



บทที่ 5

ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

5.1 การเริ่มต้นเลี้ยงเชื้อ

การเริ่มต้นเลี้ยงเชื้อสามารถแบ่งเป็นลำดับ ดังนี้

1. เริ่มจากการกรองหัวเชื้อซึ่งนำมาจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน ห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ ด้วยผ้ากรองเพื่อแยกของแข็งซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้และอาจทำให้เกิดปัญหาการอุดตันออก เช่น กรวด ทราย เส้นผม จากนั้นนำหัวเชื้อที่ผ่านการกรองไปวิเคราะห์หาพีเอช , ความเข้มข้นกรดโวลไทล์ , สภาพความเป็นต่างรวม พีเอชควรมีค่าใกล้เคียง 7.00 และ ไม่มีการสะสมตัวของกรดโวลไทล์ในหัวเชื้อนั้น จึงนำไปเติมใส่ในถังปฏิกรณ์จนได้ระดับที่ต้องการ คือระดับที่ 70 % ของพื้นที่หน้าตัดของสับเมอร์จตรัม

2. นำฟางถึงปฏิกรณ์มาบิดพร้อมทั้งยึดฟางให้ติดกับตัวถังปฏิกรณ์ให้แน่น เพื่อป้องกันการรั่วออกของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในถัง จากนั้นตรวจสอบ การติดตั้งระบบให้อยู่ในสภาพเรียบร้อยแล้วจึงเดินเครื่อง

3. เริ่มบ่อน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าซีโอดี 500 มก./ล. เข้าสู่ระบบ ด้วยเวลาพักน้ำ 5 วัน แล้วจึงค่อยๆ เพิ่มระดับออร์แกนิกโหลดตึ้น การเพิ่มค่าออร์แกนิกโหลดตึ้นในช่วงนี้จะกระทำโดยการเพิ่มค่าซีโอดีของน้ำเสียในขณะที่รักษาเวลากักน้ำให้คงที่ การทำเช่นนี้ เพราะต้องการรักษามวลจุลินทรีย์ที่แขวนลอยให้อยู่ในระบบนานๆ การเพิ่มค่าออร์แกนิกโหลดตึ้นต้องไม่เร็วเกินไปจนทำลายความสมดุลย์ของประชากรจุลินทรีย์ทั้งสองประเภทที่อยู่ในระบบ พารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ เป็นสัญญาณเตือนให้รู้ก่อนที่ระบบจะเกิดความล้มเหลว คือ อัตราการสะสมตัวของกรดโวลไทล์ อย่างไรก็ตาม การควบคุมระบบเพื่อให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพควรใช้พารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ควบคู่ไปด้วย เช่น ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิด , ไออาร์พี เป็นต้น ดังนั้นในการวิจัยนี้ จะเพิ่มค่าออร์แกนิกโหลดตึ้นได้ ก็ต่อเมื่อไม่มีการสะสมตัวของกรดโวลไทล์ และ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดมีค่ามากขึ้น

4. เมื่อเซลล์เริ่มเกาะติดตัวกลาง จนสามารถเห็นได้ด้วยตาซึ่งสามารถมองทะลุผ่านฝาถึงพีวีซีไลต์ที่ปิดอยู่ด้านบนของถังปฏิกิริยา จึงเปลี่ยนวิธีการเพิ่มค่าออร์แกนิกโพลดิง การเพิ่มค่าออร์แกนิกโพลดิงในช่วงนี้กระทำโดยการเพิ่มอัตราการไหลของน้ำเสีย ในขณะที่รักษาความเข้มข้นซีโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ให้คงที่ ดังเช่นที่กล่าวมาแล้วการเพิ่มค่าออร์แกนิกโพลดิงควรทำก็ต่อเมื่อไม่มีการสะสมตัวของความเข้มข้นกรดโวลาทิล และปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีค่ามากขึ้น

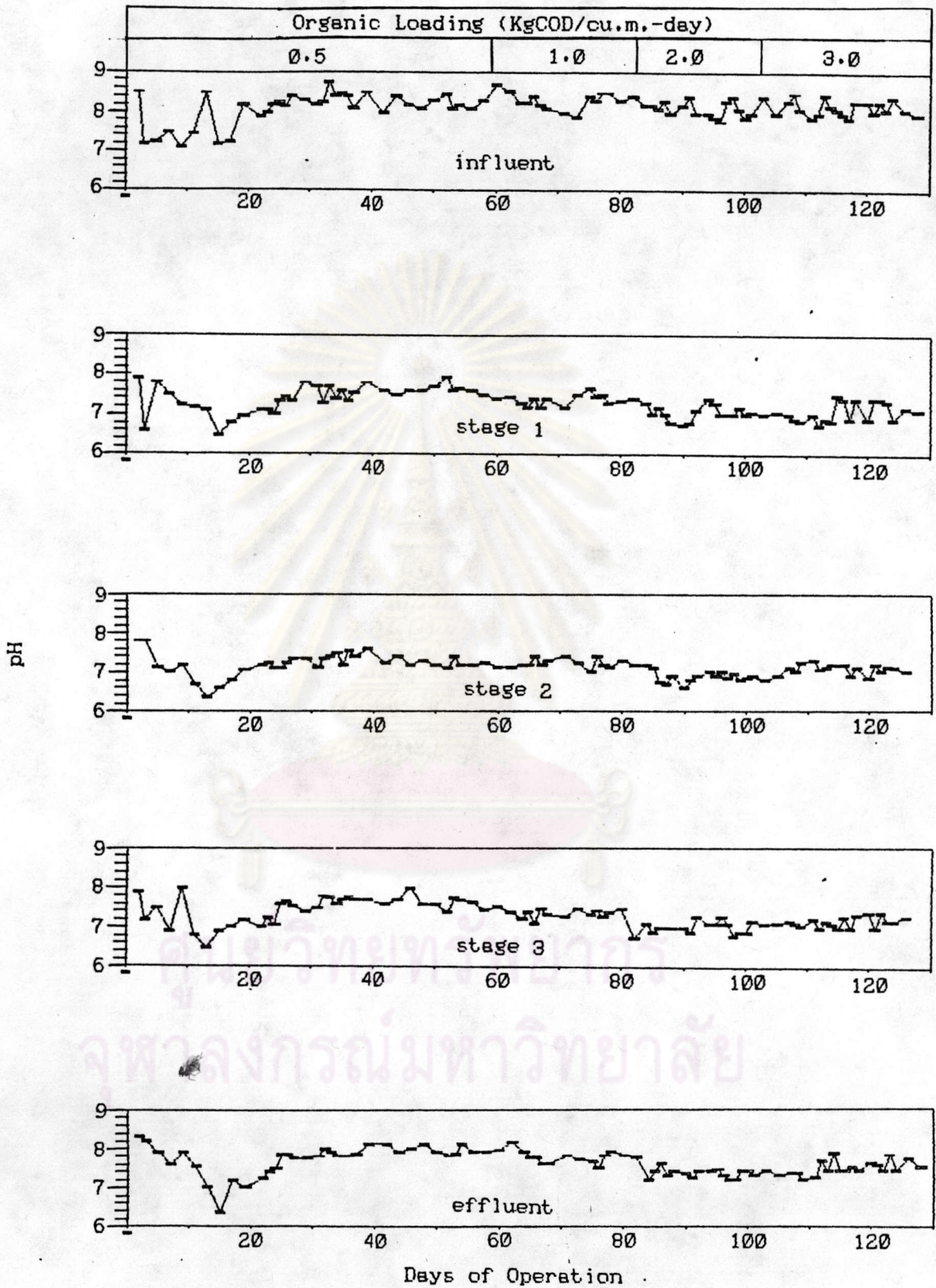
5. เนื่องจาก การทดลองที่ 1 ของการวิจัยนี้ กำหนดค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ 500 มก./ล. ที่เวลากักน้ำ 1 วัน ดังนั้น การลดเวลากักน้ำจะค่อยๆ ลดจาก 5 วัน ลงเหลือ 1 วัน เมื่อลดเวลากักน้ำเหลือ 1 วันแล้ว จึงค่อยย้อนกลับมาบ่อน้ำเสียที่ค่าซีโอดี 500 มก./ล. เพื่อเข้าสู่ค่าออร์แกนิกโพลดิงที่ต้องการ

5.2 ผลการวิจัยของระบบแอนแอโรบิคสับเมอร์จรั่ม

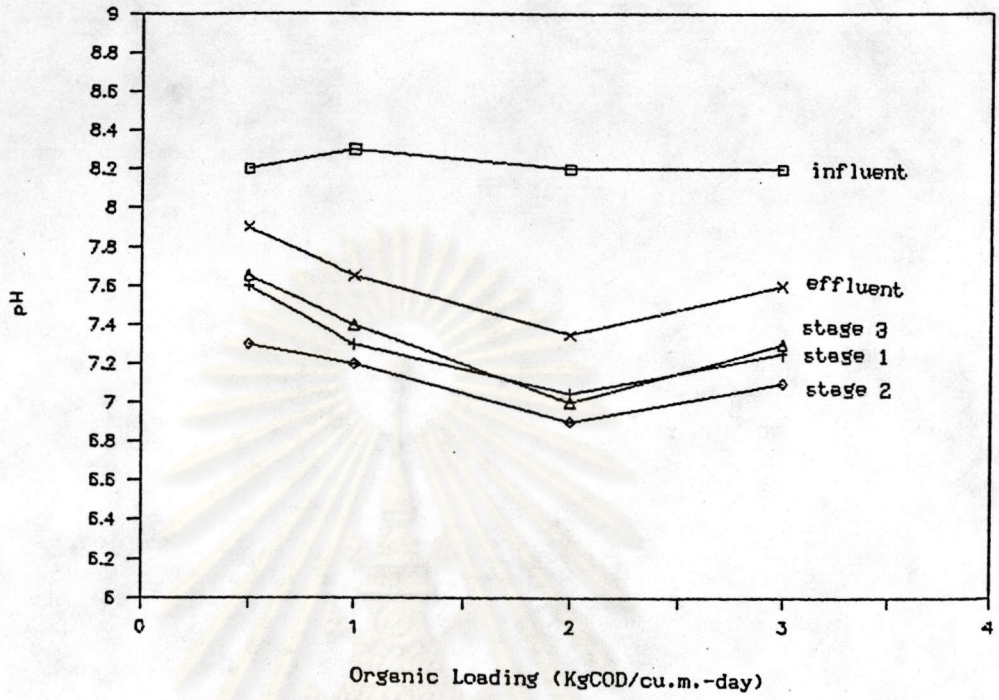
ผลการทดลองจะแสดงในรูปตารางและรูปของกราฟ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ จะคิดจากกลุ่มของข้อมูลดิบในช่วงสภาวะคงตัวของแต่ละระดับออร์แกนิกโพลดิง ผลการวิจัยของตัวแปรต่าง ๆ ในงานวิจัยมีดังนี้ คือ

5.2.1 พีเอช (pH)

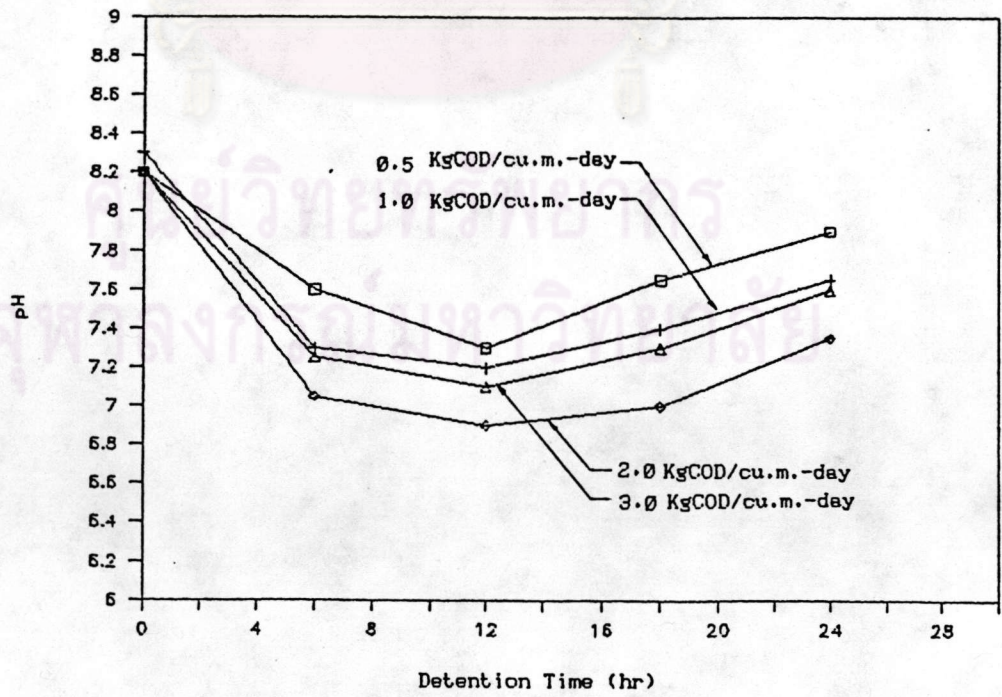
การวัดค่าพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์จะวัดทันทีที่ผสมน้ำเสียสังเคราะห์เสร็จใหม่ ๆ ส่วนการวัดค่าพีเอชของน้ำเสียในถังปฏิกิริยาจะวัดทันทีที่เก็บตัวอย่างน้ำมาจากถังปฏิกิริยา รูปที่ 5.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ , น้ำเสียในตอนที่ 1 , 2 , 3 และน้ำทิ้งที่ออกจากถังปฏิกิริยาภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงต่าง ๆ รูปที่ 5.2 แสดงอิทธิพลของค่าออร์แกนิกโพลดิงที่มีผลต่อค่าพีเอชในตอนที่ 1 , 2 , 3 และน้ำทิ้ง จากรูปทั้งสอง จะเห็นว่า เมื่อระดับออร์แกนิกโพลดิงเพิ่มขึ้น ค่าพีเอชจะมีแนวโน้มลดลง ยกเว้นการทดลองที่ 4 ค่าพีเอชของน้ำเสียในตอนที่ 1 , 2 , 3 และน้ำทิ้งจะมีค่าสูงขึ้น การที่ค่าพีเอชของน้ำเสียในการทดลองที่ 4 มีค่าสูงขึ้น เพราะเติม $\text{NaHCO}_3, \text{NH}_4\text{HCO}_2$ ในน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาณมากเกินไป ส่วนรูปที่ 5.3 แสดงอิทธิพลของเวลากักน้ำที่มีผลต่อค่าพีเอชภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงคงที่ที่ 0.50 , 1.00 , 2.00 และ 3.00 กก.ซีโอดี/ม³-วัน จากรูปที่ 5.3 จะเห็นว่า เมื่อบ่อน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ระบบภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงคงที่ค่าหนึ่งพีเอชในตอนที่ 1,2 จะลดลงเหลือ 7.0 - 7.6 และพีเอชในตอนที่ 3 , น้ำทิ้งจะกลับสูงขึ้นเป็น



รูปที่ 5.1 ค่าพีเอชที่ตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 5.2 อิทธิพลของค่าออร์แกนิกโหลดดิ่งที่มีผลต่อค่าพีเอช



