

คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม

สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน
กรมโรงงานอุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม

สารบัญ

I. ข้อเสนอว่าด้วยข้อกำหนดขั้นต่ำสุดเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม	1
I.1 ข้อกำหนดขั้นต่ำสุด	1
I.2 วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์	1
I.3 คำอธิบายเกี่ยวกับข้อกำหนดขั้นต่ำสุด	2
II แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์ม	3
1. บทนำ	3
2. ขอบเขตของแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อม	3
3. อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในประเทศไทย	4
4. การสกัดน้ำมันปาล์ม	5
4.1 การเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน	5
4.2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน แหล่งของวัสดุเศษเหลือและสมมูลมวลสาร	10
4.2.1 การรับและการเก็บทะลายปาล์มสดที่โรงงาน	12
4.2.2 การนึ่งปาล์ม	12
4.2.3 การแยกผลปาล์ม	12
4.2.4 การย่อยผลปาล์ม	13
4.2.5 การสกัดน้ำมันและการจัดการวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง	13
4.2.6 การทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ การกรองกาก และการกำจัดน้ำ	14
4.2.6.1 การกรองน้ำมันดิบ	14
4.2.6.2 การแยกน้ำมันในถังตกจม	15
4.2.6.3 การแยกและการกำจัดอนุภาคขนาดเล็กในน้ำมัน	15
4.2.6.4 การกำจัดน้ำออกจากน้ำมัน	16
4.2.7 การแยกน้ำมันออกจากน้ำสลัดจ์	16
4.2.7.1 การกำจัดกรวดทราย	16
4.2.7.2 การเหวี่ยงแยก	17
4.2.8 บทสรุปของการทำสมมูลมวลสาร	17
4.3 คุณลักษณะของวัสดุเศษเหลือ	20
5. มาตรการการป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิต	22
5.1 การปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิต	23
5.1.1 การจัดการสวนปาล์ม	23
5.1.2 คุณภาพของวัตถุดิบ	24

5.1.3 การป้องกันการสูญเสียน้ำมันในระหว่างการผลิต	24
5.1.3.1 การป้องกันการสูญเสียน้ำมันโดยการควบคุมและรักษา กระบวนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ	24
5.1.3.2 การป้องกันการสูญเสียน้ำมันโดยการปรับปรุง กระบวนการผลิต	25
5.1.3.3 การลดปริมาณน้ำเสียในกระบวนการผลิต	28
5.2 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	30
5.2.1 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง	30
5.2.1.1 ทะลายปาล์มเปล่า	30
5.2.1.2 เส้นใยปาล์ม	32
5.2.1.3 กะลา	32
5.2.1.4 กากสลัดจ์	32
5.2.2 การใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้ง	32
6. วิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย	36
6.1 การบำบัดน้ำเสียขั้นต้น	36
6.1.1 การแยกประเภทของน้ำเสีย	36
6.1.2 การแยกน้ำมัน	37
6.1.2.1 น้ำเสียที่มีของแข็งแขวนลอยต่ำ	37
6.1.2.2 น้ำเสียที่มีของแข็งแขวนลอยสูง	38
6.2 การบำบัดน้ำเสียขั้นทุติยภูมิ	38
6.2.1 การลดความร้อนของน้ำเสีย	40
6.2.2 ระบบไร้อากาศ	41
6.2.2.1 บ่อไร้อากาศแบบเปิด	41
6.2.2.2 บ่อไร้อากาศแบบปิด	43
6.2.3 ระบบมีอากาศ	46
6.2.3.1 ระบบบ่อแบบมีอากาศ	47
6.2.3.2 ระบบตะกอนเร่ง	48
6.3 การกำจัดไนโตรเจน	49
6.4 การแยกและการควบคุมปริมาณตะกอน	50
6.5 ตัวอย่างการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	50
6.5.1 ตัวอย่างอิทธิพลของตะกอนต่อขนาดของบ่อบำบัด	50
6.5.2 ตัวอย่างการใช้ระบบบ่อแบบไร้อากาศและแบบมีอากาศโดยทั่วไป	52
6.5.3 ตัวอย่างการใช้ระบบบ่อแบบไร้อากาศและแบบมีอากาศ เพื่อกำจัดบีโอดีและไนโตรเจนทั้งหมด	52
7. การติดตามและการควบคุม	58

7.1 การติดตามและควบคุมกระบวนการผลิต	58
7.2 การติดตามและควบคุมโดยเจ้าหน้าที่ของรัฐ	59
8. คำอธิบายศัพท์และเหตุผลสำหรับข้อกำหนดขั้นต่ำสุดของน้ำทิ้ง	61
8.1 คำอธิบายศัพท์	61
8.2 เหตุผลสำหรับข้อกำหนดขั้นต่ำสุด	63
8.2.1 บีโอดี (BOD)	64
8.2.2 ซีโอดี (COD)	64
8.2.3 ของแข็งแขวนลอย (SS)	64
8.2.4 น้ำมันและไข (OG)	65
8.2.5 ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	65
ภาคผนวก ก อุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย	66
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐกิจของแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อม	74
ภาคผนวก ค เอกสารอ้างอิงและเอกสารเพิ่มเติม	77

สารบัญตาราง

ตารางที่

1.1	ข้อกำหนดขั้นต่ำสุดสำหรับน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ที่จะปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ	1
1.2	วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำทิ้ง	2
4.1	พื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันของประเทศไทย (2536)	7
4.2	ขนาดพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันโดยเกษตรกร	8
4.3	พื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทย (2536)	8
4.4	ความต้องการธาตุอาหารในการเจริญของปาล์มน้ำมันและยางพารา	10
4.5	ความต้องการธาตุอาหารในการเจริญของปาล์มน้ำมันและยางพาราต่อไร่	10
4.6	สมมูลมวลสารการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน ที่ใช้ถังตกจม และเครื่องเหวี่ยงแยกแบบ separator	18
4.7	สมมูลมวลสารการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐานที่ปรับปรุง โดยใช้ decanter และ separator	19
4.8	ภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ของวัสดุเศษเหลือจากการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน ที่ใช้ถังตกจมร่วมกับ เครื่องเหวี่ยงแยกแบบ separator	20
4.9	ธาตุอาหารที่มีในวัสดุเศษเหลือของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	21
5.1	การป้องกันมลภาวะในระหว่างการสกัดน้ำมันปาล์ม	22
5.2	การเปรียบเทียบการแยกน้ำมันปาล์มตามวิธีการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน โดยการใช้ถังตกจมและ separator การใช้ decanter และการใช้ decanter และ separator	26
5.3	ความต้องการละลายปาล์มเปล่าเป็นปุ๋ยในการปลูกปาล์มน้ำมัน และยางพารา	31
5.4	ความต้องการน้ำทิ้งเป็นปุ๋ยรดต้นปาล์มและยางพารา	33
6.1	ข้อดีและข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยบ่อไร้อากาศแบบเปิด	41
6.2	ข้อมูลสำหรับการออกแบบบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	43
6.3	ข้อดีและข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียโดยใช้บ่อไร้อากาศแบบปิด เปรียบเทียบกับ บ่อไร้อากาศแบบเปิด	45
6.4	ข้อมูลสำหรับการออกแบบบ่อไร้อากาศแบบปิด	46
6.5	การบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เพื่อให้ระบบบ่อไร้อากาศทำงานด้วย ประสิทธิภาพสูงสุด	54
6.6	การบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเพื่อกำจัดบีโอดี และไนโตรเจนทั้งหมด ก่อนปล่อยน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ	56
7.	ปัจจัยที่ต้องติดตามและควบคุมระหว่างการบำบัดน้ำเสีย	60

8. อัตราส่วนของซีโอดีต่อบีโอดีในน้ำเสียและน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	62
ก.1 ทำเนียบโรงงานสกัดน้ำมันแบบมาตรฐาน	67
ก .2 ทำเนียบโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มอื่น ๆ	68
ก .3 ประมาณการมลภาวะของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย	70

สารบัญรูป

รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	6
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเฉลี่ยทะลายปาล์มสดและปริมาณน้ำฝนของ จังหวัดกระบี่ (ชายฝั่งทะเลตะวันตก) (6/2536-5/2538)	9
รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการสกัดน้ำมันแบบมาตรฐาน (ที่ใช้ถังตกจมและ separator)	11
รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการสกัดน้ำมันแบบมาตรฐาน (ที่ใช้ decanter)	27
รูปที่ 5.2 ขั้นตอนการสกัดน้ำมันแบบมาตรฐาน (ที่ใช้ decanter และ separator)	29
รูปที่ 6.1 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เมื่อกักเก็บน้ำเสีย ในบ่อไร้อากาศเป็นระยะเวลานาน	55
รูปที่ 6.2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เมื่อกักเก็บน้ำเสียใน บ่อไร้อากาศเป็นระยะเวลาสั้น	57
รูป ก.1 บริเวณและพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย (2536)	71
รูป ก.2 ปริมาณน้ำทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย	72
รูป ก.3 ภาวะบีโอดีต่อวันของน้ำทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย	73

คำนำ

กรมโรงงานอุตสาหกรรมมีโครงการความช่วยเหลือทางวิชาการด้านสิ่งแวดล้อม ต่อภาคอุตสาหกรรมโดยความร่วมมือจากองค์กรความร่วมมือทางวิชาการแห่งรัฐบาลสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน (GTZ) ซึ่งได้ดำเนินการโครงการต่าง ๆ โดยการสำรวจโรงงาน วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และการจัดทำโครงการศึกษาด้วยระบบทดลอง เพื่อหาวิธีลดและป้องกันปัญหามลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภท ดังเช่น โครงการศึกษาและจัดทำคู่มือแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม ซึ่งได้มีการเสนอแนวทางการดำเนินการด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาล้างแควล้นจากโรงงานมิให้ปนเปื้อนหรือแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม ได้แก่ การลดปริมาณของเสีย และการนำวัสดุเศษเหลือกลับมาใช้ประโยชน์ เป็นต้น

สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้ริเริ่มจัดทำคู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อม (Technical Guideline for Environmental Management) สำหรับอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มขึ้น เพื่อให้ผู้ประกอบการใช้เป็นแนวทางสำหรับจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมและให้เจ้าหน้าที่ของรัฐสามารถใช้เป็นคู่มือในการกำกับดูแลโรงงาน ทั้งนี้ ได้ตั้งคณะกรรมการซึ่งประกอบด้วยกรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย กลุ่มอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสุราษฎร์ธานี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และผู้เชี่ยวชาญจากองค์กรความร่วมมือทางวิชาการแห่งรัฐบาลสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน (GTZ) ร่วมกันพิจารณามาตรฐานสำหรับการกำกับดูแลโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และได้รับความเห็นชอบแล้วในบทที่ 1

จากความพยายามและดำเนินการจัดทำคู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มฉบับนี้ สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงานหวังว่า ผู้ประกอบการจะได้เห็นความเป็นไปได้ของวิธีการและความสำคัญโดยให้ความร่วมมือกับทางราชการที่จะช่วยป้องกันมลพิษต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีภายในโรงงาน อันจะเป็นการปฏิบัติตามนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการให้มีการควบคุมมลพิษที่แหล่งกำเนิด ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนตลอดไป และหากท่านใดมีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์โปรดให้ข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติมแก่ สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน เพื่อประกอบการปรับปรุงเอกสารคู่มือนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นในโอกาสต่อไป

สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน
กรมโรงงานอุตสาหกรรม
มิถุนายน 2540

I ข้อเสนอว่าด้วยข้อกำหนดขั้นต่ำสุดเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

ข้อกำหนดขั้นต่ำสุดที่จัดทำขึ้นใช้สำหรับเป็นแนวทางในการจัดทำมาตรฐานสำหรับน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ

1.1 ข้อกำหนดขั้นต่ำสุด

เนื่องจากกฎหมายไทยในปัจจุบันได้คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม จึงได้จัดทำข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับคุณภาพน้ำทิ้งของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขึ้น โดยข้อกำหนดนี้ (ตารางที่ I.1) ให้ใช้กับน้ำทิ้งของโรงงานที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ตัวอย่างน้ำทิ้งที่จะเก็บมาวิเคราะห์ ให้เก็บ ณ จุดที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างให้เป็นไปตามวิธีการที่กำหนด

ตารางที่ I.1 ข้อกำหนดขั้นต่ำสุดสำหรับน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่จะปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

ปัจจัย	ค่ากำหนดขั้นต่ำสุด
บีโอดี	< 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
ซีโอดี	< 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร
ของแข็งแขวนลอย	< 150 มิลลิกรัมต่อลิตร
น้ำมันและไขมัน	< 25 มิลลิกรัมต่อลิตร
ไนโตรเจนทั้งหมด	< 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
พีเอช	5 ถึง 9
อุณหภูมิ	< 40 องศาเซลเซียส

I.2 วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์

วิธีมาตรฐานที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์น้ำทิ้งที่ควบคุม ดังแสดงในตารางที่ I.2

ตารางที่ I.2 วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ปัจจัย	วิธีวิเคราะห์
1. บีโอดี (ความต้องการออกซิเจนทางเคมี)	ปัจจัยที่ 1-5 ให้วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน สำหรับวิเคราะห์น้ำทิ้งของประเทศสหรัฐ- อเมริกา (APHA, AWWA, WPCF, 1989) ให้วัดด้วยเครื่องวัดพีเอช ณ จุดที่เก็บตัวอย่าง ให้วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ณ จุดที่เก็บตัวอย่าง
2. ซีโอดี (ความต้องการออกซิเจนทางเคมี)	
3. ของแข็งแขวนลอย	
4. น้ำมันและไขมัน	
5. ไนโตรเจนทั้งหมด	
6. ฟิเอช	
7. อุณหภูมิ	

I.3 คำอธิบายเกี่ยวกับข้อกำหนดขั้นต่ำสุด

ข้อกำหนดขั้นต่ำสุดสำหรับน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ที่ได้จัดทำขึ้นนี้แตกต่างจากมาตรฐานน้ำทิ้งโดยทั่วไปของประเทศไทย พ.ศ. 2535 เพราะน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีลักษณะเฉพาะแตกต่างจากน้ำทิ้งทั่วไป ดังจะได้อธิบายในแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม มีความเข้มข้นของค่าต่างๆ สูงมาก โดยน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม แม้จะผ่านการบำบัดทางชีวภาพอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว น้ำทิ้งที่ได้ยังมีค่าต่าง ๆ สูงกว่าค่าของมาตรฐานน้ำทิ้งโดยทั่วไป

II แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมการสกัด น้ำมันปาล์ม

1. บทนำ

ผลจากการมีกฎหมายและมาตรฐานขั้นต่ำสุดเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ทำให้เจ้าของหรือผู้ผลิตต้องพยายามลดหรือกำจัดมลภาวะของโรงงาน จึงจำเป็นต้องมีการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม โดยครอบคลุมการจัดการสิ่งแวดล้อมในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม รวมถึงการจัดการวัสดุเศษเหลือและน้ำเสีย ตลอดจนของเสียที่มีผลต่อบรรยากาศ แต่ไม่รวมการกลั่นน้ำมันบริสุทธิ์ แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมที่จัดทำขึ้นส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือแทนการบำบัดหรือกำจัด มีการนำกลับมาใช้ใหม่ และหากโรงงานปฏิบัติตามก็จะลดมลภาวะและทำให้น้ำทิ้งมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนดขั้นต่ำสุด

2. ขอบเขตของแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทั้งหมด 49 โรงงาน (ภาคผนวกตาราง ก.1 และก.2) เป็นโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน 17 โรงงาน (ภาคผนวกตาราง ก.1) ซึ่งสกัดน้ำมันโดยนึ่งผลปาล์มด้วยไอน้ำและแยกเมล็ดในปาล์มออก แล้วสกัดน้ำมันจากส่วนเปลือก โดยมีกำลังการผลิตรวมมากกว่าร้อยละ 60 ของกำลังการผลิตรวมทั้งหมด มีการใช้น้ำในปริมาณมากและมีวัสดุเศษเหลือในรูปทะลายนุ่น เส้นใย กะลา และตะกอน ตลอดจนน้ำเสียปริมาณมาก ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมได้มาก ดังนั้นความต้องการขั้นต่ำและแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ได้จัดทำขึ้น จึงเน้นใช้กับโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน

อย่างไรก็ตาม คำแนะนำและข้อเสนอแนะตลอดจนข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับการนำวัสดุเศษเหลือไปใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร นอกจากจะใช้ได้กับสวนปาล์มทั่วไปแล้ว ในบางกรณีก็ใช้ได้กับพืชชนิดอื่น

การเลือกใช้เทคโนโลยีในการป้องกันและควบคุมมลภาวะให้เหมาะสมกับสภาพของโรงงานจะช่วยให้โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มลดหรือหลีกเลี่ยงมลภาวะที่เกิดขึ้น และทำให้มีน้ำทิ้งที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดขั้นต่ำที่สุด

3. อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในประเทศไทย

การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มของประเทศไทย จัดเป็นอุตสาหกรรมใหม่ ในปี พ.ศ. 2522 มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 155,000 ไร่ และเพิ่มเป็น 950,000 ไร่ ในปี พ.ศ. 2536 โดยมีผลผลิต 1,530,000 ตันทะลายปาล์มสด มูลค่าประมาณ 2,600 ล้านบาท [2] โดยพื้นที่การปลูกปาล์มน้ำมันมากกว่าร้อยละ 98 อยู่ในภาคใต้ของประเทศไทย จึงมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของภาคใต้ จังหวัดที่มีการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันมากคือ กระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร ตรัง สตูล และสงขลา (ตารางที่ 4.1 และภาคผนวกรูป ก.1) จึงก่อให้เกิดอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์มอยู่ในภาคใต้ด้วย ในปี พ.ศ. 2538 มีโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 49 โรงงาน (ภาคผนวกตาราง ก.1 และ ก.2) โดยมีการผลิตรวม 405,000 ตันน้ำมันปาล์มดิบต่อปี โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน 17 โรงงาน มีการผลิตประมาณร้อยละ 60 ของกำลังการผลิตรวมโดยได้น้ำมัน 250,000 ตัน น้ำมันปาล์มดิบต่อปี ทั้งการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและการสกัดน้ำมันปาล์มมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาให้อยู่ในสถานะที่เหมาะสมต่อไป

การสกัดน้ำมันปาล์มนอกจากจะได้น้ำมันปาล์มดิบแล้ว ยังมีวัสดุเศษเหลือและของเสีย หากจัดการไม่เหมาะสม จะมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก จากการศึกษาเรื่องการแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม พบว่าการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน เมื่อใช้ทะลายปาล์มสด 1 ตัน ก็จะมีน้ำเสียประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าบีโอดี 27 กิโลกรัม ซีโอดี 52 กิโลกรัม ของแข็งแขวนลอย 13 กิโลกรัม น้ำมันและไขมัน 9 กิโลกรัม

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณมลสารของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทั้งหมดกับปริมาณมลสารที่เป็นของเหลวจากบ้านเรือน (60 กรัม บีโอดีต่อคนต่อวัน) จะมีค่าเท่ากับการปล่อยของเสียโดยประชากรประมาณ 3 ล้านคนต่อวัน (ภาคผนวกตาราง ก.3 และ รูป ก.3)

เนื่องจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ซึ่งมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของภาคใต้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและกฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่กำหนดมาตรฐานขั้นต่ำสำหรับโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยเฉพาะ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีข้อกำหนดขั้นต่ำสุดด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์ม และแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานขึ้น โดยการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานจะใช้มาตรการป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิต (integrated pollution prevention and control strategy, IPPCS)

4. การสกัดน้ำมันปาล์ม

ความสัมพันธ์ระหว่างการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม
แสดงในรูปที่ 4.1

4.1 การเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน (Oil palm plantation)

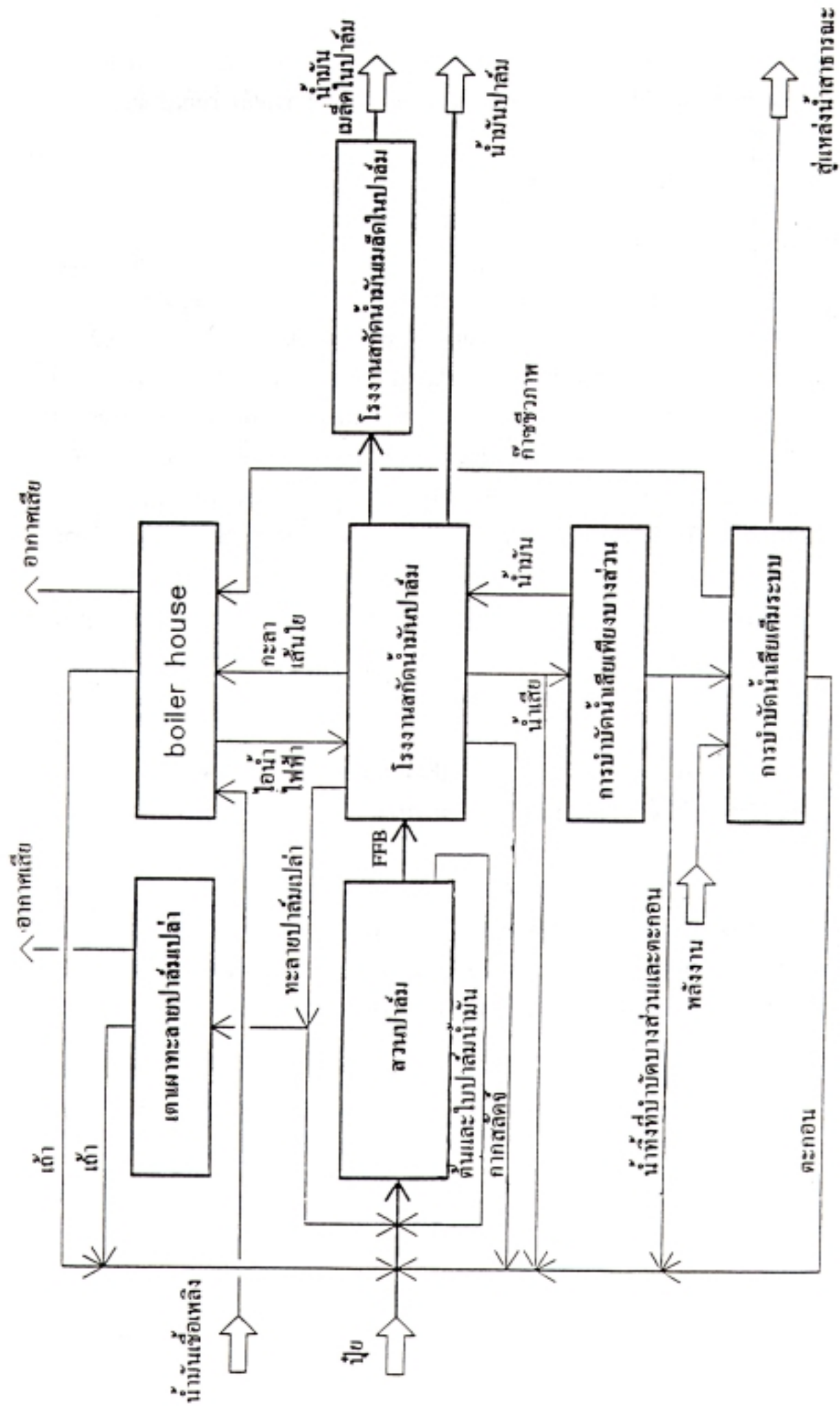
น้ำมันปาล์มสกัดจากส่วนเปลือก (mesocarp) ของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis*) ปัจจุบัน พันธุ์เทนเนอราให้ปริมาณน้ำมันสูงสุด ปริมาณน้ำมันเฉลี่ยร้อยละ 18 โดยน้ำหนัก (มีค่าสูงสุดร้อยละ 21 และค่าต่ำสุดร้อยละ 16) เมล็ดปาล์ม (nuts) มีปริมาณ 120 กิโลกรัมต่อตันทะลายปาล์มสด ซึ่งประกอบด้วยเมล็ดในปาล์ม (kernel) ปริมาณ 60 กิโลกรัมต่อตันทะลายปาล์มสด (ร้อยละ 5 ของทะลายปาล์มสด) ปริมาณน้ำมันในเมล็ดในปาล์มมีประมาณร้อยละ 50 (30 กิโลกรัมต่อตันทะลายปาล์มสด) ดังนั้นปริมาณน้ำมันทั้งหมดของทะลายปาล์ม จึงอยู่ในช่วงร้อยละ 20 ถึง 25 เมื่อรวมทั้งน้ำมันจากเมล็ดในปาล์ม การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมดอยู่ในภาคใต้ของประเทศ จังหวัดภาคใต้ และพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน แสดงในรูปที่ 1 (ภาคผนวก ก) และตารางที่ 4.1

มีการประมาณพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชัน เพื่อให้เห็นภาพความเป็นไปได้ที่จะนำวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลือจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มไปใช้ประโยชน์ (ดูตอนที่ 5.2.2)

การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันเป็นแถว กำหนดไว้ดังนี้

จำนวนต้นปาล์ม		20	ต้น/ไร่
ระยะระหว่างแถว	ประมาณ	8	เมตร
ระยะห่างระหว่างต้นปาล์มในแถว	ประมาณ	8	เมตร

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมักตั้งอยู่ใกล้สวนปาล์ม มีระยะทางโดยเฉลี่ย 20 กิโลเมตร อย่างไรก็ตาม การขนส่งทะลายปาล์มที่เก็บเกี่ยวแล้ว ส่วนใหญ่จัดส่งโดยชาวสวนและขนส่งด้วยรถบรรทุก ระยะเวลาในการขนส่งโดยเฉลี่ยอาจถึง 1 วัน และระยะทางอาจไกลถึง 100 กิโลเมตร เช่น การขนส่งทะลายปาล์มจากจังหวัดกระบี่ไปยังจังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

FFB-ทะลายน้ำมันสด

ตารางที่ 4.1 พื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันของประเทศไทย (2536)

จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	ประมาณการบริเวณ	
		ที่เป็นที่ราบ (ร้อยละ 10)***	ที่ลาดชัน (ร้อยละ 5)***
กระบี่ *	360,000	36,000	18,000
ชุมพร **	174,000	17,400	8,700
ตรัง *	35,000	3,500	1,700
ประจวบคีรีขันธ์ **	21,000	2,100	1,000
สุราษฎร์ธานี **	270,000	27,000	14,000
สตูล *	55,000	5,500	3,000
สงขลา **	8,000	800	400
อื่นๆ	31,000	-	-
รวมฝั่งตะวันตก	448,000	45,000	22,500
รวมฝั่งตะวันออก	471,000	47,500	23,500
รวมทั้งหมด	954,000	92,500	46,000

