

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ลักษณะของน้ำเสีย

เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง โดยทำการปรับสภาพน้ำเสียเพียงการเติมโซดาแอช (Na_2CO_3) ประมาณ 1 กรัม/ลิตร ดังนั้นค่าซีโอดีของน้ำเสียเข้าในแต่ละชุดการทดลองจึงมีค่าไม่คงที่ดังแสดงตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของน้ำเสียในแต่ละชุดการทดลอง

ลักษณะน้ำเสีย	ชุดการทดลอง		
	1-2	3-4	5-8
พีเอช	7.68-8.50	8.06-9.09	7.30-8.75
ซีโอดีทั้งหมด	870-3,008	738-1,944	920-1,674
ซีโอดีละลาย	*	*	827-1,270
ตะกอนแขวนลอย	88-518	50-268	88-280
สภาพด่างทั้งหมด	1,367-1,836	1,273-1,858	1,191-1,727
กรดไขมันระเหย	453-1,010	165-829	315-756

- ทุกค่ามีหน่วยเป็น มก./ล. ยกเว้นพีเอชไม่มีหน่วย

- * = ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

4.2 ลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์

ลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการวิจัยนี้มีความแตกต่างกันไปในแต่ละชุดการทดลอง ดังมีรายละเอียดตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์
1 และ 2	เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้มี 2 ลักษณะ คือ 1) เชื้อจากถังย่อยไร้ออกซิเจนที่ห้วยขวาง มีสีดำ ลักษณะคล้ายดิน ใช้ในการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ตั้งแต่ต้น 2) เชื้อจากระบบยูเอเอสบี เป็นเม็ดขนาด 1-2 มม. จาก บ. SAN.E 68 Consulting Engineers Co.Ltd ซึ่งนำมาเติมระหว่างการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์
3, 5 และ 7 (stage แรก)	เม็ดเล็กสีน้ำตาลไม่เกิน 1 มม. นำมาจากการทดลองที่โรงงานฯ จำนวน 5 ลิตรต่อขนาดถัง 13 ลิตร
4, 6 และ 8 (stage แรก)	เม็ดขนาดใหญ่กว่า ประมาณ 1-2 มม. จาก บ. SAN.E 68 Consulting Engineers Co.Ltd จำนวน 5 ลิตรต่อขนาดถัง 13 ลิตร
7 และ 8 (stage ที่สอง)	เม็ดขนาดใหญ่ ประมาณ 2-4 มม. จาก บ. SAN.E 68 Consulting Engineers Co.Ltd จำนวน 6 ลิตรต่อขนาดถัง 18 ลิตร

4.3 การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิจัยออกเป็น 2 ช่วงโดยแบ่งเป็นที่โรงงาน และที่ห้องปฏิบัติการฯ ดังรายละเอียดตามแผนการวิจัย ซึ่งในแต่ละช่วงของการวิจัยนั้น มีรายละเอียดในการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ และเชื้อจุลินทรีย์ (seed) ต่างกันไป

4.3.1 ที่โรงงานฯ (ชุดการทดลองที่ 1 และ 2)

ในการวิจัยที่โรงงานใช้เวลาทั้งสิ้น 141 วัน (4 กรกฎาคม - 21 พฤศจิกายน 2538) โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์จากถังย่อยไร้ออกซิเจนที่ห้วยขวาง ทำการแบ่งใส่แต่ละถังยูเอเอสบีจำนวน 2 ถังๆละ 20 ลิตร (ขนาดถังยูเอเอสบี 192 ลิตร) และเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์โดยเริ่มจากอัตราไหล 20 ลิตร/วัน(ประมาณ 5% ของเป้าหมาย) และค่อยๆ เพิ่มอัตราไหลจนถึง 385 ลิตร/วัน ในวันที่ 93 โดยระหว่างนั้นได้มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มเติมตามรายละเอียดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์และการวิจัยที่โรงงาน

วันที่	อัตราไหล (ลิตร/วัน)	เวลากักน้ำ (ชม.)	หมายเหตุ
1-4	20	229	เริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์โดยใช้เชื้อจากถังย่อยไร้ออกซิเจนถึงละ 20 ลิตร
5-9	40	115	
10-38	60	76	
39-64	80	57	วันที่ 61 เติมเชื้อจากถังย่อยไร้ออกซิเจนอีกถึงละ 17 ลิตร
65-72	110	42	
73-77	150	31	
78-81	200	23	
82-86	250	18	
87-92	320	14	วันที่ 88 เติมเชื้อจากถังยูเอสบีลงในถัง #1 10 ลิตร
93-121	384	12	
122-141	192	24	

โดยในช่วงแรกของการทดลอง (วันที่ 1 ถึง 65) ไม่มีการปรับสภาพน้ำเสีย หลังจากนั้นจึงได้มีการปรับสภาพน้ำเสียเพื่อเพิ่มบัพเฟอร์ให้กับระบบโดยการเติมโซดาแอสลงไป 1 กรัม/ลิตร

4.3.2 ที่ห้องปฏิบัติการฯ (ชุดการทดลองที่ 3 ถึง 10)

สำหรับงานวิจัยที่ได้ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ นั้น ได้ใช้เวลาทั้งสิ้น 116 วัน (9 ธันวาคม 2538 - 2 เมษายน 2539) โดยใช้ถังยูเอสบีขนาด 13 ลิตร ซึ่งมีเชื้อจุลินทรีย์สำหรับการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ และการวิจัยแตกต่างกันไปในแต่ละชุดการทดลองดังที่กล่าวแล้วตามตารางที่ 4.2 โดยมีระยะเวลาในแต่ละชุดการทดลองตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ

ชุดการทดลอง	รายละเอียดการทดลอง	ระยะเวลาทดลอง
การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์	-	54 วัน (9 ธันวาคม 2538 - 31 มกราคม 2539)
3 และ 4	ไม่มีถังสร้างกรด และเวลากัก 18 ชม.	21 วัน (1-21 กุมภาพันธ์ 2539)
5 และ 6	มีถังสร้างกรด และเวลากัก 12 ชม.	41 วัน (22 กุมภาพันธ์ - 2 เมษายน 2539)
7	มีถังสร้างกรด และเวลากัก 24 ชม.	41 วัน (22 กุมภาพันธ์ - 2 เมษายน 2539)
8	มีถังสร้างกรด และเวลากัก 36 ชม.	41 วัน (22 กุมภาพันธ์ - 2 เมษายน 2539)

4.4 ผลของการบำบัดน้ำเสียที่โรงงานฯ

4.4.1 ลักษณะทั่วไป

ในการทดลองที่โรงงานฯ ในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 นั้น การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ได้ทำการเพิ่มอัตราไหลของน้ำเสียอย่างช้าๆ เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์มีความคุ้นเคยกับน้ำเสียก่อน โดยใช้เชื้อจากถังย่อยไร้ออกซิเจน และมีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ลงไปเพิ่มเติมระหว่างการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ (ดูหัวข้อ 4.3) เพื่อให้สามารถรับโหลดที่สูงขึ้นได้ โดยในการทดลอง ได้มีการเตรียมถังพักน้ำเสียขนาด 1,000 ลิตร เพื่อให้สามารถกักน้ำเสียได้เพียงพอสำหรับการบำบัดเป็นเวลา 2 วัน ก่อนที่จะทำการเติมน้ำเสียลงในถังพักน้ำเสียใหม่ เพื่อให้สามารถตรวจสอบความเป็นไปของระบบได้จากปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน โดยเติมน้ำเสียลงในถังพักน้ำเสียโดยไม่ได้มีการเทน้ำเสียออกและล้างถัง เนื่องจากความไม่สะดวกในการทำความสะอาดถังพักน้ำเสียเข้า และจากการปฏิบัติดังกล่าวทำให้เกิดการสะสมตัวของตะกอนในถังพักน้ำเสีย ซึ่งจากการสังเกตพบว่าน้ำเสียในถังพักน้ำเสียนั้นมีตะกอนลอยอยู่เป็นฝ้าที่ผิวน้ำ และมีกลิ่นรุนแรงมากขึ้นในวันถัดไปจากวันที่มีการเติมน้ำเสีย แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาขึ้นในถังพักน้ำเสีย ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งใช้เวลากักน้ำ 12 ชม. นั้น เริ่มดำเนินการตั้งแต่วันที่ 93 ทดลองเป็นเวลา 29 วัน จึงเพิ่มเวลากักน้ำเป็น 24 ชม. เนื่องจากเมื่อทำการทดลองที่เวลากักน้ำ 12 ชม. ได้ 5 วัน (วันที่ 98) ได้สังเกตเห็นการลอยตัว (flotation) ของเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นในชุดการทดลองที่ 1 โดยมีลักษณะเป็นก้อนเกาะกันอย่างหลวมๆ ของเชื้อ

จากระบบยูเอเอสบีที่เติมลงไปกับเชื้อจากถังย่อยไร้ออกซิเจนที่มีอยู่เดิมมีขนาดเล็กบ้างใหญ่บ้าง สาเหตุที่สังเกตเห็นก่อนจุลินทรีย์ดังกล่าวหลุดออกมานั้น เนื่องจากระหว่างการตรวจสอบระบบ นั้น ธัญยูเอเอสบีของชุดการทดลองที่ 1 เกิดการแกว่งตัวทำให้อ่อนดั่งกล่าวหลุดออกมาจากส่วนเก็บ ก๊าซของอุปกรณ์แยก 3 สถานะ เมื่อตรวจสอบลักษณะของก้อนจุลินทรีย์โดยการเขี่ยก้อนจุลินทรีย์ นั้นให้แตกออกจะมีก๊าซหลุดออกมาเป็นฟองเล็กๆ ซึ่งเป็นก๊าซที่เกิดขึ้นในการย่อยสลายสาร อินทรีย์ในน้ำเสีย และถูกจับไว้ (entrapment) การสะสมตัวของก๊าซในก้อนจุลินทรีย์ที่มากขึ้น ทำ ให้อ่อนจุลินทรีย์ลอยขึ้นสู่ส่วนบนของถังและหลุดออกจากระบบ อย่างไรก็ตาม ได้มีการเก็บ ตะกอนที่ได้หลุดออกมาโดยทำการเขี่ยก๊าซออกก่อนเพื่อให้ตะกอนจมตัว

ก้อนจุลินทรีย์ที่หลุดออกมาอย่างต่อเนื่องกันหลายวัน ส่งผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ใน ระบบลดลง จึงได้มีความพยายามแก้ไขโดยนำจุลินทรีย์ที่ได้เก็บเอาไว้จากการลอยตัวเดิมกลับลง ไปในถังอีกครั้ง รวมทั้งการลดอัตราไหลของน้ำเสียในวันที่ 121 เพื่อลดอัตราการบรรทุกสาร อินทรีย์ของจุลินทรีย์ให้กับระบบด้วย แต่ในที่สุดในวันที่ 127 ของการทดลองคือหลังจากทำการ ลดได้ 6 วัน ปรากฏการหลุดออกมาของก้อนจุลินทรีย์เป็นจำนวนมากจากถังในชุดการทดลองที่ 1 เนื่องจากการลอยตัวซึ่งเป็นเชื้อทั้งหมด (complete flotation) ส่วนในถังที่ 2 นั้นเริ่มสังเกตเห็นการ หลุดออกของเชื้อจุลินทรีย์เช่นเดียวกับถังที่ 1 ในวันที่ 139 และเกิดการลอยตัวอย่างสมบูรณ์ในวัน ที่ 141 ของการทดลองซึ่งถือเป็นการสิ้นสุดการทดลองชุดที่ 1 และ 2 สำหรับในถังที่ 2 ที่มีการ หลุดออกของเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นช้ากว่าแต่เป็นไปอย่างรวดเร็วที่จริงแล้วปัญหาการเกิดการ ลอยอาจมีมาพร้อมๆกับชุดการทดลองที่ 1 แต่สังเกตพบได้ช้ากว่า ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของ อุปกรณ์แยก 3 สถานะที่ติดตั้งอยู่ส่วนบนของถังที่มีขนาดใหญ่กว่า ทำให้สังเกตเห็นได้ช้ากว่า

อนึ่ง ในการทดลองที่โรงงานฯ นี้ได้ใช้ธัญยูเอเอสบีแบบที่ 1 และ 2 ที่เป็นถังสแตนเลส ทำให้ไม่สามารถสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นภายในถังได้ทันทั่วทั้ง ถัง จนเมื่อปัญหาค้างกล่าวมีความรุนแรงขึ้น จึงส่งผลดังที่กล่าวมา

สำหรับผลการวิเคราะห์น้ำเสียและน้ำทิ้ง เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบนั้นได้ ผลการทดลองที่เวลากักน้ำ 12 ชม. ดังแสดงตามตารางที่ 4.4 โดยมีผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดีละลายใน น้ำทิ้งควบคู่ไปกับค่าซีโอดีทั้งหมดด้วย เนื่องมาจากปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ค่อนข้าง มากคือเฉลี่ย 334 และ 323 มก./ล. การติดตามดูประสิทธิภาพของระบบจึงมีการหาค่าประสิทธิ ภาพในการกำจัดซีโอดีจากค่าซีโอดีละลายในน้ำทิ้ง เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการย่อยสลาย สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ และวินิจฉัยสิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง

อย่างไรก็ตาม การหาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีจากค่าซีโอดีทั้งหมดซึ่งเป็นค่าที่ ใช้ศึกษาทั่วไปนั้นยังมีความสำคัญ เพราะเป็นการบ่งบอกถึงประสิทธิภาพโดยรวมของระบบเพื่อใช้

ในการเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆ ค่าดังกล่าวจะบ่งบอกถึงความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของเชื้อจุลินทรีย์ และความสามารถในการกักตะกอนจุลินทรีย์ไว้ในระบบของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง ผลการทดลองที่เวลากักน้ำ 12 ชั่วโมงดูจากตารางที่ 4.5

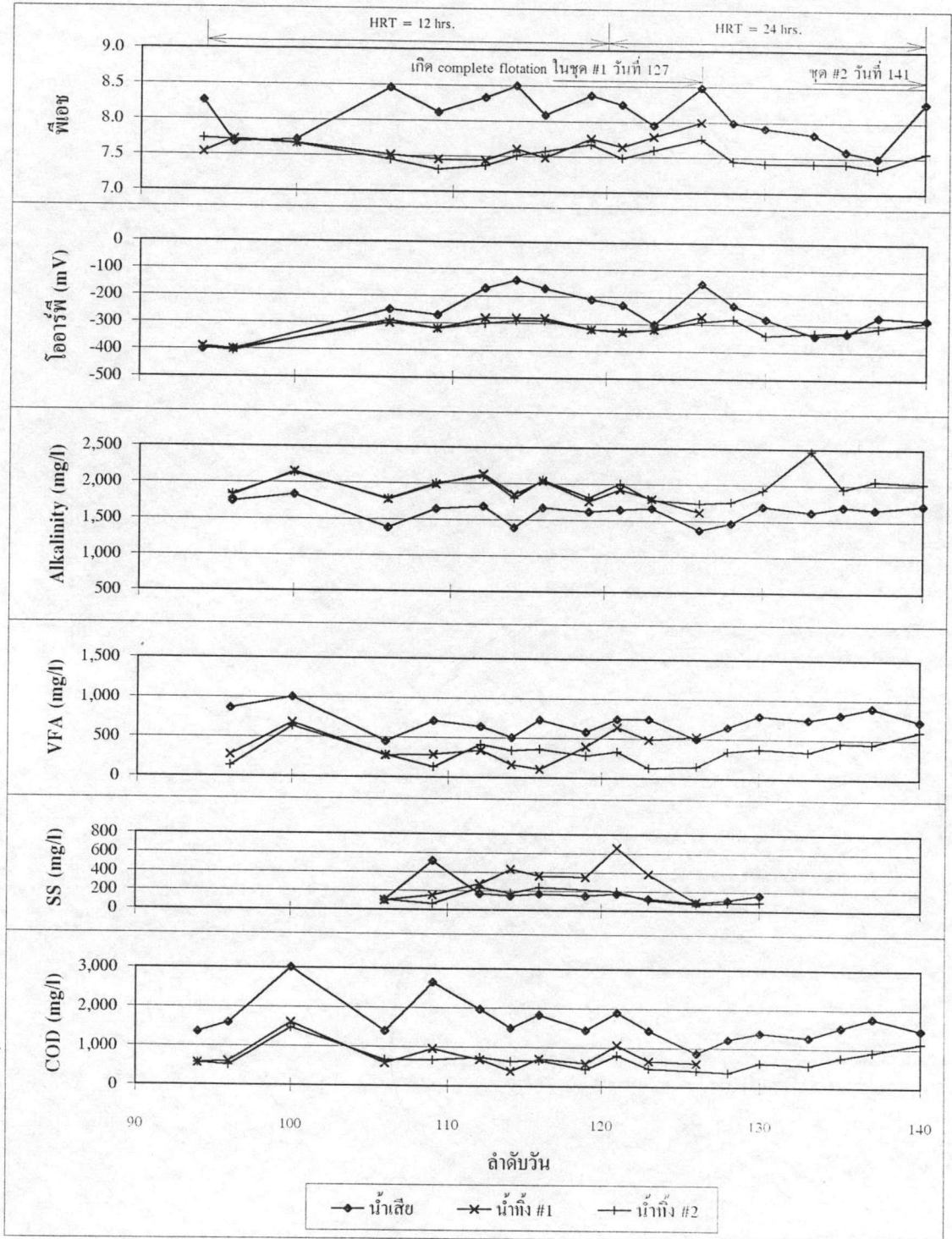
ตารางที่ 4.5 สรุปผลของการบำบัดน้ำเสียที่โรงงานฯ

พารามิเตอร์	หน่วย	ผลของชุดการทดลอง*	
		1	2
พีเอช	-	7.59	7.55
โออาร์พี	มิลลิโวลต์	-322	-326
สภาพค่าทั้งหมด	มก./ล.	1,929	1,941
กรดไขมันระเหย	มก./ล.	333	322
ตะกอนแขวนลอย	มก./ล.	334	323
ซีโอดีทั้งหมด	มก./ล.	1,025	847
ซีโอดีละลาย	มก./ล.	686	607
ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี			
- ซีโอดีทั้งหมด	%	46.2	55.1
- ซีโอดีละลาย	%	60.8	64.7

* - เป็นค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง

จากตารางที่ 4.5 ซึ่งสรุปค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลองที่โรงงานฯ จะพบว่า การใช้ยูเอเอสบีในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งนั้นมีความเป็นไปได้พอสมควร เนื่องจากประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในระดับดังกล่าวที่เวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง นั้นช่วยให้สามารถประหยัดพื้นที่ได้ถึง 4-5 เท่า (โดยทั่วไปบ่อหมักไร้ออกซิเจนมีเวลากักน้ำ 2-3 วัน) หรืออาจจะมากกว่านั้น รายละเอียดของค่าต่าง ๆ ของชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ที่แสดงค่าตั้งแต่เริ่มใช้เวลากักน้ำ 12 ชม. จนถึงสิ้นสุดการทดลอง ดูจากรูปที่ 4.1

ในรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงค่าต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มใช้เวลากักน้ำ 12 ชม. จนถึงสิ้นสุดการทดลอง นั้นจะเห็นว่าในช่วงการทดลองที่เวลากักน้ำ 12 ชม. (วันที่ 93-121) ค่าซีโอดีในน้ำทิ้งมีการแกว่งตัวขึ้นลงอยู่ระหว่าง 513-2,016 มก./ล. ตามซีโอดีของน้ำเสียที่มีความแปรปรวน ปริมาณกรดไขมันระเหยก็มีการแกว่งตัวเช่นเดียวกันโดยมีค่า 108-683 มก./ล. โดยในช่วงท้ายของการทดลองที่



รูปที่ 4.1 แสดงผลการทดลองในชุดที่ 1 และ 2 ที่โรงงานฯ (ที่เวลากักน้ำ 12 ชม. จนสิ้นสุดการทดลอง)

เวลากักเก็บน้ำ 12 ชม. นั้น พบว่าปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 นั้นมีค่าสูงขึ้นควบคู่ไปกับการลอยตัว ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

สำหรับผลการทดลองของชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ที่มีประสิทธิภาพแตกต่างกันแม้จะใช้เชื้อจุลินทรีย์ และเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์มาพร้อมๆกันนั้น เนื่องจากในชุดการทดลองที่ 2 ใช้ถังยูเอเอสบีแบบที่ 2 ที่มีขนาดและปริมาตรของอุปกรณ์แยก 3 สถานะใหญ่กว่า ทำให้สามารถกักตะกอนจุลินทรีย์ไว้ในระบบได้ดีกว่าและมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงกว่าในชุดการทดลองที่ 1 ที่อุปกรณ์ใช้ถังยูเอเอสบีแบบที่ 1 ที่มีขนาดและปริมาตรของอุปกรณ์ดังกล่าวเล็กกว่า อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์แยก 3 สถานะที่มีขนาดใหญ่นั้นไม่ได้แก้ปัญหการเกิดการลอยตัวอย่างสมบูรณ์ นอกจากจะก่อให้เกิดขี้ล้นเท่านั้น

4.4.1 ซีโอดี

สำหรับผลของซีโอดี และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีซึ่งเป็นค่าที่นำไปใช้ในการประเมินความสามารถของระบบในการพิจารณาความเหมาะสม และเลือกใช้นั้น ในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ที่ทำการทดลองที่เวลากักน้ำ 12 ชม. สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ซีโอดีและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ในการทดลองที่โรงงานฯ

ชุดการทดลอง	เวลากักน้ำ (ชม.) [*]	ซีโอดี (มก./ล.) ^{* a}			% การกำจัดซีโอดี ^{**}	
		น้ำเสีย (ซีโอดี ทั้งหมด)	น้ำทิ้ง		ซีโอดี ทั้งหมด	ซีโอดี ละลาย
			ซีโอดี ทั้งหมด	ซีโอดี ละลาย		
1	12	1,866	1,025	686	46.2	60.8
2	12	1,866	847	607	55.1	64.7

^{*} - เป็นค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง

จากตารางข้างต้นจะเห็นว่า ในชุดการทดลองที่ 1 ค่าซีโอดีในน้ำทิ้งสูงกว่าชุดการทดลองที่ 2 ทั้งค่าซีโอดีทั้งหมด และซีโอดีละลาย โดยเมื่อพิจารณาประกอบกับปริมาณกรดไขมันระเหยและตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง แล้วพบว่า เป็นไปในทางเดียวกัน กล่าวคือทั้งค่าซีโอดีละลายและกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งชุดการทดลองที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่า แสดงว่าระบบสามารถการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ดีกว่า เนื่องจากในชุดการทดลองที่ 1 นี้มีการหลุดออกของเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นก่อนส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ในถัง และประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของ

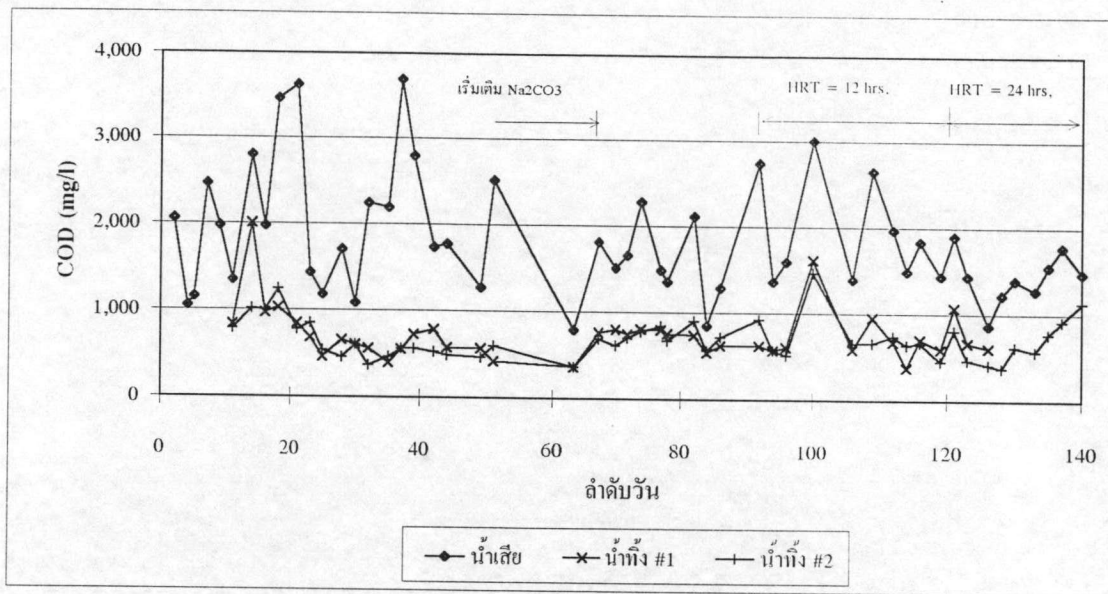
ระบบลดลง ส่วนปริมาณตะกอนแขวนลอยโดยเฉลี่ยในน้ำทิ้งจากตารางที่ 4.5 ในชุดการทดลองทั้งสองไม่แตกต่างกันมากนักโดยในชุดการทดลองที่ 1 มีมากกว่า ค่าซีโอดีและประสิทธิภาพในการหาซีโอดีสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3

จากรูปที่ 4.2 ที่แสดงค่าซีโอดีทั้งหมดในน้ำเสียและน้ำทิ้งตลอดการทดลองนั้น จะเห็นว่า ในช่วงของการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ (พิจารณาจากวันที่ 39 ถึง 72) ค่าซีโอดีในน้ำเสียที่มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 797-2,789 มก./ล. ซึ่งถือว่ามีความแปรปรวนมาก ระบบสามารถบำบัดให้มีค่าซีโอดีอยู่ระหว่าง 365-798 มก./ล. ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้เวลากักเก็บน้ำสูง ๆ นั้นเอง (42-57 ชม.) แต่เมื่อทดลองเวลากัก 12 ชม. ที่มีซีโอดีของน้ำเสียอยู่ระหว่าง 1,440-1,966 มก./ล. ซีโอดีในน้ำทิ้งกลับมีค่าสูงอยู่ระหว่าง 1,019-1,549 มก./ล. ในชุดการทดลองที่ 1 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบที่มีการลดต่ำลงเมื่อใช้เวลากักน้ำสั้นลง ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมๆกับการหลุดออกของเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 นั้นจะมีค่าซีโอดีในน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 468-1,128 มก./ล. ถือว่าสามารถกำจัดซีโอดีได้ดีกว่าในชุดแรก การเปลี่ยนแปลงเวลากักน้ำในช่วงท้ายของการทดลอง โดยเพิ่มเป็น 24 ชม. นั้นเนื่องมาจากประสิทธิภาพของระบบในชุดการทดลองที่ 1

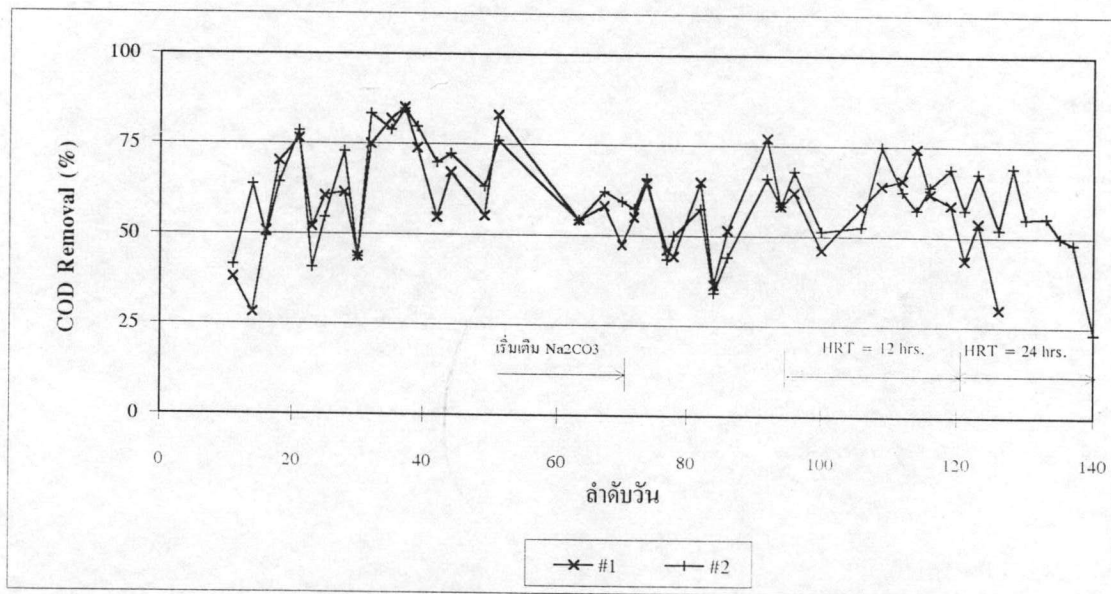
จากค่าซีโอดีในน้ำทิ้งที่มีการแกว่งตัวบ่งบอกถึงผลกระทบจากความแปรปรวนของน้ำเสียที่เวลากักน้ำต่างกัน นอกจากนี้ ยังบอกได้ว่าการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งโดยระบบยูเอเอสบีนี้สามารถใช้เป็นเพียงการบำบัดขั้นต้นเท่านั้น เนื่องจากการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ที่มีการใช้เวลากักนานมากกว่า 24 ชม. (วันที่ 10 ถึง 64) ระบบไม่สามารถลดซีโอดีในน้ำทิ้งให้มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งได้โดยมีค่าต่ำสุดที่ 365 มก./ล. ในวันที่ 63 ทั้งนี้สาเหตุมาจากลักษณะของระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน คุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองก็อาจมีผลกระทบเช่นกัน (เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในช่วงดังกล่าวเป็นเชื้อจากถังย่อยไร้ออกซิเจนที่ห้วยขวางเท่านั้น) การใช้เวลากักน้ำที่ต่ำลงจะส่งผลต่อคุณภาพน้ำทิ้งที่จะต้องทำการบำบัดต่อไป ดังนั้น การใช้ระยะเวลาที่ที่เหมาะสม จะทำให้ประหยัดพื้นที่ระบบบำบัดและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลดลง และสามารถกำจัดซีโอดีให้อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการและใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาเลือก และออกแบบระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนที่จะใช้การบำบัดขั้นต่อไปได้

4.4.2 พีเอช และ ไออาร์พี

สำหรับผลการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นการทดลองที่โรงงานฯ นั้น เป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์หลังจากการนำตัวอย่างกลับมาจากโรงงานฯ ซึ่งต้องใช้เวลาเดินทางประมาณ 1- 2 ชม. โดยมีวิธีเก็บน้ำตัวอย่างดังแสดงไว้แล้วในบทที่ 3 นั้น ทำให้ค่าพีเอช และ ไออาร์พีที่ควรจะทำการวิเคราะห์ทันทีที่มีการเก็บน้ำตัวอย่างนั้นอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปหลังจาก



รูปที่ 4.2 แสดงซีโอดีตลอดการทดลองที่โรงงานฯ



รูปที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีตลอดการทดลองที่โรงงานฯ

การเดินทางได้ ดังนั้น ในการวิเคราะห์จะเป็นเพียงการดูแนวโน้มของค่าดังกล่าว และความแตกต่างของชุดการทดลองทั้งสอง มากกว่าจะพิจารณาที่ค่านั้นๆ ซึ่งอาจทำให้วินิจฉัยผิดพลาดได้

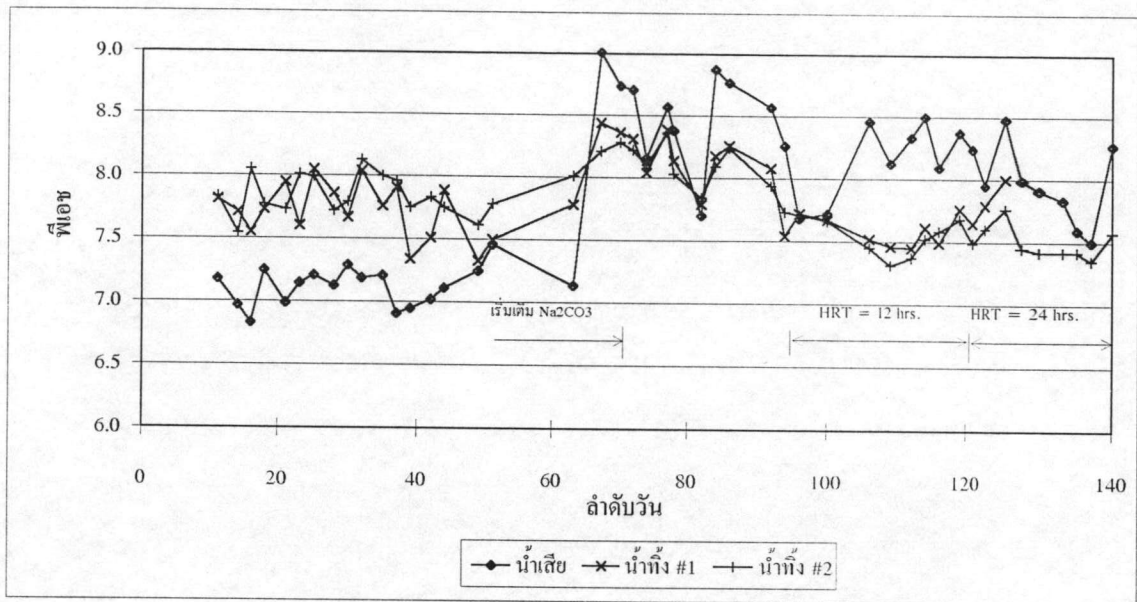
ค่าพีเอชและโออาร์พี ถือว่าเป็นค่าที่สามารถวัดได้ง่าย และใช้ในการตรวจสอบระบบได้ด้วย จากการทดลองพบว่า ค่าพีเอชของน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกันคือ 7.59 และ 7.55 ตามลำดับ ส่วนค่าโออาร์พีของน้ำทิ้งมีค่า -322 และ -326 มิลลิโวลท์ (ดูตารางที่ 4.7) แสดงว่าสภาพโดยทั่วไปของระบบใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง (ดูรูปที่ 4.4 และ 4.5) โดยไม่พบความแตกต่างของค่าทั้งสองที่จะอธิบายถึงความแตกต่างกันของประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้ สาเหตุของความแตกต่างกันดังกล่าวน่าจะเป็นปัจจัยอื่นๆ

ตารางที่ 4.7 ค่าพีเอช และ โออาร์พีในการทดลองที่โรงงานฯ

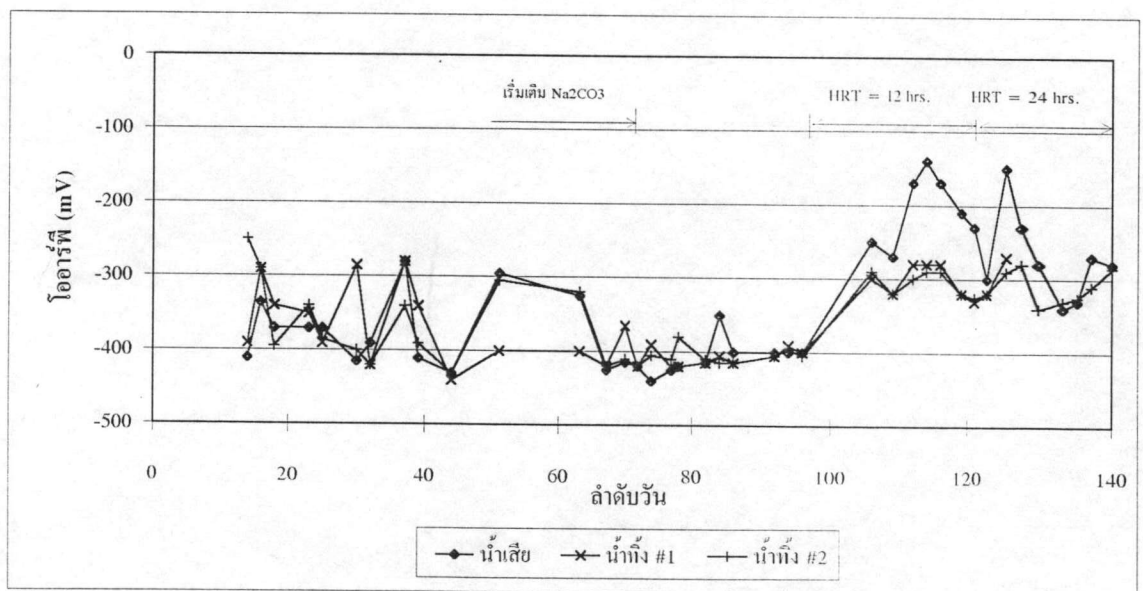
ชุดการทดลอง	เวลากักน้ำ [*] (ชม.)	พีเอช [*]		โออาร์พี (มิลลิโวลท์) [*]	
		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
1	12	8.18	7.59	-249	-322
2	12	8.18	7.55	-249	-326

* - เป็นค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง

จากรูปที่ 4.4 ซึ่งแสดงค่าพีเอชตลอดการทดลองที่โรงงานฯ นั้นจะเห็นว่าในช่วงวันที่ 1 ถึง 65 นั้น ค่าพีเอชในน้ำทิ้งมีค่าสูงกว่าในน้ำเสีย ทั้งนี้เนื่องจากเป็นช่วงของการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ที่ใช้เวลากักน้ำสูง และไม่ได้มีการเติมโซดาแอสลงไปในน้ำเสีย ปริมาณกรดไขมันระเหยที่ลดลง ในขณะที่สภาพค่างทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นจากการเกิดบัพเฟอร์ตามธรรมชาติ (เนื่องจากการย่อยสลายสารอาหารจำพวกโปรตีน) ทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น แต่หลังจากนั้นเมื่อต้องการใช้เวลากักน้ำที่ต่ำลงในการทดลอง จำเป็นจะต้องมีการเพิ่มสภาพค่างที่แสดงถึงกำลังบัพเฟอร์ของระบบเพื่อควบคุมให้ระบบสามารถดำเนินต่อไปโดยไม่มีผลกระทบจากค่าพีเอชที่อาจลดลงหากกำลังบัพเฟอร์ไม่พอเพียง จึงเติมโซดาแอสลงไป 1 กรัม/ลิตร เพื่อให้ได้สภาพค่างทั้งหมดประมาณ 940 มก./ล. จากการเติมโซดาแอสดังกล่าว ทำให้พีเอชในน้ำเสียมีค่าสูงขึ้น มีค่าลดลงในน้ำทิ้ง ส่วนค่าโออาร์พีที่แสดงในรูปที่ 4.5 จะมีค่าเปลี่ยนแปลงบ้าง แต่ก็ยังมีค่าเป็นลบซึ่งแสดงว่าเป็นการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน



รูปที่ 4.4 แสดงพีเอชตลอดการทดลองที่โรงงานฯ



รูปที่ 4.5 แสดงโออาร์พีตลอดการทดลองที่โรงงานฯ

4.4.3 กรดไขมันระเหย, สภาพด่างทั้งหมด และอัตราส่วนกรดไขมันระเหย

ต่อสภาพด่างทั้งหมด

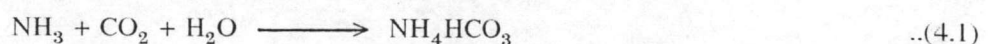
ปริมาณกรดไขมันระเหย, สภาพด่างทั้งหมด และอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมด นั้นเป็นค่าที่ใช้ในการควบคุมและตรวจสอบระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน ซึ่งรวมถึงระบบยูเอสบีด้วย ดังนั้นในการศึกษาสภาพของระบบจึงควรที่จะพิจารณาไปด้วยกัน โดยที่ค่าทั้งสามเป็นไปตามตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปริมาณกรดไขมันระเหย, สภาพด่างทั้งหมด และอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมด ในการทดลองที่โรงงานฯ

ชุดการทดลอง	กรดไขมันระเหย * (มก./ล. ในรูปกรดอะซิติก)		สภาพด่างทั้งหมด * (มก./ล. ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต)		อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมด *
	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	
1	689	333	1,642	1,929	0.17
2	689	320	1,642	1,941	0.16

* - เป็นค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง

ในการควบคุมระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนนั้น ควรมีค่าปริมาณกรดไขมันระเหยอยู่ระหว่าง 200-400 มก./ล. ในรูปกรดอะซิติก สภาพด่างไปคาร์บอเนต 1,500-2,000 มก./ล. และอัตราส่วนของกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างไปคาร์บอเนตต่ำกว่า 0.4 และไม่ควรเกิน 0.8 นั้น ในการทดลองที่โรงงานฯ ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่า 333 และ 320 มก./ล. ในรูปกรดอะซิติก, สภาพด่างทั้งหมด 1,929 และ 1,941 มก./ล. ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต ทำให้อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดที่มีค่า 0.17 และ 0.16 ตามลำดับ (ดูตารางที่ 4.8) ซึ่งถึงแม้ว่าในการทดลองจะไม่ได้ทำการวัดสภาพด่างไปคาร์บอเนต แต่หากคำนวณจากค่าพีเอชและสภาพด่างทั้งหมดแล้วจะได้ค่าสภาพด่างไปคาร์บอเนตที่ 25 °ซ เท่ากับ 1,922 และ 1,935 มก./ล. ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต แสดงว่าระบบมีกำลังบัฟเฟอร์เพียงพอสำหรับสภาพด่างทั้งหมดในน้ำทิ้งที่มีค่าเพิ่มขึ้นจากน้ำเข้านั้น เนื่องมาจากแอมโมเนียที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนทำให้เกิดกำลังบัฟเฟอร์ตามธรรมชาติ ดังสมการ (4.1)



อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันระเหยเปรียบเทียบกับค่าซีไอดีละลาย จากตารางที่ 4.5 แล้วพบว่า การที่ค่าซีไอดีละลายในน้ำทิ้งของทั้ง 2 ชุดการทดลองแตกต่างกัน เนื่องมาจากปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งนั่นเอง

ในช่วงท้ายของการทดลองที่เวลากักน้ำ 12 ชม. (วันที่ 119-121) ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งชุดการทดลองที่ 1 มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากการลอยตัวของเชื้อจุลินทรีย์ที่รุนแรงขึ้น ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบลดลง

4.4.4 อัตราผลิตก๊าซชีวภาพ

ในการศึกษาระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนนั้น อัตราผลิตก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นนั้นเป็นค่าที่สำคัญอย่างหนึ่ง เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ การที่ทราบอัตราผลิตก๊าซชีวภาพ และส่วนประกอบของก๊าซ ทำให้สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจได้ หากต้องการนำก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นไปใช้ นอกจากนี้ยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงสมรรถนะของระบบ อัตราผลิตก๊าซชีวภาพและส่วนประกอบของก๊าซในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 อัตราผลิตก๊าซชีวภาพ และส่วนประกอบของก๊าซ
ในการทดลองที่โรงงานฯ

ชุดการทดลอง	อัตราผลิตก๊าซชีวภาพ *		ส่วนประกอบของก๊าซ *	
	ลิตร/กก. ซีไอดีที่กำจัด	ลิตร/ลิตร	% คาร์บอนไดออกไซด์	% มีเทนและอื่นๆ
1	152	0.17	62	38
2	147	0.16	64	36

* - เป็นค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง

ส่วนประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 62-64% ในขณะที่ตั้งย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนนั้นจะผลิตก๊าซที่มีเปอร์เซ็นต์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียง 30% และก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซชีวภาพอีก 60-70% [Anonymous, 1987 อ้างถึงใน Malina & Pohland, 1992] เนื่องจากในงานวิจัยนี้ใช้น้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งซึ่งเป็นน้ำเสียประเภทโปรตีนทำให้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในขั้นตอนการสร้างกรด เปอร์เซ็นต์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จึงสูงกว่า นอกจากนี้ยังอาจจะมีสาเหตุมาจากการที่แบคทีเรียที่สร้างมีเทนไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของระบบที่ไม่ค่อยดีนัก

สำหรับอัตราผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากการทดลองนี้ที่มีค่า 152 และ 147 ลิตร/กก.ซีโอดีที่กำจัด ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ควรได้จากทฤษฎีคือ 350 ลิตร/กก.ซีโอดีที่กำจัดนั้น เมื่อพิจารณาประกอบกับเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนที่ต่ำ จึงน่าจะสามารถบอกได้ว่าในช่วงของการทดลองดังกล่าวระบบมีสมรรถนะที่ไม่ดีนัก โดยเฉพาะความสามารถของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน ทำให้ระบบมีอัตราผลิตก๊าซชีวภาพที่ต่ำกว่าค่าทางทฤษฎี

อนึ่ง ในการทดลองนี้ยังเกิดปัญหาการลอยตัวและหลุดออกของชั้นสลัดจ์ทั้งหมดในช่วงท้ายของการทดลองด้วย จึงเป็นไปได้ว่าปัญหาการลอยตัวของชั้นสลัดจ์ได้ส่งผลเสียต่อแบคทีเรียที่สร้างมีเทนและทำให้สมรรถนะของระบบต่ำลง

4.5 ผลของการบำบัดน้ำเสียที่ห้องปฏิบัติการ

4.5.1 ลักษณะทั่วไป

เนื่องจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ จะใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานฯ ซึ่งตั้งอยู่ที่ จ.สมุทรสาคร ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำการขนน้ำเสียมาเพื่อเก็บสำรองไว้สำหรับการทดลองเป็นเวลา 2 วัน โดยในการเตรียมน้ำเสียนั้นจะทำการเตรียมน้ำวันต่อวัน และเติมโซดาแอสซงไป 1 กรัมต่อลิตร เช่นเดียวกับการทดลองที่โรงงานฯ สาเหตุที่ทำการเตรียมน้ำวันต่อวันก็เพื่อต้องการให้น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบยูเอเอสบีมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยจะทำความสะอาดถังพักน้ำเสียก่อนที่จะเติมน้ำเสียลงไปใหม่ เพื่อไม่ให้มีตะกอนค้างอยู่ในถังพักน้ำเสีย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของน้ำเสียได้ เมื่อทำการทดลองได้ระยะหนึ่งได้สังเกตเห็นลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ภายในถังยูเอเอสบีดังกล่าว พบว่าเชื้อจุลินทรีย์มีลักษณะอัดตัวกันที่ส่วนล่างของถังปฏิกริยา และเกิดการลอยตัวของชั้นจุลินทรีย์ ซึ่งได้ทำการแก้ไขโดยการใช้ท่อแยงเพื่อให้ชั้นจุลินทรีย์ดังกล่าวหลุดออกจากกันเมื่อชั้นจุลินทรีย์ลอยตัวสูงขึ้น เมื่อชั้นจุลินทรีย์ดังกล่าวแตกออกจะมีก๊าซหลุดออกมาเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดการกวนในชั้นจุลินทรีย์ก่อนจะตกลงสู่ส่วนล่างของถัง

หลังจากเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ได้ 54 วัน จึงได้ทดลองที่เวลากักน้ำ 18 ชั่วโมง (ชุดการทดลองที่ 3 และ 4) เพื่อเก็บเป็นข้อมูลสำหรับประกอบการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียและจุลินทรีย์ภายในถัง จากการทดลองเป็นเวลา 21 วันพบว่าได้ผลไม่ดึ้นัก (ดูตารางที่ 4.10) โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียต่ำกว่า 20 % สาเหตุน่าจะมาจากการไหลเป็นช่อง เนื่องจากเมื่อสังเกตเห็นเชื้อจุลินทรีย์ภายในชั้นตะกอนอัดตัวกันแน่นดังกล่าวมาข้างต้น จึงได้มีความพยายามแก้ไขเพื่อให้เกิดการกวนในชั้นตะกอนอย่างพอเพียงโดยการเวียนน้ำทิ้งเข้าสู่ระบบ พบว่าเกิดการไหลเป็นช่องอย่างชัดเจนทำให้น้ำเสียไหลลัดวงจร จึงทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำ จึงยุติการเวียนน้ำทิ้ง และเป็นการแสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดของส่วนกระจายน้ำเสียของถังปฏิกริยาที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งจากการสอบถามจากผู้ที่เคยวิจัยระบบยูเอเอสบีได้รับคำแนะนำว่า ในการทดลองระบบยูเอเอสบีโดยมีการเวียนน้ำทิ้งทำให้มีความเร็วสูงขึ้นนั้น ควรจะต้องมีการใส่ลูกแก้วลงไปที่ก้นถังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายน้ำเสีย

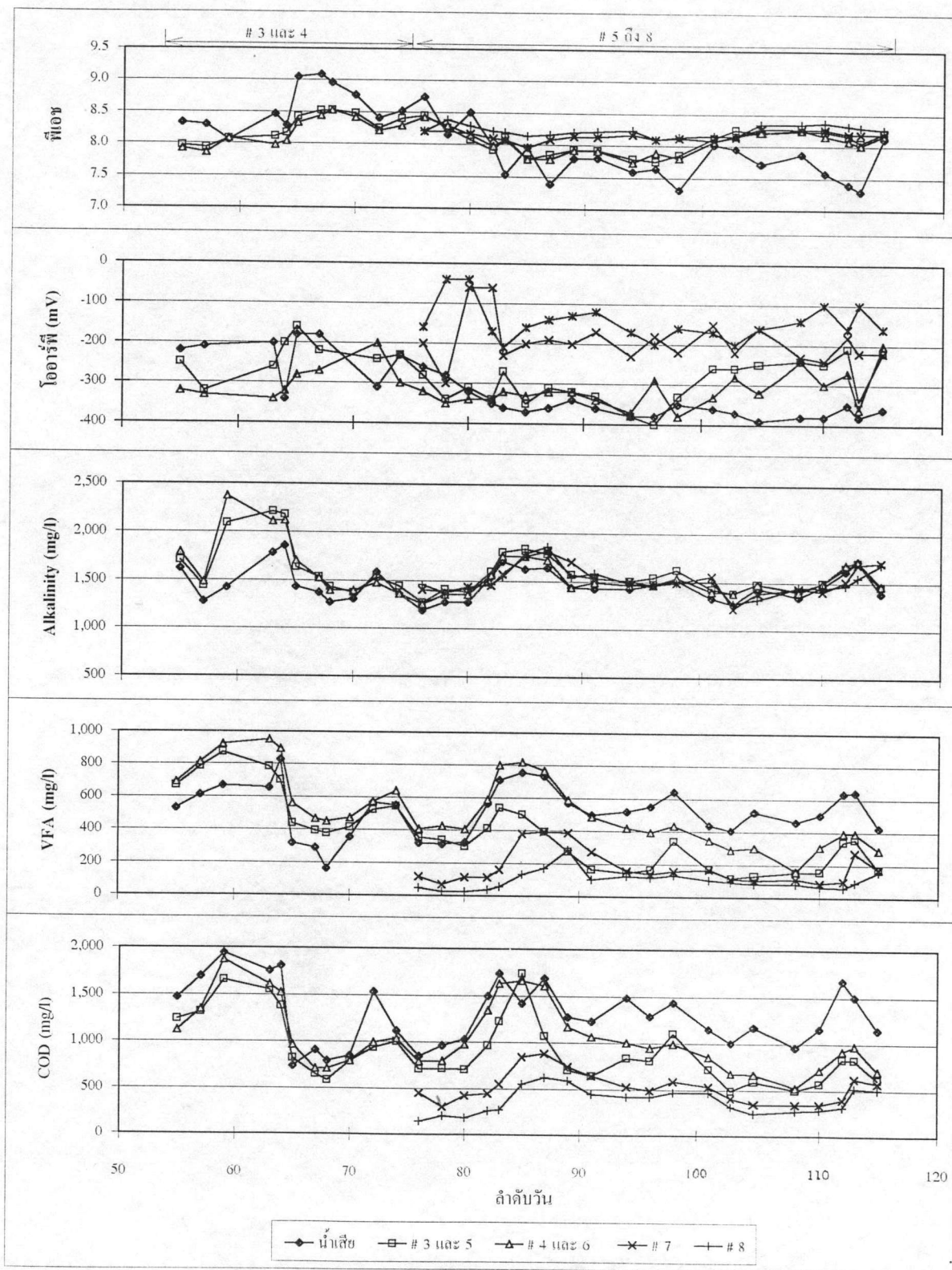
ตารางที่ 4.10 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในการทดลองที่ห้องปฏิบัติการ ๑

ชุดการทดลอง	ลักษณะ ถังพักน้ำเสีย	เวลาดักน้ำ ในถัง ยูเอเอสบี *	ออร์แกนิกโพลดิ่ง (กก.ซีโอดี / ลบ.ม.-วัน) *	ประสิทธิภาพ ในการกำจัด ซีโอดี (%) *
3	ไม่มีตะกอนจุลินทรีย์	18	1.77	17.0
4	สะสมในถังพักน้ำเสีย	18	1.77	11.2
5	มีตะกอนจุลินทรีย์สะสม	12	2.57	43.9
6	(เกิดสภาพถังสร้างกรด)	12	2.57	36.0
7		12 + 12		58.8
8		12 + 24		70.9

หลังจากที่ทำการทดลองโดยทำความสะอาดถังพักน้ำเสียมาแล้วเป็นเวลานาน 75 วัน พบว่า ยังไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเลียนแบบสภาพที่เกิดขึ้นในชุดการทดลองที่โรงงานฯ โดยปล่อยให้มีการสะสมตัวของตะกอนเกิดขึ้นในถังพักน้ำเสีย ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเรียกว่า “ถังสร้างกรด” ปรากฏว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบมีแนวโน้มที่ดีขึ้น จาก 17.0 และ 11.2 % เป็น 43.9 และ 36.0 % ตามลำดับเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ 5 และ 6 ซึ่งทดลองที่เวลาดักน้ำ 12 ชั่วโมง (ดูรูปที่ 4.6)

ในการทดลองโดยมีถังสร้างกรดนั้นได้ทำการทดลองพร้อมกันทั้งสิ้น 4 ชุด (ชุดการทดลองที่ 5 ถึง 8) โดยชุดการทดลองที่ 7 และ 8 นั้น เป็นการนำน้ำทิ้งจากชุดการทดลองที่ 5 และ 6 มาทำการบำบัดต่อใน stage ที่ 2 ที่เวลาดักน้ำ 12 และ 24 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบแล้ว พบว่าเวลาดักน้ำที่เพิ่มขึ้นช่วยให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงขึ้นเป็น 58.8 และ 70.7 % ตามลำดับ

สิ่งที่สามารถสังเกตเห็นได้ในถังยูเอเอสบีเมื่อมีถังสร้างกรดแล้ว คือ ปริมาณก๊าซที่เพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดการกวนในชั้นตะกอนที่ดีขึ้น ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาจากออร์แกนิกโพลดิ่งที่ใช้ในชุดการทดลองที่ 5 และ 6 ที่มีค่าสูงกว่าในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 แล้วนั้น ค่าออร์แกนิกโพลดิ่งที่สูงขึ้นย่อมหมายถึงสารอาหารที่มากขึ้น และปริมาณก๊าซที่เกิดเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการกวนอย่างพอเพียงในชั้นตะกอน แต่ทั้งนี้การสร้างสภาพการสร้างกรดที่ส่งผลให้ระบบสามารถบำบัดน้ำเสียได้เพิ่มขึ้นนั้นนับว่าเป็นสิ่งสำคัญ ในการบำบัดน้ำเสียที่ออร์แกนิกโพลดิ่งสูงขึ้น การวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวจะกล่าวในบทถัดไป



รูปที่ 4.6 แสดงผลการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ (ชุดการทดลองที่ 3 ถึง 8)

4.5.2 ซีโอดี

ซีโอดีเป็นค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบว่าสามารถบำบัดน้ำเสียได้มีมากน้อยเพียงใด และยังหมายถึงคุณภาพของน้ำทิ้งอีกด้วย (ดูตารางที่ 4.11) โดยในการทดลองนี้จะทำการทดลองค่าซีโอดีทั้งหมดเป็นหลัก และจะทำการวิเคราะห์ค่าซีโอดีละลายเพื่อใช้ในการอธิบายเปรียบเทียบความสามารถในการย่อยสลายอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในระบบ

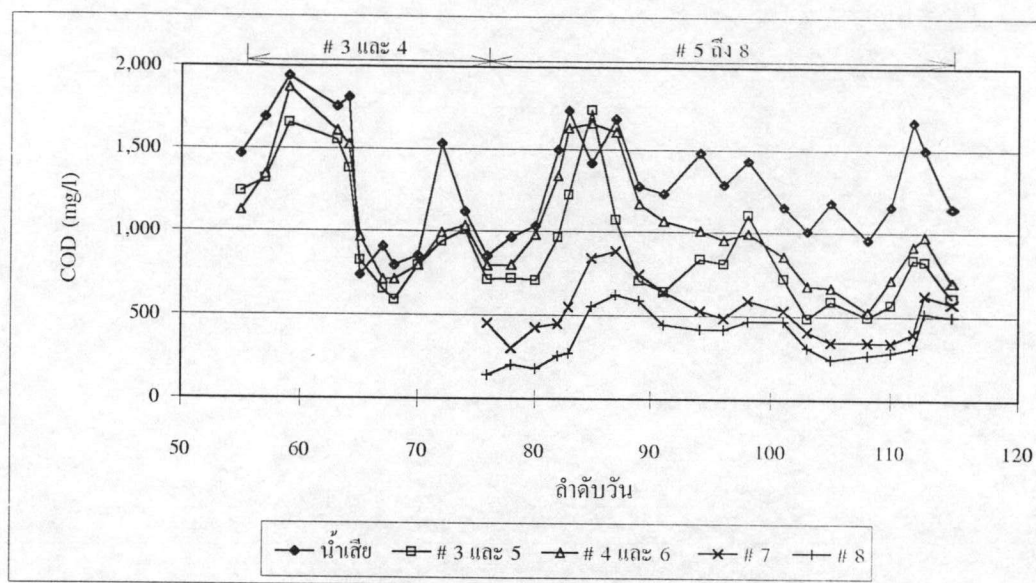
ตารางที่ 4.11 ซีโอดีและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ในการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ

ชุดการทดลอง	ซีโอดี (มก./ล.) *			% การกำจัดซีโอดี **	
	น้ำเสีย (ซีโอดีทั้งหมด)	น้ำทิ้ง		ซีโอดีทั้งหมด	ซีโอดีละลาย
		ซีโอดีทั้งหมด	ซีโอดีละลาย		
3	1,330	1,086	-	17.0	-
4	1,330	1,153	-	11.2	-
5	1,285	706	511	43.9	59.2
6	1,285	800	683	36.0	45.4
7	1,285	525	381	58.8	69.0
8	1,285	375	287	70.9	76.5

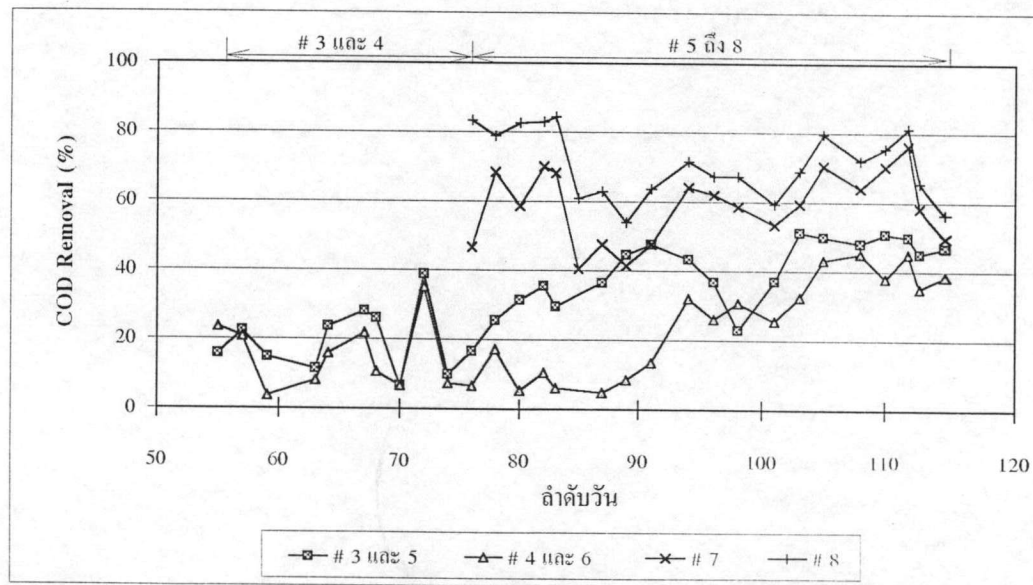
* - เป็นค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง

สำหรับในหัวข้อนี้จะเป็นการพิจารณาเฉพาะค่าซีโอดีทั้งหมด เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ในทุกชุดการทดลอง โดยจากตารางที่จะเห็นว่าในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 นั้นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีต่ำมาก (น้อยกว่า 20%) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่อยู่ในรูปกรดไขมันระเหย แต่เมื่อมีถังสร้างกรวดก่อนเข้าสู่ถังยูเอเอสบีนั้นระบบสามารถกำจัดซีโอดีได้สูงขึ้นในชุดการทดลองที่ 5 และ 6 แม้จะลดเวลาการกักเก็บน้ำในถังยูเอเอสบีลง (จาก 18 ชม. ในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 เป็น 12 ชม.)

พิจารณาค่าซีโอดีและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในแต่ละชุดการทดลอง (ดูรูปที่ 4.7 และ 4.8) พบว่าในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 นั้น ค่าซีโอดีในน้ำเสียและน้ำทิ้งไม่มีความแตกต่างกันมากนักโดยสามารถกำจัดซีโอดีได้บ้าง เมื่อซีโอดีในน้ำเสียสูงขึ้นซีโอดีในน้ำทิ้งก็มีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อซีโอดีในน้ำเสียลดลงค่าซีโอดีในน้ำทิ้งก็ลดลงด้วยโดยที่ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมีการขึ้นลงไปตามซีโอดีที่เปลี่ยนไปนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากความแตกต่างในรูปของสารอาหาร ทำ



รูปที่ 4.7 แสดงซีโอดีของการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ (ชุดการทดลองที่ 3 ถึง 8)



รูปที่ 4.8 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ (ชุดการทดลองที่ 3 ถึง 8)

ให้การย่อยสลายยากต่างกันไป ในชุดการทดลองที่ 5 ถึง 8 ซึ่งทำการบำบัดน้ำเสียที่มีลักษณะเหมือนกันตลอดการทดลองนั้น เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะชุดการทดลองที่ 5 และ 6 จะเห็นว่าเมื่อมีถังสร้างกรด ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีก็มีค่าสูงขึ้นอย่างเป็นลำดับในระยะเวลา 1 สัปดาห์ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 6 นั้นต้องใช้เวลาเกินกว่า 3 สัปดาห์ ทั้งนี้เนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้แตกต่างกันของทั้ง 2 ชุดการทดลอง ส่วนในชุดการทดลองที่ 7 และ 8 ที่ใช้เวลาถักน้ำนานขึ้นก็ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงขึ้นตาม สำหรับช่วงปลายของการทดลองจะเห็นว่าค่าซีโอดีในน้ำทิ้งของชุดการทดลองที่ 5 และ 7 นั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากทั้งนี้เนื่องจากลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ในชุดการทดลองที่ 5 นี้มีความคุ้นเคยกับน้ำเสียดังกล่าวนี้แล้ว (ชุดการทดลองที่ 7 และ 8 นั้นเป็นการเพิ่มระยะเวลาในการบำบัดโดยนำน้ำทิ้งจากชุดการทดลองที่ 5 และ 6 มารวมกันและผ่านเข้าสู่ถังยูเอเอสบีใน stage ที่ 2 ต่อไป)

4.5.3 พีเอชและโออาร์พี

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ถึงบทบาทของค่าพีเอชต่อการควบคุมระบบ โดยจะต้องมีการควบคุมค่าพีเอชให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงแสดงถึงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ส่วนโออาร์พีนั้นช่วยให้สามารถประเมินได้อย่างคร่าว ๆ ว่าในระบบเกิดปฏิกิริยาชนิดใด ในชุดการทดลองที่ห้องปฏิบัติการนี้ ได้ทำการวัดค่าพีเอชและโออาร์พีดังสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าพีเอชและ โออาร์พีของการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ

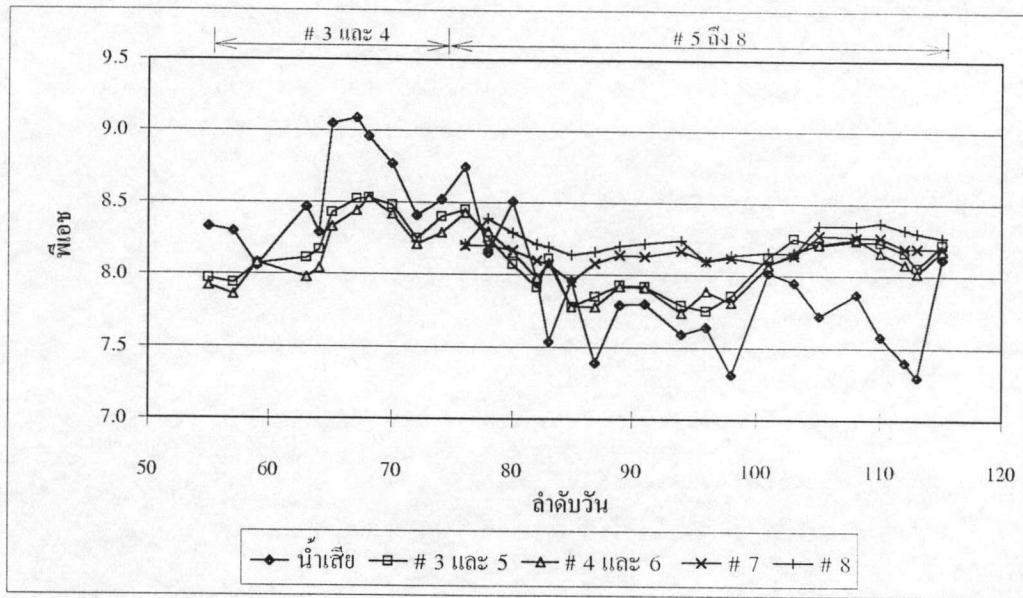
ชุดการทดลอง	ถังสร้างกรด	เวลาถักน้ำ* (ชม.)	พีเอช*		โออาร์พี (มิลลิโวลต์)*	
			น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
3		18	8.57	8.26	-234	-235
4		18	8.57	8.19	-234	-393
5	✓	12	7.85	8.11	-354	-276
6	✓	12	7.85	8.09	-354	-297
7	✓	12 + 12	7.85	8.15	-354	-193
8	✓	12 + 24	7.85	8.24	-354	-145

* - เป็นค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง

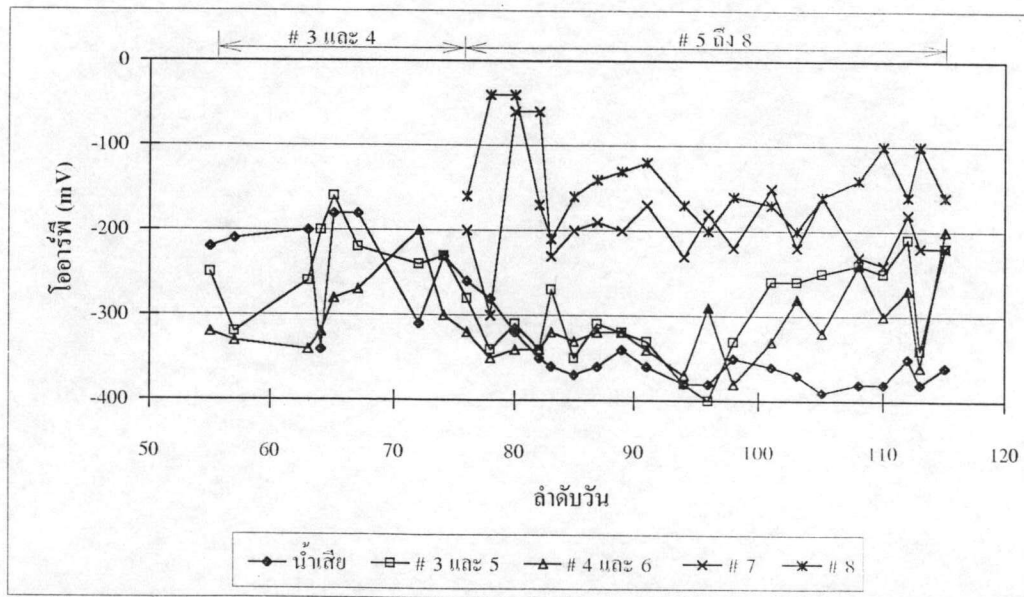
✓ หมายถึงมีถังสร้างกรด

จากค่าพีเอชในตารางที่ 4.12 จะเห็นว่าในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 นั้น มีค่าพีเอชในน้ำเสียสูงกว่าการทดลองชุดที่ 5 ถึง 8 โดยมีค่าสูงถึง 8.57 ซึ่งทั้งนี้สาเหตุอาจเกิดจากการเติมโซดาแอสลงไปประกอบกับลักษณะน้ำเสียที่มีปริมาณกรดไขมันต่ำ จึงทำให้ค่าพีเอชสูง ส่วนในการทดลองชุดที่ 5 ถึง 8 นั้นน้ำเสียมีปริมาณกรดไขมันระเหยสูงกว่าเนื่องจากมีตะกอนจุลินทรีย์ในถังพักน้ำเสีย ทำให้เกิดการ hydrolyzed น้ำเสียขึ้น จึงทำให้ค่าพีเอชต่ำกว่า สำหรับค่าพีเอชที่ลดลงในน้ำทิ้งของชุดการทดลองที่ 3 และ 4 มีสาเหตุมาจากปริมาณกรดไขมันระเหยที่เพิ่มขึ้นจากเดิมในน้ำเสีย แสดงว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระบบนั้นยังไม่สมบูรณ์ จึงมีปริมาณกรดไขมันระเหยเพิ่มขึ้นในน้ำทิ้ง ในขณะที่พีเอชในน้ำทิ้งของการทดลองชุดที่ 5 ถึง 8 นั้นมีค่าลดลงจากในน้ำเสียเนื่องจากปริมาณกรดไขมันระเหยที่ลดลงนั่นเอง

ส่วนค่าไออาร์พีในน้ำเสียและน้ำทิ้งในทุกชุดการทดลองนั้นมีค่าเป็นลบ แสดงให้เห็นว่าเกิดกระบวนการแบบไร้ออกซิเจนในถังปฏิกิริยา ส่วนความแตกต่างของค่าดังกล่าวในน้ำเสียที่มีค่าเท่ากับ -234 มิลลิโวลท์ ในการทดลองชุดที่ 3 และ 4 และ -354 มิลลิโวลท์ ในการทดลองชุดที่ 5 ถึง 8 แสดงให้เห็นถึงระดับของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ค่าไออาร์พีที่ติดลบมากกว่าในน้ำเสียในชุดการทดลองที่ 5 ถึง 8 แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาแบบไร้ออกซิเจนขึ้นในถังพักน้ำเสีย ทำให้ค่าไออาร์พีที่วัดได้มีค่าต่ำกว่า ความเปลี่ยนแปลงของไออาร์พีในน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียในแต่ละชุดการทดลองแล้ว พบว่าชุดการทดลองที่ 4 ที่มีค่าไออาร์พีต่ำกว่าในขณะที่มีปริมาณกรดไขมันระเหยสูงกว่า เมื่อพิจารณาค่าไออาร์พีในน้ำทิ้งในชุดการทดลองที่ 5 ถึง 8 นั้น จะเห็นว่าค่าไออาร์พีมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลากักน้ำเพิ่มขึ้น คือจาก -276 และ -297 มิลลิโวลท์ เมื่อใช้เวลากักน้ำ 12 ชั่วโมง เป็น -193 และ -145 มิลลิโวลท์ เมื่อใช้เวลากักน้ำ 24 และ 36 ชั่วโมง ตามลำดับ ค่าไออาร์พีในน้ำทิ้งที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลองจึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมันระเหย ดังนั้นจากการทดลองนี้จะเห็นว่าเมื่อค่าไออาร์พีติดลบน้อยกว่าจะบอกถึงปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งที่ต่ำกว่า และสอดคล้องกับงานของพิพัฒน์ [2529] และมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงการทดลองเกิดจากสาเหตุดังกล่าวนั่นเอง (ดูรูปที่ 4.9 และ 4.10) ในขณะที่งานของมันลิน [2536] สรุปไว้ว่าเมื่อเกิดปฏิกิริยาแบบไร้ออกซิเจนในขั้นตอนการสร้างกรดอินทรีย์นั้นจะมีค่าไออาร์พี -300 มิลลิโวลท์ และเมื่อเกิดการสร้างมีเทนจะมีค่าลดลงเป็น -500 มิลลิโวลท์ จึงเป็นไปได้ว่าในการวัดค่าไออาร์พีในงานวิจัยนี้มีความผิดพลาด เนื่องจากใช้วิธีการวัดที่ไม่ถูกต้อง รวมทั้งข้อจำกัดของเครื่องวัดด้วย



รูปที่ 4.9 แสดงพีเอชของการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ (ชุดการทดลองที่ 3 ถึง 8)



รูปที่ 4.10 แสดงโออาร์พีของการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ (ชุดการทดลองที่ 3 ถึง 8)

4.5.4 กรดไขมันระเหย สภาพต่างทั้งหมด

ในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 นั้นปริมาณกรดไขมันระเหยเฉลี่ยในน้ำทิ้งมีค่าสูงขึ้นกว่าในน้ำเสีย คือเพิ่มขึ้นจาก 504 มก./ล. เป็น 592 กับ 667 มก./ล. ในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 (ดูตารางที่ 4.13) ในขณะที่ค่าดังกล่าวมีค่าลดลงจาก 528 มก./ล. เป็น 211, 332, 181 และ 100 มก./ล. ในชุดการทดลองที่ 5 ถึง 8 ซึ่งข้อแตกต่างดังกล่าวมีผลมาจากการมีถังสร้างกรดในชุดการทดลองที่ 5 ถึง 8 ทำให้ระบบสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ดีขึ้น ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งจึงมีค่าลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของปริมาณกรดไขมันระเหยนั้น ย่อมส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในน้ำทิ้งด้วย กล่าวคือ ปริมาณกรดไขมันระเหยที่เพิ่มขึ้นในน้ำทิ้งของชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ส่งผลให้พีเอชลดลง ส่วนปริมาณกรดไขมันระเหยที่ลดลงจากชุดการทดลองที่ 5 และ 6 ในชุดการทดลองที่ 7 และ 8 นั้น เนื่องมาจากการเพิ่มเวลากักน้ำให้นานขึ้น ทำให้ระบบสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้น รายละเอียดของค่าปริมาณกรดไขมันระเหยและสภาพต่างทั้งหมด ดูจากตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.11 และ 4.12

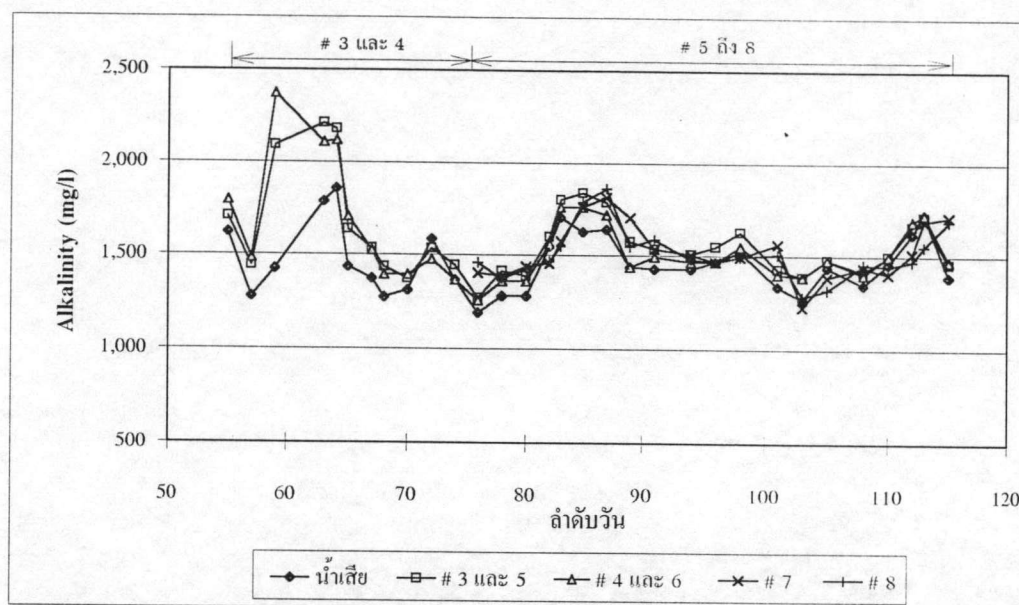
ตารางที่ 4.13 ปริมาณกรดไขมันระเหยและสภาพต่างทั้งหมด

ในการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ

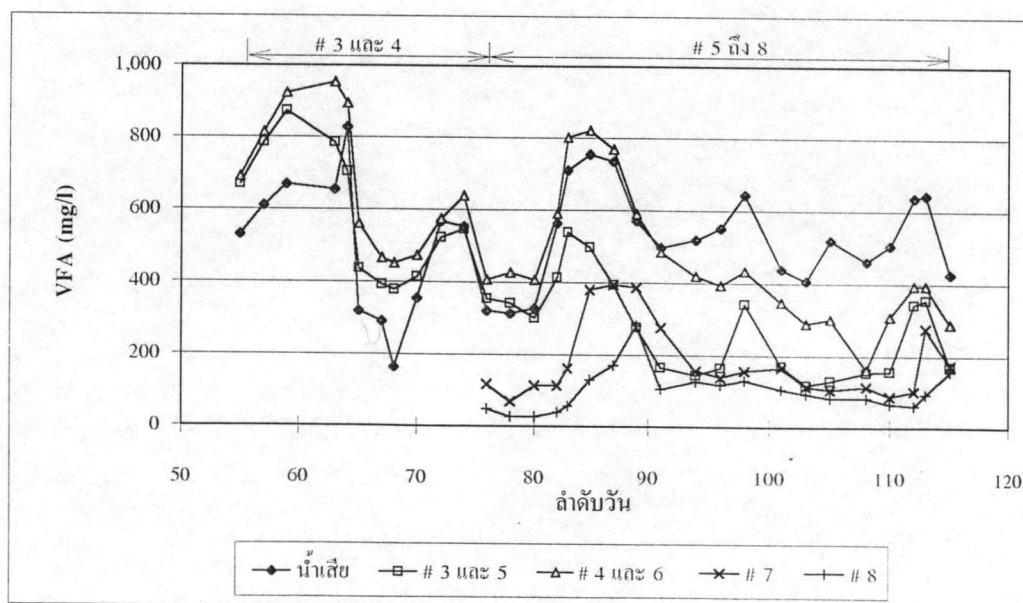
ชุดการทดลอง	ถังสร้างกรด	กรดไขมันระเหย *		สภาพต่างทั้งหมด *	
		(มก./ล. ในรูปกรดอะซิติก)		(มก./ล. ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต)	
		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
3		504	592	1,483	1,690
4		504	667	1,483	1,704
5	✓	528	211	1,457	1,521
6	✓	528	332	1,457	1,504
7	✓	528	181	1,457	1,524
8	✓	528	100	1,457	1,501

* - เป็นค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง

✓ หมายถึงมีถังสร้างกรด



รูปที่ 4.11 แสดงสภาพต่างทั้งหมดของการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ
(ชุดการทดลองที่ 3 ถึง 8)



รูปที่ 4.12 แสดงปริมาณกรดไขมันระเหยของการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ
(ชุดการทดลองที่ 3 ถึง 8)

4.5.5 ตะกอนแขวนลอย

ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง ทำให้ทราบได้ว่าถึงยูเอเอสบีแบบต่างๆ ที่มีอุปกรณ์แยก 3 สถานะแตกต่างกันนั้นมีความสามารถในการกักตะกอนได้มากน้อยต่างกันอย่างไร ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ปริมาณตะกอนแขวนลอย และลักษณะของถังยูเอเอสบีที่ใช้ในการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ

ชุดการทดลอง	ลักษณะของยูเอเอสบี	ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.) **	
		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
3	แบบที่ 3	153	70
4	แบบที่ 4	153	42
5	แบบที่ 3	118	105
6	แบบที่ 4	118	61
7	แบบที่ 3 และ 5	118	45
8	แบบที่ 4 และ 5	118	47

* - เป็นค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง

จะเห็นว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งของชุดการทดลองที่ 3 และ 5 ซึ่งใช้ถังยูเอเอสบีแบบที่ 3 มีค่าสูงกว่าในชุดการทดลองที่ 4 และ 6 ที่ใช้ถังยูเอเอสบีแบบที่ 4 ทั้งนี้เนื่องมาจากความแตกต่างของอุปกรณ์แยก 3 สถานะของถังยูเอเอสบีทั้ง 2 แบบ โดยในแบบที่ 3 นั้น อุปกรณ์แยก 3 สถานะที่ติดตั้งที่ส่วนบนของถังนั้นจะยอมให้มีการหลุดออกของตะกอนได้มากกว่า(ดูหัวข้อ 3.3) ส่วนในชุดการทดลองที่ 7 และ 8 ซึ่งมีถังยูเอเอสบีต่อเพิ่มอีก 1 stage และเป็นถังยูเอเอสบีแบบที่ 5 แบบเดียวกัน และมีลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ใกล้เคียงกันจึงทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกัน

4.5.6 ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นและอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นและสามารถวัดได้จากเครื่องวัดปริมาณก๊าซนั้น ทำให้สามารถบอกอัตราผลิตก๊าซทั้งหมดได้เมื่อเปรียบเทียบกับซีโอดีที่กำจัด และเมื่อพิจารณาเฉพาะปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นก็จะทำให้สามารถบอกอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพของระบบได้ตามตารางที่ 4.15 ซึ่งแสดงปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น ส่วนประกอบของก๊าซ และอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยจะแสดงเฉพาะชุดการทดลองที่ 3 ถึง 6 เท่านั้น เนื่องจากในชุดการทดลองที่ 7 และ 8 นั้นเป็นการนำน้ำทิ้งจากชุดการทดลองที่ 5 และ 6 มาบำบัดต่ออีก 1 stage จึงจะไม่คำนวณอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 4.15 อัตราผลิตก๊าซชีวภาพและส่วนประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้น
ในการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ

ชุดการทดลอง	อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ *		ส่วนประกอบของก๊าซ *		ปริมาณก๊าซ* (ลิตร/วัน)
	(ลิตร/กก. ซีโอดีที่กำจัด)	(ลิตร/ลิตร)	% คาร์บอนไดออกไซด์	% มีเทนและอื่นๆ	
3	94	0.07	65	35	1.23
4	324	0.13	55	45	2.44
5	113	0.10	48.5	51.5	2.81
6	237	0.12	49.5	50.5	2.28

* - เป็นค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง

จากตารางที่ 4.15 จะเห็นว่าอัตราผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้ในทุกชุดการทดลองมีค่าน้อยกว่า 350 ลิตร/กก.ซีโอดี ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากทฤษฎี นี่แสดงให้เห็นถึงบางสิ่งบางอย่างที่เกิดขึ้นในการทดลอง ในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ซึ่งทดลองโดยไม่มีถังสร้างกรดนั้น ในชุดการทดลองที่ 4 มีค่าอัตราดังกล่าวใกล้เคียงกับทางทฤษฎี ในขณะที่ในชุดการทดลองที่ 3 นั้นมีค่าต่ำกว่าทางทฤษฎีมาก เนื่องจากตลอดการทดลองโดยไม่มีถังสร้างกรดนี้เกิดการลอยตัวของชั้นตะกอนเป็นระยะๆ จึงทำการแก้ไขโดยแยงให้ชั้นตะกอนแตกออกเพื่อป้องกันไม่ให้ออกจากระบบ อย่างไรก็ตาม ด้วยลักษณะของอุปกรณ์แยก 3 สถานะแบบที่ 3 ซึ่งใช้ในชุดการทดลองที่ 3 นั้น ครอบคลุมพื้นที่หน้าตัดของถังยูเอสบีเพียง 50% นั้นทำให้มีการหลุดออกของก๊าซ และตะกอนได้มากกว่าในชุดการทดลองที่ 4 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่หน้าตัดของถังยูเอสบีไว้ทั้งหมด ปริมาณก๊าซที่วัดได้จึงมีค่าผิดจากความเป็นจริง อย่างไรก็ตาม หากทดลองคำนวณใหม่โดยเพิ่มปริมาณก๊าซเป็น 2 เท่า เนื่องจากการยอมให้ก๊าซหลุดออกได้ดังกล่าวแล้วจะได้ค่าอัตราผลิตก๊าซเพิ่มขึ้นเป็น 188 ลิตร/กก.ซีโอดี

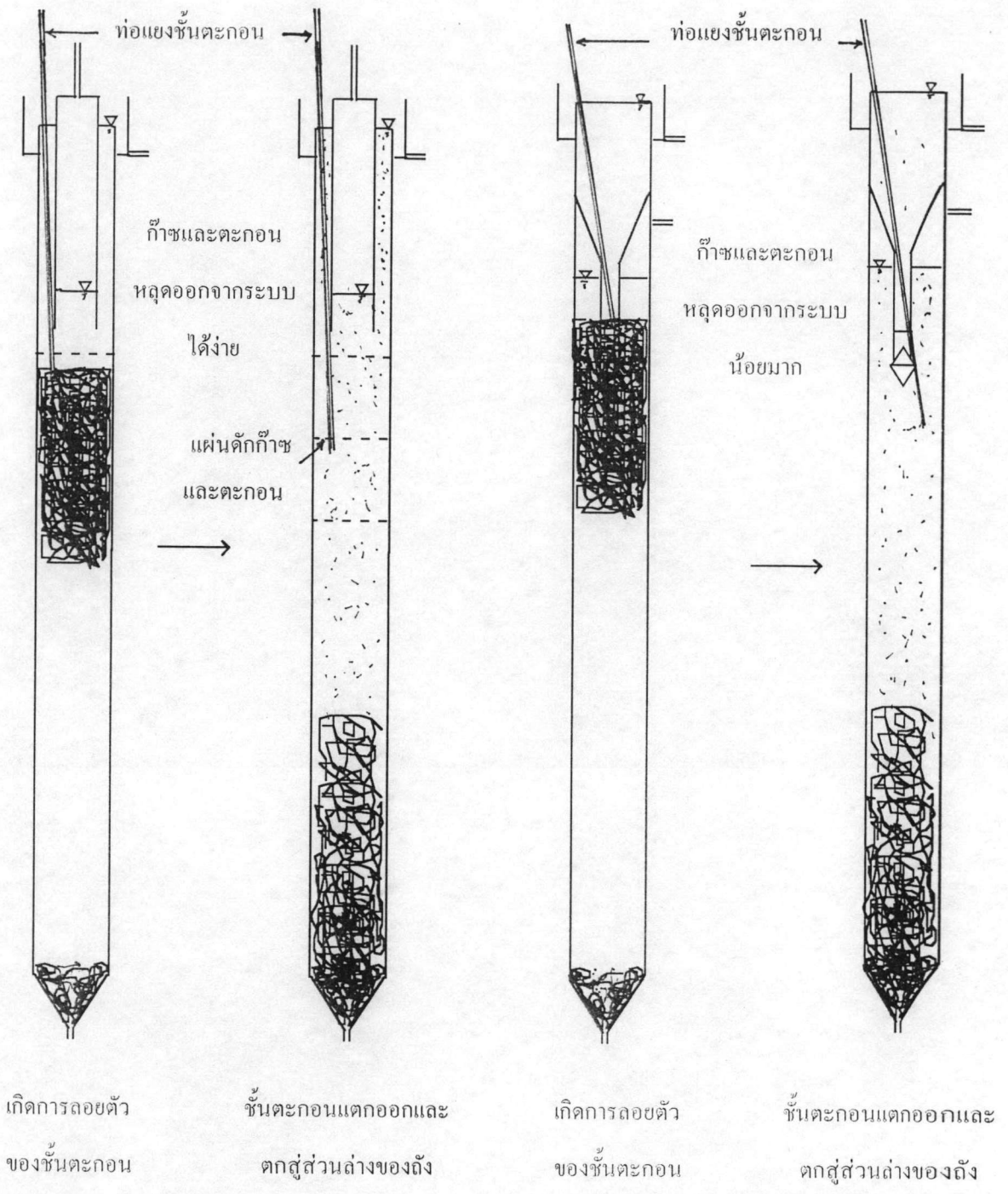
ที่จำกัด เป็นไปได้ว่าเกิดการหลุดออกของปริมาณก๊าซมากกว่านั้น เนื่องจากปัญหาการลอยตัวของชั้นสลัดจ์ดังกล่าว รวมทั้งสมรรถนะของระบบที่ไม่ดีนัก ในขณะที่ในชุดการทดลองที่ 4 ซึ่งใช้ถังยูเอเอสบีที่ใช้อุปกรณ์แยก 3 สถานะแบบที่ 4 ที่ยอมให้ก๊าซที่เกิดขึ้นหลุดออกได้น้อยมากนั้นมีค่าอัตราผลิตก๊าซเพิ่มขึ้นเป็น 324 ลิตร/กก.ซีโอดีที่จำกัด ลักษณะการลอยตัวและหลุดออกของตะกอนแสดงได้ดังรูปที่ 4.13

เมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่ 5 และ 6 ที่มีถังสร้างกรดซึ่งทดลองต่อเนื่องจากชุดการทดลองที่ 3 และ 4 นั้นจะเห็นว่าอัตราผลิตก๊าซชีวภาพมีค่าต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีในทั้งสองชุดการทดลอง ซึ่งสาเหตุอาจจะเนื่องมาจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ เช่น อุปกรณ์แยกก๊าซ-ตะกอน และเครื่องวัดปริมาณก๊าซ ทำให้ไม่สามารถเก็บก๊าซที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวยังสามารถบอกถึงสมรรถนะของระบบได้ (ดูหัวข้อ 4.4.4) แสดงว่าระบบยังมีสมรรถนะที่ไม่ดีนัก

สำหรับปริมาณก๊าซที่วัดได้ในชุดการทดลองที่ 3 จะวัดปริมาณก๊าซได้น้อยกว่าในชุดการทดลองที่ 4 ถึง 1.21 ลิตรต่อวัน ในขณะที่การกำจัดซีโอดีในชุดการทดลองที่ 3 นั้นมีค่ามากกว่า สาเหตุเป็นเพราะลักษณะที่แตกต่างกันอุปกรณ์แยก 3 สถานะดังกล่าวไว้แล้วข้างต้น อย่างไรก็ตาม การที่อุปกรณ์แยก 3 สถานะมีลักษณะยอมให้มีการหลุดของตะกอนจุลินทรีย์ด้วยนั้นกลายเป็นข้อดี เพราะหลังจากมีถังสร้างกรดแล้วระบบสามารถปรับสภาพได้รวดเร็ว โดยใช้เวลาเพียง 1 สัปดาห์ (ชุดการทดลองที่ 5) ในขณะที่อุปกรณ์แยก 3 สถานะแบบที่ 4 ที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 4 และ 6 นั้นการหลุดออกของเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ยากกว่า ทำให้การปรับสภาพภายในระบบเพื่อตัดเชื้อที่ไม่มีความเหมาะสมออกจากระบบนั้นเป็นไปอย่างยากลำบาก ต้องใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพนานถึง 3 สัปดาห์ จึงจะสามารถกำจัดซีโอดีได้ใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่ 5

หากพิจารณาส่วนประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นจะเห็นว่าในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ซึ่งไม่มีถังสร้างกรดนั้น จะมีสัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 50% คือ 55 และ 65% ในขณะที่เมื่อทดลองโดยมีถังสร้างกรดในชุดการทดลองที่ 5 และ 6 นั้น พบว่าสัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นมีค่าลดลง เนื่องจากในกลไกการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ นั้นจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาด้วยในขั้นตอนการสร้างกรด (ดูหัวข้อ 2.1) ดังนั้น การมีถังสร้างกรดจึงทำให้สัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าต่ำกว่า

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับกรทดลองที่โรงงานฯ ซึ่งมีอัตราผลิตก๊าซชีวภาพเพียง 147-152 ลิตร/กก.ซีโอดีที่จำกัด และเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 62-64% และมีปัญหาการลอยตัวของชั้นสลัดจ์แล้ว นับว่าในการทดลองที่ห้องปฏิบัติการฯ นี้ ระบบยังมีสมรรถนะที่ดีอยู่แม้จะกำจัดซีโอดีได้น้อยกว่าก็ตาม



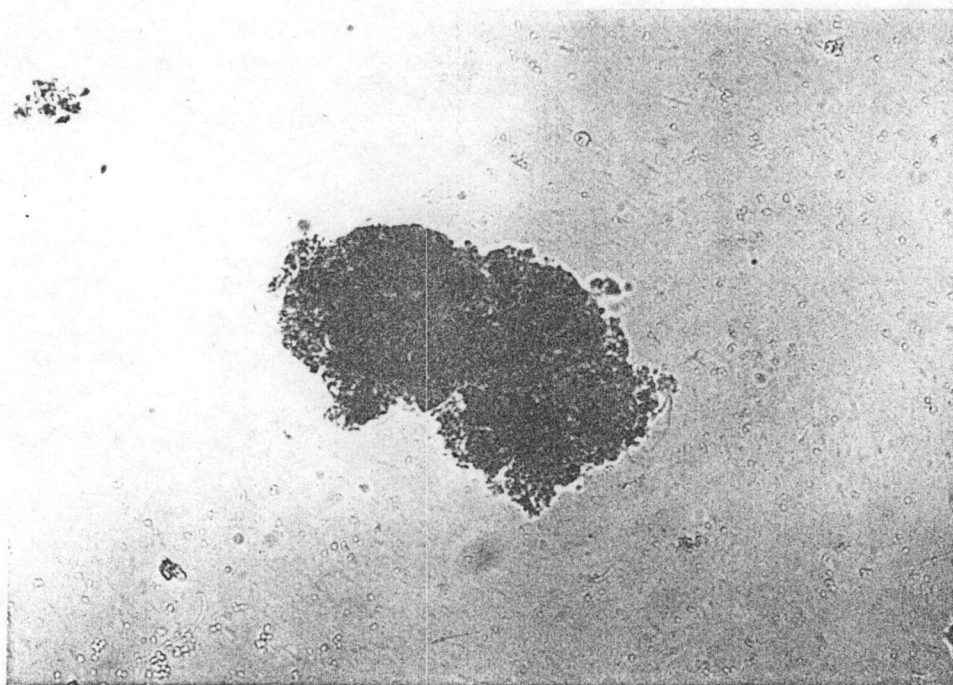
รูปที่ 4.13 แสดงการลอยตัวและหลุดออกของตะกอนในชุดการทดลองที่ 3 และ 4

4.5.7 ลักษณะจุลินทรีย์

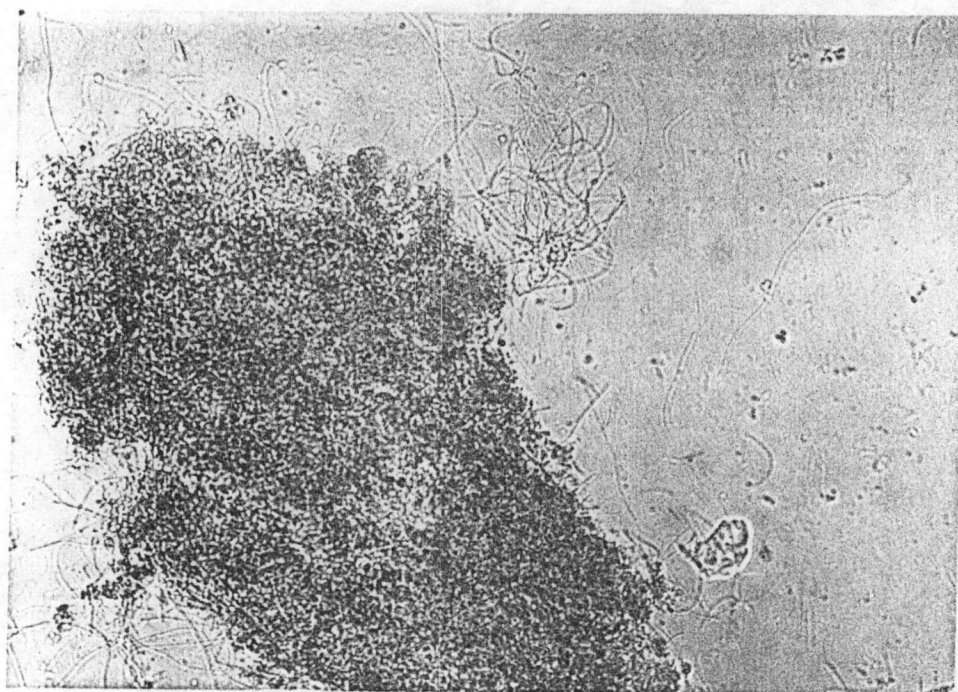
ในช่วงแรกของการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์โดยไม่มีถังสร้างกรด (วันที่ 1 ถึง 75) นั้น พบว่า เชื้อจุลินทรีย์มีลักษณะอัดตัวกันเป็นชั้นแน่น และยกตัวขึ้นเป็นระยะๆ ตลอดช่วงการทดลอง และมีแนวโน้มที่จะหลุดออกจากระบบ ซึ่งได้ทำการแก้ไขโดยการใช้ท่อแยงให้ชั้นจุลินทรีย์ดังกล่าว เพื่อให้ก๊าซที่ถูกจับไว้ในชั้นจุลินทรีย์หลุดออกจากส่วนบนของถังเพื่อให้สามารถวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีเชื้อจุลินทรีย์บางส่วนที่หลุดออกจากระบบเนื่องจากปริมาณก๊าซดังกล่าวทำให้เกิดการฟุ้งตัวของตะกอนจุลินทรีย์ สิ่งที่เกิดขึ้นน่าจะมีสาเหตุมาจากระบบสามารถกำจัดซีโอดีในน้ำเสียได้ดี ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจึงมีไม่มากนักทำให้การกวนในชั้นตะกอนนอนไม่เพียงพอ เชื้อจึงอัดตัวกันเป็นชั้นแน่นขึ้น และยกตัวเมื่อมีปริมาณก๊าซถูกสะสมมากเพียงพอ

หลังจากการติดตั้งถังสร้างกรดแล้ว (ชุดการทดลองที่ 5 และ 6) พบว่า การยกตัวของชั้นจุลินทรีย์หายไป พร้อมกับปริมาณก๊าซในระบบที่มีมากขึ้น เนื่องจากระบบสามารถทำงานได้ดีขึ้น โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงขึ้นจากไม่ถึง 20% เป็น 40% ทำให้มีการกวนอย่างพอเพียงในชั้นตะกอนนอน เชื้อจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กกว่าในชุดการทดลองที่ 7 สามารถกำจัดซีโอดีได้สูงกว่าชุดการทดลองที่ 8 เมื่อทำการส่งก๊องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า ทำให้เห็นลักษณะของจุลินทรีย์ที่รวมตัวกันฟล็อก ที่เกิดจากเกาะรวมกันของแบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นเม็ดกลมๆ เป็นส่วนใหญ่โดยมีจำพวกเส้นใยเพียงเล็กน้อย (ดูรูปที่ 4.14) ในขณะที่ลักษณะของจุลินทรีย์ในชุดการทดลองที่ 8 ซึ่งใช้เชื้อที่เป็นเม็ดขนาดใหญ่กว่านั้นจะมีลักษณะการเกาะรวมกันเป็นฟล็อกเช่นเดียวกับในชุดการทดลองที่ 7 แต่เกิดจากแบคทีเรียที่มีลักษณะเป็นเส้นใยมากกว่า (ดูรูปที่ 4.15)

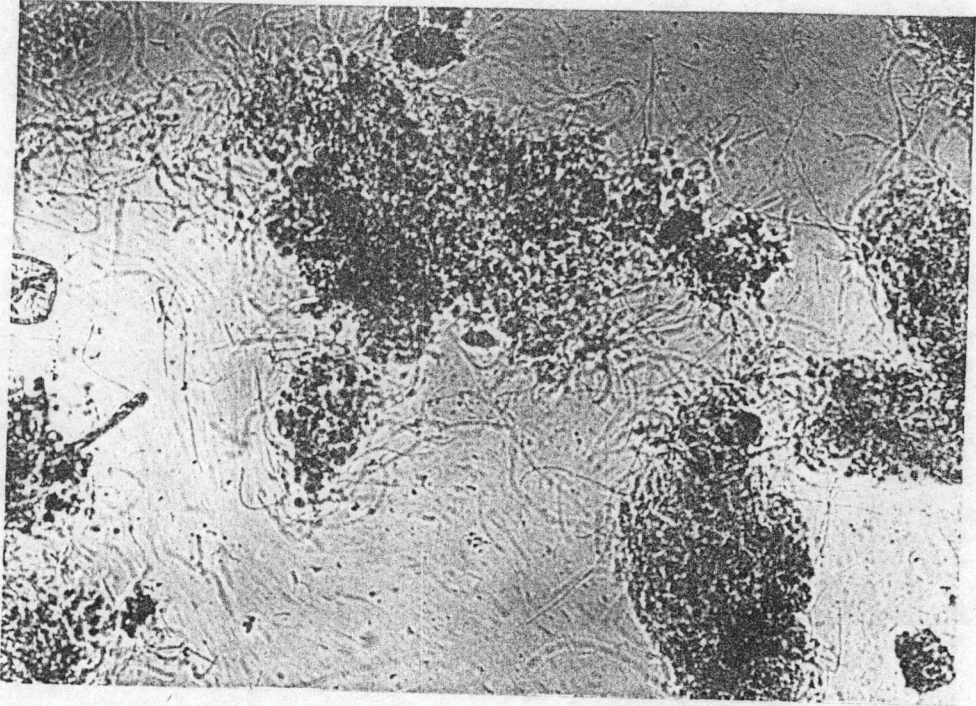
ส่วนใน stage ที่สองของชุดการทดลองที่ 7 และ 8 นั้น ช่วงแรกของการทดลองพบว่า เกิดการรวมตัวเป็นก้อนของเชื้อส่วนบนของถัง และลอยขึ้นเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในชุดการทดลองที่ 3 ถึง 6 จึงทำการแก้ไขโดยการนำออกจากระบบ แต่ก็ยังมีปริมาณจุลินทรีย์ในระบบมากพอเพียง นอกจากนี้ยังพบว่าในถังยูเอเอสบีดังกล่าวไม่มีชั้นตะกอนลอยเกิดขึ้น ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการใช้อัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ที่ต่ำเกินไป ทำให้ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นไม่พอเพียงในการเกิดการกวนในชั้นตะกอนนอน ซึ่งส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์มีลักษณะเกาะกันเป็นก้อนด้วย สำหรับลักษณะของจุลินทรีย์จากการส่งก๊องจุลทรรศน์นั้นพบว่าเกือบทั้งหมดมีลักษณะเป็นเส้นใย ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.14 ลักษณะของจุลินทรีย์ในชุดการทดลองที่ 5
(ที่กำลังขยาย 400 เท่า)



รูปที่ 4.15 ลักษณะของจุลินทรีย์ในชุดการทดลองที่ 6
(ที่กำลังขยาย 400 เท่า)



รูปที่ 4.16 ลักษณะของจุดินทรีย์ในชุดการทดลองที่ 7 และ 8
(ที่กำลังขยาย 400 เท่า)