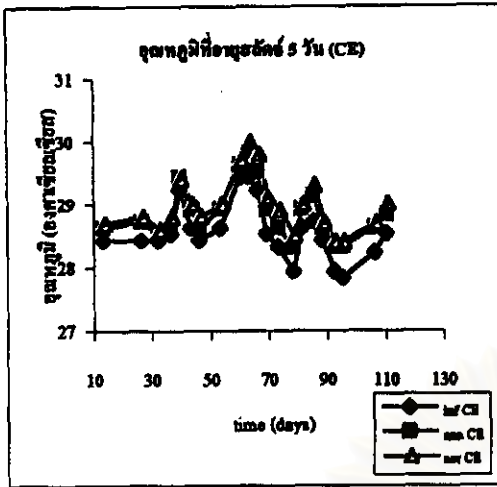


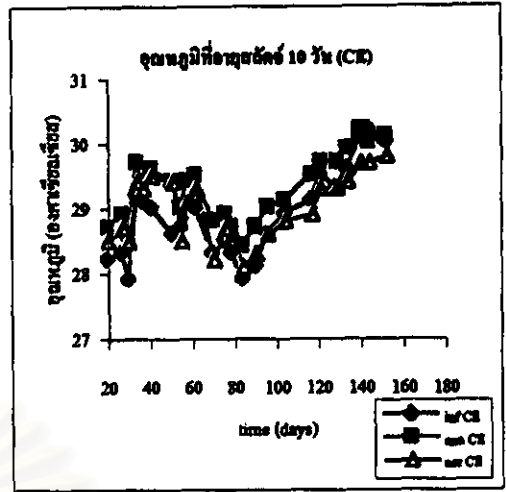
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงสัดส่วนของบีโอดีต่อฟอสฟอรัสและระยะเวลาการเติมอากาศที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัสและสัณじ์ส่วนเกิน โดยใช้กระบวนการแอนแอโรบิก/แอโรบิกที่มีระยะเวลาพักน้ำทั้งในช่วงแอนแอโรบิก 2 ชั่วโมง ช่วงแอโรบิก 4 ชั่วโมง โดยใช้น้ำเสียที่มีสัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่างกัน 3 ค่า คือ 45:1 (มีแหล่งคาร์บอนมากเกินพอ : CE), 20:1 (มีสัดส่วนที่พอดีต่อการกำจัด : OK) และ 5:1 (มีแหล่งคาร์บอนจำกัด : CL) นอกจากนี้ยังมีการแปรค่าเอสอาร์ที่ 2 ค่า คือ ที่เอสอาร์ที่ 5 วัน และ 10 วัน ซึ่ง ผลการทดลองพารามิเตอร์ต่าง ๆ แสดงในรูป 4.1-4.11 (ข้อมูลดิบแสดงในภาคผนวก ข.) เมื่อเดินระบบจนถึงสถานะคงตัวแล้ว ทำการเก็บตัวอย่างอีกเป็นเวลา 5 วัน เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 4.1-4.3 (แสดงเฉพาะการทดลองที่ 4, 5 และ 6 เพราะการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ที่เอสอาร์ที่ 5 วัน ไม่สามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้ดี กล่าวคือไม่เป็น EBPR) พร้อมทั้งทดลองหาอัตราการปลดปล่อยและจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะ หลังจากนั้นทำการทดลองแบบแบคซ์เพื่อหาผลของการใช้ระยะเวลาการเติมอากาศต่อการกำจัดฟอสฟอรัสและต่อลักษณะของสัณじ์

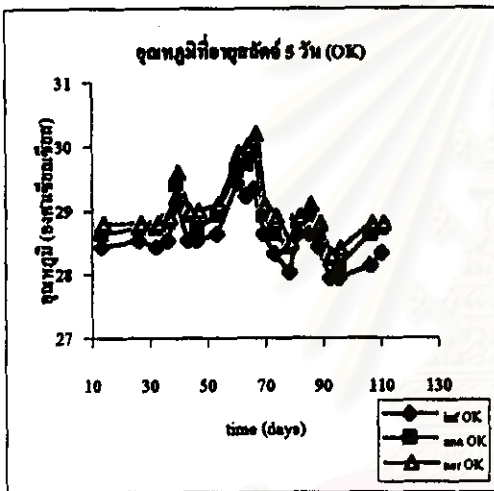
การวิจัยนี้ได้เริ่มการทดลองตั้งแต่กลางเดือนมกราคม 2542 และสิ้นสุดการทดลองในช่วงกลางเดือนมกราคม ปี 2543 รวมระยะเวลาที่ใช้ทดลองทั้งสิ้น 1 ปี โดยในชุดการทดลองกลุ่มแรก การทดลองที่ 1 (น้ำเสีย CE, เอสอาร์ที่ 5 วัน), ที่ 2 (น้ำเสีย OK, เอสอาร์ที่ 5 วัน) และที่ 3 (น้ำเสีย CL เอสอาร์ที่ 5 วัน) ใช้เวลาในการทดลอง 111 วัน ซึ่งทั้ง 3 การทดลองไม่สามารถเกิดการกำจัดฟอสฟอรัสที่ดีได้ ทั้งนี้เป็นเพราะเกิดการวอชเอาท์ (washout) ของเซลล์พวกฟิโอโอออกจากระบบ เนื่องจากที่เอสอาร์ที่สั้น (5 วัน) มีการนำเอาสัณじ์ส่วนเกินออกปริมาณมากทำให้เซลล์ใหม่ที่เป็นฟิโอโอเกิดขึ้นไม่ทัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของวาสนา พิธรรมนงค์สิน และเฉลิมราช วันทวิน (2540) ที่พบว่า การกำจัดฟอสฟอรัสเกิดขึ้นได้ทดลองที่เอสอาร์ที่ 5 วัน และที่เอสอาร์ที่ 10 วัน สามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีกว่า ส่วนในชุดการทดลองกลุ่มที่สอง การทดลองที่ 4, 5 และ 6 ของน้ำเสีย CE, OK และ CL ตามลำดับที่เอสอาร์ที่ 10 วัน ซึ่งพบว่าใช้เวลาทดลองเป็นเวลา 152, 163 และ 134 วัน ตามลำดับ จึงเข้าสู่สถานะคงตัว



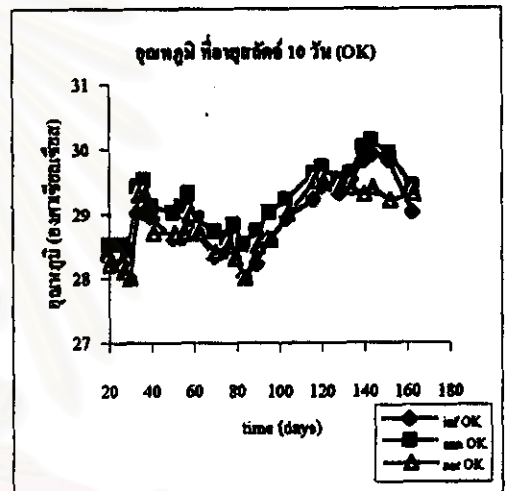
(ก)



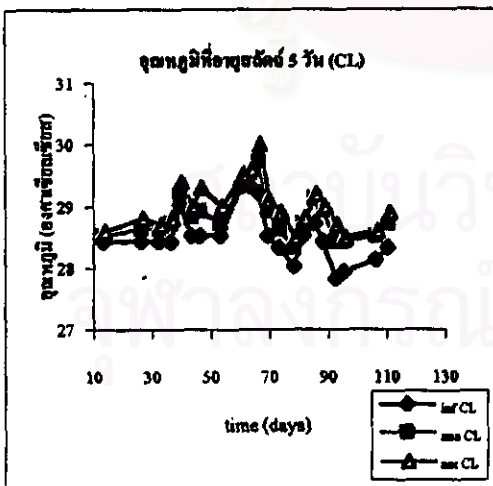
(ง)



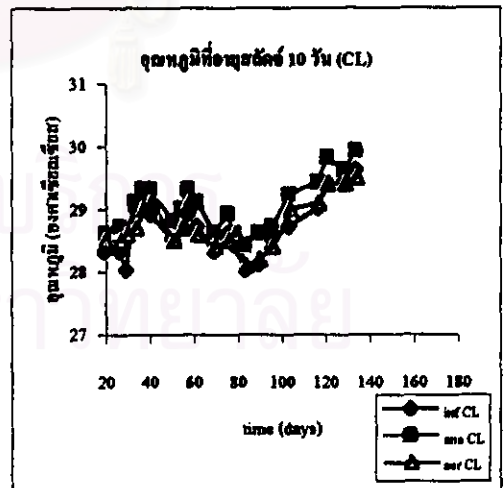
(ข)



(จ)

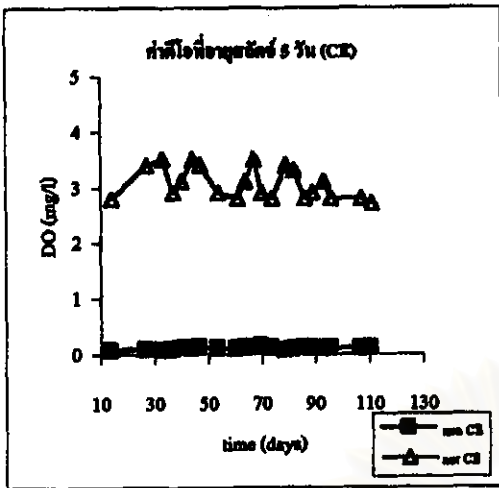


(ค)

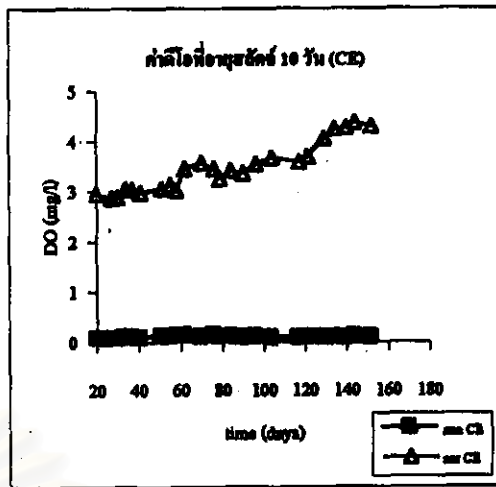


(ฉ)

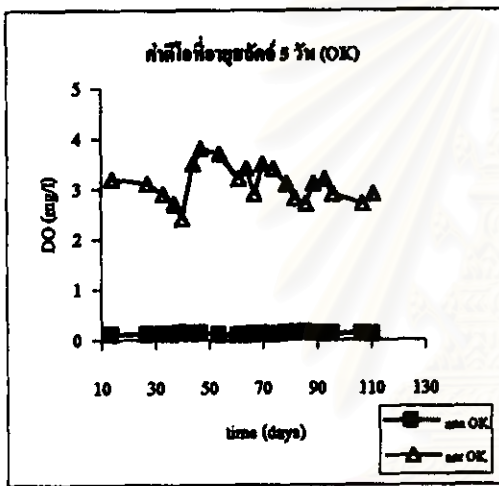
รูปที่ 4.1 ข้อมูลรายวันของอุณหภูมิของน้ำในถังปฏิกรณ์ (ก) WICE5, (ข) WOK5, (ค) W/CL5, (ง) WICE10, (จ) WOK10 และ (ฉ) W/CL10



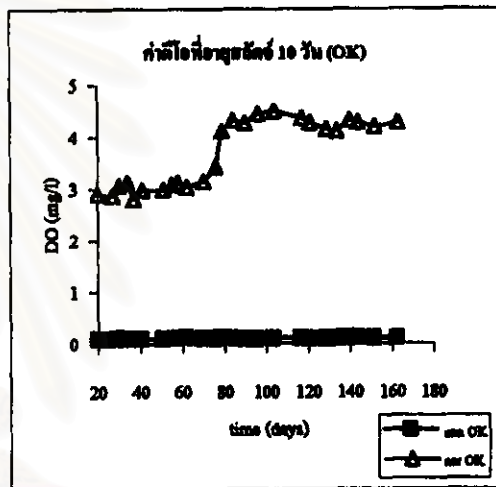
(ก)



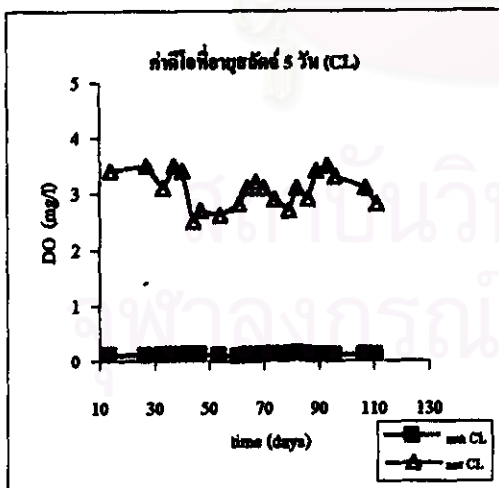
(ง)



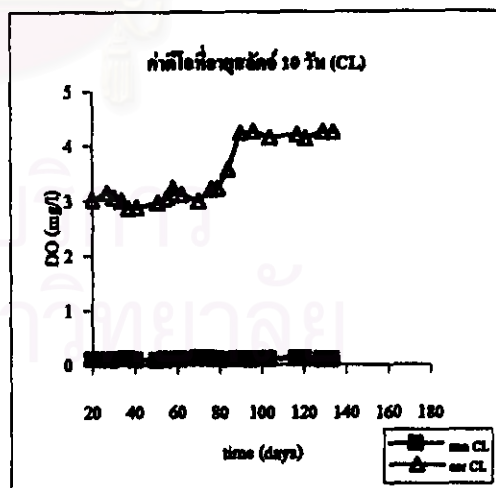
(ข)



(จ)

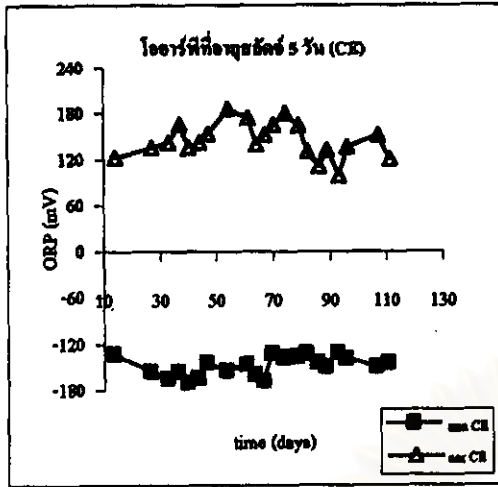


(ค)

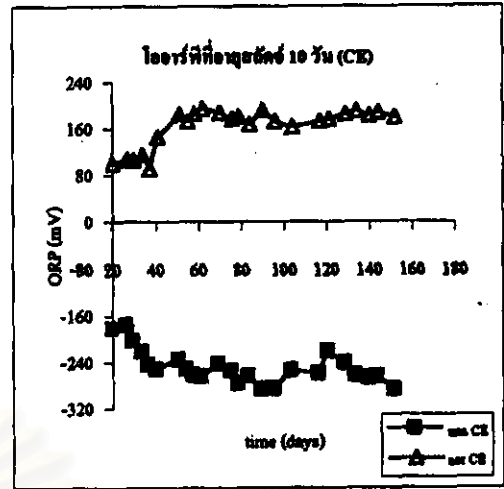


(ฉ)

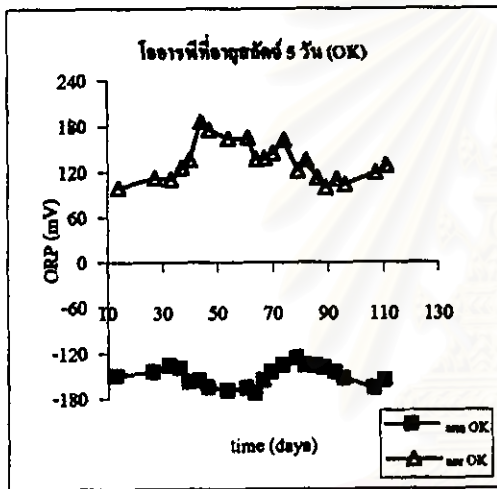
รูปที่ 4.2 ข้อมูลรายวันของค่าดีไอ (ก) W/CE5, (ข) W/OK5, (ค) W/CL5, (ง) W/CE10, (จ) W/OK10 และ (ฉ) W/CL10



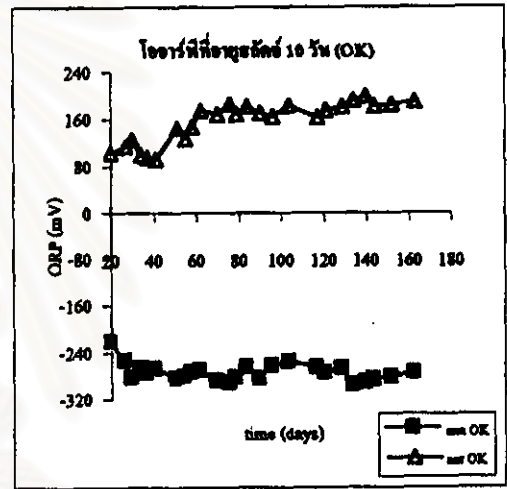
(ก)



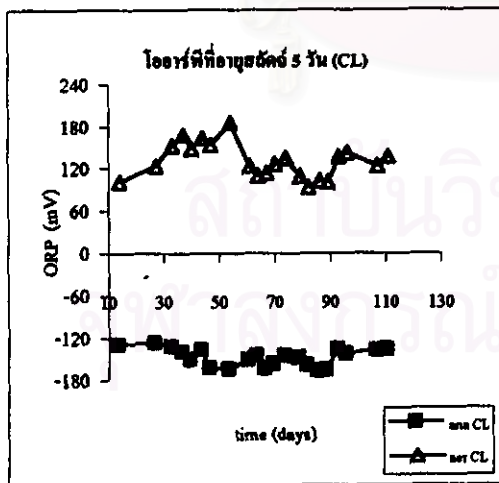
(ง)



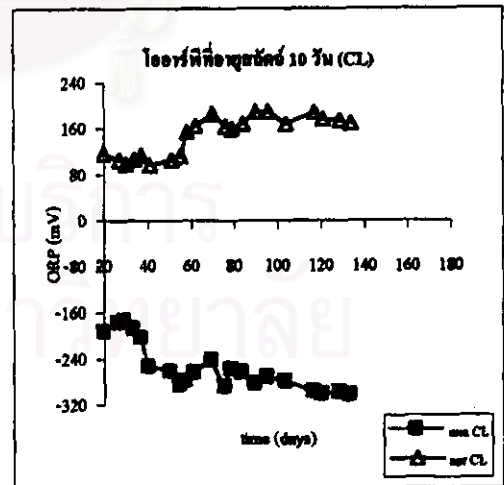
(ข)



(จ)

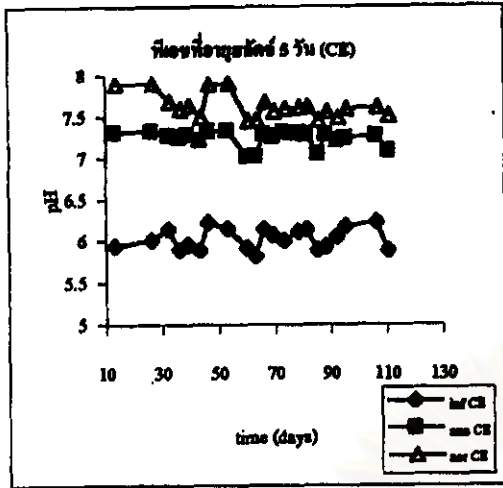


(ค)

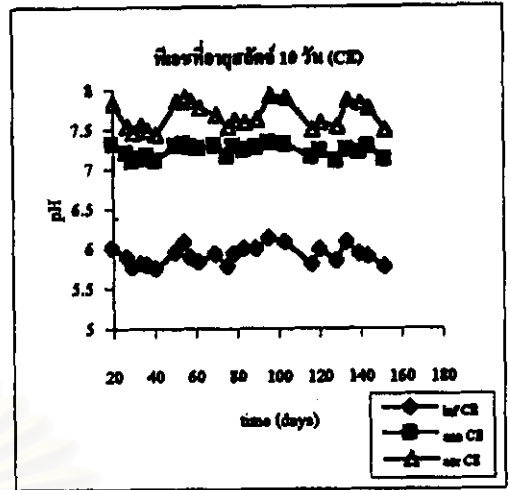


(ฉ)

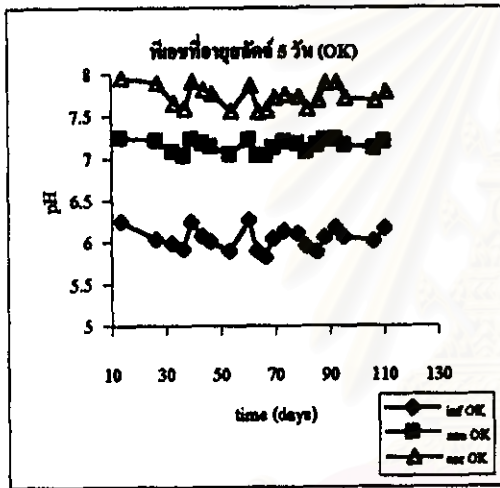
รูปที่ 4.3 ข้อมูลรายวันของค่าโอรพีที่ (ก) W/CE5, (ข) W/OK5, (ค) W/CL5, (ง) W/CE10, (จ) W/OK10 และ (ฉ) W/CL10



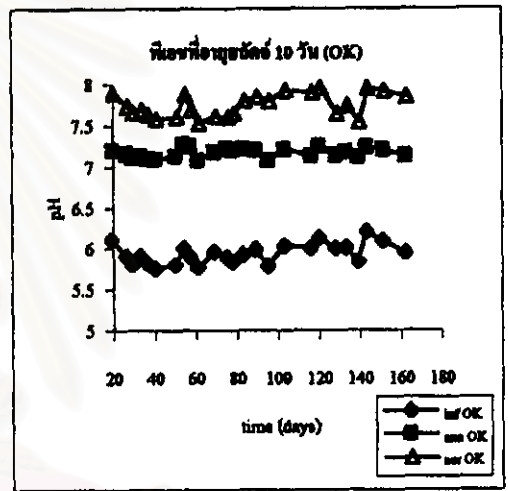
(ก)



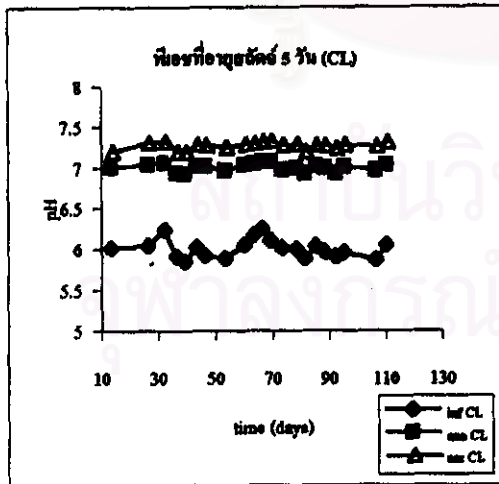
(ง)



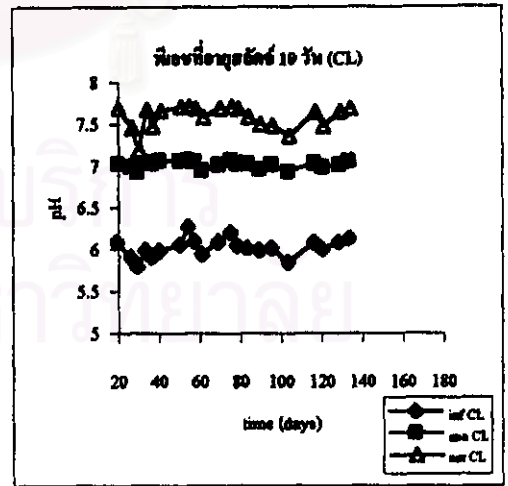
(ข)



(ฉ)

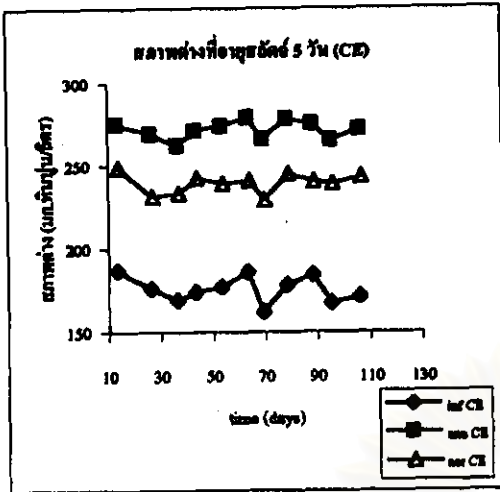


(ค)

