รายงานโครงการวิจัย

การศึกษาวิธีการ
แยกน้ำมันจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

โครงการย่อย : การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

เสนอต่อ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม

Order Key.....
BIB Key 20666

สมด
เลขหมู่ TD749 T6U 2536
เลขทะเบียน
6 ก.พ. 2544

จัดทำโดย

ผศ. ดร. อรัญ หันพงศ์กิตติกูล ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
ผศ. ดร. พูนสุข ประเสริฐสรรพ์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
ผศ. เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
ผศ. ดร. กัลยา ศรีสุวรรณ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
ดร. วีระศักดิ์ ทองลิมป์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

พฤษภาคม 2536

โครงการวิจัยไทย-เยอรมัน : การศึกษาวิธีการแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

โครงการย่อยที่ 1 : การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

โรงงานน้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นโรงงานที่สกัดน้ำมันปาล์มจากทะลายผลปาล์มโดยวิธีมาตรฐาน ซึ่งมีเครื่องแยก separator และ decanter สำหรับแยกน้ำมันออกจากน้ำสลัดจ์ ที่ได้จากการหีบน้ำมัน ได้ศึกษาคุณลักษณะน้ำทิ้งจากขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ ได้แก่ น้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง น้ำสลัดจ์ก่อนเข้าเครื่องแยก น้ำทิ้งจากเครื่องแยก separator และ decanter น้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งรวม น้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันสุดท้าย และน้ำทิ้งจากเครื่องแยกกรวดทราย โดยวิเคราะห์ ค่า pH, COD, BOD, สารแขวนลอย และน้ำมัน พบว่า แต่ละตัวอย่างมีค่าต่าง ๆ แตกต่างกัน โดยเฉลี่ยน้ำสลัดจ์ก่อนเข้าเครื่องแยกมีค่าเหล่านี้สูงสุด น้ำทิ้งจากหม้อนึ่งมีปริมาณสารแขวนลอยต่ำ (เฉลี่ย 10.30 ก/ล.) และมีน้ำมันค่อนข้างสูง (เฉลี่ย 14.57 ก/ล.) น้ำทิ้งจาก separator ยังคงมีน้ำมันเหลืออยู่ 12.78 ก/ล.ในขณะที่น้ำทิ้งจาก decanter มีน้ำมันอยู่ 15.21 ก/ล. น้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งรวมมีน้ำมัน 9.45 ก/ล. น้ำทิ้งจากจากบ่อดักน้ำมันสุดท้ายมีน้ำมันอยู่ 11.36 ก/ล.ในขณะที่น้ำทิ้งจากเครื่องแยกกรวดทรายมีน้ำมัน 20.13 ก/ล.

เมื่อทดลองแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง พบว่า น้ำมันที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งสามารถแยกได้ง่าย โดยตั้งทิ้งไว้ก็เกิดการแยกชั้น สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งจากเครื่องแยก หรือน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งรวม ได้ทำการทดลองแยกน้ำมันหลายวิธี คือ วิธีการตกจม (normal settling), การให้ความร้อนพร้อมกับการกวนอย่างช้า ๆ การใช้สารช่วยตกตะกอน เช่น $FeCl_3$, $Ca(OH)_2$ หรือ $Al_2(SO_4)_3$, การใช้วิธี dispersed air flotation หรือวิธี dissolved air flotation ไม่สามารถแยกน้ำมันออกได้ ส่วนวิธีการหมุนเหวี่ยง สามารถแยกน้ำทิ้งออกเป็น 3 ชั้น โดยน้ำทิ้งจาก separator มีปริมาตรชั้นบน 2-14% ชั้นกลาง 57-77% และชั้นล่าง 16-28% ในแต่ละชั้นมีปริมาณน้ำมัน 1.09-1.37%, 0.06-0.24% และ 4.00-5.64% ตามลำดับ สำหรับน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งรวม เมื่อหมุนเหวี่ยงมีปริมาตรชั้นบน 3-13% ชั้นกลาง 60-79% และชั้นล่าง 18-28% โดยแต่ละชั้นมีปริมาณน้ำมัน 1.67-2.64%, 0.08-0.15% และ 3.41-4.97% ตามลำดับ การหมุนเหวี่ยงน้ำทิ้งจากเครื่องแยกและน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งรวม

สามารถแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งได้ 5-30% และทำให้น้ำทิ้งสุดท้ายมีค่า COD และน้ำมัน ลดลง ประมาณ 50% และ 85% ตามลำดับ

ผลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่า การหมุนเหวี่ยงสามารถแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งได้ จึงควรทำการศึกษาการแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งในระดับ pilot test ด้วยวิธีการหมุนเหวี่ยง โดยเพิ่มเครื่องแยก separator เข้าไปในกระบวนการผลิตซึ่งจะทำการทดลองโดยให้น้ำทิ้งผ่านเข้า decanter แล้วเข้า separator หรือผ่านเข้า separator ที่ต่อกับ separator เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการแยกน้ำมันต่อไป

จากการศึกษาคุณภาพของน้ำมันที่ได้จากบ่อดักน้ำมันสุดท้าย พบว่าบางครั้งน้ำมันมีค่ากรดไขมันอิสระสูงถึง 21.22% สาเหตุเนื่องจากการปล่อยให้น้ำมันสะสมในบ่อดักเป็นเวลาหลายวัน ดังนั้นเพื่อให้ได้น้ำมันที่มีคุณภาพดีจากบ่อดัก จึงควรใช้เครื่องเก็บน้ำมันแบบอัตโนมัติ (skimmer) ที่ทำการเก็บน้ำมันตลอดเวลา ซึ่งจะทำการทดลองในขั้นต่อไปด้วย

Thai - German Project : Oil Recovery from Palm Oil Mills Waste Water

Phase I : Lab - scale test

Abstracts

The selected palm oil mill for this study employed the standard process for oil separator from fresh fruit bunches and had both separator and decanter for oil separator from sludge after screw pressing. Effluent samples were taken from the following points; after sterilizer, before separator, after separator, after decanter, from oil room, after final oil trap and after desander. They were analysed for pH, COD, BOD, suspended solids and oil & grease. The effluent after sterilizer had low suspended solids (ave 10.30 g/l) and high oil & grease (ave 14.57 g/l) contents. The sludge from settling tank before entering separator had very high value of all parameters. The effluent after separator still contained 12.78 g/l oil & grease while the content in the effluent after decanter was 15.21 g/l. The mixed effluent from oil room and the effluent after final oil trap contained oil & grease of 9.45 and 11.36 g/l, respectively. However, the effluent after desander contained 20.13 g/l oil & grease

Oil from the effluent after sterilizer could be easily separated by normal settling. Since the other effluents were very viscous and contained high suspended solids, the separation of oil from these effluents was not succeeded through normal settling, heating and

settling, slow stirring and settling methods. The experiments to separate oil from the mixed effluent were conducted using dispersed, dissolved air flotation, and addition of chemical coagulants : $FeCl_3$, $Ca(OH)_2$ and $Al_2(SO_4)_3$. The results indicated no oil separation. The mixed effluent from oil room was the complex suspension consisting of water, cell debris and oil which made the separation of oil by either flotation or other mentioned methods so difficult and seem impossible. However, after centrifugation the effluent after separator and the mixed effluent could be separated into three layers. The oil recovery by this method was 5-30%. Furthermore, COD and oil & grease of the final effluent were reduced approximately by 50% and 85% respectively.

From the centrifugation results, it is proposed that the pilot test to separate oil from the effluents should be investigated having either decanter and separator or separator and separator connected in series. In addition to oil recovery this proposed method will also help to reduce the COD of the final effluent.

Sometime the oil in the final oil trap contained as high as 21.22% of free fatty acid because the oil was let accumulate in the final oil trap for many days. In order to get good oil quality an automatic skimmer that is able to collect oil in the trap all the time is recommended.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
Abstract	IV
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
2.1 การแปรรูปปาล์มน้ำมัน	3
2.2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ	3
2.3 มาตรฐานคุณภาพของน้ำมันปาล์ม	8
2.4 ลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงาน	8
2.5 การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง	9
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	17
3.1 การเก็บตัวอย่าง	18
3.2 การวิเคราะห์ลักษณะน้ำทิ้ง	19

สารบัญ (ต่อ)

3.3 การทดลองแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง 20

3.4 ลักษณะน้ำทิ้งจากกล้องจุลทัศน์ 22

3.5 คุณภาพน้ำมัน 23

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 28

4.1 คุณลักษณะของน้ำทิ้ง 28

4.2 การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง 32

4.3 ลักษณะน้ำทิ้งจากกล้องจุลทรรศน์ 37

4.4 ประสิทธิภาพของเครื่องแยก 37

4.5 คุณภาพของน้ำมัน 38

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 61

5.1 คุณลักษณะน้ำทิ้งจากขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ ของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 61

5.2 การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง 61

5.3 ประสิทธิภาพของเครื่องแยก 62

5.4 คุณภาพของน้ำมัน 62

5.5 ข้อเสนอแนะในการแยกน้ำมันจากน้ำทิ้ง 62

เอกสารอ้างอิง 67

ภาคผนวก ก.

ภาคผนวก ข.

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบและคุณสมบัติของน้ำทิ้งโรงงานน้ำมันปาล์ม จากส่วนน้ำทิ้งของหม้อนึ่ง และส่วนที่ออกจากเครื่องแยกน้ำมัน decanter หรือ separator	13
2.2	องค์ประกอบและคุณสมบัติของน้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์มจากบ่อรวบรวมน้ำทิ้ง	14
2.3	Characteristics of individual waste water streams of palm oil mill	15
2.4	Characteristics of combined waste waters of palm oil mill	16
4.1	ลักษณะน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง	39
4.2	ลักษณะน้ำสลัดจ์ก่อนเข้าเครื่องแยก	40
4.3	ลักษณะน้ำทิ้งจากเครื่องแยก (separator)	41
4.4	ลักษณะน้ำทิ้งจากเครื่องแยก (decanter)	42
4.5	ลักษณะน้ำทิ้งรวม (mixed effluent from oil room)	43
4.6	ลักษณะน้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันสุดท้าย	44
4.7	ลักษณะน้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันของน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง	45
4.8	ลักษณะน้ำทิ้งจากเครื่องแยกกรวดทราย	46
4.9	การแยกน้ำทิ้งรวมโดยการให้ความร้อน	47
4.10	การแยกน้ำทิ้งรวมโดยการกวนด้วยความเร็วต่ำ (15 รอบต่อนาที)	48
4.11	การแยกน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยการหมุนเหวี่ยง 4,500 รอบต่อนาที 30 นาที	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
4.12 ผลของการหมุนเหวี่ยงต่อการลดค่า COD และ Oil & Grease ของน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	50
4.13 การแยกน้ำทิ้งรวมโดยใช้สารเคมีช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ	51
4.14 การแยกน้ำทิ้งรวมโดยวิธี dispersed air flotation	53
4.15 ผลของเวลาต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแยก (separator)	56
4.16 คุณภาพของน้ำมันจากจุดเก็บต่าง ๆ ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	58
5.1 คุณลักษณะน้ำทิ้ง จากขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ ของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	64
5.2 ผลของวิธีการแยกต่อการนำน้ำมันออกจากน้ำทิ้งรวม	65
5.3 การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งโดยวิธีหมุนเหวี่ยง	66

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	กระบวนการหีบน้ำมันแบบมาตรฐาน	6
3.1	จุดเก็บตัวอย่างจากขั้นตอนต่าง ๆ ในการสกัดน้ำมันปาล์ม ของบริษัทพัทลุงปาล์ม จำกัด	24
3.2	เครื่องมือ Lab-dispersed air flotation unit	25
3.3	Lab-dissolved air flotation unit system flow sheet	26
3.4	เครื่องมือ Lab-dissolved air flotation unit	27
4.1	การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งโดยการต่อเครื่องแยก separator กับ separator	59
4.2	การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งโดยการต่อเครื่องแยก decanter กับ separator	60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (Elaeis guineensis) เริ่มนำเข้ามาปลูกในประเทศไทย ครั้งแรกเป็นไม้ประดับที่สถานีการยางคอหงส์ จังหวัดสงขลา ในปี พ.ศ. 2511 จึงเริ่มมีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้าที่จังหวัดกระบี่ และจังหวดสตูล โดยนำพันธุ์มาจากมาเลเซียทั้งหมด ต่อมาจึงปลูกกันอย่างแพร่หลายในอีกหลายจังหวัดทางภาคใต้ ในปี พ.ศ. 2534 มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 975,500 ไร่ ได้รับผลผลิตเฉลี่ย 2,160 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คิดเป็นผลผลิตปาล์มสดทั้งทะลายประมาณ 1,408,420 ตัน หรือสกัดน้ำมันปาล์มดิบได้ 255,910 ตัน แบ่งเป็นน้ำมันจากผลปาล์ม 239,430 ตัน และจากเมล็ดในปาล์ม 16,480 ตัน

ปี พ.ศ. 2529 มีโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 34 โรง และ โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ 13 โรง (ผาสุข กุลละวณิชย์ และ คณะ 2531) ในปี 2533 ประเทศไทยมีโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ถึง 40 โรง (Fries 1990) การผลิตน้ำมันปาล์มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ผลที่ตามมาคือ มีวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำมันเพิ่มขึ้น โดยมีวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งประกอบด้วย ทะลายเปล่า เส้นใย เปลือกผลปาล์ม กะลาผลปาล์ม กากเนื้อผลปาล์ม และส่วนที่เป็นของเหลว คือน้ำทิ้ง (effluent)

วัสดุเศษเหลือจากโรงงานน้ำมันปาล์ม ที่นำไปใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น ทะลายเปล่าใช้เป็นเชื้อเพลิง คลุมต้นไม้ เผาทำปุ๋ยโปแตส เส้นใยใช้ทำกระดาษ (Kirkaldy & Sutano, 1976; Okiy, 1987) จากการสำรวจโรงงานปาล์มน้ำมันในเขตจังหวัดภาคใต้ โดยพูนสุข ประเสริฐสรรพ์ และคณะ (2533) พบว่ามีการนำ ทะลายเปล่า เส้นใย และเศษกะลา ไปใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงโดยตรง เถ้าจากการเผาทะลายเปล่าใช้เป็นปุ๋ย กากปาล์มใช้เป็นอาหารสัตว์ เส้นใยใช้เพาะเห็ด และสลัดจ์ใช้เป็นวัสดุคลุมดินและปุ๋ย ส่วนของน้ำทิ้งก็มีการนำไปใช้รดต้นปาล์ม

การสกัดน้ำมันปาล์มแบบใช้น้ำจะมีปริมาณน้ำทิ้งออกมามาก และน้ำทิ้งนี้มีค่า BOD และ COD สูง นอกจากนี้ในน้ำทิ้งยังมีน้ำมันอยู่ระดับหนึ่ง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาในการบำบัดน้ำทิ้งและหากบำบัด

ไม่ถูกวิธีจะเกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมอย่างร้ายแรง ดังนั้นถ้าสามารถแยกน้ำมันนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

1.2 วัตถุประสงค์

เนื่องจากในน้ำทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มยังมีน้ำมันปะปนอยู่ในระดับหนึ่ง การทดลองนี้จึงต้องการแยกเอาน้ำมันที่ปะปนอยู่ออกจากน้ำทิ้งเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนการผลิต และยังจะช่วยลดทั้งค่า BOD และ COD ของน้ำทิ้ง อันจะช่วยให้การบำบัดน้ำทิ้งทำได้ง่ายขึ้นอีกระดับหนึ่ง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ โดยศึกษา

ก. คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ

ข. การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งโดยวิธีการทางกายภาพและเคมี

ค. คุณลักษณะของน้ำมันจากขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ

ง. ประสิทธิภาพของเครื่องแยกน้ำมัน

ทั้งนี้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบกระบวนการผลิตให้เหมาะสมและหาวิธีการแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง ในขั้นทดลองระดับ pilot test

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 การแปรรูปปาล์มน้ำมัน

การแปรรูปปาล์มน้ำมัน เป็นกระบวนการอุตสาหกรรมต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยกระบวนการ 3 ขั้นตอน คือ

(1) การแปรรูปขั้นต้น ได้แก่ การสกัดหรือหีบเอาน้ำมันออกจากเปลือกผลปาล์มได้น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil, CPO) และน้ำมันจากเมล็ดในปาล์ม (Crude Palm Kernel Oil, CPKO)

(2) การแปรรูปขั้นที่สอง เป็นการนำเอาน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในมาทำการกลั่นให้บริสุทธิ์ โดยแยกเอาสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกเพื่อนำไปใช้ในการอุปโภคและบริโภคต่อไป น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์มที่ผ่านกระบวนการกลั่นบริสุทธิ์แล้ว เรียกว่า น้ำมันบริสุทธิ์

(3) การแปรรูปขั้นสุดท้าย เป็นการนำเอาส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการแปรรูปในขั้นที่สองไปผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ กัน

2.2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

การสกัดน้ำมันปาล์มดิบจากทะลายสดนั้นได้เริ่มมีมาตั้งแต่สมัยโบราณในทวีปแอฟริกาโดยชาวพื้นเมืองได้นำเอาผลปาล์มมาต้มกับน้ำแล้วใส่ครกไม้ตำ แล้วนำไปต้มกับน้ำร้อนเพื่อแยกเอาน้ำมันออกมา ต่อมามีการพัฒนาเครื่องจักรสำหรับสกัดน้ำมันปาล์มในยุคล่าอาณานิคมโดย ประเทศผู้ล่าอาณานิคมต่าง ๆ เช่น เนเธอร์แลนด์ อังกฤษ และเบลเยี่ยม บริษัทที่มีชื่อเสียงสมัยแรก ๆ คือ Gbr.Stork และ Werkspoor ของเนเธอร์แลนด์ และ Manlow & Alliot ของอังกฤษ เป็นต้น เครื่องหีบน้ำมันสมัยแรก ๆ เป็นเครื่องเหวี่ยงแบบหนีศูนย์กลางความเร็วรอบ 800-1,000 รอบต่อนาที ซึ่งประสิทธิภาพการหีบค่อนข้างต่ำ (15-16% ของน้ำหนักทะลาย) ต่อมามีการพัฒนาเป็นเครื่องไฮโดรลิคส์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง แต่ใช้กำลังสูงและทำงานไม่ต่อเนื่อง

ในปี 1960 มีการพัฒนาเครื่องหีบแบบเกลียวอัด โดยบริษัทยูนิลิเวอร์ได้พัฒนาเครื่องหีบแบบเกลียวอัด Colin ขึ้น และได้มีการพัฒนาเป็นเครื่อง Spichim แต่ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากมีปัญหาด้านการซ่อมบำรุงเป็นอย่างมาก

ในปี 1964 เครื่องหีบแบบเกลียวอัดอีกชนิดหนึ่ง Usine de Wecker ซึ่งเคยหีบเหล้าองุ่นได้ถูกดัดแปลงมาใช้หีบน้ำมันปาล์ม และหลังจากทำการปรับปรุงอยู่ 2 ปี ก็ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ปัจจุบันเครื่องหีบน้ำมันปาล์มได้รับการพัฒนาเป็นแบบเกลียวอัดคู่ และใช้ระบบไฮโดรลิคส์ทำการสกัดน้ำมันปาล์ม

กระบวนการผลิตที่ใช้ในประเทศไทยมีแตกต่างกัน 3 แบบคือ

2.2.1 **กระบวนการสกัดน้ำมันแบบมาตรฐาน** โรงงานประเภทนี้เริ่มตั้งขึ้นเป็นครั้งแรกที่จังหวัดกระบี่ในราวปี พ.ศ. 2517 และ ต่อมามีการสร้างและอยู่ในระหว่างดำเนินการก่อสร้างอีกรวมทั้งสิ้น 14 โรงงาน โรงงานเหล่านี้จะมีกำลังผลิตตั้งแต่ 10 ถึง 30 ตันทะลายต่อชั่วโมงและเกือบทุกโรงงานจะมีสวนปาล์มเป็นของตนเองตั้งแต่ 10,000 ไร่ขึ้นไปโรงงานเหล่านี้ใช้เงินลงทุนค่อนข้างสูงคือประมาณ 20-50 ล้านบาท และเนื่องจากเครื่องจักรส่วนใหญ่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศและมีราคาแพง เกือบทุกโรงงานจึงต้องขอรับการส่งเสริมจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน

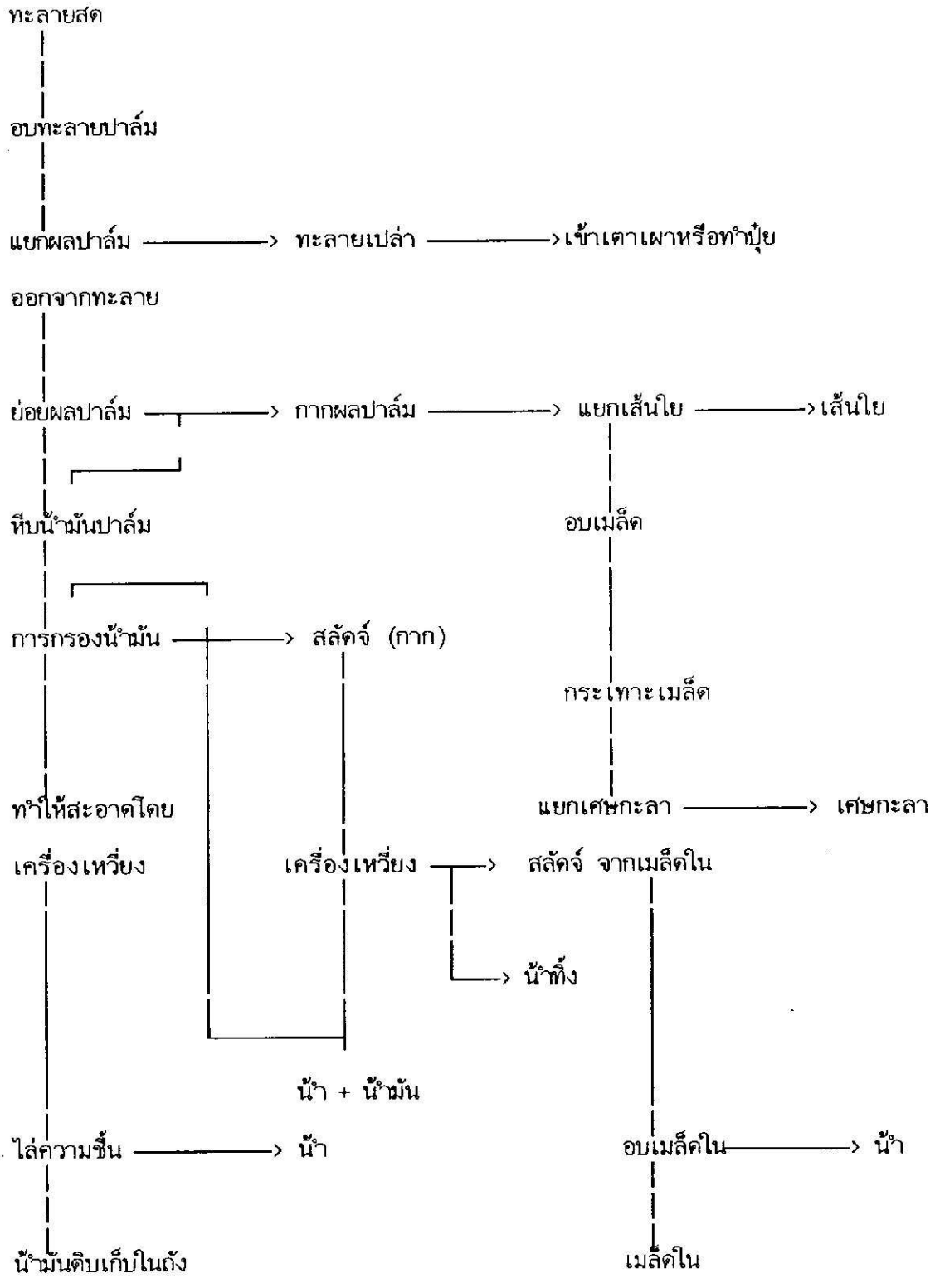
สำหรับกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนั้น แสดงดังรูปที่ 2.1 เริ่มจากการนำทะลายปาล์มสดมาอบด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120-130 องศาเซลเซียส ความดันประมาณ 45 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลาประมาณ 45 นาที การอบทะลายปาล์มมีจุดมุ่งหมายที่จะหยุดปฏิกิริยาไลโปไลซีสที่ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์มสด นอกจากนั้นก็ยังทำให้ผลปาล์มนิ่ม และขั้วหลุดออกจากทะลายได้ง่าย ทะลายปาล์มที่อบสุกแล้วจะถูกนำมาป้อนเข้าเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายซึ่งเป็นเครื่องไรตารี่หมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 23 รอบต่อนาที ทะลายเปล่าจะถูกลำเลียงไปทำการเผา หรือนำไปทำปุ๋ยต่อไป ส่วนผลปาล์มก็จะถูกนำไปนวดด้วยเครื่องนวดผลปาล์ม (Digester) ซึ่งมีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกตั้ง ข้างในมีใบพัดกวนผลปาล์มให้เส้นใยแยกตัวออกจากเมล็ดและเซลล์น้ำมันแตกออกมาเพื่อให้ง่ายต่อการหีบน้ำมัน เวลาที่ใช้กวนประมาณ 15-20 นาที จากนั้นก็จะป้อนเข้าเครื่องหีบแบบเกลียวคู่ น้ำมันที่หีบได้จะ

ผ่านตะแกรงสั่นเพื่อแยกเอาเนื้อเยื่อปาล์มออก น้ำมันที่ได้จะถูกนำไปกรองแยกน้ำมันและเส้นใยกับสิ่งสกปรกชั้นหนึ่งก่อน จากนั้นก็นำไปเข้าเครื่องแยก ซึ่งส่วนใหญ่มักจะใช้เครื่อง Decanter ซึ่งมีความเร็วรอบสูงกว่า 7,000 รอบต่อนาที เพื่อแยกเอาเนื้อและสิ่งสกปรกที่เหลือออกจากน้ำมัน จากนั้นน้ำมันก็จะถูกนำไปไล่ความชื้นให้อยู่ในมาตรฐาน แล้วนำไปบรรจุลงถังขนาดใหญ่เพื่อรอส่งขายให้โรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อไป

กากปาล์มที่ออกจากเครื่องหีบจะถูกนำมาแยกเส้นใยออกจากเมล็ดด้วยเครื่องแยกเส้นใย (Depericarper) ส่วนใหญ่ใช้แรงลมในการเป่าเส้นใยให้ลอยไปตามท่อเพื่อไปป้อนเข้าเป็นเชื้อเพลิงของหม้อกำเนิดไอน้ำ เมล็ดที่แยกใยออกแล้วจะถูกนำมาขัดให้สะอาด อบให้แห้ง แล้วคัดขนาดและกระเทาะด้วยเครื่องกระเทาะที่ใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เมล็ดที่กระเทาะแล้วจะถูกนำไปแยกเศษกะลาออกด้วยเครื่องแยก ซึ่งอาจเป็นแบบใช้น้ำ (Hydrocyclone) หรือใช้ลมเป่าก็ได้ เมล็ดในที่แยกเศษกะลาแล้วจะถูกนำไปอบแห้ง มีความชื้นไม่เกิน 7% และบรรจุกระสอบจำหน่ายต่อไป กระบวนการผลิตได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1

ข้อดีของกระบวนการผลิตแบบนี้ คือเครื่องจักรมีประสิทธิภาพการหีบน้ำมันสูง และสามารถผลิตน้ำมันที่มีคุณภาพค่อนข้างได้มาตรฐาน และเนื่องจากกำลังผลิตสูงจึงผลิตน้ำมันได้เป็นปริมาณมากพอที่จะส่งให้โรงงานกลั่นน้ำมันบริสุทธิ์ หรือส่งจำหน่ายต่างประเทศได้ แต่ปัญหาของกระบวนการผลิตประเภทนี้คือจะมีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตด้วยปริมาณ 2.5 ลบ. เมตรต่อตันวัตถุดิบ และในฤดูแล้งผลปาล์มออกน้อย โรงงานก็จะขาดแคลนผลปาล์มทำให้ต้องพยายามกว้านซื้อผลปาล์มมาทำการหีบในราคาสูง

2.2.2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบทอดผลปาล์ม กระบวนการทอดเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นในประเทศไทย โดย นายชาญและนายชิต ลิ่มวรพันธ์ เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2522 ปัจจุบันมีโรงงานประเภทนี้ 2 โรงงานคือ ตรังสหปาล์มออยล์ จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดตรัง ซึ่งมีกำลังผลิตประมาณ 5 ตันทะลายต่อชั่วโมง ใช้เงินลงทุนประมาณ 10 ล้านบาท และบริษัทร่วมมิตรน้ำมันปาล์ม อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ โรงงานประเภทนี้ใช้เครื่องจักรที่ผลิตขึ้นเอง ในประเทศทั้งหมด ใช้เงินลงทุนประมาณ 8-10 ล้านบาท



รูปที่ 2.1 กระบวนการหีบน้ำมันแบบมาตรฐาน

ที่มา : ปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม (คู่มือเกษตรกร, 2529)

กระบวนการผลิตของโรงงานประเภทนี้สามารถใช้วัตถุดิบทั้งในรูปของทะลายปาล์มสดและผลปาล์มร่วง วัตถุดิบพวกทะลายสดจะนำมาเข้าเครื่องอบทะลายเช่นเดียวกับประเภทแรก จากนั้นก็จะนำไปแยกผลปาล์มออกมาจากทะลายเช่นกัน ผลปาล์มจะถูกนำไปทอดด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิไม่เกิน 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 12-20 นาทีในเกลียวลำเลียงที่ ให้ความร้อนด้วยไอน้ำรอบรางลำเลียง วัตถุดิบจำพวกผลปาล์มร่วงก็จะนำมาทอดตรงจุดนี้เช่นกัน จากนั้นผลปาล์มที่สุกแล้วจะถูกนำไปเข้าเครื่องหีบแบบเกลียวอัดคู่ เช่นเดียวกับโรงงานประเภทแรก น้ำมันที่หีบได้ก็จะนำไปไล่ความชื้นในถังสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30-60 นาที จากนั้นก็นำไปกรองผ่านเครื่องกรองแบบอัดหลายชั้น (Filter Press) เพื่อแยกสิ่งสกปรกออกก่อนจะบรรจุลงถังเก็บต่อไป ส่วนกากผลปาล์มก็นำไปอบแห้งแล้วหีบรวมกันได้กากปาล์มขายเป็นอาหารสัตว์ และได้น้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันเมล็ดในจำหน่ายเป็นน้ำมันชั้นสองต่อไป

ข้อดีของโรงงานประเภทนี้ คือไม่มีน้ำเสียในกระบวนการผลิต และสามารถรับวัตถุดิบได้ทั้งทะลายปาล์มและผลปาล์มร่วง

2.2.3 **กระบวนการหีบน้ำมันปาล์ม** กระบวนการผลิตแบบนี้เกิดขึ้นจากโรงงานหีบน้ำมันมะพร้าวซึ่งได้ดัดแปลงมาเป็นโรงงานหีบน้ำมันปาล์มโดยเริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2518-2519 ที่จังหวัดสงขลา ปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 20 โรงงาน โรงงานประเภทนี้ใช้ผลปาล์มร่วงเป็นวัตถุดิบ โดยนำเอาผลปาล์มร่วงมาทำการย่างที่อุณหภูมิประมาณ 180-200 องศาเซลเซียส ในกะบะโดยเป่าลมร้อนจากเตาฟืนเข้ามาโดยตรงเป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำผลปาล์มไปหีบน้ำมันด้วยเครื่องหีบน้ำมันมะพร้าวซึ่งน้ำมันจากเปลือกและเมล็ดในจะผสมกันหมด น้ำมันจะถูกนำไปกรองด้วยเครื่องกรองแบบอัดหลายชั้น ส่วนกาก เส้นใย กะลาและเมล็ดในซึ่งปนกันอยู่ซึ่งจะมีน้ำมันเหลืออยู่ประมาณ ร้อยละ 6-8 ถูกบรรจุลงกระสอบจำหน่ายเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ต่อไป โรงงานประเภทนี้มีกำลังผลิตประมาณ 10-30 ตันปาล์มร่วงต่อวัน ใช้เงินลงทุนต่ำและสามารถหีบได้ทั้งผลปาล์ม มะพร้าวและเมล็ดยางพารา ฯลฯ แต่ข้อเสียของกระบวนการผลิตแบบนี้มีหลายประการ กล่าวคือ น้ำมันจะไหม้และฟอกสียากเนื่องจากผลปาล์มถูกย่างและถูกหีบน้ำมันด้วยความร้อนสูง น้ำมันจะสกปรกเพราะมีเขม่ามากจากการย่างปาล์ม และจะมีกรดไขมันอิสระสูงกว่าปกติ ประการสุดท้ายน้ำมันปาล์มกับน้ำมันเมล็ดในที่ผสมกันอยู่จะมีปัญหามาก เมื่อนำไปกลั่น

บริสุทธิ์จึงจำหน่ายได้ราคาต่ำกว่าน้ำมันที่ผลิตได้จากโรงงานสองประเภทแรกประมาณ 1-2 บาทต่อกิโลกรัม

2.3 มาตรฐานคุณภาพของน้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มดิบที่ได้จะต้องมีคุณภาพได้มาตรฐานจึงจะจำหน่ายได้ในราคาดี ในทางปฏิบัติทั่ว ๆ ไปนั้น คุณภาพของน้ำมันปาล์มจะวัดด้วย 3 ค่า คือ กรดไขมันอิสระ (FFA) ความชื้น และสิ่งสกปรก เพราะความชื้นและสิ่งสกปรกที่มากเกินไปจะเป็นสาเหตุให้เกิดกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น

มาตรฐานคุณภาพของน้ำมันปาล์มมีรายละเอียดดังนี้

	ระดับคุณภาพ (วัดเป็น%)				
รายการ	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	เลว
กรดไขมันอิสระ	น้อยกว่า 2	2.0-2.7	2.8-3.7	3.8-5.0	เกิน 5.0
ความชื้น	น้อยกว่า 0.1	0.1-0.19	2.0-0.39	0.4-0.6	เกิน 0.6
สิ่งสกปรก	น้อยกว่า .005	.005-.001	.001-.025	.026-.05	เกิน 0.05

2.4 ลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงาน

กระบวนการสกัดน้ำมันแบบมาตรฐาน จะมีน้ำทิ้งจากขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต ได้แก่ น้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง เครื่องแยก separator และ decanter ซึ่งคุณลักษณะของน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งและdecanter แสดงในตารางที่ 2.1 นอกจากนี้ยังมีน้ำทิ้งจากส่วนอื่น ๆ ซึ่งไหล

ไปรวมกันอยู่ในบ่อพักน้ำทิ้งรวม โดยน้ำทิ้งส่วนนี้มีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 2.2 จากรายงานใน Industrial Pollution Control Guide-Lines (ESCAP,1982) แสดงลักษณะน้ำทิ้งจากจุดต่าง ๆ ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และน้ำทิ้งรวม ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และ 2.4 จะเห็นได้ว่าน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม มีค่า BOD COD ปริมาณของแข็งสารแขวนลอย และ น้ำมัน อยู่ในปริมาณสูง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงแนวโน้มในการก่อให้เกิดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

2.5 การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ประกอบด้วย น้ำมัน สารแขวนลอย ของแข็งและน้ำผสมกันอยู่ ในการที่จะแยกน้ำมันออก อาจทำได้โดยการกำจัดสารแขวนลอยและของแข็งออกโดยวิธีการต่าง ๆ เช่น

2.5.1 **การตกจม** (sedimentation) เป็นกระบวนการแยกส่วนของอนุภาคของแข็งหรือคอลลอยด์ ออกจากของเหลวโดยวิธีธรรมชาติ อาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะของของแข็งกับน้ำอนุภาคของของแข็งจะเคลื่อนตัวลงสู่ก้นภาชนะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติทางด้านขนาดและความหนาแน่นของของแข็ง และคุณสมบัติทางด้านความหนาแน่นและความหนืดของของเหลว

ชนิดของการตกจมแบ่งเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของการตกจมของกลุ่มอนุภาคของของแข็ง คือ

2.5.1.1 **การตกจมแบบอิสระ** (Discrete,free settling) เป็นการตกจมของอนุภาคของของแข็ง ที่ไม่มีการรวมตัวกับอนุภาคข้างเคียง มักเกิดในระบบที่มีความเข้มข้นต่ำ ของแข็งเป็นพวกสารอนินทรีย์ เช่น ทราย เศษอิฐ หรือสารอินทรีย์ เช่น กระดูกป่น เป็นต้น การตกจมลักษณะนี้ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เช่น การแยกกรวดทรายออกจากน้ำทิ้งในบ่อดักน้ำทิ้งรวม เป็นต้น

2.5.1.2 **การตกจมแบบรวมเป็นกลุ่ม** (Flocculent settling) อนุภาคของแข็งหรือคอลลอยด์ในน้ำทิ้งจะรวมตัวกันในระหว่างตกจม ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงขนาด ส่งผลให้ความเร็วในการตกจมเปลี่ยนไป จะเกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียในช่วงที่แยกตะกอนออกจากน้ำ และการบำบัดเบื้องต้นที่มีการแยกสารคอลลอยด์ โดยใช้สารเคมีช่วยตกตะกอน

2.5.1.3 **การตกจมแบบแยกชั้น** (Zone settling) เป็นการตกจมของอนุภาคในระบบที่มีความเข้มข้นสูงมากกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดการแยกชั้นของแข็งและชั้นของเหลวออกจากกัน เช่นการแยกตะกอนหรือน้ำสลัดจ์ หรือการกำจัดน้ำเสียทางชีววิธี หรือการแยกน้ำมันในถังตกจม ซึ่งน้ำมันจะลอยตัวอยู่ด้านบน ชั้นล่างจะประกอบด้วยน้ำ อนุภาคของแข็งและน้ำมันที่หลงเหลืออยู่

2.5.2 **การใช้สารเคมีช่วยตกตะกอน** (Chemical flocculation) การตกจมของของแข็งประเภทคอลลอยด์ โดยวิธีตกจมธรรมดา จะเกิดได้ช้ามาก การเร่งการตกจมทำได้ โดยเติมสารเคมีที่ช่วยให้อนุภาคคอลลอยด์รวมกันเป็นกลุ่มมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้การตกจมเร็วขึ้น เช่น $Al_2(So_4)_3$, $FeCl_3$, Fe. $(So_4)_3$ และ $Ca(OH)_2$ ประสิทธิภาพของการตกจมด้วยวิธีนี้ ขึ้นอยู่กับชนิด, ปริมาณของสารเคมี, สภาวะความเป็นกรดและด่างของระบบ

2.5.3 **การลอยตัว (Flotation)** เป็นการแยกของแข็งหรือของเหลวที่มีความหนาแน่นต่ำออกจากน้ำ การปล่อยให้เกิดการลอยตัวโดยอิสระ (free flotation) อาจใช้เวลานาน ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความหนาแน่นของสารที่ต้องการแยกกับน้ำ เพื่อให้การลอยตัวเกิดเร็วขึ้น จึงมีการเติมฟองอากาศเข้าไปในระบบ (air flotation) โดยฟองอากาศขนาดเล็กจะไปเกาะติดกับอนุภาคของสารที่ต้องการแยกทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะลดลง และมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำมาก จึงลอยตัวขึ้นด้านบนได้ง่าย

การทำให้เกิดฟองอากาศ ในกระบวนการลอยตัว อาจทำได้โดย

2.5.3.1 **การกระจายอากาศ** ผ่านอากาศเข้าไปในระบบน้ำทิ้งโดยตรงโดยใช้ diffuser ที่มีรูพรุนขนาดเล็กมากอยู่บริเวณก้นถัง ทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตรกระจายในระบบ

2.5.3.2 **การอัดอากาศ** ทำให้น้ำอิ่มตัวในถังอัดอากาศภายใต้ความดันแล้วปล่อยให้ไปลดความดันในระบบน้ำทิ้ง ก็จะทำให้เกิดฟองอากาศในระบบได้ (dissolved air flotation) วิธีนี้นิยมใช้กันเนื่องจากฟองอากาศจะมีขนาดเล็กมาก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 50 ไมครอน

2.5.3.3 **การลดความดัน** ทำการลดความดันของระบบน้ำทิ้งภายใต้สุญญากาศ วิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูงมาก

2.5.3.4 **การดึงอากาศ** การดึงอากาศจากสภาพแวดล้อมให้กระจายในระบบ (dispersed air flotation) โดยใช้ turbine ที่กวนด้วยความเร็วสูงเพื่อดึงอากาศจากผิวด้านบน ขนาดของฟองอากาศถูกกำหนดโดยความเร็วของใบกวน หลังจากหยุดกวนต้องปล่อยให้เกิดการลอยตัวของฟองอากาศขึ้นสู่ผิวซึ่งจะใช้เวลานานพอสมควร วิธีนี้ก่อให้เกิดความปั่นป่วนในระบบมาก และบางครั้งอาจให้ผลตรงกันข้าม เช่น ระบบที่มีน้ำมันในการกวนอาจลดขนาดของน้ำมันให้เล็ก จึงเกิดเป็นอิมัลชั่นแยกตัวยากขึ้น

2.5.4 **การเหวี่ยงแยก** (centrifugation) การเหวี่ยงแยกอาศัยหลักการเช่นเดียวกับการตกจมของอนุภาคของของแข็งโดยวิธีธรรมชาติ และนำมาเร่งการตกจมให้เร็วขึ้น ทำให้เกิดการแยกชั้นของตะกอนและของเหลวออกจากกันได้ดีด้วย เช่น การเหวี่ยงแยกน้ำสลัดจ์เพื่อแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง การที่จะแยกน้ำมันออกได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องเหวี่ยงแยก และเวลาที่ใช้

เนื่องจากน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม มีค่า COD, BOD, สารแขวนลอย และปริมาณน้ำมันอยู่สูง ประกอบกับสารแขวนลอยไม่สามารถแยกโดยวิธีตกจมตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องการบำบัดน้ำทิ้ง การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจะได้ผลดีก็เมื่อมีการแยกน้ำมันและสารแขวนลอยออกก่อน จากการศึกษาของ PORIM/RRIM สรุปได้ว่า ควรมี

physical หรือ chemical treatments น้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่บำบัด โดยที่การแยกน้ำมันและสารแขวนลอยออกจากน้ำทิ้ง นับว่าเป็นขั้นตอนที่จำเป็นต่อการบำบัดน้ำทิ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังได้เสนอว่าวิธีการตกจมและ air flotation น่าจะเป็นวิธีการที่จะช่วยกำจัดสารแขวนลอยและน้ำมันออกจากน้ำทิ้งได้ดี โดยผลที่จะตามมาคือการลดต้นทุนการบำบัดน้ำทิ้งโดยที่จะได้น้ำมันเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบและคุณสมบัติของน้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์ม จากส่วนน้ำทิ้งของหม้อนึ่ง และส่วนที่ออกจากเครื่องแยก decanter หรือ separator

Parameter	1		2		3		Reference*	
	Condensate	Decanter effluent	Condensate	Separator effluent	Condensate	Separator effluent	Condensate	Sludge
Color	Blackish brown	brown	Orange brown	Blackish brown	Dark brown	Brown		
pH	5.12	4.16	5.35	4.89	4.89	4.8	4.6	4.6
BOD	31,620	21,000	22,800	45,375	41,986	68,550	23,300	23,600
COD	75,696	38,246	45,360	67,567	80,146	105,955	51,000	76,500
Volatile acid (as acetic acid)	3,150	1,838	998	2,273	7,125	5,355		
Alkalinity(as $CaCO_3$)	1,576	480	37.5	86.5	320	200		
Grease			20.9	4.7	1,165	1,130		
Total solids	54,546	25,634	26,367	47,242	76,733	118,570	43,500	42,800
Volatile solids	44,354	23,056	24,415	39,617	67,635	108,590		
Suspended solids	2,600	2,900	6,100	20,300	3,050	40,000	6,800	27,800
Nitrogen ammonia	43.5	23.0	7.7	22.8	66.3	61.6		
organic	-	-	22.4	518.5	1,287	1,352		
Total nitrogen			30.1	541.3	1,353	1,413	600	600

หมายเหตุ ค่าทุกค่ามีหน่วย มก./ล ยกเว้นสีและพีเอช

1,2,3 คือ โรงงานปาล์มน้ำมันที่จังหวัดสงขลา สตูล และกระบี่ ตามลำดับ

* Barker & Worgan. 1981. Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 11: 234-240