รูปที่ 5.3 อิทธิพลของเวลากักน้ำที่มีผลต่อค่าพีเอช

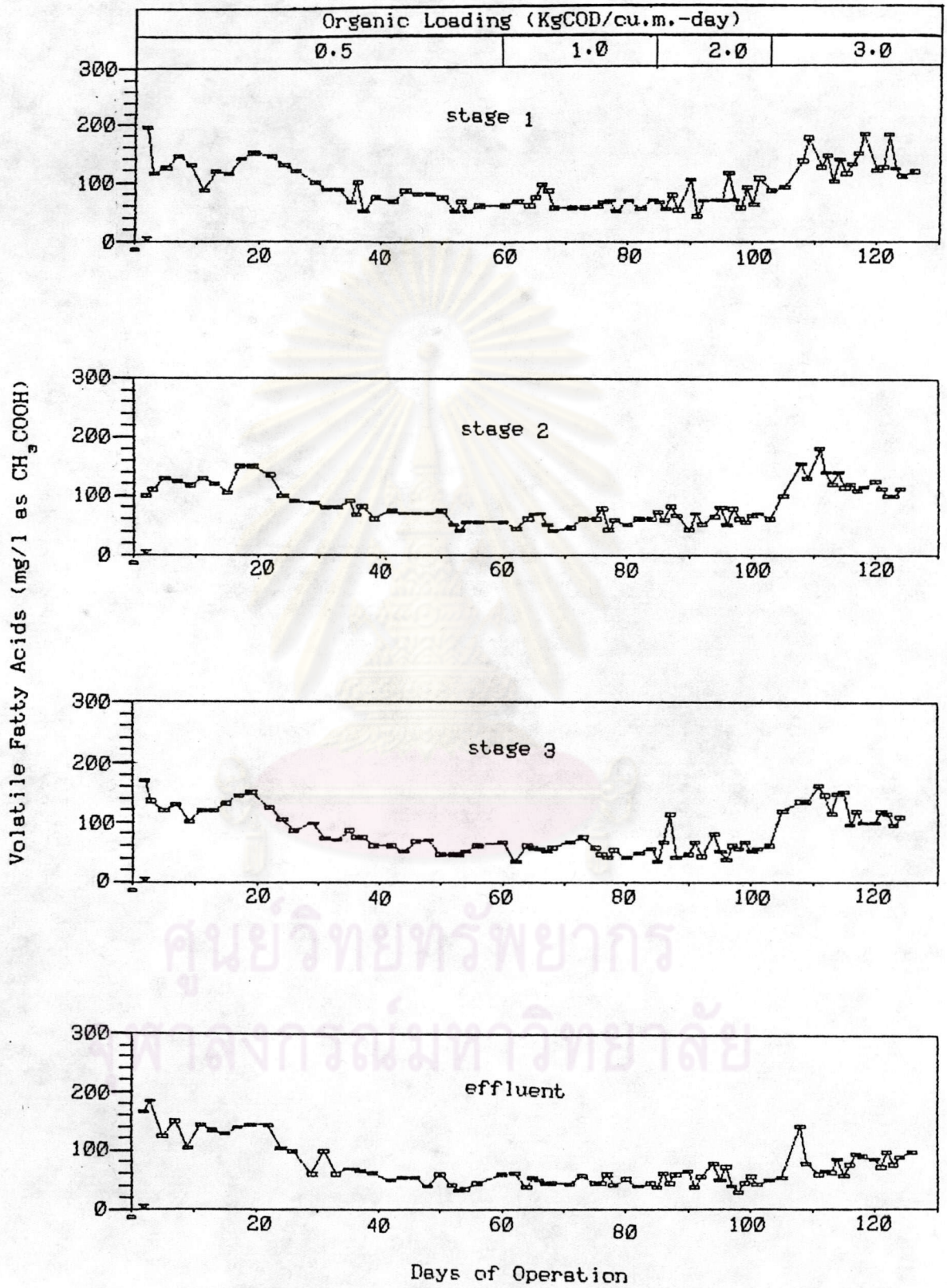
7.5 - 7.9 ส่วนตารางที่ 5.1 แสดงค่าพีเอชของน้ำเสียภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงที่ 0.50 , 1.00 , 2.00 และ 3.00 กก.ซีไอดี/ม³-วัน.

ตารางที่ 5.1 ค่าพีเอชภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงต่างๆ

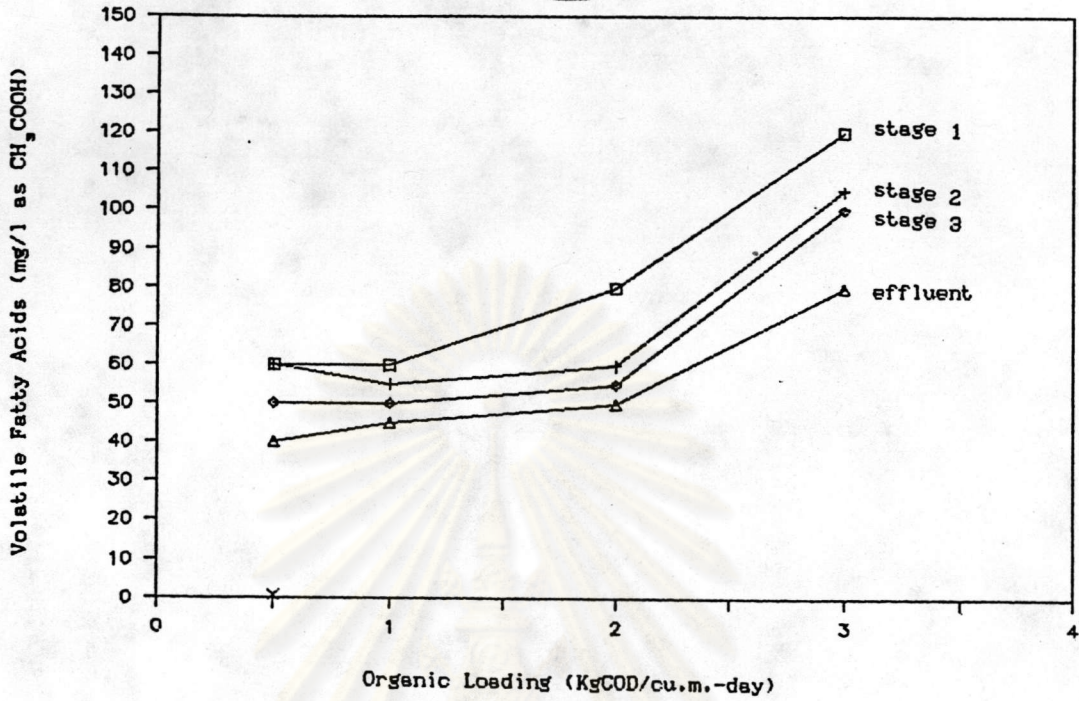
ออร์แกนิก- โพลดิง (กก.ซีไอดี/ม ³ -วัน)	พีเอช				
	น้ำเข้า	ตอนที่ 1	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	น้ำทิ้ง
0.50	8.20	7.60	7.30	7.65	7.90
1.00	8.30	7.30	7.20	7.40	7.65
2.00	8.20	7.05	6.90	7.00	7.35
3.00	8.20	7.25	7.10	7.30	7.60

5.2.2 กรดโวลาทิล (Volatile acid)

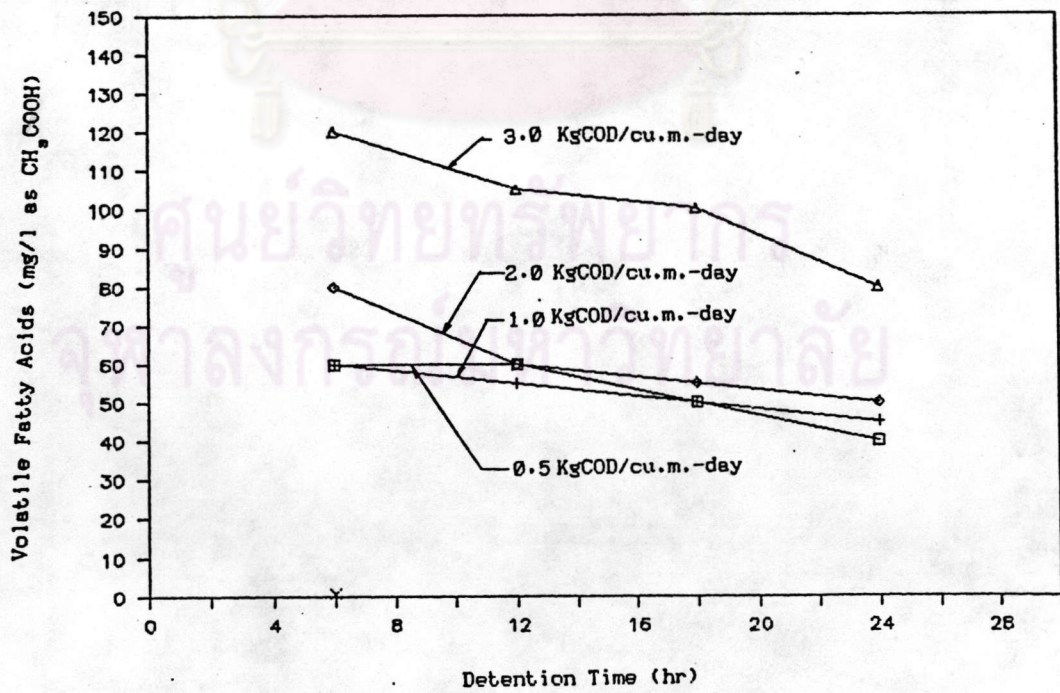
จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดโวลาทิลของน้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งผสมเสร็จใหม่ พบว่า ปริมาณกรดโวลาทิลจะมีค่าต่ำมาก จึงถือว่า ปริมาณกรดโวลาทิลของน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าเป็นศูนย์ รูปที่ 5.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณกรดโวลาทิลของน้ำเสียในตอนที่ 1, 2, 3 และน้ำทิ้ง ภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงต่างๆ รูปที่ 5.5 แสดงอิทธิพลของค่าออร์แกนิกโพลดิงที่มีผลต่อปริมาณกรดโวลาทิลในตอนที่ 1, 2, 3 และน้ำทิ้ง จากรูปที่ 5.4 และ 5.5 แสดงให้เห็นว่า เมื่อระดับออร์แกนิกโพลดิงเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดโวลาทิลของน้ำเสียจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนรูปที่ 5.6 แสดงอิทธิพลของเวลากักน้ำที่มีผลต่อปริมาณกรดโวลาทิลภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงคงที่ที่ 0.50 , 1.00 , 2.00 และ 3.00 กก.ซีไอดี./ม³ - วัน. จากรูปนี้จะเห็นว่า เมื่อน้ำเสียสังเคราะห์ถูกบ่มเข้าสู่ระบบภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงคงที่ค่าหนึ่ง ปริมาณกรดโวลาทิลของน้ำเสียในตอนที่ 1 จะสูงขึ้น และจะมีค่าสูงที่สุด เมื่อน้ำเสียไหลผ่านตอนที่ 2 , 3 , 4 ปริมาณกรดโวลาทิลของน้ำเสียในตอนที่ 2, 3 และน้ำทิ้งจะมีค่าลดลงตามลำดับ ส่วนตารางที่ 5.2 แสดงค่าปริมาณกรดโวลาทิลภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงต่างๆ จากผลการทดลองในตารางที่ 5.2 จะเห็นว่า ปริมาณกรดโวลาทิลของน้ำเสียที่จุดต่างๆมีค่าอยู่ในระดับต่ำ แสดงว่า ระบบนี้สามารถรับออร์แกนิกโพลดิงได้สูงกว่าระดับที่ทดลอง



รูปที่ 5.4 ค่าปริมาณกรดไขมันที่ตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 5.5 อิทธิพลของค่าออร์แกนิกโหลดต้งที่มีผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระ



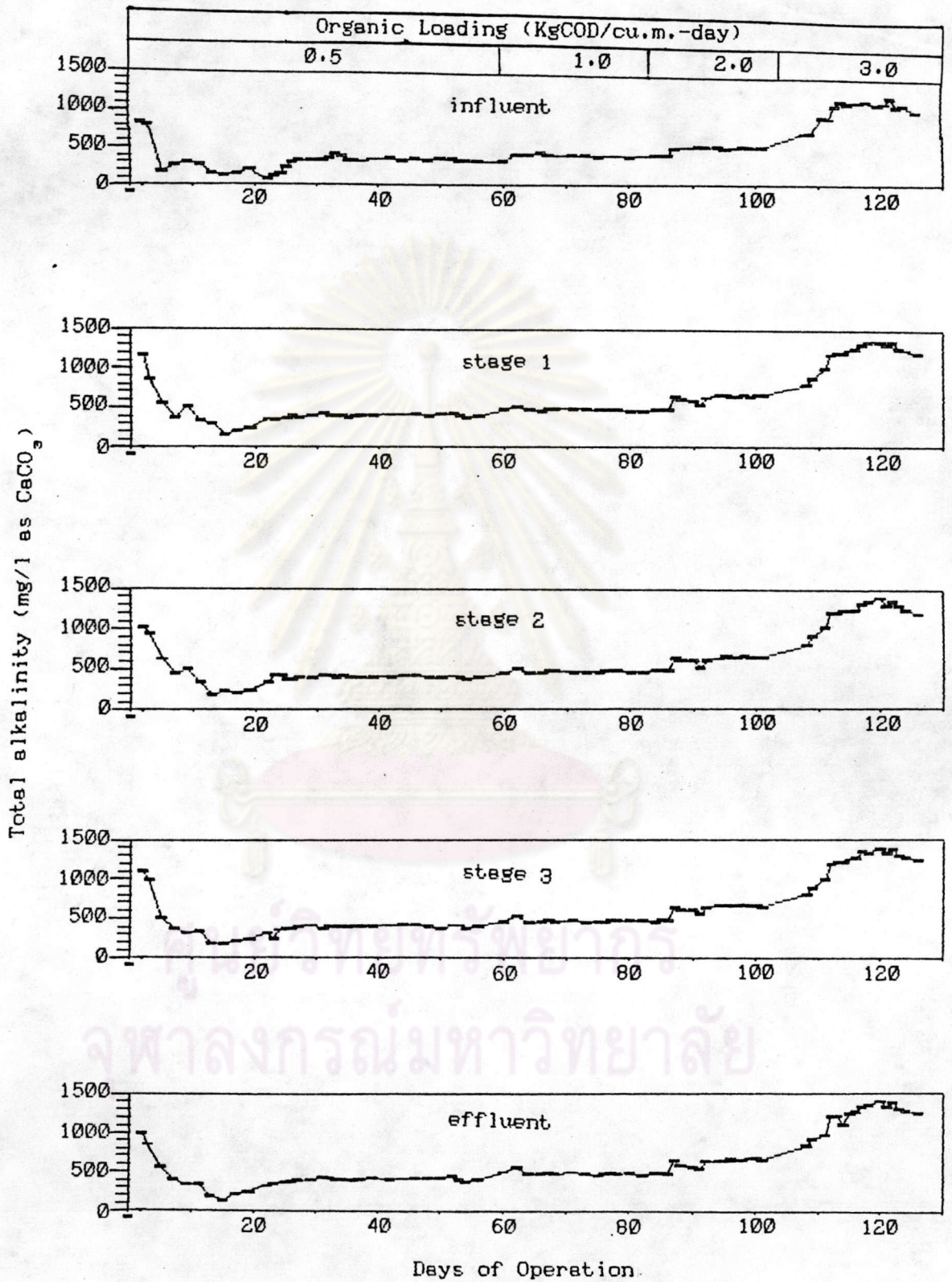
รูปที่ 5.6 อิทธิพลของเวลากักน้ำที่มีผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระ

ตารางที่ 5.2 ค่าปริมาณกรดโวลไทล์ภายใต้ระดับออร์แกนิกโคลดิ่งต่างๆ

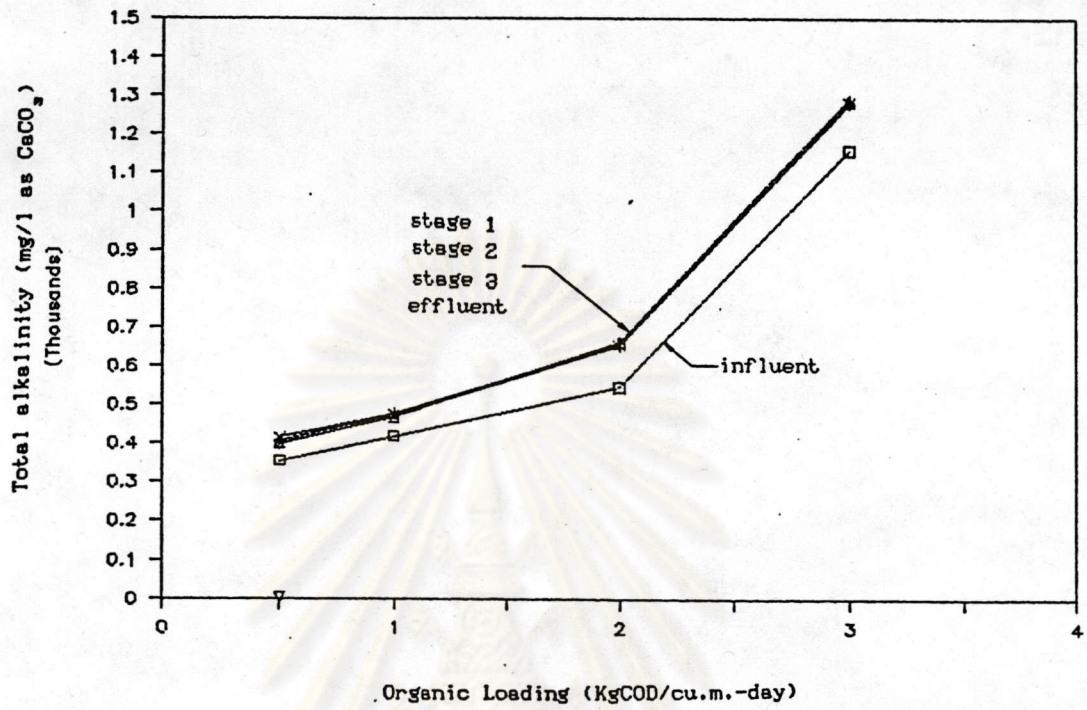
ออร์แกนิก- โคลดิ่ง (กก.ซีไอดี/ม ³ -วัน)	กรดโวลไทล์ (มก./ล. ในรูปกรดอะซีติก)			
	ตอนที่ 1	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	น้ำทิ้ง
0.50	60	60	50	40
1.00	60	55	50	45
2.00	80	60	55	50
3.00	120	105	100	80

