

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

แบบจำลองการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยวด้วยถังปฏิกริยาเยื่อเอชเอฟมีทั้งหมด 2 ชุด แต่ละชุดเป็นไปตามรูปที่ 3.1 โดยการติดตั้งแสดงดังรูปที่ 3.2 ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

ก. ถังปฏิกริยาเยื่อเอชเอฟ

ถังปฏิกริยาแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนบนของถังเป็นท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว ยาว 30 ซม. บรรจุตัวกลางทำจากท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ตัดเป็นท่อนท่อนละ 1 นิ้ว ดังรูปที่ 3.3 สำหรับส่วนล่างเป็นท่ออะคริลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ยาว 50 ซม. เพื่อให้สามารถวัดความลึกชั้นตะกอนได้ โดยใช้ข้อลดพีวีซีเป็นตัวเชื่อมต่อทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน และได้มีการติดตั้งจุดเก็บน้ำตัวอย่างตามความสูงของถังปฏิกริยาตามรูปที่ 3.1 รายละเอียดของถังปฏิกริยาและตัวกลางแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของถังปฏิกริยาและตัวกลาง

รายละเอียด	ปริมาณ
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อบริเวณที่ใส่ตัวกลาง (ซม.)	19.6
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อส่วนล่าง (ซม.)	14
ความสูงของระดับน้ำภายในถัง (ซม.)	113
ความสูงบริเวณที่ใส่ตัวกลาง (ซม.)	30
ปริมาตรน้ำในถัง (ล.)	25
ปริมาตรบริเวณที่ใส่ตัวกลาง (ล.)	9.05
ปริมาตรบริเวณที่ไม่มีตัวกลาง (ล.)	17.75
ปริมาตรถังทั้งหมด (ล.)	26.80
จำนวนตัวกลางต่อถัง (ชิ้น)	580
พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลาง ($\text{ม}^2/\text{ม}^3$)	217
สัดส่วนช่องว่างในบริเวณชั้นตัวกลาง (ร้อยละ)	80

ข. ถังเก็บน้ำเสีย

ใช้ถังเก็บน้ำแบบปรับอุณหภูมิได้ (ตั้งไว้ที่อุณหภูมิในช่วงประมาณ $4-10^{\circ}\text{C}$ ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณการใช้น้ำเสียในแต่ละวัน) ขนาดความจุสูงสุด 220 ลิ. ซึ่งมีการสูบน้ำหมุนเวียนภายในถังเพื่อให้ลักษณะสมบัติของน้ำเสียสม่ำเสมอ

ค. อ่างน้ำอุ่น

เป็นกล่องพลาสติกความจุประมาณ 10 ลิ. ทำการติดตั้งตัวปรับอุณหภูมิ (ตั้งไว้ที่ 32°C) เพื่อให้ น้ำเข้าถังปฏิกิริยามีอุณหภูมิไม่ต่ำเกินไป

ง. เครื่องสูบน้ำเสีย

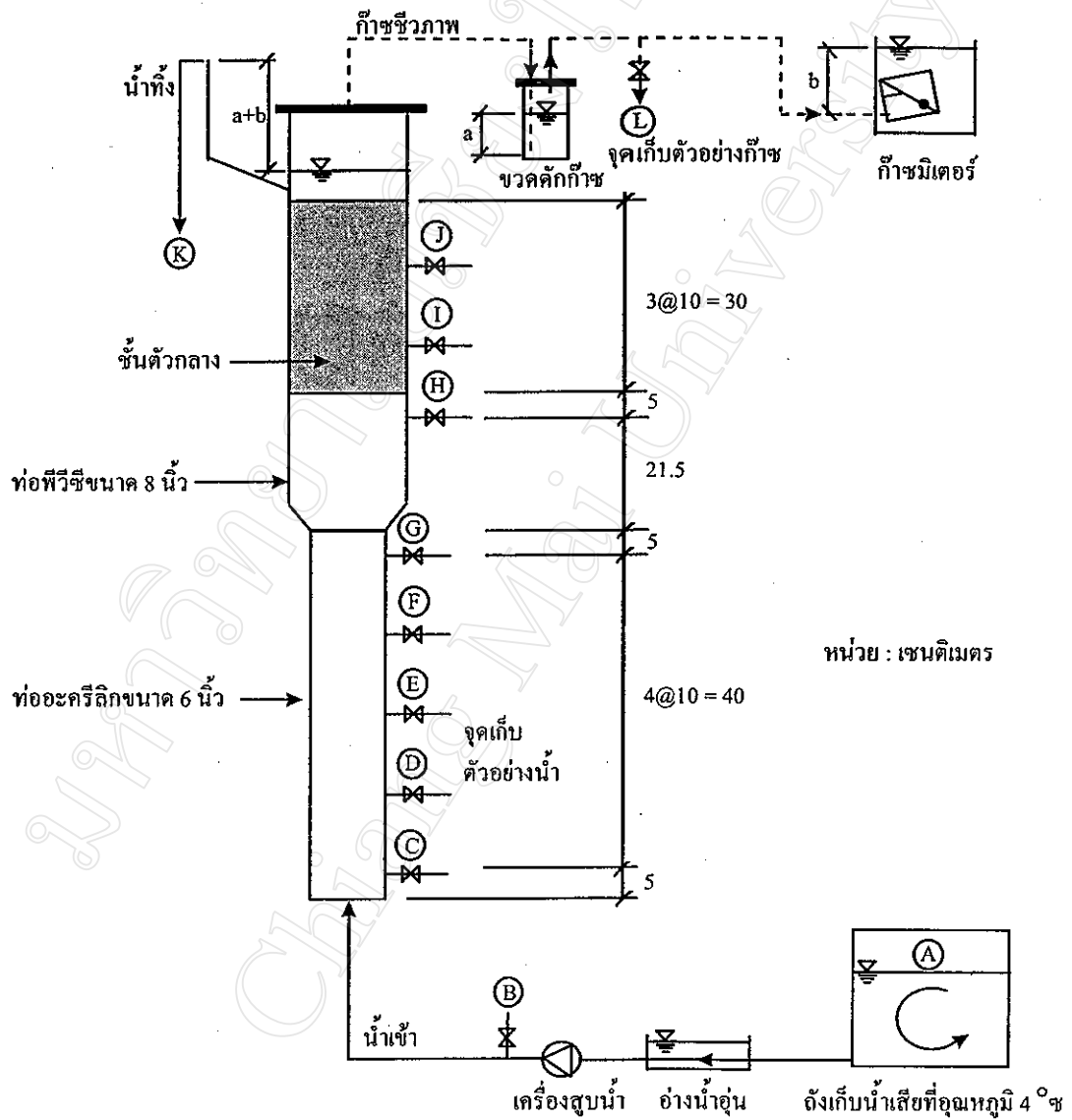
ใช้เครื่องสูบน้ำเสียชนิดรีดสาย ทำการสูบน้ำเสียเข้าทางด้านล่างของถังปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่อง

จ. ก๊าซมิเตอร์

เป็นวงจรมับจำนวนต่อกับถังแทนที่น้ำ ดังแสดงในรูป 3.4 โดยมีส่วนประกอบดังรูปที่ 3.5 ซึ่งทำการปรับพีเอชน้ำภายในก๊าซมิเตอร์ให้มีค่าต่ำกว่า 4 เพื่อไม่ให้คาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำ

ฉ. ขวดดักก๊าซ

เป็นขวดพลาสติกขนาด 1 ลิ. บรรจุน้ำกรดลงไปประมาณหนึ่งในสามของความสูง ปลายท่อนำก๊าซจากถังปฏิกิริยาจะจุ่มอยู่ใต้น้ำ เพื่อป้องกันอากาศเข้าระบบกรณีที่มีการซ่อมแซมก๊าซมิเตอร์



รูปที่ 3.1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา



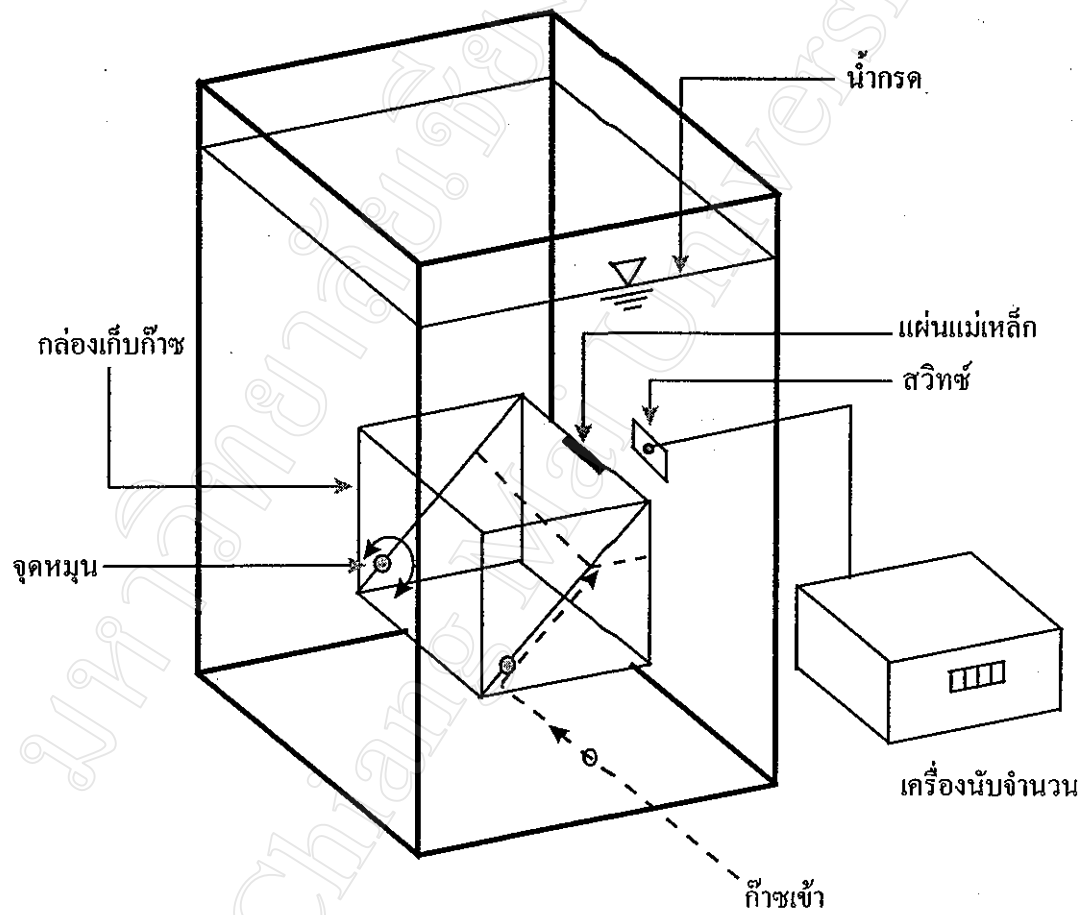
รูปที่ 3.2 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 3.3 ตัวกลาง



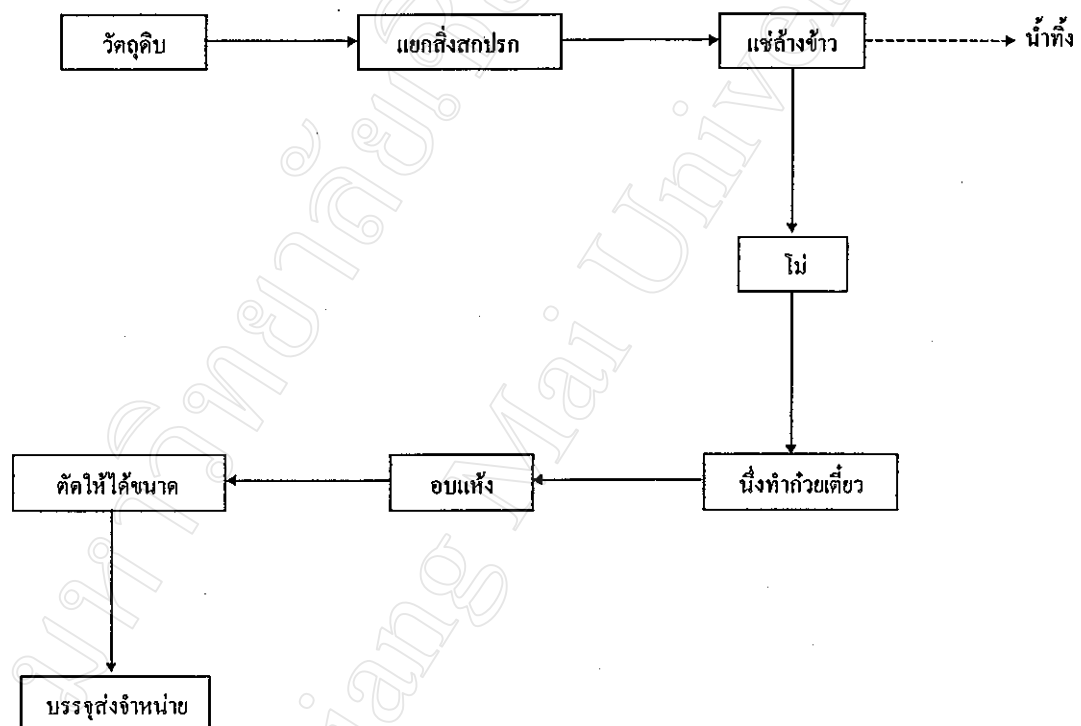
รูปที่ 3.4 แก๊สโครมาโทกราฟี



รูปที่ 3.5 ก๊าซมิเตอร์

3.2 น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา

น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาเป็นน้ำเสียจากบ่อกักน้ำเสียของโรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยว (ห้างหุ้นส่วนจำกัดอิสริยะผล จังหวัดเชียงใหม่) ซึ่งมีกระบวนการผลิตดังรูปที่ 3.3 น้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนมากเป็นน้ำล้างข้าว โดยมีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นและมีส่วนที่เป็นของแข็งในปริมาณที่สูงมาก น้ำเสียส่วนน้อยมาจากการล้างเครื่องมือและพื้น ทั้งน้ำล้างข้าวและน้ำซักล้างจะไหลรวมกันลงสู่บ่อกักน้ำเสีย ลักษณะสมบัติของน้ำเสียในบ่อกักเป็นไปตามตารางที่ 3.2 ซึ่งมีลักษณะเป็นคอลลอยด์สีขาวขุ่นดังแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 กระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว



รูปที่ 3.7 น้ำเสียที่ใช้ในงานศึกษา

ตารางที่ 3.2 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา

ลักษณะสมบัติ	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ซีไอดีทั้งหมด (มก./ล.)	704-1,907	1,208
ซีไอดีละลายน้ำ (มก./ล.)	416-1,414	873
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (มก./ล.)	108-532	254
ของแข็งแขวนลอยระเหย (มก./ล.)	102-516	232
สภาพค่างทั้งหมด (มก./ล. ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต)	0-73	18
กรดระเหยง่าย (มก./ล. ในรูปกรดอะซิติก)	125-807	445
เจดาร์ลไนโตรเจน (มก./ล.)	13-21	17
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	7-23	15
พีเอช	3.5-4.7	3.8

3.3 วิธีดำเนินการศึกษา

3.3.1 การเริ่มต้นระบบ

ทำการเริ่มต้นระบบ โดยใช้เชื้อดัดแปลงเป็นตะกอนเมือกจากถังปฏิกรณ์ชีวเอเอสบีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรของหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.3.2 แผนงานการศึกษา

การทดลองมีทั้งหมด 4 ชุด ภายใต้อุณหภูมิและบรรยากาศของห้องปฏิบัติการ การทดลอง 3 ชุดแรกเป็นการทดลองกับน้ำเสียที่ผ่านการปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 6.0-7.0 โดยใช้

โซดาแอส และทำการสูบน้ำเสียเข้าทางด้านล่างของถังปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่องที่เวลาเก็บกักน้ำ 25.7 19.2 12.9 9.6 และ 6.4 ชม. ส่วนการทดลองที่ 4 เป็นการทดลองที่เวลาเก็บกักน้ำ 25.7 ชม. อีกครั้งหนึ่ง แต่กระทำไปพร้อม ๆ กับการลดปริมาณโซดาแอสที่เติมในน้ำเสียเป็นระยะ ๆ ซึ่งมีการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูลตลอดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองจะสิ้นสุดเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ รายละเอียดการทดลองเป็นไปตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แผนการทดลอง

การทดลอง	เวลาเก็บกักน้ำ (ชม.)		อัตราการไหล (ล./ว.)		ปริมาณโซดาแอสที่เติม (ก./ล.ของน้ำเสีย)
	ถึง R1	ถึง R2	ถึง R1	ถึง R2	
1	25.7	19.2	25.0	33.3	0.5-0.9
2	12.9	6.4	50.0	100.0	0.5-0.9
3	9.6	-	66.7	-	0.5-0.9
4	-	25.7	-	25.0	0.0-0.9

3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำและก๊าซในการทดลองนี้ใช้การเก็บแบบจ้วง (Grab Sample) ลักษณะสมบัติของตัวอย่างน้ำที่วิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ซีโอดีทั้งหมด ซีโอดีละลายน้ำของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ของแข็งแขวนลอยระเหย เจคาห์ลไนโตรเจน ฟอสฟอรัสทั้งหมด ฟิเอช อุณหภูมิ กรดระเหยง่าย และสภาพต่างทั้งหมด สำหรับลักษณะสมบัติของก๊าซชีวภาพได้แก่องค์ประกอบของก๊าซ ตำแหน่งและความถี่ของการเก็บตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 3.4 ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ตามวิธีของ Standard Method For The Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WPCF, 1995) ยกเว้นกรดระเหยง่ายและสภาพต่างทั้งหมด จะใช้วิธีวิเคราะห์ของ Dilallo and Albertson, 1960 โดยวิธีการวิเคราะห์เป็นไปตามตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 ตำแหน่ง และความถี่ของการเก็บตัวอย่าง

ลักษณะสมบัติ	ตำแหน่ง	ความถี่	
		ก่อนเข้าสู่ภาวะคงที่	หลังเข้าสู่ภาวะคงที่
ซีโอดีทั้งหมดและซีโอดีละลายน้ำ	A, K	1 ครั้ง/สัปดาห์	วันเว้นวัน
	C - K	-	วันสุดท้ายของการทดลอง
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดและ	A, K	2 ครั้ง/สัปดาห์	วันเว้นวัน
ของแข็งแขวนลอยระเหย	C - K	-	วันสุดท้ายของการทดลอง
	ตัวกลาง	-	วันสุดท้ายของการทดลอง
เจดาคัลไนโตรเจน	A	1 ครั้ง/เดือน	-
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	A	1 ครั้ง/เดือน	-
พีเอช	B, K	ทุกวัน	ทุกวัน
อุณหภูมิ	K	ทุกวัน	ทุกวัน
กรดระเหยง่าย	B, K	2 ครั้ง/สัปดาห์	วันเว้นวัน
	C-K	-	วันสุดท้ายของการทดลอง
สภาพค้างทั้งหมด	B, K	2 ครั้ง/สัปดาห์	วันเว้นวัน
	C-K	-	วันสุดท้ายของการทดลอง
ปริมาณก๊าซชีวภาพ	ก๊าซมิเตอร์	ทุกวัน	ทุกวัน
ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ	L	2 ครั้ง/สัปดาห์	วันเว้นวัน

หมายเหตุ : หลังจากระบบเข้าสู่สภาวะคงที่แล้วจะทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ อีกประมาณ

2 สัปดาห์ แล้วจึงทำการปิดระบบ

ตารางที่ 3.5 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ลักษณะสมบัติ	วิธีการวิเคราะห์
ซีโอดีทั้งหมดและซีโอดีละลายน้ำ	Dichromate Reflux Method
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 ° ซ. 1 ชั่วโมง
ของแข็งแขวนลอยระเหย	เผาที่อุณหภูมิ 550 ° ซ. 15 นาที
เจดาคัลไนโตรเจน	Kjeldahl Method
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	Ascorbic Acid Method
พีเอชและอุณหภูมิ	pH Meter (Horiba Model D-E14)
กรดระเหยง่าย	Titration Method
สภาพค่างทั้งหมด	Acid Titration Method
ปริมาณก๊าซ	Gas Meter
องค์ประกอบของก๊าซ	Gas Chromatography (Shimadzu GC 8A)

3.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.5.1 การหาประสิทธิภาพของถังปฏิบัติ

การหาประสิทธิภาพของถังปฏิบัติที่เวลาเก็บกักน้ำต่าง ๆ ทำโดยการวิเคราะห์หารค่าการกำจัดซีโอดีทั้งหมด ซีโอดีละลายน้ำ กรดระเหยง่าย และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด เพื่อดูความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ โดยที่ต้องวิเคราะห์ความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพ และองค์ประกอบของก๊าซควบคู่ไปด้วย

3.5.2 การตรวจสอบหาปริมาณจุลชีพภายในถังปฏิบัติ

ปริมาณจุลชีพบริเวณชั้นตะกอนล่าง สามารถประมาณได้จากการหาค่าของแข็งแขวนลอยระเหยในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างตามความสูงของถัง (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.) สำหรับปริมาณจุลชีพบนตัวกลางประมาณได้จากการสุ่มตัวกลางออกมาหาผลต่างระหว่างน้ำหนักแห้งของตัวกลางระหว่างตอนที่มีจุลชีพเกาะและตัวกลางสะอาด ปริมาณจุลชีพในแต่ละส่วนที่ได้จะนำมาพิจารณาความสามารถในการกักจุลชีพของชั้นตัวกลาง

3.5.3 การศึกษาประสิทธิภาพของบริเวณชั้นตัวกลางและชั้นตะกอนล่าง

เป็นการศึกษาการกำจัดซีโอดี และกรดระเหยง่ายในส่วน of ชั้นตะกอนล่างและบริเวณชั้นตัวกลาง โดยการนำสารละลายที่ผ่านการกำจัดจากทั้งสองส่วนมาเปรียบเทียบกับ เพื่อที่ว่าตัวกลางมีบทบาทในการกำจัดสารอินทรีย์มากน้อยเพียงใด

3.5.4 การตรวจสอบสมดุลของซีโอดีในระบบ

เป็นการตรวจสอบถึงสัดส่วนของซีโอดีที่เปลี่ยนไปในรูปต่าง ๆ ได้แก่ แก๊สเทน เซล จุลชีพ หรือสะสมอยู่ในระบบ ซึ่งเป็นตัวประกอบในการพิจารณาประสิทธิภาพของการกำจัดสารอินทรีย์

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

4.1 การเริ่มต้นระบบ

เชื้อดัดแปลงที่ใช้ในการเริ่มต้นระบบในการศึกษานี้เป็นตะกอนจากถังยูเอเอสบีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร ตะกอนมีลักษณะเป็นเม็ดสีดำขนาดประมาณ 1-2 มม. โดยมีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดประมาณ 97,000 มก./ล. ซึ่งเป็นของแข็งแขวนลอยระเหยอยู่ร้อยละ 73 ทำการใส่ตะกอนดังกล่าวลงไปในถังปฏิกรณ์ทั้งสองถังถึงประมาณ 4 ล. (ประมาณหนึ่งในเจ็ดของปริมาตรถัง) คิดเป็นปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยต่อปริมาตรถังเท่ากับ 10.6 กก./ม³

หลังเติมเชื้อดัดแปลงแล้วจึงทำการปั้มน้ำเสียที่ทำการปรับพีเอชแล้วเข้าสู่ถังทางด้านล่างด้วยภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ต่ำก่อน เนื่องจากไม่ทราบสมรรถนะในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่นำมา ในวันนี้ได้ลองเริ่มที่เวลาเก็บกากน้ำ 48 ชม. เพื่อให้จุลินทรีย์คุ้นเคยกับน้ำเสียใหม่และเป็นการไล่อากาศที่ค้างอยู่ในระบบ พบว่าระบบสามารถผลิตก๊าซได้อย่างต่อเนื่องจึงเริ่มเข้าสู่การทดลองในวันที่ 7 หลังจากเติมเชื้อดัดแปลง โดยที่ใช้เวลาเก็บกาก 25.7 และ 19.2 ชม. สำหรับถัง R1 และ R2 ตามลำดับ แต่ละการทดลองจะสิ้นสุดเมื่อลักษณะสมบัติของน้ำทิ้ง และอัตราการผลิตก๊าซมีเทนค่อนข้างคงที่

4.2 รายละเอียดการทดลองตลอดการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 245 วัน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดการทดลอง

การทดลอง	วัน	เวลาเก็บกากน้ำ (ชม.)		อัตราการไหล (ล./ว.)		ภาระบรรทุกสารอินทรีย์* (ก.ซีโอดี/(ล.ว.))	
		ถัง R1	ถัง R2	ถัง R1	ถัง R2	ถัง R1	ถัง R2
1	1-88	25.7	19.2	25.0	33.3	1.19	1.59
2	89-156	12.9	6.4	50.0	100.0	2.16	4.82
3	157-245	9.6	-	66.7	-	3.08	-
4	160-229	-	25.7	-	25.0	-	1.08

หมายเหตุ : * เน้นตลอดการทดลอง

4.3 บันทึกการทดลองตลอดการศึกษา

ก. การทดลองที่ 1 เป็นช่วงเริ่มต้นระบบ โดยใช้เวลาเก็บกักน้ำที่ 25.7 และ 19.2 ชม. สำหรับถัง R1 และ R2 ตามลำดับ ใช้เวลาทดลองทั้งสิ้น 88 วัน โดยสามารถเก็บข้อมูลที่สภาวะคงตัวของทั้งสองถังในวันที่ 50-88 ซึ่งได้ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีทั้งหมดโดยเฉลี่ยร้อยละ 93 และ 90 ตามลำดับ

ข. การทดลองที่ 2 เป็นการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ขึ้นจากการทดลองที่ 1 โดยใช้เวลาเก็บกักน้ำ 12.9 และ 6.4 ชม. สำหรับถัง R1 และ R2 ตามลำดับ โดยถัง R1 สามารถเก็บข้อมูลที่สภาวะคงตัวในวันที่ 130-156 โดยได้ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีทั้งหมดโดยเฉลี่ยร้อยละ 90 ส่วนถัง R2 พบการลอยตัวของเม็ดตะกอนจุลชีพในถังอย่างเฉียบพลันในวันที่ 130 จนไม่เหลือตะกอนด้านล่างของถังอยู่เลย อย่างไรก็ตาม ก่อนหน้าวันที่ 130 นั้น ได้ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีทั้งหมดโดยเฉลี่ยร้อยละ 79 โดยเก็บข้อมูลวันที่ 110-126 เป็นข้อมูลที่สภาวะคงตัว

ค. การทดลองที่ 3 เนื่องจากพบการลอยตัวของตะกอนที่เวลาเก็บกัก 6.4 ชม. จึงทดลองที่เวลาเก็บกักเพิ่มขึ้นเป็น 9.6 ชม. ที่ถัง R1 ซึ่งก็พบการหลุดลอยของตะกอนในถังเช่นกัน และได้ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีทั้งหมดโดยเฉลี่ยร้อยละ 84 ซึ่งได้ใช้ข้อมูลวันที่ 221-245 เป็นข้อมูลที่สภาวะคงตัว

ง. การทดลองที่ 4 แม้ระบบจะมีสมรรถนะเป็นที่น่าพอใจ แต่ก็ยังต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเติมค่า จึงได้ทำการทดลองเริ่มเดินระบบที่เวลาเก็บกักน้ำ 25.7 ชม. อีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ถัง R2 ซึ่งจะทำให้การลดปริมาณค่าที่เดิมเป็นระยะ ๆ เพื่อศึกษาถึงผลของพีเอชของน้ำเข้าที่มีต่อระบบ

สภาวะคงตัวในงานวิจัยนี้เป็นสภาวะคงตัวเสมือน (Pseudo-steady state) เนื่องจากไม่มีการควบคุมปริมาณของแฉ่งแขวนลอยในระบบ ซึ่งจะพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลชีพในระบบเล็กน้อย เนื่องจากจุลชีพในระบบไร้ออกซิเจนมีค่ายิลค์ค่อนข้างต่ำ (van Haandel และ Lettinga, 1994) โดยที่ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบค่อนข้างคงที่ ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองของการทดลองสามชุดแรก ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัว เพื่อให้เห็นภาพรวมอย่างคร่าว ๆ และจะได้อธิบายถึงรายละเอียดของแต่ละลักษณะสมบัติ ต่าง ๆ ในหัวข้อที่ 4.4 ต่อไป สำหรับการทดลองในชุดที่ 4 จะทำการกล่าวถึงในหัวข้อที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวของตัวแปรต่าง ๆ ของการทดลองที่ 1-3

ตัวแปร	เวลาเก็บกักน้ำ (ชม.)									
	25.7		19.2		12.9		9.6		6.4	
ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (ก.ชีโอดี/(ล.ว.))	1.08		1.45		2.00		2.95		4.74	
อุณหภูมิน้ำทิ้ง (°ซ)	26		26		26		25		25	
พีเอช	6.92	6.92	6.92	6.91	6.73	6.82	6.61	6.72	6.61	6.67
สภาพค่าทั้งหมด (มก./ล. ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต)	557	778	556	759	673	803	577	746	651	777
กรดระเหยง่าย (มก./ล. ในรูปกรดอะซิติก)	313	53	313	53	542	56	524	88	486	73
ชีโอดีทั้งหมด (มก./ล.)	1,156	83	1,156	116	1,069	110	1,181	188	1,265	261
ชีโอดีละลายน้ำ (มก./ล.)	794	36	794	49	808	44	847	110	1,003	116
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (มก./ล.)	291	37	291	54	201	67	231	61	221	123
ของแข็งแขวนลอยระเหย (มก./ล.)	264	33	264	48	184	61	207	54	200	110
ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีทั้งหมด (ร้อยละ)	93		90		90		84		79	
ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีละลายน้ำ (ร้อยละ)	97		96		96		91		91	
ปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ (ล./ว.)	10.28		13.49		18.63		25.11		35.44	
องค์ประกอบมีเทน (ร้อยละ)	80		79		83		85		83	

หมายเหตุ : กรณีที่แบ่งคอลัมน์ของแต่ละเวลาเก็บกักน้ำเป็นสองส่วน ช่องด้านซ้ายคือน้ำเข้า ขวาคือน้ำทิ้ง

ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ = อัตราการไหล*ชีโอดีทั้งหมด / ปริมาตรถังปฏิกรณ์

4.4 รายละเอียดลักษณะสมบัติต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง

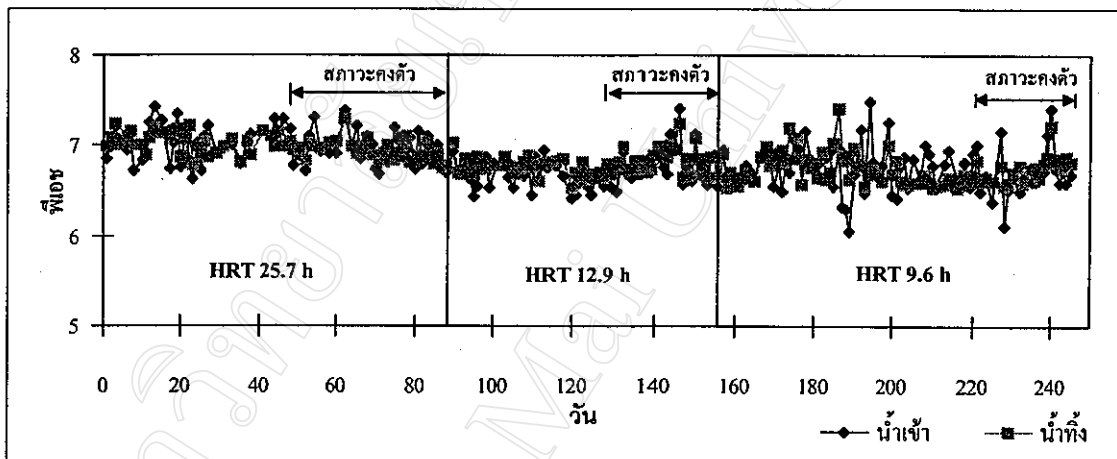
4.4.1. พีเอช

น้ำเสียที่นำมาจากโรงงานมีสภาพค่อนข้างเป็นกรด คือมีพีเอช 3.5-4.7 ซึ่งเมื่อผ่านเข้าถังปฏิกรณ์แล้วก็มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่านั้น จึงต้องมีการเพิ่มพีเอชภายในถังปฏิกรณ์ให้เหมาะสมกับการดำรงชีพของแบคทีเรียผลิตมีเทน คือต้องให้อยู่ในช่วง 6.5-7.5 (Bryant, 1984) ซึ่งใช้พีเอชในน้ำทิ้งเป็นตัวบ่งชี้พีเอชในถัง การเพิ่มค่าพีเอชกระทำโดยการเติมด่างให้กับน้ำเสียก่อนสูบเข้าถัง ในที่นี้ใช้โซดาแอช (Na_2CO_3) เนื่องจากมีราคาถูกและละลายน้ำได้ดี โดยเติมลงไปใ้ในน้ำเสียประมาณ 0.5 - 0.9 ก./ล.ของน้ำเสีย ขึ้นกับลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่นำมาแต่ละครั้ง พีเอชของน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่การทดลองต่าง ๆ มีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวแสดงในตารางที่ 4.3 โดยมีการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าพีเอชในน้ำทิ้งมีค่าใกล้เคียงหรือสูงกว่าน้ำเข้าเล็กน้อย และอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

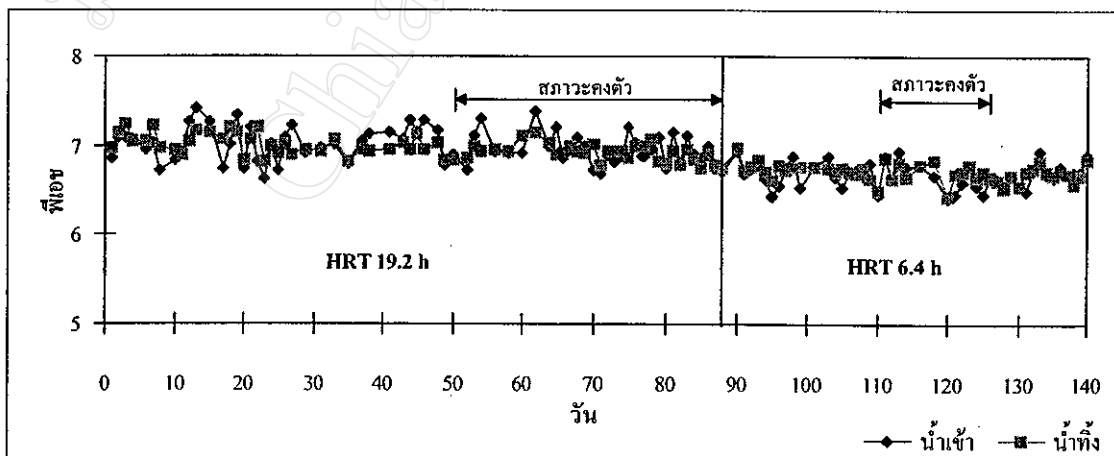
กับแบคทีเรียผลิตมีเทน ซึ่งตลอดการทดลองนั้น ไม่พบการลดลงของพีเอชในน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่องแต่อย่างใด

ตารางที่ 4.3 พีเอชในน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่เวลาเก็บกักน้ำต่าง ๆ

ลักษณะสมบัติ	เวลาเก็บกักน้ำ (ชม.)				
	25.7	19.2	12.9	9.6	6.4
พีเอชน้ำเข้า	6.92	6.92	6.73	6.61	6.61
พีเอชน้ำทิ้ง	6.93	6.91	6.82	6.73	6.67



รูปที่ 4.1 พีเอชในน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่เวลาเก็บกักน้ำ 25.7 12.9 และ 9.6 ชม. (ถัง R1)



รูปที่ 4.2 พีเอชในน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่เวลาเก็บกักน้ำ 19.2 และ 6.4 ชม. (ถัง R2)

4.4.2 กรดระเหยง่าย

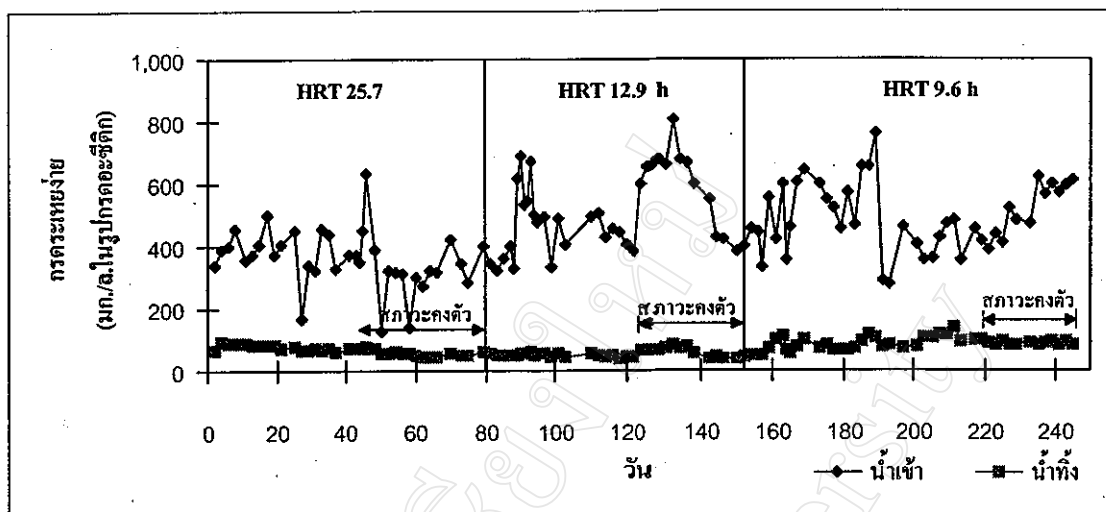
กรดระเหยง่ายในน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่มีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวดังตารางที่ 4.4 โดยมีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ซึ่งพบว่ากรดระเหยง่ายในน้ำทิ้งในช่วงเริ่มต้นระบบมีค่าสูงและจะค่อย ๆ ลดลงจนเมื่อเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้วจะมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยในช่วง 20 วันแรกของการทดลองที่ 1 ที่เวลาเก็บกักน้ำ 25.7 และ 19.2 ชม. นี้มีกรดระเหยในน้ำทิ้ง 80-90 มก./ล. ในรูปกรดอะซิติก จนเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้วมีค่า 45-60 มก./ล. ในรูปกรดอะซิติก ทั้งนี้เนื่องจากต้องใช้เวลาในการรอให้แบคทีเรียผลิตมีเทนเกิดขึ้นมากพอ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของค่ากรดระเหยง่ายในช่วงเริ่มต้นระบบกับสภาวะคงตัวนั้นไม่มากนัก เนื่องจากน้ำเสียมีการหมักขึ้นต้นมาแล้ว ทำให้แบคทีเรียผลิตมีเทนสามารถนำกรดระเหยง่ายไปใช้ได้ทันที การไฮโดรไลซิสจึงไม่น่าจะเป็นขั้นตอนจำกัดของการย่อยสลายสารอินทรีย์

ในการทดลองที่ 2 ที่เวลาเก็บกักน้ำ 12.9 ชม. พบว่ากรดระเหยง่ายในน้ำทิ้งมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง แต่ที่เวลาเก็บกักน้ำ 6.4 ชม. พบว่าตั้งแต่วันที่ 130 ค่ากรดระเหยในน้ำทิ้งมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ประกอบกับค่าซีไอดีในน้ำออกเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วโดยที่พีเอชในน้ำทิ้งไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากการหลุดออกของเม็ดตะกอนภายในถังอย่างรวดเร็วจนหมดถังในช่วงดังกล่าว ทำให้จุลินทรีย์ผลิตมีเทนมีไม่มากพอที่จะใช้กรดระเหยง่าย ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อของเชิงแขวนลอยทั้งหมดต่อไป สำหรับการทดลองที่ 3 ที่เวลาเก็บกักน้ำ 9.6 ชม. พบว่ามีการหลุดของเม็ดตะกอนอย่างต่อเนื่องเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ระบบยังสามารถรักษาระดับกรดระเหยง่ายในน้ำทิ้งที่ต่ำไว้ได้ตลอดการทดลอง

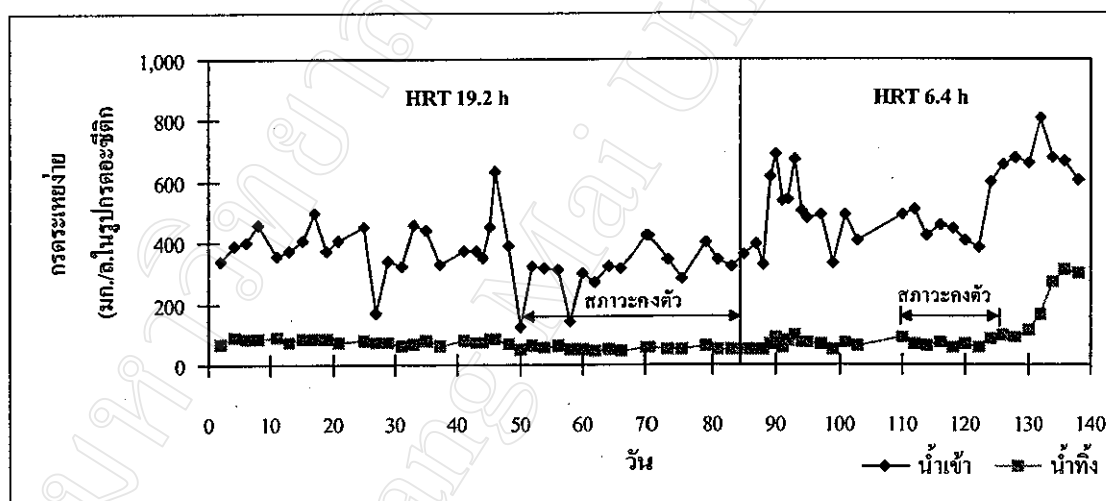
จากตารางที่ 4.4 พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดกรดระเหยง่ายค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุก ๆ การทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นคร่าว ๆ ว่าไม่มีการสะสมของกรดระเหยง่ายเมื่อการะบบรทุกสารอินทรีย์สูงขึ้น

ตารางที่ 4.4 กรดระเหยง่ายในน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่เวลาเก็บกักน้ำต่าง ๆ

ตัวแปร	เวลาเก็บกักน้ำ (ชม.)				
	25.7	19.2	12.9	9.6	6.4
กรดระเหยง่ายในน้ำเข้า (มก./ล. ในรูปกรดอะซิติก)	313	313	542	524	486
กรดระเหยง่ายในน้ำทิ้ง (มก./ล. ในรูปกรดอะซิติก)	53	53	56	88	73
ประสิทธิภาพการกำจัดกรดระเหยง่าย (ร้อยละ)	83	83	89	83	85



รูปที่ 4.3 กรดระเหยง่ายในน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่เวลาเก็บกักน้ำ 25.7 12.9 และ 9.6 ชม. (ถัง R1)



รูปที่ 4.4 กรดระเหยง่ายในน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่เวลาเก็บกักน้ำ 19.2 และ 6.4 ชม. (ถัง R2)

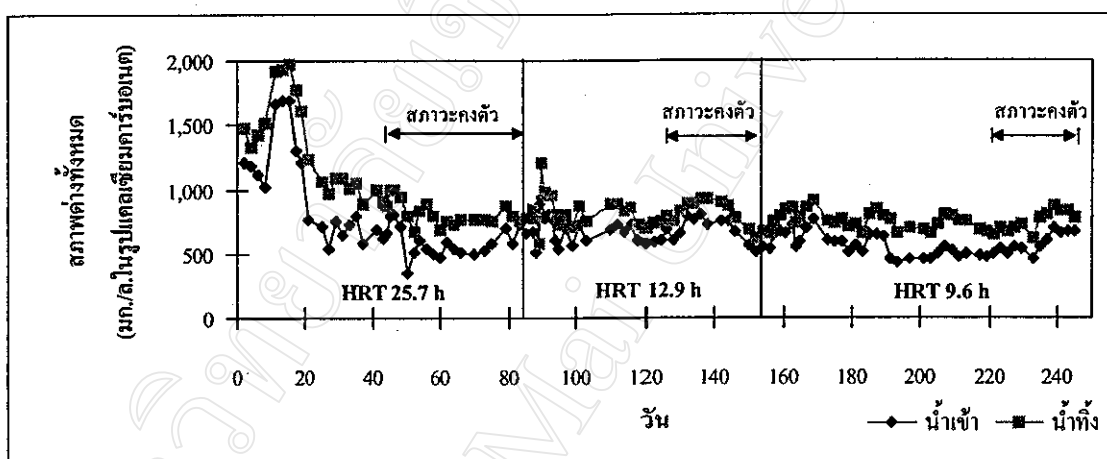
4.4.3 สภาพด่างทั้งหมด

สภาพด่างทั้งหมดของน้ำเสียจากโรงงานมีค่าต่ำมาก คือไม่เกิน 80 มก./ล.ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต หลังทำการเติมโซดาแอชแล้วจึงมีค่าเพิ่มมากกว่า 450 มก./ล.ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต สภาพด่างทั้งหมดในน้ำเข้าและน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวดังตารางที่ 4.5 โดยมีการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าน้ำทิ้งมีสภาพด่างเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 19-40 ของน้ำเข้า ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการละลายน้ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์และเมื่อพีเอชค่อนข้างเป็นกลางแล้ว จึงทำให้สภาพด่างในน้ำส่วนมากจะอยู่ในรูปไบคาร์บอเนต

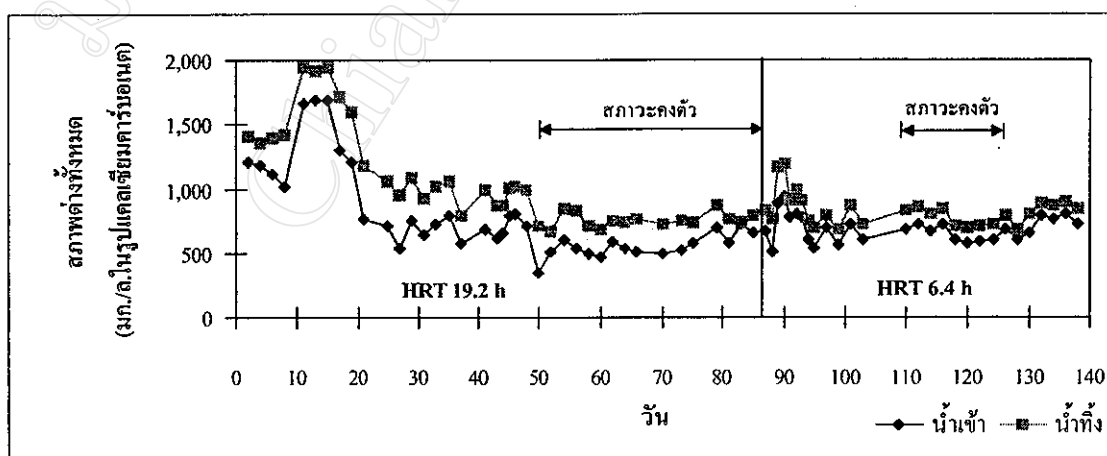
(Sawyer et al., 1994) ส่วนสภาพต่างที่เกิดขึ้นจากการไฮโดรไลซิสของสารประกอบที่มีในโตรเจนเป็นองค์ประกอบนั้นไม่น่าจะมีมากนัก เนื่องจากน้ำเสียมีเจือจางในโตรเจนค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ 4.5 สภาพต่างทั้งหมดคือน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่เวลาเก็บกักน้ำต่าง ๆ

ลักษณะสมบัติ	เวลาเก็บกักน้ำ (ชม.)				
	25.7	19.2	12.9	9.6	6.4
สภาพต่างทั้งหมดคือน้ำเข้า (มก./ล.ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต)	557	557	673	577	651
สภาพต่างทั้งหมดคือน้ำทิ้ง (มก./ล.ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต)	778	759	803	746	777



รูปที่ 4.5 สภาพต่างทั้งหมดคือน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่เวลาเก็บกักน้ำ 25.7 12.9 และ 9.6 ชม. (ถึง R1)



รูปที่ 4.6 สภาพต่างทั้งหมดคือน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่เวลาเก็บกักน้ำ 19.2 และ 6.4 ชม. (ถึง R2)

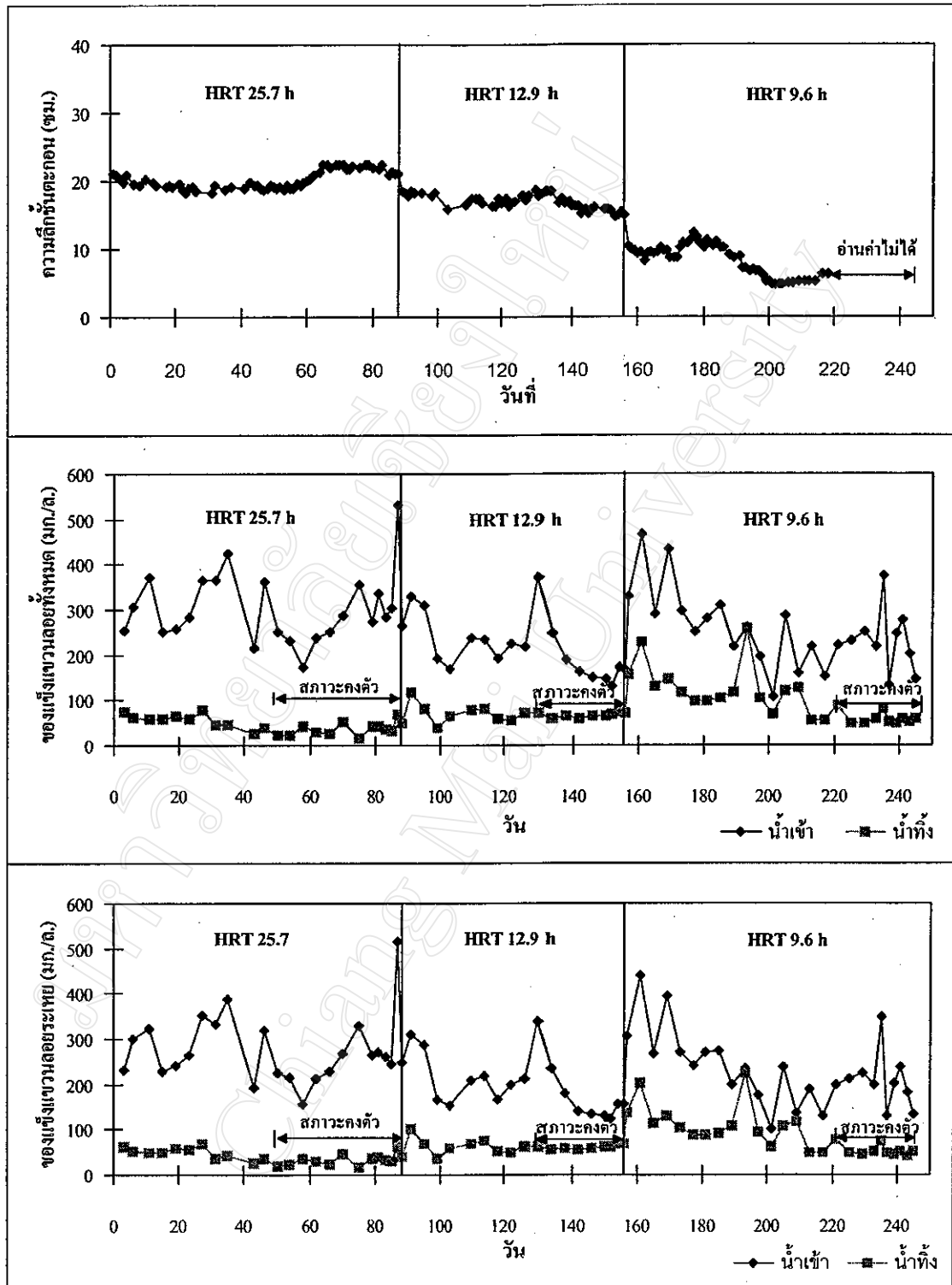
จากค่าการกระเหยง่ายและสภาพต่างทั้งหมด สามารถคำนวณหาค่าสภาพต่างไบคาร์บอเนตได้จากสมการที่ (2.4) ซึ่งสภาพต่างไบคาร์บอเนตสามารถบอกสภาพบัฟเฟอร์ของระบบได้ดีกว่าสภาพต่างทั้งหมด ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.6 ซึ่งพบว่าค่าอัตราส่วนของกรกระเหยง่ายและสภาพต่างไบคาร์บอเนตของน้ำทิ้งมีค่าน้อยกว่า 0.4 กล่าวได้ว่าระบบมีสภาพบัฟเฟอร์ที่ดี (Zickefoose และ Hayes, 1976)

ตารางที่ 4.6 สภาพต่างไบคาร์บอเนตและอัตราส่วนของกรกระเหยง่ายต่อสภาพต่างไบคาร์บอเนต

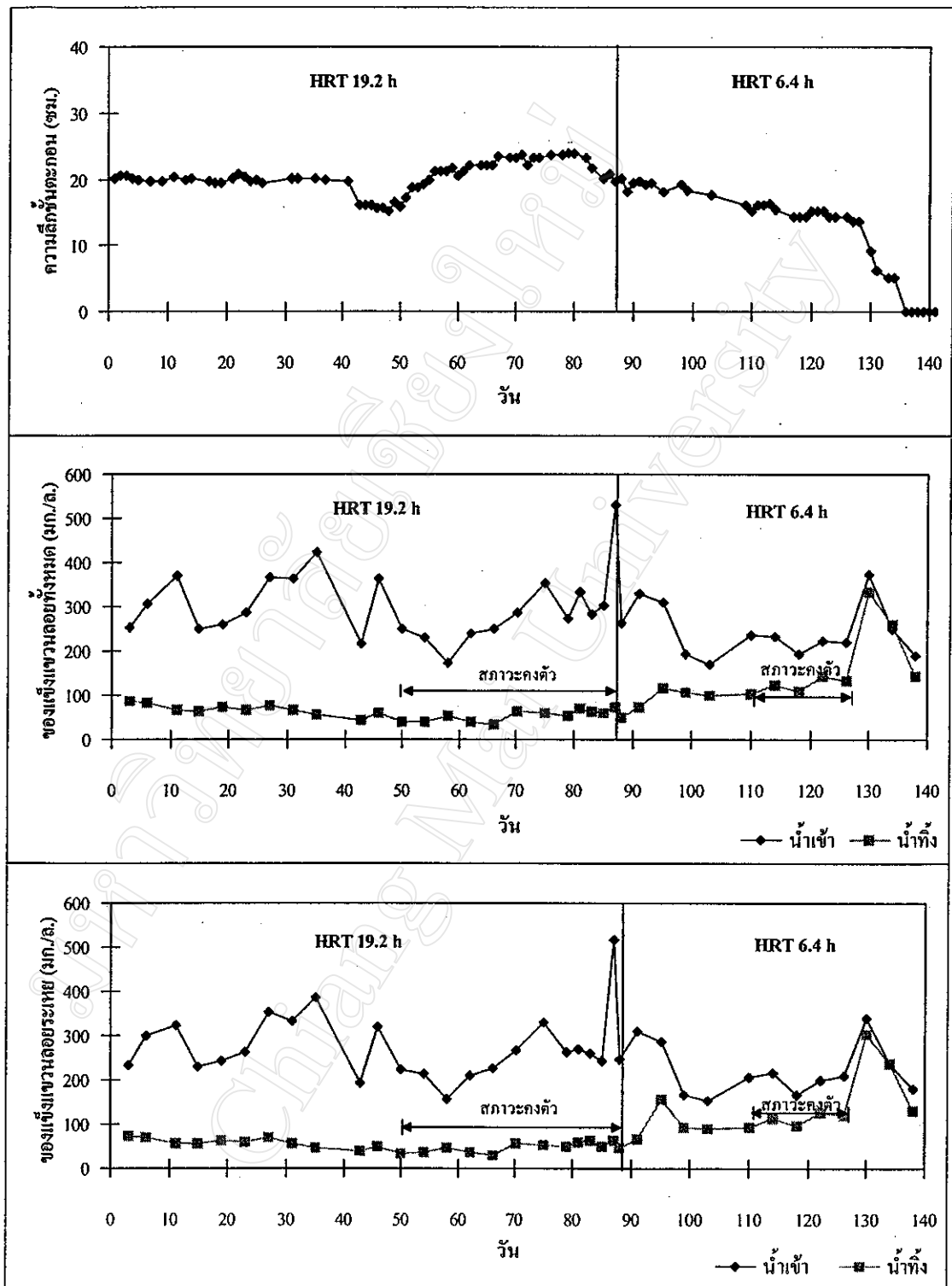
ตัวแปร	เวลาเก็บกักน้ำ (ชม.)				
	25.7	19.2	12.9	9.6	6.4
สภาพต่างไบคาร์บอเนตในน้ำทิ้ง (มก./ล. ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต)	740	721	763	684	725
(กรกระเหยง่าย / สภาพต่างไบคาร์บอเนต) น้ำทิ้ง	0.07	0.07	0.07	0.13	0.10

4.4.4 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดและของแข็งแขวนลอยระเหย

ในช่วงเริ่มต้นระบบ ของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งช่วง 30 วันแรกมีค่า 60-80 มก./ล. ทั้งที่เวลาเก็บกักน้ำ 25.7 และ 19.2 ชม. จากนั้นจะลดลงทีละน้อย ๆ จนไม่เกิน 60 มก./ล. เนื่องจากช่วงแรกเป็นการคัดเลือกระบบ ตะกอนที่ตกได้ไม่ดีจะถูกชะออกจากระบบ ความลึกของชั้นตะกอนนั้นเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก สำหรับการเปลี่ยนแปลงของของแข็งแขวนลอยทั้งหมดและความลึกชั้นตะกอนแสดงดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 โดยที่ของแข็งแขวนลอยระเหยมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับของแข็งแขวนลอยทั้งหมด โดยทั้งน้ำเข้าและน้ำทิ้งมีค่าอัตราส่วนของของแข็งแขวนลอยระเหยต่อของแข็งแขวนลอยทั้งหมดใกล้เคียงกันคือประมาณ 0.90 ทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าของแข็งที่เข้าระบบส่วนมากเป็นสารอินทรีย์ การสะสมของของแข็งเฉื่อยหรือสารอนินทรีย์จึงไม่น่าจะเกิดขึ้นในระบบ



รูปที่ 4.7 ความลึกชั้นตะกอน ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำเข้า และน้ำทิ้งที่เวลาเก็บกักน้ำ 25.7 12.9 และ 9.6 ชม. (ถึง R1)



รูปที่ 4.8 ความลึกชั้นตะกอน ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และของแข็งแขวนลอยระเหยในน้ำเข้า และน้ำทิ้งที่เวลาเก็บกักน้ำ 19.2 และ 6.4 ชม. (ถัง R2)