ที่มา : พูนสุข ประเสริฐสรรพ์ และคณะ (2533)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของน้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์มจากบ่อรวบรวมน้ำทิ้ง

Parameters	1	2	3	4	Ranges	Reference*
Color	Dark brown	Dark brown	Dark brown	Dark brown	Dark brown	Dirty
pH	4.05	4.45	4.34	4.62	4.05-4.62	3.0-4.5
BOD	>50,000	54,750		60,000	54,750-60,000	22,500-38,000
COD	115,934	83,916	82,013	80,523	80,523-115,934	42,000-81,300
Volatile acid (as acetic acid)	5,870	3,128	4,883	5,438	3,128-5,870	2,100-5,700
Alkalinity (as $CaCO_3$)	200	68.5	80.5	180	68-200	270-650
Grease		16.7	2,449	1,165	16-2,449	18,000-52,700**
Total solids	88,508	61,222	49,453	82,582	49,453-88,508	37,800-71,600
Volatile solids	81,872	52,655	42,063	76,004	42,063-81,872	31,200-56,700
Suspended solids	52,000	30,000	18,500	27,800	18,500-52,000	12,700-51,000
Nitrogen ammonia	53.5	27.3	27.9	61.8	27-61	17-31
organic		551.6	817	1,172	551-1,172	670-900

หมายเหตุ ค่าทุกค่ามีหน่วย มก./ล. ยกเว้นสีและพีเอช

1,2,3,4 คือโรงงานปาล์มน้ำมันที่จังหวัดสงขลา สตูล สุราษฎร์ธานี และกระบี่ ตามลำดับ

* Edewor, J.O. 1986. J. Chem. Tech. Biotechnol. 36 : 212-218

ที่มา : พูนสุข ประเสริฐสรรพ์ และคณะ (2533)

ตารางที่ 2.3 Characteristics of individual wastewater streams of palm oil mill

Characteristics	Sterillization[a] Plant (Range)	Oil Extraction[a] Plant (Range)	Clarifiers[b] (Sludge) (Average)	Hydrocyclone[a] and Boiler House (Range)	Combined[a] Wastewaters (Range)
pH	4.0 – 4.9	3.9 – 4.8	4.5	4.7 - 6.2	4.1 - 6.3
Temp°C	30 - 88	36 - 77	-	30 - 70	30 - 75
Oil,mg/l	1,100 - 6,100	6,800 - 8,500	7,000	800 - 1,600	8,200 - 9,600
Total solids,mg/l	6,600 - 38,500	31,000 - 47,500	60,000	1,300 - 2,600	15,500 - 23,000
Suspended solids,mg/l	1,250 - 9,000	18,400 - 31,000	35,000	850 - 2,000	7,500 - 10,000
BOD,mg/l	5,500 - 27,000	16,800 - 30,000	20,000	1,050 - 1,950	10,000 - 14,000
COD,mg/l	10,300 - 52,500	45,000 - 64,000	60,000	18,60 - 3,600	18,300 - 28,500
Total-P,mg/l	42 - 320	230 - 330	1,000	20 - 23	135 - 163
Total-N,mg/l	60 - 590	450 - 720	-	20 - 26	230 - 265

ที่มา : ESCAP (1982) (อ้างจาก (a) Thanh, N.C. et al. 1980 และ (b) Muthurajah, R.N. 1975)

ตารางที่ 2.4 Characteristics of combined waste waters of palm oil mill

Characteristics	Range	Mean
pH	3.8 - 4.5	4.1
Total solids,mg/l	11,450 - 164,950	43,635
Suspended solid,mg/l	410 - 60,360	19,020
Volatile solid,mg/l	8,670 - 154,720	36,515
Oil and grease,mg/l	130 - 86,430	8,370
BOD,mg/l	10,250 - 47,500	25,000
COD,mg/l	15,550 - 106,360	53,630
NH_3 - N,mg/l	0 - 110	35
Total Nitrogen as N,mg/l	180 - 1,820	770

ที่มา : ESCAP (1982) (อ้างจาก PORIM & RRIM Report, 1981)

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

การศึกษาการแยกน้ำมันจากน้ำทิ้ง ใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มของบริษัทท็กษิณปาล์ม จำกัด อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งกระบวนสกัดแสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับตัวอย่างน้ำทิ้งที่ใช้ในการศึกษาดังนี้

หม้อนึ่ง (sterilizer) มีทั้งหมด 3 ตัว แต่ละตัวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.8 เมตร ยาว 27.5 เมตร และมีความจุทะลายปาล์มดิบประมาณ 22.4-24 ตัน การนึ่งแต่ละรอบใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ที่ความดัน 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว ส่วนของไอน้ำควบแน่นและน้ำนึ่งผลปาล์มจะปล่อย เข้าไปเก็บในบ่อพักขนาด 2.0 x 1.4 x 1.2 ลูกบาศก์เมตร ก่อนที่จะถูกปั๊มไปยังบ่อดักน้ำมันสุดท้าย

เครื่องดักกรวดทราย (desander) มีทั้งหมด 3 เครื่อง เป็นแบบ hydrocylone น้ำทิ้งส่วนที่เป็นตะกอนข้นซึ่งอยู่บริเวณด้านล่างของถังตกจม จะผ่านเข้าเครื่องนี้เพื่อแยกกรวดทรายออกก่อนที่จะเข้าไปยังเครื่องแยก separator หรือ decanter ส่วนของของแข็งในเครื่องดักกรวดทรายจะถูกระบายออกมาด้วยน้ำแล้วไหลรวมไปกับน้ำทิ้งอื่น

เครื่องแยก separator มี 2 เครื่อง เครื่องหนึ่งยี่ห้อ Alfa Laval รุ่น PASX T-74G-50 อีกเครื่องหนึ่งไม่ระบุยี่ห้อ เครื่องแยกทำหน้าที่แยกน้ำมันออกจากส่วนผสมของน้ำและของแข็ง ซึ่งการทำงานของเครื่องจะมีประสิทธิภาพดีต้องมีการผสมน้ำกับน้ำสลัดจ์ในสัดส่วนที่เหมาะสมก่อนที่จะป้อนเข้าเครื่องแยก

เครื่องแยก decanter (three phase separator) มี 1 เครื่อง ยี่ห้อ Westfalia รุ่น CA 356-020 D-4740 ใช้แยกน้ำมัน น้ำ และของแข็งออกจากกัน เครื่องนี้ใช้งานน้อยมาก

(เครื่องทำงานเพียง 3 ครั้งในการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 9 ครั้ง)

บ่อพักน้ำทิ้งรวม (mixed effluent well) เป็นบ่อที่รับน้ำทิ้งจากทุกจุดในโรงงาน ยกเว้นน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง ก่อนที่จะเข้าในบ่อดักน้ำมันสุดท้าย น้ำทิ้งรวมประกอบด้วยน้ำทิ้งจากเครื่องแยก separator และ decanter เครื่องดักกรวดทราย และน้ำล้างต่าง ๆ ภายในโรงงาน ลักษณะของบ่อพักรวมเป็น 2 บ่อต่อกัน โดยบ่อแรกมีขนาด 1.8 x 1.8 x 1.2 ลูกบาศก์เมตรซึ่งจะดักของแข็งที่ตกจมออก และให้ส่วนน้ำไหลล้นไปยังบ่อที่สองซึ่งมีขนาด 1.6 x 1.6 x 1.2 ลูกบาศก์เมตร บ่อนี้มีปั๊มขนาด 5-7 กำลังม้า สำหรับปั๊มน้ำทิ้งไปยังบ่อดักน้ำมันสุดท้าย ปัญหาสำหรับจุดนี้คือในกรณีที่ปั๊มเสีย หรือมีอัตราการไหลของน้ำทิ้งรวมจากบ่อพักน้ำทิ้งรวมบ่อที่หนึ่งมากเกินไป จะทำให้น้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งรวมบ่อที่สองนี้ไหลล้นไปยังบ่อพักน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งซึ่งอยู่ติดกัน

บ่อดักน้ำมันสุดท้าย (final oil trap) แยกเป็น 2 ส่วน แต่ละส่วนมีขนาด 9.5 x 4.5 x 3.0 เมตร โดยส่วนหนึ่งทำหน้าที่ดักน้ำมันจากน้ำทิ้งของหม้อนึ่งและอีกส่วนหนึ่งดักน้ำมันจากน้ำทิ้งรวม ส่วนของน้ำมันจะลอยตัวขึ้นทางด้านบน และน้ำซึ่งอยู่ชั้นล่างจะรวมไหลออกทางด้านหลังของโรงงาน

3.1 การเก็บตัวอย่าง

3.1.1 **วิธีการสุ่มตัวอย่าง** ใช้การสุ่มตัวอย่าง 2 วิธี คือ สุ่มครั้งเดียว (grab sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างที่เวลาใด ๆ และการสุ่มตัวอย่างรวม (combined sampling) ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างทุกชั่วโมง ๆ ละ 1 ลิตร โดยแยกเก็บเป็น 2 ช่วงเวลา คือช่วงเวลากลางวัน (7.00-15.00 น.) และช่วงเวลากลางคืน (15.00-23.00 น.) นำตัวอย่างแต่ละช่างเวลามารวมกัน แล้วสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ การสุ่มตัวอย่างแต่ละครั้งจะสุ่ม 2 ตัวอย่าง และแต่ละตัวอย่างจะถูกนำไปวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

3.1.2 **ตัวอย่าง** เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งทั้งหมด 8 ตัวอย่างดังนี้

3.1.2.1 **น้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง** (effluent after sterilizer) เก็บที่จุด 1 ตามแผนภาพที่ 3.1 เก็บตัวอย่างบริเวณปลายท่อที่ไหลลงบ่อพักน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง

3.1.2.2 **น้ำสลัดจ์ก่อนเข้าเครื่องแยก** (effluent before separator)เก็บที่จุด 2 ตามแผนภาพที่ 3.1 เก็บตัวอย่างจากถังกักเก็บก่อนเข้าเครื่องแยก

3.1.2.3 **น้ำทิ้งจาก separator** (effluent after separator) เก็บที่จุด 3 ตามแผนภาพที่ 3.1 ทำการเก็บตัวอย่างทุก 1 ชั่วโมง โดยนับจากเวลาที่เครื่องแยกเริ่มทำงานจนกระทั่งมีการล้างเครื่อง (ประมาณ 4 ชั่วโมง)

3.1.2.4 **น้ำทิ้งจาก decanter** (effluent after decanter) เก็บที่จุด 4 ตามแผนภาพที่ 3.1

3.1.2.5 **น้ำทิ้งรวม** (mixed effluent from oil room) เก็บที่จุด 6 น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตทั้งหมดยกเว้นน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งจะไหลลงสู่บ่อบำบัดน้ำทิ้งรวม ตามแผนภาพที่ 3.1

3.1.2.6 **น้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันสุดท้าย** (effluent after final oil trap) เก็บที่จุด 5 ตามแผนภาพที่ 3.1

3.1.2.7 **น้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันของน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง** (effluent after sterilizer oil trap) เก็บที่จุด 5a ตามแผนภาพที่ 3.1

3.1.2.8 **น้ำทิ้งจากเครื่องดักกรวดทราย** (effluent after desander) รวบรวมน้ำทิ้งส่วนนี้ทุกครั้งที่มีการล้างเครื่องมือ เมื่อปล่อยให้ของแข็ง เช่น กรวดทรายตกตะกอนแล้วจึงเก็บตัวอย่าง

3.2 การวิเคราะห์ลักษณะน้ำทิ้ง

วัดอุณหภูมิและพีเอช ขณะเก็บตัวอย่าง แล้วนำตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์ค่าต่อไปนี้

Chemical Oxygen Demand (COD)

Central Library
Prince of Songkhla Univ

Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Suspended Solids (SS)

Oil & grease

ตามวิธีการใน APHA, AWWA and WPCF (1985)

3.3 การทดลองแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง

3.3.1 การแยกโดยวิธีการตกจม

สังเกตการแยกชั้นของน้ำมันโดยวิธีการใช้ Imhoff cone การให้ความร้อน และการกวน

3.3.1.1 การแยกโดยการใช้ Imhoff cone

ใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง เครื่องแยกและบ่อพักน้ำทิ้งรวม ปริมาตร 1 ลิตร ใส่ใน Imhoff cone ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง สังเกตการแยกชั้นของน้ำทิ้งและการตกตะกอน โดยบันทึกผลเมื่อครบ 15,30 และ 45 นาที บางตัวอย่างมีการอ่านผลอีกเมื่อครบ 1,2,3 และ 24 ชั่วโมง

3.3.1.2 การแยกโดยการให้ความร้อน

วิธีที่ 1 ใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งรวม ปริมาตร 250 หรือ 500 มล. ใส่ในขวดรูปชมพู่วางในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 75, 85, 95 และ 100 องศาเซลเซียส โดยให้ระดับน้ำในอ่างเท่ากับระดับตัวอย่างในขวด และระดับน้ำในอ่างเท่ากับครึ่งหนึ่งของระดับตัวอย่างในขวด (เพื่อดูผลของการเกิด turbulent) สังเกตการแยกชั้นทุกชั่วโมง จนครบ 24 ชั่วโมง

วิธีที่ 2 ทำเช่นเดียวกับวิธีที่ 1 แต่มีการกวนตัวอย่างด้วยแท่งแก้ว เป็นเวลา 15 และ 30 นาที สังเกตการแยกชั้นที่เวลา 1,3 และ 24 ชั่วโมง

วิธีที่ 3 ใช้ไอน้ำพ่นเข้าไปในตัวอย่างน้ำทิ้งรวมปริมาตร 500 มล. ที่บรรจุในขวดรูปชมพู่ ขนาดความจุ 1 ลิตร เป็นเวลา 15 และ 30 นาที สังเกตการแยกชั้นที่เวลา 1,3 และ 24 ชั่วโมง

วิธีที่ 4 ให้ความร้อนโดยตรงกับตัวอย่างน้ำทิ้งรวมปริมาตร 1 ลิตรเป็นเวลา 30 นาที

แล้วนำมาเทใส่กระบอกตวงความจุ 1 ลิตร สังเกตการแยกชั้นที่เวลา 1,3 และ 24 ชั่วโมง

3.3.1.3 การแยกโดยการกวน

ใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งรวมปริมาตร 600 มล. ใส่ในบีกเกอร์ขนาดความจุ 1 ลิตร กวนที่ความเร็ว 15 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 และ 30 นาที ด้วย mechanical stirrer ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สังเกตการแยกชั้นที่เวลา 0.5, 1, 2, 3 และ 24 ชั่วโมง

3.3.2 การแยกโดยวิธีหมุนเหวี่ยง

ใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง เครื่องแยก และบ่อพักน้ำทิ้งรวม ปริมาตร 30 มล.ต่อตัวอย่างบรรจุในหลอดขนาดความจุ 50 มล. นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 4,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที บันทึกผลการแยกชั้น

3.3.3 การแยกโดยใช้สารเคมี

ใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งรวมปริมาตร 100 มล. ปรับพีเอชน้ำทิ้งให้มีค่าเท่ากับ 5.0, 6.5 และ 8.0 นำไปตกตะกอนด้วยสารเคมีช่วยตกตะกอน 3 ชนิด คือ $FeCl_3$, $Ca(OH)_2$ และ $Al_2(SO_4)_3$ โดยให้ความเข้มข้นสุดท้ายของสารเคมีในตัวอย่างน้ำทิ้งเป็น 20-2,000 มก/ล. บันทึกผลการตกตะกอนที่เวลา 3 และ 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

3.3.4 การแยกโดยวิธี dispersed air flotation

ใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งรวม โดยศึกษาผลของความเร็วและอุณหภูมิต่อการแยกชั้นของน้ำมัน โดยใช้ความเร็วของใบพัดกวนเป็น 4,500 และ 7,700 รอบต่อนาที และใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อพักน้ำทิ้งรวม) ลักษณะเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ 3.2

วิธีการทดลอง

1. ใส่ตัวอย่างปริมาตร 1.5 ลิตร ในไหลแก้ว จุ่มใบกวนลงในตัวอย่าง
2. หมุนใบกวนที่ระดับความเร็วรอบที่ต้องการเป็นเวลา 20 วินาที

3. ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที

4. ตักส่วนบนที่ลอยแยกอยู่เก็บไว้

5. เก็บตัวอย่างส่วนที่เหลือ 10 มล. แล้วทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง

6. นำตัวอย่างส่วนล่างทั้งหมด 3 ตัวอย่างไปวิเคราะห์ COD และ oil & grease สำหรับตัวอย่างส่วนบนนำมารวมกันแล้ววิเคราะห์ oil & grease

3.3.5 การแยกโดยวิธี dissolved air flotation

dissolved air flotation system ประกอบด้วย compressor อัดอากาศเข้าไปละลาย ในน้ำก๊อกด้วยความดันสูง อยู่ภายใน pressure vessel (B1) ทำให้น้ำก๊อกอิ่มตัวด้วยอากาศ แล้วจะถูกส่งไปยัง flotation vessel (B2) ซึ่งมีน้ำทิ้งบรรจุอยู่ น้ำก๊อกจะไปผสมกับน้ำทิ้ง ขณะเดียวกันอากาศที่ถูกอัดอยู่ก็จะเป็นฟองอากาศขนาดเล็ก ลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน และช่วยพาอนุภาคสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำทิ้งลอยขึ้นสู่ด้านบนด้วย องค์ประกอบเครื่องมือ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และ 3.4

วิธีการทดลอง

1. การเติมน้ำก๊อก 2 ลิตร เข้าไปใน pressure vessel เปิด compressor อัดอากาศเข้าไปละลายผสมกับน้ำก๊อกจนเกิดการอิ่มตัว เป็นเวลา 20 นาที โดยปรับความดันใน pressure vessel ให้อยู่ระหว่าง 5-6 bar

2. เติมตัวอย่างน้ำทิ้ง 2 ลิตร ลงใน flotation vessel

3. เปิดวาล์วปล่อยน้ำก๊อกที่อิ่มตัวด้วยอากาศ จาก pressure vessel เข้า flotation vessel อย่างช้า เพื่อให้เกิดการผสมกันระหว่างน้ำก๊อกและน้ำทิ้งอย่างทั่วถึง เมื่อปริมาตรเพิ่มขึ้น 50% หรือ 100% แล้วปิดวาล์ว

4. ปล่อยทิ้งไว้ 30 นาที เก็บตัวอย่างชั้นฟองและชั้นน้ำทิ้งไปวิเคราะห์ หา น้ำมันและ COD

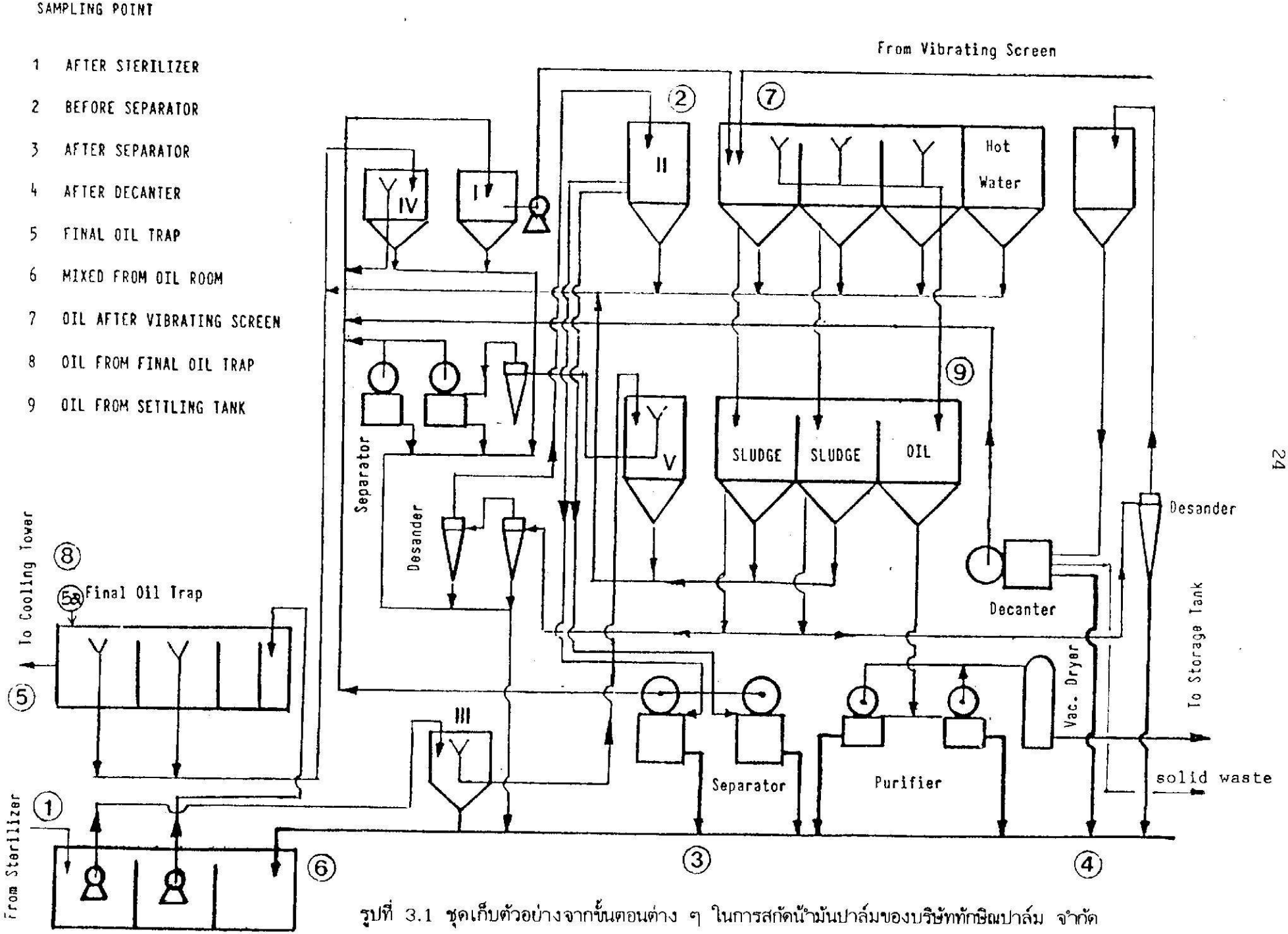
3.4 ลักษณะน้ำทิ้งจากกล้องจุลทัศน์

ใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งรวม และน้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันสุดท้าย เตรียมตัวอย่างบน