5.2.3 สภาพความเป็นด่างรวม (Total alkalinity)

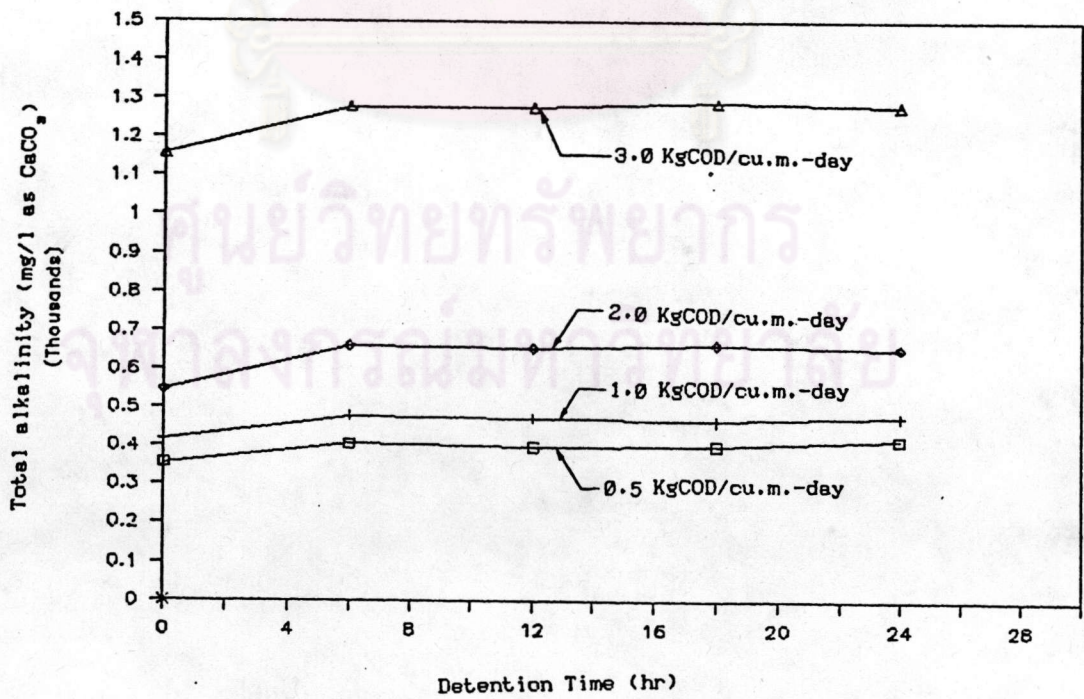
จากรูปที่ 5.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสภาพความเป็นด่างรวมของน้ำเสียสังเคราะห์, น้ำเสียในตอนที่ 1, 2, 3 และน้ำทิ้งภายใต้ระดับออร์แกนิกโคลดิ่งต่างๆ รูปที่ 5.8 แสดงอิทธิพลของค่าออร์แกนิกโคลดิ่งที่มีผลต่อค่าความเป็นด่างรวมของน้ำเสียในตอนที่ 1, 2, 3 และน้ำทิ้ง จากรูปที่ 5.7 และ รูปที่ 5.8 จะเห็นว่า เมื่อระดับออร์แกนิกโคลดิ่งสูงขึ้น สภาพความเป็นด่างรวมจะมีแนวโน้มสูงขึ้น การที่เป็นเช่นนี้ เพราะ มีการเติม NaHCO_3 , NH_4NCO_3 ลงในน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มขึ้น เมื่อระดับออร์แกนิกโคลดิ่งสูงขึ้น ส่วนรูปที่ 5.9 แสดง อิทธิพลของเวลากักน้ำที่มีผลต่อค่าความเป็นด่างรวม ภายใต้ระดับออร์แกนิกโคลดิ่งคงที่ที่ 0.50, 1.00, 2.00 และ 3.00 กก.ซีไอดี./ม³ - วัน. จากรูปนี้จะเห็นว่า เมื่อน้ำเสียสังเคราะห์ถูกบ่มเข้าสู่ระบบภายใต้ระดับออร์แกนิกโคลดิ่งคงที่ สภาพความเป็นด่างรวมของน้ำเสียภายในถังปฏิกริยา และ น้ำทิ้งจะมีค่าสูงกว่าสภาพความเป็นด่างรวมของน้ำเสียสังเคราะห์ ในขณะที่สภาพความเป็นด่างรวมของน้ำเสียภายในถังและน้ำทิ้งจะมีค่าใกล้เคียงกัน ตารางที่ 5.3 แสดงค่าความเป็นด่างรวมภายใต้ระดับออร์แกนิกโคลดิ่งต่างๆ



รูปที่ 5.7 ค่าความเป็นด่างรวมทั้งตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 5.8 อิทธิพลของค่าออร์แกนิกโหลดดิ่งที่มีผลต่อค่าความเป็นด่างรวม



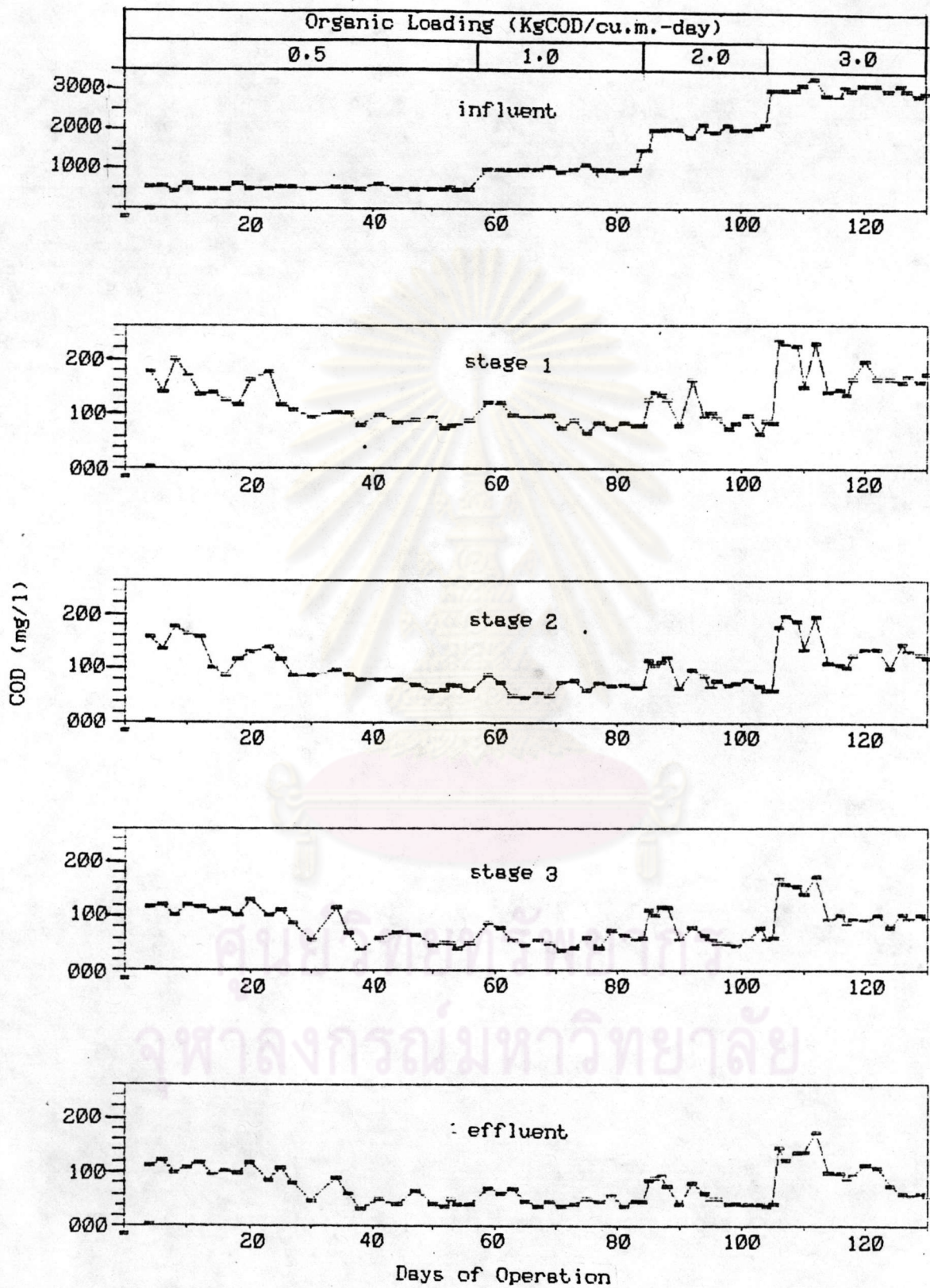
รูปที่ 5.9 อิทธิพลของเวลากักน้ำที่มีผลต่อค่าความเป็นด่างรวม

ตารางที่ 5.3 ค่าสภาพความเป็นต่างรวมภายใต้ระดับออร์แกนิกโคลดิงต่างๆ

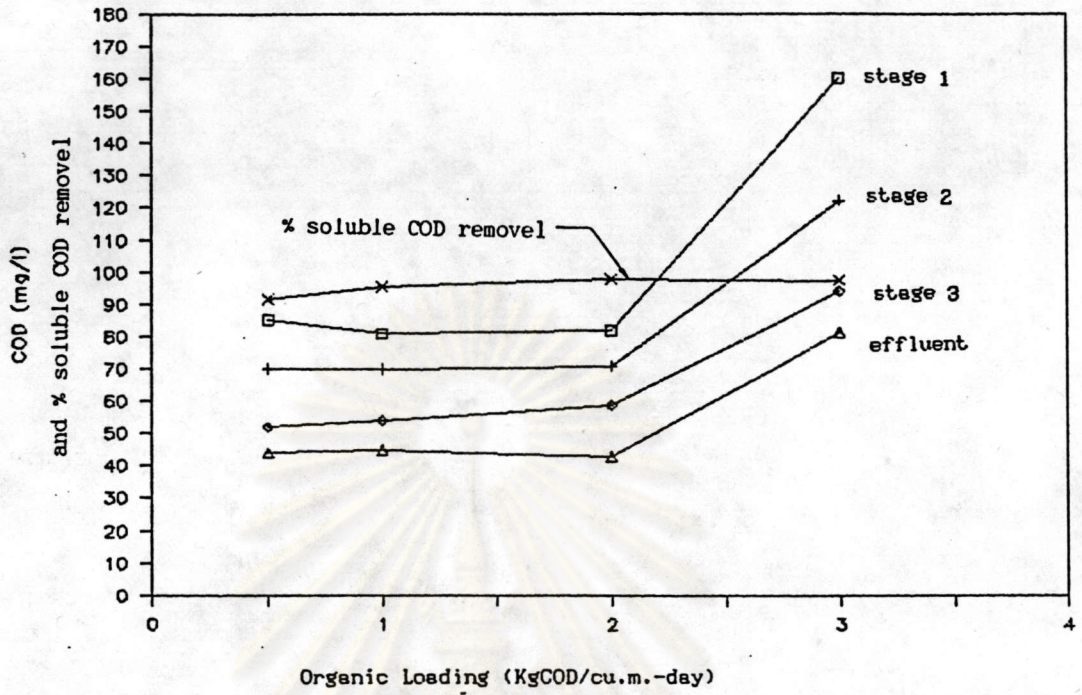
ออร์แกนิก- โคลดิง (กก.ซีโอดี/ม ³ -วัน)	สภาพความเป็นต่างรวม (มก./ล ในรูป CaCO ₃)				
	น้ำเข้า	ตอนที่ 1	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	น้ำทิ้ง
0.50	356	406	397	402	416
1.00	419	480	472	466	476
2.00	548	661	654	663	655
3.00	1157	1278	1278	1289	1281

5.2.4 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัด

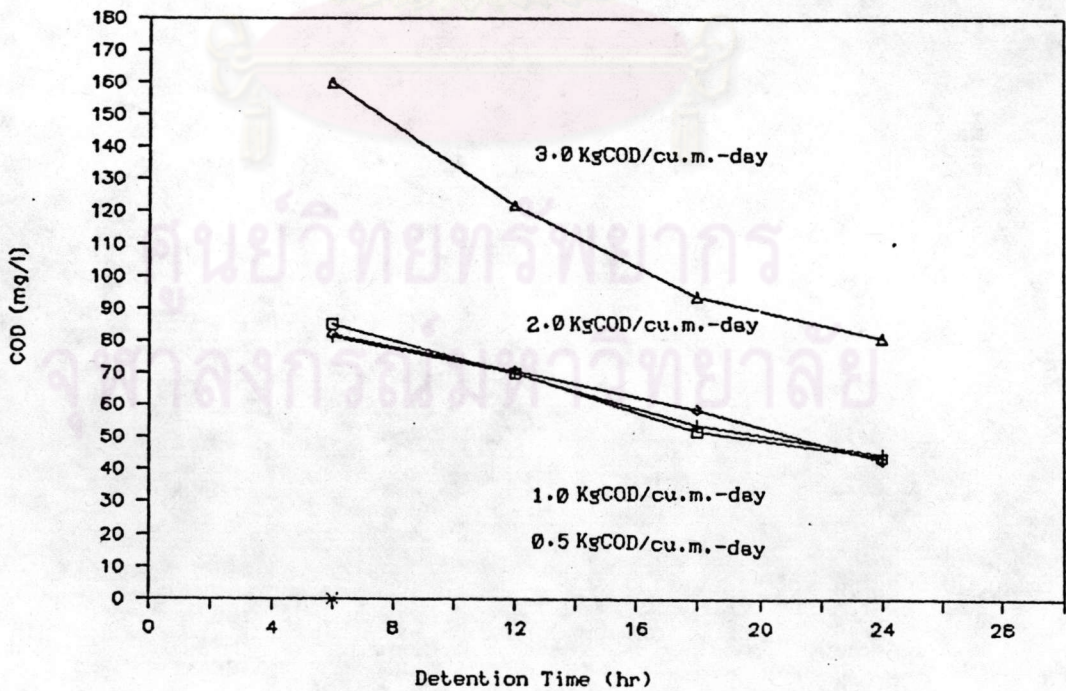
การวิเคราะห์หาค่าซีโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งใช้ป้อนเข้าสู่ถังปฏิกริยา จะวิเคราะห์ทันทีที่ผสมน้ำเสียสังเคราะห์เสร็จใหม่ ๆ เพื่อให้ได้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าซีโอดีใกล้เคียงกับแผนการวิจัยที่ได้กำหนดไว้ รูปที่ 5.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ , น้ำเสียในตอนที่ 1 , 2 , 3 และน้ำทิ้งภายใต้ระดับออร์แกนิกโคลดิงต่างๆ รูปที่ 5.11 แสดงอิทธิพลของค่าออร์แกนิกโคลดิงที่มีผลต่อค่าซีโอดีในตอนที่ 1,2,3 และน้ำทิ้ง และ กราฟการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบ จากรูปที่ 5.10 และ 5.11 แสดงให้เห็นว่า เมื่อระดับออร์แกนิกโคลดิงสูงขึ้น ค่าซีโอดีจะมีแนวโน้มสูงขึ้นแต่ไม่มากและ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบมีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน การที่เป็นเช่นนี้ แสดงให้เห็นว่า ระดับออร์แกนิกโคลดิงที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ยังต่ำเกินไป รูปที่ 5.12 แสดงอิทธิพลของเวลากักน้ำที่มีผลต่อค่าซีโอดีของน้ำเสียภายใต้ระดับออร์แกนิกโคลดิงคงที่ที่ 0.50 , 1.00 , 2.00 และ 3.00 กก.ซีโอดี./ม³ - วัน. จากรูปนี้จะเห็นว่าเมื่อป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ระบบภายใต้ระดับออร์แกนิกโคลดิงคงที่ค่าหนึ่ง การกำจัดสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในตอนที่ 1 (ไม่น้อยกว่า 83%) และ ค่าซีโอดีจะค่อยๆลดลงเมื่อน้ำเสียไหลผ่านตอนที่ 2 , 3 , น้ำทิ้งตามลำดับ ส่วนตารางที่ 5.4 แสดงค่าซีโอดีของน้ำเสียภายใต้ระดับออร์แกนิกโคลดิงต่างๆและ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบ



รูปที่ 5.10 ค่าซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 5.11 อิทธิพลของค่าออร์แกนิกโหลดคิงที่มีผลต่อค่าซีโอดี และ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบ



รูปที่ 5.12 อิทธิพลของเวลากักน้ำที่มีผลต่อค่าซีโอดี

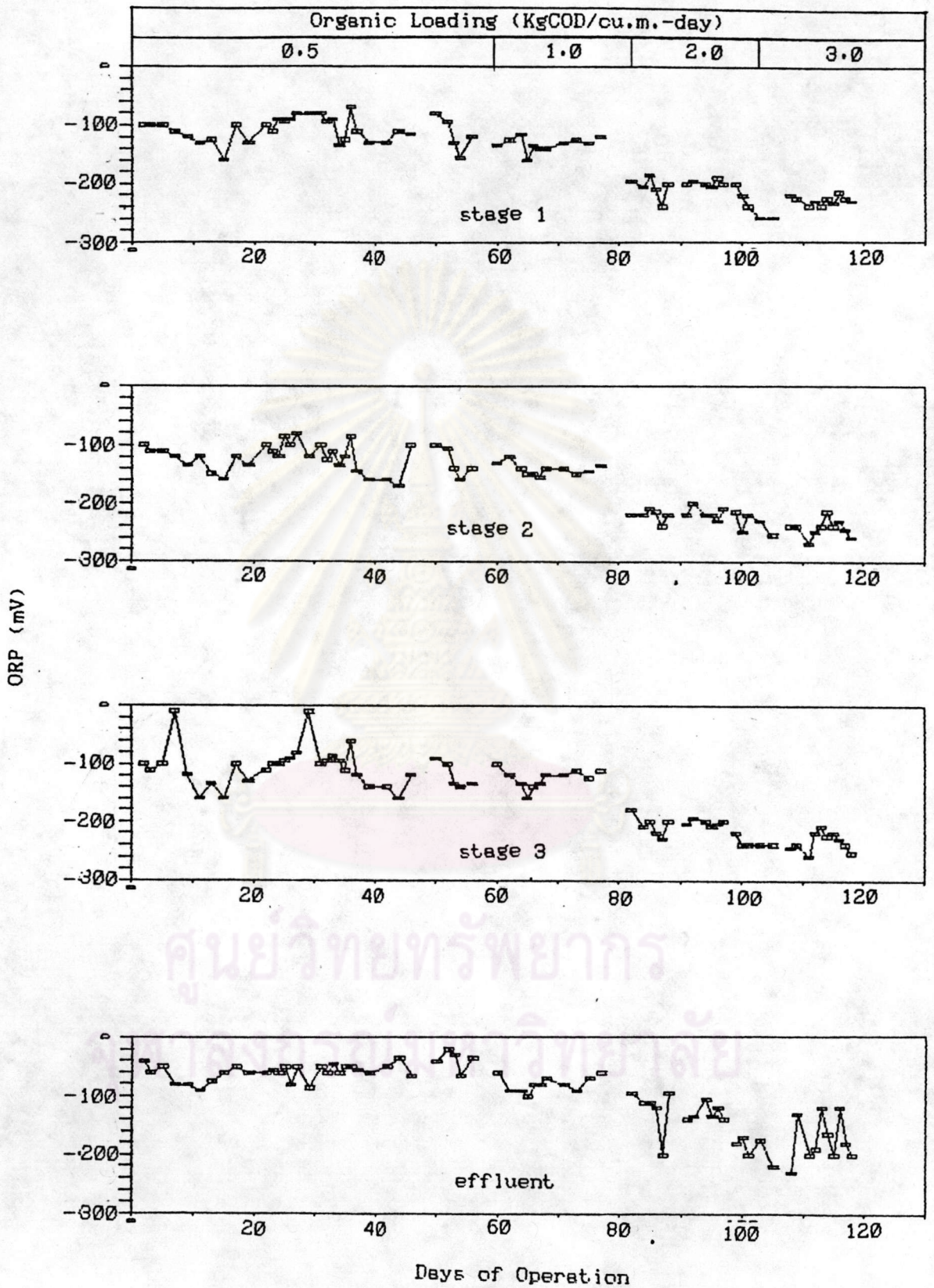
ตารางที่ 5.4 ค่าซีโอดีของน้ำเสียภายใต้ระดับออร์แกนิกไหลตึงต่างๆและประสิทธิภาพการกำจัด

ออร์แก- โหลตึง (กก.ซีโอดี/ ม ³ - วัน.)	ซีโอดี (มก./ล.)						ประสิทธิภาพการ กำจัดซีโอดี %	
	น้ำเข้า (*)	ตอนที่ 1 (**)	ตอนที่ 2 (**)	ตอนที่ 3 (**)	น้ำทิ้งสุดท้าย		(1)	(2)
					(*)	(**)		
0.50	522.2	85	70	52	115	44	78	91.5
1.00	1006.0	81	70	54	150	45	85	95.5
2.00	2021.4	82	71	59	228	43	89	97.8
3.00	3046.8	160	122	94	356	81.2	88	97.3

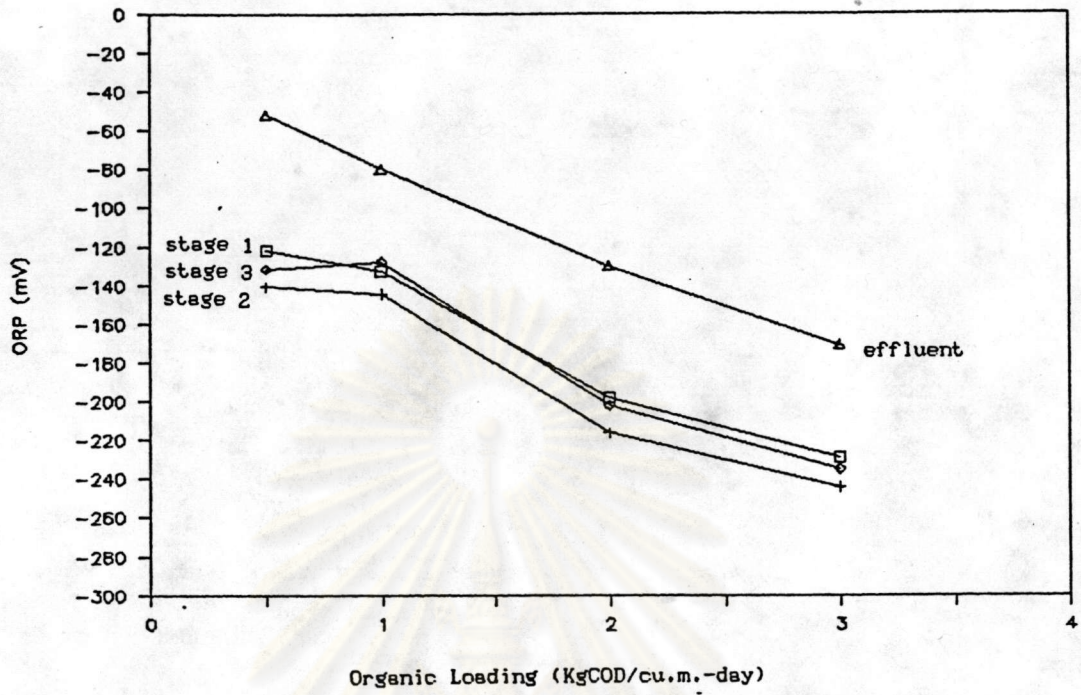
- หมายเหตุ (*) = total chemical oxygen demand
 (**) = Filtrate chemical oxygen demand
 (1) = ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมดของระบบ
 (2) = ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ผ่านการกรองแล้วของระบบ

5.2.5 โออาร์พี (ORP)

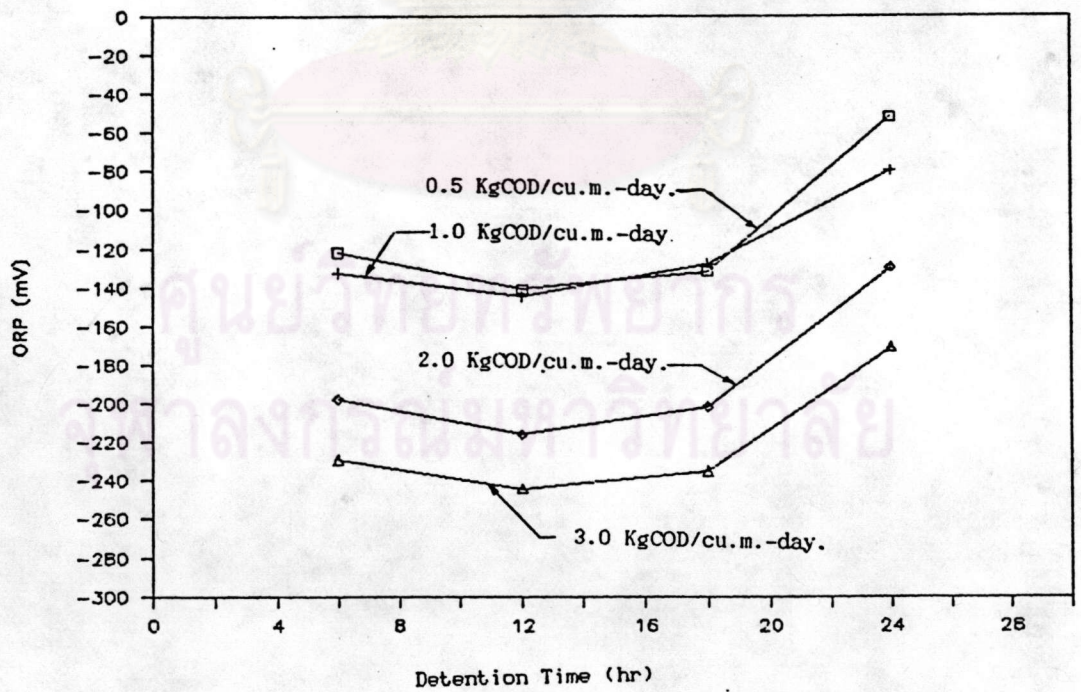
รูปที่ 5.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าโออาร์พีของน้ำเสียในตอนที่ 1 , 2 , 3 และน้ำทิ้งภายใต้ระดับออร์แกนิกไหลตึงต่าง ๆ รูปที่ 5.14 แสดงอิทธิพลของค่าออร์แกนิกไหลตึงที่มีต่อค่าโออาร์พีในตอนที่ 1 , 2 , 3 และน้ำทิ้ง จากรูปทั้งสองนี้ แสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับออร์แกนิกไหลตึงสูงขึ้น ค่าโออาร์พีของน้ำเสียจะมีแนวโน้มสูงขึ้น รูปที่ 5.15 แสดงอิทธิพลของเวลากักน้ำที่มีผลต่อค่าโออาร์พีของน้ำเสียภายใต้ระดับออร์แกนิกไหลตึงคงที่ที่ 0.50 , 1.00 , 2.00 และ 3.00 กก.ซีโอดี/ม³ - วัน จากรูปจะเห็นว่า เมื่อป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ระบบภายใต้ระดับออร์แกนิกไหลตึงคงที่ค่าหนึ่ง ค่าโออาร์พีของน้ำเสียในตอนที่ 1 , 2 , 3 จะมีค่าใกล้เคียงกันแต่ค่าโออาร์พีของน้ำทิ้งจะมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย ตารางที่ 5.5 แสดงค่าโออาร์พีของน้ำเสียที่ค่าออร์แกนิกไหลตึง 0.50 , 1.00 , 2.00 และ 3.00 กก.ซีโอดี/ม³-วัน ข้อมูลที่ได้นี้ แสดงว่า ระดับโออาร์พีจะมีค่าต่ำมากขึ้น(ลบมากขึ้น) เมื่อระดับออร์แกนิกไหลตึงเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.13 ค่าโออาร์พีที่ตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 5.14 อิทธิพลของค่าออร์แกนิกโหลดที่มีผลต่อค่าโออาร์พี



รูปที่ 5.15 อิทธิพลของเวลากักน้ำที่มีต่อค่าโออาร์พี

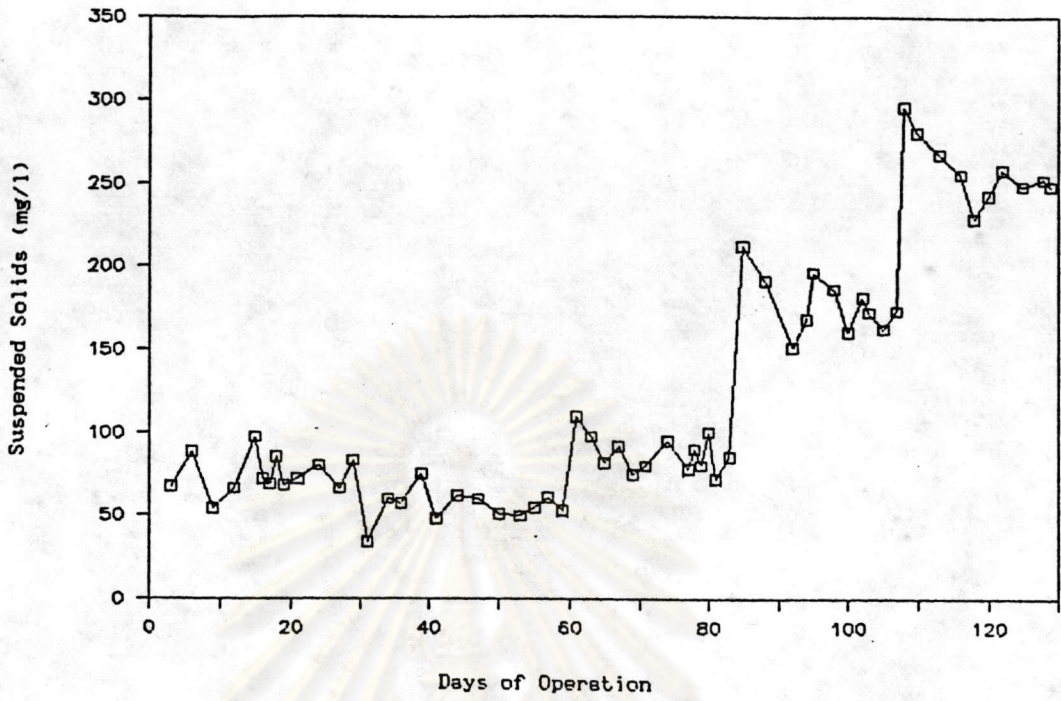
ตารางที่ 5.5 ค่าไออาร์พีของน้ำเสียภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงต่างๆ

ออร์แกนิก- โพลดิง (กก.ซีไอดี/ม ³ -วัน)	ไออาร์พี (มิลลิโวลท์)			
	ตอนที่ 1	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	น้ำทิ้ง
0.50	-122	-141	-132	- 52
1.00	-133	-145	-128	- 80
2.00	-198	-216	-202	-130
3.00	-229	-244	-235	-171

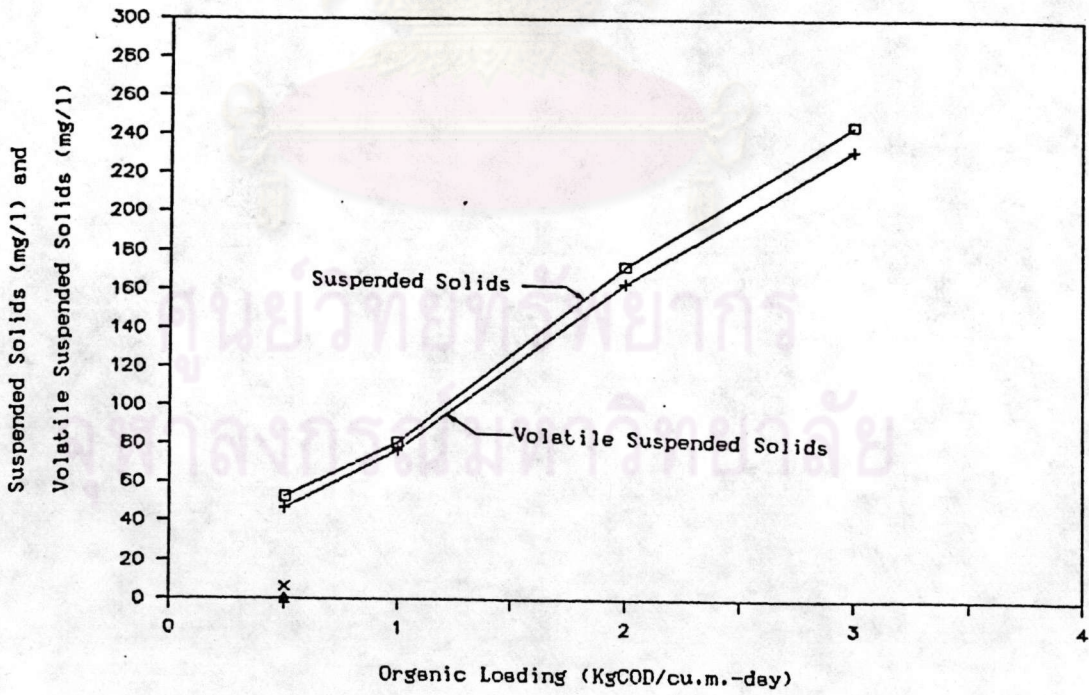
5.2.6 ตะกอนแขวนลอยและตะกอนแขวนลอยเวลาไหล

รูปที่ 5.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงต่างๆ รูปที่ 5.17 แสดงอิทธิพลของค่าออร์แกนิกโพลดิงที่มีผลต่อค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง จากรูปที่ 5.16 และ 5.17 จะเห็นว่าเมื่อระดับออร์แกนิกโพลดิงสูงขึ้น ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งมีแนวโน้มสูงขึ้น ตารางที่ 5.6 แสดงค่าตะกอนแขวนลอยและค่าตะกอนแขวนลอยเวลาไหลของน้ำทิ้งที่ระดับออร์แกนิกโพลดิงต่างๆ จากผลการทดลองพบว่าค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งของทุกระดับออร์แกนิกโพลดิงยังอยู่ในระดับต่ำ และ ค่าอัตราส่วนระหว่างตะกอนแขวนลอยเวลาไหลต่อตะกอนแขวนลอยมีค่าไม่ต่ำกว่า 90%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.16 ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง



รูปที่ 5.17 อิทธิพลของค่าออร์แกนิกโหลดดิ่งที่มีผลต่อค่าตะกอนแขวนลอย

ตารางที่ 5.6 ค่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์ของน้ำทิ้ง

ออร์แกนิก- โพลติง (กก.ซีไอดี/ม ³ -วัน)	น้ำทิ้งที่ออกจากถังปฏิกิริยา (มก./ล.)	
	ตะกอนแขวนลอย	ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์
0.50	53	50
1.00	81	77
2.00	172	163
3.00	245	232

5.2.7 ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

โดยปกติน้ำเสียที่มีสารอาหาร เช่น N, P, Fe อย่างเพียงพอไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารให้แก่น้ำเสียก่อนเข้าระบบอีก แต่เมื่อใดที่น้ำเสียก่อนเข้าระบบมีสารอาหารพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ จะมีผลให้แบคทีเรียทำงานได้ไม่เต็มที่ ระบบที่น้ำเสียเข้าขาดพวก N, P นั้น จะมีเสถียรภาพต่ำกว่าระบบที่น้ำเสียเข้ามีสารอาหาร N,P ครบถ้วน นอกจากไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะเป็นสารอาหารให้แก่แบคทีเรียแล้ว ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในส่วนที่เหลือจากความต้องการของแบคทีเรียจะเป็นบัฟเฟอร์ให้แก่ระบบ ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงเติมยูเรียและ NH_4HCO_3 เป็นตัวให้สารอาหารพวกไนโตรเจนและเติม K_2HPO_4 เป็นตัวให้สารอาหารพวกฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์อย่างเพียงพอแก่ความต้องการของแบคทีเรีย ตารางที่ 5.7 แสดงค่าไนโตรเจน , ฟอสฟอรัส และ อัตราส่วนซีไอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำทิ้งภายใต้ออร์แกนิกโพลติงที่ 0.5, 1.00, 2.00 และ 3.00 กก.ซีไอดี./ม³ - วัน.

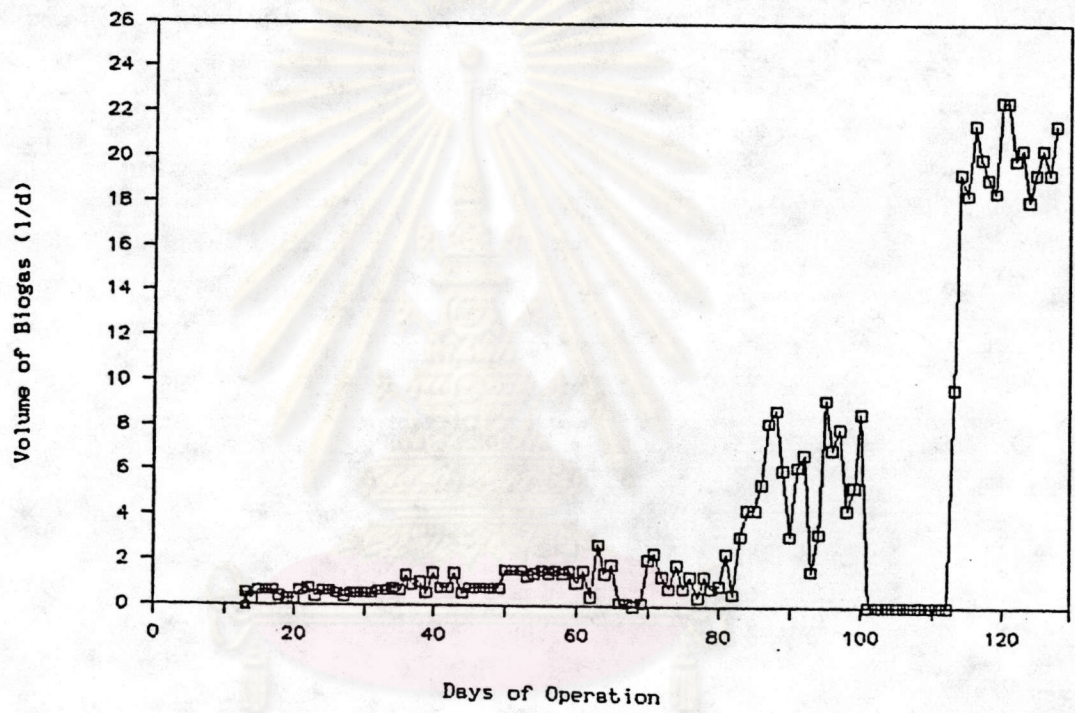
ตารางที่ 5.7 ค่าไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส

ออร์แกนิก- โพลดิง	จุดเก็บ ตัวอย่าง	ซีโอดี (มก/ล)	ไนโตรเจน (มก/ล)	ฟอสฟอรัส (มก/ล)	ซีโอดี:เอ็น:พี
0.5	น้ำเข้า	522	47.6	1.1	100 : 9.1 : 0.2
	น้ำทิ้ง	44	45.4	0.9	100 : 103 : 2.0
1.0	น้ำเข้า	1006	67.2	6.2	100 : 6.7 : 0.6
	น้ำทิ้ง	45	52.1	6.2	100 : 116 : 14.2
2.0	น้ำเข้า	2021	130.5	9.5	100 : 6.5 : 0.5
	น้ำทิ้ง	43	110.3	11.0	100 : 256 : 25.6
3.0	น้ำเข้า	3047	211.5	10.4	100 : 7.0 : 0.4
	น้ำทิ้ง	81	201.6	10.6	100 : 248 : 13.0

5.2.8 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

5.2.8.1 ปริมาณก๊าซชีวภาพ

รูปที่ 5.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ ภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงที่ 0.50 , 1.00 , 2.00 และ 3.00 กก.ซีโอดี/ม³-วัน จากรูปที่ 5.18 จะเห็นว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในช่วงสภาวะคงตัวของการทดลองที่ 1 จะมีค่า 1.5 ลิตรต่อวัน ต่อจากนั้นเมื่อระบบเข้าสู่การทดลองที่ 2 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในช่วงหนึ่งอาทิตย์แรก(วันที่ 59 ถึง 65 ของรูปที่ 5.18)มีค่าไม่สม่ำเสมอ แต่มีแนวโน้มว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีปริมาณไม่น้อยกว่าปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ 1 เมื่อการทดลองที่ 2 ดำเนินไปถึงวันที่ 8 (วันที่ 66 ของรูปที่ 5.18) ปรากฏว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้มีค่าน้อยมาก จนเกือบเป็นศูนย์เป็นเวลา 4 วันติดต่อกัน ทั้งๆที่เครื่องวัดก๊าซอยู่ในสภาพใช้งานได้ และ พารามิเตอร์ตัวอื่นเช่น พีเอช, ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบไม่ได้บ่งชี้ให้เห็นว่าเกิดความล้มเหลวของระบบ ต่อมาในวันที่ 12 ของการทดลองนี้(วันที่ 70 ของรูปที่ 5.18) พบว่าเครื่องวัดก๊าซกลับสามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นได้อีกโดยไม่ได้แก้ไขอะไรทั้งสิ้น แต่ปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ก็ไม่สม่ำเสมอ เมื่อการทดลองที่ 2 ดำเนินมาถึงวันที่ 24 ปรากฏว่า พารามิเตอร์ตัวอื่นๆ เช่น ซีโอดี, กรดโวลลาไทล์ เป็นต้น ได้เข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว จึงเปลี่ยนระดับ



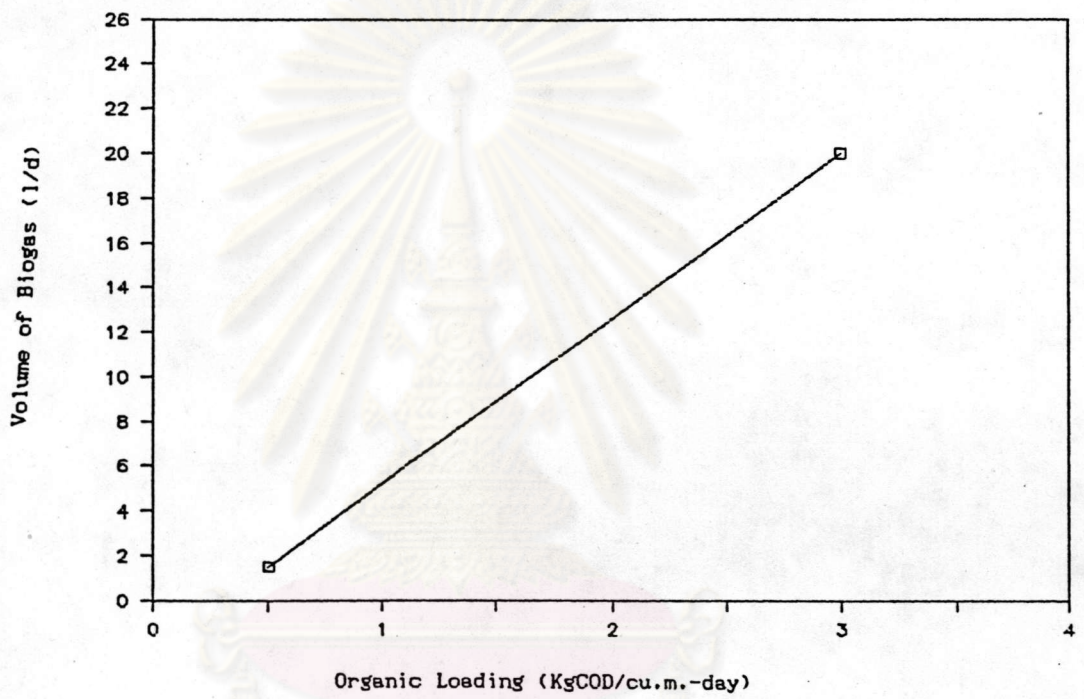
รูปที่ 5.18 ค่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ออร์แกนิกโพลีดีน เพื่อเข้าสู่การทดลองที่ 3 ทำให้ไม่ทราบค่าปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยที่วัดได้ในช่วงสภาวะคงตัวของการทดลองที่ 2 เมื่อเข้าการทดลองที่ 3 ในช่วง 10 วันแรก ปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ก็ยังมีค่าแปรปรวน แต่โดยเฉลี่ยแล้วปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้มีแนวโน้มที่สูงกว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้จากการทดลองที่ 2 จึงเดินระบบต่อไปอีกระยะหนึ่ง เพราะระบบอาจยังไม่เข้าสู่สภาวะคงตัว แต่เมื่อเข้าสู่การทดลองที่ 3 ได้ 10-14 วัน ปรากฏว่าพารามิเตอร์อื่นๆ ได้เริ่มเข้าสู่สภาวะคงตัว ยกเว้นปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้เท่านั้นที่ยังไม่เข้าสู่สภาวะคงตัว จากนั้นเมื่อเข้าสู่วันที่ 16 ของการทดลองที่ 3 พบว่า ปริมาณก๊าซที่วัดได้กลับลดลงจนวัดไม่ได้อีกครั้ง

เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลาวิจัยและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองเริ่มมีปัญหาโดยเฉพาะ Mechanical seal ซึ่งทำหน้าที่กั้นมิให้น้ำรั่วออกมาทางจุดต่อระหว่างเพลากับ Mechanical seal ในขณะที่เพลากำลังหมุนอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับน้ำเสียภายในถังปฏิกิริยาเริ่มที่จะทำงานได้ไม่ดี คือมีน้ำรั่วออกมาทางจุดต่อของเพลากับ Mechanical seal ทั้ง 2 ด้านมากขึ้น จึงเริ่มเก็บข้อมูลต่างๆในการทดลองที่ 3 และ เข้าสู่การทดลองที่ 4 ทำให้ไม่ทราบค่าปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยที่วัดได้ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลของปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ในช่วงแรกของการทดลองที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มสูงกว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดในการทดลองที่ 2 เมื่อเข้าสู่การทดลองที่ 4 ได้ประมาณ 5 วัน จึงเริ่มหาจุดรั่วซึ่งทำให้ก๊าซหนีออกได้ เพราะจากข้อมูลที่ผ่านมามีแนวโน้มว่ามีการรั่วเกิดขึ้นจากการหาจุดรั่วพบว่า มีจุดรั่วให้ก๊าซหนีออกได้อยู่บริเวณรอยต่อบนฝาถังอันเกิดจากการเชื่อมไม่ดี จุดรั่วนี้แต่เดิมได้ใช้ silicone อุดอยู่ก๊าซจึงไม่รั่วออกมา ต่อมา silicone ที่ใช้อุดอยู่นี้ไม่สามารถใช้งานได้ดีเหมือนเดิม ทำให้ก๊าซชีวภาพรั่วออกได้ ทำให้การวัดปริมาณก๊าซชีวภาพไม่สามารถวัดได้ เมื่อใช้ silicone อุดครุแล้ว ปรากฏว่า เครื่องวัดก๊าซสามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพได้ปกติภายในระยะเวลาอันสั้น เมื่อการทดลองที่ 4 เข้าสู่สภาวะคงตัว ทำให้สามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ 20.0 ลิตรต่อวัน

จากข้อมูลการทดลองที่มีอยู่ ทำให้สามารถหาค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ใน การทดลองที่ 1 และ 4 เท่านั้น ซึ่งจากการทดลองทั้งสองนี้ จะเห็นว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ใน การทดลองที่ 1 จะมีค่าต่ำกว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ใน การทดลองที่ 4 ประกอบกับข้อมูลปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ 2 ซึ่งไม่สม่ำเสมอ แต่มีแนวโน้มว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ใน การทดลองนี้มีค่าสูงกว่าปริมาณก๊าซชีวภาพในการทดลองที่ 1 ทำให้ อาจกล่าวได้ว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้จะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระดับออร์แกนิกโพลีดีนสูงขึ้น ดังรูปที่ 5.19



รูปที่ 5.19 ค่าปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยของการทดลองที่ 1.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