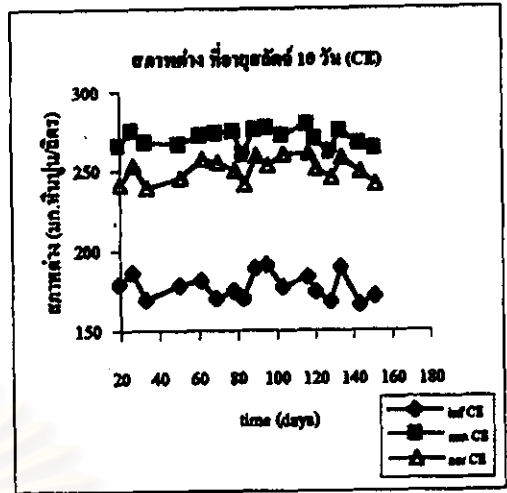


(ช)

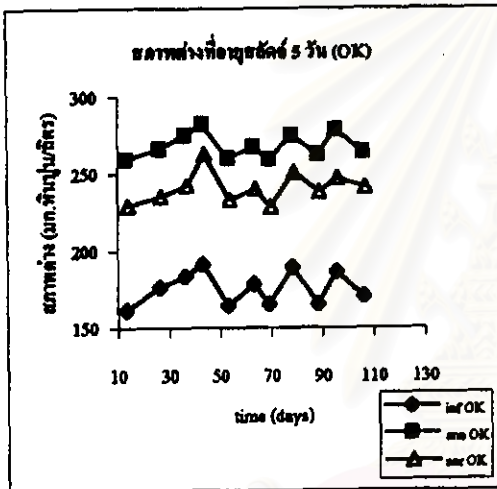
รูปที่ 4.4 ข้อมูลรายวันของค่าพีเอช (ก) W/CE5, (ข) W/OK5, (ค) W/CL5, (ง) W/CE10, (ฉ) W/OK10 และ (ช) W/CL10



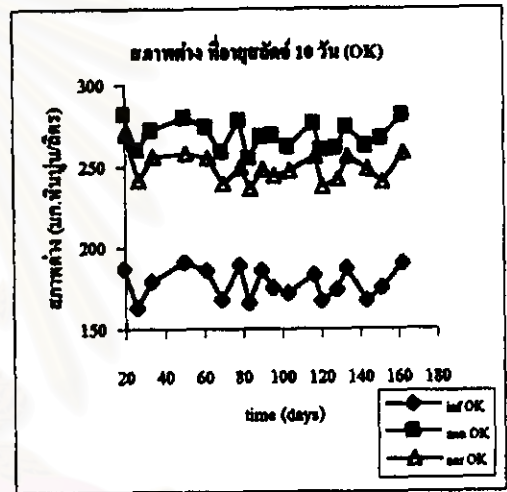
(ก)



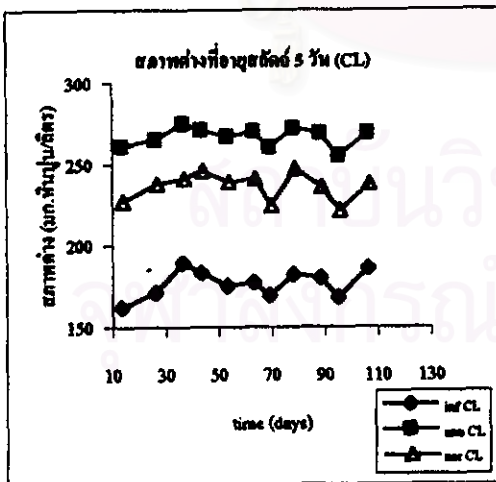
(ง)



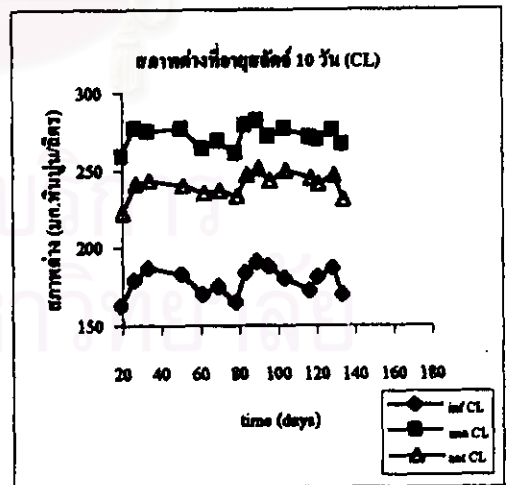
(ข)



(จ)

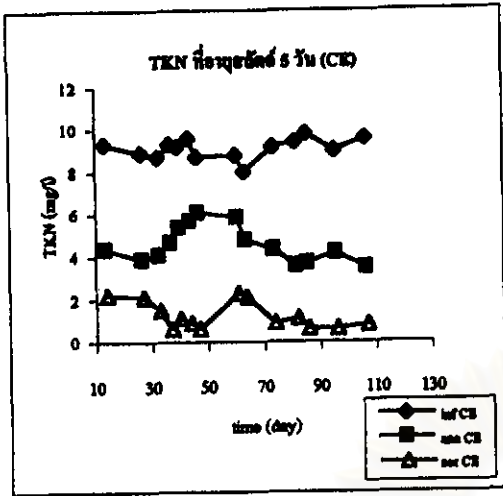


(ค)

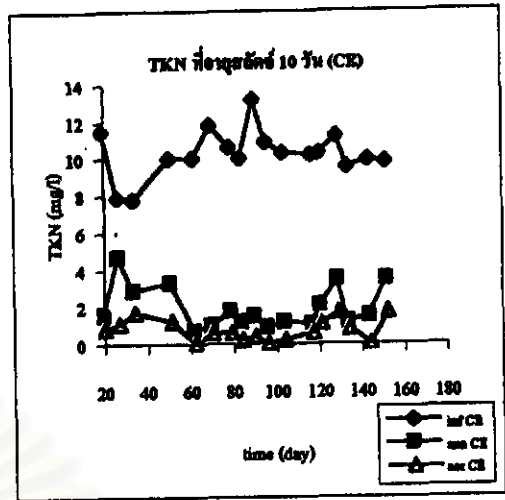


(ฉ)

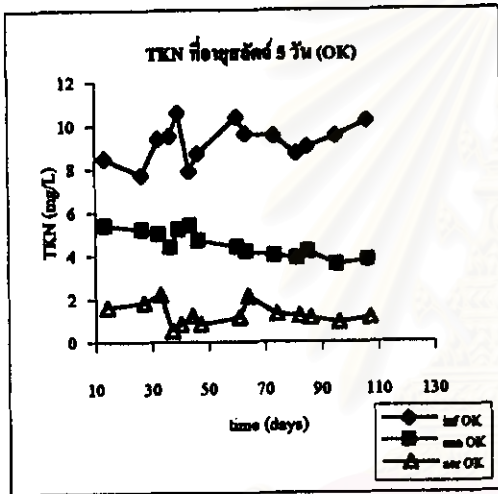
รูปที่ 4.5 ข้อมูลรายวันของสภาพน้ำ (ก) W/CE5, (ข) W/OK5, (ค) W/CL5, (ง) W/CE10, (จ) W/OK10 และ (ฉ) W/CL10



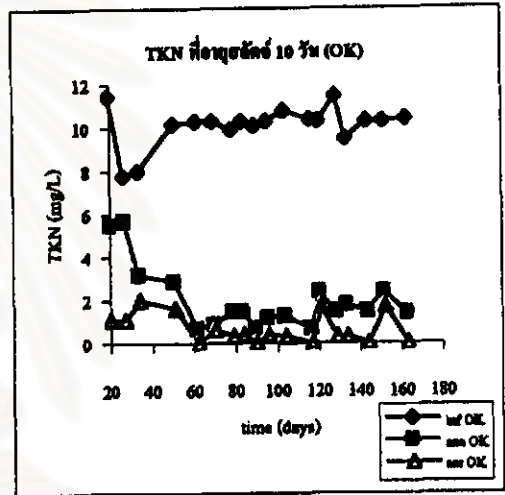
(ก)



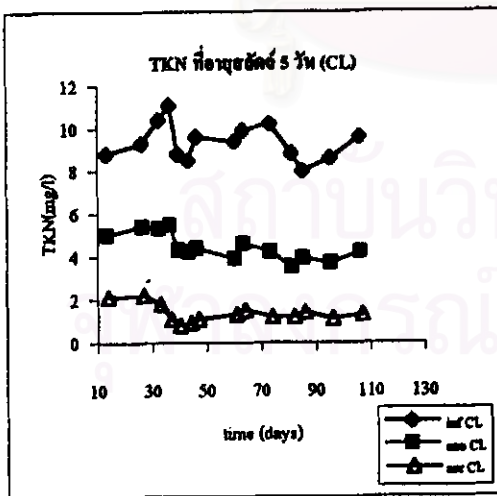
(ง)



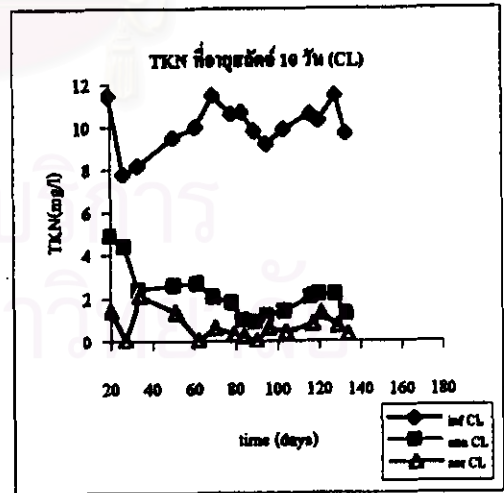
(ข)



(จ)

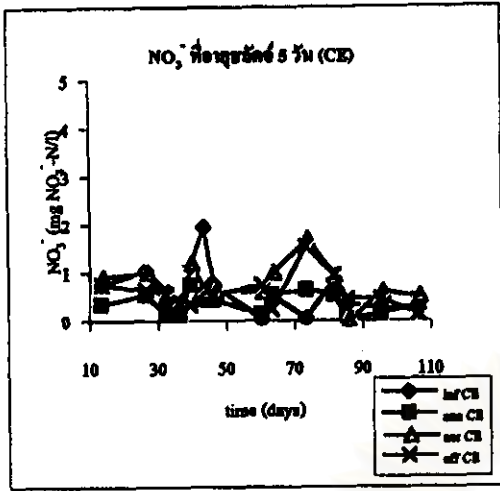


(ค)

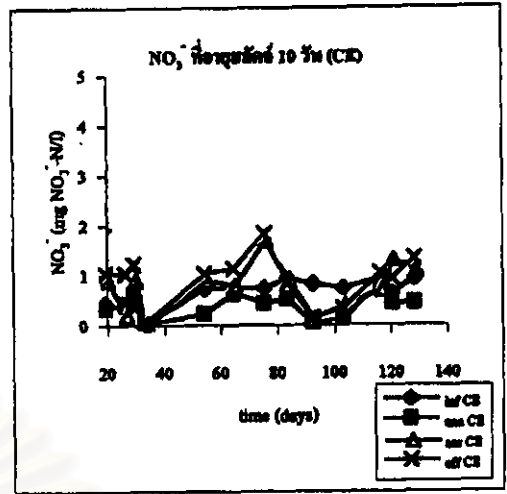


(ฉ)

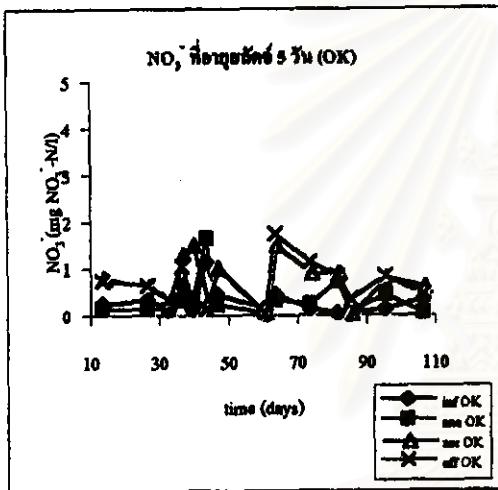
รูปที่ 4.8 ข้อมูลรายวันของทีเคเอ็น (ก) W/CE5 (ข) W/OK5 (ค) W/CL5 (ง) W/CE10 (จ) W/OK10 และ (ฉ) W/CL10



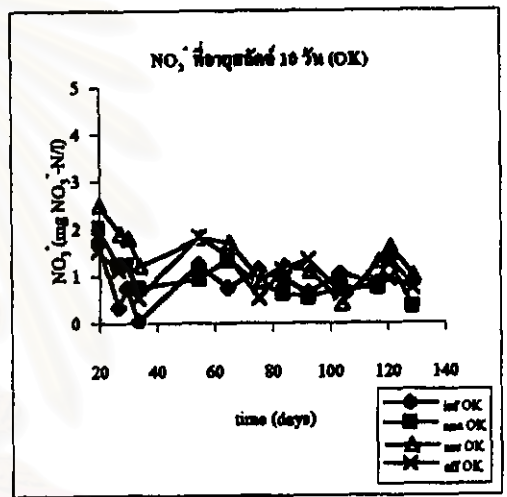
(ก)



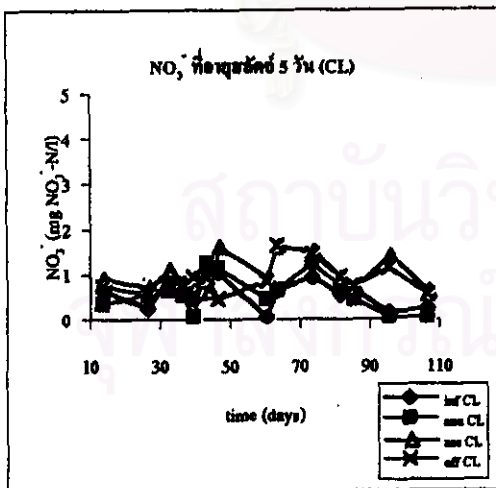
(ง)



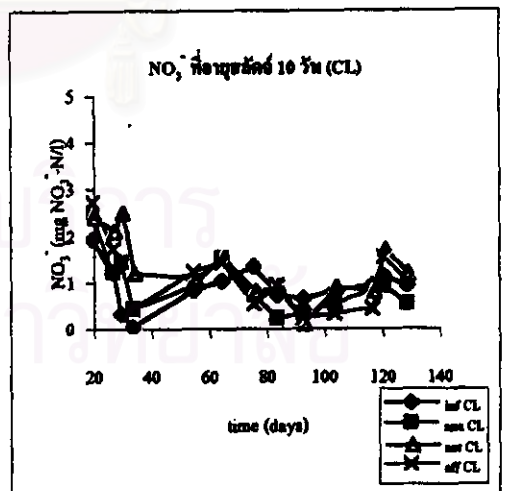
(ข)



(จ)

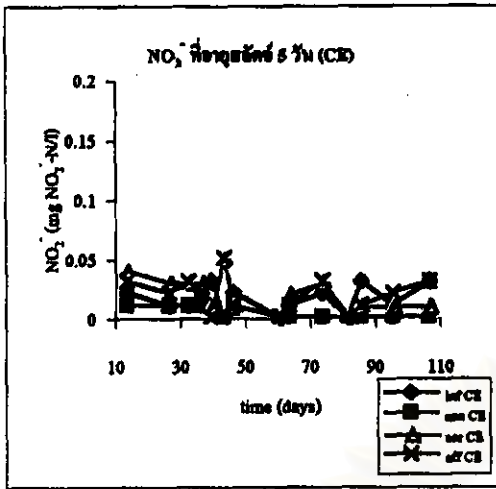


(ค)

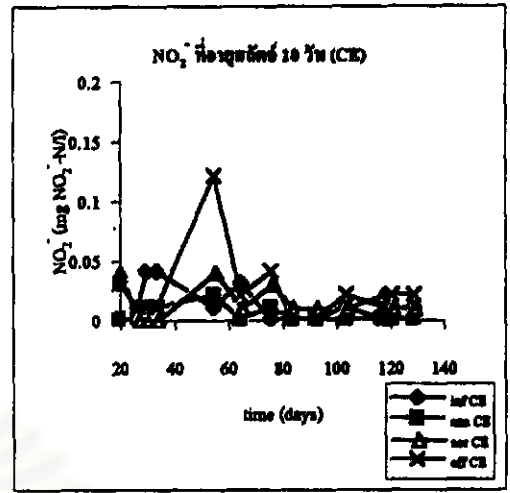


(ฉ)

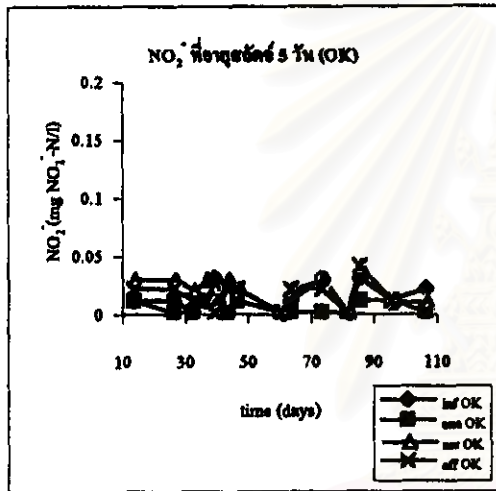
รูปที่ 4.7 ข้อมูลรายวันไนเตรด (ก) W/CE5 (ข) W/OK5 (ค) W/CL5 (ง) W/CE10 (จ) W/OK10 และ (ฉ) W/CL10



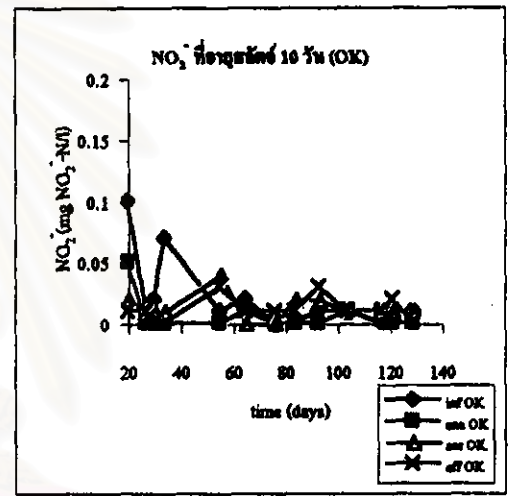
(ก)



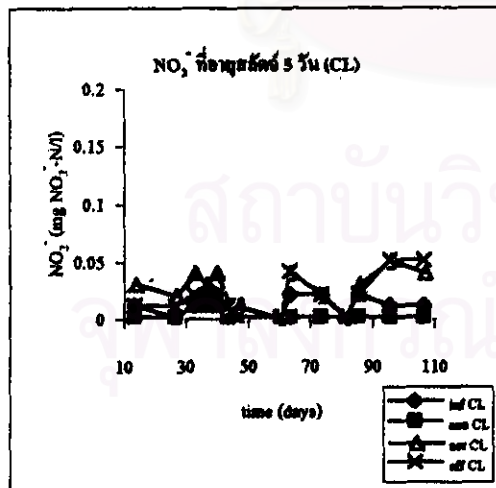
(ข)



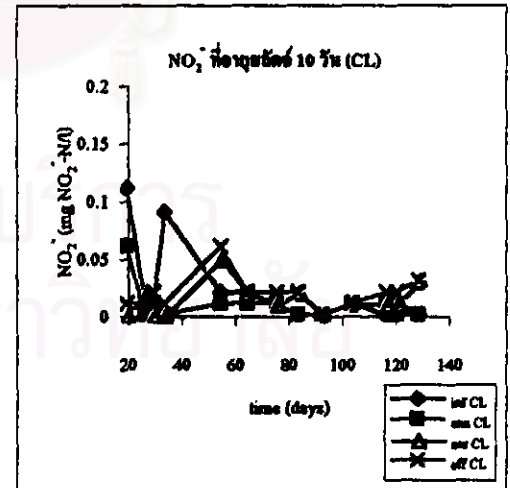
(ค)



(ง)

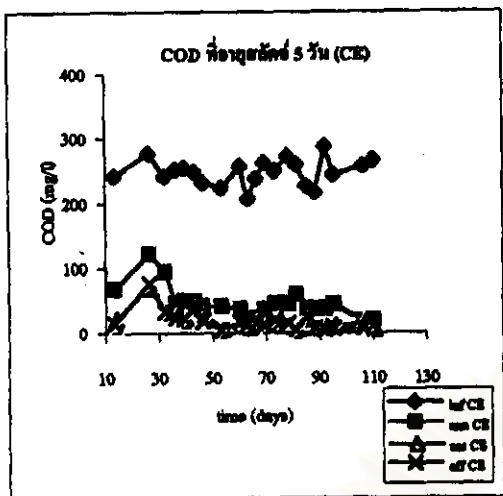


(จ)

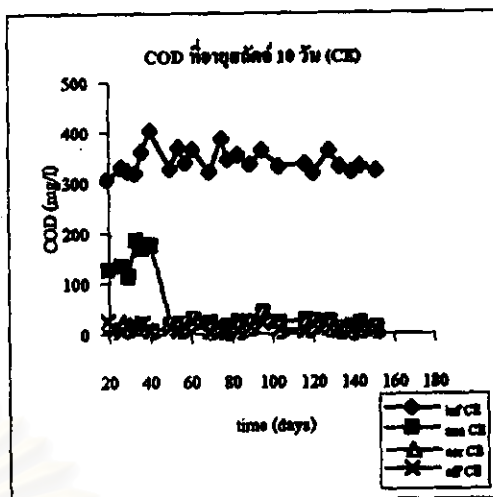


(ฉ)

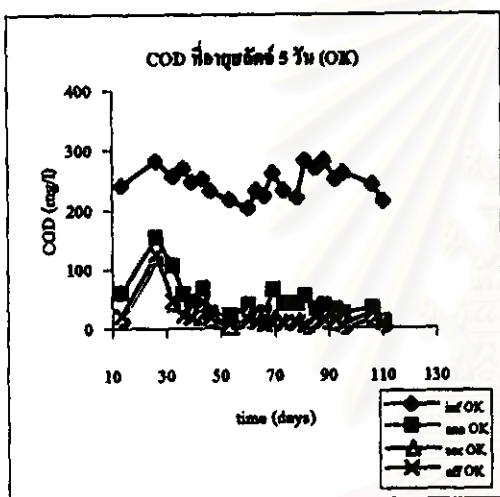
รูปที่ 4.8 ข้อมูลรายวันของไนโตรต (ก) WICE5 (ข) WOK5 (ค) WCL5 (ง) WICE10 (จ) WOK10 และ (ฉ) WCL10



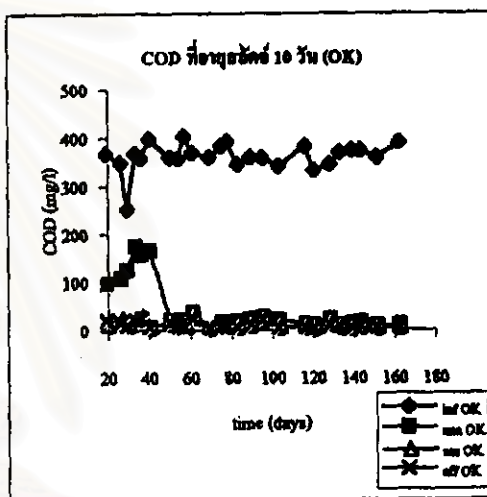
(ก)



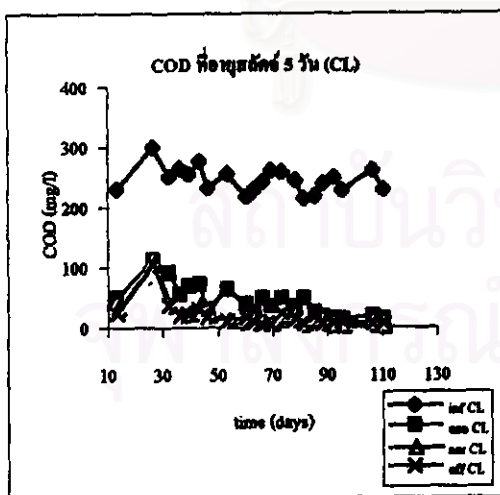
(จ)



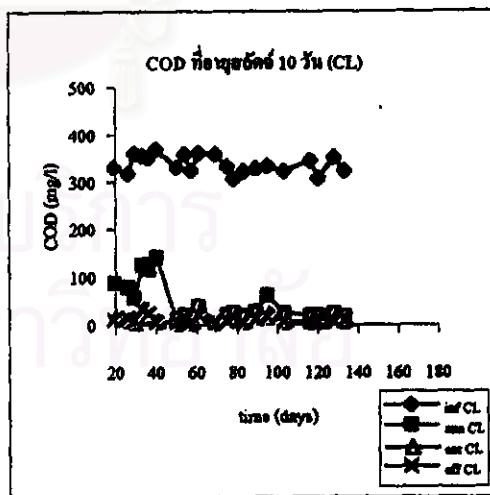
(ข)



(ฉ)