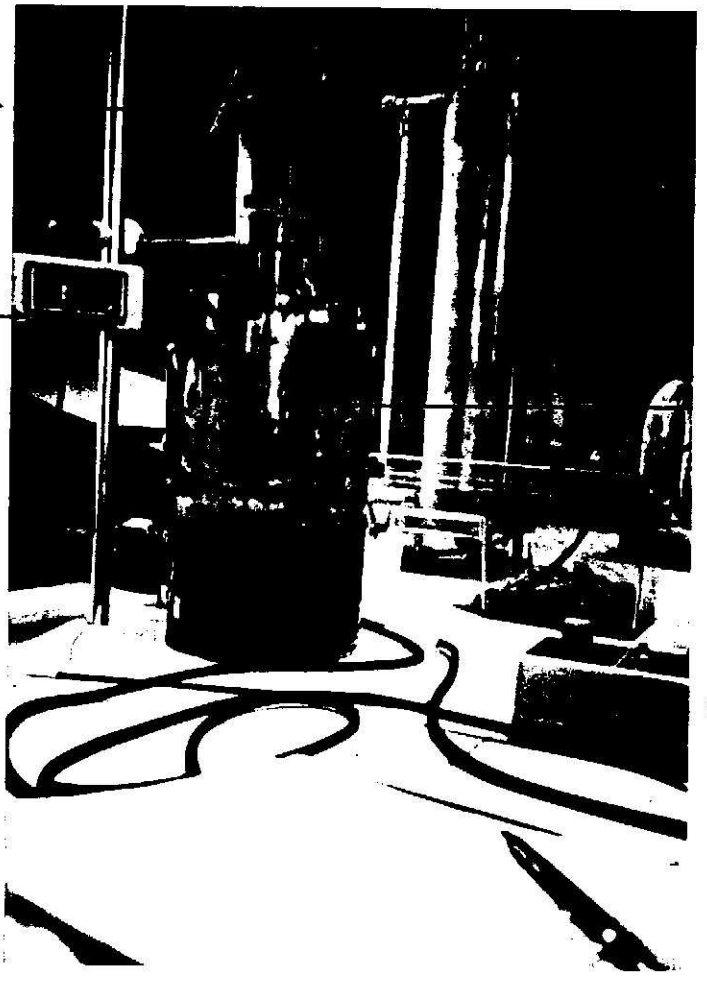
สไลด์แบบ wet mount แล้วนำไปศึกษาลักษณะเม็ดไขมันโดยใช้กล้องจุลทัศน์ แบบ compound microscope กำลังขยาย 400x หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,500 รอบต่อนาที ศึกษาลักษณะจากกล้องจุลทัศน์ของชั้นน้ำมัน ชั้นกลาง และชั้นตะกอน

3.5 คุณภาพน้ำมัน

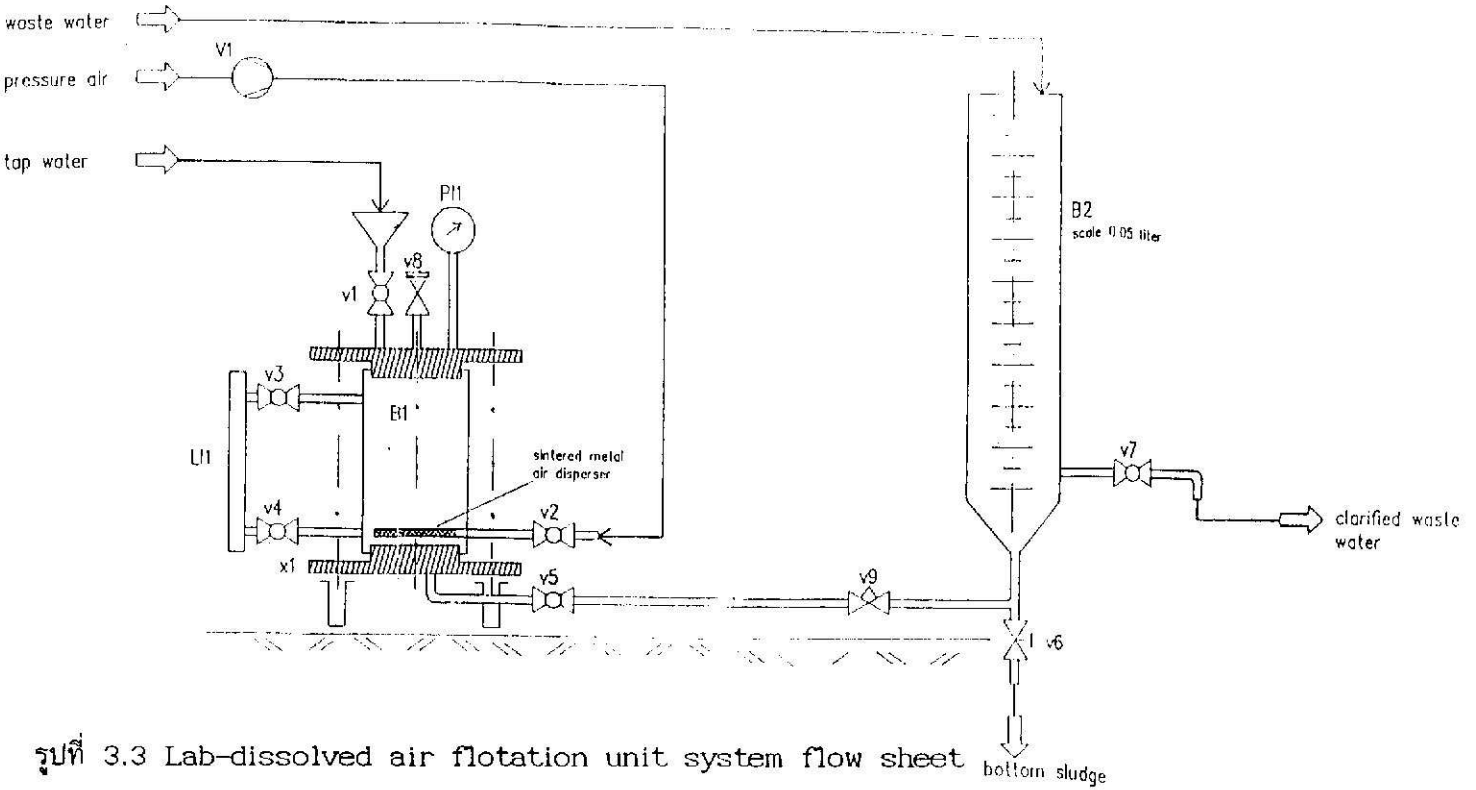
ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันที่ได้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตโดยสุ่มตัวอย่างน้ำมันจากขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ ได้แก่ น้ำมันก่อนผ่านตะแกรง หลังผ่านตะแกรง จากถังตกจม (settling tank) และจากบ่อดักน้ำมันสุดท้าย มาวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) ในรูปกรดพาลมิติก (palmitic acid) และหาปริมาณความชื้นของน้ำมันโดยอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.1 ชุดเก็บตัวอย่างจากขั้นตอนต่าง ๆ ในการสกัดน้ำมันปาล์มของบริษัททักษิณปาล์ม จำกัด

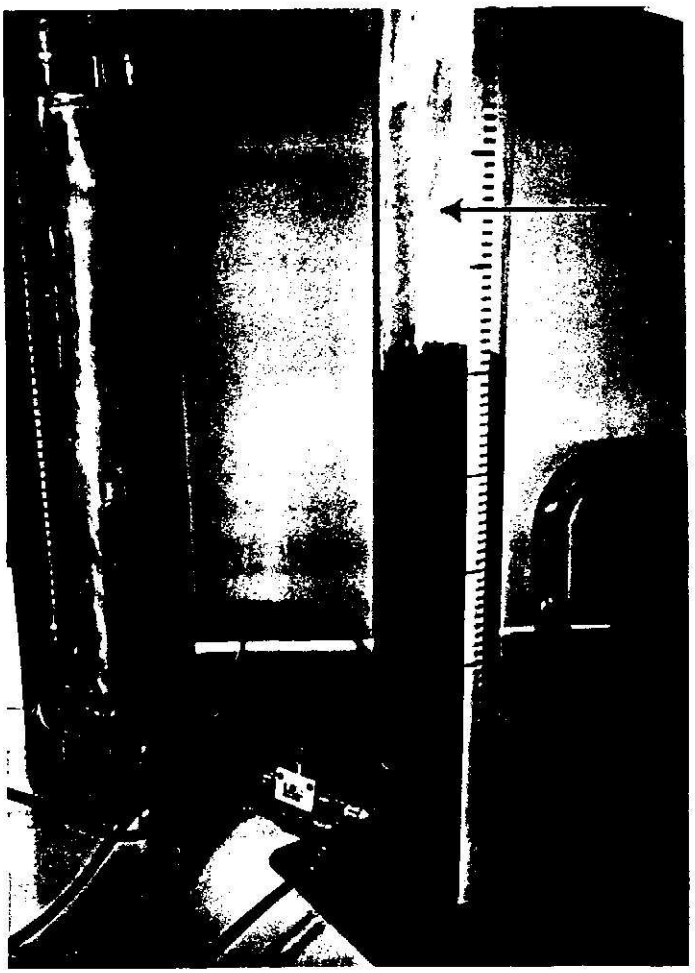


รูปที่ 3.2 เครื่องมือ Lab-dispersed air flotation unit



รูปที่ 3.3 Lab-dissolved air flotation unit system flow sheet

position	B1	B2	v1–v7	v8	v9	V1	LI1
name unit	pressure vessel	flotation unit	valves	safty valve	pressure reduction	compressed air	level indicator
technical data	V. ca. 4l Di 100 mm	V ca. 5l Di ca.100 mm	ball valves		needle valve	lab compressor	
bar	< 6	0	> 6	< 6		$\dot{V}_{max.}$	
°C	~ 18	< 50				< 100 l/min	
			1/4"		1/4"		
material	stainless steel	plexiglass					



รูปที่ 3.4 เครื่องมือ Lab-dissolved air flotation unit

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 คุณลักษณะของน้ำทิ้ง (Wastewater characteristics)

ตัวอย่างน้ำทิ้งจากจุดต่าง ๆ ในระหว่างการสกัดน้ำมันปาล์ม มีค่า pH COD BOD ปริมาณสารแขวนลอย และปริมาณน้ำมันแตกต่างกัน การสุ่มตัวอย่างน้ำทิ้งมาทำการวิเคราะห์ได้ทำการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว (spot sampling) และการสุ่มตัวอย่างรวม (combined sampling) พบว่า การสุ่มตัวอย่างรวมให้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างรวม พบว่า การสุ่มตัวอย่างทั้ง 2 วิธี จะเป็นวิธีการที่เหมาะสมกว่าและให้ค่าที่เป็นตัวแทน ของน้ำทิ้งทั้งหมดมากกว่า ดังนั้นจึงเลือกผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างรวม ในการวิจารณ์ผล ควรจะให้ค่าการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับความเป็นจริงในระหว่างการสกัด

4.1.1 **น้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง** คุณลักษณะน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า น้ำทิ้งจากหม้อนึ่งเมื่อสุ่มตัวอย่างรวม มีค่า พีเอช 4.76, COD 70,000-104,829 มก/ล., BOD 24,000-39,500 มก/ล. มีปริมาณสารแขวนลอยอยู่ระหว่าง 8.8-12.2 ก/ล. และน้ำมัน 10.81-20.74 ก/ล. ที่จุดเก็บตัวอย่างต่างกัน น้ำทิ้งจะมีคุณสมบัติแตกแต่างกัน โดยที่น้ำทิ้งจากหม้อนึ่งที่เก็บตรงหน้าหม้อนึ่ง มีปริมาณน้ำมันสูงกว่าน้ำทิ้งที่เก็บจากปลายท่อก่อนลงบ่อดักน้ำมัน ทั้งนี้อาจเป็นผลจากวิธีการเก็บตัวอย่าง ซึ่งวิธีที่จะได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของน้ำทิ้งทั้งหมดจากหม้อนึ่งค่อนข้างเป็นไปได้ยาก เนื่องจากลักษณะน้ำทิ้งนี้จะไม่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน(non-homogeneous) เพราะน้ำมันจะลอยขึ้นสู่ผิวหน้าอย่างรวดเร็ว และต้องมีการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ให้ดีค่าจึงจะมีความผิดพลาดน้อยที่สุด

4.1.2 **น้ำสลัดจ์ก่อนเข้าเครื่องแยก** คุณลักษณะของน้ำสลัดจ์ก่อนเข้าเครื่องแยก แสดงในตารางที่ 4.2 ตัวอย่างน้ำสลัดจ์ที่ได้จากสุ่มตัวอย่างรวมมีค่า พีเอช 4.43, COD 245,864-431,147 มก/ล. BOD 20,750-71,000 มก/ล. ปริมาณสารแขวนลอย

176.4-204.5 ก/ล. และปริมาณน้ำมัน 115.83-153.60 ก/ล. น้ำทิ้งนี้มีลักษณะข้นมาก และมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ (ยกเว้น ค่าพีเอช) สูงสุด

4.1.3 น้ำทิ้งจากเครื่องแยก separator และ decanter วัตถุประสงค์ของการใช้ separator หรือ decanter ก็เพื่อแยกน้ำมันออกจากน้ำสลัดจ์ ซึ่งนอกจากจะมีน้ำมันยังมีน้ำและสารแขวนลอยต่าง ๆ อยู่มาก คุณลักษณะของน้ำทิ้ง 2 แหล่งนี้ แสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำสลัดจ์ก่อนเข้าเครื่องแยก น้ำทิ้งส่วนนี้จะมีค่าต่าง ๆ ลดลง โดยสามารถแยกน้ำมันออกจากสลัดจ์ได้มากกว่า 90% ตัวอย่างน้ำทิ้งที่สุ่มแบบรวม จาก separator มีพีเอช 4.59-4.63, COD 56,600-156,980 มก/ล., BOD 17,167-62,000 มก/ล. ปริมาณสารแขวนลอย 25.4-52.6 ก/ล. และมีปริมาณน้ำมัน 7.96-14.88 ก/ล. ขณะที่ตัวอย่างน้ำทิ้งจาก decanter มี COD 95,253-119,504 มก/ล., BOD 23,000-42,500 มก/ล. มีสารแขวนลอย 14.1-38.8 ก/ล. และมีน้ำมัน 13.58-16.91 ก/ล. ผลการวิเคราะห์นี้ พบว่า ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งจาก separator สูงกว่าปริมาณที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจาก decanter ทั้งนี้เนื่องจาก decanter เป็นแบบ 3-phase ซึ่งสามารถแยกน้ำ น้ำมัน และของแข็งออกจากกัน ในขณะที่ separator นั้น ปริมาณของแข็งหรือสารแขวนลอยจะปะปนไปกับน้ำทิ้ง ส่วนปริมาณน้ำมัน พบว่า ปริมาณน้ำมันในน้ำทิ้งจาก separator ต่ำกว่าปริมาณน้ำมันในน้ำทิ้งจาก decanter อย่างไรก็ตามผลของปริมาณน้ำมันนี้ไม่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องแยกทั้งสองประเภทนี้ได้ เนื่องจากมีการผสมน้ำก่อนเข้าเครื่อง separator ซึ่งมีผลให้ความเข้มข้นของน้ำมันในน้ำทิ้งมีค่าต่ำลง ส่วนการทำงานของ decanter นั้น มีการผสมน้ำเข้าไปน้อยมาก จึงทำให้มีปริมาณน้ำมันในน้ำทิ้งสูงกว่า สิ่งที่ต้องนำมาพิจารณา คือ อัตราการไหลของน้ำทิ้งจากเครื่องแยกทั้งสองประเภท เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำมันในน้ำทิ้งต่อวัน

4.1.4 น้ำทิ้งรวม คุณลักษณะของน้ำทิ้งรวมแสดงในตารางที่ 4.5 น้ำทิ้งนี้ยังคงมีลักษณะข้นมาก จากการสุ่มตัวอย่างรวม พบว่า น้ำทิ้งรวมมีค่า พีเอชอยู่ในช่วง 3.99-4.63, COD

69,886-98,700 มก/ล., BOD 16,250-38,000 มก/ล. สารแขวนลอย 23.3-35.6 ก/ล. และมีน้ำมัน 6.15-13.37 ก/ล. จะเห็นได้ว่าน้ำทิ้งรวมมีปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณน้ำมันโดยเฉลี่ยลดลงกว่าน้ำทิ้งจาก separator และ decanter ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำทิ้งรวมนอกจากจะมีน้ำทิ้งจาก separator และ decanter แล้ว ยังมีน้ำล้างเครื่องดักกรวดทราย น้ำล้างภาชนะ และ น้ำล้างพื้นโรงงานไหลมารวมกัน

4.1.5 น้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันสุดท้าย จุดที่เก็บตัวอย่างเป็นจุดรวมของน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งและจากบ่อพักน้ำทิ้งรวม ซึ่งแยกเอาน้ำมันออกแล้ว ก่อนปล่อยลงสู่บ่อบำบัดน้ำเสีย คุณลักษณะของน้ำทิ้งแสดงในตารางที่ 4.6 เมื่อสุ่มตัวอย่างรวมน้ำทิ้งส่วนนี้ มีพีเอช 3.79-4.64, COD 73,534-100,580 มก/ล. BOD 18,250-41,000 มก/ล. สารแขวนลอย 22.0-31.2 ก/ล. และยังมีน้ำมันอยู่ 8.44-14.47 ก/ล. จะเห็นได้ว่าแม้จะมีการดักน้ำมันออกไปบางส่วนก็ยังมีน้ำมันอยู่ในน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่บ่อบำบัด

4.1.6 น้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันของน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง น้ำทิ้งส่วนนี้แม้จะดักน้ำมันออกไปแล้วก็พบว่า ยังคงมีน้ำมันหลงเหลืออยู่ ในช่วง 6.01-12.60 ก/ล. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.41 ก/ล. ดังแสดงในตารางที่ 4.7 คุณลักษณะอื่น ๆ ได้แก่ พีเอช 4.61, COD 63,430-97,672 มก/ล. BOD 22,000-27,000 มก/ล. สารแขวนลอย 6.8-13.6 ก/ล. สำหรับการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 พบว่า ได้ค่าต่าง ๆ สูงกว่าการเก็บตัวอย่างครั้งอื่น ๆ เนื่องจากเป็นการเก็บตัวอย่างจากที่จุดกึ่งกลางของความลึกของบ่อดักน้ำมัน ไม่ได้เก็บจากน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อโดยตรง

4.1.7 น้ำทิ้งจากเครื่องแยกกรวดทราย เครื่องแยกกรวดทรายใช้แยกกรวดทรายจากน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกจมก่อนเข้าเครื่องแยก separator หรือ decanter โดยต้องมีการล้างเครื่องนั้น ทุก ๆ 20-30 นาที ในการล้างจะใช้วิธีปล่อยน้ำเข้าไปชะกรวดทรายและสารต่าง ๆ ที่ตกค้างอยู่ออกมา ในการล้างแต่ละครั้งมีน้ำทิ้งปริมาณ 5 ลิตร และมีทรายปะปนประมาณ 15-20% หลังจากแยกทรายออกโดยการตั้งทิ้งให้ทรายตกตะกอน น้ำทิ้งนี้ยังมีสารแขวนลอยต่าง ๆ

อยู่ 16.5-29.6 ก/ล. และมีน้ำมัน 14.80-24.76 ก/ล. ดังแสดงในตารางที่ 4.8 น้ำทิ้งส่วนนี้จะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้มีกรวดทรายสะสมอยู่ในบ่อพักน้ำทิ้งรวม ควรจะแยกกรวดทรายออกก่อนที่จะไหลไปรวมกับน้ำทิ้งอื่น ๆ ในบ่อพักน้ำทิ้งรวม

การศึกษาคุณลักษณะของน้ำทิ้งในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มครั้งนี้ พบว่า น้ำทิ้งที่มีปริมาณมากจะมาจาก 3 แหล่งใหญ่ ๆ คือ น้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง น้ำทิ้งจากเครื่องแยก separator และ decanter สำหรับน้ำทิ้งที่มีค่า COD, BOD ปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณน้ำมันอยู่สูงคือ น้ำสลัดจ์ก่อนเข้าเครื่องแยก แต่น้ำสลัดจ์นี้จะต้องนำเข้าเครื่อง separator และ decanter เพื่อแยกน้ำมันออกก่อน อย่างไรก็ตาม ลักษณะน้ำทิ้งจากจุดต่าง ๆ ในการทดลองนี้มีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการทดลองของประเทศมาเลเซีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งและน้ำทิ้งรวมทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ วัตถุดิบ สภาวะที่ใช้ในการนึ่งและประสิทธิภาพของเครื่องแยกเป็นต้น ซึ่งค่า COD, BOD ปริมาณสารแขวนลอย และปริมาณน้ำมันของน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศมาเลเซียมีค่าเพียง 10,300-52,500 5,500-27,000, 1,250-9,000 และ 1,100-6,100 มก/ล. ส่วนน้ำทิ้งรวมมีค่า COD 18,300-28,500 มก./ล., BOD 10,000-14,000 มก/ล. ปริมาณสารแขวนลอย 7,500-10,000 มก/ล. และปริมาณน้ำมัน 8,200-9,600 มก/ล. (ESCAP, 1982, Thanh et al., 1980)

น้ำทิ้งรวม เป็นน้ำทิ้งจากเครื่องแยก separator และ decanter รวมกับน้ำล้างต่าง ๆ ในโรงงาน พบว่ามีปริมาณน้ำมันเฉลี่ย 9.45 ก/ล. แต่น้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันสุดท้ายมีปริมาณน้ำมันเฉลี่ยถึง 11.36 ก/ล. แสดงให้เห็นว่าบ่อดักน้ำมันสุดท้ายไม่สามารถแยกน้ำมันออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่าในบ่อดักน้ำมันสุดท้าย มีน้ำมันลอยอยู่บริเวณผิวหน้าเสมอ การมีบ่อดักน้ำมันสุดท้าย อย่างน้อยก็ช่วยทำหน้าที่ดักน้ำมันที่ปนเปื้อนมาซึ่งอาจจะเนื่องมาจากการล้างเครื่องมือหรืออุบัติเหตุเช่นปั๊มที่สูบน้ำมันจากถังพักเสีย ทำให้น้ำมันไหลปนมากับน้ำทิ้งมากซึ่งเป็นการป้องกันไม่ให้น้ำมันไหลลงสู่บ่อบำบัดน้ำทิ้งได้ระดับหนึ่ง

