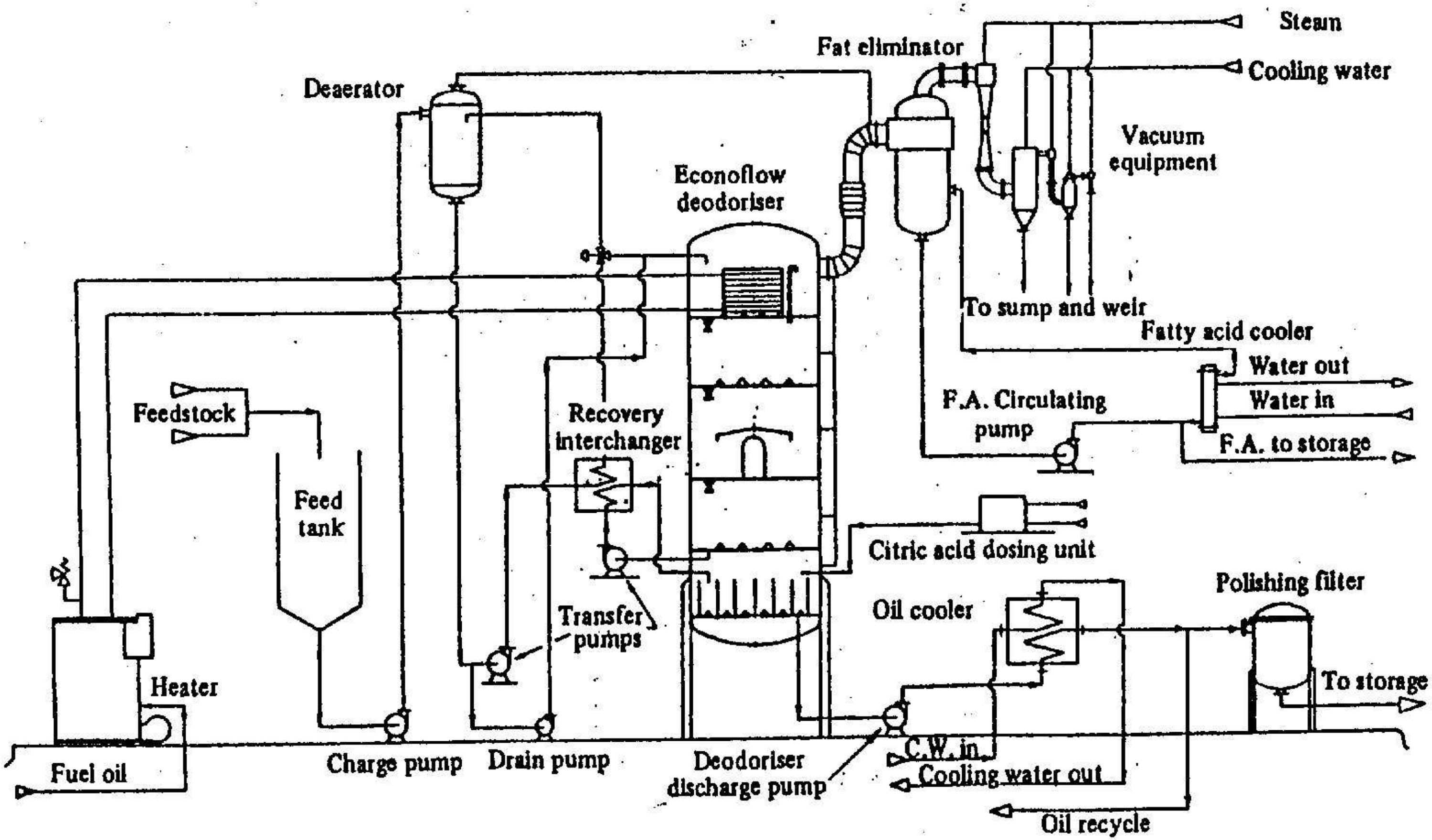


รูปที่ 2.5 Cooling Curve ของการลดอุณหภูมิเพื่อแยกไข



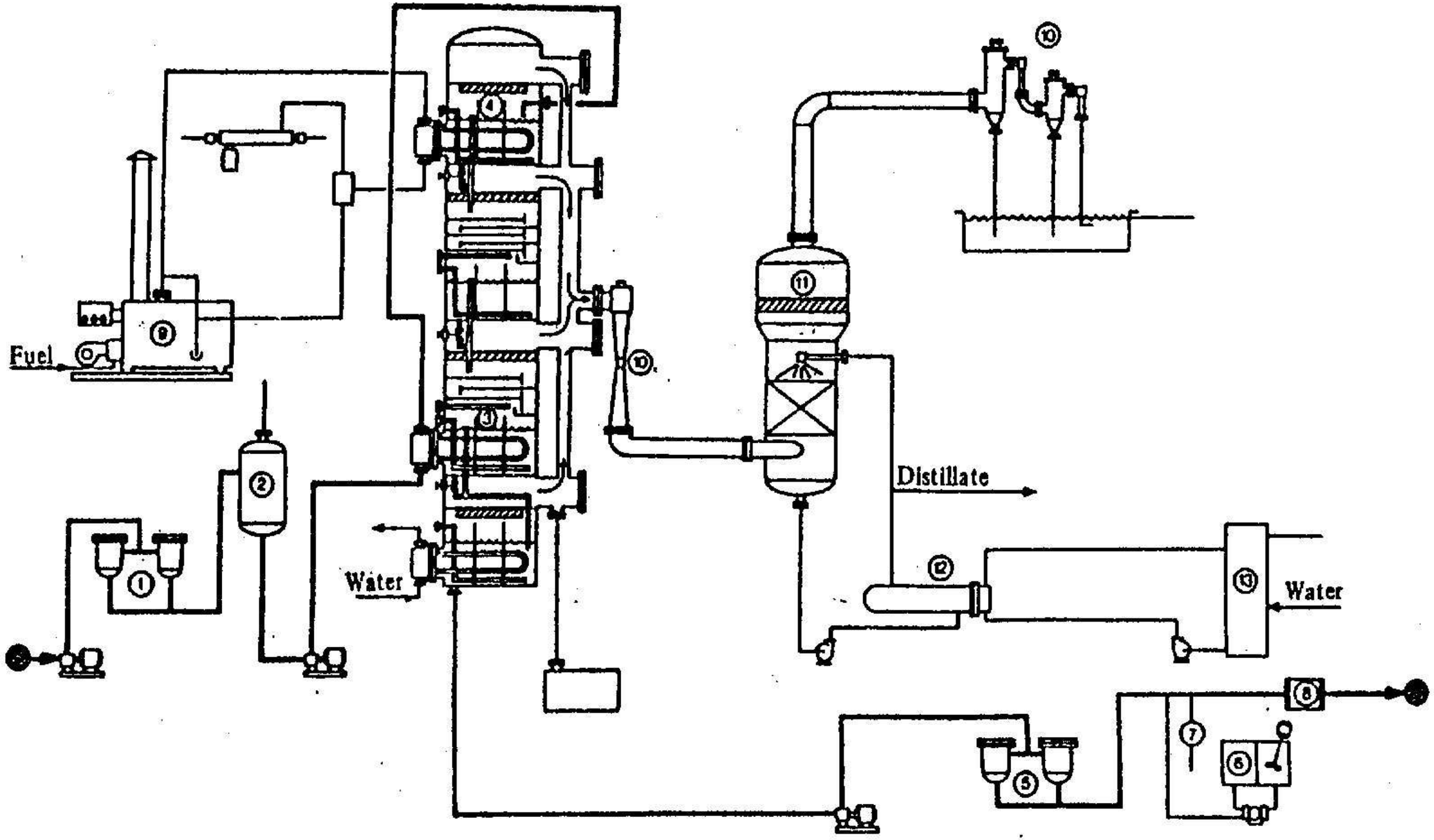
Rosedowns-Votator semi-continuous deodoriser.

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

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

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

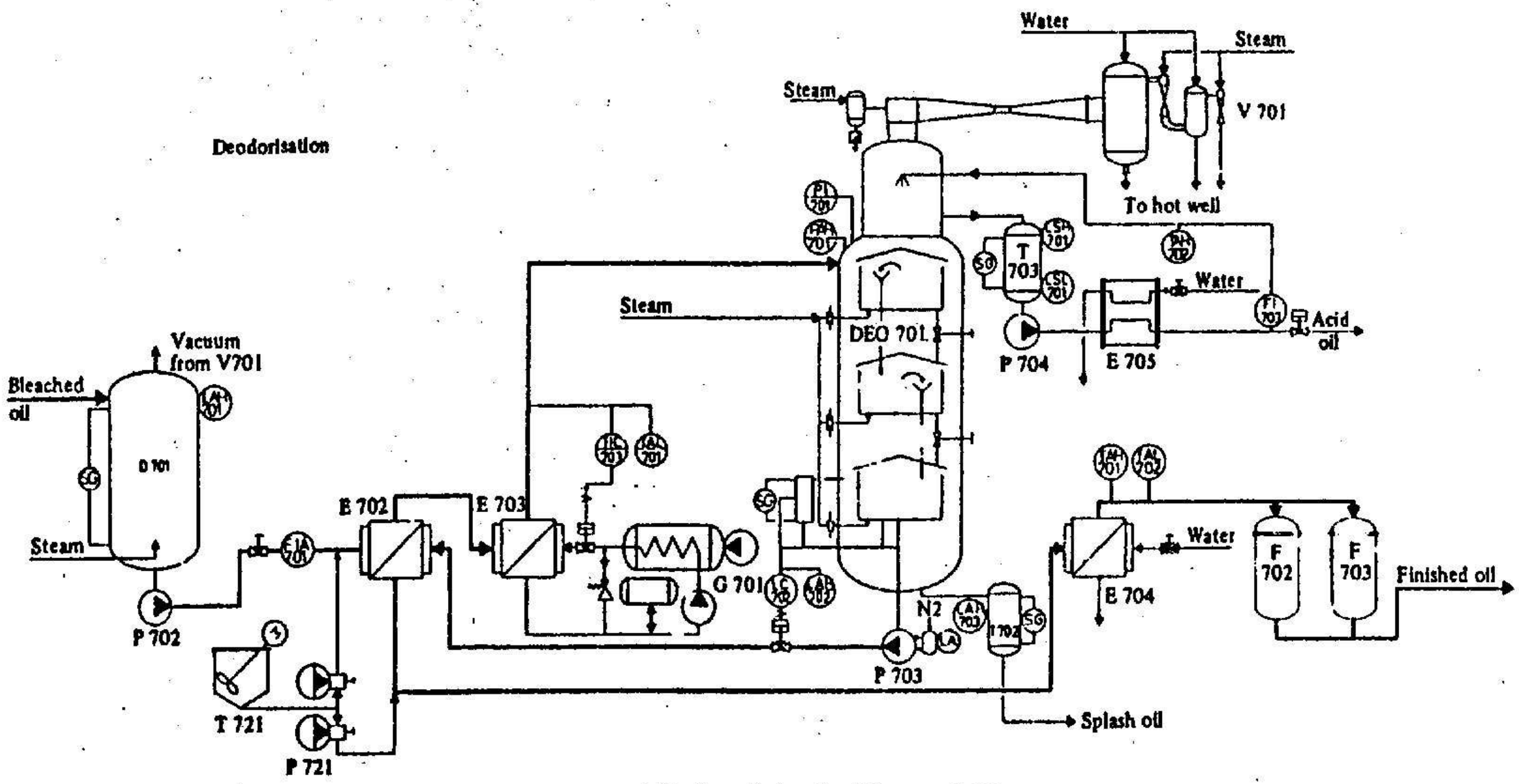
5. <u>ระบบ Deodest</u> หรือ EBE ของ Franz Kirchfeld GmbH ประเทศเยอรมัน เป็นกระบวนการกลั่นแบบกายภาพต่อเนื่อง และมีถังดูดกลิ่นเป็นรูปทรงกระบอกนอน ดังแสดงในรูปที่ 2.11 และใช้เวลาในการดูดกลิ่นและลดกรด 90 นาที และโรงกลั่นมีขนาดกำลังผลิตสูงได้ถึงวันละ 600 ตัน

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

7. <u>ระบบ ACV</u> พัฒนาโดยบริษัท ACV ประเทศเยอรมัน เป็นระบบกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพต่อเนื่อง โดยใช้วิธีผ่านไอน้ำสวนทางกับแผ่นฟิล์มบาง ๆ ของน้ำมันปาล์ม เพื่อดูดกลิ่นหืนออกจากน้ำมัน ดังแสดงในรูปที่ 2.13 การดูดกลิ่นแบบนี้ใช้เวลาเพียง 10 - 20 วินาที วิธีการนี้จะประหยัดการใช้ไอน้ำมาก กล่าวคือ สามารถลดกรด FFA จาก 5 % ลงมาเหลือ 0.05 % โดยใช้ไอน้ำเพียง 0.7 % ของน้ำหนักน้ำมันเท่านั้น

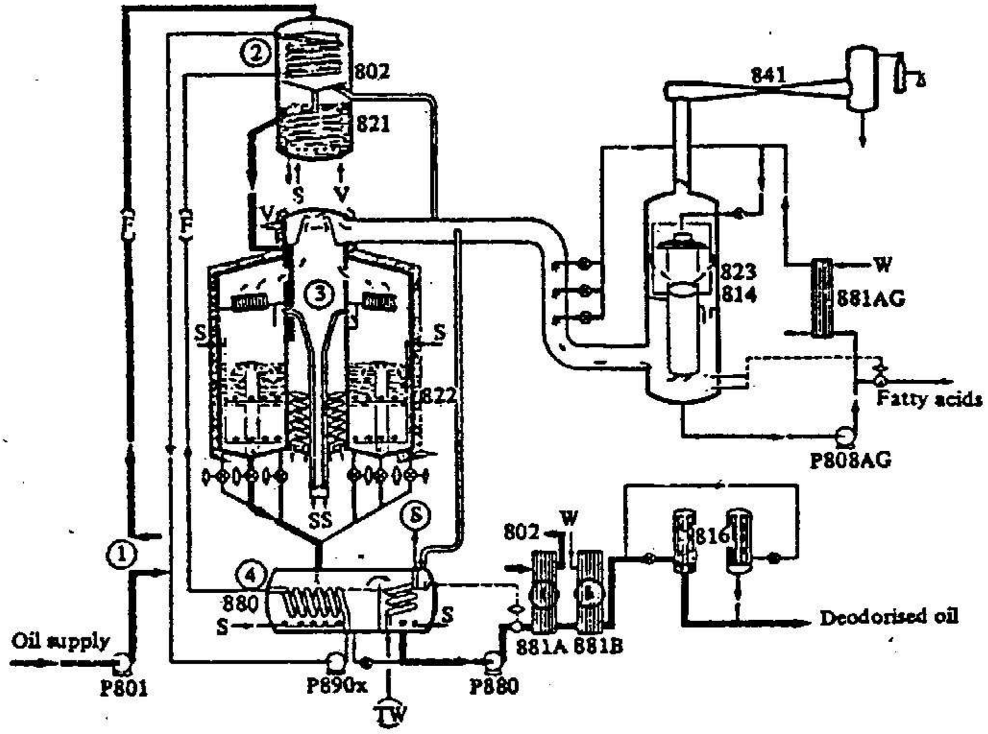
8. <u>ระบบของ Schumacher</u> เป็นระบบการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์แบบต่อเนื่องอีกแบบหนึ่งที่ใช้ไอน้ำประมาณ 2 % ของน้ำหนักน้ำมัน และออกแบบตัวกลั่นน้ำมันเป็นลักษณะ Double ดังแสดงในรูปที่ 2.14

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



Alfa-Laval deodorising system.

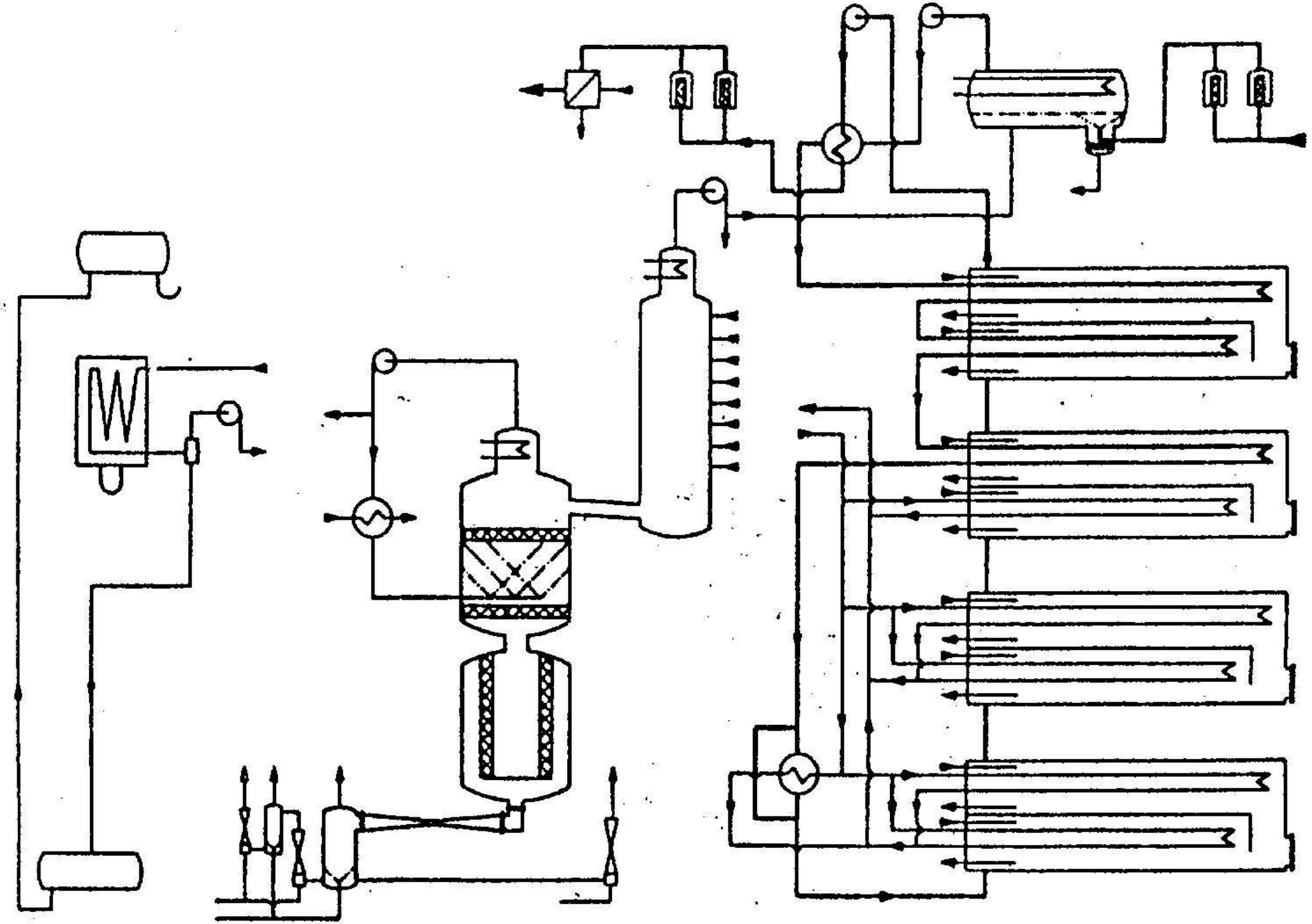
รูปที่ 2.9 **Alfa-Laval deodorising system**



S	Sparge steam	881AG	Fatty acids cooler
F	Flow meter	880	Buffer tank-cooler
V	Heating fluid	841	Vacuum device
W	Water	822	Deodoriser scd
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		

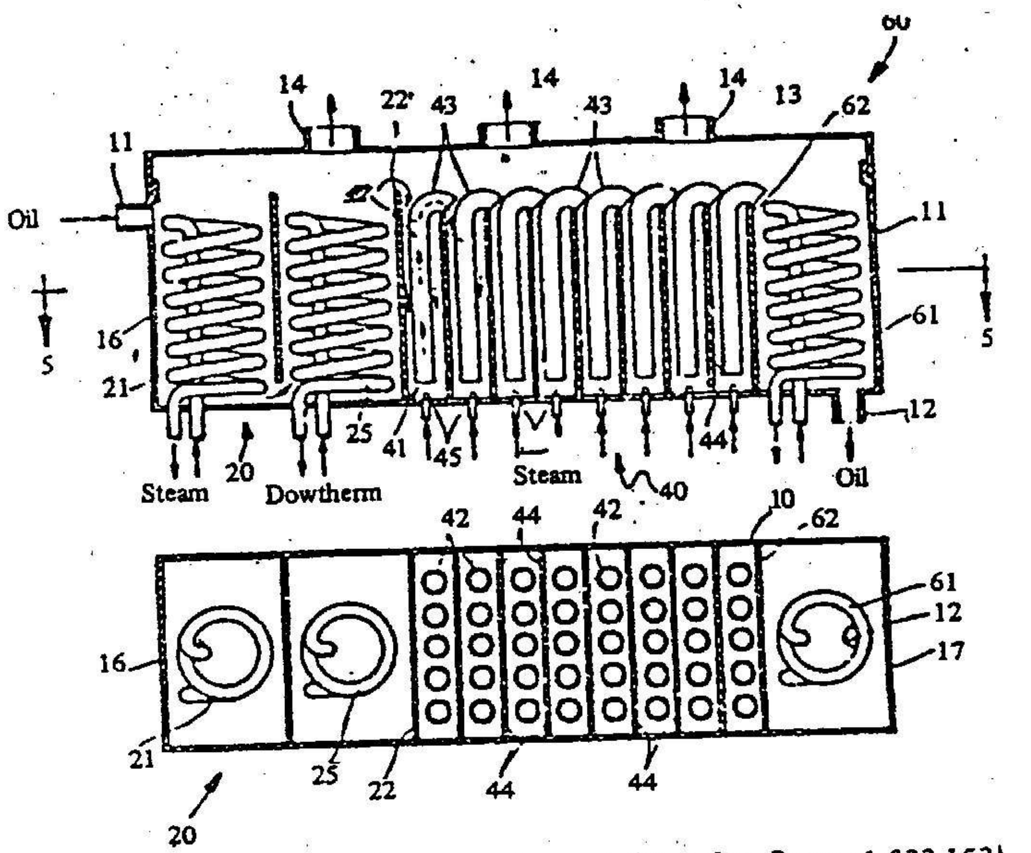
De Smet semi-continuous deodorising plant.

รูปที่ 2.10 De Smet semi-continuous deodorising plant



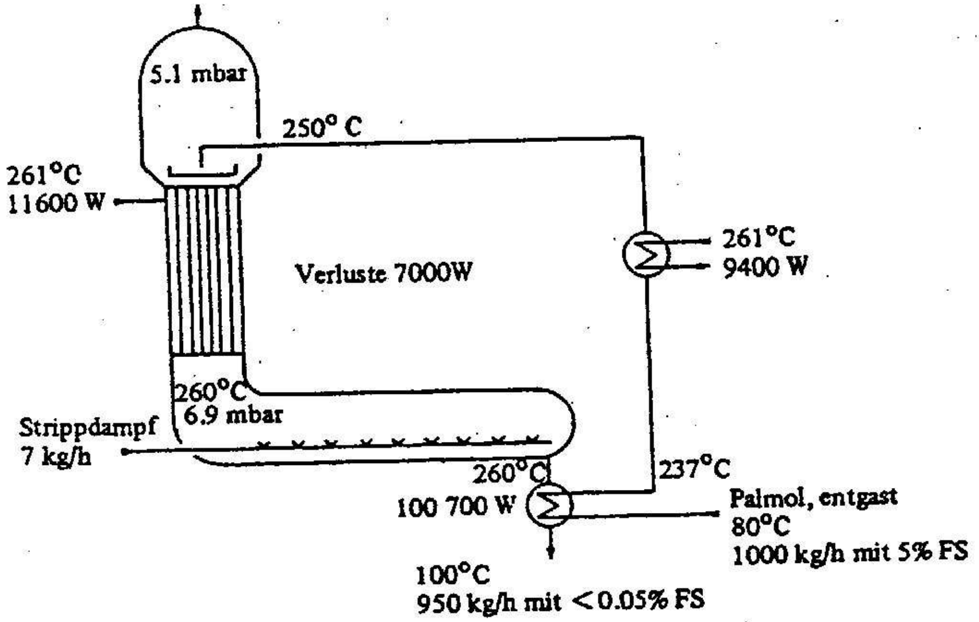
Kirchfeld 'Deodest' deodorising plant.

รูปที่ 2.11 Kirchfeld 'Deodest' deodorising plant



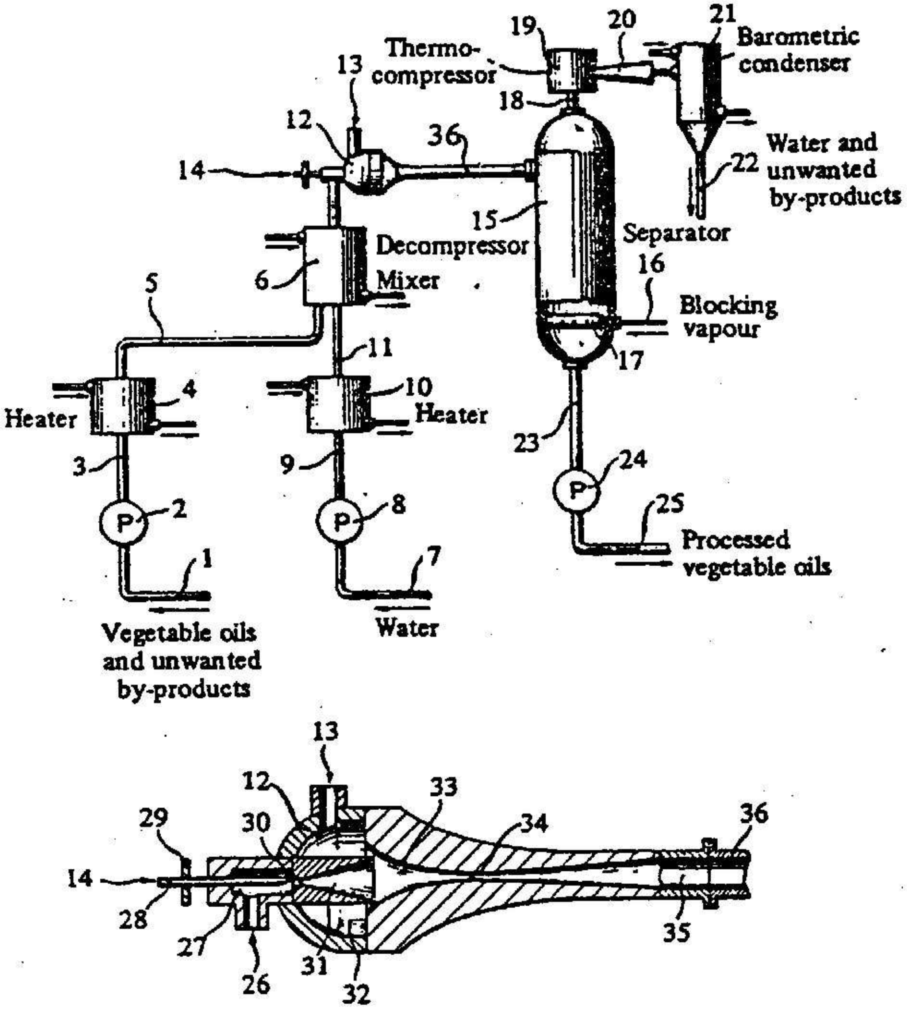
Cambrian deodoriser tray internals (Canadian Patent 1 033 153).

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



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

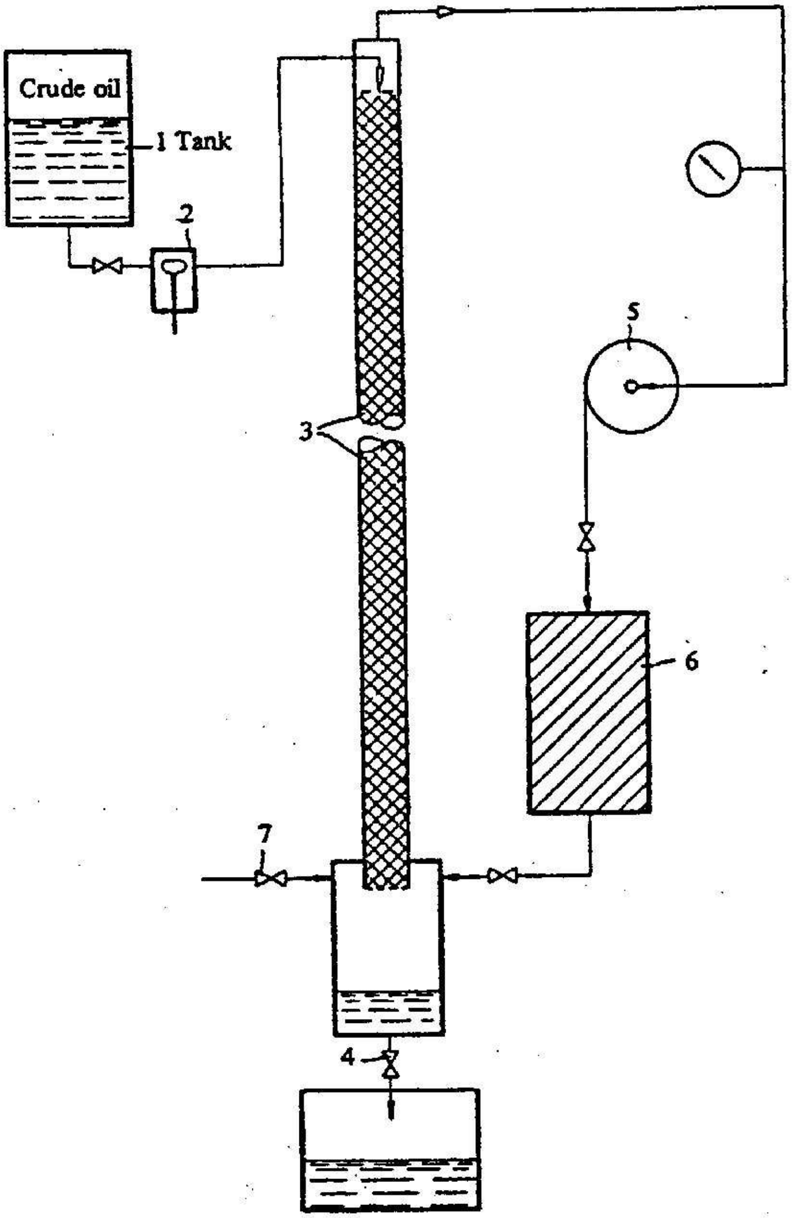
รูปที่ 2.13 A.C.V. deacidification design for palm oil



Schumacher distillation design (US Patent 4 094 748).

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

Central Library
Prince of Songkhla Unive...



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)

2.2 การทดลองกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมีที่ศูนย์ศึกษาพัฒนาพิกุลทอง

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

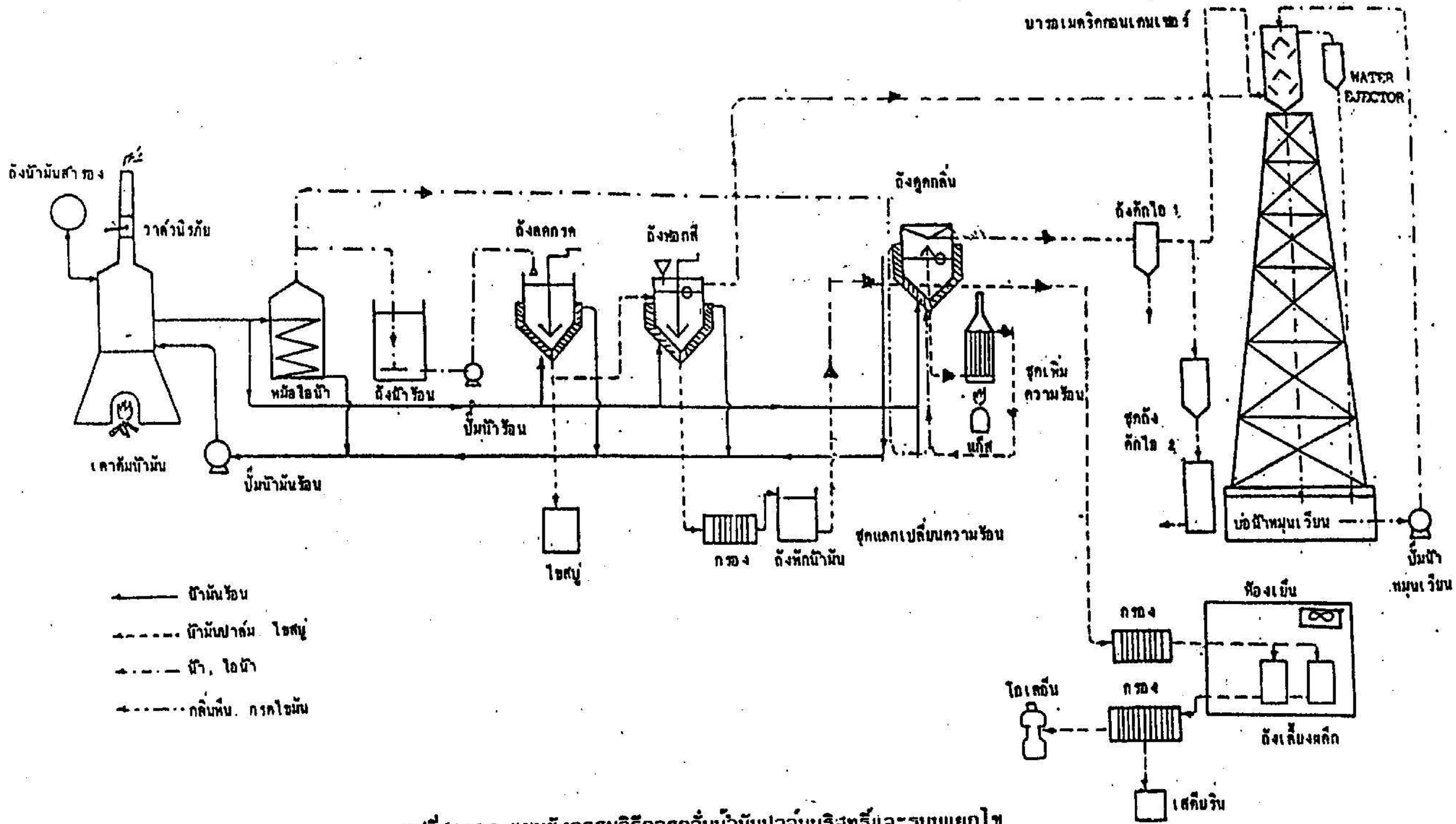
รูปที่ 2.16 แสดงถึงระบบวงจรการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส ซึ่งจะเห็นว่ามีกระบวนการหลักอยู่เพียง 3 กระบวนการคือ กระบวนการลดกรด (Neutralization) กระบวนการฟอกสี (Bleaching) และกระบวนการดูดกลิ่น(Deodorization) ซึ่งออกแบบให้สามารถกลั่นน้ำมันได้ครั้งละ 70 ลิตร และแต่ละกระบวนการจะได้รับความร้อนจากระบบเทอร์มัลดังแสดงในรูป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

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



รูปที่ 2.16 แผนผังกรรมวิธีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และระบบแยกไข

7. ทำการล้างน้ำมันโดยการสเปรย์น้ำร้อน (95 °ซ.) 3-4 ครั้ง เพื่อล้างเอาไขสบู่ตกค้างออกให้หมด ในกรณีที่มีสบู่แขวนลอยมากให้ใช้เกลือเม็ดโปรยลงไป เกลือจะช่วยแยกไขสบู่แขวนลอยออกจากน้ำมันได้
8. ถ่ายน้ำมันลงในถังฟอกสี

(ข) <u>กระบวนการฟอกสี</u> (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) <u>กระบวนการดูดกลิ่น</u> (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 Plam Oil) สามารถนำไปบริโภคได้ แต่ยังมีสภาพเป็นน้ำมันส่วนใส (Olein) และน้ำมันส่วนข้น (Stearin) ปนกันอยู่

2.2.2 <u>การออกแบบกระบวนการแยกไข (Fractionation)</u>

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

วิธีการแยกไขนั้น ใช้วิธีการลดอุณหภูมิของน้ำมันปาล์มลงมาตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งจะทำให้น้ำมันปาล์มเกิดเป็นเม็ดผลึก (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 <u>การวิเคราะห์ต้นทุนการกลั่นน้ำมันปาล์ม</u>

จากการทดลองโรงงานแห่งนี้กลั่นน้ำมันปาล์มได้ 110 ลิตรต่อกะ โดยใช้น้ำมันปาล์มดิบ 140 ลิตร

1. <u>ต้นทุนคงที่</u> ประกอบด้วย

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

2. <u>ต้นทุนผันแปร</u> (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. <u>ค่าน้ำมันปาล์มดิบ</u> กก. ละ 12 บาท $= 12 \times 140$

$= 1,680$ บาท

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

= 24.14 บาท

<u>หมายเหตุ</u> 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

บทที่ 3

การออกแบบ สร้าง และติดตั้งโรงกลั่นน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก

3.1 การออกแบบระบบในกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์ม

เมื่อได้ทำการศึกษารวบรวมเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ตลอดจนทำการทดลองกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมีที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองแล้ว คณะผู้วิจัยก็ทำการออกแบบระบบสำหรับโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็กสำหรับกลุ่มเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อย โดยมีเงื่อนไขและข้อกำหนดในการออกแบบดังนี้

1. **ขนาดกำลังผลิต** ออกแบบให้มีกำลังผลิตวันละ 2 ตัน โดยทำการกลั่นวันละ 2 รอบ เป็นอย่างน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดของงบประมาณด้วย

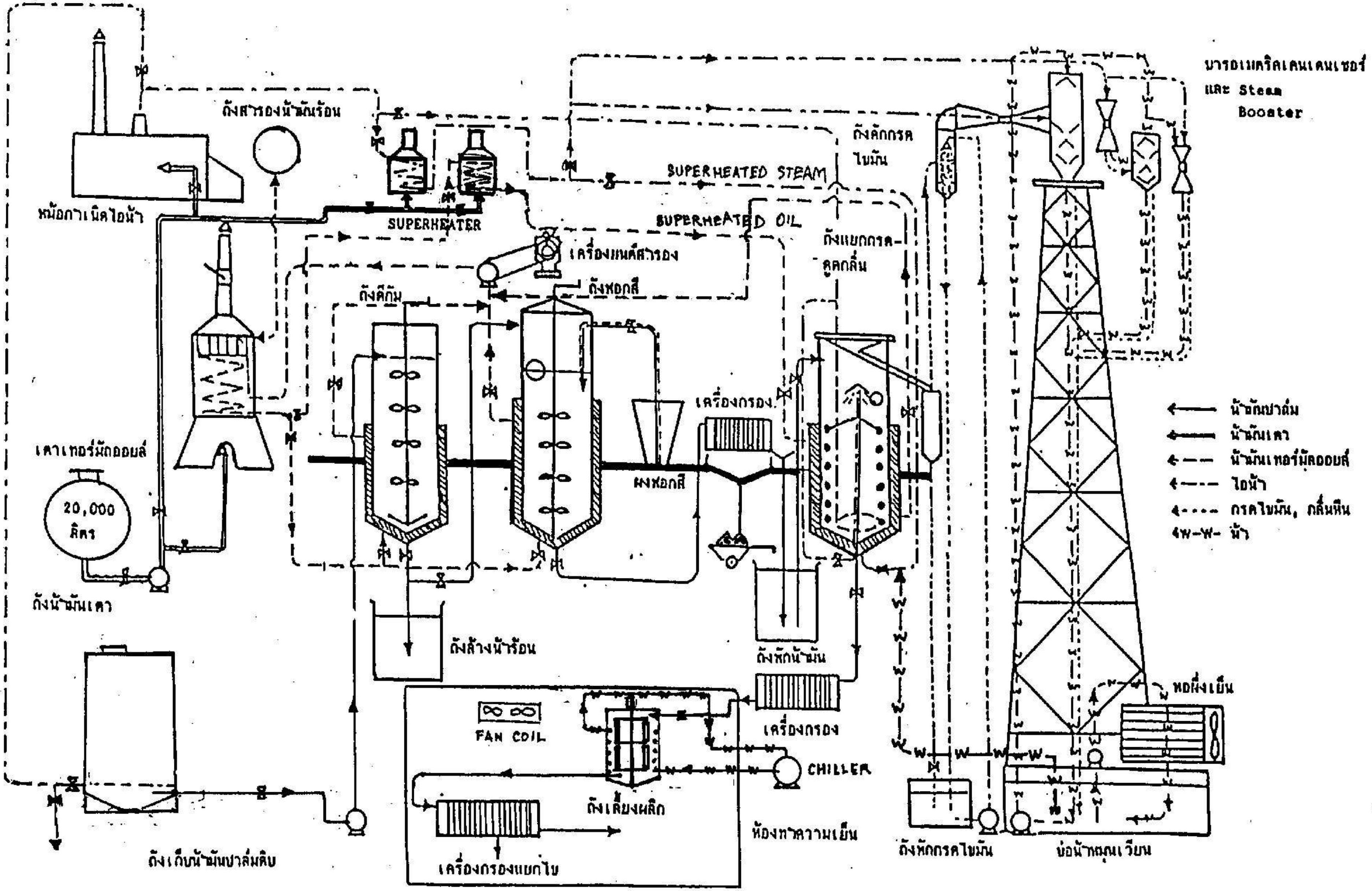
2. **ระบบ** ออกแบบเป็นกะ (Batch) และเป็นกระบวนการแบบกายภาพ โดยสามารถทำการกลั่นแบบเคมีได้ เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการได้ ในกรณีที่น้ำมันปาล์มดิบมีกรดไขมันอิสระสูงกว่ามาตรฐาน