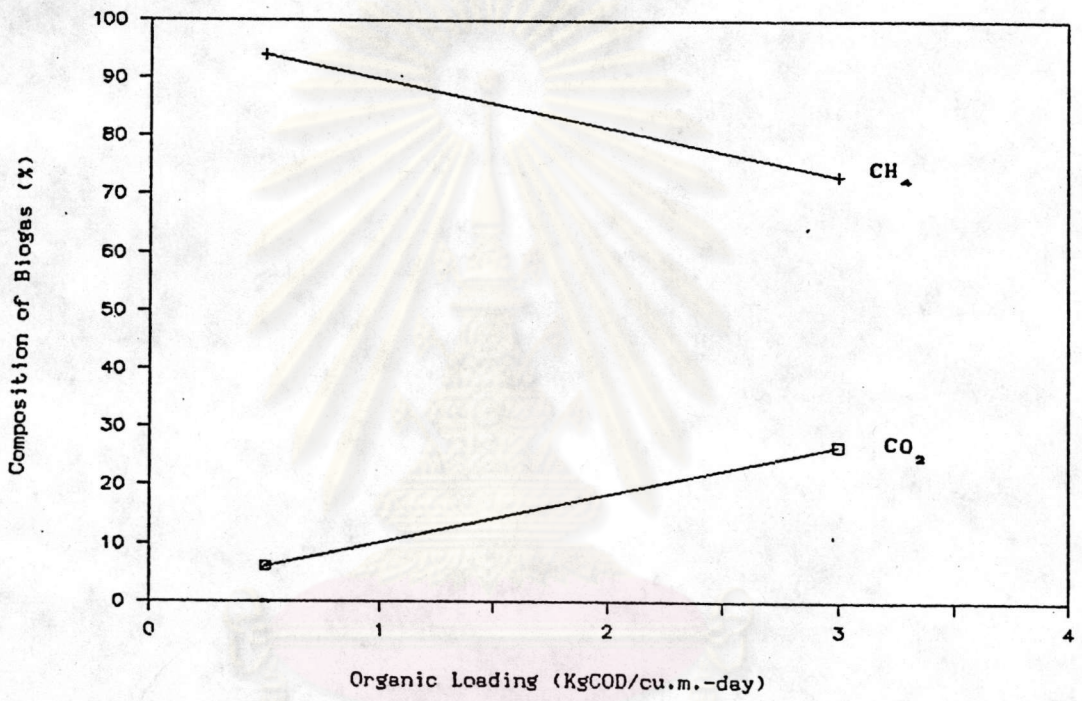
5.2.8.2 ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ

โดยทั่วไปแล้วกระบวนการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะให้ก๊าซชีวภาพเป็นผลสุดท้ายของปฏิกิริยา ก๊าซชีวภาพนี้ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบหลัก โดยมีส่วนประกอบของก๊าซชนิดอื่นๆเป็นส่วนน้อย ในการวิจัยนี้ได้ใช้เครื่อง orsat gas analyzer วิเคราะห์หาส่วนประกอบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพเท่านั้น และ สมมติให้ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพที่เหลือ คือ ก๊าซมีเทน โดยถือว่า ก๊าซชนิดอื่น ๆ ที่รวมอยู่ในก๊าซชีวภาพมีส่วนน้อยจึงไม่น่ามาคิด

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.2.8.1 ทำให้สามารถวิเคราะห์หาส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพได้เพียง 2 การทดลองเท่านั้น คือ การทดลองที่ 1 และ 4 ดังแสดงในรูปที่ 5.20 ส่วนการทดลองที่ 2 และ 3 ก็ได้ทำการวิเคราะห์หาส่วนประกอบของก๊าซไว้ด้วยแต่คาดว่าอาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในการวิเคราะห์ได้ง่าย จึงไม่นำผลการวิเคราะห์ใน 2 การทดลองนี้มาแสดง ดังนั้น การวิจารณ์จึงมุ่งเน้นไปที่การทดลองที่ 1 และ 4

ตารางที่ 5.8 แสดงส่วนประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น จากผลการทดลองที่ 1 และ 4 ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 5.8 จะเห็นว่าส่วนประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีแนวโน้มมากขึ้น เมื่อระดับออร์แกนิกโพลลดสูงขึ้น นั่นคือส่วนประกอบของก๊าซมีเทนจะมีแนวโน้มลดลง เมื่อระดับออร์แกนิกโพลลดสูงขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.20 ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพของการทดลองที่ 1,4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.8 ส่วนประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทน

ออร์แกนิก- โพลดิง (กก.ซีไอดี/ม3-วัน)	ส่วนประกอบของก๊าซ (%)	
	CO ₂	CH ₄
0.50	6	94
1.00	-	-
2.00	-	-
3.00	26.8	73.2

5.3 วิจารณ์ผลการทดลองของระบบแอนแอโรบิคสับเมอร์จรั่ม

5.3.1 อิทธิพลของออร์แกนิกโพลดิงที่มีผลต่อระบบแอนแอโรบิคสับเมอร์จรั่ม

5.3.1.1 อิทธิพลของออร์แกนิกโพลดิงที่มีผลต่อพีเอช

รูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่า เมื่อระดับออร์แกนิกโพลดิงเพิ่มขึ้น พีเอชของน้ำเสียในตอนต้นที่ 1,2,3 และน้ำทิ้งจะมีแนวโน้มลดลง ยกเว้นการทดลองที่ 4 ซึ่งพีเอชของน้ำเสียจะมีค่าสูงขึ้น การที่พีเอชของน้ำเสียมีแนวโน้มลดลงใน 3 การทดลองแรก เพราะมีการสะสมตัวของปริมาณกรดไวลาไทล์มากขึ้นเมื่อระดับออร์แกนิกโพลดิงสูงขึ้น จึงทำให้ค่าพีเอชของน้ำเสียในถังลดลง ส่วนการทดลองที่ 4 พีเอชของน้ำเสียในตอนต้นที่ 1,2,3 และน้ำทิ้งกลับค่าสูงขึ้น เพราะมีการเติมพวก NaHCO₃ และ NH₄HCO₃ ให้แก่น้ำเสียสังเคราะห์มากเกินไป มีผลให้ค่าพีเอชของน้ำเสียในถังมีค่าสูงขึ้น

ส่วนรูปที่ 5.3 แสดงให้เห็นว่า เมื่อน้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งมีพีเอชประมาณ 8.1 - 8.4 เข้าสู่ถังปฏิกิริยา ภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงคงที่ค่าหนึ่ง พีเอชของน้ำเสียในตอนต้นที่ 1,2 จะลดลง และพีเอชของน้ำเสียในตอนต้นที่ 3 , น้ำทิ้งจะกลับสูงขึ้น การที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่าเมื่อน้ำเสียสังเคราะห์ถูกป้อนเข้าสู่ถังปฏิกิริยาภายใต้ระดับออร์แกนิกโพลดิงคงที่ค่าหนึ่ง แบคทีเรียพวกสร้างกรดในตอนต้นที่ 1 , 2 จะเปลี่ยนสารละลายน้ำตาลเป็นกรดไวลาไทล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ขึ้นต่อมาแบคทีเรียพวกสร้างก๊าซมีเทนในตอนต้นที่ 1,2 จะ



ใช้กรดเวลาไทล์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นอาหารอีกทีหนึ่ง แต่ขั้นตอนการสร้างกรดเวลาไทล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยแบคทีเรียพวกสร้างกรด จะมีอัตราเร็วกว่า ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทนโดยแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนและกรดเวลาไทล์ จึงเกิดการสะสมตัวของปริมาณกรดเวลาไทล์ ซึ่งมีผลให้พีเอชในตอนที่ 1,2 ลดลง เมื่อน้ำเสียจากตอนที่ 2 ไหลเข้าสู่ตอนที่ 3,4 กรดเวลาไทล์ และ CO_2 ส่วนที่เหลือจะถูกใช้เป็นอาหารของแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนอีก มีผลให้ปริมาณกรดเวลาไทล์ในตอนที่ 3 และน้ำทิ้งมีค่าลดลง ค่าพีเอชของน้ำเสียในตอนที่ 3 และน้ำทิ้งจึงสูงขึ้น

5.3.1.2 อิทธิพลของออร์แกนิกโพลติดิ่งที่มีผลต่อกรดเวลาไทล์

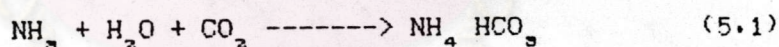
รูปที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับออร์แกนิกโพลติดิ่งสูงขึ้น ปริมาณกรดเวลาไทล์ของน้ำเสียในตอนที่ 1,2,3 และน้ำทิ้งจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย การที่ปริมาณกรดเวลาไทล์ในตอนที่ 1,2,3 และน้ำทิ้งสูงขึ้นตาม เป็นเพราะการเพิ่มระดับออร์แกนิกโพลติดิ่ง ก็เท่ากับเป็นการเพิ่ม ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate) ของแบคทีเรียพวกสร้างกรดและแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน แต่ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดของแบคทีเรียพวกแรกจะมีค่าสูงกว่าของแบคทีเรียพวกหลัง ทำให้มีปริมาณกรดเวลาไทล์สะสมอยู่ในระบบมากขึ้น เมื่อระดับออร์แกนิกโพลติดิ่งสูงขึ้น

ส่วนรูปที่ 5.6 แสดงให้เห็นว่า เมื่อน้ำเสียสังเคราะห์ถูกบ้อนเข้าสู่ระบบ ปริมาณกรดเวลาไทล์ในตอนที่ 1 จะมีค่าสูงสุด และค่อย ๆ ลดลงในตอนต่อๆมา การที่เป็นเช่นนี้ เพราะ เมื่อน้ำเสียถูกบ้อนเข้าระบบด้วยระดับออร์แกนิกโพลติดิ่งคงที่ค่าหนึ่ง แบคทีเรียพวกสร้างกรดในตอนที่ 1 จะสร้างกรดเวลาไทล์ และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขณะเดียวกัน แบคทีเรียพวกสร้างก๊าซมีเทนในตอนที่ 1 จะใช้กรดเวลาไทล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นอาหาร แต่อัตราเร็วปฏิกิริยาของแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนจะต่ำกว่าอัตราเร็วปฏิกิริยาของแบคทีเรียพวกสร้างกรด จึงเกิดการสะสมตัวของกรดเวลาไทล์ขึ้นในตอนที่ 1 เมื่อน้ำเสียจากตอนที่ 1 ไหลเข้าสู่ตอนที่ 2 , 3 และ 4 แบคทีเรียพวกสร้างมีเทนในตอนเหล่านี้ จะใช้กรดเวลาไทล์ในส่วนที่เหลือจากที่ 1 เป็นอาหาร มีผลให้ปริมาณกรดเวลาไทล์ในตอนที่ 2, 3 และ 4 มีแนวโน้มลดลงตามลำดับ

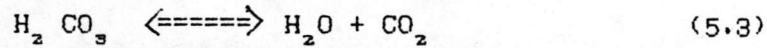
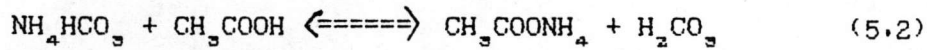
5.3.1.3 อิทธิพลของออร์แกนิกโพลติงที่มีผลต่อค่าความเป็นด่าง

โดยปกติ ถ้าการสะสมตัวของปริมาณกรดเวลาไธล์เกิดมากเกินไป ภายใต้อำล้างบัฟเฟอร์ในระบบที่ไม่เพียงพอจะมีผลให้พีเอชในระบบลดลง จนทำให้ระบบเกิดความล้มเหลวได้ แต่ถ้าระบบมีกำลังบัฟเฟอร์เพียงพอ ค่าพีเอชก็จะไม่ลดลงจนเกิดความล้มเหลว ในการวิจัยนี้พบว่า เมื่อเพิ่มระดับออร์แกนิกโพลติงขึ้น สภาพความเป็นด่างรวมของน้ำเสียในตอนที่ 1, 2, 3 และน้ำทิ้งมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังรูปที่ 5.8 การที่สภาพความเป็นด่างรวมในถังสูงขึ้นตามการเพิ่มระดับออร์แกนิกโพลติง เป็นเพราะการเติม NaHCO_3 , NH_4HCO_3 และยูเรียลงในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยปริมาณที่เพิ่มขึ้น เมื่อระดับออร์แกนิกโพลติงสูงขึ้น

ส่วนรูปที่ 5.9 แสดงให้เห็นว่า สภาพความเป็นด่างรวมของน้ำเสียภายในถังปฏิกริยาจะมีค่าสูงกว่าสภาพความเป็นด่างรวมของน้ำเสียสังเคราะห์ การที่เป็นเช่นนี้เพราะ สภาพความเป็นด่างรวมของน้ำเสียสังเคราะห์ส่วนใหญ่จะเป็นสภาพความเป็นด่างไบคาร์บอเนตซึ่งมาจากการเติม NaHCO_3 และ NH_4HCO_3 ลงในน้ำเสียสังเคราะห์ เมื่อน้ำเสียถูกบ้อนเข้าสู่ระบบ ยูเรียซึ่งมากับน้ำเสียสังเคราะห์จะถูกเปลี่ยนเป็น NH_3 จากนั้น NH_3 จะทำปฏิกริยากับ CO_2 ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียกลายเป็น NH_4HCO_3 ดังสมการ 5.1 จึงทำให้สภาพความเป็นด่างรวมของน้ำเสียภายในถังปฏิกริยา มีค่าสูงกว่า สภาพความเป็นด่างรวมของน้ำเสียสังเคราะห์



นอกจากนี้ รูปที่ 5.9 ยังแสดงให้เห็นอีกว่า สภาพความเป็นด่างรวมภายในถังปฏิกริยาจะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดถึง การที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่า มีการเปลี่ยนรูปไปมาระหว่างค่าความเป็นด่างไบคาร์บอเนต กับ เกลือของกรดเวลาไธล์เกิดขึ้นในถังปฏิกริยา กล่าวคือ เมื่อบ้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ จะมีการสร้างกรดเวลาไธล์ขึ้นในตอนต้น ๆ ของถังโดยแบคทีเรียพวกสร้างกรด ในช่วงนี้ สารประกอบไบคาร์บอเนตจะเข้าทำปฏิกริยากับกรดเวลาไธล์ ทำให้ได้เกลือของกรดเวลาไธล์ กับ H_2CO_3 ดังสมการที่ 5.2 ซึ่งไม่ทำให้ค่าความเป็นด่างรวมเปลี่ยนแปลงมากนัก อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นด่างรวมในช่วงนี้จะลดลงเล็กน้อย เนื่องจาก H_2CO_3 ตามสมการที่ 5.3 ต่อจากนั้น เมื่อน้ำเสียไหลเข้าสู่ตอนท้ายๆ ของถัง แบคทีเรียพวกสร้างมีเทนจะใช้กรดเวลาไธล์เป็นอาหาร มีผลให้เกิดการเปลี่ยนรูปของความเป็นด่างเกลือของกรดเวลาไธล์ไปเป็นไบคาร์บอเนตอีกครั้ง จะเห็นว่า ค่าความเป็นด่างรวมในช่วงท้ายมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเป็นด่างรวมในช่วงต้นๆ



5.3.1.4 อิทธิพลของออร์แกนิกโพลีคิงที่มีผลต่อซีโอต์และ ประสิทธิภาพการกำจัด

ซีโอต์ เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญตัวหนึ่งซึ่งใช้ในการควบคุมระบบ และบอกถึงประสิทธิภาพการกำจัดน้ำเสียของระบบนั้นๆ ระบบที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงภายในระยะเวลาที่น้ำอันล้นจะเป็นระบบที่ประหยัดและน่าสนใจ ประสิทธิภาพการกำจัดของถังปฏิกริยา คัดจากผลต่างระหว่างค่าซีโอต์รวมของน้ำเสียสังเคราะห์กับค่าซีโอต์รวมของน้ำทิ้งหาค่าซีโอต์รวมของน้ำเสียสังเคราะห์ ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดของระบบที่ผ่านการกรอง คัดจาก ผลต่างระหว่างค่าซีโอต์รวมของน้ำเสียสังเคราะห์กับค่าซีโอต์รวมของน้ำทิ้งหาค่าซีโอต์รวมของน้ำเสียสังเคราะห์

รูปที่ 5.11 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มระดับออร์แกนิกโพลีคิงขึ้น ค่าซีโอต์ของน้ำเสียในตอนที่ 1,2,3 และน้ำทิ้งจากถังปฏิกริยาจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตาม การที่เป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อระดับออร์แกนิกโพลีคิงสูงขึ้น ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของแบคทีเรียพวกสร้างกรดและแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนจะสูงขึ้น แต่ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดของแบคทีเรียพวกสร้างกรดจะสูงกว่าของแบคทีเรียพวกสร้างก๊าซมีเทน จึงทำให้เกิดการสะสมตัวของค่าซีโอต์ในตอนที่ 1,2,3 และน้ำทิ้งมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อระดับออร์แกนิกโพลีคิงสูงขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบก็ไม่ลดลง แต่กลับมีประสิทธิภาพการกำจัดดีขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5.11 และ ตารางที่ 5.4 ซึ่งจะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานโดยการเปลี่ยนระดับออร์แกนิกโพลีคิง จะไม่กระทบกระเทือนต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอต์เลย นั่นคือ ระบบมีความสามารถรับค่าออร์แกนิกโพลีคิงได้สูงกว่าค่าที่ใช้ในการทดลอง

โดยทั่วไป ถึงปฏิกริยากวนผสมบวมที่ออกแบบให้มาถึงปฏิกริยาขนาดเล็กหลายใบมาต่อเรียงกันแบบอนุกรม จะมีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ดีกว่าออกแบบใช้ถึงปฏิกริยากวนผสมบวมใบใหญ่ใบเดียว (โดยมีปริมาตรของน้ำเสี้ยวรวมเท่ากัน) ทั้งนี้เนื่องมาจากถึงปฏิกริยากวนผสมบวมขนาดเล็กหลายใบมาต่อกันแบบอนุกรมจะสามารถเพิ่มอัตราเร็วของปฏิกริยาได้ กล่าวคือ ถึงย่อยใบแรกจะมีความเข้มข้นและอัตราเร็วของปฏิกริยาสูงสุด จากนั้นความเข้มข้นและอัตราเร็วของปฏิกริยาจะลดลงไปตามลำดับของอนุกรมจนถึงค่าต่ำสุดที่ใบสุดท้าย ใน

เข้มข้นและอัตราเร็วของปฏิกิริยาจะลดลงไปตามลำดับของอนุกรมจนถึงค่าต่ำสุดที่โบลต์ท้าย ในขณะที่ถึงกวนสมบูรณ์โบลต์ใหญ่โบลต์เดียวจะมีปฏิกิริยาทั้งหมดเกิดขึ้นที่ระดับความเข้มข้นต่ำ มีผลให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาต่ำไปด้วย ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงแบ่งถึงปฏิกิริยาออกเป็นตอน ๆ จำนวน 4 ตอน แต่ละตอนมีขนาดเท่ากัน จากการทดลองพบว่า เมื่อป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ระบบภายใต้ระดับออร์แกนิกโหลดดิ่งคงที่ค่าหนึ่ง การกำจัดซีโอติส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในตอนหนึ่งและค่าซีโอติจะค่อยๆ ลดลงเมื่อน้ำเสียไหลผ่านตอนที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ จากรูปที่ 5.12 จะเห็นว่า การกำจัดซีโอติจะเกิดในตอนหนึ่งไม่น้อยกว่า 83% ตลอดการทดลอง และ ค่าซีโอติของน้ำเสียที่ออกจากตอนที่ 1 จะมีค่าต่ำ เมื่อน้ำเสียไหลผ่านตอนที่ 2, 3 และ 4 ก็ไม่ช่วยให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติของระบบเพิ่มขึ้นมากนัก แสดงว่า เวลาที่น้ำเสียของระบบที่ 24 ชม. นานเกินความจำเป็น สามารถลดลงเหลือ 6-12 ชม. ได้ โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติของระบบต่ำลงมากนัก

5.3.1.5 อิทธิพลของออร์แกนิกโหลดดิ่งที่มีผลต่อ ไออาร์พี

โดยปกติ การวัดค่าไออาร์พีในกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนกระทำ โดยการวัดค่าไออาร์พีอย่างต่อเนื่องภายในระบบโดยไม่ดึงน้ำเสียออกมาวัดภายนอกให้สัมผัสอากาศเลย แต่ในการวิจัยนี้มีข้อจำกัดในด้านเครื่องมือ การวัดค่าไออาร์พีจึงกระทำโดยการดึงน้ำเสียออกมาวัดภายนอกถึงปฏิกิริยาทำให้น้ำเสียสัมผัสอากาศได้ ทำให้ค่าไออาร์พีที่วัดได้จากการทดลองมีค่าสูงกว่า (ติดลบน้อยลง) ค่าไออาร์พีที่เกิดขึ้นภายในถังหมัก ดังนั้น ค่าไออาร์พีที่วัดได้จึงไม่ถูกต้องนักแต่เป็นเพียงแนวทางเพื่อการศึกษาและแนวทางในการควบคุมระบบอีกแบบหนึ่ง จากการทดลองในรูปที่ 5.13 และ 5.14 จะเห็นว่า เมื่อระดับออร์แกนิกโหลดดิ่งสูงขึ้น ค่าไออาร์พีของน้ำเสียในตอนที่ 1, 2, 3 และน้ำทิ้งจะมีแนวโน้มลดลง (ติดลบมากขึ้น)

ส่วนรูปที่ 5.15 จะเห็นว่า เมื่อป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบภายใต้ระดับออร์แกนิกโหลดดิ่งคงที่ ค่าไออาร์พีของน้ำเสียในตอนที่ 1, 2, 3 จะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ไออาร์พีในน้ำทิ้งจะมีค่าสูงขึ้น (ติดลบน้อยลง) เมื่อเทียบกับค่าไออาร์พีของน้ำเสียภายในถังปฏิกิริยา การที่เป็นเช่นนี้ อาจเป็นเพราะว่า ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจะใช้เวลานานกว่าระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากถังปฏิกิริยา มีผลให้น้ำทิ้งมีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศได้มากกว่าน้ำเสียภายในถังปฏิกิริยา จึงทำให้ค่าไออาร์พีของน้ำทิ้งมีค่าสูงกว่าค่าไออาร์พีของน้ำเสียในถังปฏิกิริยา

5.3.1.6 อิทธิพลของออร์แกนิกโพลติงที่มีผลต่อตะกอนแขวนลอย และตะกอนแขวนลอยเวลาไหล

ตารางที่ 5.6 แสดงให้เห็นถึงค่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนแขวนลอยเวลาไหลเฉลี่ยของน้ำทิ้งในการทดลองที่ 1 ถึง 4 ซึ่งอยู่ในระดับต่ำประกอบด้วย การเปิดฝาถังปฏิกิริยาออกภายหลังทดลองเสร็จ เพื่อดูลักษณะการเป็นอยู่ของแบคทีเรีย พบว่า แบคทีเรียส่วนใหญ่จะเกาะติดผิวตัวกลาง (ดูหัวข้อ 5.3.3 ประกอบ) ทำให้ค่อนข้างเชื่อว่า การกำจัดสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ น่าจะเกิดจากแบคทีเรียที่เกาะติดอยู่บนผิวตัวกลาง มากกว่า แบคทีเรียที่แขวนลอยในน้ำเสีย และ/หรือ แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ระหว่างช่องว่างของตัวกลางพลาสติก

รูปที่ 5.17 แสดงให้เห็นว่า เมื่อออร์แกนิกโพลติงสูงขึ้น ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจะมีค่าสูงขึ้นตาม ทั้งนี้เพราะว่า เมื่อระดับแก๊สโพลติงสูงขึ้นแบคทีเรียในระบบจะใช้สารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดไปใช้เพื่อการสร้างเซลล์ใหม่มากขึ้น และ เมื่อนำตะกอนแขวนลอยไปหาตะกอนแขวนลอยเวลาไหล พบว่า อัตราส่วนของตะกอนแขวนลอยเวลาไหลต่อตะกอนแขวนลอยจะมีค่าไม่น้อยกว่า 90%

จากตารางที่ 5.4 และตารางที่ 5.6 ทำให้ทราบว่า เซลล์ตะกอนแขวนลอยเวลาไหลซึ่งหลุดจากระบบ 1 กรัม จะมีค่าซีโอดีประมาณ 1.2 - 1.5 กรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Young and McCarty (36) คือ มีค่าประมาณ 1.4 กรัมซีโอดี

5.3.1.7 อิทธิพลของออร์แกนิกโพลติงที่มีผลต่อก๊าซชีวภาพ

ระบบกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน นอกจาก จะกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งเป็นการลดมลภาวะทางด้านน้ำแล้ว ยังสามารถให้แก๊สมีเทนซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานได้ด้วย ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ ก๊าซอื่น ๆ อีกเล็กน้อย

ส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับ ระดับออร์แกนิกโพลติง และ อุณหภูมิ กล่าวคือ ในช่วงระดับออร์แกนิกโพลติงที่เหมาะสม ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะสูงขึ้นตามระดับออร์แกนิกโพลติงที่สูงตาม แต่ถ้า เมื่อใดก็ตามที่ระดับออร์แกนิกโพลติงสูงเกินไปจนทำลายสมดุลย์ของประชากรจุลินทรีย์ภายในระบบ ปริมาณก๊าซชีวภาพจะต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น สามารถใช้เป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งใน

การควบคุมระบบควบคุมคู่ไปกับพารามิเตอร์ตัวอื่น เช่น โออาร์พี , อัตราการสะสมตัวของปริมาณกรดไวลาไทล์ เป็นต้น ส่วนอุณหภูมิจะมีผลต่อการทำงานของแบคทีเรียในระบบด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม การลดหรือเพิ่มอุณหภูมิแม้เพียง 2 - 3 ° ซ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซชีวภาพได้

จากรูปที่ 5.19 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ในการทดลองที่ 1 , 4 โดยไม่นำผลการทดลองที่ 2 , 3 ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.2.8.1 จะเห็นว่า เมื่อระดับออร์แกนิกโหลดคิงสูงขึ้นไป ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะมีแนวโน้มสูงขึ้นด้วยการที่ปริมาณก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มสูงขึ้นเป็นเพราะว่า เมื่อระดับออร์แกนิกโหลดคิงสูงขึ้นไป ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของแบคทีเรียที่สร้างกรดและแบคทีเรียที่สร้างก๊าซมีเทนจะสูงขึ้น มีผลให้ได้ผลสุดท้ายของปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้มากขึ้น ซึ่งผลสุดท้ายของปฏิกิริยานี้ ก็คือ ก๊าซชีวภาพ

จากตารางที่ 5.9 จะเห็นว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในการทดลองที่ 1 ประมาณ 1.5 ลิตรต่อวัน โดยมีส่วนประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพียง 6% ส่วนที่เหลือ คือ ก๊าซมีเทนคิดเป็น 94% (ก๊าซอื่นมีส่วนประกอบน้อยถือเป็นศูนย์) เมื่อคิดเป็นมีเทนยิลด์ (ไม่รวมมีเทนที่ละลายน้ำทิ้ง) ที่ได้จากการทดลองจะได้เพียง 0.172 ลิตรต่อกรัมชีโอดีที่ถูกกำจัด ส่วนการทดลองที่ 4 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นประมาณ 20.0 ลิตรต่อวัน โดยมีส่วนประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 26.8% และก๊าซมีเทน 73.2% เมื่อคิดเป็นมีเทนยิลด์ (ไม่รวมมีเทนที่ละลายในน้ำทิ้ง) ที่ได้จากการทดลองจะได้ 0.28 ลิตรต่อกรัมชีโอดีที่ถูกกำจัด ซึ่งจะเห็นว่า ค่ามีเทนยิลด์ (ไม่รวมมีเทนที่ละลายในน้ำทิ้ง) ที่ได้จากการทดลองจะมีค่าต่ำกว่าค่ามีเทนยิลด์ที่ได้ตามทฤษฎี (ค่ามีเทนยิลด์ตามทฤษฎีมีค่า 0.351 ลิตรต่อกรัมชีโอดีที่ถูกกำจัด) การที่ค่ามีเทนยิลด์ (ไม่รวมมีเทนที่ละลายในน้ำทิ้ง) ที่ได้จากการทดลองมีค่าต่ำกว่าค่ามีเทนยิลด์จากทฤษฎี มีสาเหตุมาจาก สารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดบางส่วนจะถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ และ ก๊าซมีเทนบางส่วนละลายออกไปกับน้ำทิ้งตามกฎของเฮนรี่ (Henry's law)

การที่ก๊าซมีเทนบางส่วนละลายออกไปกับน้ำทิ้งได้ สามารถอธิบายได้ว่า ในช่วงสภาวะคงตัว ก๊าซมีเทนซึ่งอยู่เหนือผิวน้ำภายในถังปฏิกิริยา จะมีค่าความดันย่อย (partial pressure) คงที่ค่าหนึ่ง มีผลให้ก๊าซมีเทนสามารถละลายลงในน้ำได้ระดับหนึ่งตามกฎของเฮนรี่ เมื่อน้ำเสียหลุดออกจากถังก็จะนำก๊าซมีเทนที่ละลายอยู่ออกมาด้วยตัวอย่างที่ 5.1 แสดงการคำนวณหาปริมาณก๊าซมีเทนที่ละลายออกมากับน้ำทิ้งของการทดลองที่ 1 ส่วนการคำนวณในการทดลองที่ 4 จะมีวิธีเหมือนกัน

รูปที่ 5.20 ซึ่งแสดงค่าส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพเฉพาะการทดลองที่ 1 , 4 จะเห็นว่า ส่วนประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับออร์แกนิคโพลติดิ่งเพิ่มขึ้น การที่เป็นเช่นนี้เพราะ การเพิ่มออร์แกนิคโพลติดิ่งให้แก่ระบบก็เท่ากับเพิ่มค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะให้แก่แบคทีเรียทั้งสองประเภท แต่ขั้นตอนการสร้างกรดโวลไทล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยแบคทีเรียพวกสร้างกรดจะมีอัตราเร็วกว่าขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทนโดยแบคทีเรียพวกสร้างก๊าซมีเทน จึงทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดการสะสมตัวอยู่ในระบบมากขึ้น

ตารางที่ 5.9 ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากการกำจัดน้ำเสียในระบบ

การทดลองที่	ก๊าซชีวภาพ (ล/วัน)	% มีเทน	ก๊าซมีเทน (ล/วัน)	มีเทนที่ละลายน้ำ *(ล/วัน)	มีเทนรวม (ล/วัน)	มีเทนยิลด์ (ไม่รวมมีเทน** (ที่ละลายในน้ำทิ้ง))	มีเทนยิลด์รวม (รวมมีเทนที่ละลาย**ในน้ำทิ้ง)
1	1.5	94	1.41	0.563	1.973	0.172	0.241
4	20.0	73.2	14.64	0.438	15.08	0.28	0.289

หมายเหตุ * = สมมติว่าน้ำทิ้งมีก๊าซมีเทนละลายอยู่อย่างอิ่มตัว

** = ลิตร/ กรัม ซีไอดีที่ถูกกำจัด

ตัวอย่างที่ 5.1 จากผลการทดลองที่ 1 พบว่า ส่วนประกอบของก๊าซมีเทนที่อยู่เหนือผิวน้ำภายในถังปฏิกรณ์มีค่า 94% จึงคำนวณหาปริมาณก๊าซมีเทนที่สามารถละลายอยู่อย่างอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 25 ซ

จากกฎของเฮนรี่

$$C^* = K_H P$$

ที่อุณหภูมิ 25 ซ

$$K_H = 13.6 * 10^{-4} \quad \text{โมล/ลิตร-บรรยากาศ}$$

$$P = 0.94$$

เพราะว่าก๊าซมีเทน 1 โมล มีปริมาตร 24.45 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25 ซ

$$C^* = 13.6 * 10^{-4} * 0.94 * 24.45 * 10^3 \quad \text{มล/ล.}$$

$$= 31.257 \quad \text{มล/ล.}$$

อัตราการไหลของน้ำเสีย

$$= 18 \quad \text{ล/วัน.}$$



$$\begin{aligned} \text{ก๊าซมีเทนที่ละลายออกมา} &= 18 \times 31.257 / 1000 \\ &= 0.563 \end{aligned}$$

ล./วัน.

5.3.2 สมดุลของสารอินทรีย์คาร์บอนในระบบ (Organic carbon balance)

การหาสมดุลของสารอินทรีย์คาร์บอน เป็นการประเมินสมดุลของมวลในระบบที่สภาวะคงตัว โดยใช้หลักการดังนี้

$$\begin{aligned} \text{คาร์บอนที่เข้าสู่ระบบ} &= \text{สารละลายคาร์บอน (ซีไอดี) ของน้ำทิ้ง+ก๊าซ} \\ &\text{มีเทนที่ผลิตได้} + \text{มีเทนที่ละลายไปกับน้ำทิ้ง} + \\ &\text{สารอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในระบบ} + \text{ตะกอน} \\ &\text{แขวนลอยโวลูไทล์ในน้ำทิ้ง} \end{aligned}$$

สารอินทรีย์คาร์บอนในแต่ละส่วนจะคิดเทียบเป็นค่าซีไอดี จากการเปรียบเทียบอัตราส่วนสารอินทรีย์คาร์บอนที่เข้าและออกจากระบบทั้งหมดปรากฏว่า อัตราส่วนนี้ในการทดลองที่ 1,4 ของตารางที่ 5.10 มีค่ามากกว่า 1.00 เล็กน้อย การที่อัตราส่วนนี้มีค่ามากกว่า 1.00 เล็กน้อย สันนิษฐานว่าเกิดจาก สารอินทรีย์คาร์บอนในรูปของตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์สะสมอยู่ในระบบ ซึ่งเป็นการยากแก่การประมาณค่าให้อยู่ในรูปซีไอดีได้จึงไม่น่ามาคิด ตัวอย่างที่ 5.2 แสดงการคำนวณหาปริมาณก๊าซมีเทนที่วัดได้ , ก๊าซมีเทนที่ละลายออกมากับน้ำทิ้ง , ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์ โดยมีหน่วยเป็น มก.ซีไอดี/วัน.

ตัวอย่างที่ 5.2 จงคำนวณหา ปริมาณก๊าซมีเทนที่วัดได้ , ปริมาณก๊าซมีเทนที่ละลายออกมากับน้ำทิ้ง , ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์ ที่มีหน่วยเป็น มก.ซีไอดี/วัน โดยอาศัยข้อมูลจากการทดลองที่ 1

จากผลการทดลองที่ 1 พบว่า

ปริมาณก๊าซมีเทนที่วัดได้	= 1.41	ล./วัน
ก๊าซมีเทนที่ละลายน้ำ	= 0.563	ล./วัน
ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์	= 50	มก./ล.

กำหนดให้

ซีไอดีที่ถูกกำจัด 1 กรัม	= 0.351	ลิตรมีเทน
ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์ 1 กรัม	= 1.50	มก.ซีไอดี
น้ำทิ้งมีก๊าซมีเทนละลายอยู่อย่างอิ่มตัว		
ปริมาณก๊าซมีเทนที่วัดได้	= $1.41 \times 1000 / 0.351$	

	= 4017	มก.ซีโอดี/วัน
ก๊าซมีเทนที่ละลายน้ำ	= $0.563 * 1000 / 0.351$	
	= 1603	มก.ซีโอดี/วัน
ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์	= $1.50 * 50 * 18$	
	= 1350	มก.ซีโอดี/วัน

ตารางที่ 5.10 สมดุลย์ของสารอินทรีย์คาร์บอนของระบบ

การทดลอง	คาร์บอนที่ เข้าระบบ	คาร์บอนที่ออกจากระบบ						อัตราส่วน เข้า/ออก
	ซีโอดีน้ำเสีย (มก/วัน)	ซีโอดีน้ำทิ้ง (มกซีโอดี /วัน)	ก๊าซมีเทน (มกซีโอดี /วัน)*	มีเทนละลาย (มกซีโอดี / วัน) **	ตะกอนแขวน ลอยโวลูไทล์ ในน้ำทิ้ง (มกซีโอดี /วัน)***	คาร์บอนสะสม ในระบบ(มก ซีโอดี/วัน)	ผลรวม (มก ซีโอดี /วัน)	
1	9,400	792	4017	1603	1350	-	7762	1.20
4	54,842	1461.6	40709	1248	6345	-	50764	1.08

หมายเหตุ * สมมติ 1 กรัมซีโอดีถูกกำจัด = 0.351 ลิตรมีเทน
 ** สมมติ น้ำทิ้งมีก๊าซมีเทนละลายอยู่อย่างอิ่มตัว
 *** สมมติ ตะกอนแขวนลอยโวลูไทล์ 1.0 มก. = ซีโอดี 1.5 มก

5.3.3 ลักษณะการเป็นอยู่ของจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยา

หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแล้วได้ทำการเปิดฝาถังปฏิกริยาออกเพื่อตรวจสอบลักษณะการเป็นอยู่ภายในถังปฏิกริยา ตรวจพบดังนี้

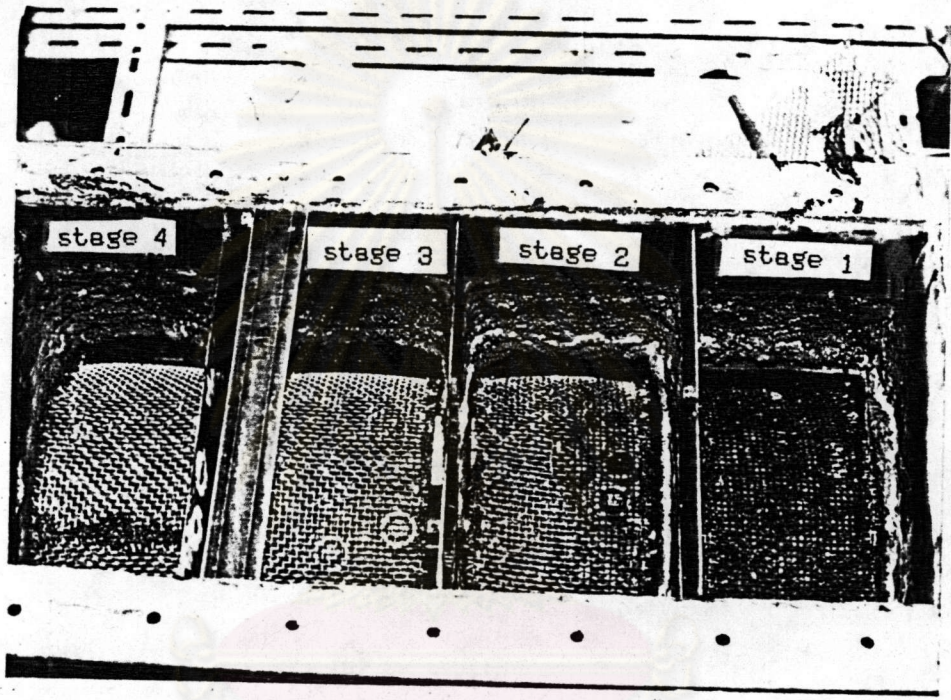
ก) จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเกาะติดผิวตัวกลาง และมีส่วนน้อยที่อยู่ภายในช่องว่างระหว่างตัวกลาง ทำให้เชื่อว่า จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในการกำจัดสารอินทรีย์จะเป็นจุลินทรีย์ที่เกาะติดผิวตัวกลาง (ตะกอนแขวนลอยในถังปฏิกริยาและในน้ำทิ้งมีค่าต่ำ) การที่จุลินทรีย์ส่วนน้อยอาศัยอยู่ในช่องว่างระหว่างตัวกลาง อาจมีสาเหตุมาจาก การบรรจุตัวกลางพลาสติกภายในถังไม่แน่น มีผลให้จุลินทรีย์ที่ไม่ได้เกาะติดผิวตัวกลางมีโอกาสหลุดออกจากช่องว่างระหว่างตัวกลางได้ง่าย

ข) จำนวนประชากรจุลินทรีย์ที่เกาะติดผิวตัวกลางในแต่ละตอนจะมีความหนาแน่นแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ ประชากรจุลินทรีย์ที่เกาะติดผิวตัวกลางในตอนหนึ่งมีจำนวนมากที่สุดและมีจำนวนประชากรจุลินทรีย์ลดลงในตอนต่อมา การที่เป็นเช่นนี้ อธิบายได้ว่า เมื่อน้ำเสียถูกป้อนเข้าสู่ระบบ ตอนที่หนึ่งจะรับค่าออกซิเจนที่ไหลคั่งสูงที่สุดจึงมีค่าอัตราเร็วของปฏิกริยาสูงสุดมีผลให้เกิดการสร้างเซลล์มากที่สุด ต่อจากนั้น ความเข้มข้นของสารอาหารและอัตราเร็วของปฏิกริยาจะลดลงไปตามลำดับของการต่อแบบอนุกรมจนมีค่าต่ำสุดที่ใบสุดท้าย มีผลให้เกิดการสร้างเซลล์ลดลงตามลำดับ การแยกความแตกต่างนี้อาศัยการดูด้วยตาเปล่าก็สามารถแยกความแตกต่างดังกล่าวได้ รูปที่ 5.21 แสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของประชากรจุลินทรีย์ในแต่ละตอน

5.3.4 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบแอนแอโรบิกสลิปเมอ์จรัมกับระบบชนิดอื่น ๆ

1 ระบบแอนแอโรบิกสลิปเมอ์จรัมน่าจะมีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ได้ดีกว่าระบบแอนแอโรบิกฟิลเตอร์ การที่เป็นเช่นนี้ เพราะ ระบบแอนแอโรบิกสลิปเมอ์จรัมมีการกวนน้ำเสียอย่างทั่วถึงเกิดขึ้นในแต่ละตอน ทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบแบบนี้มีโอกาสสัมผัสน้ำเสียได้มากกว่าระบบแอนแอโรบิกฟิลเตอร์

2 เนื่องจาก ระบบแอนแอโรบิกสลิปเมอ์จรัม เป็นระบบที่จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เกาะติดผิวตัวกลาง ระบบกำจัดแบบนี้จึงสามารถรักษาตะกอนจุลินทรีย์ให้อยู่ใน ถังนานโดยไม่จำเป็นต้องหมุนเวียนตะกอนกลับ ทำให้ขนาดถังปฏิกริยาของระบบนี้มีขนาดเล็กกว่าระบบกำจัดแบบจุลินทรีย์แขวนลอยที่ไม่มีการหมุนเวียนตะกอนกลับ



รูปที่ 5.21 ความหนาแน่นของประชากรจุลชีพที่เกาะติดผิวในแต่ละตอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3 เนื่องจาก ถึงปฏิกิริยาแบบที่ถูกแบ่งออกเป็นตอนๆ มีผลให้ค่าอัตราเร็วของปฏิกิริยามากกว่าการใช้ถึงปฏิกิริยาไปใหญ่ไปเดียว การที่เป็นเช่นนี้เพราะถึงที่ต่อแบบอนุกรมจะมีการลดของค่าความเข้มข้นสารอาหารตามลำดับของอนุกรมมีผลให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาค่อยๆ ลดลง ส่วนถึงปฏิกิริยาไปใหญ่ไปเดียวจะมีปฏิกิริยาทั้งหมดเกิดขึ้นที่ค่าความเข้มข้นสารอาหารต่ำ มีผลให้ค่าอัตราเร็วของปฏิกิริยาต่ำตามไปด้วย การที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถึงที่ต่อแบบอนุกรมเร็วกว่าอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถึงปฏิกิริยาไปเดียวนี้ ทำให้ขนาดของถึงปฏิกิริยาที่ต่อแบบอนุกรมจะมีขนาดเล็กกว่าขนาดของถึงปฏิกิริยาไปเดียว เมื่อต้องการน้ำทิ้งที่มีค่าซีโอดีใกล้เคียงกัน

4. ระบบกำจัดแบบนี้ มีความสามารถในการรับสารพิษได้ไม่ดีเท่าระบบที่มีถึงกวนอย่างสมบูรณ์ไปเดียว เพราะในระบบถึงกวนสมบูรณ์ไปเดียว สารพิษจะกระจายไปทั่วถึงถึงอย่างรวดเร็วมีผลให้สารพิษนั้น เจือจาง ในทันทีที่เข้าสู่ถึงจนอาจไม่มีผลต่อจุลชีพ ส่วนระบบแบบนี้ สารพิษจะเข้าสู่หัวถึง(ตอนหนึ่ง)ในปริมาณที่มากจนอาจมีผลต่อจุลชีพที่หัวถึงได้

5.3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของระบบแอนแอโรบิคสลิบเมอว์จรัม

5.3.5.1 ข้อดีของระบบแอนแอโรบิคสลิบเมอว์จรัม

1 จากการทดลองที่ 1 ซึ่งบ่อน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าซีโอดี 500 มก/ล ด้วยเวลากักน้ำ 24 ชม. ปรากฏว่า ระบบนี้มีความสามารถในการกำจัดสูง โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ 91% แสดงให้เห็นว่า ระบบนี้มีความสามารถในการกำจัดน้ำเสียที่ความเข้มข้นต่ำได้ดี

2 เนื่องจาก การเปลี่ยนค่าออร์แกนิกโพลติงที่กระทำในการวิจัยนี้ กระทำโดยการเปลี่ยนค่าระดับออร์แกนิกโพลติงจากการทดลองหนึ่ง ไปอีกการทดลองหนึ่งอย่างกระทันหัน(shock load) ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่าการเปลี่ยนค่าออร์แกนิกโพลติงอย่างกระทันหันจะไม่กระทบกระเทือนต่อประสิทธิภาพการกำจัด แสดงให้เห็นว่า ระบบนี้มีความสามารถในการรับการเปลี่ยนค่าออร์แกนิกโพลติงอย่างกระทันหัน ภายใต้งานวิจัยนี้ได้เป็นอย่างดี

3 จากการทดลอง จะเห็นว่า ระบบมีระยะเวลาพักน้ำ 24 ชม. สามารถกำจัดน้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นซีโอดี 3000 มก/ล โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดสูง แสดงให้เห็นว่า ระบบกำจัดน้ำเสียแบบนี้เหมาะที่จะใช้กับโรงกำจัดน้ำเสียที่ต้องการพื้นที่น้อย

4 ค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ออกจากถังมีค่าต่ำ ตลอดทุก การทดลอง ทำให้มีปัญหาการกำจัดตะกอนส่วนเกินน้อย

5 รูปแบบการต่อต้านของถังขนาดเล็กหลายใบแบบอนุกรม จะ ช่วยให้ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบสูงกว่าระบบที่มีรูปแบบของถังขนาดใหญ่ใบเดียว

5.3.5.2 ข้อจำกัดของระบบแอนแอโรบิคสลับเมอรัจตรัม

1 เมื่อระบบได้รับสารพิษ ตอนที่หนึ่งของถังปฏิบัติการแบบนี้จะ รับสารพิษในปริมาณที่มากกว่าถังปฏิบัติการที่การกวนสมบูรณ์ใบใหญ่ใบเดียว ปริมาณของสารพิษ ที่ตอนที่หนึ่งของถังปฏิบัติการได้รับอาจทำให้ระบบเกิดความล้มเหลวได้ ดังนั้น ระบบแบบนี้จึง ไม่เหมาะที่จะใช้รับน้ำเสียที่มีสารพิษผสมอยู่

2. เมื่อเปรียบเทียบอัตราเร็วปฏิบัติการระหว่างระบบฟิล์มชีวะกับ ระบบจุลชีพแขวนลอยในถังกวนสมบูรณ์ได้รับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอาหารเท่ากัน อัตรา เร็วปฏิบัติการของจุลชีพที่อยู่บนแผ่นตัวกลางจะมีค่าต่ำกว่าอัตราเร็วปฏิบัติการของจุลชีพแขวนลอยใน ถังปฏิบัติการที่มีการกวนสมบูรณ์ การที่เป็นเช่นนี้เพราะ การส่งถ่ายอาหารจากน้ำเสีย (bulk liquid) เข้าสู่จุลชีพที่อยู่ชั้นฟิล์มชีวะจะต้องผ่านชั้นน้ำนิ่ง (stagnant layer) ซึ่งชั้นน้ำนิ่งนี้ จะต้านทานการแพร่ซึมผ่านของสารอาหารจากน้ำเสียเข้าสู่ชั้นฟิล์มชีวะ มีผลให้ความเข้มข้นสาร อาหารที่ปรากฏต่อจุลชีพบนชั้นฟิล์มชีวะมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำเสีย ส่วนการ ส่งถ่ายอาหารจากน้ำเสียเข้าสู่จุลชีพที่แขวนลอยในถังกวนสมบูรณ์ จะไม่มีแรงต้านทาน การแพร่ซึม ผ่าน มีผลให้ความเข้มข้นของสารอาหารที่ปรากฏต่อจุลชีพมีค่าเท่ากับความเข้มข้นของสารอาหาร ในน้ำเสีย การที่เป็นเช่นนี้ทำให้ อัตราเร็วปฏิบัติการของจุลชีพที่อยู่บนแผ่นตัวกลางจะมีค่าต่ำ กว่าอัตราเร็วปฏิบัติการของจุลชีพที่แขวนลอยอยู่ในถังกวนสมบูรณ์