จากการที่น้ำทิ้งสุดท้ายมีปริมาณน้ำมันเฉลี่ย 11.36 ก/ล. หากตั้งสมมติฐานว่า น้ำทิ้งที่ไหลด้วยอัตราเร็ว 17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ใน 1 ชั่วโมงจะมีน้ำมันถูกทิ้งไปกับน้ำทิ้ง 193 กิโลกรัม

ถ้าโรงงานสกัดน้ำมันทำงาน 16 ชั่วโมง (530 ตันทะลายปาล์มสด) จะมีน้ำมันถูกทิ้งไป 3,088 กิโลกรัม หรือประมาณ 5.8 กิโลกรัมต่อทะลายปาล์มสด 1 ตัน การศึกษาหาวิธีแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ก็จะก่อให้เกิดผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น

4.2 การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง (Separation of oil from wastewater)

4.2.1 การแยกโดยวิธีการตกจม (Separation by settling)

4.2.1.1 การแยกโดยใช้ Imhoff cone (Settling in Imhoff cone)

เมื่อใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง ใส่ใน Imhoff cone พบว่าการแยกชั้นเกิดรวดเร็วมาก โดยเฉลี่ยมีชั้นน้ำมันลอยที่ผิวหน้าปริมาตร 50 มล. ต่อน้ำทิ้ง 1 ลิตร และชั้นล่างสุดเป็นตะกอนนอนก้นอยู่ปริมาตรไม่ถึง 10 มล. เมื่อวิเคราะห์หาน้ำมัน พบว่าชั้นบนมีน้ำมัน 303 กรัมต่อลิตร หรือจากน้ำทิ้งทั้งหมด 1 ลิตร ชั้นบนมีน้ำมันอยู่ 15-17 กรัม

ส่วนตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งรวมเมื่อใส่ใน Imhoff cone ตั้งทิ้งไว้ พบว่าไม่มีการแยกชั้นหรือตกตะกอน แม้จะปล่อยทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำทิ้งมีความหนืดมาก

4.2.1.2 การแยกโดยการให้ความร้อน (Settling with heating)

ผลการให้ความร้อนตัวอย่างน้ำทิ้งรวมในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 85 และ 95 องศาเซลเซียส การพ่นด้วยไอน้ำ และการให้ความร้อนโดยตรง แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่ามีฝ้าน้ำมันลอยตัวขึ้นน้อยมาก แต่จะเกิดการแยกชั้นของน้ำทิ้ง โดยจะเห็นเป็น 2 ชั้น ด้านล่างเป็นตะกอนข้นกว่าด้านบน เมื่อปล่อยเวลาให้นานขึ้น ชั้นล่างก็จะมีปริมาตรลดลง และปริมาตรจะคงที่หลังจากตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 ชั่วโมง การให้อุณหภูมิต่างกันไม่มีผลต่อการแยกชั้น การทดลองให้ระดับน้ำในอ่างต่ำกว่าระดับน้ำของตัวอย่างครึ่งหนึ่ง เพื่อให้เกิด turbulent ก็ไม่มีผลต่อการแยกชั้นน้ำมันและการแยกชั้นของตัวอย่าง ส่วนผลการให้ความร้อนโดยมีการกวนตัวอย่างด้วยแท่งแก้ว การพ่นไอน้ำเข้าไปในตัวอย่าง และการให้ความร้อนตัวอย่างโดยตรงไม่ปรากฏการลอยตัวของน้ำมันขึ้นด้านบน

4.2.1.3 **การแยกโดยการกวน** (Settling with slow stirring)

การกวนตัวอย่างน้ำทิ้งรวมอย่างช้า ๆ โดยใช้ความเร็วต่ำ 15 รอบต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการกวน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.10 พบว่า การกวนไม่มีผลต่อการแยกชั้น และสังเกตเห็นว่าตัวอย่างส่วนบนใส ส่วนล่างเป็นตะกอน ขณะที่อุณหภูมิมีผลต่อการแยกชั้นของตัวอย่างโดยตัวอย่างที่มีอุณหภูมิ 70°ซ จะเกิดการแยกชั้นให้ปริมาตรของส่วนบน 37% ซึ่งมากกว่าตัวอย่างที่ทดลองที่อุณหภูมิห้อง แต่ก็ไม่มีน้ำมันลอยตัวด้านบน

การทดลองแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งในห้องปฏิบัติการ โดยปล่อยให้น้ำมันลอยตัวนั้น สำหรับน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งสามารถแยกน้ำมันออกได้โดยง่าย แต่ถ้าเป็นน้ำทิ้งรวมของโรงงาน พบว่าไม่เกิดการแยกชั้น อย่างไรก็ตามในโรงงานมักพบน้ำมันลอยตัวอยู่ด้านบนของถังดักน้ำมันสุดท้ายก่อนปล่อยน้ำทิ้งออกสู่บ่อบำบัด สาเหตุที่ไม่สามารถแยกน้ำมันจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการอาจเป็นเพราะใช้ปริมาณน้ำทิ้งน้อยเกินไป เป็นการเกิดการลดขนาดจากของจริง (scaling down effects) นอกจากนี้ในระหว่างการสกัดน้ำมันของโรงงานอาจมีเหตุการณ์ไม่ปกติเกิดขึ้น เช่นการล้างเครื่องแยก separator หรือ decanter มีครั้งหนึ่งโรงงานมีการล้างถังเก็บสะสมน้ำมัน และอีกครั้งหนึ่งเครื่องปั๊มซึ่งปั๊มน้ำมันจากถังด้านล่างที่ได้น้ำมันจากการแยกด้วย separator และ decanter หยุดทำงาน ทำให้มีน้ำมันไหลล้นออกจากบ่อเก็บน้ำมัน ลงไปในระบบน้ำทิ้งได้

4.2.2 **การแยกโดยวิธีหมุนเหวี่ยง** (Separation by centrifugation)

ตัวอย่างน้ำทิ้งที่นำไปหมุนเหวี่ยง ประกอบด้วย ตัวอย่างน้ำทิ้งจาก หม้อนึ่ง เครื่องแยก separator และบ่อพักน้ำทิ้งรวม พบว่า ทุกตัวอย่าง จะแยกเป็น 3 ชั้น ชั้นบนเป็นชั้นน้ำมัน ชั้นกลางเป็นชั้นน้ำ และชั้นล่างเป็นชั้นตะกอน แต่การที่ชั้นใดจะมีปริมาณมากน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่างที่นำมาหมุนเหวี่ยง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.11

เมื่อนำตัวอย่างน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งไปหมุนเหวี่ยง พบว่า ชั้นบนมีปริมาตร 2-7% ชั้นกลางมี

ปริมาตร 88-91% และชั้นตะกอนมีปริมาตร 3-8% โดยแต่ละชั้นมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ ดังนี้ ชั้นบนมีน้ำมัน 14.71-21.62%, ชั้นกลางมีน้ำมันน้อยกว่า 0.15% และชั้นล่างมีน้ำมัน 5.96-7.02%

ตัวอย่างน้ำทิ้งจากเครื่องแยกหลังจากหมุนเหวี่ยง พบว่า ชั้นบนมีปริมาตร 2-14% ชั้นกลางมีปริมาตร 57-77% และชั้นตะกอนมีปริมาตร 16-28% โดยแต่ละชั้นมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบดังนี้ ชั้นบนมีน้ำมัน 1.01-1.37% ชั้นกลางมีน้ำมันอยู่ต่ำกว่า 0.25% และชั้นล่างมีน้ำมัน 4.00-5.64%

เมื่อนำตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันสุดท้ายไปหมุนเหวี่ยง พบว่า ชั้นบนมีปริมาตร 3-13% ชั้นกลางมีปริมาตร 60-79% และชั้นตะกอนมีปริมาตร 18-28% เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันของแต่ละชั้น พบว่า ชั้นบนมีน้ำมันอยู่ 1.67-2.64% ชั้นกลางมีน้ำมันน้อยกว่า 0.15% ขณะที่ชั้นตะกอนมีน้ำมันอยู่ 3.41-3.97%

การหมุนเหวี่ยงน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง แม้จะสามารถแยกน้ำมันได้ดี แต่การตั้งทิ้งไว้ก็สามารถแยกชั้นน้ำมันได้รวดเร็วโดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงาน สำหรับการหมุนเหวี่ยงน้ำทิ้งจากเครื่องแยกและจากบ่อพักน้ำทิ้งรวมให้ผลการทดลองคล้ายกัน เมื่อหมุนเหวี่ยงแล้ว จะมีน้ำมันอยู่ในชั้นบนโดยเฉลี่ยเพียง 5-30% ของน้ำมันเริ่มต้นในน้ำทิ้ง และน้ำมันส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในชั้นตะกอน แสดงให้เห็นว่า ในน้ำทิ้งเหล่านี้ การรวมตัวของน้ำมันและสารแขวนลอยต่าง ๆ เกิดขึ้นอย่างซับซ้อนและแน่นหนา แม้จะหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 4,500 รอบต่อนาที ก็สามารถแยกน้ำมันออกมาได้เพียงบางส่วนเท่านั้น อย่างไรก็ตาม หลังจากหมุนเหวี่ยงน้ำทิ้ง แล้วเก็บตัวอย่างชั้นกลางไปวิเคราะห์ค่า COD และน้ำมัน พบว่า สามารถลดค่า COD ของน้ำทิ้งลงได้ประมาณ 50% และลดปริมาณน้ำมันในน้ำทิ้งได้ประมาณ 85% ดังแสดงในตารางที่ 4.12 การหมุนเหวี่ยงจึงเป็นวิธีการที่ดีในการลด COD และน้ำมันในน้ำทิ้ง

4.2.3 การแยกโดยใช้สารเคมี (Separation by chemical)

ผลการตกตะกอนสารแขวนลอยในน้ำทิ้งโดยใช้สารเคมีช่วยตกตะกอน $Ca(OH)_2$ $FeCl_3$ และ $Al_2(SO_4)_3$ แสดงในตารางที่ 4.13 จะเห็นว่า น้ำทิ้งที่มีการเติมสารเคมีเหล่านี้ให้สารละลายส่วนใสไม่เกิน 2.5% และไม่แตกต่างจากผลของชุดควบคุม การเติมสารเคมีมีวัตถุประสงค์

เพื่อตกตะกอนสารแขวนลอย ซึ่งคาดว่าอาจทำให้น้ำมันลอยตัวได้ อย่างไรก็ตามแม้จะตั้งทิ้งไว้ 3 และ 24 ชั่วโมง ก็ไม่พบน้ำมันลอยตัวด้านบน การเติมสารเคมีทั้ง 3 ชนิด ให้ผลไม่แตกต่างกันมากนัก สิ่งที่สังเกตได้ชัดเจนคือ การเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อมีการปรับพีเอชเริ่มต้นของน้ำทิ้งเป็น 5.0, 6.5 และ 8.0 นั้น สีของน้ำทิ้งจะเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็น สีน้ำตาลเข้มเล็กน้อย สีน้ำตาลเข้มมาก และสีดำ ตามลำดับ โดยทั่วไปการเติมสารเคมี จะทำให้สารแขวนลอยจับตัวกันและตกตะกอน แต่ในการทดลองครั้งนี้ไม่เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวและไม่พบน้ำมันลอยตัวขึ้นมา แสดงให้เห็นว่า สารแขวนลอยและน้ำมันน่าจะจับตัวกันอยู่อย่างแข็งแรง ยากแก่การแยกออกโดยใช้สารเคมีช่วยตกตะกอน

4.2.4 การแยกโดยวิธี dispersed air flotation (Separation by dispersed air flotation)

การแยกน้ำมันออกจากตัวอย่างน้ำทิ้งรวมโดยใช้วิธี dispersed air flotation นั้น ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.14 ด้านบนตัวอย่างจะมีฟอง เมื่อตั้งทิ้งไว้จะเป็นฝ้า (scum) ลอยอยู่ประมาณ 60 มล. ชั้นนี้มีน้ำมันมากกว่าส่วนล่าง 2-3 เท่า การทดลองที่อุณหภูมิ 70 ซ จะทำให้ได้ชั้น scum ที่มีน้ำมันสูงกว่าเมื่อทดลองที่อุณหภูมิห้อง การเพิ่มความเร็วของใบกวนไม่มีผลทำให้น้ำมันในชั้น scum เพิ่มขึ้น หลังจากวิเคราะห์ค่า COD และน้ำมันของตัวอย่างส่วนล่าง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างจากตัวอย่างเริ่มต้น

4.2.5 การแยกโดยวิธี dissolved air flotation (Separation by dissolved air flotation)

เมื่ออัดน้ำก๊อกที่อิ่มตัวด้วยอากาศที่ความดันสูงลงในตัวอย่างน้ำทิ้งจากเครื่องแยก decanter และน้ำทิ้งรวม พบว่า ฟองอากาศที่อัดแน่นอยู่เป็นเม็ดเล็ก ๆ ค่อย ๆ ลอยตัวสู่

ผิวหน้าของน้ำทิ้ง เกิดการพาตะกอนขนาดเล็กลอยตัวขึ้นไปด้วยเป็นชั้นฟอง หลังจากตั้งทิ้งไว้ 45 นาที ก็ไม่ปรากฏการแยกชั้นของน้ำมันแม้จะตั้งทิ้งไว้ 1 วัน ก็สังเกตไม่พบว่ามีชั้นน้ำมันเกิดขึ้น เมื่อนำตัวอย่างชั้นฟองและชั้นน้ำไปวิเคราะห์ COD และน้ำมัน พบว่า ให้ค่าที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างเริ่มต้น แสดงว่า การใช้วิธี dissolved air flotation ไม่สามารถแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งได้

การทดลองแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง พบว่า เนื่องจากน้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณสารแขวนลอยอยู่สูงมากและรวมตัวกันค่อนข้างหนาแน่น โดยมีหยดน้ำมันเล็ก ๆ กระจายตัวแทรกอยู่ภายในกลุ่มของอนุภาคสารแขวนลอย ทำให้ลักษณะน้ำทิ้งไม่เป็นอิมัลชั่นระหว่างน้ำและน้ำมันโดยตรง ดังนั้นวิธีการแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งโดยการตั้งทิ้งไว้โดยอาศัยแรงโน้มถ่วง การให้ความร้อน การกวน หรือแม้แต่การใช้วิธี dispersed หรือ dissolved air flotation ก็ไม่สามารถดึงให้หยดน้ำมันมารวมตัวกันและลอยขึ้นสู่ข้างบนได้ ขณะที่วิธีการหมุนเหวี่ยงสามารถแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งได้ การแยกโดยการหมุนเหวี่ยงจึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สุด เพราะสามารถแยกน้ำมันออจากน้ำทิ้งได้โดยเฉลี่ย 85% หลังการหมุนเหวี่ยงจะมีน้ำมันลอยตัวออกมามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของน้ำทิ้ง จากผลการทดลองนี้ พบว่ามีน้ำมันลอยตัวอออกมาประมาณ 5-30% ของน้ำมันทั้งหมดในน้ำทิ้ง แม้จะยังคงมีน้ำมันส่วนใหญ่ติดอยู่ในชั้นตะกอน

การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง คือวัตถุประสงค์หลักของการทดลองครั้งนี้ ในการแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งโดยการหมุนเหวี่ยง นอกจากจะสามารถแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งได้ดีกว่าวิธีอื่น ๆ แล้ว ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของน้ำทิ้งให้มีสารแขวนลอยลดลง เป็นการลด pollution load ทำให้การบำบัดน้ำทิ้งนี้ทำได้ง่ายกว่าน้ำทิ้งที่มีน้ำมันปะปน และยังช่วยยืดอายุการทำงานของบ่อบำบัดน้ำทิ้งได้ด้วย

เนื่องจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีการแยกน้ำมันออกจากน้ำสลัดจ์ของถังตกจมโดยใช้ separator หรือ decanter อยู่แล้ว การใช้ decanter ต่อกับ separator หรือใช้ separator ต่อกับ separator ดังแสดงในแผนภาพที่ 4.1 ก็น่าจะเป็นวิธีการที่ดีในการแยกน้ำมันที่หลงเหลืออยู่ในน้ำทิ้งได้ ซึ่งสมควรจะศึกษาในระดับ pilot test ต่อไป เพื่อศึกษาถึงความ

เป็นไปได้ของระบบเกี่ยวกับประสิทธิภาพการแยกน้ำมัน ผลตอบแทนทางธุรกิจ และผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

4.3 ลักษณะน้ำทิ้งจากกล้องจุลทรรศน์

เมื่อศึกษาตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งรวม และตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันสุดท้ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าน้ำทิ้งจากทั้ง 2 แหล่ง มีลักษณะไม่แตกต่างกัน คือ ประกอบด้วย เม็ดน้ำมันขนาดต่าง ๆ กันและมีตะกอนแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมากกระจายอยู่ทั่วไป ตัวอย่างน้ำทิ้งที่นำไปหมุนเหวี่ยงจะพบว่า ชั้นบนจะมีเม็ดน้ำมันที่มีขนาดใดขึ้น และมีตะกอนแขวนลอยอยู่น้อยมาก ในขณะที่ชั้นกลางซึ่งเป็นชั้นน้ำนั้นพบน้ำมันน้อยมากและมีสารแขวนลอยปริมาณเล็กน้อย ส่วนในชั้นตะกอนนั้นแม้มีตะกอนอยู่หนาแน่นมาก แต่ก็มีเม็ดน้ำมันกระจายแทรกอยู่มาก

การที่เม็ดน้ำมันแขวนลอยอยู่ในน้ำ หรือยังอยู่ในตะกอนโดยไม่สามารถเกาะกลุ่มกันเองนั้นน่าจะเกี่ยวกับการที่น้ำมันยังจับอยู่กับตะกอนแขวนลอยนั้น โดยเฉพาะพวก cell debris และ protoplasmic materials จากการศึกษาของ Ho & Tan (1983) พบว่า การบีบผลปาล์มโดยเครื่องขับเกลียวอัดจะทำให้เซลล์น้ำมัน (oil cell) ซึ่งอยู่ในชั้น mesocarp ของผลปาล์มถูกบีบออกมารวมกัน แต่เซลล์น้ำมัน บางส่วนอาจไม่ถูกบีบออก ในน้ำทิ้งจึงมีทั้งที่แตกและไม่แตกรวมกับ cell debris และเม็ดน้ำมันเมื่อนำไปหมุนเหวี่ยงพบว่า เพียง 30% ของน้ำมันที่อยู่ในสลัดจ์จะถูกแยกออกได้โดยการหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง น้ำมันที่เหลือยังคงอยู่ในเซลล์ หรือจับอยู่กับ cell debris และ protoplasmic materials การแยกน้ำมันออกจากสลัดจ์โดยใช้เอนไซม์ เพื่อย่อยเซลล์น้ำมันที่ยังไม่แตก นับว่าเป็นวิธีที่ดีซึ่งได้รับความสนใจศึกษากันอยู่ (Ho et al.1992)

4.4 ประสิทธิภาพของเครื่องแยก separator

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องแยกน้ำมัน (separator) พบว่า ปริมาณน้ำมันและสารแขวนลอยที่ออกจากเครื่องแยก ไม่ได้แปรผันตามระยะเวลาการทำงานของเครื่อง และไม่เท่ากันในแต่ละรอบ ของการทำงานของเครื่อง ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.15 การที่

ปริมาณน้ำมันในน้ำทิ้งไม่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทำงานของเครื่องที่เพิ่มขึ้นนั้น เนื่องจากมีคนงานคอยควบคุมการทำงานของเครื่อง และคอยตรวจสอบปริมาณน้ำมันที่ปนมากับน้ำทิ้งโดยการตักน้ำทิ้งที่ออกจากเครื่อง ราดลงบนพื้นและใช้ความชำนาญและประสบการณ์ในการสังเกตว่ามีปริมาณน้ำมันปนออกมามากน้อยเพียงใด แล้ว ทำการปรับอัตราส่วนของน้ำทิ้งกับน้ำให้พอเหมาะต่อการแยกน้ำมันโดยทฤษฎีการแยกน้ำมันโดยใช้ separator จะมีประสิทธิภาพดีเมื่อสลัดจ์ที่เข้าเครื่องแยกมีน้ำอยู่ 94-95% เมื่อมีการปรับปริมาณน้ำเข้าเครื่องแยกจึงทำให้ปริมาณน้ำทิ้งที่ออกจากเครื่องมีค่าไม่สม่ำเสมอในแต่ละรอบ

4.5 คุณภาพของน้ำมัน

คุณภาพของน้ำมันที่ได้ในแต่ละขั้นตอน แสดงในตารางที่ 4.16 น้ำมันก่อนผ่านตะแกรงมีคุณภาพดีที่สุด โดยมีค่ากรดไขมันอิสระในช่วง 2.68-3.75% และมีค่าความชื้นในช่วง 46.38-47.62% น้ำมันหลังการผ่านตะแกรงและน้ำมันจากถังเก็บน้ำมันมีค่ากรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนน้ำมันจากบ่อดักน้ำมันสุดท้ายมีคุณภาพต่ำสุด มีค่ากรดไขมันอิสระในช่วง 3.8-21.22% ทั้งนี้ขึ้นกับระยะเวลาที่น้ำมันถูกกักอยู่ในบ่อดักน้ำมัน สำหรับการกวาดแยก (skimming)เอาน้ำมันออกจากถังทางโรงงานจะให้คนงานแยกน้ำมันออกจากบ่อดักน้ำมันทุกวัน แต่ในบางครั้งปริมาณน้ำมันมีไม่มากหรือคนงานลืม น้ำมันจะลอยอยู่ในบ่อดักเป็นเวลาหลายวัน เกิดการสัมผัสกับอากาศมากเป็นสาเหตุให้ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น หากต้องการให้ได้น้ำมันคุณภาพดี ควรทำการแยกน้ำมันทุกวัน

