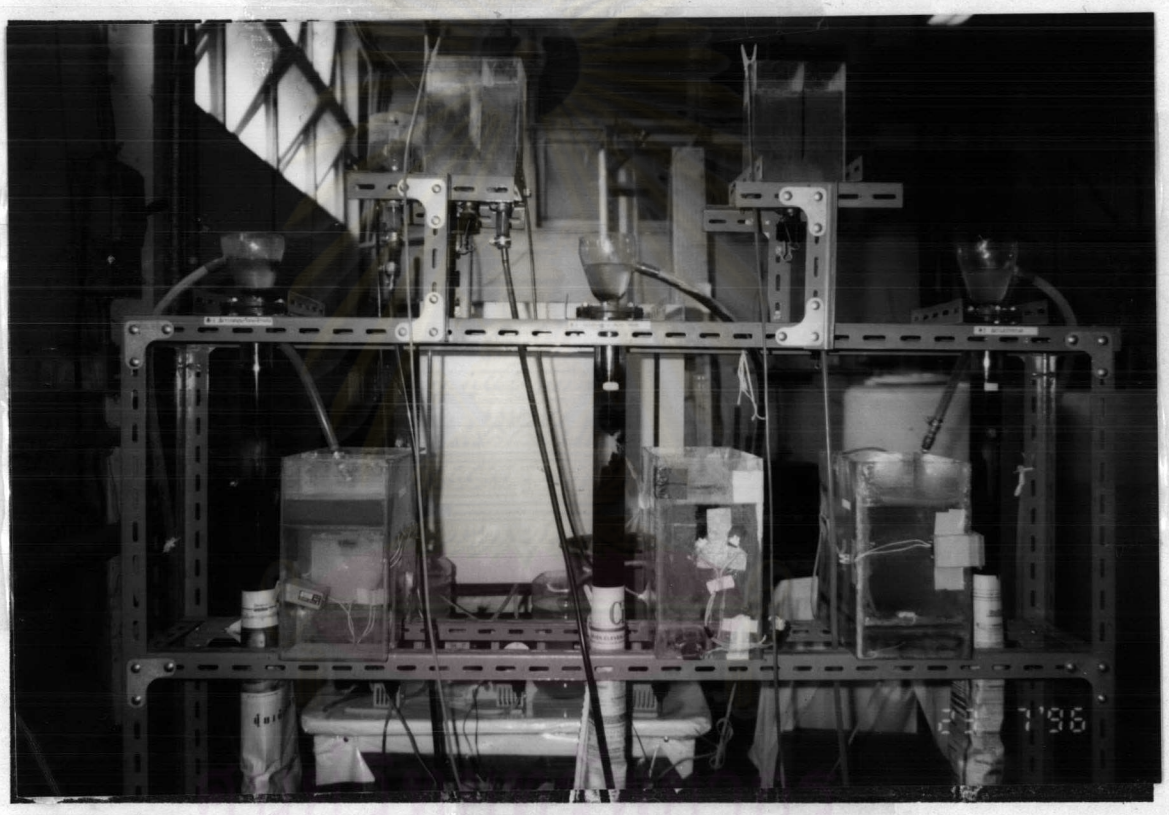
บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิจารณ์

การทำการวิจัยนี้ใช้เชื้อตะกอนจุลินทรีย์จากบริษัท SAN..E 68 ซึ่งเป็นตะกอนจุลินทรีย์ในถังยูเอเอสบีที่ใช้ในการทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีการหมักในถังพักน้ำเสียเนื่องจากไม่มีการทำความสะอาดถังพักน้ำเสียเลย ตะกอนจุลินทรีย์ดังกล่าวมีลักษณะเป็นเม็ดขนาดปานกลางเป็นส่วนใหญ่และมีเม็ดขนาดเล็กปนอยู่บ้าง ทำการบรรจุตะกอนจุลินทรีย์ลงไปในถังยูเอเอสบีประมาณถังละ 1 ลิตร มีการใส่ลูกแก้วเพื่อให้ช่วยการกระจายน้ำให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งหน้าตัดถัง ส่วนถังสร้างกรดไม่ได้มีการใช้เชื้อตะกอนจุลินทรีย์แต่อย่างใด เพียงแต่ปล่อยให้เกิดการหมักตามธรรมชาติโดยเดินระบบให้มีระยะเวลากักน้ำเสีย 12 ชั่วโมงตามที่กำหนดเท่านั้น จากนั้นเริ่มป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองจริงของระบบที่ใช้ถังสร้างกรดแยกกันแสดงในรูป 4.1

เนื่องจากไม่ทราบถึงความสามารถของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย จึงเริ่มจากภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำที่ 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ก่อน เพื่อดูความสามารถของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ มีการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียเพื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์เมื่อระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมากกว่า 80% และค่าพารามิเตอร์อื่นๆค่อนข้างคงที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.1 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองจริงของระบบที่ใช้ถังสร้างกรดแยกกัน

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดประมาณ 7 เดือน โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 4.1 เริ่มทำการทดลองประมาณเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2539 สิ้นสุดการทดลองประมาณเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2539

ตาราง 4.1 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด

งานที่ทำ	พค.		มิย.		กค.		สค.		กย.		ตค.		พย.	
เตรียมอุปกรณ์														
1) ทดลองที่ 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน														
2) ทดลองที่ 4 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน														
3) ทดลองที่ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน														
4) ทดลองที่ 6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน														
5) ทดลองที่ 8 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน														
6) ทดลองที่ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน														

บันทึกการทดลองตลอดจนสิ้นสุดงานวิจัยมีดังนี้

1. อุปกรณ์ยังไม่เข้าที่ และ การวิเคราะห์ผิดพลาด (34 วัน, 4 มิย.-7 กค.)

ช่วง 7 วันแรกเดินระบบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยเตรียมน้ำเสียเข้มข้น 1000 มก./ล. อีก 27 วันต่อมาเดินระบบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 4 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยเตรียมน้ำเสียเข้มข้น 2000 มก./ล. ในขั้นนี้อุปกรณ์ต่างๆยังไม่เข้าที่โดยเฉพาะการควบคุมการป้อนน้ำเสียให้คงที่ เนื่องจากน้ำเสียแป้งมีลักษณะค่อนข้างเหนียวเป็นเมือก ทำให้เครื่องสูบน้ำไดอะแฟรมตันบ่อย และการขาดความชำนาญในการวิเคราะห์ผลโดยเฉพาะค่าซีโอดีมีความผิดพลาดมาก ทำให้เสียเวลาในการปรับระบบและฝึกความชำนาญในการวิเคราะห์ผล ในขั้นตอนนี้ประมาณ 1 เดือน

2. ถังสร้างกรดปรับตัว (12 วัน, วันที่ 1-12)

ช่วงนี้เดินระบบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 4 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยเตรียมน้ำเสียเข้มข้น 2000 มก./ล. อุปกรณ์ต่างๆในระบบเริ่มเข้าที่และการวิเคราะห์ผลมีความถูกต้อง ช่วงนี้เริ่มสังเกตเห็นเซลล์สีแดงๆเกาะที่ผนังของถังสร้างกรด

3. การทดลองชุดที่ 1/1-1/3 (69 วัน, วันที่ 13-81)

ทดลองที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน วัน โดยเตรียมน้ำเสียเข้มข้น 2500 มก./ล. เนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานของถังสร้างกรดทั้ง 2 ใบ สำหรับการทดลองชุดที่ 2 และ 3 แตกต่างกันมากทำให้การเปรียบเทียบผลของการหมุนเวียนน้ำกลับไม่ชัดเจน ดังนั้นจึงเปลี่ยนมาใช้ถังสร้างกรดร่วมกัน 1 ใบ ในวันที่ 48 รูป 4.2 แสดงระบบที่ใช้ถังสร้างกรดร่วมกันในการวิจัย ซึ่งต่อมาก็เริ่มมีเซลล์สีแดงๆมาเกาะที่ผนังถังสร้างกรด และสามารถเก็บค่าพารามิเตอร์ที่สภาวะคงตัวในวันที่ 66-81

4. ขั้นตอนเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (22 วัน, วันที่ 82-103)

ขั้นตอนนี้เพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์จาก 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เป็น 6 และ 8 กก.ซีโอดี/ลบ.-วัน โดยเพิ่มความเข้มข้นน้ำเสียเป็น 3000 และ 4000 มก./ล.ตามลำดับ โดยที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เดินระบบนาน 7 วัน ส่วนที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 8 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เดินระบบนาน 15 วัน

5. การทดลองชุดที่ 2/1-2/3 (33วัน, วันที่ 104-136)

ทดลองที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.-วัน สามารถเก็บผลที่สภาวะคงตัวในวันที่ 106-121 ต่อมาในวันที่ 125 ทดลองใช้แปรงขูดเซลล์สีแดงๆที่เกาะผนังถังสร้างกรดออกเพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อการทำงานของระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 4.2 ระบบที่ใช้ถังสร้างกรดร่วมกันในการวิจัย

ผลการทดลองของการทดลองทั้ง 3 ชุด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มี 6 ชุดการทดลอง ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานได้สรุปรวมไว้ในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ เพื่อให้เห็นภาพรวมอย่างคร่าวๆ และจะได้อธิบายถึงรายละเอียดของพารามิเตอร์ต่างๆในหัวข้อถัดไป

ตาราง 4.2 สรุปค่าเฉลี่ยตัวแปรต่างๆ ของผลการทดลองที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

ตัวแปรที่วัด	หน่วย	น้ำเสีย	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2		ชุดการทดลองที่ 3	
			ACID	UASB 1	ACID	UASB 2	ACID	UASB 3
โออาร์พี	-	-	-	-265	-201	-226	-201	-212
				(18)	(38)	(25)	(38)	(21)
พีเอช	-	8.24	-	7.34	5.83	7.07	5.83	6.91
		(0.12)		(0.14)	(0.11)	(0.10)	(0.11)	(0.01)
สภาพด่างทั้งหมด	มก./ล.	840	-	904	791	1013	791	1001
	แคลเซียมคาร์บอเนต	(17)		(5)	(51)	(14)	(51)	(22)
กรดไขมันระเหย	มก./ล.	39	-	127	833	45	833	45
	กรดอะเซติก	(5)		(30)	(95)	(7)	(95)	(6)
อัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด			-	0.14	1.05	0.05	1.05	0.04
ซีโอดี	มก./ล.	2504	-	479	2140	227	2140	338
		(60)		(36)	(129)	(23)	(129)	(60)
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี	%	-	-	81	15	89	15	84
				(2)	(5)	(1)	(5)	(2)
ตะกอนแขวนลอย	มก./ล.	-	-	101	194	62	194	116
				(19)	(60)	(20)	(60)	(40)
ประมาณก๊าซทั้งหมด	ลิตร/วัน	-	-	0.9	-	2.4	-	2.9
				(0.17)		(0.32)		(0.28)
ก๊าซมีเทน	%	-	-	84	-	88	-	76.5
อัตราการผลิตก๊าซมีเทน	ลิตร/กรัม	-	-	0.09	-	0.28	-	0.31
	ซีโอดีที่ถูกกำจัด							

ค่าที่อยู่ในเครื่องหมายวงเล็บ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน

ชุดการทดลองที่ 1 - ไม่มีถังสร้างกรด, มีการหมุนเวียนน้ำกลับ

ชุดการทดลองที่ 2 - มีถังสร้างกรด, มีการหมุนเวียนน้ำกลับ

ชุดการทดลองที่ 3 - มีถังสร้างกรด, ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ

ตาราง 4.3 สรุปค่าเฉลี่ยตัวแปรต่างๆ ของผลการทดลองที่ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

ตัวแปรที่วัด	หน่วย	น้ำเสีย	ชุดการทดลองที่ 4		ชุดการทดลองที่ 5		ชุดการทดลองที่ 6	
			ACID	UASB 1	ACID	UASB 2	ACID	UASB 3
โออาร์พี	-	-	-	-307	-219	-271	-219	-252
				(26)	(21)	(26)	(21)	(25)
พีเอช	-	8.21	-	7.24	6.09	7.27	6.09	7.19
		(0.16)		(0.23)	(0.08)	(0.07)	(0.08)	(0.06)
สภาพด่างทั้งหมด	มก./ล.	1576	-	1729	1601	1913	1601	1914
	แคลเซียมคาร์บอเนต	(26)		(43)	(62)	(44)	(62)	(35)
กรดไขมันระเหย	มก./ล.	90	-	710	1685	85	1685	91
	กรดอะเซติก	(28)		(158)	(204)	(13)	(204)	(18)
อัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด			-	0.41	1.05	0.04	1.05	0.05
ซีโอดี	มก./ล.	5018	-	1372	3695	568	3695	696
		(136)		(168)	(188)	(55)	(188)	(74)
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี	%	-	-	73	26	85	26	81
				(3)	(4)	(2)	(4)	(3)
ตะกอนแขวนลอย	มก./ล.	-	-	242	352	148	352	204
				(58)	(72)	(43)	(72)	(29)
ประมาณก๊าซทั้งหมด	ลิตร/วัน	-	-	2.2	-	4.4	-	4.9
				(0.38)		(0.40)		(0.64)
ก๊าซมีเทน	%	-	-	79	-	88	-	80
อัตราการผลิตก๊าซมีเทน	ลิตร/กรัม	-	-	0.12	-	0.32	-	0.33
	ซีโอดีที่ถูกกำจัด							

ค่าที่อยู่ในเครื่องหมายวงเล็บ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน
ชุดการทดลองที่ 4 - ไม่มีถังสร้างกรด, มีการหมุนเวียนน้ำกลับ
ชุดการทดลองที่ 5 - มีถังสร้างกรด, มีการหมุนเวียนน้ำกลับ
ชุดการทดลองที่ 6 - มีถังสร้างกรด, ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ

จากผลการทดลองในตาราง 4.2 และ 4.3 ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1, 2 และ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 127, 45 และ 45 มก./ลิตร ในเทอมของกรดอะเซติก ตามลำดับ และที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 710, 85 และ 91 มก./ลิตร ในเทอมของกรดอะเซติก ตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) มีค่าสูงกว่าปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 (มีถังสร้างกรด) อย่างชัดเจน และที่ภาระ

บรรทุกสารอินทรีย์สูงขึ้นจะเห็นว่า ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีค่าสูงขึ้นอย่างมาก ขณะที่ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 มีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำในถังสร้างกรดที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 833 และ 1685 มก./ลิตร ในเทอมของกรดอะเซติก ตามลำดับ

อัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1, 2 และ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 0.14, 0.05 และ 0.04 ตามลำดับ และที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 0.41, 0.04 และ 0.05 ตามลำดับ โดยที่อัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด ของถังสร้างกรดสูงถึง 1.05 จะเห็นว่า อัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) มีค่าสูง และมีค่าสูงเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ขณะที่อัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 (มีถังสร้างกรด) มีค่าต่ำและค่อนข้างคงที่แม้จะมีการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1, 2 และ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 81, 89 และ 84% ตามลำดับ และที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 73, 85 และ 81% ตามลำดับ จะเห็นว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) มีค่าต่ำสุด ขณะที่ระบบที่มีถังสร้างกรดมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงกว่า โดยระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2) มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงกว่า ระบบที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) เล็กน้อย ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังสร้างกรด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 15 และ 26 % ตามลำดับ

ซีโอดีน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1, 2 และ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 479, 227 และ 338 มก./ล. ตามลำดับ และที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 1372, 568 และ 696 มก./ล. ตามลำดับ จะเห็นว่า ซีโอดีน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) มีค่าสูงสุด ขณะที่ระบบที่มีถังสร้างกรดมีซีโอดีน้ำออกต่ำกว่า โดยระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2) มีค่าต่ำกว่า ระบบที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) เล็กน้อย ค่าซีโอดีน้ำออกของถังสร้างกรด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 2140 และ 3695 มก./ล. ตามลำดับ

ตะกอนแขวนลอยของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1, 2 และ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 101, 62 และ 116 มก./ล. ตามลำดับ และที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 242, 148 และ 204 มก./ล. ตามลำดับ จะเห็นว่า ตะกอนแขวนลอยในน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 (มีถังสร้างกรด และ การหมุนเวียนน้ำกลับ) มีค่าต่ำสุด ขณะที่ตะกอนแขวนลอยในน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด แต่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ) และถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (มีถังสร้างกรด แต่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ) มีค่าสูงพอๆกัน ปริมาณตะกอนแขวนลอยของถังสร้างกรด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 194 และ 352 มก./ล. ตามลำดับ

ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1, 2 และ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 0.9, 2.4 และ 2.9 ลิตร/วัน ตามลำดับ และที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 2.2, 4.4 และ 4.9 ลิตร/วัน ตามลำดับ จะเห็นว่า ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) ผลิตก๊าซได้ต่ำที่สุด ขณะที่ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 (มีถังสร้างกรด) ผลิตก๊าซได้ใกล้เคียงกัน

เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1, 2 และ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 84, 88 และ 76.5 % ตามลำดับ และที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 79, 88 และ 80 % ตามลำดับ จะเห็นว่า เมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 (มีถังสร้างกรด) ค่อนข้างคงที่ ขณะที่เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) มีค่าลดลง

อัตราการผลิตก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1, 2 และ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 0.09, 0.28 และ 0.31 ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ตามลำดับ และที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 0.12, 0.32 และ 0.33 ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ตามลำดับ จะเห็นว่า อัตราการผลิตก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) มีค่าต่ำกว่าอัตราการผลิตก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 (มีถังสร้างกรด) อย่างเห็นได้ชัด

ค่าโออาร์พีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1, 2 และ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ -265, -226 และ -216 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ และที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ -307, -271 และ -252 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ จะเห็นว่า ค่าโออาร์พีของถังยูเอเอสบีทั้ง 3 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าโออาร์พีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีค่าสูงที่สุด และค่าโออาร์พีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 มีค่าต่ำลงมาตามลำดับ ค่าโออาร์พีของถังสร้างกรดที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ -201 และ -219 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ

ค่าพีเอชของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1, 2 และ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 7.34, 7.07 และ 6.91 ตามลำดับ และที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 7.24, 7.27 และ 7.19 ตามลำดับ จะเห็นว่า ค่าพีเอชของถังยูเอเอสบีทั้ง 3 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าพีเอชของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีค่าสูงที่สุด และค่าพีเอชของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 มีค่าต่ำลงมาตามลำดับ ค่าพีเอชของถังสร้างกรด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 5.83 และ 6.09 ตามลำดับ

สภาพด่างทั้งหมดของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1, 2 และ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 904, 1013 และ 1001 มก./ล.ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ และที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 1729, 1913 และ 1914 มก./ล.ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ จะเห็นว่าสภาพด่างทั้งหมดของถังยูเอเอสบีทั้ง 3 ชุด มีค่าใกล้เคียงกัน โดยสภาพด่างทั้งหมดของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) มีค่าต่ำกว่า สภาพด่างทั้งหมดของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 (มีถังสร้างกรด) เล็กน้อย สภาพด่างทั้งหมดของถังสร้างกรด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 791 และ 1601 มก./ล.ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ

จากผลการทดลองดังกล่าว การสะสมของกรดไขมันระเหย การลดลงของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และ ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้และอัตราการผลิตก๊าซมีเทนที่มีค่าต่ำ ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) แสดงให้เห็นถึง การขาดประสิทธิภาพในการทำงานของระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด

4.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการบำบัดน้ำเสียแป้งมันสำปะหลังด้วยระบบยูเอเอสบีแบบไม่มีถังสร้างกรด

ในการวิจัยนี้ได้ทำการบำบัดน้ำเสียแป้งมันสำปะหลังด้วยระบบยูเอเอสบีแบบไม่มีถังสร้างกรดในถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 เพื่อดูว่า แป้งมันสำปะหลังจะมีผลเสียต่อระบบยูเอเอสบี เนื่องจาก การที่แป้งมีขั้นตอนไฮโดรไลซีสนาน และมีลักษณะเป็นอนุภาคแขวนลอย ซึ่งจะทำให้เกิดผลเสียต่อเม็ดตะกอนจุลินทรีย์และการทำงานของระบบ ตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 หรือไม่ โดยสามารถสรุปได้เป็นหัวข้อต่างๆดังนี้

4.3.1 การหลุดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์

จากการสังเกตตะกอนจุลินทรีย์ในถังยูเอเอสบีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 พบว่า ในระยะแรกเกิดการยกตัวระยะสั้นๆของชั้นตะกอนจุลินทรีย์แล้วก็ทลายกลับลงมา หลังจากเดินการทดลองชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด แต่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ) ระบบไป 2-3 วัน เริ่มมีเมือกแป้งสีขาวสะสมที่ฐานของถังยูเอเอสบีและมีบางส่วนแทรกตัวอยู่ในชั้นตะกอนจุลินทรีย์บ้าง ซึ่งต่อมาพบว่าตะกอนจุลินทรีย์พากันยกตัวจนลอยขึ้นไปที่ส่วนตกตะกอนและหลุดออกจากถังยูเอเอสบี โดยสังเกตเห็นฟองก๊าซขนาดใหญ่ในบริเวณที่มีเมือกแป้งแทรกตัวในชั้นตะกอนจุลินทรีย์ โดยก๊าซที่เกิดไม่สามารถแทรกตัวผ่านชั้นตะกอนจุลินทรีย์ออกไปได้เนื่องจากมีเมือกแป้งขวางอยู่ ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์เกือบทั้งหมดหลุดออกจากถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 ภายในเวลาไม่ถึง 2 อาทิตย์ ในขณะที่เมือกแป้งก็สะสมแทนที่ชั้นตะกอนจุลินทรีย์ในถังยูเอเอสบีมากขึ้นเรื่อยๆ จนเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ามีเมือกแป้งอยู่เต็มถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 จนมองไม่เห็นชั้นตะกอนจุลินทรีย์เลย และมีฟองก๊าซเม็ดโตๆถูกกักสะสมแทรกตัวอยู่ในชั้นเมือกแป้งเต็มไปหมด ดังแสดงในรูป 4.3 ฟองก๊าซที่เกิดขึ้นแทรกตัวออกจากชั้นเมือกแป้งซึ่งเหนียวได้ยาก แต่ไม่เกิดการยกตัวเหมือนในกรณีของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ เนื่องจากเมือกแป้งเหนียวเกาะกันมากกว่าการอยู่รวมกันของชั้นตะกอนจุลินทรีย์

จากข้อสังเกตที่กล่าวมานี้สอดคล้องกับข้อสังเกตของ Pavlostathis และ Giraldo-Gomez (1991) ซึ่งกล่าวไว้ว่าน้ำเสียประเภทแป้งมีขั้นตอน ไฮโดรไลซีส เป็นขั้นตอนจำกัดในปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน ส่งผลให้มีอนุภาคแป้งที่ไม่ย่อยสลายสะสมในชั้นตะกอนจุลินทรีย์ ก่อให้เกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการดำเนินไปของระบบ และเกิดการหลุดออกของตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมด และสอดคล้องกับการศึกษาของ Lettinga และคณะ(1991) ได้กล่าวไว้ว่าการที่น้ำเสียมีอนุภาคแป้งแขวนลอยปริมาณสูงอาจทำให้เกิดการหลุดออกของตะกอนจุลินทรีย์ทั้ง

หมดได้ จากการทดลองนี้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์เกือบทั้งหมดได้ลอยออกจากระบบในเวลาไม่นาน ก่อนที่จะเกิดผลเสียอย่างอื่นๆของอนุภาคแป้งที่มีต่อคุณสมบัติของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ เช่น การลดลงของการทำงานของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ การขัดขวางการเจริญเติบโตของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ และทำให้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์ไม่แข็งแรง ที่ต้องใช้ระยะเวลาแสดงผลที่นานกว่านี้

หลังจากสิ้นสุดการทดลองได้ถ่ายทำความสะอาดถัง พบตะกอนจุลินทรีย์จำนวนเล็กน้อย สีดำมีลักษณะแตกละเอียดไม่เป็นเม็ด สภาพที่เป็นอยู่ของถังยูเอเอสบีในการทดลองชุดนี้ได้สูญเสียลักษณะที่สำคัญของระบบยูเอเอสบี ที่อาศัยการทำงานของตะกอนจุลินทรีย์ที่รวมตัวกันเป็นเม็ดในการบำบัดน้ำเสีย ดังลักษณะที่เห็นในรูป 4.3

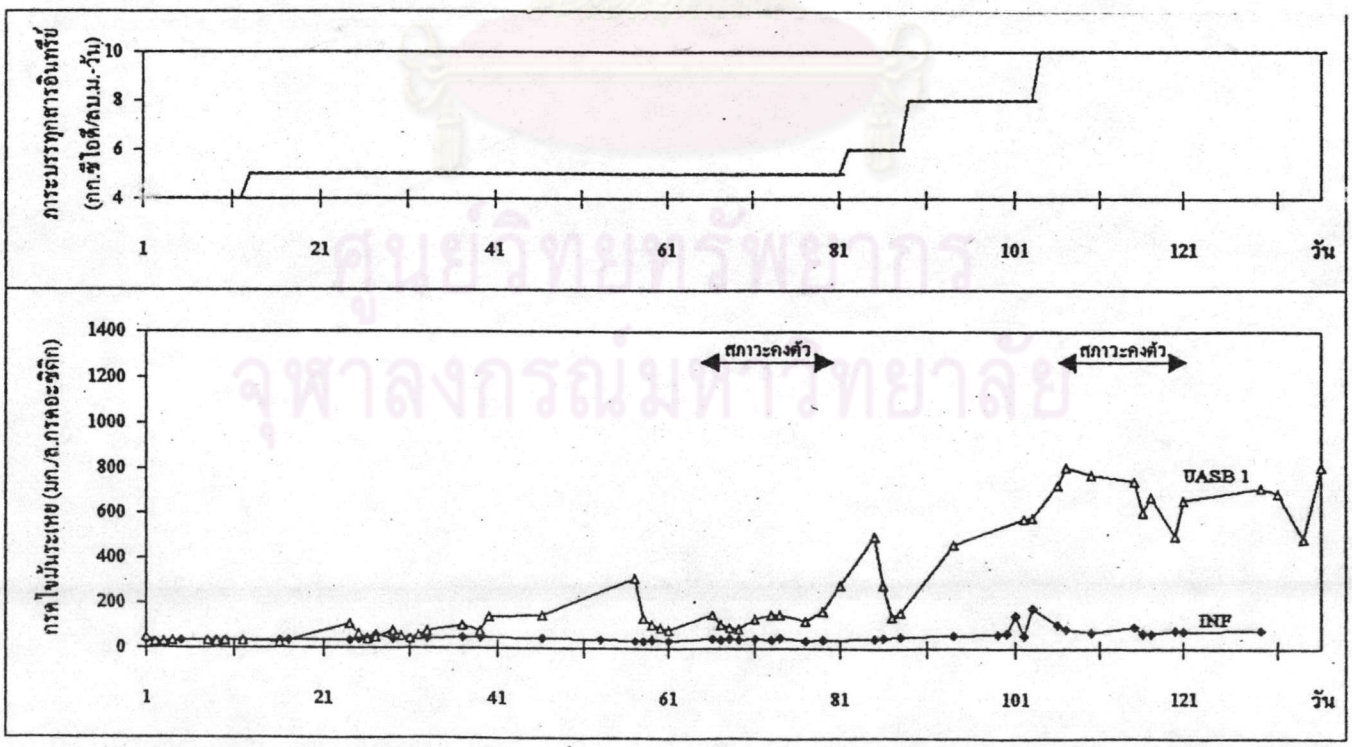
รูป 4.3 ลักษณะตะกอนจุลินทรีย์ภายในถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

4.1.2 การสะสมของกรดไขมันระเหยในระบบ

ค่า พีเอช สภาพด่างทั้งหมด และปริมาณกรดไขมันระเหย มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด และยังสามารถบ่งบอกถึงความสมดุลของระบบ โดยปกติปริมาณกรดไขมันระเหย 200-400 มก./ล.(ในเทอมของกรดอะเซติก) แสดงถึงการทำงานของระบบเป็นไปด้วยดี ปริมาณกรดไขมันระเหยและสภาพด่างทั้งหมดเป็นตัวกำหนดพีเอช ซึ่งในระบบไร้ออกซิเจนต้องมีการควบคุมค่าพีเอชให้เป็นกลางเนื่องจากแบคทีเรียสร้างมีเทนสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงพีเอชประมาณ 6.8-7.2 เท่านั้น มิฉะนั้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสร้างมีเทนจะถูกยับยั้งทำให้ระบบล้มเหลวได้ ถ้าอัตราส่วนของกรดไขมันระเหย(ในเทอมของกรดอะเซติก) ต่อ สภาพด่างทั้งหมด (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) น้อยกว่า 0.4 แสดงว่าระบบมีสภาพด่างเพียงพอ แต่ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าสูงกว่า 0.8 แสดงว่าระบบมีสภาพด่างไม่เพียงพอที่จะรักษาระดับพีเอชที่เป็นกลางไว้ได้

<u>กรดไขมันระเหย</u>

รูป 4.4 แสดงค่าปริมาณกรดไขมันระเหย ตลอดการทดลองชุดที่ 1 และตาราง 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรดไขมันระเหย เปรียบเทียบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1



รูป 4.4 ค่าปริมาณกรดไขมันระเหย ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดไขมันระเหย เปรียบเทียบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

	5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน		10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน	
	น้ำเสีย	UASB 1	น้ำเสีย	UASB 1
กรดไขมันระเหย มก./ล. (ในเทอมของกรดอะเซติก)	39	127	90	710

จากรูป 4.4 พบว่า ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำออกจากระบบมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามความเข้มข้นของน้ำเข้า หรือตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น จากตาราง 4.4 ปริมาณกรดไขมันระเหยเพิ่มจาก 127 มก./ล.(ในเทอมของกรดอะเซติก) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน เป็น 710 มก./ล.(ในเทอมของกรดอะเซติก) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นถึง 5.6 เท่า ขณะที่ความเข้มข้นของแป้งในน้ำเสียเปลี่ยนจาก 2500 มก./ล.ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เป็น 5000 มก./ล.ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งเพิ่มขึ้นเพียง 2 เท่า

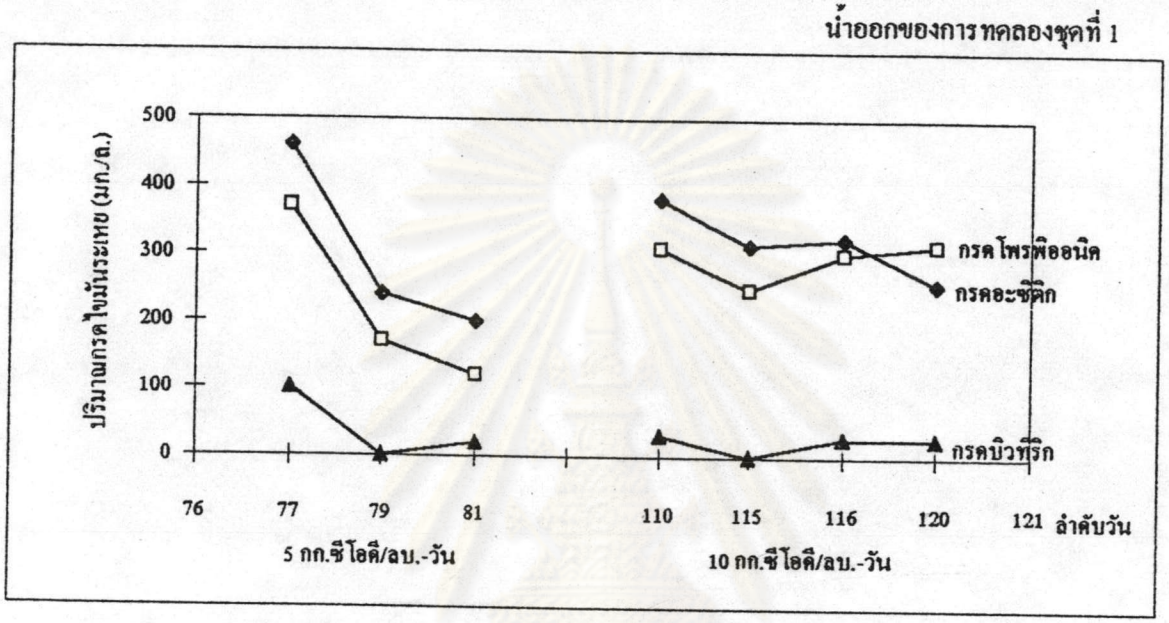
จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันระเหยด้วยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟี ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.5 และรูป 4.5 จะเห็นว่าที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น น้ำออกจากถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีแนวโน้มที่จะมีสัดส่วนของกรดโพรพิออนิกเพิ่มขึ้น คือ ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ในวันที่ 77, 79 และ 81 สัดส่วนของกรดโพรพิออนิกมีค่าเท่ากับ 40, 41.5 และ 35% ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ในวันที่ 110, 115, 116 และ 120 สัดส่วนของกรดโพรพิออนิกมีค่าเท่ากับ 43, 44, 46 และ 52.6% ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้คาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากในระบบมีความดันพาร์เชียลก๊าซไฮโดรเจนสูง เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากขั้นตอนการสร้างกรดถูกกำจัดออกจากระบบได้ไม่ดีนัก เพราะในระบบมีแบคทีเรียสร้างมีเทนอยู่น้อยมาก ทำให้ก๊าซไฮโดรเจนสะสมในระบบ สภาวะเช่นนี้เอื้อให้แบคทีเรียสร้างกรดออกซิไดซ์กลูโคสให้กลายเป็นกรดโพรพิออนิคแทนที่จะเป็นกรดอะเซติก กรดโพรพิออนิคที่เกิดขึ้นถูกย่อยสลายต่อเป็นกรดอะเซติกได้ไม่ดีนัก ทำให้สัดส่วนของกรดโพรพิออนิคมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ถ้าเมื่อใดที่ความเข้มข้นของกรดโพรพิออนิคสูงกว่า 1000 มก./ล. จะเป็นพิษต่อระบบอีกด้วย การที่น้ำออกของระบบยูเอเอสบีแบบไม่มีถังสร้างกรดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันระเหยและการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนของกรดโพรพิออนิค แสดงถึงการขาดความสมดุลระหว่างแบคทีเรียสร้างกรดและแบคทีเรียสร้างมีเทน ซึ่งสอดคล้องกับที่พบว่าภายใน

ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์เหลือน้อยมาก โดยส่วนใหญ่เป็นเมือกแป้งประกอบด้วยแบคทีเรียสร้างกรด จากตาราง 4.5 นี้ ปริมาณกรดไขมันระเหยที่ได้จากวิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟีและ วิธีไตเตรทมีค่าต่างกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากความผิดพลาดในระหว่างขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยวิธีไตเตรท

ตาราง 4.5 ปริมาณกรดไขมันระเหย (มก./ล.กรดอะเซติก) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟี ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของน้ำออกจากถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

	วิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟี				วิธีไตเตรท
	กรดอะเซติก	กรดโพรพิออนิค	กรดบิวทิริก	กรดทั้งหมด	กรดทั้งหมด
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
วันที่ 77	460 49%	370 40%	100 11%	930	124
วันที่ 79	240 58.5%	170 41.5%	-	410	166
วันที่ 81	200 59%	120 35%	20 6%	340	285
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
วันที่ 110	382 53%	309 43%	31 4%	722	773
วันที่ 115	313 56%	247 44%	-	560	743
วันที่ 116	323 49.5%	301 46%	28 4%	652	608
วันที่ 120	255 43%	313 52.6%	27 4.5%	595	503

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.5 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันระเหยจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟี ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของน้ำออกจากถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พีเอช และ อัตราส่วนของกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด

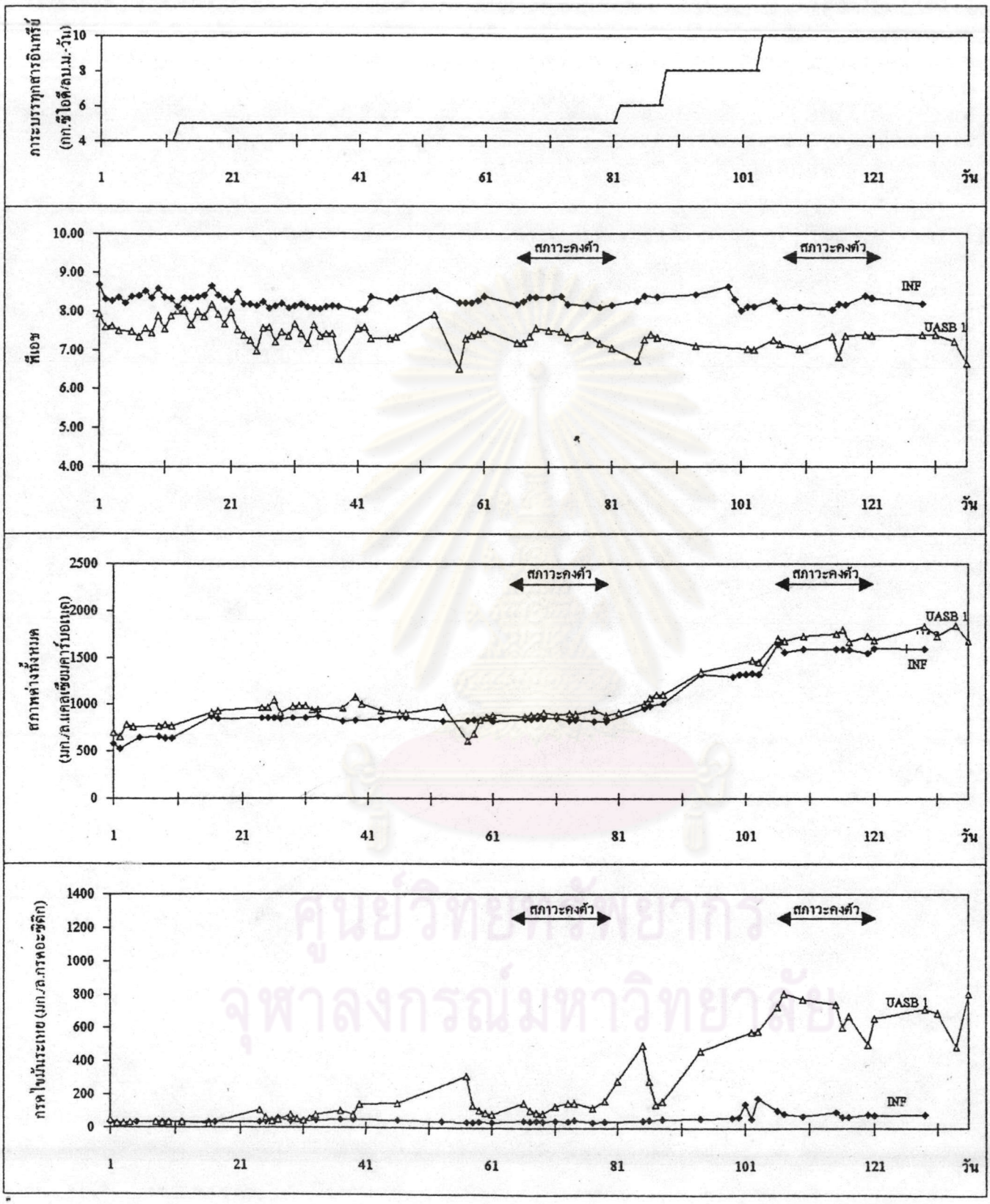
การสะสมของกรดไขมันระเหยในระบบน่าจะส่งผลให้ค่าพีเอชของน้ำออกต่ำลง แต่ปรากฏว่า จากตาราง 4.6 ค่าพีเอชที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ลดต่ำลงจากที่ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เพียงเล็กน้อย คือจาก 7.34 ลดลงเหลือ 7.24 เป็นผลจากการที่ระบบยังสามารถรักษาค่าอัตราส่วนของกรดไขมันระเหย(ในเทอมของกรดอะเซติก) ต่อ สภาพด่างทั้งหมด (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) ไม่ให้เกิน 0.8 คือรักษาไว้ที่ระดับ 0.41 ถึงแม้ว่าอัตราส่วนนี้จะเพิ่มขึ้นอย่างมากจากที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งอัตราส่วนนี้มีค่าเพียง 0.14

กราฟแสดงค่าพีเอช สภาพด่างทั้งหมด ปริมาณกรดไขมันระเหย และอัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 แสดงในรูป 4.6

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ย พีเอช สภาพด่างทั้งหมด ปริมาณกรดไขมันระเหย และ อัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด เปรียบเทียบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

	5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน		10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน	
	น้ำเสีย	UASB 1	น้ำเสีย	UASB 1
พีเอช	8.24	7.34	8.21	7.24
สภาพด่างทั้งหมด มก./ล.(ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต)	840	904	1576	1729
กรดไขมันระเหย มก./ล. (ในเทอมของกรดอะเซติก)	39	127	90	710
กรดไขมันระเหย (ในเทอมของกรดอะเซติก) ต่อ สภาพด่างทั้งหมด (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต)	0.05	0.14	0.06	0.41

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.6 ค่า พีเอช สภาพด่างทั้งหมด และปริมาณกรดไขมันระเหย ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบี ชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 ความสามารถในการรักษาตะกอนจุลินทรีย์

จากการสังเกตตะกอนจุลินทรีย์ในถังยูเอเอสบีแบบมีถังสร้างกรดของการทดลองชุดที่ 3 ในช่วงแรกๆพบการยกตัวของตะกอนจุลินทรีย์เช่นกัน แต่เป็นการยกตัวชั่วคราวแล้วก็ทลายกลับลงมาสู่ถังเช่นเดิม ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะตะกอนจุลินทรีย์กำลังปรับตัวกับสภาพแวดล้อมใหม่ในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 พบเมือกแป้งสะสมในถังบ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของถังมีคราบเศษตะกอนจุลินทรีย์เกาะอยู่ จากการเทตะกอนจุลินทรีย์ในช่วงเริ่มต้นระบบ แต่เมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์มากขึ้น ทำให้ปริมาณก๊าซที่เกิดภายในถังยูเอเอสบีเพิ่มขึ้นช่วยชะคราบที่มีอยู่หลุดไปเรื่อยๆ จนสามารถสังเกตเห็นเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังได้ ดังแสดงในรูป 4.11

รูป 4.11 ลักษณะตะกอนจุลินทรีย์ภายในถังยูเอเอสบีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (มีถังสร้างกรด)

โออาร์พี

โออาร์พีเป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชั่น-รีดักชั่น วัดระดับความต่างศักดิ์ไฟฟ้าที่เกิดจากการถ่ายเทอิเลคตรอนที่เกิดขึ้นในน้ำ มีค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้ โดยในน้ำที่มีออกซิเจนหรือไนเตรตค่าโออาร์พีจะเป็นบวกเป็นการแสดงถึงความสามารถในการรับอิเลคตรอนของสารละลาย ในขณะที่ในน้ำเสียที่ปราศจากออกซิเจนค่าโออาร์พีจะเป็นลบเป็นการแสดงว่าสารละลายมีความสามารถในการให้อิเลคตรอน

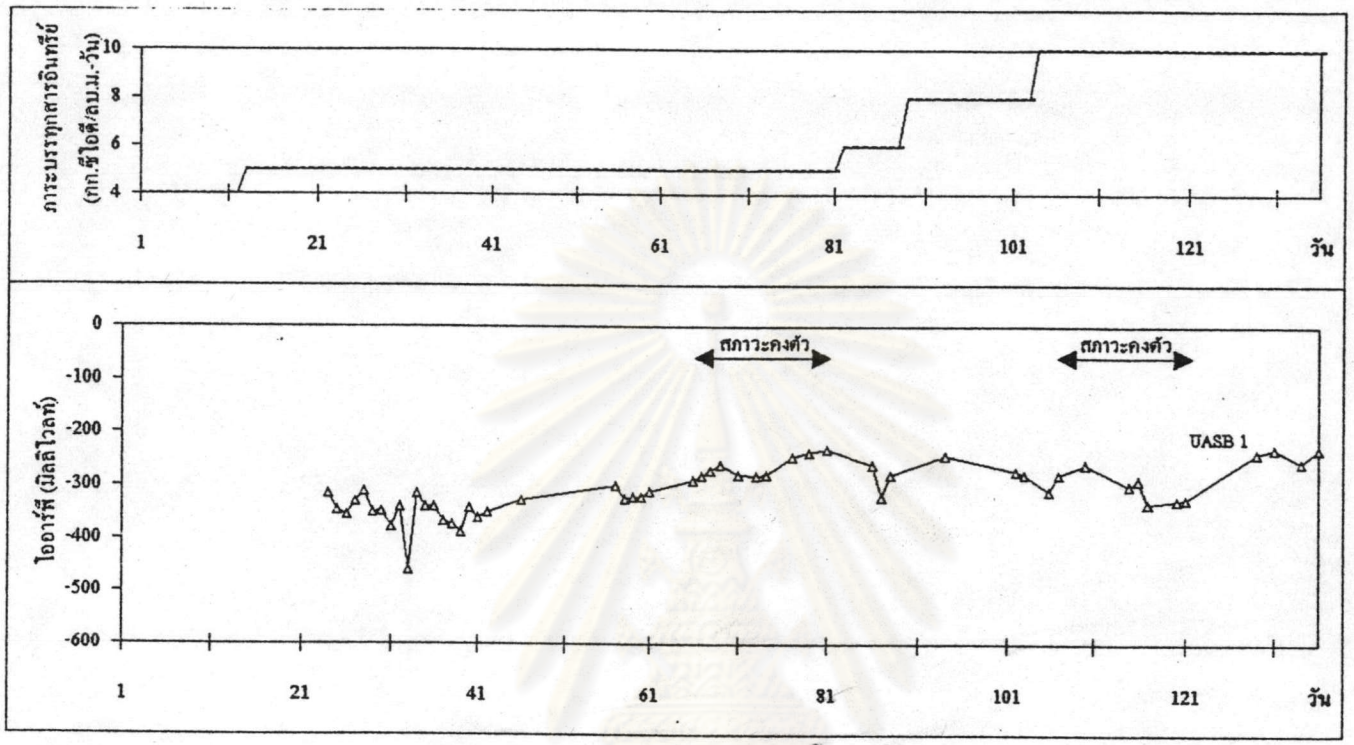
จากตาราง 4.7 ค่าโออาร์พีที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเป็น -265 และ -307 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ค่าโออาร์พีที่เป็บลบแสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน และค่าลบที่เพิ่มขึ้นที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน แสดงถึง การเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนมากกว่าที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน ซึ่งสอดคล้องกับค่ากรดไขมันระเหยที่เกิดมากขึ้นด้วย

ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ยโออาร์พี เปรียบเทียบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

	5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน		10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน	
	น้ำเสีย	UASB 1	น้ำเสีย	UASB 1
โออาร์พี (มิลลิโวลท์)	-	-265	-	-307

กราฟแสดงค่าโออาร์พี ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 แสดงในรูป 4.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.7 ค่าโออาร์พี ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว พอจะสรุปได้ว่าการสะสมของกรดไขมันระเหยเป็นผลมาจากการหลุดออกของตะกอนจุลินทรีย์ ทำให้เมือกแป้งสะสมในระบบ ส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันระเหยในระบบเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของกรดไขมันระเหยและอัตราส่วนของกรดไขมันระเหย (ในเทอมของกรดอะเซติก) ต่อ สภาพด่างทั้งหมด (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) ของระบบ เมื่อมีการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ แสดงให้เห็นว่า การเดินระบบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงขึ้นอาจประสบปัญหาจากการสะสมตัวของกรดไขมันระเหย ซึ่งหากไม่มีการเติมสภาพด่างให้เพียงพอพีเอชของระบบจะต้องลดลงจนแบคทีเรียสร้างมีเทนที่เหลือปริมาณเล็กน้อยไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้และระบบล้มเหลวในที่สุด เช่นเดียวกับคำกล่าวของ Endo และ Tohya (1988) ที่ว่าการสะสมของอนุภาคแป้งในระบบยูเอเอสบีส่งผลให้เกิดการลอยออกของตะกอนจุลินทรีย์และเกิดการสะสมของกรดไขมันระเหย เกิดผลเสียต่อแบคทีเรียสร้างมีเทนทำให้ระบบล้มเหลวในที่สุด

4.1.3 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

จากตาราง 4.8 แสดงค่าเฉลี่ย ซีโอดี ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และค่าตะกอนแขวนลอย เปรียบเทียบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) เป็นที่น่าสังเกตว่า ถึงแม้ระบบยูเอเอสบีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 นี้ ได้สูญเสียสภาพที่เป็นระบบยูเอเอสบีไปแล้ว คือ สูญเสียเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ไปเกือบหมด แต่ความสามารถในการกำจัดซีโอดียังคงมีค่าสูงทีเดียว โดยสูงถึง 81% ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน และเมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีลดลงเหลือ 73% เมื่อสังเกตในรูป 4.8 กราฟแสดงค่า ซีโอดี ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และค่าตะกอนแขวนลอย ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 จะพบว่าเมื่อเริ่มต้นเดินระบบของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 นี้ มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมากกว่า 90% ซึ่งเมื่อเทียบกับระบบยูเอเอสบีโดยทั่วไปแล้วนับเป็นประสิทธิภาพที่ดีเลยทีเดียว การที่ประสิทธิภาพดีมากในช่วงแรกๆแต่มีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นนี้ น่าจะเป็นเพราะแป้งซึ่งเป็นค่าซีโอดีหลักของน้ำเสียได้สะสมในถังปฏิกิริยาแทนที่เม็ดตะกอนจุลินทรีย์โดยที่การย่อยสลายเกิดขึ้นน้อยมาก ทำให้ค่าซีโอดีน้ำออกของระบบมีค่าต่ำและส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบมีค่าสูง แต่ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกลับลดลงอย่างค่อนข้างรวดเร็วเมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไป แบคทีเรียสร้างกรดสามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนมากขึ้น และค่อยๆย่อยสลายเมือกแป้งที่สะสมอยู่ในระบบผ่านขั้นตอนไฮโดรไลซีสให้แป้งละลายน้ำ และขั้นตอนการสร้างกรดได้กรดไขมันระเหย ส่งผลให้น้ำออกมีปริมาณกรดไขมันระเหยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 4.2.2

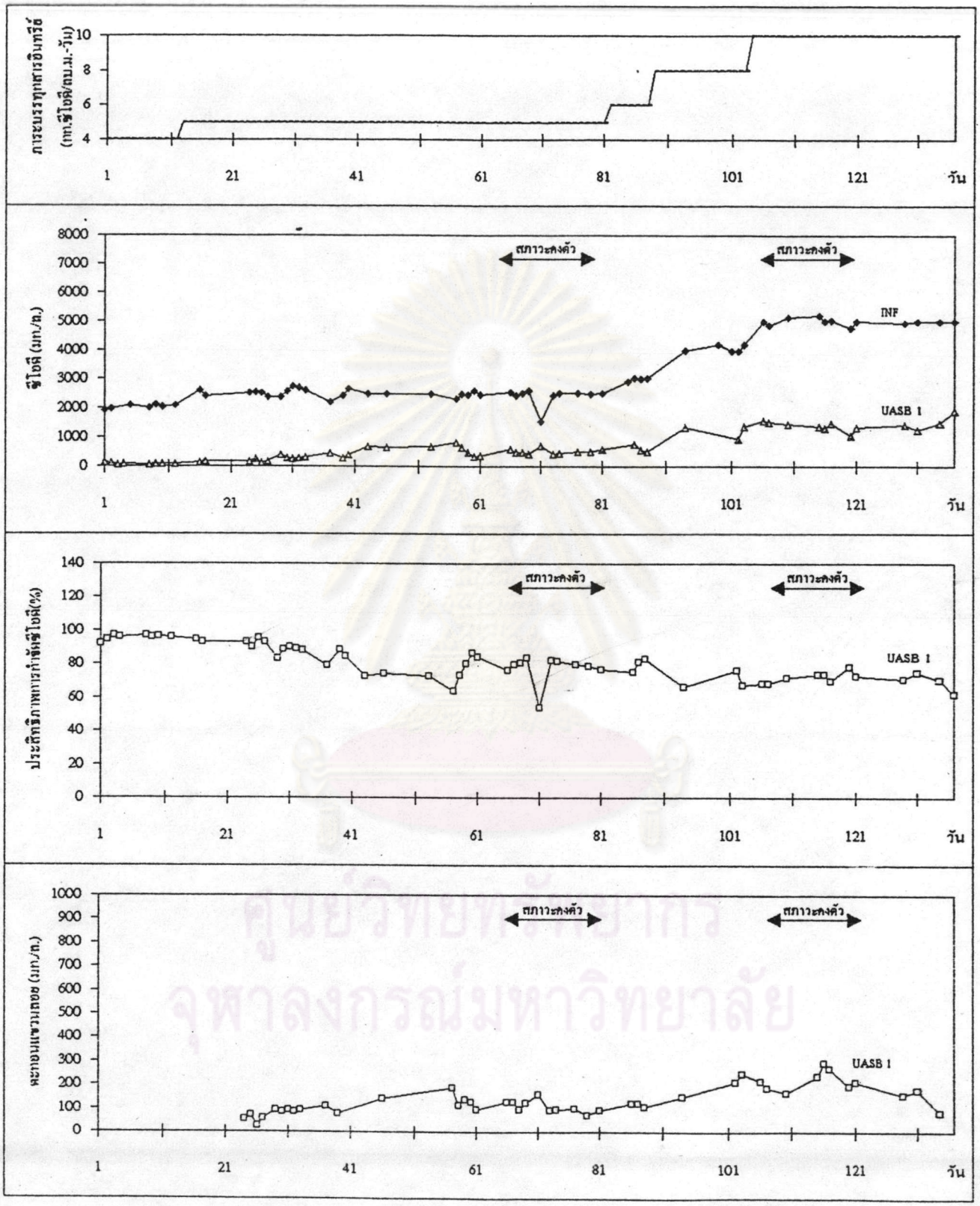
ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ย ซีโอดี ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และค่าตะกอนแขวนลอย เปรียบเทียบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

	5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน		10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน	
	น้ำเสีย	UASB 1	น้ำเสีย	UASB 1
ซีโอดี (มก./ล.)	2504	479	5018	1372
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)	-	81	-	73
ค่าตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	-	101	-	242

ค่าซีโอดีน้ำออกเพิ่มขึ้นจาก 479 มก./ล.ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน เป็น 1372 มก./ล.ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ค่าซีโอดีในน้ำออกที่เพิ่มขึ้นนั้น เป็นผลมาจากปริมาณกรดไขมันระเหยที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของตะกอนแขวนลอยในน้ำออกซึ่งเป็นอนุภาคแป้งที่ยังไม่ถูกย่อย ค่าตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้นจาก 101 มก./ล.ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เป็น 242 มก./ล.ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

จากผลการทดลองนี้ทำให้สรุปได้ว่า การเดินระบบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงขึ้น มีแนวโน้มที่ประสิทธิภาพของระบบจะยิ่งลดลง จึงทำให้ไม่สามารถเดินระบบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.8 ค่า ซีโอดี ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และค่าตะกอนแขวนลอย ตลอดการทดลองของถัง ยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

4.1.4 อัตราการผลิตก๊าซมีเทน

อัตราการผลิตก๊าซมีเทนเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการทำงานของระบบไร้ออกซิเจนที่สำคัญมาก ในทางทฤษฎีอัตราการผลิตก๊าซมีเทน จะมีค่าประมาณ 0.35 - 0.38 ลิตรของมีเทน / กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ตาราง 4.9 แสดงค่าเฉลี่ย ปริมาณก๊าซทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน และ อัตราการผลิตก๊าซมีเทน เปรียบเทียบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ย ปริมาณก๊าซทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน และ อัตราการผลิตก๊าซมีเทน เปรียบเทียบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

	5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน		10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน	
	น้ำเสีย	UASB 1	น้ำเสีย	UASB 1
ปริมาณก๊าซทั้งหมด (ลิตร)	-	0.9	-	2.2
เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน	-	84	-	79
อัตราการผลิตก๊าซมีเทน (ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด)	-	0.09	-	0.12