3. **การเลือกระบบให้ความร้อน** พิจารณาเลือกระบบเทอร์มัลออยล์ในกระบวนการดีกัมฟอกสี และดูดกลิ่น เนื่องจากใช้งบประมาณต่ำกว่าระบบไอน้ำ แต่กระบวนการดูดกลิ่นและแยกกรด จะใช้ไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) และไอน้ำยิ่งยวด (Superheated Steam) ด้วย

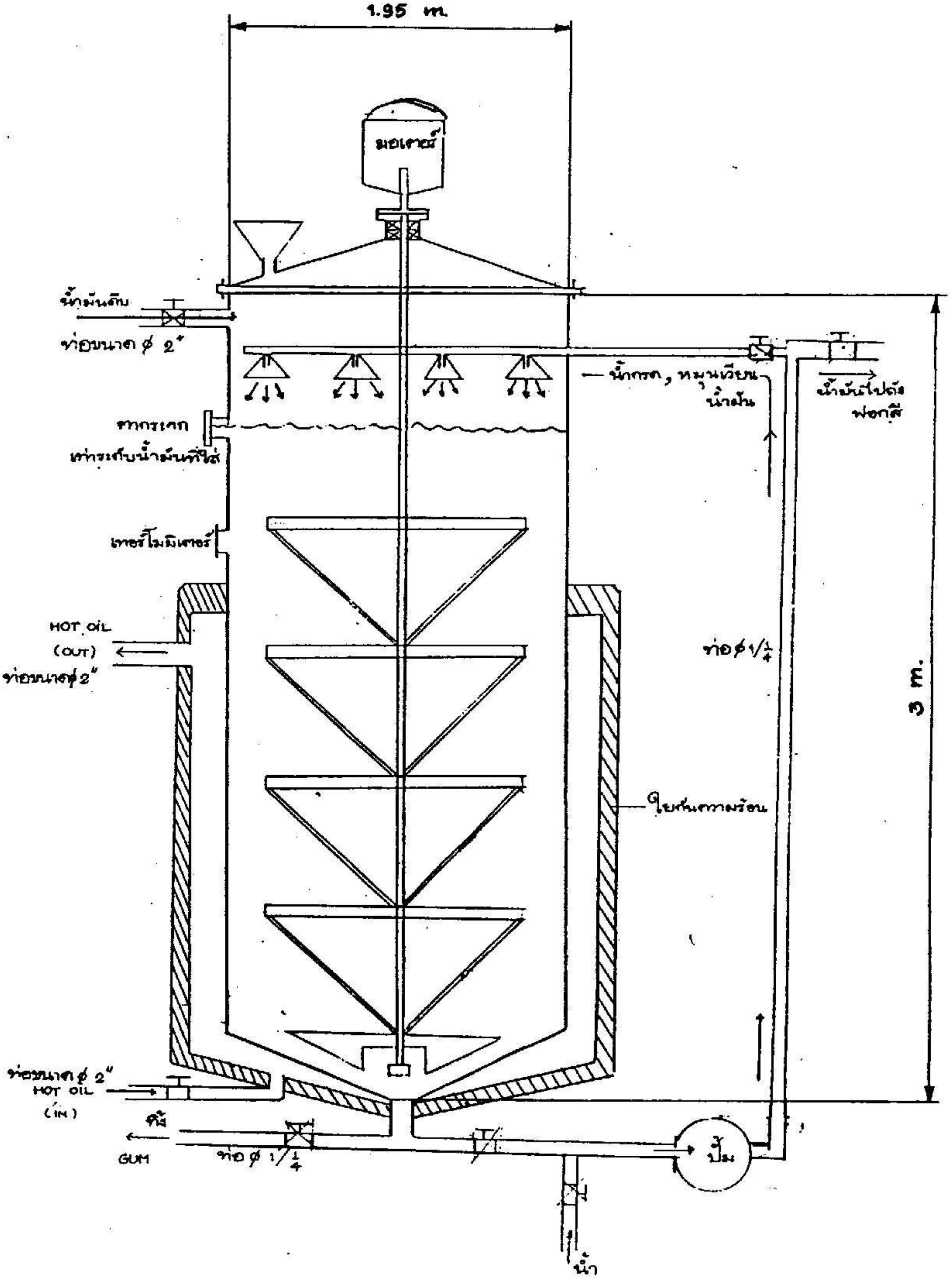
รูปที่ 3.1 แสดงถึงกระบวนการวงจรการออกแบบกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก และมีรายละเอียดการออกแบบดังต่อไปนี้

1. **กระบวนการดีกัม (Degumming Process)** ถังแยกกัมออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.95 เมตร สูง 3.00 เมตร ตัวถังทำด้วยเหล็กไร้สนิมหนา 3 มิลลิเมตร ปริมาตรการใช้งาน 1,500 ลิตร ระบบให้ความร้อนสร้างเป็นแจ๊กเก็ตหุ้มสูง 1.5 เมตรจากกรวยดังกล่าว ภายในถังมีใบพัดกวนน้ำมันและมีฝักบัวสำหรับสเปรย์น้ำและกรดฟอสฟอริค ดังแสดงในรูปที่ 3.2 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



รูปที่ 3.2 การออกแบบถังดีกัม

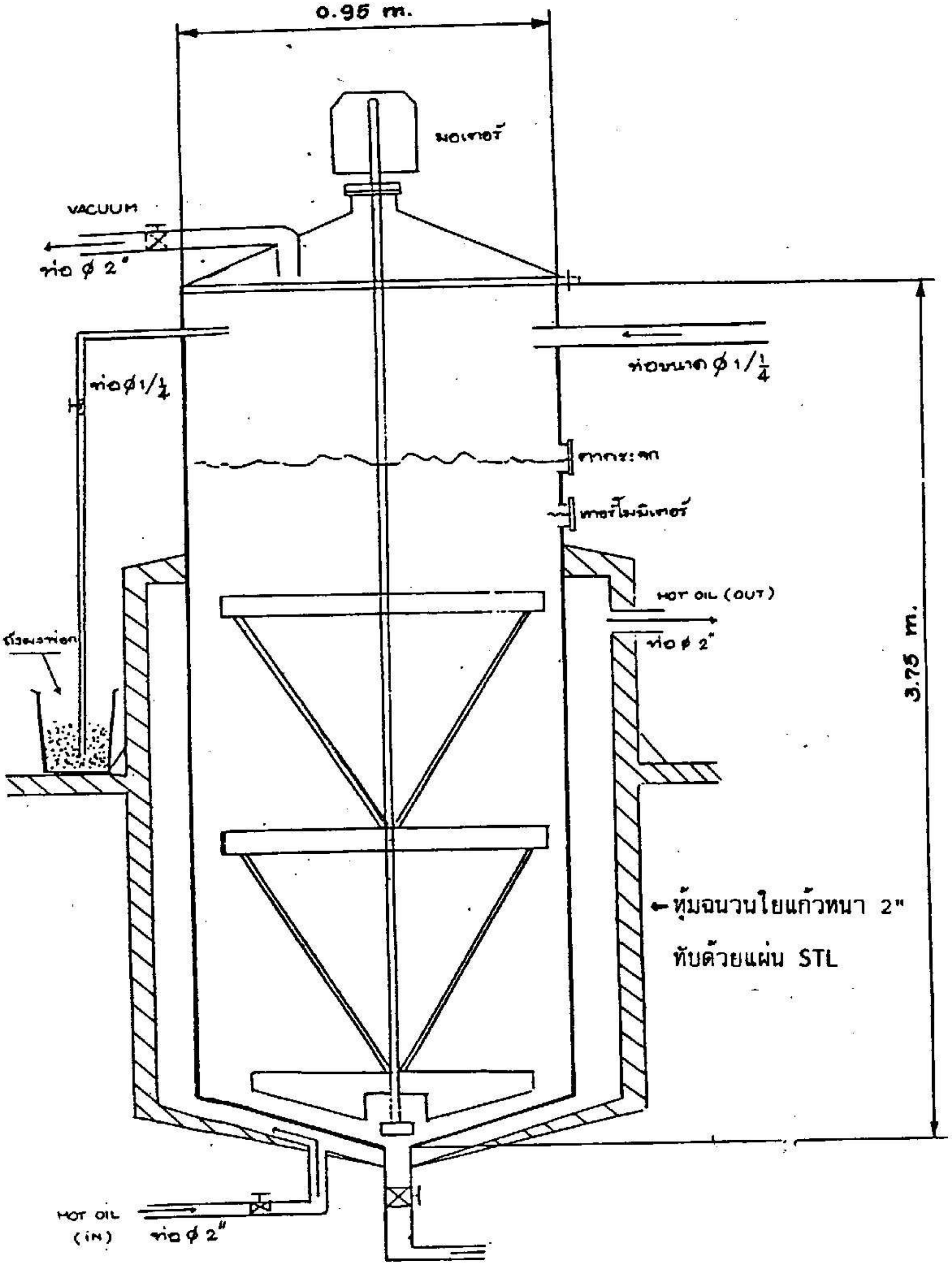
รวมเวลาในกระบวนการดีกัมทั้งสิ้น ประมาณ 90 นาทีต่อครั้ง ในกรณีที่น้ำมันปาล์มดิบมีกรดน้อยกว่า 4 % อาจใช้กระบวนการแยกกัมแบบไม่ต้องล้างน้ำ โดยข้ามขั้นตอนที่ 4 ไปได้ ซึ่งจะทำให้ลดต้นทุนการผลิตและมลภาวะได้มาก

2. <u>กระบวนการฟอกสี (Bleaching Process)</u> ถังฟอกสีออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.95 เมตร สูง 3.75 เมตร ปริมาตรใช้งาน 1,200 ลิตร ทำด้วยเหล็กไร้สนิมหนา 3 มิลลิเมตรเช่นกัน ระบบให้ความร้อนสร้างในแจ๊คเก็ตหุ้มสูง 1.80 เมตรจากกรวยด้านล่าง ภายในถังมีใบพัดกวนและมีฝาปิดสนิท เพราะต้องใช้ระบบความดันต่ำกว่าบรรยากาศ โดยมีท่อสำหรับดูดผงฟอกสีเข้าในถังได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 การทำงานของกระบวนการฟอกสี มีดังนี้

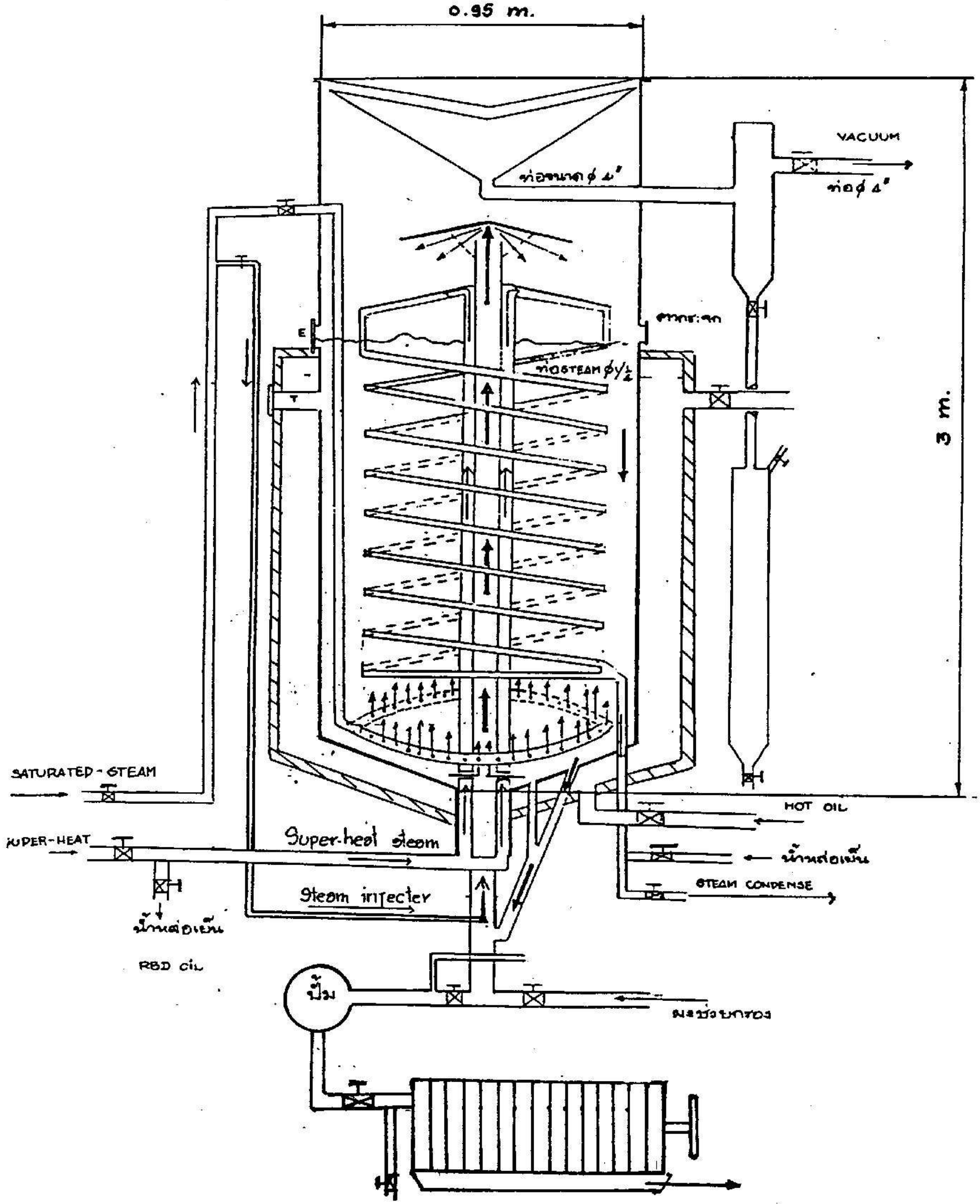
1. ให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มในถังฟอกสีจนมีอุณหภูมิ 90 °ซ.ภายใต้ระบบสูญญากาศ ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ 700-750 มม.ปรอท (700-750) ใช้เวลาประมาณ 30 นาที
2. ดูดผงฟอกสีเข้าไปในถัง 1-2 % ของน้ำหนักน้ำมันปาล์มใช้เวลาประมาณ 10 นาที
3. กวนและเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 120 °ซ. ภายในเวลาประมาณ 30 นาที
4. กวนและรักษาอุณหภูมิไว้ที่ 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 ระบบให้ความร้อนเป็นแจ๊กเก็ตสูง 1.75 เมตร จากระดับกรวยภายในถังดูดกลิ่นมีท่อตรงกลาง สำหรับฉีดน้ำมันปาล์มและไอน้ำ ส่วนบนของถังมีกรวยดักไอกลิ่นหืนและกรดไขมันออกจากถังไปยังระบบบารอเมตริกคอนเดนเซอร์ ภายในถังมีขดท่อไอน้ำยิ่งยวด (Superheated Steam) อยู่โดยรอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 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



รูปที่ 3.3 การออกแบบถังฟอกสี



รูปที่ 3.4 ถังลดกรดและดูดกลิ่น

4. ลดอุณหภูมิน้ำมันปาล์มเหลือ 90 ํซ. เป็นเวลา 30 นาที

5. กรองน้ำมันปาล์มด้วย Filter Press ใช้เวลา 30 นาที

รวมเวลาที่ใช้ในกระบวนการดูดกลิ่นและลดกรด (ไม่รวมการกรอง) เฉลี่ยประมาณ 6 ชั่วโมงต่อครั้ง

3.2 การคำนวณออกแบบระบบเทอร์มัลออยล์และขนาดของหม้อกำเนิดไอน้ำ

จากข้อมูลรายละเอียดของการออกแบบกระบวนการต่าง ๆ ในการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ รวมทั้งข้อมูลการปฏิบัติงานของแต่ละกระบวนการ และการจัดตารางการทำงานดังกล่าว ทำให้สามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาคำนวณเพื่อออกแบบเทอร์มัลออยล์ และขนาดของหม้อกำเนิดไอน้ำ ดังนี้

3.2.1 การคำนวณออกแบบระบบเทอร์มัลออยล์

(ก) ถังแยกกัม (Degumming Tank)

Jacketed tank

- heat transfer area,

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

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

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

- 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 × 0.92 $\frac{\text{kg}}{l}$

= 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

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

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

$$= e^{4371/W}$$

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

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

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

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

$= 42.3$ kg/min.

(ข) <u>ถังฟอกสี (Bleaching Tank)</u>

Jacketed tank, non-iso thermal heating medium

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

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

$U = 40$ BTU/h. ft^2 °F

$C = 0.526$ BTU/lb °F

$c = 0.55$ BTU/lb °F

$M = 1{,}100\ \ell \times 0.92\ \frac{kg}{\ell} = 1{,}012\ kg = 2{,}231$ 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 Θ = 11 นาที = 0.181 hr.

ช่วงที่ 2 เพิ่มอุณหภูมิจาก 80°C ถึง 115°C

$t1 = 80°C = 176°F$

$t2 = 115°C = 239°F$

กำหนด Θ = 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

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

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

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

ช่วงที่ 2

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

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

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

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

(ค) ถังดูดกลิ่นและแยกกรด (Deodorization and Deacidification Tank)

ขนาดเท่าถังแยกกัม

Jacketed Tank, non-isothermal heating medium

คิดเฉพาะ heat จาก Thermal oil

A = 57.48 ft^2

U = 40 BTU/h-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

θ = 1.2 hr

k = $e^{4371/W}$

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

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

∴ 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) การคำนวณขนาดของปั๊มน้ำร้อน

1. ระบบแยกกัมและฟอกสี

- ความยาวเทียบเท่าของระบบท่อ

- ท่อ ⌀ 2 นิ้ว ยาว = 20 เมตร

- ข้องอ 90° ขนาด 2 นิ้ว 9 ตัว ความยาวเทียบเท่า = 1.6 เมตร/ตัว

∴ ความยาวรวม = 1.6 x 9 = 14.4 เมตร

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

∴ ความยาวรวม = 4 x 5 = 20 เมตร

- วาล์วประตูน้ำขนาด 2 นิ้ว จำนวน 6 ตัว ความยาวเทียบเท่า

= 10 เมตร/ตัว

∴ ความยาวรวม = 6 x 10 = 60 เมตร

∴ 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 : $\eta = 50\%$

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

$$= 0.12 \text{ kw}$$

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

$$= 0.16 \text{ hp}$$

2. 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 $H = h_f + h_a + \frac{V_2}{2g}$

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

= 2 เมตร

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

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

= 0.013 kw

- กำลังเพลา $P_s = \frac{P_w}{\eta}$

$$= \frac{0.013}{0.5}$$

= 0.026 kw

<u>การเลือกปั๊ม</u>

<u>ระบบแยกกันและฟอกสี</u>

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

<u>ระบบดูดกลิ่น</u>

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

3.2.2 การคำนวณออกแบบหม้อกำเนิดไอน้ำ (Boiler)

การคำนวณออกแบบขนาดของหม้อกำเนิดไอน้ำจะคำนวณจากปริมาณไอน้ำที่ต้องการใช้ในระบบย่อยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(ก) Oil - pump Ejector

Palm oil circulation Rate = 1200 ℓ/2.5 hr.

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

= 8 ℓ/min

ท่อขนาด 2.5 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน = 2.469 นิ้ว

= 6.27 ซม.

ความเร็ว $V = \dfrac{Q}{A} = \dfrac{8 \times 10^3}{\dfrac{\pi(6.27)^2}{4}}$ = 259 ซม./นาที

= 4.32 cm/Sec

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

เมื่อ N_{re} = Raynold number

$\varrho = 0.925\ g/cm^3$

μ = 0.2 c.p. = 0.002 gm/cm.s

$\therefore\ N_{re} = \dfrac{6.27 \times 4.32 \times 0.925}{0.002}$

= 12527, turbulence flow

$\dfrac{\Theta}{D} = \dfrac{0.0152\ cm}{6.27} = 0.0024$

f = 0.0087 (เปิดจากตาราง)

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

$= \dfrac{4(0.0087)(10 \times 100)}{6.27} \cdot \dfrac{(4.32)^2}{2 \times 980.7}$

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

คำนวณ Pressure Drop

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

Δ Pz (nozzle-Loss) = Δ Z.ϱ = .8 $\times$ 100 (0.925)

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

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

$\therefore$ Δ P Total = 740.0528 (0.14223) = 10.5 psi

เผื่อไว้ 2 เท่า

$\therefore$ Discharge pressure ของ ejector

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

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

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

= $\pi\ \frac{(\frac{1}{4} \times \frac{1}{12})^2}{4}$ = 3.14×10^{-4} 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

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

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

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

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

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

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

$$= 0.312$$

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

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

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

ใช้ ejector 3 ตัว

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

$= 83.7$ kg/hr.

(ข) Deodorizer Stripping Steam

capacity $= \dfrac{1200 \text{ ℓ}}{2.5 \text{ hr.}} = 480$ ℓ/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

คำนวณหาปริมาณ Steam ที่ใช้

- Steam nozzle ใน ejector จะ operate ที่ critical pressure ratio

- Assume perfect gas

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

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

C = discharge colfficient = 0.98

A_t = X-area ของ nozzle throat

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

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

P_a = up-Stream Steam pressure = 150 psig

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

g_c = Conversion factor = 32.174 $lb_m\ ft/lbf.s^2$

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

M = Mol. wt. ของ Steam = 18

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

Ta = up-Stream Steam Temperature = 366°F

= 826°R

$\therefore W_{max}$ = 1.155×10^{-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

$\therefore$ Ejector 3 ตัว ใช้ Steam รวมกัน ($\phi \frac{1}{4}$ in 1 ตัว $\phi \frac{1}{8}$ 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

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

Making hot water from 25°C to 100°C

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

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

Low pressure steam 25 psig (2.737 bar abs)

$\therefore$ latent heat = 2216 KJ/kg

= 528 kcal/kg

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

= 203 kg/hr

คิด Steam efficiency = 80 %

$\therefore$ 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 %

∴ Total steam required = 852.4 kg/hr

ใช้ Boiler ขนาด 1 ตัน = 1,000 kg/hr

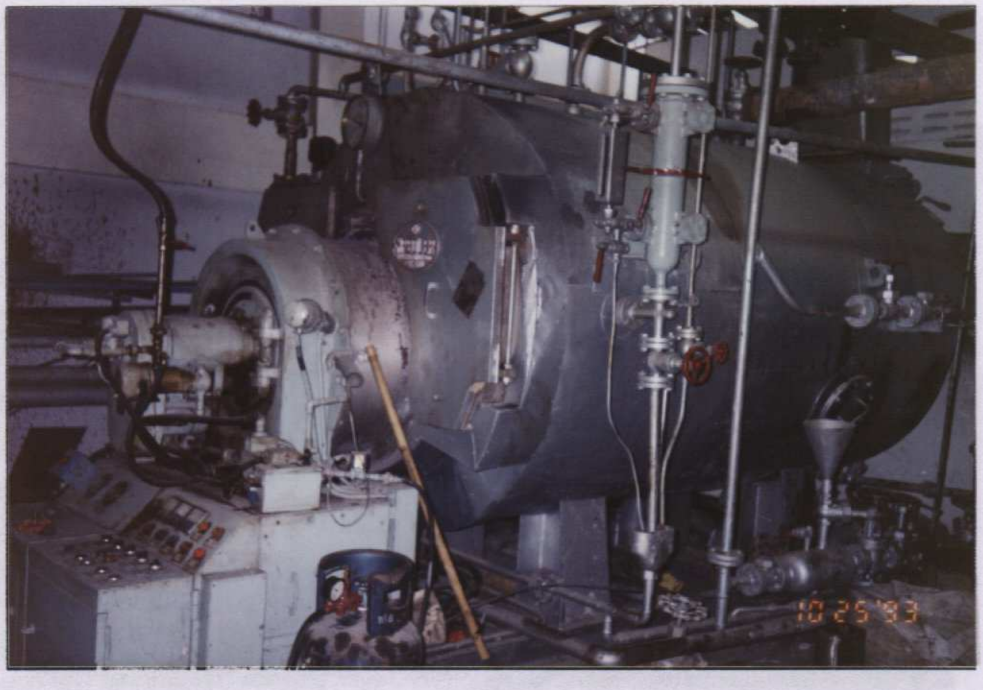
Operate = 85 %

∴ Capacity Margin = 15 %

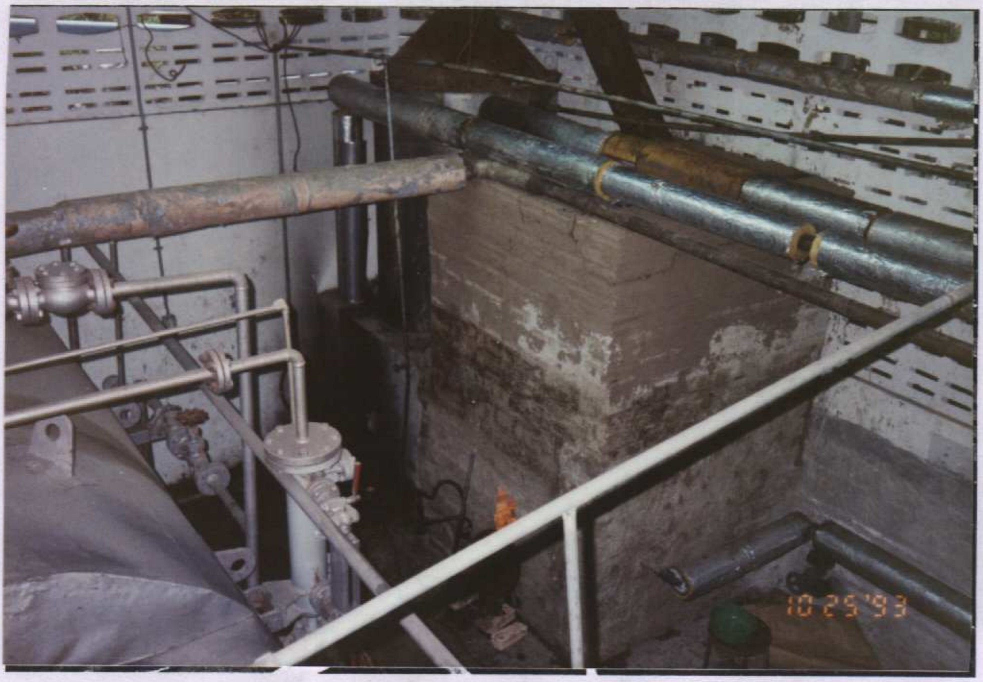
3.3 การสร้างและติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์

รูปที่ 3.5 - 3.19 แสดงถึงภาพถ่ายของการสร้างและติดตั้งเครื่องจักร และอุปกรณ์กลั่นน้ำมันปาล์มของโรงงานขนาดเล็ก ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ในหัวข้อ 3.2 และรูปที่ 3.20 แสดงถึงการวางผังการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ ในโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์ม โดยใช้อาคารของโรงงานสาธิตหีบน้ำมันปาล์มของโครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากพระราชดำริ หลังโรงหล่อ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

รูปที่ 3.5 ถังเก็บน้ำมันปาล์มดิบ



รูปที่ 3.6 หม้อกำเนิดไอน้ำขนาด 1 ตัน



รูปที่ 3.7 เตาต้มน้ำมันเทอร์มัล และเตา SUPERHEAT

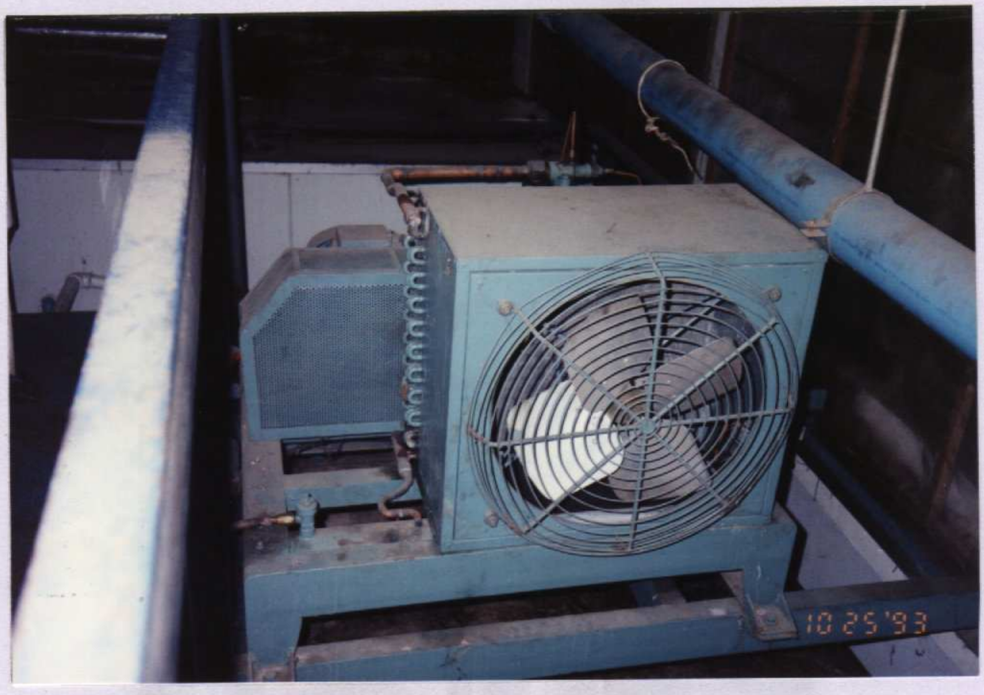
รูปที่ 3.8 ถังดีกัม ฟอกสี และดูดกลิ่น

รูปที่ 3.9 ถังละลายไข และถังต้มสบู่

รูปที่ 3.10 ห้องเย็นสำหรับเลี้ยงผลึก

รูปที่ 3.11 ถังเลี้ยงผลึก

รูปที่ 3.12 เครื่องกรองแยกไข



รูปที่ 3.13 เครื่องทำความเย็น

รูปที่ 3.14 พัดลมคอล์ยเย็น

รูปที่ 3.15 หม้อกรองน้ำอ่อน

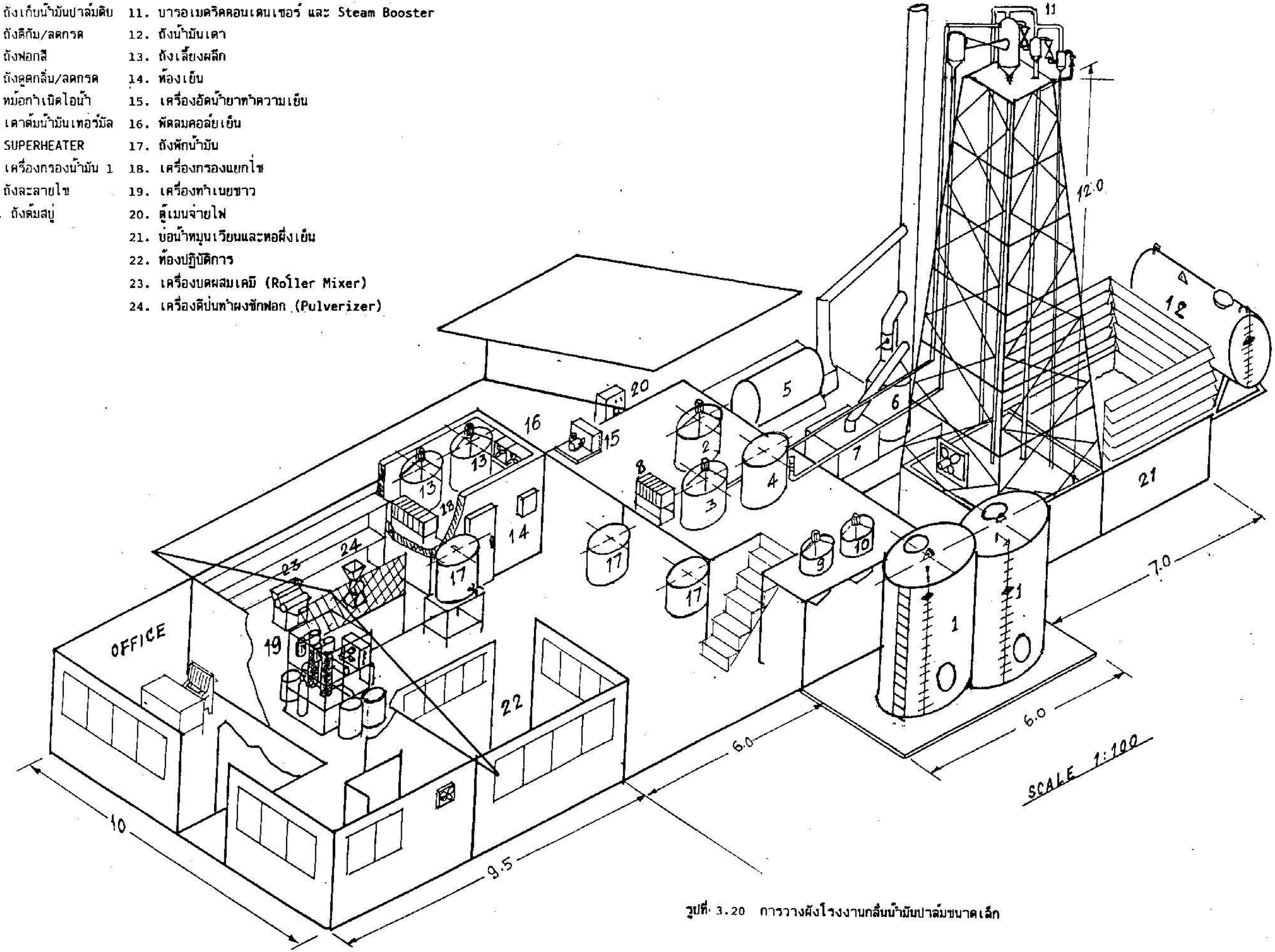
รูปที่ 3.16 หอสุญญากาศบารอเมตริค คอนเดนเซอร์ และ Booster

รูปที่ 3.17 หอผึ่งเย็นและบ่อน้ำหมุนเวียน

รูปที่ 3.18 พัดลมลดอุณหภูมิน้ำในหอผึ่งเย็น

รูปที่ 3.19 ตู้เมนจ่ายไฟฟ้า

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



รูปที่ 3.20 การวางผังโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก

3 - 28

บทที่ 4
การศึกษา วิเคราะห์ ทดลอง และรวบรวมเทคโนโลยี เกี่ยวกับการแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมัน

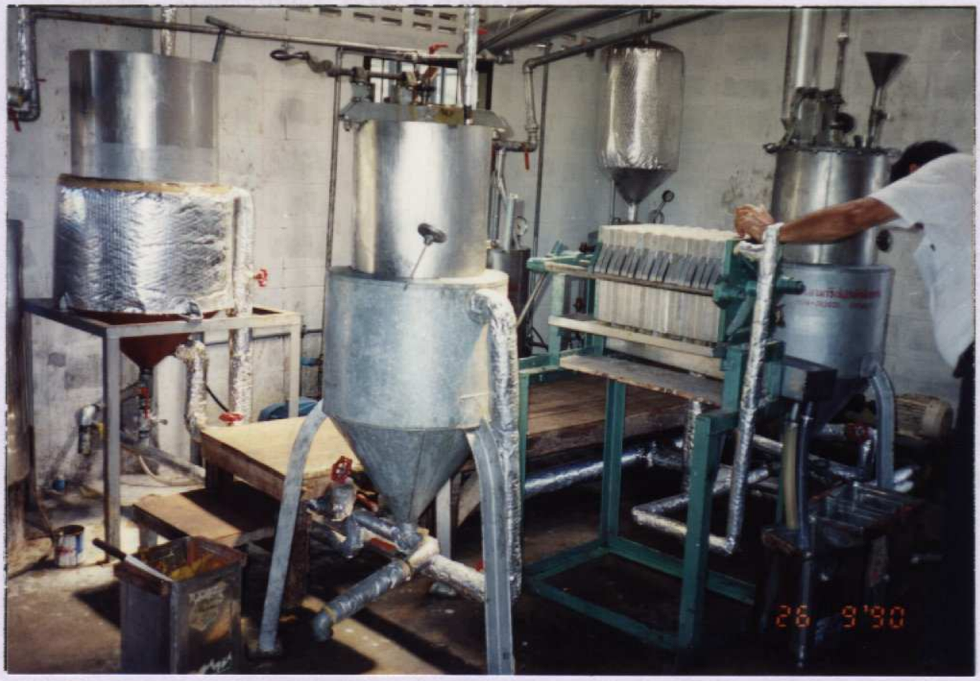
การศึกษาวิจัยนี้ประกอบด้วย การสำรวจและการรวบรวมเอกสารที่มีผู้ทำวิจัยไว้แล้ว รวมทั้งการออกเดินทางสำรวจ การใช้ประโยชน์จากผลผลิตพลอยได้ต่างๆ ตลอดจนการทำการทดลอง ที่โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็กที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง (รูปที่ 4.1) และศูนย์วิจัยอาหารสัตว์นราธิวาส เพื่อหาลู่ทางการแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมันเช่น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

4.1 <u>ทะลายปาล์มเปล่า</u>

การนำทะลายปาล์มเปล่ามาใช้ประโยชน์นั้น มีทั้งทะลายเปล่าที่ผ่านการอบแล้วจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่ และเศษทะลายสดที่เกิดจากการสับทะลาย เพื่อเอาผลปาล์มในโรงงานเล็ก ซึ่งแต่ละชนิดมีการใช้ประโยชน์ดังนี้

1. <u>การนำทะลายเปล่าใส่โคนต้นปาล์ม</u> จากการออกสำรวจโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดใหญ่ ในจังหวัดกระบี่และจังหวัดตรัง คือ บริษัทสยามปาล์ม และบริษัทตรังน้ำมันพืช พบว่าปัจจุบันโรงงานขนาดใหญ่เกือบทุกแห่งได้นำทะลายปาล์มเปล่าไปกองสุมไว้รอบโคนต้นปาล์มน้ำมัน เพื่อรักษาความชุ่มชื้นของดินรอบโคนต้นปาล์มและช่วยป้องกันวัชพืชด้วย บางโรงงานพยายามนำทะลายเปล่ามาสับให้ละเอียดแล้วบดผสมลงในกากปาล์มจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์ แต่ก่อนโรงงานขนาดใหญ่จะนำทะลายเปล่ามาเผาในเตาเผา แต่เกิดปัญหาด้านมลภาวะทางอากาศ จึงได้ยกเลิกกันไปหลายราย

2. <u>การทดลองผลิตปุ๋ยหมักจากทะลายปาล์ม</u> 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

<u>ค่าใช้จ่าย</u> (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 $\frac{10,000}{10\text{ ปี}}$ บาท x $\frac{45}{365}$ วัน)	=	123	บาท
รวมต้นทุน	=	519	บาท
ต้นทุนปุ๋ยหมัก	=	$\frac{519}{1,000}$	
	=	0.519	บาท/กก.

โดยปกติปุ๋ยหมักจะไม่มีการจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป โดยทางศูนย์จะผลิตปุ๋ยหมักแล้วนำไปใช้เองทั้งหมด

3. <u>การใช้ทะลายปาล์มเปล่ามาทำการเพาะเห็ดฟาง</u> 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 ฦุยมะพร้าวหมักกับกากน้ำตาล 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 ปี๊บ	=	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 ศิริวัธนนุกูล 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, อุตส่าห์ จันทร์อำไพ และบุญธรรม พฤกษวานิช ทำการทดลองที่คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เผ่ยแพร่งานวิจัยในปี 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>การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและต้นทุนการขุนโคนมเพศผู้เสริมด้วยอาหารข้นที่มีกากปาล์มระดับต่างๆ</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 % ($\frac{\text{น้ำหนักผลผลิตเห็ด}}{\text{น้ำหนักวัสดุเพาะ}} \times 100$) 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

. ต้นทุนการผลิตต่อก้อน $= \frac{185.55}{350}$

= 0.53 บาท

สบู่ซักล้างนี้อาจจะตัดให้เป็นก้อนขนาด 5 x 5 x 10 ซม. ส่งขายเป็นสบู่การฝีมือก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

4.5 ไขสเตียรินบริสุทธิ์

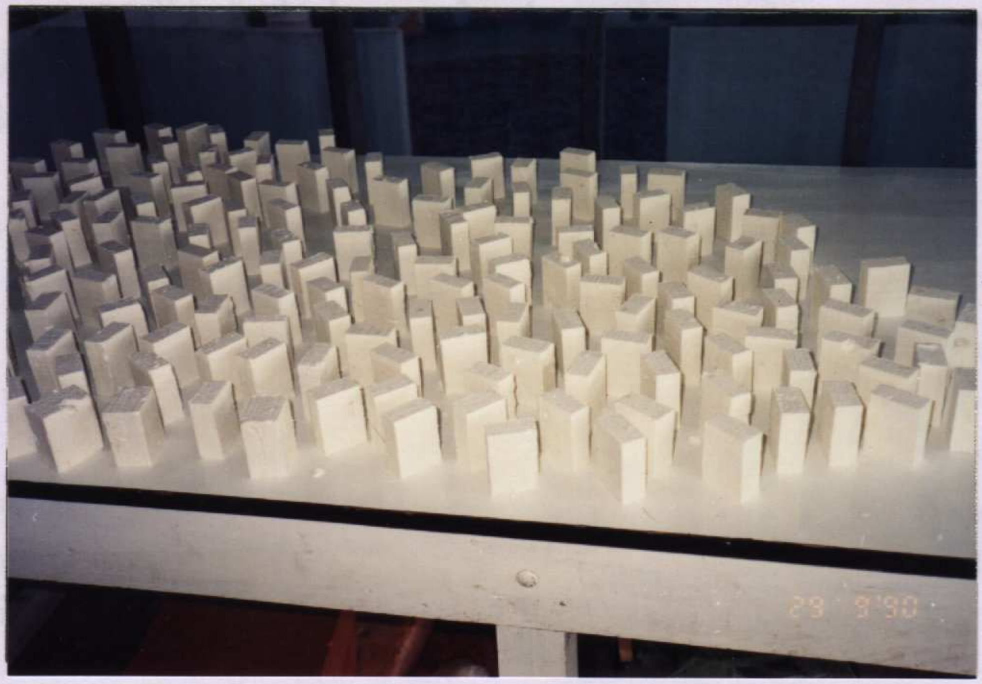
ไขสเตียรินบริสุทธิ์(รูปที่ 4.5) อาจจะถือเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปของโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และอาจนับเป็นผลิตผลพลอยได้ หากไม่มีลู่ทางการจำหน่ายในท้องตลาด ปัจจุบันไขสเตียรินที่ผลิตที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองได้ส่งไปจำหน่ายเป็นส่วนผสมอาหารสุกรในราคากิโลกรัมละ 12 บาท โดยทางฟาร์มได้นำไขสเตียรินไปผสม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

รูปที่ 4.3 การทดลองผลิตสบู่ซักล้าง

รูปที่ 4.4 ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ทดลองผลิตที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนา พิกุลทอง รวมทั้งสบู่การฝีมือ

รูปที่ 4.5 ไขสเตียรินที่ผลิตได้ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง

รูปที่ 4.6 การนำไขสเตียรินไปผสมอาหารสุกร



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 ดังนั้นสภาพของเกษตรกรรายย่อยซึ่งจะมีผลิตผลพลอยได้ ประกอบด้วย เศษทะลายเปล่าและกากปาล์ม จึงควรนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

1. เศษทะลายเปล่า
   - นำไปกองรอบโคนต้นปาล์มเช่นเดียวกับโรงงานใหญ่ หรือ
   - ผลิตเป็นปุ๋ยหมักโดยมีต้นทุน 0.5 บาทต่อกิโลกรัม
   - นำไปผลิตเห็ดฟางในเชิงพาณิชย์ได้

2. กากปาล์มและกากเมล็ดปาล์ม
   - จำหน่ายเป็นส่วนผสมโรงงานผลิตมันอัดเม็ด ในราคากิโลกรัมละ 1.50-2.50 บาท หรือ
   - นำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์สำหรับเลี้ยงวัว และสัตว์เลี้ยงอื่น ๆ ตามสูตรอาหารที่ได้มีการทดลองวิจัยไปแล้ว

3. สบู่ซักล้าง
   - นำไขสบู่ไปผลิตเป็นสบู่ซักล้างใช้ในท้องถิ่น
   - ในกรณีที่ใช้กระบวนการทางกายภาพ จะไม่มีไขสบู่เป็นผลิตผลพลอยได้

4. สบู่หอม
   - 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 <u>การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการทางเคมี</u>

การทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการทางเคมีนี้ จะประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ อันประกอบด้วยกระบวนการดีกัม ฟอกสี ลดกรด และดูดกลิ่น ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดการทดลองดังนี้

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

- ในขั้นต่อไปก็จุดเตาเทอร์มัลเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันในถังดีกัมให้ถึง 80 °ซ. ใช้เวลาประมาณ 60 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 กิโล-วัตต์-ชั่วโมง และมีน้ำมันสูญเสียไปกับกัมประมาณ 1 %

5.1.2 <u>กระบวนการฟอกสี</u> ในการทดลองนี้ คณะผู้วิจัยใช้กระบวนการฟอกสีก่อนลดกรด เพื่อให้ได้ไขสบู่ที่มีสีขาวสะอาด เพื่อจะได้นำไปทดลองทำผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องต่อไป กระบวนการฟอกสีมีขั้นตอนดังนี้

- อุ่นน้ำมันปาล์มให้มีอุณหภูมิ 80-85 °ซ. พร้อมทั้งเดินระบบสุญญากาศให้ภายในถังฟอกสีมีสภาพสุญญากาศ 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. ภายใต้สภาพสุญญากาศ 754 มิลลิเมตรปรอท (ทำได้จริง 745 มิลลิเมตรปรอท) โดยให้ความร้อนทั้งน้ำมันเทอร์มัล และไอน้ำยิ่งยวด โดยใช้เวลาเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 250 °ซ. ประมาณ 1 ชั่วโมง และดูดกลิ่นอยู่ประมาณ 3 ชั่วโมง

- ลดอุณหภูมิน้ำมันลงโดยใช้น้ำเย็น เปิดผ่านเข้าไปในชุดท่อไอน้ำ 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. ภายใต้สภาพสุญญากาศ 756 มิลลิเมตรปรอท (ทำได้จริง 750 มิลลิเมตรปรอท) โดยใช้ไอน้ำที่เพิ่มความร้อนผ่าน Superheater จนมีอุณหภูมิเกือบ 300 °ซ. และใช้ไอน้ำยิ่งยวดผ่านเข้าท่อไอน้ำเพื่อเพิ่มอุณหภูมิแก่น้ำมันปาล์ม ให้ถึง 280 °ซ.
- ขณะเดียวกันเปิดไอน้ำอีกทางเข้าผสมในน้ำมันปาล์ม และกวนน้ำมันเช่นเดียวกับกระบวนการทางเคมี
- เปิดไอน้ำยิ่งยวดผ่าน Steam Booster เพื่อแยกกรดไขมันอิสระพร้อมทั้งกลิ่นหืนออกจากน้ำมัน ใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง ในการลดกรดไขมันอิสระจาก 4.99 % เหลือ 0.38 % ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.1 รูปที่ 5.2 แสดงถึงอุณหภูมิของน้ำมันปาล์ม ไอน้ำ และน้ำมันเทอร์มัล

อนึ่งในการการทดลองครั้งแรกเมื่อเดือนตุลาคม 2536 ใช้เวลาลดกรดและดูดกลิ่นนานถึง 9 ชั่วโมง เนื่องจากทำระบบสุญญากาศได้เพียง 720 มม.ปรอท และอุณหภูมิของน้ำมันปาล์มทำได้เพียง 250 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงระบบใหม่ และสามารถลดเวลาลงมาเหลือ 6 ชั่วโมงดังกล่าว

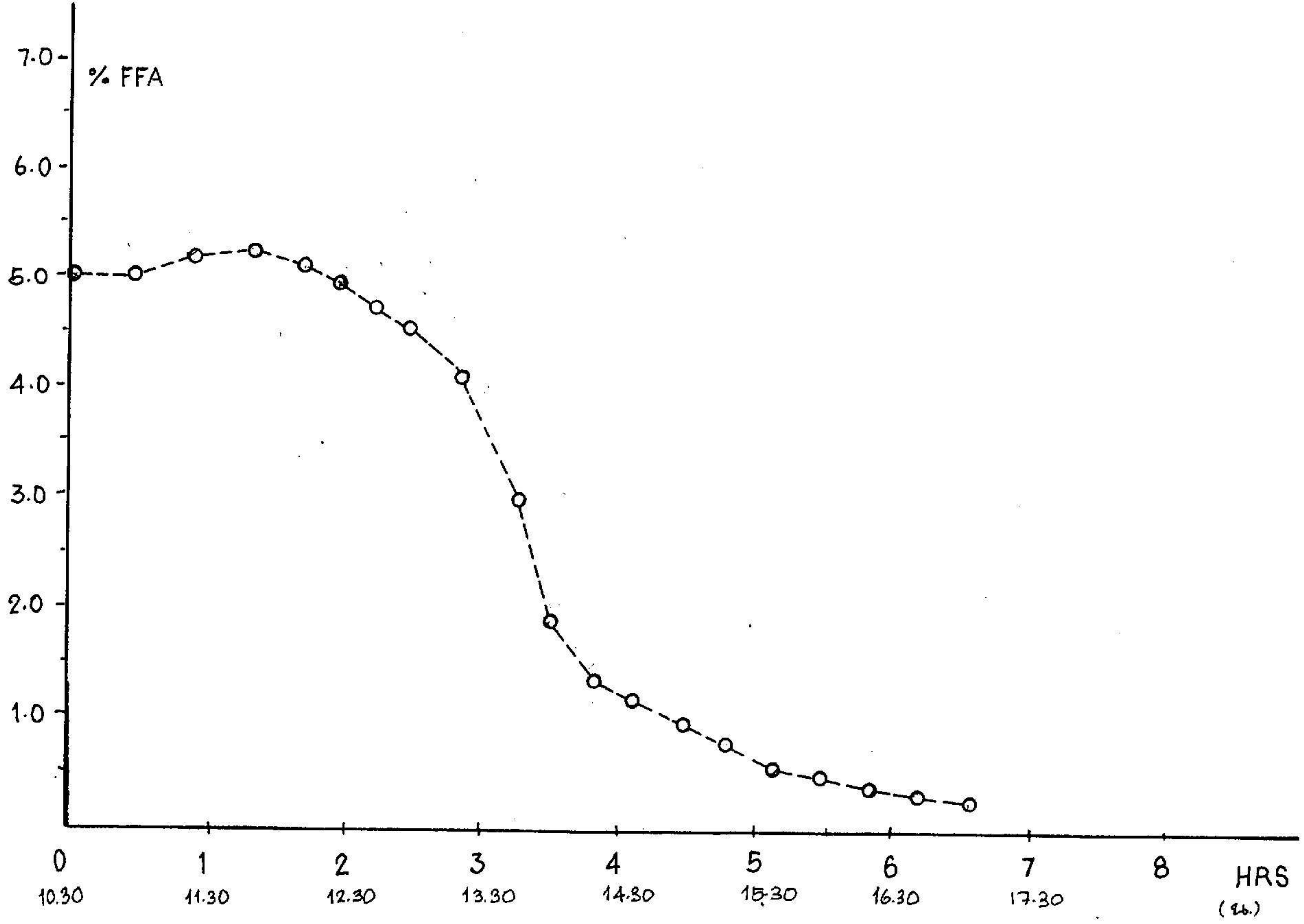
- เมื่อดูดกลิ่นเสร็จแล้วปิดวาล์วไอน้ำยิ่งยวด แล้วปล่อยน้ำเย็นเข้าทำความเย็นน้ำมันใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง น้ำมันจะมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 100 องศา ซ.

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 5.3 และ 5.4 แสดงถึงน้ำมันโอเลอีนและไขสเตียรินที่ผลิตได้

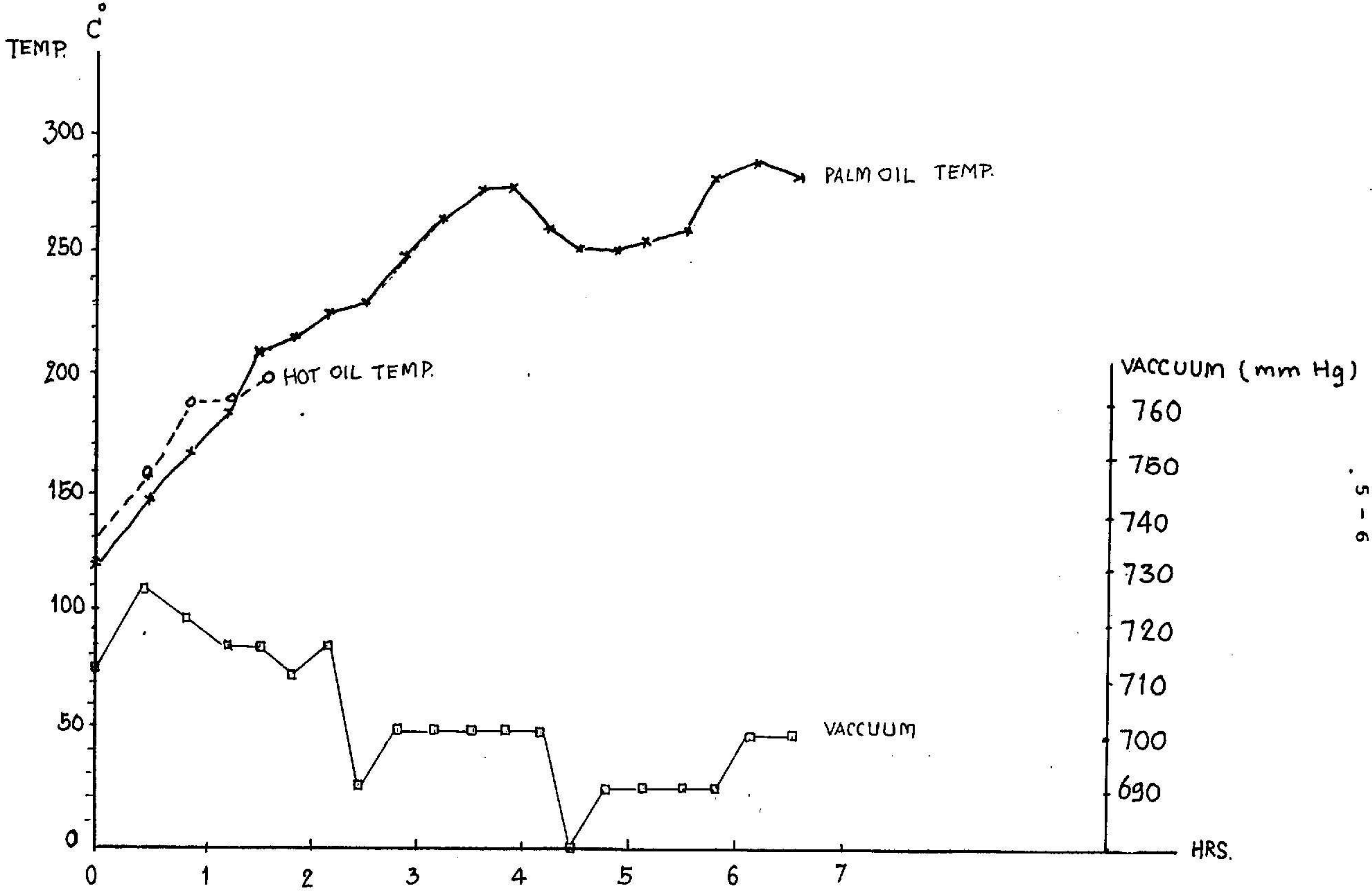
ในกระบวนการแยกไขนี้ จากการทดลองพบว่าถังเลี้ยงผลึกไม่จำเป็นต้องทำเป็นระบบน้ำเย็น โดยสามารถสร้างเป็นถังเลี้ยงผลึกธรรมดาและมีมอเตอร์กวนน้ำมันปาล์มเท่านั้น โดยการลดอุณหภูมิสามารถใช้คอล์ยเย็นในห้องเย็นได้ และเมื่อทำการปรับอุณหภูมิและตั้งเวลาก็สามารถทำการเลี้ยงผลึก

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงผลการกลั่นน้ำมันปาล์มเมื่อวันที่ 25 เมษายน 2537

เวลา	อุณหภูมิ (C)		ความดัน Steam	ระบบบารอเมตริก	
				Vacuum	FFA
(น.)	Hot oil	น้ำมันปาล์ม	(kg/cm^2)	(mm Hg)	
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 5.1 กราฟแสดงการลดกรดไขมันอิสระในกระบวนการกายภาพ



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงอุณหภูมิของการแยกกรดและดูดกลิ่นในกระบวนการแบบกายภาพ

รูปที่ 5.3 น้ำมันปาล์มโอเลอีนกลั่นบริสุทธิ์บรรจุถุง

รูปที่ 5.4 ไขสเตียริน

และลดอุณหภูมิได้โดยไม่ต้องมีคนงานเฝ้า ดังนั้นในห้องเย็นก็สามารถสร้างถังเลี้ยงผลึกแบบธรรมดา 2 ถัง โดยแต่ละถังมีขนาด 1,400 ลิตร ซึ่งจะทำให้การเลี้ยงผลึกสลับกัน หรือพร้อมกันก็ได้ขึ้นอยู่กับน้ำมันที่ผ่านการดูดกลิ่นแล้ว