ทางแก้ไขอันหนึ่งที่ทำได้คือ ใช้เครื่องมือกวาดน้ำมันที่ลอยอยู่ตามผิวหน้า (skimming device) ซึ่งเทคโนโลยีนี้มีอยู่แล้วโดยใช้ในการแยกครีมออกจากน้ำนมเพื่อนำไปทำเนย เครื่องมือนี้สามารถเปิดให้ทำงานได้ตลอดเวลาที่มีน้ำมันลอยตัวอยู่ในบ่อดักน้ำมันสุดท้าย ก็จะทำให้ได้น้ำมันมีคุณภาพ สมควรที่จะทดลองในระดับ pilot test scale ต่อไป

ตารางที่ 4.1 ลักษณะน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง

Characteristics of Effluent after Sterilizer

ครั้งที่	Characteristics				
	pH	COD mg/l	BOD mg/l	SS g/l	Oil & grease g/l
การสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว					
1	4.80	80,335	28,000	8.6	7.74
2	4.94	68,620	30,350	8.1	5.08
3	4.79	65,978	35,500	9.4	12.52
ค่าเฉลี่ย	4.84	71,644	31,283	8.7	8.45
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.04	6,239	3,132	0.5	3.08
การสุ่มตัวอย่างรวม					
4	4.77	70,000	-	-	16.95
5	-	79,760	38,500	10.9	10.81
6	-	86,010	39,500	10.0	12.42
7	-	86,726	24,000	8.8	14.22
8	-	104,829	27,000	9.4	20.74
9	4.75	91,357	24,250	12.2	12.26
ค่าเฉลี่ย	4.76	86,447	30,650	10.3	14.57
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.01	10,626	6,906	1.2	3.37

ตารางที่ 4.2 ลักษณะน้ำเสียก่อนเข้าเครื่องแยก

Characteristics of Effluent before Separator

ครั้งที่	Characteristics				
	pH	COD mg/l	BOD mg/l	SS g/l	Oil & grease g/l
การสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว					
1	4.35	292,924	55,500	127.2	84.38
2	4.58	259,440	62,300	182.4	129.09
3	4.52	222,610	72,500	118.5	122.99
ค่าเฉลี่ย	4.48	258,325	63,433	142.7	112.15
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.10	28,716	6,986	28.3	19.80
การสุ่มตัวอย่างรวม					
4	-	310,827	70,000	197.2	115.83
5	-	431,147	71,000	176.4	136.41
6	-	309,856	38,294	176.7	147.01
7	-	245,864	34,000	186.8	137.75
8	4.43	343,536	20,750	204.5	153.60
ค่าเฉลี่ย		324,424	46,809	188.3	138.12
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		67,005	20,192	11.1	12.80

ตารางที่ 4.3 ลักษณะน้ำทิ้งจากเครื่องแยก (separator)

Characteristics of Effluent after Separator

ครั้งที่	Characteristics				
	pH	COD mg/l	BOD mg/l	SS g/l	Oil & grease g/l
การสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว					
1	4.39	112,032	34,000	35.2	14.58
2	4.61	81,780	34,925	26.9	2.55
3	4.55	90,439	32,250	21.8	18.96
ค่าเฉลี่ย	4.52	94,750	33,725	28.0	12.03
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.09	12,721	1,109	5.5	6.94
การสุ่มตัวอย่างรวม					
4	4.63	56,600	-	-	12.78
5	-	112,800	47,000	25.4	14.88
6	-	156,980	62,000	52.6	13.91
7	-	95,425	17,167	30.0	7.96
8	-	74,656	20,000	30.6	13.55
9	4.59	96,304	15,750	30.8	13.60
ค่าเฉลี่ย	4.61	98,794	32,383	33.9	12.78
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.02	31,523	18,721	9.6	2.24

ตารางที่ 4.4 ลักษณะน้ำทิ้งจากเครื่องแยก (decanter)

Characteristics of Effluent after Decanter.

ครั้งที่	Characteristics				
	pH	COD mg/l	BOD mg/l	SS g/l	Oil & grease g/l
การสุ่มตัวอย่างรวม					
1	-	95,253	42,500	14.1	16.91
2	-	112,407	23,000	28.3	15.16
3	-	119,504	-	38.8	13.58
ค่าเฉลี่ย		109,155	32,750	27.1	15.21
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		10,180	9,750	10.1	1.36

ตารางที่ 4.5 ลักษณะน้ำทิ้งรวม (mixed effluent from oil room)

Characteristics of Mixed Effluent from Oil Room

ครั้งที่	Characteristics				
	pH	COD mg/l	BOD mg/l	SS g/l	Oil & grease g/l
การสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว					
1	4.50	102,742	25,500	25.0	16.78
2	4.61	78,960	25,978	23.2	6.54
3	3.66	78,247	30,750	21.9	23.16
ค่าเฉลี่ย	4.27	86,659	27,409	23.4	15.49
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.42	11,376	2,370	1.3	6.85
การสุ่มตัวอย่างรวม					
4	4.63	91,500	-	29.4	9.31
5	-	92,120	38,000	35.6	13.37
6	-	98,700	38,000	32.7	11.91
7	-	82,095	20,500	23.3	7.44
8	-	69,886	18,000	30.9	6.15
9	3.99	90,094	16,250	28.2	11.30
10	-	86,130	-	26.8	10.51
11	-	74,250	-	25.5	6.74
12	-	79,200	-	26.0	7.71
13	-	71,974	-	-	10.09
ค่าเฉลี่ย	4.31	83,595	26,150	27.9	9.45
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.32	9,186	9,769	2.9	2.27

ตารางที่ 4.6 ลักษณะน้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันสุดท้าย

Characteristics of Effluent after Final Oil Trap

ครั้งที่	Characteristics				
	pH	COD mg/l	BOD mg/l	SS g/l	Oil & grease g/l
การสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว					
1	3.53	83,068	24,500	19.0	9.19
2	4.73	86,480	35,750	15.7	6.61
3	3.98	81,025	39,000	17.3	14.17
ค่าเฉลี่ย	4.08	83,524	33,083	17.3	9.99
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.49	2,250	6,213	1.3	3.14
การสุ่มตัวอย่างรวม					
4	4.64	-	-	-	14.47
5	-	97,760	38,500	31.2	13.56
6	-	100,580	41,000	29.2	12.25
7	-	81,953	20,500	22.0	8.44
8	-	73,534	19,500	22.7	8.67
9	3.79	96,549	18,250	24.8	13.90
ค่าเฉลี่ย	4.22	90,075	27,550	26.0	11.36
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.42	10,496	10,018	3.6	2.36

ตารางที่ 4.7 ลักษณะน้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันของน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง

Characteristics of Effluent after Sterilizer Oil Trap

ครั้งที่	Characteristics				
	pH	COD mg/l	BOD mg/l	SS g/l	Oil & grease g/l
1	-	221,840	72,000	67.2	37.65
2	-	86,480	-	8.7	10.82
3	-	65,114	22,000	8.1	8.20
4	-	63,430	27,000	6.8	6.01
5	4.61	97,672	23,500	13.6	12.60
ค่าเฉลี่ย		78,174	24,167	9.3	9.41
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		14,466	2,095	2.6	2.51

หมายเหตุ ครั้งที่ 1 เป็นการสุ่มตัวอย่างรวมจากจุดกึ่งกลางของความลึกของบ่อดักน้ำมัน

ครั้งที่ 2-5 เป็นการสุ่มตัวอย่างรวมจากท่อปล่อยน้ำทิ้ง

ค่าเฉลี่ยคิดเฉพาะครั้งที่ 2-5

ตารางที่ 4.8 ลักษณะน้ำทิ้งจากเครื่องแยกกรวดทราย

Characteristics of Effluent after Desander

ครั้งที่	Characteristics				
	pH	COD g/l	BOD mg/l	SS g/l	Oil & grease g/l
1	-	-	-	17.4	24.76
2	-	-	-	16.5	14.80
3	-	-	-	29.6	17.88
4	-	-	-	26.4	18.86
5	3.84	-	-	17.5	24.37
ค่าเฉลี่ย				21.5	20.13
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				5.4	3.86

หมายเหตุ เป็นการสุ่มตัวอย่างรวม เมื่อมีการล้างเครื่อง

ตารางที่ 4.9 การแยกน้ำทิ้งรวมโดยการให้ความร้อน

Separation of Palm Oil Mill Effluent by Heating

Treatments	Results
In water bath at 95°C [water level equal to sample level]	no oil after 3,24 hrs.
In water bath at 85°C [water level equal to sample level]	no oil after 3,24 hrs.
In water bath at 85°C [water level half of sample level]	no oil after 1,3,24 hrs.
In water bath at 85°C [stirring for 15,30 mins and let settling]	no oil after 1,3,24 hrs. [for both treatments]
Steaming for 15,30,60 mins. and let settling	no oil after 1,3,24 hrs.
Direct heating for 30 mins. and let settling	no oil after 1,3,24 hrs.

ตารางที่ 4.10 การแยกน้ำทิ้งรวมโดยการกวนด้วยความเร็วต่ำ (15 รอบต่อนาที)
Separator of Mixed Effluent from Oil Room by Low Speed Stirring (15 rpm)

Treatments	%[v/v] of top layer ⋆				
	0.05	1.00	2.00	3.00	24.00 hr.
1. Control [no stirring and let settling at room temperature]	5	7.5	17.5	20	25
2. Stirring for 15 mins and let settling at room temperature	5	5	12.5	17.5	25
3. Stirring for 30 mins and let settling at room temperature	5	5	17.5	25	25
4. Control [no stirring and let settling at 70°C]	5	5	17.5	17.5	37.5
5. Stirring for 15 mins and let settling at 70°C	5	10	25	25	37.5
6. Stirring for 30 mins and let settling at 70°C	5	5	5	5	5

Treatment 1-4, bottom layers were homogenous.

Treatment 5-6, bottom layers were inhomogenous and sediment clumped during 0.5-3.0 hr. settling.

⋆ Top layer was water phase and no oil was observed in every treatment.

ตารางที่ 4.11 การแยกน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยการเหวี่ยงแยก 4,500 รอบต่อนาที 30 นาที

Separation of Palm oil Mill Effluent by Centrifugation [4,500 rpm. 30 mins.]

Samples	Top layer		Middle layer		Bottom layer	
	Oil & grease		Oil & grease		Oil & grease	
	% [v/v]	[g/l]	% [v/v]	[g/l]	% [v/v]	[g/kg]
Effluent after Sterilizer	2	-	91	1.24	7	-
	2	-	90	1.55	8	-
	7	216.24	88	0.94	5	70.20
	6	147.07	91	0.38	3	59.60
Effluent after Separator	10	13.65	74	0.80	16	40.00
	14	-	57	1.17	28	-
	12	-	60	1.33	28	-
	6	10.88	72	2.35	22	44.70
	2	12.78	77	0.60	21	56.40
Mixed Effluent from	13	26.35	65	1.48	22	34.10
Oil Room	12	-	60	1.50	28	-
	13	-	63	1.23	24	-
	3	18.19	77	1.17	20	36.80
	3	16.72	79	0.77	18	39.70

ตารางที่ 4.12 ผลของการเหวี่ยงแยกต่อการลดค่า COD และ Oil & Grease ของน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

Effect of Centrifugation on COD and Oil & grease Reduction in Palm Oil Mill Effluents.

Samples	COD mg/l			Oil & Grease mg/l		
	before	after	%reduction	before	after	%reduction
Effluent after Sterilizer	80,335	58,475	27.2	7.74	0.27	96.5
	68,620	34,091	50.3	5.08	1.29	74.6
	65,978	48,059	27.2	12.52	0.35	97.2
Effluent before Separator	292,924	65,580	77.6	84.38	5.89	93.0
	259,440	65,580	74.7	84.38	5.89	93.0
	222,610	56,023	74.8	122.99	1.44	98.8
Effluent after Separator	112,032	44,449	60.3	14.58	1.60	89.0
	81,780	39,480	51.7	2.55	1.20	52.9
	90,439	41,516	54.1	18.96	0.85	95.5
Mixed Effluent From Oil Room	102,742	37,708	63.3	16.78	1.31	92.2
	78,960	28,075	64.4	6.54	1.76	73.1
	78,247	31,947	59.2	23.16	0.08	96.5
Effluent after Final Oil Trap	83,068	41,170	50.4	9.19	1.59	82.3
	86,480	36,096	58.2	6.61	1.35	79.6
	81,025	44,332	45.3	14.17	0.68	95.2

ตารางที่ 4.13 การแยกน้ำทิ้งรวมโดยใช้สารเคมีช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ

Separation of Mixed Effluent from Oil Room with Different Chemical Coagulants

Coagulant	Conc. [mg/l]	Initial pH	pH after chemical added	Color	%Supernate 3 hr.	24 hr.
$FeCl_3$	20	8.0	7.43	black	10	15
	100	8.0	7.39	black	10	15
	200	8.0	7.31	black	10	15
	1000	8.0	6.60	black	20	20
	2000	8.0	6.02	black	25	25
$Ca[OH]_2$	20	5.0	4.97	brown	10	15
		6.5	6.27	brown	10	15
		8.0	7.39	dark brown	10	15
	200	5.0	4.98	brown	10	15
		6.5	6.76	brown	10	15
		8.0	8.30	dark brown	10	20
	1000	5.0	5.59	dark brown	15	20
		6.5	8.24	dark brown	15	20
		8.0	9.03	dark brown	15	20
	2000	5.0	7.59	black	15	20
		6.5	9.35	black	15	20
		8.0	9.59	black	15	20

ตารางที่ 4.13 ต่อ

Coagulant	Conc. [mg/l]	Initial pH	pH after chemical added	Color	%Supernate 3 hr.	24 hr.
$Al_2[SO_4]_3$	20	5.0	4.99	brown	5	10
		6.5	6.47	dark brown	5	10
		8.0	7.93	black	5	10
	200	5.0	4.99	brown	5	15
		6.5	6.38	dark brown	5	15
		8.0	7.75	black	5	10
	1000	5.0	4.93	brown	10	20
		6.5	6.22	dark brown	10	20
		8.0	7.28	black	10	20
	2000	5.0	4.77	brown	10	25
		6.5	5.96	dark brown	10	25
		8.0	6.83	black	10	25
Control		3.9	-	brown	10	20
		5.0	-	sl.dark brown	10	20
		6.5	-	dark brown	10	20
		8.0	-	black	10	20

ตารางที่ 4.14 การแยกน้ำทิ้งรวมโดยวิธี dispersed air flotation

Separation of Mixed Effluent from Oil Room by Dispersed Air Flotation

	Treatments	Oil & grease g/l	COD mg/l
A	control	10.51	86,130
A.1	4,500 rpm, 20 sec,3times, [70°C]		
	first suspension	10.00	81,345
	second suspension	9.61	88,288
	third suspension	9.40	81,345
	combined scum	37.14	174,592
A.2	7,700 rpm, 20 sec, 3 times, [70°C]		
	first suspension	10.05	82,336
	second suspension	9.42	82,336
	third suspension	9.72	84,320
	combined scum	26.78	153,760
A.3	4,500 rpm,20 sec, 3 times [30°C]		
	first suspension	9.72	87,120
	second suspension	8.96	85,140
	third suspension	9.27	82,170
	combined scum	26.78	136,620
A.4	7,700 rpm, 20 sec,3times, [30°C]		
	first suspension	9.81	82,336
	second suspension	9.01	79,360
	third suspension	8.15	82,336
	combined scum	23.73	129,952

ตารางที่ 4.14 ต่อ

	Treatments	Oil & grease g/l	COD mg/l
B	Control	6.74	74,250
B.1	4,500 rpm,20 sec,3 times, [70°C]		
	first suspension	5.71	75,396
	second suspension	6.20	75,392
	third suspension	5.94	77,376
	combined scum	17.08	117,810
B.2	7,700 rpm,20 sec, 3 times, [70°C]		
	first suspension	7.50	78,368
	second suspension	6.48	75,392
	third suspension	6.23	77,376
	combined scum	16.46	117,810
B.3	4,500 rpm,20 sec,3 times,[30°C]		
	first suspension	6.76	76,384
	second suspension	6.76	76,384
	third suspension	7.24	75,392
	combined scum	14.66	103,950
B.4	7,700 rpm,20 sec,3 times,[30°C]		
	first suspension	6.17	79,360
	second suspension	7.07	76,360
	third suspension	6.49	77,376
	combined scum	13.18	108,900

ตารางที่ 4.14 ต่อ

Treatments		Oil & grease g/l	COD mg/l
C	Control	7.71	79,200
C.1	4,500 rpm, 20sec, 3times, [70°C]		
	first suspension	7.60	80,190
	second suspension	7.67	80,190
	third suspension	7.06	82,170
	combined scum	20.40	123,750
C.2	7,700 rpm, 20sec, 3 times, [70°C]		
	first suspension	7.02	87,120
	second suspension	6.34	82,170
	third suspension	6.99	82,170
	combined scum	12.35	109,890
C.3	4,500 rpm, 20sec, 3 times, [30°C]		
	first suspension	7.25	81,180
	second suspension	6.17	81,180
	third suspension	7.16	82,170
	combined scum	12.35	112,096
C.4	7,700 rpm,20 sec, 3 times, [30°C]		
	first suspension	-	-
	second suspension	7.09	82,170
	third suspension	7.21	84,150
	combined scum	13.68	106,920

ตารางที่ 4.15 ผลของเวลาต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแยก (Separator)
Time Effect on Separator Efficiency

Samples	Time hr.	Oil & grase g/l	SS g/l
After Separator A	0	7.05	-
	1	8.77	-
	2	7.89	-
	3	7.45	-
	4	11.88	-
	0	7.34	29.82
	1	5.60	29.86
	2	4.00	28.44
	3	2.33	19.86
	0	6.80	31.70
	1	10.03	36.02
	2	6.15	27.96
	0	7.16	-
	1	30.37	-
	2	12.75	-
	3	76.93	-
	0	5.85	19.2
	1	10.53	28.6
	2	51.26	71.0
	3	9.25	28.0
	4	11.29	40.2

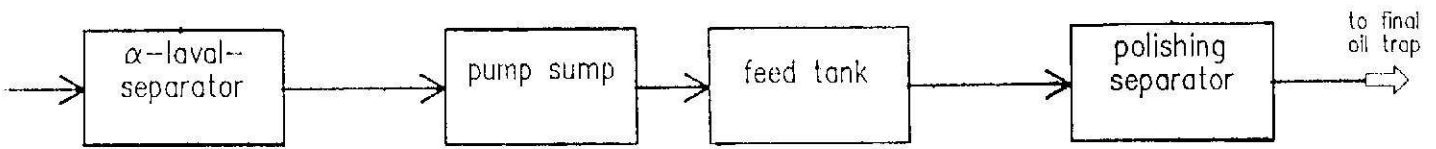
ตารางที่ 4.15 ต่อ

Samples	Time hr.	Oil & grease g/l	SS g/l
After Separator B	0	7.93	-
	1	43.85	-
	2	9.40	-
	3	14.18	-
	4	36.98	-
	6	15.30	-
	0	15.10	5.66
	1	24.40	8.32
	2	28.10	10.58
	0	24.80	7.15
	1	26.70	8.53

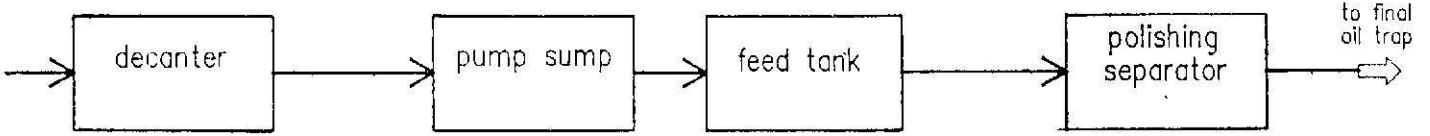
ตารางที่ 4.16 คุณภาพของน้ำมันจากจุดเก็บต่าง ๆ ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

Quality of Oil at Various Points in the Palm Oil Mill

Samples	% FFA as palmitic acid	% Moisture
Oil before Screening	2.68	47.62
	3.75	46.38
Oil after Screening	3.52	53.24
	2.38	31.76
	2.90	79.53
	9.10	0.83
Oil from Settling Tank	3.34	1.03
	3.09	0.53
	2.67	2.03
	2.95	0.44
Oil from Final Oil Trap	21.22	2.58
	3.80	73.12
	5.23	64.67
	7.55	4.19



รูปที่ 4.1 การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งโดยการต่อเครื่องแยก separator กับ separator



รูปที่ 4.2 การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งโดยการต่อเครื่องแยก decanter กับ separator

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1. **คุณลักษณะน้ำทิ้งจากขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ** ของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มอันประกอบด้วย น้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง, น้ำสลัดจ์ก่อนเข้าเครื่องแยก, น้ำทิ้ง separator, น้ำทิ้งจาก decanter, น้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งรวม, น้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันสุดท้าย, น้ำทิ้งจากบ่อดักน้ำมันของน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง และ น้ำทิ้งจากเครื่องแยกกรวดทราย สรุปดังแสดงในตารางที่ 5.1

5.2. **การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง** สรุปดังแสดงในตารางที่ 5.2

5.2.1 **การแยกโดยวิธีตกจม**

5.2.1.1 **การแยกโดยใช้ Imhoff cone** สามารถแยกน้ำมันออกจากตัวอย่างน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งได้ แต่ไม่สามารถแยกน้ำมันจากตัวอย่างน้ำทิ้งอื่น ๆ

5.2.1.2 **การแยกโดยการให้ความร้อน** ทุกวิธีการที่ทดลองมีเพียงฝ้าน้ำมันบาง ๆ ลอยที่ถังจึงไม่ประสบผลสำเร็จในการแยกน้ำมัน

5.2.1.3 **การแยกโดยการกวน** การกวนน้ำทิ้งรวมอย่างช้า แล้วปล่อยให้ตกตะกอนก็ไม่สามารถแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งได้

5.2.2 **การแยกโดยวิธีหมุนเหวี่ยง** โดยใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งจากหม้อนึ่ง น้ำทิ้งจากเครื่องแยกและน้ำทิ้งรวม พบว่าหลังการเหวี่ยงแยกจะมีการแยกเป็น 3 ชั้นสรุปดังตารางที่ 5.3

การหมุนเหวี่ยงสามารถลดปริมาณ COD และน้ำมัน ในน้ำทิ้งสุดท้าย ได้ประมาณ 50% และ 85 % ตามลำดับ

5.2.3 **การแยกโดยใช้สารเคมี** เมื่อตกตะกอนตัวอย่างน้ำทิ้งรวมด้วย $FeCl_3$, $Ca(OH)_2$ และ $Al_2(SO_4)_3$ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า น้ำทิ้งจะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ แต่ไม่สามารถแยกน้ำมันออกมาได้