จากตาราง 4.9 จะเห็นว่าอัตราการผลิตก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่า 0.09 และ 0.12 ลิตร / กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัดตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าตัวเลขทางทฤษฎีอย่างมาก หมายความว่า ซีโอดีที่ถูกกำจัดไปในระบบถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนได้น้อยมาก เมื่อพิจารณาสมดุลย์ซีโอดีในระบบยูเอเอสบีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) ในตาราง 4.10 จะเห็นว่า ค่าซีโอดีที่วัดไม่ได้มีค่าสูงถึง 56 และ 46.5% ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ จากสมการสมดุลย์ซีโอดี ซีโอดีที่วัดไม่ได้ส่วนนี้อาจเปลี่ยนเป็นเซลล์แบคทีเรีย หรือถูกแบคทีเรียชนิดอื่นที่ไม่ใช่แบคทีเรียสร้างมีเทนใช้ไป แต่เปอร์เซ็นต์ซีโอดีที่จะเปลี่ยนเป็นเซลล์ในระบบไร้ออกซิเจนทางทฤษฎีมีค่าเพียง 5-10% ดังนั้นอาจตั้งสมมุติฐานได้ว่า ซีโอดีที่วัดไม่ได้นี้อาจถูกใช้ไปโดยแบคทีเรียชนิดอื่นที่อยู่ในระบบที่ไม่ใช่แบคทีเรียสร้างมีเทน ทำให้ระบบสามารถกำจัดซีโอดีได้มาก แต่ซีโอดีที่ถูกกำจัดนั้นเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนได้เพียงเล็กน้อย ซึ่งส่งผลให้อัตราการผลิตก๊าซมีเทนมีค่าต่ำลง

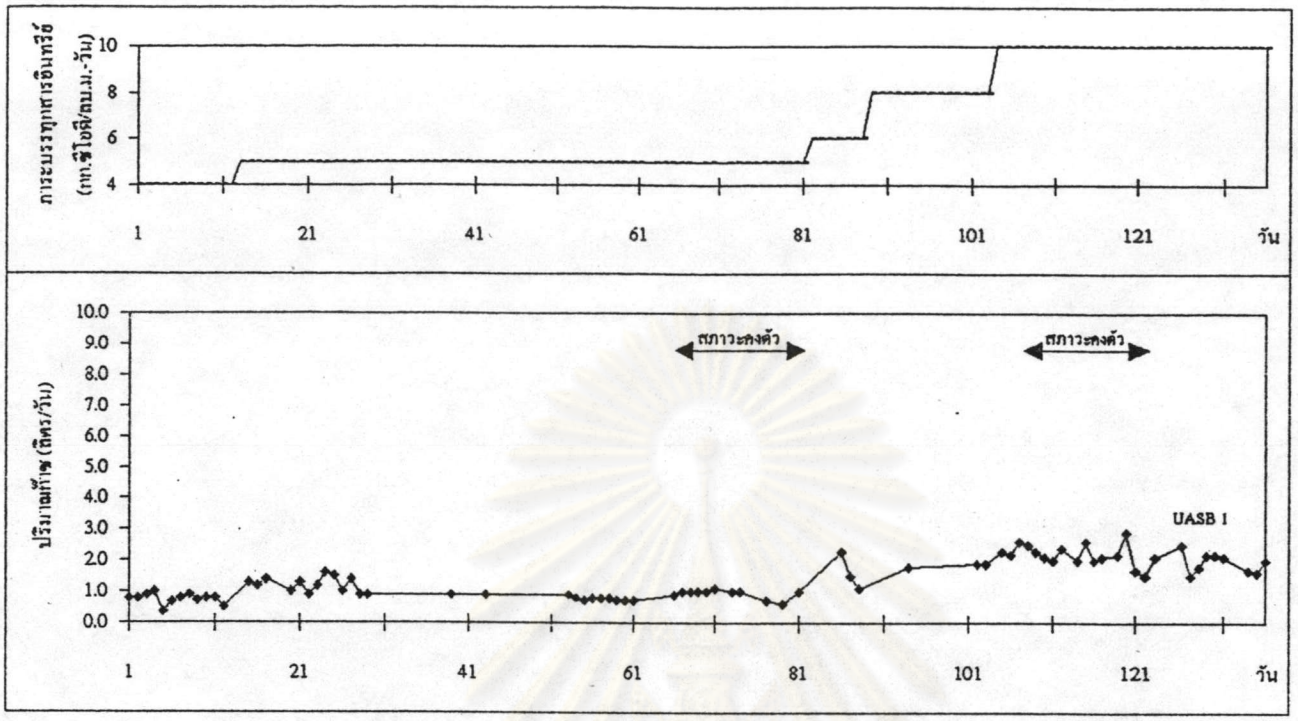
ตาราง 4.10 สมดุลย์ของซีโอดีในระบบยูเอเอสบีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

		5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน		10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน	
		มก./ล.	สัดส่วน	มก./ล.	สัดส่วน
ซีโอดีน้ำเสีย	ทั้งหมด	2504	100%	5018	100%
ซีโอดีน้ำออก	ทั้งหมด	479	19%	1372	27%
	ก๊าซมีเทน	540	22%	1243	25%
	ก๊าซมีเทนละลายน้ำ	73	3%	69	1.5%
		1092	44%	2684	53.5%
ซีโอดีที่วัดไม่ได้		1408	56%	2334	46.5%

หมายเหตุ $COD_{เข้าระบบ} = COD_{น้ำออกทั้งหมด} + COD_{ก๊าซมีเทน} + COD_{ก๊าซมีเทนที่ละลายในน้ำออก} + COD_{ที่ถูกใช้ไปโดยแบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟต} + COD_{ที่เบลียนเป็นเซลล์} + COD_{สะสมในระบบ}$

จากตาราง 4.9 ปริมาณก๊าซทั้งหมดที่ผลิตได้ก็มีค่าต่ำมาก คือ 0.9 และ 2.2 ลิตร /วัน ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ขณะที่พบว่าเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนมีปริมาณสูงถึง 84 เปอร์เซ็นต์ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน แต่ก็มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์โดยเหลือ 79 เปอร์เซ็นต์ ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งขัดแย้งกับข้อสังเกตที่ว่า ถังยูเอเอสบีชุดนี้น่าจะเกิดขั้นตอนการไฮโดรไลซีสและขั้นตอนการสร้างกรด มากกว่าขั้นตอนการสร้างมีเทน เนื่องจากแบคทีเรียสร้างมีเทนแทบไม่มีเหลืออยู่ในระบบเลย ซึ่งน่าจะทำให้พบเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนต่ำกว่านี้ โดยเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้นแทน แต่สามารถอธิบายสาเหตุที่เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนสูง ว่าน่าจะเป็นเพราะแบคทีเรียสร้างมีเทนที่เหลืออยู่ในระบบเพียงเล็กน้อยนั้นยังสามารถทำงานได้อยู่ เนื่องจากยังไม่มีปัจจัยใดมาจำกัดการเจริญเติบโต โดยที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ ลบ.ม.-วัน ค่าพีเอชของน้ำออกเท่ากับ 7.24 ซึ่งยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสร้างมีเทน (6.5 -7.5) แต่สามารถคาดการณ์ได้ว่า ถ้ายังเดินระบบต่อไปที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงขึ้น ในเวลาไม่นานกรดไขมันระเหยจะสะสมอย่างรวดเร็วทำให้ค่าพีเอชในระบบต่ำลงจนแบคทีเรียสร้างมีเทนไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ และเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนของระบบจะลดต่ำลงเรื่อยๆ

กราฟแสดงปริมาณก๊าซทั้งหมด ตลอดการทดลองชุดที่ 1 แสดงในรูป 4.9



รูป 4.9 ค่าปริมาณก๊าซทั้งหมด ตลอดการทดลองชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด)

สรุปได้ว่า ระบบยูเอเอสบีแบบไม่มีถังสร้างกรดทำให้เกิดการลอยออกของตะกอนจุลินทรีย์เกือบทั้งหมด มีการสะสมของแป้งที่ยังไม่ย่อยสลายในระบบ ซึ่งก่อให้เกิดการสะสมของกรดไขมันระเหย ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการทำงานต่ำ อัตราการผลิตก๊าซทั้งหมดและก๊าซมีเทนมีค่าต่ำ และทำให้การทำงานของระบบล้มเหลวในที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับที่มีผู้ทำการศึกษาตามที่กล่าวมาแล้ว

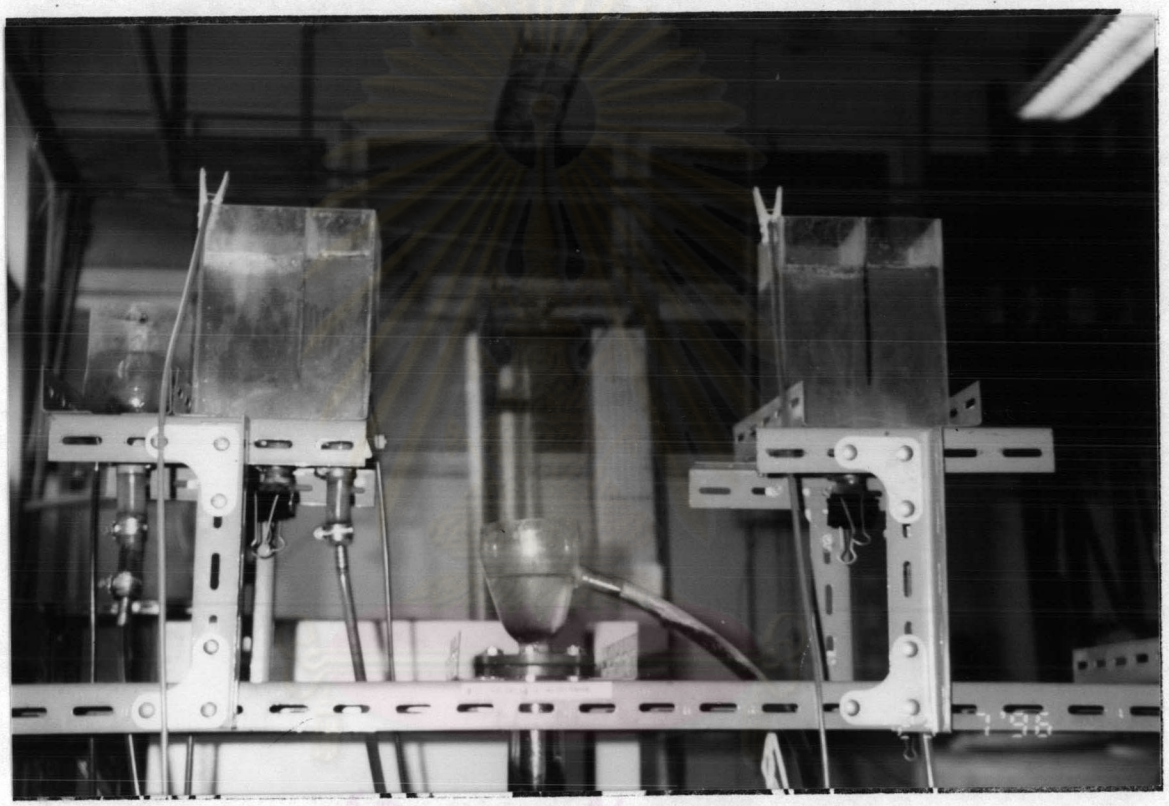
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การใช้ระบบยูเอเอสบีแบบมีถังสร้างกรด

ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียแป้งมันสำปะหลังด้วยระบบยูเอเอสบีแบบมีถังสร้างกรดในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 เพื่อดูอิทธิพลของถังสร้างกรดที่มีต่อระบบยูเอเอสบีเปรียบเทียบกับถังยูเอเอสบีชุดที่1 ที่ไม่มีถังสร้างกรด ว่าจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้นตามทฤษฎีที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 หรือไม่ ผลการทดลองสามารถสรุปได้เป็นหัวข้อดังนี้

4.4.1 ลักษณะทางกายภาพภายในถังสร้างกรด

เมื่อเริ่มต้นเดินระบบ ถังสร้างกรดไม่ได้ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์แต่อย่างใด แต่ปล่อยให้เกิดการหมักตามธรรมชาติโดยกักน้ำเสียไว้ในถังสร้างกรดตามระยะเวลาที่กำหนด คือ 12 ชั่วโมง ในระยะแรกเตรียมน้ำเสียแป้งที่ความเข้มข้น 1000 มก./ล. พบว่าการเน่าในถังสร้างกรดเกิดน้อย ต่อมาเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งขึ้น พบว่าน้ำเสียในถังสร้างกรดเกิดการเน่ามากขึ้น สังเกตเห็นฟองและซากของแป้งที่เน่าที่ผิวน้ำในถังสร้างกรดและมีใยแป้งติดทั่วไปที่ผนังของถังสร้างกรด ต่อมาสังเกตเห็นเซลล์สีแดงๆที่ผนังของถังสร้างกรด ยิ่งเดินระบบไปนานๆเซลล์สีแดงที่ผนังถังสร้างกรดยิ่งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ได้สังเกตพบว่าบริเวณถังสร้างกรดที่ถูกเหล็กฉากบังไว้ไม่มีเซลล์สีแดงขึ้นเลย แสดงว่าเซลล์แดงนี้จะต้องอาศัยแสงเป็นปัจจัยในการเจริญเติบโต จากการค้นคว้าคาดคะเนพบว่าเซลล์แดงนี้ คือ แบคทีเรียสีม่วง ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สังเคราะห์แสงได้ ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กๆเช่นพวกกรดไขมันระเหยเป็นแหล่งคาร์บอนโดยใช้แสงเป็นแหล่งพลังงาน รายละเอียดของแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของถังสร้างกรดแสดงในรูป 4.10 ในการทดลองช่วงแรกได้มีการแยกถังสร้างกรดสำหรับการทดลองชุดที่ 2 และ 3 ต่อมาในวันที่ 53 ของการทดลองได้เปลี่ยนเป็นการใช้ถังสร้างกรดร่วมกันระหว่างถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 ทั้งนี้เพื่อความชัดเจนในการเปรียบเทียบการทำงานของถังยูเอเอสบีทั้ง 2 ชุด ดังจะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อ 4.3



รูป 4.10 ลักษณะทางกายภาพของถังสร้างกรด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อสิ้นสุดการเดินระบบพบว่าตะกอนจุลินทรีย์ภายในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 นี้เหลือประมาณ 3 ใน 4 ของตะกอนจุลินทรีย์ขณะเริ่มเดินระบบ ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนที่หายไปเกิดจากการลอยออกของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ขนาดใหญ่ โดยค่อยๆลอยออกตั้งแต่เริ่มต้นเดินระบบจนหยุดเมื่อภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 8 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ทำให้ตั้งข้อสังเกตได้ว่า การลอยออกของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ขนาดใหญ่เหล่านี้ น่าจะเป็นผลมาจากการเสียสภาพของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์เนื่องจากอาจเป็นเพราะช่วงแรกของการเดินระบบดำเนินที่ภาระต่ำกว่าความสามารถของตะกอนจุลินทรีย์เป็นเวลานาน สารอาหารไม่สามารถแพร่เข้าไปถึงแกนกลางของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ ทำให้แบคทีเรียที่อยู่ภายในตายเพราะขาดอาหาร ตามที่กล่าวไว้ในสมมุติฐานของ Kato M.T.(1994) ในบทที่ 3

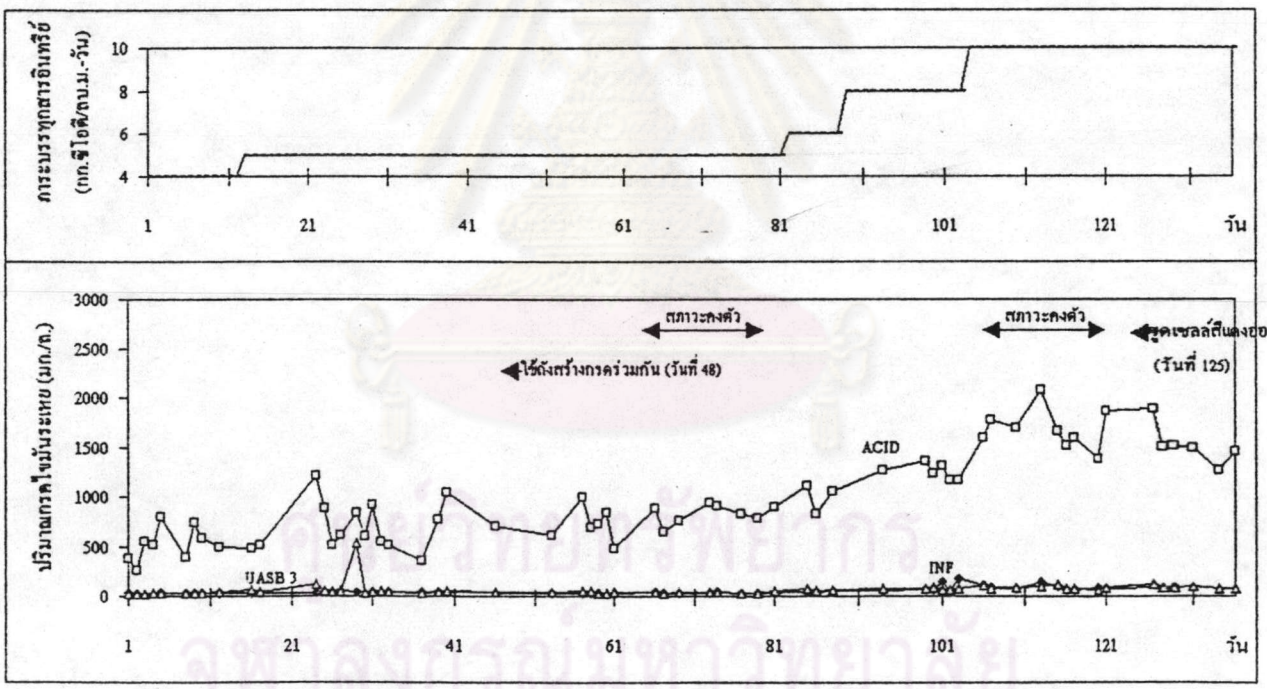
จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า ในการบำบัดน้ำเสียแป้งมันสำปะหลังด้วยระบบยูเอเอสบี การมีถังสร้างกรดช่วยให้ระบบสามารถรักษาเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ไว้ในระบบได้ โดยเกิดการย่อยสลายแป้งก่อนขั้นหนึ่งในถังสร้างกรด ทำให้ไม่มีเมือกแป้งเข้าไปในถังยูเอเอสบีที่จะขัดขวางการลอยออกของก๊าซที่เกิด ซึ่งจะทำให้ชั้นตะกอนจุลินทรีย์ยกตัวหลุดออกจากระบบ เช่นกับที่เกิดในระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.3 ความสามารถในการกำจัดกรดไขมันระเหย

<u>กรดไขมันระเหย</u>

รูป 4.12 แสดงค่าปริมาณกรดไขมันระเหย ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 และตาราง 4.11 แสดงค่าเฉลี่ย ปริมาณกรดไขมันระเหย ของระบบยูเอเอสบีที่มีถังสร้างกรด (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) กับ ระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1) เปรียบเทียบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



รูป 4.12 ค่าปริมาณกรดไขมันระเหย ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (มีถังสร้างกรด)

ตาราง 4.11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณกรดไขมัน ของระบบยูเอเอสบีที่มีถังสร้างกรด (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) กับ ระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

	น้ำเสีย	ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1		ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3	
		ACID	UASB 1	ACID	UASB 3
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
กรดไขมันระเหย มก./ล. (ในเทอมของกรดอะเซติก)	39	-	127	833	45
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
กรดไขมันระเหย มก./ล. (ในเทอมของกรดอะเซติก)	90	-	710	1685	91

จากรูป 4.12 พบว่า ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำออกจากระบบค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 จากตาราง 4.10 กรดไขมันระเหยในน้ำออกจากระบบเพิ่มจาก 45 มก./ล.(ในเทอมของกรดอะเซติก) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เป็น 91 มก./ล.(ในเทอมของ กรดอะเซติก) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เป็นการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันระเหยเพียงเล็กน้อยตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 ไม่มีถังสร้างกรด พบว่าที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากัน ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีค่าสูงมากกว่า คือ 127 และ 710 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะเซติก) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ทั้งๆที่ปริมาณกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นในถังสร้างกรดมีค่าสูงถึง 833 และ 1685 มก./ล.(ในเทอมของกรดอะเซติก) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ การที่เป็นเช่นนี้อาจอธิบายได้ว่า แบคทีเรียสร้างมีเทนในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 สามารถใช้กรดไขมันระเหยจำนวนมากที่เกิดในถังสร้างกรดได้อย่างรวดเร็ว ขณะที่การสะสมของกรดไขมันระเหยในถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 เป็นผลมาจากการหลุดออกของตะกอนจุลินทรีย์ เนื่องจากฟองก๊าซที่สะสมในชั้นตะกอนจุลินทรีย์ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 4.2.1 ทำให้มีเมือกแป้งสะสมในระบบ ส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันระเหยในระบบเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตาราง 4.12 แสดงส่วนประกอบของกรดไขมันระเหยของน้ำในถังสร้างกรดจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟี และรูป 4.13 จะเห็นว่าที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก. ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน น้ำในถังสร้างกรดมีสัดส่วนของกรดอะเซติก และสัดส่วนของกรดโพรพิออนิค มากกว่ากรดบิวทิริกเล็กน้อย คือ ในวันที่ 77, 79 และ 81 สัดส่วนของกรด

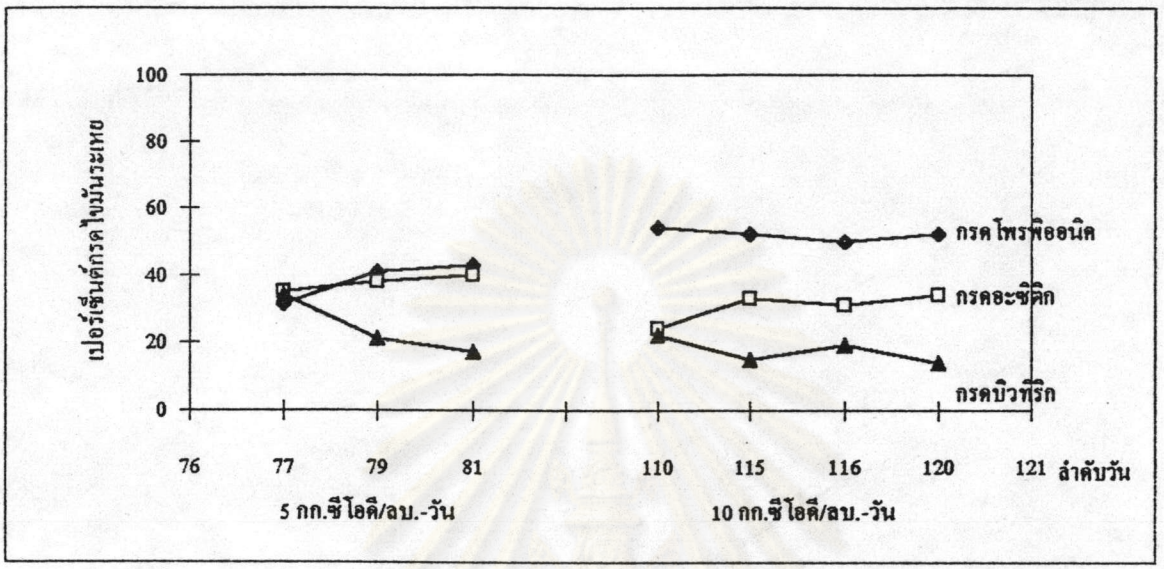
อะเซติกเท่ากับ 31.5, 41 และ43% สัดส่วนของกรดโพรพิออนิคเท่ากับ 35, 38 และ 40% และสัดส่วนของกรดบิวทิริกเท่ากับ 34, 21 และ 17% ตามลำดับ แต่ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน น้ำในถังสร้างกรดมีสัดส่วนของกรดอะเซติกเพิ่มขึ้น คือ มีเปอร์เซ็นต์ของกรดอะเซติกมีค่ามากกว่า 50% โดยในวันที่ 110, 115, 116 และ 120 สัดส่วนกรดอะเซติกเท่ากับ 54, 52, 50 และ 52% ตามลำดับ ขณะที่สัดส่วนของกรดโพรพิออนิคลดลง คือ ในวันที่ 110, 115, 116 และ 120 สัดส่วนของกรดโพรพิออนิคเท่ากับ 24, 33, 31 และ 34% ตามลำดับ

จากตาราง 4.12 นี้ ปริมาณกรดไขมันระเหยที่ได้จากวิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟี และวิธีไตเตรทมีค่าต่างกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากความผิดพลาดในระหว่างขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยวิธีไตเตรท ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำออกจากถังยูเอเอสบีของการทดลองชุดที่ 3 นี้ ไม่สามารถทำได้เนื่องจากน้ำออกมีปริมาณกรดไขมันระเหยน้อยมาก

ตาราง 4.12 ปริมาณกรดไขมันระเหย (มก./ล.กรดอะเซติก) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟี ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของน้ำในถังสร้างกรด

	วิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟี				วิธีไตเตรท
	กรดอะเซติก	กรดโพรพิออนิค	กรดบิวทิริก	กรดทั้งหมด	กรดทั้งหมด
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
วันที่ 77	690	760	740	2190	827
	31.5%	35%	34%		
วันที่ 79	390	360	200	950	784
	41%	38%	21%		
วันที่ 81	410	384	160	954	898
	43%	40%	17%		
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
วันที่ 110	1143	515	478	2136	1695
	54%	24%	22%		
วันที่ 115	669	419	189	1277	1665
	52%	33%	15%		
วันที่ 116	786	491	289	1566	1515
	50%	31%	19%		
วันที่ 120	1080	702	284	2066	1380
	52%	34%	14%		

น้ำในถังสร้างกรดของการทดลองชุดที่ 2 และ 3



รูป 4.13 เปอร์เซ็นต์กรดไขมันระเหยจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟี ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของน้ำในถังสร้างกรด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พีเอช และ อัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด

จากตาราง 4.13 การผลิตกรดไขมันระเหยโดยแบคทีเรียสร้างกรดทำให้ค่าพีเอชของถังสร้างกรดของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 ลดลงเหลือ 5.83 และ 6.09 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าน้ำจากถังสร้างกรดที่จะเข้าสู่ถังยูเอเอสบีมีค่าต่ำกว่าค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสร้างมีเทน (6.8 - 7.2) แต่ระบบยูเอเอสบียังคงรักษาค่าพีเอชน้ำออกที่เป็นกลางได้ คือ มีค่าเท่ากับ 6.91 และ 7.19 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำจากถังสร้างกรดผ่านการย่อยสลายมาแล้วขั้นหนึ่งประกอบด้วยสารที่ย่อยสลายง่ายโดยส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันระเหยโมเลกุลเล็ก แบคทีเรียในถังยูเอเอสบีจึงสามารถนำอาหารเหล่านี้ไปใช้ได้ทันที ไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อระบบจากการที่น้ำเข้าระบบยูเอเอสบีมีค่าพีเอชต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสม

ตาราง 4.13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพีเอช สภาพด่างทั้งหมด ปริมาณกรดไขมันระเหย และอัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด ของระบบยูเอเอสบีที่มีถังสร้างกรด (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) กับ ระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

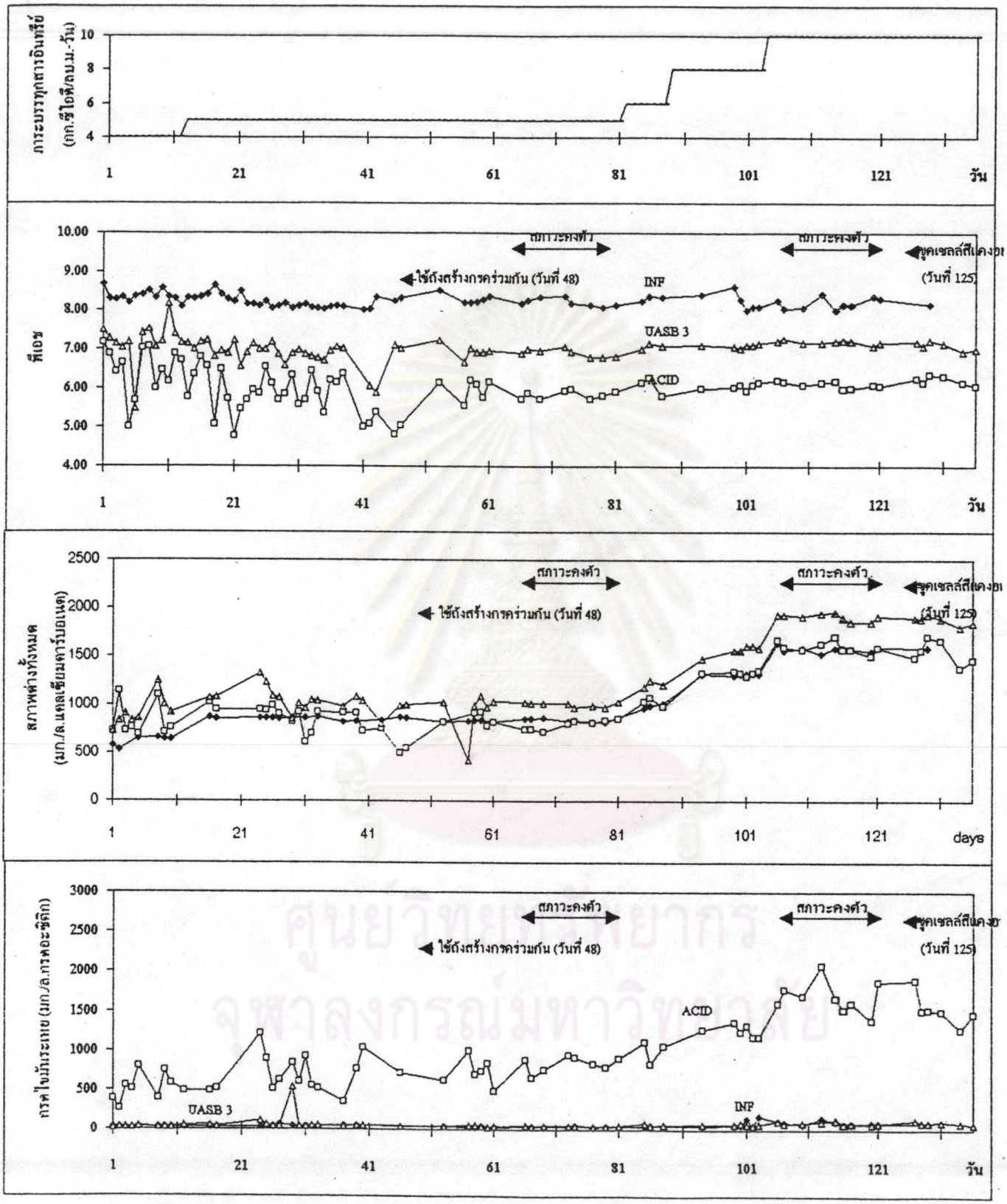
	น้ำเสีย	ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1		ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3	
		ACID	UASB 1	ACID	UASB 3
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
พีเอช	8.24	-	7.34	5.83	6.91
สภาพด่างทั้งหมด มก./ล.(ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต)	840	-	904	791	1001
กรดไขมันระเหย มก./ล. (ในเทอมของกรดอะเซติก)	39	-	127	833	45
กรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด	0.05	-	0.14	1.05	0.04
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
พีเอช	8.21	-	7.24	6.09	7.19
สภาพด่างทั้งหมด มก./ล.(ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต)	1576	-	1729	1601	1914
กรดไขมันระเหย มก./ล. (ในเทอมของกรดอะเซติก)	90	-	710	1685	91
กรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด	0.06	-	0.41	1.05	0.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด ของน้ำในถังสร้างกรด พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.05 ซึ่งตามทฤษฎีกล่าวไว้ว่าถ้าอัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด มีค่าสูงว่า 0.8 แสดงว่าระบบมีสภาพด่างไม่เพียงพอที่จะรักษาระดับพีเอชที่เป็นกลางไว้ได้ แต่จากการทดลอง ระบบยูเอเอสบีที่รับน้ำจากถังสร้างกรดยังคงรักษาระดับพีเอชน้ำออกที่เป็นกลางไว้ได้ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น น้ำออกจากระบบยังมีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด ต่ำกว่า 0.4 คือเท่ากับ 0.04 และ 0.05 ที่ภาระสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าระบบมีสภาพด่างเพียงพอ และค่านี้ยังต่ำกว่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมดของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) ที่มีค่าเท่ากับ 0.14 และ 0.41 ที่ภาระสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ อีกด้วย ซึ่งแสดงถึงว่าระบบยูเอเอสบีสามารถใช้กรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นในถังสร้างกรดได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่เกิดผลกระทบต่อการทำงานของระบบจากการที่สภาพด่างไม่เพียงพอ

กราฟแสดงค่าพีเอช สภาพด่างทั้งหมด ปริมาณกรดไขมันระเหย และอัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 แสดงในรูป 4.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.14 ค่า พีเอช สภาพด่างทั้งหมด และปริมาณกรดไขมันระเหย ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (มีถังสร้างกรด)

4.4.4 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ตาราง 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่า ซีโอดี เปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดี และตะกอนแขวนลอยของระบบยูเอเอสบีที่มีถังสร้างกรด (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) กับ ระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

ตาราง 4.14 การเปรียบเทียบค่า ซีโอดี เปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดี และตะกอนแขวนลอยของระบบยูเอเอสบีที่มีถังสร้างกรด (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) กับ ระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

	น้ำเสีย	ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1		ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3	
		ACID	UASB 1	ACID	UASB 3
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
ซีโอดี (มก./ล.)	2504	-	479	2140	338
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)	-	-	81	15	84
ค่าตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	-	-	101	194	116
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
ซีโอดี (มก./ล.)	5018	-	1372	3695	696
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)	-	-	73	26	81
ค่าตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	-	-	242	352	204

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตาราง 4.14 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 มีแนวโน้มที่จะลดลงในปริมาณเล็กน้อยตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 ลดลงจาก 84% ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เหลือ 81% ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ขณะที่ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีแนวโน้มที่จะลดลงตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 คือ จาก 81% ที่ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เหลือ 73% ที่ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เมื่อพิจารณาค่าซีโอดีน้ำออกจากระบบ จะเห็นว่าน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 มีค่าต่ำกว่าน้ำออกของถัง

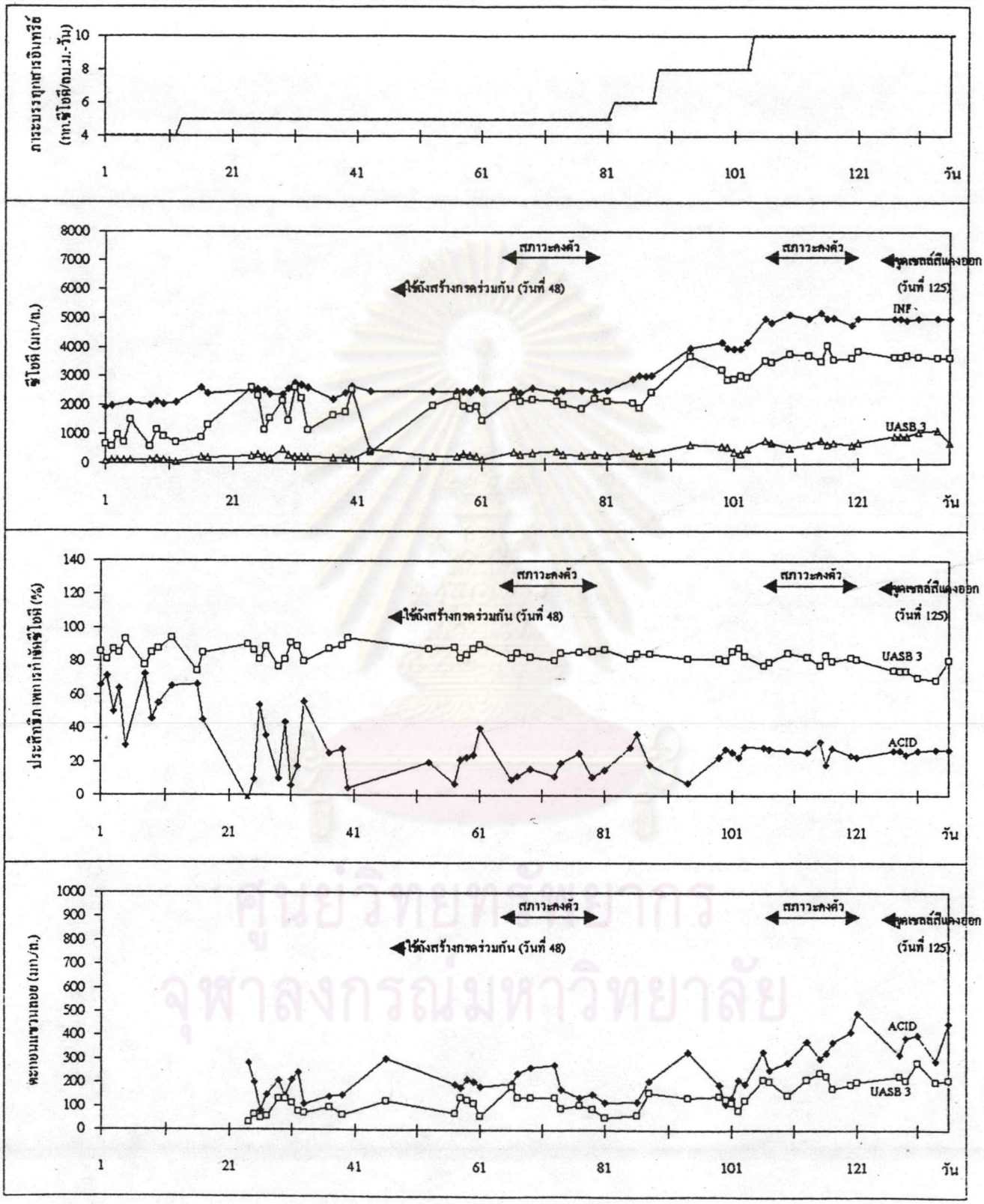
ยูเอเอสบีชุดที่ 1 คือ ที่ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซีโอดีน้ำออกของการทดลองชุดที่ 3 มีค่า 338 มก./ล .ขณะที่ซีโอดีน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีค่า 479 มก./ล.ที่ 10 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน ซีโอดีน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 มีค่า 696 มก./ล.ขณะที่ซีโอดีน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีค่าถึง 1372 มก./ล. ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะในถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 ไม่เหมาะต่อการทำงานของระบบยูเอเอสบี เกิดการสะสมของกรดไขมันระเหย ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 4.3.2 การเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ยังทำให้กรดไขมันระเหยสะสมในระบบมากขึ้น ทำให้ระบบรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ต่ำ

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า สามารถเดินระบบยูเอเอสบีแบบมีถังสร้างกรดได้ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงกว่าระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cohen (1982) , Sutton (1983) , Bull (1984) , Aoki (1991) , Stadlbauer (1994) และ ธาดา ฉัตรธานี(2530) ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ว่าการมีถังสร้างกรดทำให้ระบบไร้ออกซิเจนสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ที่สูงขึ้นได้

ถังสร้างกรดของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 สามารถลดซีโอดีได้มากขึ้นตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น คือ 15% ที่ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เป็น 26% ที่ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตะกอนแขวนลอยของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (มีถังสร้างกรด) มีค่าเปลี่ยนแปลงตามค่าซีโอดี โดยเพิ่มขึ้นตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ คือ 116 มก./ล.ที่ภาระสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เป็น 204 มก./ล. ที่ภาระสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

กราฟแสดงค่าซีโอดี เปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดี และตะกอนแขวนลอย ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (มีถังสร้างกรด) แสดงในรูป 4.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.15 ค่าซีโอดี เปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดี และตะกอนแขวนลอย ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (มีถังสร้างกรด)

4.4.5 อัตราผลิตก๊าซมีเทน

ตาราง 4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ปริมาณก๊าซทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน และอัตราการผลิตก๊าซมีเทน ของระบบยูเอเอสบีที่มีถังสร้างกรด(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) กับระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

ตาราง 4.15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ปริมาณก๊าซทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน และอัตราการผลิตก๊าซมีเทน ของระบบยูเอเอสบีที่มีถังสร้างกรด(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) กับ ระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

	ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1	ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน		
ปริมาณก๊าซทั้งหมด (ลิตร)	0.9	2.9
เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน	84	76.5
อัตราการผลิตก๊าซมีเทน (ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด)	0.09	0.31
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน		
ปริมาณก๊าซทั้งหมด (ลิตร)	2.2	4.9
เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน	79	80
อัตราการผลิตก๊าซมีเทน (ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด)	0.12	0.33

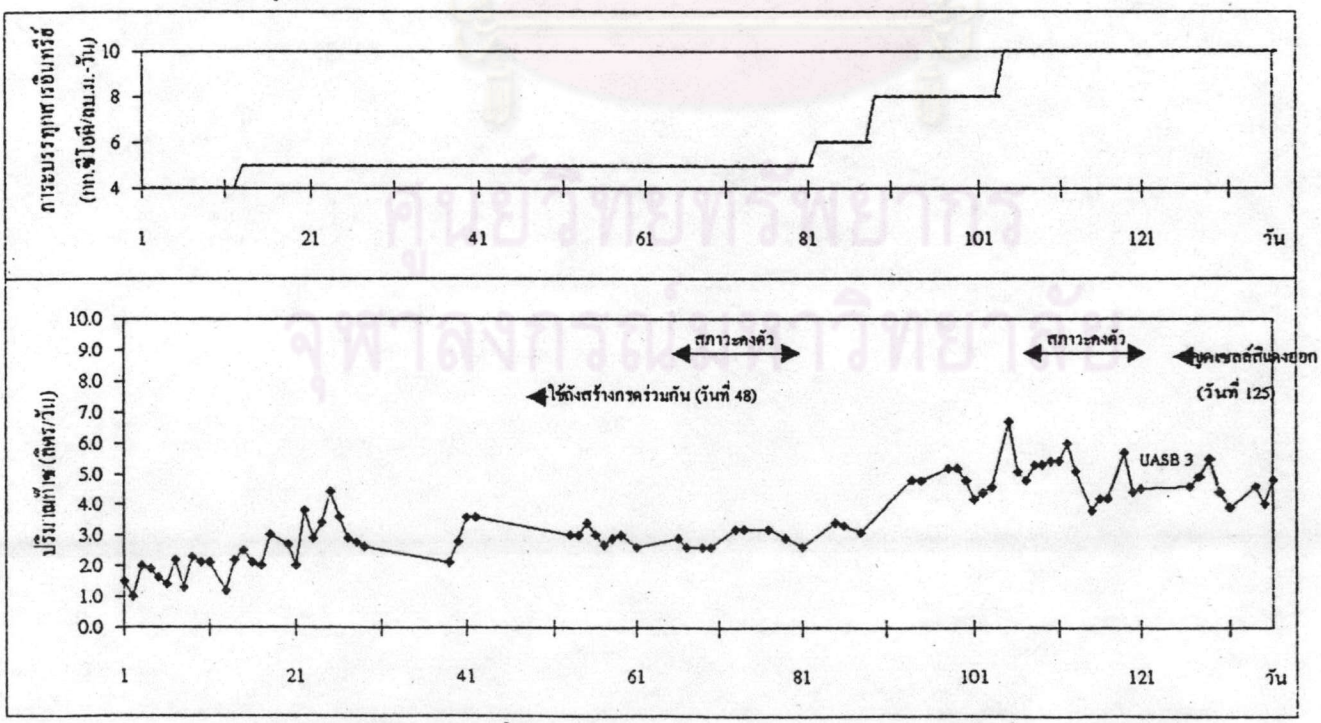
จากตาราง 4.15 ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ต่อวันของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 2.9 ลิตร และที่ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 4.9 ลิตร และอัตราการผลิตก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 0.31 ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด และที่ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เท่ากับ 0.33 ลิตร/กรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซีโอดีที่ถูกกำจัด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงค่าทางทฤษฎี (0.35-0.38 ลิตรของมีเทน/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด) จะเห็นว่าปริมาณก๊าซทั้งหมดที่ผลิตได้ในหนึ่งวัน และอัตราการผลิตก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 สูงกว่าของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มากอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการทำงานของระบบยูเอเอสบีที่มีถังสร้างกรด(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) สูงกว่าของระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1) ซึ่งระบบไม่สามารถย่อยสลายแป้งได้ดี อัตราการผลิตก๊าซมีเทนของระบบมีค่าเท่ากับ 0.09 และ 0.12 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีอย่างมาก โดยซีโอดีที่ถูกกำจัดนั้นเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนได้เพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่แบคทีเรียชนิดอื่นในระบบที่ไม่ใช่แบคทีเรียสร้างมีเทนใช้ซีโอดีส่วนที่เหลือนี้ไป

ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ปริมาณก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 เท่ากับ 76.5% ซึ่งน้อยกว่าของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 84% ขณะที่ที่ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ปริมาณก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 สูงขึ้นเป็น 80% ซึ่งใกล้เคียงกับของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 79% ซึ่งปริมาณก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากสภาวะที่ไม่เหมาะสมในการทำงานในระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1) ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

กราฟแสดงค่าปริมาณก๊าซทั้งหมด ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 แสดงในรูป 4.16



รูป 4.16 ค่าปริมาณก๊าซทั้งหมด ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (มีถังสร้างกรด)

4.4.6 สมดุลย์ซีโอดีในระบบยูเอเอสบี

เมื่อพิจารณาสมดุลย์ของซีโอดีในระบบยูเอเอสบีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (มีถังสร้างกรด) ในตาราง 4.16 จะเห็นว่า ค่าซีโอดีที่วัดไม่ได้มีค่าเพียง 7 และ 3.4% ที่ภาระสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วง 5-10%ของซีโอดีที่จะเปลี่ยนเป็นเซลล์แบคทีเรียในระบบไร้ออกซิเจนตามทฤษฎี ดังนั้น ค่าซีโอดีที่วัดไม่ได้ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (มีถังสร้างกรด) นี้ น่าจะเปลี่ยนเป็นเซลล์แบคทีเรีย ซึ่งต่างจากในถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 (ไม่มีถังสร้างกรด) ที่มีค่าซีโอดีที่วัดไม่ได้เท่ากับ 56 และ 46.5% ที่ภาระสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ โดยที่ซีโอดีส่วนที่วัดไม่ได้จำนวนมากนี้ น่าจะถูกใช้ไปโดยแบคทีเรียชนิดอื่นที่อยู่ในระบบที่ไม่ใช่แบคทีเรียสร้างมีเทน

ตาราง 4.16 การเปรียบเทียบสมดุลย์ของซีโอดีในระบบยูเอเอสบีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (มีถังสร้างกรด) กับ ระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

		ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1		ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3	
		มก./ล.	สัดส่วน	มก./ล.	สัดส่วน
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
ซีโอดีน้ำเสีย	ทั้งหมด	2504	100%	2140	100%
ซีโอดีน้ำออก	ทั้งหมด	479	19%	338	16%
	ก๊าซมีเทน	540	22%	1586	74%
	ก๊าซมีเทนละลายน้ำ	73	3%	66	3%
		1092	44%	1990	93%
ซีโอดีที่วัดไม่ได้		1408	56%	150	7%
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
ซีโอดีน้ำเสีย	ทั้งหมด	5018	100%	3695	100%
ซีโอดีน้ำออก	ทั้งหมด	1372	27%	696	19%
	ก๊าซมีเทน	1243	25%	2803	76%
	ก๊าซมีเทนละลายน้ำ	69	1.5%	70	2%
		2684	53.5%	3569	97%
ซีโอดีที่วัดไม่ได้		2334	46.5%	126	3.4%

หมายเหตุ $COD_{\text{เข้าระบบ}} = COD_{\text{น้ำออกทั้งหมด}} + COD_{\text{ก๊าซมีเทน}} + COD_{\text{ก๊าซมีเทนที่ละลายในน้ำออก}} + COD_{\text{ที่ถูกใช้ไปโดยแบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟต}} + COD_{\text{ที่เปลี่ยนเป็นเซลล์}} + COD_{\text{สะสมในระบบ}}$

4.4.7 ค่าโออาร์พี

ตาราง 4.17 แสดงการเปรียบเทียบค่า โออาร์พี ของระบบยูเอเอสบีที่มีถังสร้างกรด (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) กับระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

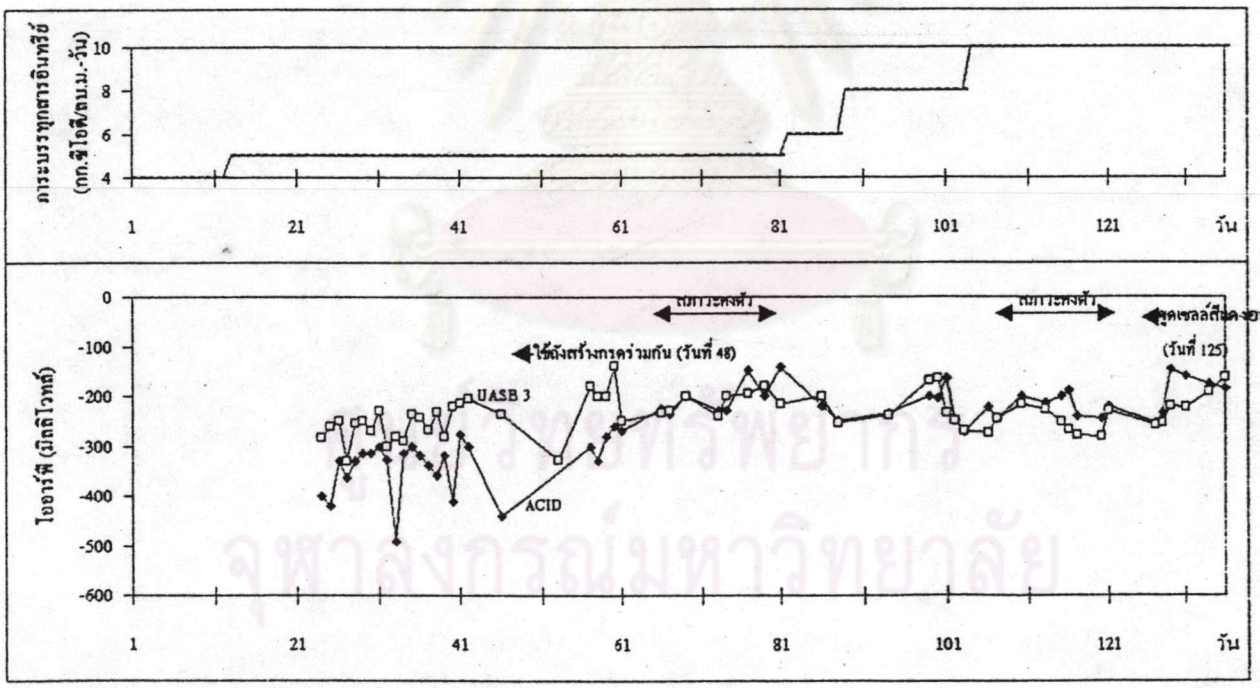
ตาราง 4.17 การเปรียบเทียบค่า โออาร์พี ของระบบยูเอเอสบีที่มีถังสร้างกรด (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) กับระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีถังสร้างกรด (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

	ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1		ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3	
	ACID	UASB 1	ACID	UASB 3
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โออาร์พี (มิลลิโวลท์)	-	-265	-201	-212
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โออาร์พี (มิลลิโวลท์)	-	-307	-219	-252

ค่าโออาร์พีเป็นค่าที่บ่งบอกแนวโน้มของปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในระบบ จากตาราง 4.17 พบว่า ค่าโออาร์พีน้ำออกจากถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีค่า -265 และ -307 มิลลิโวลท์ ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ขณะที่โออาร์พีน้ำออกจากถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 มีค่า -212 และ -252 มิลลิโวลท์ ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ซึ่งค่าโออาร์พีน้ำออกจากถังยูเอเอสบีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 มีค่าเป็นลบน้อยกว่าค่าโออาร์พีน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 ทั้งๆที่ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงกว่า ที่เป็นเช่นนี้เพราะน้ำออกจากถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 ที่นำมาวัดค่าโออาร์พีนั้น ได้ผ่านกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนมานานแล้วกว่าจะมาถึงส่วนตกตะกอนซึ่งเป็นจุดที่เก็บตัวอย่างน้ำ โดยชั้นตะกอนซึ่งเป็นช่วงที่ปฏิกริยาเกิดขึ้นมีความสูงไม่ถึงครึ่งหนึ่งของถัง อีกทั้งระยะเวลากักน้ำในถังยูเอเอสบีนานถึง 12 ชั่วโมง ทำให้ค่าโออาร์พีที่วัดได้มีค่าเป็นลบน้อยกว่าความเป็นจริง ในวันที่ 46 ของการทดลอง ซึ่งอยู่ในช่วงภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ได้ทำการทดลองวัดค่าโออาร์พีของน้ำภายในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่ตำแหน่งสูงขึ้นมาจากด้านล่างของถังยูเอเอสบี

ที่ระยะ 5 และ 25 ซม. ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ในชั้นตะกอนจุลินทรีย์ พบว่า มีค่าโออาร์พีเท่ากับ -300 และ -340 มิลลิโวลท์ ตามลำดับ ขณะที่ค่าโออาร์พีของน้ำออกจากระบบที่เก็บจากส่วนตกตะกอนมีค่าเพียง -235 มิลลิโวลท์ โดยค่าโออาร์พีน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ -307 มิลลิโวลท์ ซึ่งสูงกว่าค่าโออาร์พีของน้ำออกจากถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 มีเมือกแป้งสะสมเต็มถังจนถึงส่วนตกตะกอนซึ่งเป็นจุดที่เก็บตัวอย่างน้ำ ทำให้ค่าโออาร์พีที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่าค่าโออาร์พีน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 ส่วนค่าโออาร์พีในถังสร้างกรดของถังยูเอเอสบี ชุดที่ 3 มีค่าเพียง -201 และ -219 มิลลิโวลท์ ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ

ค่าโออาร์พีตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 แสดงในกราฟรูป 4.17



รูป 4.17 ค่าโออาร์พี ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (มีถังสร้างกรด)

4.5 การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบยูเอเอสบีแบบมีถังสร้างกรด ด้วยการหมุนเวียนน้ำกลับ

ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อดูผลของการหมุนเวียนน้ำกลับที่มีต่อระบบยูเอเอสบี ว่าจะเป็นไปตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 หรือไม่ โดยทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างระบบยูเอเอสบีแบบมีถังสร้างกรดที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับในถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 กับ ระบบยูเอเอสบีแบบมีถังสร้างกรดที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 สามารถสรุปได้เป็นหัวข้อต่างๆดังนี้

4.5.1 ลักษณะตะกอนจุลินทรีย์

จากการสังเกตตะกอนจุลินทรีย์ในถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 พบการยกตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ในช่วงแรกๆของการเดินระบบ แล้วก็ทลายกลับลงถังเช่นเดียวกับในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 และพบเมือกแป้งสะสมในชั้นตะกอนจุลินทรีย์เช่นดียวกันกับในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 แต่มีปริมาณมากกว่า ดังแสดงในรูป 4.18 ในถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 พบว่าด้านหน้าของผนังถังมีคราบเศษของตะกอนจุลินทรีย์เกาะอยู่จากการเทตะกอนจุลินทรีย์ในช่วงเริ่มต้นระบบและคราบตะไคร่ที่ขึ้น ทำให้มองไม่เห็นเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ภายในถัง ขณะที่อีกข้างหนึ่งของถังมีคราบเกาะน้อยกว่าทำให้สามารถมองเห็นภายในถังได้ และสังเกตเห็นเมือกแป้งสะสมในบริเวณนี้ด้วย และเมื่อเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ก็ทำให้เกิดก๊าซมากขึ้นจนชะคราบที่ติดข้างถังหลุดไปได้ ได้มีการลองดึงเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ภายในถังออกมาดูพบว่าเป็นเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ขนาดใกล้เคียงกับถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 เช่นกัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 มีตะกอนจุลินทรีย์เหลือประมาณ 1 ใน 2 ของตะกอนจุลินทรีย์ขณะเริ่มเดินระบบ การสูญเสียส่วนใหญ่เกิดจากการทำหลุดขณะเปลี่ยนสายยาง การสูญเสียเนื่องจากการลอยออกของตะกอนจุลินทรีย์มีน้อยมาก โดยไม่พบการลอยออกของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ขนาดใหญ่ที่เสียสภาพเนื่องจากอาหารเข้าไปไม่ถึงแกนกลางในช่วงแรกของการเดินระบบที่ภาระต่ำ เหมือนเช่นที่พบในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นเพราะผลของการหมุนเวียนน้ำกลับตามที่ Kato M.T. (1994) ได้อธิบายว่า การหมุนเวียนน้ำกลับเป็นการเพิ่มความเร็วน้ำในถัง ทำให้ชั้นตะกอนจุลินทรีย์ขยายตัวเกิดการสัมผัสระหว่างเม็ดตะกอนจุลินทรีย์กับน้ำเสียได้ดี ทำให้ค่า K_s ของตะกอนจุลินทรีย์ต่ำลง คือ เม็ดตะกอนจุลินทรีย์สามารถใช้อาหารที่ความเข้มข้นต่ำ โดยอาหารที่ความเข้มข้นต่ำสามารถแพร่เข้าถึงแกนกลางของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ได้

รูป 4.18 ลักษณะชั้นตะกอนจุลินทรีย์ภายในถังยูเอเอสบีชุดที่ 2
(มีถังสร้างกรด และ มีการหมุนเวียนน้ำกลับ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.2 ค่าพีเอช

จากตาราง 4.18 แสดงการเปรียบเทียบค่า พีเอช สภาพความเป็นด่าง ปริมาณกรดไขมันระเหย และอัตราส่วนปริมาณกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพความเป็นด่างทั้งหมด ของระบบยูเอเอสบีที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2) กับ ระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จะเห็นว่าค่า พีเอช สภาพความเป็นด่าง ปริมาณกรดไขมันระเหย และอัตราส่วนปริมาณกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพความเป็นด่างทั้งหมด ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าพีเอชของน้ำออกจากถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 มีค่า 7.07 และ 7.27 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 เล็กน้อย ซึ่งค่าพีเอชน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 มีค่า 6.91 และ 7.19 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ

ตาราง 4.18 การเปรียบเทียบค่า พีเอช สภาพความเป็นด่าง ปริมาณกรดไขมันระเหย และอัตราส่วนปริมาณกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพความเป็นด่างทั้งหมด ของระบบยูเอเอสบีที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2) กับ ระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

	น้ำเสีย	ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2		ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3	
		ACID	UASB 2	ACID	UASB 3
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
พีเอช	8.24	5.85	7.07	5.83	6.91
สภาพด่างทั้งหมด มก./ล.(ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต)	840	791	1013	791	1001
กรดไขมันระเหย มก./ล. (ในเทอมของกรดอะเซติก)	39	833	45	833	45
กรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด	0.05	1.05	0.05	1.05	0.04
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
พีเอช	8.21	6.09	7.27	6.09	7.19
สภาพด่างทั้งหมด มก./ล.(ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต)	1576	1601	1913	1601	1914
กรดไขมันระเหย มก./ล. (ในเทอมของกรดอะเซติก)	90	1685	85	1685	91
กรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด	0.06	1.05	0.04	1.05	0.05

ส่วนปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำออกในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 45 และ 91 มก./ล.ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำออกในถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 45 และ 85 มก./ล.ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ส่งผลให้อัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 มีค่าลดลงจาก 0.05 เหลือ 0.04 และ อัตราส่วนกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพด่างทั้งหมด ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.04 เป็น 0.05 ตามภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยด้วยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟีของถังสร้างกรด ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 4.4.3 เนื่องจากการทดลองทั้ง 2 ชุดใช้ถังสร้างกรดร่วมกัน ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำออกจากถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 นี้ ไม่สามารถทำได้เนื่องจากน้ำออกมีปริมาณกรดไขมันระเหยน้อยมาก

ตาราง 4.19 การเปรียบเทียบค่า โออาร์พี ของระบบยูเอเอสบีที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2) กับ ระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

	ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2		ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3	
	ACID	UASB 2	ACID	UASB 3
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน				
โออาร์พี (มิลลิโวลท์)	-201	-226	-201	-212
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน				
โออาร์พี (มิลลิโวลท์)	-219	-271	-219	-252

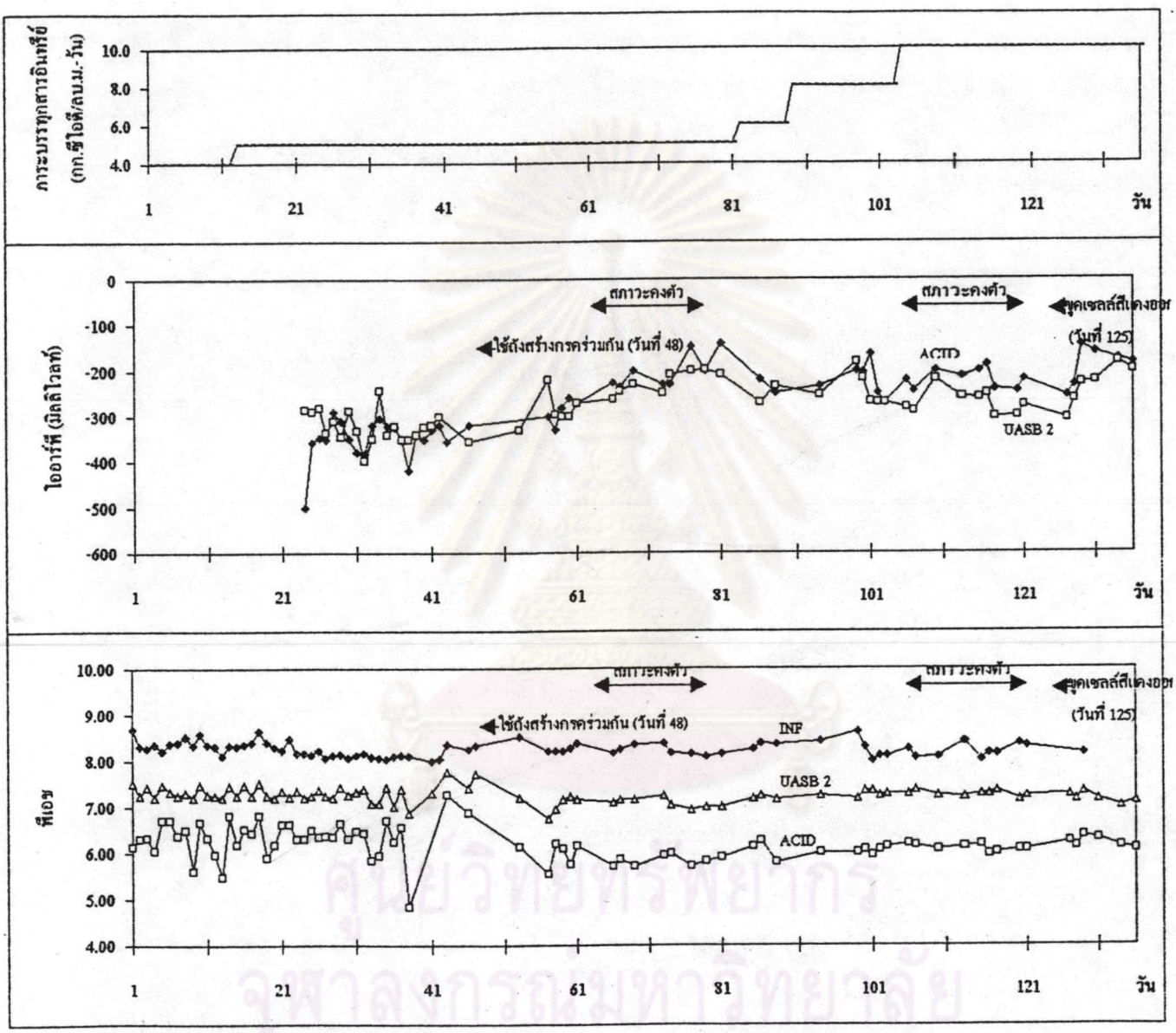
จากตาราง 4.19 ค่าโออาร์พีของถังยูเอเอสบีทั้ง 2 ชุด มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ค่าโออาร์พีของน้ำออกในถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 มีค่ามากกว่า ค่าโออาร์พีของน้ำออกในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 เล็กน้อย คือมีค่า -226 และ -271 มิลลิโวลท์ ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ โดยค่าโออาร์พีของน้ำออกในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 มีค่า -212 และ -252 มิลลิโวลท์ ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

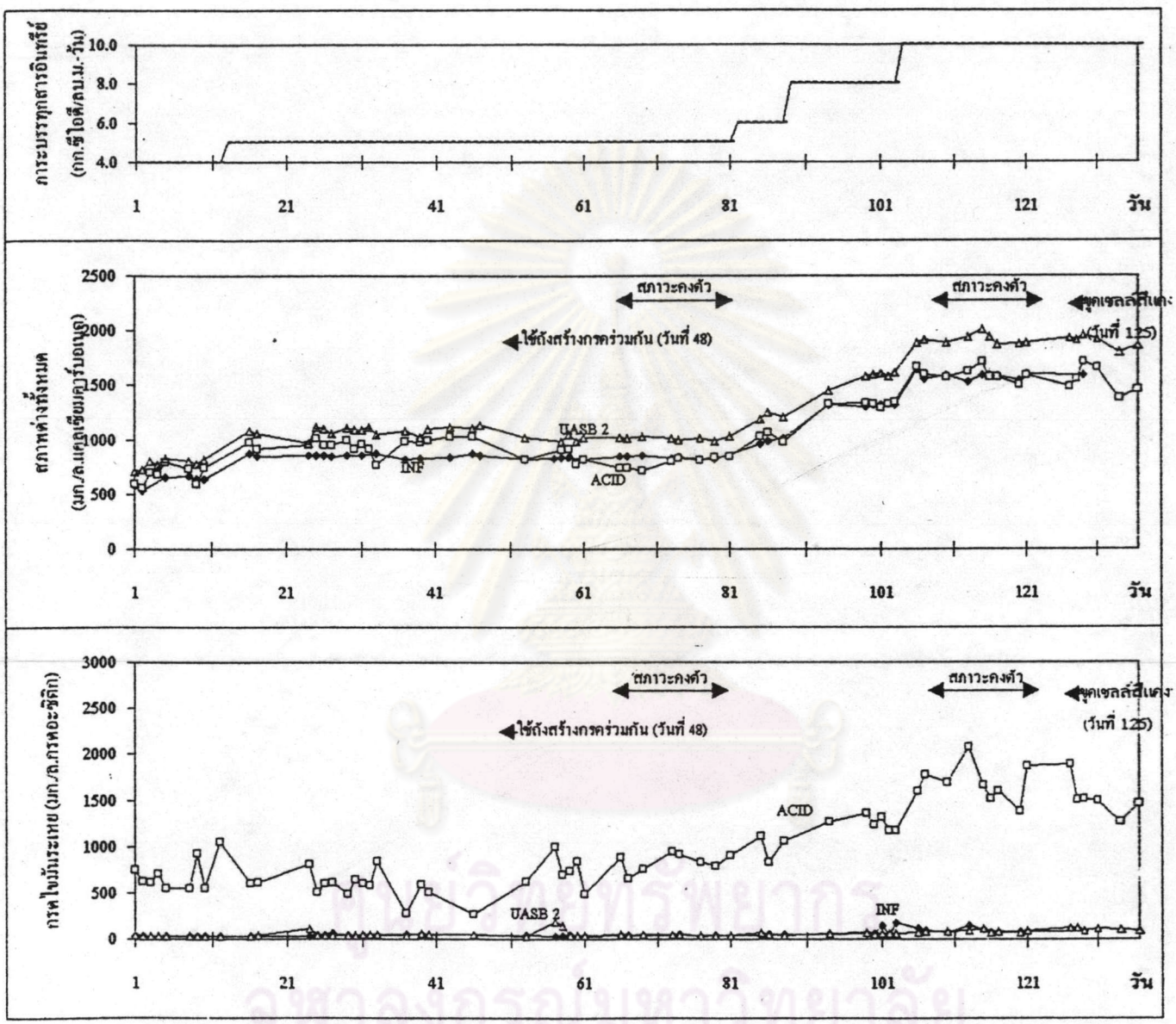
จากการศึกษาของ Ferguson (1984) , Samsoon (1990) และ Romli (1994) พบว่า การหมุนเวียนน้ำกลับจะช่วยให้ค่าพีเอชของระบบสูงขึ้น เนื่องจากเกิดการสัมผัสกันระหว่างเม็ดตะกอนจุลินทรีย์กับน้ำเสีย ทำให้แบคทีเรียในเม็ดตะกอนจุลินทรีย์สามารถใช้กรดไขมันระเหยในน้ำเสียได้ดีขึ้น อีกทั้งการหมุนเวียนน้ำกลับเป็นการหมุนเวียนเอาสภาพด่างจากน้ำออกกลับเข้ามาใช้ในระบบใหม่ แต่จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า ค่าพีเอชของระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับมีค่าสูงกว่าระบบที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับเพียงเล็กน้อย และกรดไขมันระเหยในน้ำออกของระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับมีค่าต่ำกว่าระบบที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับเพียงเล็กน้อย ส่วนสภาพด่างทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน สาเหตุที่ไม่พบข้อได้เปรียบของระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับที่ชัดเจนตามที่มีผู้ศึกษามา น่าจะเป็นเพราะอัตราการหมุนเวียนน้ำกลับยังไม่มากเพียงพอที่จะทำให้ชั้นตะกอนจุลินทรีย์ขยายตัวและสัมผัสกับน้ำเสียได้อย่างทั่วถึง ซึ่งการพบเมือกแป้งสะสมในถังยูเอเอสบีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 เป็นการบ่งบอกถึงสภาวะนี้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.5.1 ถ้าเพิ่มอัตราการหมุนเวียนน้ำกลับทำให้ความเร็วน้ำในถังยูเอเอสบีสูงขึ้นมากกว่านี้ อาจทำให้เห็นผลของการหมุนเวียนน้ำกลับชัดเจนขึ้น

กราฟแสดงค่าโออาร์พี พีเอช สภาพความเป็นด่าง ปริมาณกรดไขมันระเหย และอัตราส่วนปริมาณกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพความเป็นด่างทั้งหมด ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 แสดงในรูป 4.19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.19 ค่าโออาร์พี พีเอช สภาพความเป็นด่าง ปริมาณกรดไขมันระเหย และอัตราส่วนปริมาณกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพความเป็นด่างทั้งหมด ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบี ชุดที่ 2 (มีถังสร้างกรด และ มีการหมุนเวียนน้ำกลับ)



รูป 4.19 (ต่อ) ค่าโออาร์พี พีเอช สภาพความเป็นด่าง ปริมาณกรดไขมันระเหย และอัตราส่วนปริมาณกรดไขมันระเหย ต่อ สภาพความเป็นด่างทั้งหมด ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 (มีถังสร้างกรด และ มีการหมุนเวียนน้ำกลับ)

4.5.3 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

จากตาราง 4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่าซีโอดี เปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดี และตะกอนแขวนลอยของระบบยูเอเอสบีที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2) กับระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ(การทดลองชุดที่ 2) สูงกว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) เล็กน้อย โดยที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 เท่ากับ 89% ละ 84% ตามลำดับ ขณะที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 เท่ากับ 85% และ 81% ตามลำดับ

ตาราง 4.20 การเปรียบเทียบค่าซีโอดี เปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดี และตะกอนแขวนลอยของระบบยูเอเอสบีที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2) กับระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

	น้ำเสีย	ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2		ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3	
		ACID	UASB 2	ACID	UASB 3
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
ซีโอดี (มก./ล.)	2504	2140	227	2140	338
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)	-	15	89	15	84
ค่าตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	-	194	62	194	116
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
ซีโอดี (มก./ล.)	5018	3695	568	3695	696
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)	-	26	85	26	81
ค่าตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	-	352	148	352	204

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าซีโอดีน้ำออกของระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับมีค่าต่ำกว่าระบบที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ โดยที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ค่าซีโอดีน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 เท่ากับ 227 และ 338 มก./ล.ตามลำดับ ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ค่าซีโอดีน้ำออกของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 เท่ากับ 568 และ 696 มก./ล.ตามลำดับ

วันที่ 131 และ 134 ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 ที่ภาระสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ทำการวิเคราะห์ผลปรากฏว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบลดต่ำลงเหลือ 68 และ 67% ตามลำดับ และค่าซีโอดีน้ำออกมีค่าสูงขึ้นเป็น 1180 และ 1210 มก./ล.ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบระบบพบว่าเครื่องสูบน้ำหมุนเวียนของระบบไม่ทำงาน เมื่อทำการแก้ไขให้ใช้งานได้ดังเดิม และทำการวิเคราะห์ผลในวันที่ 136 พบว่าระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงขึ้นดังเดิม คือ 83% และค่าซีโอดีน้ำออกเท่ากับ 614 มก./ล. ดังแสดงในตาราง 4.21 จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า การหมุนเวียนน้ำกลับช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบยูเอเอสบี แต่ที่ผลการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 (มีการหมุนเวียนน้ำกลับ) และ ผลการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ) ไม่ชัดเจนนั้น น่าจะเป็นผลมาจากอัตราการหมุนเวียนน้ำกลับที่ใช้ในการทดลองนี้มีค่าไม่สูงพอที่จะทำให้ชั้นตะกอนจุลินทรีย์ขยายตัวและสัมผัสกับน้ำเสียได้อย่างทั่วถึง

ตาราง 4.21 ค่าซีโอดี เปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดี และตะกอนแขวนลอย ของระบบยูเอเอสบีที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2) กับระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เมื่อมีการหมุนเวียนน้ำกลับ และ เมื่อไม่การหมุนเวียนน้ำกลับ