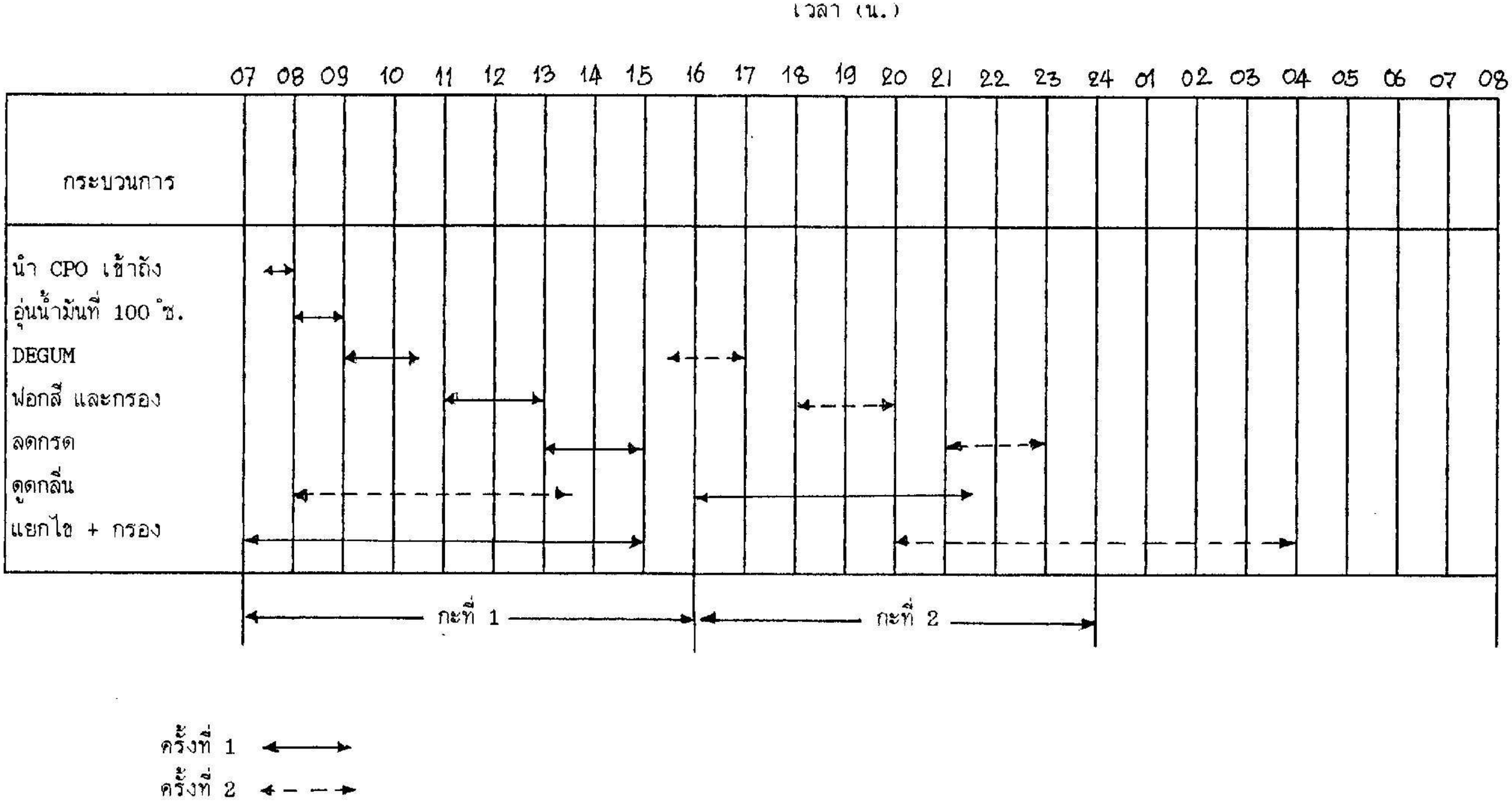
จากผลการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ทั้ง 2 แบบ คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตในแต่ละกระบวนการย่อย และได้นำข้อมูลนี้มาจัดทำตารางการผลิตขึ้น โดยพยายามยามจัดให้ทำการผลิตแบบต่อเนื่อง เป็น 2 กะ สำหรับกระบวนการดีกัม ฟอกสี และลดกรด และ 2 กะ สำหรับกระบวนการดูดกลิ่น ดังแสดงในตารางที่ 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ

5.3 <u>การปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์</u>

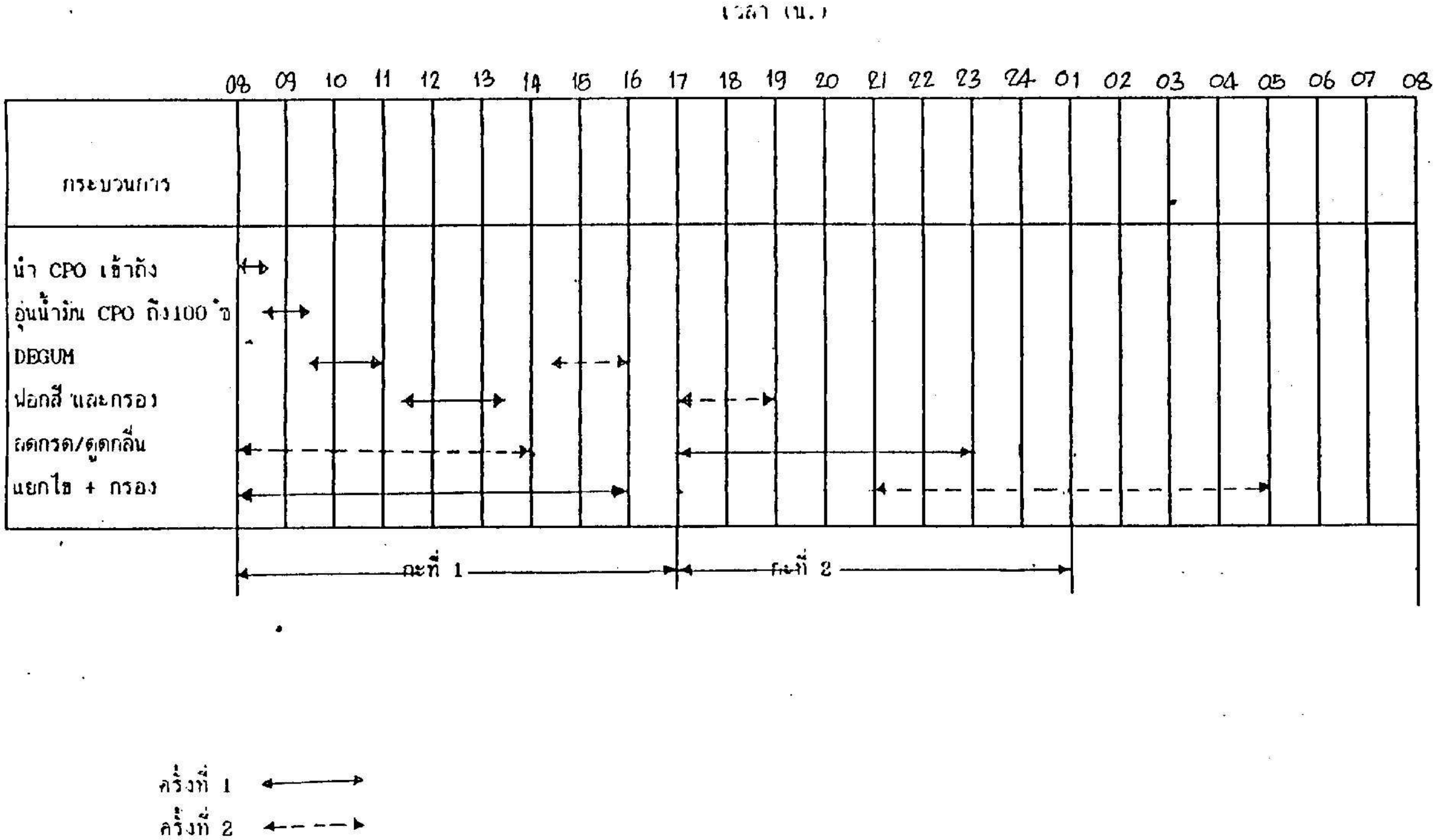
จากการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ พบว่า อุปกรณ์และระบบยังต้องมีการปรับปรุงแก้ไขหลายประการ ซึ่งคณะผู้วิจัยก็ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำของกรรมการสภาวิจัย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. ทำการตัดระบบ Superheat ของน้ำมันเทอร์มัลออก เนื่องจากมีปัญหาเรื่องการขยายตัวของท่อน้ำมันและวาล์ว เมื่ออุณหภูมิสูงมาก และสร้างเตา Superheat เฉพาะของไอน้ำอย่างเดียว
2. แก้ไข Seal ของข้อต่อน้ำมันเทอร์มัลมิให้เกิดการรั่ว
3. ตรวจเช็คและแก้ไขรอยรั่วในระบบสุญญากาศ และถังดูดกลิ่น
4. แก้ไขปัญหาท่อปล่อยไอน้ำมีเสียงดังเสร็จเรียบร้อย
5. แก้ไขปัญหาเรื่องปล่องควัน โดยยกปล่องให้สูงขึ้นพ้นหลังคาตึกโรงหล่อ
6. ทำการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์วาล์วไอน้ำ และวาล์วน้ำมันเทอร์มัลใหม่
7. ทำการแก้ไขระบบการลดอุณหภูมิ (Cooling) ในถังดูดกลิ่น โดยการต่อท่อน้ำเย็นเข้าไปในขดท่อ Superheat ซึ่งเมื่อทำการดูดกลิ่นและแยกกรดเสร็จแล้วก็จะปิดวาล์วไอน้ำจากวงจร Superheat แล้วปั๊มน้ำเย็นจากบ่อน้ำ Cooling เข้าไปในท่อ Superheat แทนเพื่อลดอุณหภูมิน้ำมัน จากการทดลองพบว่าสามารถลดอุณหภูมิน้ำมันจาก 240 ํซ.เหลือ 100 ํซ. ภายในเวลาเพียง 1 ชั่วโมง ซึ่งก่อนหน้านี้ต้องใช้ต้องเวลานานกว่า 15 ชั่วโมง และต้องเดินระบบสุญญากาศตลอดเวลาเพื่อมิให้น้ำมันเกิดออกซิไดส์กับอากาศ
8. ทำการยกระดับหลังคาโรงงานขึ้นอีก 1 เมตร เพื่อให้มีการระบายอากาศดีขึ้น
9. เปลี่ยนวาล์วนิรภัยของหม้อกำเนิดไอน้ำและทำการทดสอบ
10. ทำการแก้ไขปัญหากรดไขมันอุดตันในระบบสุญญากาศ โดยในระยะแรกได้พยายามใช้วิธีเปิดไอน้ำเข้าไปละลายกรดไขมัน แต่เกิดปัญหาอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้สุญญากาศตก ต่อมาจึงตัดถังดักกรดไขมันออก แล้วปล่อยให้กรดไขมันตกลงไปในบ่อ แล้วคอยแยกออกเมื่อกรดไขมันลอยตัวขึ้น อย่างไรก็ดียังคงประสบปัญหาอยู่เนื่องจากอุณหภูมิน้ำในบ่อน้ำหมุนเวียนจะค่อย ๆ สูงขึ้น ทำให้สุญญากาศตกลงมาเป็น 720 มิลลิเมตรปรอท

<u>ตารางที่</u> 5.2 ตารางปฏิบัติงานของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมี



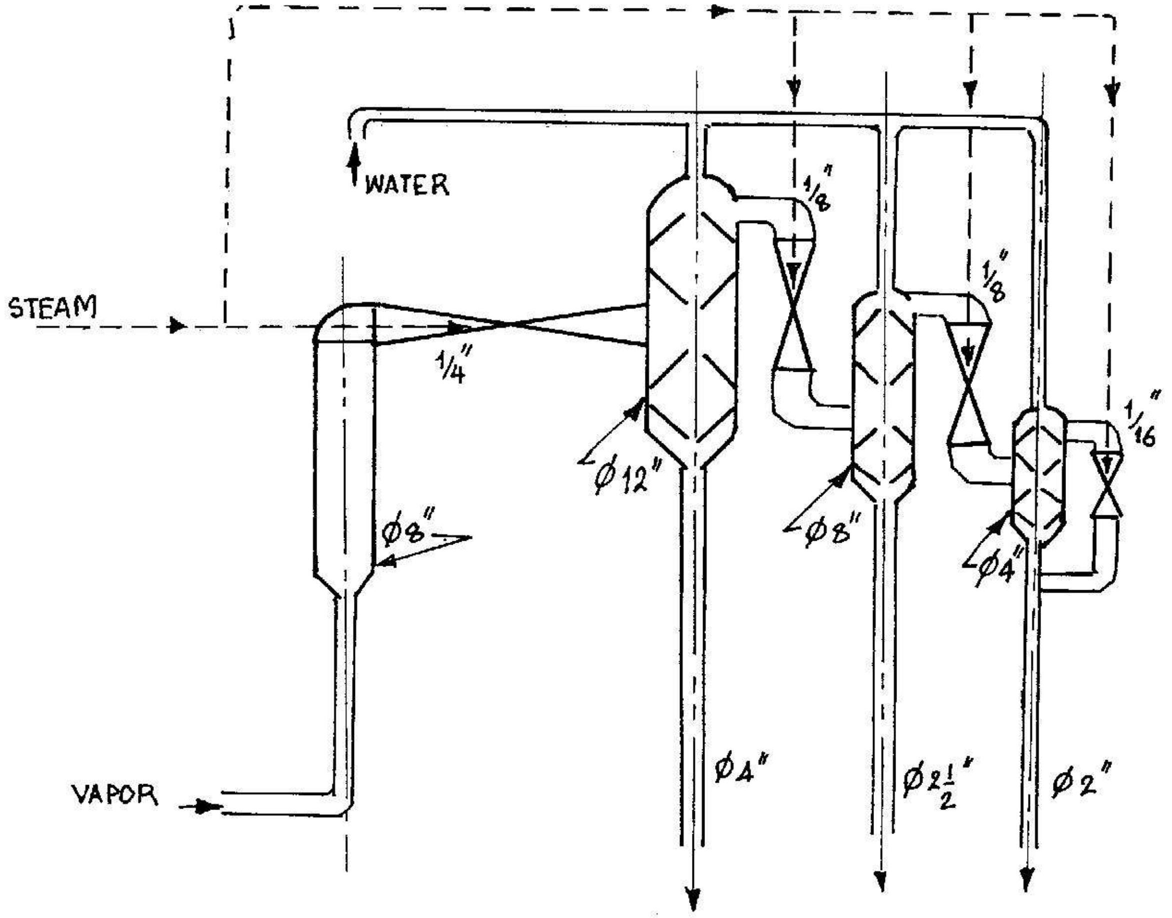
ตารางที่ 5.3 ตารางปฏิบัติงานของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มแบบกายภาพ



11. ทำการแก้ไขโดยติดพัดลมที่หอผึ่งเย็นเพื่อลดอุณหภูมิน้ำในบ่อหมุนเวียนลงไม่ให้เกิน 30 °ซ.

12. เพิ่มเติมสติมอีเจ็คเตอร์ช่วยในการทำสุญญากาศอีกหนึ่งตัว ดังรูปที่ 5.5

รูปที่ 5.6 แสดงถึงการปรับปรุงอุปกรณ์โดยการเปลี่ยนวาล์วของท่อไอน้ำ และเทอร์มัลออยล์



รูปที่ 5.5 การต่อวงจรระบบสุญญากาศที่ปรับปรุงใหม่

รูปที่ 5.6 การเปลี่ยนวาล์วท่อไอน้ำ และท่อเทอร์มัลออยล์

บทที่ 6

การทดลองแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปาล์ม

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบสร้าง ติดตั้ง และทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ทั้งกระบวนการทางกายภาพ และกระบวนการทางเคมี รวมทั้งได้ทำการปรับปรุงแก้ไข และเปลี่ยนอุปกรณ์ กลั่นน้ำมันปาล์มให้ได้มาตรฐานและมีความปลอดภัยในการใช้งานเสร็จแล้ว การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนต่อไปก็คือการทดลองแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์ม 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

6.1 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. การแปรรูปไขสบู่เป็นสบู่ ในขั้นตอนแรกจะต้องนำไขสบู่มาผลิตให้เป็นสบู่เสียก่อน โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

- นำไขสบู่มาใส่ในถังต้มสบู่ประมาณครึ่งถัง เติมน้ำสะอาดลงไปพอท่วมไขสบู่ เปิดวงจรน้ำมันเทอร์มัลเพื่อให้ความร้อนแก่ไขสบู่จนไขสบู่ละลายหมด ระวังอย่าให้อุณหภูมิเกิน 95 °ซ. ไขสบู่จะเดือดจนเต็มถังมีสีข้นขาวคล้ายนม

- 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 6.1 แสดงถึงการผลิตสบู่จากไขสบู่

2. นำสบู่มาผลิตเป็นผงซักฟอก ในขั้นตอนที่ 2 เป็นการนำเอาสบู่ที่ผลิตได้จากขั้นตอนแรกมาผลิตเป็นผงซักฟอกเทียมขึ้น หรือเรียกว่า สบู่ผงสำหรับซักฟอก เนื่องจากยังมีเนื้อสบู่เป็นส่วนผสมอยู่คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองสูตรผงซักฟอกเทียมหลายสูตรพร้อมทั้งทดสอบตลาดไปด้วย จนในที่สุดสามารถสรุปสูตรที่ดีที่สุดได้ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. นำเอาโซดาซักผ้า (โซเดียมคาร์บอเนต) 1,500 กรัม ใส่ภาชนะเติมกรดฟอสฟอริคลงไป 1,500 กรัม ทำปฏิกิริยาจนหมด วัดค่า pH ได้ 7 นำส่วนผสมไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดดังแสดงในรูปที่ 6.2

รูปที่ 6.1 การผลิตสบู่จากไขสบู่

รูปที่ 6.2 เครื่องบดผสม

รูปที่ 6.3 การทดลองผลิตผงซักฟอก

รูปที่ 6.4 ผงซักฟอกที่ทดลองผลิตจากไขสบู่

รูปที่ 6.5 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 และผงซักฟอกเทียม
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

สำหรับการแปรรูปไขสเตียรินเป็นผงซักฟอกเทียมนั้น 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 6.6 โดยมีขั้นตอนการผลิตและต้นทุนการแปรรูปดังนี้

1. ใช้สูตรผสมน้ำมันโอเลอีน 40 % ไขสเตียริน 60 %

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

<u>หมายเหตุ</u> : 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 6.7 แสดงถึงเนยขาวที่ทดลองผลิตได้

2. ต้นทุนการแปรรูปมีรายละเอียดดังนี้

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

= 52.53/200 = 0.26 บาท/กก.

<u>ค่าไนโตรเจน</u> ใช้ประมาณวันละ 2 ถัง ๆ ละ 100 บาท

= (2 X 100)/1,416 = 0.14 บาท/กก.

<u>ค่าบรรจุถุง</u> ประมาณ 1.00 บาท/กก.

<u>กระป๋องพลาสติก</u> 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

<u>ส่วนผสม</u> 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

<u>วิธีทำ</u>

นำไขสเตียรินตั้งไฟให้ละลาย แล้วทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิ 60-65 °ซ. นำน้ำต้มเดือดละลายเกลือลงไปจนหมด ใส่โซเดียมเบนโซเอท สารอีมัลซิฟาย กลิ่นและสี คนให้เข้ากัน เสร็จแล้วนำส่วนผสมใส่ลงในน้ำมันโอเลอีนกวนให้เข้ากันแล้วนำไปพรีชที่อุณหภูมิ 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

6.4 <u>สรุปผลการทดลองแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องของโรงงานขนาดเล็ก</u>

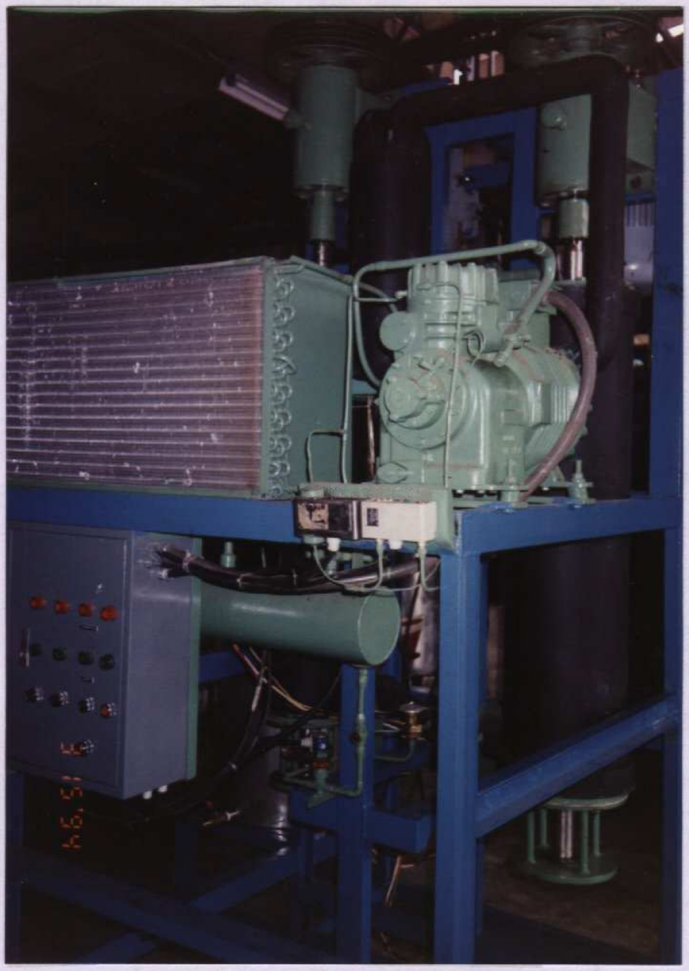
จากการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และการทดลองแปรรูปผลิตผลพลอยได้ของโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มขนาดเล็กที่ใช้เป็นโรงงานต้นแบบนี้ สามารถสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 6.7-6.9 ซึ่งสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์โดยรวมจะประกอบด้วย

ก. <u>กระบวนการกลั่นแบบเคมี</u>

- น้ำมันปาล์มโอเลอีนบริสุทธิ์	1,013	กก./วัน
- เนยขาว/เนยเทียม	1,416	กก./วัน
- ผงซักฟอกเทียม	1,338	กก./วัน

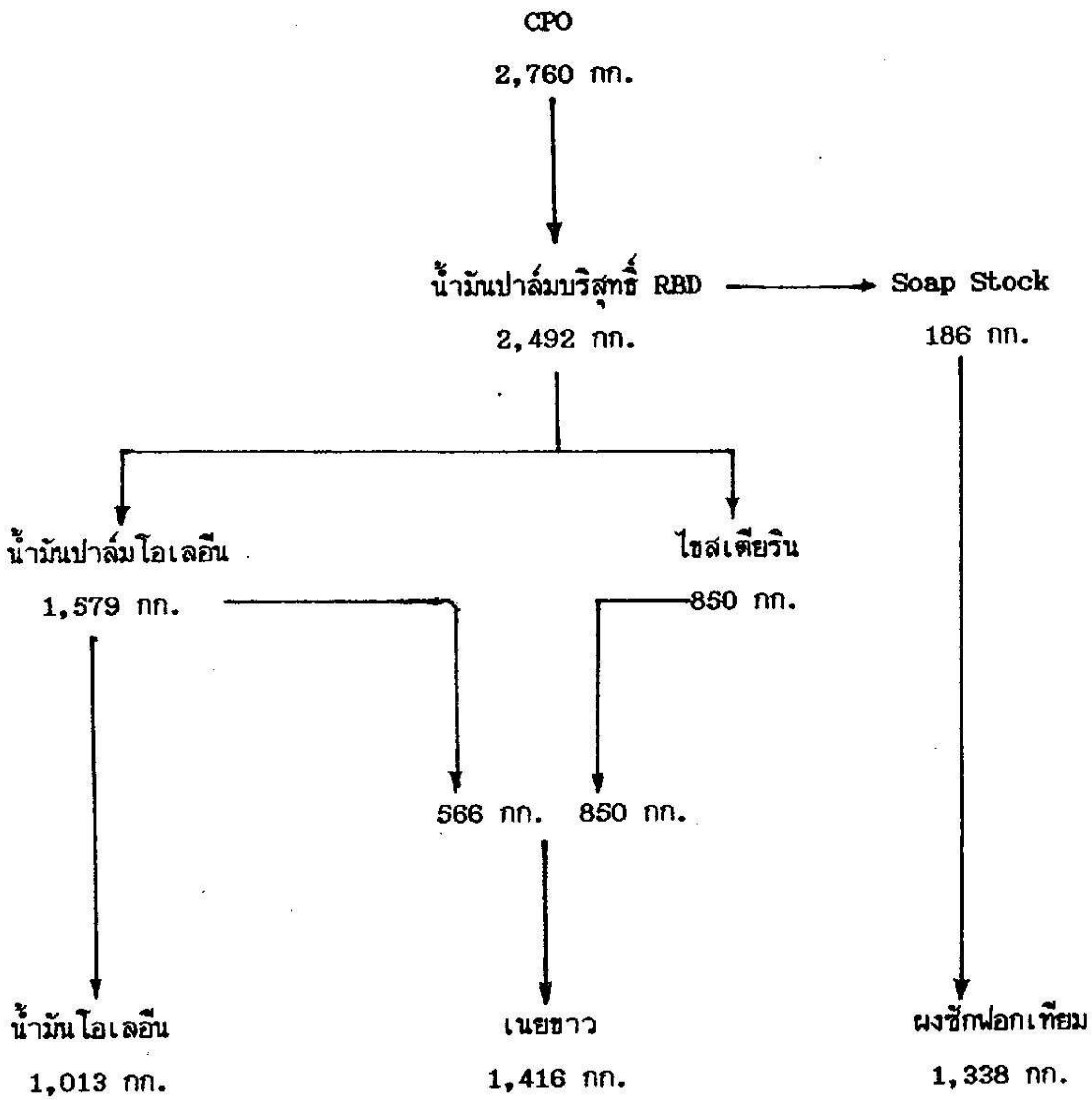
ข. <u>กระบวนการกลั่นแบบกายภาพ</u>

- น้ำมันปาล์มโอเลอีนบริสุทธิ์	1,053	กก./วัน
- เนยขาว/เนยเทียม	1,475	กก./วัน
- ผงซักฟอกเทียม	993	กก./วัน

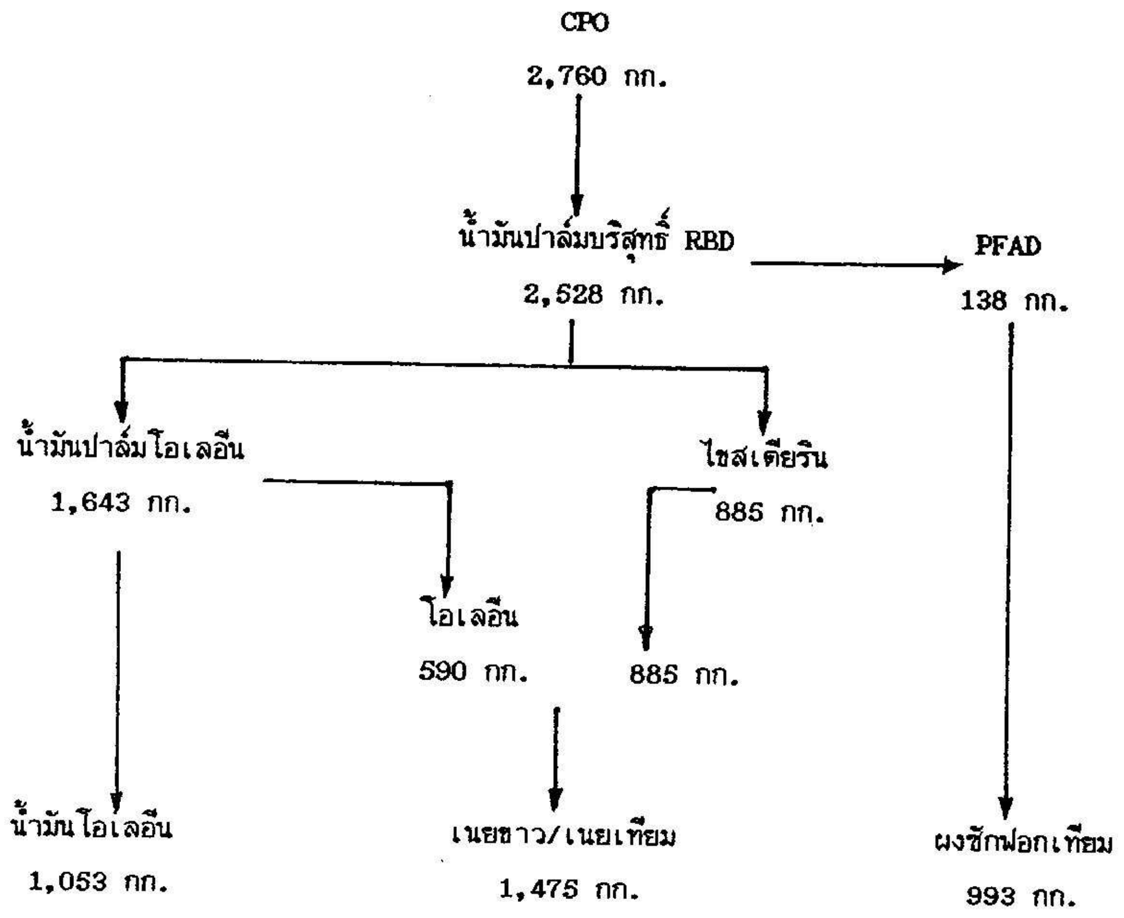


รูปที่ 6.6 เครื่องทำเนยขาวและเนยเทียม

รูปที่ 6.7 ตัวอย่างเนยขาวที่ทดลองผลิตได้



รูปที่ 6.8 การกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการเคมี และแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้ต่อวัน



รูปที่ 6.9 การกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการกายภาพ และการแปรรูปผลิตผลพลอยได้ต่อวัน

6.5 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	= 7.00 บาท
โปแตสเซียมไนเตรท	125 กรัม	กก. ละ 25 บาท	= 3.125 บาท

<u>ส่วนผสม 2</u> ประกอบด้วย

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

<u>ส่วนผสม 3</u> ประกอบด้วย

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

<u>ส่วนผสม 4</u> ประกอบด้วย

สี - น้ำหอม = 4.50 บาท

<u>วิธีทำ</u>

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. <u>การทดลองผลิตเค้กเนย</u> 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 นำแป้งเค้กโรยให้ทั่ว เคาะแป้งที่เหลือออก 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 ค่าใช้จ่ายการผลิต ค่าวัสดุหีบห่อ และค่าขนส่ง

บทที่ 7

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนการลงทุน

เมื่อได้ทำการออกแบบและสร้างโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก พร้อมทั้งได้ทำการทดลองกลั่นน้ำมันปาล์มทั้งแบบกายภาพ และแบบเคมี และทำการปรับปรุงแก้ไขเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ให้ได้มาตรฐานตามข้อแนะนำของคณะกรรมการประเมินผล นอกจากนั้นก็ได้ทำการทดลองแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์ม ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถจัดจำหน่ายและมีลู่ทางการจำหน่ายในท้องถิ่นได้แล้ว ในขั้นตอนต่อไปก็เป็นการทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนการลงทุนเพื่อหาข้อสรุปว่าโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็กนี้ จะมีความเป็นไปได้ที่จะดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้หรือไม่ โดยมีเงื่อนไขและข้อสมมติว่าโรงงานนี้จะจัดตั้งขึ้นในบริเวณพื้นที่ชนบทที่มีสวนปาล์ม และโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มตั้งอยู่ และโรงงานควรจะตั้งอยู่ริมถนนใหญ่ ซึ่งสามารถขนส่งน้ำมันปาล์มดิบมายังโรงงานและขนส่งน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดได้สะดวก อยู่ไม่ไกลจากตัวเมืองมากนัก เพื่อให้สามารถจัดสร้างระบบสาธารณูปโภคเช่น ไฟฟ้า และโทรศัพท์ เข้ามายังโรงงานได้ในราคาที่ไม่สูงมาก หรืออาจจะเข้าไปตั้งอยู่ในเขตอุตสาหกรรมในกรณีที่จังหวัดนั้นมีเขตอุตสาหกรรมอยู่ และมีสิ่งจูงใจต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจะจัดจำหน่ายในท้องถิ่นใกล้เคียงอันประกอบด้วยน้ำมันปาล์มโอเลอีนกลั่นบริสุทธิ์ บรรจุถัง 200 ลิตร หมุนเวียนจำหน่ายให้แก่ภัตตาคารใหญ่ๆ และโรงแรมส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งจะบรรจุถุงพลาสติกขนาด 1 กิโลกรัม ขายปลีกให้แก่ประชาชาชนในชนบท ในราคากิโลกรัมละ 25 บาท นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์พลอยได้ต่าง ๆ คือ เนยขาว จะส่งขายโรงงานเบเกอรี่เป็นเนยสำหรับผลิตขนมปังในราคากิโลกรัมละ 20 บาท และผลิตภัณฑ์ผงซักฟอกเทียมจำหน่ายบรรจุถุงในราคากิโลกรัมละ 25 บาท

7.1 <u>การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต</u>

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก ประกอบด้วยการวิเคราะห์ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร ต้นทุนการแปรรูปต่อหน่วย และต้นทุนการผลิตต่อหน่วย ของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มทั้ง 2 ระบบ ภายใต้ข้อสมมติ หลายประการดังนี้

7.1.1 <u>เงินทุน</u> (Investment Cost) ประกอบด้วย ค่าที่ดิน ค่าลงทุน อาคารโรงงานและสำนักงาน ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ ระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. <u>ค่าที่ดิน</u> ใช้ที่ดินในการก่อสร้างโรงงานรวม 3 ไร่ สำหรับสร้างโรงงาน สำนักงาน โรงอาหาร บ้านพัก และระบบบำบัดน้ำทิ้ง ราคาประเมินซื้อขายที่ดินในบริเวณพื้นที่สวนปาล์มติดถนนใหญ่ห่างจากตัวเมืองไม่เกิน 5 กิโลเมตร ราคาประเมินไร่ละ 60,000 บาท

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

2. <u>ค่าก่อสร้าง</u> 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. <u>ค่าเครื่องจักร และระบบสาธารณูปโภค</u> เครื่องจักรและอุปกรณ์มีรายละเอียดสรุปในตารางที่ 7.1 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

7.1.2 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ต้นทุนคงที่ประกอบด้วย ดอกเบี้ย ค่าเสื่อมราคา เงินเดือน และค่าโสหุ้ยการผลิต ดังมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

1. <u>ดอกเบี้ย</u> สมมติผู้ลงทุนกู้เงินจากธนาคาร 3 ล้านบาท (ประมาณ 50 % ของโครงการ) อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 13 ต่อปี

$$\text{ค่าดอกเบี้ย} = \frac{3,000,000 \times 0.13}{365} = 1,068.49 \text{ บาท/วัน}$$

2. <u>ค่าเสื่อมราคา</u> ประกอบด้วยค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร และอาคารซึ่งคิดอายุ 10 ปี และ 20 ปี ตามลำดับ โดยคิดค่าเสื่อมแบบเส้นตรงดังนี้

$$\text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร} = \frac{4,062,005}{10 \times 365} = 1,112.88 \text{ บาท/วัน}$$

ตารางที่ 7.1 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.	ชุดดักไขมัน	2	11,625	23,250
11.	ชุดบารอเมตริค และ Steam Booster	1	123,013	123,013
12.	ระบบท่อ วาล์ว ปั้ม	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.	ถังเลี้ยงผลึกพร้อมมอเตอร์กวน	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

ค่าเสื่อมราคาอาคาร = 1,400,000 / (20 x 365) = 191.78 บาท/วัน

รวมค่าเสื่อมราคา = 1,304.66 บาท/วัน

3. <u>เงินเดือน</u> 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)/30 = 700 บาท/วัน

4. <u>ค่าโสหุ้ย</u> ประกอบด้วย ค่าโทรศัพท์ ค่าเอกสาร ค่ารับรองและค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร คิดเฉลี่ยวันละ 500 บาท

สรุปต้นทุนคงที่ ดังนี้

		บาท/วัน	
ค่าดอกเบี้ย		1,068.49	
ค่าเสื่อมราคา		1,304.66	
	รวม	2,373.15	
เงินเดือนบริหาร		700.00	
ค่าโสหุ้ย		500.00	
	รวม	1,200.00	
	รวมทั้งสิ้น		3,573.15

7.1.3 **<u>ต้นทุนผันแปร</u>** (Variable Cost) ต้นทุนผันแปรของกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มทั้ง 2 แบบ จะแตกต่างกันตามผลการทดลอง ในที่นี้จะทำการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 แบบ โดยทั้งสองกระบวนการจะเดิน 2 กะ ๆ ละ 12 ชั่วโมง ทั้งนี้ยังไม่รวมการผลิตเนยขาวและผงซักฟอก จะคิดเฉพาะการกลั่นน้ำมันปาล์มอย่างเดียว ผลการวิเคราะห์ต้นทุนผันแปร แสดงไว้ในตารางที่ 7.2

7.1.4 **<u>ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย</u>** เมื่อทราบค่าต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรของแต่ละกระบวนการแล้ว ก็สามารถคำนวณหาต้นทุนการแปรรูปรวม และต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการสูญเสียน้ำมันจากการทดลองกระบวนการแบบกายภาพ 8 % และกระบวนการเคมี 11 % ตามลำดับ คิดราคาน้ำมันปาล์มดิบ 12 บาทต่อกิโลกรัม ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 7.3 สรุปได้ว่ากระบวนการกลั่นน้ำมันแบบกายภาพมีต้นทุนผันแปร 2.22 บาทต่อกิโลกรัมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดยกระบวนการเคมีจะมีต้นทุนผันแปร 2.47 บาทต่อกิโลกรัมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ส่วนต้นทุนรวมจะเท่ากับ 16.67 และ 17.58 บาทต่อกิโลกรัมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ตามลำดับ

ตารางที่ 7.2 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.	-	-	15.00 กก.	390.00
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		6,011.83

7.2 ประมาณการรายได้ และกำไร จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

เมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแล้วในขั้นตอนต่อไปก็เป็นการประมาณการรายได้ และผลกำไรสุทธิจากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ของโรงงานในแต่ละกระบวนการ โดยมีข้อสมมติว่า ผลิตภัณฑ์สามารถจำหน่ายได้หมด ดังมีรายละเอียดดังนี้

7.2.1 กระบวนการทางเคมี ประกอบด้วย

1. รายได้

		บาท/วัน
รายได้จากการจำหน่ายน้ำมันปาล์มโอเลอีน 1,013 x 25.00	=	25,320
รายได้จากการจำหน่ายเนยขาว 1,416 x 20.00	=	28.320
รายได้จากการจำหน่ายผงซักฟอก 1,338 x 25.00	=	33,450
รวมรายได้	=	87,095

2. กำไรสุทธิ

	บาท/วัน
รายได้รวมจากข้อ 1	87,095.00
ต้นทุนการกลั่นน้ำมันปาล์ม	42,704.98
ต้นทุนการแปรรูปผงซักฟอก 20 x 1,338	26,760.00
ต้นทุนการแปรรูปเนยขาว 3.39 x 1,416	4,800:24
ค่าแรง 3 คนๆ ละ 150 บาทต่อวัน	450.00
ค่าขนส่ง 0.50 บาท/กก. x 3,767	1,883.50
ค่าการตลาด 1.50 บาท/กก. x 3,767	5,650.50
กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	4,845.78

7.2.2 กระบวนการทางกายภาพ ประกอบด้วย

1. รายได้

		บาท/วัน
รายได้จากการจำหน่ายน้ำมันปาล์มโอเลอีน = 1,053 x 25.00	=	26,325.00
รายได้จากการจำหน่ายเนยขาว = 1,475 x 20.00	=	29,500.00
รายได้จากการจำหน่ายผงซักฟอก = 993 x 25.00	=	24,825.00
รวม	=	80,650.00

2. กำไรสุทธิ

	บาท/วัน
รายได้รวมจากข้อ 1	80,650.00
ต้นทุนการกลั่นน้ำมัน	42,324.99
ต้นทุนแปรรูปผงซักฟอก 22 x 993	21,846.00
ต้นทุนแปรรูปเนยขาว 1,475 x 3.39	5,000.25
ค่าแรงคนงาน 3 คน 150 บาท/วัน	450.00
ค่าขนส่ง 0.50 บาท/กก. x 3,521	1,760.00
ค่าการตลาด 1.50 บาท/กก. x 3,521	5,281.50
รวมกำไรสุทธิก่อนหักภาษี	3,987.26

ตารางที่ 7.3 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 %)	2,429 กก. (สูญเสีย 11 %)
3.	ต้นทุนวัตถุดิบ (12.00 บาท/กก.)	33,120.00 บาท	33,120.00 บาท
4.	ต้นทุนคงที่	3,573.15 บาท	3,573.15 บาท
5.	ต้นทุนผันแปร	5,631.84 บาท	6,011.83 บาท
6.	ต้นทุนรวม (3) + (4) + (5)	42,324.99 บาท	42,704.98 บาท
7.	ต้นทุนแปรรูปต่อหน่วย (5) - (2)	2.22 บาท/กก.RBD	2.47 บาท/กก.RBD
8.	ต้นทุนรวมต่อหน่วย (6) - (2)	16.67 บาท/กก.RBD	17.58 บาท/กก.RBD

7.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

เนื่องจากกระบวนกลั่นน้ำมันปาล์มแบบเคมีจะให้ผลกำไรสุทธิเฉลี่ยสูงกว่าแบบกายภาพ แต่ประสิทธิภาพและต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของกระบวนการกายภาพจะดีกว่าแบบเคมี ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนในหัวข้อนี้จึงเป็นการวิเคราะห์ทั้งสองแบบ ซึ่งประกอบด้วยการหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return, IRR) และระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) ภายใต้ข้อสมมติดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลาการวิเคราะห์โครงการ 15 ปี
2. ราคาน้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ย 12.00 บาทต่อกิโลกรัม
3. กรดไขมันอิสระ ไม่เกิน 5 %

4. โรงงานทำงาน 2 กะ ๆ ละ 8 ชั่วโมง หยุดวันอาทิตย์ และวันนักขัตฤกษ์ รวมทำงานปีละ 300 วัน
5. ระยะเวลาก่อสร้างโรงงานและติดตั้งเครื่องจักรจนแล้วเสร็จ 8 เดือน
6. ช่วงปีที่ 1 (4 เดือนแรก) ผลิตได้ 50 % ของกำลังการผลิต
7. ช่วงปีที่ 2 ผลิตได้ 80 % ของกำลังการผลิต
8. ช่วงปีที่ 3 เป็นต้นไป ผลิตได้ 100 %
9. ไม่มีปัญหาเรื่องตลาด
10. ไม่มีผลกระทบจาก AFTA
11. ได้สิทธิประโยชน์จากสำนักส่งเสริมการลงทุน ไม่เสียภาษีเงินได้นิติบุคคล 8 ปีแรก และลด 50 % อีก 5 ปี
12. เงินเดือนฝ่ายบริหาร และค่าโสหุ้ยเพิ่มขึ้น 5 % ทุก ๆ 3 ปี
13. สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากโรงงานคงที่ตลอดระยะ 15 ปี
14. ราคาจำหน่ายผลิตภัณฑ์คงที่ตลอด 15 ปี

ตารางที่ 7.4 และ 7.5 แสดงถึงผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนของกระบวนการเคมีและกายภาพ ซึ่งให้ค่า IRR = 17.95 % และ 22.09 % โดยมีระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 2 เดือน และ 2 ปี 11 เดือน ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็กซึ่งมีกำลังผลิตวันละ 2.4 ตันนี้ สามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้ทั้งกระบวนการเคมีและกายภาพ โดยกระบวนการทางกายภาพจะให้ผลตอบแทนดีกว่าเล็กน้อย

TABLE 7.4 - ECONOMIC ANALYSIS FOR SMALL SCALE PALMOIL REFINERY (CHEMICAL REFINE)

INTERNAL RATE OF RETURN

UNIT (MILLION BAHT)

PAYBACK PERIOD

							Price	25.00	25.00	20.00	Baht/kg											
							VC		20.00	3.39												
		2.760	12.00	2373.15	1200	2.47	0.11	0.417	0.55	0.583		2.00										
							PRODUCTION (tons)							TOTAL	PROF	Net Prof	NET PROF	INT	DEPRE	Total	CUMULATIVE	
YEAR	INVEST	CPO(tons)	RM Cost	FC	ADM+OH	VC	RBD PO	RBD Olein	DETG	SHORT	TL WT	Tr&Com	TL-COST	REVENUE			w/o Inv	0.13	1304.66			
1	6.057918	138.000	1.6560	0.866200	0.144000	0.303365	122.820	51.2159	`67.5510	71.6041	190.371	0.3807	3.3503	2.8075	-6.60073	-6.60073	-0.54281	0.78753	0.47620	0.72092	0.72092	
2		862.400	7.9488	0.866200	0.438000	1.456154	589.536	245.8365	324.2448	343.6995	913.7808	1.8278	12.5367	13.4760	0.93927	0.93927	0.93927	0.78753	0.47620	2.20300	2.92392	
3		828.000	9.9360	0.866200	0.438000	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.3448	16.8450	1.50014	1.50014	1.50014	0.78753	0.47620	2.76387	5.68779	13.90618
4		828.000	9.9360	0.866200	0.459900	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.3667	16.8450	1.47824	1.47824	1.47824	0.78753	0.47620	2.74197	8.42976	1.642341
5		828.000	9.9360	0.866200	0.459900	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.3667	16.8450	1.47824	1.47824	1.47824	0.78753	0.47620	2.74197	11.17172	
6		828.000	9.9360	0.866200	0.459900	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.3667	16.8450	1.47824	1.47824	1.47824	0.78753	0.47620	2.74197	13.91369	
7		828.000	9.9360	0.866200	0.482895	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.3897	16.8450	1.45524	1.45524	1.45524	0.78753	0.47620	2.71897		
8		828.000	9.9360	0.866200	0.482895	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.3897	16.8450	1.45524	1.45524	1.45524	0.78753	0.47620	2.71897		
9		828.000	9.9360	0.866200	0.482895	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.3897	16.8450	1.45524	1.236956	1.23696	0.78753	0.47620	2.50069		
10		828.000	9.9360	0.866200	0.507040	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.4139	16.8450	1.43110	1.216433	1.21643	0.78753	0.47620	2.48016		
11		828.000	9.9360	0.866200	0.507040	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.4139	16.8450	1.43110	1.216433	1.21643	0.78753	0.47620	2.48016		
12		828.000	9.9360	0.866200	0.507040	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.4139	16.8450	1.43110	1.216433	1.21643	0.78753	0.47620	2.48016		
13		828.000	9.9360	0.866200	0.532392	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.4392	16.8450	1.40575	1.194883	1.19488	0.78753	0.47620	2.45861		
14		828.000	9.9360	0.866200	0.532392	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.4392	16.8450	1.40575	0.984022	0.98402	0.78753	0.47620	2.24775		
15		828.000	9.9360	0.866200	0.532392	1.820192	736.920	307.2956	405.3060	429.6244	1142.226	2.2845	15.4392	16.8450	1.40575	0.984022	0.98402	0.78753	0.47620	2.24775		
	Total	11564.40	138.77																			

	year	month
Payback Period =	3	1.6

GUES Val	IRR	NPV
22.00%	17.95%	6.59957

TABLE 7.5 - ECONOMIC ANALYSIS FOR SMALL SCALE PAMOIL REFINERY (PHYSICAL REFINE)

Price	25.00	25.00	20.00	Baht/kg
VC		20.00	3.39	

PAYBACK PERIOD

INTERNAL RATE OF RETURN

UNIT (MILLION BAHT)

2.760 12.00 2373.15 1200 2.22 0.08 0.4165 0.39 0.583 2.00

YEAR	INVEST	CPO(tons)	RM Cost	FC	ADM+OH	VC	PRODUCTION (tons) RBD PO	RBD Olein	DETG	SHORT	TL WT	TrCom	TL-COST	TOTAL REVENUE	PROF	Net Prof	NET PROF w/o Inv	INT 0.13	DEPRE 1304.66	Total	CUMULATIVE	
1	6.057918	138.000	1.6560	0.866200	0.144000	0.281851	126.960	52.8788	49.5144	74.0177	176.4109	0.3528	3.3009	2.7990	-6.55981	-6.55981	-0.50190	0.78753	0.47620	0.76183	0.76183	
2		662.400	7.9488	0.866200	0.438000	1.352886	609.408	253.8184	237.6691	355.2849	846.7724	1.6935	12.2994	13.4351	1.13566	1.13566	1.13566	0.78753	0.47620	2.39939	3.16122	
3		828.000	9.9360	0.866200	0.438000	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.0482	16.7939	1.74562	1.74562	1.74562	0.78753	0.47620	3.00935	6.17057	11.79705
4		828.000	9.9360	0.866200	0.459900	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.0701	16.7939	1.72372	1.72372	1.72372	0.78753	0.47620	2.98745	9.15803	-0.45880
5		828.000	9.9360	0.866200	0.459900	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.0701	16.7939	1.72372	1.72372	1.72372	0.78753	0.47620	2.98745	12.14548	
6		828.000	9.9360	0.866200	0.459900	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.0701	16.7939	1.72372	1.72372	1.72372	0.78753	0.47620	2.98745	15.13293	
7		828.000	9.9360	0.866200	0.482895	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.0931	16.7939	1.70073	1.70073	1.70073	0.78753	0.47620	2.96446		
8		828.000	9.9360	0.866200	0.482895	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.0931	16.7939	1.70073	1.70073	1.70073	0.78753	0.47620	2.96446		
9		828.000	9.9360	0.866200	0.482895	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.0931	16.7939	1.70073	1.445617	1.44562	0.78753	0.47620	2.70935		
10		828.000	9.9360	0.866200	0.507040	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.1173	16.7939	1.67658	1.425094	1.42509	0.78753	0.47620	2.68883		
11		828.000	9.9360	0.866200	0.507040	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.1173	16.7939	1.67658	1.425094	1.42509	0.78753	0.47620	2.68883		
12		828.000	9.9360	0.866200	0.507040	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.1173	16.7939	1.67658	1.425094	1.42509	0.78753	0.47620	2.68883		
13		828.000	9.9360	0.866200	0.532392	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.1426	16.7939	1.65123	1.403545	1.40355	0.78753	0.47620	2.66728		
14		828.000	9.9360	0.866200	0.532392	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.1426	16.7939	1.65123	1.155861	1.15586	0.78753	0.47620	2.41959		
15		828.000	9.9360	0.866200	0.532392	1.691107	761.760	317.2730	297.0864	444.1061	1058.465	2.1169	15.1426	16.7939	1.65123	1.155861	1.15586	0.78753	0.47620	2.41959		
Total	11564.40		138.77																			

	year	month
Payback Period =	2	11.8

GUES Val	IRR	NPV
22.00%	22.09%	6.56030

บทที่ 8
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยในโครงการพัฒนาโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดเล็ก สำหรับกลุ่มเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อยของประเทศไทย สามารถสรุปผลได้ดังนี้

8.1.1 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

8.1.2 ได้ทำการศึกษา ทดลอง และรวบรวมผลงานวิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปผลิตผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ทะลายปาล์ม เส้นใยปาล์ม กากปาล์ม ไขสบู่ และไขสเตียริน สรุปได้ว่ามีการนำทะลายปาล์มไปทำปุ๋ย และเพาะเห็ด กากปาล์มและกากเมล็ดปาล์มนำไปทดลองใช้เป็นอาหารสัตว์ เส้นใยปาล์มนำไปเป็นเชื้อเพลิงและทำแผ่นใยปาล์ม-ซีเมนต์ ไขสบู่ได้ทดลองนำไปผลิตเป็นสบู่ซักล้างและสบู่การฝีมือ ส่วนไขสเตียรินมีการนำไปทดลองเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์ และทำสบู่หอมฟอกร่างกาย

8.1.3 ได้ทำการทดลองกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มทั้งกระบวนการแบบเคมี และกระบวนการแบบกายภาพ สรุปผลได้ดังนี้

	กระบวนการกายภาพ	กระบวนการเคมี
ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ต่อวัน	2,760 กก.	2,760 กก.
ปริมาณความสูญเสีย	8 %	11 %
ปริมาณน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ที่ผลิตได้	2,539 กก.	2,429 กก.
ต้นทุนผันแปรต่อ กก. น้ำมันบริสุทธิ์	2.22 บาท	2.47 บาท
ต้นทุนรวมต่อ กก. น้ำมันบริสุทธิ์	16.67 บาท	17.58 บาท

8.1.4 ได้ทำการทดลองแปรรูปผลิตภัณฑ์พลอยได้ ที่จะเพิ่มมูลค่าและมีลู่ทางการจำหน่ายในท้องถิ่น สรุปได้ดังนี้

1. <u>ไขสบู่</u> (Soap Stock) ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการแบบเคมี สามารถนำมาผลิตเป็นผงซักฟอกเทียมได้ โดยใช้ต้นทุนการแปรรูปรวมค่าหีบห่อ 20.00 บาทต่อกิโลกรัม สามารถผลิตผงซักฟอกได้วันละประมาณ 1,338 กิโลกรัม

2. <u>กรดไขมัน</u> (PFAD) เป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการกลั่นแบบกายภาพ สามารถนำมาผลิตเป็นผงซักฟอกเทียมได้เช่นเดียวกัน โดยมีต้นทุนการแปรรูปกิโลกรัมละ 22 บาท (รวมค่าหีบห่อแล้ว) และสามารถผลิตได้วันละประมาณ 993 กิโลกรัม

3. <u>ไขสเตียริน</u> ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการแยกไข สามารถนำมาผลิตเป็นเนยขาว และเนยเทียม โดยมีสูตรผสม ไขสเตียริน 60 : โอเลอีน 40 โดยคิดค้นเป็นเครื่องทำเนยขาวมีกำลังผลิตประมาณชั่วโมงละ 200 กิโลกรัม ต้นทุนการแปรรูปรวมวัสดุหีบห่อประมาณ 3.39 บาทต่อกิโลกรัม โดยมีกำลังผลิตวันละ 1,416-1,475 กิโลกรัม

นอกจากนี้ก็ยังได้ทำการทดลองแปรรูปไขสบู่ให้เป็นสบู่ล้างจานได้สำเร็จ และทดลองผลิตขนมปังจากไขสเตียรินและเนยขาว และทดลองผลิตเค้กเนยจากมาการีนอีกด้วย

8.1.5 จากผลการเปรียบเทียบกระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มทั้งสองแบบสรุปได้ว่า กระบวนการกลั่นแบบเคมี ได้ค่า Internal Rate of Return (IRR) 17.95% และมีระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 2 เดือน ส่วนกระบวนการแบบกายภาพได้ค่า IRR 22.09 % มีระยะคืนทุน 2 ปี 11 เดือน จึงสรุปได้ว่าโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ขนาดกำลังการผลิตวันละ 2.4 ตัน สามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้ โดยมีข้อสมมติว่า ไม่มีปัญหาด้านการตลาดจำหน่ายน้ำมันปาล์มโอเลอีน และผลิตภัณฑ์พลอยได้ทั้งหมด

8.1.6 ในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยสามารถทำการปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ตามข้อแนะนำของคณะกรรมการติดตามและประเมินผลการวิจัยเป็นผลสำเร็จหลายประการดังนี้

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

2. สามารถปรับปรุงระบบการทำความเย็นให้กับน้ำมันปาล์มที่ผ่านการดูดกลิ่น และลดกรดซึ่งมีอุณหภูมิถึง 250 °ซ. ให้สามารถลดอุณหภูมิลงมาเหลือ 100 °ซ. ภายใน 1 ชั่วโมงได้โดยใช้วงจรน้ำเย็นผ่านน้ำเย็นเข้าไปในขดท่อไอน้ำในถังดูดกลิ่นได้เป็นผลสำเร็จ ซึ่งก่อนปรับปรุงนั้นจะต้องใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 10 ชั่วโมง และจะต้องเดินระบบสุญญากาศเลี้ยงไว้มิให้น้ำมันปาล์มเกิดออกซิไดส์ตลอดเวลา ทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก

3. ได้ทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ท่อและวาล์วให้ได้มาตรฐานจนมีความปลอดภัยสูง และได้ทำการต่อท่อปล่องควันให้สูงพ้นหลังคาตึกโรงหล่อเพื่อแก้ปัญหาควันดำ และแก้ไขปัญหาการปล่อยไอน้ำให้เกิดเสียงดังได้สำเร็จ

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

8.2 ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินการโครงการวิจัยครั้งนี้ ถึงแม้จะสรุปได้ว่าสามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้โดยใช้กระบวนการกลั่นทั้งสองแบบ แต่ในทางปฏิบัติก็อาจประสบปัญหาด้านตลาดจำหน่ายผลิตผลพลอยได้ คือ ผงซักฟอกกับเนยขาว เนื่องจากตลาดในท้องถิ่นอาจมีขีดจำกัดสำหรับผลิตภัณฑ์เหล่านี้ และในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ยังไม่สามารถจะปรับปรุงระบบสุญญากาศให้ได้ถึง 754 มม.ปรอทได้ ทำให้กระบวนการกลั่นแบบกายภาพต้องใช้เวลานานถึงประมาณ 6 ชั่วโมงต่อรอบ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ควรปรับปรุงระบบสุญญากาศ ให้สามารถทำสุญญากาศได้ถึง 754 มม.ปรอท เพื่อให้สามารถกลั่นน้ำมันด้วยกระบวนการทางกายภาพได้ อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ก

2. ทำการปรับปรุงระบบดูดกลิ่นและลดกรด จากถังดูดกลิ่นแบบกะ (Batch) ให้เป็นระบบอื่นที่มีประสิทธิภาพสูงเช่น ระบบ Thin Film เป็นต้น ซึ่งถ้าหากทำการศึกษาค้นคว้าและทดลองเป็นผลสำเร็จก็จะทำให้สามารถกลั่นน้ำมันด้วยระบบกายภาพ ได้ทำให้ประสิทธิการกลั่นน้ำมันสูง

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

สำหรับข้อเสนอแนะข้อ 2 และ ข้อ 3 นั้น หากดำเนินการค้นคว้าวิจัยได้เป็นผลสำเร็จในเสกลเล็กก็จะส่งผลให้เกิดการวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีอย่างสำคัญยิ่ง เพราะจะทำให้ต้นทุนการกลั่นน้ำมันปาล์มลดลงไปเป็นอันมาก และในขณะเดียวกันก็ได้นำเอาไขสเตียรินซึ่งมีราคา และมูลค่าต่ำมากมาแปรรูปในอุตสาหกรรม Oleochemicals ซึ่งจะเพิ่มมูลค่าสูงขึ้นเป็นอันมาก ดังนั้นโครงการนี้ก็สามารถที่จะดำเนินการอยู่ได้ ถึงแม้ว่าจะมีข้อตกลงทางการค้า AFTA เข้ามาในอนาคตก็ตาม

บรรณานุกรม

1. ชัยยศ สันติวงษ์ การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2533
2. ณรงค์ ชูประกอบ อนาคตอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2533
3. ไพจิตร จันทรวงศ์ พืชน้ำมันและน้ำมันพืช 52 ชนิด คู่มือการใช้ประโยชน์ และตรวจสอบคุณภาพ สายงานเคมีพืชน้ำมัน และสารธรรมชาติ กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร, 2530
4. วีระพล สุวรรณนันต์ การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของแผนและโครงการ สำนักฝึกอบรม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2524
5. การอบรมโครงการพัฒนาบุคลากร ด้านเทคโนโลยีการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดย กองวิทยาลัยเกษตรกรรม กรมอาชีวศึกษา ร่วมกับ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 20-24 กันยายน 2536
6. ปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม คู่มือเกษตรกร, โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากพระราชดำริ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2528
7. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค มอก. 288-2535, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2535
8. Brigitte Jacobsbery, Quality of Palm Oil, PORIM Occasional Paper, no 10, October 1983.
9. Mahatta T.L. Technology and Refining of Oils and Fats, Small Business Publications, New Delhi.
10. PANTZARIS T.P., Pocketbook of Palm Oil Uses, Palm Oil Research Institute of Malaysia, 1987,
11. Perry R.H., Chilton C.H., Chemical Engineering Handbook, 5th Edition, MC. Graw Hill, 1973.
12. YOUNG F.V.K., The Refining of Palm Oil, PORIM Technology, 1981.
13. 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 กินเนนซิส (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				วิธีทดสอบตาม
		น้ำมันปาล์มธรรมชาติ	น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี	น้ำมันปาล์มโอลีอินผ่านกรรมวิธี		
				ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	
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

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	กรดพาล์มิติก (palmitic acid)	32 ถึง 59	32 ถึง 59
4	กรดพาล์มิโตลีอิก (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	น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี และน้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี	
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 สารละลายนอร์มัลเฮกเซน-เอทิลแอซีเทต 1 + 1

11.2.2.4 สารละลายนอร์มัลเฮกเซน-เอทิลแอซีเทต 99 + 1

11.2.2.5 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 20 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

11.2.2.6 สารละลายมาตรฐานที่บีเอชคิว 1 000 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ละลายที่บีเอชคิว 100 มิลลิกรัมในเอทิลแอซีเทต 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

11.2.3 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานที่บีเอชคิว 0 2 4 6 8 และ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร 6 ใบตามลำดับ เติมเอทิลแอซีเทตจนถึงขีดปริมาตร ฉีดสารละลาย 0.004 ลูกบาศก์เซนติเมตร (4 ไมโครลิตร) จากแต่ละขวดเข้าเครื่องก๊าซลิควิดโครมาโทกราฟ เขียนกราฟมาตรฐานระหว่างความสูงของยอด (peak) เป็นมิลลิเมตร กับปริมาณที่บีเอชคิว 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 คำนวณหาปริมาณที่บีเอชคิวจากกราฟโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

11.3 อัสคอร์บิล 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 μl) และมีคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.6 มิลลิเมตร ยาว 25 เซนติเมตร บรรจุด้วยโครมีกาบอนด์ไดแอมีน (chromegabond diamine) ขนาด 5 ไมโครเมตร

11.2.2.6 สารละลายมาตรฐานที่บีเอชคิว 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 อัสคอร์บิล 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 μl) และมีคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.6 มิลลิเมตร ยาว 25 เซนติเมตร บรรจุด้วยโครมีกาบอนด์ไดเอมีน (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