5.2.4 **การแยกโดยวิธี dispersed air flotation และ dissolved air flotation** ไม่สามารถแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งจาก decanter และ น้ำทิ้งรวม

5.3. ประสิทธิภาพของเครื่องแยก

เครื่องแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งจากถังตกจมของโรงงานนี้ ยี่ห้อ Alfa Laval รุ่น PASX T-74G-50 พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น จาก 0-4 ชั่วโมง ปริมาณน้ำมัน และสารแขวนลอยมีค่าไม่คงที่เนื่องจากจะมีเจ้าหน้าที่ มาปรับเครื่องอยู่เสมอ

5.4. คุณภาพของน้ำมัน

น้ำมันเมื่อออกจากเครื่องบีบอัดก่อนผ่านตะแกรงกรอง มีความชื้น 46.38-47.62% และมีกรดไขมันอิสระ 2.68-3.75% หลังจากผ่านตะแกรงน้ำมันมีความชื้น 0.83-79.53 และมีกรดไขมันอิสระ 2.38-9.10% สำหรับน้ำมันจากถังตกจม มีความชื้น 0.44-2.03% และมีกรดไขมันอิสระ 2.67-3.34% ในขณะที่น้ำมันจากบ่อดักน้ำมันสุดท้ายมีความชื้น 2.58-73.12% และ มีกรดไขมันอิสระ 3.80-21.22%

5.5 ข้อเสนอแนะในการแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง

1) ควรแยกบ่อพักน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งและน้ำทิ้งรวมจากการแปรรูปขั้นตอนอื่น ๆ ออกจากกัน เนื่องจากน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งมีปริมาณน้ำมันสูง มีสารแขวนลอยต่ำ สามารถแยกน้ำมันออกได้ง่ายกว่าน้ำทิ้งรวม

2) การออกแบบบ่อดักน้ำทิ้งรวม ควรแบ่งเป็น 3 บ่อต่อเนื่องกัน โดยบ่อแรกและบ่อที่ 2 ควรมีขนาดใหญ่กว่าที่เป็นอยู่เพื่อทำหน้าที่ดักกรวดทราย เมื่อบ่อแรกมีกรวดทรายเต็ม ก็ควรตักออกโดยเร็ว

3) การดักน้ำมันจากน้ำทิ้งในบ่อดักน้ำมันสุดท้าย ควรจะมีการเก็บน้ำมันทุกวัน เพราะหากทิ้งไว้น้ำมันจะเกิดปฏิกิริยากับอากาศ ทำให้น้ำมันมีค่ากรดไขมันอิสระสูงขึ้น อาจใช้เครื่องกวาดน้ำมัน (skimming device) ช่วยก็จะประหยัดแรงงานและทำให้ได้น้ำมันที่มีคุณภาพดี

4) การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งรวมหรือน้ำทิ้งสุดท้าย โดยวิธีหมุนเหวี่ยงในระดับห้องปฏิบัติการ เป็นวิธีเดียวที่สามารถแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งได้ นอกจากจะทำให้น้ำทิ้งสุดท้ายมีน้ำมันลดลงแล้ว ยังทำให้น้ำทิ้งสุดท้ายมีค่า COD ลดลงด้วย จึงสมควรที่จะมีการทดลองในระดับ pilot test

ใช้ separator ดังแสดงตามรูปที่ 4.1 และ 4.2

5) การเหวี่ยงแยกน้ำทิ้งรวมในห้องปฏิบัติการ พบว่าชั้นตะกอนยังมีน้ำมันอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากเม็ดน้ำมันจับอยู่กับ cell debris หรือถูกกักอยู่ใน cell membrane หากต้องการน้ำมันส่วนนี้ออกไปใช้ ก็ควรจะศึกษาโดยใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายพวกสารอินทรีย์เหล่านี้เพื่อให้น้ำมันหลุดออกมาได้

ตารางที่ 5.1 คุณลักษณะน้ำทิ้งจากขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ ของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม·

Charactistics of Waste water from Different Processing Steps in Palm Oil Mill

Waste water	pH	COD mg/l	BOD mg/l	SS g/l	O & G g/l
Sterilizer condensate	4.76	86,447	30,650	10.3	14.57
Sludge before separator	4.43	324,424	46,809	188.3	138.12
Effluent after separator	4.61	98,794	32,383	33.9	12.78
Effluent after decanter	–	109,155	32,750	27.1	15.21
Mixed effluent	4.31	83,595	26,150	27.9	9.45
Effluent from final oil trap	4.22	90,075	27,550	26.0	11.36
Effluent after sterilizer oil trap	4.61	78,174	24,167	9.3	9.41
Efffluent from desander	3.84	–	–	21.5	20.13

· เป็นค่าเฉลี่ยจากตารางที่ 4.1-4.8

ตารางที่ 5.2 ผลของวิธีการแยกต่อการนำน้ำมันออกจากน้ำทิ้งรวม

Effect of Separation Methods on Oil Recovery from Mixed Effluent from Oil Room

Separation method	% oil recovery
Normal settling	<5
Heating while settling	<5
Stirring and let settling	<5
Centrifugation	5-30%
Chemical coagulation	<5
Dispersed air flotation	<5
Dissolved air flotation	<5

ตารางที่ 5.3 การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งโดยวิธีการหมุนเหวี่ยง

Separation of Oil from Waste water by Centrifugation

Waste water	Top layer		Middle layer		Bottom layer	
	%(v/v)	%oil (g/100 ml)	%(v/v)	%oil (g/100 ml)	%(v/v)	%oil (g/100 g)
Sterilizer condensate	2-7	14.71-21.62	88-91	0.04-0.15	3-8	5.96-7.02
Effluent after separator	2-14	1.09-1.37	57-77	0.06-0.24	16-28	4.00-5.64
Mixed effluent from oil room	3-13	1.67-2.64	60-79	0.08-0.15	18-28	3.41-3.97

เอกสารอ้างอิง

ผาสุข กุลละวณิชย์, สัณห์ชัย กลิ่นพิกุล, สุมณฑา กุลละวณิชย์ และสุรเชษฐ์ ธีระมณี. 2531. โครงการแปรรูปผลิตภัณฑ์และพัฒนาด้านการตลาดของโรงงานหีบน้ำมันปาล์มขนาดเล็กตามพระราชดำริ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. 175 หน้า.

พูนสุข ประเสริฐสรรพ์, เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล และอรัญ หันพงศ์กิตติกูล. 2533. กระบวนการผลิต การใช้ประโยชน์วัสดุเหลือทิ้งและคุณลักษณะของน้ำเสียของโรงงานน้ำมันปาล์ม. ว.สงขลานครินทร์ 12(2) 169-176.

ชมรมเพื่อสัมมนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2529. ปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม. คู่มือเกษตรกร.

APHA. AWWA. WPCF. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater (16 th ed.), Washington, DC.

Barker, T.W. and J.T. Worgan. 1981. The utilization of palm oil processing effluents as substrate for microbial protein by the fungus Aspergillus oryzae. Eur. J. Appl. Microbiol. 11:234-240.

Bek-Nielsen, D.B. 1987. Palm oil processing technology past, present and future. In International Oil Palm/Palm Oil Conferences. progress & prospects: Conference II: 29 June - 1 July 1987. Kuala Lumpur.

Berger K.G. 1981. Food Uses of Palm Oil, PORIM paper No.2. April 1981.

Brigitte J.. 1983. Quality of Pal Oil, PORIM paper No. 10. October 1983

Cheah, S.C., A.N. Ma, L.C.L. Ooi and A.S.H. Ong. 1988. Biotechnological applications for the utilization of wastes from palm oil mills. Fat Sci. Technol. p. 536-540.

Corbitt, R.A. 1989. Standard Handbook of Environmental Engineering. McGraw-hill. Inc, New York.

Davis, M.L. and D.A. Cornwell. 1991. Introduction to Environmental Engineering (2 nd edition). McGraw-Hill Internation Editions, McGraw-Hill, Inc., New York.

Edewor, J.O. 1986. A comparison of treatment methods for palm oil mill effluent (POME) wastes. J. Chem. Tech. Biotechnol. 36: 212-218.

ESCAP 1982 Industrial Pollution Control Guide Lines IV.Palm Oil Industry. United Nations, Economic and Social Commision for Asia and the Pacific - Environmental and Development Series

Ho, C.C. and Y.K. Tan 1983. Centrifugal fraction studies on the particulates of palm oil mill effluent. Water Research 17:613-668.

Ho, C.C. M.C. Chow, S.H. Ong 1992. Recovery of residue oil from the centrifuge sludge of a palm oil mill : effect of enzyme digestion and surfactant treatment. JAOCS 69:276-282.

Hwang, T.K., S.M. Ong C.C. Scow and H.K. Tan. 1978. Chemical composition of palm oil mill effluents. Planter. 54:749-756.

Kirkaldy, J.L.R. and J.B. Sutanto. 1976. Possible utilization of by-products from palm oil industry. Planter. 52:118-126.

Neilsen, B.B. 1987. Palm oil Processing technology:past, present and future. International Oil Palm/Palm Oil Conferences, 29

June-1 July, 1987. Kuala-Lumpur.

Okiy, D.A. 1987. Chemical and biological characterization of the by-products of NIFOR palm oil mill. In International Oil Palm/Palm oil Conferences, 29 June-1 July 1987. Kuala Lumpur.

Ramalho, R.S. 1977. Introduction to Wastewater Treatment Process. Academic Press, Inc.. London.

Soew W.L. and K.G. Berger. 1981. Malaysian Palm Kernel Oil Chemical and Physical Characteristic, PORIM (Paper 6)

Thanh,N.C., S. Muttamara, B.N.Lohani, T. Lee,K.Hum, K.C.Leong, M. A. Kazimi, D.M. Tam and S.Burintratikul.1980 Palm Oil Waste water Treatment Study in Malaysia and Thailand. International Development Research Centre, Final Report No. 114. Asian Institute of Technology.

ภาคผนวก ก.

Prince of Songhkla University

project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: Inventory data Taksin POM Surat Thani

APPENDIX: 1.1.1
date: 27.November 1992
file: IP-data1.WK1

remarks : the data of suspended solids in the minutes of the first to fourth experiment are interpreted 10 times too high and are corrected here

capacity of 3 presses: 33 t ster.FB/hr
average capacity 30 t ster.FB/hr

1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	6	7
number	sample	date of sampling	type of sampling	COD	COD	COD	BOD5	COD/BOD5
				mg/L	kg/h	kg/t FFB	mg/L	
1. 1	after sterilizer	13.06.92	spot sample	80335	318	9,6	28000	2,87
2		05.07.92		68620	272	8,2	30350	2,26
3	flow (m^3/t):	12.07.92		65978	261	7,9	35500	1,86
4	0,12	28-31.07.92	combined samples	70000	277	8,4		
5		06.-08.08.92day		97760	387	11,7	38500	2,54
6	2,7 m^3/batch	06.-08.08.92night		86010	341	10,3	39500	2,18
7	22,5 tFFB/batch	05.09.92 day		86726	343	10,4	24000	3,61
8		05.09.92 night		104829	415	12,6	27000	3,88
9		18.-19.09.92		91357	362	11,0	24250	3,77
10		18.11.92	bad sample, results not used for COD +SS					
			average	83513	331	10,0	27456	2,55
			standard deviation	12725	50	1,5	11139	1,14
2. 1	before separator	13.06.92	spot sample	292924	1933	58,6	55500	5,28
2		05.07.92		259440	1712	51,9	62300	4,16
3	flow (m^3/t):	12.07.92		222610	1469	44,5	72500	3,07
4	0,2	28-31.07.92	combined samples					
5		06.-08.08.92day		310827	2051	62,2	70000	4,44
6		06.-08.08.92night		431147	2846	86,2	71000	6,07
7		05.09.92 day		309856	2045	62,0	38294	8,09
8		05.09.92 night		245864	1623	49,2	34000	7,23
9		18.-19.09.92		343536	2268	68,7	20750	16,56
			average	302026	1993	60,4	53043	7
			standard deviation	61126	403	12,2	18382	4

Prince of Songkla University

project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: Inventory data Taksin PKM Surat Thani

APPENDIX: 1.1.2
date: 27.November 1992
file: IP-data1.WK1

remarks : the data of suspended solids in the minutes of the first to fourth experiment are interpreted 10 times too high and are corrected here

8	9.1	9.2	9.3	10	11	12	13
susp.solids	oil&gr.	oil&gr.	oil&gr.	production	prod. time	flow	
mg/L	mg/L	kg/h	kg/t FFB	t FFB/d	hrs/d	m^3/h	
8600	7740	30,7	0,93	670	20	4,0	
8100	5080	20,1	0,61	452	14	4,0	
9430	12520	49,6	1,50	767	23	4,0	
	16950	67,1	2,03	712	22	4,0	
10950	10810	42,8	1,30	452	14	4,0	
10020	12420	49,2	1,49	452	14	4,0	
8800	14220	56,3	1,71	656	20	4,0	
9400	20740	82,1	2,49	656	20	4,0	
12200	12260	48,5	1,47	617	19	4,0	
	39950	158,2	4,79	503	15	4,0	
9688	15269	60,5	1,83	594	18	4,0	
1258	9209	36,5	1,11	113	3	0,0	
127200	84380	556,9	16,88	670	20	6,6	
182400	129090	852,0	25,82	452	14	6,6	
118500	122990	811,7	24,60	767	23	6,6	
197200	115830	764,5	23,17	452	14	6,6	
176200	136410	900,3	27,28	452	14	6,6	
176700	147010	970,3	29,40	656	20	6,6	
186800	137750	909,2	27,55	656	20	6,6	
204500	153600	1013,9	30,72	617	19	6,6	
171188	128383	847	25,7	590	18	6,6	
29416	20182	133	4,0	114	3	0,0	

Prince of Songhkla University

project: Thai-German project
title: oil recovery from POM Taksin POM
refering: Frequency distribution Surat Thani

APPENDIX: 1.1.3
date: 27.November 1992
file: IP-data1.WK1

remarks: after sterilizer: COD (kg/t FFB)

1	2	3	4	5	6
date of sample	result	range of data	number of data	summe of numbers	percentile
	kg/t	kg/t			%
13.06.92	9,64	7,0	0	0	0,00
05.07.92	8,23	8,0	1	1	10,00
12.07.92	7,92	9,0	2	3	30,00
28-31.07.92	8,40	10,0	1	4	40,00
06.-08.08.92	11,73	11,0	3	7	70,00
06.-08.08.92	10,32	12,0	1	8	80,00
05.09.92	10,41	13,0	1	9	90,00
05.09.92	12,58		0	9	
18.-19.09.92	10,96				
18.11.92	0,00				
	0,00				

after sterilizer: O&G (kg/t FFB)

7	8	9	10	11
result	range of data	number of data	summe of numbers	percentile
kg/t	kg/t			%
0,93	0,5	0	0	0,00
0,61	1,0	2	2	18,18
1,50	1,5	3	5	45,45
2,03	2,0	2	7	63,64
1,30	2,5	2	9	81,82
1,49	3,0	0	9	81,82
1,71		1	10	90,91
2,49				
1,47				
4,79				

remarks: before separator: COD (kg/t FFB)

13.06.92	58,58	40,0	0	0	0,00
05.07.92	51,89	50,0	2	2	22,22
12.07.92	44,52	60,0	2	4	44,44
28-31.07.92		70,0	3	7	77,78
06.-08.08.92	62,17		1	8	88,89
06.-08.08.92	86,23				
05.09.92	61,97				
05.09.92	49,17				
18.-19.09.92	68,72				

remarks: before separator: O&G (kg/t FFB)

16,88	15,0	0	0	0,00
25,82	18,0	1	1	11,11
24,60	21,0	0	1	11,11
	24,0	1	2	22,22
23,17	27,0	2	4	44,44
27,28	30,0	3	7	77,78
29,40		1	8	88,89
27,55				
30,72				

remarks: after separator: COD (kg/t FFB)

remarks: after separator: O&G (kg/t FFB)

Prince of Songhkla University

project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: Inventory data Taksin POM Surat Thani

APPENDIX: 1.2.1
date: 27.November 1992
file: IP-data1.WK1

remarks : the data of suspended solids in the minutes of the first to fourth experiment are interpreted 10 times too high and are corrected here

capacity of 3 presses: 33 t ster.FB/hr
average capacity 30 t ster.FB/hr

1		2	3	4	5.1	5.2	5.3	6	7
number		sample	date of sampling	type of sampling	COD	COD	COD	BOD5	COD/BOD5
					mg/L	kg/h	kg/t FFB	mg/L	
3.	1	after separator	13.06.92	spot sample	112032	1008	30,6	34000	3,30
	2		05.07.92		81780	736	22,3	34925	2,34
	3	flow (m^3/t):	12.07.92		90439	814	24,7	32250	2,80
	4	0,27	28-31.07.92	combined samples	56600	509	15,4		
	5		06.-08.08.92day		112800	1015	30,8	47000	2,40
	6		06.-08.08.92night		156980	1413	42,8	62000	2,53
	7		05.09.92 day		95425	859	26,0	17167	5,56
	8		05.09.92 night		74656	672	20,4	20000	3,73
	9		18.-19.09.92		96304	867	26,3	15750	6,11
				average	97446	877	26,6	32887	3,60
				standard deviation	26834	242	7,3	14830	1,37
4.	1	after decanter	06.-08.08.92	combined samples	95253	476	14,4	42500	2,24
	2	flow (m^3/t):	05.09.92 day		112407	562	17,0	23000	4,89
	3	0,24	18.11.92		119504	598	18,1		
				average	109055	545	17		
				standard deviation	10180	51	2		

Prince of Songhkla University

project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: Inventory data Taksin-POM Surat Thani

APPENDIX: 1.2.2
date: 27.November 1992
file: IP-data1.WK1

remarks : the data of suspended solids in the minutes of the first to fourth experiment are interpreted 10 times too high and are corrected here

8	9.1	9.2	9.3	10	11	12	13
susp.solids	oil&gr.	oil&gr.	oil&gr.	production	prod. time	flow	
mg/L	mg/L	kg/h	kg/t FFB	t FFB/d	hrs/d	m^3/h	
35200	14580	131,2	3,98	670	20	9,0	
26900	2550	23,0	0,70	452	14	9,0	
21800	18960	170,6	5,17	767	23	9,0	
	12780	115,0	3,49	712	22	9,0	
25440	14880	133,9	4,06	452	14	9,0	
52600	13910	125,2	3,79	452	14	9,0	
30000	7960	71,6	2,17	656	20	9,0	
30600	13550	122,0	3,70	656	20	9,0	
30800	13600	122,4	3,71	617	19	9,0	
31668	12530	112,8	3,4	604	18	9,0	
8762	4418	39,8	1,2	114	3	0,0	
14060	16910	84,6	2,56	452	14	5,0	
28300	15160	75,8	2,30	656	20	5,0	
38800	13580	67,9	2,06	503	15	5,0	
27053	15217	76	2	537	16	5,0	
10138	1360	7	0	87	3		

Prince of Songhkla University

project: Thai-German project
title: oil recovery from POM Taksin POM
refering: Frequency distribution Surat Thani

APPENDIX: 1.2.3
date: 27.November 1992
file: IP-data1.WK1

remarks: after sterilizer: COD (kg/t FFB)

1	2	3	4	5	6
date of sample	result	range of data	number of data	summe of numbers	percentile
	kg/t	kg/t			%
13.06.92	30,55	15,0	0	0	0,00
05.07.92	22,30	20,0	1	1	10,00
12.07.92	24,67	25,0	3	4	40,00
28-31.07.92	15,44	30,0	2	6	60,00
06.-08.08.92	30,76	35,0	2	8	80,00
06.-08.08.92	42,81	40,0	0	8	80,00
05.09.92	26,03	45,0	1	9	90,00
05.09.92	20,36			9	90,00
18.-19.09.92	26,26			9	90,00
18.11.92	0,00			9	90,00

after sterilizer: O&G (kg/t FFB)

7	8	9	10	11
result	range of data	number of data	summe of numbers	percentile
kg/t	kg/t			%
3,98	1,0	1	1	10,00
0,70	2,0	0	1	10,00
5,17	3,0	1	2	20,00
3,49	4,0	5	7	70,00
4,06	5,0	1	8	80,00
3,79	6,0	1	9	90,00
2,17		0	9	90,00
3,70		0	9	90,00
3,71			9	90,00
			9	90,00

Prince of Songhkla University

project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: Inventory data Taksin PON Surat Thani

APPENDIX: 1.3.1
date: 27.November 1992
file: IP-data1.WK1

remarks

1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	6	7
number	sample	date of sampling	type of sampling	COD mg/L	COD kg/h	COD kg/t FFB	BOD5 mg/L	COD/BOD5
5. 1	mixed effluent	13.06.92	spot sample	102742	1595	48,3	25500	4,03
2	from oil room	05.07.92		78960	1226	37,1	25978	3,04
3	separator+decanter	12.07.92		78247	1215	36,8	30750	2,54
4		28-31.07.92	combined samples	91500	1420	43,0		
5	flow (m^3/t):	06.-08.08.92day		92120	1430	43,3	38000	2,42
6	0,47	06.-08.08.92night		98700	1532	46,4	38000	2,60
7		05.09.92 day		82095	1274	38,6	20500	4,00
8		05.09.92 night		69886	1085	32,9	18000	3,88
9		18.-19.09.92		90094	1398	42,4	16250	5,54
10		14.10.92		86130	1337	40,5		
11		14.10.92		74250	1153	34,9		
12		14.10.92		79200	1229	37,3		
13		17.11.92		71974	1117	33,9		
14		18.11.92	bad sample, results not used	97194	1509	45,7	19250	5,05
			for COD +SS					
			average	85221	1323	40,1	25803	3,7
			standard deviation	10030	156	4,7	7784	1,1
6. 1	final oil trap	13.06.92	spot sample	83068	1454	44,1	24500	3,39
2		05.07.92		86840	1520	46,1	35750	2,43
3	flow (m^3/t):	12.07.92		81025	1418	43,0	39000	2,08
4	0,53	28-31.07.92	combined samples					
5		06.-08.08.92day		97760	1711	51,8	38500	2,54
6		06.-08.08.92night		100580	1760	53,3	41000	2,45
7		05.09.92 day		81953	1434	43,5	20500	4,00
8		05.09.92 night		73543	1287	39,0	19500	3,77
9		18.-19.09.92		96549	1690	51,2	18250	5,29
10		17.11.92		72685	1128	34,2		
11		18.11.92	bad sample, results not used	80445	1249	37,8		
			for COD +SS					
			average	85445	1465	44,4	29625	2,9
			standard deviation	9343	199	6,0	9186	1,4

Prince of Songhkla University

project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: Inventory data Taksin PON Surat Thani

APPENDIX: 1.3.2
date: 27.November 1992
file: IP-data1.WK1

8	9.1	9.2	9.3	10	11	12	13
susp.solids	oil&gr.	oil&gr.	oil&gr.	production	production	flow	
mg/L	mg/L	kg/h	kg/t FFB	t FFB/d	t FFB/d	m^3/h	
25000	16780	260,5	7,89	670	20	15,5	
23200	6540	101,5	3,08	452	14	15,5	
21900	23160	359,5	10,89	767	23	15,5	
29400	9310	144,5	4,38	712	22	15,5	
35600	13370	207,5	6,29	452	14	15,5	
32720	11910	184,9	5,60	452	14	15,5	
23300	7440	115,5	3,50	656	20	15,5	
30900	6150	95,5	2,89	656	20	15,5	
28200	11200	175,4	5,32	617	19	15,5	
26800	10510	163,1	4,94	375	11	15,5	
25500	6740	104,6	3,17	375	11	15,5	
26000	7710	119,7	3,63	375	11	15,5	
	10090	156,6	4,75	252	8	15,5	
31930	13000	201,8	6,11	503	15	15,5	
27727	11001	170,8	5,2	522	16	15,5	
4000	4478	69,5	2,1	150	5	0,0	
19000	9190	160,8	4,87	670	20	17,5	
15700	6610	115,7	3,51	452	14	17,5	
17300	14170	248,0	7,51	767	23	17,5	
	14470	253,2	7,67	712	22	17,5	
31220	13560	237,3	7,19	452	14	17,5	
29200	12250	214,4	6,50	452	14	17,5	
22000	8440	147,7	4,48	656	20	17,5	
22700	8670	151,7	4,60	656	20	17,5	
24800	13900	243,3	7,37	617	19	17,5	
	10090	156,6	4,75	252	8	15,5	
23830	13400	208,0	6,30	503	15	15,5	
22861	11341	194,2	5,9	563	17	17,1	
4861	2671	46,6	1,4	145	4	0,8	

Prince of Songhkla University

project: Thai-German project
title: oil recovery from POM Taksin POM
refering: Frequency distribution Surat Thani

APPENDIX: 1.3.3
date: 27.November 1992
file: IP-data1.WK1

remarks: from oil room: COD (kg/t FFB)

1	2	3	4	5	6
date of sample	result	range of data	number of data	sumne of numbers	percentile
	kg/t	kg/t			%
13.06.92	48,33	30,0	0	0	0,00
05.07.92	37,14	32,0	0	0	0,00
12.07.92	36,80	34,0	2	2	13,33
28-31.07.92	43,04	36,0	1	3	20,00
06.-08.08.92	43,33	38,0	3	6	40,00
06.-08.08.92	46,43	40,0	1	7	46,67
05.09.92	38,61	42,0	1	8	53,33
05.09.92	32,87	44,0	3	11	73,33
18.-19.09.92	42,38	46,0	1	12	80,00
14.10.92	40,51	48,0	1	13	86,67
14.10.92	34,92	50,0	1	14	93,33
14.10.92	37,25		0		
17.11.92	33,85				
18.11.92	45,72				
	0,00				

remarks: from oil room: O&G (kg/t FFB)

7	8	9	10	11
result	range of data	number of data	sumne of numbers	percentile
kg/t	kg/t			%
7,89	2,0	0	0	0,00
3,08	3,0	1	1	6,67
10,89	4,0	4	5	33,33
4,38	5,0	3	8	53,33
6,29	6,0	2	10	66,67
5,60	7,0	2	12	80,00
3,50	8,0	1	13	86,67
2,89	9,0	0	13	86,67
5,32	10,0	0	13	86,67
4,94	11,0	1	14	93,33
3,17		0	14	93,33
3,63				
4,75				
6,11				
0,00				

remarks: final oil trap: COD (kg/t FFB)

13.06.92	44,05	34,0	0	0	0,00
05.07.92	46,05	37,0	1	1	9,09
12.07.92	42,97	40,0	2	3	27,27
28-31.07.92		43,0	1	4	36,36
06.-08.08.92	51,84	46,0	2	6	54,55
06.-08.08.92	53,34	49,0	1	7	63,64
05.09.92	43,46	52,0	2	9	81,82
05.09.92	39,00	55,0	1	10	90,91
18.-19.09.92	51,20		0		
17.11.92	34,19				
18.11.92	37,84				

remarks: final oil trap: O&G (kg/t FFB)

4,87	2,0	0	0	0,00
3,51	3,0	0	0	0,00
7,51	4,0	1	1	8,33
7,67	5,0	4	5	41,67
7,19	6,0	0	5	41,67
6,50	7,0	2	7	58,33
4,48	8,0	4	11	91,67
4,60		0	11	91,67
7,37		0	11	91,67
4,75				
6,30				

Prince of Songkla University

APPENDIX: 2.1
date: 27.November 1992
file: IP-Data1.wk1

project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: flow measurement on site TAKSIN POM Surat Thani

remarks:

surface aerea of pump pit: Length = 1,61 m
Width = 1,63 m
A = 2,62 m^2

Production capacity: 3 presses a 10 t FFB/h = 33 t FFB/h

diameter of pipe: = 80 mm
A = 0,0050 m^2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
number	location	date of measurement	level difference	measured time	measured time	total time	inflow	outflow by pumping
			cm	minutes	seconds	seconds	m^3/h	m^3/h
1.1	oil room pit	18.11.1992		44	45			
			21	46	55	130	15	
	production capaci			47	30	35		72
				49	55	145	14	
				50	30	35		70
				52	50	140	14	
				53	30	40		64
				55	36	126	16	
				56	15	39		67
				58	30	135	15	
				59	0	30		81
				61	23	143	14	
				61	58	35		71
				64	20	142	14	
				64	56	16		53
				67	27	151	13	
				68	1	34		71
				69	30	89	22	
	derived from			70	2	32		84
	average:			73	25	203	10	
	spec.flow	0,47		73	59	34		68
	(m^3/t FFB)			76	22	143	14	
				76	58	36		63
				79	3	125	16	
				79	42	39		67
				85	45			
				86	16	31		80
				87	34	78	25	
				88	8	34		84
	average						16	73
	stand. deviat.						4	6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
number	location	date of measurement		measured velocity				outflow
				m/s				m^3/h
				1,32				23,89
				1,49				26,96
				1,13				20,45
				1,27				22,98
				1,99				36,01
				1,66				30,04

Prince of Songhkla University

APPENDIX: 2.2
date: 27.November 1992
file: IP-Data1.wk1

project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: flow measurement on site TAKSIN PON Surat Thani

remarks:

surface aerea of pump pit: Length = 0 m; Width = 0 m; A = 0,00 m^2

diameter of pipe: for water = 45 mm; A = 0,0016 m^2; for sludge = 50 mm; A = 0,0020 m^2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
number	location	date of measurement	valve throttled	measured velocity				outflow
				m/s				m^3/h
3	separator inflow	17.11.1992						
3.1	fresh water		not	0,62				3,55
				0,65				3,72
			45 degree	0,6				3,44
			15 degree	0,4				2,29
3.2	oil sludge		not	1,51				10,67
	average							
	stand. deviat.							

Comment:

These figures are too high !
During pilot-scale tests these figures have to be proofed.

Prince of Songkla University

APPENDIX: 3.1
date: 27.November 1992
file: IP-Data1.wk1

project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: existing mass balances of effluent streams: TAKSIN POM Surat Thani

remarks: mass balance at high hourly capacity of 3 presses, 1 separator + 1 decanter

1	2	3	4	5	6	7	8	9
number	source	flow	flow specific	COD-load	COD-load specific	oil-load	oil-load specific	efficiency rel.to oil
		m^3/h	m^3/t FFB	kg/h	kg/t FFB	kg/h	kg/t FFB	%
1	sterilizer	4,0	0,12	331	10	60	1,83	
2.1	desander	<< 1	0,04			<< 20	0,80	
2.1	before separator	6,6	0,20	1993	60	847	25,68	
2.2.2	after separator	9,0	0,27	877	27	113	3,42	87
2.3.1 derived from 2.2.1	before decanter	3,6	0,11	1110	30	470	10	
2.3	after decanter	5,0	0,24	545	17	76	2,31	84
2.4	mixed oil room	15,5	0,47	1323	40	171	5,17	
3	total final oil trap effl.	17,1	0,53	1465	44	194	5,89	16
	balances of segregated streams (summes)							
2	mixed oil room = 2.1 + 2.2.2 + 2.3	14,0	0,6	1422	43	189	6,5	
3	total final oil trap infl. = 1 + 2	18,0	0,7	1753	53	249	8,4	22

Prince of Songkla University

APPENDIX: 3.2
date: 27.November 1992
file: IP-Data1.wk1

project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: mass balances : from literature

remarks: literature: 1 PORIM-report 1985
2
3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
number	source	flow	COD-load	oil-loss				
		m^3/t	kg/t	kg/t				
	sterilizer							
	desander							
	before separator							
	after separator							
	after decanter							
	mixed oil room							
	final oil trap effl.							

Prince of Songhkla University

APPENDIX: 4.1
date: 27.November 1992
file: IP-Data1.wk1

project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: mass balances of selected lab tests by centrifuge — TAKSIN POH Surat Thani

remarks: layer in between = middle layer = supernatant

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
number	source	date of sampling	Volume top layer	Volume in between	Volume botton	Volume total	oil-load top layer	oil-load in between	oil-load botton	oil-load total calc.	efficiency top layer	efficiency middl.layer
			mL/L	mL/L	mL/L	mL/L	part of 11	part of 11	part of 11	ppm	%	%
	sterilizer	13.06.92						0,27		7,74		97
		05.07.92						1,29		5,08		75
		12.07.92						0,35		12,52		97
		06.-08.08.92 day	20	910	70	1000	n.n.	1,13	n.n.	8,32	86	86
		06.-08.08.92 night	20	900	80	1000	n.n.	1,40	n.n.	9,56	85	85
		05.09.92 night	70	880	50	1000	15,14	0,83	3,51	19,47	78	96
		18.-19.09.92	60	910	30	1000	8,82	0,35	1,79	10,96	81	97
	average		43	900	58	1000	11,98	0,80	2,65	10,52	83	90
	standard deviation		23	12	19	0	3,16	0,45	0,86	4,27	4	8
	after separator	13.06.92						1,66		14,58		89
		05.07.92						1,20		2,55		53
		12.07.92						0,85		18,96		96
		28-31.07.92	100	740	160	1000	1,37	0,59	6,43	8,39	16	93
		06.-08.08.92 day	140	570	290	1000		0,67				
		06.-08.08.92 night	120	600	280	1000		0,80				
		05.09.92 night	60	720	220	1000	0,65	1,69	9,83	12,18	5	86
		18.-19.09.92	20	770	210	1000	0,26	0,46	11,84	12,56	2	96
	average		88	680	232	1000	0,76	1,08	9,37	11,54	8	85
	standard deviation		43	80	48	0	0,46	0,48	2,23	5,11	6	15

Prince of Songkla University

APPENDIX: 4.2
date: 27.November 1992
file: IP-Data1.wk1

project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: mass balances of selected lab tests by centrifuge — TAKSIN POM Surat Thani

remarks: layer in between = middle layer = supernatant

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
number	source	date of sampling	Volume top layer	Volume in between	Volume bottom	Volume total	oil-load top layer	oil-load in between	oil-load bottom	oil-load total calc.	efficiency top layer	efficiency middl.layer
			mL/L	mL/L	mL/L	mL/L	part of 11	part of 11	part of 11	ppm	%	%
	after decanter					0	0,00	0,00	0,00	0,00	FEHLER	FEHLER
						0	n.n.	0,00	n.n.			
						0	n.n.	0,00	n.n			
						0	0,00	0,00	0,00	0,00	FEHLER	FEHLER
						0	0,00	0,00	0,00	0,00	FEHLER	FEHLER
	average		FEHLER	FEHLER	FEHLER	0	0,00	0,00	0,00	0,00	FEHLER	FEHLER
	standard deviation		FEHLER	FEHLER	FEHLER	0	0,00	0,00	0,00	0,00	FEHLER	FEHLER
	oil room effluent							1,31		16,78		92
								1,76		6,54		73
								0,80		23,16		97
		28-31.07.92	130	650	220	1000	3,43	0,96	7,50	11,89	29	92
		06.-08.08.92 day	120	600	280	1000	n.n.	0,90	n.n.			
		06.-08.08.92 night	130	630	240	1000	n.n.	0,77	n.n.			
		05.09.92 night	30	770	200	1000	0,55	0,90	7,36	8,81	6	90
		18.-19.09.92	30	790	180	1000	0,50	0,61	7,15	8,26	6	93
	average		88	688	224	1000	1,49	1,06	7,34	12,57	14	89
	standard deviation		47	77	34	0	1,37	0,38	0,15	5,77	11	8

Prince of Songkla University

APPENDIX: 5
date: 27.November 1992
file: IP-Data1.wk1

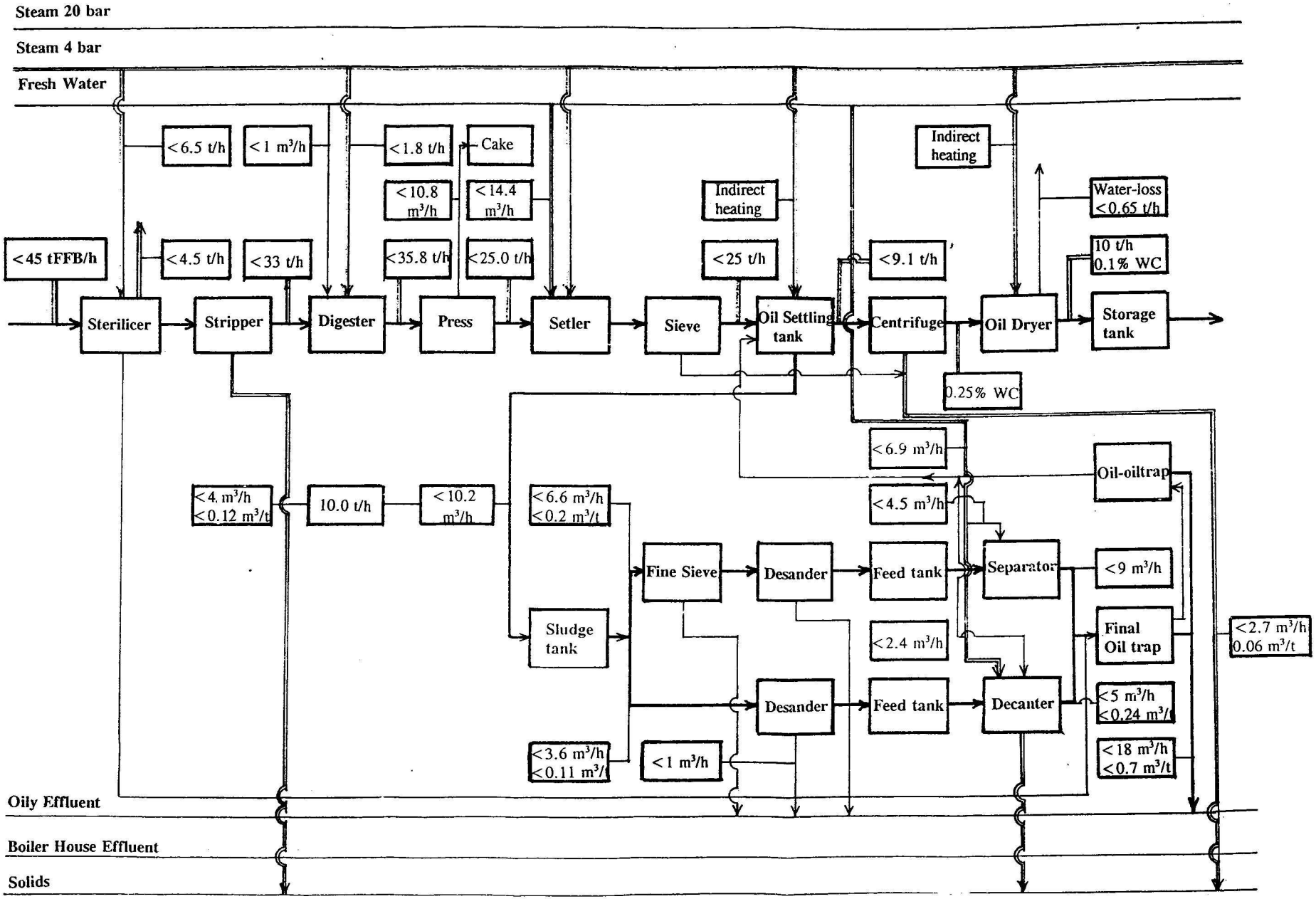
project: Thai-German project
title: oil recovery from palm oil mills effluent
refering: efficiency of lab-centrifugation to supernatant TAKSIN POM Surat Thani

remarks: layer in between = middle layer = supernatant

the calculated efficiency (columb no.6 and 9) is related to decrease of polution load of effluent

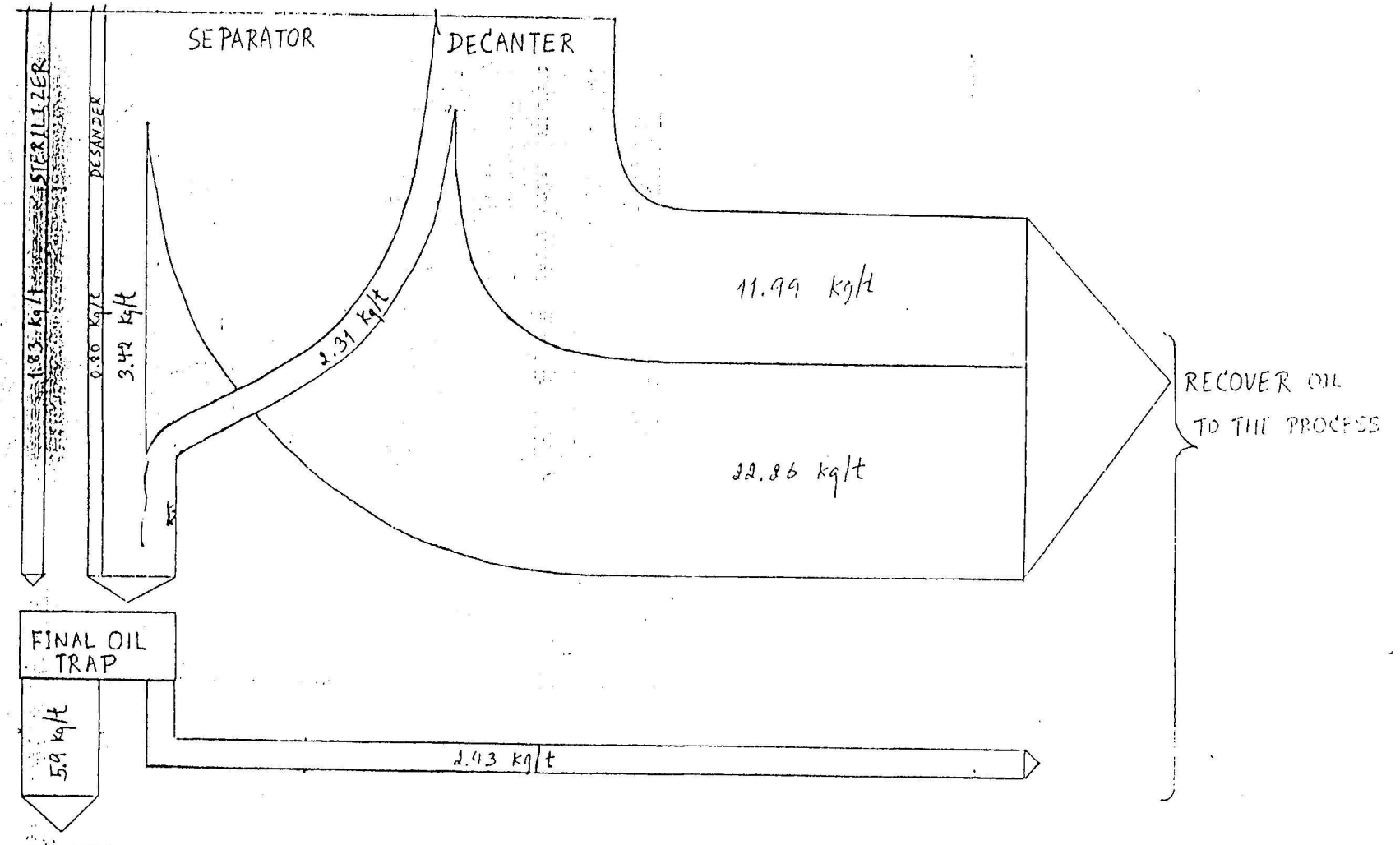
1	2	3	4	5	6	7	8	9
number	source	date of sampling	COD before	COD after	COD efficiency	O&G before	O&G after	O&G efficiency
			mg/L	mg/L	%	mg/L	mg/L	%
	sterilizer	13.06.92	80335	58475	27	7740	270	97
		05.07.92	68620	34091	50	5080	1290	75
		12.07.92	65978	43059	27	12520	350	97
	before separator	13.06.92	292924	65580	78	84380	5890	93
		05.07.92	259440	64672	75	129090	1820	99
		12.07.92	222610	56023	75	122990	1440	99
	after separator	13.06.92	112032	44443	60	14350	1000	93
		05.07.92	81780	39480	52	2550	1200	53
		12.07.92	90439	41516	54	18960	850	96
	oil room effluent	13.06.92	102742	37708	63	16780	1310	92
		05.07.92	78960	29075	64	6540	1760	73
		12.07.92	78247	31947	59	23160	800	97
	final oil trap effluent	13.06.92	83068	41170	50	9190	1590	83
		05.07.92	86480	36096	58	6610	1350	80
		12.07.92	81025	44332	45	14170	630	95

ภาคผนวก ข.



PROCESS FLOW SCHEME

TAKSIN PALM OIL MILL SURAT THANI



scale 1 : ?

existing oil-load-balance Takoin PO1