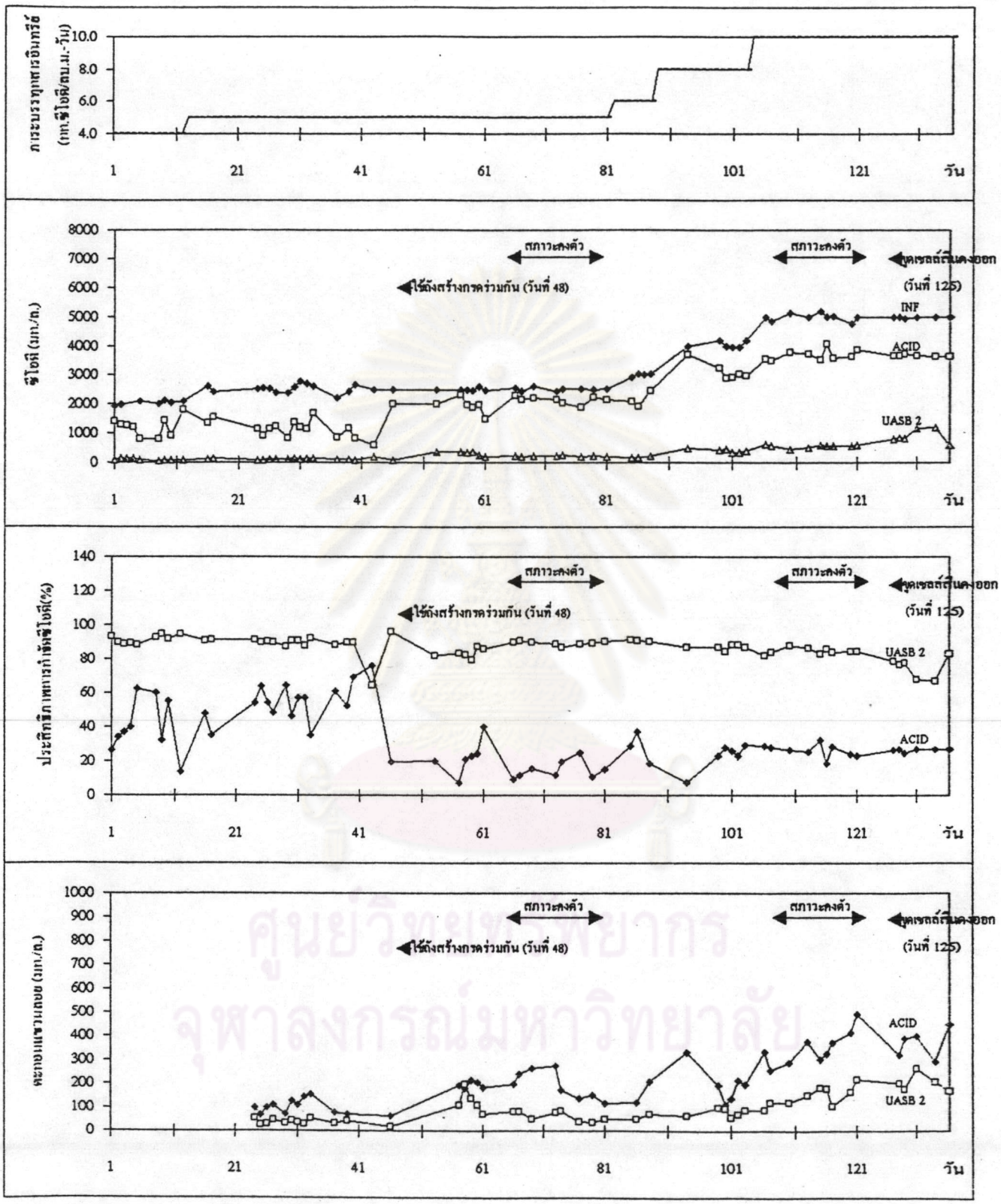
		วันที่ 106-121 มี recycle		วันที่ 131 ไม่มี recycle		วันที่ 134 ไม่มี recycle		วันที่ 136 มี recycle	
	น้ำเสีย	ACID	UASB	ACID	UASB	ACID	UASB	ACID	UASB
ซีโอดี (มก./ล.)	5018	3695	568	3667	1180	3648	1210	3648	614
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)	-	26	85	27	68	27	67	27	83
ค่าตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	-	352	148	400	264	292	208	452	168

ส่วนค่าตะกอนแขวนลอยของระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2) มีค่าต่ำกว่าระบบที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) คือ ค่าตะกอนแขวนลอยที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 เท่ากับ 62 และ 116 มก./ล.ตามลำดับ และที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ค่าตะกอนแขวนลอยของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 เท่ากับ 148 และ 204 มก./ล.ตามลำดับ

จากผลการทดลองนี้สอดคล้องกับที่ Lettinga (1983) ได้กล่าวไว้ว่า การหมุนเวียนน้ำกลับในระบบยูเอเอสบีช่วยเพื่อการสัมผัสกันระหว่างเม็ดตะกอนจุลินทรีย์และน้ำเสียให้เพียงพอ ซึ่งมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

กราฟแสดงค่าซีโอดี เปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดี และตะกอนแขวนลอย ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 แสดงในรูป 4.20

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.20 ค่าซีโอดี เปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดี และตะกอนแขวนลอย ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 (มีถังสร้างกรด และ มีการหมุนเวียนน้ำกลับ)

ข้อมูลถังยูเอเอสบีชุดที่3 (มีถังสร้างกรด แต่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ)																						
ลำดับวัน	วัน	OLR	ORP (mV)		pH			ALK (mg/l CaCO3)			VFA (mg/l CH3COOH)			COD (mg/l)			%COD removed		GAS	SS (mg/l)		%CH4
		(kgCOD/m3-d)	กรด	ออก	เข้า	กรด	ออก	เข้า	กรด	ออก	เข้า	กรด	ออก	เข้า	กรด	ออก	กรด	ออก	(1)	กรด	ออก	
32	08-Aug	5.0	-327	-300	8.15	5.69	6.88		700	1050		546	52	2688	2227	240	17	89		244	76	
33	09-Aug	5.0	-492	-280	8.08	6.44	6.82	870	920	1040	43	520	48	2611	1152	226	56	80		108	72	
34	10-Aug	5.0	-314	-289	8.05	5.91	6.77															
35	11-Aug	5.0	-300	-235	8.03	5.36	6.70															
36	12-Aug	5.0	-320	-242	8.09	6.21	6.96															
37	13-Aug	5.0	-340	-268	8.11	6.15	7.07	820	910	980	48	356	38	2218	1654	207	25	87		140	96	90
38	14-Aug	5.0	-360	-232	8.10	6.38	7.02															
39	15-Aug	5.0	-320	-280				830	910	1080	48	770	48	2444	1767	188	28	89	2.1	148	64	
40	16-Aug	5.0	-411	-220					730	1040		1040	52	2670	2557	154	4	94	2.8			
41	17-Aug	5.0	-276	-214	8.00	5.00													3.6			
42	18-Aug	5.0	-300	-205	8.03	5.09	6.05												3.6			
43	19-Aug	5.0			8.34	5.38	5.89	840	750	800				2500	409	500						
44	20-Aug	5.0																				81.5
45	21-Aug	5.0																				
46	22-Aug	5.0	-440	-235	8.24	4.82	7.11	870	500	990		713	43							304	124	
47	23-Aug	5.0			8.32	5.04	7.03	860	550	1000												
48	24-Aug	5.0																				
49	25-Aug	5.0																				
50	26-Aug	5.0																				
51	27-Aug	5.0																				
52	28-Aug	5.0																				
53	29-Aug	5.0		-329	8.51	6.14	7.23	820	820	1020	38	620	43	2500	2006	246	20	88	3.0			
54	30-Aug	5.0																	3.0			85
55	31-Aug	5.0																	3.4			
56	01-Sep	5.0																	3.0			
57	02-Sep	5.0	-300	-180	8.20	5.55	6.66	830		420	33	998	57	2500	2323	264	7	89	2.7	192	72	
58	03-Sep	5.0	-330	-200	8.20	6.20	7.02	840	910	990	33	692	52	2499	1971	350	21	82	2.9	180	136	
59	04-Sep	5.0	-280	-200	8.21	6.10	6.92	840	920	1090	38	734	38	2464	1901	299	23	84	3.0	216	128	
60	05-Sep	5.0	-260	-140	8.27	5.76	6.92		780	970		841	33	2605	1971	246	24	88		204	112	76
61	06-Sep	5.0	-270	-250	8.37	6.16	6.96	820	820	1030	33	485	43	2464	1478	144	40	90	2.6	184	60	
62	07-Sep																					

4.5.4 เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน

ตาราง 4.22 แสดงการเปรียบเทียบค่า ปริมาณก๊าซทั้งหมด เปอร์เซ็นต์มีเทน และ อัตราการผลิตก๊าซมีเทน ของระบบยูเอเอสบีที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2) กับ ระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน

ตาราง 4.22 การเปรียบเทียบค่า ปริมาณก๊าซทั้งหมด เปอร์เซ็นต์มีเทน และ อัตราการผลิตก๊าซมีเทน ของระบบยูเอเอสบีที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2) กับ ระบบยูเอเอสบีที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ(ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน

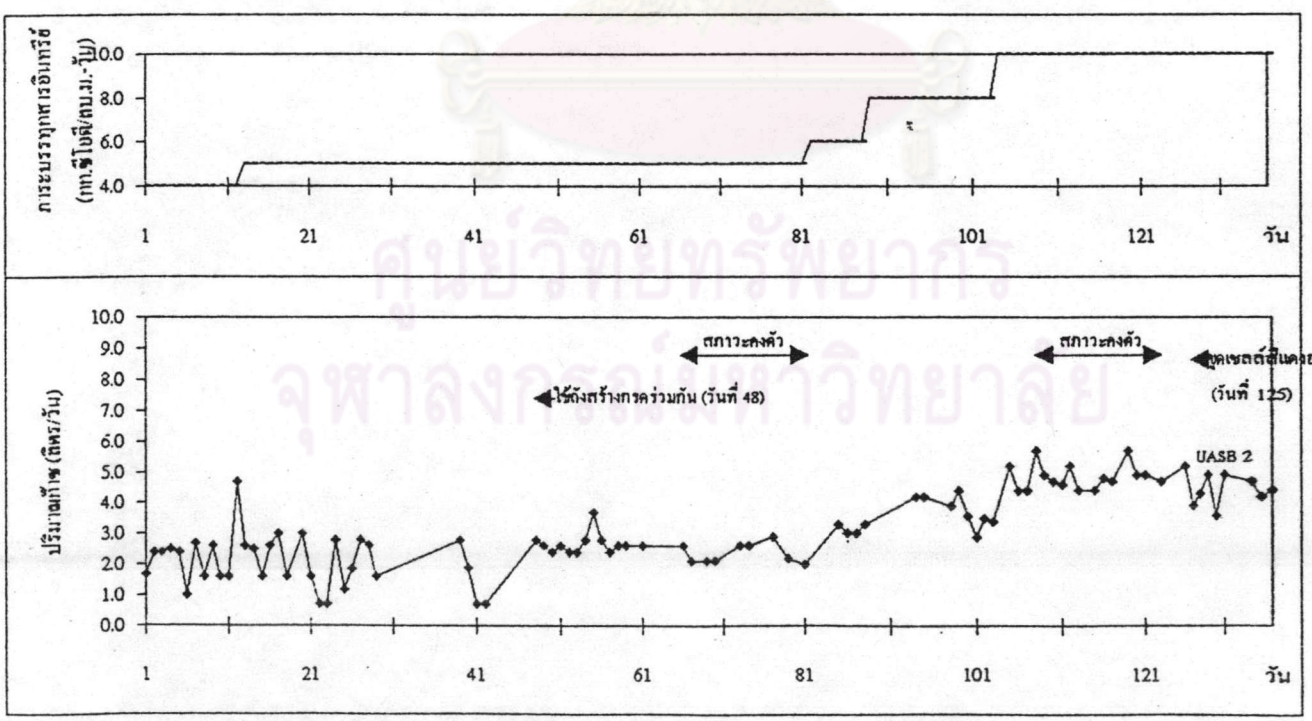
	ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2	ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน		
ปริมาณก๊าซทั้งหมด (ลิตร)	2.4	2.9
เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน	88	76.5
อัตราการผลิตก๊าซมีเทน (ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด)	0.28	0.31
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน		
ปริมาณก๊าซทั้งหมด (ลิตร)	4.8	4.9
เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน	88	80
อัตราการผลิตก๊าซมีเทน (ลิตร/กรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด)	0.32	0.33

จากตาราง 4.22 พบว่า เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนของระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่2) สูงกว่า เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนของระบบที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ (ถังยูเอเอสบีชุดที่3) โดยที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่2 และ 3 เท่ากับ 88% และ 76.5% ตามลำดับ ขณะที่ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีชุดที่2 และ 3 เท่ากับ 88% และ 80% ตามลำดับ จาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองนี้คาดว่าน่าจะเป็นเพราะ การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสร้างก๊าซมีเทน โดยแบคทีเรียสร้างมีเทนในเม็ดตะกอนจุลินทรีย์มีโอกาสเกิดได้มากขึ้น เนื่องจากเกิดการสัมผัสกันระหว่างน้ำเสียและเม็ดตะกอนจุลินทรีย์มากขึ้นจากการหมุนเวียนน้ำกลับ แต่ปริมาณก๊าซที่วัดได้ต่อวันของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 มีค่าน้อยกว่าของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 ซึ่งที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีความแตกต่างกันมากว่าที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี /ลบ.ม.-วัน คือ ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ปริมาณก๊าซในถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 มีค่า 2.4 และ 2.9 ลิตรต่อวัน ตามลำดับ เนื่องจากส่วนแยกสามสถานะของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 ทำงานได้ไม่ดี ทำให้มีก๊าซบางส่วนหลุดออกจากระบบ ซึ่งได้มีการแก้ไขปรับปรุงในช่วงที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ทำให้ก๊าซที่หลุดออกจากระบบมีน้อยลง ค่าที่ได้จึงใกล้เคียงกันมากขึ้น คือ มีค่าใกล้เคียงกันในการทดลองชุดที่ 2 และ 3 คือ 4.8 และ 4.9 ลิตรต่อวัน ตามลำดับ

อัตราการเกิดก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีทั้ง 2 ชุด มีค่าใกล้เคียงทฤษฎี (0.35-0.38) โดยที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของถังยูเอเอสบีชุดที่2 และ 3 เท่ากับ 0.28 (ค่อนข้างน้อย เนื่องจากมีก๊าซหลุดออกจากระบบ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว) และ 0.31 ตามลำดับ ขณะที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วันมีค่าเท่ากับ 0.32 และ 0.33 ตามลำดับ



รูป 4.21 ค่าปริมาณก๊าซทั้งหมด ตลอดการทดลองของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2
(มีถังสร้างกรด และ มีการหมุนเวียนน้ำกลับ)

4.5.5 สมดุลย์ซีโอดีในระบบยูเอเอสบี

เมื่อพิจารณาสมดุลย์ของซีโอดีในระบบยูเอเอสบีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 (มีการหมุนเวียนน้ำกลับ) ในตาราง 4.23 จะเห็นว่า ค่าซีโอดีที่วัดไม่ได้มีค่า 15 และ 8% ที่ภาระสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ) ค่าซีโอดีที่วัดไม่ได้เท่ากับ 7 และ 3.4% ที่ภาระสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้ทำให้ตั้งสมมุติฐานได้ว่า ค่าซีโอดีที่วัดไม่ได้ของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 นี้ น่าจะมาจากการเปลี่ยนเป็นเซลล์แบคทีเรีย รวมทั้งการสะสมของแป้งในระบบอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 ที่เห็นว่ามีแป้งที่ยังย่อยสลายไม่สมบูรณ์สะสมในถังยูเอเอสบี ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.5.1

ตาราง 4.23 การเปรียบเทียบสมดุลย์ของซีโอดีในระบบยูเอเอสบีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 (มีการหมุนเวียนน้ำกลับ) กับ ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 (ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

		ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2		ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3	
		มก./ล.	สัดส่วน	มก./ล.	สัดส่วน
5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
ซีโอดีน้ำเสีย	ทั้งหมด	2140	100%	2140	100%
ซีโอดีน้ำออก	ทั้งหมด	227	10.5%	338	16%
	ก๊าซมีเทน	1510	70.5%	1586	74%
	ก๊าซมีเทนละลายน้ำ	76	4%	66	3%
		1813	85%	1990	93%
ซีโอดีที่วัดไม่ได้		327	15%	150	7%
10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน					
ซีโอดีน้ำเสีย	ทั้งหมด	3695	100%	3695	100%
ซีโอดีน้ำออก	ทั้งหมด	568	15%	696	19%
	ก๊าซมีเทน	2768	75%	2803	76%
	ก๊าซมีเทนละลายน้ำ	77	2%	70	2%
		3413	92%	3569	97%
ซีโอดีที่วัดไม่ได้		282	8%	126	3.4%

หมายเหตุ $COD_{เข้าระบบ} = COD_{น้ำออกทั้งหมด} + COD_{ก๊าซมีเทน} + COD_{ก๊าซมีเทนที่ละลายในน้ำออก} + COD_{ที่ถูกใช้ไปโดยแบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟต} + COD_{ที่เปลี่ยนเป็นเซลล์} + COD_{สะสมในระบบ}$

4.6 ผลของแบคทีเรียสีม่วง (Purple Bacteria) ในถังสร้างกรดที่มีต่อระบบยูเอเอสบี

ในวันที่ 125 ของการทดลอง ขณะที่เดินระบบที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ได้ทดลองขูดเซลล์สีแดงๆซึ่งก็คือแบคทีเรียซัลเฟอร์สีม่วงที่เกาะบริเวณผนังของถังสร้างกรดออก พบว่าทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 ลดลงดังแสดงในตาราง 4.24 คือประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของการทดลองชุดที่ 2 (มีการหมุนเวียนน้ำกลับ)ขณะมีเซลล์สีแดงมีค่า 85% และลดลงเหลือ 77.6% เมื่อขูดเซลล์สีแดงออก ส่วนการทดลองชุดที่3 (มีการหมุนเวียนน้ำกลับ) ขณะมีเซลล์สีแดงมีค่า 81% และลดลงเหลือ 72.4% เมื่อขูดเซลล์สีแดงออก โดยที่ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังสร้างกรดไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก คือ ขณะที่เซลล์สีแดงมีค่า 26% และเมื่อขูดเซลล์สีแดงออกมีค่า 26.5%

ตาราง 4.24 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี เมื่อมีแบคทีเรียสีม่วงในถังสร้างกรด และเมื่อไม่มีแบคทีเรียสีม่วงในถังสร้างกรด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)			
	มีแบคทีเรียสีม่วงในถังสร้างกรด		ไม่มีแบคทีเรียสีม่วงในถังสร้างกรด	
	ACID	UASB	ACID	UASB
การทดลองชุดที่ 1	26	85	26.5	77.6
การทดลองชุดที่ 2	26	81	26.5	72.7

การที่ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบยูเอเอสบีลดลง ไม่น่าจะมีผลมาจากการทำงานของแบคทีเรียสีม่วง เนื่องจากไม่มีความแตกต่างของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังสร้างกรดเมื่อมีหรือไม่มีแบคทีเรียสีม่วง การที่ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบยูเอเอสบีลดลงเมื่อขูดแบคทีเรียสีม่วงในถังสร้างกรดออก น่าจะเป็นเพราะ เมื่อขูดข้างถังทำให้แบคทีเรียสีม่วงและแบคทีเรียสร้างกรดที่เกาะเป็นฟิลม์ข้างถังถูกขูดออกไปด้วย และเข้าสู่ถังยูเอเอสบีพร้อมน้ำในถังสร้างกรด ซึ่งทำให้น้ำออกจากถังยูเอเอสบีอาจมีเซลล์ของแบคทีเรียทั้ง 2 นี้ ปนออกมาด้วย ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าลดต่ำลงดังได้กล่าวมาแล้ว