* ฝั่งตะวันตก

** ฝั่งตะวันออก

*** ประมาณการจากเนื้อที่ทั้งหมด

ที่มา : ศูนย์สถิติการเกษตร (2537)

ถ้าการผลิตของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดกลาง เท่ากับ 25 ตันทะลายปาล์มสดต่อชั่วโมง 400 ตันทะลายปาล์มสดต่อวัน และ 150,000 ตันทะลายปาล์มสดต่อปี โดยมีการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มสดได้ 2 ตันต่อไร่ต่อปี โดยเฉลี่ยโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 1 แห่งควรมีพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันรองรับอยู่ เท่ากับ 75,000 ไร่ ขนาดพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันโดยเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ขนาดเล็ก แต่การปลูกปาล์มเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ ครอบคลุมเนื้อที่ประมาณร้อยละ 50 ของพื้นที่ปลูกปาล์มทั้งหมด (ตารางที่ 4.2)

การใช้วัสดุเศษเหลือของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม นอกจากจะใช้กับสวนปาล์มน้ำมันแล้ว ยังใช้ได้กับสวนยางพาราจึงได้แสดงพื้นที่เพาะปลูกยางพาราในตารางที่ 4.3

ความต้องการปุ๋ยสำหรับต้นปาล์มอายุต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.4 ความต้องการขึ้นกับคุณภาพของดิน และความต้องการของพืชในระยะหลาย ๆ ปี ส่วนค่าความต้องการปุ๋ยคิดต่อ 1 ไร่ แสดงในตารางที่ 4.5 โดยคิดจำนวนต้นปาล์ม 20 ต้นต่อไร่และต้นยางพารา 70 ต้นต่อไร่ จะเห็นว่า การปลูกยางพาราต้องการปุ๋ย (ในรูปของ P และ K) มากกว่าการปลูกปาล์มน้ำมัน

รูปที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยทางชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกของประเทศไทย สัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตทะลายน้ำมันสด จะเห็นว่าปริมาณผลผลิตทะลายน้ำมันสดแปรผันโดยตรงกับปริมาณน้ำฝนที่ได้รับ

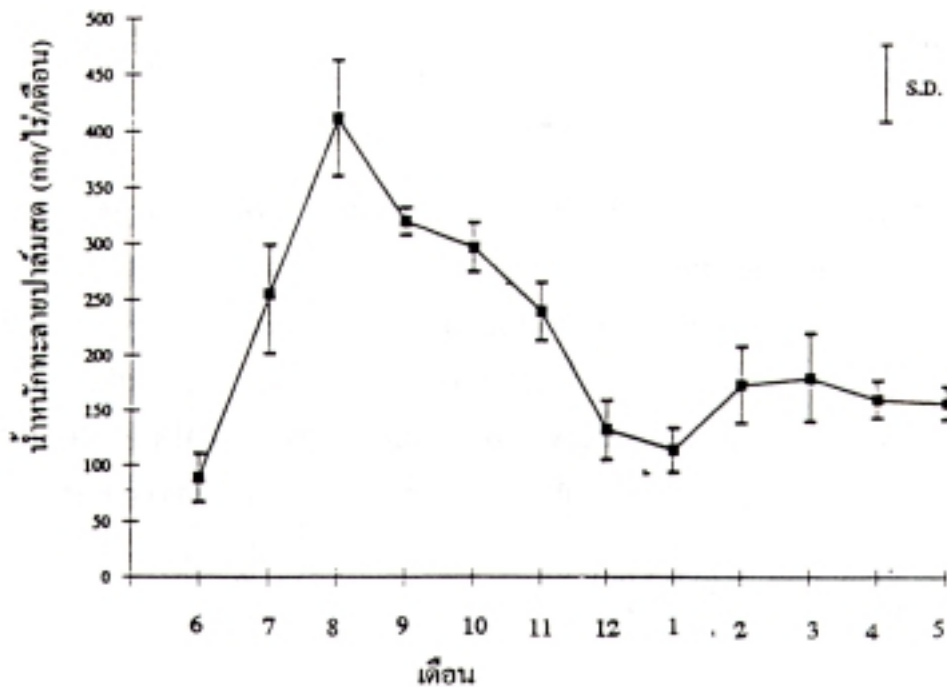
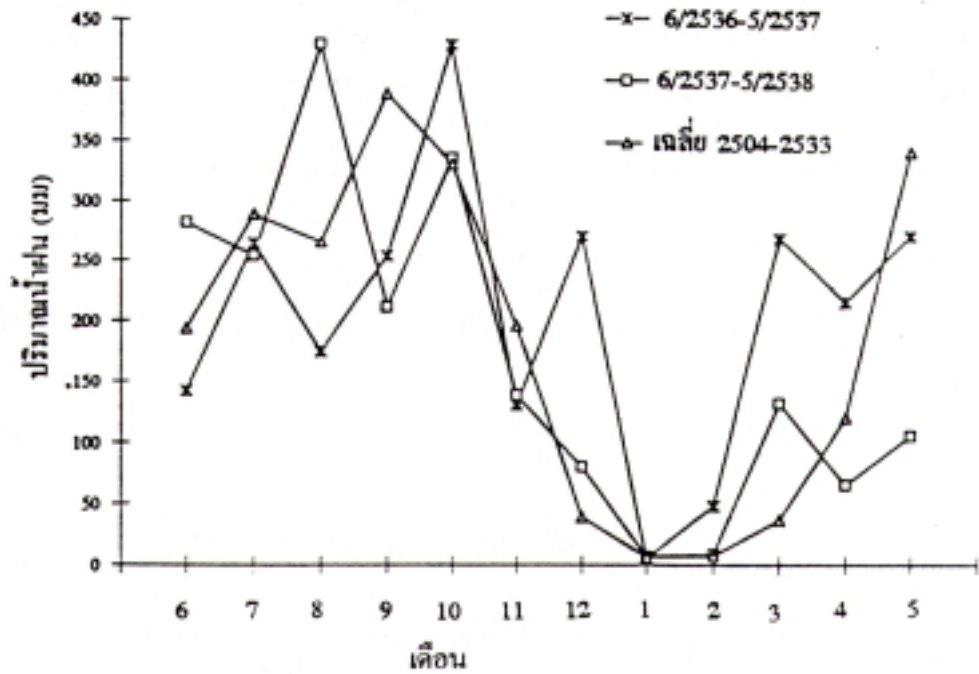
ตารางที่ 4.2 ขนาดพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันโดยเกษตรกร

เจ้าของ	ขนาดไร่	จำนวน	พื้นที่ทั้งหมด
พื้นที่ขนาดใหญ่มาก	> 5,000	62	430,000
พื้นที่ขนาดใหญ่	> 200	210	160,000
พื้นที่ขนาดกลาง	50-200	510	95,000
พื้นที่ขนาดเล็ก	< 50	3,750	175,000
รวม			860,000

ที่มา : ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมัน (2537)

ตารางที่ 4.3 พื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทย (2536)

จังหวัด	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)
กระบี่	510,000
ชุมพร	190,000
ตรัง	1,060,000
สุราษฎร์ธานี	1,325,000
สตูล	256,000
สงขลา	1,650,000
อื่น ๆ	6,634,000
รวม	11,625,000



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเฉลี่ยทะเลลายปาล์มสดและปริมาณน้ำฝน
ของจังหวัดกระบี่ (ชายฝั่งทะเลตะวันตก) (8/2536-5/2538)

ที่มา : ชีระพงศ์ จันทนิยม และคณะ (2538)

ที่มา : ศูนย์สถิติการเกษตร (2537)

ตารางที่ 4.4 ความต้องการธาตุอาหารในการเจริญของปาล์มน้ำมันและยางพารา

ความต้องการแร่ธาตุอาหาร (กรัม/ตัน/ปี)					
ชนิด	N	P	K	Mg	B
ปาล์มเล็ก	260-700	110-140	60-320	14-70	100
ปาล์มโต	900-1280	210	420-560	140	80
ปาล์มแก่	1630	210	560	210	100
ยางอายุ > 7 ปี*	470	230	540	80	

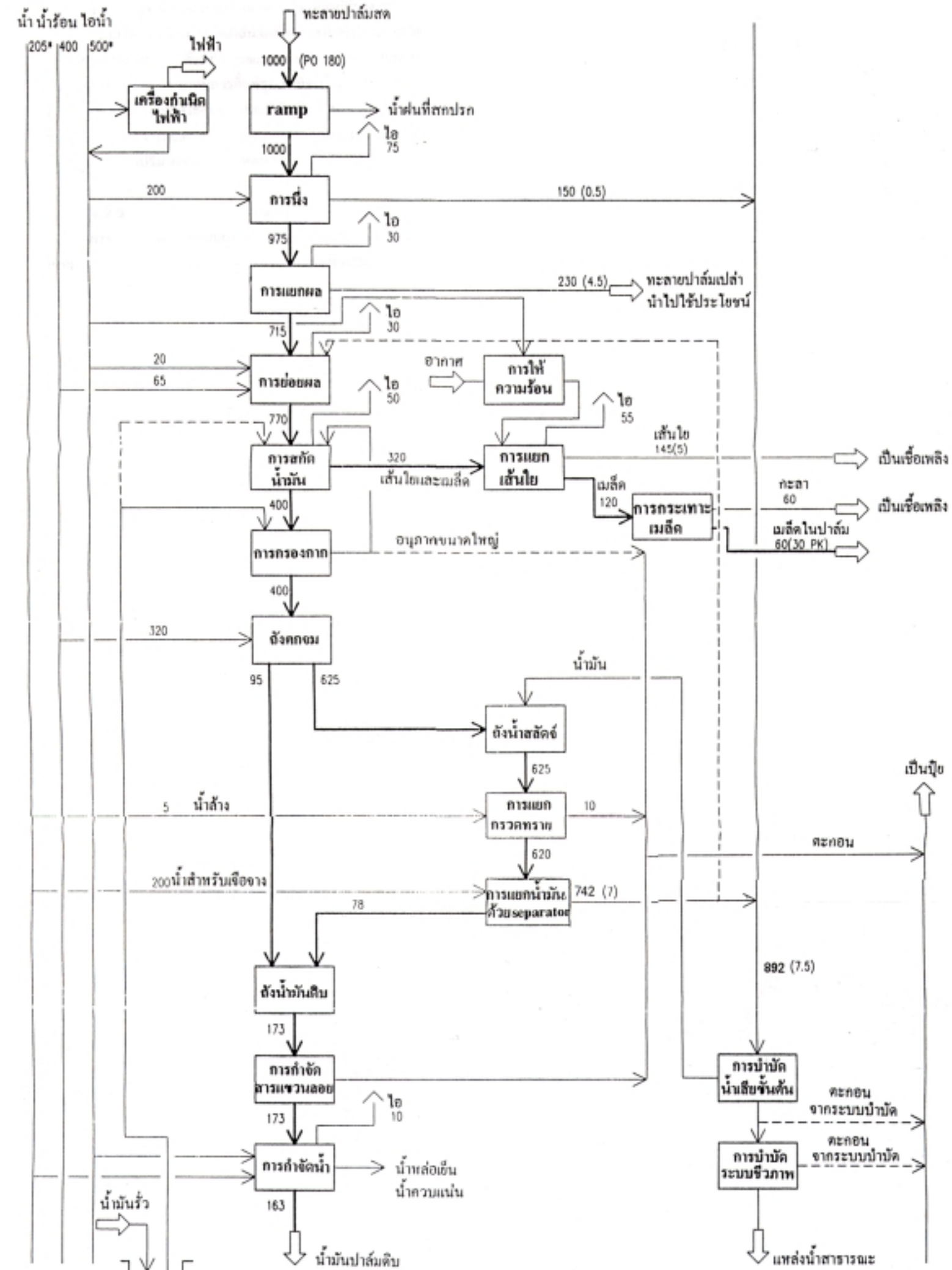
ที่มา : ชัยรัตน์ นิลนนท์ และจำเริญ อ่อนทอง (2538) และศูนย์วิจัยยาง หาดใหญ่

ตารางที่ 4.5 ความต้องการธาตุอาหารต่อไร่ในการเจริญของปาล์มน้ำมันและยางพารา

ความต้องการแร่ธาตุอาหาร (กก./ไร่/ปี)					
ชนิด	N	P	K	Mg	B
ปาล์มเล็ก	5.2-14	2.2-2.6	1.2-6.4	0.3-1.4	2
ปาล์มโต	18-25.6	4.2	8.4-11.2	2.8	1.6
ปาล์มแก่	32.6	4.2	11.2	4.2	2
ยางอายุ > 7 ปี	32.9	16.1	37.8		

4.2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน แหล่งของวัสดุเศษเหลือ และสมมูลมูลสาร

กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน โดยการแยกน้ำมันด้วยแรงโน้มถ่วงในถังตกจม (setting tank) แสดงในรูปที่ 4.3 นอกจากจะแสดงขั้นตอนการผลิตยังแสดงคุณลักษณะหลัก ๆ ของวัสดุเศษเหลือและน้ำเสียพร้อมทั้งสมมูลมูลสาร (ข้อมูลได้จาก "PORIM-Standard-sheet 1988" และจากงานวิจัยของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ระหว่าง พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2537) ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเลขเต็มหน่วย ในทางปฏิบัติตัวเลขที่แสดงเป็นข้อมูลของแต่ละโรงงานซึ่งไม่เท่ากัน ขึ้นกับระดับการนำส่วนที่เป็นของเหลวกลับไปใช้ใหม่ (recycling) ภายในโรงงาน



ไม่รวมที่ใช้สำหรับการทำแก๊สน้ำมัน/หล่อเย็น/ให้ความร้อน
 (ปริมาณน้ำมันที่สูญเสีย
 หน่วยของตัวเลข ตีโลกกรัมต่อตันทะลายปาล์มสด

รูป 4.3 ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน
 (ที่ใช้ถังคอกจนและ separator)

4.2.1 การรับและการเก็บทะลายปาล์มสดที่โรงงาน

หลังการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มสดต้องรีบส่งไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ทะลายปาล์มสดจะถูกลบถ่ายลงบนพื้นที่รองรับ (ramp) และใส่ในตู้ขนาด 2.5-3.0 ตัน ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวจนถึงการนึ่งทะลายปาล์มควรสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และไม่ควรเกิน 72 ชั่วโมง เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดกรดไขมันอิสระจากเอนไซม์ที่มีอยู่ในส่วนเปลือก น้ำมันปาล์มจากผลปาล์มสดมีกรดไขมันอิสระประมาณร้อยละ 1 หากทิ้งผลปาล์มไว้นานปริมาณกรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำมันมีปริมาณและคุณภาพลดลง

4.2.2 การนึ่งปาล์ม (Sterilization)

การนึ่งทะลายปาล์มในแต่ละครั้งจะบรรจุทะลายปาล์มในหม้อฆ่าเชื้อที่มีความจุ 20 ถึง 30 ตันทะลายปาล์ม โดยใช้ตู้จำนวน 7-9 ตู้ขึ้นกับขนาดความจุ การนึ่งใช้ไอน้ำโดยใช้สถานะต่าง ๆ ดังนี้

อุณหภูมิ120-130	องศาเซลเซียส	
ความดัน	2	บาร์
ระยะเวลาทั้งหมดในการนึ่งแต่ละครั้งประมาณ	2	ชั่วโมง
ระยะเวลาที่ใช้ไอน้ำ	45-60	นาที
ไอน้ำทั้งหมดที่ใช้	200	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
ไอน้ำที่สูญเสียไปในอากาศ	75	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
น้ำเสียจากการนึ่งทะลายปาล์มประมาณ	150	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
ปริมาณน้ำมันเริ่มต้นประมาณ	180	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
น้ำมันที่สูญเสียประมาณ	0.5	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด

การนึ่งทะลายปาล์มมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งเอนไซม์ ซึ่งจะหยุดปฏิกิริยาการแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระ (FFA) อันจะเป็นผลให้เกิดการสูญเสียน้ำมัน

การนึ่งปาล์มยังทำให้ขี้ผลปาล์มนี้หลุดร่วงจากทะลายปาล์มได้ง่าย และทำให้เนื้อเยื่อของผลปาล์มยุ่ย ง่ายต่อการหีบอัดน้ำมัน

4.2.3 การแยกผลปาล์ม (Bunch stripping)

ทะลายปาล์มที่หนึ่งเสร็จแล้วจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องแยกผลปาล์มและทะลายปาล์มออกจากกัน โดยใช้เครื่อง rotary drum thresher ทะลายปาล์มเปล่าถูกแยกเก็บแล้วนำไปเผาเพื่อลดปริมาณวัสดุเหลือและเพื่อผลิตถ่านสำหรับใช้เป็นปุ๋ยต่อไป

กระบวนการในขั้นนี้มีปริมาณวัสดุเศษเหลือเกิดขึ้นดังนี้

ทะลายปาล์มเปล่า (วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง)	200-230	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
ปริมาณน้ำมันที่สูญเสีย	4.5	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
ความชื้นที่ระเหยไป	30	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว	ไม่มี	

4.2.4 การย่อยผลปาล์ม (Digestion)

ผลปาล์มที่แยกได้จะถูกส่งไปยังเครื่องย่อย (vertical steam-jacketed drums digesters) มีแผ่นตีผลปาล์มให้แตกโดยเติมน้ำร้อนเล็กน้อยเพื่อตีผลปาล์มให้ยุ่ย ซึ่งจะถูกลบไปยังขั้นตอนการสกัดน้ำมันต่อไป

สถานะของกระบวนการนี้

ปริมาณไอน้ำที่ใช้ไป	20	กก./ตัน ทะลายปาล์ม
ปริมาณน้ำร้อนที่ใช้	65	กก./ตัน ทะลายปาล์ม
ความชื้นที่ระเหยไป	30	กก./ตัน ทะลายปาล์ม
วัสดุเศษเหลือ	ไม่มี	

4.2.5 การสกัดน้ำมันและการจัดการวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง

น้ำมันเกิดขึ้นจากส่วนเปลือกของผลปาล์มถูกสกัดด้วยเครื่องหีบเกลียวอัด และของผสมที่มีน้ำมันอยู่ (oil Phase) จะมีปริมาณสารแขวนลอยสูงทำให้แยกน้ำมันได้ยากซึ่งจะมีผลให้น้ำเสียของโรงงานมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (organic loading) สูง ในส่วนที่เป็นของแข็ง (press cake) ประกอบด้วยเมล็ดและเส้นใย ซึ่งถูกทำให้ร้อนด้วยลมร้อน (135 องศาเซลเซียส) จนแห้ง แล้วแยกออกจากกันโดยใช้ไซโคลน เมล็ดปาล์มที่แยกได้จะถูกนำไปเข้าเครื่องกระเทาะ (centrifuge crackers) เพื่อแยกเมล็ดในและกะลา โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มส่วนใหญ่จะขายเมล็ดในปาล์มให้โรงงานสกัดน้ำมันเมล็ดใน แล้วนำเส้นใยและกะลาไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อกำเนิดไอน้ำ

ผลิตภัณฑ์และวัสดุเศษเหลือในขั้นตอนนี้ ประกอบด้วย		
น้ำมันปาล์มดิบ (ส่วนผสมของน้ำมัน น้ำ และเส้นใย)	400	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
ปริมาณน้ำมัน (PO)	170	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
ปริมาณน้ำ (ไอน้ำ น้ำจากผลปาล์ม)	200	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
ของแข็งแขวนลอย (NOS)	30	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
การระเหยของความชื้น	50	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งทั้งหมด		
(ส่วนผสมของเส้นใยและเมล็ด)	320	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
เมล็ดในปาล์ม (รวมน้ำมันเมล็ดในปาล์ม		
30 กก./ตัน ทะลายปาล์มสด)	60	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
กะลา	60	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
เส้นใย	145	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
(ไอน้ำที่ระเหยระหว่างการแยกเส้นใย)	55	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว	ไม่มี	

4.2.6 การทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ การกรองกาก และการกำจัดน้ำ

วิธีการต่อไปนี้อยู่ในข้อ 4.2.6 และ 4.2.7 อยู่ในส่วนที่เรียกว่าห้องน้ำมัน (oil room)

4.2.6.1 การกรองน้ำมันดิบ

การแยกน้ำมันจากของผสมที่มีน้ำมันอยู่จำเป็นต้องเติมน้ำร้อนลงไปให้น้ำมันดิบ แล้วผ่านตะแกรงสั่น (vibrating screen เป็นตะแกรงกรองเส้นใยและชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของส่วนเปลือกออกจากส่วนที่เป็นของเหลว) น้ำมันดิบที่ได้หลังการกรองยังมีอนุภาคขนาดเล็กและน้ำปนกันอยู่ ตะแกรงชนิดนี้มีพื้นที่ผิวมาก ทำให้มีการสัมผัสของน้ำมันและออกซิเจน ซึ่งทำให้คุณภาพน้ำมันลดลง

ผลิตภัณฑ์และวัสดุเศษเหลือในขั้นตอนนี้

น้ำมันดิบ	400	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
(ส่วนผสมของน้ำมัน น้ำ และเส้นใยเล็กน้อย)		

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง

เล็กน้อย*

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว

ไม่มี

* ขึ้นกับประสิทธิภาพของตะแกรงส่วนที่เป็นของแข็งจะถูกส่งกลับไปยังเครื่องหีบ

4.2.6.2 การแยกน้ำมันในถังตกจม

วิธีการแยกน้ำมันและส่วนปนเปื้อน (น้ำและอนุภาคต่าง ๆ) เกิดขึ้นในถังตกจม โดยมีกระบวนการให้ความร้อนด้วยไอน้ำโดยตรง หรือให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่อยู่ในท่อปิดและอาศัยแรงโน้มถ่วงตลอดจนการเติมน้ำร้อนเพื่อปรับปรุงการแยกน้ำมัน เครื่องมือและวิธีการนี้ให้ประสิทธิภาพการแยกอย่างจำกัดรวมทั้งกลไกในการควบคุม โดยเฉลี่ยสามารถแยกน้ำมันได้เพียงร้อยละ 30 ขึ้นกับอัตราการระบรทุกพื้นที่ผิว (surface loading rate) และระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ น้ำมันที่แยกได้ยังคงมีอนุภาคต่าง ๆ ปนเปื้อน และส่วนผสมที่ปล่อยออกจากถังตกจมยังคงมีน้ำมันปะปนอยู่มาก การเพิ่มระยะเวลาที่อยู่ในถังตกจมและการใช้อุณหภูมิมีผลให้น้ำมันที่ได้มีคุณภาพลดลง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มบางแห่งที่ใช้กระบวนการสกัดแบบมาตรฐาน โดยใช้เครื่องเหวี่ยงแยก 3-phase (เครื่อง decanter) เครื่องนี้ไม่รวมอยู่ในกระบวนการสกัดแบบมาตรฐานที่ใช้ถังตกจมและเครื่องเหวี่ยงแยกแบบ separator ระบบนี้จะอธิบายรายละเอียดใน IPPCS (ข้อที่ 5) น้ำมันที่อยู่ส่วนบนของถังตกจมจะถูกส่งไปทำให้บริสุทธิ์ ของผสมส่วนล่าง (น้ำสลัดจ์) จะถูกรวบรวมไว้ในถังน้ำสลัดจ์ (sludge tank) และจะถูกส่งไปแยกน้ำมันโดยเครื่อง separator ต่อไป

ผลิตภัณฑ์และวัสดุเศษเหลือในขั้นตอนนี้ (ถังตกจม) ประกอบด้วย

ปริมาณน้ำร้อนที่ใช้	ไม่เกิน	320	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
น้ำมันดิบ	ประมาณ	95	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
(ส่วนผสมมีน้ำมันประมาณร้อยละ 90 น้ำร้อยละ		10	และเส้นใยเล็กน้อย)
น้ำสลัดจ์	ไม่เกิน	625	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
อุณหภูมิของกระบวนการ	มากกว่า	95	องศาเซลเซียส
อัตราการระบรทุกพื้นที่ผิว		0.5 ถึง 2	ม./ชม.
ระยะเวลาที่อยู่ในถัง		1 ถึง 5	ชม.

4.2.6.3 การแยกและการกำจัดอนุภาคขนาดเล็กในน้ำมัน

น้ำมันดิบจากถังตกจม (น้ำมันส่วนบน) จะผสมรวมกับน้ำมันที่แยกได้จากน้ำสลัดจ์ (ดูในข้อที่ 4.2.7) จะได้น้ำมัน 163 กก.ต่อตันทะลายปาล์มสด การทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ในขั้นตอนนี้สุดท้าย

ใช้วิธีเหวี่ยงแยก วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งจากการเหวี่ยงแยกมีเพียงเล็กน้อยซึ่งจะถูกแยกออกจกชั้น
ตอนนี้ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

วัสดุเศษเหลือ เล็กน้อยมาก

4.2.6.4 การกำจัดน้ำออกจากน้ำมัน

แม้ว่าขั้นตอนการแยกหลายขั้นตอนจะลดปริมาณน้ำของน้ำมันดิบ แต่น้ำมันที่ได้ยังคงมีน้ำ
อยู่จะถูกกำจัดออกด้วยการระเหยภายใต้สูญญากาศ น้ำมันปาล์มดิบที่บริสุทธิ์จะเก็บไว้ในถังเก็บจน
กว่าจะส่งไปขายยังโรงกลั่นบริสุทธิ์ ขั้นตอนนี้ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลิตภัณฑ์และวัสดุเศษเหลือจากการกำจัดน้ำออกจากน้ำมัน (ประมาณการ) ประกอบด้วย

ปริมาณไอน้ำที่ใช้ (ให้ไอน้ำโดยทางอ้อม)	ประมาณ	10	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
ปริมาณน้ำในการทำให้เย็น น้ำมันดิบที่บริสุทธิ์		300	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
อุณหภูมิที่ใช้		163	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
อุณหภูมิของน้ำมันสุดท้าย		95	องศาเซลเซียส
น้ำเหลือเย็น (น้ำทิ้ง)		40	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น		300	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
ไอ (vapour) (จากการทำให้แห้ง)		80	องศาเซลเซียส
		10	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด

4.2.7 การแยกน้ำมันจากน้ำสลัดจ์ (underflow)

จากกระบวนการในขั้นตอน 4.2.6.2 น้ำสลัดจ์ที่ออกจากถังตกจมอยู่ในรูปอิมัลชันมีปริมาณ
น้ำมันสูง (ประมาณร้อยละ 14) มีสารอินทรีย์ที่ละลายได้และที่แขวนลอยอยู่ในปริมาณสูง เช่นกัน
ซึ่งมาจากอนุภาคของแข็งและสารที่ละลายที่ละลายน้ำของผลปาล์ม ส่วนที่เป็นน้ำ (watery phase)
ยังประกอบด้วยเส้นใยขนาดเล็กและทราย ของผสมนี้จะถูกส่งไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไปเพื่อแยก
น้ำมันและลดปริมาณสารอินทรีย์

4.2.7.1 การกำจัดกรวดทราย

น้ำสลัดจ์ (จากถังสลัดจ์) จะถูกส่งเข้าเครื่องกำจัดกรวดทราย ซึ่งใช้หลักการไฮโดรไซโคลอน ในการแยกอนุภาคของแข็งเป็นเม็ดทรายก่อนที่จะแยกน้ำมันออกโดยเครื่องเหวี่ยงแยกเพื่อป้องกัน เกิดการอุดตันและการกัดกร่อนในเครื่องเหวี่ยงแยก เครื่องนี้ถูกทำความสะอาดด้วยน้ำ

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง

วัสดุเศษเหลือหลังการกรอง	เล็กน้อย	
ส่วนผสมของทรายกับน้ำ	10	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
น้ำที่ใช้ล้าง	5	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด

4.2.7.2 การเหวี่ยงแยก

ของผสมที่ผ่านเครื่องกำจัดกรวดทรายจะถูกส่งไปเก็บรวบรวมในถัง (buffer tank) จากนั้น จะถูกปั๊มเข้าสู่เครื่องเหวี่ยงแยก (เครื่อง separator) การใช้เครื่องนี้ต้องมีการเติมน้ำเข้าไปผสม เพื่อ เพิ่มประสิทธิภาพการแยกให้ได้สูงถึงร้อยละ 92.5

ผลิตภัณฑ์และวัสดุเศษเหลือจากการเหวี่ยงแยกประกอบด้วย

การใช้น้ำ (รวมทั้งการล้าง)	200	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
ปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ จากน้ำสลัดจ์	78	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
น้ำเสีย	742	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
รวมสารแขวนลอย (NOS)	30	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
รวมน้ำมันที่สูญเสียน้ำ	7	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด
วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง	0	กก./ตัน ทะลายปาล์มสด

4.2.8 บทสรุปของการทำสมดุลมวลสาร

ข้อมูลสมดุลมวลสารแสดงในตารางที่ 4.6 และ 4.7 สำหรับไอน้ำที่ใช้จะพิจารณาเฉพาะ ส่วนที่สัมพันธ์กับการเกิดน้ำเสียนั้น ไม่รวมการผลิตไอน้ำ และการใช้ไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 4.6 สมดุลมวลสาร ของการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐานที่ใช้ถังตกจม และเครื่องเหวี่ยงแยกแบบ separator (ให้เปรียบเทียบกับ รูปที่ 4.3)

สถานะ	ชนิดของวัสดุ	มวลของวัสดุ	ปริมาณน้ำมันที่สูญเสีย	ปริมาณน้ำมันที่สูญเสียเมื่อเทียบกับน้ำมันที่สูญเสียทั้งหมด
		กก./ตันทะลายปาล์มสด	กก./ตันทะลายปาล์มสด	ร้อยละ
ของแข็ง	ทะลายปาล์มเปล่า	230	4.5	26
	เส้นใย	145	5.0	30
	กะลา	60	-	-
	เมล็ดใน (รวมน้ำมันเมล็ดใน)	60	0	0
	ตะกอนจากเครื่องเหวี่ยงแยก	0	0	0
รวม		495	9.5	56
ของเหลว	น้ำมันปาล์มดิบ	163	0	0
	น้ำเสียจากการนึ่งทะลายปาล์มสด	150	0.5	3
	น้ำเสียหลังการเหวี่ยงแยกน้ำสลัดจ์ของถังตกจมด้วย Separator (มีของแข็งแขวนลอยมากกว่า 30 กก./ตันทะลายปาล์มสด)	742	7.0	41
	น้ำล้างและน้ำใช้อื่น ๆ			
		ขึ้นอยู่กับสภาพการผลิตของแต่ละโรงงาน		
รวม		>1055	7.5	44
ก๊าซ/ไอ	ไอน้ำ	250	0	0
รวม		250	0	0
การรั่วไหล	ความไม่สม่ำเสมอของกระบวนการผลิต เครื่องมือไม่มีประสิทธิภาพอุบัติเหตุ			
		ขึ้นอยู่กับสภาพการผลิตของแต่ละโรงงาน		
รวมทั้งหมด		1800		
การสูญเสียน้ำมัน		0	17	100

ตารางที่ 4.7 สมดุลมวลสาร ของการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐานที่ปรับปรุงโดยใช้เครื่องเหวี่ยง
 decanter ร่วมกับ separator (ให้เปรียบเทียบกับ รูปที่ 5.2)

สถานะ	ชนิดของวัสดุ	มวลของวัสดุ	ปริมาณน้ำมัน ที่สูญเสีย	ปริมาณน้ำมันที่สูญเสีย เมื่อเทียบกับน้ำมันที่ สูญเสียทั้งหมด
		กก/ตันทะลาย ปาล์มสด	กก/ตันทะลาย ปาล์มสด	ร้อยละ
ของแข็ง	ทะลายปาล์มเปล่า	230	4.5	26
	เส้นใย	145	5.0	30
	กะลา	60	-	-
	เมล็ดใน (รวมน้ำมันเมล็ดใน)	60	0	0
	ตะกอนจากเครื่องเหวี่ยงแยก	~2	1	7
รวม		515	9.5	56
ของเหลว	น้ำมันปาล์มดิบ	165	0	0
	น้ำเสียจากการนึ่งทะลายปาล์มสด	150	0.5	3
	น้ำเสียหลังการเหวี่ยงแยกด้วย Separator หลัง decanter น้ำล้างและน้ำใช้อื่น ๆ	165	4.0	27
		ขึ้นอยู่กับสภาพ การผลิตของแต่ละ โรงงาน		
รวม		>480	4.5	30
ก๊าซ/ไอ	ไอน้ำ	250	0	0
รวม		250	0	0
การรั่วไหล	ความไม่สม่ำเสมอของ กระบวนการผลิต เครื่องมือ ไม่มีประสิทธิภาพอุบัติเหตุ	ขึ้นอยู่กับสภาพ การผลิตของแต่ละ โรงงาน		
รวมทั้ง หมด		>1245		
การสูญเสีย น้ำมัน		0	17	100

4.3 คุณลักษณะของวัสดุเศษเหลือ

กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มไม่มีการเติมสารเคมีใด ดังนั้นสารต่าง ๆ ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ผลิตผลพลอยได้ และวัสดุเศษเหลือ จึงมาจากปาล์มน้ำมัน

ในแง่ของการใช้ประโยชน์หรือการบำบัด คุณลักษณะของวัสดุเศษเหลือจะอธิบายอยู่ในรูป สัปดาห์ต่อไป นี้ ซึ่งปริมาณแสดงในตารางที่ 4.8 และ 4.9

- สารคาร์บอนในรูป บีโอดี ซีโอดี หรือปริมาณของเสียที่เกิดจากประชากร
- ไนโตรเจน สารอินทรีย์และแร่ธาตุในรูปปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด
- ฟอสฟอรัส ในรูปฟอสฟอรัสทั้งหมด
- โปแตสเซียมในรูป K
- แมกนีเซียมในรูป Mg

จากตารางที่ 4.9 จะสังเกตเห็นว่า น้ำเสียและน้ำทิ้งหลังการบำบัดมีธาตุอาหาร ในรูป ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม และแมกนีเซียม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพไม่ได้ช่วยในการกำจัดธาตุอาหารเหล่านี้

ตารางที่ 4.8 ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ของวัสดุเศษเหลือจากการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน ที่ใช้ตั้งตงจมร่วมกับเครื่องเหวี่ยงแยกแบบ separator

		มวลวัสดุ	บีโอดี	PE	ซีโอดี	ของแข็ง แขวนลอย	น้ำมัน ที่สูญเสีย
สถานะ	ชนิดของวัสดุ	(2)	(1) (2)	(3)	(1) (2)	(1) (2)	(1) (2)
ของแข็ง	ทะลายปาล์ม	230					20 4.5
	เปล้า						
	เส้นใย	145					34 5.0
	กะลา	60					
	เมล็ดใน	60					0 0*
ของเหลว	กากสตัดจ์	0					
	น้ำเสียจากบ่อดักน้ำมันสุดท้าย	892	30 27	450	90 52	34 13	8 7.5
รวม		1387					17.0

(1) กรัม/ลิตร (2) กก./ตันทะลายปาล์มสด

(3) *PE = population equivalent in respect to sewage (60 กรัม บีโอดีต่อคนต่อวัน)

* เมื่อพิจารณาจากน้ำมันปาล์มดิบ

ตารางที่ 4.9 ธาตุอาหารที่มีในวัสดุเศษเหลือของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

สถานะ	วัสดุเศษเหลือ	ปริมาณน้ำ (%)	N*	P*	K*	Mg*	กก./ตัน ทะลาย ปาล์มสด
ของแข็ง	ทะลายปาล์มเปล่า	60	8	0.6	24.1	1.8	230
	เถ้าทะลายปาล์มเปล่า	0	-	17	450	36	4
	เส้นใย	20	23	0.1	2	0.4	145
	เถ้าเส้นใย/กะลา	0	-	17-66	170-250	40	50
	กากสลัดจ์	72	20	8	20	4	30
ของเหลว	น้ำเสียจากบ่อดัก		~0.2-1.0	~0.1-0.3	~2	~0.5	892**
	น้ำมันสุดท้าย						315***
	น้ำทิ้งหลังการบำบัด		~0.1-0.9	~0.1-0.3	~2	~0.5	892**
	แบบไร้อากาศ						315***
	น้ำทิ้งหลังการบำบัด		~0	~0.1	~2	~0.5	892**
	เต็มระบบ						315***

* ของแข็ง กก./ตัน น้ำหนักแห้ง ของเหลว กก./ลบ.ม.

** ระบบถังตกจมและ separator

*** ระบบ decanter และ separator

5. มาตรการการป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิต (IPPCS)

(อธิบายถึงเทคโนโลยีที่ดี สะอาด และเหมาะสม)

หลักการของ IPPCS คือ การจัดการทุกขั้นตอนการผลิต ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ มีการปรับปรุงผลผลิตของวัตถุดิบและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยพยายามให้มีวัสดุเศษเหลือออกมาน้อยที่สุดและมีการนำไปใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด แล้วจึงมีการบำบัดวัสดุเศษเหลือที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ ซึ่งจะเป็นการประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ ลดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมและยังเป็นประโยชน์โดยตรงต่อผู้ผลิต คือทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ลดการใช้พลังงานและลดต้นทุนการบำบัดของเสีย

จากวิธีการผลิตที่ใช้อยู่ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในปัจจุบัน สามารถนำหลักการของ IPPCS ไปพัฒนาการผลิตน้ำมันปาล์มดิบได้ โดยการป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มในแต่ละขั้นตอน ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นให้การผลิตน้ำมันปาล์มไปสู่ทิศทางการใช้เทคโนโลยีที่สะอาดและเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 5.1 การป้องกันมลภาวะในระหว่างการสกัดน้ำมันปาล์ม

ขั้นตอนการผลิต	ขั้นตอนย่อย	การป้องกันและควบคุม	ผลที่เกิดขึ้น
1. การนำส่งทะลายน้ำมันสด	-	ควรแปรรูปภายใน 24 ชั่วโมง	การสกัดน้ำมันทำได้ง่ายและทำให้ได้น้ำมันคุณภาพดี
2. การนึ่งผลปาล์ม	- -	ควบคุมความดันไอน้ำ และเวลานึ่งให้ถูกต้อง แยกน้ำทิ้งจากหม้อหนึ่งไม่ให้รวมกับน้ำทิ้งจากการสกัด	ประหยัดพลังงานและเวลา การแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งทำได้ง่ายเนื่องจากมีสารแขวนลอยต่ำ
3. การแยกผลปาล์ม		ทะลายน้ำมันบางส่วนยังมีผลปาล์มติดอยู่ ควรเก็บและนำกลับไปนึ่งใหม่	ได้น้ำมันเพิ่ม
4. การสกัดน้ำมันปาล์ม	การหีบน้ำมัน การกรองกาก	การใช้แรงอัดที่เหมาะสมให้น้ำมันออกจากเส้นใยมากที่สุดและขณะเดียวกันให้เมล็ดในแตกน้อยที่สุด ตะแกรงกรองต้องไม่รั่ว	ลดการสูญเสียน้ำมันติดไปกับเส้นใยน้อย ทำให้แยกกากเส้นใยออกจากน้ำมันได้ระดับหนึ่ง ลดภาระในการแยกขั้นต่อไป

5. การแยกน้ำมัน	<p>การเข้าถังตกจม</p> <p>การแยกกรวดทราย</p> <p>การเหวี่ยงแยกน้ำสลัดจ์</p>	<p>ใช้น้ำทิ้งจากหม้อหนึ่งหลังการแยกน้ำมันออกแล้ว มาเติมแยกน้ำมันให้เร็วที่สุด</p> <p>ตรวจเช็คน้ำทิ้งที่ออก เช็คและล้างเครื่องตามกำหนด</p> <p>ใช้เครื่องแยกแบบ decanter</p> <p>ตรวจเช็คน้ำทิ้งที่ออก เช็คและล้างเครื่องตามกำหนด</p>	<p>ลดการใช้น้ำ</p> <p>แยกน้ำมันได้ง่าย</p> <p>ลดของแข็งในน้ำทิ้ง</p> <p>ลดการใช้น้ำ</p> <p>ลดการสูญเสียน้ำมัน</p>
6. บ่อดักน้ำมันสุดท้าย	<p>น้ำทิ้งจากหม้อหนึ่ง</p> <p>น้ำทิ้งจากการแยกกรวดทราย</p> <p>น้ำทิ้งจากการเหวี่ยงแยก</p> <p>น้ำทิ้งจากการล้างภาชนะและการล้างพื้น</p> <p>น้ำทิ้งจากหม้อกำเนิดไอน้ำและเครื่องระเหย</p> <p>การแยกน้ำมัน</p>	<p>ให้แยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งก่อนจะรวมกับน้ำทิ้งอื่น ๆ</p> <p>มีคูระบายน้ำและบ่อรับน้ำทิ้งแยก</p> <p>เพิ่มเครื่องเหวี่ยงแยกแบบ separator เข้าในระบบ</p> <p>ประหยัดการใช้น้ำ</p> <p>และผงซักฟอก</p> <p>ควรเก็บรวบรวมไว้และนำไปใช้สำหรับจากการล้างต่าง ๆ</p> <p>และแยกบำบัดต่างหาก</p> <p>ควรทำอย่างสม่ำเสมอ ควรใช้เครื่องกวาดน้ำมันช่วยแยก</p>	<p>การแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งส่วนนี้ทำได้ง่าย</p> <p>กำจัดกรวดทรายและของแข็งแขวนลอยได้ระดับหนึ่ง</p> <p>ลดการสูญเสียน้ำมันในน้ำทิ้ง</p> <p>ลดการบำบัดน้ำทิ้ง</p> <p>ลดการใช้น้ำ</p> <p>ลดการใช้น้ำ</p> <p>ลดปริมาณน้ำทิ้งรวม</p> <p>ทำให้ได้น้ำมันคุณภาพดีกลับเข้าไปในระบบ</p>
7. การดูแลรักษา		<p>การควบคุมและตรวจเช็คเครื่องมืออย่างสม่ำเสมอ</p> <p>การซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอและรวดเร็ว</p>	<p>ลดการเสียหายของเครื่องจักร</p> <p>ลดการสูญเสียน้ำมันไปกับ การรั่วไหล และอุบัติเหตุ</p>

5.1 การปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิต

5.1.1 การจัดการสวนปาล์ม

การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันควรใช้พันธุ์ลูกผสมเทเนอร่าที่ให้ทะลายปาล์มสดที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง นอกจากจะมีการปรับปรุงพันธุ์ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพัฒนาพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตสูงในสภาพภูมิอากาศและสภาพของภูมิภาคได้ของประเทศไทย มีรายงานเกี่ยวกับการพัฒนาพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ไม่มีเมล็ด การจัดการสวนปาล์มตั้งแต่กล้าปาล์ม ปาล์มเล็ก ปาล์มโต และปาล์มแก่ ต้องจัดการอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะการให้ปุ๋ย ดังตารางที่ 4.4 (คูรายละเอียดใน ชัยรัตน์ นิลินนท์ และ จำเป็น อ่อนทอง, 2538)

5.1.2 คุณภาพของวัตถุดิบ

ควรส่งเสริมให้มีความร่วมมือระหว่างเกษตรกรสวนปาล์มและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ในเรื่องการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มสดและนำส่งถึงโรงงานจนกระทั่งสกัดภายใน 72 ชั่วโมง ผลปาล์ม ที่สุกเกินไปหรือทะลายปาล์มสดที่ปล่อยทิ้งไว้นานเกินควร จะทำให้น้ำมันสูญเสียโดยการย่อยสลาย ของเอนไซม์ที่มีอยู่ในผลปาล์มเกิดเป็นกรดไขมันอิสระทำให้ได้น้ำมันคุณภาพต่ำ และทำให้น้ำ เสียดจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง ดังอธิบายในข้อที่ 4.1 และ 4.2.1

5.1.3 การป้องกันการสูญเสียน้ำมันในระหว่างการผลิต

สมมูลมวลสารของการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน แสดงในรูปที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าการสูญเสียน้ำมันปาล์มไปร้อยละ 10 (17 กิโลกรัมต่อตันทะลายปาล์มสด) และร้อยละ 56 ของน้ำมันที่สูญเสียไปจะอยู่ในวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง คือทะลายเปล่าและเส้นใย อีกร้อย ละ 44 สูญเสียไปในรูปของเหลวคือน้ำเสียดจากการบด การสกัด สมมูลมวลสารตามตารางที่ 4.6 แสดงเฉพาะการสูญเสียน้ำมันในกระบวนการผลิตตามปกติ ไม่ได้แสดงการสูญเสียน้ำมันที่เกิดจาก กระบวนการผลิตที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจจะมีความสำคัญมากขึ้นอยู่กับเครื่องมือและประสิทธิภาพ ของการผลิต

5.1.3.1 การป้องกันการสูญเสียน้ำมันโดยการควบคุมและรักษากระบวนการผลิต

อย่างมีประสิทธิภาพ

การสูญเสียน้ำมันเนื่องจากกระบวนการผลิตผิดปกติ หรือมีการรั่วไหลทำให้น้ำ เสียดจากโรงงานน้ำมันปาล์มมีน้ำมันเพิ่มขึ้น อาจเพิ่มเป็น 2 เท่า โดยมีน้ำมันอยู่ในน้ำเสียดถึง 10-15 กิโลกรัมต่อตันทะลายปาล์มสด

ตัวอย่างของการสูญเสีย เช่น

หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ	หากสภาวะการนึ่งไม่เหมาะสม ก็จะทำให้การแยกผลปาล์มจาก ทะลายได้ยาก หรือมีการสูญเสียน้ำมันไปกับทะลายปาล์มเปล่า มาก เมื่อไม่มีการนำกลับไปใช้ใหม่
ถังตกจม	หากมีภาระบรรทุกมากก็จะทำให้น้ำมันคุณภาพต่ำ และมีน้ำ มันสูญเสียไปกับน้ำสลัดจ์มาก และหากปล่อยไว้ในถึงนานเกิน ควรก็จะได้น้ำมันคุณภาพต่ำ เนื่องจากมีกรดไขมันอิสระเพิ่ม

การเหวี่ยงแยกน้ำสลัดจ์ หากมีการอุดตันในเครื่องก็จะทำให้ประสิทธิภาพการแยกลดลง
และมีการสูญเสียน้ำมันเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้การสูญเสียน้ำมัน อาจเกิดจากเครื่องมือทำงานไม่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะจาก
หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ, ชนิดและขนาดของตะแกรงและแผ่นกรอง, ชนิดและการติดตั้งของเครื่องเหวี่ยง
แยก, เครื่องมือขัดข้อง มีการรั่วไหล การไหลล้นจากถัง การป้องกันสามารถทำได้โดยการควบคุม
และรักษาเครื่องมือ ป้อน ถัง ท่อให้อยู่ในสภาพดี มีการตรวจเช็คการทำงาน หรือตรวจล้างเป็นระยะ
ตามกำหนด ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอโดยทันที

5.1.3.2 การป้องกันการสูญเสียน้ำมันโดยการปรับปรุงกระบวนการผลิต

การปรับปรุงกระบวนการผลิตควรเน้นที่ขั้นตอนการผลิตที่มีการสูญเสียน้ำมันมาก
คือ

- การสกัดโดยเครื่องหีบเกลียวอัด
- การแยกน้ำมันโดยการใช้ถังตกจม
- การแยกน้ำมันจากน้ำสลัดจ์โดยเครื่องเหวี่ยงแยก

สำหรับการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ อาจทำได้ในภายหลัง

การปรับปรุงการสกัดน้ำมัน

จากการศึกษาวิธีการแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ในการทดลองนำร่อง
พบว่า

- ของผสมระหว่างน้ำมันกับน้ำ หากมีของแข็งแขวนลอยอยู่น้อย ก็จะแยกน้ำมันออกได้ง่าย
- เมื่อมีน้ำมันอยู่มากในของผสมระหว่างน้ำและน้ำมัน การแยกโดยใช้เครื่องเหวี่ยงแยกก็จะ

มีประสิทธิภาพ

ของแข็งแขวนลอยที่ปนอยู่ในของเหลว ในกระบวนการผลิตประกอบด้วยเศษเส้นใยเป็น
ส่วนใหญ่ ซึ่งจะออกมาจากเครื่องหีบเกลียวอัดและเครื่องเหวี่ยงแยกในรูปกากตะกอน ที่มีความ
สามารถดูดซับน้ำมันได้มาก พบว่าน้ำมันที่สูญเสียไปในกระบวนการผลิต ร้อยละ 33 จะอยู่ในกาก
ตะกอน

ดังนั้นควรมีการปรับปรุงเครื่องมือ โดยเฉพาะเครื่องหีบเกลียวอัด โดยให้มีเศษเส้นใยติดไป
กับของผสมน้อยที่สุด นอกจากนี้อาจพัฒนาวิธีการสกัด เช่น การใช้สารละลายช่วยในการสกัดเป็น
สิ่งที่ควรศึกษาต่อไป

การปรับปรุงการกรองกาก

การปรับปรุงเครื่องกรองกากจะช่วยลดของแข็งแขวนลอยในของผสม ทำให้การแยกน้ำมันทำได้ดีและควรหลีกเลี่ยงการเกิดกรดไขมัน เนื่องจากการสัมผัสของน้ำมันที่ร้อนกับอากาศ (ควรเปลี่ยนจากตะแกรงสั้นเป็นตะแกรงกรองแบบหมุน)

การปรับปรุงการแยกน้ำมัน

จากสมคูลมวลสารของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบโดยวิธีมาตรฐานที่มีถังตกจม และการเหวี่ยงแยกน้ำสลัดจ์ พบว่าเทคโนโลยีการแยกโดยถังตกจมมีประสิทธิภาพต่ำ (แยกน้ำมันได้ประมาณร้อยละ 50) และน้ำมันมีคุณภาพลดลง (เกิดออกซิเดชันเนื่องจากของผสมต้องอยู่ในถังนานอาจถึง 5 ชั่วโมง มีอุณหภูมิสูง และมีพื้นที่สัมผัสกับอากาศมาก) และมีปริมาณน้ำเสียปริมาณมาก (การใช้น้ำเจือจางในการแยกโดยเครื่องเหวี่ยงแยก) เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพดีกว่านี้คือ การเหวี่ยงแยกของผสมโดยตรงหลังจากการกรองกาก โดยใช้เครื่องเหวี่ยงแยกแบบ decanter โดยไม่ต้องมีถังตกจม วิธีการนี้เรียกว่า วิธีการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐานที่ใช้ decanter ซึ่งมีการใช้อยู่ในหลาย ๆ โรงงานแล้ว ขั้นตอนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 5.1 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐานที่ใช้ถังตกจมตามรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าการใช้ decanter มีประสิทธิภาพดีกว่า และมีน้ำเสียออกมาน้อยกว่า

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบการแยกน้ำมันตามวิธีการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน โดยการใช้ถังตกจมและ separator การใช้ decanter และ การใช้ decanter ร่วมกับ separator

ปัจจัย	หน่วย	วิธีการสกัด		
		ก	ข	ค
ประสิทธิภาพการแยก	ร้อยละ	95.3	95.9	97
การสูญเสียน้ำมันระหว่างการแยก	กก./ตันทะลายปาล์มสด	7	7	5
การลดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสีย	กก./ตันทะลายปาล์มสด	0	10-20	>20-30
ภาระบรรทุกถังตกจม	กก/ตันทะลายปาล์มสด	720	-	-
ภาระบรรทุกเครื่องเหวี่ยงแยกตัวที่ 1	กก./ตันทะลายปาล์มสด	820	395	395
เครื่องเหวี่ยงแยกตัวที่ 2	กก./ตันทะลายปาล์มสด	-	-	165
ปริมาณน้ำเสีย	กก./ตันทะลายปาล์มสด	892	315	315

ก. การใช้ถังตกจมและการเหวี่ยงแยกน้ำสลัดจ์ โดย separator

ข. การใช้ decanter ในการแยกโดยตรง

ค. การใช้ decanter และ separator ในการแยก

จากตาราง 5.2 จะเห็นว่า การสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน โดยใช้ decanter ในการแยกจะมีการใช้น้ำประมาณร้อยละ 50 ของการสกัดน้ำมันที่ใช้ถึงตกจมและมีการเหวี่ยงแยกน้ำสลัดจ์ด้วย separator ดังนั้นการใช้ decanter ก็จะช่วยลดต้นทุนการผลิตทั้งในด้านการลงทุนเรื่องเครื่องมือและพลังงาน นอกจากนี้กระบวนการผลิตก็ไม่ยุ่งยาก ไม่มีถึงตกจม ไม่จำเป็นต้องใช้น้ำในการเจือจางมาก และเนื่องจากมีปริมาณของน้ำเสียน้อย (ลดลงร้อยละ 40-60) และมีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียน้อย ทำให้ค่าบีโอดีของน้ำเสียจากการใช้ decanter ในการแยกโดยตรง มีภาระบรรทุกลดลง แม้วาน้ำเสียจะค่าบีโอดีและน้ำมันสูง

วิธีการสกัดน้ำมันแบบมาตรฐานที่ใช้ decanter ในการแยกโดยตรงยังสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยเพิ่ม separator ที่มีประสิทธิภาพเข้าไป เพื่อแยกน้ำมันที่หลงเหลือในน้ำเสียที่ออกจาก decanter กระบวนการผลิตใหม่นี้เรียกว่า กระบวนการปรับปรุง ซึ่งใช้ decanter ร่วมกับ separator (รูปที่ 5.2 และตารางที่ 5.2) กระบวนการผลิตที่ปรับปรุงสามารถแยกน้ำมันได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 2 กิโลกรัมต่อตันทะลายปาล์มสด ทำให้ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันเพิ่มเป็นร้อยละ 97 เครื่องเหวี่ยงแยกที่ใช้เพิ่มในกระบวนการผลิต ควรเป็น 3 phase-separator ภาระบรรทุกประมาณ 165 กิโลกรัมต่อตันทะลายปาล์มสด กระบวนการผลิตที่ปรับปรุงนี้ นอกจากจะเพิ่มประสิทธิภาพการแยกน้ำมันแล้ว ยังลดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียและช่วยให้กระบวนการผลิตทั้งหมดมีความเสถียรด้วย

5.1.3.3 การลดปริมาณน้ำเสียในกระบวนการผลิต

การลดปริมาณน้ำเสียในกระบวนการผลิต จะมีผลกระทบหลายประการ โดยเฉพาะการนำน้ำเสียน้ำกลับไปใช้ใหม่ ดังนั้นจึงควรประเมินข้อดีข้อเสียอย่างระมัดระวัง โดยพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

- ป้องกันแหล่งน้ำธรรมชาติ
- ความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ในน้ำที่ใช้ในระบบ เช่น เกลือ
- การเพิ่มการกัดกร่อนของน้ำในระบบ
- ความเป็นพิษต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีวภาพ

ในการสกัดน้ำมันปาล์มสามารถนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ ในขั้นตอนการเติมน้ำในการย่อยผลปาล์มและการล้างเครื่องกำจัดกรวดทราย

5.2 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ปริมาณของวัสดุเศษเหลือจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม สรุปได้ดังนี้ (เปรียบเทียบกับตารางที่ 4.6 และ 4.7)

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง

ทะลายปาล์มเปล่า	230	กก/ตัน ทะลายปาล์มสด
เส้นใย	145	กก/ตัน ทะลายปาล์มสด
กะลา	60	กก/ตัน ทะลายปาล์มสด
กากสลัดจ์ (เมื่อใช้เครื่อง decanter)	< 30	กก/ตัน ทะลายปาล์มสด
หากใช้กระบวนการสกัดแบบมาตรฐานที่มีถังตกจม (รูปที่ 4.3) จะได้		
ปริมาณน้ำเสียทั้งหมด	892	กก/ตัน ทะลายปาล์มสด
หากใช้กระบวนการสกัดแบบมาตรฐานที่ปรับปรุง (รูปที่ 5.2) จะได้		
ปริมาณน้ำเสียทั้งหมด	315	กก/ตัน ทะลายปาล์มสด

การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือ รวบรวมจากข้อมูลต่าง ๆ และจากงานวิจัยในระดับโรงงานต้นแบบ ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล และจากโรงงาน

5.2.1 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง

5.2.1.1 ทะลายปาล์มเปล่า (Empty fruit bunch)

ทะลายปาล์มเปล่าจัดเป็นวัสดุเศษเหลือที่มีปริมาณมากที่สุด (คิดเป็นร้อยละ 20 ของน้ำหนักทะลายปาล์มสด) ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

การนำทะลายปาล์มเปล่าไปใช้ในสวนปาล์ม (ดูรูปที่ 4.1) เพื่อใช้เป็นปุ๋ย (ดูข้อที่ 4.3) และเป็นสารปรับสภาพดิน (soil conditioner) จัดเป็นการใช้ประโยชน์ที่ควรให้ความสำคัญเป็นอันดับแรก มีแนวทางในการใช้ประโยชน์ของทะลายปาล์มเปล่าดังนี้

1) การใช้ทะลายปาล์มเปล่าที่ไม่ผ่านการบำบัด ในพื้นที่ที่ห่างไกลชุมชน

2) การใช้ทะลายปาล์มเปล่าเป็นวัสดุคลุมดิน เพื่อป้องกันการชะหน้าดิน ช่วยลดการสูญเสียความชื้นจากผิวน้ำดิน และใช้เป็นสารอาหาร ประโยชน์จะได้รับมากน้อยเพียงใด ขึ้นกับชนิดของดินและสถานะของความชื้นสัมพัทธ์ของสถานที่ ดังนั้นการช่วยป้องกันความชื้นจะมีความสำคัญในพื้นที่ที่แห้งแล้งมากกว่าบริเวณชายฝั่งทะเล

3) การใช้ทะลายปาล์มเปล่าเป็นปุ๋ย ปริมาณการใช้ทะลายปาล์มเปล่าในการจัดการที่ดีทางการเกษตร แสดงในตารางที่ 5.3 ซึ่งดัดแปลงข้อมูลมาจากตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.9 และจากการประมาณค่าความชื้นของทะลายปาล์มเปล่าเท่ากับ ร้อยละ 60

ตารางที่ 5.3 ความต้องการละลายปาล์มเปล้าเป็นปุ๋ยในการปลูกปาล์มน้ำมันและยางพารา (เมื่อพิจารณาจากธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบในละลายปาล์มเปล้า)

ความต้องการละลายปาล์มเปล้า (ตัน/ไร่/ปี)				
ชนิดของพืช	N	P	K	Mg
ปาล์มเล็ก	1.1-3.0	6.2-7.2	0.08-0.40	0.3-1.3
ปาล์มโต	3.8-5.3	11.7	0.60-0.75	2.7
ปาล์มแก่	6.8	11.7	0.75	3.8
ยาง (อายุ > 7 ปี)	6.9	44.7	2.60	-

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นว่า การใช้ละลายปาล์มเปล้ามีปัจจัยที่เป็นข้อจำกัด คือ ปริมาณโปแตสเซียม ดังนั้นจึงสามารถใช้ละลายปาล์มเปล้าได้เพียง 0.1 ถึง 0.75 ตันของละลายปาล์มเปล้าต่อไร่ต่อปีสำหรับสวนปาล์มน้ำมัน และ 2.60 ตันสำหรับสวนยางพารา ค่านี้เป็นค่าเฉลี่ยเป็นเวลาหลายปี ซึ่งในบางปีอาจเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้โดยไม่ก่อให้เกิดผลเสียเนื่องจาก availability ของสัปดาห์เหล่านี้ต่อพืชมีค่าต่ำ ค่าความต้องการละลายปาล์มเปล้าเป็นแร่ธาตุอาหารที่แน่นอนสำหรับพืช ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด และควรมีการค้นคว้าวิจัยต่อไป

อย่างไรก็ตาม ปัญหาอุปสรรคของการใช้ละลายปาล์มเปล้าเป็นปุ๋ย มีหลายประการ ประการแรกคือ ละลายปาล์มเปล้ามีปริมาณจำเพาะสูง ทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงในการขนส่ง และต้องจ่ายค่าแรงงานในการตกแต่ง ประการที่สอง คือ การรบกวนจากหนู แมลงและตัวด้วง ซึ่งมีผลไปทำลายโดยการกัดกินยอดของต้นปาล์ม

มีการใช้ละลายปาล์มเปล้าในการเพาะเห็ด แต่ยังมีก็นำไปใช้กันน้อย งานวิจัยเรื่องการเพาะเห็ดจะช่วยให้การใช้ประโยชน์ของละลายปาล์มเปล้าแพร่หลายมากขึ้น

การใช้ทะลายปาล์มเปล่าในการผลิต particle board จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเศษเหลือนี้
ข้อจำกัดการใช้ทะลายปาล์มเปล่าเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำ (boiler) คือ การมี
ความชื้นสูงและมีค่าความร้อนต่ำ (ทะลายปาล์มเปล่าแห้งมีค่าความร้อนต่ำกว่า 10 เมกกะจูลต่อ
กิโลกรัม) อย่างไรก็ตามการใช้ทะลายปาล์มเปล่าเป็นแหล่งเชื้อเพลิงไม่มีความจำเป็นมากนัก เนื่อง
จากมีวัสดุเศษเหลืออื่น ๆ ที่ดีกว่า เช่น เส้นใยและกะลาปาล์ม เป็นต้น นอกจากนี้การเผาไหม้ทะลาย
ปาล์มเปล่า ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้ ได้แก่ฝุ่น , SO₂, CO₂, NO_x มาตรการ
การป้องกันมลพิษทางอากาศ เช่น การกรอง หรือการดูดซับด้วยสารเคมี รวมทั้งระบบการควบคุม
คุณภาพของอากาศ สิ่งเหล่านี้มีราคาค่อนข้างแพงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของ
boiler house

การเผาทะลายปาล์มเปล่าเพื่อลดปริมาตรและได้ถ่านนี้มีข้อเสียคือทำให้เกิดมลภาวะอัน
เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ควรหลีกเลี่ยงการใช้วิธีการนี้ เนื่องจากเป็นการสูญเสียแหล่ง
คาร์บอนที่สามารถใช้ในการปรับดิน แม้ว่าถ่านจะมีธาตุที่เป็นปุ๋ยและสามารถใช้ได้ง่ายในสวนปาล์ม
ก็ตาม

5.2.1.2 เส้นใยปาล์ม (Palm fiber)

เส้นใยปาล์มมีปริมาณร้อยละ 15 ของทะลายปาล์ม (ดูตารางที่ 4.6) องค์ประกอบ
ของเส้นใยในแง่ของสารที่เป็นปุ๋ย แสดงในตารางที่ 4.9 เส้นใยใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิด
ไอน้ำ (ค่าความร้อนของเส้นใยแห้ง มีค่าน้อยกว่า 5 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม) การนำไปใช้ประโยชน์
อื่น ๆ ได้แก่ การใช้เป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องสำหรับการย่อยสลายให้ได้น้ำตาล และเป็นอาหารสำหรับสัตว์
เคี้ยวเอื้อง โดยผสมในปริมาณร้อยละ 10-20 ปริมาณที่สูงเกินไป (ร้อยละ 40-60) มีผลให้การย่อยได้
ของสัตว์ลดลง การปรับปรุงคุณภาพอาจทำได้โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือยูเรียร้อยละ 5-6
แล้วหมัก 2-3 วัน การเสริมอาหารเส้นใยด้วยโปรตีน เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลืองและกากน้ำตาลทำ
ให้การกินของสัตว์เพิ่มขึ้น

5.2.1.3 กะลา (Shell)

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มใช้กะลาเป็นแหล่งเชื้อเพลิงสำหรับหม้อกำเนิดไอน้ำ (ค่า
ความร้อนของกะลาแห้ง ประมาณ 17 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม) เนื่องจากนิยมใช้เส้นใยมากกว่า จึงเกิด
การสะสมกะลาในโรงงาน การนำกะลาไปใช้ประโยชน์อย่างหนึ่ง คือใช้ผลิตถ่านกัมมันต์ (activated
carbon)

5.2.1.4 กากสลัดจ์ (Decanter cake)

สำหรับโรงงานที่ใช้เครื่อง decanter ในการแยกสกัดหรือแยกน้ำมัน จะได้กาก
สลัดจ์เป็นวัสดุเศษเหลือสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยได้เช่นเดียวกับทะลายปาล์มเปล่า
ปริมาณการใช้ต่อปี คำนวณได้จากตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.9

5.2.2 การใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้ง (Palm Oil Mil Effluent, POME)

ปริมาณและคุณลักษณะของน้ำทิ้ง อธิบายในข้อที่ 4.2.8 และ 4.3 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มหลายแห่งใช้น้ำทิ้งรดสวนปาล์ม ซึ่งเป็นการนำน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดโดยวิธีการทางชีวภาพแล้ว ไปใช้ประโยชน์วิธีหนึ่ง การใช้น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการบำบัดจะก่อให้เกิดผลเสียต่อดิน เนื่องจากน้ำทิ้งนั้นมีความเข้มข้นของสารต่าง ๆ สูงเกิน เช่น น้ำมันและไขมัน และสารประกอบไนโตรเจน กรดอินทรีย์

ข้อควรระวังในการใช้น้ำทิ้ง คือ หากใช้ปริมาณมากเกินไป จะเกิดผลเสียเนื่องจากความไม่สมดุลของธาตุอาหาร และปฏิกิริยาเคมีในดิน มีรายงานว่า การใช้น้ำทิ้งเป็นระยะเวลานานค่าพีเอชของดิน (พีเอช 4.5-5.5) อาจเพิ่มขึ้น จะมีการสะสมธาตุแมกนีเซียมและยับยั้งการใช้ธาตุโปแตสเซียม อันเกิดจาก antagonism ในกรณีนี้ต้องเพิ่มโปแตสเซียม

อย่างไรก็ตาม การสะสมจะไม่เกิดขึ้นหากมีการใช้วัสดุเศษเหลือในปริมาณที่เหมาะสม ปริมาณน้ำทิ้งที่ใช้ควรขึ้นกับปุ๋ยที่พืชต้องการ และต้องไม่ให้น้ำทิ้งในปริมาณมากเกินกว่าการอุ้มน้ำ (hydraulic load) ของดิน การรั่วซึมของน้ำทิ้งไปยังน้ำใต้ดินหรือน้ำผิวดิน เป็นสิ่งที่ต้องหลีกเลี่ยง มิให้เกิดขึ้น การใช้วิธีนี้ต้องคำนึงถึงสภาพดินฟ้าอากาศในฤดูฝนด้วย โรงงานที่ใช้น้ำทิ้งรดสวนปาล์มที่มีอยู่ในปัจจุบันมีการเก็บโดยใช้บ่อ

ตารางที่ 5.4 ความต้องการน้ำทิ้งเป็นปุ๋ยรดต้นปาล์มน้ำมันและยางพารา (เมื่อพิจารณาจากธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบในน้ำทิ้ง)

ความต้องการน้ำทิ้ง (ลบ.ม./ไร่/ปี)				
ชนิดของพืช	N	P	K	Mg
ปาล์มเล็ก	10-28	11-13	0.5-4.0	0.5-4.0
ปาล์มโต	36-51	21	4-7	~ 6
ปาล์มแก่	65	21	7	~ 8
ยาง (อายุ > 7 ปี)	66	81	23	-

การใช้น้ำทิ้งเป็นปุ๋ย ปริมาณน้ำทิ้งที่ใช้ภายใต้ “การจัดการที่ดีทางการเกษตร” แสดงในตารางที่ 5.4 ซึ่งดัดแปลงจากตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.9 และภาคผนวก ข. หัวข้อที่ 1.2, [14]

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นว่าการใช้ประโยชน์จะขึ้นกับธาตุอาหารที่เป็นตัวจำกัด คือ โปแตสเซียม (หรือแมกนีเซียม) ดังนั้น ปริมาณน้ำทิ้งที่ใช้ได้จึงมีปริมาณเพียง 0.5 ถึง 7 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี สำหรับสวนปาล์ม และ 23 ลูกบาศก์เมตรสำหรับสวนยางพารา การใช้น้ำทิ้งไม่ควรเกินปริมาณที่กำหนดเพราะจะก่อให้เกิดผลเสียกับดินมีปัญหาเรื่องกลิ่นและก่อให้เกิดความรำคาญ ความต้องการโปแตสเซียมต้องคำนวณโดยขึ้นกับชนิดของดินและความต้องการของพืช ในระยะเวลามากกว่า 1 ปี จนถึง 3 ปี

โดยสรุป ปริมาณของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ใช้เป็นปุ๋ยสำหรับสวนปาล์มถูกจำกัดด้วยปริมาณโปแตสเซียม และเป็นผลให้ใช้ได้ปริมาณ 7 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี ตัวเลขนี้ได้จากสถานะ ดังนี้

- ความต้องการโปแตสเซียม	560	กรัม/ตัน/ปี
- จำนวนตัน	20	ตัน/ไร่
- ความต้องการโปแตสเซียม	11.2	กิโลกรัม โปแตสเซียม/ไร่/ปี
- ปริมาณโปแตสเซียมในน้ำทิ้ง	1.6	กิโลกรัม โปแตสเซียม/ลูกบาศก์เมตร
- ปริมาณน้ำทิ้ง (11.2/1.6) ประมาณ	7	ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี

จากตารางที่ 4.9 สรุปได้ว่าการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพไม่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารของน้ำทิ้งที่ใช้เป็นปุ๋ยเนื่องจากการบำบัดนี้ไม่ได้ลดปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้ง

ภายใต้สถานะดังกล่าว สามารถคำนวณการใช้ประโยชน์ของน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเป็นปุ๋ย โดยพิจารณาจากปริมาณทะเลสาบปาล์มที่ใช้ในการผลิตของโรงงานทั้งหมด

ปริมาณทะเลสาบปาล์มที่ใช้ในการผลิต	1,530,000	ตัน/ปี (1.53×10^6)
-----------------------------------	-----------	-------------------------------

สมมุติว่า โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทุกแห่งใช้กระบวนการสกัดแบบมาตรฐานโดยมีดังตจม

(รูปที่ 4.3)

จากรูปที่ 4.3	ปริมาณของน้ำทิ้งเทียบกับวัตถุดิบ ประมาณ 0.9	ลูกบาศก์เมตร/ตันทะเลสาบปาล์มสด
	ปริมาณน้ำทิ้งทั้งหมด ประมาณ	1.4×10^6 ลูกบาศก์เมตร/ปี
	พื้นที่ที่ต้องการสำหรับใช้น้ำทิ้งเป็นปุ๋ย	200,000 ไร่
จากตารางที่ 4.1	พื้นที่สวนปาล์มที่รับน้ำทิ้งได้	135,000 ไร่
	พื้นที่สำหรับการใช้ประโยชน์อย่างอื่น	65,000 ไร่
	(เช่น สวนยางพารา)	

สมมุติว่า โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทุกแห่งใช้กระบวนการที่ปรับปรุงมี deanter และ separator (รูปที่ 5.2)

จากรูปที่ 5.2	ปริมาณของน้ำทิ้งเทียบกับวัตถุดิบ	ประมาณ 0.3	ลูกบาศก์เมตร/ตันทะเลลายปาล์มสด
	ปริมาณน้ำทิ้งทั้งหมด	ประมาณ 0.5×10^6	ลูกบาศก์เมตร/ปี
	พื้นที่ต้องการสำหรับใช้น้ำทิ้งเป็นปุ๋ย	65,500	ไร่
จากตารางที่ 4.1	พื้นที่สวนปาล์มที่รับน้ำเสียได้	135,000	ไร่
	พื้นที่สำหรับการใช้ประโยชน์อย่างอื่น	ไม่มี	

กระบวนการทางชีวภาพหลักอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นในดิน คือ การเปลี่ยนรูปไนโตรเจนอินทรีย์ ในขั้นแรกไนโตรเจนอินทรีย์จะถูกเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนีย ในสภาพที่ดินมีอากาศถ่ายเท พวก nitrifying organisms จะเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนเตรท (ผ่านไนไตรท์) พืชจะใช้นิโตรเจนในรูปแอมโมเนียและไนเตรท สารไนโตรเจนอินทรีย์และแอมโมเนียจะถูกดูดซับได้ในดิน ไม่ถูกชะไปสู่ น้ำใต้ดิน ความสามารถในการดูดซับน้ำจะขึ้นกับชนิดของดิน รากพืชจะช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำของดินด้วย

จากการวิจัยในประเทศมาเลเซีย พบว่า การใช้น้ำทิ้งในสวนปาล์มน้ำมันจะช่วยเพิ่มผลผลิต โดยไม่ใช้ปุ๋ยอื่น ๆ เลย โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มบางแห่งในประเทศไทยก็ใช้วิธีนี้ และพบว่า การเจริญเติบโตของปาล์มและผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

สำหรับการขนส่งน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มไปยังสวนปาล์มและการจ่ายน้ำทำได้หลายวิธี การเลือกวิธีการที่เหมาะสม ควรขึ้นกับสภาพของท้องถิ่น เช่น ระยะทาง ถนน ชนิดของดิน เป็นต้น ตัวอย่างเช่น การรดโดยใช้ถัง (tank) และใช้หัวกระจายน้ำ (sprinkler) และควรหลีกเลี่ยงการรดโดยวิธีไถคราด (furrow) และระบบอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน เนื่องจากมีอัตราการกระจายน้ำทิ้งต่อไร่ต่ำ และเป็นผลให้พื้นดินรับภาระมากเกินไป ควรมีการทดลองการใช้น้ำทิ้งเป็นปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมันในระดับขนาดใหญ่เป็นระยะเวลานาน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใช้ได้ทางปฏิบัติ และคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

6. วิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- รักษาคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นปุ๋ย การบำบัดน้ำเสียเพียงบางส่วนก็อาจเพียงพอ แต่การบำบัดแบบนี้จะไม่สามารถลดแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำเสียได้

- การให้น้ำทิ้งมีคุณภาพตามข้อกำหนดต่ำสุด ก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงในแหล่งน้ำธรรมชาติในกรณีนี้มีความจำเป็นต้องมีการบำบัดเต็มระบบ

ข้อแนะนำที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นเพียงข้อแนะนำโดยทั่วไปเกี่ยวกับเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย และเป็นเพียงข้อเสนอเกี่ยวกับวิธีการในการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมเท่าที่เป็นไปได้ ส่วนรายละเอียดของวิธีการบำบัดน้ำเสียสำหรับแต่ละโรงงาน จะอยู่ในความรับผิดชอบของโรงงานแต่ละแห่ง

รายละเอียดของการบำบัดน้ำเสียขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของน้ำเสีย เช่น คุณภาพและอัตราการไหลของน้ำเสีย พื้นที่ว่างและทำเลที่ตั้งของระบบบำบัดน้ำเสีย ระดับขั้นความต้องการของการบำบัด ค่าใช้จ่ายคงที่ (fixed costs) และค่าใช้จ่ายดำเนินงาน (operating costs) ของการบำบัด วิธีการบำบัดและประสบการณ์ของผู้ควบคุมระบบ

6.1 การบำบัดน้ำเสียขั้นต้น

6.1.1 การแยกประเภทของน้ำเสีย

ดังแสดงในแผนภาพกระบวนการในรูปที่ 4.3, 5.1 และ 5.2 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีแหล่งของน้ำเสียหลายชนิดด้วยกันได้แก่

- น้ำเสียที่สกปรก เช่น น้ำเสียจากหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (หรือหม้อฆ่าเชื้อ) และน้ำเสียจากห้องน้ำมัน (oil room)

- น้ำเสียที่ไม่สกปรก เช่น น้ำเสียที่เกิดจากการควบแน่น และน้ำหล่อเย็นจากเครื่องระเหยน้ำออกจากน้ำมัน เครื่องลดความร้อนของน้ำมัน น้ำจากเครื่องผลิตไอน้ำ ฯลฯ

(- น้ำเสียจากระบบสุขาภิบาลก็ควรมีการพิจารณาเช่นกัน)

ในส่วนข้อเสนอแนะการบำบัดและการปล่อยออก ควรมีการแยกประเภทบ่อน้ำเสียเหล่านี้เพื่อลดความยุ่งยากและเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่ำสุด

น้ำเสียที่สกปรกจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม มีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยแตกต่างกัน ดังนั้นน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบำบัดต้องมีการบำบัดเบื้องต้น ซึ่งสามารถแบ่งน้ำเสียออกเป็น 2 ชนิด

- น้ำเสียที่มีของแข็งแขวนลอยต่ำ เช่น น้ำเสียจากหม้อนึ่งและน้ำมันที่รั่วไหลออกมา

- น้ำเสียที่มีของแข็งแขวนลอยสูง เช่น น้ำเสียจากกระบวนการของห้องน้ำมัน เนื่องจากน้ำเสียเหล่านี้มีความแตกต่างกันในเรื่องของคุณภาพ และความสามารถในการถูกบำบัด (treatability) จึงควรมีการแยกและรวบรวมน้ำเสีย ดังนี้
 - รวมน้ำเสียที่ไม่มีของแข็งแขวนลอยหรือมีของแข็งแขวนลอยอยู่เล็กน้อย
 - รวมน้ำเสียที่มีของแข็งแขวนลอยสูง
 - หลีกเลี่ยงการป้อนกลับของน้ำเสียที่มีของแข็งแขวนลอยสูง เข้าสู่ระบบที่มีการแยกน้ำมัน (เช่น ไม่ควรใช้น้ำเสียที่ออกจาก separator ไปเจือจางของผสมในถังตกจม)

6.1.2 การแยกน้ำมัน

น้ำเสียที่มีลักษณะแตกต่างกันควรมีการบำบัดแยกออกจากกัน เพื่อที่จะทำให้อัตราในการบำบัดมีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ การแยกน้ำมันก่อนการบำบัดน้ำเสียก็จะทำให้น้ำเสียมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ อย่างไรก็ตามน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้วยังคงมีน้ำมันเหลืออยู่สูง (>250 มิลลิกรัมต่อลิตร)

6.1.2.1 น้ำเสียที่มีของแข็งแขวนลอยต่ำ

ในระหว่างกระบวนการบำบัดน้ำเสียชนิดนี้ สามารถที่จะแยกน้ำมันออกจากกระบวนการได้โดยง่าย และอาจจะมีการหมุนเวียนกลับไปยังกระบวนการผลิต

หลักเกณฑ์ในการออกแบบ

- อุปกรณ์ดักน้ำมันควรมีการออกแบบสำหรับอัตราการไหลสูงสุด (หน่วยเป็นลิตรต่อวินาที)
- ให้ค่าอัตราการบรรทุกพื้นที่ผิว อยู่ในช่วง 2 - 6 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง
- ความเร็วในการแยกขึ้นอยู่กับผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ ในการออกแบบควรคำนึงถึงน้ำเสียที่เกิดโดยบังเอิญในกระบวนการผลิตด้วย
- ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันออกจากน้ำเสียเหล่านี้สามารถแยกได้ร้อยละ 60 ถึง 90

6.1.2.2 น้ำเสียที่มีของแข็งแขวนลอยสูง

น้ำเสียส่วนใหญ่จะมาจากกระบวนการเหวี่ยงแยกน้ำสลัดจ์ของห้องน้ำมัน ซึ่งมีการแยกน้ำมันภายใต้แรงเหวี่ยงที่มีความแรงสูง เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแยกน้ำมันจากน้ำเสียในบ่อดักน้ำมันที่ใช้แรงโน้มถ่วงในการแยก ภายใต้สภาวะการดำเนินงานโดยทั่วไป ประสิทธิภาพของบ่อน้ำมันจะต่ำมาก แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ หรือเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดก็จำเป็นต้องมีบ่อดักน้ำมัน เพื่อดักน้ำมันที่รั่วไหลออกมา

หลักเกณฑ์การออกแบบ

- บ่อดักน้ำมันควรมีการออกแบบสำหรับอัตราการไหลสูงสุด (หน่วยเป็นลิตรต่อวินาที)

- ให้ค่าอัตราภาระบรรทุกพื้นที่ผิว น้อยกว่า 0.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง
- ความลึกที่พอเหมาะเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปรับสภาพของบ่อดักน้ำมันและการตกจม
- การออกแบบบ่อดักน้ำมัน ควรกำหนดการไหลของน้ำโดยใช้ตัวค้ำกัน (baffle)
- การใช้เครื่องกวาดอัตโนมัติในการเก็บน้ำมันสุดท้ายที่ได้ จะช่วยให้ได้น้ำมันคุณภาพดี

การบำบัดทางกายภาพและทางเคมีมีหลายวิธี เช่น การกรอง การทำให้ลอยตัวโดยใช้เครื่องมือเชิงกล (mechanical flotation) การทำให้ลอยตัวโดยใช้อากาศละลาย (dissolved air flotation, DAF) และการรวมกลุ่มของตะกอน (โดยสารที่ใช้ในการตกตะกอนที่เป็นทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์) นั้น จากผลการทดลองแยกน้ำมันในห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธีการต่างๆ เหล่านี้ พบว่าไม่ควรใช้วิธีการเหล่านี้ใช้ในทางปฏิบัติ เพราะมีประสิทธิภาพต่ำเมื่อน้ำเสียมีค่าของแข็งแขวนลอยสูงและมีความคงตัวของอิมัลชันของน้ำมันในน้ำ ซึ่งเป็นผลมาจากของแข็งแขวนลอย

6.2 การบำบัดน้ำเสียขั้นทุติยภูมิ

วิธีการบำบัดน้ำเสีย โดยการย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพจัดเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม สิ่งที่ต้องพิจารณาในการใช้วิธีการบำบัดแบบนี้ คือ

- ส่วนใหญ่สารอินทรีย์จะถูกบำบัด
- ไม่มีสารที่เป็นอันตรายต่อการย่อยสลายทางชีวภาพ แต่ถ้าน้ำเสียน้ำมันอยู่มากเกินไปก็

จะทำให้การทำงานของระบบดำเนินไปได้ยาก

ในกรณีที่นำน้ำทิ้งจากการบำบัดแบบไร้อากาศไปใช้ประโยชน์ เช่น การให้น้ำแก่พื้นที่เพาะปลูก การบำบัดก็ไม่จำเป็นต้องดีมากนัก ในกรณีของการปล่อยน้ำทิ้งลงแม่น้ำจำเป็นต้องมีการบำบัดแบบมีอากาศร่วมด้วย

หลักการย่อยสลายทางชีวภาพอาศัยจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย โปรโตซัว สาหร่าย เป็นต้น ในระบบบำบัดแบบไร้อากาศ มีการเปลี่ยนสารละลายอินทรีย์ส่วนมากไปเป็นก๊าซชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยก๊าซมีเทนร้อยละ 60 คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 30 และมีมวลชีวภาพเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งมวลชีวภาพพวกนี้ต้องผ่านการแยกออกเป็นตะกอนส่วนเกิน (excess sludge) (วัดเป็นของแข็งแขวนลอยระเหยได้ [Volatile suspended solid, VSS]) ภายใต้อุณหภูมิต่ำกว่า 0.3 กิโลกรัม VSS/ต่อกิโลกรัม บีโอดี

ภายใต้อุณหภูมิแบบมีอากาศ สารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปมวลชีวภาพและบางครั้งจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือไนโตรเจน ซึ่งถูกปล่อยออกสู่

บรรยากาศ ค่าของตะกอนส่วนเกินจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 กิโลกรัม VSS/ต่อกิโลกรัม บีโอดี ขึ้นอยู่กับอัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic loading rate)

อัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อบีโอดีมีค่าประมาณ 1.8 สำหรับน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันปาล์ม ที่ผ่านการกรองแล้ว แสดงให้เห็นว่ามีการย่อยสลายทางชีวภาพของสารละลายได้ดี แต่ถ้าอัตรา ส่วนของซีโอดีต่อบีโอดีของน้ำเสียนั้นมีค่าระหว่าง 2 - 2.4 แสดงว่าการย่อยสลายทางชีวภาพเกิดขึ้นได้ ไม่ดี

อย่างไรก็ตามน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันปาล์มมีอัตราส่วนของซีโอดีต่อบีโอดีสูงเป็นผลมาจากของแข็งแขวนลอย(สารที่ไม่ใช่น้ำมัน)ที่เป็นสารอินทรีย์ (เช่น เซลลูโลส) โดยสารพวกนี้ไม่ได้ ถูกย่อยสลายทางชีวภาพอย่างสมบูรณ์ภายใน 5 วัน แต่จะถูกย่อยสลายได้ระดับหนึ่งในเวลามากกว่า 5 วัน ซึ่งเป็นสภาวะที่เป็นจริงในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มด้วยวิธีทางชีวภาพ

อัตราส่วนที่เหมาะสมของสารอาหารระหว่างบีโอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส (BOD/N/P) สำหรับการบำบัดน้ำเสียแบบมีอากาศ คือ 100/5/1 แต่น้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมัน ปาล์มมีสารอาหารไม่เป็นไปตามอัตราส่วนนี้ อย่างไรก็ตามการบำบัดแบบไร้อากาศจุลินทรีย์ ต้องการสารอาหาร BOD/N/P น้อยกว่า คือ 100/1.3/0.3 ดังนั้นสารอาหารจึงมีอยู่มากเกินพอในการ บำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ การที่ระบบบำบัดแบบไร้อากาศลดสารคาร์บอนในน้ำเสีย ดังนั้นการ บำบัดแบบมีอากาศในขั้นตอนต่อมาจึงไม่ขาดแคลนไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแต่อาจขาดแคลน สารคาร์บอน

ในกรณีที่มีการนำน้ำทิ้งหลังการบำบัดไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ก็ไม่จำเป็นต้อง บำบัดน้ำเสียเต็มระบบ การใช้เป็นปุ๋ยทำให้สารอาหารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งรวมทั้งเกลือที่ละลายได้ถูก หมุนเวียนกลับสู่พื้นดิน ซึ่งปาล์มน้ำมันจะนำไปใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตามน้ำทิ้งจากการบำบัด น้ำเสียทางชีวภาพยังคงมีสารละลายจำพวกเกลืออนินทรีย์หลงเหลืออยู่ ซึ่งสารเหล่านี้จะถูกปล่อย ลงแหล่งน้ำธรรมชาติ

แม้ว่าโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจะใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพที่ประกอบด้วย การบำบัดแบบไร้อากาศและแบบมีอากาศ แต่มีข้อมูลการออกแบบและข้อมูลจากการบำบัดจริง ตลอดจนการพิมพ์เผยแพร่ค่อนข้างน้อยมาก ดังนั้นในตอนต่อ ๆ ไปจะเป็นการสรุปรวมประสบการณ์และ แนวความคิดเหล่านี้

6.2.1 การลดความร้อนของน้ำเสีย

อุณหภูมิที่เหมาะสมของระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ คือ 37 C แต่เนื่องจากน้ำเสีย จากโรงงานน้ำมันปาล์มมีอุณหภูมิ 75 - 90 C จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการลดความร้อน โดยใช้ทาง ระบายน้ำที่มีระยะทางยาว ๆ หรือใช้ขบลดความร้อนหรือใช้หอลดความร้อน ก่อนปล่อยน้ำเสียเข้า

บ่อแบบไร้อากาศ ข้อดีของการใช้ทางระบายน้ำคือ สามารถสร้างโดยให้มีความเร็วในการไหลที่เพียงพอ หลีกเลี่ยงการแข็งของน้ำมันและของแข็งแขวนลอย และกระแสน้ำไหลแบบปั่นป่วนก็จะเป็นการถ่ายเทความร้อนที่ดี การใช้บ่อลดความร้อนที่มีภาระสารอินทรีย์ต่ำจะทำให้ไขมันและของแข็งแขวนลอย (ที่ไม่ใช่ไขมัน) ตกค้างอยู่ จึงต้องมีการทำความสะอาดบ่ออยู่เป็นประจำ ควรมีการก่อสร้างส่วนล่างและการออกแบบการกระจายของน้ำเสียที่เข้าระบบรวมทั้งรูปร่างของบ่ออย่างดี ความลึกของบ่อไม่ควรเกิน 1.5 เมตร ถ้ามากกว่านี้จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดความร้อนลดต่ำลง และควรมีระยะเวลาพักเก็บอย่างน้อยที่สุด 1 วัน

ถ้าใช้หอลดความร้อนสำหรับการลดความร้อน จะต้องมีการไหลแบบสวนทางกัน ซึ่งเป็นการลดความร้อนโดยทางอ้อม เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการอุดตันของหอลดความร้อน ซึ่งหอลดความร้อนนั้นจะมีประสิทธิภาพการลดความร้อนของน้ำเสียได้ดีที่สุดใน 3 ระบบ แต่ยังคงมีข้อจำกัดอยู่ถ้าหากอุณหภูมิและความชื้นของอากาศสูง

การที่น้ำเสียมีอุณหภูมิเริ่มต้นสูงและในระบบลดความร้อนยังมีอุณหภูมิสูง ทำให้กระบวนการทางชีวภาพเริ่มต้นขึ้นเร็วมากภายใต้สภาวะไร้อากาศ ทำให้เกิดการครดในระบบเนื่องจากการเปลี่ยนน้ำมันและไขมันให้เป็นกรดไขมัน โดยเอนไซม์ และเกิดเป็นกรดอินทรีย์ที่มีพันธะสั้น ๆ ซึ่งเป็นสารที่ไม่ต้องการเพราะทำให้มีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้น การหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ทำได้โดยการควบคุมพีเอชให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

ในการปรับปรุงการลดความร้อนและการปรับพีเอช ทำได้โดยนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบไร้อากาศบางแห่งวนกลับมาผสมกับน้ำเสียที่จะทำการลดความร้อน เป็นการลดความเข้มข้นของน้ำเสียในส่วนแรกของระบบการบำบัดให้มีสภาวะที่เหมาะสม และหลีกเลี่ยงการนอนก้นของตะกอนที่ผ่านการบำบัดแบบไร้อากาศ ค่าสัดส่วนที่ถูกต้องของการวนกลับมาได้จากการทดลองของโรงงานแต่ละแห่ง และควรอยู่ระหว่างร้อยละ 30 ถึง 70 ของอัตราการไหลเข้า และตำแหน่งของระบบบำบัดที่มีการวนกลับของน้ำ ต้องหาด้วยการทำซ้ำเพื่อให้ได้จุดที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมพีเอชที่ดีที่สุด ในบ่อบำบัดแบบไร้อากาศมีระยะเวลาพักเก็บมากกว่า 100 วัน การวนกลับของน้ำไม่ควรใช้น้ำจากตอนสุดท้ายของระบบ แต่ควรมาจากส่วนที่มีจุลินทรีย์ไร้อากาศที่สร้างก๊าซมีเทนที่กำลังเจริญเต็มที่ (active) คือตำแหน่งกักเก็บหนึ่งในสามของระบบบ่อเป็นจุดที่มีความเหมาะสม ในช่วงนี้จะมีระยะเวลาพักเก็บ 30 - 40 วัน

6.2.2 ระบบไร้อากาศ (Anaerobic system)

เมื่อเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียโดยระบบไร้อากาศกับระบบมีอากาศ ระบบไร้อากาศมีข้อดีคือ

- ไม้ใช้พลังงานในการดำเนินการ

- ไม่มีปัญหาเมื่อมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง ยกเว้นสถานะการเกิดกรดในขั้นตอนแรกของระบบ (ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงได้)
- มีการเกิดตะกอนเพิ่มขึ้นน้อยมาก (น้อยกว่า 0.3 กิโลกรัม ของแข็งทั้งหมดต่อกิโลกรัม บีโอดี ที่ถูกกำจัด)

6.2.2.1 บ่อไร้อากาศแบบเปิด (Anaerobic pond)

โดยทั่วไปการใช้ระบบย่อยสลายแบบไร้อากาศในประเทศไทย จะเป็นระบบบ่อเปิดต่อกันหลาย ๆ บ่อ ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียดังแสดงในตาราง 6.1

ตารางที่ 6.1 ข้อดีและข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยบ่อไร้อากาศแบบเปิด

ข้อดี	ข้อเสีย
1. การก่อสร้างระบบทำได้ง่าย 2. การดำเนินการไม่ซับซ้อน และมีการบำรุงรักษาน้อย	1. ต้องใช้พื้นที่มาก(ภาระบรรทุกเชิงปริมาตรของชีโอดีที่สามารถรับได้ถึง 1-5 กก./ลบ.ม./วัน 2. ประสิทธิภาพของระบบควรจำกัดเพียง 60 - 70% ของบีโอดีที่เข้า เพื่อให้มีอัตราส่วนของสารอาหารให้เพียงพอ (C/N/P)ต่อการบำบัดแบบมีอากาศก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ 3. ไม่สามารถเก็บก๊าซชีวภาพได้ 4. มีกลิ่นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และกรดอินทรีย์ ถ้าภาระบรรทุกมากเกินไป 5. การทิ้งตะกอนออกไปทำได้ไม่ต่อเนื่อง

ในระบบบ่อไร้อากาศการออกแบบและดำเนินการต้องพิจารณาถึงการตกจมของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียที่ออกจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และตกตะกอนส่วนเกินที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดแบบไร้อากาศด้วย ซึ่งมีผลทำให้ปริมาตรของของแข็งแขวนลอยในบ่อเพิ่มขึ้น ทำให้ระยะเวลาที่เก็บลดลงและค่าภาระบรรทุกเชิงปริมาตรของชีโอดีที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง ซึ่งจะกล่าวถึงในข้อ 6.5

การใช้งานระบบบ่อไร้อากาศแบบเปิดพบว่ามีตะกอนลอย (scum) อยู่มาก ซึ่งจะคลุมพื้นผิวส่วนบนของบ่อ ทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างบ่อกับบรรยากาศเกิดน้อย หากสามารถหลีกเลี่ยงการเกิดกรดในช่วงแรกของบ่อได้ ก็จะเกิดกลิ่นเหม็นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สิ่งที่จำเป็นสำหรับการสร้างระบบไร้อากาศ

- มีโครงสร้างทางเข้าและทางออกที่ดี เพื่อกระจายการไหลและหลีกเลี่ยงการไหลผ่านอย่างรวดเร็ว
- ควรมั่นใจว่าคั่นกันของบ่อมีความมั่นคงและกักเก็บน้ำเสียไว้ได้
- ถ้ามีบ่อต่อกันมากกว่า 1 บ่อ บ่อแรกไม่ควรมีการบรรทุกเชิงปริมาตรเกิน 5 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีการควบคุมพีเอชในบ่อแรก โดยมีการวนกลับที่เหมาะสม
- ควรให้ความชื้นของขอบข้างของบ่อ (1/1.5)
- การนำตะกอนจากบ่อไปทิ้งอาจทำให้บ่อนั้น ๆ ไม่ได้ใช้งาน จึงควรมีการสำรองบ่อเอาไว้ การตัดสินใจว่าควรจะใช้ระบบนี้หรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ปัจจัยหลักที่จะต้อง

พิจารณา คือ ราคาของที่ดิน, สภาพโดยรอบโรงงาน เช่น ความหนาแน่นของประชากร และชุมชนที่อาจได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ และความสามารถในการนำก๊าซกลับมาใช้ก็เป็นสิ่งที่ควรมีการพิจารณา อย่างไรก็ตามก๊าซชีวภาพไม่ได้เป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญในโรงงานน้ำมันปาล์มในตอนนี้ เพราะมีการผลิตพลังงานจากการเผาไหม้เส้นใยและกะลาปาล์มซึ่งมีเพียงพอสำหรับการใช้ในโรงงาน ในอนาคตหากมีการเพิ่มขนาดของโรงงานในส่วนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ก็จะต้องใช้พลังงานมากขึ้นกว่าเดิม

ตารางที่ 6.2 ข้อมูลสำหรับการออกแบบบ่อนำบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

อัตราการไหลของน้ำเสีย	1)	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง
	1)	ลูกบาศก์เมตร/วัน
ความเข้มข้นของบีโอดี	1)	มิลลิกรัม/ลิตร
	1)	กิโลกรัม/วัน
ความเข้มข้นของซีโอดี	1)	มิลลิกรัม/ลิตร
	1)	กิโลกรัม/วัน
ภาระบรรทุกเชิงปริมาตรของ บีโอดี (ในส่วนแรกของระบบการไหลอาจจะมีภาวะบรรทุกสูงกว่าส่วนสุดท้าย)	0.5-1.5	กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน
ความลึกของบ่อ	3-5	เมตร
พีเอช ควรมีการควบคุมอยู่ระหว่าง	6.7 - 7.4	
ภาระบรรทุกหรือการวนกลับ (สำหรับแบบที่เรียกที่ปรับตัว)		
ประสิทธิภาพ ²⁾ (ของบีโอดีที่ถูกกำจัด)	60-70	%
(ซีโอดีที่ถูกกำจัด)	< 80	%
ตะกอนส่วนเกิน	0.1 - 0.3 ³⁾	กิโลกรัม/กิโลกรัมบีโอดี

- 1) ข้อมูลของแต่ละโรงงาน
- 2) ความมีค่าจำกัดเพื่อให้อัตราส่วนของสารอาหารเพียงพอต่อการบำบัดแบบมีอากาศ
- 3) ขึ้นอยู่กับภาวะบรรทุกเชิงปริมาตรของบีโอดีสุดท้ายและของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่มีการย่อยสลายอย่างช้า ๆ

6.2.2.2 บ่อไร้อากาศแบบปิด

เนื่องจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีพลังงานใช้อย่างเพียงพอ โดยได้มาจากกากวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง และการบำบัดน้ำเสียโดยบ่อไร้อากาศแบบเปิดทำได้ง่ายและต้นทุนต่ำ ทำให้ระบบบ่อแบบปิดไม่เป็นที่นิยมใช้กัน

ระบบบ่อไร้อากาศแบบปิดมีหลายแบบ ดังนี้

- บ่อแบบขั้นตอนเดียว (one - stage - reactor) และบ่อแบบสองขั้นตอน (two - stage - reactors) ซึ่งในการดำเนินการ ขั้นแรกเป็นการเกิดกรด (acidifying) (มีก๊าซหลักเกิดขึ้น คือ คาร์บอนไดออกไซด์) และขั้นที่ 2 เป็นการเกิดก๊าซมีเทน (methenogenic)

- ชนิดของบ่อผลิตก๊าซมีเทน (Methane - reactors)

- + Completely mixed reactors
- + Fixed bed reactors
- + Upflow anaerobic sludge blanket reactors (UASB-reactor)

จากการมีแอมโมเนีย แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส เป็นองค์ประกอบของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จึงมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต ซึ่งจะทำให้เกิดการตกตะกอนขึ้นภายใต้สภาวะของการเกิดก๊าซมีเทน ถ้าหากเลือก Fixed bed reactor ควรพิจารณาว่าการตกตะกอนของสารประกอบนี้จะทำให้เกิดการอุดตันหรือไม่

ในกรณีของ UASB-reactor น้ำเสียเข้าระบบไม่ควรมีความเข้มข้นของซีโอดีเกิน 6 กรัมต่อลิตร ถ้าหากมีอัตราการเกิดก๊าซสูง จะทำให้ตะกอนชีวภาพสูญเสียออกจากบ่อซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง

โดยทั่วไปในบ่อแบบไร้อากาศควรมีการป้องกันการเปลี่ยนแปลงของภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ ซึ่งทำได้โดยใช้บ่อลดความร้อนเป็นบ่อรองรับน้ำเสีย (buffer basin) เพื่อป้องกันบ่อแบบไร้อากาศอย่างต่อเนื่อง

การใช้ถังหมักแบบปิดจำเป็นต้องมีตะแกรงเพื่อแยกของแข็งขนาดใหญ่ (coarse) และบางครั้งอาจมีการเกิดฟองขึ้นภายในถังหมัก ซึ่งจะต้องมีการเติมสารลดการเกิดฟอง วัสดุที่ใช้เป็นโครงสร้างของบ่อ ควรมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของกรดที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทางชีวภาพ (โดยเฉพาะในรูปของก๊าซ)

การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากมวลชีวภาพกับพลังงานจากแหล่งอื่น ๆ

ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรให้พลังงานเท่ากับ	0.7	ลิตรของน้ำมันเชื้อเพลิง
	0.8	ลิตรของปิโตรเลียม
	2.7	กิโลกรัมของไม้แห้ง

ถ้ามีน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 1 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะลายปาล์มสด โดยมี
ภาระบรรทุกของซีโอดี 40 กิโลกรัมต่อตันทะลายปาล์มสด

การผลิตก๊าซชีวภาพมีค่าประมาณ	7.2	ลบ.ม./ตัน ทะลายปาล์มสด
หรือมีค่าเท่ากับ	150	เมกกะจูล/ตัน ทะลายปาล์มสด

ตารางที่ 6.3 ข้อดีและข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียโดยใช้บ่อไร้อากาศแบบปิดเปรียบเทียบกับบ่อไร้อากาศแบบเปิด

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ประสิทธิภาพสูงขึ้นอยู่กับภาระบรรทุกซีโอดีเชิงปริมาณ ถ้ามีซีโอดี 20 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน สามารถกำจัดได้มากกว่าร้อยละ 50 ถ้ามีซีโอดี 3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน สามารถกำจัดได้มากกว่าร้อยละ 90 (ควรจำกัดประสิทธิภาพของระบบเพื่อให้มีอาหารเพียงพอ (C/N/P))	1. มีราคาสูง
2. ใช้พื้นที่ขนาดเล็ก	2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง ต้องมีการฝึกผู้ที่จะควบคุมระบบและการซ่อมบำรุง
3. สามารถนำก๊าซชีวภาพไปใช้ได้ (การเกิดก๊าซโดยเฉลี่ย 0.4 ลิตรต่อกิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด) ค่าพลังงานความร้อน 20-25 เมกกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร	3. จำเป็นต้องมีระบบความปลอดภัยที่พิเศษเพื่อป้องกันการระเบิด
4. มีปัญหาเรื่องกลิ่นน้อย	4. ต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมสำหรับการนำกลับและเก็บก๊าซไว้เพื่อใช้ประโยชน์
5. ไม่มีการสะสมของตะกอนในระบบ เพราะมีการนำตะกอนออกอย่างต่อเนื่อง	

สำหรับการออกแบบตามตารางที่ 6.4 ค่าตัวเลขส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่ต้องรวบรวมจาก โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ตารางที่ 6.4 ข้อมูลสำหรับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้บ่อไร้อากาศแบบปิด

อัตราการไหลของน้ำเสีย	1) ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง 1) ลูกบาศก์เมตร/วัน
ความเข้มข้นของบีโอดี	1) มิลลิกรัม/ลิตร 1) กิโลกรัม/วัน
ความเข้มข้นของซีโอดี	1) มิลลิกรัม/ลิตร 1) กิโลกรัม/วัน
ภาระบรรทุกเชิงปริมาตรของ ซีโอดี	3 - 10 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน
ค่าพีเอชควรมีการควบคุมตามภาระบรรทุก (สำหรับแบบที่เรียกที่ปรับตัว)	6.7 - 7.4
ประสิทธิภาพ (บีโอดีที่ถูกกำจัด)	60 - 70 %
(ซีโอดีที่ถูกกำจัด)	<80 %
ควรมีค่าจำกัดเพื่อรักษาอัตราส่วนสารอาหาร ให้เพียงพอสำหรับการบำบัดแบบมีอากาศต่อไป	
ก๊าซชีวภาพ	0.4 - 0.6 ลิตร/กิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด
ให้ค่าพลังงานความร้อน ประมาณ	20 เมกกะจูล/ลูกบาศก์เมตร

1) ข้อมูลที่ขึ้นอยู่กับโรงงานน้ำมันปาล์มแต่ละแห่ง

6.2.3 ระบบมีอากาศ (Aerobic System)

ในกรณีที่นำน้ำทิ้งไปใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยในการปลูกพืช โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม อาจไม่จำเป็นต้องมีระบบการบำบัดน้ำเสียแบบอื่นหลังจากการบำบัดแบบไร้อากาศ อย่างไรก็ตาม หากต้องการปล่อยน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จำเป็นต้องมีระบบบำบัดแบบมีอากาศร่วมด้วย

ระบบบำบัดแบบมีอากาศมีหลายแบบ แต่ระบบที่นิยมใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียจากโรงงาน สกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย ส่วนมากเป็นระบบบ่อแบบมีอากาศ บางครั้งก็ใช้ระบบตะกอนเร่ง (activated sludge) และส่วนน้อยจะใช้ระบบโปรยกรอง (trickling filter)

6.2.3.1 ระบบบ่อแบบมีอากาศ (Aerobic ponding systems)

ระบบบ่อแบบมีอากาศ การบำบัดขึ้นอยู่กับกาให้ออกซิเจนและภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ ซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างบ่อกึ่งไร้อากาศ (facultative ponds) บ่อธรรมชาติ (oxidation ponds) บ่อเติมอากาศ (aerated lagoons) และบ่อพัก (polishing ponds) การให้ออกซิเจนของบ่อกึ่งไร้อากาศ บ่อแบบธรรมชาติและบ่อพัก ได้มาจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและพืช และโดยการ ดูดซับจากอากาศ ในระบบบ่อเติมอากาศนั้นจะมีการใช้เครื่องเติมอากาศ สถานะที่บ่อมีอุณหภูมิสูง ขึ้นจะทำให้ปฏิกิริยาทางจลนศาสตร์เพิ่มขึ้นด้วย แต่ค่าการละลายของออกซิเจนจะมีค่าต่ำ

บ่อกึ่งไร้อากาศ ออกซิเจนส่วนใหญ่ได้มาจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย โดยระดับ บนของบ่อจะเป็นแบบมีอากาศและระดับล่างของบ่อจะเป็นแบบไร้อากาศ ความลึกของทั้งสอง เขตจะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงกลางวันและกลางคืน ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ ความลึก จากพื้นผิวจนถึงระดับตะกอนส่วนล่างควรลึกในระดับที่เป็นเขตที่มีอากาศ (aerobic zone) ในช่วง กลางวัน (โดยทั่วไปจะลึก 1.5 - 2.5 เมตร) ในทางปฏิบัติพบว่าระบบนี้ไม่สามารถประยุกต์ใช้กับ การบำบัดน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มได้ (แม้ว่าจะเป็นภายหลังการบำบัดแบบไร้อากาศ) เพราะว่าสีที่ดำคล้ำของน้ำเสียจะทำให้แสงผ่านไปยังน้ำไม่เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์แสง

บ่อธรรมชาติ จะมีความลึกน้อยกว่าบ่อกึ่งไร้อากาศ มีการให้ออกซิเจนโดยการดูดซับจาก อากาศ (โดยทั่วไปจะลึก 1 - 1.5 เมตร) เนื่องจากว่าความสามารถในการให้ออกซิเจนของระบบนี้มี จำกัด ทำให้ต้องใช้อัตราบรรทุกเชิงปริมาตรค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 0.01 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์ เมตรต่อวัน จึงต้องใช้พื้นที่ 65 - 100 ตารางเมตรต่อกิโลกรัมบีโอดีต่อวัน และระยะเวลาที่เก็บมาก กว่า 40 วัน ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำเสีย)

บ่อเติมอากาศ ออกซิเจนในบ่อนี้ได้จากการเติมอากาศโดยใช้พลังงานไฟฟ้า ความสัมพันธ์ ระหว่างการให้ออกซิเจน กับภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ (OC/load) มีค่ามากกว่า 1.5 กิโลกรัม ออกซิเจนต่อกิโลกรัมบีโอดี ซึ่งทำให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 1.1 กิโลวัตต์ต่อกิโลกรัมบีโอดี อัตรา ภาวะบรรทุกเชิงปริมาตรของสารอินทรีย์จะอยู่ในช่วง 200 กรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ทำให้ ระบบเติมอากาศมีการใช้พื้นที่น้อยกว่าบ่อแบบอื่น (น้อยกว่า 3 ตารางเมตรต่อกิโลกรัมบีโอดีต่อวัน) และมีระยะเวลาที่เก็บสั้น (1 - 10 วัน) ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำเสีย บ่ออาจจะมี ความลึกของ น้ำได้ถึง 6 เมตร นอกจากเหตุผลเชิงเศรษฐศาสตร์แล้วความลึกของบ่อยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของคัน ก้นบ่อ และประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศโดยทั่วไปแล้วความลึกไม่ควรเกิน 4 เมตร

ในทางปฏิบัติการดำเนินงานของระบบบ่อเติมอากาศทำได้ 2 แบบ แบบแรกเป็นแบบที่มีการผสมอย่างสมบูรณ์ตะกอนจะออกจากบ่อพร้อมกับน้ำเสีย โดยไม่มีการสะสมของตะกอนภายในบ่อ และตะกอนจะถูกตกจมในบ่อตกจมหรือบ่อตกตะกอนในขั้นตอนสุดท้าย ในแบบที่สองของระบบบ่อเติมอากาศ จะแบ่งแยกเป็นเขตเติมอากาศกับเขตนํ้านิ่ง ดังนั้นตะกอนจะสะสมอยู่ภายในบ่อ ควรมีการกำจัดตะกอนประมาณ 5 ปีต่อครั้ง

บ่อทั้งสองแบบ คือบ่อธรรมชาติและบ่อเติมอากาศ สามารถดำเนินการให้เสถียรได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการบำบัดดี ถ้าภาระบรรทุกที่เข้ามาเป็นไปตามกำหนดและมีการเติมอากาศที่ดี ก็จะสามารถรับภาระบรรทุกที่เปลี่ยนแปลงของน้ำเสียได้ดี

บ่อพัก (polishing ponds) เป็นบ่อแบบมีอากาศ ใช้สำหรับปรับปรุงคุณภาพของน้ำในขั้นตอนสุดท้ายเท่านั้น เพื่อให้บ่อทำงานอย่างมีประสิทธิภาพควรมีภาระบรรทุกเชิงปริมาตรของสารอินทรีย์ 0.05 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีความลึกสูงสุด 1.5 เมตร ต้องใช้พื้นที่ประมาณ 0.03 ตารางเมตรต่อกิโลกรัมบีโอดีต่อวัน ออกซิเจนในบ่อได้จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย และการดูดซับจากอากาศ เพราะภายในบ่อนี้มีพื้นที่ผิวให้อากาศขนาดใหญ่ การเจริญของสาหร่ายในบ่อจึงเป็นเหตุให้ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งสุดท้ายมีค่าสูง การลดของแข็งแขวนลอยอาจทำได้ให้นํ้าทิ้งไหลผ่านชั้นหินเป็นตัวกรอง ซึ่งติดตั้งในส่วนสุดท้ายของบ่อพัก

บ่อพักอาจใช้เป็นบ่อเลี้ยงปลา ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์และลดการเจริญเติบโตของสาหร่ายให้เหลือน้อยที่สุด จากตัวอย่างที่เคยทำมาแล้วสามารถให้ผลผลิตสูงถึง 15 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี

6.2.3.2 ระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge process)

ระบบตะกอนเร่งเป็นระบบที่มีการใช้งานมากกว่า 50 ปีมาแล้ว โดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบนี้ คือ แบคทีเรีย เชื้อรา สาหร่าย และ โปรโตซัว แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในการบำบัดน้ำเสียโดยระบบตะกอนเร่ง ในระบบตะกอนเร่งกระบวนการทางชีวภาพของบ่อเติมอากาศเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วโดยมีการควบคุมความเข้มข้นของมวลชีวภาพให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม (3 - 7 กรัมต่อลิตร) โดยการย้อนกลับมวลชีวภาพที่ตกตะกอนในถังตกตะกอน สูงกว่าบ่อเติมอากาศแบบธรรมชาติ เพื่อให้ได้นํ้าทิ้งที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดต่ำสุด เพื่อให้เกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็วต้องมีการเติมอากาศที่เพียงพอ

ค่าภาระบรรทุกเชิงปริมาตรของบีโอดี ไม่ควรเกิน 0.5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ความเข้มข้นของมวลชีวภาพในการบำบัดที่เหมาะสมคือ 4 กรัมต่อลิตร ความลึกของถังเติมอากาศอยู่ในช่วง 2.5 - 5 เมตร (โดยปกติใช้ 4 เมตร) จากค่าของตัวเลขที่แสดงเหล่านี้ เป็นผลทำให้ความต้องการพื้นที่น้อยกว่า 1 ตารางเมตรต่อกิโลกรัมบีโอดีต่อวัน ความสัมพันธ์ของออกซิเจนและภาระ

บรรทุกสารอินทรีย์ มีค่ามากกว่า 2 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมบีโอดี ทำให้ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 1.5 กิโลวัตต์ต่อกิโลกรัมบีโอดี

ตะกอนที่ถูกแยกในถังตกตะกอน บางส่วนจะมีการปล่อยทิ้งและบางส่วนจะป้อนกลับบ่อเติมอากาศ เพื่อรักษามวลชีวภาพในถังเติมอากาศให้คงที่ ตะกอนส่วนเกิน (excess sludge) ภายใต้สภาวะการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีค่าสูงถึง 0.4 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมบีโอดีที่ถูกกำจัด ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการบรรทุกตะกอน หรือกระบวนการบรรทุกเชิงปริมาตรของบีโอดี และปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ย่อยสลายอย่างช้า ๆ ที่มีในน้ำเสีย

อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่องประกอบด้วย

- ถังเติมอากาศ
- ถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย
- บั้มตะกอนกลับถังเติมอากาศ
- บั้มตะกอนส่วนเกินทิ้ง

การบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่งควรให้ความสนใจเป็นพิเศษในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในถังเติมอากาศ โดยหลีกเลี่ยงการเกิดก้อนตะกอน (bulking sludge) และควรมีการสร้างระบบให้มีความปลอดภัย เช่น การติดตั้ง “Selectors” ก่อนถังเติมอากาศ และใช้ระบบ “plug-flow” ในถังเติมอากาศ แทนที่จะใช้ระบบถังผสมอย่างสมบูรณ์

6.3 การกำจัดไนโตรเจน (Nitrogen removal)

ถ้ามีการทิ้งน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วลงในแม่น้ำหรือแหล่งสาธารณะ การกำจัดไนโตรเจนเป็นเรื่องที่จำเป็นซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพท้องถิ่นที่ตั้งอยู่ ระบบบำบัดทางชีวภาพจะได้รับความสำเร็จหรือไม่ขึ้นอยู่กับวางแผนให้มีลักษณะที่เหมาะสม

ตัวอย่าง

ภาระบรรทุกของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

บีโอดี	30	กรัม/ลิตร
ไนโตรเจนทั้งหมด	1	กรัม/ลิตร
บีโอดี/ไนโตรเจนทั้งหมด 100 : 3		

ประสิทธิภาพการกำจัด บีโอดี ของบ่อไร้อากาศมีค่าร้อยละ 60

ภาระบรรทุกภายหลังผ่านการบำบัดแบบไร้อากาศ

บีโอดี	10	กรัม/ลิตร
ไนโตรเจนทั้งหมด	1	กรัม/ลิตร
บีโอดี/ไนโตรเจนทั้งหมด*100 : 10		

* อัตราส่วนบีโอดีต่อไนโตรเจนเป็น 10 ต่อ 1 แสดงว่าไนโตรเจนเกือบทั้งหมดถูกดูดซับโดยจุลินทรีย์เพื่อการสร้างมวลชีวภาพผลที่ได้นี้จะไม่ทำให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ระบบบ่อแบบไร้อากาศที่ใช้ทั่วไปมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีสูง (>98%) แต่ในระบบบำบัดที่ต้องการกำจัดไนโตรเจนด้วย ต้องควบคุมการทำงานในบ่อไร้อากาศให้บำบัดบีโอดีไปสองในสาม และอีกหนึ่งในสามจำเป็นต้องบำบัดแบบมีอากาศ ประสิทธิภาพการบำบัดจะได้ถึงร้อยละ 99.8 การบำบัดแบบนี้จำเป็นต้องใช้พลังงานสูงกว่าถึง 20 เท่า และทำให้มีตะกอนส่วนเกินมากกว่ามาก

6.4 การแยกและการควบคุมปริมาณตะกอน

ดังที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อ 6.2.2.2 และ 6.2.3.2 และจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 6.5 จะเห็นว่ามีตะกอนส่วนเกินเกิดขึ้นทั้งในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบแบบไร้อากาศและแบบมีอากาศ ตะกอนส่วนเกินจะมีมากหรือน้อยมีผลส่วนหนึ่งมาจากของแข็งแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำเสียเริ่มต้น (เส้นใย, เศษเซลล์พืช) ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้สมบูรณ์ และจะตกจมลงสู่ด้านล่าง

ในระบบบ่อ การกำจัดตะกอนพวกนี้มีการกำจัดเป็นช่วง ๆ ขึ้นอยู่กับสถานะของแต่ละโรงงาน ตะกอนที่ตกจมในถังตกตะกอนชั้นสุดท้าย ก็จะถูกกำจัดออกไปอย่างต่อเนื่อง ตะกอนที่รวบรวมได้จะมีปริมาณน้ำอยู่สูง ขึ้นอยู่กับลักษณะของตะกอน การแยกจะขึ้นอยู่กับวิธีการและระยะเวลาที่เก็บตะกอนในระบบ ตะกอนที่รวบรวมในระบบบ่อจะมีปริมาณน้ำน้อยกว่าตะกอนจากถังตกจมที่มีอัตราการตกจมสูง โดยปกติตะกอนที่ได้จากถังตกตะกอนชั้นสุดท้ายมีค่าประมาณ 0.5 - 2 กรัมต่อลิตรของของแข็งแห้ง

ตะกอนที่ได้อาจทำให้เข้มข้นและแห้งขึ้นโดยใช้บ่อตากตะกอน หรือการพ่นเป็นฝอยของสารแขวนลอยเปียกลงบนพื้นดินเพื่อใช้เป็นปุ๋ย โดยทั่วไปตะกอนส่วนเกินของระบบชีวภาพจะถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็วและมีกลิ่นเหม็นน้อยมาก ดังนั้นการใช้ประโยชน์ของตะกอนเป็นปุ๋ยในการเพาะปลูกจะไม่ก่อให้เกิดความรำคาญต่อเพื่อนบ้านใกล้เคียง นอกจากนี้อาจกำจัดเอาตะกอนแห้งไปในรูปขยะก็ได้

6.5 ตัวอย่างการออกแบบระบบบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

6.5.1 ตัวอย่าง อิทธิพลของตะกอนต่อขนาดของบ่อบำบัด

ตะกอนเบื้องต้น (ของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด) และตะกอนส่วนเกินจากการบำบัดแบบไร้อากาศมีอิทธิพลต่อขนาดของบ่อแบบมีอากาศและประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบ่ออย่างไร

ตะกอนเบื้องต้น (จากของแข็งแขวนลอย)		
อัตราการไหลของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	400	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ปริมาณของของแข็งแขวนลอยในน้ำเสีย	30	กรัมต่อลิตร
ปริมาณของของแข็งแขวนลอยในแต่ละวัน	12	ตันต่อวัน
ปริมาณของของแข็งแขวนลอยในแต่ละปี (250 วัน/ปี)	3,000	ตันต่อปี
หากประสิทธิภาพการย่อยสลายของของแข็งแขวนลอย		
โดยวิธีทางชีวภาพเกิดเพียง	50%	
ปริมาณของของแข็งแขวนลอยที่คงเหลือ	1,500	ตัน/ปี
น้ำที่อยู่ในของแข็งแขวนลอยภายหลังการตกตะกอนในบ่อ	80%	
ปริมาณการตกจมของตะกอนของแข็งแขวนลอย	7,500	ลูกบาศก์เมตร/ปี
ตะกอนทางชีวภาพส่วนเกินจากการบำบัดแบบไร้อากาศ		
ค่าของ บีโอดีในน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันปาล์ม	30	กรัม/ลิตร
ปริมาณ บีโอดีในแต่ละวัน	12.0	ตัน/วัน
ตะกอนส่วนเกิน ค่าที่จำเพาะ (ประมาณการ)	0.1	กก.VSS/กก.บีโอดี
	ต่อวัน	1.2 ตัน/วัน
	ต่อปี (250 วัน/ปี)	300 ตัน/ปี
ปริมาตรต่อปี (ถ้ามีน้ำร้อยละ 80)	1,500	ลูกบาศก์เมตร/ปี
ตะกอนรวมทั้งหมด ต่อปี	9,000	ลูกบาศก์เมตร/ปี

รูปที่ 6.1 แสดงสถานะการย่อยสลายทางชีวภาพของการบำบัด

ตะกอนแขวนลอยเหล่านี้จะตกจมหากมีสถานะที่เหมาะสม ซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นในส่วนแรก ของระบบบ่อแบบไร้อากาศ หลังจากระยะเวลาที่เก็บประมาณ 40 วัน จะเกิดก๊าซขึ้นอย่างช้า ๆ การตกจมก็เริ่มต้นขึ้น (รูปที่ 6.1) ถ้า (ในตัวอย่างนี้) ปริมาตรรวมของบ่อแบบไร้อากาศมีค่า 30,000 ลูกบาศก์เมตร หลังจากดำเนินการได้ 1 ปี จะมีตะกอนอยู่ในบ่อ ประมาณหนึ่งในสาม ของ ปริมาตร (ส่วนมากเป็นตะกอนเบื้องต้น) (ดูรูปที่ 6.1 และ 6.2)

หากในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศมีตะกอนตกจมน้อย ตะกอนส่วนใหญ่จะถูกส่งไป ยังระบบบ่อแบบมีอากาศต่อไป เป็นผลให้ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบบ่อเดิมอากาศ เพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้มีออกซิเจนไม่เพียงพอ

6.5.2 ตัวอย่างการใช้ระบบบ่อแบบไร้อากาศและแบบมีอากาศโดยทั่วไป

ในที่นี้ การบำบัดน้ำเสียในบ่อแบบไร้อากาศมีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสูงถึงร้อยละ 98 และบ่อแบบมีอากาศเป็นเพียงการให้อากาศในน้ำที่สูงสุดท้ายก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์

ข้อเสนอแนะบางประการเกี่ยวกับระบบ เพิ่มเติมจากหัวข้อ 6.2.2.1

- เพราะว่าน้ำเสียมั้การะบรทุกบีโอดี ระบบการบำบัดที่ใช้จะเริ่มจากบ่อแบบไร้อากาศ และตามด้วยบ่อเติมอากาศแบบธรรมชาติและบ่อพัก ในแต่ละชั้นตอนอาจประกอบด้วยบ่อหลายบ่อ ขึ้นอยู่กับอัตราการะบรทุกบีโอดี และในทางปฏิบัติขนาดและรูปร่างของบ่อจะขึ้นอยู่กับทำเลที่ตั้ง

- กลิ่นเหม็นอาจเกิดขึ้นภายใต้สภาวะการเกิดกรดมากเกินไป ในบ่อแบบไร้อากาศบ่อแรก ซึ่งอาจลดได้โดยการควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 6-7 โดยการวนกลับน้ำที่มีพีเอชสูง จากตำแหน่งหนึ่งในสาม ของบ่อแบบไร้อากาศ

ตารางที่ 6.5 แสดงตัวอย่างของจำนวนบ่อที่ใช้ภายใต้สภาวะแบบไร้อากาศและแบบมีอากาศ และมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของอัตราส่วนซีโอดีต่อบีโอดีในระหว่างการบำบัด จุดมุ่งหมายของการบำบัดแบบนี้ คือ พยายามให้ค่าบีโอดีและซีโอดี มีค่าต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ภายใต้สภาวะแบบไร้อากาศ โดยไม่พิจารณาถึงการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด บ่อหมายเลข 3 และ 5 ยังคงมีตะกอนเหลือค้างอยู่ รูปที่ 6.1 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของกระบวนการบำบัดกับระยะเวลา กักเก็บ และแสดงถึงอิทธิพลของตะกอนต่อประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี

6.5.3 ตัวอย่างการใช้บ่อแบบไร้อากาศและแบบมีอากาศเพื่อกำจัดบีโอดีและไนโตรเจนทั้ง

หมด

(การบำบัดน้ำเสียในบ่อแบบไร้อากาศมีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีร้อยละ 60 และใน ส่วนของบ่อแบบมีอากาศจะมีการออกซิไดซ์บีโอดีอีกหนึ่งในสามของบีโอดี และดูดซับไนโตรเจน ทั้งหมดก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งลงแม่น้ำ)

ตารางที่ 6.6 แสดงตัวอย่างของรายละเอียดของสภาวะเดียวกันกับหัวข้อ 6.5.2 แต่พิจารณา ถึงการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดด้วย ในกรณีนี้มีบ่อ 2 บ่อเป็นที่รวบรวมตะกอน คือบ่อที่ 3 และ 6 ปริมาตรรวมของบ่อทั้งหมดในกรณีนี้มีขนาดเพียงสองในสามของขนาดในกรณีข้อ 6.5.2 แสดงว่า บ่อเติมอากาศเป็นส่วนที่มีขนาดใหญ่มากในระบบ ผลที่ได้นี้นอกจากจะกำจัดบีโอดีทั้งหมดแล้วยัง

กำจัดไนโตรเจนทั้งหมดด้วย แต่จะมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่สูงกว่า เพราะมีความจำเป็นต้องให้ออกซิเจนที่สูงกว่า นอกจากนี้การเกิดตะกอนส่วนเกินก็แตกต่างกันในกรณีข้อ 6.5.2 และ

ตารางที่ 6.5 ภายใต้สภาพไร้อากาศเกิดตะกอนประมาณ 0.1 กิโลกรัม VSS ต่อ กิโลกรัม บีโอดี ในกรณีข้อ 6.5.3 และตารางที่ 6.6 การบำบัดแบบมีอากาศเกิดตะกอนประมาณ 0.2 กิโลกรัม VSS ต่อ กิโลกรัม บีโอดี รวมทั้งหมดจึงมีตะกอนประมาณ 0.14 กิโลกรัม VSS ต่อ กิโลกรัม บีโอดี ดังแสดงให้

เห็นดังนี้

$$\text{กรณี ข้อ 6.5.2: } 1 \times (0.96 \times 0.1) + (0.04 \times 0.2) = 0.104 \quad \text{กิโลกรัม VSS/กิโลกรัม บีโอดี}$$

$$\text{กรณี ข้อ 6.5.3: } 1 \times (0.6 \times 0.1) + (0.4 \times 0.2) = 0.14 \quad \text{กิโลกรัม VSS/กิโลกรัม บีโอดี}$$

กรณี ข้อ 6.5.3 เกิดตะกอนส่วนเกินมากกว่าในกรณีที่ข้อ 6.5.2 ประมาณร้อยละ 35

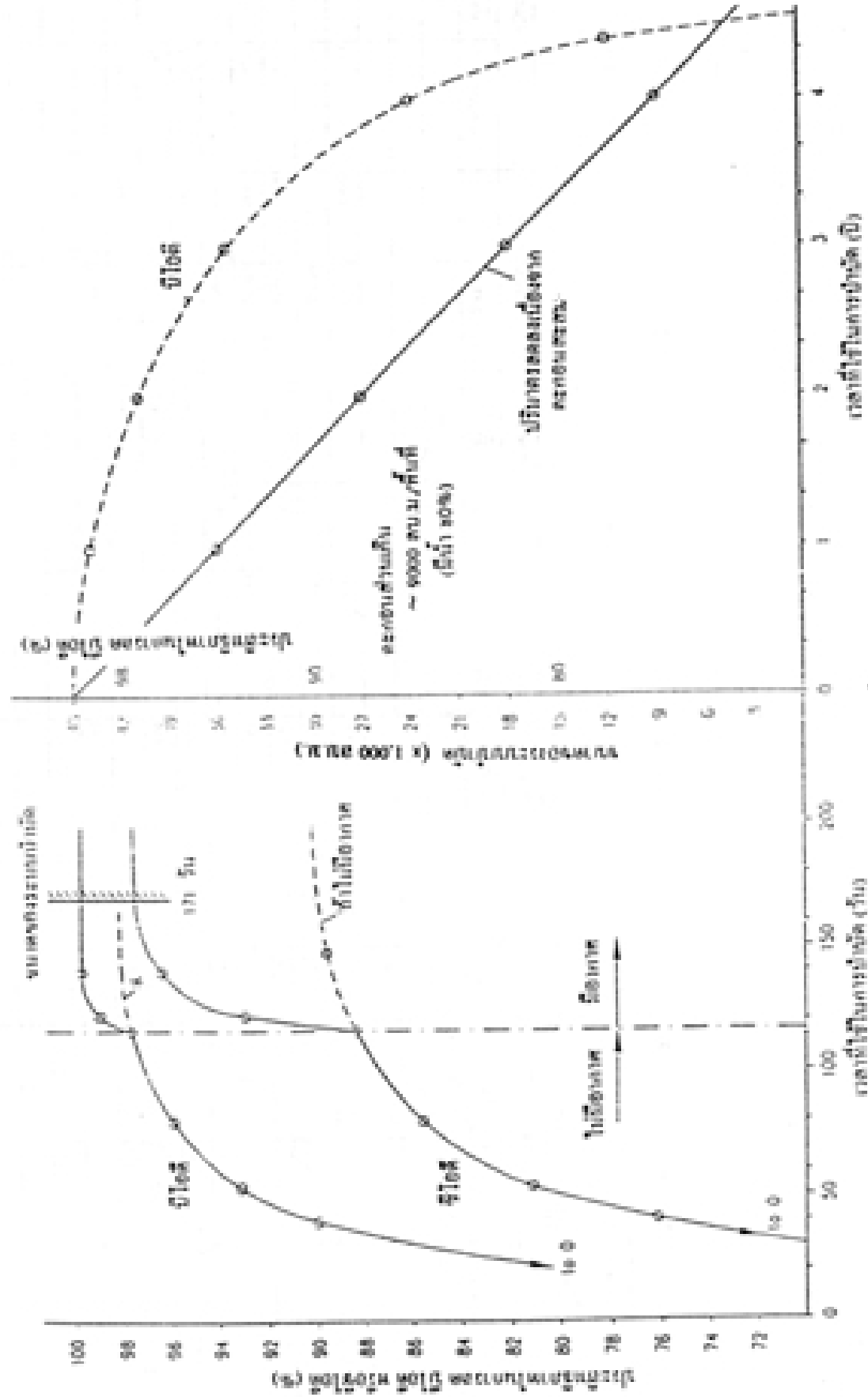
รูปที่ 6.2 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของกระบวนการบำบัดกับระยะเวลาที่เก็บ ของในกรณีข้อ 6.5.3 และแสดงให้เห็นอิทธิพลของการไม่กำจัดตะกอนต่อประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของน้ำทิ้ง

รูปที่ 6.1 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
เมื่อสกัดเป็นน้ำเสียในบ่อไร้อากาศเป็นระยะเวลานาน

การบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
(การกำจัดสารอินทรีย์)

แสดงองค์ประกอบที่เสถียร

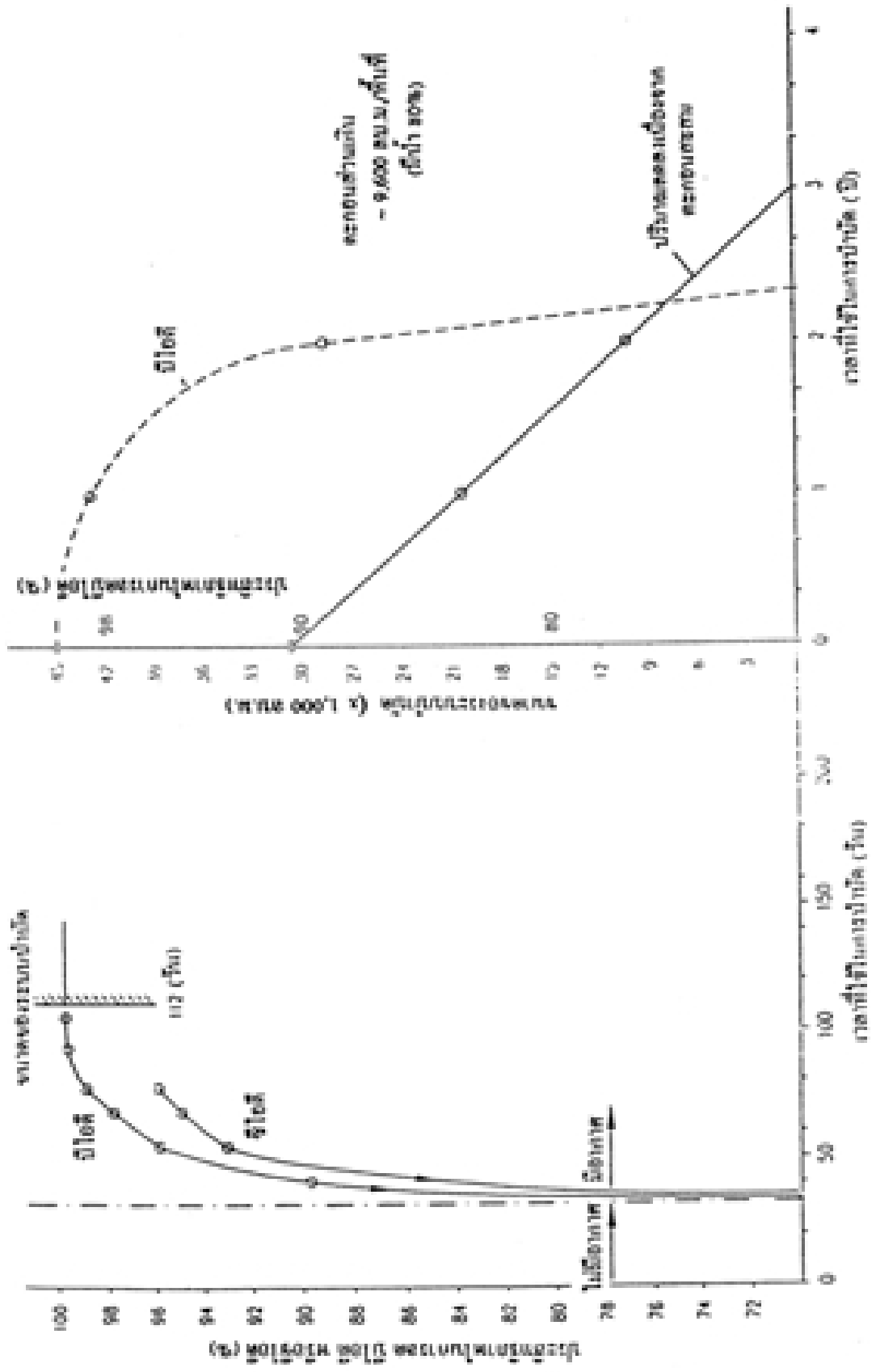
ต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัด



รูปที่ 6.2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
เมื่อกักเก็บน้ำเสียในบ่อไว้ตามความเป็นระยะเวลาสั้น

การบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
(การกำจัดสารอินทรีย์)

ผลของตะกอนที่สะสม
ต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัด



7. การติดตามและการควบคุม

การจัดการให้สิ่งแวดล้อมของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดำเนินไปได้ตามเป้าหมาย จะต้องมีการป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิตและมีระบบการบำบัดน้ำเสียที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเจ้าของโรงงานจะต้องร่วมมืออย่างใกล้ชิดกับเจ้าหน้าที่ของรัฐที่กำกับดูแล ในการติดตามและควบคุมกระบวนการผลิตและระบบบำบัดน้ำเสีย

7.1 การติดตามและควบคุมกระบวนการผลิต

เจ้าของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเป็นผู้รับผิดชอบดูแลทั้งกระบวนการผลิตและระบบบำบัดน้ำเสีย เจ้าหน้าที่ในกระบวนการผลิตต้องมีความสามารถที่จะดำเนินการผลิตตามวิธีการที่กำหนด มีความเข้าใจกระบวนการผลิตทั้งหมดและความสัมพันธ์ของแต่ละขั้นตอน

ผู้จัดการโรงงานควรเอาใจใส่ในเรื่องต่าง ๆ ต่อไปนี้เป็นพิเศษคือ

- การติดตามความสม่ำเสมอของการผลิตและการปรับปรุงการผลิต
 - การพัฒนากระบวนการผลิต
 - การเพิ่มประสิทธิภาพและทักษะของเจ้าหน้าที่
 - การปรับปรุงระบบติดตามและควบคุม
- ระวังความเสี่ยงเกี่ยวกับเหตุการณ์ผิดปกติในการผลิต
 - มีการติดตั้งสัญญาณเตือนภัยเมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติ
 - มีการฝึกเจ้าหน้าที่เตรียมรับสถานการณ์ต่าง ๆ
- มีแผนการจัดการในการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือ โดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของการปลูกปาล์มน้ำมัน
 - มีการตรวจวิเคราะห์ธาตุอาหารของวัสดุเศษเหลือและความต้องการธาตุอาหารของพืชในแปลงปลูก
 - ให้คำแนะนำเรื่องพืชในแผนการจัดการใช้ปุ๋ยให้กับเกษตรกร
 - มีระบบรองรับวัสดุเศษเหลือที่ใช้ประโยชน์ให้มีอยู่อย่างสม่ำเสมอ
- เข้าใจเกี่ยวกับชนิด คุณภาพและคุณค่าของวัสดุเศษเหลือ
 - มีการใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำมัน น้ำสลัดจ์ และน้ำเสีย
- มีการทำสมดุลมวลสารของโรงงาน
 - ทำการพิสูจน์วิธีการและความสามารถที่จะนำวัสดุเศษเหลือไปใช้ประโยชน์
 - มีการตรวจแยกหรือรวมวัสดุเศษเหลือเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ เก็บรวบรวม หรือบำบัด
 - มีการตรวจเช็คครอยรั่วตามข้อต่อของท่อต่าง ๆ

การป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิต จะประสบผลสำเร็จต้องมีการจัด
บันทึกการทำงานต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตและติดตามประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียอย่าง
ต่อเนื่อง

- ผลที่ได้จากการป้องกันและควบคุมมลภาวะ
- การทำงานของเครื่องมือ
- ปัจจัยสำคัญของกระบวนการผลิต
- คุณภาพของน้ำเสีย
- ปริมาณของตะกอน

ต้องมีการเก็บตัวอย่างตามขั้นตอนสำคัญต่าง ๆ ของกระบวนการผลิตและระบบบำบัดน้ำ
เสียมาวิเคราะห์อย่างสม่ำเสมอ การทำแผนการควบคุมกระบวนการผลิตควรปรึกษาและได้รับความ
ความเห็นชอบจากเจ้าหน้าที่ของรัฐเพื่อทำข้อตกลงการติดตามและประเมินผล ที่สำคัญคือต้องมี
การติดตามผลการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ และมีการตรวจหาสาเหตุที่ผิดปกติ ตัวอย่างการติดตามและ
ควบคุมปัจจัยต่างๆ ของระบบบำบัดน้ำเสีย ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งจำเป็นต้องปรับปรุงให้เหมาะ
สมกับแต่ละโรงงาน

7.2 การติดตามและควบคุมโดยเจ้าหน้าที่ของรัฐ

เจ้าหน้าที่ของรัฐที่ควบคุมโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จะต้องมีความเข้าใจเทคโนโลยีของ
กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มและระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานสามารถให้คำแนะนำแก่เจ้าของ
โรงงาน เมื่อกระบวนการผลิตมีปัญหา หรือระบบบำบัดน้ำเสียผิดปกติ

เจ้าหน้าที่ของรัฐต้องตรวจเช็คและดำเนินการให้ผู้จัดการ โรงงานปฏิบัติตามแนวทางการจัด
การสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม โดยเฉพาะในการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือ
และระบบบำบัดน้ำเสียโดยควรทำรายละเอียดของกิจกรรมที่จะต้องติดตามและควบคุมสำหรับแต่ละ
โรงงาน เช่น

- การทำงานโดยทั่วไปของโรงงาน
- ให้ความเห็นชอบ การติดตามและควบคุมภายในโรงงาน
- ข้อมูลเกี่ยวกับความถี่และสภาวะการเก็บตัวอย่าง และผลการวิเคราะห์

เจ้าหน้าที่ของรัฐต้องมีการเก็บตัวอย่างจากโรงงานมาวิเคราะห์ 3-4 ครั้งต่อปี ขึ้นกับความ
น่าเชื่อถือในการดำเนินการของโรงงาน

ตารางที่ 7 ปัจจัยที่ควรติดตามและควบคุมระหว่างการบำบัดน้ำเสีย

ขั้นตอนการทำงาน		ปัจจัย	หน่วย
บ่อดักน้ำมันสุดท้าย	น้ำเข้า น้ำออก	อัตราการไหล ซีโอดี(อย่างสม่ำเสมอ) บีโอดี (เป็นครั้งคราว) ของแข็งแขวนลอย อุณหภูมิ พีเอช	ลบ.ม./วัน มิลลิกรัม/ลิตร มิลลิกรัม/ลิตร มิลลิกรัม/ลิตร องศาเซลเซียส
หลังการลดอุณหภูมิของน้ำเสีย หรือหลังบ่อผสมหากมีการ ไหลเวียนกลับต่อบ่อไร้อากาศ บ่อที่ 7	กรณีน้ำเสียไหล เวียนกลับ น้ำเสียที่เข้าระบบ ทั้งหมด	อัตราการไหลกลับ - อุณหภูมิ พีเอช	ลบ.ม./วัน องศาเซลเซียส
ในบ่อบำบัดแบบไร้อากาศ		ระดับสูงของกาก ตะกอน	% ความลึก
จุดที่ออกจากระบบบำบัดแบบ ไร้อากาศ		ซีโอดี บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ตกตะกอน อุณหภูมิ พีเอช	มิลลิกรัมต่อลิตร มิลลิกรัม/ลิตร มิลลิกรัม/ลิตร มิลลิลิตร/ลิตร องศาเซลเซียส
บ่อดกตะกอนสำหรับ ระบบบำบัด แบบไร้อากาศ	การกำจัดตะกอน ส่วนเกิน	ปริมาตร ปริมาณของแข็ง	ลบ.ม./เดือน กรัม/ลิตร
ในบ่อบำบัดแบบเติมอากาศ		VSS ของแข็งที่ตกตะกอน ดัชนีปริมาตร/ตะกอน ออกซิเจน การใช้พลังงาน อุณหภูมิ อัตราการไหล	กรัม/ลิตร มิลลิลิตร/ลิตร มิลลิลิตร/ลิตร มิลลิกรัม/ลิตร กิโลวัตต์/วัน องศาเซลเซียส ลบ.ม./วัน
บ่อดกตะกอนสำหรับ ระบบบำบัดแบบเติมอากาศ	การกำจัดกากตะกอน ส่วนเกิน ผลของการบำบัด	ระดับสูงของ ตะกอน ปริมาตร ปริมาณของแข็ง ซีโอดี (อย่างสม่ำเสมอ) บีโอดี (เป็นครั้งคราว) ของแข็งแขวนลอย อุณหภูมิ พีเอช	% ความลึก ลบ.ม./เดือน กรัม/ลิตร มิลลิกรัมต่อลิตร มิลลิกรัมต่อลิตร มิลลิกรัมต่อลิตร องศาเซลเซียส

8. คำอธิบายศัพท์ และเหตุผลสำหรับข้อกำหนดขั้นต่ำสุดของน้ำทิ้ง

ข้อกำหนดขั้นต่ำสุดสำหรับน้ำทิ้งที่ออกจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ที่ได้กำหนดขึ้นได้

พิจารณาจาก

- มาตรฐานน้ำทิ้งทั่วไปของกระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ.2535)
- มาตรฐานน้ำทิ้งสำหรับโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศเพื่อนบ้าน
- ชนิดของสารและภาระบรรทุกของสารที่ก่อให้เกิดมลภาวะในน้ำเสียที่ยังไม่ ได้บำบัด
- ประสิทธิภาพของระบบบำบัดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในปัจจุบัน
- ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่มีในข้อกำหนด

ปัจจัยต่าง ๆ ที่เลือกใช้ในข้อกำหนดเป็นปัจจัยที่ใช้อยู่ในมาตรฐานน้ำทิ้งทั่วไป (บีโอดี ของ แข็งแวนลอย น้ำมันและไขมัน พีเอส และอุณหภูมิ) และยังมีปัจจัยที่วิเคราะห์ได้ง่ายและให้ค่าถูกต้อง คือ ซีโอดี สำหรับค่าไนโตรเจนทั้งหมด กำหนดไว้เพื่อตรวจด้าน eutrofication

8.1 คำอธิบายศัพท์

8.1.1 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

ค่าบีโอดีเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความสกปรกของน้ำเสีย โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระหว่างการย่อยสลายสาร ประกอบคาร์บอนอินทรีย์ที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

ยังมีสารประกอบชนิดอื่นที่ต้องคำนึงถึง เช่น ไนโตรเจน (โปรตีน) และฟอสฟอรัส (ฟอส โฟลิปิด) การย่อยสลายสารประกอบเหล่านี้ นอกจากจะปล่อยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแล้วยังทำ ให้ค่าบีโอดีเพิ่มด้วย (ดูในเรื่องของแข็งแวนลอย)

8.1.2 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

ค่าซีโอดี เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความสกปรกของน้ำเสีย โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของ ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์อย่างสมบูรณ์ โดยใช้โปแตสเซียมไดโคร เมทในสารละลายที่เป็นกรด

อัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อบีโอดีแตกต่างกันในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด และน้ำทิ้งหลัง การบำบัดโดยวิธีชีวภาพ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 อัตราส่วนของซีไอดีต่อบีไอดีของน้ำเสียและน้ำทิ้งโรงงานสกัด
น้ำมันปาล์ม

ชนิดของน้ำเสียและน้ำทิ้ง	ช่วงของอัตราส่วนซีไอดีต่อบีไอดี
น้ำเสียก่อนการบำบัด	2.0-3.0
น้ำเสียก่อนการบำบัดที่ผ่านการกรอง	1.5-2.0
น้ำทิ้งสุดท้าย	15-25*
น้ำทิ้งสุดท้ายที่ผ่านการกรอง	> 10*

* เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการลดค่าบีไอดีของน้ำเสียก่อนบำบัดมาเป็นน้ำทิ้งสุดท้ายมีค่ามากกว่าร้อยละ 99.99

การที่น้ำเสียก่อนการบำบัดและน้ำเสียก่อนการบำบัดที่ผ่านการกรองมีอัตราส่วนซีไอดีต่อบีไอดี ต่างกันเนื่องจากมีของแข็งแขวนลอยอยู่ เช่น เซลลูโลส ซึ่งย่อยสลายได้ยากกว่าสารอินทรีย์ละลายได้ สำหรับน้ำทิ้งสุดท้ายที่กรองและไม่กรองก็มีอัตราส่วนซีไอดีต่อบีไอดีแตกต่างกัน เนื่องจากระบบบำบัดทางชีวภาพไม่สามารถย่อยของแข็งแขวนลอยได้หมด และมีของแข็งแขวนลอยเกิดขึ้นใหม่ในระบบ เมื่อกระบวนการย่อยสลายนานขึ้น (ในกรณีนี้คือประสิทธิภาพการลดบีไอดีมีค่ามากกว่าร้อยละ 99.99) อัตราส่วนซีไอดีต่อบีไอดีก็จะสูงขึ้น

8.1.3 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS)

ของแข็งแขวนลอยหมายถึงปริมาณของแข็งแขวนลอยที่กรองได้ด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (Whatman GF/C) แล้วอบให้แห้งในน้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่ไม่ได้กรอง ของแข็งแขวนลอยมีผลทำให้ค่าบีไอดีและซีไอดีสูงขึ้นด้วย ในกรณีของน้ำเสียของแข็งแขวนลอยมีทั้งสารอินทรีย์ เช่น กาก เส้นใย ส่วนของกะลา และสารอนินทรีย์ เช่น ผงทราย แต่น้ำทิ้งหลังการบำบัดของแข็งแขวนลอยเป็นสารอินทรีย์พวกมวลชีวภาพจากเซลล์จุลินทรีย์

8.1.4 สารประกอบลิโปฟิลิก (Lipophilic Substances)

สารประกอบลิโปฟิลิก โดยทั่วไปหมายถึงน้ำมันและไข (Oil and Grease, OG) เมื่อวัดในน้ำเสียก่อนการบำบัดจะบอกถึงปริมาณน้ำมันที่ปนเปื้อนมาหลังการสกัดน้ำมันปาล์ม แต่เมื่อน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดทางชีวภาพแล้วสารประกอบลิโปฟิลิกในน้ำทิ้งจะไม่อยู่ในรูปน้ำมันหรือไขที่สูญเสียม

จากกระบวนการสกัด แต่จะอยู่ในรูปสารประกอบลิโปฟิลิกของมวลชีวภาพ ซึ่งเป็นของแข็งแขวนลอย ที่เกิดขึ้นในระหว่างการบำบัด โดยมวลชีวภาพมีสารประกอบลิโปฟิลิกอยู่ร้อยละ 10 และยังขึ้นกับสารแขวนลอยที่มีขั้วอื่น ๆ ที่ถูกสกัดด้วยสารละลายที่ใช้วิเคราะห์ อย่างไรก็ตามน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีค่านี้ต่ำมาก

8.1.5 ไนโตรเจน (Nitrogen, N)

ไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำทิ้งมีหลายรูปแบบ แต่ที่มีความสำคัญมากคือไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl-Nitrogen, TKN) ซึ่งเป็นผลรวมของไนโตรเจนอินทรีย์ และแอมโมเนียไนโตรเจน

8.1.6 พีเอช (pH)

พีเอช เป็นค่าแสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจนในน้ำ ในทางปฏิบัติพีเอชจะแสดงถึงความเป็นกรดหรือด่าง

8.1.7 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ หมายถึงระดับความร้อนของน้ำทิ้ง หากอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง แต่จะช่วยให้การเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น

8.2 เหตุผลสำหรับข้อกำหนดขั้นต่ำสุด

กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มเป็นการแปรรูปทางอุตสาหกรรมเกษตรอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจในภาคใต้ของประเทศไทย โดยใช้ผลปาล์มในรูปทะเลาะปาล์มสดเป็นวัตถุดิบสำหรับการสกัดน้ำมันที่ใช้วิธีทางกายภาพไม่มีการใช้สารเคมีอื่นใด อย่างไรก็ตามวิธีการสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน มีน้ำเสียออกจากกระบวนการผลิตมาก และเป็นน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีและของแข็งแขวนลอยอยู่สูง พบว่าในน้ำเสียมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ต่ำ จึงเป็นปัจจัยจำกัดในการบำบัดน้ำเสียโดยการใช้อากาศ การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียทั้งในรูปแบบที่ไม่ใช้อากาศและใช้อากาศร่วมกันจะทำให้สารอาหารต่าง ๆ อยู่ในภาวะสมดุล

จากการสำรวน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มพบว่า หลังการบำบัดโดยระบบชีวภาพ ปัจจัยที่กล่าวมายังคงมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีในน้ำทิ้งทั่วไป เพราะน้ำเสียเริ่มต้นมีภาระบรรทุกสูงมาก การกำหนดข้อกำหนดขั้นต่ำสุดสำหรับน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มได้พิจารณาถึงความจริงเหล่านี้ และค่าที่กำหนดจำเป็นต้องมีช่วงปลอดภัยเมื่อมีการผลิตสูงสุด นอกจากนี้จำเป็นต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ร่วมด้วย

8.2.1 บีโอดี (BOD)

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มสามารถปล่อยน้ำทิ้งออกจากโรงงานได้ หากระบบบำบัดมี ประสิทธิภาพและมีการแยกสาหร่าย (ของแข็งแขวนลอย) ออกจากบ่อพัก (polishing) ซึ่งค่าต่าง ๆ ก็จะเป็นไปตามกำหนด

ค่าบีโอดีที่กำหนดได้มาจาก	
ค่าบีโอดีของสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่	< 50 มิลลิกรัม/ลิตร
ค่าบีโอดีของของแข็งแขวนลอย : $0.3 * [SS]$	50 มิลลิกรัม/ลิตร
รวม	< 100 มิลลิกรัม/ลิตร
ดังนั้นจึงกำหนดให้ใช้ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งเป็น	< 100 มิลลิกรัม/ลิตร

* เป็นค่าที่จำกัดมากจากการย่อยสลายโดยกระบวนการชีวภาพ (Firk, *et al.*, 1991)

8.2.2 ซีโอดี (COD)

ค่าซีโอดี คำนวณจากค่าบีโอดี ดังนี้

ค่าซีโอดีของสารละลาย *	< 500 มิลลิกรัม/ลิตร
ค่าซีโอดีของของแข็งแขวนลอย **	300 มิลลิกรัม/ลิตร
ค่าซีโอดีของน้ำมันและไข : $2[OG]^{***}$	50 มิลลิกรัม/ลิตร
รวม	< 850 มิลลิกรัม/ลิตร
ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งเป็น	< 100 มิลลิกรัม/ลิตร

* ประสิทธิภาพการจากอัตราส่วนซีโอดีต่อบีโอดี 10 (ดูข้อที่ 8.1)

** ประสิทธิภาพการจากของแข็งแขวนลอยที่ย่อยสลาย = 1.8 [SS]

(Firk, *et al.*, 1991 กำหนดของแข็งแขวนลอย 1 มิลลิกรัม/ลิตร = ซีโอดี 0.8-1.6 มิลลิกรัม/ลิตร)

*** ประสิทธิภาพการจากน้ำมันและไขเมื่อย่อยสลาย = 2 เท่าของความเข้มข้นน้ำมันและไข

(Buiksteeg, 1959 กำหนดน้ำมันและไข 1 มิลลิกรัม/ลิตร = ซีโอดี 1.0-2.9 มิลลิกรัม/ลิตร)

8.2.3 ของแข็งแขวนลอย [SS]

ค่าของแข็งแขวนลอยที่กำหนด พิจารณาน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อพักก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยอยู่หลังจากบ่อเติมอากาศ ในระบบบำบัดที่ใช้เวลายาวนานของแข็งแขวนลอยจะเป็นพวกแบคทีเรียโปรโตซัวและสาหร่าย การเกิดสาหร่ายในบ่อพักนอกจากจะเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้แล้ว ยังเป็นสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเพื่อเป็นแหล่งที่จะให้ออกซิเจนและบำบัดในขั้นสุดท้าย นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งของสาหร่ายยังถูกจำกัดด้วยวิธีทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์

ดังนั้นจึงกำหนดให้ของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งมีค่า < 150 มิลลิกรัม/ลิตร

8.2.4 น้ำมันและไข (O & G)

การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบำบัดทางชีวภาพที่ดีหรือปกติ น้ำมันและไขในน้ำทิ้งสุดท้ายไม่ได้มาจากน้ำมันปาล์มที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียเริ่มต้นที่ออกจากกระบวนการผลิต แต่มีสาเหตุมาจากสารประกอบลิโปฟิลิกที่มีอยู่ในมวลชีวภาพ (สำหรับและจุลินทรีย์) ค่าน้ำมันและไขได้มาจากค่าของแข็งแขวนลอย ถ้ามวลชีวภาพมีสารประกอบลิโปฟิลิกอยู่ร้อยละ 10

จะมีสารประกอบลิโปฟิลิก 150 ต่อ 10 < 15 มิลลิกรัม/ลิตร

ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าน้ำมันและไขในน้ำทิ้งเป็น < 25 มิลลิกรัม/ลิตร

8.2.5 ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)

ในน้ำเสียก่อนการบำบัดมีความสัมพันธ์ของสารอาหารในรูปบีโอดีต่อไนโตรเจน เป็น 12 ต่อ 0.5 หรือ 100 ต่อ 4 แต่ในการบำบัดน้ำเสียโดยการใช้อากาศ มีค่านี้เป็น 100 ต่อ 10

ดังนั้น หากเลือกระบบบำบัดแบบไร้อากาศและแบบมีอากาศอย่างเหมาะสม ก็จะกำจัดไนโตรเจนเกือบทั้งหมดในน้ำเสียออกไปอยู่ในรูปของมวลชีวภาพได้และที่เหลือก็จะถูกออกซิไดซ์เมื่อระบบบำบัดมีความจุของบ่อเติมอากาศ และบ่อพักเพียงพอ การที่ค่าไนโตรเจนอินทรีย์สูง ก็เนื่องมาจากค่าไนโตรเจนของมวลชีวภาพ (ประมาณร้อยละ 30) รวมอยู่ในค่าของแข็งแขวนลอย

ค่าไนโตรเจนทั้งหมดประมาณ 45 มิลลิกรัมต่อลิตร = 150 x 0.3 = 45 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งเป็น < 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มปฏิบัติตามแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้กระบวนการผลิตที่มีการป้องกันและควบคุมมลภาวะและมีระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพอย่างมีประสิทธิภาพ ก็จะทำให้ น้ำทิ้งสุดท้ายมีค่าปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาต่ำกว่าที่กำหนดในข้อกำหนดขั้นต่ำสุด

ภาคผนวก ก
อุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย

- ตาราง ก.1 ทำเนียบโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน
- ตาราง ก.2 ทำเนียบโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มอื่น ๆ
- ตาราง ก.3 ประมาณการภาระมลภาวะของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
(เปรียบเทียบกับตารางที่ 4.6, 4.7 และ 4.8)
-
- รูป ก.1 บริเวณและพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย 1993
- รูป ก.2 ปริมาณน้ำทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย
- รูป ก.3 ภาวะบีโอดีต่อวันของน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย

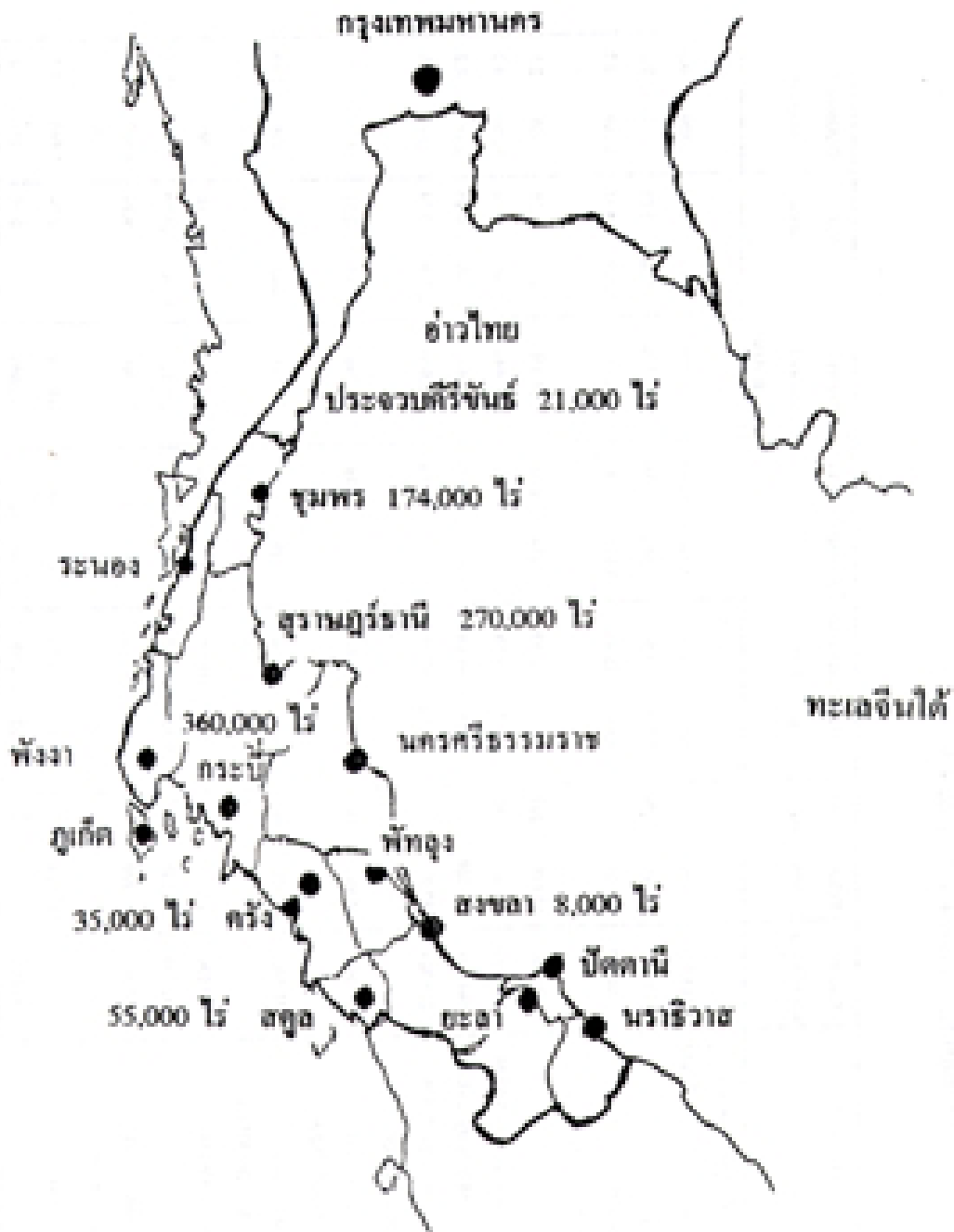
ตาราง ก.1 ทำเนียบโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน

ชื่อโรงงาน	เงินทุน (ล้านบาท)	คนงาน		กำลังการผลิต
		ชาย	หญิง	น้ำมันปาล์มดิบ (ตัน)
จังหวัดกระบี่				
1. บริษัท ไทยอุตสาหกรรมและสวนปาล์ม จำกัด	132.7	81	0	16,425
2. บริษัท สยามปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรม จำกัด	120.0	85	0	18,000
3. บริษัท สหอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด (มหาชน)		66	4	15,832
4. บริษัท ศรีเจริญปาล์มออยส์ จำกัด	95.0	100	0	14,400
5. บริษัท เอเชียนน้ำมันปาล์ม จำกัด	160.0	62	0	14,400
จังหวัดชุมพร				
6. บริษัท ชุมพรอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด	175.8	125	0	24,000
7. บริษัท วิจิตรภัณฑ์ปาล์มออยส์ จำกัด	98.7	40	0	11,680
8. บริษัท สวีอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด	111.0	60	0	14,400
จังหวัดตรัง				
9. บริษัท ตรังน้ำมันปาล์ม จำกัด	79.6	52	22	14,400
10. บริษัท เอบีโก้โฮลดิ้ง จำกัด	70.5	54	10	22,464
11. บริษัท โอทาโก้ จำกัด	97.0	70	10	12,000
จังหวัดสุราษฎร์ธานี				
12. บริษัท ทักษิณปาล์ม (2521) จำกัด	50.0	70	0	32,671
13. บริษัท ยูนิปาล์มอินดัสตรี จำกัด	75.0	91	0	37,256
14. บริษัท ปาล์มน้ำมันพระแสง จำกัด	51.0	57	0	21,600
15. บริษัท ไทยทาลัสโลว์ จำกัด				
จังหวัดสตูล				
16. บริษัท ปาล์มไทยพัฒนา จำกัด	42.0	22	0	3,600
จังหวัดสงขลา				
17. บริษัท น้ำมันพีชบริสุทธ์ จำกัด	22.0	24	0	3,500

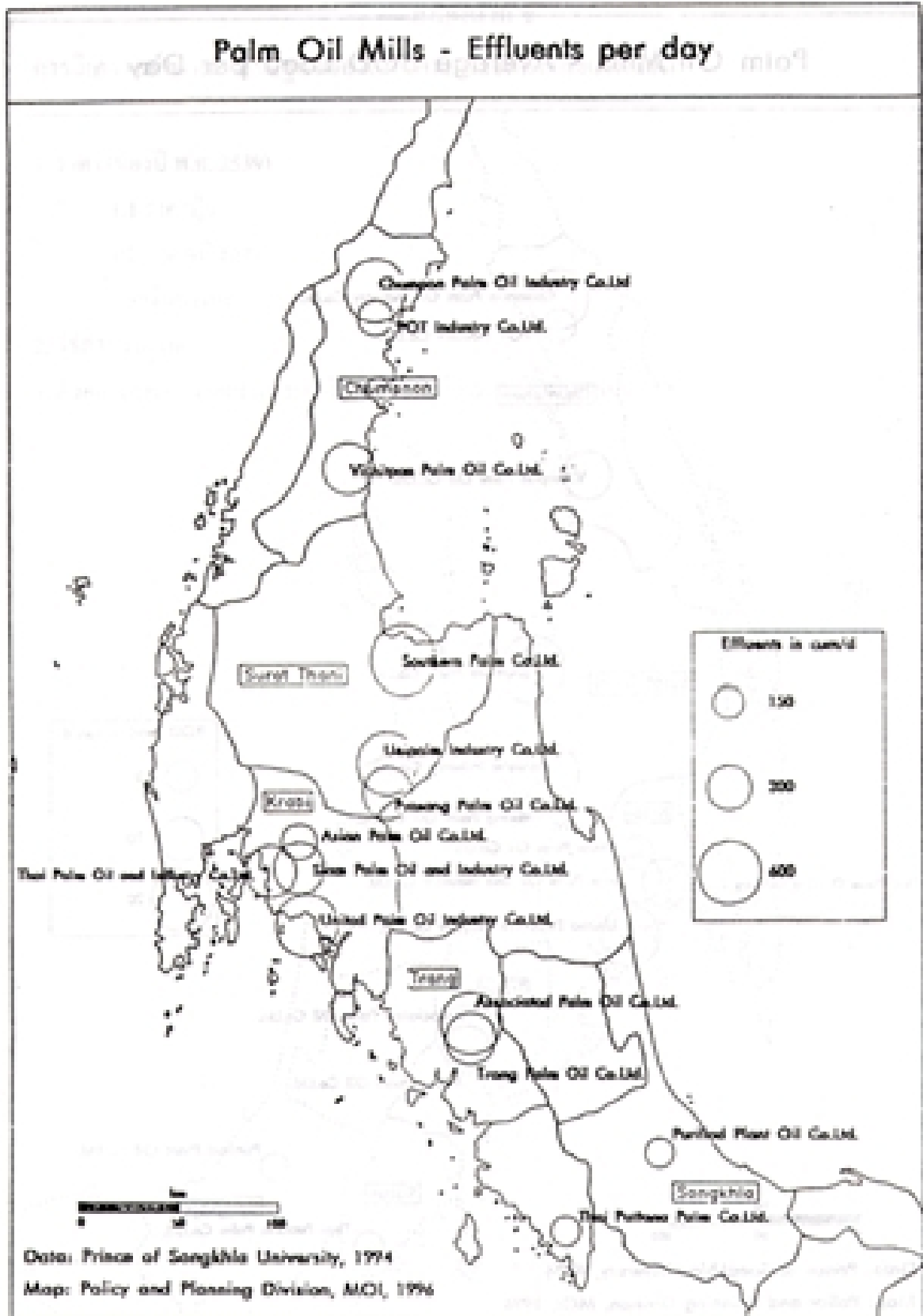
ตาราง ก.2 ทำเนียบโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบอื่น ๆ

ชื่อโรงงาน	เงินทุน	คนงาน		กำลังการผลิต
	(ล้านบาท)	ชาย	หญิง	น้ำมันปาล์มดิบ(ตัน/ปี)
จังหวัดกระบี่				
1. บริษัท กระบี่น้ำมันพืช จำกัด	12.00	30	42	1,800
2. บริษัท ตรังแสงตะวัน จำกัด	6.10	16	0	4,800
3. บริษัท สวนปาล์มสหกาญจน์ จำกัด	4.70	11	4	1,200
4. ห้างหุ้นส่วนจำกัดอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม ไอพีไอ	14.00	6	24	8,000
จังหวัดชุมพร				
1. บริษัท เกษตรน้ำมันปาล์ม จำกัด	45.70	18	4	6,430
2. บริษัท ดี.พี.ปาล์มออย จำกัด	36.20	13	2	1,638
3. บริษัท ไทยเฟิร์ลโปรดักส์ จำกัด	6.12	17	8	3,500
4. บริษัท ไทยผลิตภัณฑ์ปาล์ม จำกัด	2.50	15	15	9,000
5. บริษัท มิตรเจริญน้ำมันพืช จำกัด	11.00	13	5	1,800
6. บริษัท พีไอที อุตสาหกรรม จำกัด	11.50	16	0	5,700
7. บริษัท รวมผลอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด	16.00	27	0	5,500
8. บริษัท อุดมชัยปาล์มออย จำกัด	8.50	20	10	4,000
9. ห้างหุ้นส่วนจำกัดลักษณะหลังสวน	5.00	18	0	200
10. ห้างหุ้นส่วนจำกัด วิจัยนันทน์	3.00	9	0	2,500
11. โรงกลั่นน้ำมันมะพร้าวชุมพร	3.00	20	0	1,400
12. สหกรณ์นิคมหลังสวน จำกัด	16.24	7	4	1,824
จังหวัดตรัง				
1. บริษัท ตรังแสงตะวัน จำกัด	34.00	25	10	2,880
2. บริษัท ตรังสหปาล์มออย จำกัด	5.70	26	10	4,320
3. บริษัท ตรังออย จำกัด				
4. ห้างหุ้นส่วนจำกัดตรังเกษตร	6.15	3	8	1,200

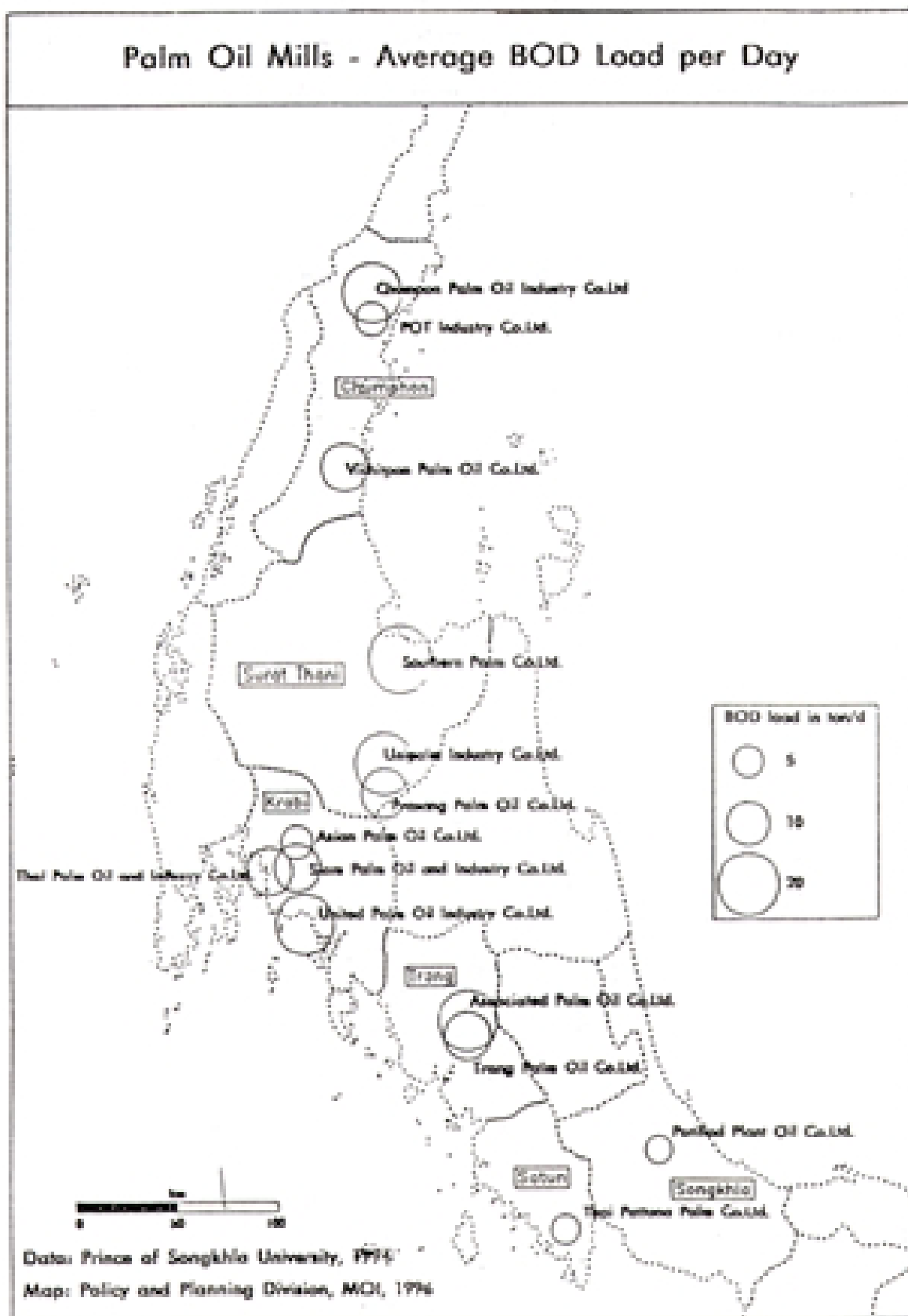
ชื่อโรงงาน	เงินทุน	คนงาน		กำลังการผลิต น้ำมันปาล์มดิบ(ตัน/ปี)
	(ล้านบาท)	ชาย	หญิง	
จังหวัดพัทลุง				
1. ห้างหุ้นส่วนจำกัดน้ำมันพืชสินพัฒนา				
จังหวัดสุราษฎร์ธานี				
1. บริษัท สุราษฎร์แสงศรีน้ำมันพืช จำกัด				
จังหวัดสตูล				
1. บริษัท ไทยรุ่งเรือง จำกัด				
2. บริษัท สตูลอินดัสตรีส์ จำกัด	19.93	28	0	370
3. ห้างหุ้นส่วนจำกัดปาล์มเหรียญทอง				
จังหวัดสงขลา				
1. บริษัท กาญจนสินน้ำมันพืช จำกัด	2.10	7	0	180
2. บริษัท โชคดีน้ำมันพืช จำกัด	5.50	22	0	36
3. บริษัท รุ่งเรืองกิจ จำกัด				
4. บริษัท ที ซี เค ฟู๊ดแอนด์ฟู้ด จำกัด	15.00	15	0	2,400
5. ห้างหุ้นส่วนจำกัดสินไทยพัฒนา				
6. โรงเต็กลีง	1.25	10	2	20
7. โรงงานน้ำมันพืชอ่าวเซ็ง	0.48	1	8	1,220



รูป ก.1 บริเวณและพื้นที่ปลูกปาล์มนำมันในประเทศไทย 2536



รูป ก.2 ปริมาณน้ำทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย



รูป ก.3 ภาระบีโอดีต่อวันของน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐกิจของแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อม

1. ราคา (ของปี พ.ศ. 2539)

1.1 ราคาปุ๋ย

1.2 ค่าดำเนินการ

1.3 เงินลงทุน

2. วิธีการคำนวณ

3. ตัวอย่างการคำนวณสำหรับใช้กับเทคโนโลยีการแยกน้ำมันแบบต่าง ๆ

การวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐกิจ

1. ราคา

1.1 ราคาปุ๋ย

- ยูเรีย (46% N)	7.4 บาท/กิโลกรัม
- หินฟอสเฟต (25% P ₂ O ₅)	1.6 บาท/กิโลกรัม
- ซุปเปอร์ฟอสเฟต (45% P ₂ O ₅)	3.0 บาท/กิโลกรัม
- กีเซอไรท์ (27% MgO)	6.0 บาท/กิโลกรัม
- โพแทสเซียม (60% K)	4.2 บาท/กิโลกรัม
- โบรех (48% B)	24.0 บาท/กิโลกรัม

วัสดุเศษเหลือ	ราคา*	องค์ประกอบ
ทะลายปาล์มเปล่า (ความชื้นร้อยละ 60)	120 บาท/ตัน	8 กก. N, 0.6 กก. P, 24 กก. K ต่อตัน (น้ำหนักแห้ง)
เถ้าทะลายปาล์มเปล่า	3,420 บาท/ตัน	17 กก. P, 450 กก. K ต่อตัน
เส้นใย (ความชื้นร้อยละ 20)	80 บาท/ตัน	23 กก. N, 2 กก. K ต่อตัน (น้ำหนักแห้ง)
กากจาก decanter (ความชื้นร้อยละ 80)	100 บาท/ตัน	20 กก. N, 8 กก. P, 20 กก. K ต่อตัน (น้ำหนักแห้ง)
น้ำทิ้งโรงงาน	25 บาท/ลบ.ม.	0.6 กก. N, 0.2 กก. P, 2 กก. K/ลบ.ม.

* ราคาประเมินจากองค์ประกอบของปุ๋ย (N,P,K) ที่มีอยู่ในวัสดุเศษเหลือ

1.2 ค่าดำเนินการ

ปัจจัย	ราคา	แหล่ง
ค่าไฟฟ้า	2 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง	การไฟฟ้า
ค่าน้ำ	- จากแหล่งน้ำสาธารณะ - สำหรับหม้อกำเนิดไอน้ำ	คำนวณ คำนวณจากการเติมสารปรับสภาพ
ค่าขนส่ง	14 บาท/ตัน	คำนวณ
ค่าจ้างพนักงาน	4,000 บาท/เดือน	
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	8 บาท/ลิตร	ราคาท้องตลาด

1.3 เงินลงทุน

ในแต่ละบทของแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อม จะมีรายละเอียดสำหรับปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องมือ (เช่น อัตราบรรทุกของเครื่องเหวี่ยงแยกสำหรับแยกน้ำมัน) หรือการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือ (เช่น ปริมาณของน้ำทิ้งที่ต้องขนส่ง) หรือระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพ (เช่น อัตราบรรทุกชีโอดี การเกิดก๊าซ และการเกิดกากตะกอนส่วนเกิน) ฯลฯ จากการประมาณการเงินลงทุนที่จำเป็นต้องใช้จากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ ก็จะทำได้เงินลงทุนทั้งหมดของระบบ

2. วิธีการคำนวณ

ความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจและกำไรจากการลงทุนโดยใช้เทคโนโลยีต่างๆกันในกระบวนการผลิตและการบำบัดน้ำเสียสามารถประมาณการได้จากการคำนวณ

- ระยะเวลาคุ้มทุน
- มูลค่าสุทธิของการลงทุนในปัจจุบัน

ระยะเวลาคุ้มทุนเป็นเวลาที่บอกลถึงความเสี่ยงในการที่จะได้เงินลงทุนกลับมา หากใช้เวลานี้สั้นแสดงว่าน่าลงทุน การคำนวณต้องไม่นำปัจจัยส่วนลดมาคิดคำนวณ การคำนวณทางสถิติโดยใช้ cumulative cash flow data เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการหาระยะเวลาคุ้มทุน

อย่างไรก็ตาม การหาระยะเวลาคุ้มทุนไม่ได้เกี่ยวข้องกับค่าของเครื่องมือ ซึ่งจำเป็นต้องหามูลค่าสุทธิของการลงทุนโดยใช้ปัจจัยส่วนลดร้อยละ 15 ระยะเวลาคุ้มทุนและมูลค่าสุทธิของการลงทุน จะเป็นข้อมูลสำคัญที่จะบอกลถึงผลกำไรจากการลงทุน

3. ตัวอย่างการคำนวณทางเศรษฐกิจเกี่ยวกับเทคโนโลยีการแยกน้ำมันแบบต่าง ๆ

ดังแสดงในรายงานที่ PN 91.2070.5-01.100 “Oil Recovery from palm oil mills waste water” องค์การความร่วมมือการเพิ่มเทคโนโลยีระหว่างไทย-เยอรมัน เมษายน 2537

ภาคผนวก ก.

เอกสารอ้างอิงและเอกสารเพิ่มเติม

ชัยรัตน์ นิลนนท์ และจำเป็น อ่อนทอง. 2538. การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ
ปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่.

ธีระพงษ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, ชัยรัตน์ นิลนนท์ และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์.

2538. ความแปรปรวนในการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน ว. สงขลานครินทร์
17 : 251 - 259.

พูนสุข ประเสริฐสรรพ, เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล และอรัญ หันพงศ์กิตติกุล.

2533. กระบวนการผลิตการใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือทิ้งและคุณลักษณะของ
น้ำเสียของโรงงานน้ำมันปาล์ม. ว. สงขลานครินทร์ 12 :169-176.

ศูนย์สถิติการเกษตร 2537 สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2536/37

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร
เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 16/2537

อมรรวรรณ มาสำราญ, จิตรา สว่างศรี. 2536. รายงานการศึกษาเรื่องอุตสาหกรรม

น้ำมันปาล์ม. ฝ่าย 1 กองศึกษาภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2 สำนักงาน
เศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

อรัญ หันพงศ์กิตติกุล, พูนสุข ประเสริฐสรรพ, กัลยา ศรีสุวรรณ, เสาวลักษณ์

จิตรบรรเจิดกุล และวีระศักดิ์ ทองลิ้มปี 2537. เอกสารการประกอบการ
สัมมนาเรื่องการลดการสูญเสียไขมันในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จัดโดย

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และสำนักวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 7 เมษายน 2537 ณ โรงแรมสยามธานี

สุราษฎร์ธานี

อรัญ หันพงศ์กิตติกุล, พูนสุข ประเสริฐสรรพ, เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล, กัลยา

ศรีสุวรรณ และ วีระศักดิ์ ทองลิ้มปี 2536. รายงานโครงการวิจัย การศึกษา
วิธีการแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โครงการย่อย : การทดลอง

ศึกษาในห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่

อรัญ หันพงษ์กิตติกุล, พูนสุข ประเสริฐสรรพ, เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล, กัลยา ศรีสุวรรณ และ วีระศักดิ์ ทองลิ้มปี 2537. รายงานโครงการวิจัย การศึกษาวิถี การแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โครงการย่อย : การสำรวจ โรงงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่

อรัญ หันพงษ์กิตติกุล, พูนสุข ประเสริฐสรรพ, เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล, กัลยา ศรีสุวรรณ, วีระศักดิ์ ทองลิ้มปี 2537. รายงานโครงการวิจัย การศึกษาวิถี การ แยกน้ำมันจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โครงการย่อย : การทดลองนำร่อง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่

ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมัน 2536 รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 1 โครงการศึกษาชนิดและระดับปัจจัย กำหนดผลผลิตปาล์มน้ำมัน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำนักวิจัยและพัฒนา

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.

Bockish, M. 1993. Nahrungsfette und ole (Edible fats and oils), Uler, ISBN 3-8001- 5817-5

Bucksteeg W. 1959. Problematik der Bewertung giftiger Inhaltsstoffe in Abwasser und Moglichkeiten zur Schaffung gesicherter Bewertungsgrundlagen. Verlag R. Oldenbourg, Munchen. P 1-5.

Clesceri, L.S., Greenserg, A.E. and Trussel, R.R. 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 17 th ed. APHP-AWWA-WPCF, Washington, D.C.

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 Comunion for Asia and the Pacific- Environmental and Development Series., United Nations, Bangkok

- Firk, w., D.te Heesen, B. and Klopp, R. 1991. Einflup von Feststoffen in Ablauf von Abwasserreinigungsanlagen auf die Gewasergbechaffenhait.
- Fries,D. 1990. Study on Waste in the Palm Oil Industry (Oil/Water Separation). Stuttgart. Thai-German Project report PN 81.200805-01.200
- H-Kittikun, A., Prasertsan, P., Jitbunjerdkul, S., Srisuwan, G. and Thonglimb, V. 1994. Executive Summary Report on Oil Recovery from Palm Oil Mills Waste Water. Prince of Songkla University. Thai German Project PN 91.2070.0-01.100.
- Hoe, L,K. and Whiting, D.A.M. 1981. Material Balances of a Palm Oil Mill Clarification Station in The Palm Oil Production in the Eighties, E. Pushparajah, June, Kuala Lumpur.
- Krause, A. and Bohling,C. 1992. Activity Report on Oil Recovery from Palm Oil Mills Waste Water (assingment 16.04-16.05.1992). Thai-German Project PN 91. 2070.0-01.100
- Krause, A. and Bohling,C. 1993. Activity Report on Oil Recoery from Palm Oil Mills Waste Water (assignment 01.11-12.1993). Thai-German Project PN 91.2070.0-01.100
- Krause, A. and Bohling,C. 1994. Activity Report on Oil Recoery from Palm Oil Mills Waste Water (April 1994). Thai German Project PN 91.2070.5-01.100
- Krause, A. and Bohling, C. 1994. Activity Report on Oil Recoery from Palm Oil Mills Waste Water (for seminar at Surat Thai in April). Thai-German Project PN 91.2070.5 01-100
- Lok, L.L. 1987. The Applications of Decanters for Palm Oil Clarification. International Oil Palm/Palm Oil Conferences, 29 June-1 July, PORIM/ISP, Kaula Lumpur.
- Ma, A.N, Cheak, S.C and Ong, A.S.H. 1987. Toward Zero Dicharge from Palm Oil Mill. International Oil Palm/Palm Oil Confernce, 29 June-1 July, PORIM/ISP, Kaula Lumpur.

- PORIM 1985. Palm Oil Factory Process Handbook Part I: General Description of the Palm Oil Milling Process. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Ministry of Primary Industries, Malaysia.
- Roge, W. and Velayuthan, A. 1981. Preliminary Trials with Westfalia-3-Phase Decanters for Palm Oil Separation in The Palm Oil Product Technology in the Eighties, E. Pushparajah, June, Kuala Lumpur.
- Royal Tropical Research Institute. 1984. Thailand : Oil Palm Research and Development in Thailand. Royal Tropical Research Institute, Klockner, Netherlands.
- San, C.K. and Chooi, C.F. 1987. Ponding Systems for Palm Oil Mill Effluent Treatment. Proceedings of JAWPRC-Conference, Lisbon 29.06-02.07.87, Pergamon Press, ISBN 0080355986.
- Sinnappa, S. 1978. Treatment Studies of Palm Oil Mill Waste Effluent. International Conference of Water Pollution Control in Developing Countries., February, Bangkok.
- Uexkull, H.R. and Fairhurst, J.H. 1991. Utilization of Fertilizer to Increase Yield and Quality of Palm Oil. International Potash Institute, Worblaufen (CH)., IPI Bulletin No.12