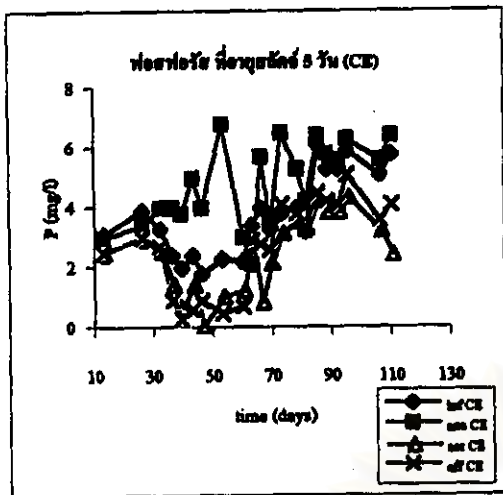


(ค)

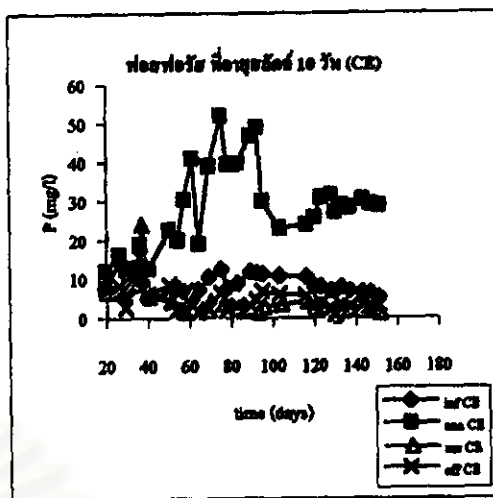


(ช)

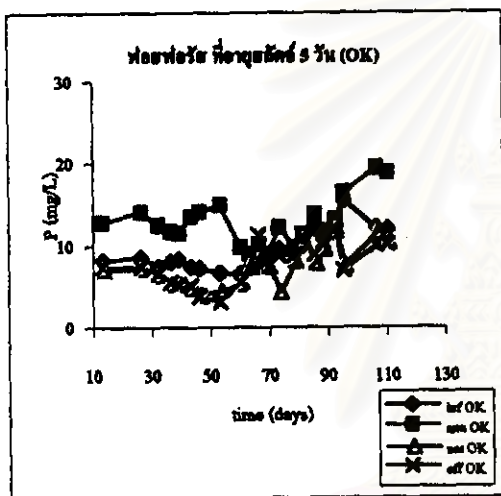
รูปที่ 4.9 ข้อมูลรายวันของซีโอดี (ก) W/CE5 (ข) W/OK5 (ค) W/CL5 (จ) W/CE10 (ฉ) W/OK10 และ (ช) W/CL10



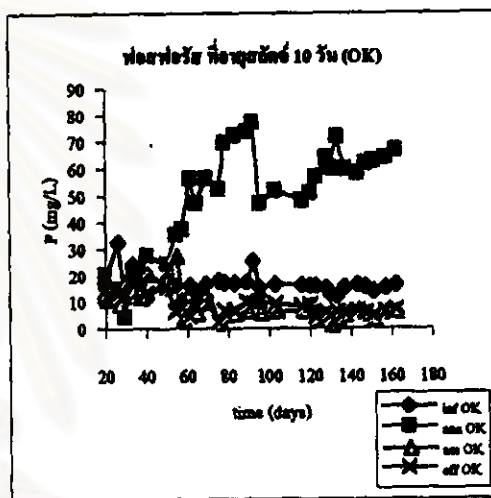
(ก)



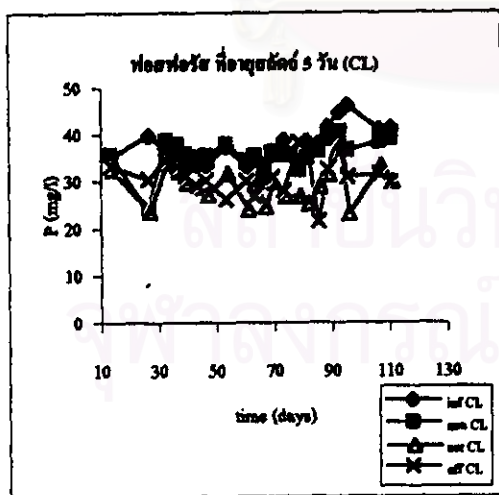
(ง)



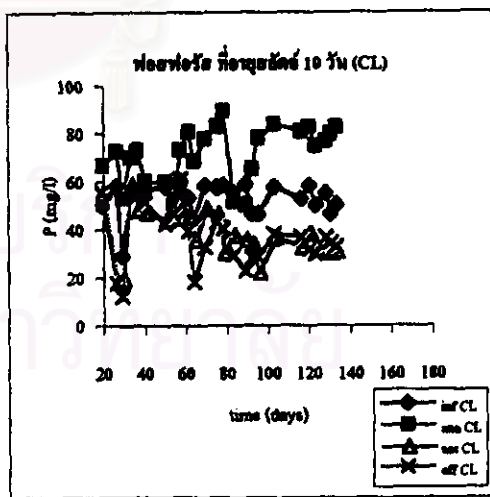
(ข)



(ฉ)

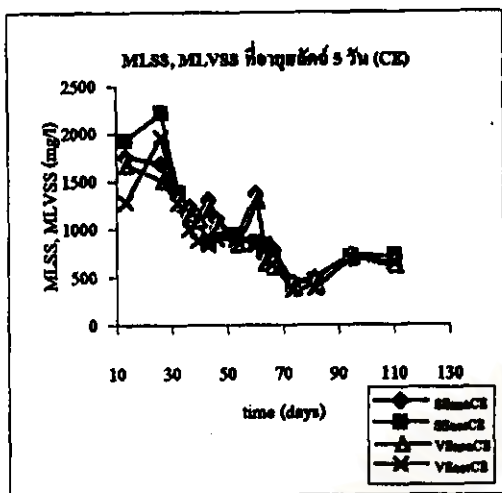


(ค)

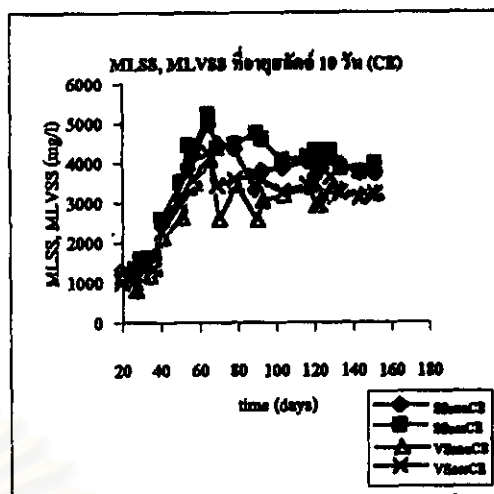


(ช)

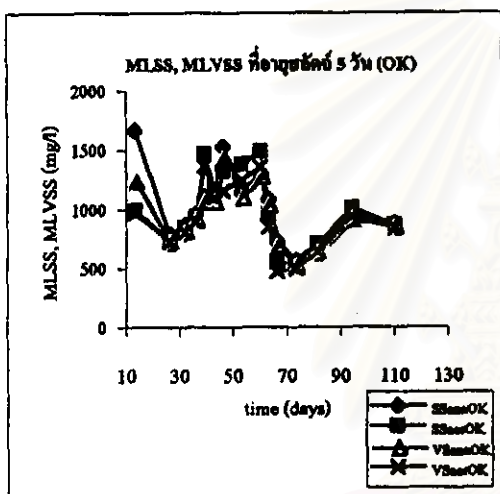
รูปที่ 4.10 ข้อมูลรายวันของฟอสฟอรัส (ก) WICE5 (ข) WOK5 (ค) WCL5 (ง) WICE10 (ฉ) WOK10 และ (ช) WCL10



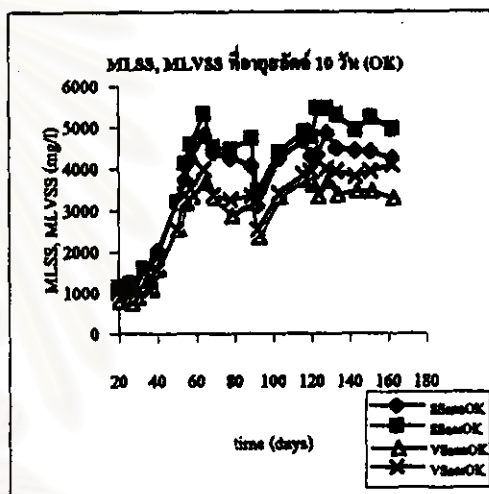
(ก)



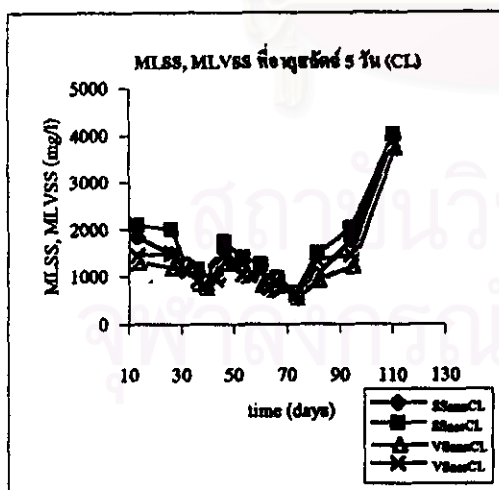
(ง)



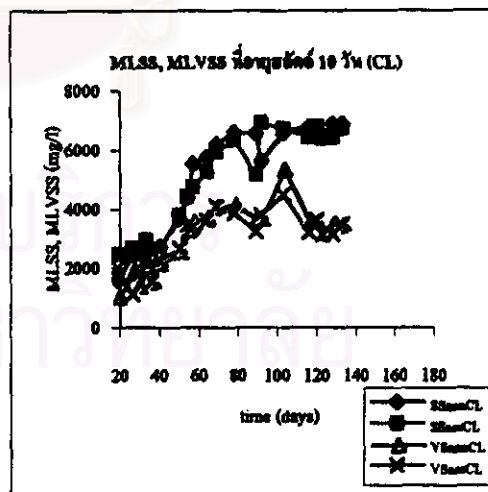
(ค)



(จ)



(ค)



(ข)

รูปที่ 4.11 ข้อมูลรายวันของเอ็มแอลเอชและเอ็มแอลวีเอสของ (ก) W/CE5 (ง) W/OK5 (ค) W/CL5 (จ) W/CE10 (จ) W/OK10 และ (ข) W/CL10

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่สถานะคงตัว 5 วันของการทดลอง W/CE10

day	P (mg/l)		P in cell (%)	COD (mg/l)		VFA (mg/l)		PHA (mgPHA/gVSS)		SS (mg/l)		VSS (mg/l)	VSS/SS (%)	SV30 (ml/l)	SVI (ml/g)
	ana	acr	acr	ana	acr	ana	acr	ana	acr	acr	eff	acr	acr	acr	acr
1	27.1	2.2	4.35	17	3	9	1	129.1	37.8	4150	8.1	3440	82.89	170	41
2	23.2	1.6	4.68	18	3	8	0	131.3	39.3	4160	6.7	3530	84.86	170	40.9
3	28.2	1.7	4.76	18	4	7	1	122.1	26.8	4170	6	3420	82.01	170	40.8
4	26.4	1.4	4.87	18	3	9	0	126.4	30.1	4160	7.2	3530	84.86	170	40.9
5	31.3	1.9	4.41	16	3	7	0	129.4	29.7	4160	6.7	3540	85.1	170	40.9
avg	27.2	1.8	4.61	17	3	8	0	127.7	32.7	4160	6.9	3492	83.9	170	40.9

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลที่สถานะคงตัว 5 วันของการทดลอง W/OK10

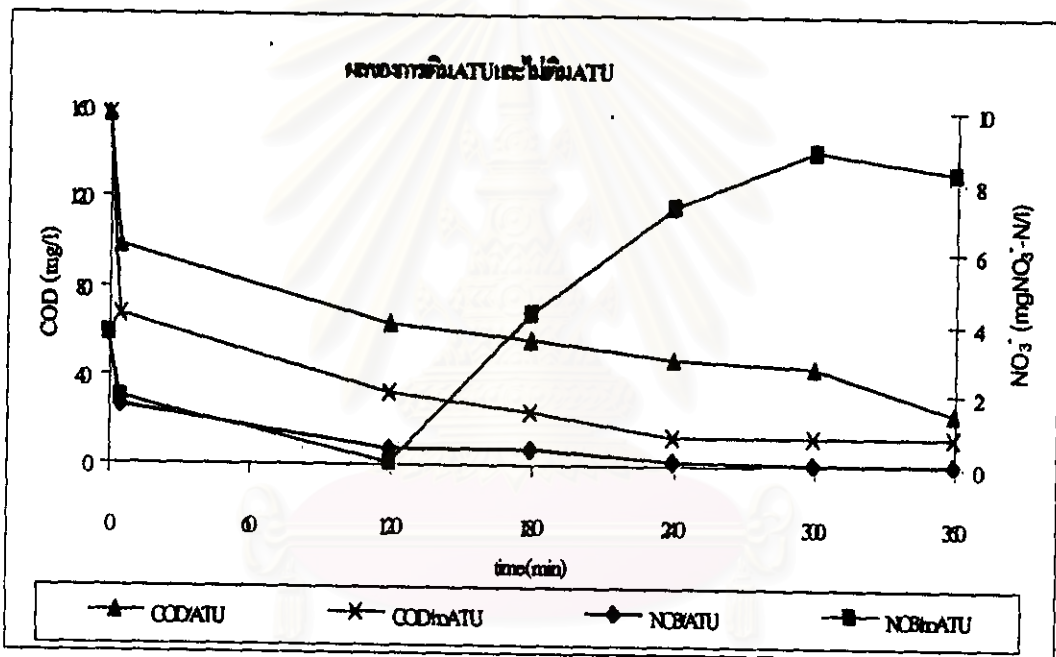
day	P (mg/l)		P in cell (%)	COD (mg/l)		VFA (mg/l)		PHA (mgPHA/gVSS)		SS (mg/l)		VSS (mg/l)	VSS/SS (%)	SV30 (ml/l)	SVI (ml/g)
	ana	acr	acr	ana	acr	ana	acr	ana	acr	acr	eff	acr	acr	acr	acr
1	63.4	5.7	8.72	19	4	7	0	126.7	29.4	4540	8.6	3520	77.53	290	63.9
2	61.7	5.2	8.85	14	2	7	0	124.1	24.8	4400	8	3520	80	280	63.6
3	62.1	6.3	7.93	11	2	7	1	127.9	33	4420	9.2	3600	81.45	280	63.3
4	59.8	5.8	8.65	13	3	7	1	129.1	28.3	4380	9.8	3500	79.91	280	63.9
5	61.5	6.1	8.26	16	3	7	0	125.2	26.7	4470	8.2	3580	80.09	290	64.9
avg	61.7	5.8	8.48	15	3	7	0	126.6	28.4	4442	8.8	3544	79.8	284	63.9

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลที่สถานะคงตัว 5 วันของการทดลอง W/CL10

day	P (mg/l)		P in cell (%)	COD (mg/l)		VFA (mg/l)		PHA (mgPHA/gVSS)		SS (mg/l)		VSS (mg/l)	VSS/SS (%)	SV30 (ml/l)	SVI (ml/g)
	ana	acr	acr	ana	acr	ana	acr	ana	acr	acr	eff	acr	acr	acr	acr
1	88.7	32	18.49	15	1	6	1	235.8	56.8	6590	14	3420	51.9	280	42.5
2	89.9	32	17.42	15	2	6	0	225.8	57.2	6780	14	3460	51.03	280	41.3
3	89.6	29	16.82	19	1	6	0	337.3	47.2	6860	13	3480	50.73	290	42.7
4	87.1	32	17.98	21	2	6	0	295.6	52.1	6890	14	3520	51.09	290	42.1
5	85.5	29	17.31	14	3	6	1	285.6	50.7	6660	13	3430	51.5	280	42
avg	88.2	31	17.5	17	2	6	0	276	52.8	6756	14	3462	51.24	284	42

4.1 ผลของการเติมเอทิลูต่อการกำจัดซีโอติและการยับยั้งไนตริฟิเคชัน

เนื่องจากเอทิลู (Allylthiourea : ATU) เป็นสารที่สามารถยับยั้งการออกซิโดซ์แอมโมเนียเป็นไนไตรต์ได้ที่มีความเข้มข้น 5 มก./ลิตร (Wood และคณะ, 1981 และ Volsch และคณะ, 1990 อ้างโดย Gorska และคณะ, 1996) แต่ยังไม่ทราบแน่ชัดถึงผลของเอทิลูต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในการกำจัดซีโอติ จึงได้ทำการทดลองแบบแบดซ์เพื่อเปรียบเทียบผลของการเติมเอทิลูและไม่เติมเอทิลูต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในการกำจัดซีโอติและการยับยั้งไนตริฟิเคชัน (รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวก ก.) ซึ่งผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ผลของการเติมเอทิลูและไม่เติมเอทิลูต่อการกำจัดซีโอติและการยับยั้งไนตริฟิเคชัน

จากรูปที่ 4.12 พบว่าเอทิลูเป็นสารที่สามารถยับยั้งการเกิดไนตริฟิเคชันได้จริงแต่จะยับยั้งความสามารถของจุลินทรีย์ในการกำจัดซีโอติด้วย ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถใช้เอทิลูในการยับยั้งไนตริฟิเคชัน ไม่ให้เกิดไนเตรตมารบกวนการทำงานของจุลินทรีย์เพื่อโอได จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำเข้าแทนการใช้เอทิลู

4.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดได้จำแนกผลออกเป็นแต่ละพารามิเตอร์เพื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกัน โดยในแต่ละส่วนจะประกอบด้วยกราฟแสดงข้อมูลและค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ในช่วงสถานะคงตัวและการเปรียบเทียบผลของการทดลอง โดยรายละเอียดผลการทดลองที่ได้แต่ละพารามิเตอร์เป็นดังนี้

4.2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของระบบอยู่ระหว่าง 27.1-30.2 องศาเซลเซียส (ดังรูปที่ 4.1) ซึ่งเป็นอุณหภูมิในช่วงที่พืชโอสมารดเจริญเติบโตได้ (ปรีชดา เหน่ารุจิจินดา, 2541) อุณหภูมิที่ต่างกันน่าจะเป็นผลจากฤดูกาลที่แตกต่างกันเนื่องจากการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ไม่มีเครื่องมือหรืออุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

4.2.2 ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO)

ค่าออกซิเจนละลายน้ำเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงสถานะของระบบว่าเป็นสภาวะแอนแอโรบิก, แอนอกซิกหรือแอโรบิก ในการทดลองพบว่า ในถังแอนแอโรบิกมีค่าออกซิเจนละลายน้ำน้อยมาก คือ อยู่ในช่วง 0.06-0.13 มก./ลิตร ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดที่สามารถวัดได้โดยมาตรวัดคลีโอ ซึ่งค่านี้ยังจัดได้ว่าเหมาะสมสำหรับช่วงแอนแอโรบิก ส่วนในถังแอโรบิกมีค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 2.8-4.5 มก./ลิตร (ดังรูปที่ 4.2) แสดงให้เห็นว่าเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายในสภาวะแอโรบิก

4.2.3 โออาร์พี (Oxidation-reduction potential, ORP)

ค่าโออาร์พีเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้บ่งชี้ถึงสถานะของระบบอย่างคร่าวๆ ว่าระบบอยู่ในสภาวะแอนแอโรบิกหรือแอโรบิก จากการทดลอง พบว่า ถังแอนแอโรบิกมีค่าโออาร์พีในช่วง -176 ถึง -305 มิลลิโวลต์ ซึ่งสามารถบอกได้ว่าเป็นแอนแอโรบิกจริง ส่วนค่าโออาร์พีในถังแอโรบิกมีค่าอยู่ในช่วง 91 ถึง 199 มิลลิโวลต์ (ดังรูปที่ 4.3) ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบทำงานเป็นแอโรบิกได้สมบูรณ์ตามต้องการ

4.2.4 ทีเอช

จากการทดลองผลเป็นดังรูปที่ 4.4 พบว่าน้ำเสียเข้ามีทีเอชประมาณ 5.70-6.25 และเมื่อน้ำเสียเข้าสู่ระบบจะมีค่าทีเอชเพิ่มขึ้น โดยที่ในถังแอนแอโรบิกของการทดลองที่ 4 (W/CE10) มีทีเอชเพิ่มขึ้นสูงที่สุดอยู่ในช่วงประมาณ 7.08-7.31 ส่วนของการทดลองที่ 5 (W/OK10) อยู่ในช่วง 7.00-7.23 และของการทดลองที่ 6 (W/CL10) มีทีเอชเพิ่มขึ้นต่ำที่สุด มีค่าประมาณ 6.90-7.05 ซึ่งค่าทีเอชของทั้ง 3 การทดลองเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการจับใช้ชะชิตตามที Liu และคณะ (1996) ได้กล่าวไว้ว่าทีเอช 6.0-8.2 เป็นทีเอชที่เหมาะสมต่อการจับใช้ชะชิต เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าทีเอชในช่วงแอนแอโรบิกของทั้ง 3 การทดลอง พบว่า การทดลอง W/CL10 มีค่าต่ำที่สุดทุกๆ ทีเอชในน้ำเสียเข้ามีค่าใกล้เคียงกับอีกสองการทดลอง ทั้งนี้

อาจเนื่องมาจากน้ำเสีย CL ที่มีแหล่งคาร์บอนจำกัดและมีฟอสฟอรัสอยู่สูงนั้นได้เติม KH_2PO_4 ซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้เป็นแหล่งฟอสฟอรัสในส่วนประกอบของน้ำเสียลงไปปริมาณมาก ซึ่ง KH_2PO_4 นี้เป็นบัพเฟอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถรักษาระดับพีเอชได้ดี ดังนั้นในน้ำเสีย CL จึงเหมือนกับมีบัพเฟอร์ถึง 2 ตัว จาก NaHCO_3 และ KH_2PO_4 ส่วนน้ำเสีย CE มี KH_2PO_4 น้อยที่สุดเพราะมีส่วนประกอบของฟอสฟอรัสต่ำที่สุด ค่าพีเอชจึงเปลี่ยนแปลงมากที่สุด

ส่วนพีเอชในถังแอโรบิกนั้นทุกๆ การทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอีกจากถังแอนแอโรบิก โดยที่การทดลอง W/CE10 มีค่าในช่วง 7.43-7.93 W/OK10 W/CL10 มีค่าในช่วง 7.52-7.95 และ 7.19-7.71 ตามลำดับ ซึ่งพีเอชดังกล่าวเป็นพีเอชในช่วงที่เหมาะสมต่อการจับใช้ฟอสฟอรัส (Liu และคณะ, 1996)

4.2.5 สภาพต่าง

น้ำเสียสังเคราะห์ในการทดลองนี้ใช้กรดอะซิติก, โซเดียมอะซิเตตและนิวเทรียนคัมบรอรเป็นแหล่งคาร์บอนและมีการเติมสภาพต่างเข้าระบบในรูปแบบโซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อช่วยปรับสภาพพีเอชของน้ำเสียให้เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ โดยน้ำเสียสังเคราะห์มีสภาพต่างอยู่ในช่วง 160-190 มก./ลิตร

สภาพต่างในถังแอนแอโรบิกมีค่าสูงขึ้นทุกการทดลอง ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากกระบวนการคิโนครีฟิเคชันของไนเตรดจากสแต็คท์ที่เวียนกลับมาซึ่งมีปริมาณเล็กน้อยเนื่องจากไนโตรเจนถูกจำกัด และการใช้สารอาหารของจุลินทรีย์ในรูปแบบกรดอะซิติกทำให้ OH^- ในช่วงแอนแอโรบิกนี้รวมตัวกับคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำเกิดเป็นไบคาร์บอเนต จึงทำให้ค่าสภาพต่างเพิ่มขึ้น ส่วนถังแอนแอโรบิกมีสภาพต่างลดลงจากค่าในถังแอนแอโรบิกเล็กน้อย เนื่องจากสภาพต่างบางส่วนถูกใช้ไปในกระบวนการไนครีฟิเคชันนั่นเอง แต่เพราะในน้ำเสียเข้ามีการกำจัดปริมาณไนโตรเจนให้เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตเท่านั้นจึงทำให้เหลือไนโตรเจนเล็กน้อยสำหรับกระบวนการไนครีฟิเคชันทำให้สภาพต่างลดลงเพียงเล็กน้อย (ดังรูปที่ 4.5)

4.2.6 ทีเคเอ็น

เนื่องจากกระบวนการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพจะถูกรบกวนได้โดยไนเตรด ทำให้จำเป็นต้องควบคุมปริมาณไนโตรเจนในระบบไม่ให้มีมากเกินไป จนเกิดไนเตรดจากกระบวนการไนครีฟิเคชันไปยับยั้งการปลดปล่อยฟอสฟอรัสในช่วงแอนแอโรบิก ดังนั้นในการทดลองนี้ซึ่งจะดูผลของการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพเท่านั้น จึงคำนวณการเติมไนโตรเจนในน้ำเสียให้เพียงพอต่อการสร้างเซลล์ของระบบเท่านั้น (ใช้การคำนวณต่างๆ จากอัตราส่วนบีโอดี : ไนโตรเจนเท่ากับ 100:5 ในช่วงแรกของการทดลองที่ 4, 5 และ 6 แต่พบว่าในไนเตรดเหลืออยู่มากในถังแอนแอโรบิก จึงลดปริมาณไนโตรเจนลงโดยใช้อัตราส่วนบีโอดีต่อไนโตรเจนเท่ากับ 100:3.5 แล้วพบว่าสามารถลดไนเตรดในถังแอนแอโรบิกให้เหลือเพียงเล็กน้อยได้) ซึ่งจากการทดลอง พบว่าทีเคเอ็นในน้ำเสียเข้ามีค่าอยู่ในช่วง 8.1-11.4 มก./ลิตร และ

ตกลงในช่วงแอนเอโรบิกเป็นปริมาณมาก จากนั้นตกลงอีกเล็กน้อยในช่วงเอโรบิก (ดังรูปที่ 4.6) การที่ที่เคเอ็นส่วนใหญ่ตกลงในช่วงแอนเอโรบิกน่าจะเกิดจากการเก็บเข้าไปไว้ในเซลล์เพื่อสร้างกรดอะมิโน และเปปไทด์มากกว่าการสร้างเซลล์ (Satoh และคณะ, 1998)

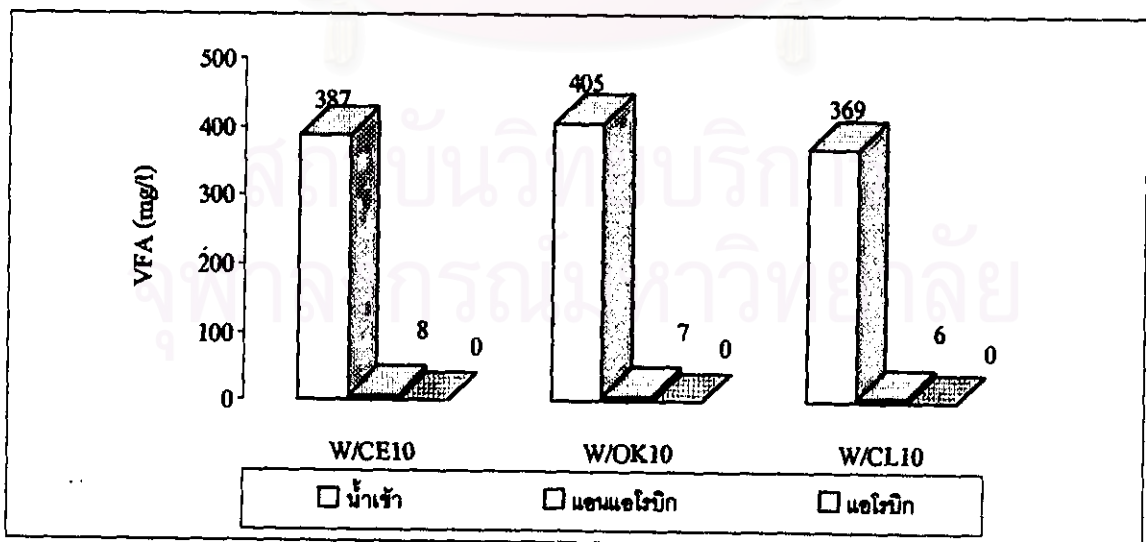
4.2.7 ไนเตรตและไนไตรต์

สำหรับการทดลองนี้ (ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8) พบไนเตรตและไนไตรต์ในช่วงแอนเอโรบิกอยู่ แม้ว่าจะมีการควบคุมไนโตรเจนในระบบให้ต่ำแล้วก็ตาม แต่อย่างไรก็ตามปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ที่มีอยู่แล้วในถังแอนเอโรบิกมีเพียงเล็กน้อยจนไม่ส่งผลต่อการปลดปล่อยฟอสฟอรัสในช่วงแอนเอโรบิก

4.2.8 กรดไขมันระเหยง่าย

กรดไขมันระเหยหรือวีเอฟเอ (Volatile Fatty Acids, VFAs) เป็นกรดไขมันโมเลกุลเล็กที่มีพันธะสั้น (Short Chained Volatile Fatty Acids, SCVFAs) เช่น กรดอะซิติก เป็นต้น กรดไขมันระเหยง่ายมีความสำคัญในการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพมาก เนื่องจากกรดดังกล่าวเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับจุลินทรีย์กลุ่มที่เอโอเพื่อซึมเข้าสู่เซลล์และใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึม นอกจากนี้ส่วนหนึ่งจะถูกนำไปสร้างพีเอชเอซึ่งเป็นพลังงานสำรองของเซลล์ด้วย กรดไขมันดังกล่าวจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ

น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองเตรียมขึ้นโดยใช้นิวทริยอนด์บรอร์ โซเดียมอะซิเตตและกรดอะซิติก ซึ่งสารทั้ง 3 ชนิดจะถูกย่อยเป็นกรดไขมันระเหยง่ายได้โดยจุลินทรีย์ที่กำจัดบีโอดีทั่วไปและหลังจากนั้นกรดไขมันระเหยง่ายจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์ในช่วงแอนเอโรบิกเพื่อสร้างเป็นพีเอชเอและใช้ในการเจริญเติบโตของเซลล์จนมีค่าลดลง

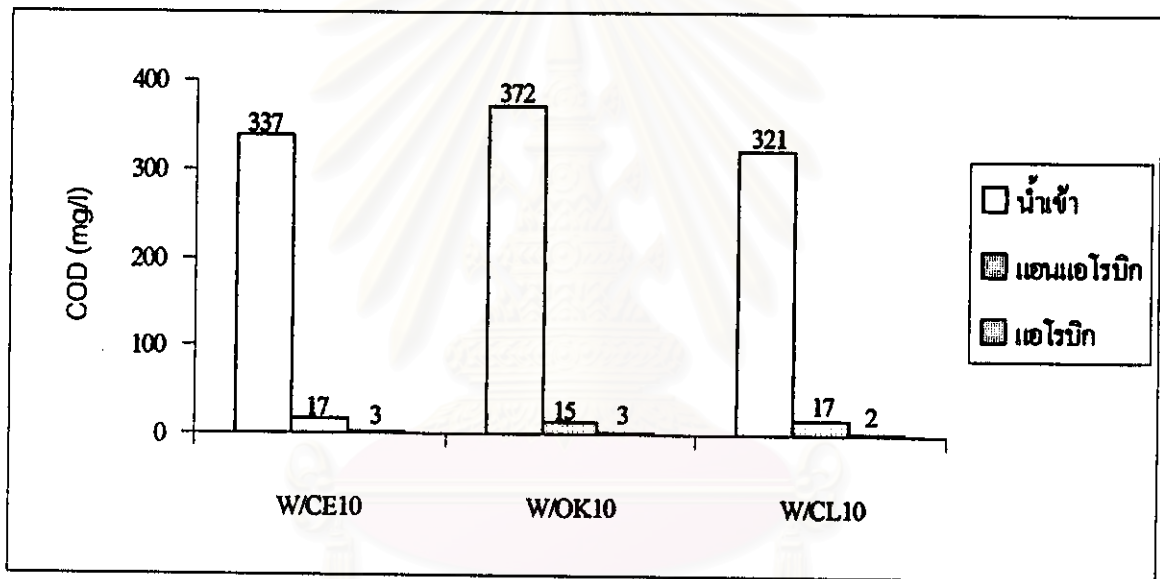


รูปที่ 4.13 ปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (วัดโดยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟี) ของแต่ละการทดลองที่สถานะคงตัว

ในการทดลองได้ทำการหาค่ากรดไขมันระเหยง่ายโดยวัดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography, GC) ในช่วงสถานะคงตัวเท่านั้น (แสดงผลในตารางที่ 4.1-4.3 และรูปที่ 4.13) ซึ่งพบว่าทุกการทดลองกรดไขมันระเหยง่ายถูกใช้หมดไปในช่วงแอนเอโรบิก แสดงให้เห็นถึงการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่เอโอที่สามารถใช้กรดไขมันระเหยง่ายได้หมด ทำให้สามารถสร้างพีเอชเอและกำจัดฟอสฟอรัสได้

4.2.9 จีโอดี

การวัดค่าจีโอดีในการทดลองนี้ประกอบด้วยการวัดค่าจีโอดีทั้งหมดในน้ำเข้า ค่าจีโอดีกรองในช่วงแอนเอโรบิก แอโรบิกและน้ำออก (ดังรูปที่ 4.9) และค่าจีโอดีที่สถานะคงตัวแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ปริมาณจีโอดีของแต่ละการทดลองที่สถานะคงตัว

ตารางที่ 4.4 จีโอดีเฉลี่ยและประสิทธิภาพการกำจัดจีโอดีกรองที่สถานะคงตัวของแต่ละการทดลอง

การทดลองที่	ชื่อการทดลอง	สัดส่วนบีโอดี: ฟอสฟอรัสที่ได้จริง	ประสิทธิภาพการกำจัดจีโอดีกรอง (%)	จีโอดี * (มก./ลิตร)			ปริมาณจีโอดีที่ถูกกำจัด (มก./ลิตร)
				น้ำเข้า	แอนเอโรบิก	แอโรบิก	
4	W/CE10	45:1	99.11	337	17	3	334
5	W/OK10	20:1	99.19	372	15	3	369
6	W/CL10	5:1	99.38	321	17	2	319

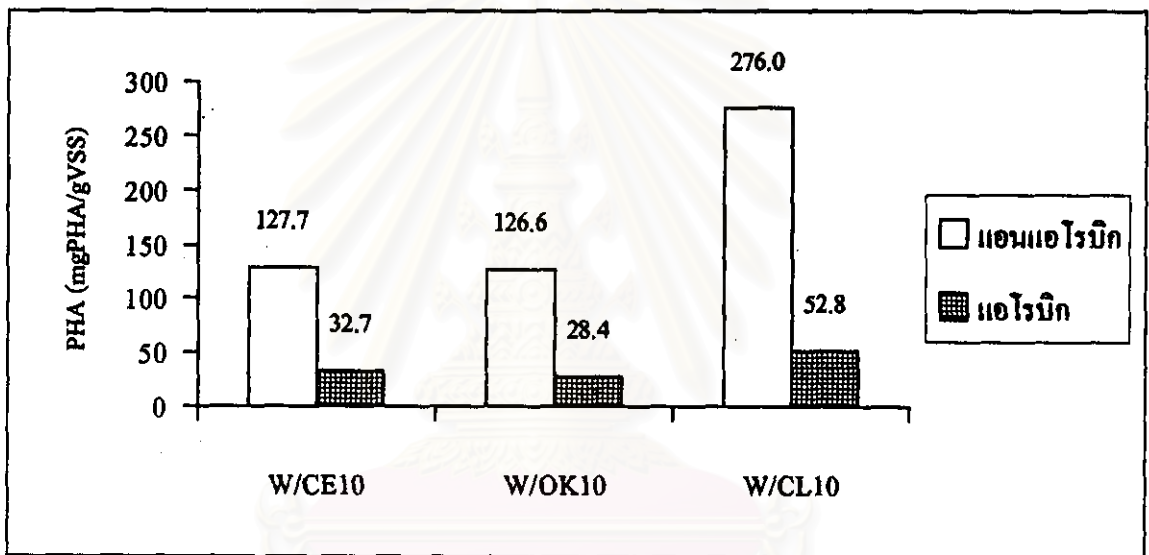
หมายเหตุ: * สำหรับตัวอย่างน้ำเข้าเป็นการหาค่าจีโอดีทั้งหมด ส่วนตัวอย่างอื่น ๆ เป็นค่าจีโอดีกรอง (กรองด้วยกระดาษกรอง GF/C ขนาดรู 1.2 μ)

จำนวนข้อมูล (n) ของการทดลองที่ 4-6 เท่ากับ 5

จากการทดลองจะเห็นว่าระบบสามารถกำจัดซีโอดีกรองได้ดีมาก โดยซีโอดีส่วนใหญ่ถูกกำจัดในช่วงแอนแอโรบิกแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์กลุ่มฟิเอโอสามารถทำงานได้ดี ส่วนซีโอดีในถังแอโรบิกเหลืออยู่เพียง 2-3 มก./ลิตรเท่านั้น และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรองมีค่าสูงถึงประมาณ 99% แสดงว่าจุลินทรีย์ในระบบสามารถดึงเอาซีโอดีไปใช้ได้

4.2.10 พีเอชเอ (polyhydroxyalkanoate, PHA)

พีเอชเอเป็นแหล่งคาร์บอนสำรองของจุลินทรีย์กลุ่มฟิเอโอ ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นในสภาวะแอนแอโรบิกและจะถูกใช้เพื่อสร้างพลังงานสำหรับการเจริญเติบโตของเซลล์และสะสมฟอสฟอรัสไว้ในเซลล์ในช่วงแอโรบิก ผลของพีเอชเอที่สถานะคงตัวเป็นดังรูป 4.15



รูปที่ 4.15 ปริมาณพีเอชเอในสัปดาห์ที่ถังแอนแอโรบิกและถังแอโรบิกของแต่ละการทดลอง

จากรูป 4.15 แสดงให้เห็นปริมาณพีเอชเอในเอ็มแอลวีเอสเอสที่ถังแอนแอโรบิกและถังแอโรบิกของแต่ละการทดลอง โดยพบว่า ปริมาณพีเอชเอของทุกการทดลองถูกสร้างขึ้นในช่วงแอนแอโรบิกและถูกใช้ไปช่วงแอโรบิก ซึ่งเป็นไปตามกลไกการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพและสอดคล้องกับค่าซีโอดีที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ยังพบว่าพีเอชเอต่อกรัมวีเอสเอสถูกสร้างในช่วงแอนแอโรบิกมากที่สุดในการทดลอง W/CL10 ส่วน W/CE10 และ W/OK10 พีเอชเอถูกสร้างขึ้นใกล้เคียงกัน ซึ่งทั้งนี้ น่าจะมาจากทั้ง 3 การทดลองมีปริมาณเอ็มแอลวีเอสเอสใกล้เคียงกัน (จะกล่าวรายละเอียดต่อไปในหัวข้อ 4.2.13) แต่พบว่า การทดลอง W/CL10 สามารถกำจัดฟอสฟอรัสออกได้มากที่สุด จึงเป็นไปได้ว่าจุลินทรีย์กลุ่มฟิเอโอมีสัดส่วนมากกว่าจุลินทรีย์กลุ่มโอเอชไอ ที่ไม่สามารถสร้างพีเอชเอได้ ทำให้การทดลองนี้สามารถสร้างพีเอชเอได้มากกว่าการทดลอง W/OK10 และ W/CE10 โดยที่ทั้ง 2 การทดลองดังกล่าวจะมีสัดส่วนของจุลินทรีย์กลุ่มฟิเอโอต่อจุลินทรีย์โอเอชไอต่ำกว่าของการทดลอง W/CL10 เพราะสร้างพีเอชเอได้ต่ำกว่า ซึ่ง Maurer และคณะ (1997) และ Danesh และคณะ (1997) ที่ได้กล่าวไว้ว่าจุลินทรีย์กลุ่มฟิเอโอสามารถสร้างพีเอชเอได้

และที่เอชเอทีสร้างขึ้นจะถูกใช้ไปในการกำจัดฟอสฟอรัสในช่วงแอโรบิก และจะเห็นได้ว่าที่เอชเอถูกใช้ ในการทดลอง W/CL10 มากที่สุดแสดงให้เห็นว่าที่เอชเอของการทดลอง W/CL10 ถูกใช้ในการกำจัด ฟอสฟอรัสมากที่สุด คือ 223.3 มก.ที่เอชเอ/กรัมวีเอสเอส ตามมาด้วย W/OK10 ที่ถูกใช้ไป 98.2 มก.ที่เอช เอ/กรัมวีเอสเอส และ W/CE10 ถูกใช้ไปน้อยที่สุด คือ 95 มก.ที่เอชเอ/กรัมวีเอสเอส ซึ่งผลของที่เอชเอที่ได้ นี้สอดคล้องกับปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดในแต่ละการทดลองและจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 4.1.11

4.2.11 ฟอสฟอรัส

การกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพเกิดขึ้นได้โดยการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มฟิเอโอ โดยเป็นที่ ทราบกันดีว่าจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะปลดปล่อยฟอสฟอรัสในช่วงแอโรบิกแล้วจึงใช้ฟอสฟอรัสในช่วงแอโร บิกในปริมาณที่มากกว่าที่ปล่อยออกมาในช่วงแอโรบิก (ดังรูปที่ 4.10) ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสใน ระบบที่สถานะคงตัว แสดงในตารางที่ 4.5

ในส่วนของ การทดลองที่เอสอาร์ที 5 วัน พบว่าระบบไม่สามารถเกิดการกำจัดฟอสฟอรัสที่ดีได้ ทั้งนี้เพราะไม่เกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสในช่วงแอโรบิกและการจับใช้ฟอสฟอรัสอย่างเต็มที่พอ ในช่วงแอโรบิกตามหลักการการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มฟิเอโอ แต่จากรูปที่ 4.10 (ก), (ข) และ (ค) พบว่ามีบาง ช่วงเกิดการปลดปล่อยและการจับใช้ฟอสฟอรัสได้นั้น เป็นเพราะว่ามีการเติมเซลล์ที่เป็นฟิเอโอลงไปเพิ่ม ในระบบทดแทนสัปดาห์ที่หลุดออกไปกับน้ำออกซึ่งมีปริมาณสูงมาก ดังนั้นเนื่องจากระบบที่เอสอาร์ที 5 วันไม่สามารถเกิดการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพได้จึงไม่กล่าวถึงในที่นี้

ตารางที่ 4.5 ฟอสฟอรัสและประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสที่สถานะคงตัว

การทดลองที่	ชื่อการทดลอง	สัดส่วนบีโอดี: ฟอสฟอรัสที่ได้จริง	ประสิทธิภาพการกำจัด ฟอสฟอรัส (%)	ฟอสฟอรัส * (มก./ลิตร)			ปริมาณฟอสฟอรัส ที่ถูกกำจัด (มก./ล.)
				น้ำเข้า	แอโรบิก	แอโรบิก	
4	W/CE10	45:1	70.00	6.0	27.2	1.8	4.2
5	W/OK10	20:1	61.07	14.9	61.7	5.8	9.1
6	W/CL10	5:1	35.02	47.4	88.2	30.8	16.6

หมายเหตุ: * สำหรับตัวอย่างน้ำเข้าเป็นการหาค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด ส่วนตัวอย่างอื่นๆ เป็นค่าฟอสฟอรัสละลาย (กรอง 0.45 μ)

จำนวนข้อมูล (n) ของทุกๆ การทดลองเท่ากับ 5

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสมีผลต่อการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ โดยที่การทดลอง W/CE10 มีสัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัส 45:1 มีประสิทธิภาพในการกำจัด ฟอสฟอรัสได้ดีที่สุด คือ 70 เปอร์เซ็นต์ ส่วน W/OK10 มีสัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัส 20:1 กำจัด ฟอสฟอรัสได้ 61 เปอร์เซ็นต์ (ซึ่งได้ต่ำกว่าที่ Randall และคณะ (1992) ได้กล่าวไว้ว่าที่สัดส่วนนี้เป็นสัดส่วน

ส่วนที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัส ทั้งนี้ถ้านิยามฐานว่าอาจจะเป็นเพราะอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิของน้ำในเมืองไทยมีค่าสูงกว่าของบริเวณทวีปยุโรปและอเมริกาจึงทำให้การกำจัดฟอสฟอรัสที่ได้ในการทดลองนี้มีประสิทธิภาพไม่เท่ากับที่ได้กล่าวไว้) และการทดลอง W/CL10 มีสัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสเพียง 5:1 มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสค่าที่สุกได้เพียง 35.เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลที่ได้มีสอดคล้องกับของ Sherrard และ Hawkins (1985) ที่พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสจะเพิ่มขึ้นถ้าสัดส่วนซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามในทางตรงกันข้ามการทดลอง W/CL10 ที่มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าที่สุกกลับมีค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดสูงสุด คือ 16.6 มก./ลิตร ซึ่งเป็นเพราะการทดลองนี้มีการสร้างพีเอชเอขึ้นมามากที่สุดในช่วงแอมโมโรบิก ส่วนการทดลอง W/OK10 ที่มีประสิทธิภาพมากกำจัดฟอสฟอรัสได้ 9.1 มก./ลิตร ส่วนการทดลอง W/CE10 ที่มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสสูงสุดกลับกำจัดฟอสฟอรัสได้เพียง 4.2 มก./ลิตร ดังนั้นถ้าหากจะทำการเปรียบเทียบการทำงานของระบบในแต่ละการทดลอง ไม่สามารถดูจากประสิทธิภาพเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำเสียที่ใช้ในแต่ละการทดลองมีปริมาณซีโอดีใกล้เคียงกันแต่แตกต่างกันที่ปริมาณฟอสฟอรัส

นอกจากนี้จากการหาสัดส่วนของฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดออกจากระบบต่อพีเอชเอที่ถูกใช้ไปในช่วงแอมโมโรบิกได้เป็นดังตารางที่ 4.6 ซึ่งมีค่าดังนี้ การทดลอง W/CE10, W/OK10 และ W/CL10 เท่ากับ 0.013, 0.026 และ 0.021 มก.ฟอสฟอรัส/มก.พีเอชเอ ตามลำดับ และการหาสัดส่วนของฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดในช่วงแอมโมโรบิกต่อพีเอชเอที่ถูกใช้ไป แสดงดังตารางที่ 4.6 เป็นดังนี้ การทดลอง W/CE10, W/OK10 และ W/CL10 เท่ากับ 0.076, 0.161 และ 0.074 มก.ฟอสฟอรัส/มก.พีเอชเอ ซึ่งผลของการกำจัดฟอสฟอรัสของการทดลอง W/OK10 และ W/CL10 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าที่ได้มีสอดคล้องกับปริมาณพีเอชเอที่ถูกใช้ไป กล่าวคือ การจับใช้ฟอสฟอรัสที่สภาวะแอมโมโรบิกสัมพันธ์กับปริมาณพีเอชเอของสัคค์ ส่วนในกรณีของการทดลอง W/CE10 สัดส่วนฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดออกจากระบบต่อพีเอชเอที่ถูกใช้มีค่าต่ำกว่าของการทดลองอื่นๆ ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะการทดลอง W/CE10 มีจุลชีพชนิดอื่นที่สามารถสร้างพีเอชเอได้แต่ไม่กำจัดฟอสฟอรัสปะปนอยู่กับจุลชีพกลุ่มฟิโอโอ แต่ในการทดลอง W/OK10 และ W/CL10 มีสัดส่วนของจุลชีพกลุ่มฟิโอโอต่อจุลชีพกลุ่มอื่นๆ ใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Liu และคณะ (1997) ที่พบว่าที่สัดส่วนฟอสฟอรัสต่อคาร์บอนสูงๆ (มีฟอสฟอรัสอยู่สูง) จะทำให้จุลชีพกลุ่มฟิโอโอเจริญเติบโตได้ดีกว่าจุลชีพกลุ่มฟิโอโอ และจากผลของสัดส่วนฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดในช่วงแอมโมโรบิกต่อพีเอชเอที่ถูกใช้ไป พบว่าของการทดลอง W/CE10 มีค่าใกล้เคียงกับ W/CL10 ทั้งนี้เป็นเพราะการทดลอง W/CE10 มีสัคค์ที่มีจุลชีพกลุ่มฟิโอโอที่สามารถสร้างพีเอชเอในช่วงแอมโมโรบิกโดยการใช้พลังงานจากกลัยโคเจนภายในเซลล์อยู่ในปริมาณสูงกว่าการทดลองอื่น จึงทำให้การทดลอง W/CE10 มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสและจับใช้ฟอสฟอรัสเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณพีเอชเอที่ถูกสร้างขึ้น นอกจากนี้การหา

สัดส่วนของฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดในช่วงแอโรบิกต่อซีโอดีที่ถูกใช้ไปทั้งหมดในช่วงแอนแอโรบิกและช่วงแอโรบิกได้เป็นดังนี้ การทดลอง W/CE10, W/OK10 และ W/CL10 เท่ากับ 0.076, 0.151 และ 0.178 มก.ฟอสฟอรัส/มก.ซีโอดี ตามลำดับ หรือคิดเป็นสัดส่วนซีโอดีที่ถูกใช้ไปต่อฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดในช่วงแอโรบิกได้ดังนี้ 13.158, 6.622 และ 5.618 มก.ซีโอดี/มก.ฟอสฟอรัส ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.6) ซึ่งจากสัดส่วนดังกล่าวพบว่ามีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดต่อพีเอชเอที่ถูกใช้ไปของการทดลอง W/OK10 และ W/CL10 กล่าวคือปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดสอดคล้องกับปริมาณซีโอดีที่ถูกใช้ไป และปริมาณพีเอชเอที่ถูกสร้างขึ้นในเซลล์ ทั้งนี้เป็นเพราะการสร้างพีเอชเอของจุลินทรีย์กลุ่มฟิโอโอมิมีความสัมพันธ์กับการจับใช้ซีโอดีในช่วงแอนแอโรบิก และกรณีการทดลอง W/CE10 ที่พบว่าค่าที่ได้ต่ำกว่าของการทดลองอื่นๆ เป็นเพราะเหตุผลเดียวกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้นที่ว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่นที่สามารถสร้างพีเอชเอได้จากการใช้ซีโอดี แต่เกิดการปลดปล่อยและเกิดการจับใช้ฟอสฟอรัสไม่ได้ ประเด็นอยู่ในสัดส่วนที่สูงกว่าของการทดลองอื่น ซึ่ง Liu และคณะ (1994) ได้กล่าวไว้ว่าจุลินทรีย์กลุ่มฟิโอโอมิเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถสังเคราะห์พีเอชเอได้จากการใช้สารอาหารในช่วงแอนแอโรบิกและพลังงานจากกลัยโคเจนภายในเซลล์

ตารางที่ 4.6 สัดส่วนต่างๆ ที่สถานคงดัวของแต่ละการทดลอง

การทดลอง	$\Delta P_{\text{org}}/\Delta \text{PHA}$ (mgP/mgPHA)	$\Delta P_{\text{org}}/\Delta \text{PHA}$ (mgP/mgPHA)	$\Delta P_{\text{org}}/\Delta \text{COD}_{\text{opt}}$ (mgP/mgCOD)	$\Delta \text{COD}_{\text{opt}}/\Delta P_{\text{org}}$ (mgCOD/mgP)	$\Delta P_{\text{rel}}/\Delta \text{COD}_{\text{opt}}$ (mgP/mgCOD)	$\Delta \text{COD}_{\text{opt}}/\Delta P_{\text{rel}}$ (mgCOD/mgP)
W/CE10	0.013	0.076	0.076	13.158	0.073	13.699
W/OK10	0.026	0.161	0.151	6.622	0.164	6.098
W/CL10	0.021	0.074	0.178	5.618	0.162	6.173

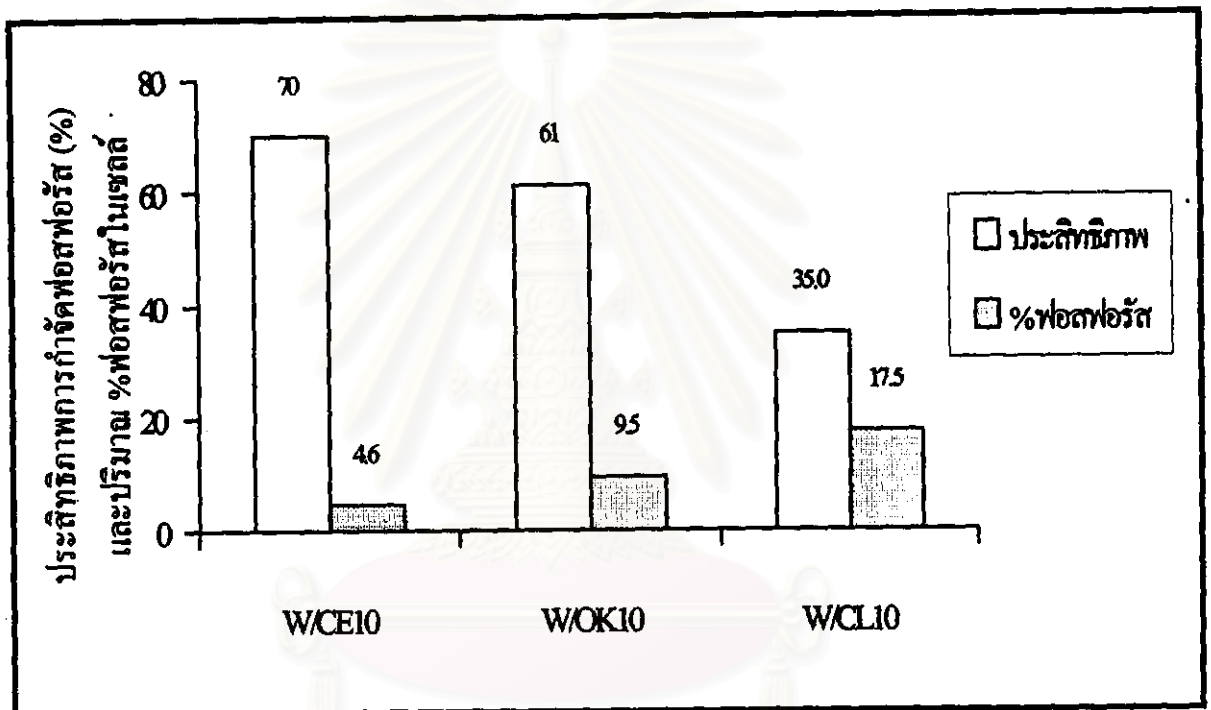
หมายเหตุ: วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ญ.

จากรูปที่ 4.9 และ 4.10 ของการทดลอง W/CE10, W/OK10 และ W/CL10 พบความสัมพันธ์ของฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยออกมาในช่วงแอนแอโรบิกกับปริมาณซีโอดีที่ถูกใช้ไปในช่วงแอนแอโรบิก กล่าวคือ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองจุลินทรีย์ยังไม่สามารถจับใช้ซีโอดีได้ดีในช่วงแอนแอโรบิกส่งผลให้ในช่วงนั้นการปลดปล่อยฟอสฟอรัสเกิดขึ้นไม่เต็มที่เท่าที่ควร แต่เมื่อจุลินทรีย์สามารถจับใช้ซีโอดีได้ดีมากปลดปล่อยฟอสฟอรัสจึงดีขึ้น จากผลของการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่ดีขึ้นทำให้เกิดการจับใช้ฟอสฟอรัสในช่วงแอโรบิกได้ดีตามมา ที่สถานะคงดัวของแต่ละการทดลอง พบว่ามีสัดส่วนของฟอสฟอรัสที่ถูกปลดปล่อยต่อซีโอดีที่ถูกใช้ไปดังนี้ 0.073, 0.164 และ 0.162 มก.ฟอสฟอรัส/มก.ซีโอดี และในทางกลับกันมีสัดส่วนของซีโอดีที่ถูกใช้ไปต่อฟอสฟอรัสที่ถูกปลดปล่อยดังนี้ 13.699, 6.098 และ 6.173 มก.ซีโอดี/มก.ฟอสฟอรัส ของการทดลอง W/CE10, W/OK10 และ W/CL10 ตามลำดับ ซึ่งผลของสัดส่วนที่ได้ของทั้ง 3 การทดลองสนับสนุนเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น ที่ว่าการทดลอง W/OK10 และ W/CL10 มีสัดส่วนของจุลินทรีย์กลุ่มฟิโอโอมิในสัดตั้งใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพราะทั้งสองการทดลองมีเอ็มแอลเอสใกล้เคียง

กัน การสร้างพีเอชเอที่เกิดจากจุดชีพพวกพีเอไอ ซึ่งทำให้มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาต่อซีโอดีที่ถูกใช้ไปมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนการทดลอง W/CE10 มีค่าแตกต่างจากการทดลองอื่น เพราะมีจุดชีพกลุ่มอื่นที่สร้างพีเอชเอได้ปะปนอยู่ในสัคคิ์สูงกว่าของทั้ง 2 การทดลองที่ได้กล่าวมา (แสดงในตารางที่ 4.6)

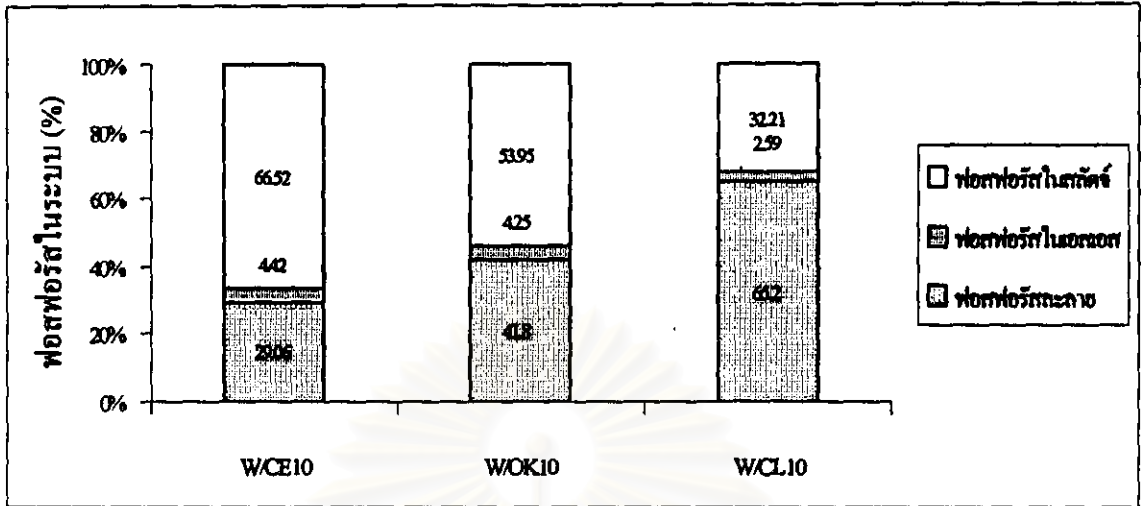
4.2.12 ปริมาณฟอสฟอรัสในสัคคิ์

การหาปริมาณฟอสฟอรัสในมวลจุดชีพในระบบเป็นอีกวิธีทางหนึ่งในการศึกษาหาค่าปริมาณจุดชีพกลุ่มพีเอไอ ซึ่งโดยทั่วไปจุดชีพกลุ่มนี้มีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเซลล์ได้สูงถึงร้อยละ 4-12 ของน้ำหนักตัวแห้ง (WEF Manual of Practice, 1992)



รูปที่ 4.16 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพและปริมาณเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเซลล์ที่ถังแอโรบิกที่สถานะคงตัว

จากรูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นถึงปริมาณฟอสฟอรัสในเอ็มแอลวีเอสเอทที่ถังแอโรบิกของแต่ละการทดลอง ซึ่ง W/CE10, W/OK10 และ W/CL10 มีค่าเท่ากับ 4.6, 9.5 และ 17.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จึงกล่าวได้ว่าน้ำเสียเข้าที่มีปริมาณคาร์บอนจำกัดแต่มีปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเข้าสูง สามารถทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสในเซลล์ได้สูงกว่าหรืออีกนัยหนึ่ง คือ สัคคิ์ส่วนซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่ำๆ ทำให้ฟอสฟอรัสสะสมในสัคคิ์ได้สูงขึ้น เนื่องมาจากเกิดการคัดพันธุ์ที่เป็นพีเอไอให้มีสัคคิ์ส่วนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานของ Liu และคณะ (1997) ที่พบว่า การเพิ่มสัคคิ์ส่วนของฟอสฟอรัสต่อคาร์บอนมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในเซลล์เพิ่มขึ้น

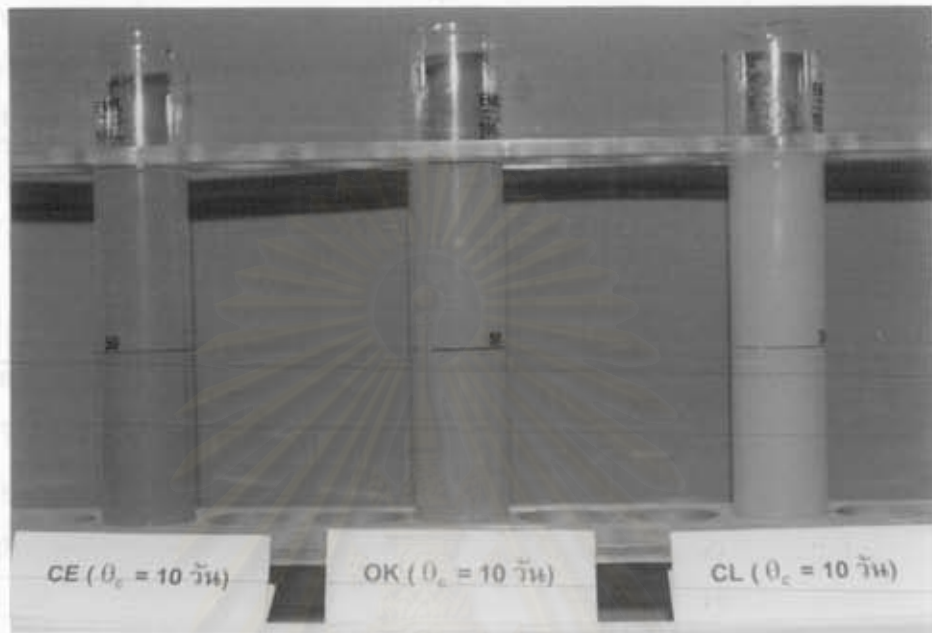


รูปที่ 4.17 ฟอสฟอรัสในระบบของแต่ละการทดลอง

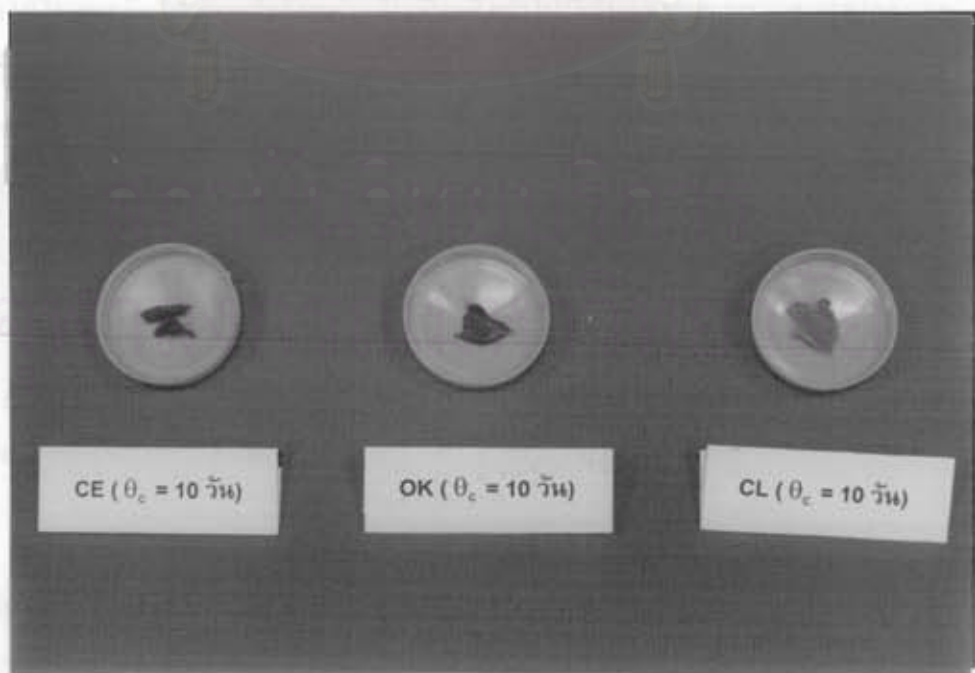
จากปริมาณฟอสฟอรัสที่ได้และปริมาณฟอสฟอรัสในสลัดจ์ที่ได้ เมื่อทำการควบคุมฟอสฟอรัสของแต่ละการทดลอง (แสดงรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ก.) พบว่าเป็นดังรูปที่ 4.17 ซึ่งจากการเทียบสัดส่วนเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ของแต่ละการทดลองแล้วพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ออกไปกับสลัดจ์ส่วนเกินของการทดลอง W/CE10 มีค่าสูงที่สุด และของการทดลอง W/CL10 มีค่าต่ำที่สุด ในทางตรงกันข้ามปริมาณฟอสฟอรัสตะกอนของการทดลอง W/CE10 มีค่าต่ำที่สุด และ W/CL10 มีค่าสูงที่สุด ค่าที่ได้ดังกล่าวสอดคล้องกับผลของการกำจัดฟอสฟอรัสของแต่ละการทดลอง

4.2.13 เอ็มแอลเอสเอส (MLSS), เอ็มแอลวีเอสเอส (MLVSS) และอัตราส่วนเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอส

ในงานวิจัยนี้เชื้อที่นำมาใช้เป็นเชื้อที่มีจุลชีพกลุ่มฟิเอโอรวมอยู่ ซึ่งจากการสังเกตลักษณะทางกายภาพของสลัดจ์ในแต่ละการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันพอสมควร โดยในการทดลองที่ 4, 5 และ 6 ที่เอสอาร์ที่ 10 วัน พบว่า สลัดจ์ของทั้ง 3 การทดลองแตกต่างกัน สลัดจ์ของการทดลอง W/CE10 มีสีน้ำตาลเข้มจับตัวกันเป็นฟล็อกที่ดี มีกลิ่นคาวเล็กน้อย สลัดจ์ของการทดลอง W/OK10 สีอ่อนกว่า W/CE10 เล็กน้อยฟล็อกจับตัวกันได้ดี มีกลิ่นคาวเล็กน้อยเช่นกัน สลัดจ์ของการทดลอง W/CL10 จะแตกต่างจากทั้ง 2 การทดลองแรกมาก คือ สีค่อนข้างขาวกว่า ซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่ 4.18 เมื่อนำสลัดจ์จากทั้ง 3 การทดลองมาอบแห้งที่ 105 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 4.19 สลัดจ์จาก W/CL10 จะไม่เป็นก้อนแข็งเมื่อสลัดจ์ได้ละเอียดจับตัวกันแน่นเหมือนกับสลัดจ์จาก W/CE10 และ W/OK10 แต่ละมีลักษณะเป็นเม็ดหยาบ ๆ จับตัวกันอย่างหลวม ๆ เพราะแฉะแตกหักง่าย ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าสลัดจ์ที่ได้จาก W/CL10 จะมีส่วนผสมของแมกนีเซียมและที่ได้จากการดูดซึมของจุลชีพกลุ่มฟิเอโออยู่ในปริมาณสูง



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของสัต์จ้จากด้งแอโรบิก



รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของสัต์จ้จากด้งแอโรบิกหลังจากอบที่ 105 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.7 เอ็มแอลเอสเอส, เอ็มแอลวีเอสเอส และอัตราส่วนเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสเฉลี่ย ที่
สถานะคงตัว

การทดลอง	MLSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)	MLVSS/MLSS (%)
W/CE10	4160	3462	83.94
W/OK10	4442	3544	79.80
W/CL10	6756	3492	51.24

หมายเหตุ: จำนวนข้อมูล (n) ของทุกๆ การทดลองเท่ากับ 5

จากรูปที่ 4.11 และตารางที่ 4.7 พบว่าเอ็มแอลวีเอสเอสกับเอ็มแอลเอสเอส ของการทดลองที่ 4, 5 และ 6 (รูปที่ 4.11 ง, จ และ ฉ) มีค่าเอ็มแอลเอสเอสกับเอ็มแอลวีเอสเอสแตกต่างกัน พบว่าสถิติที่สถานะคงตัวเฉลี่ยจาก W/CL10 มีค่าเอ็มแอลเอสเอสสูงที่สุด รองลงมาคือสถิติจาก W/OK10 และที่น้อยที่สุดจาก W/CE10 เท่ากับ 6756, 4442 และ 4160 มก./ลิตร ตามลำดับ ส่วนค่าเอ็มแอลวีเอสเอสที่สถานะคงตัวเฉลี่ยของทั้ง 3 การทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 3492, 3544 และ 3462 มก./ลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะมีชีโอคลีนน้ำเข้าใกล้เคียงกันในขณะที่มีปริมาณฟอสฟอรัสไม่เท่ากัน ส่งผลให้อัตราส่วนเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสของ W/CE10 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 83.94 เปอร์เซ็นต์ W/OK10 เท่ากับ 79.80 เปอร์เซ็นต์ และต่ำที่สุดที่การทดลอง W/CL10 เพียง 51.24 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการทดลองที่มีสัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่ำ (มีฟอสฟอรัสอยู่สูง) สามารถจับใช้ฟอสฟอรัสได้ในปริมาณสูง ทำให้มีเอ็มแอลเอสเอสเพิ่มขึ้นมากและมีอัตราส่วนเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสต่ำ เพราะเกิดการคัดพันธุ์ทำให้มีฟิเอโออยู่มากซึ่งที่เป็นเช่นนี้เพราะจุลชีพกลุ่มฟิเอโอจะดึงคาร์บอนขึ้นมาใช้และไปแคสเซียมเพื่อใช้ในการจับใช้ฟอสฟอรัสอย่างหุนเพื่อจึงทำให้มีเอ็มแอลเอสเอสมากกว่าปกติและมีอัตราส่วนเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสต่ำ (Jardin และ Popel, 1997 และ Wentzel และ Ekama, 1997) ขณะที่การทดลองอื่นๆ มีจุลชีพฟิเอโอลดลงตามลำดับทำให้มีฟอสฟอรัสสะสมน้อยส่งผลให้เอ็มแอลเอสเอสต่ำลงและเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสสูงขึ้น

4.2.14 ค่าของแข็งแขวนลอย ค่าเอสวี 30 และค่าเอสวีโอ

การวัดค่าของแข็งแขวนลอยของการทดลองนี้ทำการวัดเฉพาะในน้ำออก ค่าเอสวี 30 (Sludge Volume 30, SV30) และค่าเอสวีโอ (Sludge Volume Index, SVI) วัดที่ถังแอโรบิกเท่านั้น โดยค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ค่า ของแต่ละการทดลองที่สถานะคงตัว แสดงในตารางที่ 4.8

จากผลการทดลอง พบว่า การทดลอง W/CE10 มีของแข็งแขวนลอยออกไปกับน้ำออกน้อยที่สุดและมีการตกตะกอนได้ดี ส่วนการทดลอง W/OK10 มีของแข็งแขวนลอยออกไปกับน้ำออกบ้างแต่มีการตกตะกอนได้แก่ที่ต่ำในการทดลองทั้งหมด อย่างไรก็ตามสถิติสามารถตกตะกอนได้ดี การทดลอง W/CL10 มีการตกตะกอนได้ดีแต่มีของแข็งแขวนลอยในน้ำออกสูงกว่าการทดลองอื่นๆ นอกจากนี้ น้ำที่

ออกจากระบบของการทดลองนี้มีลักษณะขุ่นไม่ใสเท่ากับของการทดลองอื่น ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการทดลอง W/CL10 นี้มีเอ็มแอลเอสเอสอยู่ในปริมาณสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองอื่น

ตารางที่ 4.8 ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย ค่าเอสวี 30 เฉลี่ย และค่าเอสวีไอเฉลี่ยที่สถานะคงตัว

การทดลองที่	ชื่อการทดลอง	ของแข็งแขวนลอย (มก./ลิตร)	เอสวี 30 (มิลลิลิตร/ลิตร)	เอสวีไอ (มิลลิลิตร/กรัม)
4	W/CE10	6.9	170	40.9
5	W/OK10	8.8	284	63.9
6	W/CL10	13.6	284	42.0

หมายเหตุ : จำนวนข้อมูล (n) ของทุกการทดลองเท่ากับ 5

4.2.15 อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะและอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะ

การหาอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะและอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะในการทดลองนี้ทำการทดลองแบบแบคซ์โคโดยวิธีทดลองและรายละเอียดในการทดลองส่วนนี้แสดงในภาคผนวก ก. ในการทดลองใช้สัปดาห์จากระบบที่สถานะคงตัวจากการทดลองที่ 4, 5 และ 6 โดยการหาการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจะทำในสภาวะแอนแอโรบิกและการหาอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสทำในสภาวะแอโรบิก ผลอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสและการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะในช่วงเริ่มต้นแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสและจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะเริ่มต้น

การทดลองที่	ชื่อการทดลอง	อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะเริ่มต้น		อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะเริ่มต้น	
		mgP/gVSS-min	gP/gVSS-d	mgP/gVSS-min	gP/gVSS-d
4	W/CE10	0.27	0.39	0.88	1.27
5	W/OK10	0.54	0.78	1.39	2.00
6	W/CL10	1.00	1.44	1.50	2.16

จะเห็นได้ว่าอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะเริ่มต้นและอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะเริ่มต้นแปรตามสัดส่วนของบีโอดีต่อฟอสฟอรัสในน้ำเสีย โดยที่สัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่ำระบบจะมีอัตราสูงกว่าที่สัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสสูงๆ ซึ่งผลของอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะที่ได้สอดคล้องกับผลของอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะ กล่าวคือหากมีอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสสูงจะมีอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสสูงเช่นเดียวกัน

4.3 ผลการทดลองแบบแบบค้ำและวิเคราะห์ผล

การทดลองแบบแบบค้ำได้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อดูผลของการใช้ระยะเวลาการเติมอากาศต่อค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สำคัญในการกำจัดฟอสฟอรัสและจัดการสัคคัลส์ส่วนเกิน

4.3.1 ฟอสฟอรัสและปริมาณฟอสฟอรัสในเซดจ์

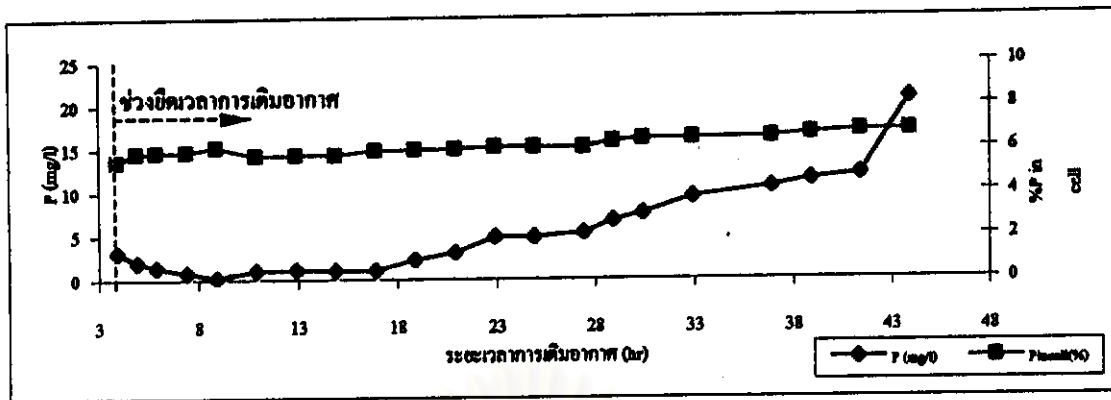
เมื่อทำการทดลองแบบแบบค้ำเพื่อหาระยะเวลาการเติมอากาศที่ดีที่สุดในการกำจัดฟอสฟอรัสผลของปริมาณฟอสฟอรัสในเซดจ์ที่ระยะเวลาต่างๆ ของการเติมอากาศเป็นดังรูปที่ 4.20 และตารางที่ 4.10 ตารางที่ 4.10 ผลของการใช้ระยะเวลาการเติมอากาศต่อปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณฟอสฟอรัสในเซดจ์ ในช่วง 19 ชั่วโมงแรกของการเติมอากาศ

ระยะเวลาการเติมอากาศ (ชั่วโมง)	W/CE10		W/OK10		W/CL10	
	ฟอสฟอรัส (มก./ลิตร)	%ฟอสฟอรัส ในเซดจ์	ฟอสฟอรัส (มก./ลิตร)	%ฟอสฟอรัส ในเซดจ์	ฟอสฟอรัส (มก./ลิตร)	%ฟอสฟอรัส ในเซดจ์
4	2.9	5.34	4	8.37	28.8	20.49
5	1.8	5.73	1.9	8.67	9.4	20.66
6	1.2	5.76	2.9	8.66		
6.5					5	21.72
7.5	0.6	5.78	3.8	8.66		
8					6.8	21.29
9	0	5.99	4.7	8.66		
9.5					10.5	20.62
11	0.8	5.62	6	8.65	10.9	20.21
13	0.9	5.64	8.6	8.65	12.8	20.82
15	0.8	5.65	12.8	8.66	13.4	20.94
17	0.8	5.84	14.3	8.72	17.3	20.94
19	2	5.87	15	8.8	21.1	20.68

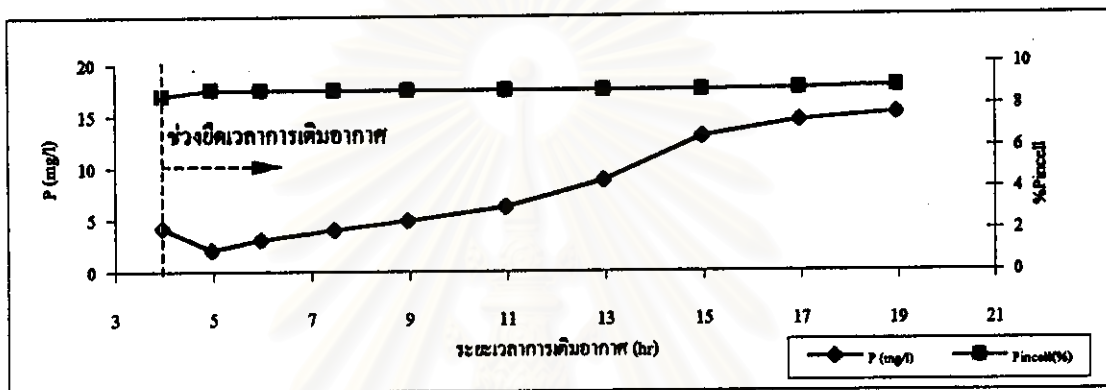
เมื่อทำการใช้ระยะเวลาการเติมอากาศออกไป พบว่าทุกๆ การทดลองสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้เพิ่มขึ้นอีกเช่นการทดลอง W/CE10 ที่ระยะเวลาการเติมอากาศ 4 ชั่วโมงสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้เหลือ 2.9 มก./ลิตร แต่เมื่อใช้ระยะเวลาการเติมอากาศออกไปอีก 5 ชั่วโมงรวมระยะเวลาการเติมอากาศ 9 ชั่วโมง พบว่าสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้หมดเหลือ 0 มก./ลิตร และเมื่อถึงช่วงเวลาดังกล่าวจะสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีที่สุด ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับของ Stephens และ Stensel (1998) ที่พบว่าการใช้ระยะเวลา

การเติมอากาศจาก 3 ชั่วโมงเป็น 7 ชั่วโมง ทำให้เกิดการกำจัดฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นการกำจัดฟอสฟอรัสจะลดลงไปเรื่อยๆ เช่นการทดลอง W/CE10 ที่พบว่าหากชั้เวลาการเติมอากาศออกไปเกินกว่า 5 ชั่วโมง (ที่ระยะเวลาการเติมอากาศมากกว่า 9 ชั่วโมงขึ้นไป) จะทำให้มีฟอสฟอรัสตกอยู่ในน้ำเสียเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสเกิดขึ้นอีกครั้ง ซึ่งผลที่ได้นี้แตกต่างจากผลการทดลองของ Brdjanovic และคณะ (1998) ที่ได้ทำการชั้เวลาการเติมอากาศจาก 2.25 ชั่วโมงเป็น 30 ชั่วโมง แล้วพบว่ากำจัดฟอสฟอรัสคงที่ กล่าวคือไม่มีการจับใช้ฟอสฟอรัสเพิ่มและไม่มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมา สันนิษฐานว่าจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบไม่มีสารอาหารพอเพียงสำหรับการดำรงชีพ จึงมีการปลดปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ในเซลล์ในรูปโพลีฟอสเฟตออกมาและจุลินทรีย์ส่วนที่ตายไปเกิดการย่อยสลายแบบแอโรบิกและเป็นอาหารสำหรับจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่ ซึ่งมีผลทำให้ฟอสฟอรัสที่ถูกปล่อยออกมามีมากขึ้นกว่าที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการเจริญเติบโตและการดำรงชีพ ฟอสฟอรัสที่เหลือจึงมารวมอยู่ในน้ำเสีย ส่งผลให้มีฟอสฟอรัสในน้ำเพิ่มขึ้น ระยะเวลาการเติมอากาศที่ทำให้เกิดการกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีที่สุดของแต่ละการทดลองเป็นดังนี้ การทดลอง W/CE10 ที่ชั่วโมงที่ 9 ของการเติมอากาศ W/OK10 และ W/CL10 ที่ชั่วโมงที่ 5 และ 6.5 ตามลำดับ ที่ชั่วโมงที่ดีที่สุดดังกล่าวทำให้การทดลอง W/CE10 กำจัดฟอสฟอรัสได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วน W/OK10 และ W/CL10 กำจัดฟอสฟอรัสได้เพิ่มขึ้นแต่ได้ไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ คือได้เพียง 87.25 เปอร์เซ็นต์ และ 89.46 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพีเอชเอทีที่สะสมไว้จากช่วงแอนแอโรบิกหมด

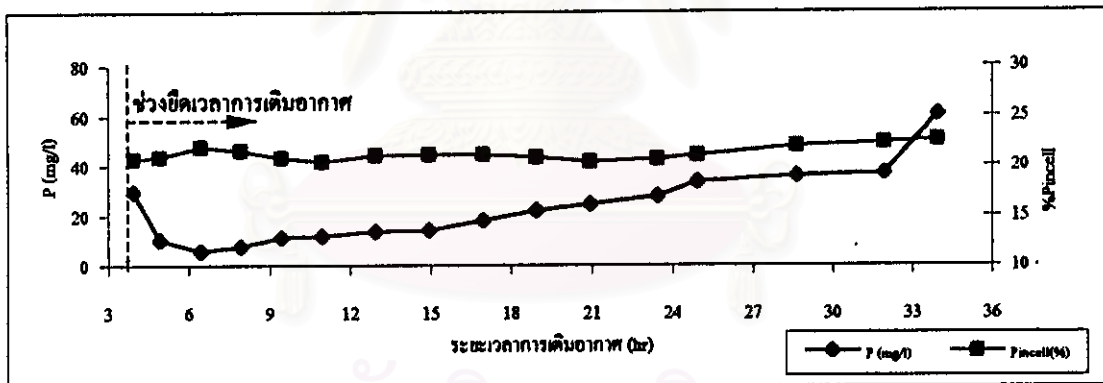
การทดลอง W/CE10 (รูปที่ 4.20 (ก)) เมื่อทำการชั้เวลาการเติมอากาศออกไปจนถึงชั่วโมงที่ 9 นอกจากจะมีการกำจัดฟอสฟอรัสที่ดีที่สุดแล้ว มีฟอสฟอรัสตกเหลือ 0 มก./ลิตร ยังมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเซลล์สูงที่สุดด้วย คือ 5.99 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาออกไปมากกว่า 9 ชั่วโมงจะทำให้การกำจัดฟอสฟอรัสตกลงพร้อมกับเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเซลล์ตกลงด้วย สำหรับการทดลอง W/OK10 (รูปที่ 4.20 (ข)) มีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเซลล์สูงที่สุด 8.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ช่วงกันกับที่มีการกำจัดฟอสฟอรัสที่ดีที่สุดเมื่อเติมอากาศได้ 5 ชั่วโมง เหลือฟอสฟอรัสตกเหลือ 1.9 มก./ลิตรและประสิทธิภาพจะลดลงหากเพิ่มระยะเวลาการเติมอากาศออกไปอีก ส่วนการทดลองสุดท้าย W/CL10 (รูปที่ 4.20 (ค))พบว่าเติมอากาศให้ได้ 6.5 ชั่วโมงจะทำให้เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเซลล์สูงที่สุดถึง 21.72 เปอร์เซ็นต์ และมีการกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีที่สุด มีฟอสฟอรัสตกเหลืออยู่เพียง 5 มก./ลิตร จากนั้นหากเติมอากาศอีกเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเซลล์จะลดลงพร้อมกับการลดลงของประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Montgomery (1990) ที่พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในเซลล์ที่ระยะเวลาการเติมอากาศนานๆ มีค่าน้อยกว่าที่ระยะเวลาการเติมอากาศสั้นๆ เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะการชั้เวลาการเติมอากาศในนานออกไปจะทำให้เกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาภายนอกเซลล์ อย่างไรก็ตามถ้าหากชั้ระยะเวลาการเติมอากาศให้นานออกไปอีกเรื่อยๆ พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสในเซลล์สูงขึ้นทั้งๆที่มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมา ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณสตัคซ์ทั้งเอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสตกลงอย่างมากถ้าเติมอากาศต่อไปโดยไม่มีการเพิ่มสารอาหารลงไป



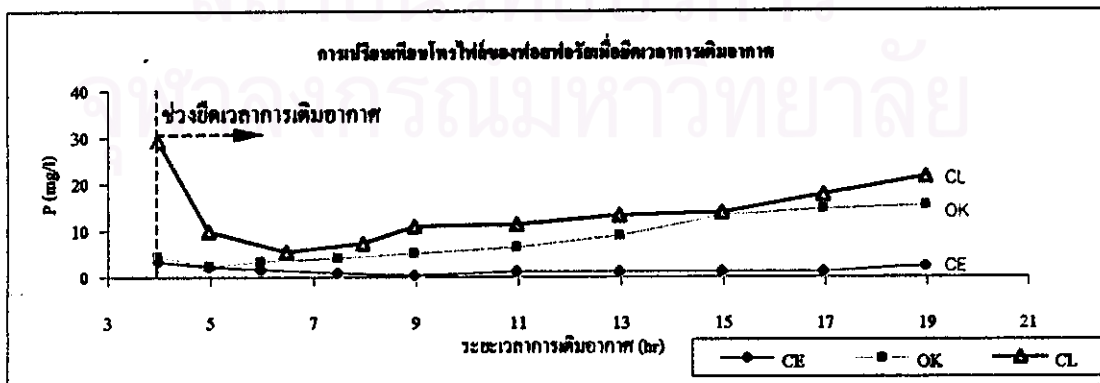
(ก)



(ข)



(ค)

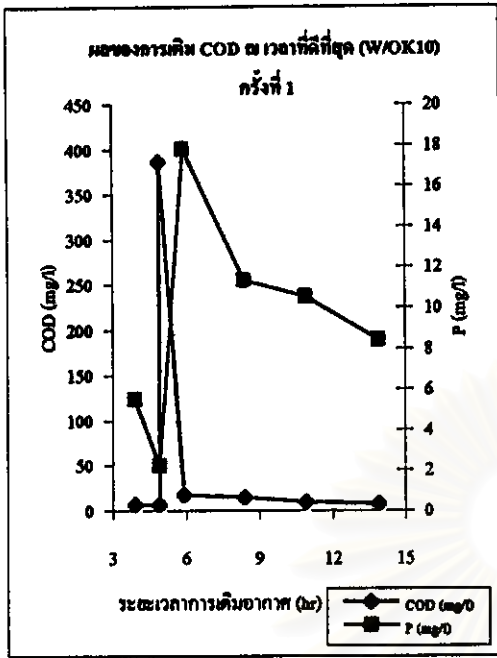


(ง)

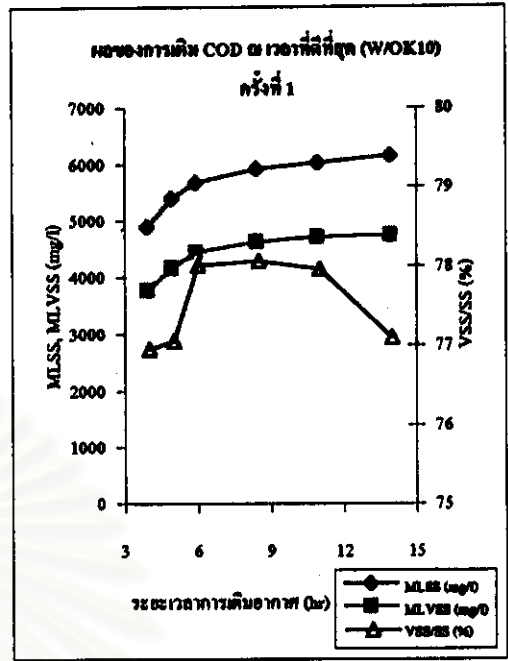
รูปที่ 4.20 โพรไฟล์ของฟอสฟอรัสและปริมาณฟอสฟอรัสในเซลล์เมื่อหยุดเวลาการเติมอากาศ (ก) W/CE10 (ข) W/OK10 (ค)W/CL10 และ(ง) เปรียบเทียบ 3 การทดลองในช่วง 19 ชั่วโมงของการเติมอากาศ

ผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงข้อดีของการใช้ระยะเวลาการเติมอากาศ ในกรณีที่ต้องการฟอสฟอรัสไปเป็นปุ๋ยสำหรับพืช สถิติที่มีฟอสฟอรัสอยู่มากจะมีประโยชน์ต่อพืชมาก ดังนั้นการนำเอาสถิติส่วนเกินมาเติมอากาศออกไปจนถึงจุดที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละสถิติส่วนซีโอคือฟอสฟอรัสในน้ำเสียจะทำให้สามารถได้สถิติที่มีฟอสฟอรัสสูง ส่วนน้ำใสที่จะนำไปทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติก็จะมีปริมาณฟอสฟอรัสตกลง จึงควรหาระยะเวลาการเติมอากาศที่เหมาะสม ซึ่งน่าจะขึ้นอยู่กับอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสและปริมาณฟอสฟอรัสที่ต้องการให้ถูกกำจัดออกไปนั่นเอง จากการที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำออกตกลงทำให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากฟอสฟอรัสต่อแหล่งรับน้ำธรรมชาติจะลดลงด้วย นอกจากนี้ถ้าต้องการให้ได้ฟอสฟอรัสในสถิติหลายๆ ควรปรับปรุงลักษณะของน้ำเสียที่จะเข้าระบบให้มีสถิติส่วนซีโอคือฟอสฟอรัสต่ำๆ เกือบจนจึงนำมาบำบัดด้วยกระบวนการแอนแอมโรบิก/เอโรบิก กล่าวคือทำการปรับปรุงน้ำเสียให้มีซีโอคีนน้ำเข้าที่จำกัดต่อการกำจัดฟอสฟอรัส โดยการกำจัดซีโอคือออกจากระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นก่อน เพื่อลดซีโอคีน จากนั้นจึงนำน้ำเสียที่มีสถิติส่วนแหล่งคาร์บอนจำกัดเข้าไปบำบัดด้วยกระบวนการแอนแอมโรบิก/เอโรบิกต่อไป แต่อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงปริมาณของฟอสฟอรัสในน้ำออกด้วยว่าเกินมาตรฐานหรือไม่

ส่วนผลการทดลองแบบแบคซ์เพื่อดูผลของการเติมซีโอคีนลงไป เมื่อระบบเดินมาถึงเวลาที่ตีที่สุดในการกำจัดฟอสฟอรัสแล้วของการทดลอง W/OK10 และ W/CL10 โดยเติมซีโอคีนเพิ่มในการทดลอง W/OK10 อีกประมาณ 400 มก./ลิตร และการทดลอง W/CL10 อีกประมาณ 2700 มก./ลิตรเพื่อให้มีปริมาณซีโอคีนรวมของระบบคือฟอสฟอรัสเท่ากับการทดลอง W/CE10 (บีโอคีนคือฟอสฟอรัสเท่ากับ 45:1) ที่เมื่อใช้ระยะเวลาการเติมอากาศออกไปแล้วสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จึงเกิดข้อสันนิษฐานว่าการที่จุดซีพีสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีถึง 100 เปอร์เซ็นต์เป็นเพราะมีซีโอคีนที่มากพอต่อการกำจัดฟอสฟอรัสให้หมดลงได้ ดังนั้นเป็นไปได้หรือไม่ว่าถ้าหากทำการเพิ่มซีโอคีนในรูปโซเดียมอะซิเตดลงไปในการทดลอง W/OK10 และ W/CL10 แล้วจะมีการกำจัดฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น การทดลองแบบแบคซ์เพื่อดูผลของการเติมซีโอคีนจึงเกิดขึ้นโดยในครั้งแรกได้ทำการเติมซีโอคีนลงไป ณ ระยะเวลาการเติมอากาศที่ตีที่สุดในการกำจัดฟอสฟอรัสของแต่ละการทดลอง พร้อมทั้งใช้ระยะเวลาการเติมอากาศออกไปอีก แต่ใช้ออกไปแค่ 10 ชั่วโมง รวมระยะเวลาการเติมอากาศเป็น 14 ชั่วโมง ซึ่งพบว่ากลับเกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาทำให้มีข้อสันนิษฐานว่าเหตุที่เกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสนั้นเป็นเพราะเกิดสภาวะแอนแอมโรบิกหรือไม่ จึงได้ทำการทดลองแบบแบคซ์อีกครั้งในครั้งที่ 2 โดยในครั้งนี้ได้ทำการวัดค่าดีไอและพีเอชด้วย



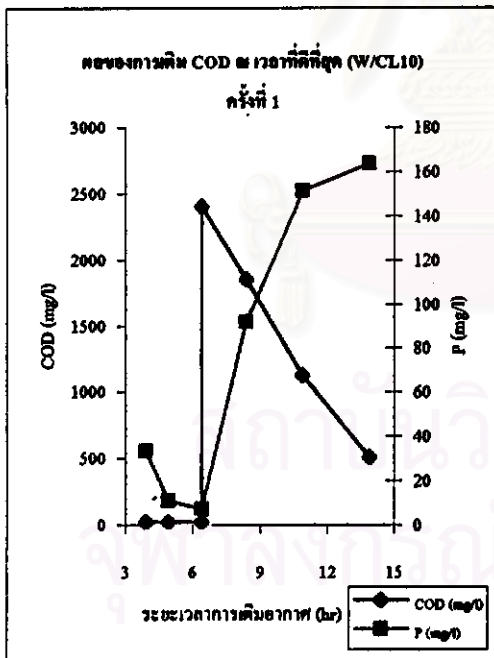
(ก)



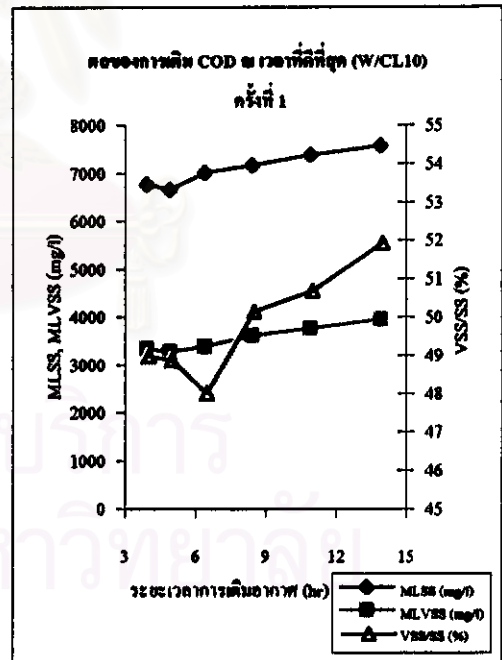
(ข)

รูปที่ 4.21 ผลของการเติมซีโอดีเพิ่มเติม ณ เวลาการเติมอากาศที่ดีที่สุดของการทดลอง W/OX10 ครั้งที่ 1

(ก) ค่าปริมาณฟอสฟอรัสและซีโอดี (ข) ค่าปริมาณ MLSS, MLVSS และ %VSS/SS



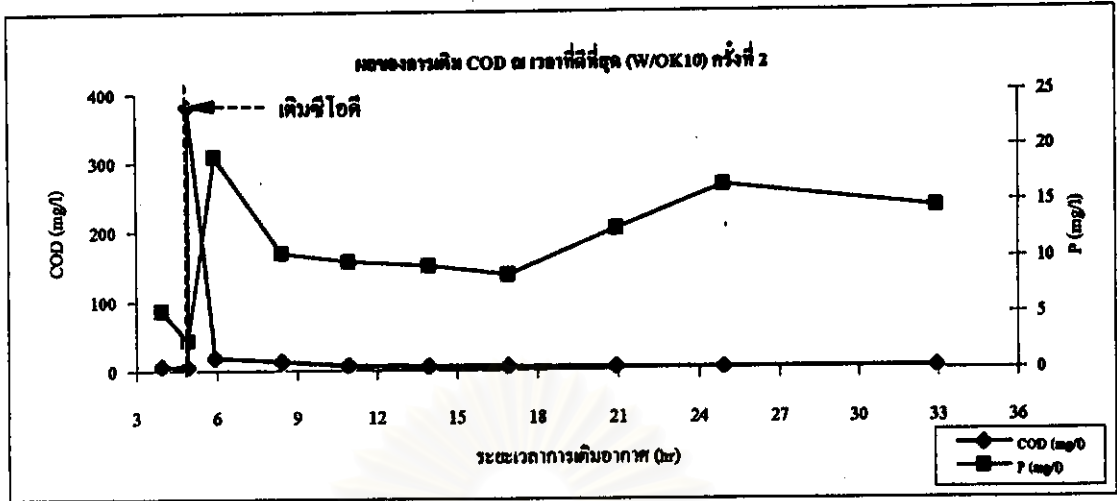
(ก)



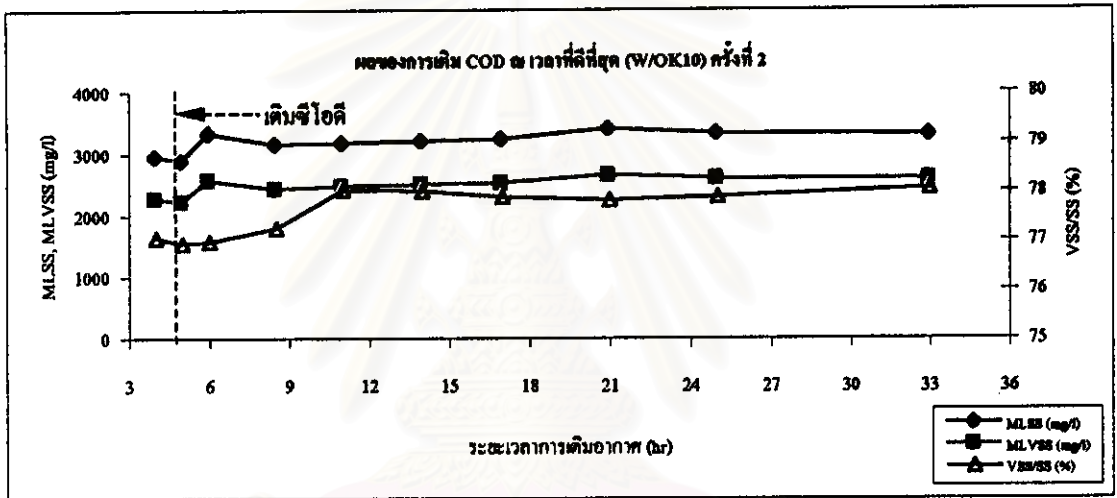
(ข)

รูปที่ 4.22 ผลของการเติมซีโอดีเพิ่มเติม ณ เวลาการเติมอากาศที่ดีที่สุดของการทดลอง W/CL10 ครั้งที่ 1

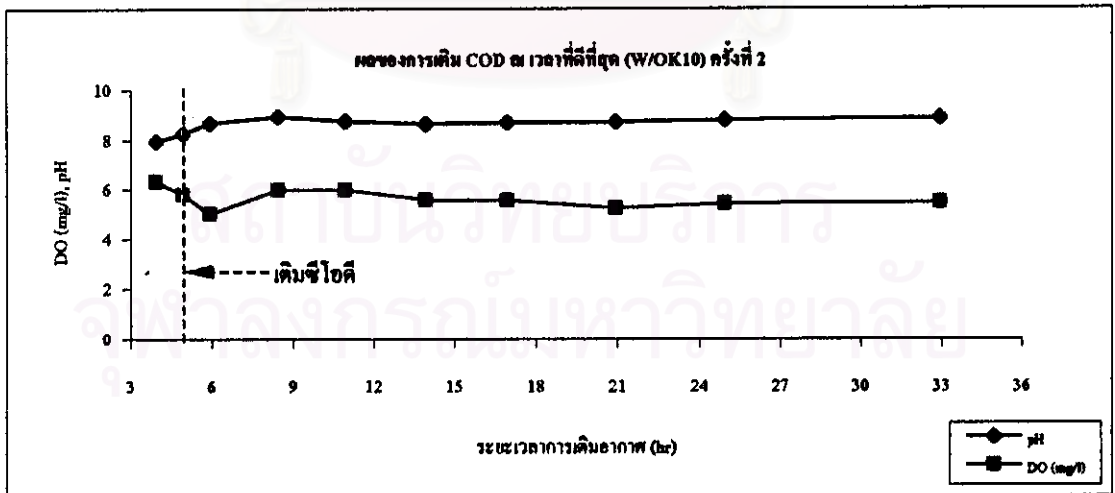
(ก) ค่าปริมาณฟอสฟอรัสและซีโอดี (ข) ค่าปริมาณ MLSS, MLVSS และ %VSS/SS



(ก)

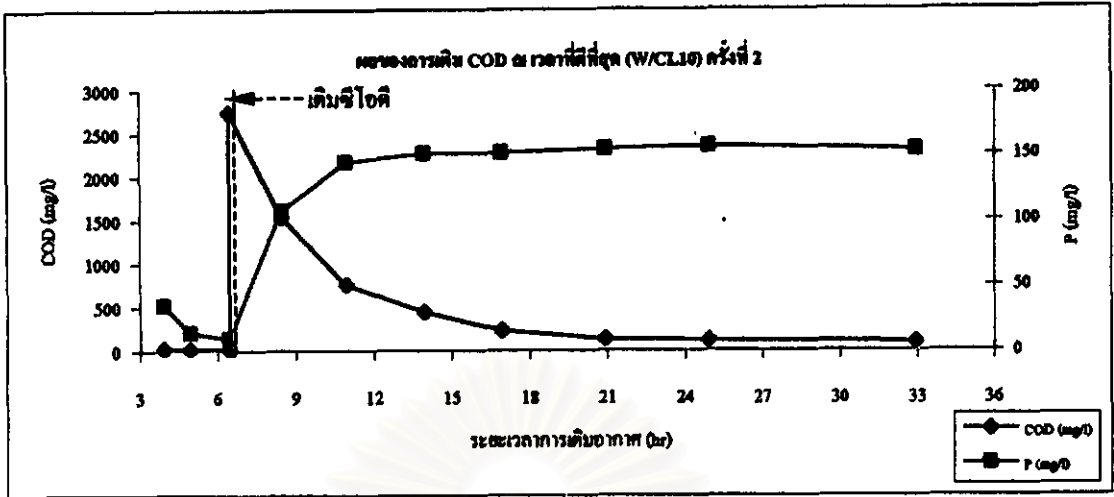


(ข)

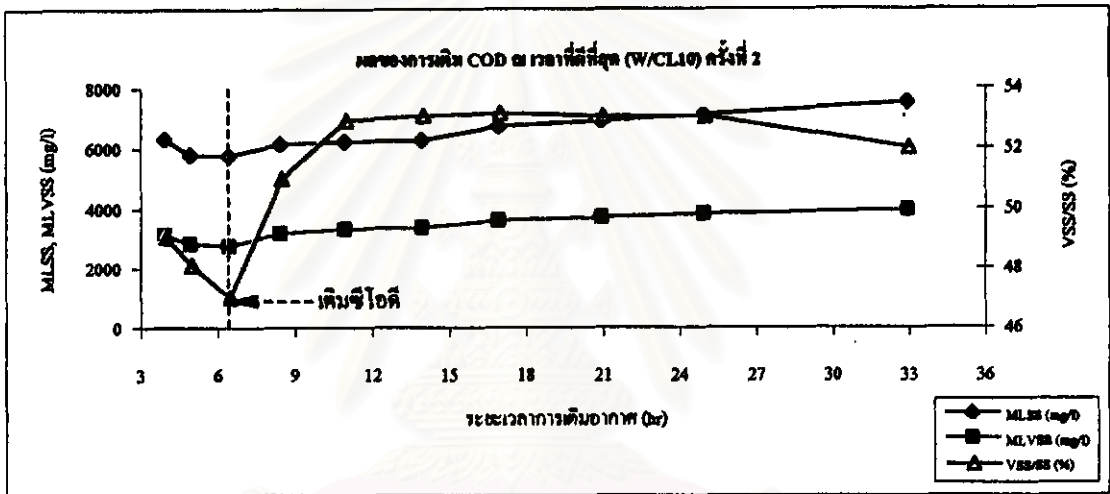


(ค)

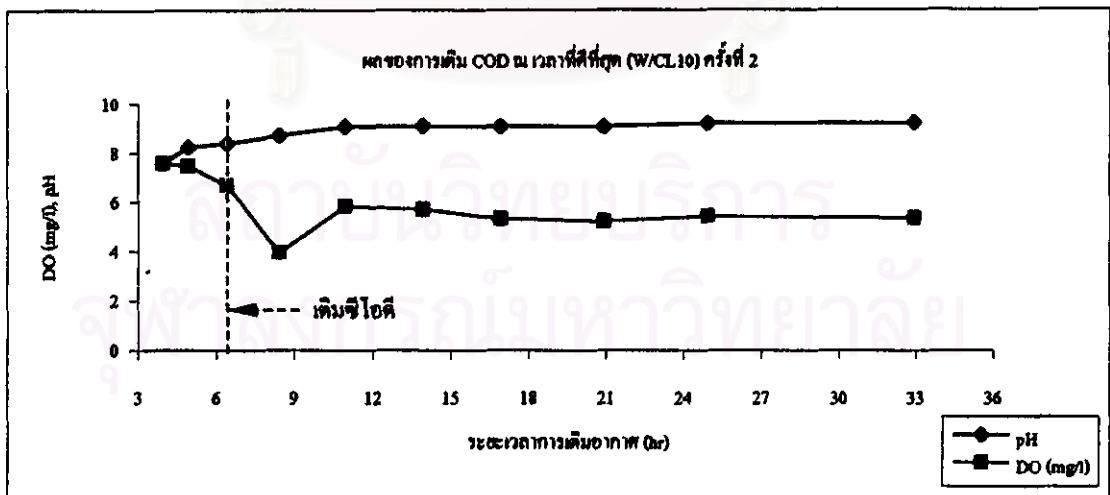
รูปที่ 4.23 ผลของการเติมซีไอดีเพิ่ม ณ เวลาที่ดีที่สุดของการทดลอง W/OK10 ครั้งที่ 2 (ก) ต่อปริมาณฟอสฟอรัส และซีไอดี (ข) ต่อปริมาณ MLSS, MLVSS และ %VSS/SS และ(ค) ต่อค่าดีโอและพีเอช



(ก)

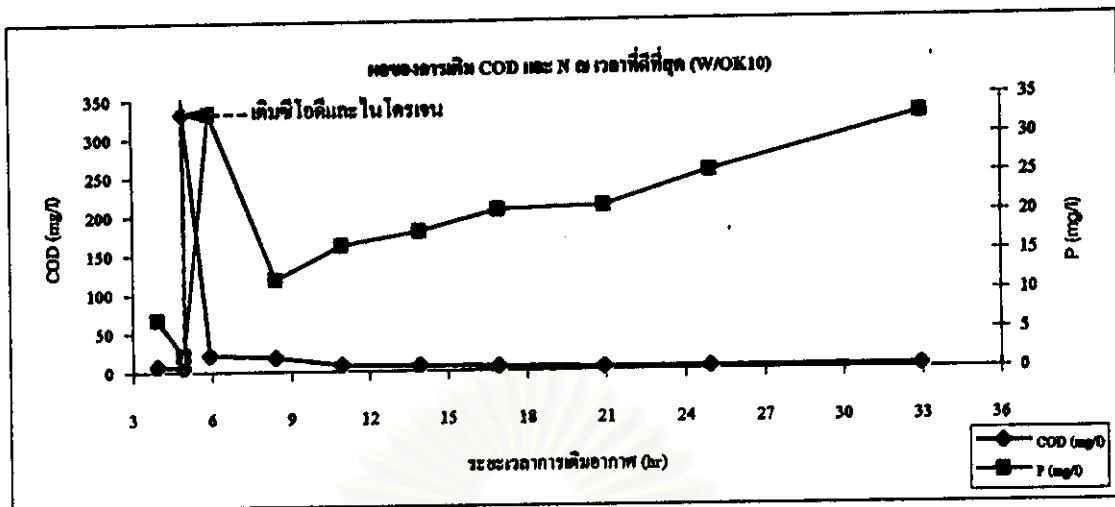


(ข)

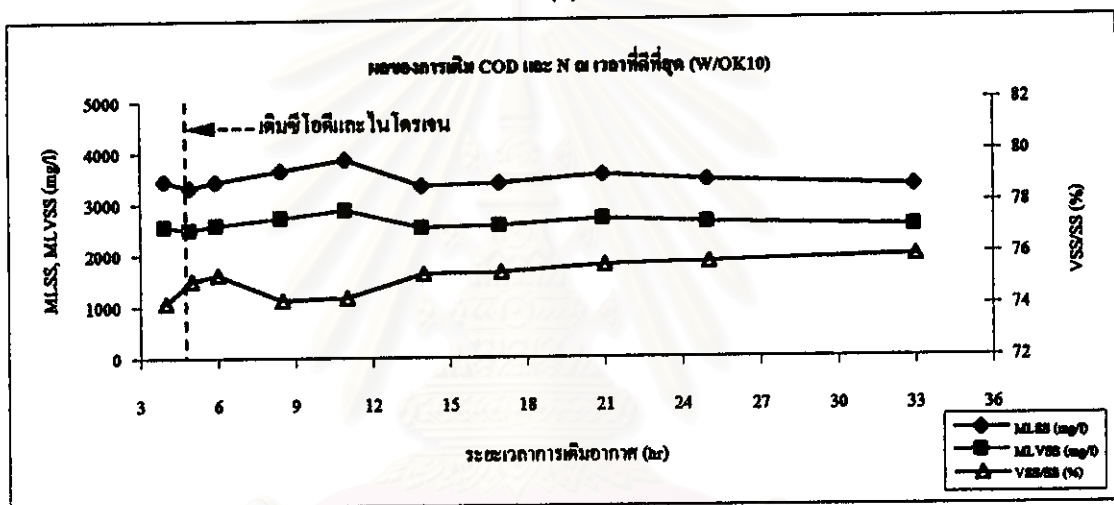


(ค)

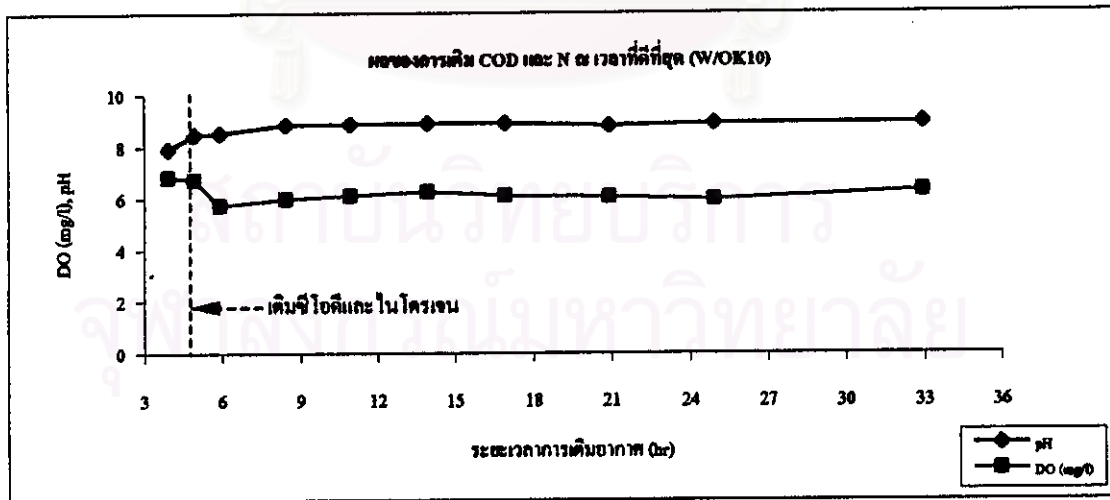
รูปที่ 4.24 ผลของการเติมซีโอไซด์เพิ่ม ณ เวลาที่ดีที่สุดของการทดลอง W/CL10 ครั้งที่ 2 (ก) ต่อปริมาณฟอสฟอรัส และซีโอไซด์ (ข) ต่อปริมาณ MLSS, MLVSS และ %VSS/SS และ (ค) ต่อค่าดีโอและพีเอช



(ก)

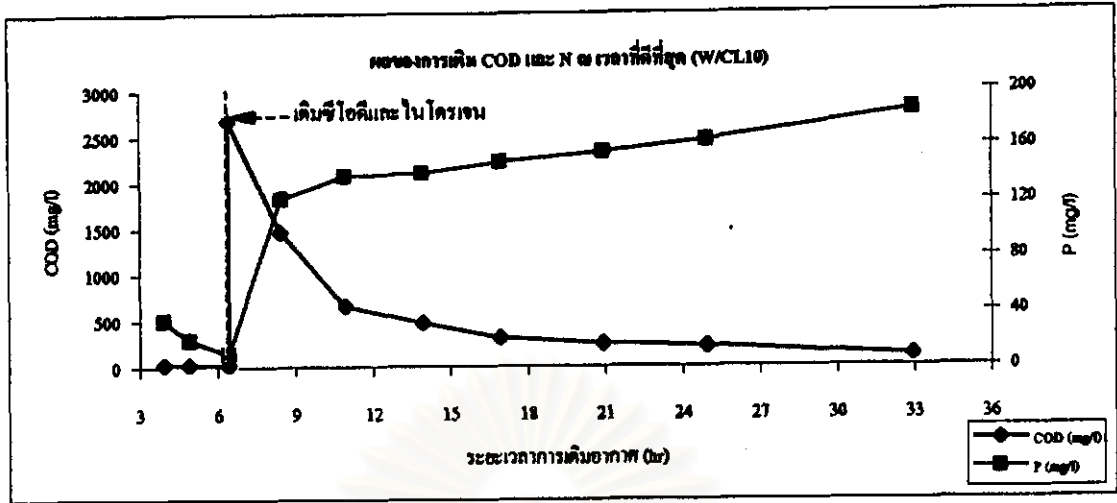


(ข)

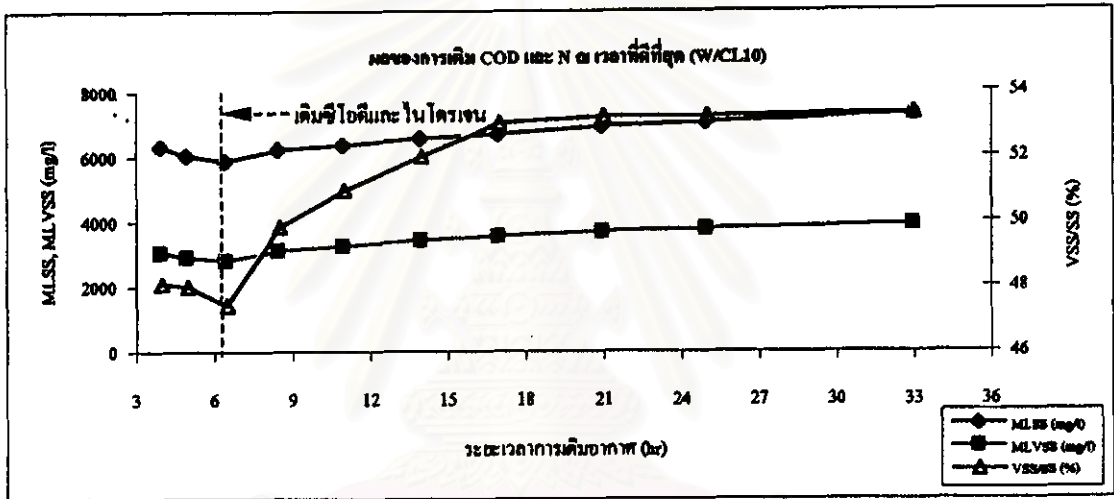


(ค)

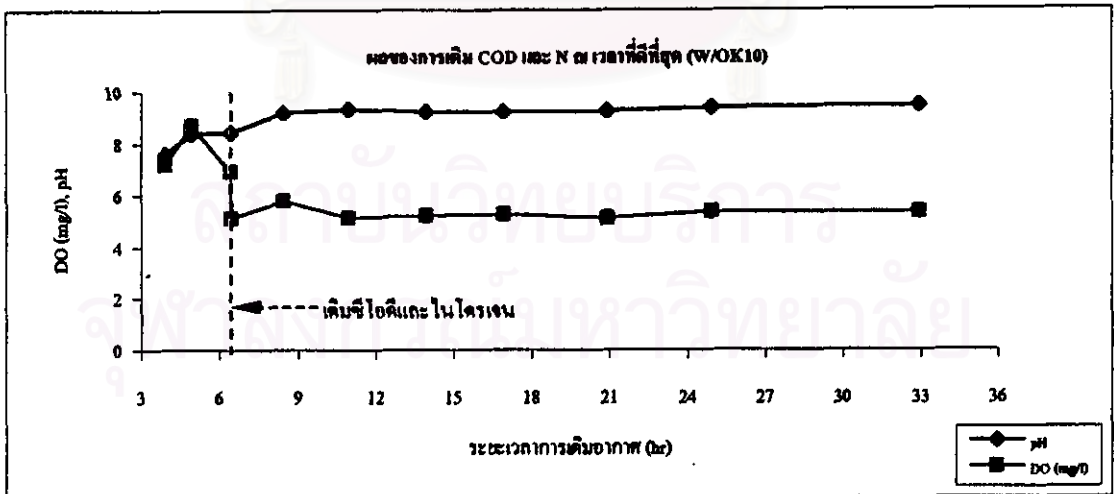
รูปที่ 4.25 ผลของการเติมซีโอไซด์และไนโตรเจน ณ เวลาที่ดีที่สุดของการทดลอง W/OK10 (ก) ต่อปริมาณ ฟอสฟอรัสและซีโอไซด์ (ข) ต่อปริมาณ MLSS,MLVSS และ%VSS/SS และ (ค) ต่อค่าดีโอและพีเอช



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.26 ผลของการเติมซีโอไซด์และไนโตรเจน ณ เวลาที่ดีที่สุดของการทดลอง W/C/L10 (ก) ต่อปริมาณฟอสฟอรัสและซีโอไซด์ (ข) ต่อปริมาณ MLSS, MLVSS และ %VSS/SS และ (ค) ต่อค่าดีโอและพีเอช

จากรูปที่ 4.21 - 4.26 (ก) จะเห็นได้ว่าการเติมซีโอติกลงไปในชั้นคอนกรีตถ้าวในช่วงแอโรบิกของระบบไม่ทำให้เกิดการกำจัดฟอสฟอรัสได้เพิ่มขึ้น กลับมีผลทำให้เกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสขึ้นอีกครั้ง การทดลอง W/OK10 (รูปที่ 4.21 และ 4.23) พบว่า เมื่อมีการเติมซีโอติกลงไปในระบบที่มีการเติมอากาศ ทำให้ค่าดีไอลดลงทันทีแต่ลดลงไม่มากนัก ยังคงมีค่ามากกว่า 3 มก./ลิตร และทำให้มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสเกิดขึ้นในขณะที่ซีโอติถูกใช้โดยจุลชีพเช่นกัน แต่ทันทีที่ซีโอติหมดไปการจับใช้ฟอสฟอรัสก็เกิดขึ้น ค่าดีไอจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งค่อนข้างคงที่ อย่างไรก็ตาม จะเกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสอีกครั้ง (secondary P release) เมื่อเติมอากาศไปเรื่อยๆ นอกจากนี้พบว่าพีเอชของระบบเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเติมอากาศที่เพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะเป็นเพราะไฮดรอกไซด์ที่เติมลงไปถูกจุลชีพจับใช้ในรูปกรดอะซิติก ทำให้เหลือ OH^- ไอออนที่มีส่วนทำให้พีเอชเพิ่มขึ้น ส่วนเมื่อมีการเติมซีโอติกลงในโตรเจนลงไป ณ ระยะเวลาเติมอากาศที่ดีที่สุดในการกำจัดฟอสฟอรัสของแต่ละการทดลอง (รูปที่ 4.24) เพื่อไม่ให้ระบบขาดแคลนไนโตรเจน เนื่องจากพบว่าในการทดลองแบบแบคทีเรียครั้งที่ 2 เกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาในสภาวะแอโรบิก จึงสันนิษฐานเพิ่มขึ้นว่าการปลดปล่อยที่เกิดขึ้นนั้นอาจเกิดจากการขาดแคลนไนโตรเจน ซึ่งผลที่ได้นั้นยังคงมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสเช่นเดียวกับที่เติมซีโอติกลงไปอย่างเฉียดแต่มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสในปริมาณมากกว่า หลังจากซีโอติหมดไปการจับใช้ฟอสฟอรัสก็เกิดขึ้นและจะเกิดการปลดปล่อยอีกครั้ง (secondary P release) เมื่อเติมอากาศไปเรื่อยๆ ในงานวิจัยของ Isaacs และ Henze (1994), Artan และคณะ (1997) และ Meinhold และคณะ (1998) ได้กล่าวไว้ว่าการปลดปล่อยฟอสฟอรัสเกิดขึ้นได้ในสภาวะแอนอ็อกซิเจนที่มีไนโตรเจนพร้อมกับอะซิเตตอยู่ แต่กรณีที่เกิดจากการที่ได้ทำการทดลองแม้ว่าจะมีอะซิเตตอยู่ แต่ระบบที่ทดลองไม่ได้เป็นสภาวะแอนอ็อกซิเจนเพราะพบว่ามีค่าดีไอสูงกว่า 3 มก./ลิตรตลอดการทดลอง (ดังรูปที่ 4.21 และ 4.23 (ค)) จึงสามารถอธิบายได้อย่างแน่ชัดว่าสามารถเกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาในสภาวะแอโรบิกได้ ส่วนการปลดปล่อยฟอสฟอรัสเมื่อเติมซีโอติพร้อมกับไนโตรเจนลงไปสูงกว่าเมื่อเติมซีโอติอย่างเดียวน่าจะเป็นเพราะไนโตรเจนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพ ทำให้จุลชีพมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่า ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสดีกว่า ส่วนผลของการจับใช้ฟอสฟอรัสอีกครั้งเมื่อจุลชีพใช้สารอาหารที่เติมลงไปหมด มีประสิทธิภาพไม่เท่ากับการกำจัดฟอสฟอรัสที่เกิดขึ้นในกระบวนการแอนแอโรบิก/แอโรบิกปกติ ซึ่งอาจเป็นเพราะมีพีเอชอยู่ในเขตที่น้อยกว่าในสภาวะแอโรบิกปกติเนื่องจากพีเอชถูกใช้ไปหมดแล้วในช่วงก่อนทำการเติมสารอาหารลงไป

การทดลอง W/CL10 (รูปที่ 4.22, 4.24 และ 4.26) ที่เติมซีโอติกลงไปอีกประมาณ 2700 มก./ลิตร ซึ่งมีปริมาณที่มากกว่าการทดลอง W/OK10 พบว่ามีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูงมากเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เป็นเพราะมีสารอาหารอยู่มากและซีโอติยังถูกใช้ไม่หมดจึงยังไม่เกิดการจับใช้ฟอสฟอรัสเหมือนกับที่เกิดขึ้นในการทดลอง W/OK10 ซึ่งการเกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาอีกครั้งที่เกิดขึ้นนี้ยังคงไม่สามารถอธิบายได้อย่างแน่ชัด เพราะสภาวะที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำการทดลองไม่ได้เป็นสภาวะแอน

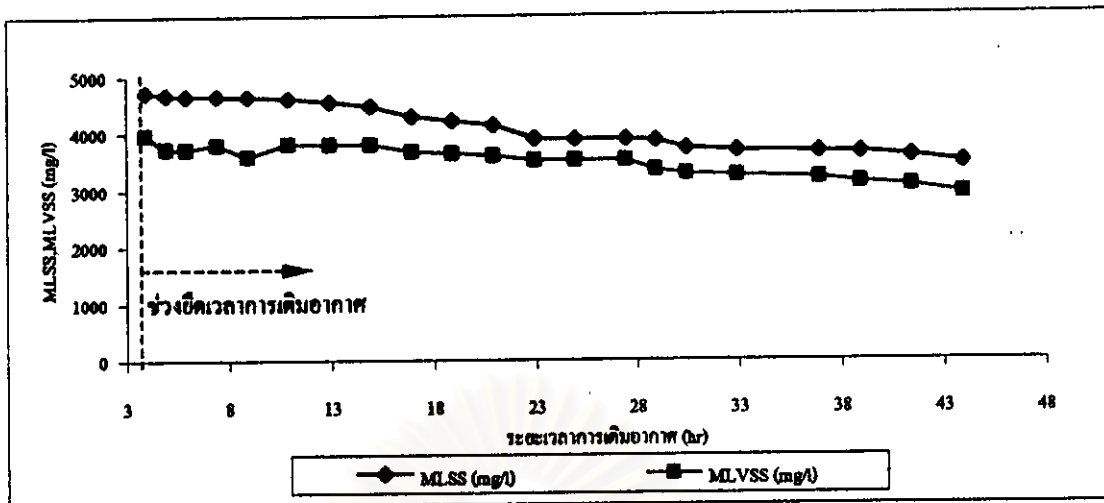
แอมโมเนียหรือแอนมอนอกไซด์เนื่องจากมีค่าดีไอสูงมากกว่า 4 มก./ลิตร (รูปที่ 4.24 และ 4.26 (ค)) ส่วนการเพิ่มขึ้นของพีเอชตามระยะเวลาการเติมอากาศที่เพิ่มขึ้น เป็นเพราะจุลินทรีย์จับใช้ไนโตรเจนอะซิเตตที่เติมลงไป ในรูปกรดอะซิติก ทำให้ OH^- ไอออนเหลืออยู่ ส่งผลให้พีเอชในระบบเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

อย่างไรก็ตาม ปรากฏการณ์ที่มีฟอสฟอรัสปลดปล่อยออกมาในสถานะแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในการทดลองชุดนี้ยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างแน่ชัด ทั้งนี้ ยังมีข้อมูลไม่เพียงพอ ควรจะได้ทำการทดลองเพิ่มเติมทั้งในด้านการวัดพารามิเตอร์อื่น ๆ รวมไปถึงด้วย เช่น การวัดไนเตรด ไนไตรต์ ทีเคเอ็น ไออาร์พี และพีเอชเอ เป็นต้น

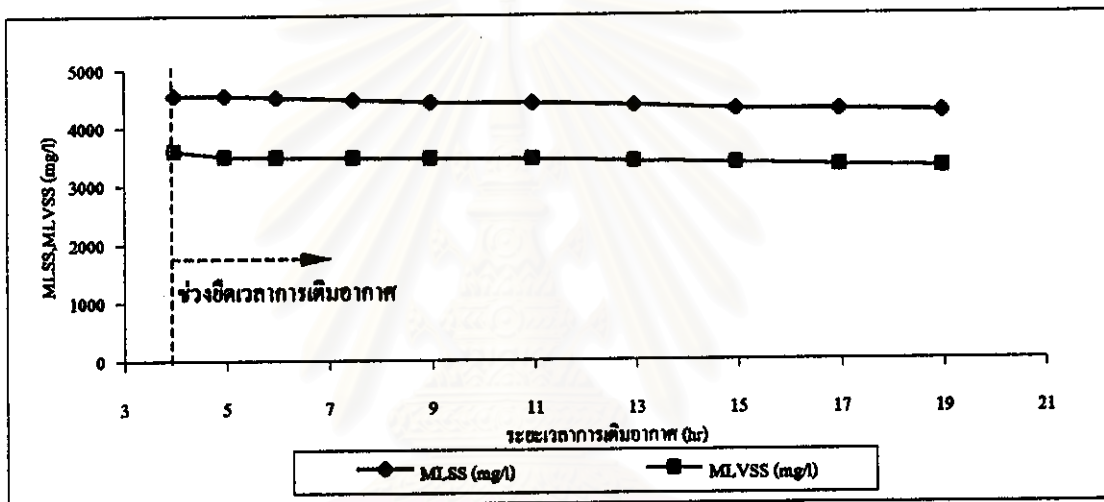
4.3.2 เอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอส

เมื่อทำการทดลองแบบแบตช์เพื่อหาระยะเวลาการเติมอากาศที่ดีที่สุดในการกำจัดฟอสฟอรัส และกำจัดสแต็คส่วนเกิน พบว่าทุกการทดลองปริมาณเอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสจะลดลงไปเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการเติมอากาศที่เพิ่มขึ้น (ดังรูปที่ 4.27) โดย ณ เวลาที่มีการกำจัดฟอสฟอรัสที่ดีที่สุดของแต่ละการทดลองเป็นดังนี้ W/CE10 (ชั่วโมงที่ 9), W/OK10 (ชั่วโมงที่ 5) และ W/CL10 (ชั่วโมงที่ 6.5) มีปริมาณเอ็มแอลเอสเอสลดลง 1.70, 0 และ 0.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณเอ็มแอลวีเอสเอสลดลง 9.64, 2.81 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะการยึดระยะเวลาการเติมอากาศออกไปทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบไม่มีสารอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตทำให้เซลล์บางส่วนตายไป หากทำการเปรียบเทียบปริมาณสแต็คส่วนเกินที่ได้นำไปกำจัดต่อไปของแต่ละการทดลองพบว่าสแต็คจากการทดลอง W/CL10 จะมีปริมาณมากที่สุด และ W/CE10 จะมีปริมาณน้อยที่สุด ซึ่งปริมาณสแต็คที่มีจำนวนมากจะทำให้ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการนำไปกำจัด เช่น ค่าขนส่ง ค่าการจัดการสแต็ค เป็นต้น ในทางตรงข้ามหากกล่าวถึงในด้านประโชยน์ต่อการเกษตร สแต็ค W/CL10 (P excess) ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในสแต็คสูงที่สุดจะมีประโชยน์ต่อการเกษตรได้มากที่สุด เพราะทำให้สามารถลดปริมาณปุ๋ยที่ต้องซื้อมาใช้ โดยใช้สแต็คที่ได้จากการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพนี้แทน

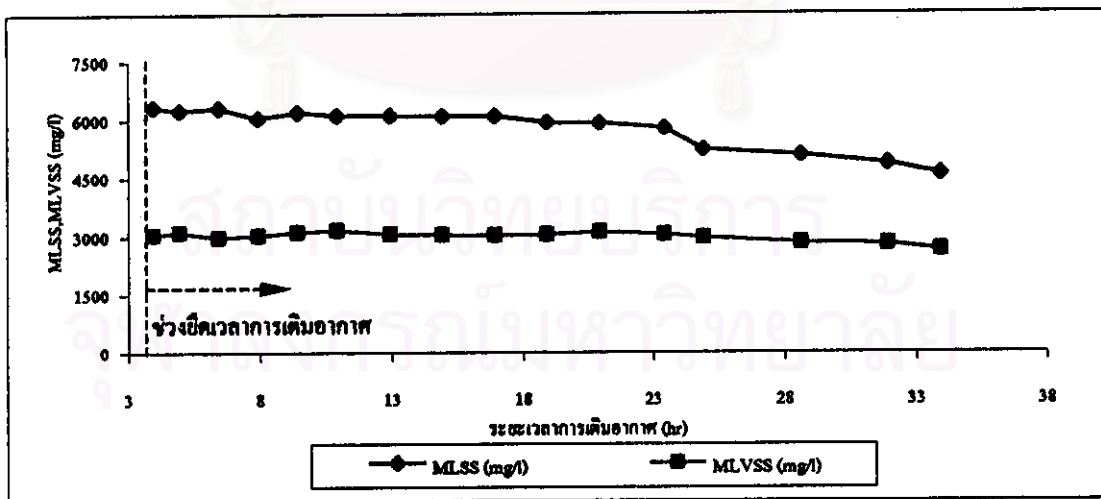
จากตารางที่ 4.11 พบว่าเมื่อทำการยึดระยะเวลาการเติมอากาศออกไปอีก ทำให้ทุกๆ การทดลองมีปริมาณเอ็มแอลเอสเอส และเอ็มแอลวีเอสเอสลดลง พร้อมๆ กันกันสัดส่วนเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสลดลงด้วย ซึ่ง ณ เวลาที่มีการกำจัดฟอสฟอรัสที่ดีที่สุดนั้นจะมีปริมาณฟอสฟอรัสในสแต็คอยู่มากที่สุดด้วย ในขณะที่เคียวกับที่มีสัดส่วนเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสต่ำที่สุดด้วย หลังจากนั้นหากทำการยึดระยะเวลาการเติมอากาศออกไป ปริมาณสแต็คจะลดลงพร้อมๆ กับปริมาณฟอสฟอรัสในสแต็คลดลงด้วย อย่างไรก็ตามถ้ายึดระยะเวลาการเติมอากาศให้นานออกไปอีก พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสในสแต็คสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณสแต็คทั้งเอ็มแอลวีเอสเอส และเอ็มแอลเอสเอส ลดลงอย่างมาก ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสในสแต็คที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับค่าสัดส่วนเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสที่ลดลง เนื่องมาจากสแต็คมีส่วนประกอบของโพสฟอเฟตอยู่



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.27 โพรไฟล์ของเอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสเมื่อปิดเวลาการเติมอากาศ (ก) W/OE10 (ข) W/OK10 และ (ค) W/CL10

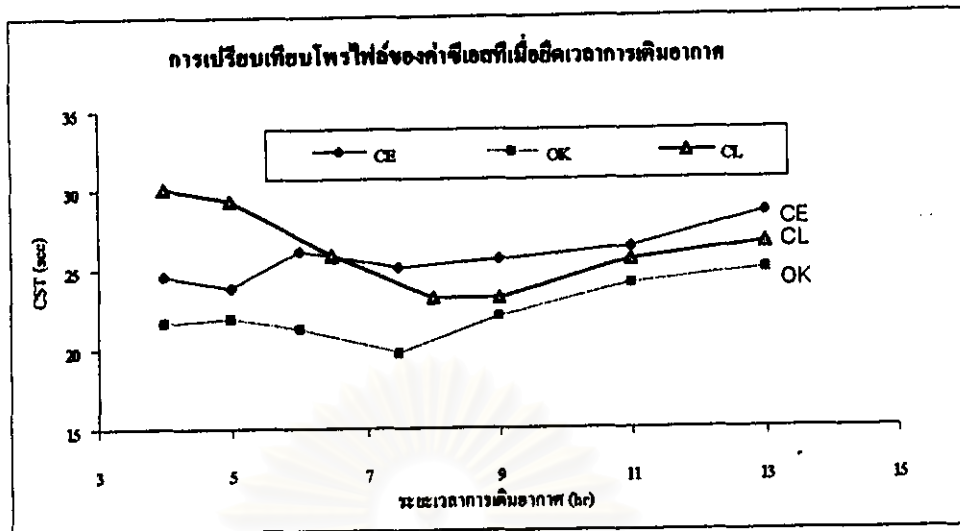
ตารางที่ 4.11 ผลของการยืดเวลาการเติมอากาศต่อปริมาณเอ็มแอลเอสเอส, เอ็มแอลวีเอสเอส, เอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอส และ เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในสลัดจ์

ระยะเวลาการเติมอากาศ (ชั่วโมง)	W/CE10				W/OK10				W/CL10			
	MLSS (mg/)	MLVSS (mg/l)	VSS/SS (%)	%P in cell	MLSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)	VSS/SS (%)	%P in cell	MLSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)	VSS/SS (%)	%P in cell
4	4690	3940	84	5.34	4520	3560	78.8	8.37	6280	2990	47.61	20.49
5	4650	3960	79.4	5.73	4520	3460	76.6	8.67	6200	3060	49.4	20.66
6	4620	3680	79.6	5.76	4480	3450	77	8.66				
6.5									6260	2930	46.8	21.72
7.5	4620	3770	81.6	5.78	4440	3440	77.5	8.66				
8									6000	2980	49.7	21.29
9	4610	3560	77.2	5.99	4400	3430	78	8.66				
9.5									6140	3060	49.8	20.62
11	4580	3780	82.5	5.62	4380	3420	78.1	8.65	6060	3120	51.5	20.21
13	4520	3770	83.4	5.64	4340	3380	77.9	8.65	6060	3020	49.8	20.82
15	4440	3760	84.7	5.65	4270	3340	78.2	8.66	6040	3000	49.7	20.94
17	4260	3640	85.4	5.84	4260	3300	77.5	8.72	6040	2980	49.3	20.94
19	4180	3600	85.1	5.87	4210	3260	77.4	8.8	5880	3000	51	20.86

ส่วนการทดลองแบบแบคทีเรียเพื่อดูผลของการเติมซีโอไซด์และซีโอไซด์กับไนโตรเจน พบว่าการเติมซีโอไซด์หรือซีโอไซด์กับไนโตรเจนลงไปในการทดลอง W/OK10 และ W/CL10 ให้ได้เท่ากับสัดส่วนที่เติมในการทดลอง W/CE10 ทำให้ปริมาณเอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสเพิ่มขึ้น (ดังรูปที่ 4.21-4.26) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเติมซีโอไซด์และไนโตรเจนเป็นการเติมสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่เมื่อปริมาณซีโอไซด์หมดลงไปในการทดลอง W/OK10 ทั้งที่เติมซีโอไซด์อย่างเฉิวและเติมซีโอไซด์กับไนโตรเจน พบว่าปริมาณเอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอส จะค่อยๆ ลดลงตามไปด้วยคล้ายกับในการทดลองแบบแบคทีเรียที่ไม่มีการเติมอะไรลงไป (รูปที่ 4.21 - 4.26 (ข))

4.3.3 ซีเอสที

ซีเอสที (Capillary Suction Time, CST) เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้บอกความยากง่ายในการแยกน้ำของสลัดจ์โดยปราศจากแรงดันจากภายนอก ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวัดค่าซีเอสทีเฉพาะในการทำการทดลองแบบแบคทีเรียเพื่อหาระยะเวลาการเติมอากาศที่ดีที่สุดในการกำจัดฟอสฟอรัสและจัดการสลัดจ์ส่วนเกินเท่านั้น ผลของค่าซีเอสทีที่ระยะเวลาการเติมอากาศต่าง ๆ ของแต่ละการทดลองเป็นดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 โทรไฟล์ของค่าซีเอสทีเมื่อยึดเวลาการเติมอากาศของทุกการทดลอง

จากรูปจะเห็นได้ว่าค่าซีเอสทีของการทดลอง W/OK10 มีค่า 21.75 วินาทีเป็นค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อเริ่มยึดระยะเวลาการเติมอากาศและยังพบอีกว่าเมื่อยึดเวลาการเติมอากาศออกไปอีก 3.5 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 7.5 ของการเติมอากาศ) ค่าซีเอสทีจะได้ค่าต่ำที่สุด 19.61 วินาที แต่ถ้ามีการยึดเวลาเติมอากาศออกไปอีกค่าซีเอสทีจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แสดงให้เห็นว่าสถิติจาก W/OK10 มีความสามารถในการแยกน้ำจากสลัดจ์โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกได้ดีกว่าสถิติจากการทดลองอื่น เพราะเมื่อเริ่มยึดระยะเวลาการเติมอากาศสถิติจาก W/CE10 และ W/CL10 มีค่าซีเอสทีเท่ากับ 24.51 และ 29.98 วินาที ตามลำดับ และถึงแม้ว่าจะยึดเวลาการเติมอากาศออกไปอีกค่าซีเอสทีได้ของการทดลอง W/CE10 จะลดลงเหลือ 23.66 วินาทีที่ชั่วโมงที่ 5 ของการเติมอากาศและ W/CL10 จะลดลงเหลือ 23.05 วินาทีที่ชั่วโมงที่ 8 ของการเติมอากาศ ก็ไม่สามารถทำให้ค่าซีเอสทีต่ำกว่าของสถิติจาก W/OK10 และหลังจากช่วงเวลาดังกล่าวหากทำการยึดเวลาการเติมอากาศออกไปอีกค่าซีเอสทีจะเพิ่มขึ้นเหมือนของการทดลอง W/OK10

ผลของค่าซีเอสทีที่ได้ เมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับผลของการกำจัดฟอสฟอรัสและปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นสามารถกล่าวได้ว่าการนำสถิติส่วนเกินมาทำการยึดระยะเวลาการเติมอากาศสามารถทำให้สลัดจ์มีสมบัติในการแยกน้ำออกจากสลัดจ์ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก, มีปริมาณฟอสฟอรัสในสลัดจ์ และกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้ดีขึ้น อีกทั้งมีปริมาณสลัดจ์ตกลง ทั้งนี้ระยะเวลาการเติมอากาศที่เหมาะสมของแต่ละการทดลองเป็นดังนี้

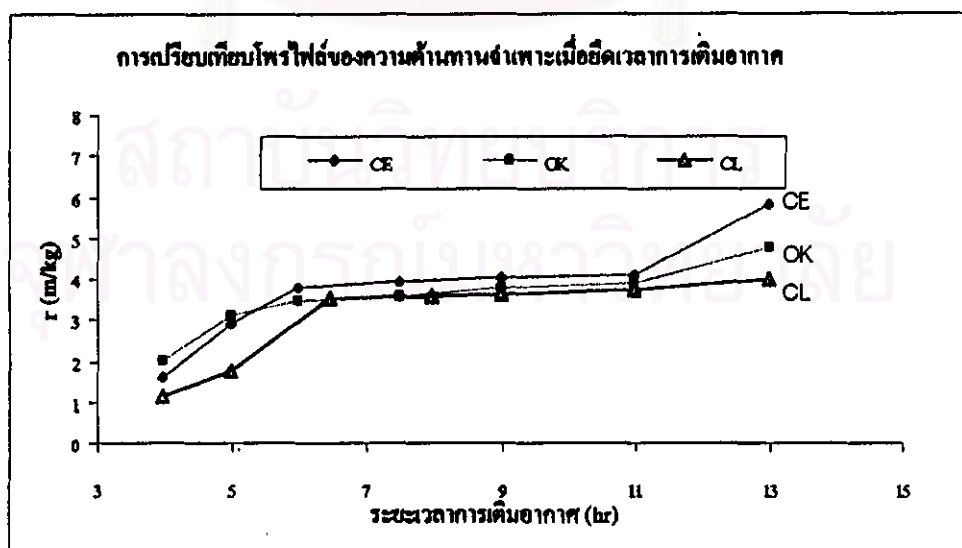
(ก) น้ำเสียสัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 45:1 (CE, มีคาร์บอนมากเกินพอ) ควรยึดระยะเวลาการเติมอากาศออกไปอีกเพียง 1 ชั่วโมงเท่านั้น (ชั่วโมงที่ 5 ของการเติมอากาศ) ถึงแม้ว่าชั่วโมงที่ 9 จะกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีที่สุดก็ตาม เนื่องจากว่าชั่วโมงที่ 5 ของการเติมอากาศมีความสามารถในการแยกน้ำออกจากสลัดจ์ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกต่ำที่สุด ฟอสฟอรัสเหลือในระบบเพียงเล็กน้อย มีฟอสฟอรัสในเซลล์ถึง 5.73 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณสลัดจ์ที่ต้องนำไปกำจัดไม่สูงมากนัก

(ข) น้ำเสียสัดส่วนบีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 20:1 (OK, ถักส่วนที่เหมาะสมต่อการทำงานของฟีโอ) ควรยึกระยะเวลาการเติมอากาศออกไปอีก 1 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 5 ของการเติมอากาศ)เช่นเดียวกับกรณี W/CE10 เพราะ ณ เวลานี้เกิดการกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีที่สุดและมีปริมาณฟอสฟอรัสในเซลล์สูงที่สุด แม้ว่าความสามารถในการแยกน้ำออกจากสตกซ์ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกจะไม่ดีที่สุดก็ตาม แต่ว่าค่าที่ได้ดีกว่ากรณี ของW/CE10

(ค) น้ำเสียสัดส่วนบีโอดีของฟอสฟอรัสเท่ากับ 5:1 (CL, มีคาร์บอนจำกัด) ควรยึกระยะเวลาการเติมอากาศออกไปอีก 2.5 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 6.5 ของการเติมอากาศ) เพราะเป็นระยะที่เกิดการกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีที่สุด มีปริมาณฟอสฟอรัสในสตกซ์สูงที่สุด ถึงแม้ว่าที่ชั่วโมงที่ 8 จะสามารถทำให้สตกซ์รีดน้ำได้ดีที่สุดก็ตาม แต่ทว่าการยึเวลาออกไปนั้นทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสตกลง มีฟอสฟอรัสอยู่ในน้ำทิ้งสูงขึ้นและปริมาณฟอสฟอรัสในสตกซ์ลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะการยึเวลาการเติมอากาศออกไปทำให้เกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสกลับออกมาอีกครั้ง

4.3.4 ความต้านทานจำเพาะ

ความต้านทานจำเพาะ (Specific Resistance, r) ของสตกซ์เป็นพารามิเตอร์ที่บอกความสามารถในการแยกน้ำของสตกซ์ด้วยแรงดันจากภายนอก บอกได้ถึงความสามารถในการรีดน้ำด้วยเครื่องจักรกล เช่น เครื่องรีดน้ำแบบอัดกรองได้ความดัน (pressure filter dewatering machine) เป็นต้น งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวัดค่าความต้านทานจำเพาะเฉพาะในการทดลองแบบแบดซ์เพื่อหาระยะเวลาการเติมอากาศที่ดีที่สุดในการกำจัดฟอสฟอรัสและจัดการสตกซ์ส่วนเกิน ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 โพรไฟล์ของค่าความต้านทานจำเพาะเมื่อยึเวลาการเติมอากาศของทุกการทดลอง

จากรูปที่ 4.29 พบว่า การยึกระยะเวลาการเติมอากาศทำให้สามารถในการแลกเปลี่ยนของสัคค์ด้วยแรงดันลดลง ดังนั้นจึงเป็นการไม่สมควรอย่างยิ่งที่จะยึกระยะเวลาของการเติมอากาศออกไป ถ้าระบบบำบัดที่ออกแบบไว้ใช้การจัดการสัคค์ด้วยเครื่องจักรกล เมื่อเปรียบเทียบสัคค์ที่ได้ในแต่ละการทดลองพบว่าสัคค์จาก W/CL10 มีความสามารถในการรีดน้ำด้วยเครื่องจักรกลดีที่สุด มีค่าความต้านทานจำเพาะเพียง 1.08 ม/กก. ส่วนของสัคค์จาก W/CE10 มีค่าเท่ากับ 1.56 ม/กก. และสัคค์จาก W/OK10 มีค่าเท่ากับ 2.00 ม/กก. ซึ่งเป็นค่าที่แย่ที่สุด เมื่อยึกระยะเวลาการเติมอากาศต่อไปอีกสัคค์จาก W/CE10 จะมีความสามารถในการรีดน้ำด้วยเครื่องจักรกลลดลงและค่าที่แย่ที่สุดของสัคค์จากการทดลองทั้งหมด



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย