



การบำบัดน้ำเสียจากการทำยางพาราแผ่นโดยระบบไม่ใช้ออกซิเจน
Rubber Sheet Wastewater Treatment by Anaerobic Process

ชอบ บุญช่วย
Chob Boonchuay

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Environmental Management

Prince of Songkla University

2541

(1)

๗

เลขที่	TD ๒๕๕ ๔๗๖ ๐๖๒๑ ๒, ๒
Bib Key	๗๕๕๒๑

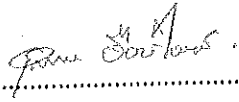
ชื่อวิทยานิพนธ์ การบำบัดน้ำเสียจากการทำยางพาราแผ่นโดยระบบไม่ใช้ออกซิเจน

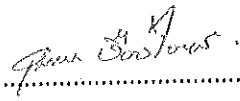
ผู้เขียน นายชอบ บุญช่วย


สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

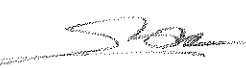
คณะกรรมการที่ปรึกษา

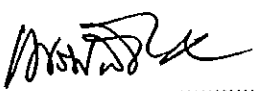
คณะกรรมการสอบ

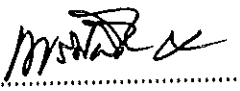

.....ประธานกรรมการ
(ดร. อุดมผล พิชนิไพบูลย์)

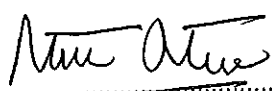

.....ประธานกรรมการ
(ดร. อุดมผล พิชนิไพบูลย์)

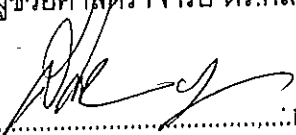

.....กรรมการ
(ดร. สมทิพย์ ดำนธีรวณิชย์)


.....กรรมการ
(ดร. สมทิพย์ ดำนธีรวณิชย์)

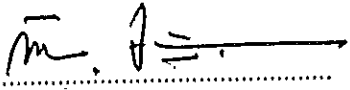

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพริศพิชญ์ คณาธารณา)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพริศพิชญ์ คณาธารณา)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา ศรีสุวรรณ)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สัณหชัย กลิ่นพิกุล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ก้าน จันทร์พรหมมา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การบำบัดน้ำเสียจากการทำยางพาราแผ่นโดยระบบไม่ใช้ออกซิเจน

ผู้เขียน นายชอบ บุญช่วย

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

ในการวิจัยครั้งนี้ ในขั้นต้นได้ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานน้ำเสียของสหกรณ์โรงรมยาง ในจังหวัดสงขลา 10 โรงงาน เลือกศึกษาปริมาณและลักษณะของน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต จำนวน 3 โรงงาน (จาก 10 โรงงาน) พบว่า มีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นในช่วง 7.35-9.05 ลบ.ม./วัน หรือคิดเป็นปริมาณน้ำเสียต่อตันผลผลิตเท่ากับ 5.22-13.44 ลบ.ม.ต่อตันผลผลิต จากกำลังการผลิตอยู่ในช่วงประมาณ 450-2,608 กก./วัน ลักษณะของน้ำเสียรวมพบว่ามีค่า pH ระหว่าง 4.9-6.6, ค่า BOD₅ ระหว่าง 3,250-7,600 มก./ล, ค่า COD ระหว่าง 4,354-9,568 มก./ล, ค่า SS ระหว่าง 60-232 มก./ล, ค่า TKN ระหว่าง 45.99-195.15 มก./ล, ค่า NH₃-N ระหว่าง 42.17-97.73 มก./ล, ค่า TP ระหว่าง 12.09-20.01 มก./ล และค่าซัลเฟต ระหว่าง 102.96-294.82 มก./ล โดยมีอัตราส่วนระหว่างค่า BOD₅ : COD อยู่ในช่วง 0.57-0.79 และมีค่า BOD₅ : N : P เท่ากับ 100:2.8:0.4

นำข้อมูลเบื้องต้นที่ได้มา ทำการทดลองระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ อย่างละ 1 ชุดการทดลอง ภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่แตกต่างกันที่ Hydraulic Retention Time (HRT) เท่ากับ 20, 15, 10 และ 5 วัน จากการศึกษาพบว่า ระบบถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการลดค่า COD เฉลี่ยเท่ากับ 83.2%, 74.8%, 70.4% และ 63.4% ประสิทธิภาพในการลดค่า BOD₅ เฉลี่ยเท่ากับ 74.8%, 71.2%, 63.6% และ 61.8% ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า SS เฉลี่ยเท่ากับ 75.4%, 73.5%, 69.8% และ 63.9% ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า TKN เฉลี่ยเท่ากับ 20.5%, 13.2%, 9.1%, และ 8.2% ของการทดลองที่ Hydraulic Retention Time (HRT) 20, 15, 10 และ 5 วัน ตามลำดับ การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นพบว่า ก๊าซมีเทนเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 52.8% โดยมีปริมาณที่เกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.21 ลิตร/วัน สำหรับในระบบ

ถังหมักไร้อากาศ พบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำกว่าระบบถังกรองไร้อากาศ โดยมีประสิทธิภาพในการลดค่า COD เฉลี่ยเท่ากับ 66.1%, 65.9%, 53.7% และ 47.0% ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD₅ เฉลี่ยเท่ากับ 58.8%, 57.6%, 46.1% และ 44.6% ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า SS เฉลี่ยเท่ากับ 67.7%, 63.2%, 54.3% และ 48.4% ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า TKN เฉลี่ยเท่ากับ 19.6%, 15.6%, 10.5% และ 4.7% ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วัน ตามลำดับ ปริมาณก๊าซมีเทนจากการวิเคราะห์เกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 53.5% โดยมีปริมาตรที่เกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.12 ลิตร/วัน ซึ่งปริมาณก๊าซมีเทนที่ได้จากการทดลองทั้งระบบถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ มีค่าน้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากสูตรตามทฤษฎี

Thesis Title Rubber Sheet Wastewater Treatment by Anaerobic Process
Author Mr. Chob Boonchuay
Major Program Environmental Management
Academic Year 1997

Abstract

This research was conducted to investigate the data base of the wastewater from the smoked sheet rubber plants of The Rubber Plantation Aid Fund Co-operatives in Songkhla. The surveys of the 10 smoked sheet rubber plants were conducted and 3 of those (10 plants) were selected in order to assess the quality and quantity of wastewater. The result obtained illustrated that the plants produce smoked sheet rubber product of about 450-2,608 kg per day and originated wastewater in a range of 7.35-9.05 m³/day. The wastewater generation rate was calculated to be in a range of 5.22-13.44 m³ per ton product. The characteristics of combined wastewater were found as : pH in the range of 4.9-6.6, BOD₅ 3,250-7,600 mg/L, COD 4,354-9,568 mg/L, SS 60-232 mg/L, TKN 45.99-195.15 mg/L, NH₃-N 42.17-97.73 mg/L, TP 12.09-20.01 mg/L and Sulfate 102.96-294.82 mg/L. The ratio between BOD₅ : COD in the range of 0.57-0.79 whereas the BOD₅ : N : P was about 100 : 2.8 : 0.4.

From the data base, a study was carried out to treat the wastewater by using anaerobic filter and anaerobic digester in lab-scale under the different operating conditions in terms of HRT at 20, 15, 10 and 5 days, respectively. Average removal efficiencies for anaerobic filter were as follows : COD 83.2%, 74.8%, 70.4% and 63.4%, BOD₅ 74.8%, 71.2%, 70.4% and 63.4%, SS 75.4%, 73.5%, 69.8% and 63.9%, TKN 20.5%, 13.2%, 9.1% and 8.2% following HRT 20, 15, 10 and 5 days, respectively. Average methane gas production was about 52.8% with average volume of methane produced 1.21 liter/day. Compare with anaerobic filter, less removal efficiencies anaerobic digester were found

COD 66.1%, 65.9%, 53.7% and 47.0%, BOD₅ 58.8%, 57.6%, 46.1% and 44.6%, SS 67.7%, 63.2%, 54.3% and 48.4%, TKN 19.6%, 15.6%, 10.5% and 4.7% following HRT 20, 15, 10 and 5 days, respectively. Average methane gas production was about 53.5% with average volume of methane produced 1.12 liter/day. Methane production from both anaerobic filter and anaerobic digester were lower than that calculated from theoretical consideration.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และการแก้ไขข้อบกพร่องจากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ ดร.อุดมผล พิชนิไพบูลย์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม คือ ดร.สมทิพย์ ด้านธีรวิชัย และ รองศาสตราจารย์ ดร.เพริศพิชญ์ คณาธารณา ซึ่งผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา ศรีสุวรรณ และ รองศาสตราจารย์ ดร.สันหิษฐ์ กลิ่นพิบูล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาเสียสละเวลาในการสอบ การให้คำแนะนำ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง เขต 1 และ เขต 2 ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และอนุญาตให้เข้าไปศึกษาข้อมูลพื้นฐานในภาคสนาม

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสหกรณ์โรงรมยาง และบุคลากรทุกท่านของสหกรณ์โรงรมยางในอำเภอนาทวี อำเภอหาดใหญ่ กิ่งอำเภอบางกล่ำ อำเภอนาหม่อม อำเภอเมือง และอำเภอรัตภูมิ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องของสถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ในการวิจัย และภาควิชาเคมี ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ผลบางค่าในห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณเพื่อน ๆ นักศึกษาปริญญาโททุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยมาด้วยดี

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยตามโครงการ การพัฒนาและศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมของการบำบัดน้ำเสียจากโรงอบ/รมยาง ประจำปี 2539 ในครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่คอยเป็นแรงบันดาลใจและคอยให้กำลังใจในการต่อสู้กับปัญหา และอุปสรรคต่าง ๆ จนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอ บัญช่วย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(11)
รายการตารางผนวก	(13)
รายการภาพประกอบ	(14)
ตัวย่อและสัญลักษณ์	(17)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	5
วัตถุประสงค์	33
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	33
ขอบเขตการวิจัย	33
2. วิธีการวิจัย	35
วัสดุ	35
อุปกรณ์	35
วิธีดำเนินการวิจัย	37
การศึกษาข้อมูลพื้นฐานของสหกรณ์โรจรมยาง	37
การสร้างแบบจำลองของระบบบำบัดน้ำเสีย	38
แผนการทดลอง	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. ผลการวิจัย	43
ข้อมูลพื้นฐานของสหกรณ์โรงรมยางตัวแทนที่ทำการศึกษา	43
ปริมาณน้ำเสีย	53
ลักษณะของน้ำเสีย	56
การจัดการน้ำเสีย	59
ผลการทดลองของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ	61
การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ในระยะเริ่มต้นระบบ	61
ผลการทดลองของถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ	
ภายใต้สภาวะการทำงานที่คงที่ (Steady State)	64
ผลการศึกษาลักษณะของน้ำเสียตามลักษณะการทำงานของ	
ระบบภายใต้ค่า HRT และ Organic Loading ที่แตกต่างกัน	64
ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศ	86
4. บทวิจารณ์	87
การศึกษาข้อมูลพื้นฐานของสหกรณ์โรงรมยาง	87
ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต	87
ลักษณะของน้ำเสีย	89
ผลการทดลองของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ	90
การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์	90
ผลการทดลองของระบบภายใต้สภาวะการทำงานที่คงที่	91
ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศ	99
การออกแบบเบื้องต้นระบบถังกรองไร้อากาศในสภาพ	
การใช้งานจริง	100

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	105
บทสรุป	105
ข้อเสนอแนะ	109
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยเพิ่มเติม	110
บรรณานุกรม	111
ภาคผนวก	117
ประวัติผู้เขียน	170

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1. ลักษณะของน้ำเสียที่ได้จากการทำยางพาราแผ่นโดยวิธีเติมกรดฟอร์มิก	4
2. ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ	6
3. ลักษณะของน้ำเสียจากการทำยางพาราแผ่นในชนบท	11
4. ปริมาณสารพิษที่มีผลต่อระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน	17
5. เปอร์เซนต์ของความพรุนและพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางชนิดต่าง ๆ	24
6. วิธีการวิเคราะห์ลักษณะของน้ำเสีย	38
7. ลักษณะการทำงานของระบบถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ	41
8. ปริมาณน้ำเสียจากแต่ละกระบวนการผลิตและปริมาณน้ำเสียรวมของ สหกรณ์โรงรมยางที่ทำการศึกษา	53
9. ลักษณะของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและน้ำเสียรวมของสหกรณ์โรงรมยาง ที่ทำการศึกษา	57
10. อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบถังกรองไร้อากาศและถังหมัก ไร้อากาศ	65
11. ค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และ ที่ออกจากระบบเมื่อมีการ เปลี่ยนแปลงค่า HRT	66
12. ค่าความเป็นเบสเฉลี่ย ของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	68
13. ค่ากรดระเหยเฉลี่ย ของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และที่ออกจากระบบ เมื่อ มีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	70
14. ค่า COD เฉลี่ยของน้ำเสีย ในระดับความสูงต่าง ๆ และ ที่ออกจากระบบ และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	72
15. ค่า BOD ₅ เฉลี่ยของน้ำเสีย ในระดับความสูงต่าง ๆ และ ที่ออกจากระบบ และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	76

รายการตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
16. ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำเสียในระดับ ความสูงต่าง ๆ และ ที่ออกจากระบบ และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	78
17. ค่า TKN เฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และ ที่ออกจากระบบ และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	81
18. ค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ เฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	82
19. ปริมาณก๊าซเฉลี่ยที่เกิดขึ้น และผลการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบของก๊าซจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในแต่ละแผนการทดลอง	85
20. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในห้องปฏิบัติการ กับการคำนวณของถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ	98

รายการตารางผนวก

ตารางผนวก	หน้า
1. ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง และปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำในช่วงของการเริ่มต้นระบบ	116
2. ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสียและปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำในระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ของการทดลองที่ HRT 20 วัน	122
3. ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสียและปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำในระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ของการทดลองที่ HRT 15 วัน	133
4. ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสียและปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำในระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ของการทดลองที่ HRT 10 วัน	138
5. ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสียและปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำในระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ของการทดลองที่ HRT 5 วัน	144
6. ช่วงของค่าบีโอดี และวิธีการเจือจางน้ำ	153
7. น้ำหนักและความเข้มข้นของน้ำยาเคมีที่ใช้กับขนาดตัวอย่างต่าง ๆ	157

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1. ที่มาของน้ำเสียในขั้นตอนการทำยางพาราแผ่นของสหกรณ์โรงรมยาง	3
2. ขั้นตอนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน	14
3. อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อน้ำหนักของจุลินทรีย์กับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย	20
4. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียและประสิทธิภาพในการกำจัดกับระยะเวลาการเก็บกักตะกอน (SRT)	21
5. ลักษณะของถังกรองไร้อากาศ	23
6. รายละเอียดแบบจำลองถังกรองไร้อากาศที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ	39
7. ลักษณะของชุดประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ	40
8. แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสหกรณ์โรงรมยางตัวแทนที่ทำการศึกษาในจังหวัดสงขลา	45
9. กระบวนการผลิตและจุดกำเนิดน้ำเสียจากการทำยางพาราแผ่นของสหกรณ์โรงรมยาง	48
10. ขั้นตอนของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นของสหกรณ์โรงรมยาง	49
11. สภาพการจัดการน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตของสหกรณ์โรงรมยาง	60
12. ลักษณะของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและลักษณะของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่มีการปรับ pH แล้ว	62
13. ลักษณะของน้ำเสียในแต่ละความสูงและที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลองถังกรองไร้อากาศในช่วงของการเริ่มต้นระบบ	63
14. ลักษณะของน้ำเสียในแต่ละความสูงและที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลองถังหมักไร้อากาศในช่วงของการเริ่มต้นระบบ	63
15. ค่า SCOD ของน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในช่วงของการเริ่มต้นระบบ	64

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
16. ค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสียที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	66
17. ค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	67
18. ค่าความเป็นเบสเฉลี่ยของน้ำเสียที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	68
19. ค่าความเป็นเบสเฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	69
20. ค่ากรดระเหยเฉลี่ยของน้ำเสียที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	70
21. ค่ากรดระเหยเฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	71
22. ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดค่า COD ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	73
23. ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดค่า COD ของน้ำเสียในระดับความสูง ต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	74
24. ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดค่า BOD ₅ ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	76
25. ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดค่า BOD ₅ ของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	77
26. ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย ของน้ำเสีย ที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	79
27. ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	80
28. ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดค่า TKN ของน้ำเสียที่ออกจากระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	82

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
29. ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดค่า TKN ของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT	83
30. การสะสมปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลองของการทดลองที่ HRT 20,15,10 และ 5 วัน	84
31. ลักษณะของตัวกลางก่อนและหลังการทดลอง ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองตั้งกรองไร้อากาศ	86

ตัวย่อและสัญลักษณ์

- BOD₆ = (Biochemical Oxygen Demand) คือ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ชนิดที่ย่อยสลายได้ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 20±1 องศาเซลเซียส
- COD = (Chemical Oxygen Demand) คือ ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยกระบวนการทางเคมี
- HRT = (Hydraulic Retention Time) คือ ระยะเวลาที่น้ำถูกกักพักอยู่ในถังที่มีการไหลอย่างต่อเนื่องซึ่งจะมีค่าเท่ากับ ปริมาตรของถังหารด้วยอัตราการไหลของน้ำ
- SRT = (Solid Retention Time) คือ ระยะเวลาเฉลี่ยที่ตะกอนถูกกักอยู่ในระบบกำจัดน้ำเสีย ซึ่งเปรียบเสมือนกับอายุของตะกอน
- pH = พีเอช คือ ส่วนกลับของลอการิทึมของความเข้มข้น ของไฮโดรเจนอิออนต่อสารละลาย 1 ลิตร
- ลบ.ม./วัน = ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
- มก./ล = มิลลิกรัมต่อลิตร
- กก./ลบ.ม./วัน = กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

บทที่ 1

บทนำ

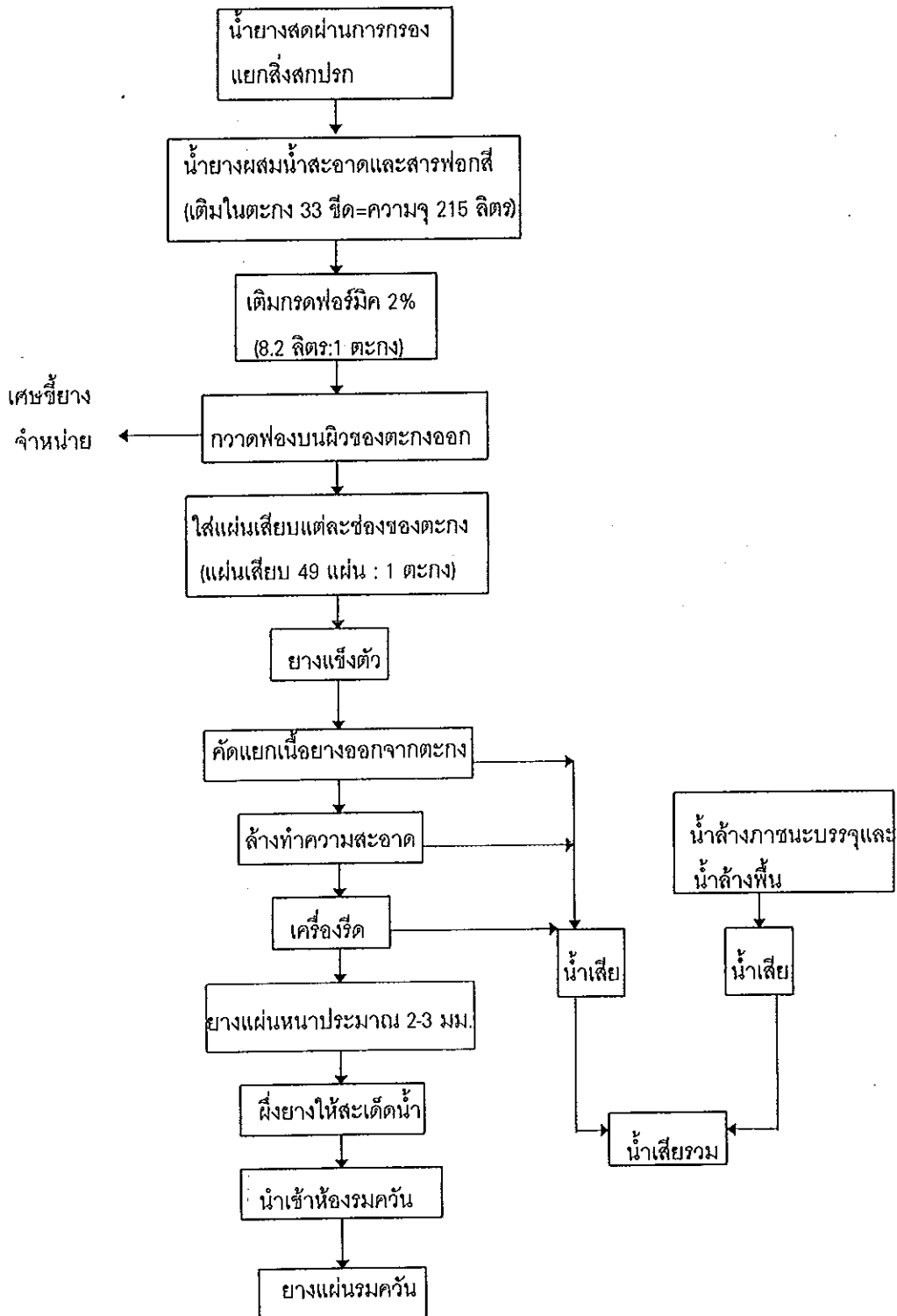
บทนำต้นเรื่อง

ยางพาราหรือยางธรรมชาติ จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย เป็นหนึ่งในสินค้าที่ทำรายได้จากการส่งออกปีละเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันไทยเป็นประเทศที่สามารถส่งออกยางพาราได้เป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยมีมูลค่าส่งออกถึง 30,000 ล้านบาทต่อปี นับตั้งแต่ปี พ.ศ.2530 เป็นต้นมา ยางพารามีการขยายตัวในด้านปริมาณการส่งออกมาโดยตลอด เฉลี่ยในระยะ 5 ปี เพิ่มขึ้นกว่า 100,000 เมตริกตันต่อปี การส่งออกยางพาราของไทยในปี พ.ศ. 2536 มีมูลค่า 29,181 ล้านบาท โดยเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2535 ประมาณร้อยละ 1 ซึ่งนับว่าการส่งออกยางพาราของไทยมีปริมาณและมูลค่ามากที่สุดในโลก เมื่อเทียบกับผู้ผลิตยางพาราอื่น ๆ เช่น มาเลเซีย และอินโดนีเซีย และปริมาณการผลิตยางพาราของไทยยังมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากมีการปลูกยางพันธุ์ดี ซึ่งสามารถให้ผลผลิตสูงกว่ายางพันธุ์พื้นเมืองเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งเพื่อเป็นการตอบสนองในอุตสาหกรรมการแปรรูปยาง เช่น อุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ยางพารา ถูมียาง ท่อยาง สายพาน และยางรถยนต์ ซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน (สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, 2537)

จากการเก็บข้อมูลของสถาบันวิจัยการยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร พบว่า ในปี พ.ศ. 2534 ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกยางพาราทั้งสิ้น 11.2 ล้านไร่ อยู่ใน 14 จังหวัดภาคใต้ 9.7 ล้านไร่ อยู่ใน 5 จังหวัดภาคตะวันออก 1.1 ล้านไร่ และอีก 0.4 ล้านไร่ อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจังหวัดสงขลามีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุด ประมาณ 1.7 ล้านไร่ และในปี พ.ศ. 2537 มีเกษตรกรมากกว่า 6 ล้านคน หรือ 8 แสนครอบครัว ที่ประกอบอาชีพการทำสวนยางพารา โดยเนื้อที่ถือครองเฉลี่ยประมาณ 19.6 ไร่ต่อครัวเรือน (สนธิยา ศรีธรรมมา, 2537) การผลิตยางธรรมชาติ เกษตรกรชาวสวนยางส่วนมากจะแปรรูปน้ำยางสดเป็นยางแผ่นดิบ จำหน่ายให้พ่อค้าคนกลาง ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องราคาขายตกต่ำ และเกิดภาวะขาดแคลนแรงงานกรีดยางเพิ่มมากขึ้น รัฐบาลจึงได้มีนโยบายในการส่งเสริมให้เกษตรกรชาวสวนยางรวมตัวกันผลิต และรวมตัวกันขายในรูปของสหกรณ์เพื่อจะเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการผลิต และสร้างอำนาจต่อรองในการขาย โดยได้จัดตั้งสหกรณ์โรงอบ/รม ยาง จำนวน 700 โรงงาน (ในปีงบประมาณ 2537 จำนวน 300 โรงงาน และ ในปีงบประมาณ 2538 จำนวน 400 โรงงาน) รวมกำลังการผลิต 280,000 ตันต่อปี โดยก่อสร้างในพื้นที่แห่งละประมาณ 3 ไร่ ในทำเลที่เหมาะสม คือ มีไฟฟ้า น้ำใช้ และการคมนาคมที่สะดวก การจัดตั้งโรงงานอบ/รมยางในอนาคต ยังมีแนวโน้มที่จะจัดตั้งให้ครอบคลุมพื้นที่เพิ่มมากขึ้น คือจะเพิ่มเป็น 1,500 โรงงาน ซึ่งสามารถทำยางแผ่นรมควันได้ประมาณปีละ 600,000 ตัน หรือคิดเป็น 37.5 % ของผลผลิตยางทั้งประเทศ ทั้งนี้เพื่อเป็นการรองรับความต้องการใช้ยางธรรมชาติภายในประเทศ และต่างประเทศที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน (สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง เขต 2 สงขลา, 2537)

ในกระบวนการผลิตของสหกรณ์โรงอบ/รมยางแต่ละโรงงาน จะมีขนาดกำลังการผลิต 2 ตันต่อวัน ซึ่งจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นดังกล่าว จะก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะเกิดจากขั้นตอนของการคัดแยกเนื้อยาง การล้างแผ่นยางให้สะอาด การรีดแผ่นยาง การล้างภาชนะบรรจุหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ และจากการล้างพื้นทำความสะอาดโรงรมยาง ดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ที่มาของน้ำเสียในขั้นตอน การทำยางพาราแผ่นของสหกรณ์โรงรมยาง

น้ำเสียที่เกิดมาจากการผลิตยางพาราแผ่น หลังจากคัดแยกเนื้อยางออกไปแล้ว จะประกอบด้วยสารอินทรีย์อยู่มาก (ตาราง 1) โดยเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำชีรั่ม ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นน้ำใสของน้ำยาง หลังจากการแปรรูปเบื้องต้นของน้ำยางเป็นยางแผ่นแล้ว

ตาราง 1 ลักษณะของน้ำเสียที่ได้จากการทำยางพาราแผ่น โดยวิธีเติมกรดฟอร์มิก

คุณสมบัติ	ผลการวิเคราะห์
pH	4.9
Total Nitrogen (mg/L)	115
NH ₃ -N (mg/L)	100
BOD ₅ (mg/L)	2,615

ที่มา : อรรถ หันพงศ์กิตติกุล, 2524

นอกจากนั้นในกระบวนการผลิต ยังมีการใช้น้ำในปริมาณที่มากสำหรับการล้างอุปกรณ์ต่าง ๆ และการล้างแผ่นยางให้สะอาด ซึ่งในสภาพปัจจุบันการดำเนินงานของสหกรณ์โรกรมยาง ยังไม่ได้คำนึงถึงปริมาณการใช้น้ำในบางขั้นตอนของการผลิต ซึ่งมากเกินความจำเป็น และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของน้ำเสียที่เกิดขึ้น ไม่ได้ดำเนินการบำบัดที่ถูกต้อง จะดำเนินการเพียงแค่การปล่อยให้ไหลไปพักอยู่ที่บ่อพักน้ำเสีย แล้วปล่อยให้ซึมลงไปในดิน โดยขนาดและจำนวนบ่อไม่มีความเหมาะสมกับกำลังการผลิต และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ทำให้ปัจจุบันเกิดสภาพน้ำเอ่อล้นออกจากบ่อ ส่งกลิ่นเหม็นรบกวนต่อเกษตรกรเองและคนข้างเคียง และหากน้ำเสียเหล่านี้ถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านการบำบัดก่อน ก็จะสามารถก่อให้เกิดปัญหามลภาวะกับแหล่งน้ำได้เป็นอย่างมาก

เพราะฉะนั้น แนวทางที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหาก็คือ การลดปริมาณการใช้น้ำในบางขั้นตอนของกระบวนการผลิต การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความเหมาะสม และความเป็นไปได้ ในการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตหรือการล้างทำความสะอาดโรงมยางอีกครั้งหนึ่ง สำหรับวิธีการบำบัดน้ำเสียซึ่งมีสารอินทรีย์สูง

แต่ละวิธีมีความเหมาะสมตามสภาพการใช้งานแตกต่างกันไป ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Wastewater Treatment) เป็นระบบบำบัดทางชีววิทยาระบบหนึ่ง ที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูง ในการลดปริมาณสารอินทรีย์ และในการศึกษาครั้งนี้ จึงสนใจที่จะใช้ระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนระบบหนึ่ง สำหรับการลดปริมาณสารอินทรีย์ อีกทั้งเป็นระบบที่ดูแลง่าย เสียค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างและเดินระบบน้อย ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อย เมื่อเทียบกับระบบอื่น ๆ อันเป็นการศึกษาเพื่อหาเทคโนโลยีใหม่ สำหรับเป็นทางเลือกในการจัดการน้ำเสียจากการทำยางพาราแผ่นของสหกรณ์โรงมยางต่อไป

การตรวจเอกสาร

1. น้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางสดจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือสีครีม ในทางเคมีจัดเป็นสารแขวนลอย มีความหนาแน่น 0.975-0.980 กรัม/มิลลิลิตร มี pH ประมาณ 6.5-7.0 ความหนืดไม่แน่นอน มีส่วนประกอบของสารต่าง ๆ ไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุต้นยาง การกรีด และฤดูกาล (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2536) สำหรับสมบัติและส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติโดยปริมาตร แสดงไว้ดังตาราง 2

ส่วนประกอบของน้ำยางสดแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้ (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2536)

1. ส่วนที่เป็นยาง (Dry Rubber Sheet) เป็นสารประกอบไฮโดรเจนที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม เขียนเป็นสูตรเคมีคือ $(C_5H_8)_n$ เรียกชื่อทางเคมีว่า โพลีไอโซพรีน (Polyisoprene) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 100,000 รูปร่างของอนุภาคยางเป็นรูปกลม หรือรูปลูกแพร์ ขนาด 0.05-5 ไมครอน มีประจุไฟฟ้าที่ผิวเป็นลบ เคลื่อนที่แบบบราวเนียนไปมาตลอดเวลา ยางมีความยืดหยุ่นได้ เนื่องจากโมเลกุลขนาดใหญ่ของยางแต่ละโมเลกุล เป็นของสายโมเลกุลที่เกิดจากหน่วยย่อยไอโซพรีนต่อเนื่องกัน ยางชิ้นหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยขดของสายโมเลกุลที่พันกันอย่างยุ่งเหยิง สายโมเลกุลเหล่านี้มีสมบัติถูกหักงอหรือยืดได้ การดึงหรือยืดชิ้นยางก็เท่ากับยืดสายโมเลกุลของยางให้คลายออก แต่เมื่อปล่อย

คืนให้ความเป็นอิสระกับชิ้นยาง สายโมเลกุลยางก็จะพยายามหดตัวกลับมาขดอยู่ในสภาพเดิม

ตาราง 2 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)
ของแข็งทั้งหมด	36
เนื้อยางแห้ง	33
โปรตีน	1-1.5
เรซิน	1-2.5
เถ้า	1
น้ำตาล	1
น้ำ (ในปริมาณที่รวมแล้วเป็น)	100

ที่มา : ผลชิต บัวแก้ว, 2531

ปริมาณเนื้อยางของน้ำยางธรรมชาติ อาจแปรปรวนตั้งแต่ 25-45% ปริมาณความแตกต่างระหว่างปริมาณสารที่เป็นยางแข็งทั้งหมดในน้ำยาง กับปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 3% แต่ถ้าเป็นกรณีของน้ำยางที่ปั่นทำให้ข้นแล้ว ความแตกต่างดังกล่าวลดเหลือเพียงประมาณ 1-2% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพ และการปรับเครื่องปั่น

2. ส่วนประกอบที่ไม่ใช่ยาง (Non Rubber Content) เป็นส่วนประกอบอื่น ๆ ทั้งหมดที่ไม่ใช่ส่วนที่เป็นยาง ซึ่งพบว่าประกอบด้วย

2.1 คาร์โบไฮเดรต ส่วนใหญ่เป็นพวกแอลเมธิลไลโนซิทอล (L-Methylinositol) ส่วนคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ ซึ่งมีอยู่จำนวนน้อย ได้แก่ กลูโคส ซูโครส ฟรุคโตส และกาแลคโตส น้ำตาลเหล่านี้เมื่อถูกออกซิไดซ์โดยจุลินทรีย์ จะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดระเหยได้ (Volatile Fatty Acid) เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพรไพโอนิก

2.2 โปรตีนและกรดอะมิโน มีหลายชนิดที่สำคัญคือ

2.2.1 แอลฟา โกรบูลิน (α - Globulin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีสมบัติเป็น Surface-active จะอยู่บนรอยต่อระหว่างน้ำและอากาศ และน้ำมันกับน้ำได้ทันที ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในกรด ต่าง และเกลือ มี Isoelectric Point ที่ pH เท่ากับ 4.8 ซึ่งเป็นจุดที่ใกล้เคียงกับน้ำอย่างมาก

2.2.2 เฮวาลิน (Hevalin) จะอยู่ที่อนุภาคของเม็ดยาง และละลายอยู่ในชั้นน้ำ มีค่า Isoelectric Point ที่ pH เท่ากับ 4.5 มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบอยู่ 5 % เมื่อน้ำยางเกิดการบดเน่า โปรตีนส่วนหนึ่งละลายน้ำให้สารประกอบพวกไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสารเมอร์แคปแทน ซึ่งทำให้มีกลิ่นเหม็นได้

2.3 องค์ประกอบอื่น ๆ มีสารพวกที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนอิสระ เช่น โคลีน (Choline) เมธิลลามีน (Methylamine) กรดอินทรีย์ (Organic Acid) กรดอนินทรีย์ (Inorganic Acid) อนุมูลของสารอินทรีย์โดยเฉพาะพวกฟอสเฟตและคาร์บอนเนต และอนุมูลของโลหะ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกเหล็ก แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม ทองแดง นอกจากนี้ยังมีไซยาไนด์ประมาณ 0.25%

2. กระบวนการผลิตยางพาราแผ่นในสหกรณ์โรงรมยาง

กระบวนการผลิตยางพาราแผ่นในสหกรณ์โรงรมยาง จะมีขั้นตอนของการดำเนินการ ดังนี้ (สถิตย์พันธ์ ธรรมสถิตย์, 2537)

2.1 การรวบรวมน้ำยางจากชาวสวนยาง

2.1.1 น้ำยางที่นำส่งโรงรมยางต้องสด สะอาด ไม่เป็นเม็ดพริกไม่เจือปนสิ่งอื่นใดลงในน้ำยาง น้ำยางที่เหมาะสมกับการทำยางแผ่น คือ น้ำยางที่ใช้ภาชนะบรรจุที่สะอาด และใช้เวลาขนส่งจากสวนยางถึงโรงงานภายใน 1 ชั่วโมง

2.1.2 ไม่ควรผสมแอมโมเนียเข้มข้นลงในน้ำยาง เพราะเป็นผลให้น้ำยางบดเสียหาย และแผ่นยางแห้งที่ได้จะมีสีคล้ำกว่าปกติ หากจำเป็นต้องใส่สารกันบูดเน่าของน้ำยาง จะใช้โซเดียมซัลไฟท์ในรูปของสารละลาย 3% ของน้ำหนักต่อปริมาตร ในอัตรา 0.02-0.05%

2.1.3 เทน้ำยางจากถังเก็บน้ำยางของสมาชิกที่ส่งยาง ผ่านตะแกรงกรองน้ำยางเบอร์ 40 ลงสู่ถัง 50 ลิตร แล้วชั่งและจดน้ำหนักน้ำยางสดไว้ในทะเบียนแสดงจำนวนยาง

ของสมาชิก และมีการหาเนื้อยางแห้งจากน้ำยางสดโดยการอบแห้ง เพื่อชั่งหาน้ำหนักยางที่แท้จริง

2.1.4 เมื่อชั่งน้ำยางของสมาชิกแต่ละคนเสร็จแล้ว เทน้ำยางผ่านตะแกรงเบอร์ 60 เมส ลงในถังรวมน้ำยางของโรงงาน เพื่อหาความเข้มข้นใหม่

2.2 การทำยางแผ่นดิบรมควัน

ปัจจัยสำคัญของการทำยางแผ่นดิบ คือ

2.2.1 ต้องทราบความเข้มข้นของน้ำยางสดของสมาชิกที่เทรวมกันแล้ว ว่ามีความเข้มข้นเท่าไร ซึ่งต้องทำให้เร็วที่สุด ซึ่งมีวิธีหาอยู่ 2 วิธี คือ การใช้เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะของน้ำยาง ที่เรียกว่า เมโทรแลค และการใช้สถิติเฉลี่ยความเข้มข้นของน้ำยางที่สมาชิกนำส่งโรงรมยาง

2.2.2 ต้องทราบวิธีการเจือจางน้ำยางสด ให้มีความเข้มข้นถูกต้อง ตรงตามชนิดของยางแผ่นดิบรมควัน แต่เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำยางมีการเปลี่ยนแปลงทุกวัน จึงได้มีการกำหนดสัดส่วนของการใช้น้ำยาง และน้ำสะอาดขึ้น ตามความผันแปรของความเข้มข้นของน้ำยาง หรือคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณน้ำยางสด(ต่อ 1 ตะก) = } \frac{\text{ความจของตะก(33 ซีดตะก) } \times \text{ความเข้มข้นที่ต้องการ (15 \%)}}{\text{ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำยางสด}}$$

2.2.3 การคำนวณการใช้กรดฟอร์มิค สำหรับการทำยางพาราแผ่นรมควัน 1 ตะก ใช้กรดฟอร์มิค 90% ปริมาตร 178 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำสะอาด 8,000 มิลลิลิตร จะได้กรดฟอร์มิค 2% ปริมาตร 8,178 มิลลิลิตร (ปรับให้เป็น 8.2 ลิตร) และมีการใช้สารฟอกสีพวกไฮเดียมเมตะไบซัลไฟท์ อัตราประมาณ 1 ช้อนแกงต่อ 1 ตะก โดยใส่ให้ละลายกับสารละลายกรดฟอร์มิค 2% เพื่อให้ยางแผ่นมีสีเหลืองสวยงาม โดยจะมีความจำเป็นมากในระยะต้นฤดูกาลกรีดยาง ซึ่งยางแผ่นมักจะมีสีคล้ำ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยบำรุงหรือเนื่องจากพันธุ์ยางบางตระกูล

2.2.4 ปล่อยน้ำยางจากถังรวมน้ำยาง ผสมกับน้ำสะอาดตามสัดส่วน ซึ่งจะได้ความจตะกทั้งหมด 33 ซีดตะก (215 ลิตร) ใช้ไม้พายกวนให้น้ำยางและน้ำผสมกันอย่างทั่วถึง และรีบเติมกรดฟอร์มิค 2 % จำนวน 8.2 ลิตรต่อหนึ่งตะก ใช้ไม้พายกวนให้เข้ากันอีกครั้ง ฟองที่เกิดขึ้นบนผิวตะกให้กวาดออก เพราะฟองนี้จะทำให้เกิดตำหนิในแผ่นยาง หลัง

จากนั้นให้ใส่แผ่นเสียบให้ตรงกับช่องเสียบแต่ละช่อง (แผ่นเสียบ 49 แผ่น ต่อ หนึ่งตะก) เมื่อยางแข็งตัวแล้ว (หลังจากใส่น้ำกรดประมาณ 4 ชั่วโมง) ให้ฉีดน้ำสะอาดลงไปบนตะกให้น้ำท่วมยางทุกส่วน เพื่อป้องกันผิวยางเป็นสีคล้ำ อันเนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อรา หรือ แบคทีเรียในอากาศ

2.3 การรีดยาง

หลังจากยางแข็งตัวแล้ว ให้ดึงแผ่นเสียบออกจากตะก แล้วนำไปล้างให้สะอาดในรางล้างยาง พร้อมทั้งจะป้อนยางเข้าแท่นจักรรีดต่อไป (ขับเคลื่อนด้วยพลังไฟฟ้า 3.75 กิโลวัตต์) ซึ่งจะได้ความหนาของยางแผ่นประมาณ 2-3 มิลลิเมตร นำยางที่รีดแล้วไปวางพาดบนราวไม้ไผ่ เพื่อให้สะอาดน้ำประมาณ 1-2 ชั่วโมง ก่อนนำเข้าห้องอบ/รมยาง

2.4 การอบ/รมยาง

นำยางแผ่นที่สะอาดแล้วเข้าห้องรมควัน โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 50-70 องศาเซลเซียส (สูงสุดไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส) โดยใช้การเผาไหม้ของฟืนในเตา โดยปกติจะใช้เวลารมควัน 4 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศด้วย

2.5 การคัดชั้นยาง

การคัดชั้นยางนั้น จะใช้การมองเป็นการตัดสินตามหลักการที่กำหนด โดยสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ซึ่งมีข้อกำหนดของยางแผ่นรมควันชั้นต่าง ๆ คือ

2.5.1 ยางแผ่นรมควันชั้นพิเศษ ซึ่งต้องเป็นยางแผ่นรมควันที่ผลิต โดยมีการควบคุมอย่างเต็มที่ ก้อนยางแต่ละก้อนต้องไม่ขึ้นรา ไม่ปรากฏจุดหรือริ้วรอยต่างดวงของยางถูกรมควันมากเกินไป แผ่นยางต้องแห้งดี สะอาด รมควันสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น ปราศจากฟองอากาศ สิ่งสกปรก ตลอดจนสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ

2.5.2 ยางแผ่นรมควันชั้น 1 ก้อนยางแต่ละก้อนต้องไม่ขึ้นรา ไม่ปรากฏจุดหรือริ้วรอยของยางถูกรมควันมากหรือน้อยเกินไป ยางต้องแห้งดี สะอาด รมควันสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น ปราศจากฟองอากาศ สิ่งสกปรก ตลอดจนสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ

2.5.3 ยางแผ่นรมควันชั้น 2 ก้อนยางมีราขึ้นได้บ้าง แต่ต้องไม่เกิน 5% (ก้อนยางตัวอย่าง) แผ่นยางมีฟองอากาศบ้าง แต่ปราศจากร่องรอยของการถูกรมควันไม่สม่ำเสมอ ยางต้องแห้งดี สะอาด ไม่มีจุดต่างของสิ่งสกปรกหรือสิ่งแปลกปลอม

2.5.4 ยางแผ่นรมควันชั้น 3 ก้อนยางมีราขึ้นได้บ้างแต่ต้องไม่เกิน 10% (ก้อนยางตัวอย่าง) แผ่นยางมีจุดต่าง และฟองอากาศบ้าง แต่ต้องไม่มีร่องรอยของยางถูกรมควันไม่สม่ำเสมอ ยางต้องแห้งดี สะอาด ไม่มีสิ่งแปลกปลอม

2.5.5 ยางแผ่นรมควันชั้น 4 ก้อนยางมีราขึ้นได้บ้าง แต่ต้องไม่เกิน 20% (ก้อนยางตัวอย่าง) แผ่นยางมีจุดต่าง ฟองอากาศ และร่องรอยของการรมควันไม่ถูกต้องปานกลาง ยางต้องแห้งดี ไม่มีสิ่งแปลกปลอม

2.5.6 ยางแผ่นรมควันชั้น 6 ก้อนยางมีราขึ้นได้บ้าง แต่ต้องไม่เกิน 30% (ก้อนยางตัวอย่าง) แผ่นยางมีจุดต่าง ฟองอากาศ และร่องรอยของการรมควันไม่ถูกต้องขนาดใหญ่

3. น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น

น้ำยางที่ได้จากต้นยางประกอบด้วยส่วนที่เป็นยางและส่วนที่ไม่ใช่ยาง สารประกอบที่ไม่ใช่ยางในน้ำยาง เมื่อรวมตัวกันแล้วจะมีปริมาณ 4% ประกอบด้วยโปรตีน ไชมันคาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุต่าง ๆ (ดังรายละเอียดหัวข้อ 1) สารประกอบเหล่านี้บางส่วนจะจับตัวกับยาง แต่ส่วนใหญ่อยู่ในซีรัม แม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่ก็เป็สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียได้

การเสียของน้ำยางและลักษณะน้ำเสียจากการทำยาง โดยปกติน้ำยางที่อยู่ในต้นยางจะสะอาด ปราศจากจุลินทรีย์ แต่เมื่อออกจากต้นยางแล้วจะมีจุลินทรีย์ปะปนทันที โดยอาจมาจากรอยแผลที่กรีด เปลือกต้นยาง มีดกรีดยาง และภาชนะใส่ยาง เนื่องจากในน้ำยางมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่าง ๆ จุลินทรีย์จึงเจริญเติบโตในน้ำยางได้อย่างรวดเร็ว จุลินทรีย์ที่พบในน้ำยางมีมากกว่า 100 ชนิด และที่พบมากคือ *Micrococcus*, *Serratia*, *Bacillus* และ *Escherichia* เมื่อทิ้งน้ำยางไว้นาน ๆ ก็เกิดกลิ่นเหม็นมาก (อรรถุ พันพงศ์กิตติกุล, 2524) ในกระบวนการผลิตของสหกรณ์โรงรมยางก็เช่นเดียวกัน จากกำล้างการผลิต 2 ต้นต่อวัน จะก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียขึ้นเป็นจำนวนมาก จากขั้นตอนการคัดแยกเนื้อยาง การรีดแผ่นยาง การล้างแผ่นยางให้สะอาดและการล้างอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังภาพประกอบ 1

ซึ่งการทำยางหลังจากแยกยางออกไปแล้ว ซีรัมหรือน้ำเสียจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันตามวิธีทำยาง จากผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ได้จากการทำยางพาราแผ่น โดยการเติมกรดฟอร์มิค ซึ่งศึกษาโดย อรรถุ พันพงศ์กิตติกุล (2524) ได้แสดงผลดังตาราง 1

และจากการศึกษาลักษณะน้ำเสีย จากการทำayangพาราแผ่นในชนบท ในจังหวัด สุราษฎร์ธานี โดย ศิริชัย ตั้งอมรสติตย์ และคณะ (2531) ได้แสดงผลไว้ดังตาราง 3

ตาราง 3 ลักษณะของน้ำเสียจากการทำayangพาราแผ่นในชนบท

คุณสมบัติ	ผลการวิเคราะห์
pH	4.5
Total Solids (mg/L)	17,000
Suspended Solids (mg/L)	1,640
BOD ₅ (mg/L)	7,600
COD (mg/L)	15,300
Total Nitrogen (mg/L)	318.6
NH ₃ -N (mg/L)	67.0

ที่มา : ศิริชัย ตั้งอมรสติตย์ และคณะ, 2531

4. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน

4.1 หลักการของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีไม่ใช้ออกซิเจน เป็นวิธีที่ไม่ต้องเติมออกซิเจน หรือเรียกว่า ระบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือถังหมัก ระบบนี้เริ่มนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นเพราะสามารถประหยัดพลังงานในการเติมอากาศ และยังสามารถผลิตพลังงานที่เกิดจากระบบไม่ใช้ออกซิเจน ได้แก่ ก๊าซมีเทน (Methane Gas) ซึ่งเป็นก๊าซที่ใช้ในการหุงต้มทำอาหารได้ และใช้ในการต้มน้ำในหม้อต้มน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมได้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบของถังปฏิกริยาขึ้นมาเรื่อย ๆ จนสามารถบำบัดน้ำเสียที่มี BOD₅ น้อย เช่น น้ำเสียจากชุมชน (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีข้อดีกว่าการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน ที่สำคัญ คือ (เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2524)

4.1.1 ในปฏิกริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายได้ประมาณ 80-90% จะถูกทำลายเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่นำไปสังเคราะห์สร้างเซลล์จึงมีน้อยมาก ส่วนในปฏิกริยาแบบใช้ออกซิเจนนั้น สารอินทรีย์ประมาณ 50% จะถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงมีปัญหการบำบัดตะกอนน้อยมาก เมื่อเทียบกับปัญหการบำบัดกากตะกอน ของการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน เช่น ระบบ Activated Sludge

4.1.2 ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน ปริมาณอาหารเสริมสร้างที่ต้องการ จะน้อยกว่าในระบบใช้ออกซิเจน เพราะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมีอัตราต่ำกว่า

4.1.3 การที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดลงได้มาก

4.1.4 ได้ก๊าซมีเทน ซึ่งอาจนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

แต่การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีข้อเสียที่สำคัญคือ แบคทีเรียที่ใช้ในการบำบัด เจริญเติบโตได้ช้า จึงทำให้ต้องใช้เวลานานในการเริ่มต้นระบบบำบัด (Start-up) และระบบบำบัดปรับตัวได้ไม่ดี ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำเสีย ปริมาณ BOD₅ อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ นอกจากนี้ในการบำบัดจะเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งทำให้มีกลิ่นเหม็น และน้ำเสียอาจมีสีดำได้ เนื่องจากไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำปฏิกริยากับสารประกอบโลหะต่าง ๆ ในน้ำเสีย เกิดเป็นสารประกอบซัลไฟด์ ซึ่งมีสีดำ

4.2 ชีวเคมีและจุลชีววิทยาของระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน

หลักการบำบัดของระบบนี้ คือ ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่มีโมเลกุลใหญ่ ๆ ไปเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กลงเรื่อย ๆ โดยอาศัยปฏิกริยาชีวเคมี (ภาพประกอบ 2) ซึ่งแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ (เพ็ชรพร ชาวกิจเจริญ, 2538)

ขั้นที่ 1 กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

กระบวนการนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า กระบวนการแตกสลายโพลีเมอร์ (Polymer Break-down) ในขั้นนี้ สารประกอบอินทรีย์ประเภทซับซ้อนทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน จะถูกทำให้ละลายน้ำโดยปฏิกริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งใช้เอนไซม์ที่ขับออกมาสู่ภายนอกเซลล์ของแบคทีเรีย เป็นตัวเร่งปฏิกริยา ผลของปฏิกริยาจะได้สารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ซับซ้อน และละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน กรด

ไขมัน ในขั้นกระบวนการนี้ เป็นเพียงการเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ที่ซับซ้อน ไปเป็นสารประกอบอินทรีย์อย่างง่าย ยังไม่มีการลดซีไอดีในขั้นตอนนี้

ขั้นที่ 2 กระบวนการอะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis)

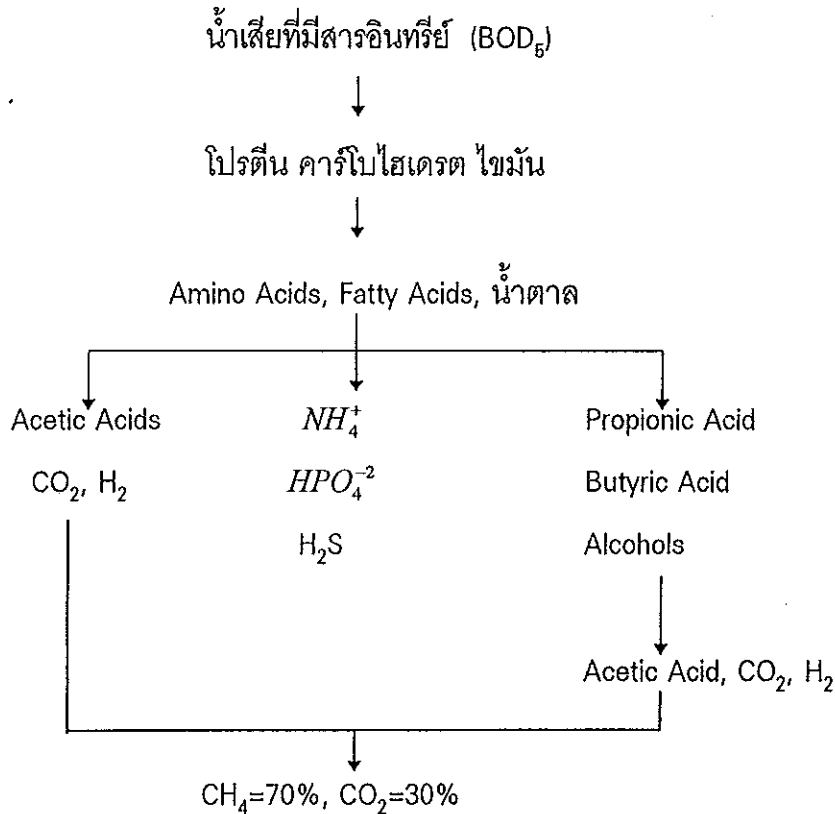
สารประกอบอินทรีย์อย่างง่ายที่ละลายน้ำ ที่สร้างขึ้นโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส จะถูกแบคทีเรียประเภทที่ดำรงชีพอยู่ได้ทั้งสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจนอิสระ (Facultative Bacteria) ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน โดยกระบวนการเฟอร์เมนเตชัน (Fermentation) ผลของปฏิกิริยาจะได้กรดระเหยที่มีคาร์บอนไม่เกิน 5 ตัว เช่น กรดอะซีติก (Acetic Acid) กรดโพรไพโอนิก (Propionic Acid) กรดบิวไทริก (Butyric) และกรดวาเลอริก (Valeric Acid) แบคทีเรียพวกนี้เรียกว่า แบคทีเรียพวกสร้างกรด (Acid Former หรือ Non-methanogenic Bacteria) ซึ่งชนิดของแบคทีเรียแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์ ความเข้มข้น และสภาพแวดล้อมของปฏิกิริยา

ขั้นที่ 3 กระบวนการอะซิโตเจเนซิส (Acetogenesis)

กรดระเหยที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอะซิโดเจเนซิส จะถูกเปลี่ยนโดยแบคทีเรียโฮโมอะซิโตเจนิค (Homoacetogenic Bacteria) ให้เป็นอะซิเตท (Acetate) ฟอर्मेट (Formate) ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญในการสร้างมีเทน ปฏิกิริยานี้ถือเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญ ในการหลีกเลี่ยงการสะสมของกรดระเหย และไฮโดรเจนในปริมาณที่สูง พอที่จะยับยั้งกระบวนการสร้างมีเทนได้ แบคทีเรียกลุ่มนี้อาจเรียกว่า แบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจน (Hydrogen Forming Bacteria) เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจน มักสร้างกรดอินทรีย์ได้ แต่ตัวที่สร้างกรดได้ อาจไม่สามารถสร้างไฮโดรเจน จึงถือว่า แบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจนเป็นชนิดของแบคทีเรียที่สร้างกรด แบคทีเรียทั้งสองชนิดอาจเรียกรวมได้ว่า เป็นแบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทน (Non-methanogenic Bacteria)

ขั้นที่ 4 กระบวนการสร้างมีเทน (Methanogenesis)

ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ กรดฟอร์มิก และกรดอะซีติก ซึ่งเป็นผลปฏิกิริยาของแบคทีเรียที่สร้างกรด และไฮโดรเจน จะถูกใช้โดยแบคทีเรียอีกประเภทหนึ่งเพื่อสร้างมีเทน แบคทีเรียประเภทนี้ เรียกว่า แบคทีเรียสร้างมีเทน (Methanogenic Bacteria)



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539

4.3 ชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน

แบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

4.3.1 กลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรด (Acid Forming Bacteria) จัดเป็น Facultative Anaerobic Bacteria ซึ่งไม่ต้องการออกซิเจนอิสระ แต่สามารถทนได้ถ้ามีปริมาณน้อย ๆ แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ขนาดใหญ่ในน้ำเสีย ให้มีขนาดเล็กลงจนเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Acid) แบคทีเรียกลุ่มนี้มักพบในน้ำเสียทั่วไป เช่น Bacillus, Proteus, Clostridium และ Coliform Bacteria ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ กลุ่มแบคทีเรียพวกนี้จะทำการย่อย

สลายสารเหล่านี้ให้มีโมเลกุลเล็กลง โดยการปล่อยน้ำย่อยออกมาจากเซลล์ เอนไซม์นั้นมีหลายชนิดด้วยกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของสารที่จะย่อย โดยโปรตีนจะถูกย่อยสลายให้เป็นกรดอะมิโน คาร์โบไฮเดรตถูกย่อยสลายเป็นน้ำตาลกลูโคส ไขมันถูกย่อยสลายให้เป็นกลีเซอรอล และกรดไขมัน หลังจากนั้นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กเหล่านี้ จะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรีย แล้วถูกย่อยสลายต่อไปให้เป็นกรดระเหยง่าย (Volatile Acid) แอลกอฮอล์ คาร์บอนไดออกไซด์ และแอมโมเนีย พร้อมทั้งมีการสร้างเซลล์ใหม่ขึ้นมาด้วย

กรดระเหยง่ายที่เกิดขึ้นในขั้นแรกนี้ ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดโพรไพโอนิก กรดบิวไทริก กรดวาเลอริก และกรดไอโซวาเลอริก ซึ่งจะถูกย่อยสลายต่อไปเป็นกรดอะซิติก และกรดโพรไพโอนิกเป็นส่วนใหญ่ จากนั้นจะเป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ แต่บางครั้งการย่อยสลายสารเหล่านี้ไม่เป็นไปตามขั้นตอนนี้ เช่น การย่อยสลายน้ำตาลกลูโคสที่ไม่ถูกย่อยเป็นกรดไพรูวิก เนื่องจากเกิดการแตกตัวของกลูโคส ภายใต้สภาวะไม่มีก๊าซออกซิเจน จะได้กรดอะซิติกเลย ซึ่ง 1 โมเลกุลของกลูโคสจะแตกตัว ได้ 2 โมเลกุลของกรดอะซิติก การย่อยสลายของกรดอะมิโน จะมีการดึงกลุ่มเอมีนออกกลายเป็นกรดอินทรีย์ได้เลย ก็มี ส่วนการย่อยสลายไขมันจะได้กรดไขมันที่มีขนาดใหญ่ เช่น สเตียริกเอซิก (Stearic Acid) โอลีอิกเอซิก (Oleic Acid) และปาล์มิติกเอซิก (Palmitic Acid) กรดไขมันพวกนี้จะถูกย่อยสลายโดยกระบวนการ Beta-Oxidation ได้กรดอะซิติก ในบางครั้งกรดระเหยง่ายสามารถเกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาของคาร์บอนไดออกไซด์ กับไฮโดรเจน ซึ่งจะเกิดขึ้นได้นั้น จะต้องอาศัยแบคทีเรียพวก *Clostridium acetivum* ปริมาณกรดระเหยง่ายที่เกิดขึ้นจะสะสมเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีค่า pH ลดต่ำลง ซึ่งถ้าต่ำกว่า 6.4 จะทำให้ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ลดลง ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมปริมาณของกรดระเหยง่ายในระบบบำบัดน้ำเสียเป็นประเด็นสำคัญด้วย

4.3.2 กลุ่มแบคทีเรียที่สร้างมีเทน (Methane Forming Bacteria) เนื่องจากพวกนี้เป็นพวก Obligate Anaerobic Bacteria จะดำรงชีวิตอยู่ในที่ไม่มีออกซิเจน ถ้ามีเพียงเล็กน้อยก็สามารถเป็นพิษต่อจุลินทรีย์กลุ่มนี้ และทำให้การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนล้มเหลว กล่าวคือ ไม่มีการผลิตก๊าซมีเทนจากกรดระเหยง่าย แบคทีเรียกลุ่มนี้พบได้ในกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้องหรือที่อับอากาศ เช่น ดินเลนตามก้นแม่น้ำ ทะเลสาบ ได้แก่พวก

Methanobacterium, Methanosarsina, Methanococcus และ Sulfate Reducing Bacteria และพบได้ทั่วไปในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ในขั้นที่สองของการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยไม่ใช้ออกซิเจน จะมีแบคทีเรียพวกเหล่านี้ทำการย่อยสลายกรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ต่อไป เพื่อเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะเป็นตัวการสำคัญสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน เพราะทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ แบคทีเรียที่จะทำให้เกิดก๊าซมีเทนมีหลายกลุ่มด้วยกัน การจะแยกว่าเป็นกลุ่มใดก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของแบคทีเรียในกลุ่มนั้น ๆ ว่าทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดใด แบคทีเรียกลุ่มที่ทำการย่อยสลายกรดฟอร์มิกและแอลกอฮอล์นั้น เจริญได้เร็วกว่ากลุ่มอื่น แต่กลุ่มที่สำคัญคือ แบคทีเรียที่ย่อยสลายกรดอะซิติกและกรดไพรไพโอนิก กลุ่มนี้มีการเจริญอย่างช้า ๆ ระบบบำบัดจะยังไม่สมบูรณ์ จนกว่าทุกกลุ่มของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน มีพร้อมอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นผลให้เมื่อมีการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ (Start-up) ต้องใช้เวลานาน จากการอยู่รวมกันของแบคทีเรียสองชนิด คือ ชนิดที่ทำให้เกิดกรด และชนิดที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน ในระบบบำบัดนี้แบคทีเรียทั้งสองชนิดจึงต้องมีหลายชนิด ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพื่อพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน เมื่อแบคทีเรียชนิดที่ทำให้เกิดกรดทำการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งแล้ว แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างก๊าซมีเทนก็จะทำการย่อยสลายต่อเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อันเป็นการปรับสภาวะภายในระบบบำบัด ให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

4.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาชีวเคมีของระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ในการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีไม่ใช้ออกซิเจน จะต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

4.4.1 ค่าพีเอช

pH ที่เหมาะสมในระบบนี้ ต้องควบคุมให้อยู่ในระดับประมาณ 6.6-8.0 เพราะว่าถ้า pH ต่ำกว่า 6.6 จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ และจะเกิดกลิ่นเหม็นพร้อม ๆ กับมีฝ้าตะกอนลอยขึ้นมามากมาย (ถ้าในระบบมีตะกอนมาก) และเมื่อ pH สูงกว่า 7.5-8.0 จะทำให้แบคทีเรียประเภทที่ช่วยผลิตก๊าซมีเทนมีน้อยลง และเชื้อง้ำ และถ้ามี

pH สูงขึ้นถึง 9.0 ระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์จะไม่ทำงาน นั่นคือ การบำบัด BOD₅ ของน้ำเสียมีน้อยลงอย่างมาก

4.4.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำในระบบมีความสำคัญมาก พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมมีอยู่ 2 ช่วง คือ ช่วง 30-38 องศาเซลเซียส จุลชีพที่ทำงานในช่วงนี้เรียกว่า Mesophilic Bacteria และอุณหภูมิที่เหมาะสมอีกช่วง คือ ช่วง 48-57 องศาเซลเซียส จุลชีพที่ทำงานในช่วงนี้เรียกว่า Thermophilic Bacteria

4.4.3 สารพิษ

สารพิษที่มีผลต่อระบบได้แก่ พวกโลหะต่าง ๆ เช่น Na⁺, K⁺, Ca⁺, Mg⁺ และ แอมโมเนีย พบว่า ถ้ามีปริมาณสารพิษมากเกินไปจะมีผลต่อระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในน้ำเสีย ดังตาราง 4

ตาราง 4 ปริมาณสารพิษที่มีผลต่อระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน

สารพิษ	ปริมาณที่มีผลต่อระบบบำบัด(มก./ล)
Na ⁺	>3,500
K ⁺	>2,500
Ca ⁺	>2,500
Mg ⁺	>1,000
NH ₃ -N	>1,500

ที่มา : เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539

4.4.4 ก๊าซ

ก๊าซที่ผลิตได้จากระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีหลายชนิด เช่น ก๊าซมีเทน ประมาณ 70% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 30% และก๊าซอื่น ๆ (ไนโตรเจน,

ไฮโดรเจน, ไฮโดรเจนซัลไฟด์) อีกเล็กน้อย ปริมาณของก๊าซที่ผลิตออกมาได้ ขึ้นอยู่กับ ปริมาณของสารอินทรีย์และชนิดของน้ำเสีย และพบว่าก๊าซที่ผลิตได้นี้สามารถนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้คือ 0.5 ลูกบาศก์เมตร ของก๊าซที่ผลิตได้ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 1.0 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อกล่าวถึงปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตออกมาได้ โดยเปรียบเทียบกับ BOD₅ จะได้ 1 กิโลกรัมของ BOD₅ สามารถผลิตก๊าซได้ประมาณ 0.35 ลูกบาศก์เมตร

4.4.5 สภาพความเป็นกรดเป็นเบส -

ค่าความเป็นกรดเป็นเบสในระบบ มีความสำคัญมากต่อระบบบำบัดแบบนี้ โดยค่า Alkalinity สำหรับแสดงความเป็นเบส และค่า Volatile Acids สำหรับแสดงความเป็นกรด และพบว่าค่า Alkalinity ควรอยู่ระหว่าง 1,000-5,000 มก./ล ของ CaCO₃ โดยค่าที่เหมาะสมอยู่ใน ช่วง 2,000-3,000 มก./ล ของ CaCO₃ สำหรับค่า Volatile Acids ควรอยู่ในช่วง 50-500 มก./ล ของ CH₃COOH และมีค่าสูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในระบบเท่ากับ 2,000 มก./ล ของ CH₃COOH

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการย่อยสลายสารอินทรีย์กับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ทั้งแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน จุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อให้ได้พลังงานและสร้างเซลล์ใหม่ และขณะเดียวกันที่มีการสร้างเซลล์ใหม่นั้น ก็มีเซลล์เดิมบางส่วนตายไปด้วย ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ที่มีการใช้งานแบบต่อเนื่องและมีการกวน (Continuous Flow Completely Mixed) จะแสดงเป็นสมการได้ดังนี้ (เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2524)

$$\text{อัตราการเพิ่มสุทธิของจุลินทรีย์} = \text{อัตราการสร้างเซลล์} - \text{อัตราการตาย} \quad (1.1)$$

$$\frac{dM}{dt} = \frac{a(dF)}{dt} - bM \quad (1.2)$$

เมื่อ $\frac{dM}{dt}$ = อัตราการเพิ่มสุทธิของจุลินทรีย์, น้ำหนัก/ปริมาตร-เวลา

M = ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในถังหมัก, น้ำหนัก/ปริมาตร

$\frac{dF}{dt}$ = อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย, น้ำหนัก/ปริมาตร-เวลา

a = สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์, น้ำหนัก/น้ำหนัก

b = สัมประสิทธิ์การตายของจุลินทรีย์, เวลา⁻¹

อัตราการย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำเสีย ที่อยู่ในถังหมัก ดังสมการที่ (1.3)

$$\frac{dF}{dt} = \frac{kMS}{Ks+S} \quad (1.3)$$

เมื่อ S = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่อยู่ภายในถังหมัก, น้ำหนัก/
ปริมาตร

k = อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุดต่อน้ำหนักของจุลินทรีย์ ซึ่ง
ปรากฏเมื่อน้ำเสียมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ๆ, เวลา

Ks = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เมื่ออัตราการย่อยสลายสาร
อินทรีย์ เท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราการย่อยสลายสูงสุด, น้ำหนัก/ปริมาตร ดังภาพประกอบ 3

แทนค่า $\frac{dF}{dt}$ ในสมการที่ (1.2) จะได้

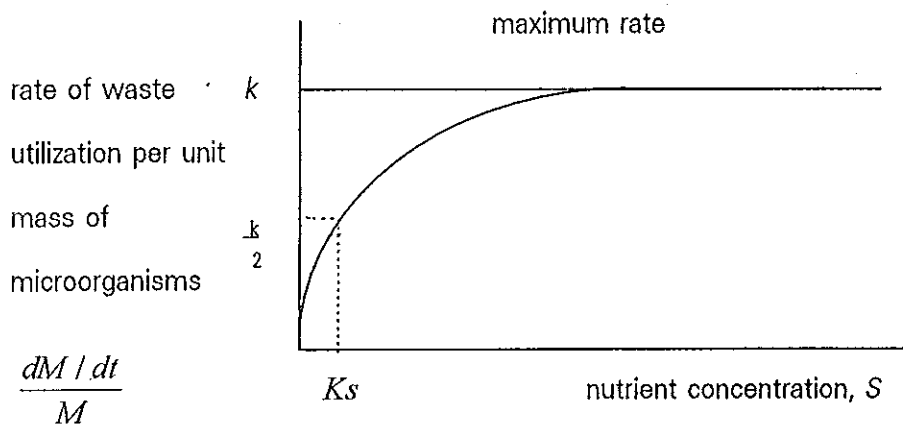
$$\frac{dM}{dt} = \frac{akMS}{Ks+S} - bM \quad (1.4)$$

$$\text{หรือ} \quad \frac{dM/dt}{M} = \frac{akS}{Ks+S} - b \quad (1.5)$$

เมื่อ $\frac{dM/dt}{M}$ = อัตราการเพิ่มสุทธิต่อน้ำหนักของจุลินทรีย์ในหน่วยเวลา ถ้าใช้ แทน
 M จะได้

$$= \frac{akS}{Ks+S} - b \quad (1.6)$$

ในการทำงานแบบต่อเนื่องของระบบบำบัดน้ำเสีย จะถึงจุด ๆ หนึ่ง ซึ่งการบำบัดน้ำ
เสียจะอยู่ในสภาวะสมดุล (Steady State) คือ น้ำหนักสุทธิของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดคงที่
ซึ่งจะทำให้อัตราการบำบัดจุลินทรีย์ออกจากระบบบำบัด เท่ากับอัตราการเพิ่มสุทธิของ
จุลินทรีย์ถ้ากำหนดเวลาที่แน่นอน เช่น กำหนดเวลาเป็นวัน อัตราการเพิ่มสุทธิของจุลินทรีย์
ในแต่ละวันจะเท่ากับ $\frac{\Delta M / \Delta T}{M}$ ซึ่งส่วนกลับของอัตราการเพิ่มจุลินทรีย์ หรือ อัตราที่
จุลินทรีย์ถูกบำบัดไปจากระบบบำบัด ก็คือ ค่าระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ใน
ระบบบำบัด (SRT)



ภาพประกอบ 3 อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อน้ำหนักของจุลินทรีย์ กับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

ที่มา : เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2524

ดังนั้น
$$SRT = \frac{Mt}{(\Delta M / \Delta T)_T} \quad (1.7)$$

เมื่อ Mt = น้ำหนักทั้งหมดของจุลินทรีย์ในระบบบำบัด, น้ำหนัก

$(\Delta M / \Delta T)_T$ = น้ำหนักจุลินทรีย์ทั้งหมด ที่ถูกบำบัดออกไปแต่ละวันจากระบบบำบัด ซึ่งรวมทั้งน้ำหนักของจุลินทรีย์ที่ถูกบำบัดไปเป็นครั้งคราว และน้ำหนักของจุลินทรีย์ที่ออกไปกับน้ำเสียจากระบบบำบัด, น้ำหนัก/เวลา

ดังนั้น SRT ก็คือ ระยะเวลาเฉลี่ยที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกกักอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเปรียบเสมือนกับอายุของตะกอน

Metcalf and Eddy (1991) กล่าวว่า ประสิทธิภาพของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ของระบบบำบัดน้ำเสีย สามารถเขียนเป็นสมการ คือ

$$E = 100 \frac{S_0 - S}{S_0} \quad (1.8)$$

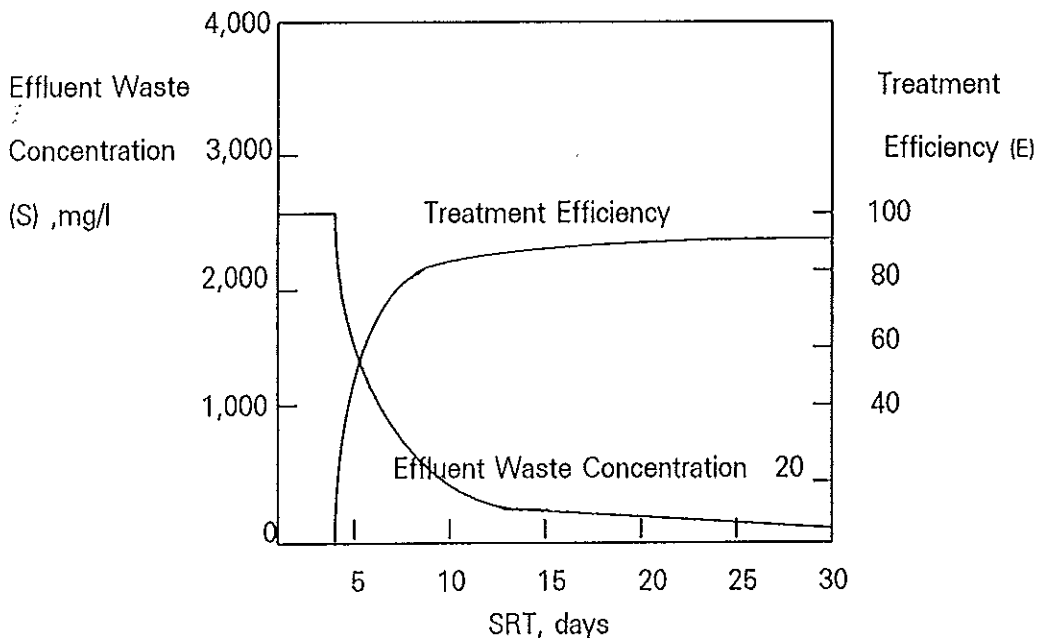
เมื่อ E = ประสิทธิภาพของการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย, ร้อยละ

S_0 = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ที่เข้าสู่ระบบบำบัด, น้ำหนัก/ปริมาตร

ปริมาตร

S = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ออกจากระบบกำจัด, น้ำหนัก/
ปริมาตร

ประสิทธิภาพของระบบกำจัดจะลดลงเท่ากับศูนย์ เมื่อปริมาณจุลินทรีย์ถูกกำจัดออกไปจากระบบกำจัดมากกว่า ปริมาณการเพิ่มสุทธิสูงสุด (Maximum Net Specific Growth Rate) และความเข้มข้นของน้ำเสียที่ออกจากระบบกำจัดจะเท่ากับ ความเข้มข้นของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียและประสิทธิภาพในการบำบัดกับระยะเวลาการเก็บกักตะกอน (SRT)

ที่มา : Lawrence et. al., 1969

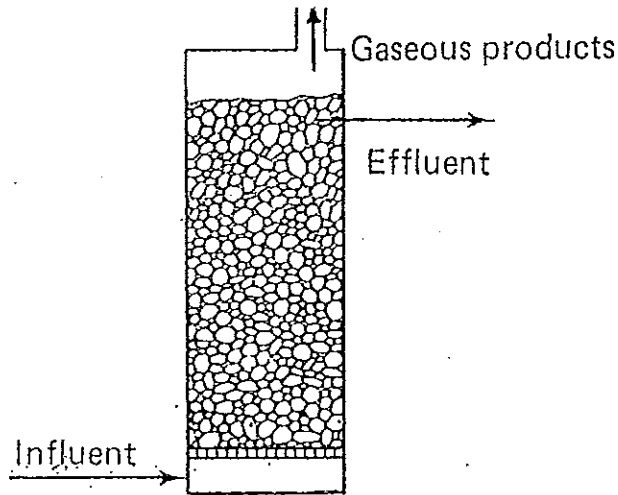
5. ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)

ถังกรองไร้อากาศมีส่วนประกอบสำคัญคือ ตัวถัง ซึ่งอาจเป็นถังทรงกระบอกหรือสี่เหลี่ยม ใช้ตัวกลางบรรจุอยู่ในระบบถัง ซึ่งอาจจะเป็นหิน กรวด หรือวัสดุสังเคราะห์ที่มีความคงทนไม่ผุกร่อนง่าย ตัวถังด้านล่างจะมีระบบจ่ายน้ำเสียเข้าสู่ตัวถัง เพื่อช่วยกระจาย

น้ำเสียให้ไหลผ่านเข้าสู่ตัวถังเท่ากัน ตลอดทั้งหน้าตัดของตัวถังนั้น นอกจากนี้ ภายในตัวถัง ต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดการไหลลัดวงจรของน้ำเสีย ไปตามผนังของถัง โดยทำผนังกัน การไหลของน้ำเสียภายในระบบถัง จะเป็นการไหลแบบทางเดียว (Plug Flow) จากด้านล่าง ของตัวถังขึ้นไปตามช่องว่างของตัวกลาง แล้วไหลออกทางตอนบนของตัวถัง (Up Flow) ดัง ภาพประกอบ 5

ซึ่งการไหลลักษณะนี้ ทำให้น้ำเสียท่วมถังตลอดเวลา และแบคทีเรียภายในถังส่วนใหญ่ยึดเกาะกับตัวกลาง สามารถสัมผัสกับน้ำเสียได้อย่างทั่วถึง แบคทีเรียเหล่านี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ ไปเป็นก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และเซลล์ แบคทีเรีย การที่เซลล์แบคทีเรียถูกกักกรองให้ค้างหรือยึดเกาะกับตัวกลางนี้ ทำให้ แบคทีเรียมีระยะเวลาอยู่ในถังกรองได้นาน (SRT สูง) ซึ่งเป็นข้อดีอย่างมาก ที่ทำให้ถังกรอง ไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์สูง

ตะกอนจุลินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศ ส่วนหนึ่งจะจับอยู่ตามตัวกลางในลักษณะ หลวม ๆ อีกส่วนหนึ่งจะรวมกันเป็นกลุ่มก้อน (Flocculated) อยู่ตามช่องว่างของตัวกลาง ตะกอนที่อยู่ตามช่องว่างของตัวกลางนี้ จะมีการเคลื่อนไหวโดยการลอยตัวขึ้นตามการไหล ของน้ำเสีย (แบบ Plug Flow) และฟองอากาศที่เกิดขึ้นในการย่อยสลายสารอินทรีย์ จะช่วย พยุงให้ตะกอนจุลินทรีย์ลอยขึ้นไปตามช่องว่างนี้ เมื่อกระทบกับตัวกลางเบื้องต้น ตะกอน เหล่านี้จะแยกหลุดออกจากฟองก๊าซ ตกมาสู่ที่เดิมตามน้ำหนักของตะกอน เป็นอยู่เช่นนี้ ตลอดเวลา ตะกอนจุลินทรีย์บางส่วนที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบา จะถูกฟองก๊าซพาหลุด ออกมากับน้ำทิ้ง (น้ำออก) หรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสีย (HRT) ให้สั้น น้ำเสียที่ไหลผ่านตัวกลางจะมีความเร็วเพิ่มมากขึ้น ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์เคลื่อนตัว ขึ้นมาสู่ตอนบนของถัง และหลุดออกมากับน้ำเสียที่ออกมาจากถังกรองได้



ภาพประกอบ 5 ลักษณะของถังกรองไร้อากาศ

ที่มา : Benefield, L. D and Randall, C.W., 1980

5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของถังกรองไร้อากาศ

5.1.1 ระยะเวลาที่ตะกอน (SRT) ถังกรองไร้อากาศ สามารถทำงานได้ที่อัตราภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศแบบอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากมีค่า SRT ที่ยาวนานกว่า ดังนั้น ประสิทธิภาพของถังกรองจึงขึ้นอยู่กับค่า SRT เป็นปัจจัยหนึ่ง ซึ่งสรุปได้ว่าค่า SRT ที่เหมาะสมในการทำงานของถังกรอง ไม่ควรต่ำกว่า 100 วัน เนื่องจากสาเหตุที่มีเทนแบคทีเรียมีอัตราการเจริญเติบโตช้า

5.1.2 ระยะเวลาที่พัก (HRT) ค่า HRT เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของถังกรองไร้อากาศ กล่าวคือ การลดค่า HRT ของถังกรองลง จะทำให้แบคทีเรียมีเวลาสัมผัสกับน้ำเสียได้น้อยลง ซึ่งอาจมีผลดีคือ ทำให้ลดขนาดของถังกรองไร้อากาศลงได้ แต่หากถังกรองทำงานในสภาวะที่มีค่า HRT ต่ำเกินไป จะทำให้ตะกอนแบคทีเรียหลุดออกจากระบบได้มาก ทำให้ค่า SRT ลดลง ซึ่งก็หมายถึงประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ลดลงด้วย

5.1.3 ลักษณะของน้ำเสีย ที่จะใช้กับถังกรองไร้อากาศ ควรมีคุณสมบัติดังนี้

5.1.3.1 มีอาหารเสริมที่เพียงพอต่อจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน คือ มีค่า $BOD_5:N:P$ ไม่น้อยกว่า 100:1.1:0.2

5.1.3.2 ปราศจากสารเป็นพิษ และสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย หรือ อาจยอมให้มีได้แต่ไม่เกินข้อกำหนด ที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อจุลินทรีย์ในระบบ

5.1.3.3 มีปริมาณสารแขวนลอยต่ำ เพื่อป้องกันการอุดตันของถังกรอง

5.1.4 ชนิดและคุณสมบัติของตัวกลาง ตัวกลางที่ใช้บรรจุในถังกรอง จะทำหน้าที่ในการกักเซลล์แบคทีเรียไม่ให้หลุดออกไปจากระบบ และยังเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรีย ทำให้ถังกรองไร้อากาศ มีค่า SRT สูง ตัวกลางที่จะนำมาใช้ ได้แก่ หิน กรวด หรือพลาสติก การที่จะเลือกใช้ชนิดของตัวกลาง จะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย และราคาไม่แพงมากนัก ปัจจุบันได้มีการผลิตตัวกลางที่มีความพรุนสูง และน้ำหนักเบา โดยใช้วัสดุต่าง ๆ เช่น พลาสติก พีวีซี โนลอน

สำหรับประสิทธิภาพของตัวกลาง จะขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ผิวจำเพาะ และความพรุนสูง (ตาราง 5) ทั้งนี้เพราะการที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะมากจะทำให้แบคทีเรียมีโอกาสยึดเกาะได้มาก และการที่มีความพรุนสูงก็เพราะต้องการลดปัญหาการอุดตัน การเกิดการไหลลัดวงจร

ตาราง 5 เปอร์เซนต์ของความพรุนและขนาดพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางชนิดต่าง ๆ

ชนิดตัวกลาง	ความพรุน (%)	พื้นที่ผิวจำเพาะ (m^2/m^3)
กล่องพลาสติกลูกฟูก	>95	92
กล่องพีวีซีลูกฟูก	97	110
วงแหวนพลาสติก ϕ 90 มม. \times 90 มม.	90	102
วงแหวนโนลอน ϕ 90 มม. \times 90 มม.	95	102
โพลีโพรพีลีนทรงกลม ϕ 90 มม.	>95	89

ที่มา : บุญส่ง ไช้เกษ, 2534 และ อุดร จารุรัตน์, 2537

5.1.5 ความสูงของถังกรองไร้อากาศ ที่มีความเหมาะสมจะอยู่ในช่วง 1-1.8 เมตร ซึ่งถ้าน้อยกว่านี้ อาจทำให้เกิดการไหลลัดวงจรของน้ำเสียได้ง่าย หรือถ้ามากกว่า 1.8 เมตร จะเป็นการสิ้นเปลือง เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของการบำบัด ที่เพิ่มขึ้นจากเดิม ทั้งนี้กิจกรรมของแบคทีเรียส่วนใหญ่จะเกิดตอนล่าง ในความสูง 0.30 เมตรจากก้นถังกรอง ซึ่งถ้าเป็นการเพิ่มความสูงของถังกรอง จะต้องมีความสัมพันธ์กับพื้นที่หน้าตัด และค่า HRT ทั้งนี้เพื่อที่จะให้แบคทีเรียมีเวลาอยู่ในถังกรองได้นาน

5.1.6 การสูญเสียระดับแรงดันน้ำ (Head Loss)

สมการของ Darcy' Law ซึ่งกล่าวถึงการไหลของน้ำผ่านตัวกลางที่เป็นอนุภาคเม็ดเล็ก ๆ ไว้ดังนี้ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2535)

$$v = Kh/l \quad (1.9)$$

$$h/l = v/K \quad (1.10)$$

ซึ่งจากสมการ (1.10) สามารถดัดแปลงเป็น Kozeny' s Equation ใหม่ คือ

$$h/l = \frac{K\mu v (1-f)^2}{g\rho f^3} (s/d)^2 \quad (1.11)$$

เมื่อ h = head Loss (การสูญเสียระดับแรงดันน้ำ), เมตร

l = ความลึกของชั้นกรอง, เมตร

K = สัมประสิทธิ์ของการซึมผ่าน

f = ช่องว่างระหว่างเม็ดตัวกลางกรอง

s = ค่าเฉพาะของรูปร่างเม็ดตัวกลางกรอง

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสารกรองในชั้นกรอง, มิลลิเมตร

μ = ความหนืดของน้ำ, นิวตัน.วินาที/ตารางเมตร

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ, กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

v = ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน, เมตร/วินาที

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, เมตร/วินาที²

และถ้าพิจารณาสมการ (1.11) พบว่ามีค่าตัวแปรต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องอยู่มาก ดังนั้น การที่จะคำนวณหาค่าของการสูญเสียระดับน้ำจากสมการ (1.11) จึงทำได้ยาก โดยเหตุนี้วิธีที่นิยมใช้มากกว่า คือ การหาจากการทดลองโดยตรง ซึ่งเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและ

โดยอาศัย Darcy' Law ที่สรุปได้ว่าค่า Head Loss ย่อมเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอัตราการกรอง ดังนั้น จากการทดลองที่ค่าอัตราการกรองอันหนึ่งได้ค่า Head Loss ค่าหนึ่ง และสัดส่วนของ Head Loss กับอัตราการกรองย่อมได้ เป็นค่าคงที่สำหรับถังกรองนั้น

5.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับถังกรองไร้อากาศ

เนื่องจากประสิทธิภาพของการทำงานของถังกรองไร้อากาศนั้น ขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์ที่ทำการย่อยอินทรีย์สาร ดังนั้น สภาพภายในตัวถังจะต้องควบคุมให้มีความเหมาะสมกับจุลินทรีย์ที่จะเจริญเติบโตได้ โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน ซึ่งมีความสำคัญที่สุด สำหรับการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งค่อนข้างจะตอบสนองต่อสภาวะแวดล้อมได้ไวมาก ดังนั้น การควบคุมสภาวะแวดล้อมให้มีความเหมาะสม จึงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้ เพื่อให้ถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้สูงขึ้น ซึ่งสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมที่จะต้องคำนึงถึง ได้แก่ (เพชรพร เชาวกิจเจริญ, 2538)

5.2.1 อุณหภูมิ

การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน มีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ 2 ช่วง คือ ช่วง 30-38 องศาเซลเซียส จุลชีพที่ทำงานในช่วงนี้ เรียกว่า Mesophilic Bacteria และช่วง 48-57 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์ที่ทำงานในช่วงนี้เรียกว่า Thermophilic Bacteria โดยที่การทำงานของจุลินทรีย์ในช่วง Thermophilic จะดีกว่าช่วง Mesophilic

5.2.2 ความต้องการสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการสร้างเซลล์จุลินทรีย์

ปริมาณธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่จุลินทรีย์ต้องการ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียอย่างน้อยที่สุด ต้องมีอัตราส่วน BOD:N:P = 100:1.1:0.2

5.2.3 สภาพความเป็นกรด-เบส

พีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.6-7.6 ถ้าค่าสูงหรือต่ำกว่านี้ ประสิทธิภาพของระบบจะลดลง และถ้าพีเอชต่ำกว่า 6.2 ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นพีเอชที่นิยมใช้ในการควบคุมระบบไร้ออกซิเจน จะอยู่ในช่วง 6.8-7.2 ซึ่งสามารถทำได้โดยการควบคุมปริมาณกรดระเหย และปริมาณเบส โดยให้อัตราส่วนระหว่างกรดระเหยและสภาพความเป็นเบสไม่เกิน 0.3-0.4 สภาวะที่สมดุลย์ภายในถังกรองไร้อากาศ จะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อปริมาณแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรดและก๊าซมีเทน มีในอัตราส่วนที่จะทำให้การย่อยสลายอินทรีย์สารเป็นกรดอินทรีย์ และกรดระเหย ให้เป็นก๊าซมีเทนได้สมดุลย์กัน โดยปกติปริมาณ

ของกรดระเหยควรมีประมาณ 50-500 มก./ล ของ CH_3COOH หากมีปริมาณมากกว่า 2,000 มก./ล ของ CH_3COOH จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดลดลง

สภาพความเป็นเบสภายในถังกรองไร้อากาศ ส่วนใหญ่เกิดจากเกลือของแอมโมเนีย เช่น แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) และ แอมโมเนียมอะซิเตท ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) เมื่อสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกย่อยสลายเป็นกรดอะซิติก ซึ่งกรณีที่เกิดขึ้นนี้จะต้องทำให้สะเทินไป (Neutralized) โดยแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต แต่ถ้ามีแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตไม่เพียงพอ ก็จะมีกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจะทำให้พีเอชลดต่ำลง จนเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนได้ โดยทั่วไปสภาพความเป็นเบสในระบบบำบัดไม่น้อยกว่า 1,000 มก./ล ของ CaCO_3 เพื่อป้องกันไม่ให้พีเอชลดต่ำลงจนเป็นอันตราย

5.2.4 สารพิษ

น้ำเสียที่จะนำมาบำบัดสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน จะต้องไม่มีสารเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ ความรุนแรงของพิษขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารนั้น ๆ โดยความเป็นพิษมีตั้งแต่ความเป็นพิษโดยตรง (Toxic) ซึ่งจะยับยั้งการทำงานของจุลชีพ แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าสารเหล่านี้มีปริมาณน้อยพอเหมาะ ก็อาจจะช่วยให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นได้ สารที่เป็นพิษต่อจุลชีพในระบบบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียทางชีววิทยา แบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ

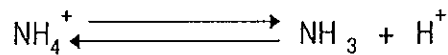
5.2.4.1 พิษของกรดระเหย กรดระเหยเป็นพิษต่อจุลชีพพวกที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนในระบบบำบัดสารอินทรีย์ ในน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ ทำให้เกิดก๊าซมีเทนน้อยลง การแก้พิษของกรดระเหย ทำได้โดยลดปริมาณอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading) หรือ เติมสารปรับสภาพ เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) และให้ HRT ในระบบบำบัดนานขึ้น

5.2.4.2 พิษของเกลืออนินทรีย์ ที่มีพิษต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ได้แก่ เกลือของธาตุอัลคาไล และอัลคาไลเอิร์ท เช่น เกลือของธาตุโซเดียม โปตัสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เกลือเหล่านี้จะแยกตัวให้ Cations ที่เป็นพิษมากกว่า Anions ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของ Cations ว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใด

5.2.4.3 พิษของโลหะหนัก อีออนของโลหะหนักเป็นพิษต่อจุลชีพชนิดไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ ซึ่งอาจจะเพียงยับยั้งการเจริญเติบโต หรือทำให้ตายได้ และพบว่า โลหะที่มี

วาเลนซ์สูงจะมีพิษมากกว่าโลหะที่มีวาเลนซ์ต่ำ เช่น Cr^{+6} พิษมากกว่า Cr^{+3} นอกจากนั้น พิษของโลหะหนักยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายน้ำของโลหะนั้น เช่น เหล็ก และอลูมิเนียมจะไม่เป็นพิษ เนื่องจากเกลือของโลหะทั้งสองละลายน้ำได้น้อย และพิษของโลหะหนักจะมากหรือน้อยยังขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย เพราะไฮโดรเจนซัลไฟด์จะรวมกับโลหะหนักได้ เกลือซัลไฟด์ซึ่งไม่ละลายน้ำจึงไม่เป็นพิษ

5.2.4.4 พิษของแอมโมเนีย แอมโมเนียที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะมาจากการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีไนโตรเจนรวมอยู่ คือโปรตีนซึ่งไนโตรเจนอาจจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) หรือก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) โดยสารสองตัวนี้จะเปลี่ยนไปมาได้ ขึ้นอยู่กับค่าพีเอช ดังสมการ คือ



ซึ่งถ้าพีเอชต่ำกว่า 7.2 จะมี NH_4^+ มากกว่า ถ้าพีเอชสูงกว่า 7.2 จะมี NH_3 มากกว่า ซึ่ง NH_3 จะยับยั้งการทำงานและเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนมากกว่า NH_4^+

5.2.4.5 พิษของซัลไฟด์ ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะเกิดการเป็นพิษของซัลไฟด์ต่อแบคทีเรีย เมื่อน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียมีปริมาณของซัลไฟด์มาก หรือเกิดการย่อยสลายซัลเฟต (SO_4^{2-}) การย่อยสลายโปรตีน ซัลไฟด์ในระบบนี้อาจอยู่ในรูปที่ละลายน้ำหรือไม่ละลายน้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอิออนบวกที่รวมอยู่ ถ้ารวมกับตะกอนโลหะหนัก ก็จะตกตะกอนลงมา ส่วนที่เหลือจะละลายน้ำในรูปของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสามารถเปลี่ยนเป็นกรดซัลฟูริกได้ แบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระสามารถทนต่อซัลไฟด์ที่ละลายน้ำ อันมีความเข้มข้นถึง 50-100 มก./ล แต่ความเข้มข้นที่มากกว่า 200 มก./ล จะเป็นพิษต่อแบคทีเรียชนิดนี้ สำหรับการลดพิษของซัลไฟด์ทำได้โดยการทำให้ตกตะกอนของซัลไฟด์ การทำให้น้ำเสียเจือจาง หรือการแยกซัลไฟด์ออกจากน้ำเสียก่อนเข้าระบบ

5.3 ข้อดีและข้อเสียของถังกรองไร้อากาศ

ข้อดีและข้อเสียของถังกรองไร้อากาศ สามารถแยกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

(Benefield, L. D and Randall, C.W., 1980)

5.3.1 ข้อดี

5.3.1.1 ถังกรองใ้รอากาศ มีความเหมาะสม และสมบูรณ์ที่สุดสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่ส่วนใหญ่ละลายน้ำ (Soluble Waste)

5.3.1.2 เนื่องจากถังกรองใ้รอากาศ ทำงานด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำเสียส่วนใหญ่ ให้กลายเป็นก๊าซมีเทนและพลังงานที่ใช้ในการดำรงชีพของมัน ทำให้เซลล์เกิดน้อยมาก และน้อยกว่าวิธีการบำบัดแบบอื่น ทำให้ลดปัญหาการบำบัดตะกอน โดยทั่วไปเป็นเวลาหลายเดือนหรือหลายปี จึงจะมีการระบายตะกอนออกไปสักครั้งหนึ่ง

5.3.1.3 ไม่ต้องทำ Effluent recycle หรือ Sludge recycle เพราะน้ำออกจากถังกรองมีลักษณะใส

5.3.1.4 เซลล์แบคทีเรียจะสะสมอยู่ในถังกรองมากขึ้นตลอดเวลา ทำให้ค่า SRT สูง ช่วยให้ถังกรองใ้รอากาศ มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์สูง

5.3.1.5 ให้ผลผลิตสุดท้ายเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

5.3.1.6 ในกรณีที่ถังกรองใ้รอากาศ ยังทำงานไม่เต็มกำลังความสามารถ ถังกรองสามารถที่จะรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ที่เพิ่มขึ้นอย่างกะทันหัน (Shock Load) ได้ โดยไม่ทำให้ระบบล้มเหลว แต่ต้องใช้เวลาในการปรับตัวเล็กน้อย

5.3.1.7 ต้องการอาหารเสริมน้อยกว่าระบบชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน

5.3.1.8 ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน เพราะถังกรองไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการทำงานของจุลินทรีย์

5.3.1.9 สามารถทำงานได้ดี หลังจากที่มีการหยุดทำงานไปชั่วเวลาหนึ่ง โดยไม่ต้องมีการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ใหม่

5.3.2 ข้อเสีย

5.3.2.1 ไม่เหมาะกับน้ำเสียที่มีตะกอนแขวนลอยสูง เพราะอาจทำให้เกิดปัญหาการอุดตันของถังกรองได้

5.3.2.2 มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น

5.3.2.3 การใช้งานในทางปฏิบัติจริง ๆ ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการออกแบบระบบการกระจายของน้ำยังไม่ดีพอ ซึ่งทำให้เกิดการไหลลัดวงจรได้

5.3.2.4 ถ้ามีการใช้ตัวกลางที่เป็นหิน จะต้องมีฐานรากของโครงสร้างที่แข็งแรง ทำให้สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น และในกรณีของการใช้ตัวกลางวัสดุสังเคราะห์ แม้จะมีน้ำหนักเบาแต่มีราคาแพง

5.4 การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองถังกรองไร้อากาศที่ผ่านมา

Young and McCarty (1969) ได้ทำการทดลองถังกรองไร้อากาศ ในห้องปฏิบัติการ เป็นถังกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 6 ฟุต ภายในบรรจุกรวด ขนาด 1-1.5 นิ้ว ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น COD 1,500-6,000 มก./ล ปรากฏว่า ถังกรองไร้อากาศ มีประสิทธิภาพในการบำบัด COD ร้อยละ 36.7-93.4 ที่อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 0.42-3.39 กิโลกรัม.ซีไอดี/ลูกบาศก์เมตร/วัน และพบว่า ถังกรองไร้อากาศ มีระยะเวลาการเก็บกักตะกอน (SRT) สูงถึง 665 วัน และยังได้แนะนำว่าถังกรองไร้อากาศ เหมาะสำหรับการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่มีตะกอนแขวนลอยต่ำ

Plummer (1969) ทำการศึกษาถังกรองไร้อากาศ ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมทำอาหารสำเร็จรูป ซึ่งมีความเข้มข้น COD 546-5,000 มก./ล โดยเป็นถังกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 6 ฟุต ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัด COD ร้อยละ 35-86 ที่อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 1.62-10.21 กิโลกรัม.ซีไอดี/ลูกบาศก์เมตร/วัน

Lovan and Force (1971) ทำการศึกษาถังกรองไร้อากาศ ด้วยขนาดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นถังกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 6 ฟุต บรรจุตัวกลางเป็นหินบด ขนาด 1-1.5 นิ้ว ใช้น้ำบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเบียร์ ซึ่งมีความเข้มข้นของ COD 6,000-24,000 มก./ล ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ร้อยละ 90 ที่อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 0.8-1.60 กิโลกรัม.ซีไอดี/ลูกบาศก์เมตร/วัน

Raman and Chakladar (1972) ทำการศึกษาถังกรองไร้อากาศ สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากถังเกรอะ โดยมีขนาดถังสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาว 1.20 เมตร กว้าง 0.60 เมตร และสูง 1.80 เมตร บรรจุตัวกลางเป็นอิฐหักในขนาดที่ต่าง ๆ กัน โดยเรียงภายในถังเป็นชั้น ๆ คือ ชั้นล่างจะใช้อิฐที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.25-1.88 เซนติเมตร มีความหนา 37.50 เซนติเมตร ชั้นกลางใช้อิฐขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.63-1.25 เซนติเมตร มีความหนา 22.50 เซนติเมตร และชั้นบนสุดใช้อิฐขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.32-0.63 เซนติเมตร มีความหนา 7.50 เซนติเมตร รวมความหนาของตัวกลางทั้งหมด 67.50 เซนติเมตร ประสิทธิภาพในการบำบัด

ค่า BOD₅ ของน้ำเสียเข้าซึ่งมีค่า BOD₅ ช่วง 135-145 มก./ล น้ำที่ออกมาจากถังกรองไร้อากาศ มีค่า BOD₅ เหลือ 35-105 มก./ล คิดเป็นร้อยละ 42-82 ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยเป็นร้อยละ 66

Jenett and Denis (1975) ทำการศึกษาถังกรองไร้อากาศ ในห้องปฏิบัติการ สำหรับบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตยา ซึ่งมีความเข้มข้นของค่า COD 1,000-16,000 มก./ล ซึ่งสารอินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นเมธิลแอลกอฮอล์ โดยสร้างเป็นถังกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 3 ฟุต บรรจุตัวกลางเป็นหินขนาด 1-1.5 นิ้ว ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ร้อยละ 93-98 ที่อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 0.22-3.52 กิโลกรัม.ซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร/วัน ในการศึกษาใช้ถังกรองไร้อากาศ จำนวน 6 ตัว แต่ละตัวทำงานเป็นอิสระ และไม่มี การบำบัดตะกอนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 6 เดือนที่ทำการศึกษา เนื่องจากตะกอนเกิดขึ้นเพียง 0.027 กรัม/1 กรัม COD ที่ถูกบำบัด และพบว่า SRT ของถังกรองไร้อากาศ มีค่าสูงถึง 313 วัน

สุรพล สายพานิช (2518) ทำการศึกษาการทำงานของถังกรองไร้อากาศ สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแปงมันสำปะหลัง พบว่าถังกรองไร้อากาศ สามารถรับปริมาณ COD ได้ถึง 4.0 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 92 และที่อัตราการรับปริมาณ COD 1.4 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร/วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 94

ไพพรรณ พรประภา และ มั่นสิน ตันฑุลเวศม์ (2519) ทำการศึกษาดังกรองไร้อากาศ ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาล โดยใช้ถังกรองไร้อากาศ 2 ถังต่อกันแบบอนุกรม โดยแต่ละถังมีความสูง 1.8 เมตร ภายในบรรจุตัวกลางเป็นหินบดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5-5.0 เซนติเมตร ปรากฏว่าประสิทธิภาพในการบำบัด COD ร้อยละ 90 ที่ อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 6 กิโลกรัม /ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยที่ไม่ต้องมีการเติมสารอาหาร

บุญส่ง ไชเกษ (2519) ทำการศึกษาดังกรองไร้อากาศ ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงาน ผักดองกระป๋อง โดยทำเป็นถังกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.29 เมตร สูง 1.24 เมตร ภายในบรรจุตัวกลางเป็นหินบดขนาด 4.38-5.62 เซนติเมตร และ 2.5-3.13 เซนติเมตร ปรากฏว่าที่ อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 0.56-5.50 กิโลกรัม.ซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร/วัน มีประสิทธิภาพใน

การบำบัดค่า COD ร้อยละ 71-92 และพบว่าถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางขนาดเล็กจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าถังที่ใช้ตัวกลางขนาดใหญ่

ไกรสร อุดมรัตน์ (2521) ทำการศึกษาถังกรองไร้อากาศ ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเต้าหู้ โดยใช้ถังกรองไร้อากาศขนาดต้นแบบ เป็นตัวถังรูปทรงกระบอก สูง 2.10 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม.บรรจุหินบดขนาด 1-2 นิ้ว คิดเป็นปริมาตรของถังกรองเท่ากับ 0.137 ลูกบาศก์เมตร ผลการวิจัยพบว่า ถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD ได้ ร้อยละ 84-95 โดยสามารถรับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ได้ 0.65-4.09 กิโลกรัม.ซีไอดี/ลูกบาศก์เมตร/วัน ผลการวิจัยพบว่า ถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD ได้ ร้อยละ 84-95 โดยสามารถรับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ได้ 0.65-4.09 กิโลกรัม.ซีไอดี/ลูกบาศก์เมตร/วัน ภายใต้ HRT 24 ชั่วโมง และสามารถทำงานได้ดีที่ Organic Loading 2.45 กิโลกรัม.ซีไอดี/ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยไม่จำเป็นต้องปรับค่าพีเอช และเพิ่มอาหารเสริม ประสิทธิภาพในการบำบัด COD สูงถึงร้อยละ 95

พรพจน์ วรรณสูตร (2525) ทำการศึกษาโดยใช้ถังกรองไร้อากาศ ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสุรา ที่มีค่า BOD_5 30,900-40,000 มก./ล และค่า COD 77,430-110,000 มก./ล ผลการวิจัยพบว่า ถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพมากที่สุดร้อยละ 70 ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่อพื้นที่หน้าตัด 943 กิโลกรัม.ซีไอดี/ตารางเมตร/วัน และ 14.62 กิโลกรัม.ซีไอดี/ตารางเมตร/วัน และถังกรองมีประสิทธิภาพต่ำสุดร้อยละ 30 ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่อพื้นที่หน้าตัด 27.96 กิโลกรัม.ซีไอดี/ตารางเมตร/วัน

สมชาย ดารารัตน์ (2529) ทำการศึกษาการทำงานของถังกรองไร้อากาศ โดยตัวถังกรองเป็นท่อพีวีซี เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 120 เซนติเมตร บรรจุตัวกลางหินย้อย และอิฐมอญขนาด 3/4 นิ้ว ใช้บำบัดน้ำเสียจากชุมชน ที่มีค่า COD Loading ได้ 0.106-0.447 กิโลกรัม.ซีไอดี/ลูกบาศก์เมตร/วัน ภายใต้ HRT 6-24 ชั่วโมง และสามารถบำบัดค่า BOD_5 ได้ ร้อยละ 73-87 ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.050-0.179 กิโลกรัม.ซีไอดี/ลูกบาศก์เมตร/วัน ในช่วงเวลาเดียวกัน โดยไม่ต้องปรับค่าพีเอช หรือเติมสารอาหาร

นิรันดร์ สัพพวิญญู และ บัณฑิต กิจสุวรรณรัตน์ (2537) ทำการศึกษาการทำงานของถังกรองไร้อากาศ ซึ่งทำเป็น 3 ถัง แต่ละถังทำมาจากท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 105 เซนติเมตร บรรจุตัวกลางที่เป็นโพลีม้วนผผซึ่งสูง 85 เซนติเมตร และมีปริมาตรตัวกลางเท่ากับ 60.68 ลิตร ควบคุมค่า HRT ที่ 2, 3, 4 วัน พบว่าประสิทธิภาพของ

การบำบัดในรูป BOD₅ และ COD ที่ HRT ต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 78 และ ร้อยละ 65 ตามลำดับ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะและปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการทำayangพาราแผ่น ของสหกรณ์โรงมยาง
2. เพื่อศึกษาและทำการทดลองแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย โดยใช้ระบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบ สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากการทำayangพาราแผ่น ของสหกรณ์โรงมยาง
3. เพื่อศึกษาถึงรูปแบบที่เหมาะสมในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากการทำayangพาราแผ่น ของสหกรณ์โรงมยาง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงลักษณะ และปริมาณของน้ำเสียที่เกิดจากการทำayangพาราแผ่นของสหกรณ์โรงมยาง
2. ได้ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากการทำayangพาราแผ่น ของสหกรณ์โรงมยาง
3. สามารถเสนอแนะรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับการพัฒนา ปรับปรุง ในการบำบัดน้ำเสียจากการทำayangพาราแผ่น ของสหกรณ์โรงมยางต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ คือ

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของสหกรณ์โรงมยาง ในเรื่องของ ข้อมูลทางกายภาพทั่วไปรอบ ๆ สหกรณ์โรงมยางหรือบริเวณใกล้เคียง กระบวนการผลิต การจัดการน้ำเสีย และสภาพ

ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยจะดำเนินการศึกษาจากสหกรณ์โรกรมยาง จำนวน 10 โรงงาน ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดสงขลา และจะเลือกศึกษาในเรื่องของปริมาณ และ ลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต จำนวน 3 โรงงาน (จาก 10 โรงงาน) โดยศึกษาตัวแปรคุณภาพน้ำ เช่น Temperature, pH, DO, SS, BOD₅, COD, TKN, NH₃-N, Alkalinity, Sulfate และ Total Phosphorus ทั้งนี้ โดยเลือกศึกษาที่สหกรณ์โรกรมยางหมู่ที่ 10 บ้านยางงาม ตำบลท่าช้าง กิ่งอำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา สหกรณ์โรกรมยางหมู่ที่ 3 บ้านนุแระ ตำบลทุ่งตำเสา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และ สหกรณ์โรกรมยางหมู่ที่ 3 บ้านโคกจาง ตำบลทับช้าง อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา เป็นตัวแทนของสหกรณ์โรกรมยาง

2. สร้างแบบจำลองถังกรอง เป็นรูปทรงกระบอก จำนวน 1 ชุดการทดลอง ซึ่งเป็นการทดลองในระดับห้องทดลอง (Small-scale Experiment) โดยเน้นเฉพาะกรณีที่ใช้ถึงปฏิกริยาแบบที่น้ำเสียไหลเข้าถังกรองจากด้านล่างขึ้นด้านบน (Up Flow) ใช้ตัวกลางที่เป็นพลาสติกบรรจุอยู่ในถังกรอง และสร้างแบบจำลองของถังหมักไร้อากาศซึ่งไม่ได้บรรจุตัวกลาง จำนวน 1 ชุดการทดลอง

3. ศึกษาลักษณะของน้ำเสียที่เข้า และหลังจากผ่านถังกรอง และแต่ละความสูงของ Sampling Ports ของถังกรองไร้อากาศ โดยนำน้ำเสียดังกล่าวมาหาค่า Temperature, pH, BOD₅, COD, SS, TKN, NH₃-N, Alkalinity, Volatile Acid โดยเปรียบเทียบกับถังหมักไร้อากาศซึ่งไม่ได้บรรจุตัวกลาง มีการวัดปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ และวิเคราะห์ค่าของ Gas Composition ที่เกิดขึ้นจากระบบด้วย ทั้งนี้ศึกษาภายใต้เงื่อนไขของการควบคุมการทำงานของระบบบำบัดที่แตกต่างกัน ได้แก่ ระยะเวลาพัก และ อัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ โดยเลือกน้ำเสียสำหรับการนำมาเติมในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ จากสหกรณ์โรกรมยางหมู่ที่ 3 บ้านโคกจาง ตำบลทับช้าง อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา ซึ่งเป็น 1 ใน 10 โรงงาน ที่ทำการศึกษานี้

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาลักษณะน้ำเสียของสหกรณ์โรกรมยาง ใช้น้ำเสียจากสหกรณ์โรกรมยางหมู่ที่ 10 บ้านยางงาม ตำบลท่าช้าง กิ่งอำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา สหกรณ์โรกรมยางหมู่ที่ 3 บ้านหูแร่ ตำบลทุ่งตำเสา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และสหกรณ์โรกรมยางหมู่ที่ 3 บ้านโคกจาง ตำบลทับช้าง อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา ซึ่งมีการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดย

1.1 น้ำเสียจากสหกรณ์โรกรมยาง หมู่ที่ 3 บ้านโคกจาง ตำบลทับช้าง อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา จะทำการศึกษาลักษณะและปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตทั้งหมด อีกทั้งให้นำมาทดลองบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ

1.2 น้ำเสียจากสหกรณ์โรกรมยาง หมู่ที่ 3 บ้านหูแร่ ตำบลทุ่งตำเสา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และ สหกรณ์โรกรมยางหมู่ที่ 10 บ้านยางงาม ตำบลท่าช้าง กิ่งอำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา ทำการศึกษาลักษณะและปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตทั้งหมด

2. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ระบุในภาคผนวก ข)

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. อุปกรณ์สำหรับใช้เป็นแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ

1.1 แบบจำลองถังกรองไร้อากาศ

แบบจำลองที่ใช้เป็นท่อพีวีซีปิดหัวท้าย ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว สูง 1 เมตร บรรจุด้วยตัวกลางซึ่งเป็นพลาสติกทรงกลม โดยที่ตัวกลาง 1 ชั้น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร มีพื้นที่ผิว 0.023 ตร.ม. ปริมาตรความสูงใช้งาน 90 เซนติเมตร มีปริมาตรการบรรจุได้ 29 ลิตร มีท่อสายยางนำก๊าซ โดยก๊าซจะถูกเก็บโดยใช้หลักการแทนที่น้ำ ในถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร ดังแสดงในภาพประกอบ 6 และ 7

1.2 แบบจำลองถังหมักไร้อากาศ

แบบจำลองที่ใช้เป็นท่อพีวีซีปิดหัวท้าย ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว สูง 1 เมตร มีปริมาตรการบรรจุได้ 30 ลิตร มีท่อสายยางนำก๊าซ โดยก๊าซถูกเก็บโดยใช้หลักการแทนที่น้ำ ในถังพลาสติก ขนาด 20 ลิตร ดังแสดงในภาพประกอบ 7

2. อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

- ขวดพลาสติกขนาด 1 ลิตร
- ถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร
- กล่องโฟมสำหรับแช่ตัวอย่าง

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะของน้ำเสียในห้องปฏิบัติการ

- เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermometer)
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์บีโอดี
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ซีโอดี
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ไนโตรเจน
- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) (Shimadzu, Japan)
- เครื่องมือวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) (Hanna, Singapore)
- ตู้อบความชื้น (Oven)
- เตาไฟฟ้า (Hot Plate)
- เครื่องชั่งแบบละเอียด 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง (Sartories, Germany)

- เครื่องกรอง (Suction pump) (Wheaton, U.S.A.)
- เดสสิเคเตอร์ (Dessicator)
- เครื่องกวนแท่งแม่เหล็ก (Magnetic stirrer)
- เครื่องแก้วที่จำเป็นอื่น ๆ

4. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ

- เวียร์ (Weir)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของสหกรณ์โรกรมยาง ในเรื่องของข้อมูลทางกายภาพทั่วไปรอบ ๆ สหกรณ์โรกรมยางหรือบริเวณใกล้เคียง กระบวนการผลิต การจัดการน้ำเสีย และสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น โดยดำเนินการศึกษาจากสหกรณ์โรกรมยาง จำนวน 10 โรงงาน ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดสงขลา และจะเลือกศึกษาในเรื่องของปริมาณ และลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้น จากกระบวนการผลิต จำนวน 3 โรงงาน (จาก 10 โรงงาน) ทั้งนี้โดยเลือกศึกษาที่สหกรณ์โรกรมยางหมู่ที่ 10 บ้านยางงาม ตำบลท่าช้าง กิ่งอำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา สหกรณ์โรกรมยางหมู่ที่ 3 บ้านหูแร่ ตำบลทุ่งตำเสา อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา และ สหกรณ์โรกรมยางหมู่ที่ 3 บ้านโคกจรง ตำบลทับช้าง อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา เป็นตัวแทนของสหกรณ์โรกรมยาง โดยแยกเป็นประเด็น คือ

1.1 การศึกษาด้านปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ทำการตรวจสอบในภาคสนามหาปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น จากกระบวนการผลิต ณ จุดต่าง ๆ และปริมาณน้ำเสียรวม โดยประมาณการจากการใช้น้ำ จากภาชนะบรรจุที่เป็นจุดปล่อยน้ำเสียในทุกขั้นตอนการผลิตและใช้วิธีวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อระบายน้ำเสียรวม โดยใช้เวียร์ (Weir) ทุก 1 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาตัวเลขปริมาณน้ำเสียโดยเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในรอบวันของการผลิต

1.2 การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย เพื่อนำมาวิเคราะห์หาลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่น ใช้วิธีเก็บจากทุกจุดที่มีการปล่อยน้ำเสียในขั้นตอนการผลิต และเก็บตัวอย่างรวม (Composite Sample) น้ำเสียที่ทำกรเก็บตัวอย่าง จะมีการวิเคราะห์ทันทีในบางตัวแปรคุณภาพน้ำ ส่วนน้ำเสียที่จะนำเข้าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ จะมีวิธีการ

เก็บรักษาและช่วงเวลาระหว่างเก็บที่ยอมให้มากที่สุด ตามหลักของ Standard Method for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA and WEF (1992)

1.3 วิเคราะห์ลักษณะของน้ำเสีย โดยการตรวจสอบคุณสมบัติ และใช้วิธีการวิเคราะห์ ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 วิธีการวิเคราะห์ลักษณะของน้ำเสีย

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
Temperature	Thermometer
pH	pH meter
DO	DO meter
Suspended Solids	Gravimetric method
BOD ₅	Azide Modification method
COD	Dichromatric Reflux method
Total Kjeldahl Nitrogen	Kjeldahl method
Ammonia Nitrogen	Colorimetric method
Total Phosphorus	Colorimetric method
Sulfate	Turbidimetric method
Alkalinity	Direct Titration method
Volatile acid	Direct Titration method
*Gas Composition	Gas Chromatography

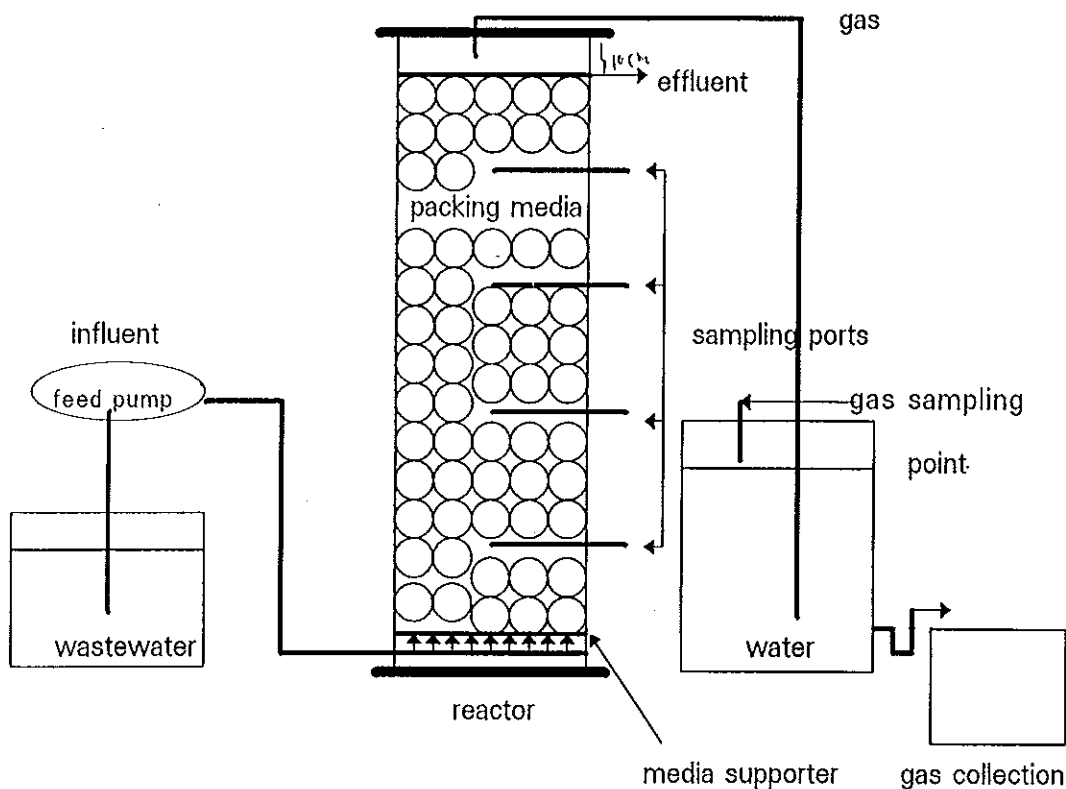
* ส่งวิเคราะห์ที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

ที่มา : APHA, AWWA and WEF, 1992

2. การสร้างแบบจำลองของระบบบำบัดน้ำเสีย ด้วยแบบจำลองถังกรองไร้อากาศ และถังหมักไร้อากาศ ซึ่งมีเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

2.1 แบบจำลองถังกรองไร้อากาศ และถังหมักไร้อากาศ

แบบจำลองถังกรองไร้อากาศที่ใช้ในการทดลอง จะใช้ จำนวน 1 ถัง ทำมาจากท่อพีวีซี ปิดหัวท้าย ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว สูง 1 เมตร มีปริมาตรที่ความสูงใช้งาน 90 เซนติเมตร คิดเป็นปริมาตรของชั้นตัวกลาง 28.5 ลิตร และทุก ๆ ความสูง 19 เซนติเมตร ของถังกรองไร้อากาศ มีที่เก็บตัวอย่าง (Sampling Ports) ทำด้วยท่อพีวีซีขนาด 1/4 นิ้ว โดยท่อเก็บตัวอย่างดังกล่าวจะยื่นเข้าไปบริเวณกลางถังกรอง เพื่อการเก็บตัวอย่างน้ำที่จะเป็นตัวแทนของตัวอย่างน้ำ บริเวณความสูงที่ต้องการอย่างแท้จริง มีทางน้ำเข้าทำด้วยท่อพีวีซี ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร โดยต่อเข้ากับตัวถังบริเวณด้านล่าง สูงจากพื้น 2 เซนติเมตร และมีท่อน้ำออกจากถังทำด้วยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร เช่นกัน มีท่อสายยางนำก๊าซต่ออยู่ด้านบนของฝาปิด โดยก๊าซจะถูกเก็บโดยการแทนที่น้ำ ในถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร (ดังภาพประกอบ 7) สำหรับแบบจำลองถังหมักไร้อากาศที่ใช้ในการทดลอง ใช้ จำนวน 1 ถัง และดำเนินการในรูปแบบเดียวกับแบบจำลองถังกรอง ต่างกันที่ถังหมักไร้อากาศจะไม่บรรจุตัวกลางในถัง ซึ่งมีปริมาตรการบรรจุได้ 30 ลิตร



ภาพประกอบ 6 รายละเอียดแบบจำลองถังกรองไร้อากาศที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ



ภาพประกอบ 7 ลักษณะของชุดประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองถึงกรองไร้อากาศ และถังหมักไร้อากาศ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

2.2 ตัวกลาง

สำหรับตัวกลางที่ใช้บรรจุในถังกรองไร้อากาศ เป็นพลาสติกทรงกลม โดยที่ตัวกลาง 1 ชั้น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร มีพื้นที่ผิว 0.023 ตร.ม. โดยบรรจุในถังกรองที่ระดับความสูง 5 เซนติเมตร จากก้นถังของระบบ โดยมีตะแกรงรองรับตัวกลาง (Media Supporter) ทำจากแผ่นพลาสติกเจาะรูขนาด 1 เซนติเมตร เพื่อให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำเสียในถังกรอง โดยบรรจุตัวกลางให้ได้ความสูง 90 เซนติเมตร รวมจำนวนตัวกลางที่ใช้ทั้งหมด 123 ชั้น คิดเป็นพื้นที่ผิวของตัวกลางทั้งหมด เท่ากับ 2.85 ตร.ม. ซึ่งทำให้ถังกรองไร้อากาศ มีปริมาตรการบรรจุได้ 29 ลิตร

2.3 เครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำสามารถจ่ายน้ำเสีย สำหรับการทดลองเข้าถังกรองไร้อากาศ และถังหมักไร้อากาศ เป็นแบบ Peristaltic Pump ซึ่งสามารถปรับอัตราการไหล (Flow Rate) ตามที่ต้องการได้

3. แผนการทดลอง

การทดลองวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาถึง

3.1 การทำงานของถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ ในการบำบัดน้ำเสียจากการทำยางพาราแผ่น โดยมีลักษณะการทำงานของระบบ ภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน คือ ระยะเวลาพัก และ อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ดังตาราง 7

ตาราง 7 ลักษณะการทำงานของระบบถังกรองไร้อากาศ และถังหมักไร้อากาศ

การทดลองที่	อัตราการไหล (ลิตร/วัน)		ระยะเวลาพัก น้ำเสีย (วัน)	BOD ₅ Loading (กก./ลบ.ม./วัน)		COD Loading (กก./ลบ.ม./วัน)	
	AF	AD		AF	AD	AF	AD
1	1.45	1.5	20	0.18	0.18	0.30	0.30
2	1.93	2	15	0.23	0.23	0.41	0.41
3	2.90	3	10	0.35	0.35	0.61	0.61
4	5.80	6	5	0.70	0.70	1.22	1.22

หมายเหตุ : 1) เมื่อ BOD₅ และ COD ของน้ำเสียที่เข้าระบบเท่ากับ 3,500 มก./ล และ 6,099 มก./ล ตามลำดับ

2) เมื่อ AF คือ ถังกรองไร้อากาศ และ AD คือ ถังหมักไร้อากาศ

ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองซึ่งจัดตั้งในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วยถังกรองไร้อากาศ 1 ชุด และถังหมักไร้อากาศ 1 ชุด โดยเริ่มต้นการทดลองได้ทำการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อเป็นการเริ่มต้นระบบ ด้วยการนำตะกอนจากบ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic Pond) ของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น มาเติมลงในถังปฏิกรณ์ ทั้ง 2 ชุด โดยทำการเติมร้อยละ 25 ของปริมาตรรวมทั้งหมด แล้วเติมน้ำเสียในแต่ละถังให้มีปริมาตรตามที่ต้องการ จากนั้นทำการเติมน้ำเสีย และปล่อยน้ำเสียออกด้วยวิธีต่อเนื่อง ในปริมาตร 0.73 และ 0.75 ลิตรต่อวัน ของ

ถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศตามลำดับ จนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) ซึ่งใช้เวลาในการเริ่มต้นระบบ 71 วัน

3.2 ลักษณะของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ได้นำน้ำเสียออกจากตู้เย็นแล้วตั้งไว้ จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำมาศึกษาลักษณะของน้ำเสียดังกล่าว โดยวิเคราะห์หาค่า pH, Temperature, BOD₅, COD, SS, TKN, NH₃-N, Volatile Acid และ Alkalinity อีกส่วนหนึ่งจะป้อนเข้าระบบอย่างต่อเนื่อง ซึ่งน้ำเสียก่อนเข้าระบบจะปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 6.8-7.2 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สำหรับการบำบัดที่ระยะเวลาที่กักพัก และอัตราการบำบัดทุกสารอินทรีย์ที่แตกต่างกัน (ดังตาราง 7)

3.3 ศึกษาลักษณะของน้ำเสียที่ผ่านถังกรองไร้อากาศ และแต่ละความสูงของ Sampling Ports ของถังกรอง โดยนำน้ำเสียที่ออกมาจากแบบจำลองระบบบำบัด ซึ่งถูกเก็บหลังจากระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว (Steady-State) ซึ่งพิจารณาจากการเกิดก๊าซและค่า COD ของน้ำเสียที่ผ่านระบบ ควรจะมีค่าค่อนข้างคงที่ แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ กันที่ เช่น pH, Temperature, BOD₅, COD, SS, TKN, NH₃-N, Alkalinity, Volatile Acid มีการหาปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ และการตรวจวิเคราะห์ค่าของ Gas Composition ที่เกิดขึ้นจากระบบด้วย สำหรับจุดเก็บตัวอย่างจากถังกรอง ณ ตำแหน่งความสูงจุดต่าง ๆ ตาม Sampling Ports จะทำการเก็บเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่เช่นกัน โดยเริ่มเก็บจากจุดบนสุดก่อน ซึ่งก่อนจะเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดดังกล่าวแต่ละจุดจะมีการปล่อยให้น้ำในถังกรองไหลทิ้งออกก่อนประมาณ 30 มิลลิลิตร ทุกครั้ง แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในแต่ละความสูงของถังกรอง ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์เช่นเดียวกับน้ำเสียที่ผ่านถังกรอง ดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อดำเนินการเปรียบเทียบกับถังหมักไร้อากาศซึ่งไม่ได้บรรจุตัวกลาง

บทที่ 3

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลพื้นฐานของสหกรณ์ ไร่รวมยางตัวแทนที่ทำการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของสหกรณ์ไร่รวมยางตัวแทน ในเรื่องของข้อมูลทางกายภาพทั่วไปรอบ ๆ สหกรณ์ ไร่รวมยาง หรือบริเวณใกล้เคียง กระบวนการผลิต การจัดการน้ำเสีย และสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น โดยดำเนินการศึกษาจากสหกรณ์ไร่รวมยาง จำนวน 10 ไร่งาน ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดสงขลา โดยในอำเภอนาทวี มีจำนวน 4 ไร่งาน ได้แก่ สหกรณ์ไร่รวมยางหมู่ที่ 3 บ้านโคกจาง ตำบลทับช้าง (A) สหกรณ์ไร่รวมยางหมู่ที่ 8 บ้านลุ่ม ตำบลทับช้าง (B) สหกรณ์ไร่รวมยางหมู่ที่ 4 บ้านทุ่งเปรี๊ยะ ตำบลประกอบ (C) และ สหกรณ์ไร่รวมยางหมู่ที่ 5 บ้านพรุเดียว ตำบลนาทวี (D) ในอำเภอหาดใหญ่ จำนวน 1 ไร่งาน ได้แก่ สหกรณ์ไร่รวมยางหมู่ที่ 3 บ้านหูแร่ ตำบลทุ่งตำเสา (E) ในกิ่งอำเภอบางกล่ำ จำนวน 1 ไร่งาน ได้แก่ สหกรณ์ไร่รวมยางหมู่ที่ 10 บ้านยางงาม ตำบลท่าช้าง (F) ในอำเภอนาหม่อม จำนวน 1 ไร่งาน ได้แก่ สหกรณ์ไร่รวมยางหมู่ที่ 5 บ้านตันปลิง ตำบลคลองหรีง (G) ในอำเภอเมือง จำนวน 1 ไร่งาน ได้แก่ สหกรณ์ไร่รวมยางหมู่ที่ 6 บ้านทรายขาว ตำบลทุ่งหวัง (H) ในอำเภอรัตนภูมิ จำนวน 2 ไร่งาน ได้แก่ สหกรณ์ไร่รวมยางหมู่ที่ 1 บ้านนาสีทอง ตำบลเขาพระ (I) และสหกรณ์ไร่รวมยางหมู่ที่ 8 บ้านคลองเขาล้อน ตำบลเขาพระ (J) และเลือกศึกษาในเรื่องปริมาณและลักษณะของน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต จำนวน 3 ไร่งาน (จาก 10 ไร่งาน) ได้แก่ ไร่งาน A, E และ F ดังแสดงตำแหน่งที่ตั้งในภาพประกอบ 8

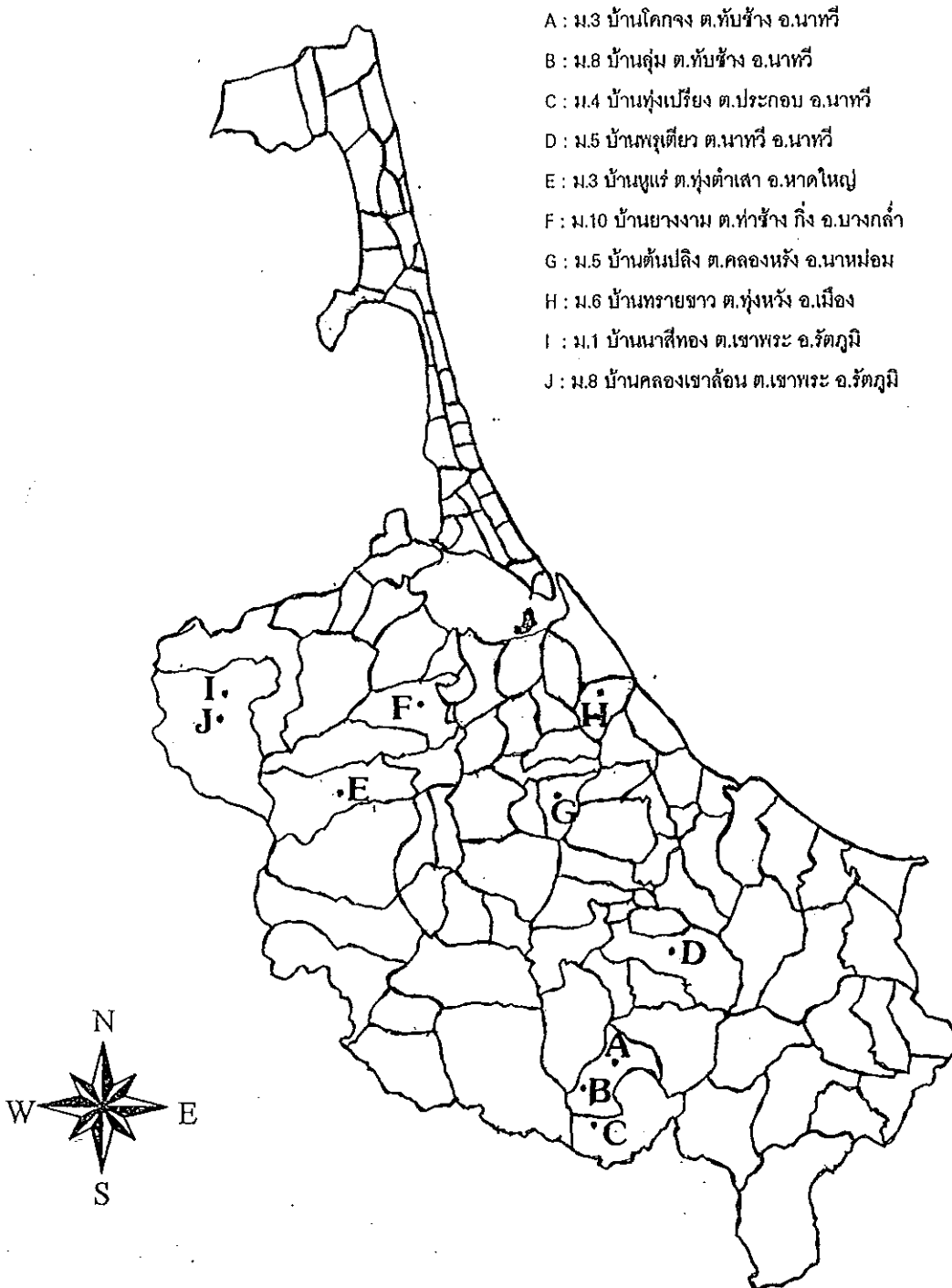
1.1 ข้อมูลทางกายภาพทั่วไป

1.1.1 สหกรณ์ไร่รวมยางในอำเภอนาทวี จำนวน 4 ไร่งาน ได้แก่ ไร่งาน A, B, C และ D ซึ่งส่วนใหญ่จะตั้งอยู่บนที่ดอน การระบายน้ำค่อนข้างดี โดยที่ ไร่งาน B และ C จะตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่สวนยางพารา ในพื้นที่ประมาณ 3 ไร่ ค่อนข้างจะห่างไกลจากชุมชน คือ ประมาณ 1 และ 2 กิโลเมตร ตามลำดับ แต่สำหรับไร่งาน A และ D ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่

ประมาณ 2.5 ไร่ จะตั้งอยู่ในหมู่บ้าน ซึ่งมีบ้านเรือนกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป โดยที่ โรงงาน A ตั้งอยู่ติดกับถนนตำบลนาทวี - ตำบลประกอบ และจะมียานพาหนะสัญจรไปมามากพอสมควร จึงมีโอกาสและความเป็นไปได้สูง ที่จะก่อให้เกิดความเดือดร้อนกับกลุ่มคนในหมู่บ้าน และผู้คนที่ใช้ถนนสัญจรไปมาได้ โดยเฉพาะจากปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น ในเมื่อทางสหกรณ์โรงรมยางไม่ได้มีการจัดการน้ำเสียที่ถูกต้อง สำหรับโรงงาน D พื้นที่ด้านหลังจะเป็นนาข้าว และสวนมะพร้าว ซึ่งเป็นพื้นที่ต่ำกว่า อยู่ใกล้ลำคลองประมาณ 50 เมตร จากสภาพภูมิประเทศดังกล่าว อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่นาข้าว และการเน่าเสียของลำคลองซึ่งยังมีการใช้ประโยชน์อยู่ได้ หากมีการปล่อยน้ำเสียลงไป โดยไม่ได้ผ่านการบำบัดที่ถูกต้อง และก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นกับกลุ่มคนในหมู่บ้านได้เช่นกัน

1.1.2 สหกรณ์โรงรมยางในอำเภอหาดใหญ่ จำนวน 1 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน E จะตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่สวนยางพารา ในพื้นที่ประมาณ 4 ไร่ อยู่ห่างไกลจากชุมชนประมาณ 2 กิโลเมตร ห่างจากถนนทางหลวงหมายเลข 4 (อำเภอหาดใหญ่ - อำเภอรัตภูมิ) ประมาณ 3 กิโลเมตร บริเวณด้านหลังโรงงานจะมีลำน้ำไหลผ่านขนาดกว้างประมาณ 2 เมตร ซึ่งไหลไปสู่คลองวาด จากสภาพดังกล่าวอาจก่อให้เกิดปัญหาการเน่าเสียของคลองวาดได้ เมื่อมีการระบายน้ำเสียลงไปโดยไม่ได้ผ่านการบำบัดที่ถูกต้องเสียก่อน

1.1.3 สหกรณ์โรงรมยางในกิ่งอำเภอบางกล่ำ จำนวน 1 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน F ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ค่อนข้างจะเป็นที่ลุ่ม พื้นที่ประมาณ 4 ไร่ ตั้งอยู่ในหมู่บ้านซึ่งมีบ้านเรือนกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ห่างจากถนนทางหลวงหมายเลข 4 (อำเภอหาดใหญ่ - จังหวัดพัทลุง) ประมาณ 1.3 กิโลเมตร สภาพพื้นที่ด้านข้างและด้านหลังโรงงานจะเป็นพื้นที่นาข้าว สวนกล้วย และลุ่มน้ำที่ยังมีการใช้ประโยชน์จากชาวบ้านในหมู่บ้านอยู่ ซึ่งจากสภาพดังกล่าว อาจก่อให้เกิดปัญหาความเสียหายต่อพื้นที่นาข้าว ความเน่าเสียของลุ่มน้ำ อีกทั้งอาจส่งผลให้เกิดปัญหาความเดือดร้อนในเรื่องกลิ่นเหม็นต่อกลุ่มคนในหมู่บ้านได้



ภาพประกอบ 8 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสหกรณ์โรงเรียนยางตัวแทน ที่ทำการศึกษา ใน
จังหวัดสงขลา

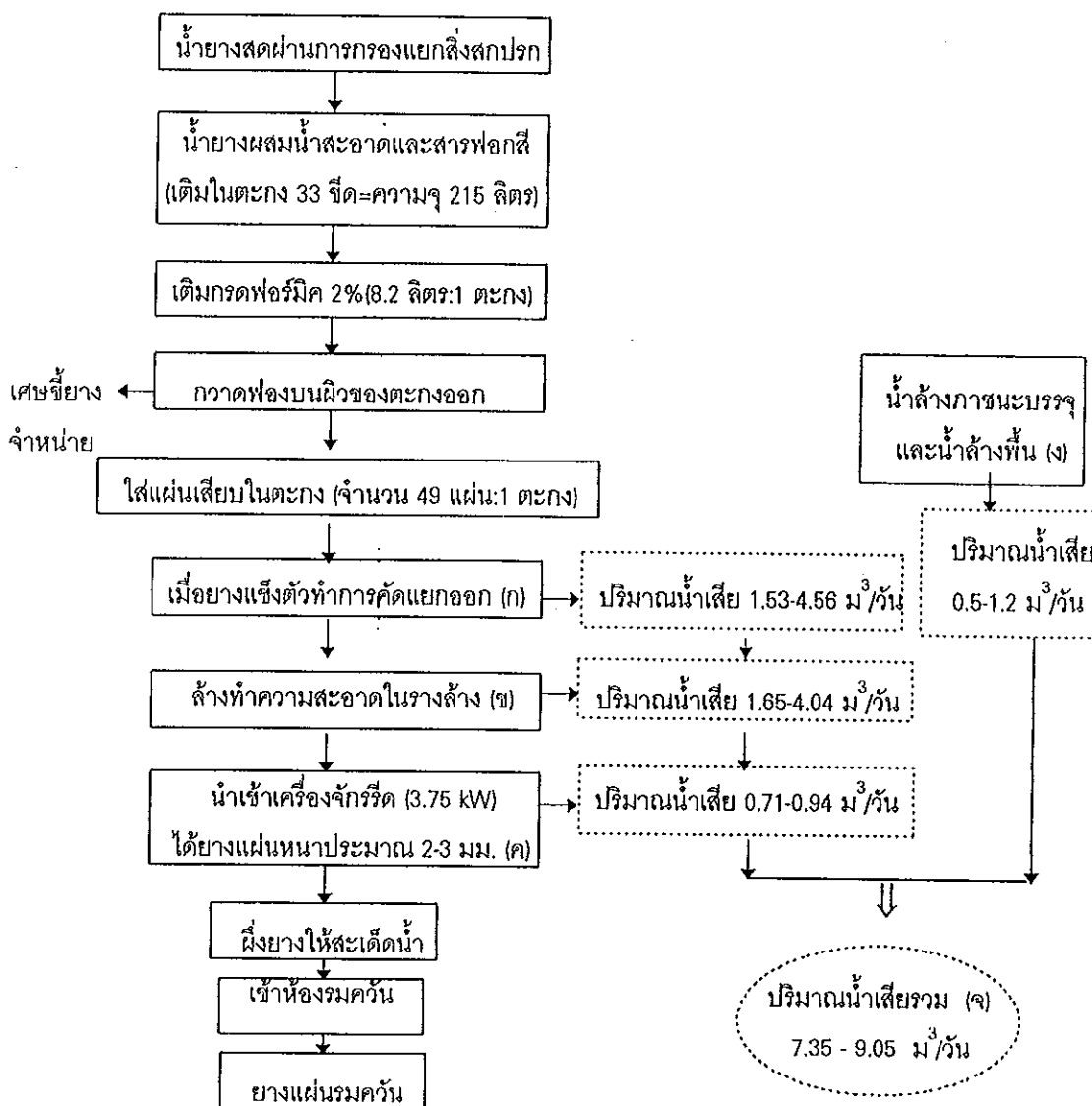
1.1.4 สหกรณ์โรงรมยางในอำเภอนาหม่อม จำนวน 1 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน G จะตั้งอยู่บนที่ดอน การระบายน้ำค่อนข้างดี ตั้งอยู่ในพื้นที่ประมาณ 3 ไร่ ห่างไกลจากชุมชนประมาณ 3 กิโลเมตร บริเวณโดยรอบโรงงานจะเป็นสวนกล้วย สวนมะพร้าว และสวนยางพารา ด้านหลังโรงงานจะมีลำน้ำขนาดกว้างประมาณ 3 เมตรไหลผ่าน ซึ่งสายน้ำดังกล่าวยังมีการใช้ประโยชน์จากกลุ่มคนในหมู่บ้านอยู่ จากสภาพดังกล่าว อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อไม้ผล และความเน่าเสียของลำน้ำดังกล่าวได้ เมื่อมีการระบายน้ำเสียลงไปโดยไม่ได้ผ่านการบำบัดที่ถูกต้องเสียก่อน

1.1.5 สหกรณ์โรงรมยางในอำเภอเมือง จำนวน 1 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน H จะตั้งอยู่บนที่ดอน การระบายน้ำค่อนข้างดี ตั้งอยู่ในพื้นที่ประมาณ 2.5 ไร่ ห่างไกลจากชุมชนประมาณ 1 กิโลเมตร บริเวณโดยรอบโรงงานจะเป็นสวนยางพาราและสวนมะพร้าว มีการระบายน้ำเสียที่เกิดขึ้นลงสู่บ่อบำบัด จำนวน 1 บ่อ น้ำเสียอีกส่วนหนึ่งมีการปล่อยให้ไหลเรี่ยราดในสวนมะพร้าว ซึ่งย่อมก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น และในระยะยาวอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อสวนมะพร้าวได้

1.1.6 สหกรณ์โรงรมยางในอำเภอรัตนภูมิ จำนวน 2 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน I และ J จะตั้งอยู่บนที่ดอน มีการระบายน้ำได้ดี ตั้งอยู่ในพื้นที่ประมาณ 3 ไร่ และ 2 ไร่ ตามลำดับ โดยที่โรงงาน I ตั้งอยู่ห่างจากถนนทางหลวงแผ่นดินสายรองหมายเลข 406 (อำเภอหาดใหญ่ - จังหวัดสตูล) ประมาณ 1 กิโลเมตร ห่างไกลจากชุมชนประมาณ 1.2 กิโลเมตร บริเวณโดยรอบจะเป็นสวนยางพารา ด้านหลังโรงงานจะมีลำคลองกว้างประมาณ 4 เมตรไหลผ่าน ซึ่งลำคลองดังกล่าวยังมีการใช้ประโยชน์จากชาวบ้านในบริเวณนี้ จากสภาพปัจจุบันได้มีการปล่อยน้ำเสียที่เกิดขึ้นลงสู่ลำคลองดังกล่าว ซึ่งย่อมก่อให้เกิดความเน่าเสียได้ สำหรับโรงงาน J ตั้งอยู่ห่างจากถนนทางหลวงแผ่นดินสายรองหมายเลข 406 (อำเภอหาดใหญ่ - จังหวัดสตูล) ประมาณ 5 กิโลเมตร บริเวณโดยรอบโรงงานจะเป็นสวนยางพารา และมีบ้านเรือนตั้งกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในรัศมีประมาณ 300 เมตรจากโรงงาน ซึ่งจากสภาพดังกล่าวอาจก่อให้เกิดปัญหาความเดือดร้อนในเรื่องกลิ่นเหม็นต่อกลุ่มคนในหมู่บ้านได้

1.2 กระบวนการผลิตและจุดกำเนิดน้ำเสีย

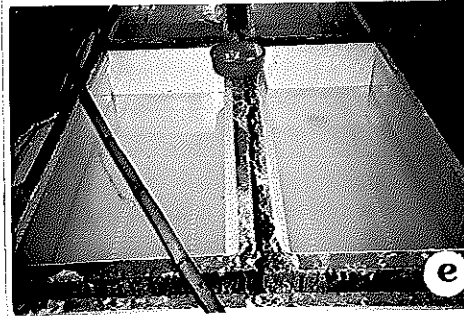
จากการศึกษากระบวนการผลิต และจุดกำเนิดน้ำเสียของสหกรณ์โรงรมยางตัวแทน จำนวน 10 โรงงาน ในจังหวัดสงขลา พบว่าโดยทั่ว ๆ ไป จะเป็นไปในรูปแบบเดียวกัน เนื่องจากเป็นแหล่งผลิตยางแผ่นรมควันที่ได้รับงบประมาณจากรัฐบาล และมีการฝึกอบรมแก่เกษตรกรชาวสวนยางในรูปแบบเดียวกัน สำหรับกระบวนการผลิตและจุดกำเนิดน้ำเสียของสหกรณ์โรงรมยางที่ศึกษา แสดงไว้ในภาพประกอบ 9 และ ภาพประกอบ 10 ซึ่งมีรายละเอียดของกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน และจุดกำเนิดน้ำเสียดังนี้



ภาพประกอบ 9 กระบวนการผลิตและจุดกำเนิดน้ำเสียจากการทำยางพาราแผ่นของสหกรณ์โรงรมยาง



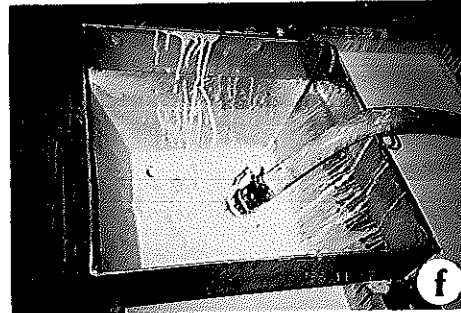
a



e



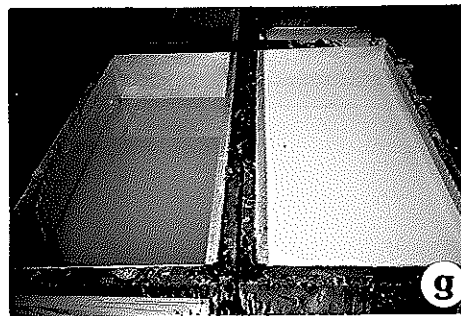
b



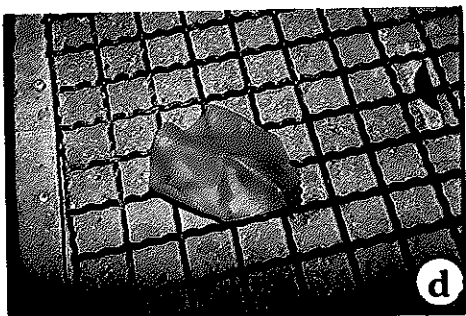
f



c



g



d



h

ภาพประกอบ 10 ขั้นตอนของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นของสหกรณ์โรจรมยาง

a : ชั่งน้ำยางของสมาชิก

b : ใช้แม่โทรแลคหาความเข้มข้น

c : เตรียม ดย. น้ำยาง 20 g เพื่อนำเนื้อยางแห้ง

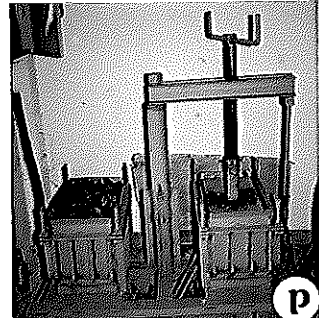
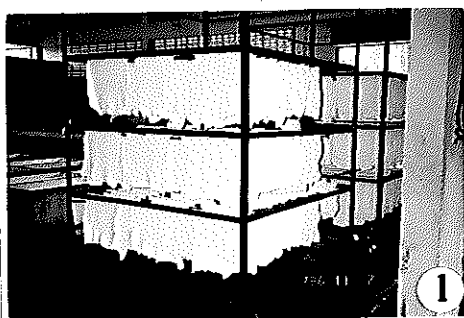
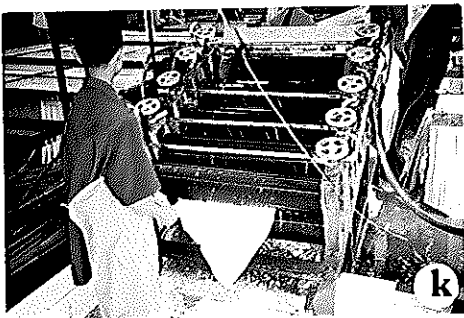
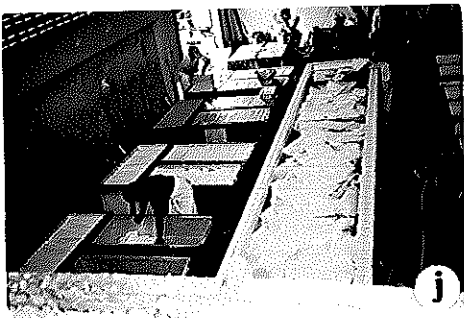
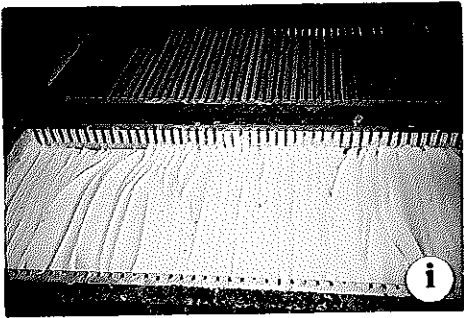
d : นำยางแผ่นตัวอย่างเข้าตู้อบและหาน้ำหนัก

e : เตรียมน้ำ+สารฟอกสีตามสัดส่วน

f : ใส่น้ำยางผ่านตะแกรง 60 เมลลงในตะกวดตามสัดส่วน

g : เติมนกรด กวนและกวาดฟองออก

h : ใสแผ่นเสียบ 49 แผ่น



ภาพประกอบ 10 (ต่อ) ขั้นตอนของกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นของสหกรณ์โรจรมยาง

i : เมื่อยางแข็งตัวแล้วดึงแผ่นเสียบออก

m : นำเข้าห้องรมควัน

j : ล้างยางในรางล้าง

n : เต่าไฟโดยใช้ไม้ฟืน

k : นำยางใส่เครื่องจักรรีด

o : คัดรีนยาง

l : ผึ่งยางให้สะเด็ดน้ำ

p : เครื่องอัดเบล

1.2.1 ขั้นตอนการรวบรวมน้ำยางจากชาวสวนยาง ซึ่งน้ำยางที่นำส่งจะต้องสด สะอาด ไม่เป็นเม็ดพริก ไม่มีการเจือปนสิ่งอื่นใดลงในน้ำยาง และไม่ควรมลสมแอมโมเนียเข้มข้นลงไป เนื่องจากเป็นผลให้น้ำยางบูดเสียหาย และแผ่นยางที่ได้จะมีสีคล้ำกว่าปกติ เมื่อจำเป็นต้องใส่สารกันบูดเน่า ส่วนมากจะใช้โซเดียมซัลไฟท์ ในรูปของสารละลาย 3% ของน้ำหนักต่อปริมาตร ในอัตรา 0.02-0.05% มีการชั่งน้ำหนักและหาความเข้มข้นของน้ำยางสดเฉลี่ยโดยใช้เมโทรแลค (ภาพประกอบ 10 : a, b) และการหาเนื้อยางแห้งจากน้ำยางสดโดยการอบแห้ง เพื่อชั่งหาน้ำหนักยางที่แท้จริง (ภาพประกอบ 10 : c) เพื่อใช้เป็นฐานในการคำนวณเงินชำระให้สมาชิกแต่ละรายเป็นค่าน้ำยางสด

1.2.2 ขั้นตอนการทำยางแผ่นรมควัน ในขั้นแรกจะมีการเตรียมน้ำสะอาด ในสัดส่วนของการเจือจางน้ำยางสด ตามความเข้มข้นของน้ำยางเฉลี่ยในแต่ละวัน และใส่สารฟอกสีพวกโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ในอัตรา 1 ช้อนแกงต่อหนึ่งตะกวด (ภาพประกอบ 10 : e) ใส่ลงในตะกวดขนาดประมาณ 125x50x45 เซนติเมตร ต่อจากนั้น จะปล่อยน้ำยางสดจากถังรวมน้ำยางผ่านตะแกรงเบอร์ 60 เมส ใส่ลงในตะกวดดังกล่าวตามสัดส่วน (ภาพประกอบ 10 : f) ซึ่งจะได้ความจุทั้งหมด 33 ชีดตะกวด (215 ลิตร) ใช้ไม้พายกวนให้น้ำยางและน้ำผสมกันอย่างทั่วถึง และรีบเติมกรดฟอร์มิค 2% จำนวน 8.2 ลิตรต่อหนึ่งตะกวด ใช้ไม้พายกวนให้เข้ากันอีกครั้ง กวาดฟองบนผิวตะกวดออก (ภาพประกอบ 10 : g) หลังจากนั้นใส่แผ่นเสียบในช่องเสียบแต่ละช่อง (แผ่นเสียบ 49 แผ่น ต่อหนึ่งตะกวด) (ภาพประกอบ 10 : h) เมื่อยางแข็งตัวแล้ว (หลังจากใส่กรดฟอร์มิคประมาณ 4 ชั่วโมง) ใช้น้ำสะอาดฉีดลงไปในตะกวดให้น้ำท่วมยางทุกส่วน เพื่อป้องกันผิวยางเป็นสีคล้ำ อันเนื่องมาจากการทำลายของเชื้อรา หรือแบคทีเรียในอากาศ (หลังจากยางแข็งตัวแล้วอาจจะมีการรีดเลยในแต่ละวัน หรือมีการรีดในวันถัดไปอีกวันหนึ่ง ซึ่งจะเป็นที่นิยมปฏิบัติมากกว่า แต่จะเก็บไว้ไม่เกิน 2 วัน เนื่องจากยางจะแข็งตัวมากเกินไป ทำให้เวลารีดเครื่องจักรรีดทำงานหนัก จะทำให้เกิดการชำรุดได้เร็ว และขอบของยางจะมีสีคล้ำ อีกทั้งยางเหล่านี้จะสุกช้ากว่ากำหนดเมื่อมีการรมในห้องรมควัน) สำหรับในขั้นตอนของการรีดยางนั้น หลังจากยางแข็งตัวแล้วให้ดึงแผ่นเสียบออกจากตะกวด (ภาพประกอบ 10 : i) แล้วนำไปล้างในรางล้างยาง ซึ่งมีขนาดประมาณ 808x96x70 เซนติเมตร

(ภาพประกอบ 10 : j) เพื่อจะป้อนยางเข้าแทนจักรรีดต่อไป (ขับเคลื่อนด้วยพลังไฟฟ้า 3.75 กิโลวัตต์) (ภาพประกอบ 10: k) ซึ่งจะได้ความหนาของยางแผ่นประมาณ 2-3 มิลลิเมตร นำยางที่รีดแล้วไปวางพาดบนราวไม้ไผ่ เพื่อให้สะเด็ดน้ำ ใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ก่อนนำเข้าห้องรมควัน (ภาพประกอบ 10 : l) หลังจากยางสะเด็ดน้ำแล้วให้นำยางเข้าห้องรมควัน (ภาพประกอบ 10 : m) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 50-70 องศาเซลเซียส (สูงสุดไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส) โดยใช้การเผาไหม้ของฟืนในเตา (ภาพประกอบ 10 : n) ซึ่งโดยปกติจะใช้เวลารมควันประมาณ 4 วัน เมื่อรมควันตามกำหนดเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำยางที่สุกแล้วมาคัดชั้นยาง (ภาพประกอบ 10 : o) และคีบยางส่วนที่เป็นตำหนิออกไป เพื่อเตรียมสำหรับการจำหน่าย แต่ในบางโรงงาน จะมีการอัดเบลก่อน โดยเบลแต่ละลูกมีน้ำหนักลูกละ 33.33 กิโลกรัม (ภาพประกอบ 10 : p) แล้วเตรียมส่งจำหน่ายในตลาดต่อไป

สำหรับจุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นของสหกรณ์โรงรมยางมาจาก 4 จุด ใหญ่ๆ คือเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการคัดแยกเนื้อยางที่แข็งตัวแล้วออกจากตะก (ภาพประกอบ 10 : i) น้ำเสียจากการล้างแผ่นยางในรางล้างยางก่อนนำเข้าเครื่องรีด (ภาพประกอบ 10 : j) น้ำเสียที่เกิดจากการรีดแผ่นยางในส่วนที่เกิดจากแผ่นยางและน้ำที่ใช้ฉีดแผ่นยางขณะมีการรีด (ภาพประกอบ 10 : k) และน้ำเสียที่เกิดจากการล้างภาชนะบรรจุ และการล้างพื้นทำความสะอาดโรงงานรมยาง

1.3 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิต

1.3.1 ยางดิบ ยางที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตทุกสหกรณ์โรงรมยางที่ทำการศึกษาคือน้ำยางสด ซึ่งสหกรณ์ โรงรมยางแต่ละแห่งจะรับน้ำยางสดมาจากสมาชิกของสหกรณ์ โรงรมยางเอง โดยน้ำยางที่นำส่งจะต้องสด สะอาด ไม่เป็นเม็ดพริก ไม่เจือปนสิ่งอื่นใดลงในน้ำยาง ซึ่งน้ำยางที่เหมาะสมที่สุดคือ น้ำยางที่ใช้ภาชนะบรรจุที่สะอาด และใช้เวลาขนส่งจากสวนยางถึงโรงรมยางภายใน 1 ชั่วโมง อีกทั้งไม่ควรผสมแอมโมเนียเข้มข้นลงในน้ำยาง เพราะจะไม่เหมาะกับการทำยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควัน และเป็นผลให้น้ำยางบูดเสียหายได้

1.3.2 สารเคมี สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตของสหกรณ์โรงรมยางที่ศึกษามีดังนี้

1.3.2.1 กรดฟอร์มิก (HCOOH) ลักษณะจะเป็นกรดเข้มข้น 90% มีความถ่วงจำเพาะ 1.21 จะใช้ในสถานะของสารละลายเจือจาง 2% สารเคมีนี้เติมเพื่อให้น้ำยางจับตัว ซึ่งพีเอชของน้ำยางในการเกิดการจับตัว จะอยู่ระหว่าง 4.6-4.9

1.3.2.2 โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) หรือสารฟอกสี ลักษณะจะเป็นผงสีขาวมีส่วนประกอบของ SO_2 ประมาณ 60-70% จะใช้ในอัตรา 0.02-0.06% ต่อน้ำหนักเนื้อยางแห้ง นั่นคือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ 0.2-0.6 กรัมต่อยางแห้ง 1 กิโลกรัม สารเคมีนี้เติมลงไป เนื่องจากเป็น Reducing Agent จะช่วยทำลายเอนไซม์ ที่ทำให้น้ำยางมีสีคล้ำ ทำให้น้ำยางแผ่นมีสีเหลืองสวยงาม

1.3.3.3 โซเดียมซัลไฟท์ (Na_2SO_3) ลักษณะเป็นผงสีขาว มีส่วนประกอบของ SO_2 ประมาณ 48-50% จะใช้โดยเตรียมเป็นสารละลาย 3% (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยจะต้องเตรียมใหม่ทุกวัน เพราะสารละลายนี้เสื่อมได้อย่างรวดเร็วเมื่อตั้งทิ้งไว้ ปริมาณโซเดียมซัลไฟท์ ที่แนะนำให้ใช้คือ 0.05-0.08% ต่อน้ำหนักน้ำยาง จะรักษาน้ำยางสดได้นานประมาณ 12-24 ชั่วโมง และปริมาณ 0.1% ต่อน้ำหนักน้ำยาง จะรักษาน้ำยางสดได้นานประมาณ 24 ชั่วโมง

1.3.3 น้ำใช้ แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตของสหกรณ์โรจรมยางที่ศึกษา จะมาจาก 4 แหล่งด้วยกันคือ น้ำบาดาล น้ำประปา น้ำบ่อ และน้ำจากสระ แต่โดยส่วนใหญ่แล้ว จะมีการใช้น้ำบาดาลเป็นหลัก เนื่องจาก เป็นแหล่งน้ำดิบหลักของสหกรณ์โรจรมยางทุกแห่ง นอกจากในแหล่งที่ไม่สามารถขุดเจาะแหล่งน้ำบาดาลได้

1.4 แรงงานที่ใช้ในการผลิต สำหรับแรงงานที่ใช้ในการผลิตของสหกรณ์โรจรมยาง จะไม่ค่อยมีความแตกต่างกันมากนัก โดยมีจำนวนอยู่ระหว่าง 6-14 คน เนื่องจากแต่ละโรงงานจะมีขนาดกำลังการผลิตใกล้เคียงกัน และกระบวนการในการผลิตไม่ได้มีความซับซ้อนมากมายนัก

1.5 ผลผลิต ปริมาณผลผลิตยางแผ่นรมควันของสหกรณ์โรจรมยางที่ศึกษาในช่วงที่มีการผลิตสูงสุด คือ ช่วงเดือน พฤศจิกายน 2539 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2540 พบว่า ปริมาณผลผลิตของแต่ละโรงงานมีดังนี้ คือ โรงงาน A มีปริมาณผลผลิตอยู่ในช่วงประมาณ 496-2,608

กิโลกรัมต่อวัน โรงงาน E มีปริมาณผลผลิตอยู่ในช่วงประมาณ 450-1,200 กิโลกรัมต่อวัน และ โรงงาน F มีปริมาณผลผลิตอยู่ในช่วงประมาณ 660-1,440 กิโลกรัมต่อวัน หรือปริมาณผลผลิตของทั้ง 3 โรงงาน อยู่ในช่วง 450-2,608 กิโลกรัมต่อวัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณผลผลิต จะมีความแตกต่างกันไปตามฤดูกาล คือ ในช่วงฤดูฝน และในช่วงต้นยางพาราผลัดใบ จะไม่มีการผลิตหรือมีการผลิตได้น้อยมาก

2. ปริมาณน้ำเสีย

จากการตรวจสอบในภาคสนาม เพื่อหาปริมาณน้ำเสีย ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของสหกรณ์โรงรมยางที่ทำการศึกษ จำนวน 3 โรงงาน (จาก 10 โรงงาน) โดยการประมาณการจากการใช้น้ำ จากภาชนะบรรจุที่เป็นจุดปล่อยน้ำเสียในขั้นตอนการผลิต และการวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อระบายน้ำเสียรวม โดยใช้เวียร์ ทุก 1 ชั่วโมง ซึ่งทำการศึกษาในช่วงที่มีการผลิตสูงสุดในรอบปี (เดือนพฤศจิกายน 2539 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2540) พบว่าปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตจะเกิดจาก 4 จุดใหญ่ ๆ ดังแสดงในภาพประกอบ 9 และตาราง 8

ตาราง 8 ปริมาณน้ำเสียจากแต่ละกระบวนการผลิตและปริมาณน้ำเสียรวม ของสหกรณ์โรงรมยางที่ทำการศึกษา

สหกรณ์โรงรมยาง	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)				
	ก	ข	ค	ง	จ
A	4.26	1.65	0.94	0.50	7.35
E	1.53	4.04	0.71	1.20	7.48
F	4.56	2.90	0.73	0.86	9.05

เมื่อ ก : น้ำเสียจากตะกอนหลังจากคัดแยกเนื้อยาง ง : น้ำเสียจากการล้างภาชนะบรรจุและการล้างพื้น
 ข : น้ำเสียจากรางล้างยาง จ : น้ำเสียรวม
 ค : น้ำเสียจากการรีดแผ่นยาง

จากตาราง 8 แสดงให้เห็นปริมาณน้ำเสียจากจุดต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถอธิบายได้คือ

2.1 น้ำเสียจากตะกอนหลังจากการคัดแยกเนื้อเยื่อที่แข็งตัวแล้วออกมา (ภาพประกอบ 10 : i) น้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำชีวมจากน้ำยาง น้ำกรดที่ผสมลงไปเพื่อให้เกิดการจับตัวของเนื้อเยื่อ และน้ำที่ใช้ฉีดหล่อผิวหน้ายางในตะกอน รวมทั้งน้ำที่ใช้ในการฉีดล้างตะกอนหลังจากมีการปล่อยน้ำชีวมทิ้งแล้ว เพราะฉะนั้น ในกระบวนการผลิตจะมีการทยอยปล่อยน้ำจากตะกอนทิ้งเมื่อทำการคัดแยกเนื้อเยื่อออกแล้ว เพื่อจะได้ล้างทำความสะอาดเตรียมทำยางแผ่นในรอบต่อไปอีก

2.2 น้ำเสียที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดแผ่นยางในรางล้างยาง (ภาพประกอบ 10 : j) เมื่อคัดแยกออกมาจากตะกอนเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำมาล้างทำความสะอาดในรางล้างยาง ซึ่งมีขนาดประมาณ 808 x 96 x 75 เซนติเมตร น้ำที่ใช้ล้างยางในจุดนี้ค่อนข้างจะมีปริมาณสูง สหกรณ์โรจรมยางโดยทั่วไป จะมีการใช้ซ้ำเพื่อการล้างยาง 4-5 วัน จึงจะเปลี่ยนน้ำดิบใหม่ แต่มีบางแห่งมีการเปลี่ยนน้ำดิบใหม่ทุกวัน ซึ่งเป็นการใช้น้ำในปริมาณที่สูงเกินความจำเป็น อันก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียขึ้นเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน น้ำเสียในจุด ๆ นี้จะมีการปล่อยทิ้งและล้างเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตในแต่ละวัน หรือบางแห่งจะมีการปล่อยทิ้งและล้างเมื่อต้องการล้างแผ่นยางในวันนั้น ๆ เลย เพราะฉะนั้นน้ำเสียที่เกิดขึ้นในจุดนี้ อาจเกิดขึ้นในตอนเลิกงานแล้ว หรือ ในระหว่างการผลิต

2.3 น้ำเสียที่เกิดจากการรีดแผ่นยาง (ภาพประกอบ 10 : k) เมื่อล้างทำความสะอาดแผ่นยางในรางล้างแล้วก็จะนำเข้าสู่เครื่องจักรรีดซึ่งเป็นจักรรีดแบบ 5 ขอน ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า 3.75 กิโลวัตต์ ใช้รีดเป็นแผ่นได้ชั่วโมงละ ประมาณ 700 แผ่น ในขณะที่มีการรีดก็จะมีกรรมป้อนน้ำให้ฉีดแผ่นยาง เพื่อชะล้างกรดที่อาจหลงเหลืออยู่บ้างและเพื่อล้างสิ่งสกปรกและสารพวกที่เนื้อเยื่อออก ซึ่งโดยปกติจะมีอ่างน้ำรองรับขนาดประมาณ 153 x 152 x 35 เซนติเมตร รองรับน้ำที่มีการฉีดล้างแล้ว และจะมีการป้อนหมุนเวียนจนเสร็จสิ้นการรีดยางในแต่ละวัน แต่มีการดำเนินการของสหกรณ์โรจรมยางบางแห่งที่แตกต่างไปคือ มีการฉีดน้ำล้างแผ่นยางแต่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำ และอีกอย่างคือ ไม่มีการฉีดน้ำในขณะที่รีดยาง สาเหตุเนื่อง

มาจากปั๊มน้ำชำรุด และเป็นความต้องการของคณะกรรมการสหกรณ์โรงมยางเองที่จะประหยัดน้ำดิบที่จะใช้ น้ำเสียในจุด ๆ นี้จะมีการปล่อยทิ้งเมื่อดำเนินการรีดยางเสร็จสิ้นในแต่ละวันแล้ว โดยจะไม่มีการใช้ซ้ำอีก เมื่อต้องการใช้ในวันต่อไปก็จะมีการใช้ น้ำดิบฉีดล้างใหม่

2.4 น้ำเสียที่เกิดจากการล้างภาชนะบรรจุ และการล้างพื้นทำความสะอาดหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตในแต่ละวัน จะมีการทำความสะอาดภาชนะบรรจุและล้างพื้นทำความสะอาด โดยจะใช้วิธีการฉีดน้ำเป็นหลัก ซึ่งพฤติกรรมของการล้างและการใช้น้ำมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการใช้น้ำของคนงาน และความสกปรกของภาชนะหรือพื้นของโรงงาน

จากข้อมูลปริมาณน้ำเสียจากจุดต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตดังกล่าวข้างต้นจะพบว่า ปริมาณน้ำเสียรวมของแต่ละโรงงานในช่วงที่มีการศึกษาคือ โรงงาน A มีปริมาณน้ำเสียประมาณ 7.35 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โรงงาน E มีปริมาณน้ำเสียประมาณ 7.48 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และ โรงงาน F มีปริมาณน้ำเสียประมาณ 9.05 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ ปริมาณน้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิตของทั้ง 3 โรงงาน อยู่ในช่วง 7.35 -9.05 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และได้มีการศึกษาปริมาณน้ำเสียในช่วงที่มีผลผลิตต่ำสุดและสูงสุดในช่วงที่ผ่านมา โดยการคำนวณจากปริมาณน้ำดิบที่ใช้ เปอร์เซ็นต์ของน้ำยางสด และปริมาณน้ำยางสดของแต่ละโรงงาน ซึ่งสามารถคำนวณค่าปริมาณน้ำเสียได้ดังนี้

2.4.1 โรงงาน A มีปริมาณน้ำเสียอยู่ในช่วงประมาณ 5.91-13.61 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จากผลผลิตในช่วง 496-2,608 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีปริมาณการใช้น้ำดิบในช่วง 4.86-8.07 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังนั้นคิดเป็นอัตราการเกิดน้ำเสีย เท่ากับ 5.22-11.92 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลผลิต

2.4.2 โรงงาน E มีปริมาณน้ำเสียอยู่ในช่วงปริมาณ 6.05-12.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จากผลผลิตในช่วง 450-1,200 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีปริมาณการใช้น้ำดิบในช่วง 5-10 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังนั้นคิดเป็นอัตราการเกิดน้ำเสีย เท่ากับ 10.67-13.44 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลผลิต

2.4.3 โรงงาน F มีปริมาณน้ำเสียอยู่ในช่วงประมาณ 6.56-12.62 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จากผลผลิตในช่วง 660-1,440 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีปริมาณการใช้น้ำดิบในช่วง 5.02-9.26 ลูกบาศก์ต่อวัน ดังนั้นคิดเป็นอัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยเท่ากับ 8.76-9.94 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลผลิต

3. ลักษณะของน้ำเสีย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาลักษณะของน้ำเสียจากกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นจุดกำเนิดน้ำเสีย 4 จุดใหญ่ ๆ คือ น้ำเสียจากตะกอนหลังจากคัดแยกเนื้อยางออกแล้ว น้ำเสียที่เกิดจากการล้างแผ่นยางในรางล้าง น้ำเสียที่เกิดจากการรีดแผ่นยาง น้ำเสียที่เกิดจากการล้างภาชนะบรรจุต่าง ๆ และการล้างทำความสะอาดพื้นโรงงาน และเก็บตัวอย่างรวม (Composite Sample) ผลการวิเคราะห์ตัวแปรคุณภาพน้ำแสดงไว้ในตาราง 9

ตาราง 9 ลักษณะของน้ำเสียจากแต่ละกระบวนการผลิต และน้ำเสียรวมของสหกรณ์โรงรมยางที่ทำการศึกษา

ตัวแปรคุณภาพน้ำ	ก		ข		ค		ง		จ	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
pH	4.7-5.7	5.0	4.2-6.9	5.3	4.7-6.6	5.3	5.6-6.3	5.8	4.9-6.6	5.9
Temperature (°C)	25.5-26.5	26.0	26.0-27.0	26.7	26.0-27.5	26.7	25.8-28.0	27.1	25.5-28.3	26.3
DO (mg/L)	0.2-2.7	1.13	0.2-0.6	0.45	3.3-5.0	3.92	0.4-1.0	0.58	2.0-2.5	2.08
BOD ₅ (mg/L)	5,800-12,500	9,433	1,250-6,400	3,433	3,950-10,600	7,016	600-2,400	1,391	3,250-7,600	4,783
COD (mg/L)	9,077-22,025	15,069	1,695-9,994	5,137	6,242-16,869	11,344	1,046-3,295	1,928	4,354-9,568	6,673
SS (mg/L)	108-194	164	40-196	93	90-390	195	352-770	525	60-232	167
TKN (mg/L)	64.77-239.63	162.06	31.00-174.41	79.53	95.01-243.20	190.87	17.39-128.09	60.17	45.99-195.15	131.99
NH ₃ -N (mg/L)	51.66-111.34	85.10	28.17-75.19	45.02	83.33-131.00	110.04	12.77-87.03	38.67	42.17-97.73	75.88
TP (mg/L)	12.70-41.55	21.56	12.40-26.73	19.99	13.20-21.40	17.79	13.80-26.67	19.41	12.09-20.01	14.90
Sulfate (mg/L)	173.29-894.46	472.62	93.16-431.69	225.84	166.19-988.29	445.21	32.38-291.90	136.03	102.96-294.82	188.06
Acidity (mg/L as CaCO ₃)	92.17-1,509.63	986.52	42.41-125.42	347.84	164.13-1,267.68	581.78	48.21-258.54	130.12	79.66-723.91	391.72
BOD ₅ Loading (Kg. BOD ₅ /d)	1.91-42.60	29.37	5.05-10.56	7.77	2.80-9.96	5.84	0.52-1.41	1.04	24.31-55.86	37.28

เมื่อ ก : น้ำเสียจากตะกอนหลังจากคัดแยกเนื้อยาง

ค : น้ำเสียจากการรีดแผ่นยาง

จ : น้ำเสียรวม

ข : น้ำเสียจากรางล้างยาง

ง : น้ำเสียจากการล้างภาชนะบรรจุและการล้างพื้น

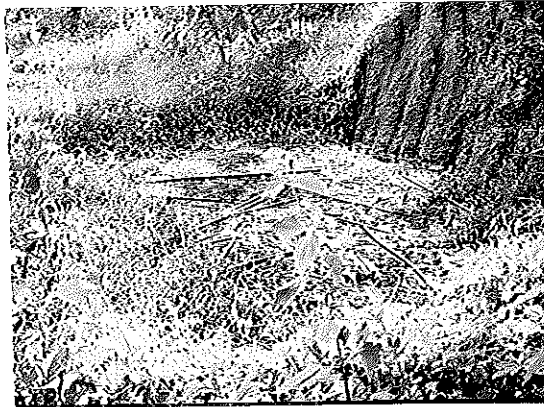
จากตาราง 9 ลักษณะของน้ำเสียในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต และน้ำเสียรวมของสหกรณ์โรจรมยางที่ทำการศึกษา จะเห็นได้ว่าน้ำเสียจะมีสภาพความเป็นกรด เนื่องจากการใช้กรดฟอร์มิกในการจับตัวของน้ำยาง โดยลักษณะน้ำเสียจะมีค่าปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์สูง เมื่อดูในปัจจัยของค่า BOD₅, COD, TKN, NH₃-N, TP และ Sulfate โดยเฉพาะน้ำเสียในตะกอนหลังจากคัดแยกเนื้อยางออกแล้ว (จุด ก) เพราะน้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ในจุด ๆ นี้ จะประกอบด้วยส่วนของน้ำชี้น้ำจากน้ำยางปนเปื้อนอยู่สูงกว่า และน้ำเสียที่เกิดจากการรีดแผ่นยาง (จุด ค) จะเห็นได้ว่าปริมาณสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์สูงเช่นกัน อธิบายได้ว่า ยางที่ผ่านเครื่องจักรรีดจะถูกรีดน้ำออกจากประมาณ 80 % ลงเหลือเพียงประมาณ 40 % ซึ่งน้ำที่ออกมาจากแผ่นยางขณะเข้าเครื่องรีดก็คือ น้ำชี้น้ำ จึงทำให้มีการปนเปื้อนในปริมาณที่สูงเช่นกัน สำหรับน้ำเสียในรางล้างทำความสะอาดแผ่นยาง (จุด ข) ลักษณะของน้ำเสียจะมีการปนเปื้อนของน้ำชี้น้ำน้อยกว่า ทำให้มีปริมาณสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ต่ำกว่า แต่น้ำเสียจากจุด ๆ นี้ค่อนข้างจะมีความแปรปรวน หากมีการใช้น้ำในรางล้างหลาย ๆ วันโดยไม่มีการปล่อยทิ้ง ก็จะทำให้มีค่าปริมาณสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และค่าความเป็นกรดเพิ่มสูงขึ้น ส่วนน้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดภาชนะบรรจุและน้ำล้างพื้น (จุด ง) จะมีค่าปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่ำที่สุด แต่ก็ยังพบค่อนข้างสูง เนื่องจากน้ำเสียจากภาชนะบรรจุโดยเฉพาะน้ำเสียจากตะกอน เวลาที่มีการปล่อยทิ้งจะปล่อยให้ไหลเร็วไปตามบริเวณพื้นโรงงานทั่วบริเวณที่มีตะกอนวางตั้งอยู่ (โดยส่วนมากจะมีตะกอนจำนวน 50 ตะกอนต่อ 1 โรงงาน) ทำให้น้ำล้างพื้นปนเปื้อนความเป็นกรดและน้ำชี้น้ำด้วยเช่นกัน และพบว่าน้ำเสียจากจุด ๆ นี้มีค่า SS สูงสุด เนื่องจากมีเศษยางปะปนอยู่มาก และความสกปรกของพื้นโรงงานเอง นอกจากนี้ในส่วนของค่าปริมาณซัลเฟตจากกระบวนการผลิตและน้ำเสียรวม ซึ่งพบว่ามีค่าสูง โดยน้ำเสียรวมมีค่าปริมาณซัลเฟตอยู่ในช่วง 102.96-294.82 มก./ล ทั้งนี้เนื่องมาจากในกระบวนการผลิตจะมีการเติมโซเดียมซัลไฟท์ เพื่อรักษาสภาพน้ำยางสด และโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ หรือสารฟอกสี ซึ่งสารเคมีดังกล่าวมีส่วนประกอบของ SO₂ จึงทำให้ปริมาณซัลเฟตมีค่าสูง และถ้าพิจารณาที่ค่า Organic Loading ในเทอมของ BOD₅ จะพบว่า ปริมาณ Organic loading ของน้ำเสียในตะกอนมีค่าสูงสุด คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.37 กิโลกรัม บีโอดีต่อวัน

ลักษณะของน้ำเสียรวมพบว่า อัตราส่วนระหว่าง $BOD_5 : COD$ มีค่าอยู่ใน ช่วง 0.57-0.79 และค่า $BOD_5 : N : P$ มีค่าเท่ากับ 100 : 2.8 : 0.4 ซึ่งจากอัตราส่วนดังกล่าวจะเห็นได้ว่าน้ำเสียชนิดนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้การบำบัดด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน เพราะมีปริมาณสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพียงพอ (เพ็ชรพร ชาวกิจเจริญ, 2538)

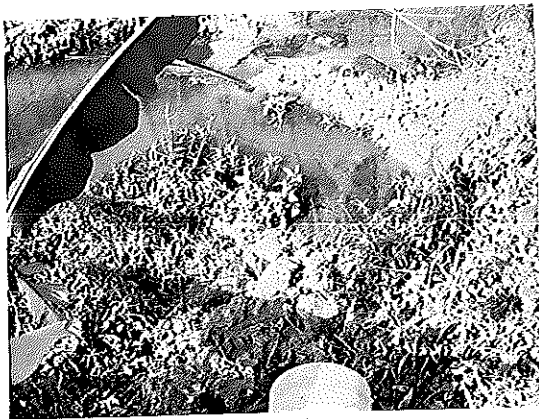
ดังนั้น จะมองเห็นในภาพรวมได้ว่า จุดที่ก่อให้เกิดน้ำเสียในสหกรณ์โรจรมยางจุดหลัก ๆ คือ น้ำเสียที่มีการปล่อยทิ้งจากตะกอนและที่เกิดจากการรีดแผ่นยาง ฉะนั้น อาจกล่าวได้ว่าสหกรณ์โรจรมยางเหล่านี้ สามารถทำให้เกิดของเสียในรูปของสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้สูงมาก ซึ่งหากไม่ได้มีการบำบัดและมีการปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ก็สามารถก่อให้เกิดปัญหามลภาวะกับแหล่งน้ำได้เป็นอย่างมาก

4. การจัดการน้ำเสีย

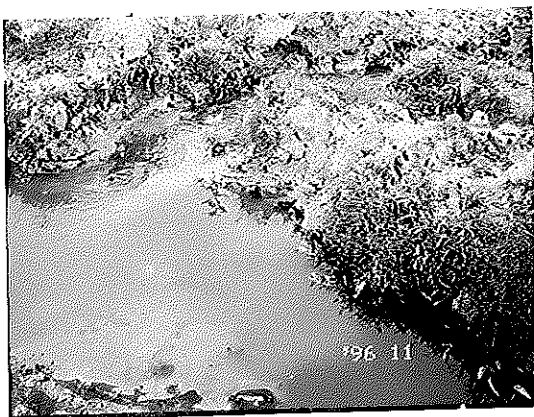
จากการศึกษาการจัดการน้ำเสีย ของสหกรณ์โรจรมยางตัวแทนในจังหวัดสงขลา จำนวน 10 โรงงาน พบว่ารูปแบบในการจัดการน้ำเสียจะเหมือนกัน คือ จะดำเนินการเพียงแค่การปล่อยให้ไหลไปพักอยู่ที่บ่อพักน้ำเสีย แล้วปล่อยให้ซึมลงไปในดิน หรือปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ดังภาพประกอบ 11 โดยขนาดและจำนวนบ่อไม่มีความเหมาะสมกับกำลังการผลิตและปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ทำให้เกิดสภาพน้ำเอ่อล้นออกจากบ่อพักน้ำเสีย



สหกรณ์โรงมยาง A



สหกรณ์โรงมยาง E



สหกรณ์โรงมยาง F

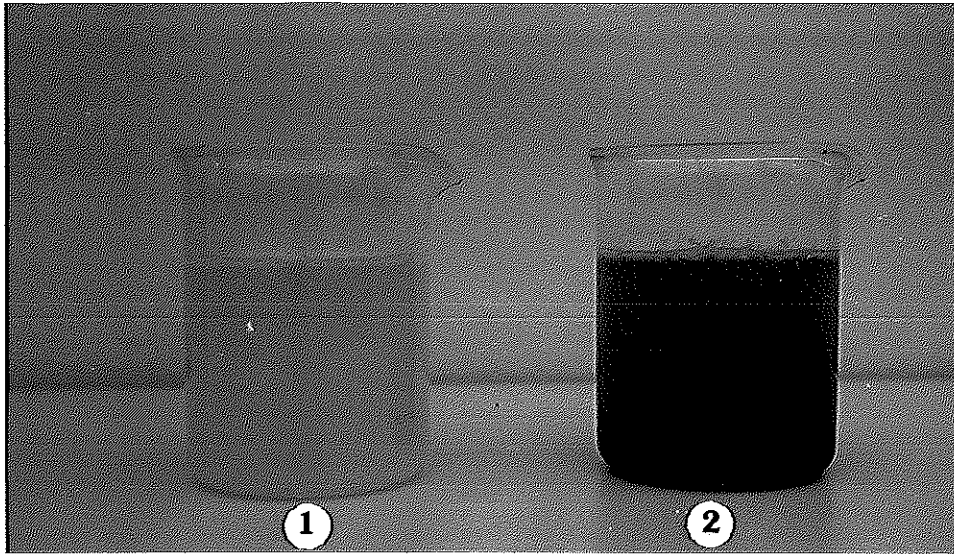
ภาพประกอบ 11 สภาพการจัดการน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตของสหกรณ์โรงมยาง

จากสภาพดังกล่าว ย่อมก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น ซึ่งจะสร้างความเดือดร้อนให้กับกลุ่มคนในหมู่บ้าน และในแหล่งที่อยู่ใกล้เคียงก็ย่อมจะสร้างความเดือดร้อนให้กับผู้ที่สัญจรไปมาได้เช่นกัน อีกทั้งในบางแห่งตั้งอยู่ใกล้กับพื้นที่นาข้าว สวนผลไม้และแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งยังมีการใช้ประโยชน์จากชาวบ้านในหมู่บ้านอยู่ จากสภาพภูมิประเทศดังกล่าว อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อนาข้าวหรือสวนผลไม้ และการเน่าเสียของแหล่งน้ำธรรมชาติได้สูง ซึ่งอาจนำมาซึ่งปัญหาของการร้องเรียนจากชุมชนได้

5. ผลการทดลองของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ

5.1 การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ในระยะเริ่มต้นระบบ (Start-up)

ในการเริ่มระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการครั้งนี้ ประกอบด้วยระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter : AF) 1 ชุด และระบบถังหมักไร้อากาศ (Anaerobic Digester : AD) 1 ชุด โดยเริ่มต้นการทดลองจะมีการเลี้ยงจุลินทรีย์ โดยการนำตะกอนจากบ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic Pond) ของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น มาเติมในระบบทั้ง 2 ชุด โดยเติมร้อยละ 25 ของปริมาตรรวมทั้งหมด แล้วเติมน้ำเสียแต่ละชุดให้มีปริมาตรตามที่ต้องการ จากนั้นทำการเติมน้ำเสียแล้วปล่อยน้ำเสียออกด้วยวิธีต่อเนื่อง ในปริมาตร 0.73 และ 0.75 ลิตร/วัน (หรือใช้ระยะเวลาพัก 40 วัน) ของถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศตามลำดับ ซึ่งน้ำเสียที่จะป้อนเข้าสู่ระบบจะมีการปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 6.8-7.2 จาก pH ของน้ำเสียที่อยู่ในช่วง 4.5-5.6 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 6 นอร์มัล ในปริมาตร 4.5-5.5 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 1 ลิตร ซึ่งลักษณะของน้ำเสียหลังจากมีการปรับ pH แล้ว สีของน้ำจะมีสีเข้มขึ้น ดังภาพประกอบ 12 ในระยะเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์นี้ จะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียที่ออกจากระบบทั้ง 2 ชุด ทุกวัน โดยจะหาค่า pH, Temperature, Alkalinity, VFA, SCOD และ วัดปริมาตรก๊าซที่เกิดโดยวิธีการแทนที่น้ำ

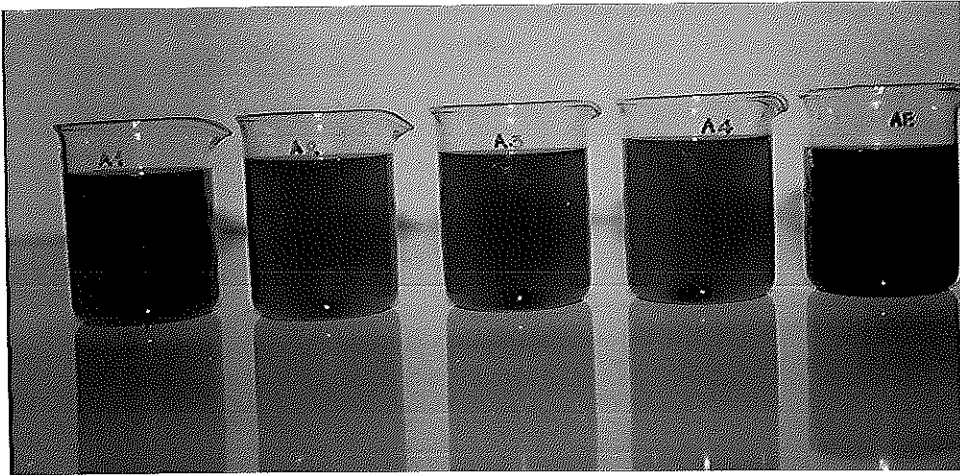


1 : น้ำเสียจากกระบวนการผลิต

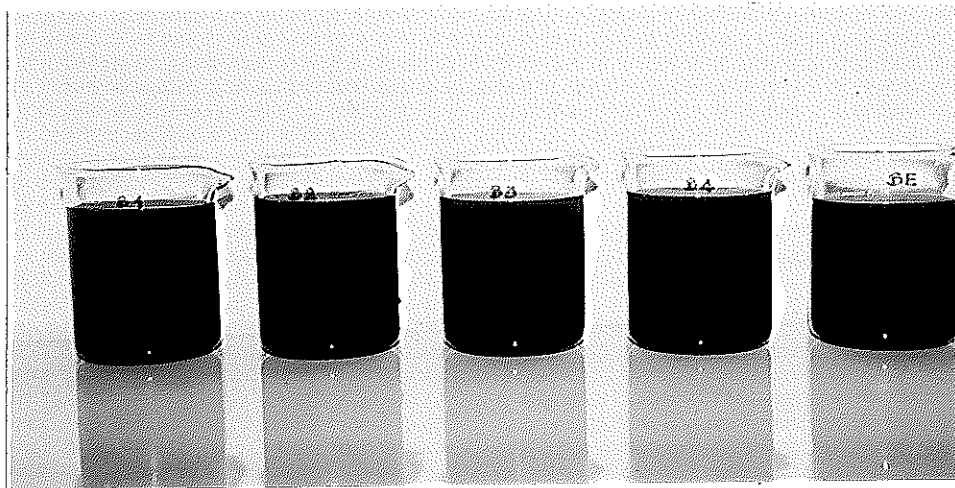
2 : น้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่มีการปรับ pH แล้ว

ภาพประกอบ 12 ลักษณะของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและลักษณะของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่มีการปรับ pH แล้ว

จากการที่ได้ทำการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ในระบบพบว่า น้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 29.0-32.8 องศาเซลเซียส และ 29.0-32.5 องศาเซลเซียส ของถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศตามลำดับ ค่า pH ของถังกรองไร้อากาศอยู่ระหว่าง 6.7-7.9 และของถังหมักไร้อากาศอยู่ระหว่าง 6.6-8.2 ค่าความเป็นเบสและกรดระเหยของถังกรองไร้อากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,152 มก./ล ของ CaCO_3 และ 250 มก./ล ของ CH_3COOH ส่วนค่าความเป็นเบสและกรดระเหยของถังหมักไร้อากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,934 มก./ล ของ CaCO_3 และ 484 มก./ล ของ CH_3COOH มีปริมาณก๊าซที่เกิดจากถังกรองไร้อากาศจำนวน 90.50 ลิตร และจากถังหมักไร้อากาศ จำนวน 120.68 ลิตร จากการทดลองเป็นระยะเวลา 71 วัน ลักษณะของน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในช่วงของการเริ่มต้นระบบ จนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ สีของน้ำค่อนข้างจะเป็นสีดำ โดยเฉพาะน้ำเสียจากถังหมักไร้อากาศจะมีสีเข้มกว่าน้ำเสียจากถังกรองไร้อากาศ เนื่องจากมีตะกอนแขวนลอยออกมามากกว่า ดังภาพประกอบ 13 และ 14

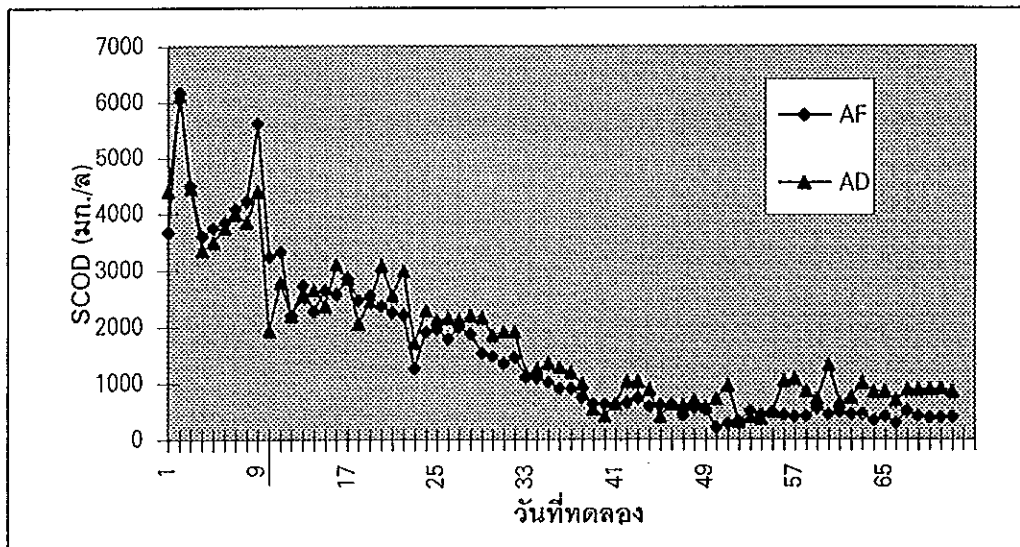


ภาพประกอบ 13 ลักษณะของน้ำเสียในแต่ละความสูงและที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย
 จำลองถึงกรองไร้อากาศในช่วงของการเริ่มต้นระบบ
 (เรียงจากซ้ายไปขวา น้ำเสียระดับความสูง 19, 38, 57, 76 ซม. จากกัน
 ถึง และน้ำออกจากระบบ)



ภาพประกอบ 14 ลักษณะของน้ำเสียในแต่ละความสูงและที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย
 จำลองถึงหมักไร้อากาศในช่วงของการเริ่มต้นระบบ
 (เรียงจากซ้ายไปขวา น้ำเสียระดับความสูง 19, 38, 57, 76 ซม. จากกัน
 ถึง และน้ำออกจากระบบ)

จนกระทั่งประสิทธิภาพของการลดค่า COD มีค่าค่อนข้างคงที่ ซึ่งถือเป็นสิ่งบ่งชี้ได้ว่าระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว (Steady State) ดังแสดงในภาพประกอบ 15 โดยใช้เวลาในการเริ่มต้นระบบทั้งสิ้น 71 วัน



ภาพประกอบ 15 ค่า SCOD ของน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในช่วงของการเริ่มต้นระบบ

5.2 ผลการทดลองของถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศภายใต้สภาวะการทำงานที่คงที่ (Steady State)

5.2.1 ผลการศึกษาลักษณะของน้ำเสีย ตามลักษณะการทำงานจากระบบภายใต้ค่า HRT และ Organic Loading ที่แตกต่างกัน

5.2.1.1 อุณหภูมิ

จากตาราง 10 พบว่าอุณหภูมิของน้ำเสียที่เข้าถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26.8-27.9 ส่วนน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.1-28.6 องศาเซลเซียส และ 27.1-28.7 องศาเซลเซียส ของถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ ตามลำดับ ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วัน ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าของอุณหภูมิภายใต้ค่า HRT และ Organic Loading ที่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่ามี

ค่าใกล้เคียงกันมาก การเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงภายในระบบก็ไม่ค่อยมีความแตกต่างกันเช่นกัน

ตาราง 10 อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ

ระยะเวลาพัก (วัน)	อุณหภูมิของน้ำเสียที่เข้าระบบ (°C)	อุณหภูมิของน้ำเสียที่ออกจาก AF (°C)	อุณหภูมิของน้ำเสียที่ออกจาก AD (°C)
20	26.8	27.1	27.1
15	27.9	28.1	28.2
10	27.8	28.6	28.7
5	27.2	28.0	28.0

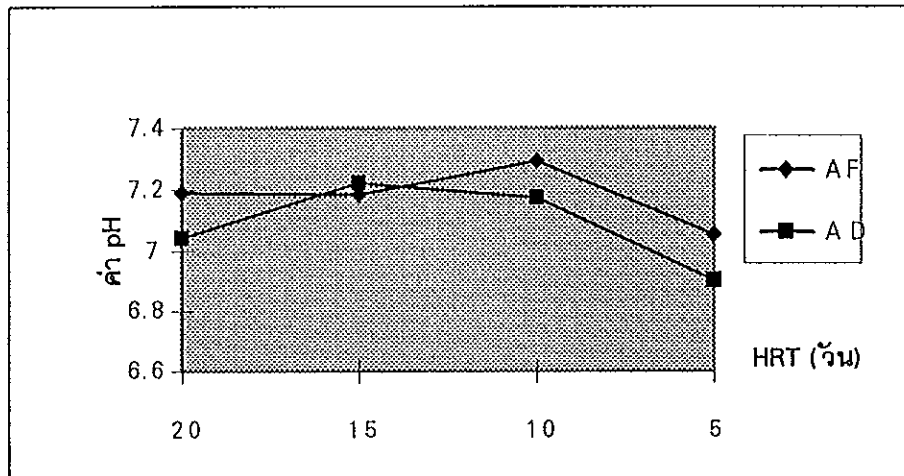
5.2.1.2 พีเอช

หลังจากน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบจะต้องมีการปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 6.9-7.2 พบว่าน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่า pH เฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.1-7.3 และ 6.9-7.2 ของถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศตามลำดับ จากการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วัน ตามลำดับ ดังตาราง 11 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อมีการลดระยะเวลาพักน้ำ อันมีผลทำให้ค่า Organic Loading เพิ่มขึ้น ค่า pH มีการลดลงเล็กน้อย ดังภาพประกอบ 16 สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในระดับความสูงต่าง ๆ จะมีค่าต่ำสุดในตอนล่างของระบบ และจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ดังภาพประกอบ 17

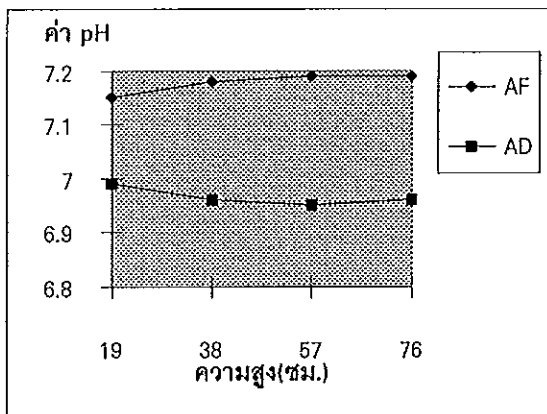
ตาราง 11 ค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และที่ออกจากระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

HRT(วัน)	ค่า pH									
	ความสูง 19 ซม.		ความสูง 38 ซม.		ความสูง 57 ซม.		ความสูง 76 ซม.		น้ำออกจากระบบ	
	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
20	7.6	6.9	7.2	6.9	7.2	6.9	7.2	6.9	7.2	7.0
15	7.1	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.3	7.2	7.2
10	7.3	7.2	7.3	7.2	7.2	7.2	7.2	7.1	7.3	7.2
5	6.2	6.0	7.1	6.9	7.1	6.8	7.2	6.9	7.1	6.9

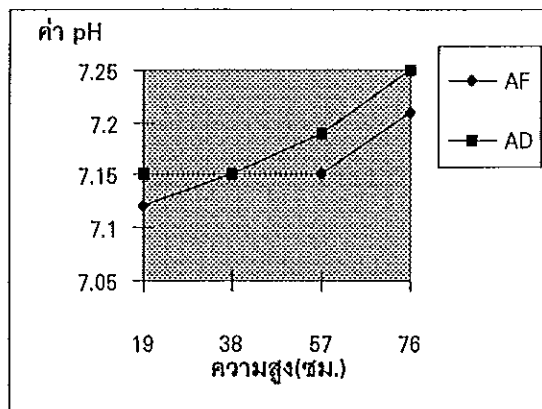
หมายเหตุ : ระดับความสูงวัดจากกันดั้ระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง



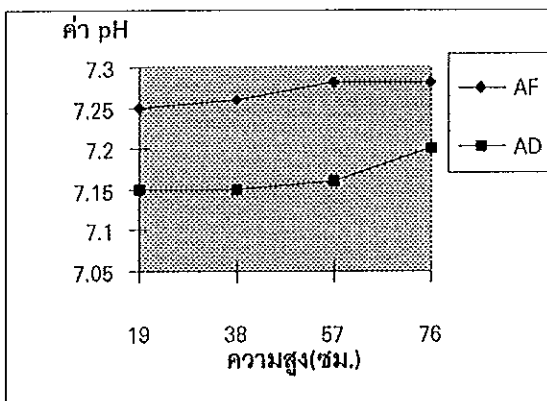
ภาพประกอบ 16 ค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสียที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT



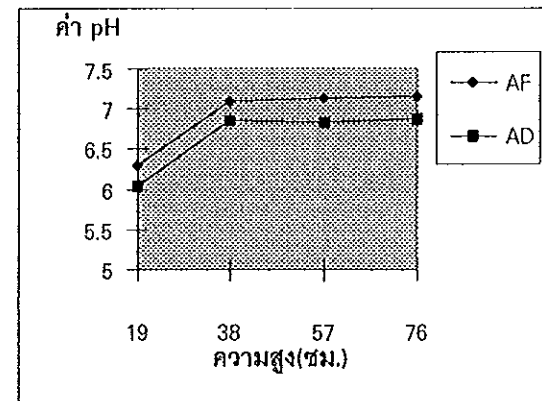
HRT 20 วัน



HRT 15 วัน



HRT 10 วัน



HRT 5 วัน

ภาพประกอบ 17 ค่า pH เฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

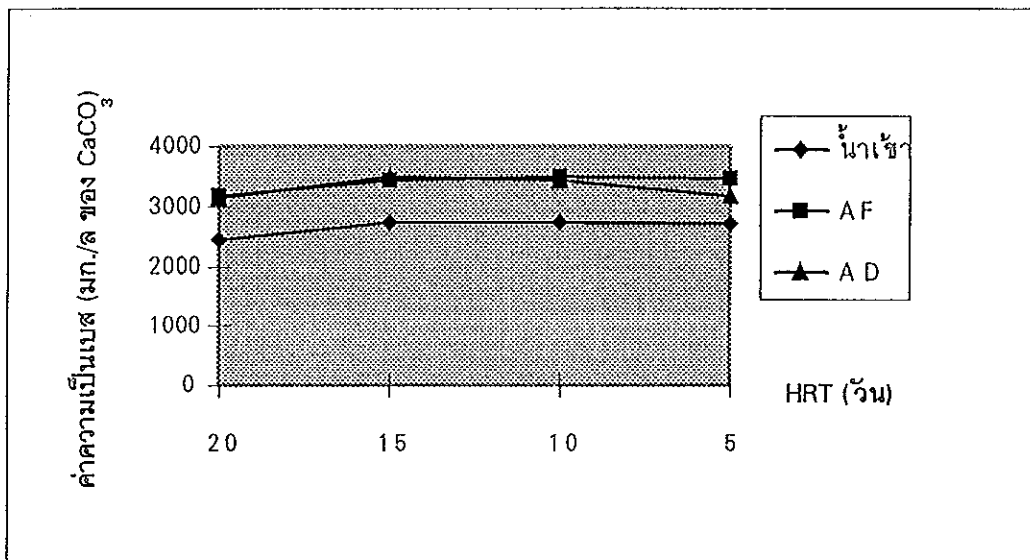
5.2.1.3 ค่าความเป็นเบส

สภาพความเป็นเบสของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองทั้ง 2 ชุด มีค่าใกล้เคียงกัน และ มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงในทางเดียวกัน โดยที่ถังกรองไร้อากาศมีค่าความเป็นเบสเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3,171-3,502 มก./ล ของ CaCO_3 และถังหมักไร้อากาศมีค่าความเป็นเบสเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3,140-3,496 มก./ล ของ CaCO_3 ของการทดลองที่ HRT 20,15,10 และ 5 วัน ตามลำดับ ดังตาราง 12

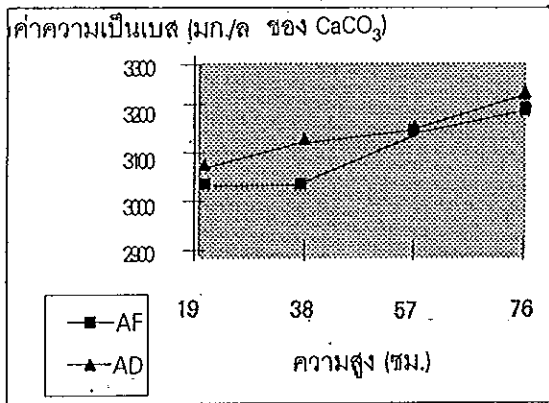
ตาราง 12 ค่าความเป็นเบสเฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และที่ออกจากระบบ
เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

HRT (วัน)	ค่าความเป็นเบส (มก./ล ของ CaCO ₃)										
	น้ำเสียเข้า ระบบ	ความสูง 19 ซม.		ความสูง 38 ซม.		ความสูง 57 ซม.		ความสูง 76 ซม.		น้ำออกจากระบบ	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
20	2,445	3,020	3,078	3,016	3,129	3,147	3,160	3,204	3,241	3,171	3,140
15	2,718	3,406	3,560	3,406	3,560	3,505	3,589	3,563	3,616	3,424	3,496
10	2,722	3,313	3,313	3,316	3,389	3,371	3,425	3,469	3,415	3,502	3,427
5	2,713	3,312	3,312	3,360	3,236	3,406	3,300	3,551	3,328	3,466	3,171

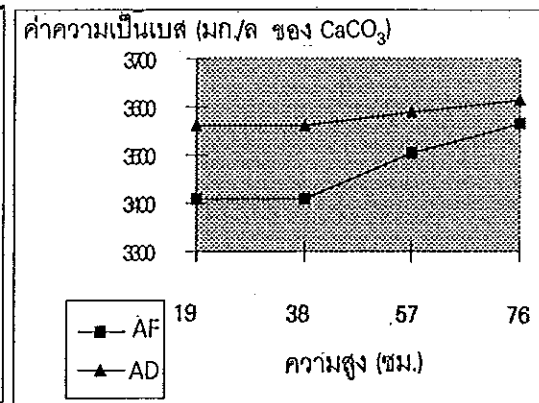
ซึ่งถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของ Organic Loading เมื่อมีการลดระยะเวลาพักพักน้ำก็ตาม จะเห็นได้ว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นเบสยังมีค่าใกล้เคียงกัน ดังภาพประกอบ 18 ส่วนการเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นเบสตามระดับความสูงต่าง ๆ ภายในระบบ จะเห็นได้ว่ามีค่าต่ำสุดในส่วนล่างของระบบ และจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ดังภาพประกอบ 19



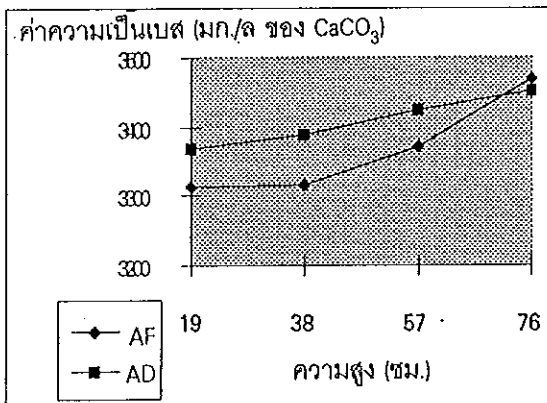
ภาพประกอบ 18 ค่าความเป็นเบสเฉลี่ย ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง
ค่า HRT



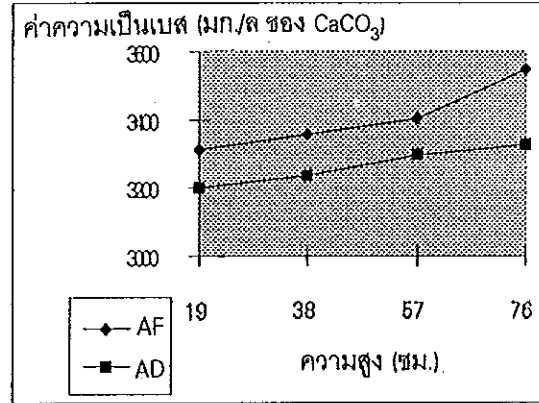
HRT 20 วัน



HRT 15 วัน



HRT 10 วัน



HRT 5 วัน

ภาพประกอบ 19 ค่าความเป็นเบสเฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

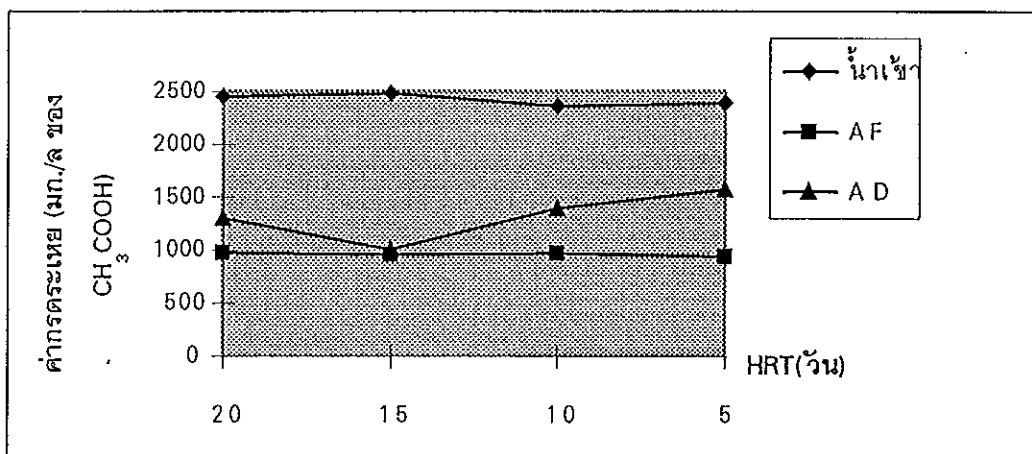
5.2.1.4 กรดระเหย

ค่าของกรดระเหยของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองทั้ง 2 ชุด พบว่า ในระบบถังกรองไร้อากาศ มีค่าต่ำกว่าในระบบถังหมักไร้อากาศ คือ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 926-968 มก./ล ของ CH_3COOH และ 1,003-1,547 มก./ล ของ CH_3COOH ตามลำดับ ดังตาราง 13 แต่มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันคือ เมื่อมีการลดระยะเวลาพักน้ำซึ่งก็คือเป็นการเพิ่มค่าของ Organic Loading ให้กับระบบ ค่าของกรดระเหยเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อ

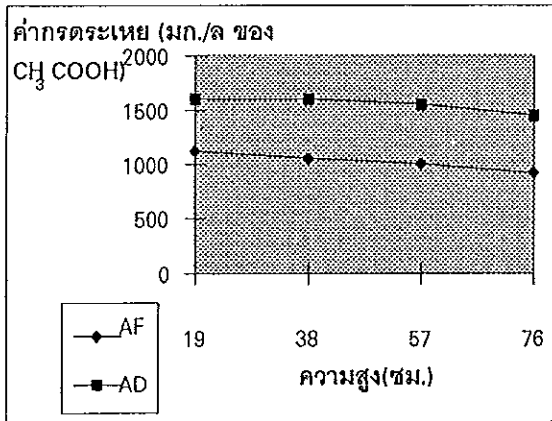
ระยะเวลาพักน้ำน้อยที่สุด คือ 5 วัน ดังภาพประกอบ 20 ส่วนการเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงต่าง ๆ ภายในระบบ จะเห็นได้ว่ามีทิศทางเดียวกันคือ จะมีค่าสูงสุดในส่วนล่างของระบบ และจะมีค่าลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ดังภาพประกอบ 21 ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าของ pH และค่าความเป็นเบสในระบบ

ตาราง 13 ค่าของกรดระเหยเฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

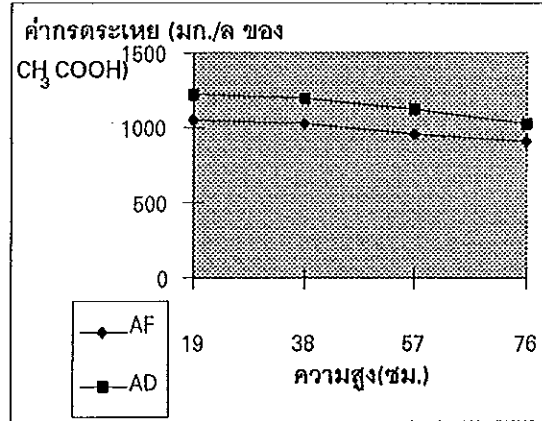
HRT (วัน)	ค่ากรดระเหย (มก./ล ของ CH_3COOH)					
	น้ำเสียเข้าระบบ	ความสูง 19 ซม.		ความสูง 38 ซม.		
		AF	AD	AF	AD	
20	2,446	1,117	1,604	1,049	1,593	
15	2,478	1,054	1,223	1,030	1,196	
10	2,364	974	1,471	962	1,395	
5	2,389	1,071	1,888	905	1,584	
HRT (วัน)	ความสูง 57 ซม.		ความสูง 76 ซม.		น้ำออกจากระบบ	
	AF	AD	AF	AD	AF	AD
20	994	1,547	908	1,452	968	1,302
15	953	1,125	904	1,030	954	1,003
10	950	1,444	909	1,325	957	1,388
5	1,028	1,829	929	1,713	926	1,574



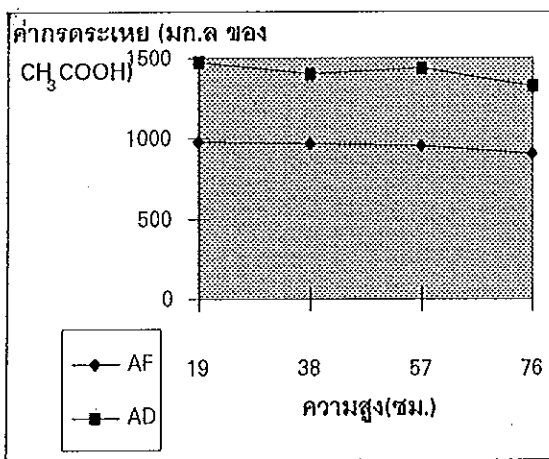
ภาพประกอบ 20 ค่ากรดระเหยเฉลี่ย ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT



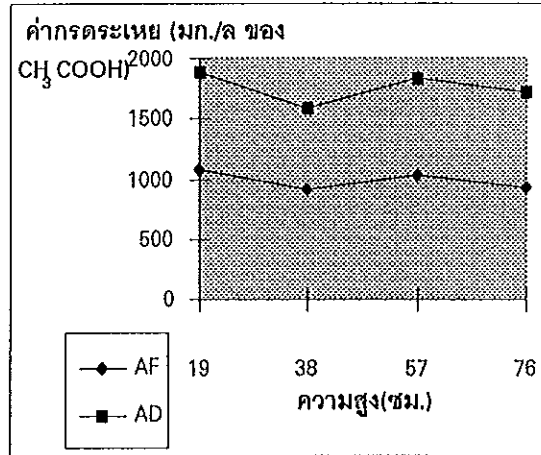
HRT 20 วัน



HRT 15 วัน



HRT 10 วัน



HRT 5 วัน

ภาพประกอบ 21 ค่ากรดระเหยเฉลี่ย ของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

5.2.1.5 ค่าซีไอดี

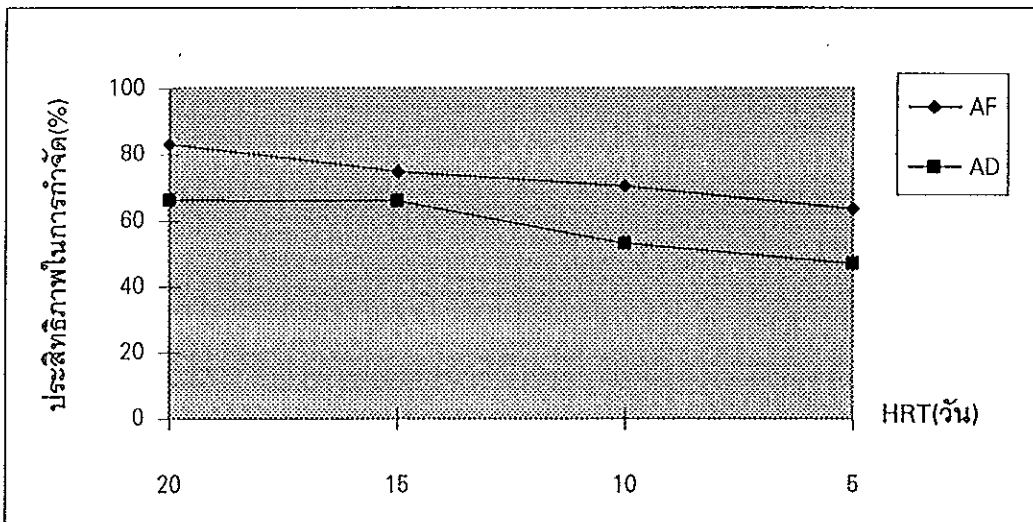
จากผลการทดลอง ปรากฏว่าน้ำเสียที่ออกจากระบบถังกรองไร้อากาศ มีค่า COD เฉลี่ยเท่ากับ 1,550 มก./ล, 2,489 มก./ล, 2,723 มก./ล และ 3,204 มก./ล มีประสิทธิภาพในการกำจัด โดยเฉลี่ยเท่ากับ 83.2%, 74.8%, 70.4% และ 63.4% ของการทดลองที่ HRT 20 ,15 ,10 และ 5 วัน ตามลำดับ หรือเมื่อค่า COD Loading เฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าระบบเท่ากับ

0.47, 0.67, 0.94 และ 1.79 Kg.COD/m³/day ตามลำดับและน้ำเสียที่ออกจากระบบถังหมักไร้อากาศมีค่า COD เฉลี่ยเท่ากับ 3,086 มก./ล, 3,423 มก./ล, 4,279 มก./ล และ 4,646 มก./ล มีประสิทธิภาพในการกำจัด โดยเฉลี่ย เท่ากับ 66.1%, 65.9%, 53% และ 47.0% ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วัน ตามลำดับ หรือเมื่อค่า COD Loading เฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าระบบเท่ากับ 0.46, 0.66, 0.92 และ 1.76 Kg.COD/m³/day ซึ่งจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดค่า COD ลดลง เมื่อมีการลดค่า HRT หรือเมื่อเป็นการเพิ่มค่าของ COD Loading (ภาพประกอบ 22) จะเห็นได้ว่า น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลองดังกล่าวยังมีค่าสูง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2539 ที่กำหนดไว้ว่า ค่า COD ของน้ำเสียที่ระบายออกจากโรงงานไม่มากกว่า 120 มก./ล

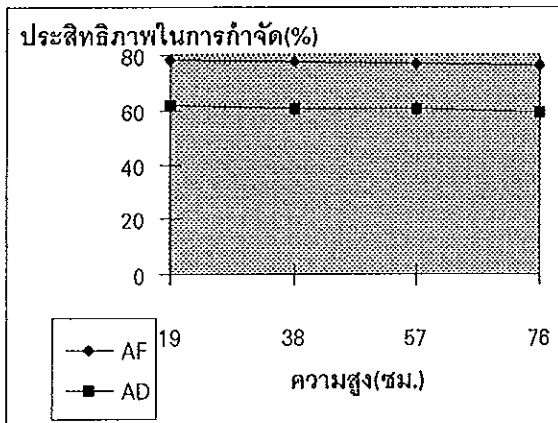
ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า COD และประสิทธิภาพในการกำจัดที่ระดับความสูงต่าง ๆ ภายในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองทั้ง 2 ชุด ดังแสดงในตาราง 14 และภาพประกอบ 23 พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดค่า COD ของระบบทั้ง 2 ชุดเกิดดีที่สุดในช่วงล่างของถัง และจะลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น โดยที่ประสิทธิภาพในการกำจัดในถังกรองไร้อากาศจะมีค่าสูงกว่าในถังหมักไร้อากาศ

ตาราง 14 ค่า COD เฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และที่ออกจากระบบ และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

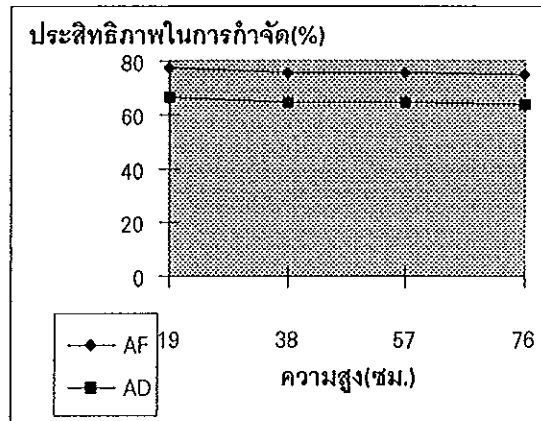
HRT(วัน)	ค่า COD (มก./ล) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%)											
	น้ำเสียเข้าระบบ				ความสูง 19 ซม.				ความสูง 38 ซม.			
					AF	%	AD	%	AF	%	AD	%
20	9,212				2,024	78.0	3,513	61.9	2,077	77.5	3,613	60.8
15	9,911				2,234	77.5	3,287	66.8	2,407	75.7	3,480	64.9
10	9,239				2,495	72.9	4,071	55.9	2,577	72.1	4,195	54.6
5	8,802				2,889	67.2	5,287	39.9	3,018	65.7	5,188	41.1
HRT (วัน)	ความสูง 57 ซม.				ความสูง 76 ซม.				น้ำออกจากระบบ			
	AF	%	AD	%	AF	%	AD	%	AF	%	AD	%
20	2,123	76.9	3,644	60.4	2,200	76.1	3,740	59.4	1,550	83.2	3,086	66.1
15	2,449	75.3	3,506	64.6	2,520	74.6	3,541	64.3	2,489	74.8	3,423	65.9
10	2,626	71.6	4,401	52.4	2,708	70.7	4,446	51.9	2,723	70.4	4,279	53.7
5	3,901	55.7	5,267	40.2	3,151	64.2	5,692	35.3	3,204	63.4	4,646	47.1



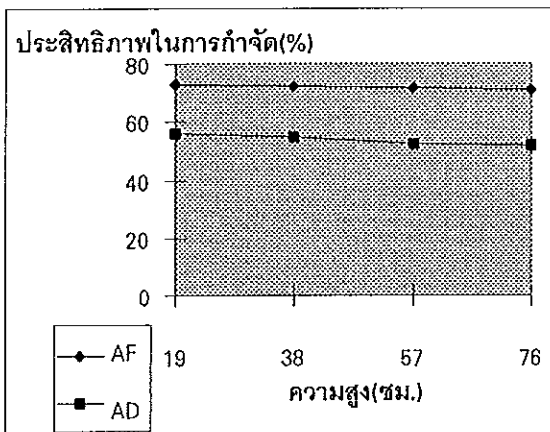
ภาพประกอบ 22 ประสิทธิภาพเฉลี่ย ในการกำจัดค่า COD ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT



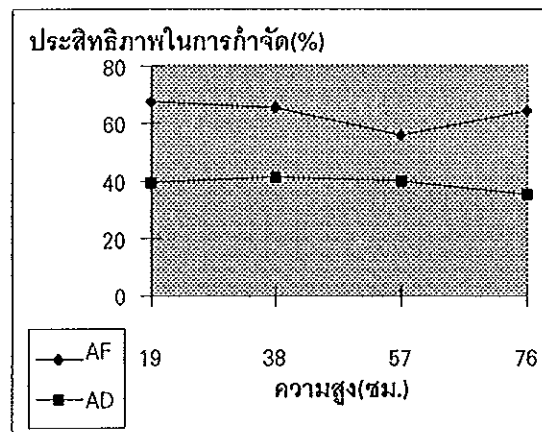
HRT 20 วัน



HRT 15 วัน



HRT 10 วัน



HRT 5 วัน

ภาพประกอบ 23 ประสิทธิภาพเฉลี่ย ในการกำจัดค่า COD ของน้ำเสียในระดับความสูง
ต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

สำหรับประสิทธิภาพในการกำจัดค่า COD ต่อพื้นที่ผิวและต่อปริมาตรของตัวกลาง ในถังกรองไร้อากาศ จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดค่า COD ต่อพื้นที่ผิวของตัวกลาง เท่ากับ 3.89, 5.03, 6.63 และ 11.39 g.COD/m²/day และประสิทธิภาพในการกำจัดค่า COD ต่อปริมาตรของตัวกลาง เท่ากับ 0.38, 0.49, 0.65 และ 1.12 Kg.COD/m³/day ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วันตามลำดับ

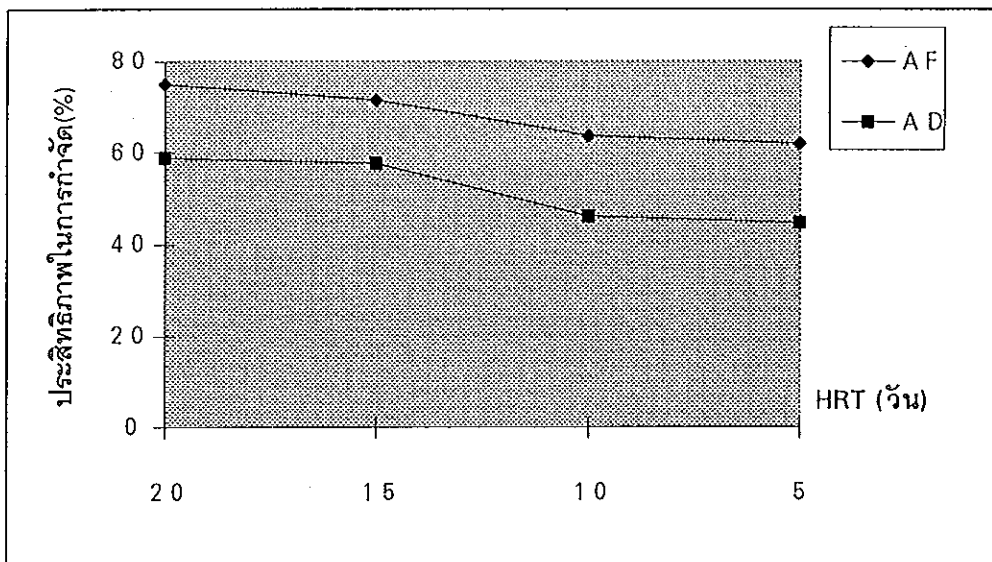
5.2.1.6 ค่าบีโอดี

จากผลการทดลองปรากฏว่า น้ำเสียที่ออกจากระบบถังกรองไร้อากาศมีค่า BOD₅ เฉลี่ยเท่ากับ 1,513 มก./ล, 1,823 มก./ล, 1,882 มก./ล และ 2,341 มก./ล มีประสิทธิภาพในการกำจัดโดยเฉลี่ย เท่ากับ 74.8%, 71.2%, 63.6% และ 61.8% ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วัน ตามลำดับ หรือ เมื่อค่า BOD₅ Loading เฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าระบบเท่ากับ 0.31, 0.43, 0.54 และ 1.25 Kg. BOD₅/m³/day ตามลำดับ และน้ำเสียที่ออกจากระบบถังหมักไร้อากาศมีค่า BOD₅ เฉลี่ยเท่ากับ 2,424 มก./ล, 2,680 มก./ล, 2,793 มก./ล และ 3,396 มก./ล มีประสิทธิภาพในการกำจัดโดยเฉลี่ย เท่ากับ 58.8%, 57.6%, 46.1% และ 44.6% ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วัน ตามลำดับ หรือเมื่อค่า BOD₅ Loading เฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าระบบเท่ากับ 0.30, 0.42, 0.53 และ 1.23 Kg. BOD₅/m³/day ซึ่งจะเห็นว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดค่า BOD₅ จะลดลง เมื่อมีการลดค่า HRT หรือเมื่อเป็นการเพิ่มค่าของ BOD₅ Loading (ภาพประกอบ 24) ซึ่งจะเห็นได้ว่า น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลองดังกล่าว ยังมีค่า BOD₅ สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2539 ที่กำหนดไว้ว่าน้ำเสียที่ระบายออกนอกโรงงานมีค่า BOD₅ ไม่มากกว่า 20 มก./ล

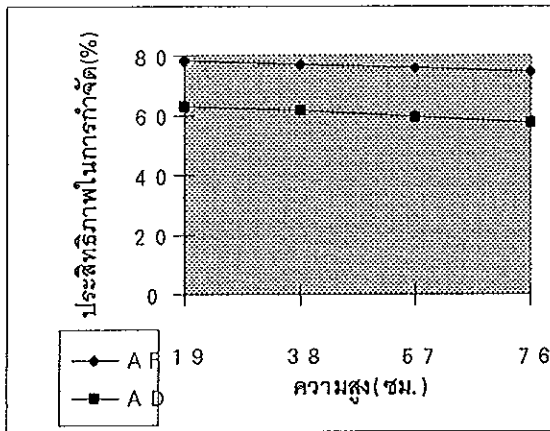
ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า BOD₅ และประสิทธิภาพในการกำจัดในระดับความสูงต่าง ๆ ภายในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองทั้ง 2 ชุด ดังแสดงในตาราง 15 และภาพประกอบ 25 พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดค่า BOD₅ ของระบบทั้ง 2 ชุด เกิดดีที่สุดในช่วงล่างของถัง และจะลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า COD โดยที่ประสิทธิภาพในการกำจัดในถังกรองไร้อากาศจะมีค่าสูงกว่าในถังหมักไร้อากาศเช่นกัน

ตาราง 15 ค่า BOD₅ เฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และที่ออกจากระบบและประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

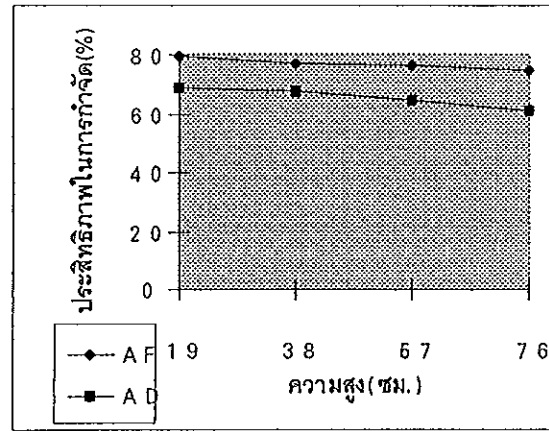
HRT (วัน)	ค่า BOD ₅ (มก./ล) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%)											
	น้ำเสียเข้าระบบ		ความสูง 19 ซม.				ความสูง 38 ซม.					
			AF	%	AD	%	AF	%	AD	%		
20	6,060		1,314	78.3	2,251	62.6	1,389	77.1	2,334	61.5		
15	6,344		1,302	79.5	2,005	68.4	1,444	77.2	2,062	67.5		
10	5,303		1,520	71.3	2,663	49.8	1,567	70.5	2,798	47.2		
5	6,131		1,994	67.5	3,033	50.5	2,065	66.9	3,076	49.8		
HRT (วัน)	ความสูง 57 ซม.				ความสูง 76 ซม.				น้ำออกจากระบบ			
	AF	%	AD	%	AF	%	AD	%	AF	%	AD	%
20	1,449	76.1	2,455	59.5	1,527	74.8	2,650	57.9	1,513	74.8	2,424	58.8
15	1,511	76.2	2,266	64.3	1,616	74.5	2,484	60.8	1,823	71.2	2,680	57.6
10	1,720	67.6	2,845	46.4	1,773	66.6	2,894	45.4	1,882	63.6	2,793	46.1
6	2,095	65.8	3,120	49.1	2,158	64.8	3,197	47.9	2,341	61.8	3,396	44.6



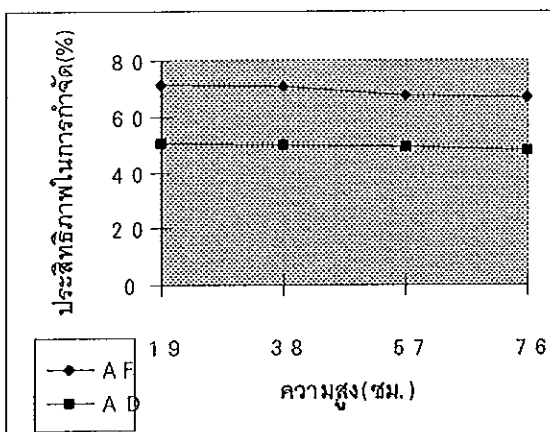
ภาพประกอบ 24 ประสิทธิภาพเฉลี่ย ในการกำจัดค่า BOD₅ ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT



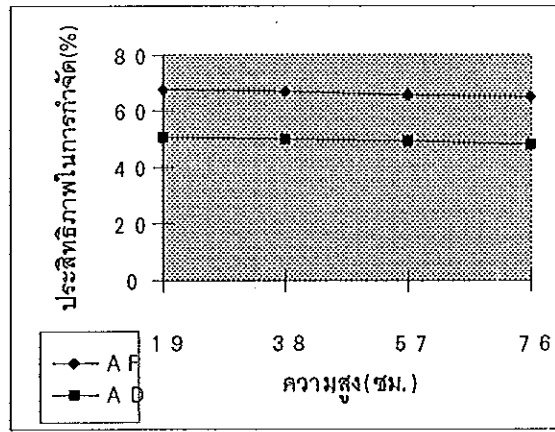
HRT 20 วัน



HRT 15 วัน



HRT 10 วัน



HRT 5 วัน

ภาพประกอบ 25 ประสิทธิภาพเฉลี่ย ในการกำจัดค่า BOD_5 ของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

สำหรับประสิทธิภาพในการกำจัดค่า BOD_5 ต่อพื้นที่ผิวและต่อปริมาตรของตัวกลางในถังกรองไร้อากาศ จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดค่า BOD_5 ต่อพื้นที่ผิวของตัวกลาง เท่ากับ 2.31, 3.06, 3.48 และ 8.18 $g.BOD_5/m^2/day$ และประสิทธิภาพในการกำจัดค่า BOD_5 ต่อปริมาตรของตัวกลาง เท่ากับ 0.23, 0.30, 0.34 และ 0.76 $Kg.BOD_5/m^3/day$ ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วันตามลำดับ

5.2.1.7 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย

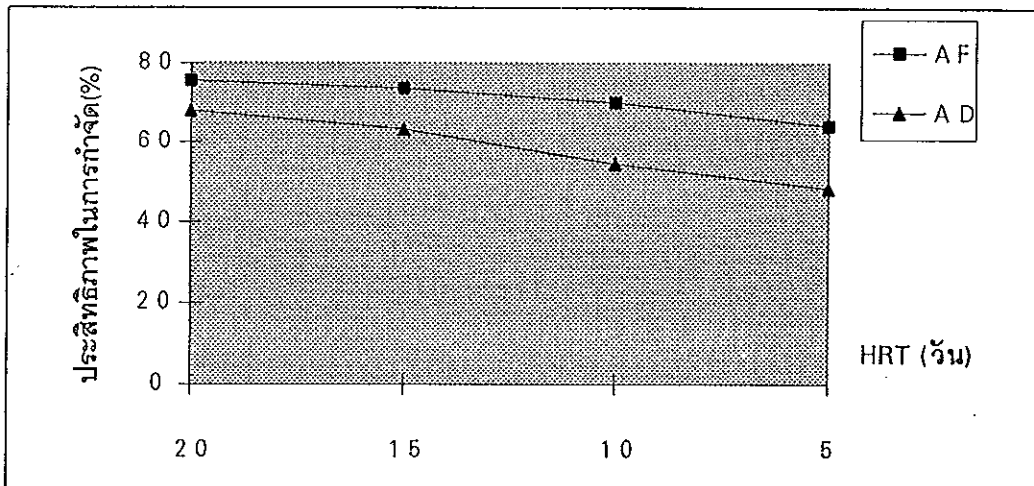
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ระบบถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยได้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 75.4%, 73.5%, 69.8% และ 63.9% ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วันตามลำดับ และระบบถังหมักไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยได้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 67.6%, 63.2%, 54.3% และ 48.4% ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วันตามลำดับเช่นกัน ดังตาราง 16

ตาราง 16 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และที่ออกจากระบบ และประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

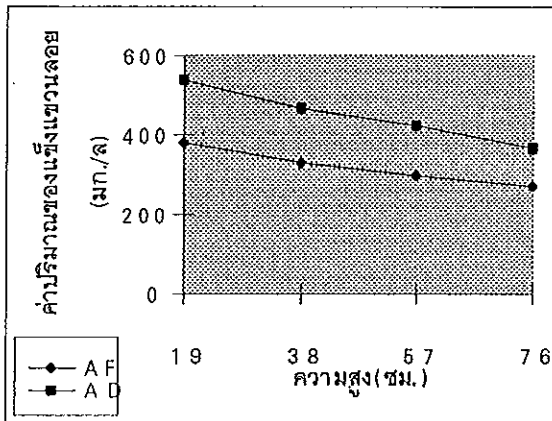
HRT (วัน)	ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (มก./ล) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%)											
	น้ำเสียเข้าระบบ		ความสูง 19 ซม.				ความสูง 38 ซม.					
			AF	%	AD	%	AF	%	AD	%		
20	978		377	61.5	536	45.2	327	66.6	465	52.5		
15	1,180		299	74.7	511	56.7	281	76.2	481	59.2		
10	1,192		390	67.3	535	55.1	402	66.3	515	56.8		
5	1,035		353	65.9	576	44.4	378	63.5	565	45.4		
HRT (วัน)	ความสูง 57 ซม.				ความสูง 76 ซม.				น้ำออกจากระบบ			
	AF	%	AD	%	AF	%	AD	%	AF	%	AD	%
20	300	69.3	421	56.9	272	72.2	365	62.7	243	75.4	326	67.7
15	264	77.6	457	61.3	233	80.3	393	66.7	312	73.5	435	63.2
10	380	68.1	487	59.1	346	70.9	428	64.1	351	69.8	532	54.3
5	331	68.0	465	55.1	310	70.1	452	56.3	370	63.9	529	48.4

ซึ่งจะพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดของถังกรองไร้อากาศจะสูงกว่าประสิทธิภาพการกำจัดในถังหมักไร้อากาศ และเมื่อมีการลดระยะเวลาพักน้ำ อันมีผลทำให้ค่า Organic Loading เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยสูงขึ้น ประสิทธิภาพในการกำจัดลดน้อยลง ดังภาพประกอบ 26

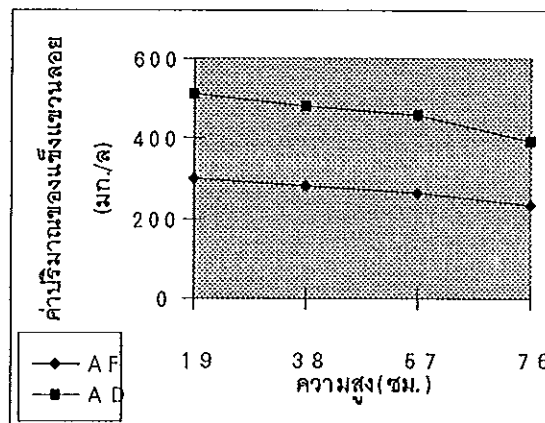
ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย และประสิทธิภาพในการกำจัด ในระดับความสูงต่าง ๆ ภายในระบบทั้ง 2 ชุด พบว่า ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยจะมีค่า สูงสุดที่ส่วนล่างของระบบ และมีค่าลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ดังภาพประกอบ 27



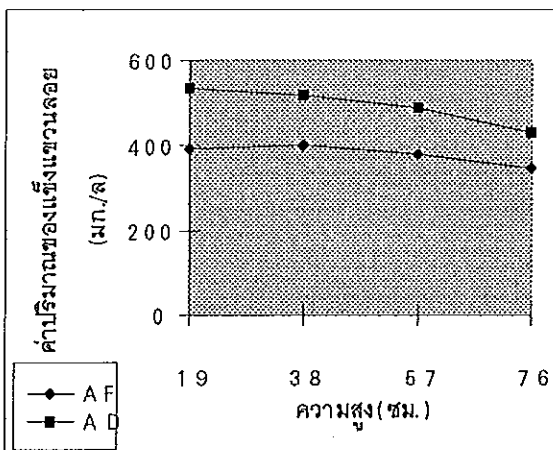
ภาพประกอบ 26 ประสิทธิภาพเฉลี่ย ในการกำจัดค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย ของน้ำเสีย ที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT



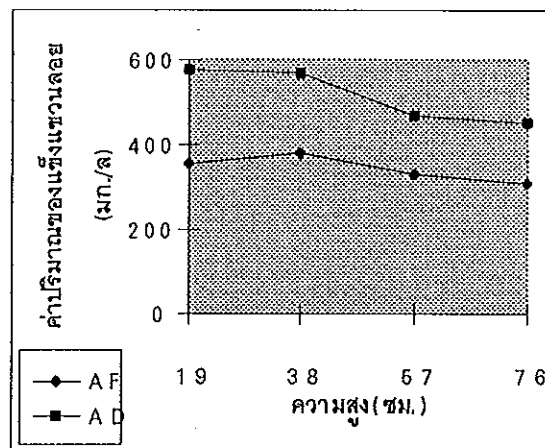
HRT 20 วัน



HRT 15 วัน



HRT 10 วัน



HRT 5 วัน

ภาพประกอบ 27 ประสิทธิภาพเฉลี่ย ในการกำจัดค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยของ
น้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

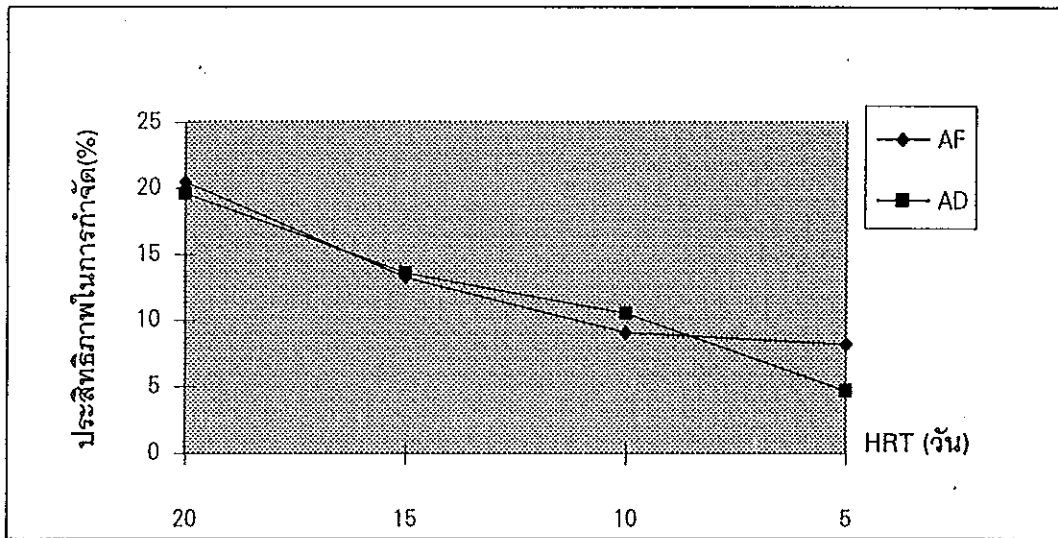
5.2.1.8 ค่า TKN และ $\text{NH}_3\text{-N}$

จากผลการทดลองจะเห็นว่าระบบถังกรองไร้อากาศจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่า
TKN ได้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 20.5%, 13.2%, 9.1% และ 8.2% ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10

และ 5 วัน ตามลำดับ และระบบถังหมักไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่า TKN ได้ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 19.6%, 13.6%, 10.5% และ 4.7% ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วัน ตามลำดับเช่นกัน ดังตาราง 17 ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดของระบบทั้ง 2 ชุด มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และจะมีประสิทธิภาพลดลงเล็กน้อยเมื่อมีการเพิ่มค่าของ Organic Loading ดังภาพประกอบ 28

ตาราง 17 ค่า TKN เฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และที่ออกจากระบบ และ ประสิทธิภาพการกำจัด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

HRT (วัน)	ค่า TKN (มก./ล) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%)											
	น้ำเสียเข้าระบบ		ความสูง 19 ซม.				ความสูง 38 ซม.					
			AF	%	AD	%	AF	%	AD	%		
20	298.39		255.99	14.2	255.12	14.5	252.18	15.5	252.22	15.5		
15	313.38		265.97	15.1	270.07	13.8	259.51	17.2	268.41	14.4		
10	298.23		271.52	8.9	271.0	9.1	268.51	10.1	268.45	9.9		
5	295.95		280.69	5.2	286.84	3.1	274.24	7.3	277.36	6.3		
HRT (วัน)	ความสูง 57 ซม.				ความสูง 76 ซม.				น้ำออกจากระบบ			
	AF	%	AD	%	AF	%	AD	%	AF	%	AD	%
20	243.38	18.4	246.09	17.5	232.23	22.2	243.30	18.5	236.84	20.5	240.18	19.6
15	255.78	18.4	261.58	16.5	249.36	20.4	256.66	18.3	257.91	13.2	267.44	13.6
10	266.20	10.7	267.13	10.4	260.90	12.5	261.46	12.3	269.72	9.1	265.59	10.5
5	278.36	5.9	286.51	3.2	262.43	11.3	266.98	9.8	272.10	8.2	282.81	4.7



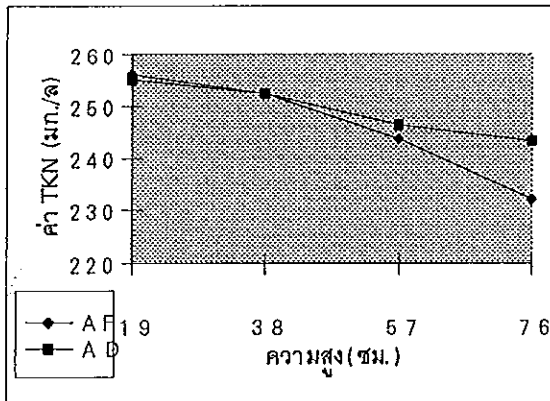
ภาพประกอบ 28 ประสิทธิภาพเฉลี่ย ในการกำจัดค่า TKN ของน้ำเสียที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

สำหรับ $\text{NH}_3\text{-N}$ พบว่ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นกว่าน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ และจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีการลดระยะเวลาพักน้ำ ซึ่งแสดงผลไว้ดังตาราง 18

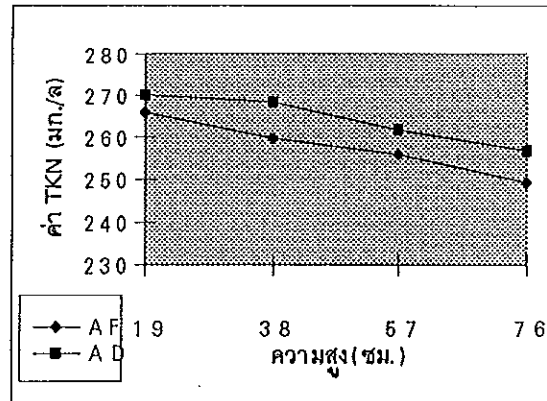
ตาราง 18 ค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ เฉลี่ยของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ และที่ออกจากระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

HRT (วัน)	ค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ (มก./ล)					
	น้ำเสียเข้าระบบ	ความสูง 19 ซม.		ความสูง 38 ซม.		
		AF	AD	AF	AD	
20	130.47	216.10	218.56	215.66	218.01	
15	141.27	228.20	234.13	227.64	232.47	
10	101.97	222.94	241.44	243.60	235.98	
5	126.33	213.11	250.67	236.34	341.90	
HRT (วัน)	ความสูง 57 ซม.		ความสูง 76 ซม.		น้ำออกจากระบบ	
	AF	AD	AF	AD	AF	AD
20	210.88	212.28	203.24	207.17	204.83	204.32
15	226.31	226.29	216.44	224.21	223.46	219.72
10	237.34	230.97	234.44	230.46	234.51	234.59
5	230.81	242.69	235.36	235.36	230.82	230.84

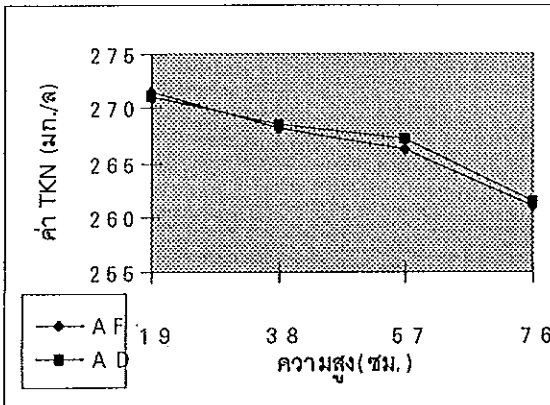
ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า TKN และประสิทธิภาพในการกำจัดในระดับความสูงต่าง ๆ ภายในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองทั้ง 2 ชุด พบว่าค่า TKN มีค่าสูงสุดที่บริเวณส่วนล่างของระบบ และมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นดังภาพประกอบ 29 ส่วนค่าของ $\text{NH}_3\text{-N}$ จะมีค่าสูงสุดที่บริเวณส่วนล่างของระบบ และมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นเช่นกัน



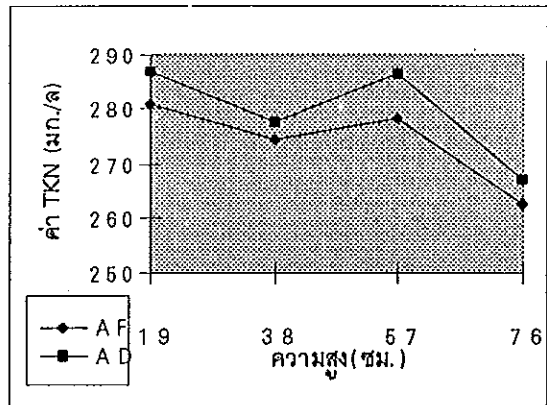
HRT 20 วัน



HRT 15 วัน



HRT 10 วัน

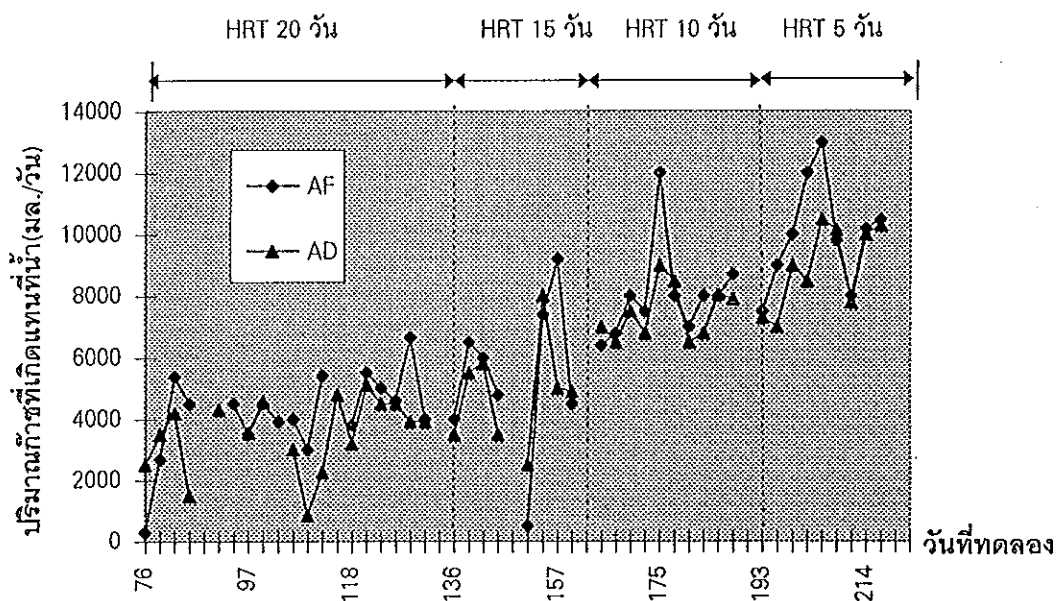


HRT 5 วัน

ภาพประกอบ 29 ประสิทธิภาพเฉลี่ย ในการกำจัดค่า TKN ของน้ำเสียในระดับความสูงต่าง ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า HRT

5.2.1.9 ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง

ในการวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ทำได้โดยใช้หลักการแทนที่น้ำในถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร แล้วทำการวัดปริมาตรน้ำแทน โดยสภาพการทดลองจะอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม 2540 ถึง เดือนมกราคม 2541 มีอุณหภูมิของห้องอยู่ในช่วง 29 - 35 องศาเซลเซียส ซึ่งปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลองดังกล่าวจะขึ้นกับอากาศและถังหมักไร้อากาศ ได้แสดงไว้ดังภาพประกอบ 30



ภาพประกอบ 30 ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ จากระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วัน

จะเห็นได้ว่า ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนการทดลองมีค่าแปรเปลี่ยน ไม่มีความแน่นอน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทดลองไม่ได้มีการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งมีการขึ้นลงตามสภาพอากาศ ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ในระบบสามารถมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้การสะสมปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากระบบในแต่ละวันไม่คงที่ได้ และบางช่วงไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นแทนที่น้ำได้ เนื่องจากถังพลาสติกที่ใช้เป็นถังเก็บรวบรวมก๊าซบุบเลยทำให้น้ำในถังถูกดันออกมาหมด โดยในระยะหลังได้มีการเปลี่ยนถังพลาสติกใหม่ ซึ่งสามารถใช้งานได้ดี ไม่เกิดปัญหาดังกล่าวข้างต้นอีก และพบว่าปริมาณก๊าซจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการลดระยะเวลาพักน้ำลง สำหรับปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเฉลี่ยและผลการตรวจ

วิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบของก๊าซ ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วัน ได้แสดงไว้ในตาราง 19

ตาราง 19 ปริมาณก๊าซเฉลี่ยที่เกิดขึ้นและผลการตรวจวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบของก๊าซจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในแต่ละแผนการทดลอง

การทดลองที่	HRT (วัน)	COD Loading (Kg.COD/m ³ /day)		ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น				ผลการวิเคราะห์ก๊าซ (%)		
				ปริมาตรรวม (ลิตร)		ปริมาตรต่อวันเฉลี่ย (ลิตร/วัน)				
				AF	AD	AF	AD	AF	AD	องค์ประกอบก๊าซ
1	20	0.47	0.46	71.2	60.1	1.23	1.04	N ₂ +H ₂ +O ₂	34.2	39.7
								CH ₄	50.2	45.4
								CO ₂	15.6	15.1
2	15	0.67	0.66	42.9	38.7	1.72	1.55	N ₂ +H ₂ +O ₂	15.8	16.4
								CH ₄	66.2	64.7
								CO ₂	18.0	19.3
3	10	0.94	0.92	80.4	74.6	2.87	2.66	N ₂ +H ₂ +O ₂	40.8	20.2
								CH ₄	43.2	56.2
								CO ₂	16.2	23.7
4	5	1.79	1.76	90.0	80.5	3.60	3.22	N ₂ +H ₂ +O ₂	27.0	34.5
								CH ₄	51.6	47.7
								CO ₂	21.3	17.8

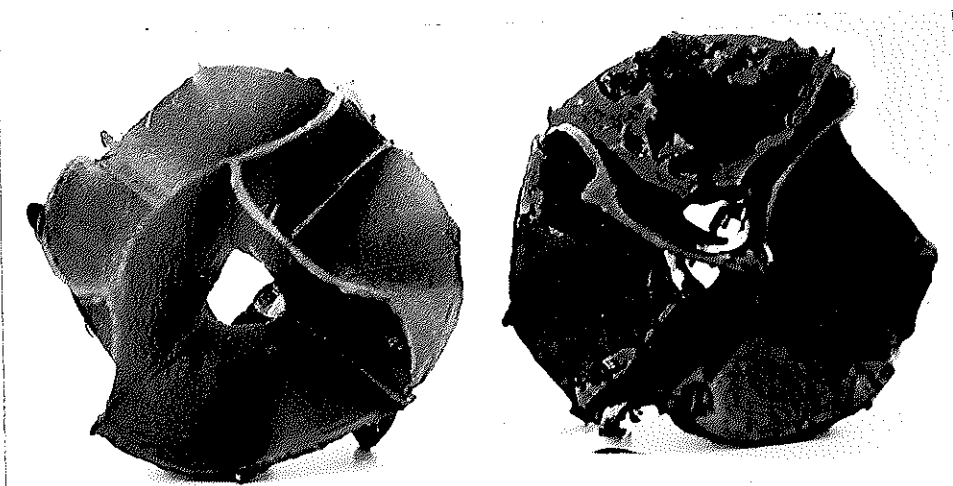
จากภาพประกอบ 30 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเพิ่ม Organic Loading มากขึ้นปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นแทนที่น้ำก็จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย และจากตาราง 19 จะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาพัก 5 วัน จะมีปริมาณก๊าซรวมเกิดขึ้นมากที่สุดคือ มีปริมาตรต่อวันเฉลี่ย 3.60 และ 3.22 ลิตร/วัน จากถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศตามลำดับ โดยที่ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากถังกรองไร้อากาศมีค่าสูงกว่าจากถังหมักไร้อากาศในปริมาณที่ไม่มากนัก

เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบของก๊าซ ในแต่ละแผนการทดลอง ดังตาราง 19 จะพบว่าค่าของก๊าซมีเทนในการทดลองที่ 2 เมื่อระยะเวลาพัก 15 วัน มีค่า

เฉลี่ยสูงสุด คือ 66.2% และ 64.7% ในถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศตามลำดับ และค่าของก๊าซมีเทนในถังกรองไร้อากาศมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในการทดลองที่ 3 เมื่อระยะเวลา กักพัก 10 วัน คือ 43.2% สำหรับค่าของก๊าซมีเทนในถังหมักไร้อากาศมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในการทดลองที่ 1 เมื่อระยะเวลา กักพัก 10 วัน คือ 43.4% เมื่อคิดค่าของก๊าซมีเทนเฉลี่ยในการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วัน จะได้เท่ากับ 52.8% และ 53.5% สำหรับถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณก๊าซมีเทนที่วิเคราะห์ได้ค่อนข้างจะมีความไม่แน่นอนในแต่ละครั้งของการวิเคราะห์ และในแต่ละแผนการทดลอง เช่นเดียวกับปริมาณก๊าซ CO_2 และ N_2 ซึ่งมีความแปรผันสูงเช่นกัน จากการทดลองพบว่า ปริมาณก๊าซ CO_2 ที่เกิดขึ้นเฉลี่ยของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วัน เท่ากับ 17.8% และ 18.9% และปริมาณก๊าซ $\text{N}_2 + \text{H}_2 + \text{O}_2$ เกิดขึ้นเฉลี่ย 29.4 % และ 27.6 % จากถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศตามลำดับ

5.2.2 ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศ

ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศพบว่า จะอยู่ตามตัวกลางในลักษณะหลวม ๆ หรือส่วนหนึ่งอาจจะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน อยู่ตามช่องว่างของตัวกลาง ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองได้นำตัวกลางมาตรวจสอบดูการเกาะตัวของจุลินทรีย์ พบว่าการเกาะตัวของจุลินทรีย์บนตัวกลางค่อนข้างจะบาง แต่จะมีความสม่ำเสมอ ดังแสดงในภาพประกอบ 31



ภาพประกอบ 31 ลักษณะของตัวกลางก่อนและหลังการทดลองในระบบบำบัดน้ำเสีย จำลองถังกรองไร้อากาศ

บทที่ 4

บทวิจารณ์

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานของสหกรณ์โรกรมยาง

จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของสหกรณ์โรกรมยาง จำนวน 10 โรงงาน พบว่าโดยทั่วไปโรงงานจะตั้งอยู่ในพื้นที่ประมาณ 2 - 4 ไร่ ทั้งตั้งอยู่ในชุมชนและห่างไกลชุมชนประมาณ 1 - 3 กิโลเมตร และมักจะตั้งอยู่ใกล้กับถนนซึ่งมียานพาหนะสัญจรไปมา สภาพโดยรอบโรงงานมักจะตั้งอยู่ใกล้พื้นที่นาข้าว สวนผลไม้ และแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งมีการใช้ประโยชน์จากชาวบ้าน จากสภาพภูมิประเทศดังกล่าว ค่อนข้างจะเป็นไปได้สูงที่จะก่อให้เกิดความเดือดร้อนกับกลุ่มคนในหมู่บ้านและข้างเคียง หรือผู้คนที่ใช้ถนนสัญจรไปมาได้ โดยเฉพาะจากปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น และอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่นาข้าว สวนผลไม้ การเน่าเสียของแหล่งน้ำธรรมชาติ สืบเนื่องจากทางสหกรณ์โรกรมยางไม่ได้มีการดำเนินการบำบัดน้ำเสียที่ถูกต้อง จะดำเนินการเพียงแค่การปล่อยให้ไหลไปพักในบ่อพักน้ำเสีย แล้วปล่อยให้ซึมลงไปในดิน หรือปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยขนาดและจำนวนบ่อไม่มีความเหมาะสมกับกำลังการผลิต และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ทำให้เกิดสภาพน้ำเอ่อล้นจากบ่อพักดังกล่าว ซึ่งอาจนำมาซึ่งปัญหาการร้องเรียนจากชุมชนได้

2. ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

สำหรับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต จากการศึกษามาจากสหกรณ์โรกรมยางจำนวน 3 โรงงาน (จาก 10 โรงงาน) ในช่วงที่มีการผลิตสูงสุดในรอบปี (เดือนพฤศจิกายน 2539 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2540) พบว่าปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตจะเกิดจาก 4 จุดใหญ่ ๆ คือ

2.1 น้ำเสียจากตะกอนหลังจากคัดแยกเนื้อยางออกแล้ว จะเป็นจุดที่ก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียสูงสุด คือ อยู่ในช่วง 1.53 - 4.56 ลบ.ม./ วัน โดยปริมาณของน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตต่อวันของแต่ละโรงงาน และพฤติกรรมในการใช้น้ำหล่อผิวยางในตะกอนของคนงานรวมทั้ง น้ำที่ใช้ฉีดล้างตะกอนหลังจากมีการปล่อยน้ำชีวมออกแล้ว ซึ่งส่วนมากจะมีการเปิดน้ำ

แล้วใช้วิธีการฉีดเป็นหลัก และในบางครั้งจะปล่อยให้น้ำไหลไปโดยไม่มีกรปิดโดยที่คนงาน จะหันไปทำกิจกรรมอื่นแทน แล้วค่อยกลับมาเลื่อนสายยางไปฉีดตะกอนต่อไป อันส่งผลให้ เกิดปริมาณน้ำเสียมากกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งตรงจุดนี้ ควรจะใช้สายยางฉีดล้างที่สามารถใช้ มือควบคุมการเปิด-ปิดได้ตลอดเวลา เมื่อฉีดหล่อผิวภายในแต่ละตะกอนเสร็จก็ให้ปิดน้ำ และ เมื่อต้องการจะล้างตะกอนก็ให้ทำขัดความสะอาดเสียก่อน แล้วใช้น้ำฉีดล้างแต่พอสมควร ซึ่ง จะเป็นการประหยัดน้ำ และการก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียที่มากเกินไปจนความจำเป็น

2.2 น้ำเสียจากรางล้างยาง เป็นจุดที่ก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียรองลงมาจากน้ำเสียจาก ตะกอน คือ อยู่ในช่วง 1.65-4.04 ลบ.ม./วัน โดยปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับพฤติกรรม การใช้น้ำในการล้างในรางล้าง และการใช้น้ำชำระเพื่อการล้างยาง โดยที่บางโรงงานจะมีการ ล้างยางในรางล้างวันต่อวันแล้วมีการปล่อยทิ้ง แต่ในบางโรงงานจะมีการใช้ซ้ำ 4-5 วัน จึงจะ ปล่อยทิ้ง แล้วมีการเปลี่ยนน้ำดิบใหม่ จากสภาพดังกล่าว เพื่อเป็นการประหยัดน้ำและลด ปริมาณน้ำเสีย ในบางโรงงานที่ยังไม่ปฏิบัติ จึงควรที่จะมีการใช้น้ำในการล้างยางซ้ำ หรือถ้า ใช้ในการล้างซ้ำแล้วมากกว่า 1 ครั้ง ปรากฏว่ามีอาการแสบหรือคัน เนื่องจากความเป็นกรด หรือความสกปรกของน้ำ ก็ควรจะได้มีการเจือจางน้ำในรางล้างครั้งหนึ่ง หรือประมาณ 1 ใน 3 ก็สามารถช่วยประหยัดน้ำและลดปริมาณน้ำเสียได้เช่นกัน

2.3 น้ำเสียที่เกิดจากการรีดแผ่นยาง เป็นจุดที่ก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียต่ำสุด คือ อยู่ใน ช่วง 0.71-0.94 ลบ.ม./วัน น้ำเสียที่เกิดขึ้นจะเกิดจากน้ำในแผ่นยางเอง และจากการใช้ บั้มน้ำฉีดฉีดแผ่นยางเพื่อล้างกรดและสิ่งสกปรกออกในขณะที่มีการรีดในเครื่องจักร โดยน้ำที่ บั้มฉีดจะหมุนเวียนมาจากอ่างรองรับน้ำบริเวณเครื่องจักรรีด แต่ในบางโรงงานจะบั้มฉีดโดย ไม่มีการหมุนเวียนน้ำมาใช้ใหม่ ซึ่งตรงจุดนี้ ควรจะได้มีการหมุนเวียนน้ำในการฉีดล้าง หรือ อาจจะใช้วิธีการล้างในอ่างรองรับน้ำโดยตรง เพื่อเป็นการประหยัดไฟฟ้าและประหยัดน้ำดิบ

2.4 น้ำเสียที่เกิดจากการล้างภาชนะบรรจุและการล้างพื้นทำความสะอาด จะเป็นจุดที่ ก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสีย อยู่ในช่วง 0.5-1.2 ลบ.ม./วัน ซึ่งในการทำทำความสะอาดและการล้าง พื้น จะใช้สายยางฉีดน้ำเป็นหลัก ซึ่งพฤติกรรมกรรมการล้างมักจะมีการฉีดน้ำปล่อยทิ้งไว้ในขณะ ที่มีการกวาดหรือถูพื้น อันส่งผลให้มีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นมากกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้น จึง ควรที่จะมีการกวาดหรือถูพื้นให้เรียบร้อยก่อน แล้วมีการฉีดล้าง โดยสายยางฉีดล้างควรจะมี การควบคุมการเปิด-ปิดได้ตลอดเวลา เพื่อเป็นการประหยัดน้ำ หรือให้มีการนำน้ำที่มีการใช้

แล้ว กลับมาใช้ซ้ำ เช่น น้ำในรางล้างยางซึ่งจะมีจำนวนมาก ให้นำมาใช้ล้างพื้นโรงงานหลังจากเสร็จการผลิตในแต่ละวัน แทนการใช้น้ำดิบมาฉีดล้าง

ทั้งนี้ การที่จะช่วยประหยัดน้ำ ซึ่งจะช่วยลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นได้นั้น ทุก ๆ โรงงานจะต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของการจัดระบบการทำงานที่ดี ความพร้อมของคณะกรรมการสหกรณ์โรงรมยางแต่ละแห่ง ที่จะช่วยในการควบคุมหรือกวดขันให้คนงานใช้น้ำกันอย่างประหยัด

3. ลักษณะของน้ำเสีย

ลักษณะของน้ำเสียจากสหกรณ์โรงรมยาง ได้ทำการศึกษาจากจุดกำเนิดน้ำเสีย 4 จุดใหญ่ ๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว และน้ำเสียรวม ซึ่งจะเห็นได้ว่าลักษณะของน้ำเสียรวมมีสภาพความเป็นกรด เนื่องจากมีการใช้กรดฟอร์มิคในการจับตัวของเนื้อยาง คืออยู่ในช่วง 4.9-6.6 มีค่าปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์สูง เมื่อดูในเทอมของ ค่า BOD_5 มีค่าอยู่ในช่วง 3,250-7,600 มก./ล ค่า COD มีค่าอยู่ในช่วง 4,354-9,568 มก./ล ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) มีค่าอยู่ในช่วง 60-232 มก./ล ค่า TKN มีค่าอยู่ในช่วง 45.99-195.15 มก./ล ค่า NH_3-N มีค่าอยู่ในช่วง 42.17-97.73 มก./ล ค่า TP มีค่าอยู่ในช่วง 12.09-20.01 มก./ล และค่าซัลเฟตมีค่าอยู่ในช่วง 102.96-294.82 มก./ล หากคำนวณอัตราส่วนระหว่างค่า BOD_5 : COD จะพบว่าอยู่ในช่วง 0.57-0.79 และค่า BOD_5 : N : P มีค่าเท่ากับ 100:2.8:0.4 ซึ่งจากอัตราส่วนดังกล่าวนี้ มีความเหมาะสมที่จะใช้การบำบัดด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ เพราะมีปริมาณสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพียงพอ

เมื่อพิจารณาลักษณะของน้ำเสียจากจุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิต จะพบว่า น้ำเสียจากตะกอนหลังจากการคัดแยกเนื้อยางออกแล้ว จะมีสภาพความเป็นกรดมากที่สุด คือเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 5.0 เนื่องจากมีการใช้กรดฟอร์มิคในการจับตัวของน้ำยางและจะมีค่าปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของ BOD_5 และ COD สูงที่สุดคือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9,433 มก./ล และ 15,069 มก./ล ตามลำดับ ปริมาณ Organic Loading มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 29.37 กก. บีโอดี/วัน เนื่องจากเมื่อมีการคัดแยกเนื้อยางออกแล้ว น้ำเสียในส่วนที่เหลือในตะกอน จะประกอบด้วยส่วนของน้ำชีวมจากน้ำยางปนเปื้อนอยู่สูงที่สุด ซึ่งจากการศึกษาของ ชีรยศ วิทิตสุวรรณกุล (2538) พบว่า น้ำชีวมที่เกิดจากการคัดแยกเนื้อยางออกแล้ว มีสมบัติดังนี้ คือ

ค่า pH 4.8, BOD₅ 13,670 มก./ล, COD 32,690 มก./ล, Total Solids 42,550 มก./ล, SS 2,850 มก./ล และ Total Nitrogen 4,620 มก./ล จะเห็นได้ว่ามีปริมาณของสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์สูงมาก และน้ำเสียที่เกิดจากการรีดแผ่นยางจะมีปริมาณของสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์สูงเช่นกัน แต่มีปริมาณน้อยกว่าในตะกอน เนื่องจากน้ำเสียในจุด ๆ นี้ จะถูกเจือจางด้วยน้ำสะอาดที่มีการปั๊มฉีดแผ่นยางในขณะรีด สำหรับน้ำเสียจากรางล้าง จะเป็นจุดที่ใช้ล้างทำความสะอาดแผ่นยางที่คัดแยกมาจากตะกอน ทำให้มีการปนเปื้อนของน้ำชี้น้ำ เป็นกรด และเศษยางที่ตกค้างบางส่วน ซึ่งจะเห็นว่ามีปริมาณของสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ค่อนข้างสูงเช่นกัน ทั้งนี้ น้ำเสียจากจุด ๆ นี้ค่อนข้างจะมีความผันแปรได้ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการใช้น้ำในการล้างแผ่นยางว่าจะมีการใช้วันต่อวัน หรือมีการใช้ซ้ำ 4-5 วัน จึงจะปล่อยทิ้ง ลักษณะของน้ำเสียจึงค่อนข้างจะแตกต่างกันในแต่ละโรงงาน ส่วนน้ำเสียจากการล้างภาชนะบรรจุและการล้างพื้นทำความสะอาดโรงงาน จะมีค่าปริมาณของสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ต่ำสุด แต่ก็ยังพบได้ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยจะมีค่าสูงสุด คือเฉลี่ยเท่ากับ 525 มก./ล เนื่องจากบริเวณพื้นโรงงานจะมีการปนเปื้อนด้วยน้ำยางที่มีการตกลงบนพื้น และน้ำชี้น้ำจากตะกอนที่มีการปล่อยทิ้งออกมา ทั้งนี้ลักษณะของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน ค่อนข้างจะมีความแปรปรวน โดยขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตในแต่ละวัน และพฤติกรรมในการใช้น้ำของคนงานในแต่ละโรงงานด้วย

4. ผลการทดลองของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ

4.1 การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์

การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ หมายถึง การที่จะเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองให้มีปริมาณเพียงพอ สำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน จะเจริญเติบโตช้า สารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้จะถูกทำลายเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่ถูกนำไปสังเคราะห์สร้างเซลล์จะมีน้อยมาก ทำให้ต้องใช้เวลาในการเริ่มต้นระบบบำบัด ฉะนั้น จึงควรใช้ตะกอนของจุลินทรีย์ใส่ในระบบ เพื่อเป็นการลดเวลาในการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ในระบบ (Young and McCarty, 1969) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ มีการเลี้ยงจุลินทรีย์โดยการนำตะกอนในบ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic Pond) ของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นมาเติมในระบบ เนื่องจากเป็นแหล่งที่มีลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการบำบัดใกล้เคียงกัน และมีตะกอนจุลินทรีย์จาก

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำงานดีอยู่แล้ว ซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์มีการปรับตัวและสร้างตะกอนได้รวดเร็วยิ่งขึ้น น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ซึ่งมี pH อยู่ในช่วง 4.5-5.6 จะมีการปรับใหม่ให้อยู่ในช่วง 6.8-7.2 ซึ่งเป็น pH ที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมระบบไร้ออกซิเจน เพราะถ้า pH ต่ำกว่า 6.6 จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ และจะเกิดกลิ่นเหม็น และเมื่อ pH สูงกว่า 7.5-8.0 จะทำให้จุลินทรีย์ประเภทที่ช่วยผลิตก๊าซมีเทนมีน้อยลง มีอาการเชื้อง้ำ และถ้า pH สูงขึ้นถึง 9.0 ระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์จะไม่ทำงาน นั่นคือ การบำบัดค่าบีโอดีของน้ำเสียนี้น้อยลงอย่างมาก (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่เหมาะสม ที่จะต้องควบคุมในช่วงของการเริ่มต้นระบบ คือ อุณหภูมิ จะเห็นว่าอยู่ในช่วง 29.0-32.8 องศาเซลเซียส และ 29.0-32.5 องศาเซลเซียส ของถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศตามลำดับ ซึ่งมีความเหมาะสมกับการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนของ Mesophilic Bacteria ค่าของ pH ของถังกรองไร้อากาศอยู่ในช่วง 6.7-7.9 หรือโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 และค่า pH ของถังหมักไร้อากาศอยู่ในช่วง 6.6-8.2 หรือโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 ซึ่งยังถือได้ว่าเป็นค่า pH ที่อยู่ในช่วงความเหมาะสมของการควบคุมระบบ ค่าของความเป็นเบสและกรดระเหยของถังกรองไร้อากาศ อยู่ในช่วง 950-3,355 หรือโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2,152 มก./ล ของ CaCO_3 และ 180-620 มก./ล ของ CH_3COOH หรือโดยเฉลี่ยเท่ากับ 250.45 มก./ล ของ CaCO_3 ส่วนค่าความเป็นเบสและกรดระเหยของถังหมักไร้อากาศ อยู่ในช่วง 900-3,145 มก./ล ของ CaCO_3 หรือโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1,934 มก./ล ของ CaCO_3 และ 350-725 มก./ล ของ CH_3COOH หรือโดยเฉลี่ยเท่ากับ 484.29 มก./ล ของ CH_3COOH ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นเบสและกรดระเหยของระบบทั้ง 2 ชุด มีความเหมาะสม คือ ค่าความเป็นเบสอยู่ในช่วง 1,000-5,000 มก./ล ของ CaCO_3 และค่าของกรดระเหยควรอยู่ในช่วง 50-500 มก./ล ของ CH_3COOH ซึ่งจะมีค่าสูงสุดยอมให้มีในระบบได้เท่ากับ 2,000 มก./ล ของ CH_3COOH (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

สำหรับการพิจารณาการเข้าสู่สภาวะคงที่ของระบบ จะพิจารณาจากประสิทธิภาพของการลดค่า COD ซึ่งจะมีค่าค่อนข้างคงที่ ดังแสดงในภาพประกอบ 15 โดยใช้เวลาในการเริ่มต้นระบบทั้งสิ้น 71 วัน

4.2 ผลการทดลองของระบบภายใต้สภาวะการทำงานที่คงที่ (Steady State)

4.2.1 อุณหภูมิ

จากตาราง 10 อุณหภูมิของน้ำเสียที่ออกจากระบบถังกรองไร้อากาศ ที่ระยะเวลาพัก 20, 15, 10 และ 5 วัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.1-28.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำเสียที่ออกจากระบบถังหมักไร้อากาศ ที่ระยะเวลาพัก 20, 15, 10 และ 5 วัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.1-28.7 องศาเซลเซียส

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ความเป็นเบส และกรดระเหย

จากผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ค่าความเป็นเบส และกรดระเหย ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองทั้ง 2 ชุด เมื่อพิจารณาตามลักษณะการทำงานภายใต้ระยะเวลาพัก และ Organic Loading ที่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการลดระยะเวลาพัก อันมีผลทำให้ค่า Organic Loading เพิ่มขึ้น ค่า pH มีการลดลงเล็กน้อย และค่าความเป็นเบส มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างจะไม่แน่นอน ส่วนค่าของกรดระเหยมีค่าเพิ่มสูงขึ้น หากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ค่าความเป็นเบส และกรดระเหย ในระดับความสูงต่าง ๆ ของระบบ จะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ตามความสูงของระบบ พบว่ามีค่าน้อยมาก ซึ่งเป็นสิ่งบ่งชี้ว่าระบบมีเสถียรภาพดี เกิดความสมดุลในการทำงานของจุลินทรีย์ ที่ทำให้เกิดกรดและจุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับ pH ของน้ำเสียที่เหมาะสมก่อนทำการบำบัด ค่าความเป็นเบสจะมีค่าต่ำสุดในส่วนล่างของระบบ และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะแตกต่างกับค่าของกรดระเหยที่มีค่าสูงสุดในส่วนล่างของระบบ และจะมีค่าลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอธิบายได้ว่า เมื่อมีการเพิ่ม Organic Loading ทำให้เกิดสภาวะเปลี่ยนแปลงภายในระบบ กล่าวคือ ส่วนล่างของถังจะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายอินทรีย์สารสูงที่สุด แต่อัตราการเปลี่ยนกรดระเหยเป็นก๊าซชีวภาพโดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซมีเทน เกิดขึ้นเพียงหนึ่งในสี่ของอัตราการสร้างกรดระเหย (Anderson, et al., 1982) ในส่วนล่างของถัง ซึ่งส่งผลให้ค่า pH ลดลงด้วย แต่ยังคงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในระบบหมักนี้ คือ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.1-7.3 และ 6.9-7.2 ของถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศตามลำดับ และพบว่าการสะสมของกรดระเหยจะมีค่าลดลงตามความสูงของถังที่เพิ่มขึ้น สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นเบสจะขึ้น ๆ ลง ๆ ตามค่า Organic Loading ที่เปลี่ยนไป ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าการปรับสภาวะสมดุลย์ของระบบ โดยสภาพความเป็นเบสจะทำปฏิกิริยากับกรดระเหย และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อไม่ให้เกิดสภาพความเป็นกรดในระบบสูงเกินไป ซึ่งจะเป็น

อันตรายต่อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนได้ ทำให้ส่วนล่างของถังมีค่าความเป็นเบสต่ำกว่าส่วนที่สูงขึ้นมาภายในระบบ แต่ยังคงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือ อยู่ในช่วงระหว่าง 1,000-5,000 มก./ล ของ CaCO_3

หากพิจารณาอัตราส่วนระหว่างกรดระเหยและสภาพความเป็นเบส เพื่อดูสภาวะสมดุลย์ของระบบ จะพบว่า อัตราส่วนระหว่างกรดระเหยและสภาพความเป็นเบสในถังกรองไร้อากาศมีค่าเท่ากับ 0.31, 0.28, 0.27 และ 0.27 ที่ HRT 20,15,10 และ 5 วันตามลำดับ และอัตราส่วนระหว่างกรดระเหยและสภาพความเป็นเบสในถังหมักไร้อากาศ มีค่าเท่ากับ 0.41, 0.29, 0.41 และ 0.49 ที่ HRT 20,15,10 และ 5 วันตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ระบบสามารถปรับสภาวะสมดุลย์ระหว่างกรดระเหยและสภาพความเป็นเบสได้ดี คือ ไม่เกิน 0.3-0.4 (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงค่า COD และ BOD_5

จากผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่า COD และประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองทั้ง 2 ชุด เมื่อพิจารณาตามลักษณะของการทำงานภายใต้ระยะเวลาพัก และ Organic Loading ที่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการเพิ่มค่า COD Loading ของน้ำเสียที่เข้าระบบในถังกรองไร้อากาศ จาก $0.47 \text{ Kg.COD/m}^3/\text{day}$ เป็น 0.67, 0.94 และ $1.79 \text{ Kg.COD/m}^3/\text{day}$ แล้ว ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ลดลง จาก 83.2% เป็น 74.8%, 70.4% และ 63.4% ตามลำดับ ส่วนในถังหมักไร้อากาศเมื่อมีการเพิ่ม COD Loading จาก $0.46 \text{ Kg.COD/m}^3/\text{day}$ เป็น 0.66, 0.92 และ $1.76 \text{ Kg.COD/m}^3/\text{day}$ แล้ว ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ลดลงเช่นกัน คือ จาก 66.1% ลดลงเหลือ 65.9%, 53.7% และ 47.0% ตามลำดับ ซึ่งการที่เมื่อลดระยะเวลาพักน้ำ หรือเป็นการเพิ่มค่า Organic Loading ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ลดลง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะสมดุลย์ของอัตราส่วนระหว่างกรดระเหยและสภาพความเป็นเบส ทำให้จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้น้อยลง และเป็นผลมาจาก เมื่อทำการลดระยะเวลาพักของน้ำเสีย ทำให้จุลินทรีย์มีเวลาสัมผัสกับน้ำเสียได้น้อยลง ตะกอนจุลินทรีย์มีโอกาสหลุดออกไปกับน้ำเสียที่ออกจากระบบเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบมีน้อยลง ซึ่งเท่ากับเป็นการลดระยะเวลาพักตะกอน (SRT) ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ลดลงด้วย

ส่วนการเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD_5 ของระบบบำบัดน้ำเสียจำลองทั้ง 2 ชุด พบว่า เมื่อมีการเพิ่มค่า BOD_5 Loading ของน้ำเสียเข้าระบบในถังกรองไร้อากาศจาก $0.31 \text{ Kg. } BOD_5 / m^3 / \text{day}$ เป็น $0.43, 0.54$ และ $1.25 \text{ Kg. } BOD_5 / m^3 / \text{day}$ แล้ว ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD_5 ลดลง จาก 74.8% เป็น $71.2\%, 63.6\%$ และ 61.8% ตามลำดับ ส่วนในถังหมักไร้อากาศเมื่อมีการเพิ่ม BOD_5 Loading จาก $0.30 \text{ Kg. } BOD_5 / m^3 / \text{day}$ เป็น $0.42, 0.53$ และ $1.23 \text{ Kg. } BOD_5 / m^3 / \text{day}$ แล้ว ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD_5 ลดลงเช่นกัน คือ จาก 58.8% ลดลงเหลือ $57.6\%, 46.1\%$ และ 44.6% ตามลำดับ ซึ่งการที่ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD_5 ลดลงเมื่อมีการลดระยะเวลาพักสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ซึ่งมีความสอดคล้องกัน

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า COD กับค่า BOD_5 และประสิทธิภาพในการบำบัดที่ระดับความสูงต่าง ๆ ภายในระบบทั้ง 2 ชุด พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดเกิดขึ้นดีที่สุดในช่วงล่างของถัง และจะลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น สาเหตุเพราะลักษณะของถังที่ใช้ในการทดลอง มีลักษณะการไหลแบบ Up Flow ประกอบกับมีการสะสมของปริมาณตะกอนจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้มีอัตราส่วนของปริมาณอินทรีย์สารต่อปริมาณจุลินทรีย์ (F/M) สูง ที่ส่วนล่างของถัง (Young and McCarty, 1969) ดังนั้น ทำให้มีปฏิกิริยาในการย่อยสลายสารอินทรีย์มากที่สุด และจะมีค่าลดลงตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD และค่า BOD_5 ต่อพื้นที่ผิวและต่อปริมาตรของตัวกลางของถังกรองไร้อากาศ ที่ HRT 5 วัน จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด รองลงมาเมื่อ HRT 10, 15 และ 20 วัน ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD และค่า BOD_5 ในระบบถังกรองไร้อากาศจะสูงกว่า การบำบัดในระบบถังหมักไร้อากาศ เนื่องจากในระบบถังกรองไร้อากาศจะมีการบรรจุตัวกลาง จำนวน 123 ชิ้น หรือคิดเป็นพื้นที่ผิวของตัวกลางทั้งหมดเท่ากับ 2.85 ตร.ม. ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ภายในถังส่วนใหญ่ยึดเกาะกับตัวกลาง (Fixed Film หรือ Attached Growth Microorganism) หรืออาจจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน (Flocculated) อยู่ตามช่องว่างของตัวกลาง ทำให้จุลินทรีย์มีระยะเวลาอยู่ในถังกรองได้นาน (Solid Retention Time : SRT สูง) สามารถสัมผัสน้ำเสียที่เข้าระบบได้อย่างทั่วถึง สามารถเปลี่ยนน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และเซลล์จุลินทรีย์ ได้ดี ทำให้ระบบถังกรองไร้อากาศ

มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD และค่า BOD₅ ได้สูง ซึ่งต่างกับระบบถังหมักไร้อากาศที่ไม่มีตัวกลางสำหรับการยึดเกาะของจุลินทรีย์ ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์เคลื่อนตัวขึ้นมาสู่ด้านบนของถัง และหลุดออกมากับน้ำเสียที่ออกจากระบบได้มาก ทำให้ระยะเวลาที่ตะกอนลดลง ซึ่งก็หมายถึง ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD และค่า BOD₅ ต่ำลงด้วย

4.2.4 การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย พบว่ามีค่าลดลงเมื่อมีการลดระยะเวลาที่กักน้ำ โดยในถังกรองไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดได้โดยเฉลี่ย 75.4%, 73.5%, 69.8% และ 63.9% และในถังหมักไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดได้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 67.7%, 63.2%, 54.3% และ 48.4% ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วันตามลำดับ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า เมื่อมีการลดระยะเวลาที่กักน้ำให้น้อยลง อัตราการไหลเข้าของน้ำเสียจะสูงขึ้น ทำให้มีโอกาสพาเอาตะกอนแขวนลอยหลุดออกไปกับน้ำทิ้งที่ออกจากระบบได้มาก อีกทั้งการเพิ่มค่า Organic Loading จะก่อให้เกิดปริมาณก๊าซเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะพองเอาตะกอนแขวนลอยที่มีน้ำหนักเบาให้ลอยไปกับฟองก๊าซ และหลุดออกไปกับน้ำทิ้งได้ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพในการบำบัดในระดับความสูงต่าง ๆ ภายในระบบ จะพบว่า ตะกอนแขวนลอยจะมีความเข้มข้นสูงสุดที่ส่วนล่างของถัง และมีค่าลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น เพราะตรงส่วนล่างของถังจะมีตะกอนจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก มีอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์สูง และมีค่าลดลงเมื่อความสูงของถังเพิ่มขึ้น

การพิจารณาประสิทธิภาพในการบำบัด จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดของถังกรองไร้อากาศจะสูงกว่าในถังหมักไร้อากาศ เนื่องจากในถังกรองไร้อากาศจะมีตัวกลางกักตะกอนแขวนลอย และจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นภายในถังส่วนใหญ่จะยึดเกาะกับตัวกลาง และรวมกันเป็นกลุ่มก้อนอยู่ตามช่องว่างของตัวกลาง ซึ่งส่วนหนึ่งจะช่วยกักตะกอนแขวนลอยที่เบาเอาไว้ ทำให้ตะกอนแขวนลอยในน้ำเสียที่ออกมาจากถังกรองไร้อากาศ มีค่าต่ำกว่าในถังหมักไร้อากาศ ที่ไม่มีตัวกลางคอยดักตะกอนแขวนลอย และตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถเคลื่อนตัวขึ้นมาสู่ส่วนบนของถัง และมีโอกาสหลุดออกมากับน้ำเสียได้มากกว่า

4.2.5 การเปลี่ยนแปลงค่า TKN และ $\text{NH}_3\text{-N}$

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดค่า TKN ในถังกรองไร้อากาศโดยเฉลี่ยเท่ากับ 20.5%, 13.2%, 9.1% และ 8.2% และในถังหมักไร้อากาศมีประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำกว่า คือโดยเฉลี่ยเท่ากับ 19.6%, 13.6%, 10.5% และ 4.7% ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วันตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการบำบัดจะลดลง เมื่อมีการเพิ่มค่า Organic Loading แสดงว่าปฏิกิริยาทางชีวเคมีในการย่อยสลายพวก Organic Nitrogen เป็นไปได้สมบูรณ์กว่าเมื่อ Organic Loading ต่ำ สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ปรากฏว่าจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ คือ ค่าของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 101.97-130.47 มก./ล แต่ค่าของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ของน้ำเสียที่ออกจากระบบในถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ เฉลี่ยอยู่ในช่วง 204.83-234.51 มก./ล และ 204.32-234.59 มก./ล ตามลำดับ ซึ่งอธิบายได้ว่า ปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$ ที่เพิ่มสูงขึ้นในระบบ เกิดขึ้นเนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนรวมอยู่ ได้แก่ โปรตีน ซึ่งสามารถพบได้สูงในน้ำชีวมวล แต่ปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นไม่ได้มีผลกระทบต่อระบบ เนื่องจากปริมาณของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ที่จะเป็นพิษต่อระบบจะต้องมากกว่า 1,500 มก./ล (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539) ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าของ TKN และ ในระดับความสูงต่าง ๆ พบว่า ตรงส่วนล่างของถังมีค่าสูงสุดและจะลดลงเล็กน้อยเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากบริเวณส่วนล่างของถังมีอัตราการย่อยสลายของจุลินทรีย์สูงที่สุด และลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น

สำหรับการพิจารณาประสิทธิภาพในการบำบัดค่า TKN ในถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ จะเห็นว่ามีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และมีประสิทธิภาพในการบำบัดได้ต่ำ ค่าของ TKN ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบเฉลี่ยเท่ากับ 259.14 มก./ล และ 264.01 มก./ล ของถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศตามลำดับ ซึ่งยังมีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2539 กำหนดไว้ว่าน้ำเสียที่ระบายออกนอกโรงงานให้มีค่า TKN ไม่มากกว่า 100 มก./ล เพราะฉะนั้นจึงยังเป็นปัญหา หากมีการปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง

4.2.6 ปริมาณก๊าซที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง

จากการศึกษาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ พบว่า ในแต่ละการทดลองมีค่าแปรเปลี่ยนไม่แน่นอน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ในการทดลอง ไม่ได้มีการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งในช่วงการทดลองอุณหภูมิจะขึ้นลงตามสภาพอากาศ โดยอยู่ในช่วง 29.0-35.0 องศาเซลเซียส ซึ่ง ศิริวรรณ จัง (1990) ได้ศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิสูงในระบบหมัก อัตราการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ จะสูงและเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้การสะสมปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากระบบในแต่ละวันไม่คงที่ได้ และเมื่อมีการเพิ่มค่า Organic Loading จะทำให้ปริมาณก๊าซซึ่งใช้หลักการแทนที่น้ำจะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ดังภาพประกอบ 30 ซึ่งจะมีลักษณะของการแปรผันโดยตรงกัน ทั้งนี้อธิบายได้ว่า ปริมาณก๊าซที่เพิ่มมากขึ้นตาม Organic Loading ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก มีการย่อยสลายอินทรีย์สารเพิ่มมากขึ้น ทำให้ก๊าซที่เกิดขึ้นจากระบบสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่า ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นต่อวันเฉลี่ยสูงสุด เมื่อระยะเวลาพักตัวยาวที่สุด คือ 5 วัน หรือเมื่อค่า Organic Loading สูงสุด คือ 1.79 Kg.COD/m³/day และ 1.76 Kg.COD/m³/day โดยมีปริมาณก๊าซเกิดขึ้นต่อวันเฉลี่ย 3.60 และ 3.22 ลิตร/วัน ในถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซรวมที่เกิดขึ้นเฉลี่ยในถังกรองไร้อากาศ อยู่ในช่วง 42.9-90.0 ลิตร โดยสูงกว่าในถังหมักไร้อากาศซึ่งอยู่ในช่วง 38.7-80.5 ลิตร

เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบของก๊าซ ในแต่ละแผนการทดลอง พบว่า ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในถังกรองไร้อากาศเฉลี่ยเท่ากับ 52.8% ในถังหมักไร้อากาศเฉลี่ยเท่ากับ 53.5%

หากพิจารณาเปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในห้องปฏิบัติการ กับสูตรการคำนวณที่ว่า ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น เท่ากับ 0.351 ลิตรต่อค่าซีโอดีที่ถูกทำลายไป 1 กรัม (McCarty, 1964) และจากสูตรการหาปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ (Polprasert, 1989) ที่ว่า

$$\text{ปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้, ลบ.ม./วัน} = 0.35ES_0(10^{-3})\left(1 - \frac{1.42Y}{1 + Kd\theta_c}\right)$$

โดยที่ 0.35 = ปริมาตรของก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ จากการกำจัด BOD_L 1.0 กก., ลบ.ม.CH₄ / กก. BOD_L

E = ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์

Q = ปริมาณน้ำเสียไหลเข้าระบบ, ลบ.ม./วัน

S₀ = ค่า BOD_L ของน้ำเสีย, ก./ลบ.ม. หรือ มก./ล

$Y =$ อัตราส่วนระหว่างจำนวนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น กับปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกย่อย
สลาย (0.05)

$K_d =$ ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ (0.01-0.05, วัน⁻¹)

$\theta_c =$ อายุตะกอน, วัน

ซึ่งแสดงผลการเปรียบเทียบดังตาราง 20

ตาราง 20 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในห้องปฏิบัติการ กับจากการคำนวณ
ของถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ

HRT (วัน)	อัตราการไหล (ลิตร/วัน)	ค่า COD เฉลี่ยของน้ำ เข้า (มก./ล)	ค่า BOD ₅ เฉลี่ยของ น้ำเข้า (มก./ล)	การผลิตก๊าซโดยเฉลี่ย จากการทดลอง			ปริมาณก๊าซ มีเทนโดย คำนวณทาง ทฤษฎี (ลิตร/วัน) (McCarty)	ปริมาณก๊าซ มีเทนโดย คำนวณจาก สูตร (ลิตร/วัน) (Polprasert)
				ปริมาตรต่อวัน เฉลี่ย (ลิตร/วัน)	% ก๊าซ มีเทน	ปริมาตรก๊าซ มีเทน (ลิตร/วัน)		
(AF) 20	1.45	9,212	6,069	1.23	50.6	0.60	3.89	2.21
15	1.93	9,911	6,344	1.72	66.2	1.14	5.03	2.89
10	2.9	9,239	5,303	2.87	43.2	1.24	6.63	3.22
5	5.8	8,802	6,131	3.60	51.6	1.86	11.39	7.15
(AD) 20	1.5	9,212	6,069	1.04	43.4	0.45	3.23	1.79
15	2	9,911	6,344	1.55	64.7	1.00	4.55	2.43
10	3	9,239	5,303	2.66	56.2	1.49	5.22	2.41
5	6	8,802	6,131	3.22	47.7	1.53	8.75	5.28

จากตาราง 19 จะเห็นได้ว่า ผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในห้อง
ปฏิบัติการ กับปริมาณก๊าซมีเทนที่ได้จากการคำนวณมีความแตกต่างกันมาก กล่าวคือ ใน
ถังกรองไร้อากาศผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 1.21 ลิตร/วัน ซึ่ง
น้อยกว่าผลจากการคำนวณทางทฤษฎี และจากสูตรการหาปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ ที่
เกิดขึ้นเฉลี่ย 6.74 และ 3.85 ลิตร/วัน ตามลำดับ และในถังหมักไร้อากาศพบว่า ปริมาณก๊าซ
มีเทนที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 1.12 ลิตร/วัน ซึ่งน้อยกว่าผลจากการคำนวณทางทฤษฎี และจากสูตร

การหาปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ ที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 5.44 และ 2.98 ลิตร/วัน สาเหตุที่ปริมาณก๊าซมีเทนที่วิเคราะห์ได้ในห้องปฏิบัติการต่ำกว่าที่ได้จากการคำนวณในระบบทั้ง 2 ชุด อธิบายได้ว่า เป็นผลมาจากค่าของปริมาณสารอินทรีย์ที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่าสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียจนหมด (Ultimate BOD) ซึ่งสภาพดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นในสภาพการทดลองจริง ๆ ทำให้ค่าปริมาณก๊าซจากการคำนวณมีค่าสูงกว่าจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการค่อนข้างมาก และพบว่าปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในถังกรองไร้อากาศจะสูงกว่าในถังหมักไร้อากาศ ซึ่งอธิบายได้ว่า เป็นผลมาจากประสิทธิภาพในการบำบัดค่าปริมาณสารอินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศดีกว่าในถังหมักไร้อากาศ

จากการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่า ค่าของปริมาณก๊าซที่วิเคราะห์ได้ ค่อนข้างจะมีความแปรผันในแต่ละแผนการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

4.2.6.1 เปอร์เซนต์ของก๊าซมีเทนบางส่วน อาจมีการละลายออกไปพร้อมกับน้ำเสียที่ออกจากระบบ ซึ่งการละลายนี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Organic Loading ที่เพิ่มขึ้น (พิพัตน์ ชื่นชมชาติ, 2529) ทำให้ค่าของก๊าซมีเทนที่วัดได้มีค่าผิดพลาดได้

4.2.6.2 ระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างก๊าซก่อนที่จะได้มีการวิเคราะห์ค่อนข้างนาน เพราะว่ามี การเก็บตัวอย่างก๊าซในขวดเก็บตัวอย่างสุญญากาศ ขนาด 60 มล. ส่งวิเคราะห์ที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียทำให้ต้องใช้ระยะเวลาก่อนที่จะได้มีการวิเคราะห์ ซึ่งอาจมีโอกาที่จะเกิดการรั่วไหลของก๊าซได้

4.2.6.3 ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในช่วงขณะเก็บตัวอย่าง อาจจะมีจำนวนน้อย

4.2.6.4 เนื่องจากมีข้อจำกัดทางเครื่องมือ ทำให้ไม่อาจเก็บและวิเคราะห์ก๊าซได้บ่อยครั้ง ทำให้ค่าองค์ประกอบของก๊าซที่ได้มีโอกาสคลาดเคลื่อนได้

4.3 ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศ

จากการตรวจสอบดูการเกาะตัวของจุลินทรีย์บนตัวกลาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มม.พื้นที่ผิว 0.023 ตร.ม. พบว่า ฟิล์มของจุลินทรีย์ที่เกาะที่ผิวของตัวกลางพลาสติก ค่อนข้างจะบางแต่มีความสม่ำเสมอ อาจเนื่องมาจากผิวของตัวกลางเป็นพลาสติกค่อนข้างจะเรียบ ทำให้ประสิทธิภาพในการยึดเกาะของจุลินทรีย์ลดน้อยลง และถ้าพิจารณาค่าของปริมาณของแข็งแขวนลอย ซึ่งเป็นไปได้ว่า คือ ตะกอนจุลินทรีย์ที่สร้างขึ้น จะพบว่าในช่วงล่างของถังกรองไร้อากาศจะมีค่าสูงสุด และลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ดังตาราง 16 ซึ่ง

สามารถอธิบายได้ว่า ตะกอนจุลินทรีย์เกิดการสะสมดีที่สุดในช่วงล่างของถัง ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดในช่วงล่างของถังค่อนข้างจะดีที่สุด หากพิจารณาค่าของปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังหมักไร้อากาศ จะเห็นได้ว่ามีค่าสูงกว่าถังกรองไร้อากาศ เนื่องจากไม่มีการเกาะตัวของจุลินทรีย์บนผิวของตัวกลาง ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์หลุดออกมากับน้ำเสียได้มาก อันส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำกว่าในถังกรองไร้อากาศ ทั้งนี้การสะสมของตะกอนจุลินทรีย์ทั้งในถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ จะมีความแปรผันไปตามระยะเวลาพักพักของน้ำเสียที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย

4.4 การออกแบบเบื้องต้นระบบถังกรองไร้อากาศในสภาพการใช้งานจริง

4.4.1 ข้อมูลเบื้องต้นในภาคสนาม

4.4.1.1 การเลือกพื้นที่เป้าหมาย ใช้พื้นที่ของสหกรณ์โรงรมยาง หมู่ที่ 3 บ้านโคกจาง ตำบลทับช้าง อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา โดยมีพื้นที่ประมาณ 2 ไร่

4.4.1.2 กำลังการผลิตของโรงงาน อยู่ระหว่าง 496-2,608 กก./วัน

4.4.1.3 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น

- ปริมาณน้ำเสียในช่วงที่ตรวจสอบในภาคสนามเท่ากับ 7.35 ลบ.ม./วัน
- ปริมาณน้ำเสียในช่วงที่ผลผลิตต่ำสุดและสูงสุด (จากการคำนวณ) 5.91-

13.61 ลบ.ม./วัน คิดเป็นอัตราการเกิดน้ำเสียเท่ากับ 5.22-11.92 ลบ.ม.ต่อตันผลผลิต

4.2.2 ข้อมูลจากการทดลอง

HRT 5 วัน

4.4.2.1 การปรับ pH ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบให้อยู่ในช่วง 6.8-7.2 จาก pH ของน้ำเสียในช่วง 4.5-5.6 จะใช้ NaOH ความเข้มข้น 6 นอร์มัล ในปริมาตร 4.5-5.5 มล./น้ำเสีย 1 ลิตร

4.4.2.2 ความเข้มข้นของ BOD₅ ในน้ำเสียที่เข้าระบบเฉลี่ยเท่ากับ 6,131 มก./ล คิดเป็น BOD₅ Loading เท่ากับ 1.25 kg.BOD₅/m³/day

4.4.2.3 ความเข้มข้นของ COD ในน้ำเสียที่เข้าระบบเฉลี่ยเท่ากับ 8,802 มก./ล คิดเป็น COD Loading เท่ากับ 1.79 kg.COD/m³/day

4.4.2.4 BOD₅ Reduction 61.8%

4.4.2.5 COD Reduction 63.4%

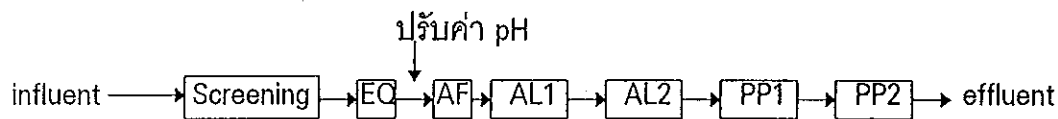
4.4.2.6 ตัวกลางที่ใช้เป็นพลาสติกทรงกลม โดยที่ตัวกลาง 1 ชั้น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มม. มีพื้นที่ผิว 0.0.23 ตร.ม.

4.4.2.7 ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 51.6%

4.4.2.8 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพในระบบเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 ลิตร/วัน

4.4.3 ข้อมูลการออกแบบ

แสดงรูปแบบเบื้องต้นของการใช้ระบบถังกรองไร้อากาศในสภาพการใช้งานจริง



เมื่อ EQ = Equalization Tank

AF = Anaerobic Filter

AL1, AL2 = Aerated Lagoon บ่อ 1 และ บ่อ 2

PP1, PP2 = Polishing Pond บ่อ 1 และ บ่อ 2

4.4.3.1 Equalization Tank กำหนดให้มีค่า HRT 2 วัน

- ปริมาณน้ำเสียทั้งหมดในถัง เท่ากับ 14.7 ลบ.ม.

4.4.3.2 Anaerobic Filter กำหนดให้มีค่า HRT 5 วัน

- ปริมาตรของถังกรองไร้อากาศ เท่ากับ 36.8 ลบ.ม. โดยสร้างเป็นถังทรงกระบอก ซึ่งกำหนดความสูง 5 เมตร เพราะฉะนั้นจะได้เส้นผ่าศูนย์กลางของถัง เท่ากับ 3.1 เมตร

- ตัวกลางที่ใช้เป็นพลาสติกทรงกลม โดยที่ตัวกลาง 1 ชั้น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มม. มีพื้นที่ผิว 0.0.23 ตร.ม.

- กำหนดความลึกของตัวกลาง 4 เมตร

- ปริมาตรของชั้นตัวกลาง เท่ากับ 30.2 ลบ.ม.

- BOD₅ Reduction เท่ากับ 61.8% (ข้อมูลจากการทดลอง) จะได้ความเข้มข้นของ BOD₅ ที่ออกจากระบบ เท่ากับ 2,342 มก./ล

- COD Reduction เท่ากับ 63.4% (ข้อมูลจากการทดลอง) จะได้ความเข้มข้นของ COD ที่ออกจากระบบ เท่ากับ 3,221 มก./ล

4.4.3.3 Aerated Lagoon บ่อ 1 กำหนดให้มีค่า HRT 5 วัน

- ปริมาตรบ่อเติมอากาศ เท่ากับ 36.8 ลบ.ม.
- กำหนดความลึกของบ่อ 3 เมตร จะใช้พื้นที่ 13 ตร.ม. หรือ 0.008 ไร่
- คำนวณค่า BOD₅ และ COD ที่ออกจากระบบ โดยใช้สูตรจาก

$Le = \frac{Li}{1 + Kt}$ เมื่อกำหนดค่า K (ค่าคงที่ของการย่อยสลายสารอินทรีย์) เท่ากับ 1 d⁻¹, ความต้องการออกซิเจนเท่ากับ 1.4 เท่าของ BOD₅ removed จะใช้ปริมาณออกซิเจน เท่ากับ 0.84 kgO₂/hr จึงเลือกใช้เครื่องเติมอากาศเพื่อการลดปริมาณสารอินทรีย์ โดยให้ออกซิเจนเท่ากับ 1-1.4 kgO₂/hr ขนาด 2 HP (1.5 kW) และสมมติขนาดของเครื่องเติมอากาศเพื่อการกวน เท่ากับ 6.7 HP ต่อปริมาตรน้ำ 1,000 ลบ.ม. จะได้ขนาดเครื่องเติมอากาศเพื่อการกวนเท่ากับ 0.25 HP (0.19 kW) ดังนั้นจึงเลือกใช้ขนาดเครื่องเติมอากาศ เท่ากับ 2 HP (1.5 kW) เพราะฉะนั้นจะได้ความเข้มข้นของ BOD₅ และ COD ที่ออกจากระบบเท่ากับ 390 มก./ล และ 537 มก./ล ตามลำดับ

4.4.3.4 Aerated Lagoon บ่อ 2 กำหนดให้มีค่า HRT 5 วัน

- ปริมาตรบ่อเติมอากาศ เท่ากับ 36.8 ลบ.ม.
- กำหนดความลึกของบ่อ 3 เมตร จะใช้พื้นที่ 13 ตร.ม. หรือ 0.008 ไร่
- คำนวณค่า BOD₅ และ COD ที่ออกจากระบบ โดยใช้สูตรจาก

$Le = \frac{Li}{1 + Kt}$ เมื่อกำหนดค่า K (ค่าคงที่ของการย่อยสลายสารอินทรีย์) เท่ากับ 1 d⁻¹, ความต้องการออกซิเจนเท่ากับ 1.4 เท่าของ BOD₅ removed จะใช้ปริมาณออกซิเจน เท่ากับ 0.14 kgO₂/hr จึงเลือกใช้เครื่องเติมอากาศเพื่อการลดปริมาณสารอินทรีย์ โดยให้ออกซิเจนเท่ากับ 0.11-0.14 kgO₂/hr ขนาด 0.5 HP (0.4 kW) และสมมติขนาดของเครื่องเติมอากาศเพื่อการกวนเท่ากับ 6.7 HP ต่อปริมาตรน้ำ 1,000 ลบ.ม. จะได้ขนาดเครื่องเติมอากาศเพื่อการกวนเท่ากับ 0.25 HP (0.19 kW) ดังนั้นจึงเลือกใช้ขนาดเครื่องเติมอากาศ เท่ากับ 0.5 HP (0.4 kW) เพราะฉะนั้นจะได้ความเข้มข้นของ BOD₅ และ COD ที่ออกจากระบบเท่ากับ 65 มก./ล และ 90 มก./ล ตามลำดับ

4.4.3.5 Polishing Pond 1 กำหนดให้มีค่า HRT เท่ากับ 2 วัน (เนื่องจากถ้าระยะเวลาพักพิงนานเกินไป จะทำให้เกิดปัญหาการเจริญเติบโตของสาหร่ายอย่างรวดเร็ว เพราะน้ำเสียจากสหกรณ์โรงรมยางมีค่าไนโตรเจนสูง)

- ปริมาตรบ่อ เท่ากับ 14.7 ลบ.ม.
- กำหนดความลึกของบ่อ 1 เมตร จะได้พื้นที่ 14.7 ตร.ม. หรือ 0.009 ไร่ (0.0015 ha)
- BOD₅ Loading เท่ากับ 319 kg BOD₅/(ha.d)
- ถ้ากำหนดให้ BOD₅ Reduction ของระบบเท่ากับ 50% จะได้ความเข้มข้นของ BOD₅ ที่ออกจากระบบ เท่ากับ 33 มก./ล
- ถ้ากำหนดให้ COD Reduction ของระบบเท่ากับ 50% จะได้ความเข้มข้นของ COD ที่ออกจากระบบ เท่ากับ 45 มก./ล

4.4.3.6 Polishing Pond 2 กำหนดให้มีค่า HRT เท่ากับ 2 วัน

- ปริมาตรบ่อ เท่ากับ 14.7 ลบ.ม.
- กำหนดความลึกของบ่อ 1 เมตร จะได้พื้นที่ 14.7 ตร.ม. หรือ 0.009 ไร่ (0.0015 ha)
- BOD₅ Loading เท่ากับ 159 kg BOD₅/(ha.d)
- ถ้ากำหนดให้ BOD₅ Reduction ของระบบเท่ากับ 50% จะได้ความเข้มข้นของ BOD₅ ที่ออกจากระบบ เท่ากับ 16 มก./ล
- ถ้ากำหนดให้ COD Reduction ของระบบเท่ากับ 50% จะได้ความเข้มข้นของ COD ที่ออกจากระบบ เท่ากับ 23 มก./ล

จะเห็นได้ว่าค่าของ BOD₅ และ COD ที่ออกจากระบบอยู่ในระดับที่เข้าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง แต่ค่าของ BOD₅ Loading ในบ่อปรับสภาพทั้ง 2 บ่อยังมีค่าสูง จึงเป็นไปได้ที่จะก่อให้เกิดปัญหาการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้

4.4.3.7 ประเมินการค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

1) ต้นทุนคงที่ (Fix Cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่โรงงานจ่ายเพียงครั้งเดียว ในช่วงแรกของการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่

1.1 ค่าที่ดินสำหรับก่อสร้างระบบ ใช้พื้นที่ประมาณ 1 ไร่ ราคาประมาณ 100,000 บาท

1.2 ค่าก่อสร้างระบบ

- ค่าขุดบ่อ (คิดในอัตราชั่วโมงละ 1,200 บาท เป็นเวลา 5 ชั่วโมง) ราคาประมาณ 6,000 บาท

- ค่าก่อสร้างถังกรองไร้อากาศ เป็นแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก ราคาประมาณ 75,000 บาท

- ค่าเครื่องเติมอากาศเพื่อการลดปริมาณสารอินทรีย์ และการกวน ขนาด 2 HP (1.5 kW) 1 เครื่อง และขนาด 0.5 HP (0.4 kW) 2 เครื่อง ราคาประมาณ 100,000 บาท

- ค่าเครื่องสูบน้ำ ขนาด 0.5 HP (0.4 kW) 1 เครื่อง ราคาประมาณ 4,450 บาท

คิดเป็นค่าใช้จ่าย ประมาณ 285,450 บาท

2) ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่โรงงานต้องจ่าย ตลอดช่วงเวลาที่มีการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่

2.1 ค่าสารเคมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อคำนวณจากปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น 7.35 ลบ.ม./วัน จะต้องใช้สารเคมีดังกล่าว ประมาณ 8.8 กก./วัน เพื่อการปรับค่า pH ของน้ำเสียที่เข้าระบบ ให้อยู่ในช่วง 6.8-7.2 ราคาประมาณ 7,920 บาท/เดือน (ราคา 30 บาท /1 กก.)

2.2 ค่าไฟฟ้าเฉพาะในระบบบำบัดน้ำเสีย จากเครื่องเติมอากาศ ขนาด 1.5 kW 1 เครื่อง ขนาด 0.4 kW 2 เครื่อง และ เครื่องสูบน้ำ ขนาด 0.4 kW 1 เครื่อง

เมื่อ จำนวนยูนิต เท่ากับ จำนวนกิโลวัตต์ x จำนวนชั่วโมงที่ใช้ จะได้ เท่ากับ 1,867 ยูนิต เพราะฉะนั้นค่าไฟฟ้า จะเท่ากับ จำนวนยูนิต x ราคาใน 1 ยูนิต (เมื่อ ราคาขยูนิตละประมาณ 3 บาท) จะได้ ค่าไฟฟ้าประมาณ 5,600 บาท/เดือน

2.3 ค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักรกล ราคาประมาณ 500 บาท/เดือน

2.4 ค่าจ้างคนดูแลระบบ ประมาณ 2,000 บาท/เดือน

คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อเดือนประมาณ 16,200 บาท

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุป

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานของสหกรณ์โรจรมยางในจังหวัดสงขลา จำนวน 10 โรงงาน พบว่า จะตั้งอยู่ในพื้นที่ประมาณ 2-4 ไร่ มีกำลังการผลิตอยู่ในช่วงประมาณ 450- 2,608 กก./วัน ตั้งอยู่ในชุมชนจำนวน 1 โรงงาน ตั้งห่างจากชุมชนไม่เกิน 3 กิโลเมตร จำนวน 9 โรงงาน ห่างจากถนนทางหลวงอยู่ในช่วง 1-5 กิโลเมตร จำนวน 4 โรงงาน มีแหล่งน้ำธรรมชาติไหลผ่าน จำนวน 3 โรงงาน และสภาพโดยรอบโรงงานมักตั้งอยู่ใกล้กับพื้นที่นาข้าว สวนผลไม้ต่าง ๆ จากสภาพภูมิประเทศดังกล่าว มีโอกาสและความเป็นไปได้สูง ที่จะก่อให้เกิดความเดือดร้อนกับกลุ่มคนที่เกี่ยวข้องและใกล้เคียง และสามารถก่อให้เกิดปัญหาที่ทำให้เกิดมลภาวะกับแหล่งน้ำได้เป็นอย่างมาก ถ้ามีการจัดการน้ำเสียที่ไม่ถูกต้อง
2. ปริมาณน้ำเสียจากสหกรณ์โรจรมยางตัวแทน ที่ทำการศึกษ จำนวน 3 โรงงาน พบว่า ปริมาณน้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิต อยู่ในช่วง 7.35-9.05 ลบ.ม./วัน ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำเสียต่อตันผลผลิตเท่ากับ 5.22-13.44 ลบ.ม.ต่อตันผลผลิต จุดที่ก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียหลัก ๆ 4 จุด คือ น้ำเสียจากตะกอนหลังจากการคัดแยกเนื้อยางออกแล้ว ก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียสูงสุดคือ อยู่ในช่วง 1.53-4.56 ลบ.ม./วัน น้ำเสียจากรางล้างอยู่ในช่วง 1.65-4.04 ลบ.ม./วัน น้ำเสียที่เกิดจากการรีดแผ่นยาง ก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียต่ำสุด คือ อยู่ในช่วง 0.71-0.94 ลบ.ม./วัน และน้ำเสียจากการล้างภาชนะบรรจุ การล้างพื้นทำความสะอาดโรงงาน อยู่ในช่วง 0.50-1.20 ลบ.ม./วัน หากศึกษาปริมาณน้ำเสียในช่วงที่มีผลผลิตต่ำสุดและสูงสุดในช่วงที่ผ่านมา โดยคำนวณจากปริมาณน้ำดิบที่ใช้ เปอร์เซ็นต์ของน้ำยางสด และปริมาณน้ำยางสดของแต่ละโรงงาน พบว่า อยู่ในช่วง 5.91-13.61 ลบ.ม./วัน หรือคิดเป็นอัตราการเกิดน้ำเสียเท่ากับ 5.22-13.44 ลบ.ม.ต่อตันผลผลิต
3. ลักษณะของน้ำเสียจากสหกรณ์โรจรมยางที่ทำการศึกษา จำนวน 3 โรงงาน พบว่า ลักษณะของน้ำเสียรวมมีค่า pH ระหว่าง 4.9-6.6 มีค่า BOD₅ ระหว่าง 3,250-7,600 มก./ล มี

ค่า COD ระหว่าง 4,354-9,568 มก./ล มีค่า SS ระหว่าง 60-232 มก./ล มีค่า TKN ระหว่าง 45.99-195.15 มก./ล มีค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ ระหว่าง 42.17-97.73 มก./ล มีค่า TP ระหว่าง 12.09-20.01 มก./ล และค่าซิลิเฟต ระหว่าง 102.96-294.82 มก./ล จุดที่ก่อให้เกิดน้ำเสียในโรงงานจุดหลัก ๆ คือ น้ำเสียจากตะกอน และน้ำเสียจากการรีดแผ่นยาง เนื่องจากเป็นจุดที่มีการปนเปื้อนของน้ำซีรัมในปริมาณที่สูง เมื่อคำนวณอัตราส่วนระหว่างค่า BOD_5 : COD จะอยู่ในช่วง 0.57-0.79 และค่า BOD_5 : N : P มีค่าเท่ากับ 100:2.8:0.4 ซึ่งมีความเหมาะสมกับวิธีการบำบัดทางชีววิทยา

4. การทดลองระบบบำบัดน้ำเสียจำลองในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ถังกรองไร้อากาศและถังหมักไร้อากาศ ได้ใช้เวลาในการเริ่มต้นระบบเป็นเวลา 71 วัน ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 ระบบถังกรองไร้อากาศ

4.1.1 อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 27.1-28.6 องศาเซลเซียส

4.1.2 มีค่า pH ระหว่าง 7.1-7.3 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงตามความสูงของระบบพบว่ามีค่าน้อยมาก โดยจะมีค่าต่ำสุดในส่วนล่างของถัง และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความสูงที่เพิ่มขึ้น

4.1.3 มีค่าความเป็นเบส ระหว่าง 3,171-3,502 มก./ล ของ CaCO_3 การเปลี่ยนแปลงตามความสูงของระบบพบว่ามีความน้อยมาก โดยมีค่าต่ำสุดในส่วนล่างของถัง และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความสูงที่เพิ่มขึ้น

4.1.4 มีค่ากรดระเหย ระหว่าง 926-968 มก./ล ของ CH_3COOH การเปลี่ยนแปลงตามความสูงของระบบพบว่ากรดระเหยมีค่าสูงสุดในส่วนล่างของถัง และมีค่าลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น

อัตราส่วนระหว่างกรดระเหยกับสภาพความเป็นเบส อยู่ระหว่าง 0.27-0.31 ของการทดลองที่ HRT 20,15,10 และ 5 วันตามลำดับ

4.1.5 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD จะมีค่าเท่ากับ 83.2%, 74.8%, 70.4% และ 63.4% ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าลดลง เมื่อมีการเพิ่มค่า COD Loading จาก 0.47 Kg. COD/ m^3 /day เป็น 0.67, 0.94 และ 1.79 Kg. COD/ m^3 /day หรือเมื่อมีการลดระยะเวลาพักน้ำจาก 20 เป็น 15,10 และ 5 วัน ตามลำดับ โดยที่ประสิทธิภาพในการบำบัดเกิดดีที่สุดในส่วนล่างของถัง คือ ความสูง 19 ซม.จากก้นถัง และจะลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น สำหรับ

ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ต่อพื้นที่ผิวและปริมาตรของตัวกลางที่ HRT 5 วัน มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ $11.39 \text{ g.COD/m}^2/\text{day}$ และ $1.12 \text{ Kg.COD/m}^3/\text{day}$ ตามลำดับ รองลงไปคือ ที่ HRT 10, 15 และ 20 วัน

4.1.6 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD_5 จะมีค่าเท่ากับ 74.8%, 71.2%, 63.6% และ 61.8% ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าลดลง เมื่อมีการเพิ่มค่า BOD_5 Loading จาก $0.31 \text{ Kg. BOD}_5/\text{m}^3/\text{day}$ เป็น 0.43, 0.54 และ $1.25 \text{ Kg. BOD}_5/\text{m}^3/\text{day}$ หรือเมื่อมีการลดระยะเวลาพักน้ำจาก 20 เป็น 15, 10 และ 5 วัน ตามลำดับ โดยที่ประสิทธิภาพในการบำบัดเกิดดีที่สุดในส่วนล่างของถัง คือ ความสูง 19 ซม.จากก้นถัง และจะลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD สำหรับประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD_5 ต่อพื้นที่ผิวและปริมาตรของตัวกลางที่ HRT 5 วัน มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ $8.18 \text{ g.BOD}_5/\text{m}^2/\text{day}$ และ $0.76 \text{ Kg. BOD}_5/\text{m}^3/\text{day}$ ตามลำดับ รองลงไปคือ ที่ HRT 10, 15 และ 20 วัน

4.1.7 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย โดยเฉลี่ยเท่ากับ 75.4%, 73.5%, 69.8% และ 63.9% ของการทดลองที่ HRT 20,15,10 และ 5 วัน ตามลำดับ โดยที่ตะกอนแขวนลอยจะมีความเข้มข้นสูงสุดที่ส่วนล่างของถัง และมีค่าลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น

4.1.8 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า TKN โดยเฉลี่ยเท่ากับ 20.5%, 13.2%, 9.1% และ 8.18% โดยที่การเปลี่ยนแปลงค่า TKN ในระดับความสูงต่าง ๆ พบว่า ตรงส่วนล่างของถังมีค่าสูงสุด และจะลดลงเล็กน้อยเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น

4.1.9 ปริมาณก๊าซรวมที่เกิดขึ้นจากระบบอยู่ระหว่าง 42.9-90.0 ลิตร โดยที่ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นต่อวันเฉลี่ยสูงสุดเมื่อระยะเวลาพักน้ำ 5 วัน โดยมีปริมาณก๊าซเกิดขึ้น เฉลี่ย 3.60 ลิตร/วัน ค่าของก๊าซมีเทนเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 52.8% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยเท่ากับ 17.8% ค่าของก๊าซ $\text{N}_2+\text{H}_2+\text{O}_2$ เฉลี่ยเท่ากับ 29.4% หากพิจารณาปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ จะได้เท่ากับ 1.21 ลิตร/วัน ซึ่งน้อยกว่าผลจากการคำนวณทางทฤษฎี และจากสูตรการหาปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ ที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 6.74 และ 3.85 ลิตร/วัน ตามลำดับ

4.1.10 ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ พบว่า จะเกิดได้ดีที่สุดในช่วงล่างของถัง และลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น การเกาะของจุลินทรีย์ตัวบนตัวกลางค่อนข้างจะบาง แต่มีความ

สม่ำเสมอ ทำให้มีเวลาอยู่ในระบบได้นาน (SRT สูง) ซึ่งช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ได้สูงขึ้น

4.2 ระบบถังหมักไร้อากาศ

4.2.1 อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 27.1-28.7 องศาเซลเซียส

4.2.2 มีค่า pH ระหว่าง 6.9-7.2 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงตามความสูงของระบบ พบว่ามีค่าน้อยมาก โดยจะมีค่าต่ำสุดในส่วนล่างของถัง และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความสูงที่เพิ่มขึ้น

4.2.3 มีค่าความเป็นเบส ระหว่าง 3,140-3,496 มก./ล ของ CaCO_3 การเปลี่ยนแปลงตามความสูงของระบบพบว่ามีค่าน้อยมาก โดยมีค่าต่ำสุดในส่วนล่างของถัง และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความสูงที่เพิ่มขึ้น

4.2.4 มีค่ากรดระเหย ระหว่าง 1,003-1,574 มก./ล ของ CH_3COOH การเปลี่ยนแปลงตามความสูงของระบบพบว่ากรดระเหยมีค่าสูงสุดในส่วนล่างของถัง และมีค่าลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น

อัตราส่วนระหว่างกรดระเหยกับสภาพความเป็นเบส อยู่ระหว่าง 0.29-0.49 ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วันตามลำดับ

4.2.5 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD จะมีค่าเท่ากับ 66.1%, 65.9%, 53.7% และ 47.0% ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าลดลง เมื่อมีการเพิ่มค่า COD Loading จาก 0.46 Kg. COD/ m^3 /day เป็น 0.66, 0.92 และ 1.76 Kg. COD/ m^3 /day หรือเมื่อมีการลดระยะเวลาพักน้ำจาก 20 เป็น 15, 10 และ 5 วัน ตามลำดับ โดยที่ประสิทธิภาพในการบำบัดเกิดดีที่สุดในส่วนล่างของถัง คือ ความสูง 19 ซม.จากกันถัง และจะลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น

4.2.6 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD_5 จะมีค่าเท่ากับ 58.8%, 57.6%, 46.1% และ 44.6% ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าลดลง เมื่อมีการเพิ่มค่า BOD_5 Loading จาก 0.31 Kg. BOD_5 / m^3 /day เป็น 0.42, 0.53 และ 1.23 Kg. BOD_5 / m^3 /day หรือเมื่อมีการลดระยะเวลาพักน้ำจาก 20 เป็น 15, 10 และ 5 วัน ตามลำดับ โดยที่ประสิทธิภาพในการบำบัดเกิดดีที่สุดในส่วนล่างของถัง คือ ความสูง 19 ซม.จากกันถัง และจะลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD

4.2.7 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย โดยเฉลี่ยเท่ากับ 67.6%, 63.2%, 54.3% และ 48.4% ของการทดลองที่ HRT 20, 15, 10 และ 5 วัน ตาม

ลำดับ โดยที่ตะกอนแขวนลอยจะมีความเข้มข้นสูงสุดที่ส่วนล่างของถัง และมีค่าลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น

4.2.8 ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า TKN โดยเฉลี่ยเท่ากับ 19.6%, 13.6%, 10.5% และ 4.7% โดยที่การเปลี่ยนแปลงค่า TKN ในระดับความสูงต่าง ๆ พบว่า ตรงส่วนล่างของถังมีค่าสูงสุด และจะลดลงเล็กน้อยเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น

4.2.9 ปริมาณก๊าซรวมที่เกิดขึ้นจากระบบอยู่ระหว่าง 38.7-80.5 ลิตร โดยที่ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นต่อวันเฉลี่ยสูงสุดเมื่อระยะเวลาพัก 5 วัน โดยมีปริมาณก๊าซเกิดขึ้นเฉลี่ย 3.22 ลิตร/วัน ค่าของก๊าซมีเทนเกิดขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 53.5% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยเท่ากับ 18.9% ค่าของก๊าซ $N_2+H_2+O_2$ เฉลี่ยเท่ากับ 27.7% หากพิจารณาปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ จะได้เท่ากับ 1.12 ลิตร/วัน ซึ่งน้อยกว่าผลจากการคำนวณทางทฤษฎี และจากสูตรการหาปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ ที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 5.44 และ 2.98 ลิตร/วัน ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการน้ำเสียของสหกรณ์โรกรมยาง อันเป็นการช่วยลดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม จึงควรได้ดำเนินการในด้านต่าง ๆ คือ

1. การพยายามลดการใช้น้ำในขั้นตอนของการผลิต โดยเฉพาะในส่วนของ การฉีดน้ำหล่อผิวยางในตะกบ การฉีดล้างตะกบ ซึ่งควรมีการใช้สายยางฉีดล้างที่สามารถควบคุมการเปิด-ปิด ได้ตลอดเวลา การใช้น้ำในรางล้างซ้ำมากกว่า 1 ครั้ง หรือได้มีการเจือจางน้ำในรางล้าง การหมุนเวียนน้ำในการฉีดล้างแผ่นยางขณะมีการรีด หรือใช้วิธีการล้างแผ่นยางขั้นสุดท้ายในอ่างรองรับน้ำโดยตรง และในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดพื้น ควรที่จะมีการกวาดหรือถูพื้นให้เรียบร้อยก่อน แล้วมีการฉีดล้างในปริมาณที่เหมาะสม
2. ควรจะเพิ่มแนวทางในการนำน้ำที่ผ่านการใช้แล้ว กลับมาใช้ใหม่ในระบบการผลิต เช่น น้ำในรางล้างยางซึ่งค่อนข้างจะมีปริมาณมาก จึงควรนำมาใช้ล้างพื้นโรงงาน หลังเสร็จสิ้นการผลิตในแต่ละวัน แทนการใช้น้ำดิบมาฉีดล้างโดยตรง

3. สหกรณ์โรกรมยางทุกแห่ง ควรจะมีการจัดระบบการทำงาน โดยมีการแบ่งหน้าที่ในการทำงานอย่างชัดเจน มีการควบคุมและกวดขันคนงานในเรื่องของการประหยัดน้ำ ซึ่งคณะกรรมการของสหกรณ์โรกรมยาง ควรจะช่วยกันรับผิดชอบดูแล
4. หากมีงบประมาณในการดำเนินการเพียงพอ ก็ควรที่จะได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ระบบถังกรองไร้อากาศในสภาพการใช้งานจริง (Full Scale) เพื่อดูประสิทธิภาพและข้อจำกัดของระบบ ซึ่งถ้าระบบมีประสิทธิภาพในการใช้งานจริงดี ก็จะได้มีการพัฒนา ปรับปรุง สำหรับการบำบัดน้ำเสียของสหกรณ์โรกรมยางต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยเพิ่มเติม

1. ศึกษาถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำ Washing ของระบบถังกรองไร้อากาศ เพื่อเป็นการป้องกันการอุดตัน และช่วยให้ประสิทธิภาพของระบบมีความคงเดิม
2. เนื่องจากน้ำเสียที่ออกมาจากระบบถังกรองไร้อากาศ ยังมีค่าปริมาณสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์สูงกว่าค่ามาตรฐานมาก จึงควรที่จะได้ศึกษารูปแบบการบำบัดในขั้นต่อ ๆ ไป เพื่อให้ได้มาตรฐานน้ำทิ้ง
3. ศึกษาถึงประสิทธิภาพและข้อจำกัดของระบบถังกรองไร้อากาศในขนาดใช้งานจริง (Full Scale) ในภาคสนาม และศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นมาทำให้เกิดประโยชน์ ในแง่ของกระบวนการผลิตหรืออื่น ๆ
4. เนื่องจากน้ำเสียที่ออกจากระบบยังมีค่าของไนโตรเจนค่อนข้างสูง จึงควรศึกษาวิธีการลดให้อยู่ในระดับที่ได้มาตรฐานน้ำทิ้ง
5. ศึกษาความเป็นไปได้ ที่จะนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ สิริสิงห. 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2.

กรุงเทพฯ : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

กองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, สำนักงาน. 2537. ยางพาราในสายตานักวิเคราะห์.

กรุงเทพฯ.

กองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง เขต 2, สำนักงาน. 2539. โครงการพัฒนาการผลิตยางแผ่นผึ่งแห้ง/รมควัน รุ่นปี 2537 และ 2538. สงขลา (สำเนา).

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2535. วิศวกรรมกรกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 2.

กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์.

_____. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์.

ไกรสร อุดมรัตน์. 2521. “การกำจัดน้ำเสียจากโรงงานงานผลิตเต้าหู้ด้วยเครื่องกรองแอนแอโรบิค (Treatment of Soya-Bean Cake Wastewater by Anaerobic Filter)” , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรยศ วิทิตสุวรรณกุล และ รพีพรรณ วิทิตสุวรรณกุล. 2538. อุตสาหกรรมยางพารากับปัญหาสิ่งแวดล้อม. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีและการจัดการสภาพแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรมในเขตภาคใต้ตอนล่าง ณ โรงแรมหาดแก้วรีสอร์ท จังหวัดสงขลา วันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2538.

นิรันทร สัพพวิญญู และ บัณฑิต กิจสุวรรณรัตน์. 2537. “การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาหึ่งด้วยถังกรอง (Treatment of Steamed Mackerel Wastewater by an Anaerobic Filter) ” , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บุญส่ง ไช้เกษ. 2519. “การใช้เครื่องกรองวิธีแอนแอโรบิคเพื่อกำจัดน้ำเสียจากโรงงานทำผักดองกระป๋อง”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญส่ง ไช้เกษ และคณะ. 2534. “แนวทางการออกแบบระบบบำบัดและกำจัดน้ำเสียชนิดติดกับที่สำหรับอาคารขนาดเล็กในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล”, ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุญสิน สุภควงศ์. 2521. “การใช้ถังกรองทำความสะอาดน้ำโสโครกจากบ้านพักอาศัย (The Use of Anaerobic Filter for the Treatment of Domestic Wastewater)” , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผลชิต บัวแก้ว. 2531. การผลิตน้ำยางข้น. ศูนย์วิจัยยางพารา. สถาบันวิจัยยาง. กรมวิชาการเกษตร.

พรพจน์ กรรณสูตร. 2525. “การกำจัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูงมากด้วยเครื่องกรองแอนแอโรบิคที่มีชั้นตัวกลางสูง (Treatment of High Strength Organic Waste by Deep Bed Anaerobic Filter)” , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิพัฒน์ ชื่นชมชาติ. 2529. “การนำเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถังและครึ่งถัง มาประยุกต์ใช้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง (Application of a Filled-Up and Half-Filled Anaerobic Filters for Low Strength Wastewater)”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพชรพร เขวกิจเจริญ. 2538. “ระบบบำบัดไร้ออกซิเจน”, ใน การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย, 272. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพพรรณ พรประพา และมันสิน ตันตุลเวศน์. 2519. “การกำจัดน้ำโสโครกจากโรงงานน้ำตาลโดยใช้เครื่องกรองแอนโรบิค”, โครงการวิจัยหมายเลข 17-2519 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วราภรณ์ ขจรไชยกุล. 2524. “คุณสมบัติและส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ”, วารสารยางพารา. 2 (1) (เมษายน 2524), 19-27.

_____. 2532. การผลิตยางธรรมชาติ. ม.ป.ท. และ ม.ป.พ.

_____. 2536. ยาง. มปพ : สถาบันวิจัยยาง.

ศิริชัย ตั่งอมรสติตย์ และคณะ. 2531. “การบำบัดน้ำเสียจากการผลิตยางพาราแผ่นในชนบทโดยใช้ระบบเครื่องกรองไร้อากาศ”, รายงานการวิจัย ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 8 สุราษฎร์ธานี.

- สถิตพันธ์ ธรรมสถิตย์. 2537. คู่มือกำกับกรรมวิธีการผลิตในโรงงานอบ/รมยาง. กองพัฒนาการผลิตและการตลาด ฝ่ายพัฒนาสวนยางเคราะห้ สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง.
- ศิริวรรณ จัง. 2534. “การบำบัดน้ำเสียของโรงงานแปรรูปอาหารทะเลด้วยระบบไม่ใช้อากาศในถังหมักตัวกรอง (Anaerobic Treatment of Fishery Wastewater Using Filter Reactor)” , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สนธยา ศรีธรรมมา. 2537. ข่าวกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร.
- สมชาย ดารารัตน์. 2529. “การศึกษาประสิทธิภาพและดัชนีในการออกแบบของถังกรองไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน (Steady on Efficiency and Index for the Design of an Anaerobic Filter for Domestic Wastewater Treatment)” , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุนทร. 2524. การกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- สุรพล สายพานิช. 2528. “การใช้เครื่องกรองวิธีแอนแอโรบิคเพื่อกำจัดน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง (Application of Anaerobic Filter for Treatment of Tapioca Starch Waste)” , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- อรัญ หันพงษ์กิตติกุล. 2524. “การใช้ประโยชน์จากน้ำเสียจากการทำยาง” , วารสาร
ยางพารา. 2 (3) (ธันวาคม 2524), 141-146.
- อุดร จารุรัตน์. 2537 . คู่มือดำเนินงานระบบบำบัดน้ำเสียและการใช้มาตรฐานน้ำเสียจาก
อาคาร เล่ม 2. กรุงเทพฯ : กรมควบคุมมลพิษ.
- อุดมผล พิชนิไพบูลย์. 2535. เทคนิคการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย. สงขลา : มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- Anderson, G.K., Donnelly, T. and McKeown, K.J. 1982. Identification and control of
inhibition in the anaerobic treatment of industrial wastewater. Proc. Biochem.
4 : 28-41.
- APHA , AWWA and WEF. 1992. Standard Method for the Examination of Waste and
Wastewater. 18 th ed. New York : American Public Health Association.
- Benefield, L.D. and Randall, C.W. 1980. Biological Process Design for Wastewater
Treatment. Prentice-Hall, Inc., Englewood, Cliffs, New Jersey.
- Jenett, J.C., and Dennis, N.D. 1975. “Anaerobic Filter Treatment of Pharmaceutical Wast”
, JWPCE. vol. 47, No.1, (1975) : 104-121.
- Lawrence, A.W., and McCarty, P.L. 1969. “kinetics of Methane Fermentation in Anaerobic
Treatment” , JWPCE vol.42, No.2 , part 2, (1969) : 1-17.

Lovan, C.R., and Force, E.G. 1971. "The Anaerobic Filter for the Treatment of Brewery Press Liquor Waste" . Proc.of the 26 th Ind.waste Conf., Purdue University.

Metcalf and Eddy. 1991. Waste Engineering Treatment, Disposal and Reuse. 3 rd. Singapore : Mcgraw-Hill.

McCarty, P.L. 1964. "Anaerobic Waste Treatment Fundamentals : Part Two". Public works, (October, 1964) : 123-126.

Plummer,A.H.,Kr.,Malina,J.F.Jr. ,and Eckenfeders,W.W. , Jr. 1968 . "Stabilization of a low Solids Carbohydrate Waste by an Anaerobic Submerged Filter". Proc.of the 23 rd Ind.Waste Conf. , Purdue University.

Polprasert, C. 1989. Organic Waste Recycling. John Weiley and Sone, chichester.

Raman and Chakladar. 1972. "Upflow Filter for Septic Tank Effluents", JWPCF . vol.44 No. 13 , (1972) : 1560-1562.

Young ,J.C., and McCarty , P.L. 1969. "The Anaerobic Filter for Waste Treatment" . JWPCF . , vol.41 , No. 5 , part 2 , (1969) : R 160- R 173.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย

ตารางผนวก 1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง และปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ ในช่วงของการเริ่มต้นระบบ

วันที่ ทดลอง	Anaerobic Filter						Anaerobic Digester					
	pH	Temperature (°C)	Alkalinity (มก./ล ของ CaCO ₃)	Volatile Acids (มก./ล ของ CH ₃ COOH)	SCOD (มก./ล)	ปริมาณก๊าซที่เกิด แทนที่น้ำ (มล.)	pH	Temperature (°C)	Alkalinity (มก./ล ของ CaCO ₃)	Volatile Acids (มก./ล ของ CH ₃ COOH)	SCOD (มก./ล)	ปริมาณก๊าซที่เกิด แทนที่น้ำ(มล.)
1	6.7	31.5	1,010	-	3,672	0	6.6	31.0	1,040	-	4,392	0
2	6.8	30.4	950	-	6,188	0	6.6	30.6	900	-	6,115	0
3	7.2	30.0	1,450	-	4,500	0	7.0	30.0	1,125	-	4,450	0
4	7.1	29.1	1,920	-	3,600	0	6.8	29.3	1,250	-	3,348	0
5	7.9	30.0	2,485	-	3,750	0	6.7	29.8	2,076	-	3,500	0
6	7.0	31.0	2,187	-	3,840	0	6.9	30.0	1,963	-	3,750	0
7	7.0	31.8	1,478	-	4,086	250	7.0	32.3	1,370	-	3,996	0
8	6.9	30.0	1,540	-	4,221	242	6.9	29.8	1,645	-	3,861	0
9	7.0	30.2	1,645	-	5,616	0	6.8	30.0	1,540	-	4,392	0
10	6.8	29.9	1,640	-	3,240	80	6.8	32.0	1,550	-	1,926	488
11	6.9	30.5	1,550	-	3,330	250	6.8	29.5	1,493	-	2,772	500
12	6.9	32.0	1,651	-	2,196	918	6.9	32.1	1,540	-	2,196	906
13	6.9	32.3	1,662.00	-	2,718	1,500	6.8	32.0	1,500	-	2,538	750

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง	Anaerobic Filter						Anaerobic Digester					
	pH	Temperature (°C)	Alkalinity (มก./ล ของ CaCO ₃)	Volatile Acids (มก./ล ของ CH ₃ COOH)	SCOD (มก./ล)	ปริมาณก๊าซที่เกิด แทนที่น้ำ (มล.)	pH	Temperature (°C)	Alkalinity (มก./ล ของ CaCO ₃)	Volatile Acids (มก./ล ของ CH ₃ COOH)	SCOD (มก./ล)	ปริมาณก๊าซที่เกิด แทนที่น้ำ(มล.)
14	6.9	32.4	1,705	-	2,277	1,106	7.0	31.0	1,510	-	2,655	1,188
15	7.0	32.0	1,590	-	2,641	1,620	7.0	31.0	1,375	-	2,362	956
16	7.3	32.8	1,800	-	2,566	2,150	7.0	32.5	1,570	-	3,096	1,100
17	7.2	32.4	1,845	-	2,845	2,430	7.1	32.1	1,530	-	2,845	1,088
18	7.3	30.2	1,955	-	2,471	2,660	7.0	31.3	1,605	-	2,051	770
19	7.3	29.5	1,930	-	2,550	1,620	7.1	29.0	1,720	-	2,447	560
20	7.4	30.0	2,000	-	2,368	1,940	7.1	29.0	1,860	-	3,075	1,200
21	7.5	29.5	1,700	-	2,250	250	7.2	29.8	1,660	-	2,548	1,020
22	7.5	29.0	2,030	-	2,204	1,440	7.3	29.0	1,675	-	2,983	960
23	7.3	29.2	1,942	-	1,254	432	7.3	29.5	1,629	-	1,710	760
24	7.4	30.5	2,095	-	1,907	1,760	7.2	30.5	1,740	-	2,287	1,790
25	7.5	29.0	2,090	-	1,953	750	7.4	29.5	1,730	-	2,128	1,320
26	7.4	32.0	1,950	-	1,780	1,870	7.2	31.8	1,680	-	2,145	2,220

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง	Anaerobic Filter						Anaerobic Digester					
	pH	Temperature (°C)	Alkalinity (มก./ล ของ CaCO ₃)	Volatile Acids (มก./ล ของ CH ₃ COOH)	SCOD (มก./ล)	ปริมาณก๊าซที่เกิด แทนที่น้ำ (มล.)	pH	Temperature (°C)	Alkalinity (มก./ล ของ CaCO ₃)	Volatile Acids (มก./ล ของ CH ₃ COOH)	SCOD (มก./ล)	ปริมาณก๊าซที่เกิด แทนที่น้ำ(มล.)
27	7.5	30.5	1,980	-	1,980	220	7.1	30.3	1,760	-	2,107	1,070
28	7.4	30.0	2,120	-	1,876	1,720	7.2	30.1	1,785	-	2,189	2,100
29	7.5	31.8	2,060	-	1,524	2,440	7.4	32.0	1,870	-	2,159	2,550
30	7.4	32.5	1,895	-	1,466	1,700	7.3	32.4	1,625	-	1,845	1,800
31	7.5	31.5	2,020	-	1,342	2,480	7.3	31.0	1,900	-	1,904	1,970
32	7.3	30.5	2,110	-	1,444	1,590	7.2	30.6	1,920	-	1,904	2,158
33	7.7	31.0	2,050	-	1,115	*	7.9	31.1	1,670	-	1,159	3,030
34	7.2	30.9	2,050	-	1,086	250	7.7	30.5	1,980	-	1,245	750
35	7.4	30.5	2,100	-	1,014	*	7.4	30.5	1,800	-	1,347	3,430
36	7.6	31.8	2,050	-	912	380	7.5	31.5	1,900	-	1,271	1,950
37	7.6	29.0	2,135	-	912	2,120	7.7	29.2	1,880	-	1,185	2,590
38	7.5	30.0	2,108	-	745	1,230	7.6	29.5	1,940	-	985	1,630
39	7.5	31.5	2,125	-	634	1,640	7.7	31.2	1,830	-	534	3,950

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง	Anaerobic Filter						Anaerobic Digester					
	pH	Temperature (°C)	Alkalinity (มก./ล ของ CaCO ₃)	Volatile Acids (มก./ล ของ CH ₃ COOH)	SCOD (มก./ล)	ปริมาณก๊าซที่เกิด แทนที่น้ำ (มล.)	pH	Temperature (°C)	Alkalinity (มก./ล ของ CaCO ₃)	Volatile Acids (มก./ล ของ CH ₃ COOH)	SCOD (มก./ล)	ปริมาณก๊าซที่เกิด แทนที่น้ำ (มล.)
40	7.4	29.9	2,260	-	626	790	8.0	29.0	1,770	-	410	3,670
41	7.6	30.0	2,050	-	617	1,700	7.8	30.5	1,700	-	640	4,280
42	7.5	30.5	2,155	-	651	3,880	7.4	30.5	2,035	-	1,026	1,420
43	7.6	30.9	2,050	-	731	180	7.5	31.0	1,865	-	1,018	2,370
44	7.5	30.0	2,185	-	580	*	7.4	30.0	2,075	-	882	3,360
45	7.6	30.4	2,330	-	612	1,000	8.2	30.5	1,940	-	400	4,600
46	7.5	31.0	2,040	-	618	*	8.2	31.0	1,550	-	636	3,700
47	7.3	31.5	2,080	-	425	850	7.5	31.4	1,880	-	611	1,150
48	7.7	30.6	2,240	-	561	1,130	7.6	31.8	2,080	-	696	940
49	7.8	30.0	2,300	-	523	1,420	7.5	30.4	2,180	-	570	1,370
50	7.5	30.4	2,300	-	205	1,880	7.4	30.8	2,190	-	723	2,430
51	7.6	30.4	2,230	217	276	1,500	7.5	30.5	2,100	365	951	2,180
52	7.6	31.5	2,230	210	327	2,000	7.8	31.0	2,030	345	310	4,440

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง	Anaerobic Filter						Anaerobic Digester					
	pH	Temperature (°C)	Alkalinity (มก./ล) ของ CaCO ₃	Volatile Acids (มก./ล) ของ CH ₃ COOH	SCOD (มก./ล)	ปริมาณก๊าซที่เกิด แทนที่น้ำ (มล.)	pH	Temperature (°C)	Alkalinity (มก./ล) ของ CaCO ₃	Volatile Acids (มก./ล) ของ CH ₃ COOH	SCOD (มก./ล)	ปริมาณก๊าซที่เกิด แทนที่น้ำ(มล.)
53	7.7	30.5	2,255	225	509	*	7.7	30.6	2,125	395	395	4,440
54	7.6	29.3	2,310	185	436	*	7.4	29.5	2,050	365	365	9,200
55	7.4	30.9	2,310	195	195	2,900	7.8	30.5	2,195	495	495	7,450
56	7.4	32.0	2,315	210	210	3,440	7.4	32.0	2,110	490	1,034	6,000
57	7.4	31.0	2,365	350	350	*	7.2	31.2	2,190	610	1,065	1,730
58	7.3	31.0	2,395	220	220	*	7.5	31.0	2,215	440	857	4,200
59	7.2	30.5	2,420	190	556	2,390	8.0	30.8	2,235	460	719	5,470
60	7.3	30.5	2,470	255	442	*	7.2	30.6	2,285	525	820	2,370
61	7.3	31.1	2,780	210	479	*	7.5	31.0	2,540	515	1,024	*
62	7.4	31.0	2,855	245	445	*	8.1	31.0	2,620	445	1,107	*
63	7.2	30.4	2,895	263	449	*	7.2	30.0	2,625	360	993	*
64	8.0	29.5	2,865	248	333	*	7.5	29.5	2,645	350	1,079	*
65	7.3	29.5	2,870	245	402	1,170	8.1	29.0	2,685	470	845	*

ตารางผนวก 1 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง	Anaerobic Filter						Anaerobic Digester					
	pH	Temperature (°C)	Alkalinity (มก./ล ของ CaCO ₃)	Volatile Acids (มก./ล ของ CH ₃ COOH)	SCOD (มก./ล)	ปริมาณก๊าซที่เกิด แทนที่น้ำ (มล.)	pH	Temperature (°C)	Alkalinity (มก./ล ของ CaCO ₃)	Volatile Acids (มก./ล ของ CH ₃ COOH)	SCOD (มก./ล)	ปริมาณก๊าซที่เกิด แทนที่น้ำ(มล.)
66	7.4	29.0	2,885	252	284	5,280	7.9	29.0	2,645	535	696	4,500
67	7.5	29.8	2,780	620	501	4,600	7.8	29.8	3,145	695	1,561	5,000
68	7.9	29.0	3,175	195	418	4,000	8.1	29.0	3,020	375	565	*
69	7.5	29.4	3,230	245	385	3,770	7.2	29.0	2,845	680	1,605	3,000
70	7.8	29.8	3,220	180	389	4,350	7.3	29.5	2,740	520	1,421	8,160
71	7.4	30.0	3,355	300	390	3,250	7.3	30.0	2,930	725	1,350	2,170

* หมายถึง ไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำได้ เนื่องจากถังพลาสติกที่ใช้เป็นถังเก็บรวบรวมก๊าซบูบ ทำให้น้ำในถังถูกดันออกมาหมด

ตารางผนวก 2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย และปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำในระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ของการทดลองที่ HRT 20 วัน

AF : Anaerobic Filter

AD : Anaerobic Digester

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
76	influent	7.0		28.0		1,945		2,040		10,091		5,290		520		197.5		56.7		300	2,500
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																				
	19	7.3	7.2	28.5	29.0	2,990	2,655	430	161	616	2,292	385	2,165	106	153	190.0	140.0	65.0	67.2		
	38	7.4	7.0	28.5	29.0	2,925	2,670	455	995	639	2,269	390	2,165	62	124	190.0	128.2	62.3	67.0		
	57	7.5	7.0	28.3	28.3	2,850	2,710	430	184	677	2,208	534	1,987	58	120	147.0	128.2	57.5	63.4		
	76	7.4	7.0	28.5	28.7	2,900	2,715	260	970	685	2,223	544	2,040	52	153	105.0	125.4	57.2	63.4		
	effluent	7.4	7.5	28.5	28.5	3,180	2,635	455	135	731	2,322	535	1,970	90	169	146.0	107.2	60.2	62.5		
	% remove										92.8	76.9	89.9	62.8	82.7	67.5	26.3	47.9			

หมายเหตุ : Temperature มีหน่วยเป็น องศาเซนเซียส BOD₅ มีหน่วยเป็น มก./ล
 Alkalinity มีหน่วยเป็น มก./ล ของ CaCO₃ SS มีหน่วยเป็น มก./ล
 Volatile Acids มีหน่วยเป็น มก./ล ของ CH₃COOH TKN มีหน่วยเป็น มก./ล
 COD มีหน่วยเป็น มก./ล NH₃-N มีหน่วยเป็น มก./ล

ตารางผนวก 2 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
79	influent	7.0		28.0		1,605		2,090		8,238		5,725		480		187.6		95.2		2,700	3,500
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																				
	19	7.4	7.0	28.8	29.5	3,175	2,970	575	1,485	889	2,498	470	1,870	312	347	170.2	147.0	129.6	131.0		
	38	7.4	7.0	29.0	29.3	3,250	3,015	490	1,495	965	2,690	502	2,067	200	230	142.8	145.0	125.4	112.4		
	57	7.3	6.9	29.3	29.2	3,325	3,030	440	1,365	973	2,636	554	2,107	128	195	138.8	138.0	119.6	110.0		
	76	7.3	7.0	28.0	29.4	3,370	3,180	400	1,365	980	2,682	616	2,120	98	140	120.0	131.0	116.6	97.4		
	effluent	7.3	7.3	28.0	28.0	3,400	2,910	405	1,190	896	2,490	695	2,142	176	140	128.8	142.8	99.2	97.4		
	% remove										89.1	69.8	87.9	62.6	63.3	70.8	31.3	23.9			

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
82	influent	7.0		25.7		2,200		2,295		9,776		6,630		790		285.6		70.0		5,390	4,200
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																				
	19	7.2	7.0	29.3	29.4	3,320	3,170	970	1,290	1,430	3,294	826	1,082	156	255	261.8	239.4	233.8	229.0		
	38	7.2	6.9	29.5	29.5	3,150	3,160	605	1,290	1,491	3,309	896	1,022	154	280	260.4	236.6	239.4	231.0		
	57	7.2	6.9	29.4	29.5	3,230	3,070	570	1,280	1,521	3,310	864	1,238	126	175	257.6	221.2	225.4	198.2		
	76	7.2	6.9	29.5	29.4	3,240	3,230	550	1,205	1,491	3,294	970	1,320	120	200	215.6	231.0	200.0	198.0		
	effluent	7.2	7.2	29.0	29.0	3,150	3,130	525	1,205	1,491	3,370	920	1,106	86	200	249.8	247.8	231.0	220.0		
	% remove										84.7	65.0	86.1	83.3	89.1	74.7	12.5	13.2			

ตารางผนวก 2 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
85	influent	7.1		29.0		2,300		2,205		8,592		6,370		760		294.0		135.8		4,500	1,500
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																				
	19	7.2	6.9	29.3	29.6	3,400	3,080	610	2,075	1,494	3,511	586	2,392	158	335	256.2	264.6	149.8	148.6		
	38	7.2	6.9	29.5	29.5	3,650	3,030	575	1,435	1,531	3,549	760	2,477	150	195	243.6	257.6	140.0	139.6		
	57	7.2	6.9	29.5	29.6	3,690	3,130	550	1,300	1,621	3,574	863	2,512	142	145	242.2	249.2	137.2	138.5		
	76	7.3	6.9	29.5	29.5	3,780	3,180	550	1,295	1,643	3,661	1,025	2,515	122	140	238.0	243.6	136.3	138.5		
	effluent	7.9	7.3	29.0	29.2	3,800	3,250	600	1,180	1,606	3,235	947	2,300	90	120	238.0	222.6	136.5	136.2		
	% remove										81.3	61.3	85.1	63.9	88.2	84.2	19.0	24.3			

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
88	influent	7.0		26.5		2,350		2,345		8,334		6,250		650		273.0		124.6		*	*
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																				
	19	7.3	7.0	27.2	27.4	3,410	3,390	740	1,660	1,685	3,407	1,070	2,597	232	290	260.4	268.8	132.4	142.2		
	38	7.4	6.9	27.1	27.3	3,700	3,480	730	1,520	1,740	3,666	1,160	2,637	168	260	259.0	263.2	132.4	145.0		
	57	7.4	7.0	27.0	27.3	3,700	3,480	670	1,520	1,740	3,926	1,170	2,782	106	250	256.2	263.2	129.0	135.0		
	76	7.5	7.0	27.1	27.3	3,740	3,550	660	1,630	2,185	4,000	1,175	2,840	102	170	253.4	256.2	132.0	132.2		
	effluent	7.4	7.1	26.9	26.7	3,700	3,300	720	1,320	1,703	3,066	1,270	2,875	100	120	247.8	256.2	126.0	125.4		
	% remove										79.6	63.2	79.7	54.0	84.6	81.5	9.2	6.1			

ตารางผนวก 2 (ต่อ)

วันที่	ทดลอง	pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
91	influent	7.0		24.5		2,400		2,250		11,353		7,300		800		364.0		159.6		*	4,300
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																				
	19	7.2	6.9	24.5	24.8	3,210	3,730	1,030	1,680	1,478	3,904	1,250	2,775	212	285	277.2	280.0	249.2	249.2		
	38	7.3	6.9	24.6	24.7	3,100	3,600	940	1,770	1,569	3,904	1,250	3,125	192	245	271.6	266.0	246.4	243.6		
	57	7.3	6.9	24.5	24.6	3,740	3,610	940	1,760	1,576	3,941	1,450	3,137	176	225	268.8	266.0	238.0	238.0		
	76	7.3	7.0	24.5	24.7	3,790	3,810	810	1,620	1,720	4,281	1,475	3,162	162	220	260.4	263.2	235.2	235.2		
	effluent	7.3	7.1	24.4	24.4	3,090	3,560	790	1,620	1,486	3,985	1,400	3,150	160	190	263.2	263.2	240.8	232.4		
	% remove										86.9	66.5	80.8	56.8	80.0	76.25	27.7	27.7			

วันที่	ทดลอง	pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
94	influent	6.9		26.7		2,770		2,940		9,210		6,475		750		333.2		89.6		4,500	*
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																				
	19	7.0	6.8	27.4	27.4	2,830	2,910	1,180	1,835	2,561	4,333	2,950	2,950	240	325	280.0	271.6	252.0	254.8		
	38	7.1	6.8	27.4	27.4	2,940	2,800	1,140	2,055	2,685	4,372	2,800	2,800	248	285	280.0	266.0	260.4	254.8		
	57	7.1	6.8	27.4	27.4	2,950	2,850	1,125	1,870	2,764	4,177	3,150	3,150	226	230	266.0	246.4	252.0	235.0		
	76	7.1	6.8	27.3	27.4	3,100	3,030	1,050	1,800	2,779	4,294	3,450	3,450	224	230	260.4	238.0	238.0	220.2		
	effluent	7.1	6.9	26.6	26.6	3,020	2,740	1,025	1,755	1,363	3,427	2,496	2,496	224	250	266.0	238.0	254.8	220.5		
	% remove										85.2	62.8	54.5	54.5	70.1	66.7	20.2	28.6			

ตารางผนวก 2 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
97	influent	7.0		26.8		2,210		2,420		7,758		7,300		1,210		313.6		134.4		3,500	3,560		
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																						
	19	7.0	6.8	27.4	27.3	2,800	2,850	1,300	1,880	2,254	3,609	2,075	3,000	510	740	266.0	268.8	260.4	218.4				
	38	7.1	6.8	27.4	27.2	2,830	2,830	1,270	1,830	2,254	3,531	2,100	3,100	490	665	260.4	260.4	254.8	238.0				
	57	7.1	6.8	27.5	27.2	2,900	2,910	1,100	1,720	2,470	3,609	2,125	3,450	448	545	252.0	257.6	246.4	232.4				
	76	7.1	6.8	27.4	27.1	2,900	2,860	1,080	1,750	2,563	3,705	2,200	3,550	430	420	238.0	257.6	230.0	229.6				
	effluent	7.0	6.8	26.6	27.1	2,900	2,850	1,320	1,220	1,124	2,847	2,225	3,550	420	425	238.0	269.0	229.6	220.0				
	% remove										85.5	63.3	69.5	51.4	65.3	64.9	24.0	14.2					

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
100	influent	6.9		25.0		2,500		2,460		7,200		6,475		970		282.8		151.2		4,500	4,580		
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																						
	19	7.1	6.9	25.3	25.3	3,160	3,150	1,570	1,970	2,721	4,206	2,200	3,450	250	440	266.0	249.2	235.2	235.0				
	38	7.1	6.9	25.7	25.5	3,100	3,170	1,445	1,880	2,752	3,926	2,200	3,450	218	300	271.6	263.2	235.2	235.4				
	57	7.1	6.8	25.6	25.6	3,200	3,200	1,300	1,880	2,783	4,062	2,125	3,500	232	325	257.6	249.2	232.4	232.2				
	76	7.1	6.9	25.6	25.5	3,220	3,170	1,290	1,750	2,814	4,665	2,300	3,700	224	325	263.2	246.4	226.8	229.0				
	effluent	6.9	6.7	25.1	25.0	3,350	3,230	1,570	1,900	705	2,822	2,325	3,095	182	399	268.8	254.8	225.2	229.5				
	% remove										90.2	60.8	64.1	52.2	81.2	65.0	4.9	9.9					

ตารางผนวก 2 (ต่อ)

วันที่	ทดลอง	pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)		
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	
103	influent	6.9		24.7		2,500		2,130		7,418		6,500		1,100		290.0		140.0		5,250		*
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																					
	19	6.8	6.7	24.8	25.7	2,950	3,060	1,540	1,940	2,720	4,837	2,500	3,450	776	725	243.6	263.2	201.6	212.4			
	38	6.9	6.6	25.2	25.3	2,960	3,120	1,480	1,940	2,765	4,932	2,525	3,450	472	630	243.6	263.2	212.8	224.0			
	57	6.9	6.6	25.1	25.2	2,920	3,130	1,370	1,930	2,780	4,932	2,550	3,450	372	570	210.0	260.4	198.8	224.0			
	76	6.9	6.6	25.2	25.2	3,020	3,300	1,190	1,900	2,810	4,990	2,552	3,500	234	360	168.0	260.4	196.0	202.4			
	effluent	7.1	6.6	24.7	24.9	2,820	3,300	1,190	1,900	934	2,766	2,535	2,925	182	275	229.6	263.2	201.6	202.4			
	% remove										87.4	62.7	61.0	55.0	83.5	75.0	20.8	9.2				

วันที่	ทดลอง	pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)		
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	
106	influent	6.8		25.8		1,990		2,310		9,126		5,650		1,130		271.6		78.4		5,100		4,200
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																					
	19	7.1	6.8	27.0	27.1	2,800	2,950	1,440	1,770	2,882	4,416	1,725	1,700	610	770	243.6	260.4	246.4	243.6			
	38	7.2	6.8	26.7	26.9	3,000	2,970	1,410	1,840	2,894	4,765	1,800	2,400	520	530	240.8	260.4	243.6	246.4			
	57	7.1	6.8	27.1	26.9	2,960	2,960	1,360	1,720	3,091	4,765	1,800	2,500	425	420	240.8	255.2	210.0	243.6			
	76	7.0	6.7	27.2	26.7	3,040	3,050	1,290	1,630	3,140	4,825	2,000	2,550	350	410	238.0	256.7	204.4	243.6			
	effluent	7.1	6.7	26.7	25.8	3,060	2,990	1,290	1,650	1,049	3,003	1,800	2,647	325	400	179.2	223.2	238.0	252.0			
	% remove										88.5	67.1	68.1	53.2	71.2	64.6	34.0	17.8				

ตารางผนวก 2 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
109	influent	7.0		26.7		2,360		2,560		9,020		5,805		780		285.6		170.8		3,000	840
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																				
	19	7.2	7.1	27.5	28.0	2,860	3,100	1,470	1,650	2,779	3,952	1,922	2,647	520	570	263.2	243.6	235.2	229.6		
	38	7.3	7.0	28.1	27.9	3,000	3,120	1,330	1,740	2,895	4,320	2,057	2,840	480	580	263.2	246.4	232.4	232.4		
	57	7.3	7.0	27.8	27.8	2,980	3,070	1,370	1,740	2,866	4,427	2,057	2,907	485	505	257.6	246.4	240.8	229.6		
	76	7.2	7.0	27.9	27.9	3,070	3,080	1,330	1,750	2,866	4,428	2,217	2,910	486	505	235.2	235.2	235.2	226.8		
	effluent	7.0	7.0	26.7	26.9	3,070	3,100	1,320	1,750	1,813	3,544	2,220	2,885	250	350	263.2	252.0	235.2	232.4		
	% remove										79.9	60.7	61.8	50.3	67.9	55.1	7.8	11.8			

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
112	influent	6.8		27.0		2,700		2,750		8,259		4,855		1,130		285.6		162.4		5,400	2,250
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																				
	19	7.2	7.1	28.0	27.5	2,960	3,050	1,480	1,980	2,324	3,779	1,250	2,010	495	600	257.6	257.6	226.8	226.8		
	38	7.3	7.0	27.5	27.5	2,930	3,050	1,420	1,830	2,381	3,973	1,490	2,020	430	502	257.6	257.6	224.0	224.0		
	57	7.3	7.0	27.8	27.6	2,980	3,100	1,330	1,600	2,464	3,915	1,570	2,150	420	414	245.2	245.2	221.2	221.2		
	76	7.2	7.0	27.2	27.6	3,080	3,210	1,270	1,600	2,480	3,876	1,595	2,300	405	360	245.8	245.8	218.4	218.4		
	effluent	7.3	7.0	27.6	27.7	3,050	3,060	1,330	1,200	1,160	3,055	1,702	2,320	510	370	240.0	240.0	229.6	226.9		
	% remove										79.9	63	64.9	52.2	72.6	67.3	15.9	15.9			

ตารางผนวก 2 (ต่อ)

วันที่	ทดลอง	pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
115	influent	7.0		27.5		2,670		2,715		7,726		6,540		1,200		270.0		180.0		*	4,800		
	ความสูงจากก้นถัง(ซม)																						
	19	7.4	7.3	27.3	27.9	2,600	3,040	1,130	1,750	2,014	3,344	1,175	2,060	385	745	260.4	264.6	235.2	232.4				
	38	7.4	7.2	28.5	27.9	2,640	3,050	1,060	1,720	2,083	3,500	1,250	2,160	360	700	260.4	275.8	235.2	232.4				
	57	7.3	7.3	27.9	27.9	2,670	3,070	910	1,650	2,083	3,560	1,445	2,200	394	755	254.8	260.4	232.4	230.8				
	76	7.4	7.2	27.9	27.8	2,680	3,070	800	1,400	2,152	3,650	1,480	2,350	360	570	257.6	254.8	226.8	230.8				
	effluent	7.4	7.2	27.9	27.6	2,680	3,050	900	1,170	1,390	2,850	1,485	2,210	320	392	254.8	252.8	226.8	227.2				
	% remove										82.0	63.1	77.2	66.2	73.3	67.3	5.6	6.3					

วันที่	ทดลอง	pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
118	influent	7.0		27.0		2,700		2,710		7,499		5,695		1,120		317.8		113.4		5,850	5,000		
	ความสูงจากก้นถัง(ซม)																						
	19	7.0	6.9	27.1	27.5	2,880	3,250	1,310	1,960	1,779	2,904	1,467	2,500	390	730	263.2	280.0	242.2	256.2				
	38	7.0	6.9	27.2	27.3	3,000	3,250	1,270	1,790	1,882	2,977	1,545	2,500	385	725	263.2	282.8	246.4	253.4				
	57	7.0	6.8	27.2	27.2	2,990	3,300	1,230	1,700	1,926	3,014	1,650	2,500	385	724	264.6	277.2	246.4	253.2				
	76	7.0	6.8	27.1	27.3	2,990	3,330	820	1,660	1,838	3,198	1,760	2,845	362	610	256.2	277.2	246.4	235.2				
	effluent	6.9	7.1	27.0	27.1	3,030	3,230	950	1,135	1,940	2,389	1,637	2,200	360	372	254.5	252.0	252.0	235.2				
	% remove										74.1	68.1	71.2	44.7	67.8	66.7	19.9	20.7					

ตารางผนวก 2 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
121	influent	7.0		27.1		2,830		2,830		9,410		4,990		1,160		319.2		151.2		5,500	5,100		
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																						
	19	7.0	7.0	27.4	27.1	2,810	3,100	1,380	1,590	1,970	3,161	1,310	1,525	436	730	268.8	280.0	252.0	257.6				
	38	7.0	6.9	27.6	27.6	2,830	3,120	1,320	1,520	1,977	3,161	1,407	1,435	336	525	266.0	277.2	249.2	252.0				
	57	7.0	6.9	27.8	27.5	2,980	3,100	1,290	1,480	1,999	3,210	1,467	2,035	318	495	263.2	271.6	246.4	252.0				
	76	7.0	6.9	27.6	27.5	2,900	3,180	1,200	1,430	2,073	3,234	1,490	2,060	316	465	263.2	271.6	238.0	249.2				
	effluent	7.3	7.0	27.9	27.7	3,020	3,080	960	1,180	1,390	2,850	1,470	2,090	317	530	238.0	260.4	238.0	240.8				
% remove										82.0	63.1	70.5	58.1	72.6	54.3	25.4	18.4						

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
124	influent	6.9		28.0		2,700		2,483		9,813		6,600		1,110		316.4		145.6		5,000	4,500		
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																						
	19	6.9	6.9	27.6	27.9	2,766	2,900	1,150	1,316	2,265	3,680	1,300	2,000	440	680	273.0	274.4	250.6	257.6				
	38	6.9	6.8	27.9	27.9	2,800	2,950	1,066	1,266	2,309	3,788	1,500	2,100	410	640	271.6	270.2	250.6	254.8				
	57	6.9	6.8	27.9	27.0	2,850	2,933	983	1,150	2,352	3,860	1,550	2,300	400	590	261.8	268.8	245.0	249.2				
	76	6.9	6.7	27.1	27.0	3,000	3,083	966	1,000	2,381	3,870	1,600	2,300	400	590	257.6	268.8	249.2	246.4				
	effluent	6.8	6.7	27.7	27.5	2,933	3,100	950	1,200	2,381	3,880	1,400	2,320	320	357	249.2	267.4	221.2	243.6				
% remove										75.7	60.4	78.8	64.8	71.1	67.8	21.2	15.4						

ตารางผนวก 2 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
127	influent	7.0		27.8		2,700		2,400		13,492		5,000		1,170		347.2		154.0		6,850	4,600
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																				
	19	7.3	7.2	28.2	28.2	3,216	3,416	1,133	1,475	2,349	3,310	1,150	1,200	440	690	268.8	282.8	246.4	260.4		
	38	7.3	7.3	28.2	28.1	3,300	3,500	1,125	1,488	2,363	3,512	1,150	1,300	438	640	260.4	282.8	246.4	254.8		
	57	7.3	7.3	27.9	27.9	3,283	3,500	1,100	1,383	2,370	3,524	1,200	1,500	390	570	257.6	282.8	243.6	254.8		
	76	7.3	7.4	28.0	28.1	3,500	3,623	1,008	1,350	2,399	3,631	1,200	1,600	320	440	238.0	268.8	243.6	254.8		
	effluent	7.2	7.3	27.9	28.0	3,333	3,433	1,000	1,210	2,399	3,571	1,100	2,000	315	510	260.4	254.8	243.6	252.0		
	% remove										82.2	73.5	78.0	60.0	73.0	56.4	25.0	26.6			

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
130	influent	6.8		27.0		2,720		2,500		10,324		5,950		1,430		366.8		151.2		6,650	3,900
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																				
	19	7.2	7.2	27.2	27.2	2,966	3,250	1,050	1,483	2,121	3,037	1,000	1,900	420	620	267.0	272.4	245.5	264.4		
	38	7.2	7.2	27.9	27.8	3,183	3,333	1,016	1,450	2,207	3,156	1,000	1,900	396	585	260.2	270.2	245.0	264.4		
	57	7.2	7.2	27.2	27.0	3,250	3,400	983	1,133	2,235	3,251	1,200	1,900	372	580	258.4	268.8	243.4	252.5		
	76	7.2	7.3	27.2	27.2	3,250	3,500	833	1,083	2,819	3,322	1,300	2,000	282	445	234.5	268.4	240.8	248.6		
	effluent	7.1	7.1	27.1	27.0	3,250	3,266	1,110	1,083	2,249	3,090	1,200	2,200	325	460	260.4	273.0	242.2	233.8		
	% remove										78.2	70.0	79.8	63.0	77.3	67.8	29.0	25.6			

ตารางผนวก 2 (ต่อ)

วันที่	ทดลอง	pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
133		7.0		27.0		2,750		2,490		11,605		6,200		1,300		365.5		145.2		7,400	4,100
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																				
	19	7.3	7.3	27.2	27.4	3,300	3,550	866	1,133	2,164	2,800	1,000	1,750	470	700	285.6	294.0	249.2	254.8		
	38	7.3	7.3	27.0	27.0	3,466	3,583	850	1,016	2,164	2,966	1,050	1,750	435	670	277.2	271.6	252.0	254.8		
	57	7.3	7.3	27.0	27.1	3,500	3,650	833	933	2,178	2,990	1,100	1,800	412	590	274.4	266.0	252.0	252.0		
	76	7.4	7.4	27.0	27.0	3,516	3,616	816	866	2,192	2,990	1,225	1,900	400	550	274.4	266.0	243.6	243.6		
	effluent	7.2	7.4	27.2	27.1	3,600	3,600	950	1,050	2,207	3,085	1,300	2,000	340	530	268.8	263.2	235.2	235.2		
	% remove									80.9	73.4	73.4	67.7	73.8	59.2	26.5	27.9				

ตารางผนวก 3 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย และปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำในระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ของการทดลองที่ HRT 15 วัน

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
136	influent	7.1		27.0		2,720		2,450		11,439		6,800		1,200		394.8		128.8		4,000	3,500
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																				
	19	7.3	7.4	27.0	27.0	3,450	3,700	1,050	1,150	2,627	2,853	1,000	1,600	286	495	313.6	274.4	215.6	235.2		
	38	7.3	7.4	27.0	27.0	3,500	3,733	1,033	1,050	2,642	3,444	1,400	1,700	250	445	274.4	271.6	212.8	238.0		
	57	7.3	7.3	26.9	27.0	3,600	3,816	1,000	1,030	2,715	3,517	1,450	2,000	186	410	271.6	257.6	210.0	232.4		
	76	7.3	7.3	27.0	27.0	3,550	3,816	966	1,030	2,730	3,567	1,650	2,100	130	410	271.6	263.2	201.6	221.2		
	effluent	7.2	7.5	26.5	27.0	3,466	3,633	963	1,020	2,715	3,542	1,836	2,454	324	405	270.5	254.8	212.8	210.0		
	% remove										76.3	69.0	73.0	63.9	73.0	66.3	31.5	35.5			

ตารางผนวก 3 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
139	influent	7.0		28.0		2,710		2,495		10,145		6,600		1,250		365.5		125.7		6,500	5,500		
	ความสูงจากกันดั้ม(ซม)																						
	19	7.2	7.4	28.1	28.1	3,016	3,666	1,000	1,116	2,352	2,700	1,375	1,950	300	550	257.6	282.8	221.2	220.0				
	38	7.3	7.3	28.0	28.1	3,216	3,666	1,000	1,183	2,220	3,250	1,350	2,300	290	520	246.4	268.8	215.6	215.8				
	57	7.3	7.3	28.0	28.1	3,220	3,616	933	1,066	2,249	3,250	1,450	2,300	295	480	240.8	252.0	204.4	212.2				
	76	7.3	7.3	28.1	28.0	3,216	3,600	900	1,050	2,146	3,470	1,475	2,300	180	440	238.0	249.2	184.8	200.0				
	effluent	7.2	7.2	28.0	28.0	3,333	3,350	916	966	2,279	3,540	1,815	2,550	401	440	238.0	294.0	204.4	165.2				
	% remove										77.5	65.1	72.5	61.4	67.9	64.8	4.9	19.6					

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
142	influent	7.2		28.5		2,800		2,500		9,870		7,200		1,520		340.5		122.4		6,000	5,800		
	ความสูงจากกันดั้ม(ซม)																						
	19	7.3	7.3	29.0	29.2	3,433	3,583	1,133	1,250	1,992	3,222	1,550	2,400	274	465	260.4	274.4	243.6	240.8				
	38	7.3	7.3	29.0	29.0	3,566	3,633	1,216	1,233	2,110	3,271	1,600	2,300	230	420	268.8	268.8	235.2	240.8				
	57	7.3	7.3	29.0	29.0	3,516	3,650	980	1,216	2,184	3,296	1,750	2,600	232	385	263.2	266.0	229.6	238.0				
	76	7.4	7.3	29.0	29.0	3,716	3,650	916	1,050	2,391	3,345	1,850	2,900	208	375	257.6	266.0	226.8	240.8				
	effluent	7.2	7.3	28.6	28.5	3,266	3,516	833	1,066	2,273	3,145	2,073	3,016	416	535	266.0	282.8	229.6	243.6				
	% remove										76.9	68.1	71.2	58.1	72.6	64.8	21.9	16.9					

ตารางผนวก 3 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
145	influent	6.8		28.0		2,750		2,450		8,518		7,100		1,400		289.6		128.8		4,000	3,500		
	ความสูงจากกันตัง(ชม)																						
	19	7.3	7.4	29.6	29.5	3,310	3,410	1,020	1,200	2,296	3,222	1,500	2,400	310	570	243.6	268.8	235.2	240.8				
	38	7.3	7.3	29.5	29.5	3,310	3,400	1,030	1,180	2,414	3,203	1,800	2,500	290	520	240.0	265.4	229.6	235.2				
	57	7.4	7.3	29.5	29.5	3,330	3,490	1,000	1,120	2,422	3,320	1,650	2,500	285	490	243.6	243.6	232.4	232.4				
	76	7.3	7.3	29.5	29.5	3,400	3,500	970	1,070	2,444	3,357	1,900	2,800	220	385	238.7	240.5	232.4	229.5				
	effluent	7.2	7.2	29.5	29.4	3,200	3,250	980	980	2,333	2,962	1,850	3,067	373	450	252.0	257.6	235.2	232.4				
	% remove										72.6	65.2	73.9	56.8	73.3	67.9	12.9	11.0					

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
148	influent	6.9		27.5		2,650		2,500		9,218		5,800		1,000		288.5		134.0		2,000	2,700		
	ความสูงจากกันตัง(ชม)																						
	19	7.4	7.5	27.6	27.5	3,533	3,583	1,350	1,450	1,795	3,595	1,300	2,100	294	410	252.0	266.0	218.4	232.4				
	38	7.4	7.5	27.5	27.5	3,633	3,616	1,183	1,383	2,444	3,822	1,450	2,100	260	390	252.4	277.2	216.0	238.0				
	57	7.5	7.4	27.5	27.5	3,616	3,583	1,116	1,333	2,444	3,797	1,450	2,400	216	380	246.4	271.6	218.4	229.6				
	76	7.5	7.4	27.5	27.5	3,550	3,716	1,016	1,033	2,459	3,822	1,550	2,400	214	375	235.7	265.4	210.0	221.2				
	effluent	7.3	7.2	27.5	27.4	3,500	3,700	1,100	1,200	2,459	3,696	1,850	2,600	240	402	254.8	267.2	224.0	240.8				
	% remove										73.3	59.9	68.1	55.2	76	59.8	11.7	7.4					

ตารางผนวก 3 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
151	influent	7.0		26.6		2,680		2,510		11,191		6,200		1,100		285.5		140.0		500	2,500
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																				
	19	7.0	7.0	26.6	26.7	3,416	3,500	1,183	1,250	1,761	3,561	1,550	2,300	300	550	272.0	265.0	246.4	240.8		
	38	7.1	7.1	26.7	26.9	3,550	3,533	1,150	1,266	2,382	3,634	1,575	2,300	285	520	272.4	268.8	241.0	240.8		
	57	7.1	7.1	26.7	26.9	3,500	3,533	1,033	1,233	2,498	3,634	1,650	2,500	275	490	271.6	265.4	243.6	241.6		
	76	7.2	7.3	26.7	26.9	3,616	3,600	980	1,133	2,599	3,537	1,750	2,800	270	395	265.0	250.4	239.6	235.4		
	effluent	7.2	7.0	26.7	26.9	3,420	3,500	1,000	1,116	2,599	3,634	1,977	2,650	262	430	274.4	255.4	243.6	232.4		
	% remove										76.8	67.5	68.1	57.3	76.2	60.9	3.9	10.5			

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
154	influent	7.0		28.5		2,700		2,485		9,780		6,000		900		290.6		145.5		7,400	6,500
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																				
	19	7.3	7.2	28.8	29.0	3,316	3,400	866	1,166	2,368	3,345	1,100	1,800	315	530	257.6	266.0	232.4	235.2		
	38	7.2	7.2	28.8	29.0	3,366	3,516	883	1,066	2,425	3,369	1,200	1,900	300	530	254.8	265.4	231.4	232.3		
	57	7.3	7.2	29.0	28.8	3,500	3,616	833	1,000	2,440	3,417	1,350	2,000	298	510	254.8	266.0	235.2	229.6		
	76	7.3	7.2	28.9	28.8	3,633	3,616	716	916	2,463	3,441	1,450	2,200	298	395	247.2	255.2	232.6	230.2		
	effluent	7.2	7.1	28.8	28.5	3,383	3,416	916	850	2,527	3,297	1,610	2,600	275	427	257.6	263.2	229.6	232.4		
	% remove										74.2	66.3	73.2	56.7	69.4	52.6	11.4	9.4			

ตารางผนวก 3 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
157	influent	7.2		29.0		2,750		2,430		9,592		5,600		1,000		290.0		196.0		4,500	5,000
	ความสูงจากก้นถัง(ซม)																				
	19	7.2	7.1	29.4	29.5	3,583	3,553	890	1,233	2,470	3,586	1,150	1,700	308	520	271.6	271.6	240.0	232.4		
	38	7.2	7.1	29.5	29.5	3,666	3,533	885	1,211	2,541	3,681	1,350	1,900	310	490	271.6	265.4	235.2	231.4		
	57	7.2	7.1	29.5	29.4	3,616	3,550	840	1,010	2,583	3,645	1,400	2,000	295	491	254.8	266.0	232.0	230.2		
	76	7.2	7.1	29.5	29.4	3,683	3,600	841	1,000	2,775	3,645	1,450	2,300	280	380	255.2	254.8	230.2	229.6		
	effluent	7.1	7.2	29.0	29.4	3,650	3,566	910	920	2,612	3,492	1,520	2,600	265	420	257.7	266.0	246.4	235.2		
	% remove										72.8	63.6	72.9	53.6	73.5	58	6.3	8.3			

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
160	influent	7.0		28.0		2,710		2,450		9,450		5,800		1,250		275.5		150.2		4,500	4,900
	ความสูงจากก้นถัง(ซม)																				
	19	7.1	7.2	28.8	28.6	3,600	3,650	1,000	1,200	2,450	3,500	1,200	1,800	310	510	265.3	261.6	201.0	229.6		
	38	7.2	7.2	28.5	28.6	3,650	3,600	890	1,200	2,490	3,650	1,300	1,810	315	499	254.8	264.3	232.0	220.0		
	57	7.2	7.2	28.5	28.6	3,650	3,450	845	1,118	2,510	3,680	1,450	2,100	302	485	255.2	266.0	231.2	190.6		
	76	7.2	7.3	28.5	28.4	3,710	3,450	836	990	2,680	3,692	1,470	2,560	299	390	235.2	265.2	190.0	210.0		
	effluent	7.2	7.2	28.6	28.5	3,600	3,540	900	910	2,610	3,500	1,879	2,590	256	410	250.2	266.0	185.5	185.5		
	% remove										72.4	62.9	67.6	55.3	79.5	73.6	14.6	3.4			

ตารางผนวก 4 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย และปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำในระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ของการทดลองที่ HRT 10 วัน

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
163	influent	7.0		27.0		2,770		2,400		7,963		5,000		1,200		275.5		122.4		6,380	7,000		
	ความสูงจากกันถัง(ซม)																						
	19	7.4	7.4	27.3	27.5	3,416	3,383	916	1,416	2,500	2,833	1,200	1,900	393	550	272.0	266.0	246.4	240.8				
	38	7.4	7.3	27.4	27.5	3,550	3,466	841	1,300	2,510	3,550	1,255	2,366	400	590	273.2	265.2	243.6	235.2				
	57	7.5	7.3	27.5	27.5	3,550	3,550	850	1,275	2,600	3,530	1,400	2,400	393	565	270.3	265.0	235.2	232.3				
	76	7.4	7.3	27.0	27.4	3,500	3,466	883	716	2,710	3,690	1,650	2,560	346	540	266.0	254.6	239.6	232.4				
	effluent	7.3	7.4	27.0	27.0	3,600	3,500	960	1,100	2,600	3,481	1,800	2,700	386	585	265.0	255.2	229.6	232.4				
	% remove										67.3	56.3	64.0	46.0	67.8	51.3	3.8	7.4					

ตารางผนวก 4 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
166	influent	7.0		29.0		2,710		2,420		8,895		5,200		1,250		285.6		142.5		6,800	6,500
	ความสูงจากก้นถัง(ซม)																				
	19	7.4	7.3	29.6	29.9	3,366	3,433	633	1,133	2,500	3,418	1,000	2,278	380	510	272.0	266.0	246.4	240.8		
	38	7.4	7.3	29.9	29.8	3,350	3,450	600	833	2,520	3,710	1,350	2,470	399	525	271.6	268.8	235.2	235.2		
	57	7.4	7.2	29.8	29.9	3,430	3,483	600	800	2,500	3,800	1,400	2,500	387	525	265.5	265.4	235.2	229.5		
	76	7.4	7.2	29.6	29.9	3,550	3,450	433	683	2,650	4,000	1,550	2,650	387	515	266.0	254.6	229.6	221.2		
	effluent	7.4	7.1	29.5	29.5	3,583	3,533	516	800	2,700	4,500	1,880	2,750	393	540	265.0	255.4	229.6	232.4		
	% remove									69.6	49.4	63.8	47.1	68.6	56.8	7.2	10.6				

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
169	influent	6.8		28.9		2,700		2,250		11,162		5,000		1,300		319.2		140.0		8,000	7,500
	ความสูงจากก้นถัง(ซม)																				
	19	7.3	7.3	29.5	29.7	3,416	3,450	1,000	1,465	2,699	4,596	1,800	3,060	400	570	265.0	265.0	235.2	241.6		
	38	7.4	7.2	29.5	29.5	3,566	3,383	950	1,375	2,754	4,705	1,832	3,136	407	572	264.3	268.8	235.2	235.2		
	57	7.4	7.2	29.6	29.5	3,600	3,466	925	1,383	2,827	4,924	1,885	3,280	399	498	255.2	250.4	236.0	229.5		
	76	7.4	7.2	29.5	29.5	3,650	3,616	916	1,166	2,808	4,997	1,890	3,280	380	510	266.0	254.6	232.6	231.5		
	effluent	7.3	7.3	29.2	29.2	3,666	3,733	908	1,100	2,790	4,997	1,970	2,725	376	580	266.0	271.6	229.6	232.3		
	% remove									75.0	55.2	60.6	45.5	71.1	55.4	16.7	14.9				

ตารางผนวก 4 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
172	influent	7.0		26.9		2,720		2,310		11,060		6,400		1,420		365.5		125.7		7,500	6,800		
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																						
	19	7.4	7.2	27.4	27.5	3,400	3,466	1,166	1,883	2,613	4,433	1,700	2,750	398	545	271.6	265.0	250.6	241.6				
	38	7.4	7.2	27.5	27.5	3,583	3,516	1,055	1,666	2,735	4,470	1,750	2,800	410	560	264.3	265.0	245.0	232.6				
	57	7.3	7.2	27.4	27.5	3,466	3,583	1,166	1,716	2,638	4,710	1,925	3,050	410	550	265.0	257.6	236.0	229.5				
	76	7.4	7.2	27.4	27.5	3,650	3,566	1,033	1,616	2,735	4,616	2,000	3,150	375	556	266.0	261.8	235.5	231.5				
	effluent	7.4	7.2	27.0	27.0	3,533	3,500	1,083	1,666	2,662	4,396	1,925	2,850	350	590	275.5	271.6	240.0	243.6				
	% remove										75.9	60.3	69.9	55.5	75.4	58.5	24.7	25.7					

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
175	influent	6.9		28.5		2,680		2,560		9,013		5,300		1,300		289.6		128.8		12,000	9,000		
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																						
	19	7.3	7.2	29.0	29.5	3,200	3,300	1,100	1,616	2,426	4,231	1,525	2,820	413	435	272.0	268.8	250.6	241.6				
	38	7.3	7.2	29.5	29.5	3,216	3,335	1,000	1,530	2,528	4,246	1,550	2,835	376	440	271.6	265.0	246.4	235.4				
	57	7.3	7.2	29.5	29.5	3,200	3,270	1,000	1,490	2,592	4,496	1,750	2,900	363	515	270.0	265.4	243.6	229.5				
	76	7.3	7.2	29.1	29.5	3,220	3,350	990	1,540	2,650	4,500	1,750	2,930	323	475	266.0	261.8	235.5	232.4				
	effluent	7.2	7.0	29.0	28.8	3,400	3,450	1,190	1,750	2,710	4,281	1,810	3,000	336	500	276.0	257.4	240.0	232.4				
	% remove										69.9	52.5	65.8	43.4	74.2	61.5	4.7	11.1					

ตารางผนวก 4 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
178	influent	7.0		28.0		2,710		2,400		9,000		5,000		1,250		288.6		145.2		8,000	8,500		
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																						
	19	7.3	7.1	29.0	29.4	3,200	3,400	1,010	1,540	2,450	4,200	1,500	2,700	450	434	273.0	270.0	246.4	240.8				
	38	7.3	7.1	29.0	29.4	3,220	3,410	1,100	1,530	2,500	4,250	1,510	2,830	452	450	264.3	265.3	245.0	232.6				
	57	7.3	7.2	29.4	29.1	3,216	3,390	990	1,616	2,610	4,500	1,690	2,830	385	407	264.3	264.3	243.6	235.4				
	76	7.4	7.2	29.2	29.0	3,320	3,420	1,000	1,540	2,680	4,510	1,700	2,835	347	445	255.2	261.8	235.5	231.5				
	effluent	7.3	7.1	29.2	29.2	3,450	3,400	1,170	1,720	2,735	4,200	1,824	2,660	340	495	270.0	271.6	243.6	243.6				
	% remove										69.6	53.3	63.5	46.8	72.8	60.4	6.4	5.9					

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
181	influent	7.0		27.2		2,700		2,350		8,990		5,100		1,000		289.6		121.0		7,000	6,500		
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																						
	19	7.2	7.2	29.0	29.0	3,100	3,300	1,000	1,400	2,455	4,205	1,525	2,750	395	540	268.8	272.0	251.6	242.0				
	38	7.2	7.1	29.0	29.0	3,250	3,400	1,100	1,490	2,500	4,200	1,550	2,840	410	450	268.8	268.8	246.4	235.2				
	57	7.2	7.1	29.1	29.0	3,200	3,360	990	1,600	2,650	4,510	1,700	2,830	350	420	265.5	266.0	240.0	231.5				
	76	7.1	7.0	29.1	28.9	3,350	3,400	1,000	1,510	2,685	4,520	1,710	2,850	340	440	257.6	265.2	235.5	232.4				
	effluent	7.2	7.1	29.2	28.9	3,400	3,300	1,000	1,500	2,740	4,200	1,900	2,820	340	510	270.5	268.8	235.5	232.3				
	% remove										69.5	53.3	62.7	44.7	66.0	49.0	6.6	7.2					

ตารางผนวก 4 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
184	influent	7.1		27.5		2,710		2,300		8,900		5,000		950		288.5		128.8		8,000	6,800
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																				
	19	7.3	7.2	28.9	29.1	3,300	3,335	990	1,416	2,400	4,250	1,600	2,750	380	600	271.6	271.6	251.6	241.6		
	38	7.2	7.2	28.9	29.0	3,250	3,433	1,000	1,500	2,520	4,270	1,580	2,900	400	490	271.6	271.6	246.4	235.2		
	57	7.2	7.2	29.0	29.2	3,250	3,400	995	1,550	2,655	4,500	1,720	2,850	382	490	271.6	271.6	232.3	231.5		
	76	7.2	7.2	29.0	29.3	3,400	3,300	970	1,530	2,700	4,500	1,740	2,855	345	440	257.6	265.4	229.6	229.6		
	effluent	7.3	7.2	29.0	29.3	3,450	3,250	995	1,510	2,750	4,210	1,910	2,750	350	530	274.4	270.5	221.2	232.3		
	% remove									69.1	52.7	61.8	45.0	63.2	44.2	4.9	6.2				

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
187	influent	7.1		27.2		2,750		2,310		8,910		5,010		970		289.6		124.6		8,000	8,050
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																				
	19	7.3	7.1	28.1	29.0	3,335	3,416	1,010	1,450	2,450	4,250	1,650	2,810	395	550	277.2	282.8	250.6	242.0		
	38	7.3	7.1	28.5	28.9	3,300	3,380	1,030	1,335	2,610	4,270	1,600	2,910	395	520	271.6	270.2	246.4	241.6		
	57	7.2	7.1	28.5	28.9	3,300	3,450	1,000	1,500	2,590	4,540	1,880	2,900	365	450	270.0	282.8	236.0	231.5		
	76	7.2	7.0	28.6	28.9	3,500	3,300	975	1,450	2,730	4,530	1,850	2,900	310	435	253.4	268.8	235.5	229.5		
	effluent	7.2	7.1	28.7	28.7	3,500	3,300	960	1,500	2,745	4,225	1,890	2,680	320	460	260.4	268.8	240.0	232.3		
	% remove									69.2	52.6	62.3	46.5	67.0	52.6	10.0	7.2				

ตารางผนวก 4 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
190	influent	7.1		27.5		2,770		2,345		8,800		5,020		1,000		290.6		125.7		8,700	7,900		
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																						
	19	7.3	7.2	28.6	29.0	3,400	3,200	916	1,400	2,460	4,300	1,700	2,820	310	620	272.0	282.8	250.6	241.6				
	38	7.3	7.2	28.7	29.1	3,370	3,250	950	1,400	2,600	4,280	1,700	2,900	380	560	260.4	275.8	246.4	241.6				
	57	7.2	7.2	28.7	28.8	3,500	3,300	990	1,510	2,600	4,500	1,850	2,910	368	450	264.6	282.8	235.5	229.5				
	76	7.2	7.1	28.7	28.8	3,550	3,290	890	1,500	2,740	4,600	1,890	2,930	310	437	255.2	266.0	235.5	232.6				
	effluent	7.2	7.1	28.5	28.9	3,445	3,310	990	1,450	2,800	4,300	1,920	3,000	325	535	274.4	265.0	236.0	232.3				
	% remove									68.2	51.1	61.8	40.2	67.5	46.5	5.6	8.8						

ตารางผนวก 5 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย และปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำในระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง ของการทดลองที่ HRT 5 วัน

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
193	influent	6.8		27.0		2,650		2,310		8,400		5,075		940		289.6		120.0		7,500	7,300		
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																						
	19	7.1	6.8	28.9	28.8	3,050	3,050	816	1,666	2,500	5,115	1,750	2,900	295	510	268.8	288.4	221.2	235.2				
	38	7.2	6.8	28.9	28.9	3,216	3,116	791	1,533	2,700	5,538	1,750	2,900	370	680	266.0	371.6	221.2	232.3				
	57	7.2	6.8	28.9	28.9	3,250	3,150	750	1,666	2,710	5,615	1,860	2,825	340	470	254.8	285.6	215.6	229.6				
	76	7.2	6.8	29.0	28.9	3,500	3,166	750	1,575	2,730	5,653	1,890	2,950	320	450	254.6	271.6	200.0	221.2				
	effluent	7.1	6.8	28.9	28.9	3,316	2,866	766	1,325	2,900	4,400	2,000	2,750	345	650	271.6	281.2	221.2	232.4				
	% remove										65.5	47.6	60.6	45.8	63.3	30.8	6.2	2.9					

ตารางผนวก 5 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดบนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
196	influent	6.9		27.0		2,720		2,390		8,075		5,300		920		288.6		128.8		9,000	7,000		
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																						
	19	7.1	6.9	28.0	27.9	3,150	2,866	675	1,391	2,550	4,415	1,790	2,950	300	550	272.0	282.8	224.0	240.8				
	38	7.1	7.0	28.0	27.9	3,250	2,966	641	1,233	2,760	4,603	1,800	2,960	360	580	271.6	271.6	229.6	241.6				
	57	7.2	6.9	28.0	28.0	3,300	3,000	625	1,400	2,770	4,641	1,900	2,980	340	510	272.0	267.2	220.0	235.2				
	76	7.2	6.9	28.0	27.9	3,416	3,016	541	975	2,800	4,905	1,900	2,990	325	470	265.0	266.0	221.2	235.2				
	effluent	7.0	6.9	28.0	27.0	3,483	3,083	800	1,258	2,995	4,377	2,010	3,000	350	575	268.8	282.8	221.2	232.4				
	% remove										62.9	45.8	62.1	43.4	61.9	37.5	6.9	2.0					

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดบนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
199	influent	7.0		26.7		2,700		2,400		9,350		6,650		1,000		290.6		122.4		10,000	9,000		
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																						
	19	7.1	6.8	27.5	27.6	3,325	3,066	791	1,708	2,600	4,981	2,000	3,060	330	720	268.8	285.6	229.6	243.6				
	38	7.2	6.9	27.5	27.6	3,333	3,008	791	1,525	2,790	4,981	2,010	3,090	385	450	257.6	282.8	226.8	235.2				
	57	7.2	6.9	27.5	27.5	3,366	3,166	758	1,433	2,800	5,134	2,050	3,100	270	430	268.8	282.8	224.0	229.6				
	76	7.2	6.9	27.5	27.0	3,475	3,208	741	1,291	2,810	5,671	2,100	3,200	230	360	254.8	250.6	224.0	221.2				
	effluent	7.1	6.8	26.7	27.5	3,400	3,250	833	1,608	2,100	4,981	2,507	3,624	205	410	268.8	288.4	243.6	235.2				
	% remove										77.5	46.7	62.3	45.5	79.5	59.0	7.5	0.8					

ตารางผนวก 5 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
202	influent	7.0		27.5		2,800		2,430		9,300		6,600		1,100		316.4		124.6		12,000	8,500
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																				
	19	7.2	7.0	28.5	28.3	3,358	3,258	1,191	2,025	2,888	5,568	2,070	3,050	350	600	274.4	285.6	235.2	249.2		
	38	7.2	7.0	28.5	28.2	3,475	3,300	1,041	1,833	2,818	5,100	2,075	3,095	393	590	270.2	282.8	229.6	246.4		
	57	7.1	6.9	28.5	28.1	3,683	3,300	1,033	1,825	2,923	5,185	2,100	3,114	385	550	266.0	282.8	229.6	257.6		
	76	7.2	6.8	28.5	28.1	3,750	3,316	950	1,583	3,097	5,846	2,100	3,250	375	540	268.8	267.4	232.6	245		
	effluent	7.0	7.3	28.2	28.0	3,600	3,162	900	1,783	2,885	4,663	2,461	3,649	386	540	277.2	268.8	243.6	246.4		
	% remove										68.9	49.9	62.7	44.7	64.9	50.9	12.4	15.0			

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)	
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD
205	influent	7.0		27.0		2,680		2,400		9,000		6,610		900		333.2		145.2		13,000	9,050
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																				
	19	7.0	6.8	28.5	29.0	3,400	3,300	1,250	2,133	3,429	5,500	2,050	3,065	340	530	296.8	310.8	246.4	257.6		
	38	7.1	6.8	28.9	29.0	3,400	3,300	1,233	2,116	3,232	5,210	2,100	3,110	370	560	293.2	277.2	243.6	241.6		
	57	7.1	6.7	28.9	27.9	3,416	3,450	1,233	2,083	3,268	5,210	2,110	3,200	300	440	308.0	316.4	240.8	257.6		
	76	7.1	6.7	28.9	28.2	3,633	3,483	1,150	2,066	3,304	5,850	2,220	3,250	250	560	266.0	277.2	239.6	240.8		
	effluent	7.0	6.7	28.0	28.1	3,500	3,266	980	1,700	3,554	4,600	2,604	3,741	450	440	271.6	316.4	212.8	229.6		
	% remove										60.5	48.9	60.6	43.4	50	51.1	18.5	5.0			

ตารางผนวก 5 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
208	influent	7.0		27.2		2,720		2,350		8,995		6,450		1,200		290.6		128.8		9,800	10,150		
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																						
	19	7.0	6.8	28.5	29.0	3,400	3,300	1,200	2,050	3,000	5,510	2,060	3,065	385	550	297.0	282.8	246.4	257.6				
	38	7.1	6.8	28.5	29.1	3,400	3,400	1,200	2,020	3,200	5,225	2,100	3,120	360	550	286.8	277.2	244.6	243.6				
	57	7.1	6.7	28.4	28.5	3,450	3,400	1,200	2,010	3,210	5,300	2,200	3,210	320	445	296.8	310.8	240.8	235.4				
	76	7.1	6.9	28.9	28.2	3,590	3,460	1,000	2,000	3,300	5,850	2,225	3,270	300	425	257.6	271.6	240.8	232.4				
	effluent	7.0	6.7	28.0	28.1	3,500	3,200	1,000	1,650	3,550	4,650	2,580	3,792	400	500	270.0	282.8	221.2	202.4				
	% remove										60.5	48.3	60	41.2	66.7	58.3	7.1	2.7					

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
211	influent	7.0		27.5		2,710		2,400		8,900		6,300		1,160		290.6		122.4		8,000	7,800		
	ความสูงจากกันถึง(ซม)																						
	19	7.0	6.7	28.5	29.1	3,410	3,330	1,210	2,000	3,010	5,500	2,060	3,050	390	570	296.8	280.0	246.4	257.6				
	38	7.1	6.8	28.5	29.1	3,420	3,400	1,210	2,000	3,220	5,230	2,115	3,125	390	560	290.0	275.8	243.6	243.6				
	57	7.1	6.9	28.4	29.0	3,400	3,445	1,210	2,015	3,300	5,310	2,210	3,218	350	428	297.0	282.8	235.5	246.4				
	76	7.1	6.9	28.6	28.8	3,590	3,460	1,010	2,020	3,310	5,895	2,300	3,275	320	450	265.0	265.4	232.6	240.8				
	effluent	7.1	7.0	28.0	28.1	3,510	3,250	1,010	1,640	3,600	4,700	2,260	3,320	390	550	276.0	282.8	243.6	232.4				
	% remove										59.6	47.2	64.1	47.3	66.4	52.6	5.0	2.7					

ตารางผนวก 5 (ต่อ)

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
214	influent	7.0		27.5		2,730		2,410		8,700		6,200		1,100		288.5		122.4		10,200	10,000		
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																						
	19	7.1	6.7	28.5	29.1	3,350	3,320	1,250	2,010	3,010	5,500	2,070	3,060	395	570	277.2	282.8	246.4	257.6				
	38	7.1	6.9	28.5	29.2	3,380	3,340	1,220	2,010	3,200	5,400	2,090	3,120	394	550	270.2	274.4	244.5	246.4				
	57	7.2	6.9	28.3	29.0	3,400	3,400	1,220	2,015	3,340	5,500	2,210	3,220	340	470	271.6	275.8	235.5	246.4				
	76	7.1	7.0	28.6	28.8	3,500	3,450	1,100	1,950	3,500	5,750	2,350	3,300	325	430	265.5	264.3	235.5	240.8				
	effluent	7.1	7.0	28.1	28.2	3,490	3,210	1,020	1,600	3,660	4,780	2,300	3,350	400	560	274.4	270.5	240.8	235.2				
	% remove										57.9	45.1	62.9	45.9	63.6	49.1	4.9	6.2					

วันที่ ทดลอง		pH		Temperature		Alkalinity		Volatile Acid		COD		BOD ₅		SS		TKN		NH ₃ -N		ปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำ(มล.)			
		AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD	AF	AD		
217	influent	7.0		27.2		2,710		2,415		8,500		6,000		1,000		285.6		122.4		10,500	10,300		
	ความสูงจากกันดั้ง(ซม)																						
	19	7.0	6.8	28.5	29.0	3,365	3,300	1,260	2,010	3,020	5,500	2,100	3,100	395	590	274.4	282.8	246.4	257.6				
	38	7.1	6.8	28.4	29.1	3,370	3,300	1,225	2,010	3,250	5,410	2,100	3,120	385	570	271.6	282.8	243.6	246.4				
	57	7.1	7.0	28.4	29.1	3,390	3,390	1,230	2,020	3,500	5,510	2,220	3,218	340	450	268.8	274.4	235.5	246.4				
	76	7.2	6.9	28.5	28.8	3,510	3,400	1,120	1,960	3,510	5,810	2,340	3,290	350	430	265.5	264.3	232.6	240.8				
	effluent	7.1	7.0	28.1	28.2	3,400	3,260	1,030	1,610	3,600	4,750	2,350	3,340	410	540	270.5	271.6	240.8	243.6				
	% remove										57.6	44.1	60.8	44.3	59.0	46.0	5.2	4.9					

ภาคผนวก ข
วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย

1. ความเป็นด่าง (Alkalinity) โดยวิธี Direct Titration Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. บuret ขนาด 50 มิลลิลิตร และขาตั้ง buret
2. ขวดรูปกรวย ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. บีเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร
4. บีกเกอร์ ขนาด 200 มิลลิลิตร
5. เครื่องกวนแท่งแม่เหล็ก (Magnetic stirrer)

น้ำยาเคมี

1. น้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์
2. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 5 กรัม ใน 95% C_2H_5OH 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นอีก 500 มิลลิลิตร
3. สารละลายเมทิลออเรนจ์อินดิเคเตอร์ ละลายผงเมทิลออเรนจ์ 500 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นจำนวนเล็กน้อย แล้วเจือจางให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
4. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล ละลาย $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 25 กรัม ในน้ำกลั่น เจือจางจนได้ปริมาตร 1 ลิตร
5. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 นอร์มัล โดยละลายโซเดียมคาร์บอเนต 1.06 กรัม (อบแห้งที่ 110 องศาเซลเซียส) ในน้ำกลั่น แล้วปรับให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร
6. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล โดยการเจือจาง 200.00 มิลลิลิตร ของ 0.1 นอร์มัลของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก จนได้ปริมาตร 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น หากความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกโดยการไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต 0.02 นอร์มัล สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล 1 มิลลิลิตร จะมีค่าเท่ากับ 1.00 มิลลิกรัมแคลเซียมคาร์บอเนต

วิธีการวิเคราะห์

เลือกใช้ปริมาตรของตัวอย่างที่ทำให้ปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตเตรทน้อยกว่า 25 มิลลิลิตร ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ 50 หรือ 100 มิลลิลิตร ใส่คลอรีนอิสระที่อาจมีอยู่ในน้ำตัวอย่าง โดยหยดสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล ลงไป 1 หยด (0.05 มิลลิลิตร)

1. ดูดน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร โดยใช้ปิเปต ใส่ลงในบีกเกอร์และดูน้ำกลับ 50 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์อีกใบหนึ่ง
2. หยดฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ลงไปในบีกเกอร์ละ 3 หยด
3. ทำการไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จนกระทั่งสีของน้ำเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นไม่มีสี (=P)
4. หยดเมทิลออเรนจ์ อินดิเคเตอร์ลงไปในบีกเกอร์ละ 3 หยด
5. ถ้าน้ำตัวอย่างมีสีเหลืองอ่อน ให้ไตเตรทต่อไปด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีส้ม โดยเปรียบเทียบกับบีกเกอร์ที่เป็นน้ำกลับ
6. จดปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.02 นอร์มัล ทั้งหมดที่ใช้ (=T)

การคำนวณ

ความเป็นด่างทั้งหมด (Total Alkalinity) = ปริมาณของกรดที่ใช้ทั้งหมด $\times 10$

ให้ P = ปริมาณมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.02 นอร์มัล ที่ใช้ในการไตเตรทสำหรับฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์

ให้ T = ปริมาณมิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.02 นอร์มัล ที่ใช้ในการไตเตรททั้งหมด

- | | | |
|-------------------|-------------|----------------------|
| 1) ถ้า $P=T$ | ไฮดรอกไซด์ | = $P \times 10$ |
| 2) ถ้า $P > 0.5T$ | ไฮดรอกไซด์ | = $(2P-T) \times 10$ |
| | คาร์บอเนต | = $2(T-P) \times 10$ |
| 3) $P = 0.5T$ | คาร์บอเนต | = $T \times 10$ |
| 4) $P < 0.5T$ | คาร์บอเนต | = $2T \times 10$ |
| | ไบคาร์บอเนต | = $(T-2P) \times 10$ |
| 5) $P = 0$ | ไบคาร์บอเนต | = $T \times 10$ |

โดยที่หน่วยความเข้มข้นเป็น มก./ล as CaCO_3

2. BOD (Biochemical Oxygen Demand)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Incubation Bottle ขนาด 250-300 มิลลิลิตร พร้อมจุกปิดสนิท
2. บuret ขนาด 50 มิลลิลิตร และขาตั้ง buret
3. กระบอกตวงขนาด 1 ลิตร
4. ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
5. ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส

น้ำยาเคมี

1. น้ำกลั่นที่มีคุณภาพสูง เพื่อใช้เตรียมน้ำสำหรับการเจือจาง ควรมีทองแดงน้อยกว่า 0.01 มก./ล และปราศจากคลอรีน คลอรามีน Caustic Alkalinity สารอินทรีย์และกรด
2. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ละลาย KH_2PO_4 8.5 กรัม K_2HPO_4 21.75 กรัม $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 33.4 กรัม และ NH_4Cl 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วทำให้เจือจางเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้จะมีค่าพีเอช เท่ากับ 7.2
3. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ละลาย $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ 22.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1 ลิตร
4. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ละลาย anhydrous CaCl_2 27.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1 ลิตร
5. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ละลาย $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.25 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1 ลิตร
6. สารละลายกรดและด่าง 1 นอร์มัล เพื่อใช้ปรับค่าพีเอชให้เป็นกลาง
7. สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.025 นอร์มัล ละลาย Na_2SO_3 1.575 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้ไม่อยู่ตัวต้องเตรียมในวันที่ต้องการจะใช้

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียมน้ำสำหรับใช้เจือจาง
 - 1.1 ตวงน้ำกลั่นให้มากกว่าปริมาตรที่จะใช้ 1 ลิตร ใส่ลงในภาชนะที่สะอาด

1.2 เติมสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ โดยเติมสารละลายแต่ละชนิด 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำเชื้อจาง 1 ลิตร

1.3 เป่าอากาศที่สะอาดเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ อย่างน้อย 1 ชั่วโมง

2. การเตรียมตัวอย่างน้ำที่จะหา

2.1 ตัวอย่างน้ำที่เป็นด่างหรือกรด ต้องปรับพีเอชให้เป็น 7.0 ด้วยกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 1 นอร์มัล หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล

2.2 ตัวอย่างน้ำที่มีสารประกอบคลอรีนตกค้าง โลหะหนัก หรือสารที่เป็นพิษชนิดอื่นเจือปนอยู่ จะต้องศึกษาและกำจัดเสียก่อนเป็นพิเศษ

3. วิธีการทำเชื้อจาง

3.1 เลือกเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างในการทำเชื้อจางที่คาดว่า จะให้ค่าบีโอดีอยู่ในช่วงที่กำหนด แล้วจึงเลือกเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าและต่ำกว่าที่อยู่ติดกันตามตารางผนวก 6 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรู้ค่าบีโอดีโดยประมาณก่อน

3.2 ค่อย ๆ รินน้ำสำหรับการทำเชื้อจาง 700-800 มิลลิลิตร ลงในกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร พยายามอย่าให้มีฟองอากาศ

3.3 เติมตัวอย่างน้ำจำนวนที่ต้องการ แล้วเติมน้ำสำหรับการทำเชื้อจางจนได้ปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3.4 คนให้เข้ากันโดยใช้แท่งแก้วเสียบจุกยาง ไว้ที่ปลาย ชักขึ้นลงเบา ๆ โดยระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ

3.5 ค่อย ๆ รินตัวอย่างผสมเข้ากันดีแล้วนี้ใส่ในขวดบีโอดีที่แห้งและสะอาด จนเต็ม 3 ขวด ปิดจุกให้สนิท นำไปเก็บในตู้ Incubator ที่ 20 องศาเซลเซียส 2 ขวด ส่วนขวดที่เหลือนำไปหาค่า DO ทันที เพื่อทราบค่า DO ที่จุดเริ่มต้น (D_1)

3.6 ทำเช่นเดียวกันตั้งแต่ 3.2-3.5 สำหรับเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างเชื้อจางที่ต่ำกว่าและสูงกว่าตามลำดับ

4. การหาค่าปริมาณ DO ที่จุดเริ่มต้น ใช้ วิธี Azide Modification ดังรายละเอียดหัวข้อ 9

5. การเพาะเลี้ยง (Incubation)

เพาะเลี้ยงโดยเก็บ 2 ขวด ของแต่ละเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างเชื้อจางในตู้เย็นมีด อุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จึงนำออกมาหาปริมาณ DO (D_2) ตามหัวข้อ 4

6. การควบคุมคุณภาพน้ำเชื้อจาง

รินน้ำกลั่นที่ใช้เชื้อจางแต่ไม่ได้ใส่น้ำเชื้อลงในขวดบีโอดี 2 ขวด ปิดจุก แล้วเอาขวดหนึ่งเพาะที่ 20 องศาเซลเซียส ส่วนอีกขวดหนึ่งหาปริมาณ DO ทันที ผลต่างของ DO ที่ได้ไม่ควรลดเกินกว่า 0.2 มก./ล และถ้าจะให้ดียิ่งขึ้นไม่ควรลดเกิน 0.1 มก./ล

7. การพิจารณาผลเพื่อใช้คำนวณค่าบีโอดี

ผลที่น่าเชื่อถือและจะใช้คำนวณนั้น จะต้องมามีค่าปริมาณ DO เหลืออย่างน้อย 1 มก./ล และต้องมีการลดปริมาณ DO ลงไปอย่างน้อย 2 มก./ล ของตัวอย่างที่ทำการเชื้อจาง จึงจะทำให้ค่าบีโอดีที่คำนวณออกมาได้นั้นถูกต้องที่สุด

8. การคำนวณ

ตารางผนวก 6 ช่วงของค่าบีโอดีและวิธีการเชื้อจางน้ำ

ช่วงค่าบีโอดี	%ตัวอย่าง
20,000-70,000	0.01
10,000-35,000	0.02
4,000-14,000	0.05
2,000-7,000	0.1
1,000-3,500	0.2
400-1,400	0.5
200-700	1.0
100-350	2.0
40-140	5.0
20-70	10.0
10-35	20.0
4-14	50.0
0-7	100

9. ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) โดยวิธี Azide Modification
น้ำยาเคมี

1. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต ละลาย $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 480 กรัม หรือ $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 400 กรัม หรือ $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 364 กรัม ในน้ำกลั่น กรองแล้วทำให้เจือจางเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้จะต้องไม่เกิดสีกับน้ำแข็ง เมื่อเติมลงไปในการละลายที่ทำให้เป็นกรดแล้วของ KI

2. สารละลายอัลคาไล-ไฮไดรด์-เฮไลด์ ละลาย NaOH 500 กรัม และ NaI 135 กรัม ในน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร ละลาย NaN_3 10 กรัม ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น

3. กรดซัลฟูริกเข้มข้น

4. น้ำแข็งอินดิเคเตอร์ ละลาย Soluble Starch 5 กรัม ในน้ำต้มประมาณ 800 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน เติมน้ำให้ได้ 1 ลิตร ต้มให้เดือดประมาณ 2-3 นาที ตั้งค้ำคืนไว้ ใช้แต่น้ำใส ๆ ข้างบน เติม Salicylic Acid 1.25 กรัม ต่อน้ำแข็ง 1 ลิตร หรือ Toluene 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

5. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล ละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 6.205 กรัม ในน้ำกลั่น เติม NaOH 0.4 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 1 ลิตร ทำการ standardize สารละลายนี้ด้วยสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไบไฮโอเดต

6. สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไบไฮโอเดต 0.025 นอร์มัล ละลาย $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ 0.8124 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

การ standardize สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล ด้วยสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไบไฮโอเดต 0.025 นอร์มัล

1. ละลาย KI 2 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 100-150 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่
2. เติม 1+9 H_2SO_4 จำนวน 10 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไบไฮโอเดต 0.025 นอร์มัล จำนวน 20 มิลลิลิตร
4. เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร
5. นำมาไตเตรทไฮโอไดต์ที่ถูกขับออกมาด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอ-

ซัลเฟต 0.025 นอร์มัล ที่เตรียมไว้ จนกระทั่งใกล้ถึงจุดยุติ สังเกตจากสีของสารละลายจางลง เติมน้ำแบ่งลงไป 1 มิลลิลิตร ไตเตรทต่อจนถึงจุดยุติ ถ้า สารละลายมาตรฐานโซเดียม-ไฮโอซัลเฟตที่เตรียมไว้มีความเข้มข้น 0.025 นอร์มัลพอดี ปริมาณที่ใช้ในการไตเตรทจะเท่ากับ 20.00 มิลลิลิตร ถ้าไม่ได้ ให้ปรับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียม-ไฮโอซัลเฟตให้เท่ากับ 0.025 นอร์มัล

วิธีการวิเคราะห์

1. จากตัวอย่างผสมของขวดที่เหลือใน ข้อ 3.5 นำมาเติมสารละลายแมงกานีส-ซัลเฟต 1 มิลลิลิตร ลงไปได้ผิวน้ำ
2. เติมสารละลายอัลคาไล-ไฮโอไดด์-เฮไซด์ 1 มิลลิลิตร ลงไปได้ผิวน้ำ
3. ปิดจุกอย่างให้เกิดฟองอากาศ เขย่าโดยการกลับขวดไปมาประมาณ 15 ครั้ง
4. ปล่อยให้ตะกอนนอนกัน ภายหลังสังเกตเห็นน้ำใสข้างบนมีปริมาตรได้ประมาณ 100 มิลลิลิตร ให้เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร โดยค่อย ๆ ปล่อยให้กรดไหลเป็นสาย ลงไปตามคอขวด
5. ปิดจุกแล้วเขย่าโดยการกลับขวดไปมา จนกระทั่งตะกอนละลายหมด
6. ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ไฮโอไดด์ที่เกิดกระจายไปทั่วขวดก่อนริน
7. ตวงสารละลายที่ได้เพื่อจะใช้ในการไตเตรทโดยยึดถือปริมาตรเริ่มต้นของตัวอย่าง 200 มิลลิลิตรเป็นหลัก นั่นคือ ถ้าขวดขนาด 300 มิลลิลิตร และเติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟตและสารละลายอัลคาไล-ไฮโอไดด์-เฮไซด์ รวม 2 มิลลิลิตร ดังนั้นปริมาตรที่จะนำมาไตเตรทจะเป็น $\frac{200 \times 300}{(300 - 2)} = 20$ มิลลิลิตร
8. นำปริมาตรสารละลายที่คำนวณได้มาไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียม-ไฮโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล จนได้สีเหลืองอ่อน ๆ เติมน้ำแบ่ง 1 -2 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทต่อจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป

การคำนวณ

- 1) ออกซิเจนละลาย (DO)

$$1 \text{ mL } 0.025 \text{ N } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 1 \text{ mg/L DO (ในตัวอย่างน้ำ 200 mL)}$$

- 2) BOD₅ (เมื่อไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์)

$$\text{BOD}_5 \text{ (mg/L)} = (D_1 - D_2) / P$$

3) BOD₅ (เมื่อเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์)

$$\text{BOD}_5 \text{ (mg/L)} = [(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f] / P$$

โดยที่ D_1 = ค่าออกซิเจนละลายในวันแรก (มก./ล)

D_2 = ค่าออกซิเจนละลายในวันที่ 5 (มก./ล)

P = อัตราส่วนของการเจือจางตัวอย่างน้ำ

B_1 = ค่าออกซิเจนละลายในวันแรกของหัวเชื้อจุลินทรีย์ (มก./ล)

B_2 = ค่าออกซิเจนละลายในวันที่ 5 ของหัวเชื้อจุลินทรีย์ (มก./ล)

f = อัตราส่วนของปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำต่อปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างที่เตรียมไว้ สำหรับการแก้ค่าเนื่องจากการเติมหัวเชื้อ

3. COD (Chemical Oxygen Demand) โดยวิธี Dichromate Reflux Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดรีฟลักซ์ ประกอบด้วยขวดขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งมีคอที่ทำด้วย Ground Glass 24/40 และ Condenser 300 mm Jacket Liebig ซึ่งมีข้อต่อซึ่งทำด้วย Ground Glass 24/40
2. เต้าแผ่นเหล็กความร้อน
3. บuret ขนาด 50 มิลลิลิตร

น้ำยาเคมี

1. สารละลายมาตรฐานปอตัสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มัล ละลาย $K_2Cr_2O_7$ 12.259 กรัม (อบแห้งที่ 103 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำจันได้ ปริมาตร 1 ลิตร (ถ้าจำเป็นให้เติมกรดซัลฟามิก 120 มิลลิกรัม เพื่อกำจัดการขัดขวางการหา เนื่องจาก NO_2^-)
2. สารละลายกรดซัลฟูริก ผสม Ag_2SO_4 และกรดซัลฟูริกเข้มข้น ด้วยสัดส่วน 5.5 กรัมของ Ag_2SO_4 ต่อ 1 กิโลกรัมของกรดซัลฟูริกเข้มข้น ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้ละลาย
3. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.10 นอร์มัล ละลาย $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 39.2 กรัม ในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตรลงไป ทำให้ เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

4. Ferroin indicator solution ละลาย 1,10 phenanthroline monohydrate 1.485 กรัม และ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 695 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น จนได้ปริมาตรรวมเท่ากับ 100 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 20 มิลลิลิตร และปรับปริมาตร น้ำหนัก นอร์มัลลิตี้ของ น้ำยาเคมี ตามตารางผนวก 7

2. เติม HgSO_4 ตามอัตราส่วนที่กำหนด ตามตารางผนวก 7 และ Glass Beads 4-5 เม็ด

3. เติมสารละลายกรดซัลฟูริก (ซึ่งผสม Ag_2SO_4 อยู่ก่อนแล้ว) ตามตารางผนวก 7 อย่างช้า ๆ พร้อมกับเขย่าเพื่อละลาย HgSO_4 และควรทำให้เย็นในขณะที่เขย่า เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญหายไประหว่างสารที่เป็นไอในตัวอย่าง

4. เติมสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มัลตามตารางผนวก 7

5. ค่อย ๆ เติมสารละลายกรดซัลฟูริก ตามตารางผนวก 7 ผสมให้เข้ากัน

6. นำขวดรีฟลักซ์ไปต่อเข้ากับเครื่อง Condenser เปิดน้ำหล่อเย็น ต้มให้เดือด (reflux) นาน 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น เติมน้ำกลั่นลงไปในขวดประมาณ 80 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

7. นำไปไตเตรทกับ สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.10 นอร์มัล โดยใช้ Ferroin indicator solution 2-3 หยด จุดยุติคือ จุดที่สีของสารละลายเปลี่ยนจากน้ำเงินแกมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

ตารางผนวก 7 น้ำหนักและความเข้มข้นของน้ำยาเคมีที่ใช้กับขนาดตัวอย่างต่าง ๆ

sample size (mL)	0.25 standard dichromate(mL)	Conc. H_2SO_4 + Ag_2SO_4 (mL)	HgSO_4 (g)	Normality of FAS	Final volume before titration(mL)
10.0	5.0	15	0.2	0.05	70
20.0	10.0	30	0.4	0.10	140
30.0	15.0	45	0.6	0.15	210
40.0	20.0	60	0.8	0.20	280
50.0	25.0	75	1.0	0.25	350

การหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.10 นอร์มัล

1. ใช้ปิเปตดูดสารละลายมาตรฐานไปตัสเชื่อมโคโครเมต 0.025 นอร์มัล 10 มิลลิลิตร เจือจางให้ได้ปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น
2. เติมสารละลายกรดซัลฟูริก (ซึ่งผสม Ag_2SO_4 อยู่ก่อนแล้ว) 30 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
3. นำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.10 นอร์มัล โดยใช้ Ferroin indicator solution 2-3 หยด จุดยุติคือ จุดที่สีของสารละลายเปลี่ยนจากน้ำเงินแกมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

การคำนวณ

$$1) \text{ Normality ของ FAS} = [\text{ปริมาณ } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ (mL)} \times 0.25] / \text{ปริมาณ FAS ที่ใช้ (mL)}$$

$$2) \text{ COD (mg/L)} = [(A - B) \times N \times 8,000] / \text{ปริมาณตัวอย่าง (mL)}$$

โดยที่ A = ปริมาณ FAS ที่ใช้สำหรับ แบลงค์ (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณ FAS ที่ใช้สำหรับ ตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

N = Normality ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรท

4. Total Kjeldahl Nitrogen โดยวิธี Kjeldahl Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือสำหรับการย่อยสลาย ประกอบด้วย Kjeldahl flask ขนาด 800 มิลลิลิตร มี Heating device ซึ่งสามารถทำให้น้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร เดือดได้ภายในเวลา 5 นาที และให้อุณหภูมิได้ระหว่าง 344 - 371 องศาเซลเซียส
2. เครื่องมือสำหรับทำการกลั่น ซึ่งประกอบด้วย Kjeldahl flask มีกระเปาะข้างบน และ Condenser ในแนวตั้ง
3. บuret ขนาด 25 มิลลิลิตร

น้ำยาเคมี

1. น้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย

2. Digestion Reagent ละลาย K_2SO_4 134 กรัม ในน้ำกลั่น 650 มิลลิลิตร และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 200 มิลลิลิตร เติมพร้อมกับคนสารละลายของ HgO (red) 2 กรัม ในกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 6 นอร์มัล 25 มิลลิลิตร ทำให้สารละลายที่ได้เจือจางด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 ลิตร เก็บที่อุณหภูมิสูงกว่า 14 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการตกผลึก

3. Sodium hydroxide - Sodium thiosulfate reagent ละลาย $NaOH$ 500 กรัม และ $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 25 กรัม ในน้ำกลั่น ทำให้เจือจางเป็น 1 ลิตร

4. สารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริก (Indicating boric acid) ละลาย H_3BO_3 20 กรัม ในน้ำกลั่น เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม 10 มิลลิลิตร (เตรียมโดยละลายเมธิลเรด 200 มิลลิกรัม ใน 100 มิลลิลิตรของ 95 % เอทิลอัลกอฮอล์ ละลายเมธิลีนบลู 100 มิลลิกรัมใน 50 มิลลิลิตรของ 95 % เอทิลอัลกอฮอล์ รวมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน เตรียมใช้แต่ละเดือน) เจือจางจนได้ 1 ลิตร เตรียมใช้แต่ละเดือน

5. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล โดยการเจือจาง 200.00 มิลลิลิตรของ 0.1 นอร์มัล ของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก จนได้ปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น ปรับมาตรฐานให้ได้ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล ซึ่งปริมาตร 1 มิลลิลิตร เท่ากับ 280 ไมโครกรัมต่อลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ใส่น้ำตัวอย่าง 300 มิลลิลิตร ลงในขวดเจลดาร์ล ขนาด 800 มิลลิลิตร และเติมเมิดแก้ว 2-3 เม็ด ทำการปรับสภาพให้ได้พีเอช 7.0 เตรียมแบลงค์โดยใช้ปริมาตร 300 มิลลิลิตร เช่นกัน (ถ้าจำเป็นก็ให้ทำการเจือจางตัวอย่างที่ใช้ ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 300 มิลลิลิตร และทำให้สะท้อนจนพีเอชเป็น 7.0)

2. ค่อย ๆ เติม Digestion reagent 50 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด

3. หลังจากผสมให้เข้ากันดีแล้ว นำขวดไปวางในเครื่องมือสำหรับการย่อยสลาย ซึ่งอยู่ในตู้ควัน ต้มจนกระทั่งเกิดควันของ SO_3 ให้ต้มต่อจนกระทั่งได้สารละลายใส (หรือมีสีฟ้าซีด ๆ) ต้มต่ออีกเป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น

4. นำมาเติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร

5. เขียงขวดและค้อย ๆ ริน Sodium hydroxide - Sodium thiosulfate reagent 50 มิลลิลิตร ลงไปตามผนังของขวดที่ใช้ย่อยสลาย (ห้ามเขย่าผสมสารละลาย จะเกิดความร้อนขึ้นและแอมโมเนียจะฟุ้งออกมาจากสารละลาย)

6. ต่ขวดเข้ากับเครื่องมือสำหรับทำการกลั่น กลั่นและเก็บส่วนที่กลั่นออกมา 200 มิลลิลิตร ภายใต้ผิวของสารละลายอินดิเคเตอร์ในกรวดบอริก 50 มิลลิลิตร

7. นำส่วนที่กลั่นได้นี้ไปไตเตรทด้วย สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล จนกระทั่งอินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อน (pale lavender)

8. แบลงค์ ให้ทำแบลงค์โดยใช้น้ำกลั่น และผ่านขั้นตอนทุกอย่างเหมือนตัวอย่าง
การคำนวณ

$$\text{mg/L TKN} = [(A - B) \times 280] / \text{mL sample}$$

โดยที่ A = มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทแบลงค์

5. Ammonia Nitrogen โดยวิธี Colorimetric Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือสำหรับทำการกลั่น ซึ่งประกอบด้วย Kjeldahl flask มีกระเปาะข้างบน และ condenser ในแนวตั้ง
2. บuret ขนาด 25 มิลลิลิตร
3. เครื่องมือวัดความเป็นกรด - ด่าง (pH meter)

น้ำยาเคมี

1. น้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย
2. สารละลายบอเรทบัฟเฟอร์ เติม NaOH 0.1 นอร์มัล 8.8 มิลลิลิตร ลงในสารละลายโซเดียมเตตราบอเรท ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) 0.025 โมลาร์ 500 มิลลิลิตร (ละลาย $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 5.0 กรัม หรือ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ 9.5 กรัม ต่อสารละลาย 1 ลิตร) แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร
3. สารละลายใช้ปรับพีเอช

3.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ละลาย NaOH 40 กรัม ใน น้ำกลั่น แล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3.2 กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1 นอร์มัล ละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 28 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4. สารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริก (Indicating boric acid) ละลาย H_3BO_3 20 กรัม ในน้ำกลั่น เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม 10 มิลลิลิตร (เตรียมโดยละลายเมธิลเรด 200 มิลลิกรัม ใน 100 มิลลิลิตรของ 95 % เอทิลอัลกอฮอล์ ละลายเมธิลีนบลู 100 มิลลิกรัมใน 50 มิลลิลิตรของ 95 % เอทิลอัลกอฮอล์ รวมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน เตรียมใช้แต่ละเดือน) เจือจางจนได้ 1 ลิตร เตรียมใช้แต่ละเดือน

5. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล โดยการเจือจาง 200.00 มิลลิลิตร ของ 0.1 นอร์มัล ของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก จนได้ปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น ปรับมาตรฐานให้ได้ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล ซึ่งปริมาตร 1 มิลลิลิตร เท่ากับ 280 ไมโครกรัมต่อลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ใช้ตัวอย่าง 500 มิลลิลิตร หรือน้อยกว่า แต่ทำการเจือจางจนได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ในขวดเจลาดาห์ล ขนาด 800 มิลลิลิตรและเติมเม็ดแก้ว 2-3 เม็ดทำการปรับพีเอช ให้ได้ประมาณ 7

2. เติมสารละลายบอเรนัทเฟออร์ 25 มิลลิลิตร แล้วปรับพีเอชให้เป็น 9.5

3. ต่อบวดเข้ากับเครื่องมือทำการกลั่น กลั่นและเก็บส่วนที่กลั่นออกมา 300 มิลลิลิตร ภายใต้ผิวของสารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริก 50 มิลลิลิตร

4. นำส่วนที่กลั่นได้นี้ ไปไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล จนกระทั่งอินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อน (pale lavender)

5. แบลงค์ ให้ทำแบลงค์โดยใช้น้ำกลั่น และผ่านขั้นตอนทุกอย่างเหมือนตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{mg/L Ammonia - N} = [(A - B) \times 280] / \text{mL sample}$$

โดยที่ A = มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทแบลงค์

6. SS (Suspended Solid) โดยวิธี Gravimetric Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระดาษกรองใยแก้ว (Whatman GF/C)
2. กรวยกรองบุคเนอร์ (Buchner funnel)
3. เครื่องดูดอากาศ (Suction Pump)
4. ตู้อบ (Drying Oven) ควบคุมอุณหภูมิได้ 103-105 องศาเซลเซียส
5. เดสสิเคเตอร์ (Desiccator)
6. เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance)
7. Aluminium Foil

วิธีการวิเคราะห์

1. อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส (วางบนด้วย aluminium foil) ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดสสิเคเตอร์ ประมาณ 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก
2. เลือกปริมาณตัวอย่างน้ำที่จะได้ปริมาณของแข็งแขวนลอย ไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิกรัม
3. วางกระดาษกรองบนกรวยกรองซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ
4. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียก แล้วเปิดเครื่องดูดอากาศ เพื่อให้กระดาษกรองติดกับกรวย
5. กรองตัวอย่างน้ำที่ผสมเข้ากันดีแล้ว โดยอาศัยแรงดูดจากเครื่องดูดอากาศ แล้วล้างเครื่องกรองด้วยน้ำกลั่นประมาณ 10 มิลลิลิตร เปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที
6. ปิดเครื่องดูดอากาศ ใช้ปากคีบคีบกระดาษกรองใส่ในถ้วย aluminium foil อันเดิม แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ในตู้อบนานประมาณ 1 ชั่วโมง
7. ทิ้งไว้ให้เย็นในเดสสิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

การคำนวณ

$$\text{mg/L Suspended Solid} = [(A - B) \times 1,000 / \text{mL sample}]$$

โดยที่ A = น้ำหนักของกระดาษกรองก่อนการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม)

B = น้ำหนักของกระดาษกรองหลังการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม)

7. Sulfate โดยวิธี Turbidimetric Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องกวนแท่งแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer)
2. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
3. Stop - Watch

น้ำยาเคมี

1. BaCl₂ crystal 20 - 30 mesh
2. Buffer Solution A : ละลาย MgCl₂·6H₂O 30 กรัม CH₃COONa·3H₂O 5 กรัม KNO₃ 1 กรัม และ CH₃COOH (99%) 20 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น จนได้ปริมาตรรวมเท่ากับ 1 ลิตร
3. Buffer Solution B : ละลาย MgCl₂·6H₂O 30 กรัม CH₃COONa·3H₂O 5 กรัม KNO₃ 1 กรัม NaSO₄ 0.111 กรัม และ CH₃COOH (99%) 20 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น จนได้ปริมาตรรวมเท่ากับ 1 ลิตร
4. สารละลายซัลเฟตมาตรฐาน ละลาย NaSO₄ (anhydrous) 0.1479 กรัม ในน้ำกลั่น จนได้ปริมาตรรวมเท่ากับ 1 ลิตร สารละลายมาตรฐาน 1 มิลลิลิตรมีปริมาณซัลเฟต 100 ไมโครกรัม

วิธีการวิเคราะห์

1. ตวงน้ำตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร เทลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติม Buffer solution A 20 มิลลิลิตร (ในกรณีปริมาณซัลเฟตน้อยกว่า 10 มก./ล เติม Buffer solution B แทน)
3. ค่อย ๆ เติม BaCl₂ 1 ช้อน
4. คนให้เข้ากันโดยใช้เครื่องกวนแท่งแม่เหล็ก จับเวลาพอได้ 1 นาที ให้หยุดคนทันที
5. วัด % Transmittance ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 420 nm อ่านค่าซัลเฟตจากกราฟมาตรฐาน

การเตรียมกราฟสารละลายมาตรฐานซัลเฟต

เตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 มก./ล โดยการปิเปต 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 มิลลิลิตร ของสารละลายซัลเฟตที่เตรียมไว้ใส่ในขวดรูปกรวย แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรแต่ละขวดเป็น 100 มิลลิลิตร และทำทุกอย่างเหมือนตัวอย่าง

การคำนวณ

การคำนวณค่าปริมาณซัลเฟต โดยการนำค่าที่วัดได้จากตัวอย่างมาเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐานซัลเฟต

8. Total Phosphorus โดยวิธี Colorimetric Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เตาไฟฟ้า (Hot Plate)
2. สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
3. เครื่องแก้วล้างด้วยกรด (Acid-washed Glassware)
4. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

น้ำยาเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 5 นอร์มัล เจือจางกรดซัลฟูริกเข้มข้น 70 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 500 มิลลิลิตร
2. สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 11 นอร์มัล เจือจางกรดซัลฟูริกเข้มข้น 310 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร
3. สารละลายแอนติโมนีโบดิสเซียมทาทาท ละลาย $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 1/2H_2O$ 1.3715 กรัม ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้ว
4. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต ละลาย $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดพลาสติกที่ 4 องศาเซลเซียส
5. แอสคอบิกแอซิก 0.1 โมลาร์ ละลาย แอสคอบิกแอซิก 1.76 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะอยู่ตัวประมาณ 1 อาทิตย์ ถ้าเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส

6. น้ำยารวม (Combined Reagent) ผสมน้ำยาเคมีข้างบนในสัดส่วนสำหรับ 100 มิลลิลิตร น้ำยารวมดังนี้ สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 5 นอร์มัล 50 มิลลิลิตร สารละลายแอนติโมนีโปตัสเซียมทาเทรท 5 มิลลิลิตร สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 15 มิลลิลิตร และแอสคอบิกแอซิก 30 มิลลิลิตร โดยที่สารทั้งหมดต้องผสมที่อุณหภูมิห้อง น้ำยารวมนี้ใช้ได้ 4 ชั่วโมง

7. สารละลายสต็อกฟอสเฟต ละลาย KH_2PO_4 (anhydrous) 219.5 มิลลิกรัม เติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร 1 มิลลิลิตรของสารละลายนี้เท่ากับ 50.0 ไมโครกรัมฟอสฟอรัส

8. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต นำสารละลายสต็อกฟอสเฟต 50.0 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร 1 มิลลิลิตรเท่ากับ 2.5 ไมโครกรัมฟอสฟอรัส

9. Ammonium persulfate ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$)

วิธีการวิเคราะห์

1. ดูดตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์
2. เติม สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 11 นอร์มัล 1.0 มิลลิลิตร และ Ammonium persulfate 0.4 กรัม
3. นำไปประเหบบนเตาไฟฟ้า ประมาณ 30 นาที (ให้ตัวอย่างเหลือประมาณ 10 มิลลิลิตร) แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
4. นำมาเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ปรับพีเอชให้เป็น 7 ± 0.2 (ถ้าตัวอย่างไม่ใช่ให้เติมสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 11 นอร์มัล 2-3 หยด)
5. กรองตัวอย่างแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร
6. เติมน้ำยารวม (Combined Reagent) 8.0 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
7. นำไปวัดค่าแอบซอเบอแนนซ์ โดยใช้สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 650 หรือ 880 nm

การเตรียมกราฟสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต (2.5 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อมิลลิลิตร) 0, 2, 6, 10, 16, 24 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำจนถึงขีดที่กำหนดบนขวด เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 0, 5, 15, 25,

40, 60 ไมโครกรัมฟอสฟอรัส หรือ 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.8, 1.2 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร ใช้
อันที่มีความเข้มข้น 0 ไมโครกรัมเป็นแบลนด์

การคำนวณ

การคำนวณปริมาณของฟอสฟอรัส โดยนำค่าที่วัดได้จากตัวอย่างมาเทียบกับกราฟ
สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต

9. กรดระเหย (Volatile acids) โดยวิธี Direct Titration Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เตาไฟฟ้า (Hot Plate)
2. เครื่องกวนแท่งแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer)
3. บีกเกอร์ ขนาด 200 มิลลิลิตร
4. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
5. บuret ขนาด 50 มิลลิลิตรและขาตั้งburet

น้ำยาเคมี

1. สารละลายบัฟเฟอร์ พีเอช 7.00
2. สารละลายบัฟเฟอร์ พีเอช 4.00
3. สารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

วิธีการวิเคราะห์

1. ตั้งน้ำตัวอย่างให้ตกตะกอน แล้วรินเอาเฉพาะส่วนที่ใส
2. ตวงน้ำดังกล่าวใส่ในบีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร โบละ 50 มิลลิลิตร 2 โบล
3. ปรับเครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง ด้วย สารละลายบัฟเฟอร์ ทั้ง 2 ค่าพีเอช
4. วัดพีเอชของน้ำตัวอย่าง
5. ไตเตรทน้ำตัวอย่างด้วย สารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.1
นอร์มัล เขย่าตลอดเวลาด้วยเครื่องกวนแท่งแม่เหล็ก จุดปริมาตรกรดที่พีเอช 4 (=A) แล้ว
ไตเตรทต่อจนพีเอชเป็น เป็น 3.5 หรือ 3

6. นำไปต้มให้เดือดเบาๆ ประมาณ 3 นาที ทิ้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้อง

7. ไตเตรทน้ำตัวอย่างจากข้อ 6 ด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนพีเอชขึ้นเป็น 4 โดยกวนตลอดเวลา จากพีเอช 4 ไตเตรทจนพีเอชขึ้นเป็น 7 จดปริมาตรต่างที่ใช้ในการไตเตรทจากพีเอช 4 ถึงพีเอช 7 (=B)

การคำนวณ

1. ค่าความเป็นด่างทั้งหมด (Total Alkalinity) (มก./ล ในรูป CaCO_3)

$$= A \times 0.1 \times 50 \times 1,000 / \text{มล. ของน้ำตัวอย่าง}$$

2. คำนวณค่าความเป็นด่างเนื่องจากกรดระเหย (Volatile Acid Alkalinity) (มก./ล ในรูป CaCO_3)

$$= B \times 0.1 \times 50 \times 1,000 / \text{มล. ของน้ำตัวอย่าง}$$

3. การคำนวณค่าของกรดระเหย จากค่าความเป็นด่างของกรดระเหยในข้อ 2

กรณีที่ 1 ความเป็นด่างเนื่องจากกรดระเหยมากกว่า 180 มก./ล CaCO_3 ค่ากรดระเหยคิดในรูปกรดอะซิติก มก./ล = ค่าความเป็นด่างเนื่องจากกรดระเหย $\times 1$

กรณีที่ 2 ความเป็นด่างเนื่องจากกรดระเหยน้อยกว่า 180 มก./ล CaCO_3 ค่ากรดระเหยคิดในรูปกรดอะซิติก มก./ล = ค่าความเป็นด่างเนื่องจากกรดระเหย $\times 1.5$

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายชอบ บุญช่วย
วัน เดือน ปีเกิด 6 มิถุนายน 2512
วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีสำเร็จการศึกษา
ประกาศนียบัตรเจ้าพนักงาน- สาธารณสุข (พนักงานอนามัย) สาธารณสุขศาสตร์บัณฑิต	วิทยาลัยการสาธารณสุข- ภาคใต้ จังหวัดยะลา มหาวิทยาลัยสุโขทัย- ธรรมาธิราช	2533 2537

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

ทุนในการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ตามโครงการ การศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมของการบำบัดน้ำเสียจากโรงอบ/รมยาง ประจำปี 2539

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

นักวิชาการสาธารณสุข 3 สำนักงานสาธารณสุขอำเภอนาทวี อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา