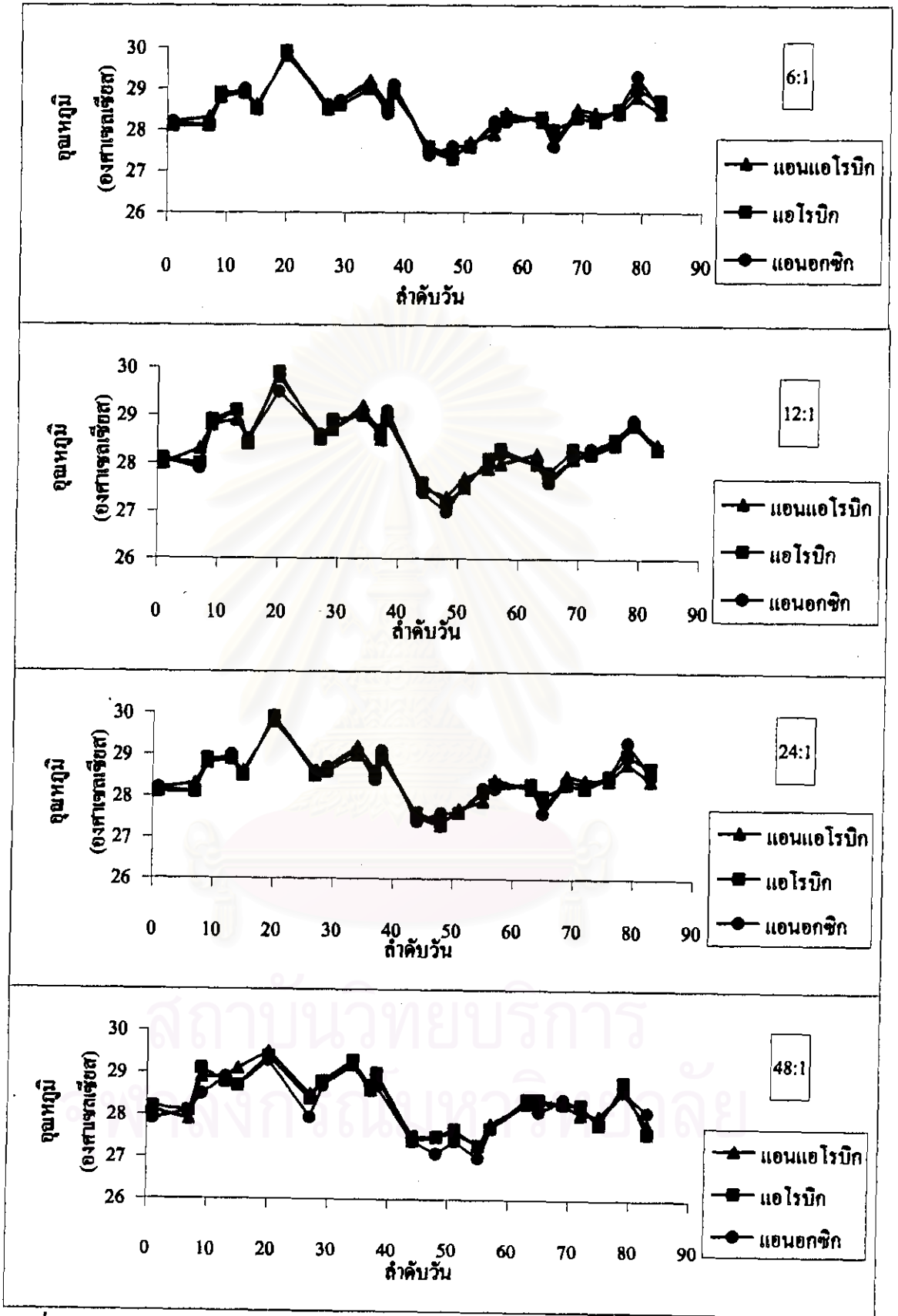


## บทที่ 4

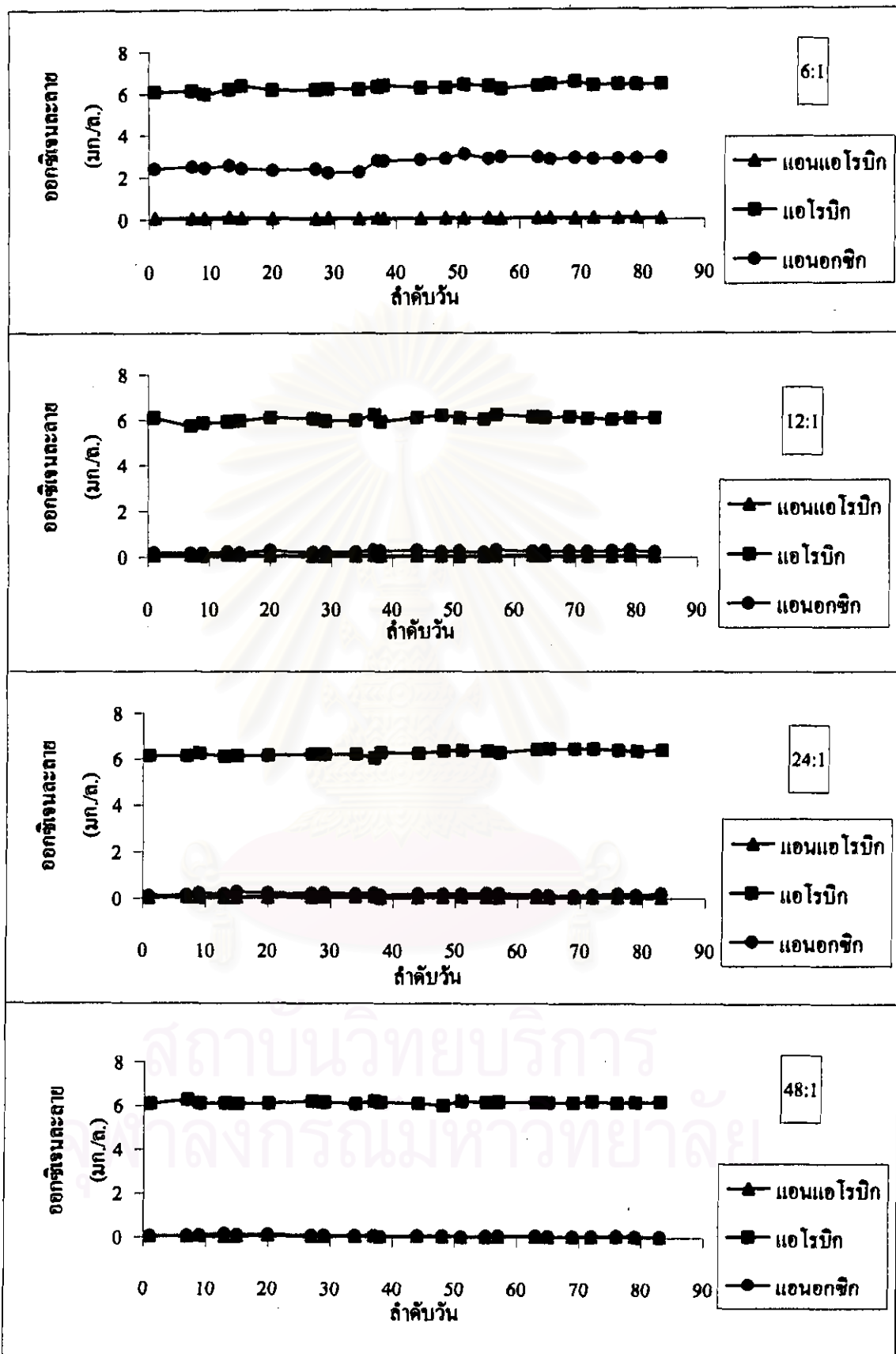
### ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาแยกเป็น 7 ชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 1-4 เป็นชุดควบคุมที่มีการเติมฟอสฟอรัสที่น้ำเสียสังเคราะห์เท่ากันคือ 15 มก./ล. แต่จะแปรค่าอัตราส่วนอาร์บีซีไอคือฟอสฟอรัสในแต่ละชุดการทดลองให้มีค่าเท่ากับ 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 ตามลำดับ โดยผลการทดลองของชุดการทดลองที่ 1 และ 2 นั้นอ้างอิงมาจากการวิจัยของบุษกร อมรวิทย์ (2542) ซึ่งทำวิจัยร่วมกันและทำในลักษณะเป็นโครงการย่อยของโครงการวิจัยหลักที่มี ศ.ดร. ชงชัย พรหมสวัสดิ์ เป็นหัวหน้าโครงการและจะเป็นผู้มองในภาพรวมของงานวิจัยย่อย 2 โครงการนี้ต่อไปอีกครั้ง โดยเมื่อเดินระบบจนเข้าสถานะคงตัวแล้วได้ทำการเก็บพารามิเตอร์ต่างๆที่สถานะคงตัว และเก็บตัวอย่างเพื่อทำไทรไฟต์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้ทำการทดลองแบบแบคทีเรียเพื่อหาอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัส, อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะ, อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัส และอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะ จากนั้นจะนำสถิติจากปลายช่วงแอนแอโรบิกของแต่ละชุดทดลองมาทำการทดลองแบบแบคทีเรียโดยเติมฟอสฟอรัสในปริมาณต่างๆกันคือ 0, 22.5 และ 67.5 มก./ล. ตามลำดับ จากนั้นทำการเติมอากาศและเก็บตัวอย่างเพื่อหาค่าฟอสฟอรัสละลายและพีเอชเอ จนกระทั่งค่าฟอสฟอรัสละลายที่วัดได้มีค่าคงที่ โดยใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมงทุกชุดการทดลอง

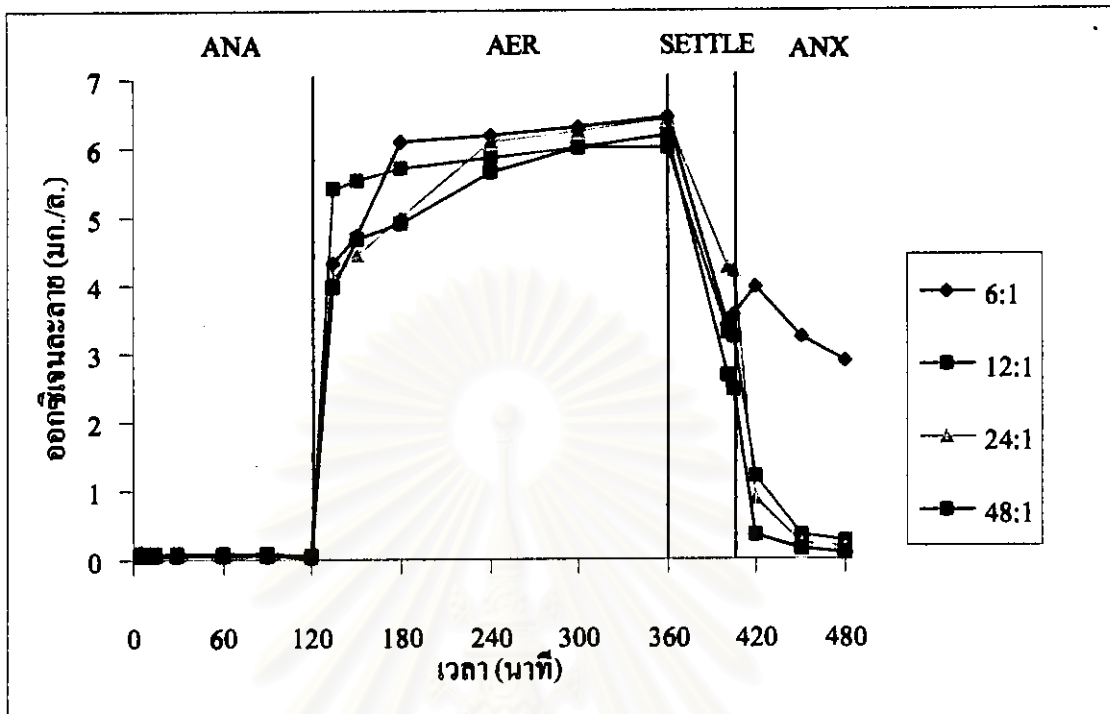
ส่วนชุดการทดลองที่ 5-7 เป็นชุดทดสอบที่มีการเติมฟอสฟอรัสในปริมาณเท่ากับชุดควบคุมคือ 15 มก./ล. แต่จะเติมที่เวลาเริ่มต้นของขั้นตอนแอนแอโรบิก โดยทำการแปรค่าอัตราส่วนอาร์บีซีไอคือฟอสฟอรัสเพียง 3 ค่าคือ 6:1, 24:1 และ 48:1 และเมื่อค่าฟอสฟอรัสในระบบเริ่มมีค่าคงที่ จะทำการเก็บตัวอย่างไทรไฟต์เฉพาะค่าออกซิเจนละลาย, ไออาร์พี, ฟอสฟอรัส และพีเอชเอ ส่วนตัวอย่างซีไอเคเก็บตัวอย่างเฉพาะน้ำเข้า, ที่เวลา 5 นาทีแรกของขั้นตอนแอนแอโรบิก, ที่ปลายขั้นตอนแอนแอโรบิก และที่ปลายขั้นตอนแอนแอโรบิก ซึ่งกำหนดให้ค่าอายุสถิติในทั้งชุดควบคุมและชุดทดสอบมีค่าเท่ากับ 8 วัน เป็นค่าอายุสถิติในช่วงแอนแอโรบิกและแอโรบิก 2 และ 4 วัน ตามลำดับ และพบว่าในชุด 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 มีค่าอายุสถิติจริงน้อยกว่าที่กำหนดไว้เพราะมีตะกอนแขวนลอยหลุดออกไปกับน้ำทิ้ง ทำให้ค่าอายุสถิติจริงของระบบมีค่าลดลงเหลือเท่ากับ 6.79, 6.88, 7.09 และ 7.36 วัน ตามลำดับ



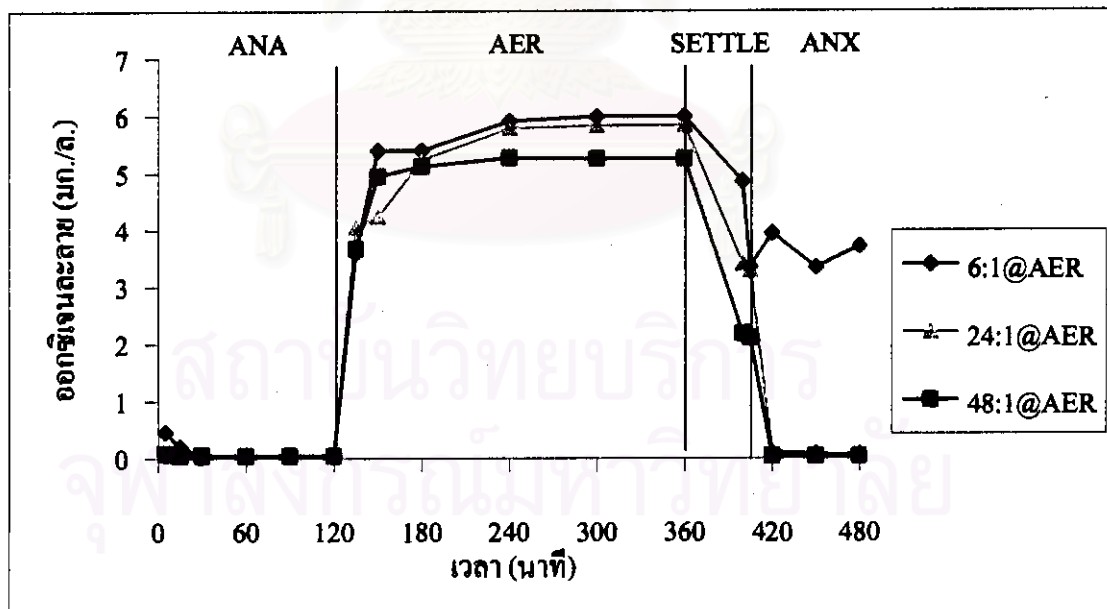
รูปที่ 4.1 อุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม



รูปที่ 4.2 ออกซิเจนละลายในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม



รูปที่ 4.3 โพรไฟล์ค่าออกซิเจนละลายในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว



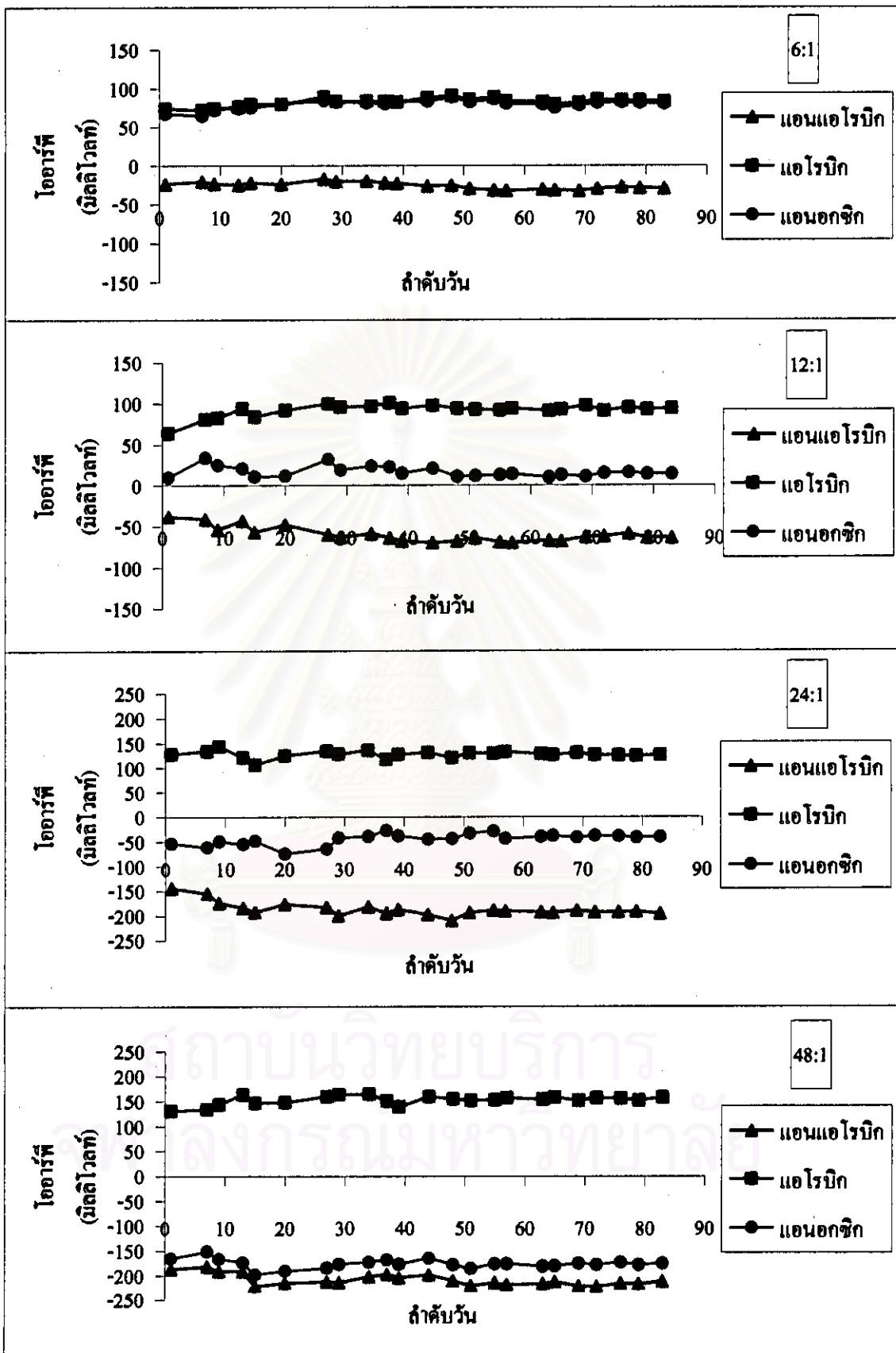
รูปที่ 4.4 โพรไฟล์ค่าออกซิเจนละลายในระบบของชุดทดสอบ

จากตารางที่ 4.1 เห็นได้ว่าในช่วงแอนแอโรบิกออกซิเจนละลายของทุกชุดทดลองมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.05-0.07 มก./ล. และในช่วงแอโรบิกมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 5.34-6.40 มก./ล. ส่วนค่าออกซิเจนละลายในช่วงแอนอกซิกของชุด 6:1 และ 6:1@AER มีค่ามากกว่าปกติคือ 2.92 และ 3.12 มก./ล. ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากที่ชั้นคอนแอนอกซิก ของเหลวผสมในถังปฏิกริยามีความสูงเพียง 1 ใน 3 ของปริมาตรใช้งาน และมีปริมาณของเอ็มแอลเอสเอสในระบบน้อย(เพราะว่ามีสารอาหารน้อย ; ดูหัวข้อ 4.1.6) ทำให้ออกซิเจนจากอากาศสามารถแพร่ผ่านลงไปได้ และในกรณีของชุด 12:1 พบว่าออกซิเจนละลายที่ชั้นคอนแอนอกซิกมีค่าสูงเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.24 มก./ล. ซึ่งอาจเนื่องมาจากเหตุผลเดียวกันกับกรณีของชุด 6:1 และ 6:1@AER เพราะชุด 12:1 มีปริมาณเอ็มแอลเอสเอสในระบบน้อยเช่นกัน(ดูหัวข้อ 4.1.6) และเมื่อเปรียบเทียบกับชุด 24:1, 24:1@AER, 48:1 และ 48:1@AER พบว่าออกซิเจนละลายมีค่าเท่ากับ 0.18, 0.10, 0.08 และ 0.05 มก./ล. ตามลำดับ โดยจะเห็นว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอคือฟอสฟอรัสลดลง ออกซิเจนละลายที่ชั้นคอนแอนอกซิกมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นเพราะเอ็มแอลเอสเอสในระบบมีปริมาณน้อยกว่า ทำให้อากาศสามารถแพร่ผ่านลงไปได้มากกว่า ส่วนการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของออกซิเจนละลายในช่วงเริ่มต้นของชั้นคอนแอโรบิกของแต่ละชุดทดลองนั้น เพราะมีการเพิ่มจำนวนของหัวเติมอากาศแบบที่ใช้ในตู้เลี้ยงปลาจาก 2 หัว เป็น 3 และ 4 หัว ตามปริมาณของเอ็มแอลเอสเอสในระบบที่เพิ่มขึ้น โดยชุด 6:1 และ 6:1@AER ใช้หัวเติมอากาศ 2 หัว, ชุด 12:1, 24:1 และ 24:1@AER ใช้หัวเติมอากาศ 3 หัว และชุด 48:1 และ 48:1@AER ใช้หัวเติมอากาศ 4 หัว

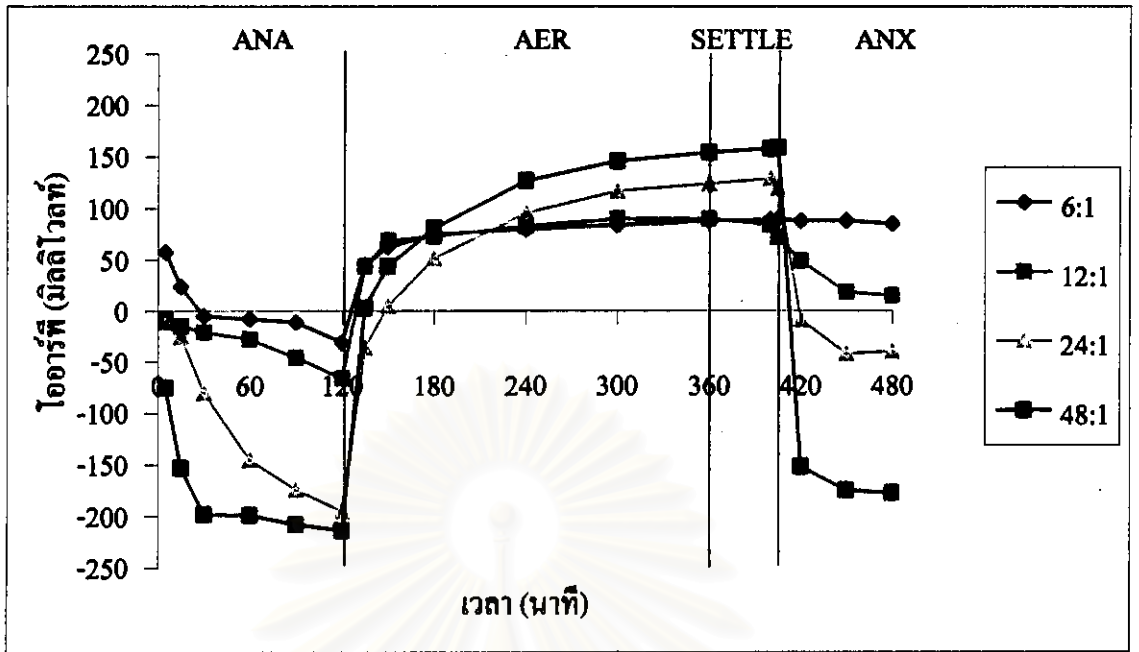
#### 4.1.3 ไออาร์พี (oxidation-reduction potential, ORP)

ค่าไออาร์พีของชุดควบคุมและชุดทดสอบ แสดงดังตารางที่ 4.2 โดยค่าไออาร์พีของชุดควบคุมเป็นค่าเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัว ส่วนค่าไออาร์พีของชุดทดสอบเป็นค่าที่วัดในวันสุดท้ายก่อนการเก็บตัวอย่างโพรไฟต์ โดยผลการทดลองวัดค่าไออาร์พีในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม แสดงดังรูปที่ 4.5 และโพรไฟต์ค่าไออาร์พีในระบบของชุดควบคุมและชุดทดสอบ แสดงดังรูปที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

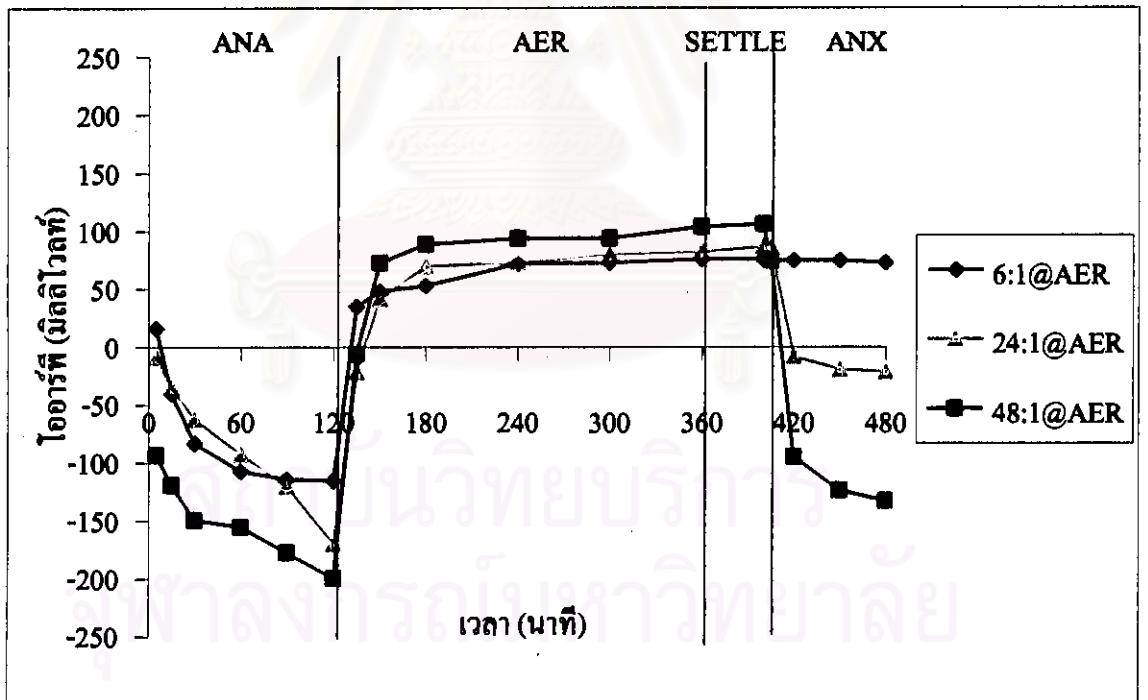
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 ค่าไออาร์ทีในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม



รูปที่ 4.6 โพรไฟล์ค่าไออาร์พีในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว



รูปที่ 4.7 โพรไฟล์ค่าไออาร์พีในระบบของชุดทดสอบ

ตารางที่ 4.2 ค่าไออาร์พีเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่าไออาร์พีของชุดทดสอบ

ชุดการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บีซีไอดี ต่อฟอสฟอรัส	ไออาร์พี (มิลลิโวลท์)		
		แอนแอโรบิก	แอโรบิก	แอนอกซิก
1	6:1	-30	85	82
2	12:1	-65	93	13
3	24:1	-194	127	-39
4	48:1	-216	155	-177
5	6:1@AER	-120	78	74
6	24:1@AER	-163	80	-28
7	48:1@AER	-211	95	-186

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าค่าไออาร์พีของทุกชุดทดลองมีค่าเป็นลบในขั้นตอนแอนแอโรบิก และมีค่าเป็นบวกในขั้นตอนแอโรบิก โดยเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ค่าไออาร์พีในขั้นตอนแอนแอโรบิกจะมีค่าเป็นลบมากกว่า และในขั้นตอนแอโรบิกก็มีค่าเป็นบวกมากกว่า ส่วนในขั้นตอนแอนอกซิกพบว่าค่าไออาร์พีมีค่าเป็นทั้งลบและบวก โดยชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีเท่ากับ 6:1 และ 12:1 จะมีค่าไออาร์พีเป็นบวก ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าออกซิเจนละลายในขั้นตอนแอนอกซิกประกอบด้วย จะเห็นว่าชุดทดลองดังกล่าวน่าจะเกิดสภาพแอโรบิกขึ้นแทนสภาพแอนอกซิก ส่วนชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 24:1 และ 48:1 ค่าไออาร์พีที่วัดได้มีค่าเป็นลบ โดยเฉพาะชุด 48:1 และ 48:1@AER มีค่าไออาร์พีเป็นลบมากถึง  $-177$  และ  $-186$  มิลลิโวลท์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าออกซิเจนละลายที่วัดได้ที่ขั้นตอนแอนอกซิกซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.05 มก./ล. ทั้งสองชุดการทดลอง แสดงว่าในชุดทดลองทั้งสองนี้เกิดสภาพแอนแอโรบิกขึ้น เนื่องจากการทดลองนี้กำหนดให้มีปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียตั้งเคราะห์ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของเซลล์ ทำให้เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนแอโรบิกก็มีปริมาณไนโตรคและไนเตรคเหลืออยู่น้อยมาก (ดูหัวข้อ 4.1.11) ดังนั้นเมื่อมีการกวนเพื่อให้เกิดสภาพแอนอกซิกใน ไทรคและไนเตรคจึงถูกใช้หมดไปตั้งแต่ช่วงแรกของขั้นตอนแอนอกซิก จึงทำให้เกิดสภาพแอนแอโรบิกขึ้น

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.6 และ 4.7 จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ในช่วงแอนแอโรบิก ไออาร์พีมีค่าเป็นลบมากกว่าและมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วกว่าชุดทดลองอื่น เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนแอโรบิกค่าไออาร์พีมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าเป็นบวกมากที่สุด และเมื่อเข้าสู่ขั้นตอนแอนอกซิกค่าไออาร์พีก็ลดลงเร็วกว่าเช่นกัน



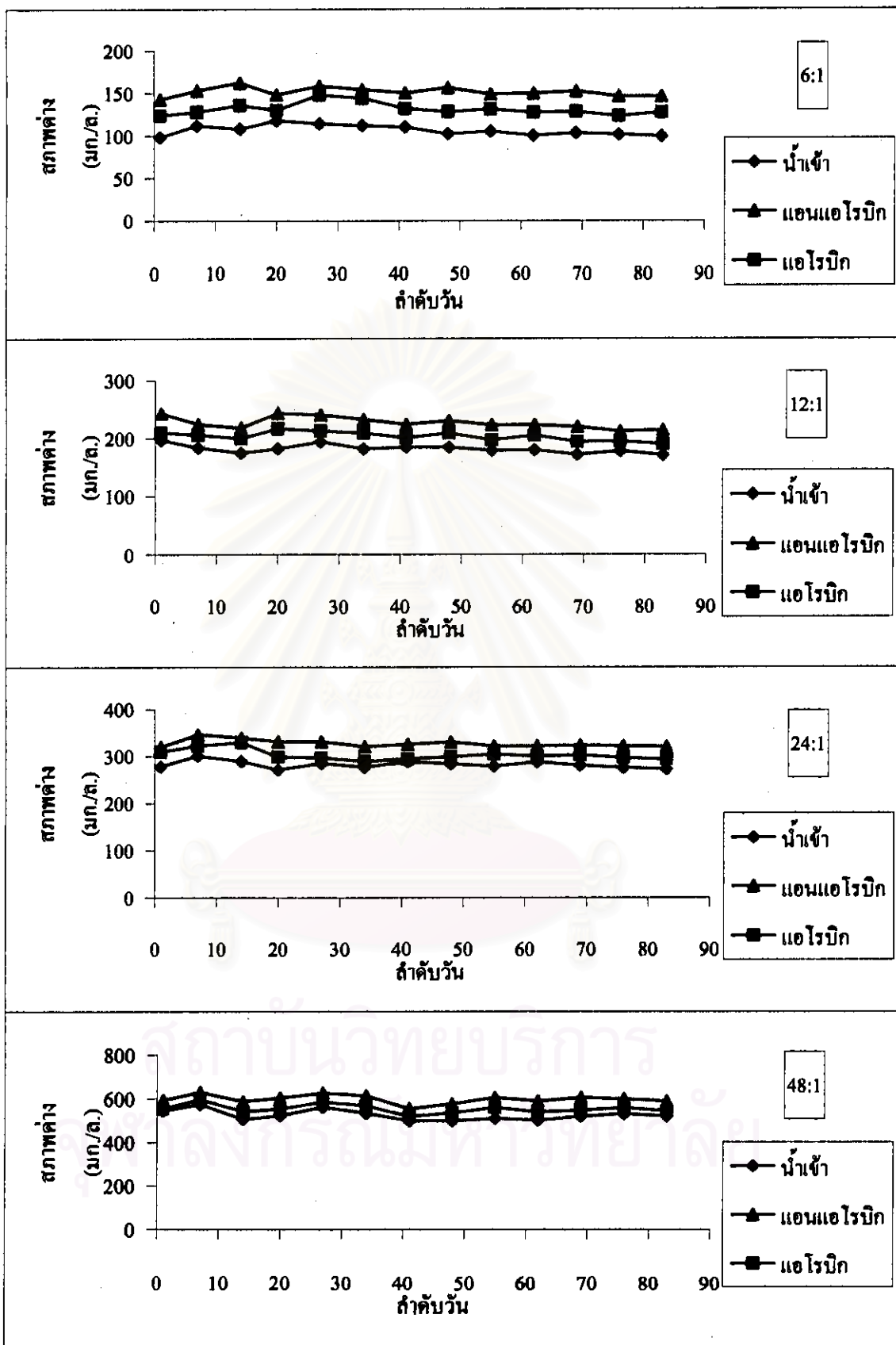
#### 4.1.4 สภาพค่าง

ในงานวิจัยนี้มีการเติมสภาพค่างให้แก่ระบบในรูปแบบโซเดียมไบคาร์บอเนต เพื่อช่วยปรับสภาพพีเอชของน้ำเสียให้เหมาะต่อการทำงานของจุลินทรีย์ โดยปริมาณของโซเดียมไบคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้นอยู่กับปริมาณของไนโตรเจนในน้ำเสีย น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองใช้โซเดียมอะซิเตตเป็นแหล่งคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ ส่วนนิวเทรียนต์บรอนนั้นเติมในปริมาณที่ให้ไนโตรเจนเพียงพอต่อความต้องการของเซลล์ โดยโซเดียมอะซิเตตเป็นสารที่ทำให้เกิดสภาพค่างอีกชนิดหนึ่ง จากผลการทดลองหาสภาพค่างของชุดควบคุมในช่วงเวลาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.8 โดยค่าเฉลี่ยสภาพค่างของชุดควบคุมจากช่วงสถานะคงตัว และสภาพค่างของชุดทดสอบที่สภาวะต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าสภาพค่างเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่าสภาพค่างของชุดทดสอบ

ชุดการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บีซีโอดี ค่อฟอสฟอรัส	สภาพค่าง (มก./ล.)		
		น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอโรบิก
1	6:1	102	150	127
2	12:1	178	220	198
3	24:1	276	321	297
4	48:1	515	595	549
5	6:1@AER	104	175	138
6	24:1@AER	270	326	288
7	48:1@AER	538	586	536

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า ในทุกชุดการทดลองสภาพค่างที่ขึ้นคอนแอนแอโรบิกมีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าสภาพค่างในน้ำเข้า เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน(สร้างสภาพค่าง 3.57 กรัม แคลเซียมคาร์บอเนต ต่อการรีดิวซ์ 1 กรัมไนเตรด-ไนโตรเจน ; Sedlak (1991)) และสภาพค่างที่ขึ้นคอนแอโรบิกมีค่าลดลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน(ใช้สภาพค่าง 7.14 กรัม แคลเซียมคาร์บอเนต ต่อการรีดิวซ์ 1 กรัมแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ; Sedlak (1991)) แต่สภาพค่างที่เพิ่มขึ้นที่ขึ้นคอนแอนแอโรบิกน่าจะเกิดจากปริมาณของโซเดียมอะซิเตตที่เติมสำหรับเป็นแหล่งคาร์บอนของแบคทีเรียมากกว่าจะเกิดจากปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน เพราะระบบมีการเติมไนโตรเจนให้เพียงพอต่อความต้องการของเซลล์ ดังนั้นปริมาณไนไตรต์และไนเตรดที่ขึ้นคอนแอนแอโรบิกจึงมีน้อยมาก ส่วนค่า



รูปที่ 4.8 สภาพต่างในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม

ดังนั้นชุดทดลองที่มีค่าอัตราส่วนอาร์บิซีไอคือฟอสฟอรัสต่ำจะมีสภาพค่างในน้ำเข้า, ที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิก และที่ปลายชั้นคอนแอโรบิกต่ำกว่าชุดทดลองที่มีค่าอัตราส่วนอาร์บิซีไอคือฟอสฟอรัสสูง เพราะเติมโซเดียมอะซิเตตและโซเดียมไบคาร์บอเนตในปริมาณที่น้อยกว่า

#### 4.1.5 พีเอช

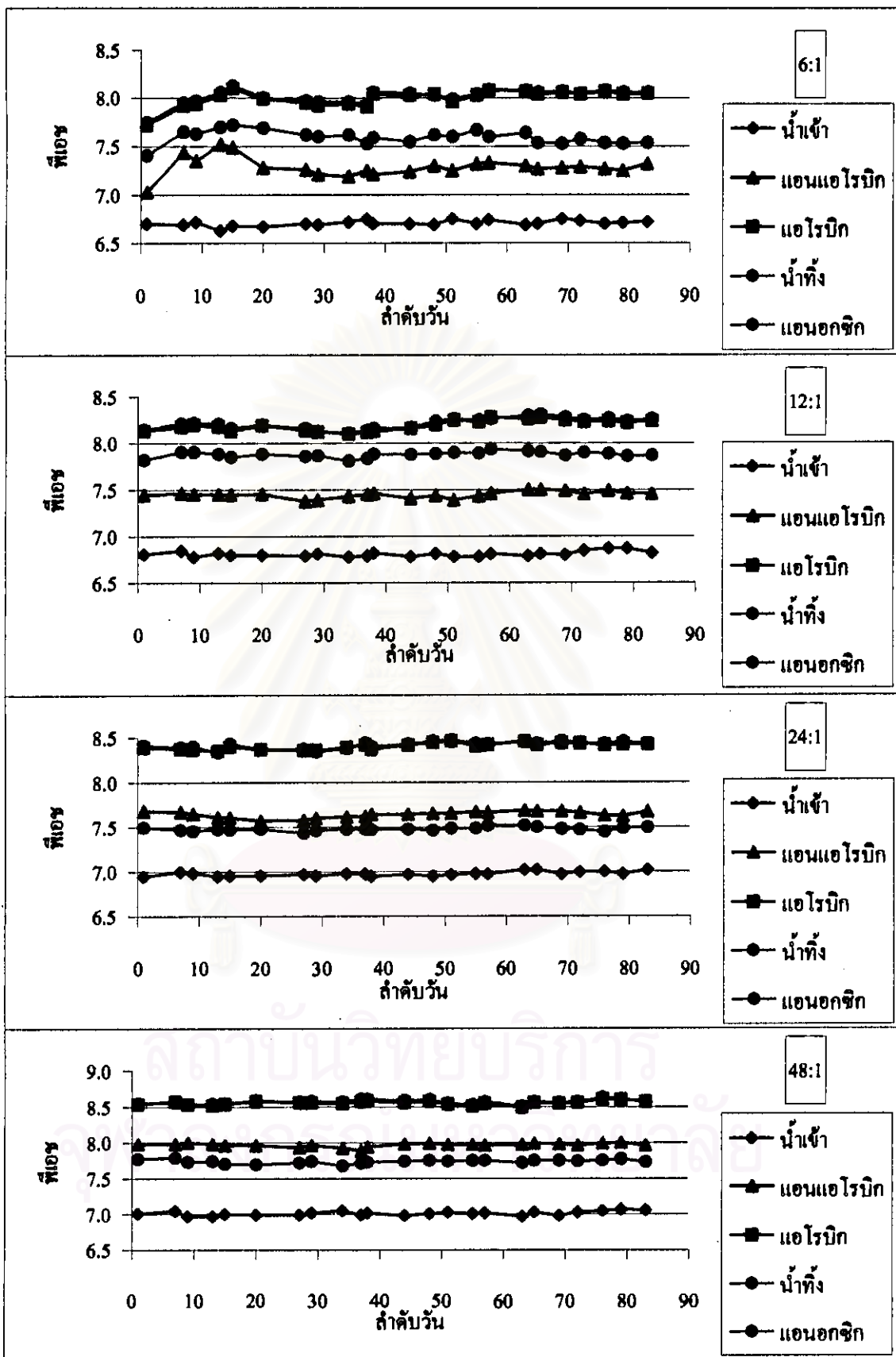
จากการทดลองหาค่าพีเอชเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่าพีเอชที่วัดได้ในวันสุดท้ายก่อนการเก็บตัวอย่างโพรไฟล์ของชุดทดสอบ แสดงดังตารางที่ 4.4 โดยผลการทดลองวัดค่าพีเอชในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม แสดงดังรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.4 ค่าพีเอชเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่าพีเอชของชุดทดสอบ

ชุดการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บิซีไอคือฟอสฟอรัส	พีเอช			
		น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอโรบิก	แอนอกซิก
1	6:1	6.72	7.29	8.04	7.58
2	12:1	6.82	7.46	8.24	7.89
3	24:1	6.99	7.66	8.43	7.49
4	48:1	7.02	7.98	8.56	7.75
5	6:1@AER	7.21	7.40	8.20	7.95
6	24:1@AER	7.35	7.60	8.49	8.01
7	48:1@AER	7.45	8.10	8.53	8.23

จากตารางที่ 4.4 เห็นได้ว่าค่าพีเอชน้ำเข้าของชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บิซีไอคือฟอสฟอรัสต่ำมีค่าน้อยกว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บิซีไอคือฟอสฟอรัสสูง เพราะน้ำเสียดังเคราะห์ของชุดที่มีอัตราส่วนอาร์บิซีไอคือฟอสฟอรัสต่ำมีปริมาณสารที่ทำให้ค่าพีเอชเพิ่มขึ้นน้อยกว่า เช่น โซเดียมอะซิเตตที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอน และโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ใช้เป็นบัฟเฟอร์ ซึ่งสอดคล้องกับค่าสภาพค่าง (ตารางที่ 4.3) ส่วนค่าพีเอชที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิกมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง เนื่องจากโซเดียมอะซิเตตที่เติมลงไปเกิดการแตกตัวได้ดังนี้





รูปที่ 4.9 ค่าพีเอชในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม

เมื่ออะซิติคถูกใช้ไปที่ชั้นคอนแวนแอโรบิก ทำให้มีไฮดรอกไซด์มากขึ้น ดังนั้นพีเอชจึงมีค่าสูงขึ้นด้วยโดยเฉพาะจุดที่มีสารอาหารมาก(เดิมไฮเดียมอะซิเทคมาก) และพบว่าค่าพีเอชที่ปลายชั้นคอนแวนแอโรบิกก็มีค่าเพิ่มขึ้นทุกจุดทดลองแม้จะมีการเติมบัฟเฟอร์ในระบบแล้วก็ตาม ส่วนในน้ำที่งั้นพบว่า มีค่าพีเอชใกล้เคียงกับที่ปลายชั้นคอนแวนแอโรบิก และที่ช่วงปลายชั้นคอนแวนออกซิกพบว่าพีเอชมีค่าลดลงจากค่าที่วัดได้ในน้ำที่งั้น

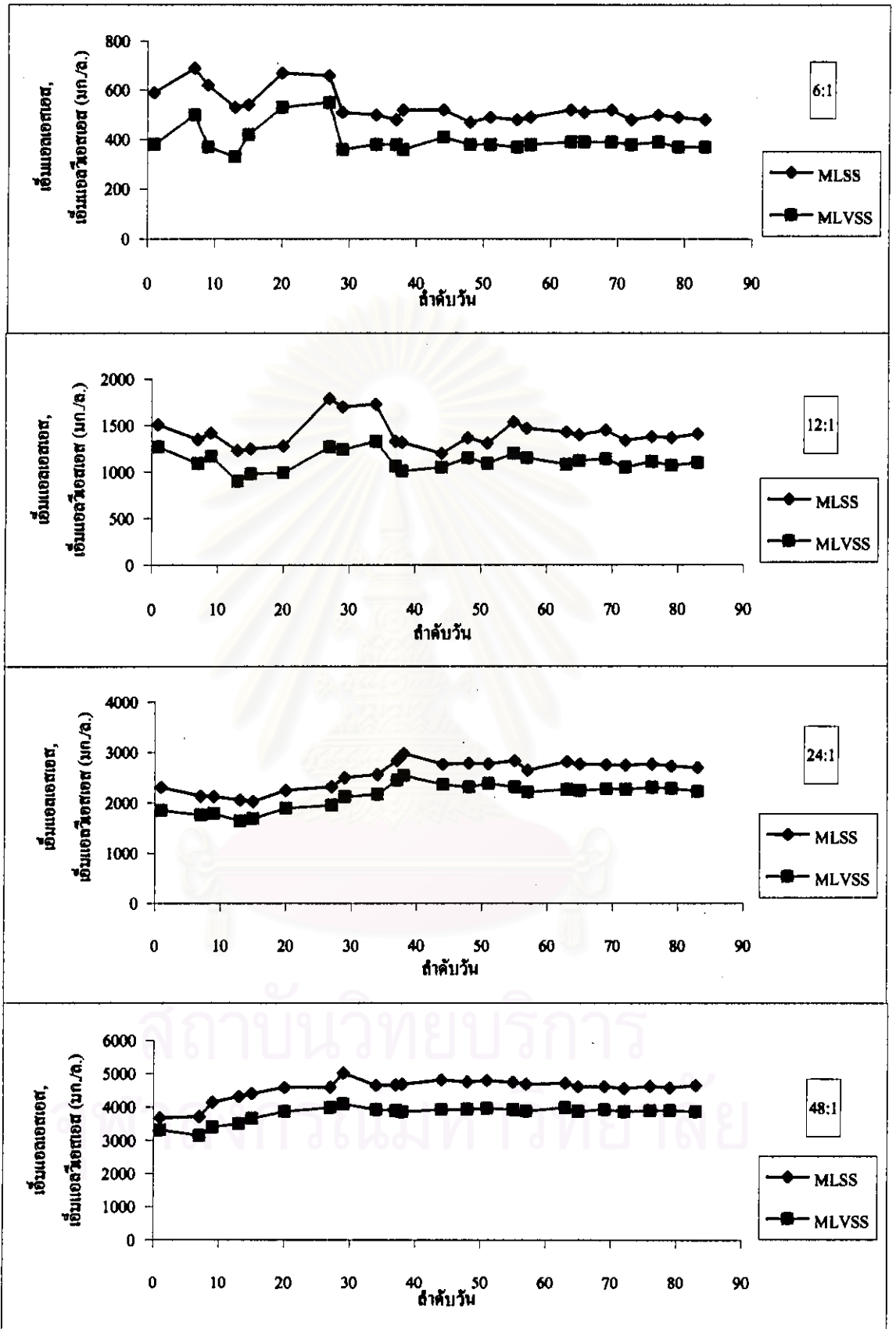
เมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชน้ำเข้าของชุดทดสอบและชุดควบคุมที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสเท่ากันพบว่า ชุดควบคุมมีค่าพีเอชน้ำเข้าต่ำกว่าชุดทดสอบ และค่าพีเอชที่สภาวะต่างๆของชุดควบคุมมีค่าต่ำกว่าชุดทดสอบด้วยเช่นกัน แต่พบว่าการเพิ่มขึ้นและลดลงของพีเอชในสภาวะต่างๆของชุดทดสอบมีลักษณะคล้ายกับชุดควบคุม

#### 4.1.6 เอ็มแอลเอสเอส (MLSS) และเอ็มแอลวีเอสเอส (MLVSS)

เอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสที่ปลายชั้นคอนแวนแอโรบิกของชุดควบคุมที่สถานะคงตัวและเอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสของชุดทดสอบที่วัดได้ในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างโพรวไฟต์ แสดงดังตารางที่ 4.5 ผลการทดลองหาค่าเอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสที่ปลายชั้นคอนแวนแอโรบิกของชุดควบคุมในช่วงเดินระบบจนถึงสถานะคงตัวแสดงดังรูปที่ 4.10 ส่วนปริมาณเอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสในระบบของชุดควบคุมที่อัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน แสดงดังรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.5 เอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสที่ปลายชั้นคอนแวนแอโรบิกของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว และเอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสของชุดทดสอบ

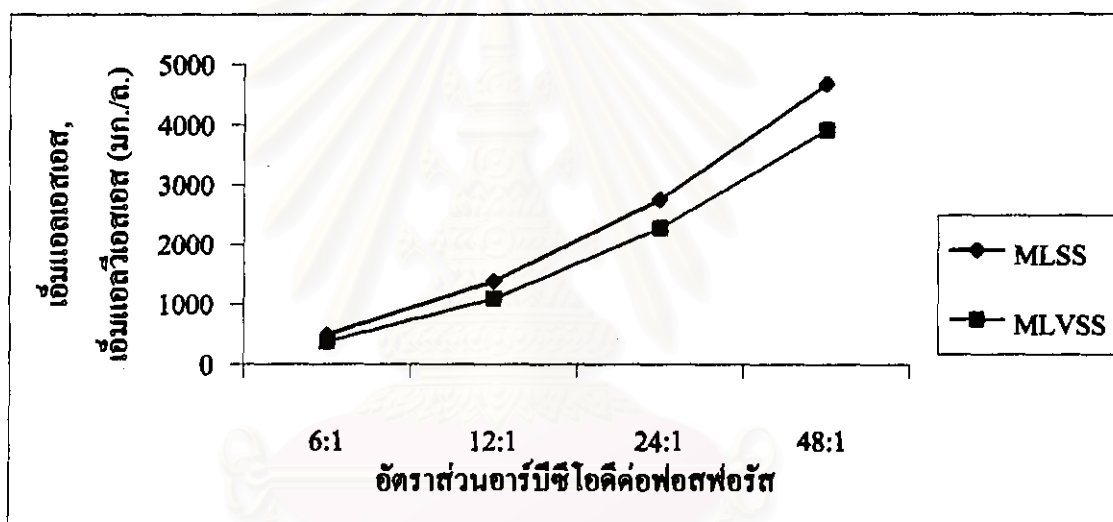
ชุดการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัส	เอ็มแอลเอสเอส (มก./ล.)	เอ็มแอลวีเอสเอส (มก./ล.)	อัตราส่วน MLVSS:MLSS
1	6:1	496	382	0.77
2	12:1	1,392	1,098	0.79
3	24:1	2,756	2,284	0.83
4	48:1	4,668	3,912	0.84
5	6:1@AER	510	390	0.76
6	24:1@AER	2,610	2,120	0.81



รูปที่ 4.10 ปริมาณแอมพลีตูดและเอ็มแอลเอสที่ปลายช่วงแอโรบิกในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า ชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคือต่อฟอสฟอรัสต่ำจะมีปริมาณของเอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสต่ำกว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคือต่อฟอสฟอรัสสูง เพราะว่ามีปริมาณสารอาหารน้อยกว่า และพบว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคือต่อฟอสฟอรัสต่ำ จะมีค่าอัตราส่วนของเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสต่ำกว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคือต่อฟอสฟอรัสสูงเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฟอสฟอรัสในเซลล์ที่มีมากกว่า(โดยจะกล่าวถึงต่อไปในหัวข้อ 4.1.12) ทำให้เมื่อเทียบสัดส่วนของของแข็งคงตัวต่อมวลของจุลินทรีย์จึงพบว่ามีค่ามากกว่า ทำให้อัตราส่วนของเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสมีค่าต่ำกว่า

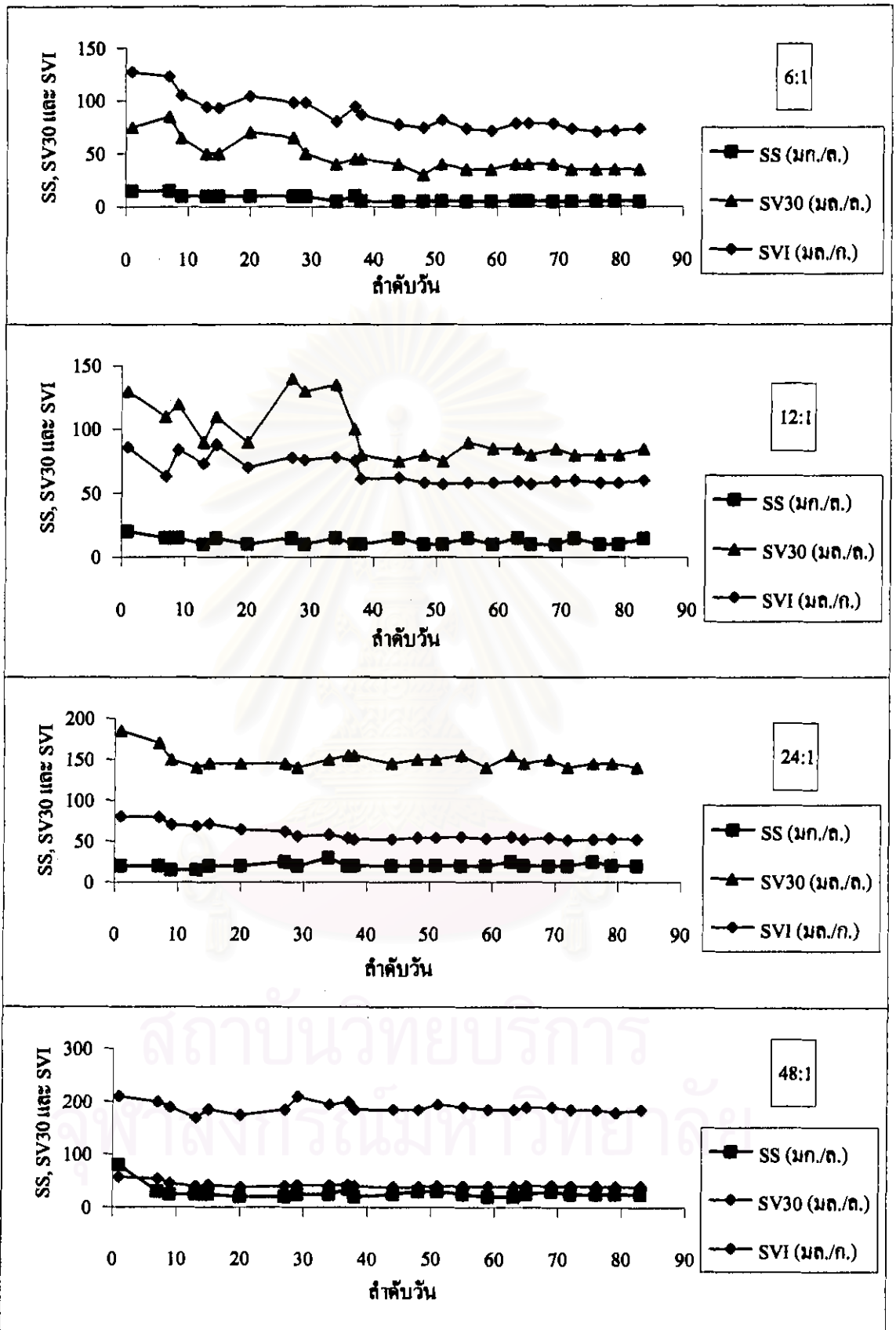
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคือต่อฟอสฟอรัสเท่ากันพบว่าค่าเอ็มแอลเอสเอส, เอ็มแอลวีเอสเอส และอัตราส่วนเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสมีค่าใกล้เคียงกัน เพราะมีปริมาณของสารอาหารที่ใช้เหมือนกัน



รูปที่ 4.11 ปริมาณเอ็มแอลเอสเอสและเอ็มแอลวีเอสเอสในระบบของชุดควบคุมที่อัตราส่วนอาร์บีซีโอคือต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน

#### 4.1.7 ของแข็งแขวนลอย, เอสวี30 และเอสวีไอ

ค่าของแข็งแขวนลอยของการทดลองนี้ทำการวัดเฉพาะในน้ำทิ้ง ค่าเอสวี30และเอสวีไอเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคู่กันในการบอกถึงความสามารถในการจมตัวของฟล็อกในระบบ โดยการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งแขวนลอย, เอสวี30 และเอสวีไอในช่วงเดินระบบของชุดควบคุมแสดงในรูปที่ 4.12 ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย, ค่าเอสวี30เฉลี่ย และค่าเอสวีไอเฉลี่ยของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว และค่าของแข็งแขวนลอย, ค่าเอสวี30 และเอสวีไอของชุดทดสอบที่ทำการเก็บตัวอย่างในวันสุดท้ายก่อนการเก็บตัวอย่างไพโรไฟต์ แสดงในตารางที่ 4.6



รูปที่ 4.12 ค่าของแข็งแขวนลอย เอสวี30 และเอสวีไอในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม

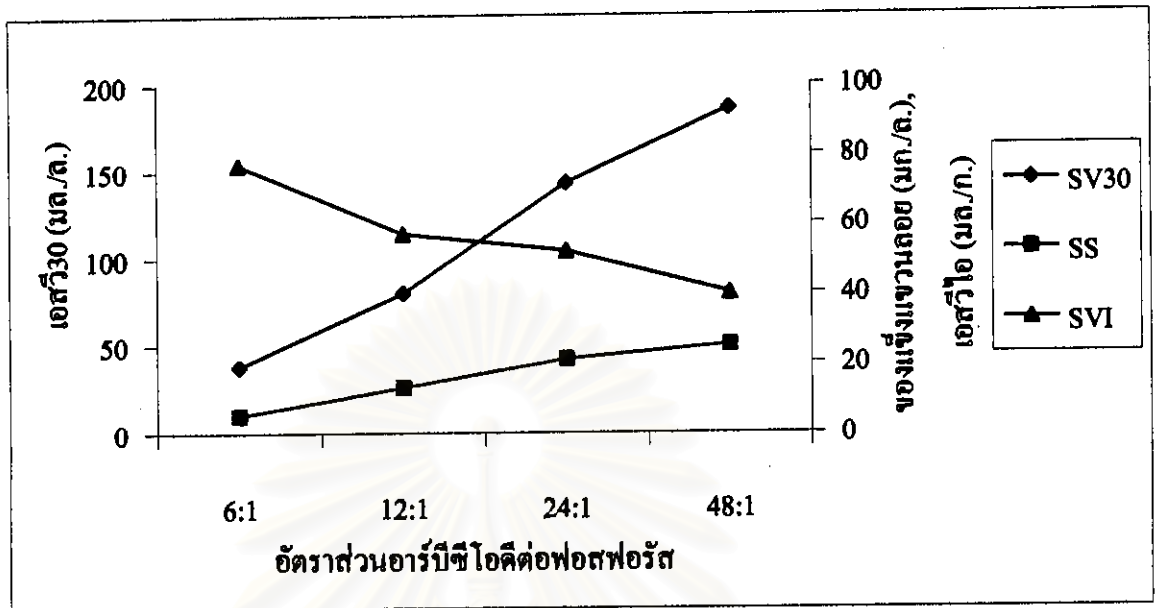


ตารางที่ 4.6 ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย, ค่าเอสวี30เฉลี่ย และค่าเอสวีไอเฉลี่ยที่สถานะคงตัวของหุคความ  
 กุม และค่าของแข็งแขวนลอย, ค่าเอสวี30 และค่าเอสวีไอของหุคทดสอบ

หุคการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บีซีโอดี ต่อฟอสฟอรัส	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	เอสวี30 (มก./ล.)	เอสวีไอ (มก./ล.)
1	6:1	5	38	77
2	12:1	13	80	57
3	24:1	21	143	52
4	48:1	25	186	40
5	6:1@AER	5	35	69
6	24:1@AER	20	130	49
7	48:1@AER	25	200	42

ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย, เอสวี30เฉลี่ย และเอสวีไอเฉลี่ยที่สถานะคงตัวของหุคความกุ่มที่มี  
 อัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน แสดงในรูปที่ 4.13 จากผลการทดลองของหุคความกุ่มพบ  
 ว่า หุคทดลองที่มีค่าอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสค่าระบบจะมีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำที่น้อย  
 เนื่องจากมีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในระบบต่ำกว่าหุคทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสสูง  
 ในทุกหุคการทดลองพบว่าฟล็อกของแบคทีเรียสามารถจมตัวได้ดีและสังเกตเห็นการแยกชั้นของฟล็อก  
 และส่วนที่เป็นน้ำใสอย่างชัดเจนและเกิดขึ้นในเวลาอันรวดเร็ว และพบว่าหุคทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บี  
 ซีโอดีต่อฟอสฟอรัสสูงมีค่าเอสวี30สูงกว่าหุคทดลองที่มีค่าอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่ำ แต่มีค่าเอสวีไอ  
 ต่ำกว่า ที่เป็นเช่นนี้เพราะหุคทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสสูงมีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน  
 เยอะมากกว่าทำให้มีค่าเอสวี30สูงกว่า แต่ฟล็อกมีการจับตัวแน่นและจมตัวได้ดีกว่าจึงมีค่าเอสวีไอต่ำกว่า  
 และจากการสังเกตลักษณะฟล็อกของหุค 6:1 และ 6:1@AER พบว่า ฟล็อกมีลักษณะเป็นเม็ดขนาดใหญ่  
 จับตัวกันไม่แน่นและมีลักษณะเป็นปุย ทำให้มีค่าเอสวีไอสูงถึงแม้จะมีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนน้อย  
 แต่ฟล็อกสามารถตกตะกอนได้เร็วกว่าหุคทดลองอื่นๆ

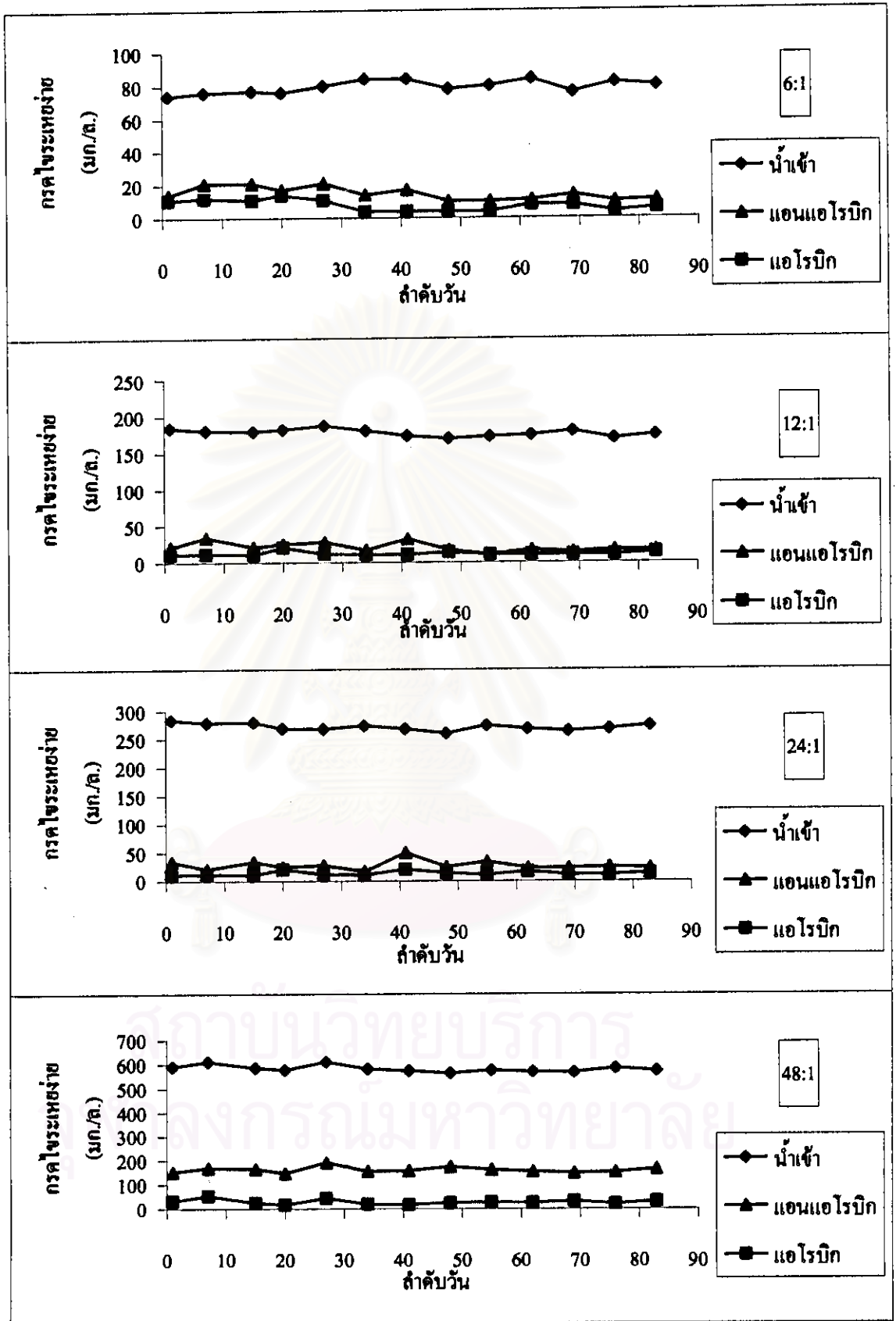
ส่วนหุคทดสอบที่มีค่าอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับหุคความกุ่มพบว่า ค่าตะกอน  
 แขวนลอย, เอสวี30 และเอสวีไอมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากชนิดและปริมาณของสารอาหารที่ใช้ใน  
 เหมือนกัน ลักษณะของฟล็อกและการจมตัวจึงมีความคล้ายคลึงกัน



รูปที่ 4.13 ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย, ค่าเอสวี30เฉลี่ย และค่าเอสวีไอเฉลี่ยที่สถานะคงตัวของชุดควบคุมที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอคิตต่อฟอสฟอรัสต่างกัน

#### 4.1.8 กรดไขมันระเหยง่าย

กรดไขมันระเหยง่ายหรือวีเอฟเอ (Volatile Fatty Acids, VFAs) เป็นกรดไขมันโมเลกุลเล็กซึ่งมีจำนวนคาร์บอนน้อยๆ (Short Chained Volatile Fatty Acids, SCVFAs) เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิอิก เป็นต้น ในการทดลองหาค่ากรดไขมันระเหยง่ายนี้ใช้ 2 วิธี คือ ในช่วงเก็บผลก่อนสถานะคงตัวจะใช้วิธีไทเทรต เพราะเป็นวิธีที่สะดวกและใช้เวลาน้อยรวมทั้งใช้ได้ดีในกรณีต้องการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นเท่านั้น แต่ผลที่ได้จะมีความผิดพลาดสูง เนื่องจากในการทดลองมีขั้นตอนการต้มเพื่อไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากตัวอย่างน้ำ ทำให้การควบคุมให้ตัวอย่างได้รับความร้อนเท่ากันและไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ออกจากตัวอย่างน้ำจนหมดเป็นไปได้ยาก ทำให้พบว่าทุกตัวอย่างจะหาค่ากรดไขมันระเหยง่ายได้เสมอ ถึงแม้ว่าความจริงแล้วกรดไขมันระเหยง่ายนั้นหมดไปแล้วก็ตาม ดังนั้นจึงใช้วิธีที่มีความถูกต้องและแม่นยำกว่าคือ วิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography, GC) สำหรับหาค่ากรดไขมันระเหยง่ายที่สถานะคงตัวและที่เก็บผลตามเวลา (profile) ส่วนผลการทดลองหาค่ากรดไขมันระเหยง่ายโดยวิธีไทเทรตของชุดควบคุมในช่วงเวลาต่างๆ แสดงในรูปที่ 4.14 ค่ากรดไขมันระเหยง่ายเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัว (วัดโดยใช้วิธีไทเทรต) ของชุดควบคุมและค่ากรดไขมันระเหยง่ายที่สถานะ



รูปที่ 4.14 ค่ากรดไขมันละลาย (โดยวิธีโทเทรต) ในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม

ต่างๆของชุดทดสอบ แสดงดังตารางที่ 4.7 ส่วนค่ากรดไขมันแห้งของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว ซึ่งใช้วิธีวัดด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟีแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 ค่ากรดไขมันแห้งเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่ากรดไขมันแห้งของชุดทดสอบ(วัดอย่างหยาบโดยใช้วิธีไทเทรต)

ชุดการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บีซีโอดี คอปอสมพอร์ต	กรดไขมันแห้ง (มก./ก.)		
		น้ำเข้า*	แอนแอโรบิก	แอโรบิก
1	6:1	81	12	7
2	12:1	174	16	12
3	24:1	269	24	12
4	48:1	573	159	27
5	6:1@AER	75	15	4
6	24:1@AER	270	50	15
7	48:1@AER	590	135	75

หมายเหตุ \* เฉพาะน้ำเข้าเป็นค่ากรดไขมันแห้งทั้งหมด ส่วนตัวอย่างอื่นๆเป็นค่ากรดไขมันแห้งกรอง

จากตารางที่ 4.7 ซึ่งแสดงค่ากรดไขมันแห้งที่วัดโดยใช้วิธีไทเทรต เห็นได้ว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนของอาร์บีซีโอดีคอปอสมพอร์ตสูง น้ำเข้าจะมีปริมาณของกรดไขมันแห้งสูงเช่นกัน เพราะชุดทดลองดังกล่าวมีสารอาหารที่อยู่ในรูปของอาร์บีซีโอดีมากกว่าชุดทดลองอื่น สำหรับการใส่กรดไขมันแห้งของทุกชุดการทดลองพบว่าที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิกกรดไขมันแห้งส่วนใหญ่ถูกใช้ไปเกือบหมด และที่ปลายชั้นคอนแอโรบิกค่ากรดไขมันแห้งที่วัดได้มีค่าเหลืออยู่น้อยมากแต่ยังสามารถหาค่าได้

สถาบันวิจัยปศุสัตว์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

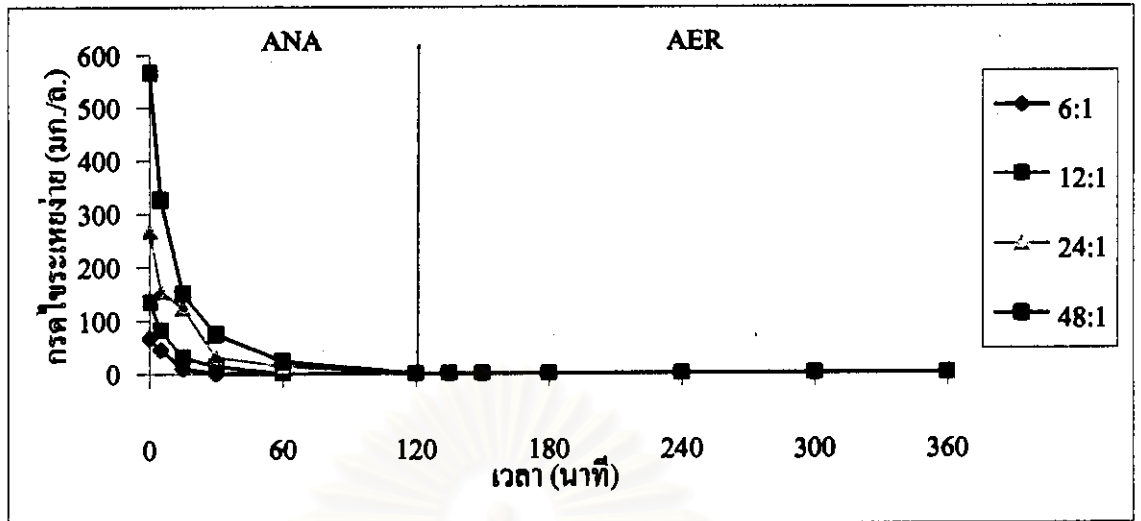
ตารางที่ 4.8 ค่ากรดไขมันระเหยง่ายเฉลี่ยที่สถานะคงตัวของชุดควบคุม(ใช้วิธีวัดแบบละเอียดด้วยเครื่อง  
ก๊าซโครมาโตกราฟี)

ชุดการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บีซีโอดี ต่อฟอสฟอรัส	กรดไขมันระเหยง่าย (มก./ล.)		
		น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอโรบิก
1	6:1	73	0	0
2	12:1	135	0	0
3	24:1	263	0	0
4	48:1	543	0	0

หมายเหตุ \* เฉพาะน้ำเข้าเป็นค่ากรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด ส่วนตัวอย่างอื่นๆเป็นค่ากรดไขมันระเหยง่าย  
กรอง

จากตารางที่ 4.8 ซึ่งแสดงค่ากรดไขมันระเหยง่ายที่วัดโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟีพบว่า ที่  
ขั้นตอนแอนแอโรบิกของทุกชุดการทดลองค่ากรดไขมันระเหยง่ายที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 0 มก./ล. แสดงว่า  
กรดไขมันระเหยง่ายถูกใช้ไปจนหมดตั้งแต่อยู่ในขั้นตอนแอนแอโรบิกแล้ว แล้วเมื่อพิจารณาที่ขั้นตอนแอ  
โรบิกค่ากรดไขมันระเหยง่ายที่วัดได้ก็มีค่าเป็นศูนย์ทุกชุดการทดลองเช่นเดียวกัน และจากรูปที่ 4.15 ซึ่ง  
แสดงโพรไฟล์ค่ากรดไขมันระเหยง่ายในระบบของชุดควบคุมซึ่งใช้วิธีวัดด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี  
เห็นได้ว่าในทุกชุดการทดลองกรดไขมันระเหยง่ายถูกใช้ไปจนหมดในขั้นตอนแอนแอโรบิก ซึ่งสัมพันธ์  
กับซีโอดีที่ถูกใช้ไปจนเกือบหมดในขั้นตอนแอนแอโรบิก(ดูหัวข้อ 4.1.9) เนื่องจากสารอาหารที่ใช้ใน  
การทดลองอยู่ในรูปอาร์บีซีโอดีเป็นส่วนใหญ่ ทำให้จุลินทรีย์พวกฟีเอโอสามารถนำไปใช้ได้เลย ทำให้  
กรดไขมันระเหยง่ายถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว แสดงว่าวิธีก๊าซโครมาโตกราฟีให้ค่าที่ถูกต้องมากกว่า  
วิธีไทเทรต

สำหรับผลการทดลองหาค่ากรดไขมันระเหยง่ายโดยใช้วิธีไทเทรตของชุดทดสอบคือ 6:1@AER,  
24:1@AER และ 48:1@AER พบว่าที่ปลายขั้นตอนแอนแอโรบิกยังสามารถวัดปริมาณของกรดไขมัน  
ระเหยง่ายในน้ำตัวอย่างได้เหมือนกับผลการทดลองของชุดควบคุม แต่เมื่อพิจารณาค่าซีโอดีที่วัดได้ที่  
ขั้นตอนแอนแอโรบิก(ดูหัวข้อ 4.1.9) จะพบว่าซีโอดีถูกใช้ไปจนเกือบหมดในขั้นตอนแอนแอโรบิกเช่น  
เดียวกับชุดควบคุม ดังนั้นชุดทดสอบก็น่าจะสามารถใช้กรดไขมันระเหยง่ายได้จนหมดในขั้นตอนแอนแอ  
โรบิกแล้วเช่นกัน



รูปที่ 4.15 โพรไฟล์ค่ากรดไครเซเทอซในระบอบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว(วัดแบบละเอียดโดยวิธีใช้เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี)

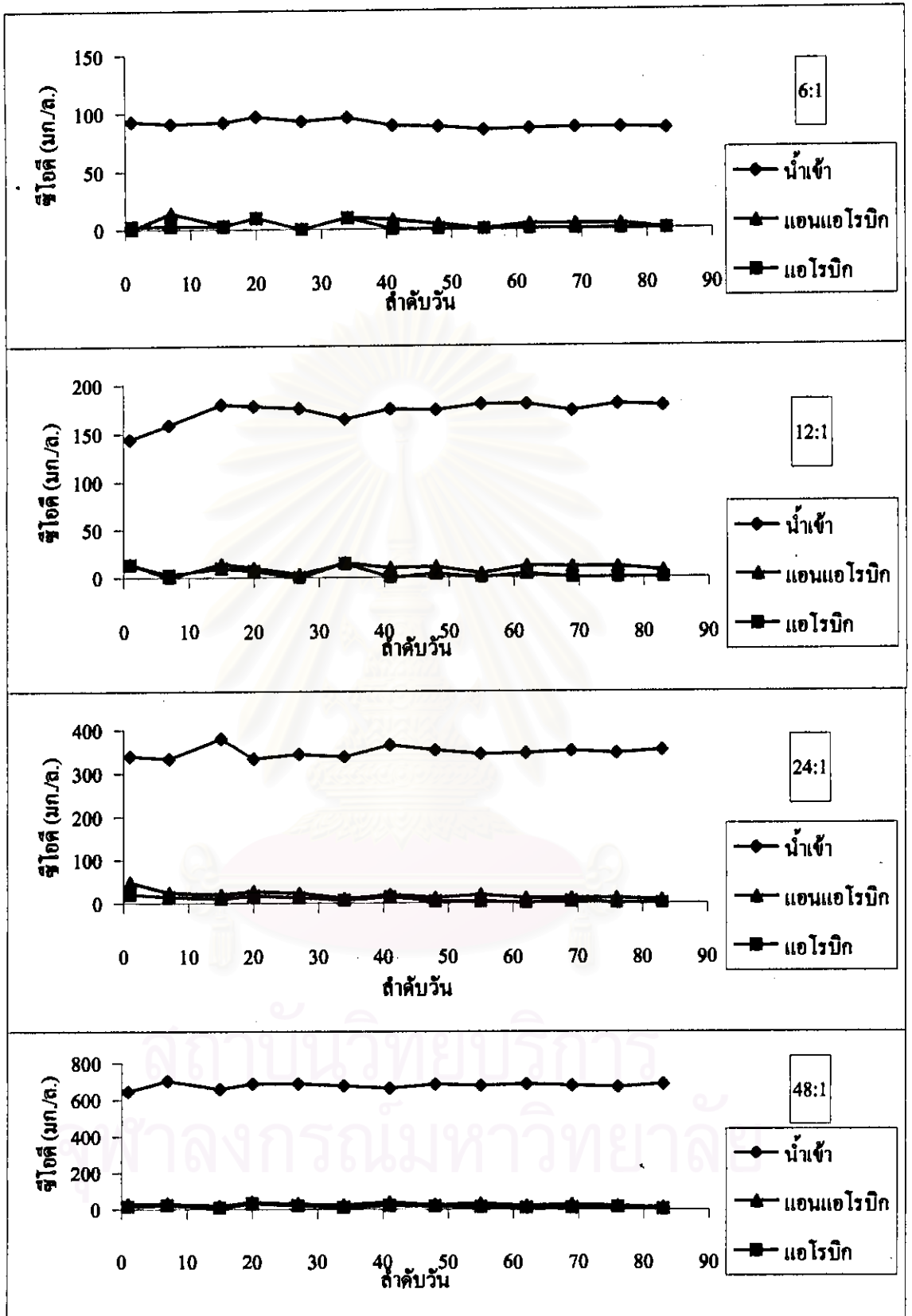
#### 4.1.9 ซีโอไลต์

ค่าซีโอไลต์ในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.16 เห็นได้ว่าที่ขั้นตอนแอมเอโรบิกซีโอไลต์ของทุกชุดทดลองถูกใช้ไปจนเกือบหมด โดยค่าซีโอไลต์เฉลี่ยในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว และค่าซีโอไลต์ที่วัดได้ในวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง โพรไฟล์ของชุดทดสอบ แสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าซีโอไลต์เฉลี่ยในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว และค่าซีโอไลต์ของชุดทดสอบที่วัดในวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง โพรไฟล์

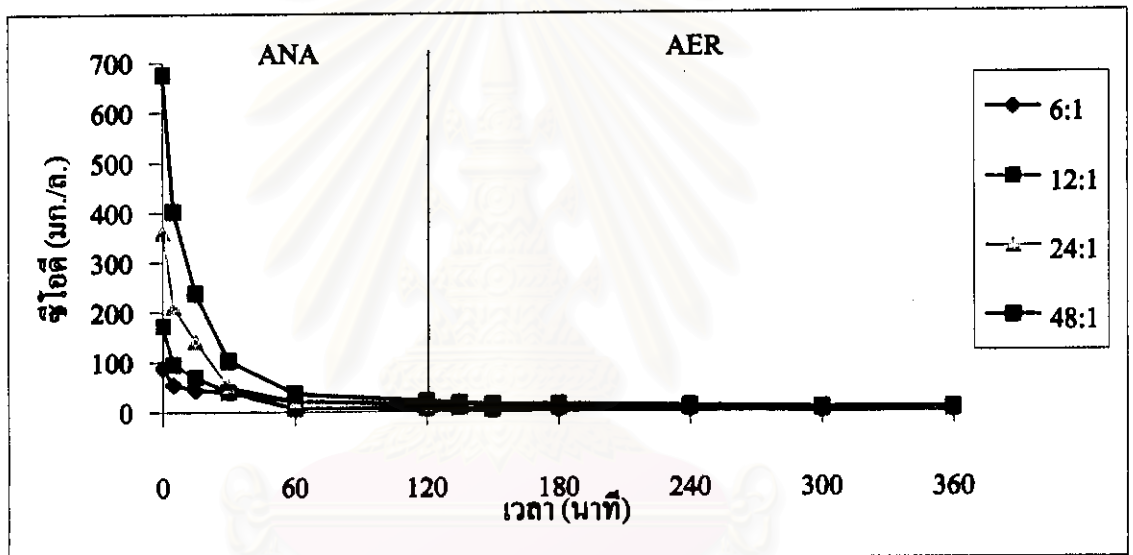
ชุดการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บี ซีโอไลต์ต่อฟอสฟอรัส	ซีโอไลต์(มก./ถ.)		
		น้ำเข้า*	แอมเอโรบิก	เอโรบิก
1	6:1	86	2	0
2	12:1	176	10	1
3	24:1	344	13	2
4	48:1	696	18	7
5	6:1@AER	90	4	0
6	24:1@AER	344	16	0
7	48:1@AER	688	35	4

หมายเหตุ \* เฉพาะน้ำเข้าเป็นค่าซีโอไลต์ทั้งหมด ส่วนตัวอย่างอื่นๆเป็นค่าซีโอไลต์กรองด้วย GF/C



รูปที่ 4.16 ค่าซิไอต์ทั้งหมดในน้ำเข้าและค่าซิไอต์กรองในชั้นดินแอมโมเนียมไนเตรตและไนเตรตในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม

จากผลการทดลองที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของชุดควบคุมคือ 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 100, 100, 100 และ 99 ตามลำดับ และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของชุดทดสอบคือ 6:1@AER, 24:1@AER และ 48:1@AER มีค่าเท่ากับร้อยละ 100, 100 และ 99 แสดงว่าทั้งชุดควบคุมและชุดทดสอบมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดซีโอดี เพราะสารอาหารที่ใช้อยู่ในรูปของอาร์บีซีโอดีเป็นส่วนใหญ่ ทำให้แบกทีเรียสามารถนำไปใช้ได้ง่ายและรวดเร็ว และพบว่าปริมาณซีโอดีเกือบทั้งหมดถูกใช้หมดไปตั้งแต่อยู่ในขั้นตอนแอนแอโรบิกแล้ว ดังนั้นกรดไขมันระเหยง่ายจึงควรจะถูกใช้หมดไปตั้งแต่อยู่ในขั้นตอนแอนแอโรบิกแล้ว(ซึ่งตรงกับโพรไฟล์ค่ากรดไขมันระเหยง่ายที่ด้วยวิธีใช้เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี ในรูปที่ 4.15) และได้ทำการทดลองหาโพรไฟล์ค่าซีโอดีในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว แสดงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 โพรไฟล์ค่าซีโอดีกรองในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าในทุกชุดการทดลองของชุดควบคุม ซีโอดีเกือบทั้งหมดถูกใช้ไปในขั้นตอนแอนแอโรบิก ซึ่งสอดคล้องกับโพรไฟล์ค่ากรดไขมันระเหยง่ายในรูปที่ 4.15 ดังเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อนำการใช้ซีโอดีของชุดทดสอบมาพิจารณาเปรียบเทียบกับการใช้ซีโอดีของชุดควบคุมทำให้สามารถสรุปได้ว่าการใช้กรดไขมันระเหยง่ายของชุดทดสอบน่าจะมีลักษณะเหมือนกับชุดควบคุม เนื่องจากซีโอดีในทุกชุดการทดลองของชุดทดสอบถูกใช้ไปเกือบหมดที่ขั้นตอนแอนแอโรบิก ดังนั้นชุดทดสอบน่าจะใช้กรดไขมันระเหยง่ายหมดไปตั้งแต่ขั้นตอนแอนแอโรบิกแล้ว



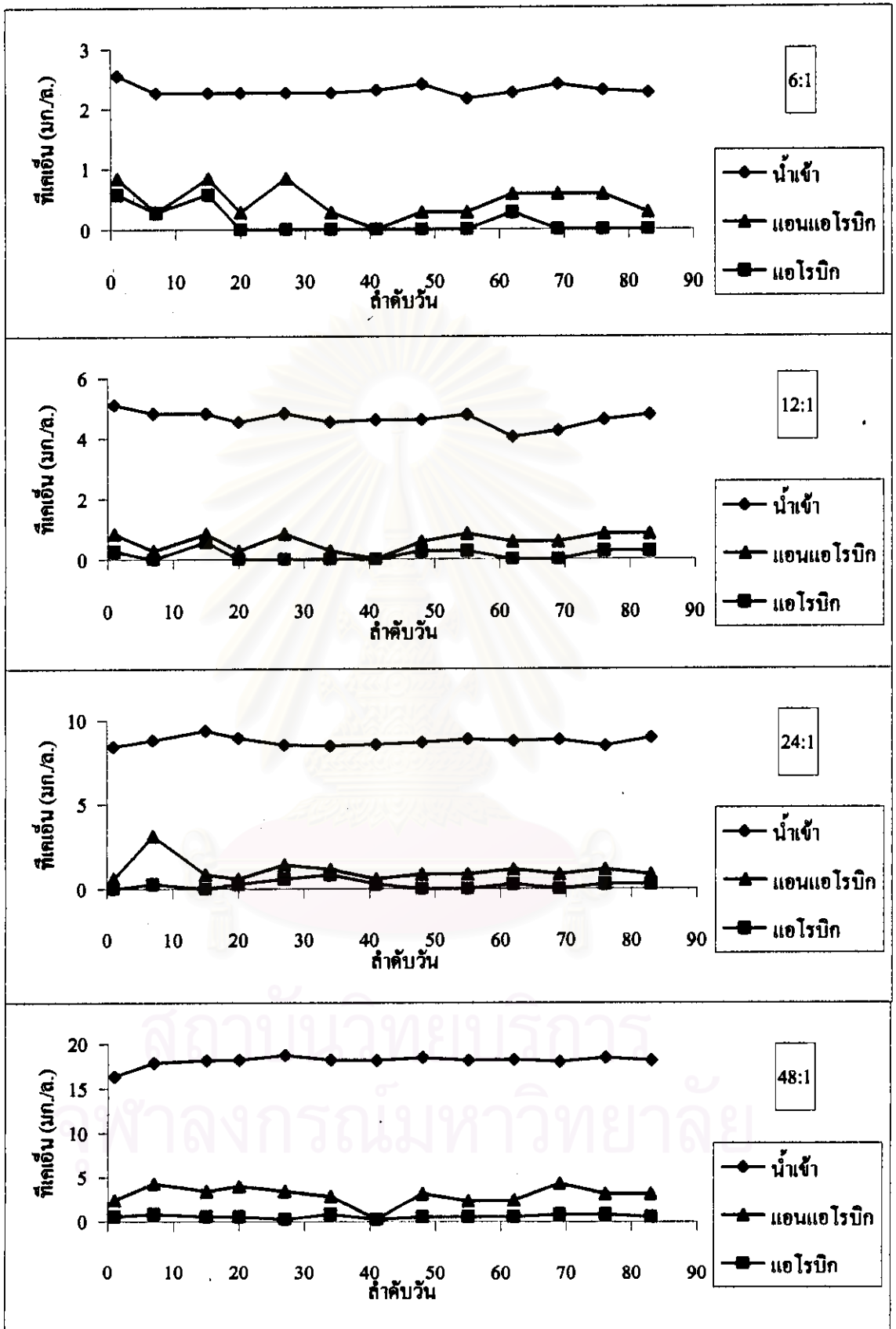
#### 4.1.10 ทีเคเอ็น

ในงานวิจัยนี้กำหนดค่าให้มีปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียสังเคราะห์เป็นอัตราส่วนบีโอดีต่อไนโตรเจนเท่ากับ 100:3 เพื่อลดปริมาณไนเตรดที่เกิดขึ้นที่ชั้นคอนแวนแอโรบิกไม่ให้ไปรบกวนการจับใช้กรดไขมันระเหยง่ายของจุลินทรีย์พวกฟิเอโอในชั้นคอนแวนแอโรบิก และค่าทีเคเอ็นในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 4.18 โดยค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่าทีเคเอ็นของชุดทดสอบ แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยจากช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมและค่าทีเคเอ็นของชุดทดสอบ

ชุดการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บีซีโอดี ต่อฟอสฟอรัส	ทีเคเอ็น (มก./ล.)		
		น้ำเข้า	แวนแอโรบิก	แอโรบิก
1	6:1	2.3	0.4	0.0
2	12:1	4.5	0.7	0.2
3	24:1	8.8	1.0	0.1
4	48:1	18.3	3.1	0.7
5	6:1@AER	2.2	0.3	0.0
6	24:1@AER	8.7	0.8	0.3
7	48:1@AER	18.2	3.6	0.8

จากรูปที่ 4.18 และตารางที่ 4.10 เห็นได้ว่า ค่าทีเคเอ็นที่ปลายชั้นคอนแวนแอโรบิกของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว และชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสสูงจะมีการกำจัดทีเคเอ็นในช่วงแวนแอโรบิกสูงด้วย เพราะการจับใช้ในโตรเจนแปรผันโดยตรงกับปริมาณสารอาหาร(ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณของเอ็มแอตเอสเอสในระบบ) จากงานวิจัยของ Satoh และคณะ (1998) อ้างโดย โกมล เอ็มเสมอ (2541) พบว่าทีเคเอ็นที่ลดลงที่ชั้นคอนแวนแอโรบิกอาจถูกแบคทีเรียคิงเข้าเซลล์ โดยเปลี่ยนเป็นกรดอัทฟาอะมิโนบิวทริกและกรดอะมิโนอื่นที่ยังไม่ทราบแน่ชัด และที่ปลายชั้นคอนแวนแอโรบิกทีเคเอ็นมีค่าเหลือน้อยมากเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไนคริติเคชัน เนื่องจากการเติมไนโตรเจนได้พอดีกับการสังเคราะห์เซลล์และมีผลของไนเตรดต่อระบบน้อยมาก เหตุผลที่ต้องเติมไนโตรเจนน้อยเพราะต้องการผลของการเติมฟอสฟอรัสที่ชั้นคอนแวนแอโรบิกต่อประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสหรือฟิเอโออินเป็นองค์ความรู้ใหม่(จึงต้องขจัดปัญหาการรบกวนจากไนเตรด) และเห็นได้ว่าประสิทธิภาพ

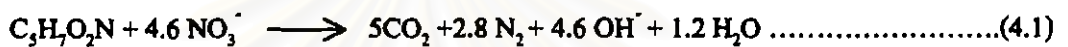


รูปที่ 4.18 ค่าที่เคเอ็นในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม

การกำจัดที่เคเอ็นของซัลฟิวไรด์และซัลฟิเดสที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากันไม่แตกต่างกันมาก โดยดูจากค่าที่เคเอ็นที่ปลายชั้นคอนแวนโรบิก

#### 4.1.11 ไนโตรเจนและไนเตรด

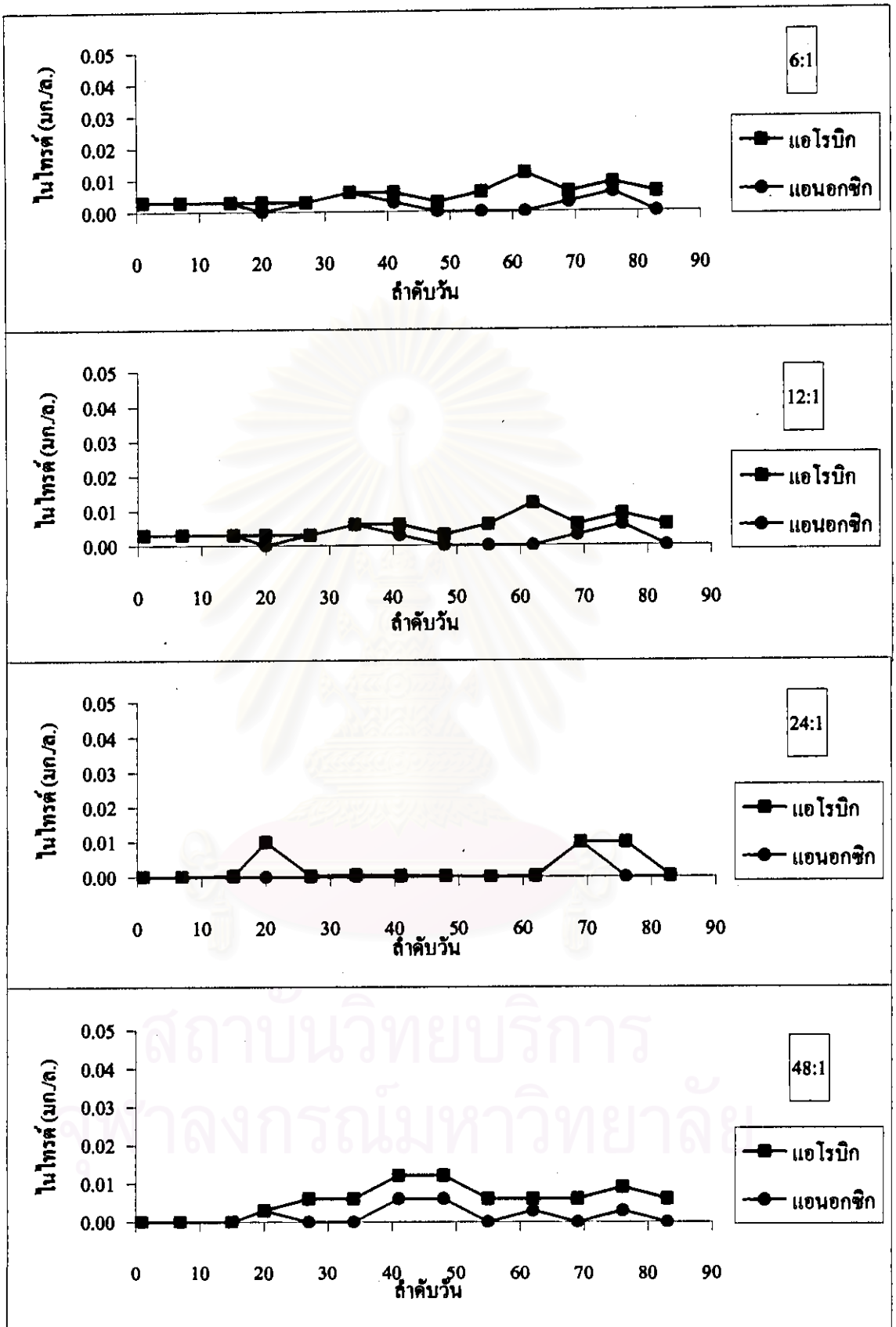
ในงานวิจัยนี้กำหนดให้มีชั้นคอนแวนออกซิกเพื่อกำจัดไนเตรดที่เกิดจากชั้นคอนแวนโรบิก โดยใช้แหล่งคาร์บอนอินทรีย์จากภายในเซลล์และใช้ไนเตรดเป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจนในปฏิกิริยาการหายใจในขณะที่สารอาหารไม่เพียงพอ(endogenous respiration reaction) ซึ่งจะมีอัตราการกำจัดไนเตรดที่ต่ำมาก ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงดังสมการที่ 4.1 (Sedlak, 1991)



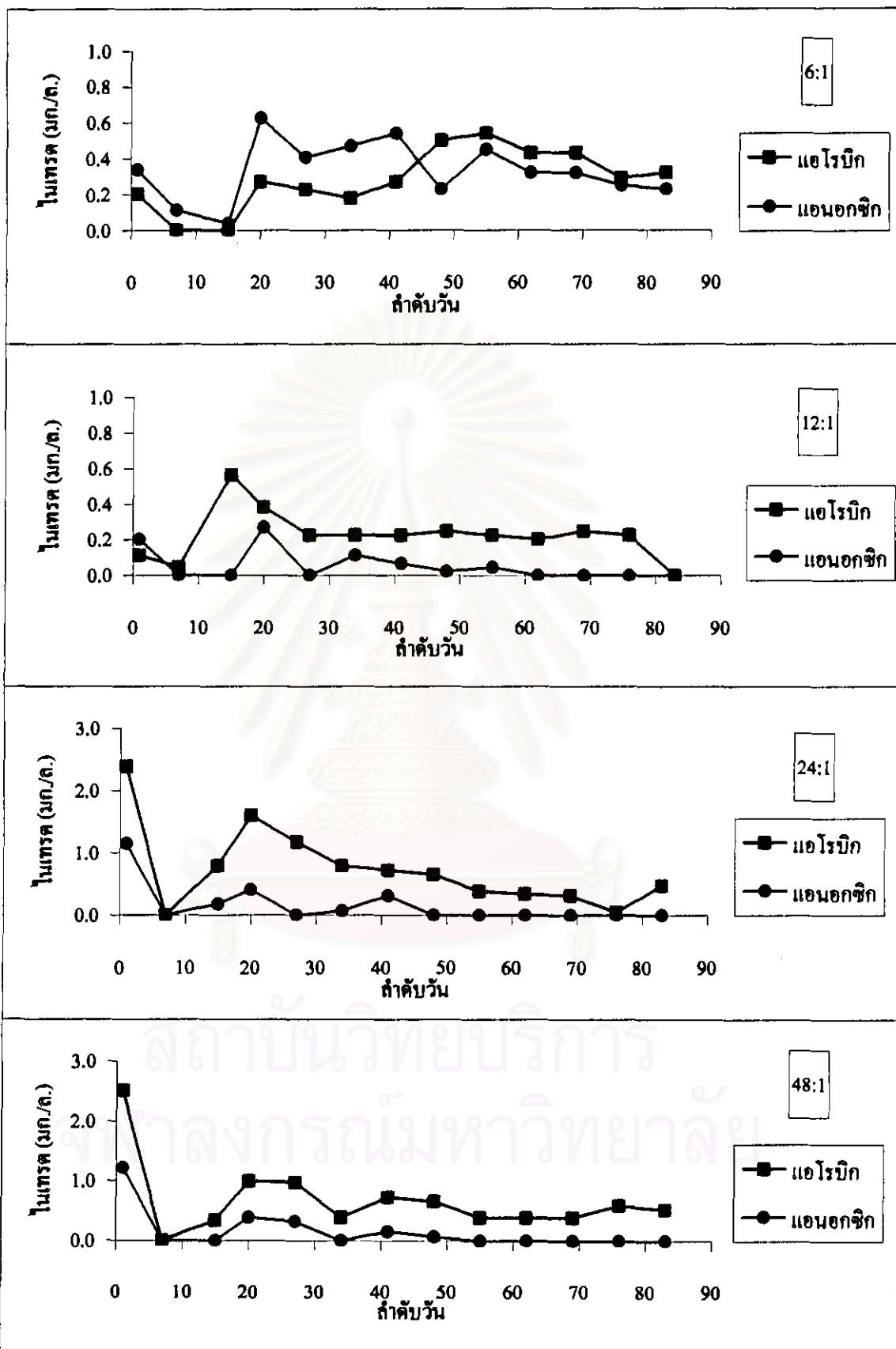
จากสมการที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าในการกำจัดไนเตรดไนโตรเจน 1 กรัม จุดรีดต้องย่อยสลายเซลล์ไป 0.43 กรัม ผลการทดลองหาค่าไนโตรเจนและไนเตรดในช่วงเวลาต่างๆของซัลฟิวไรด์แสดงดังรูปที่ 4.19 และ 4.20 ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยไนโตรเจนและไนเตรดจากช่วงสถานะคงตัวของซัลฟิวไรด์และค่าไนโตรเจนและไนเตรดของซัลฟิเดสแสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนและไนเตรดจากช่วงสถานะคงตัวของซัลฟิวไรด์ และค่าไนโตรเจนและไนเตรดของซัลฟิเดส

ซัลฟิเดสที่	อัตราส่วนอาร์บีซีโอดี ต่อฟอสฟอรัส	ไนโตรเจน (มก./ล.)		ไนเตรด (มก./ล.)	
		แอมโมเนีย	แอนอนิก	แอมโมเนีย	แอนอนิก
1	6:1	0.01	0.00	0.42	0.30
2	12:1	0.01	0.00	0.19	0.01
3	24:1	0.00	0.00	0.37	0.00
4	48:1	0.01	0.00	0.49	0.01
5	6:1@AER	0.01	0.00	0.24	0.19
6	24:1@AER	0.00	0.00	0.16	0.00
7	48:1@AER	0.19	0.00	0.40	0.00



รูปที่ 4.19 ไนโตรเจนในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม

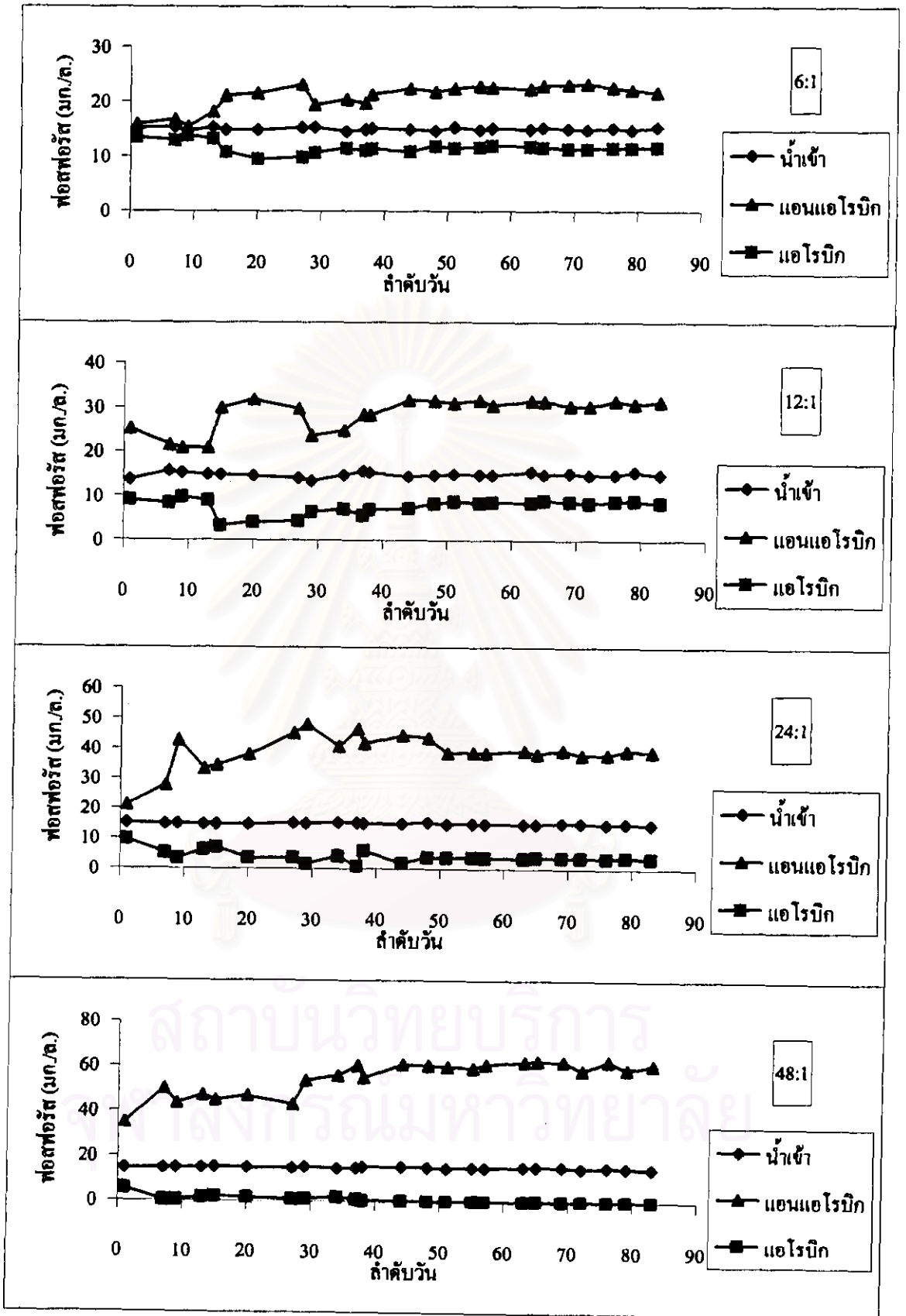


รูปที่ 4.20 ไนเตรดในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม

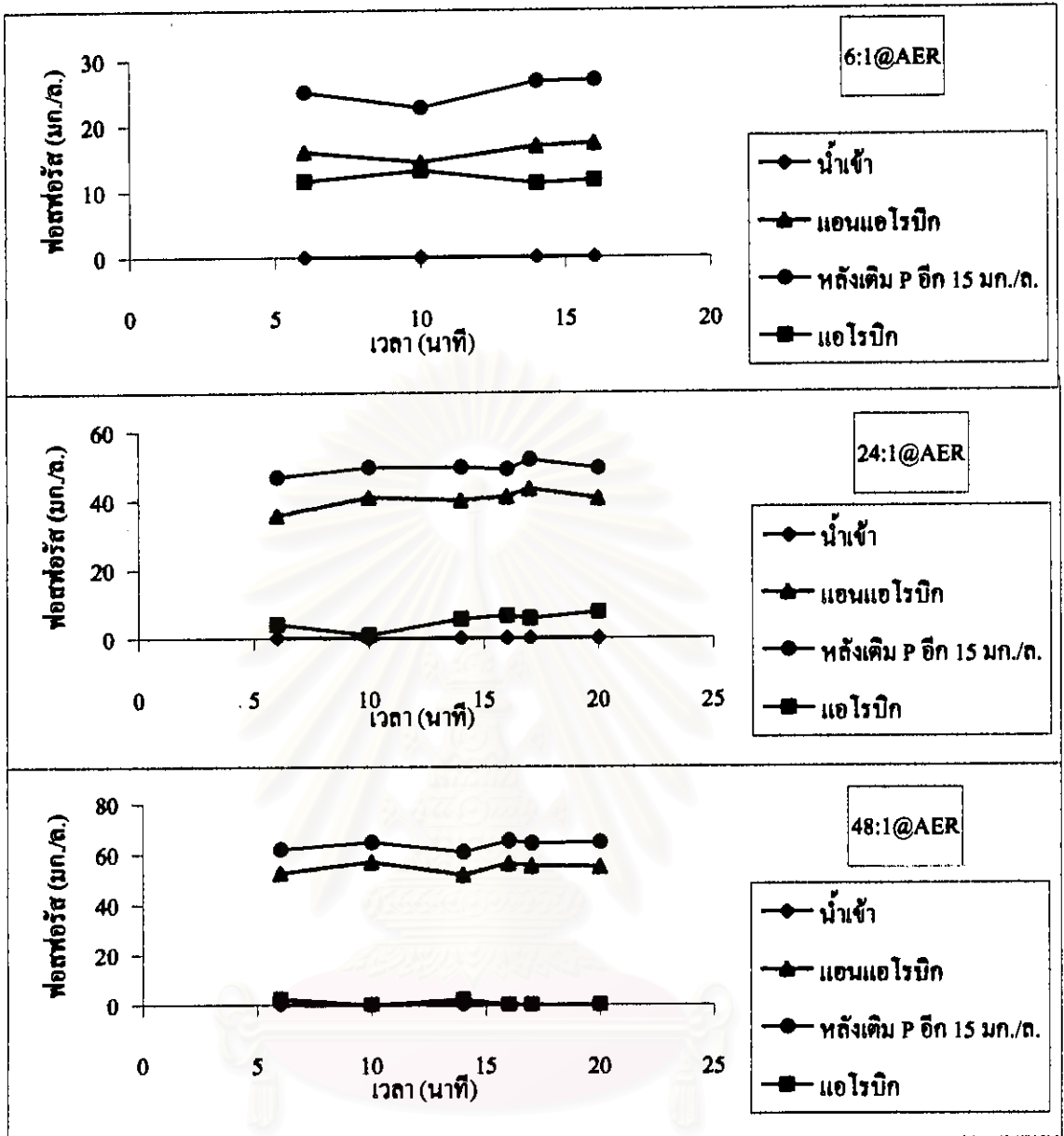
จากตารางที่ 4.11 จะเห็นว่าไนไตรต์และไนเตรดที่ปลายช่วงแอนอ็อกซิกของชุด 12:1, 24:1, 48:1, 24:1@AER และ 48:1@AER มีปริมาณเล็กน้อยมาก ส่วนค่าไนเตรดที่ปลายชั้นคอนแอนอ็อกซิกของชุด 6:1 และ 6:1@AER มีค่าลดลงเล็กน้อยจากค่าที่วัดได้ที่ปลายชั้นคอนแอโรบิก ซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่เกิดสภาพแอโรบิกแทนสภาพแอนอ็อกซิกดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1.2 แต่จะเห็นว่าไนเตรดมีปริมาณน้อยมากดังนั้นผลที่จะมีต่อชั้นคอนแอนแอโรบิกสามารถที่จะตัดทิ้งได้ ส่วนไนไตรต์ที่ปลายแอนอ็อกซิกของชุด 6:1 และ 6:1@AER นั้นสามารถกำจัดได้หมด และสาเหตุที่ชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีคือฟอสฟอรัสสูงสามารถกำจัดไนไตรต์และไนเตรดได้หมดที่ชั้นคอนแอนอ็อกซิกอาจเป็นเพราะมีปริมาณของจุลชีพในระบบสูงกว่า ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ใช้แหล่งคาร์บอนอินทรีย์จากภายในเซลล์สูงกว่าจึงสามารถกำจัดไนเตรดได้หมด อย่างไรก็ตามในชั้นคอนแอนอ็อกซิกที่มีการกำจัดไนเตรดโดยใช้แหล่งคาร์บอนอินทรีย์จากภายในเซลล์ของจุลชีพพบว่า จากการคำนวณโดยใช้สมการที่ 4.1 ในชุดทดลอง 6:1, 12:1, 24:1, 48:1, 6:1@AER, 24:1@AER และ 48:1@AER ซึ่งสามารถลดปริมาณไนเตรดที่ชั้นคอนแอนอ็อกซิกลงไปได้เท่ากับ 0.12, 0.18, 0.37, 0.48, 0.05, 0.16 และ 0.40 มก./ล. ตามลำดับ ดังนั้นสามารถหาปริมาณของเซลล์จุลชีพที่เกิดการย่อยสลายไปได้เท่ากับ 0.05, 0.08, 0.16, 0.21, 0.02, 0.07 และ 0.17 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียที่ลดลงเนื่องจากปฏิกิริยามีค่าน้อยมาก

#### 4.1.12 ฟอสฟอรัส

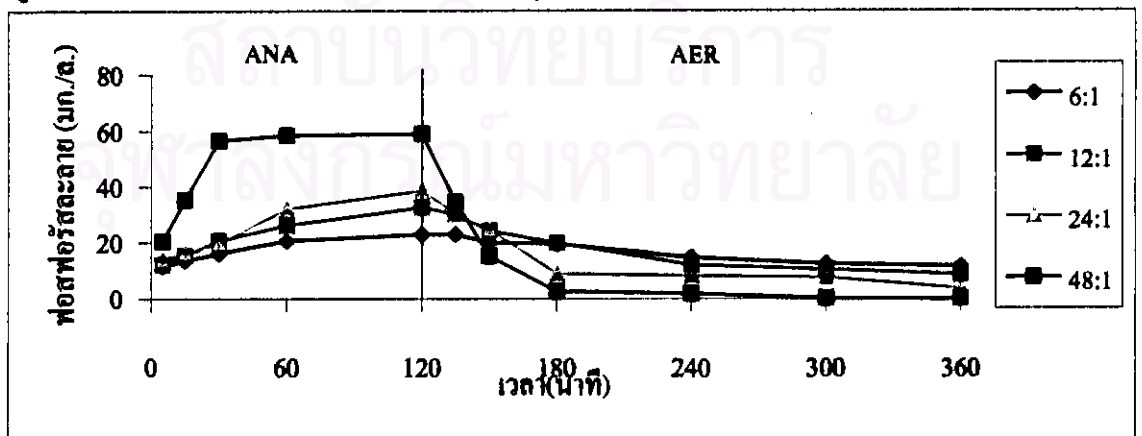
ในงานวิจัยนี้มีการแปรผันปริมาณสารอาหารที่อัตราส่วนอาร์บีซีโอดีคือฟอสฟอรัสต่าง ๆ กัน โดยที่อัตราส่วนอาร์บีซีโอดีคือฟอสฟอรัสต่าง ๆ กันจะแบ่งออกเป็นชุดควบคุมที่เติมฟอสฟอรัสที่น้ำเสีย และชุดทดสอบที่เติมฟอสฟอรัสที่ชั้นคอนแอโรบิก จากการทดลองของชุดควบคุมและชุดทดสอบจะเห็นว่ามีการกำจัดฟอสฟอรัสในแต่ละชุดทดลองการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ โดยจากค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุมแสดงดังตารางที่ 4.12 และโพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสระยะภายในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว แสดงดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.21 ค่าฟอสฟอรัสในช่วงเวลาต่างๆของชุดควบคุม



รูปที่ 4.22 ค่าฟอสฟอรัสในช่วงเวลาต่างๆของชุดทดสอบ



รูปที่ 4.23 โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว



ตารางที่ 4.12 ค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว

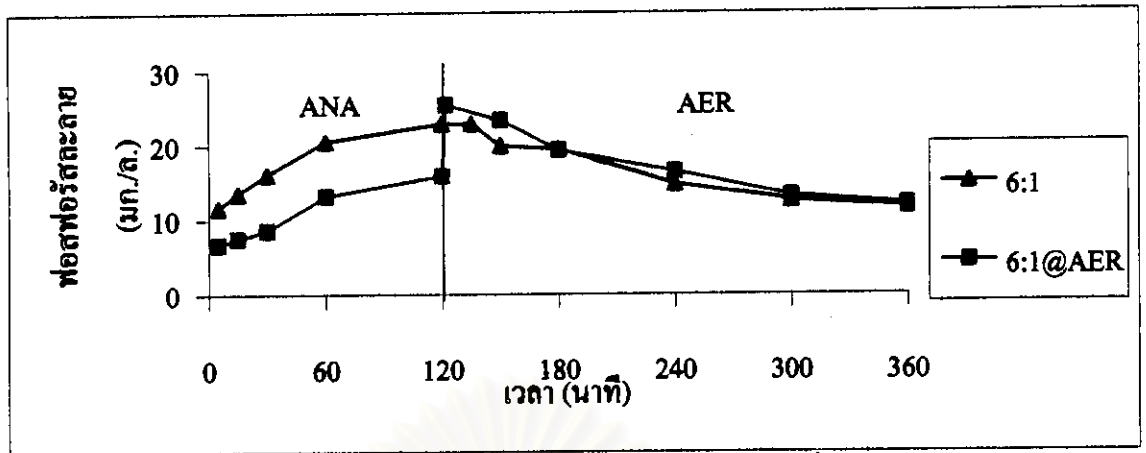
ชุดการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัส	ฟอสฟอรัส(มก./ล.)			% ฟอสฟอรัส ในเซลล์ (นน.แห้ง)
		น้ำเข้า*	แอนแอโรบิก	แอโรบิก	
1	6:1	14.9	22.6	11.8	13.5
2	12:1	15.0	31.4	8.7	9.3
3	24:1	14.9	40.0	3.7	6.4
4	48:1	14.9	61.3	0.0	4.9

หมายเหตุ \* เฉพาะน้ำเข้าฟอสฟอรัสทั้งหมด ส่วนตัวอย่างอื่นๆเป็นค่าฟอสฟอรัสละลายกรองด้วย 0.45  $\mu\text{m}$

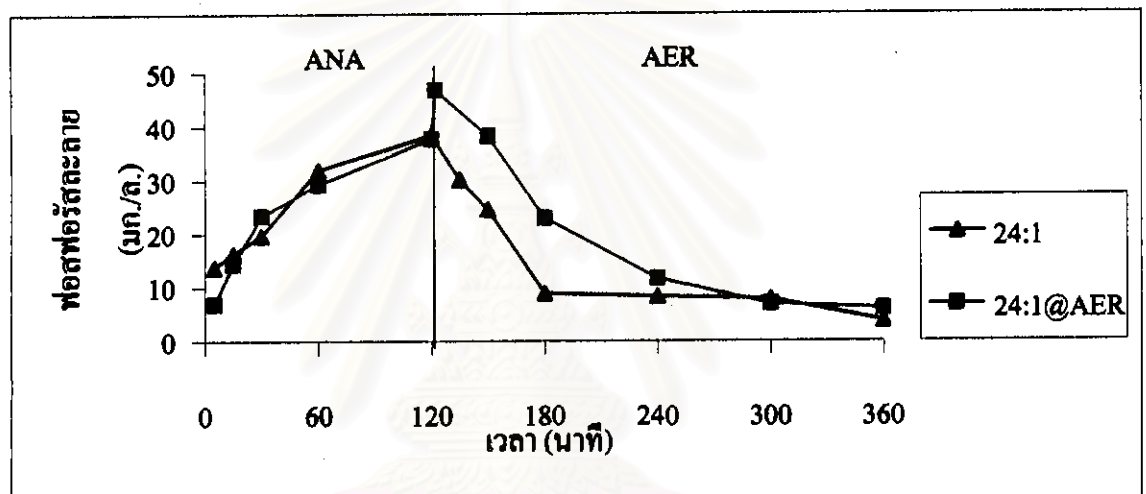
จากตารางที่ 4.12 พบว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ที่ขั้นตอนแอนแอโรบิกมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสมากขึ้น และมีการจับใช้ฟอสฟอรัสที่ขั้นตอนแอโรบิกมากขึ้นด้วย ทำให้ฟอสฟอรัสละลายที่ปลายขั้นตอนแอโรบิกมีค่าต่ำ ดังนั้นประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสจึงเพิ่มขึ้น เพราะชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสสูงมีปริมาณสารอาหารในรูปอาร์บีซีโอคิตมากกว่า ทำให้มีปริมาณกรดไขมันที่จุลินทรีย์จะไปสร้างพีเอชเอที่ขั้นตอนแอนแอโรบิกมากกว่า ดังนั้นปริมาณพีเอชเอที่สร้างขึ้นในระบบจึงมีปริมาณมากกว่าด้วย(ดูหัวข้อ 4.1.13 ; รูปที่ 4.28 ข.) ทำให้ชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสสูงสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้มากกว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสต่ำ ทำให้ฟอสฟอรัสละลายที่ปลายขั้นตอนแอโรบิกมีค่าต่ำกว่า ส่วนเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่สะสมในเซลล์มีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น เพราะมีอัตราส่วนจำนวนพีเอโอเทียบกับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบต่ำกว่าชุดที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสต่ำ เนื่องจากชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสสูงนั้น สารอาหารที่มีมากเกินไปจะถูกพวก OHOs (ordinary heterotrophic organisms)นำไปใช้ ทำให้ในระบบมีจุลินทรีย์พวก OHOs มากกว่าชุดทดลองที่มีสารอาหารจำกัด ดังนั้นอัตราส่วนพีเอโอต่อจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบจึงมีค่าต่ำและทำให้เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่สะสมในเซลล์มีค่าต่ำด้วย

จากรูปที่ 4.22 ซึ่งแสดงค่าฟอสฟอรัสในช่วงเวลาต่างๆของชุดทดสอบพบว่า มีลักษณะเหมือนชุดควบคุม โดยเมื่ออัตราส่วนของอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ที่ปลายขั้นตอนแอนแอโรบิกมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสมากกว่า และที่ปลายขั้นตอนแอโรบิกมีค่าฟอสฟอรัสละลายต่ำกว่า

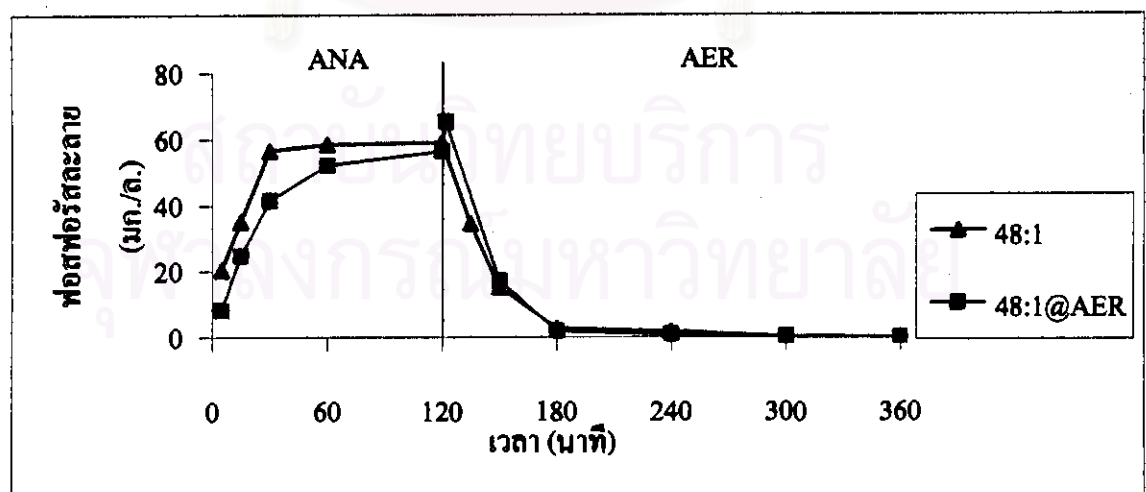
จากโพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายของชุดควบคุมที่แสดงในรูปที่ 4.23 จะเห็นได้ว่า ในทุกชุดการทดลองเกิดการปลดปล่อยและจับใช้ฟอสฟอรัสที่ขั้นตอนแอนแอโรบิกและแอโรบิกตามลำดับ โดยชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสสูงจะมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสมากกว่าชุด



รูปที่ 4.24 โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1



รูปที่ 4.25 โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 24:1



รูปที่ 4.26 โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 48:1

ค่า และจากรูปที่ 4.24, 4.25 และ 4.26 ซึ่งแสดงโพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสสถานะของทั้งชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิดต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1, 24:1 และ 48:1 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ฟอสฟอรัสที่ปลายแอนแอโรบิกของชุดทดสอบมีค่าน้อยกว่าชุดควบคุมเพราะไม่ได้เติมฟอสฟอรัสที่น้ำเข้า แต่เติมที่ชั้นคอนแอโรบิกทำให้ที่ชั้นคอนแอโรบิกมีฟอสฟอรัสในระบบน้อยกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าฟอสฟอรัสสถานะที่ปลายชั้นคอนแอโรบิกของทั้งชุดควบคุมและชุดทดสอบพบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิดต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 48:1 ค่าฟอสฟอรัสสถานะที่ปลายชั้นคอนแอโรบิกของทั้งชุดควบคุมและชุดทดสอบมีค่าเท่ากับ 0 มก./ล.เท่ากับ และค่าฟอสฟอรัสสถานะที่ปลายชั้นคอนแอโรบิกของชุด 6:1@AER มีค่าใกล้เคียงกับชุด 6:1 แต่ค่าฟอสฟอรัสสถานะที่ปลายชั้นคอนแอโรบิกของชุด 24:1@AER มีค่ามากกว่าชุด 24:1 เล็กน้อย ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การเติมฟอสฟอรัสที่จุดป้อนเข้าระบบหรือเติมที่ชั้นคอนแอโรบิกมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสเหมือนกัน แต่ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสมากกว่าตำแหน่งที่ป้อนฟอสฟอรัสคือปริมาณสารอาหารที่ป้อนให้ระบบหรือปริมาณพีเอชเอในระบบ(ดูหัวข้อ 4.1.13) โดยสังเกตได้ชัดเจนจากชุด 48:1@AER นั้นมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสเท่ากับชุด 48:1 เพราะในระบบมีปริมาณพีเอชเอมากนั่นเอง

จากการผลของการทดลองหาค่าต่างๆที่สถานะคงตัว เช่น ฟอสฟอรัสในน้ำทิ้ง, เอ็มแอลวีเอส เอส, ตะกอนแขวนลอย เป็นต้น ทำให้สามารถดูฟอสฟอรัสที่เข้าและออกจากระบบในแต่ละวันของชุดควบคุมที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิดต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน ได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.27

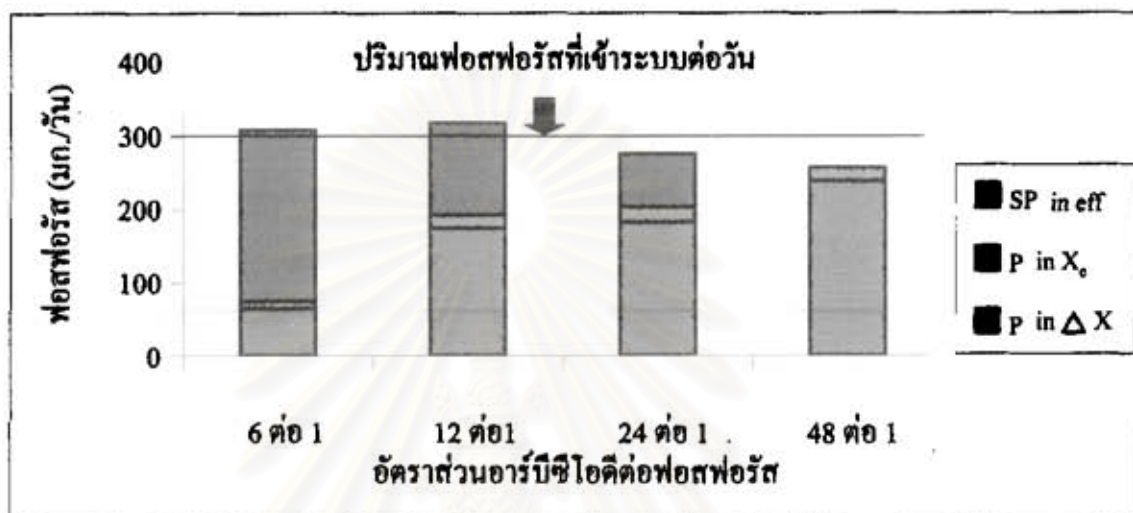
ตารางที่ 4.13 ชุดฟอสฟอรัสในระบบของชุดควบคุมที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิดต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน

อัตราส่วน RBCOD:P	P ที่เข้า ระบบ (มก./วัน)	P ที่ออกไปกับ excess sludge (มก./วัน)	P ที่ออกไปกับ SS (มก./วัน)	P ที่ออกไปกับ effluent (มก./วัน)	$\Sigma$ P ที่ออกจากระบบ (มก./วัน)	% คลาดเคลื่อน
6:1	300	64.5	9.7	236.0	310.2	3.4
12:1	300	174.0	17.9	127.6	319.6	6.5
24:1	300	182.7	20.9	74.0	277.6	-7.5
48:1	300	239.6	19.3	0.0	258.9	-13.7

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เข้าระบบต่อวันมีค่าเท่ากับปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียดังเคราะห์ (15 มก./ล.) คูณกับปริมาตรของน้ำเสียดังเคราะห์ที่เข้าระบบต่อวัน ( $6.67 \times 3 = 20$  ลิตร/วัน) ดังนั้นปริมาณฟอสฟอรัสที่เข้าระบบต่อวันมีค่าเท่ากับ 300 มก./วัน

สูตรในการหาฟอสฟอรัสที่เข้าและออกจากระบบ

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= P_{out} \\
 (Q_{in} \times P_o) &= (P \text{ ใน } \Delta X) + (P \text{ ใน } X_o) + (SP \text{ ใน eff}) \\
 &= (\% P \times VSS \times Q_{excess}) + [SS_{eff} \times (MLVSS:MLSS) \times (Q_{in} - Q_{excess})] + \\
 &\quad (SP_{eff} \times Q_{in})
 \end{aligned}$$



หมายเหตุ : ปริมาณฟอสฟอรัสเข้าระบบของทุกชุดทดลองเท่ากับ 300 มก./วัน

SP in eff หมายถึง ปริมาณฟอสฟอรัสที่ออกไปกับน้ำทิ้ง

P in  $X_o$  หมายถึง ปริมาณฟอสฟอรัสที่ออกไปกับตะกอนแขวนลอย

P in  $\Delta X$  หมายถึง ปริมาณฟอสฟอรัสที่ออกไปกับการทิ้งสลัดจ์ส่วนเกิน

รูปที่ 4.27 คุณฟอสฟอรัสในระบบของชุดควบคุมที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิดต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.27 เมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอคิดต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ปริมาณฟอสฟอรัสที่ออกไปกับการทิ้งสลัดจ์ส่วนเกินมีค่าเพิ่มขึ้น(ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าอาตุสลัดจ์มีค่าเท่ากับ 8 วันทุกชุดการทดลอง ดังนั้นปริมาตรของสลัดจ์ส่วนเกินที่ทิ้งต่อวันมีค่าเท่ากัน)เพราะมีปริมาณเอ็มแอลเอสเอสในระบบมากกว่า ทำให้สามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้มากขึ้นและปริมาณฟอสฟอรัสที่ออกไปกับน้ำทิ้งมีค่าน้อยลง โดยจุลชีพในระบบส่วนใหญ่จะเป็นพวก OHOs และมีพวกฟิเอ โอเป็นส่วนน้อย

เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเซลล์จากตารางที่ 4.12 พบว่า เมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอคิดต่อฟอสฟอรัสมีค่าลดลงพบว่าเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเซลล์มีค่าสูงขึ้น แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่ออกไปกับการทิ้งสลัดจ์ส่วนเกินในรูปที่ 4.27 มีค่าลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะมีปริมาณของจุลชีพในระบบน้อยกว่า ทำให้ประสิทธิภาพของการกำจัดฟอสฟอรัสลดลงและปริมาณฟอสฟอรัสที่ออกไปกับน้ำทิ้งมีค่าสูง

#### 4.1.13 พีเอชเอ

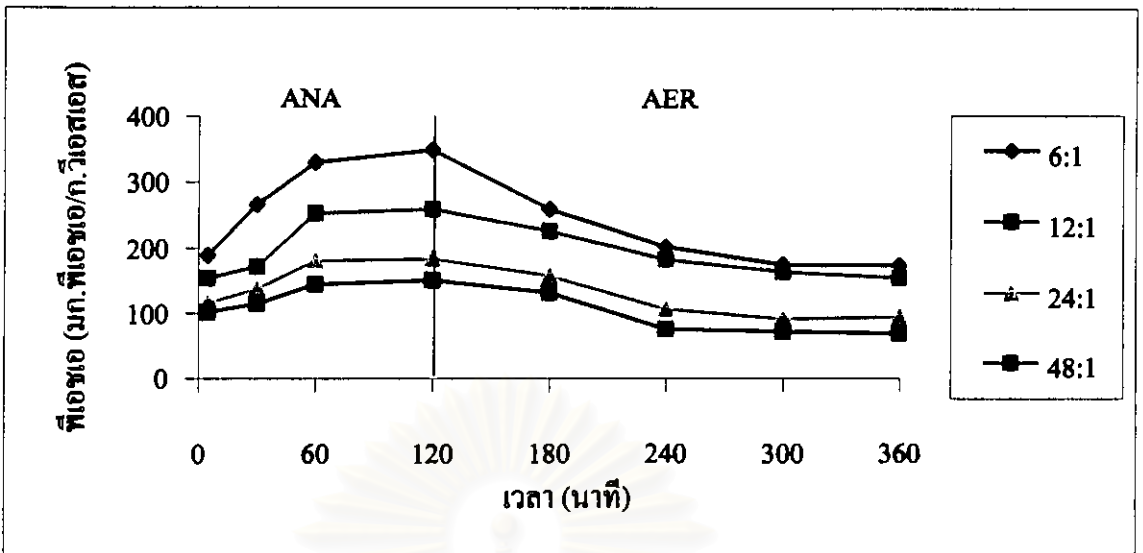
ในกระบวนการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ ปริมาณพีเอชเอที่สะสมไว้ในเซลล์ของจุลินทรีย์เป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่จะสามารถบอกได้ถึงประสิทธิภาพในจับใช้ฟอสฟอรัสของจุลินทรีย์ โดยในขั้นตอนแอนแอโรบิก พีเอชเอจะจับใช้กรดไขมันระเหยง่ายเพื่อนำไปสร้างเป็นพีเอชเอสะสมไว้ในเซลล์พร้อมกับมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมา จากนั้นเมื่อเข้าสู่ขั้นตอนแอโรบิกพีเอชเอที่สะสมไว้ในเซลล์จะถูกใช้ไปเพื่อจับใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณมากกว่าที่ปลดปล่อยออกมา ทำให้เกิดการกำจัดฟอสฟอรัส

จากการทดลองหาค่าพีเอชเอที่สะสมในเซลล์เฉลี่ยของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว ดังแสดงในตารางที่ 4.14 พบว่าในทุกการชุดทดลองของชุดควบคุม พีเอชเอที่สะสมในเซลล์ที่ปลายขั้นตอนแอนแอโรบิกมีค่าสูงกว่าที่ปลายขั้นตอนแอโรบิก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่ขั้นตอนแอนแอโรบิกพีเอชเอมีการสร้างพีเอชเอ และถูกนำไปใช้ที่ขั้นตอนแอโรบิก

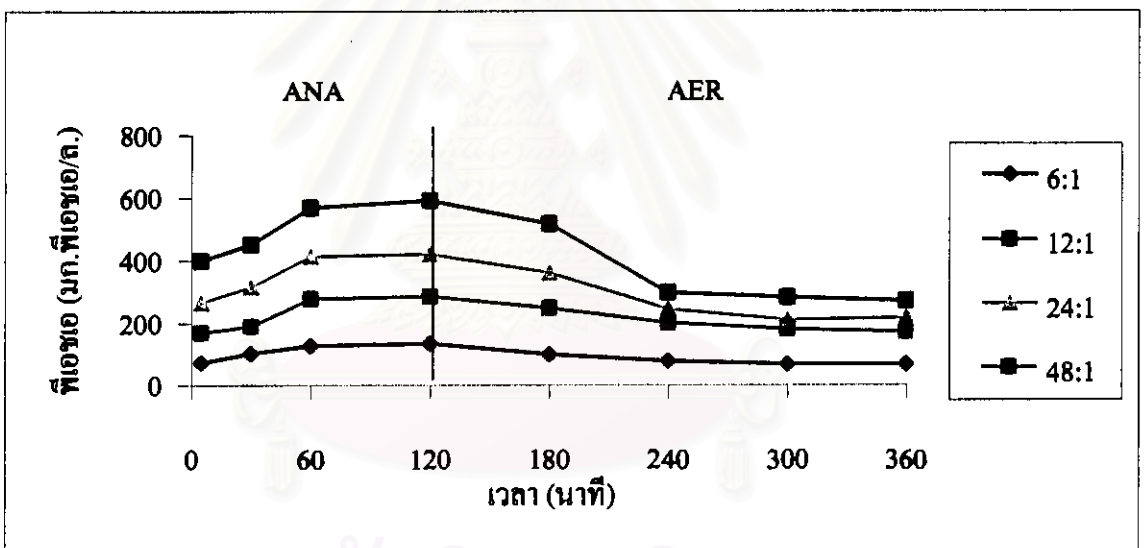
ตารางที่ 4.14 พีเอชเอในเซลล์เฉลี่ยของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว

อัตราส่วนอาร์บีซีไอดี ต่อฟอสฟอรัส	พีเอชเอในเซลล์ (มก.พีเอชเอ/ก.บิโอแมส)	
	แอนแอโรบิก	แอโรบิก
6:1	356	163
12:1	265	161
24:1	175	96
48:1	140	68

จากรูปที่ 4.28 ก. ซึ่งแสดงโพรไฟล์ค่าพีเอชเอในเซลล์ของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว เห็นได้ว่าที่ขั้นตอนแอนแอโรบิกของทุกชุดการทดลองปริมาณพีเอชเอในเซลล์มีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเข้าสู่ขั้นตอนแอโรบิกปริมาณของพีเอชเอในเซลล์มีค่าลดลง(ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่าฟอสฟอรัสในขั้นตอนแอนแอโรบิกและแอโรบิก ดังรูปที่ 4.23) และพบว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสต่ำจะมีปริมาณพีเอชเอในเซลล์สูงกว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสสูง แต่จากรูปที่ 4.29 ข. ซึ่งแสดงถึงโพรไฟล์ค่าพีเอชเอในระบบของชุดควบคุมที่สถานะคงตัว เห็นได้ว่ากราฟมีลักษณะตรงกันข้ามกับกราฟในรูปที่ 4.28 ก. เนื่องจากค่าพีเอชเอในรูปที่ 4.28 ข. นั้นเป็นค่าพีเอชเอในระบบทั้งหมด ซึ่งเห็นได้ว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสสูงจะมีปริมาณพีเอชเอในระบบสูงกว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสต่ำ ที่เป็นเช่นนี้เพราะชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสสูงมีปริมาณแอมโมเนียในระบบสูงกว่า



ก.) ปริมาณฟีนอลในเซลล์



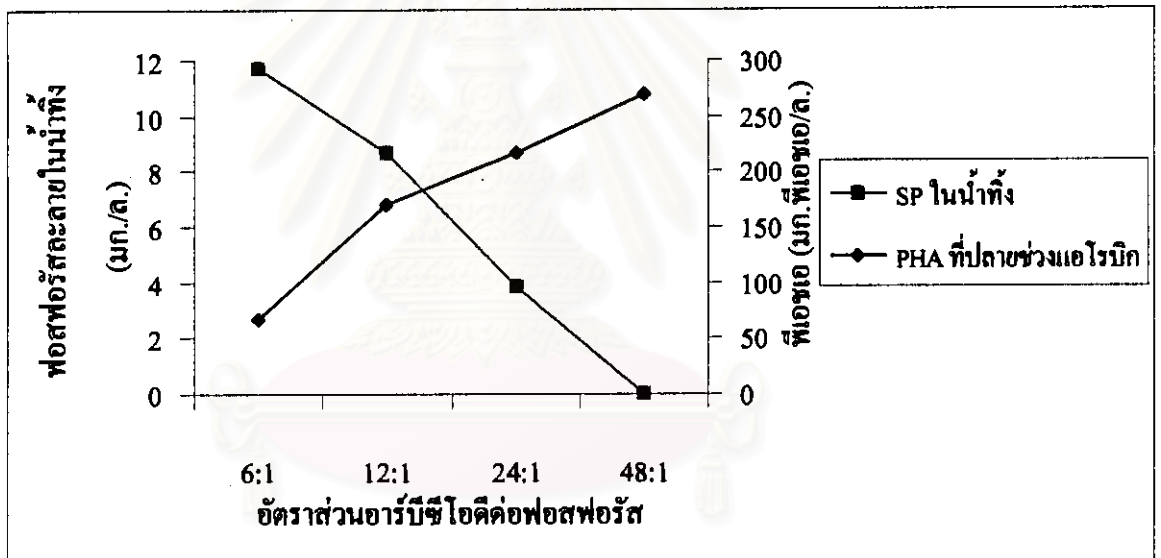
ข.) ปริมาณฟีนอลในระบบ

รูปที่ 4.28 โพรไฟล์ค่าฟีนอลของชุดควบคุมที่สถานีเกษตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

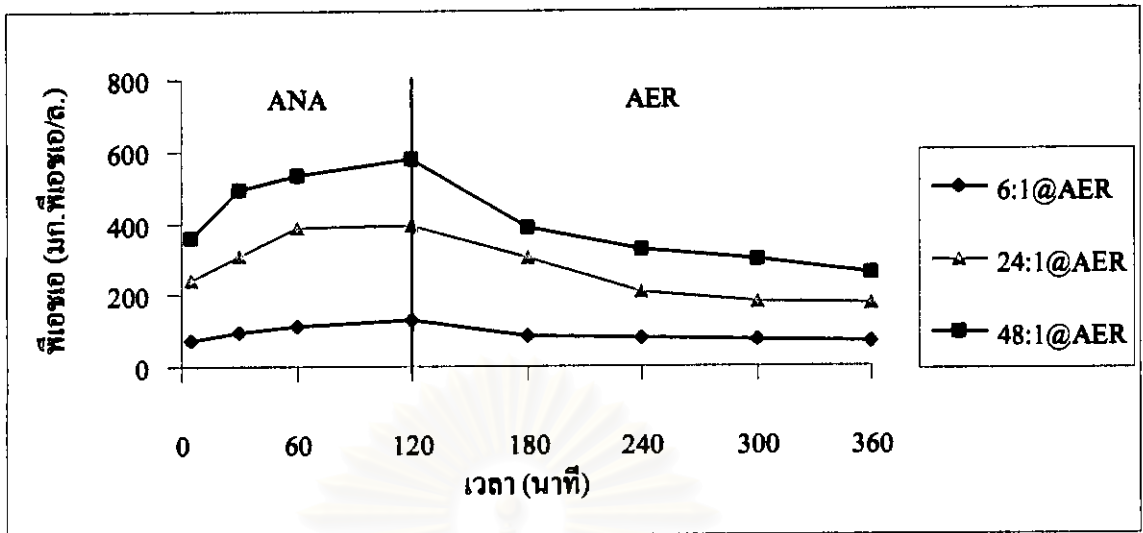
ทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสสูงจึงมีปริมาณของพีเอชเอในระบบมากกว่า และเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสสูงมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีกว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่ำ แม้จะมีค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงลักษณะเด่นของจุลินทรีย์พวกฟิเอโอไนยสูงกว่า เช่น เปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสที่สะสมในเซลล์ที่ปลายชั้นตอนและปริมาณพีเอชเอที่สะสมในเซลล์

นอกจากนี้เมื่อพิจารณารูปที่ 4.29 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพีเอชเอในระบบที่ปลายช่วงแอโรบิกและค่าฟอสฟอรัสละลายในน้ำทิ้งของชุดควบคุมที่มีอัตราส่วนของอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน เห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นปริมาณพีเอชเอในระบบที่ปลายช่วงแอโรบิกมีค่าสูงกว่า และค่าฟอสฟอรัสละลายในน้ำทิ้งมีค่าต่ำกว่า แสดงว่าถ้าระบบมีปริมาณพีเอชเอมากกว่าจะสามารถจับใช้ฟอสฟอรัสในระบบได้เพิ่มขึ้น ทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.29 ปริมาณพีเอชเอในระบบที่ปลายช่วงแอโรบิกและค่าฟอสฟอรัสละลายในน้ำทิ้งของชุดควบคุมที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน

จากผลการทดลองหาค่าพีเอชเอในระบบโดยเก็บผลตามเวลาของชุดทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.30 เห็นได้ว่ามีลักษณะเหมือนกับชุดควบคุม(รูปที่ 4.28 ข.)คือ ในชั้นคอนแอนแอโรบิกมีการสร้างพีเอชเอทำให้ปริมาณพีเอชเอในระบบมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเข้าสู่ชั้นคอนแอโรบิกมีการใช้พีเอชเอในการจับใช้ฟอสฟอรัสทำให้ปริมาณพีเอชเอในระบบลดลง และเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ปริมาณของพีเอชเอในระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

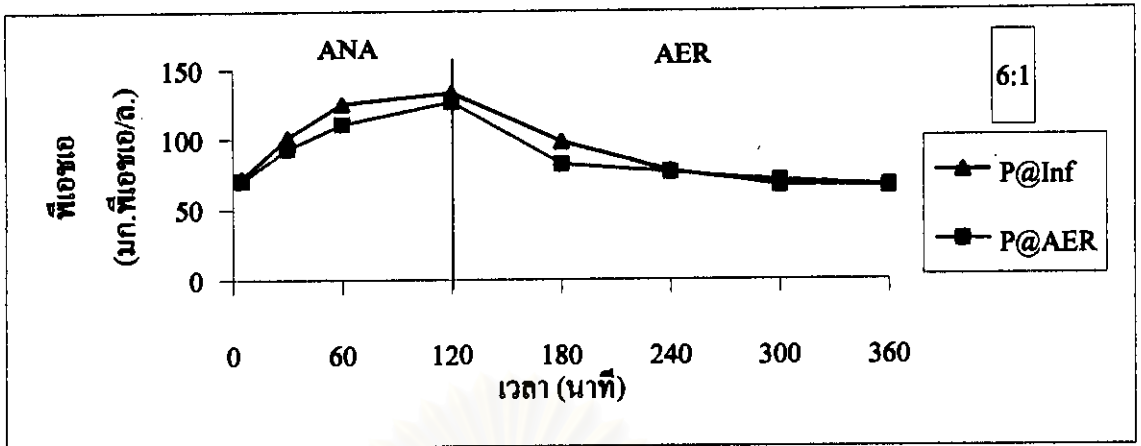


รูปที่ 4.30 โพรไฟล์ค่าฟอสเฟตในระบบของชุดทดสอบ

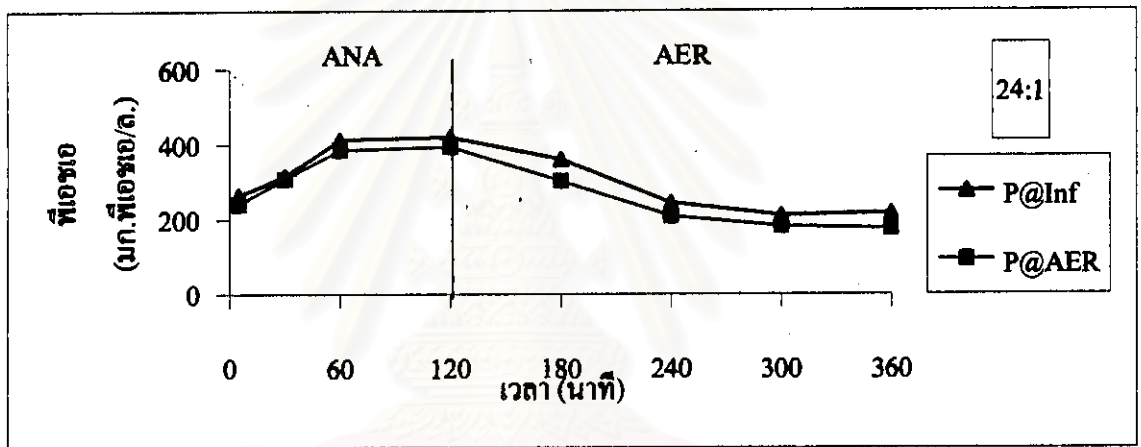
จากการเปรียบเทียบปริมาณฟอสเฟตในระบบของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1, 24:1 และ 48:1 ดังแสดงในรูปที่ 4.31, 4.32 และ 4.33 ตามลำดับ เห็นได้ว่าชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากันปริมาณฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นในชั้นคอนกรีตแอโรบิกมีค่าใกล้เคียงกัน และปริมาณฟอสเฟตที่ลดลงในปลายช่วงแอโรบิกก็มีค่าใกล้เคียงกันด้วย และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับ การปลดปล่อยและการจับใช้ฟอสฟอรัสในระบบของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากัน (ดังแสดงในรูปที่ 4.24, 4.25 และ 4.26) พบว่ามีลักษณะสอดคล้องกัน โดยเห็นได้ว่าที่อัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากัน เกิดการปลดปล่อยและจับใช้ฟอสฟอรัสใกล้เคียงกันทั้งชุดควบคุมและชุดทดสอบ และเมื่อสังเกตจากค่าฟอสฟอรัสละลายและปริมาณฟอสเฟตในระบบของทั้งชุดควบคุมและชุดทดสอบพบว่า ค่าทั้งสองมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่มีความสัมพันธ์กัน โดยเมื่อมีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ในชั้นคอนกรีตแอโรบิกมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น (ฟอสเฟตในระบบที่สร้างมีปริมาณเพิ่มขึ้น) และในชั้นคอนกรีตแอโรบิกมีการจับใช้ฟอสฟอรัสมากขึ้น (ปริมาณฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปมีปริมาณมากกว่า) ทำให้ฟอสฟอรัสละลายในน้ำที่มีค่าลดลง ดังนั้นประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสจึงมีค่าเพิ่มขึ้น

นอกจากการหาปริมาณฟอสเฟตที่สะสมในเซลล์ด้วยวิธีสกัดด้วยกลอโรฟอร์มแล้ว สำหรับงานวิจัยในอนาคตควรมีการทดสอบ โดยการข้อมติฟอสเฟตแกรนูล โดยนำเซลล์จากสภาวะแอโรบิกและแอโรบิกมาข้อมติและทำการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แล้วนับจำนวนของฟอสเฟตแกรนูล เพื่อประเมินปริมาณฟอสเฟตแกรนูลที่สภาวะแอโรบิกและแอโรบิก ซึ่งจะแสดงการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ในระบบได้อย่างคร่าวๆว่ามีปริมาณฟอสเฟตแกรนูลเพิ่มขึ้นในช่วงแอโรบิกและลดลงในช่วงแอโรบิกหรือไม่

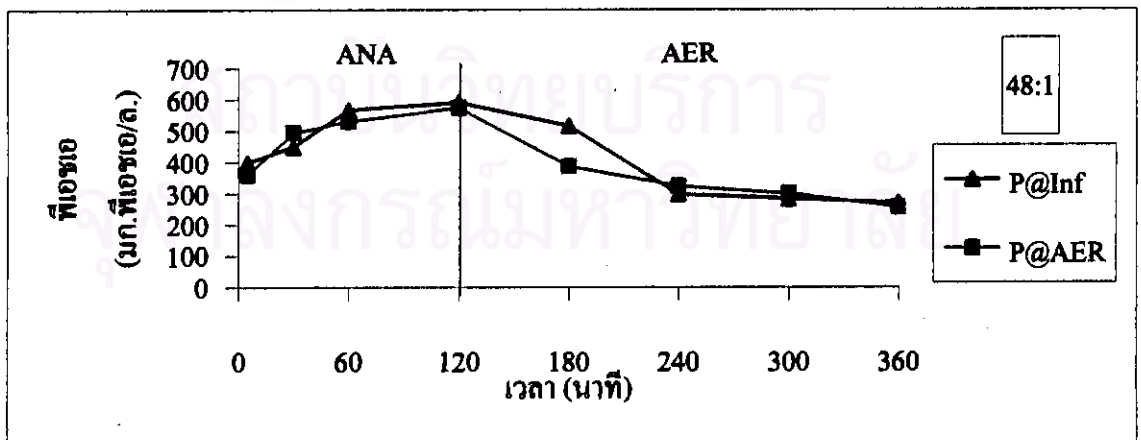




รูปที่ 4.31 โพรไฟล์ค่าฟิเชอเอในระบบของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีคือต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1



รูปที่ 4.32 โพรไฟล์ค่าฟิเชอเอในระบบของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีคือต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 24:1



รูปที่ 4.33 โพรไฟล์ค่าฟิเชอเอในระบบของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีคือต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 48:1

#### 4.1.14 อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะและอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะ

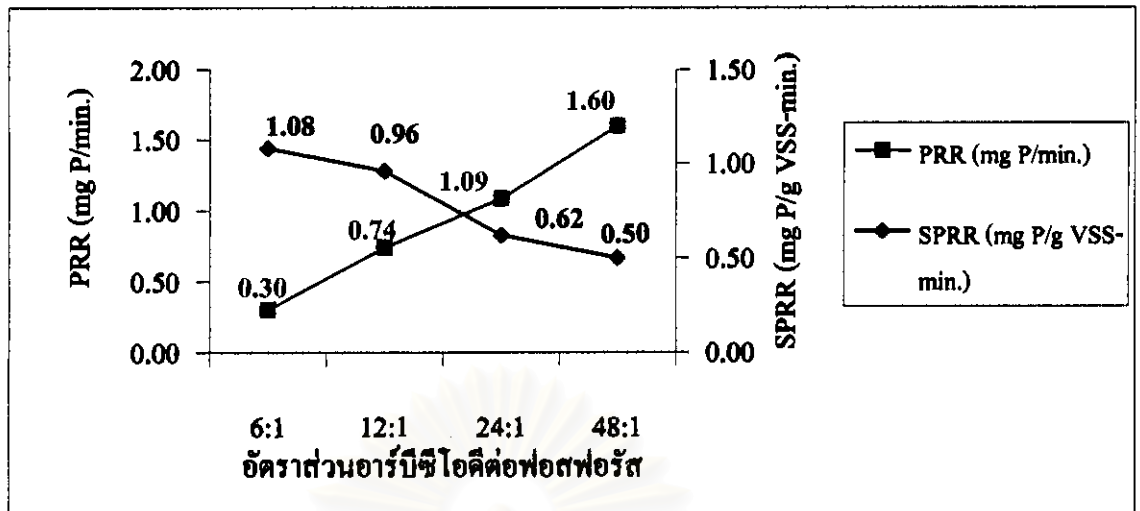
การหาอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะและอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะในงานวิจัยนี้ทำการทดลองแบบแบตช์ โดยวิธีการทดลองและรายละเอียดต่างๆแสดงในภาคผนวก จ. ในการทดลองหาอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะและอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะจะใช้สัณฐานจากหุคควบคุมที่สถานะคงตัวมาทำการทดลอง โดยการหาอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะจะนำสัณฐานจากปลายชั้นคอนแวนโรบิกมาเติมสารอาหารและทำให้เกิดสภาพแอนแวนโรบิก ส่วนการหาอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะจะใช้สัณฐานจากปลายชั้นคอนแวนโรบิกมาเติมฟอสฟอรัสและทำให้เกิดสภาพแอนโรบิก โดยก่อนทำการทดลองหาค่าทั้งสองสัณฐานที่ใช้ในการทดลองจะนำมาล้างโดยใช้น้ำประปาเป็นจำนวน 3 ครั้ง เพื่อไม่ให้มีฟอสฟอรัสหรือสารอาหารอื่นเหลืออยู่

ผลการทดลองหาค่าอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสและอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะของหุคควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสต่างกันแสดงดังตารางที่ 4.15 ส่วนผลการทดลองหาค่าอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสและอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะแสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.15 อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสและอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะของหุคควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสต่างกัน

หุคการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัส	อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัส (มก.ฟอสฟอรัส/นาที)	อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะ (มก.ฟอสฟอรัส/ก.โมสเอส-นาที)
1	6:1	0.30	1.09
2	12:1	0.74	0.96
3	24:1	1.09	0.62
4	48:1	1.60	0.50

จากการผลการทดลองพบว่า อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัส(Phosphorus Release Rate, PRR) ของหุคควบคุมที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 มีค่าเท่ากับ 0.30, 0.74, 1.09 และ 1.60 มก.ฟอสฟอรัส/นาที ตามลำดับ ส่วนอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะ (Specific Phosphorus Release Rate, SPRR) มีค่าเท่ากับ 1.08, 0.96, 0.62 และ 0.50 มก.ฟอสฟอรัส/ก.โมสเอส-นาที ตามลำดับ(โดยค่าที่ได้นี้เป็นค่า first rate ของการทดลอง ซึ่งเป็นอัตราที่เกิดขึ้นเมื่อเริ่มต้นปฏิบัติการและมีอัตราสูงกว่าที่ปลายปฏิบัติการ)



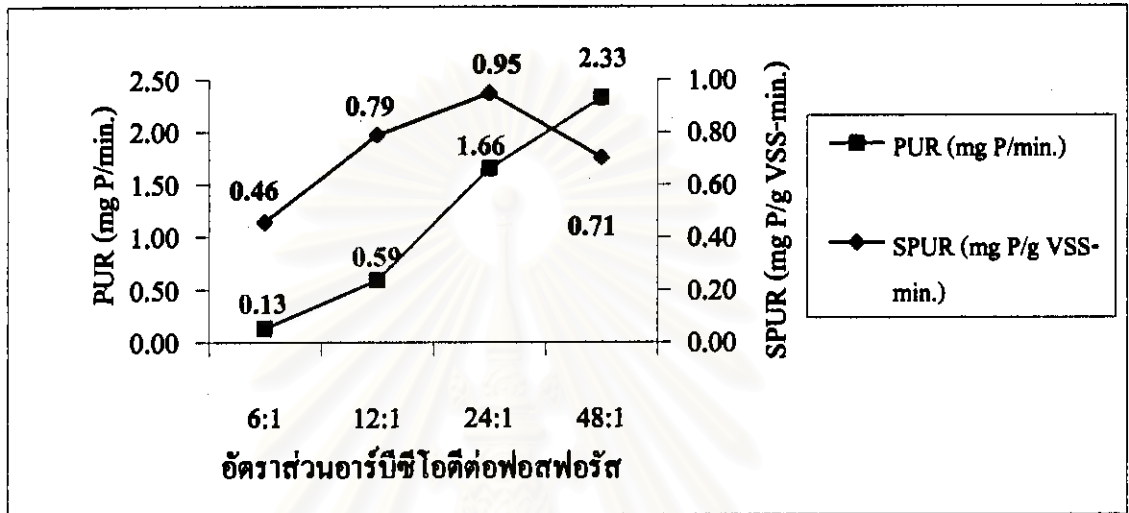
รูปที่ 4.34 อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสและอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะของชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.34 เห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น แต่อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะมีค่าลดลง เนื่องจากชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสสูงมีอัตราส่วนจำนวนพีเอไอดีต่อจำนวนจุลชีพทั้งหมดในระบบต่ำกว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสต่ำ ทำให้อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจำเพาะต่อมวลเอ็มแอลวีเอสเอสทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า แต่การชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสสูงมีอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสสูงกว่าเพราะในระบบมีปริมาณพีเอไอดีมากกว่า

ตารางที่ 4.16 อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสและอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะของชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน

ชุดการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บีซีไอดีต่อฟอสฟอรัส	อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัส (มก.ฟอสฟอรัส/นาท)	อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะ (มก.ฟอสฟอรัส/ก.วีเอสเอส-นาท)
1	6:1	0.13	0.46
2	12:1	0.59	0.79
3	24:1	1.66	0.95
4	48:1	2.33	0.71

จากผลการทดลองพบว่า ชุดควบคุมที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 มีอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.13, 0.59, 1.66 และ 2.33 มก.ฟอสฟอรัส/นาฬิกา ตามลำดับ และมีอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะเท่ากับ 0.46, 0.79, 0.95 และ 0.71 มก.ฟอสฟอรัส/ก.วีเอสเอส-นาฬิกา ตามลำดับ(โดยค่าที่ได้นี้เป็นค่า first rate ของการทดลอง ซึ่งเป็นอัตราที่เกิดขึ้นเมื่อเริ่มต้นปฏิบัติการและมีอัตราสูงกว่าที่ปลายปฏิบัติการ)



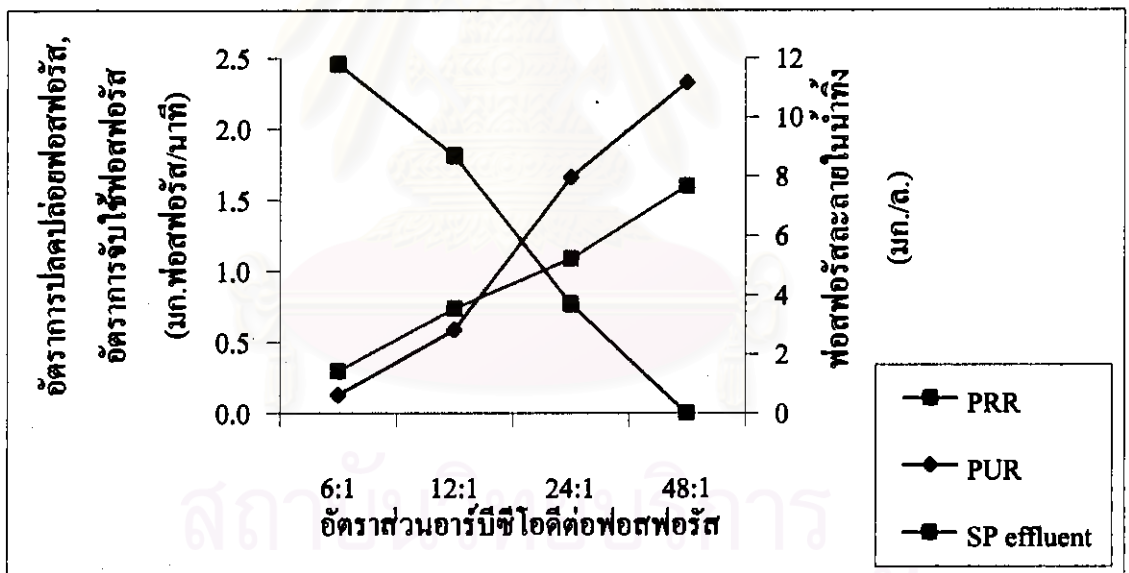
รูปที่ 4.35 อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสและอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะของชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน

เนื่องจากการจับใช้ฟอสฟอรัสขึ้นอยู่กับปริมาณพีเอชเอในระบบ และในการทดลองได้นำผลัดจ์มาจากปลายช่วงแอนแอโรบิกซึ่งจุลชีพได้มีการสะสมพีเอชเอไว้ในเซลล์แล้ว ดังนั้นจากรูปที่ 4.35 เห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจึงมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อพิจารณาอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะพบว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกันเพราะมีปริมาณพีเอชเอและพีเอไอในระบบมากกว่า แต่การที่อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะของชุด 48:1 มีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากความผิดพลาดในการเลือกช่วงเวลาที่จะนำมาใช้ในการหาความชันของกราฟ ซึ่งค่าความชันนี้ก็คือค่าอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัส ทำให้การหาค่าอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสจำเพาะเกิดความผิดพลาดด้วย

จากตารางที่ 4.17 เป็นการนำอัตราการผลิตปล่อยฟอสฟอรัส, อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัส และค่าฟอสฟอรัสละลายในน้ำทิ้งของชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกันมาเปรียบเทียบกัน และสามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่างๆได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.36

ตารางที่ 4.17 อัตราการผลิตปล่อยฟอสฟอรัส, อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัส และค่าฟอสฟอรัสละลายในน้ำทิ้งของชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน

ชุดการทดลองที่	อัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัส	อัตราการผลิตปล่อยฟอสฟอรัส (มก.ฟอสฟอรัส/นาท)	อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัส (มก.ฟอสฟอรัส/นาท)	ฟอสฟอรัสละลายในน้ำทิ้ง (มก./ล.)
1	6:1	0.30	0.13	11.8
2	12:1	0.74	0.59	8.7
3	24:1	1.09	1.66	3.7
4	48:1	1.60	2.33	0



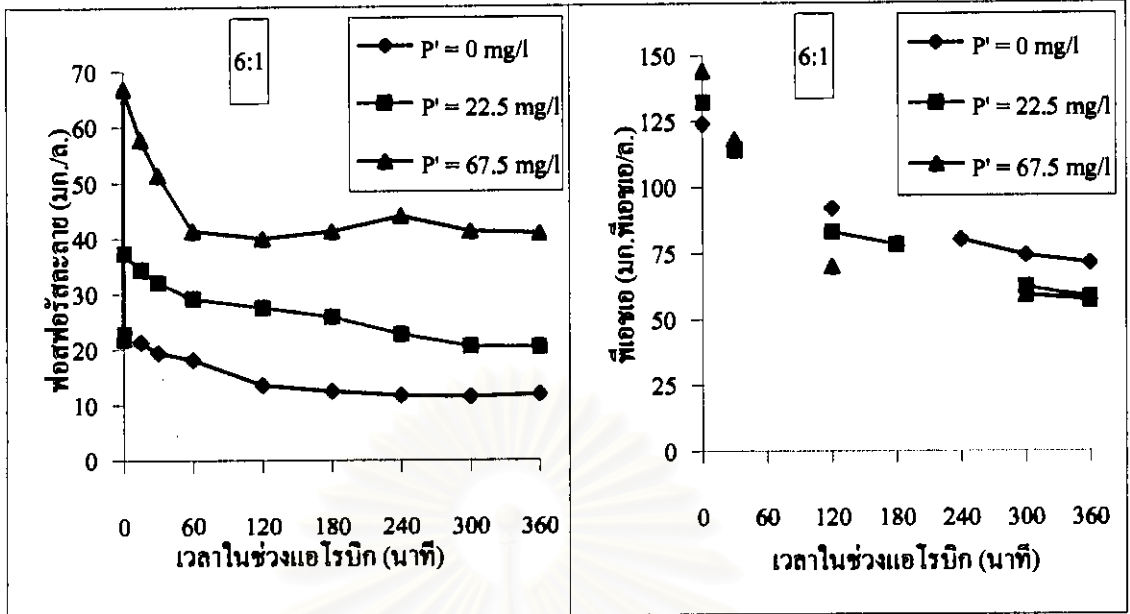
รูปที่ 4.36 อัตราการผลิตปล่อยฟอสฟอรัส, อัตราการจับใช้ฟอสฟอรัส และค่าฟอสฟอรัสละลายในน้ำทิ้งของชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.36 จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น อัตราการผลิตปล่อยและจับใช้ฟอสฟอรัสมีค่าเพิ่มขึ้น และฟอสฟอรัสละลายในน้ำทิ้งมีค่าลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีสารอาหารเพิ่มมากขึ้นมีการผลิตปล่อยและจับใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณมากขึ้น ทำให้ฟอสฟอรัสละลายในน้ำทิ้งมีค่าลดลง โดยการจับใช้ฟอสฟอรัสต้องมีปริมาณมากกว่าการผลิตปล่อยฟอสฟอรัสจึง

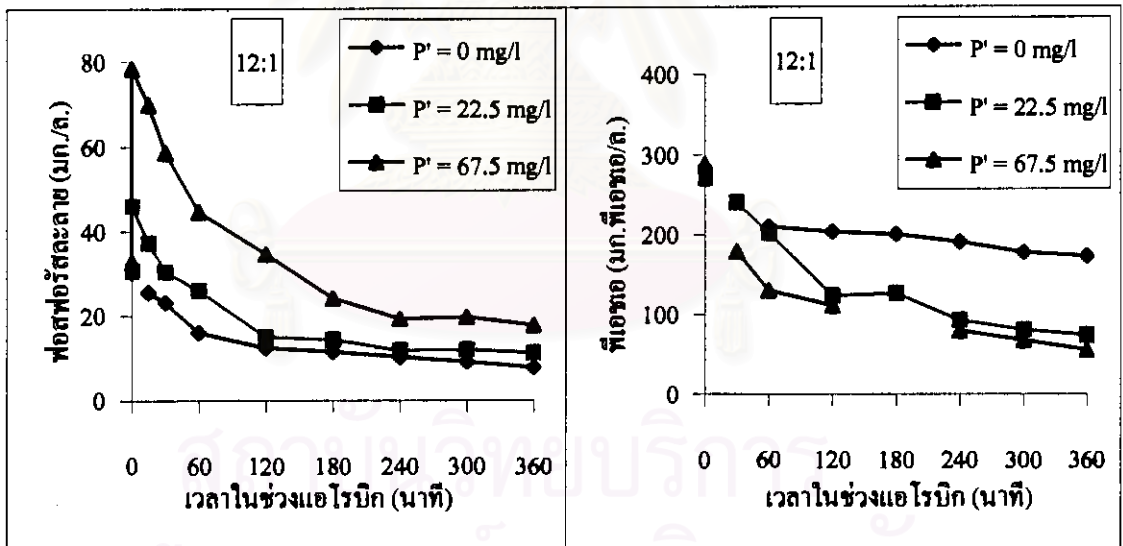
จะทำให้เกิดการกำจัดฟอสฟอรัสได้ ส่วนชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิดต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1 และ 12:1 มีอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสต่ำกว่าอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัส เพราะค่าดังกล่าวมีหน่วยเป็นอัตรา(มก.ฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อย(หรือจับใช้)/นาท) ซึ่งหาได้จากการเลือกช่วงความชันของกราฟ ทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ดังนั้นหากต้องการบอกถึงประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้การปลดปล่อยและจับใช้ฟอสฟอรัส ควรใช้ในรูปแบบฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยและปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกจับใช้(ในรูปของมวล)

#### 4.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลชุดทดลองแบบแปรของชุดควบคุม

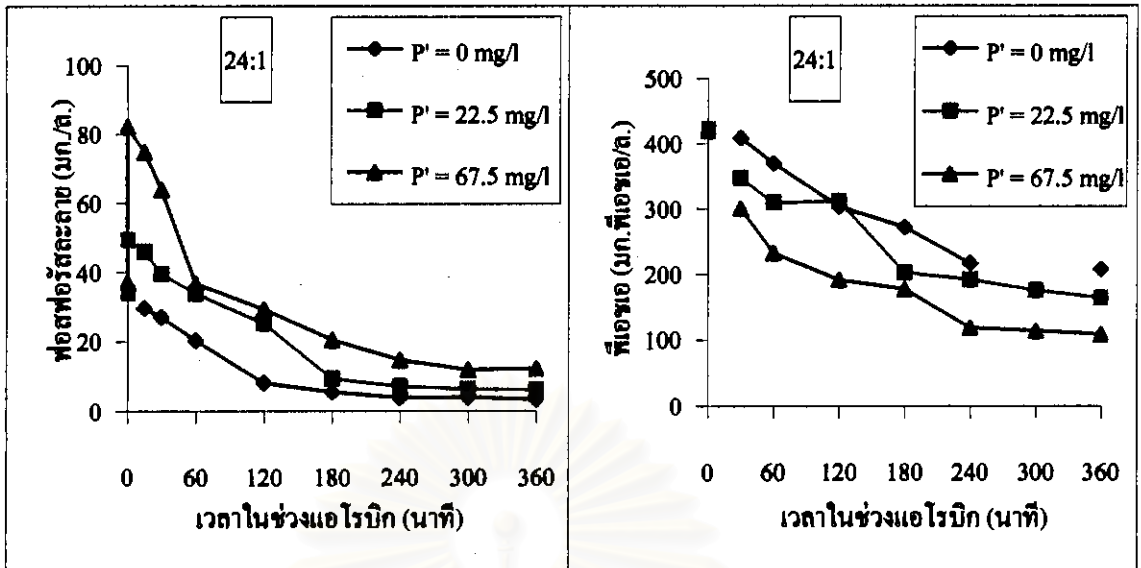
จากการทดลองของชุดทดลองแบบแปรซึ่งมีการเติมฟอสฟอรัสลงในสลัดจ์ที่นำมาจากปลายชั้นตอนแอนแอโรบิกของชุดควบคุมแต่ละชุด โดยเติมฟอสฟอรัสด้วยความเข้มข้นเท่ากับ 0, 22.5 และ 67.5 มก./ล. ดังนั้นฟอสฟอรัสทั้งหมดในระบบมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 15+0 (เดิมในน้ำเสีย+เติมเพิ่มในชั้นตอนแอนแอโรบิก), 15+22.5 และ 15+67.5 มก./ล. ตามลำดับ โดยผลการหาค่าฟอสฟอรัสละลายและพีเอชเอของชุดทดลองแบบแปรซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิดต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 ซึ่งมีการเติมฟอสฟอรัสในปริมาณต่างๆกัน แสดงในรูปที่ 4.37, 4.38, 4.39 และ 4.40 ตามลำดับ พบว่าจากรูปที่ 4.37 ซึ่งเป็นชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิดต่อฟอสฟอรัสต่ำที่สุดคือ 6:1 และมีฟอสฟอรัสในระบบทั้งหมดเท่ากับ 15+0, 15+22.5 และ 15+67.5 มก./ล. ตามลำดับ เห็นได้ว่าการจับใช้ฟอสฟอรัสในช่วงเดิมอากาศทั้งหมดเท่ากับ 11.4, 17.0 และ 26.0 มก./ล. ตามลำดับ และปริมาณของพีเอชเอที่ถูกใช้ไปทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ 53, 74 และ 87 มก.พีเอชเอ/ล. ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาในกรณีที่มีฟอสฟอรัสในระบบทั้งหมดเท่ากับ 10+45 มก./ล. พบว่าเกิดการจับใช้ฟอสฟอรัสในช่วงชั่วโมงแรกถึง 26.9 มก./ล. แต่หลังจากนั้นค่าฟอสฟอรัสละลายที่วัดได้ก็มีค่าค่อนข้างคงที่ และเมื่อสังเกตพีเอชเอในระบบพบว่าปริมาณพีเอชเอในระบบที่เวลาดังกล่าวมีปริมาณเล็กน้อย และมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดหลังจากผ่านชั่วโมงแรกของการเติมอากาศจึงไม่เกิดการจับใช้ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น และจากรูปที่ 4.38 ซึ่งเป็นชุดที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิดต่อฟอสฟอรัส 12:1 พบว่าชุดทดลองที่มีฟอสฟอรัสในระบบทั้งหมดเท่ากับ 15+0, 15+22.5 และ 15+67.5 มก./ล. มีการจับใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 22.5, 34.7 และ 60.7 มก./ล. ตามลำดับ และปริมาณพีเอชเอที่ถูกใช้ไปทั้งหมดเท่ากับ 112, 197 และ 233 มก.พีเอชเอ/ล. ตามลำดับ และจากรูปที่ 4.39 ซึ่งเป็นชุดที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิดต่อฟอสฟอรัส 24:1 พบว่าชุดทดลองที่มีฟอสฟอรัสในระบบทั้งหมดเท่ากับ 15+0, 15+22.5 และ 15+67.5 มก./ล. มีการจับใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 31.8, 43.3 และ 69.9 มก./ล. ตามลำดับ และปริมาณพีเอช



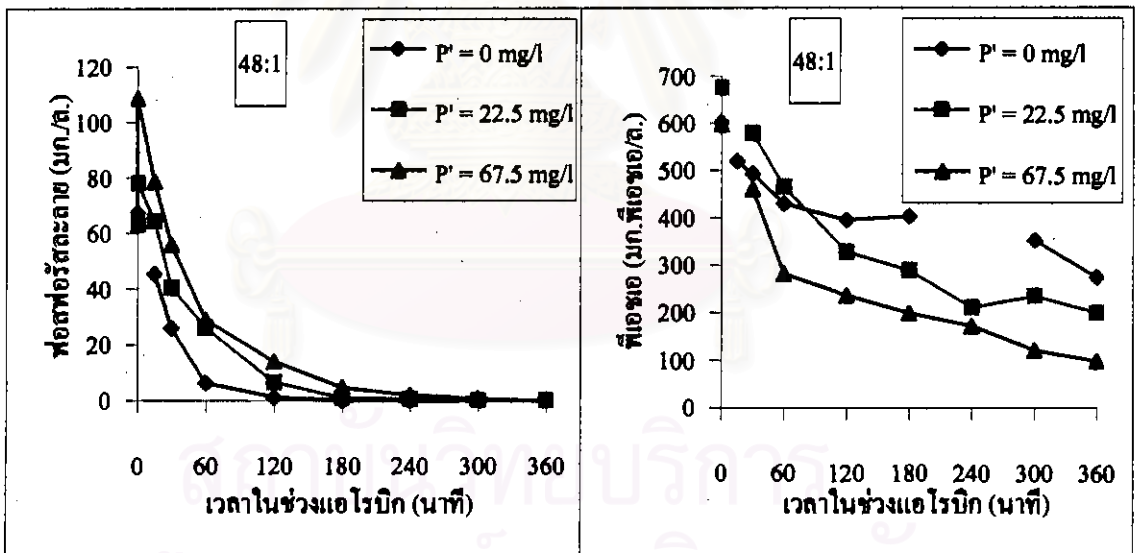
รูปที่ 4.37 โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและโพแทสเซียมในระบบของชุดทดลองแบบแบคซ์ที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1 โดยเติมฟอสฟอรัสเพิ่มพิเศษที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิกเท่ากับ 0, 22.5 และ 67.5 มก./ล.



รูปที่ 4.38 โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและโพแทสเซียมในระบบของชุดทดลองแบบแบคซ์ที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 12:1 โดยเติมฟอสฟอรัสเพิ่มพิเศษที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิกเท่ากับ 0, 22.5 และ 67.5 มก./ล.



รูปที่ 4.39 โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและฟิออซเอในระบบของชุดทดลองแบบเบดซ์ที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอเคต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 24:1 โดยเติมฟอสฟอรัสเพิ่มพิเศษที่ปลายชั้นตอนแอนแอโรบิกเท่ากับ 0, 22.5 และ 67.5 มก./ล.



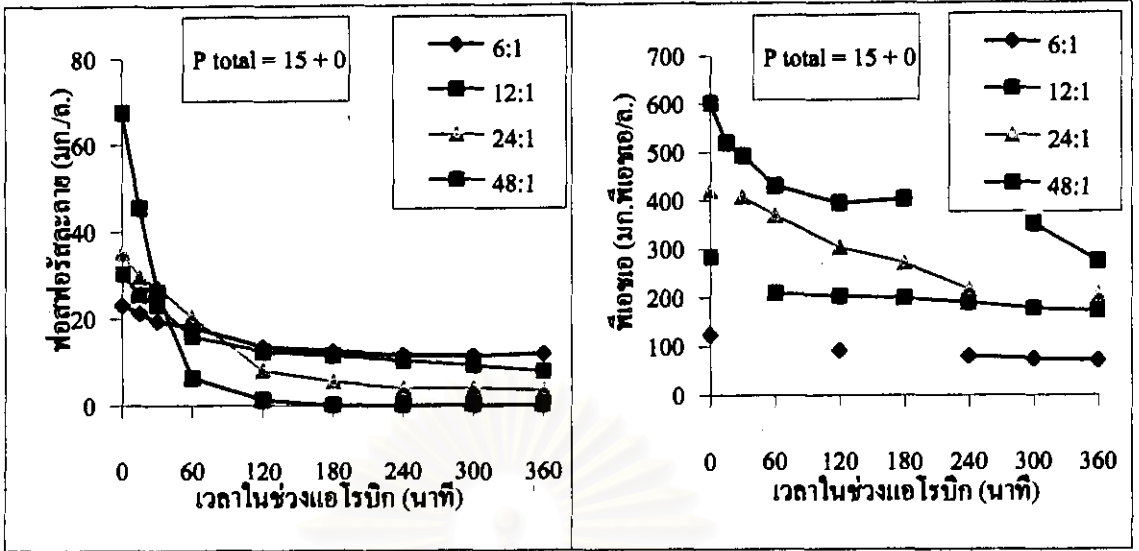
รูปที่ 4.40 โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและฟิออซเอในระบบของชุดทดลองแบบเบดซ์ที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอเคต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 48:1 โดยเติมฟอสฟอรัสเพิ่มพิเศษที่ปลายชั้นตอนแอนแอโรบิกเท่ากับ 0, 22.5 และ 67.5 มก./ล.



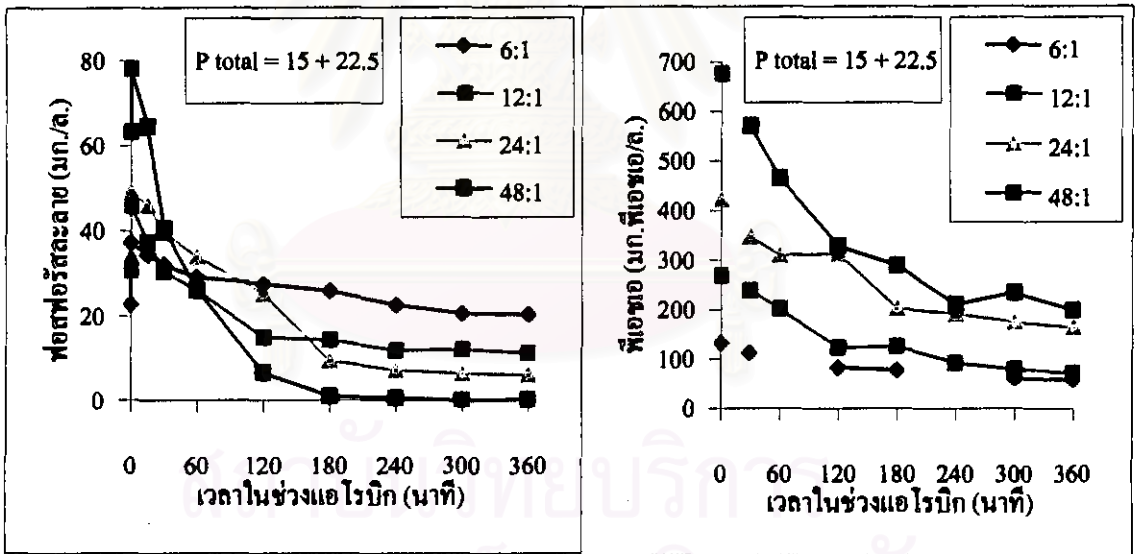
15+0, 15+22.5 และ 15+67.5 มก./ถ. มีการจับใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 67.5, 77.9 และ 108.8 มก./ถ. ตามลำดับ และปริมาณพีเอชเอที่ถูกใช้ไปทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 328, 477 และ 500 มก.พีเอชเอ/ถ. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในทุกชุดการทดลองเมื่อเติมฟอสฟอรัสในปริมาณที่มากขึ้น มีการจับใช้ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Brdjanovic และคณะ (1997) ซึ่งทำการเติมฟอสฟอรัสที่เวลาเริ่มต้นขึ้นตอนแอโรบิกในปริมาณ 100 มก./ถ.พบว่าเกิดจากจับใช้ฟอสฟอรัสที่ขึ้นตอนแอโรบิกสูงกว่าที่จุลชีพใช้ไปในระบบแอสปีอาร์แบบปกติถึง 30 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้พบว่าเกิดการจับใช้ฟอสฟอรัสเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าเดิมด้วย โดยเฉพาะในช่วงเวลาเริ่มต้นของการเติมอากาศ(โดยสังเกตจากความชันของเส้นกราฟในช่วงดังกล่าวที่มีความชันมากขึ้น) แต่ปริมาณของพีเอชเอที่ใช้ไปมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และพบว่าในชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 48:1 และมีฟอสฟอรัสทั้งหมดในระบบเท่ากับ 15+67.5 มก./ถ. สามารถกำจัดฟอสฟอรัสจนมีค่าลดลงเหลือเพียง 0 มก./ถ.ได้ เนื่องจากมีปริมาณพีเอชเอในระบบมากเพียงพอสำหรับการจับใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณดังกล่าวได้

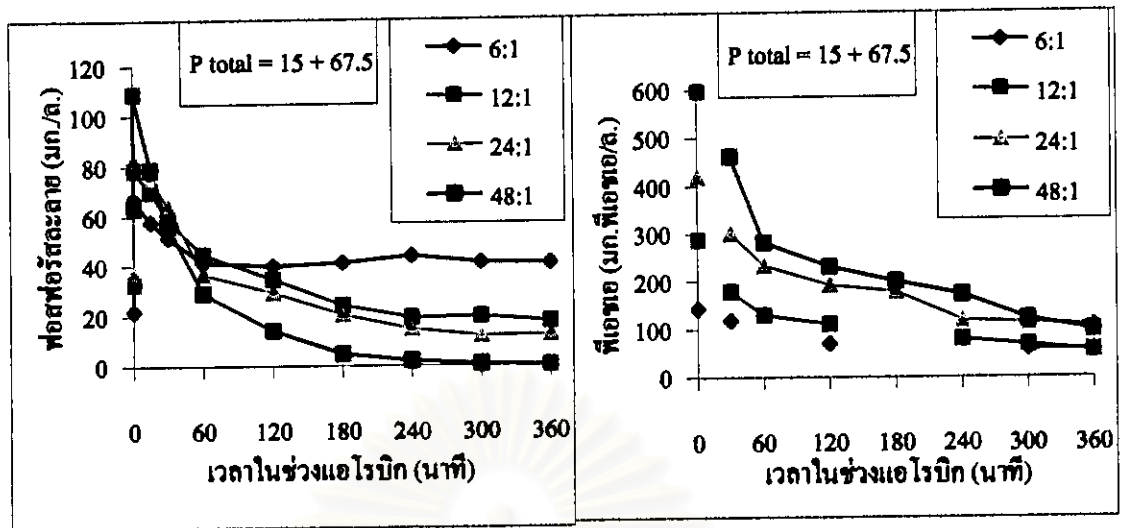
นอกจากนี้เมื่อเอาข้อมูลเดิมมาเปรียบเทียบกับในอีกแห่งหนึ่ง กล่าวคือ เปรียบเทียบระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมเข้าไปทั้งหมดเท่ากับปริมาณพีเอชเอที่มีอยู่ในระบบต่างกัน(หรือมีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่างกัน) ดังแสดงในรูปที่ 4.41, 4.42 และ 4.43 ตามลำดับ จากรูปที่ 4.41 ซึ่งเป็นชุดทดลองที่ไม่มีการเติมฟอสฟอรัส พบว่าชุดที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสสูง จะมีปริมาณพีเอชเอในระบบมากกว่าและมีอัตราการจับใช้ฟอสฟอรัสสูงกว่า ทำให้ค่าฟอสฟอรัสตกค้างได้เร็วขึ้น และจากรูปที่ 4.42 และ 4.43 ซึ่งเป็นชุดที่มีฟอสฟอรัสในระบบทั้งหมดเท่ากับ 15+22.5 และ 15+67.5 มก./ถ. พบว่าผลการทดลองที่ได้คล้ายกับรูปที่ 4.41 คือเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ปริมาณพีเอชเอจะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งปริมาณพีเอชเอที่ถูกใช้ไปก็มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันเพราะต้องจับใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณมากขึ้น และถ้ามีปริมาณพีเอชเอในระบบเพียงพอก็สามารถทำให้ค่าฟอสฟอรัสตกค้างเหลือ 0 มก./ถ.ได้(กรณีที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 48:1) ดังนั้นจากผลการทดลองในรูปที่ 4.41, 4.42 และ 4.43 สามารถสรุปได้ว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ค่าพีเอชเอที่ปลายช่วงแอโรบิก(ก่อนการเติมอากาศ)จะมีค่าเพิ่มขึ้น และผลต่างของปริมาณพีเอชเอในระบบที่ก่อนเริ่มช่วงแอโรบิกกับที่ปลายช่วงแอโรบิก(ปริมาณพีเอชเอที่ถูกใช้ในการจับใช้ฟอสฟอรัส)มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ค่าฟอสฟอรัสที่ถูกจับใช้ไปทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าฟอสฟอรัสตกค้างที่เวลาปลายช่วงแอโรบิกจึงมีค่าลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถคืนน้ำเสียที่ตำแหน่งใดก็ได้ ควบคู่กันที่ยังมีปริมาณพีเอชเอเพียงพอ



รูปที่ 4.41 โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและฟิเอซเอในระบบของชุดทดลองแบบเบดซ์ที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคือต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 โดยไม่มีการเติมฟอสฟอรัสที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิก



รูปที่ 4.42 โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสละลายและฟิเอซเอในระบบของชุดทดลองแบบเบดซ์ที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคือต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 โดยมี การเติมฟอสฟอรัสที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิกเท่ากับ 22.5 มก./ก.



รูปที่ 4.43 โพรไฟล์ค่าฟอสฟอรัสและฟิเอทอในระบบของชุดทดลองแบบเบดซ์ที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 6:1, 12:1, 24:1 และ 48:1 โดยมีการเติมฟอสฟอรัสที่ปลายชั้นคอนแอนแอรอริกเท่ากับ 67.5 มก./ล.

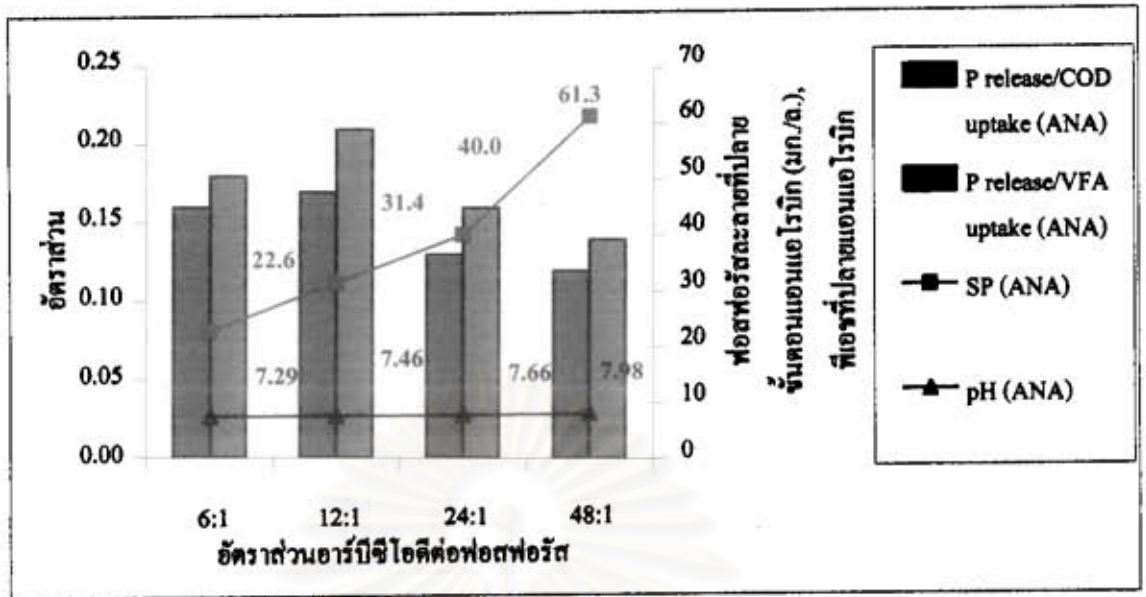
#### 4.3 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดฟอสฟอรัส

##### 4.3.1 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆที่สถานะคงตัวของชุดควบคุมที่สถานะแอนแอรอริก

จากผลการทดลองที่สถานะคงตัวของชุดควบคุมพบว่า สามารถหาค่าอัตราส่วนฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยต่อซีโอดีและกรดไจระเหยง่ายที่ใช้ที่ชั้นคอนแอนแอรอริก, ค่าฟอสฟอรัสที่ปลายชั้นคอนแอนแอรอริก และฟิเอทที่ปลายชั้นคอนแอนแอรอริกได้ดังแสดงในตารางที่ 4.18 และแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่างๆได้ดังแสดงในรูปที่ 4.44 โดยการคำนวณอัตราส่วนต่างๆแสดงในภาคผนวก จ.

ตารางที่ 4.18 อัตราส่วนฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยต่อซีโอดีและกรดไจระเหยง่ายที่ใช้ไป, ค่าฟอสฟอรัสที่ปลายชั้นคอนแอนแอรอริก และค่าฟิเอทที่ปลายชั้นคอนแอนแอรอริก

อัตราส่วน RBCOD:P	$\Delta P_{\text{release}} / \Delta \text{COD}_{\text{uptake}}$ (มก.ฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อย/ มก.ซีโอดีที่ใช้ไปที่ ANA)	$\Delta P_{\text{release}} / \Delta \text{VFA}_{\text{uptake}}$ (มก.ฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อย/ มก.กรดไจระเหยง่ายที่ใช้ไปที่ ANA)	ฟอสฟอรัส ละลายที่ ANA (มก./ล.)	ฟิเอทที่ ปลาย ANA
6:1	0.16	0.18	22.6	7.29
12:1	0.17	0.21	31.4	7.46
24:1	0.13	0.16	40.0	7.66
48:1	0.12	0.14	61.3	7.98



รูปที่ 4.44 อัตราส่วนฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยต่อซีไอคีดและกรดไขมันระเหยง่ายที่ใช้ไป, ค่าฟอสฟอรัสในน้ำและพีเอชที่ปลายชั้นคอนแอนเอโรบิก และพีเอชที่ปลายชั้นคอนแอนเอโรบิก

จากตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.44 เห็นได้ว่า เมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยออกมาที่ปลายชั้นคอนแอนเอโรบิกมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยต่อการใช้ซีไอคีดของทุกชุดการทดลองมีลักษณะเหมือนกับการใช้กรดไขมันระเหยง่าย โดยชุดทดลองที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดต่อฟอสฟอรัสค่าพบว่า มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสมากขึ้น เทียบกับปริมาณซีไอคีดที่ใช้ไปเท่ากัน (การใช้กรดไขมันระเหยง่ายก็ให้ผลเหมือนกัน) แต่เมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีไอคีดต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นจาก 12:1 เป็น 24:1 และ 48:1 จะพบว่า ฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยต่อซีไอคีดที่ใช้ไปในชั้นคอนแอนเอโรบิกกลับมีค่าลดลง ซึ่งจากงานวิจัยของ Smolder และคณะ (1994) พบว่าเมื่อพีเอชมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสมากขึ้น และอัตราส่วนฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยต่อการจับใช้อะซิเตตจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยในช่วงพีเอช 5.5 ถึง 8.5 อัตราส่วนฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยต่อการจับใช้อะซิเตตมีค่าประมาณ 0.25 ถึง 0.75 โมล-ฟอสฟอรัส/โมล-อะซิเตต แต่การทดลองของ Smolder กำหนดให้อัตราส่วนซีไอคีดต่อฟอสฟอรัสคงที่ และใช้พีเอชเป็นตัวแปรที่ทำให้เกิดการปฏิกริยาตามมา ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้ได้ เพราะในงานวิจัยนี้แปรผันค่าซีไอคีดต่อฟอสฟอรัส ซึ่งทำให้เดิมสภาพต่างไม่เท่ากัน ดังนั้นเหตุผลที่ทำให้พีเอชมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเพราะบัฟเฟอร์ที่เดิมในระบบมากกว่า และค่าฟอสฟอรัสที่ปลายชั้นคอนแอนเอโรบิกที่เพิ่มขึ้นจึงไม่น่าที่จะเกิดจากผลของพีเอช แต่เกิดจากพีเอชที่มีสารอาหารมากขึ้นทำให้เกิดการสร้างพีเอชเอที่ชั้นคอนแอนเอโรบิกในปริมาณมากขึ้น ซึ่งจะต้องใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงเกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสมากขึ้น และ

จากงานวิจัยของ Kuba และคณะ (1997) ที่ได้ทำการศึกษาถึงผลของพีเอชต่อการปลดปล่อยฟอสฟอรัสของดีฟิปี(Denitrifying phosphorus removing bacteria) ที่สภาวะแอนแอโรบิก โดยใช้สัณดุ์ที่นำมาจากระบบที่ทำงานภายใต้สภาวะแอนแอโรบิก-แอนอกซิกพบว่า เมื่อพีเอชมีค่าระหว่าง 6 ถึง 7.5 อัตราส่วนการปลดปล่อยฟอสฟอรัสต่อการใช้อะซิเทคมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าพีเอชที่เพิ่มขึ้น แต่ที่ค่าพีเอชมากกว่า 7.5 อัตราส่วนฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยต่อการใช้อะซิเทคมีค่าลดลง และเมื่อนำสัณดุ์ดังกล่าวไปทำการเพาะเชื้อที่พีเอชเท่ากับ 2 พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยเพิ่มขึ้นจากเดิม ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจเกิดจากสาเหตุที่พีเอชสูงทำให้ฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยออกมาเกิดการตกตะกอน ดังนั้นค่าฟอสฟอรัสละลายที่ชั้นคอนแอนแอโรบิกที่มีพีเอชสูงจึงมีค่าลดลง ส่งผลให้อัตราส่วนของฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยต่อการใช้อะซิเทคมีค่าลดลง

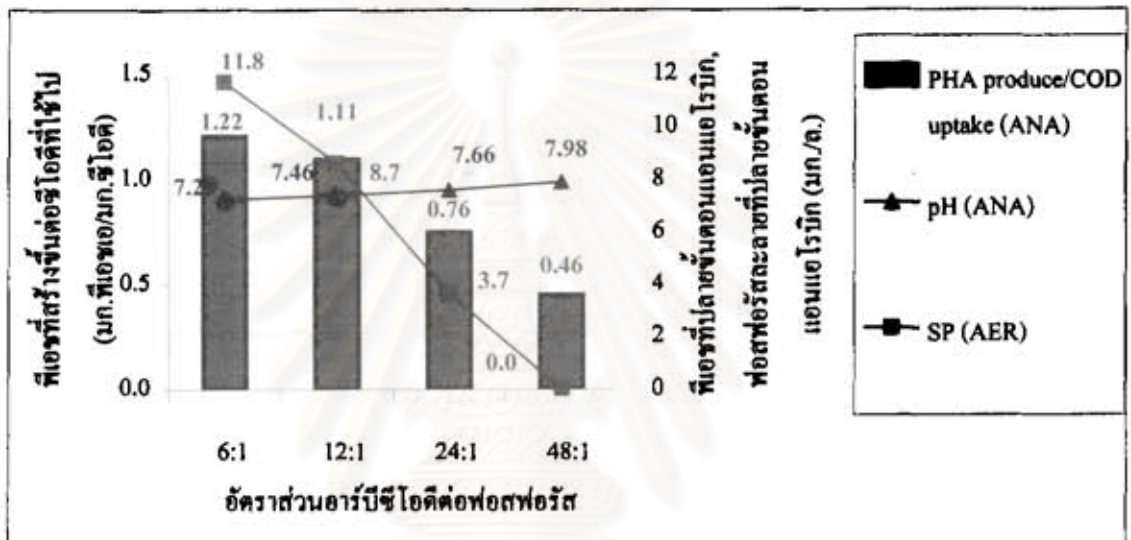
สำหรับชุด 48:1 ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสและพีเอไอในระบบมากกว่าชุดทดลองอื่นๆ แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสในเซลล์น้อยและมีอัตราส่วนของพีเอไอต่อกลุ่มจุลชีพทั้งหมดในระบบต่ำกว่าชุดทดลองอื่นๆ ดังนั้นซีโอดี(หรือกรดอะซิติก)ที่ถูกใช้ไปจึงไม่ได้ถูกจับใช้ไปโดยพวกพีเอไอเพียงกลุ่มเดียว แต่อาจถูกพวก OHOs ซึ่งมีอยู่ในระบบในสัดส่วนที่มากกว่าพีเอไอจับใช้ซีโอดีที่มีมากเกินพอด้วย ทำให้อัตราส่วนฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยต่อการใช้อะซิติก(หรือกรดอะซิติก)มีค่าลดลงต่ำกว่าชุด 6:1 และ 12:1 (ซึ่งมีอัตราส่วนพีเอไอต่อกลุ่มจุลชีพทั้งหมดสูงกว่า)หรืออาจเป็นเพราะมีสารอาหารมากจึงเกิดการจับใช้อย่างฟุ่มเฟือยจึงทำให้ค่าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าต่ำ

นอกจากนี้สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพีเอชที่สร้างขึ้นต่อซีโอดีที่ใช้ไปที่ชั้นคอนแอนแอโรบิกกับค่าพีเอชที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิกและค่าฟอสฟอรัสละลายที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิกของชุดควบคุมซึ่งมีอัตราส่วนอาร์บีซีโอดีต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน แสดงในตารางที่ 4.19 และในรูปที่ 4.45

ตารางที่ 4.19 พีเอชที่สร้างขึ้นต่อซีโอดีที่ใช้ไปที่ชั้นคอนแอนแอโรบิก, ค่าพีเอชที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิก และค่าฟอสฟอรัสละลายที่ปลายชั้นคอนแอนแอโรบิก

อัตราส่วน RBCOD:P	$\Delta\text{PHA}_{\text{produce}}/\Delta\text{COD}_{\text{uptake}}$ (มก.พีเอชที่สร้างขึ้น/มก.ซีโอดีที่ใช้ไป)	พีเอชที่ปลาย ANA	ฟอสฟอรัสละลาย ที่ปลาย AER (มก./ล.)
6:1	1.22	7.29	11.8
12:1	1.11	7.46	8.7
24:1	0.76	7.66	3.7
48:1	0.46	7.98	0.0

จากตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.45 จะเห็นว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ค่าอัตราส่วนพีเอชเอที่สร้างขึ้นต่อซีโอคิตที่ใช้ไปมีค่าลดลง เพราะอัตราส่วนพีเอคิตต่อจำนวนจุดซีททั้งหมดในระบบจะมีค่าลดลง เนื่องจากซีโอคิตที่มีมากขึ้นในระบบไม่ได้ถูกพวกพีเอเอนำไปใช้ในการสร้างพีเอชเอเพียงอย่างเดียว แต่จะถูกจับใช้โดยพวก OHOs ด้วย ทำให้อัตราส่วนของพีเอชเอที่ผลิตได้ต่อซีโอคิตที่ใช้ไปมีค่าลดลง และจะเห็นว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ค่าฟอสฟอรัสละลายที่ชั้นตอนแอโรบิกจึงมีค่าลดลง ทั้งนี้เพราะชุดที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคิตต่อฟอสฟอรัสสูงมีปริมาณพีเอชเอในระบบมากกว่าจึงสามารถจับใช้ฟอสฟอรัสได้มากกว่า



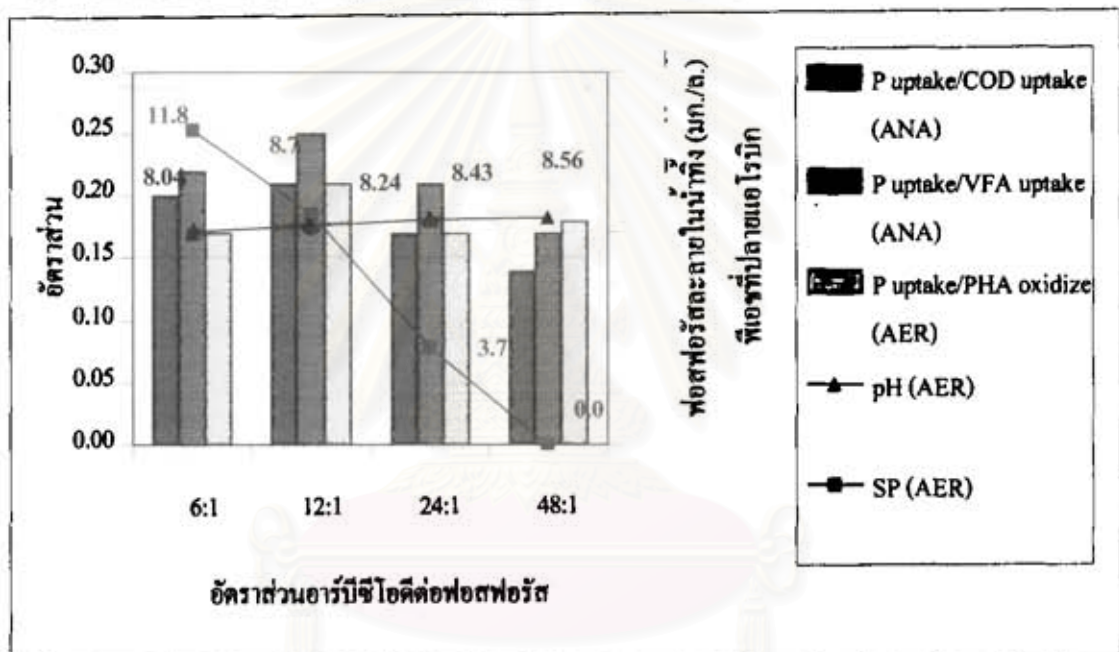
รูปที่ 4.45 พีเอชเอที่สร้างขึ้นต่อซีโอคิตที่ใช้ไปที่ชั้นตอนแอโรบิก, ค่าพีเอชที่ปลายชั้นตอนแอโรบิก และค่าฟอสฟอรัสละลายที่ปลายชั้นตอนแอโรบิก

#### 4.3.2 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆที่สถานะคงตัวของชุดควบคุมที่ชั้นตอนแอโรบิก

จากผลการทดลองที่สถานะคงตัวของชุดควบคุมสามารถหาค่าอัตราส่วนฟอสฟอรัสที่จับใช้ที่ชั้นตอนแอโรบิกต่อซีโอคิตและกรดไขมันระเหยง่ายที่ใช้ที่ชั้นตอนแอโรบิก, อัตราส่วนฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อพีเอชเอที่ใช้ไปในชั้นตอนแอโรบิก, พีเอชที่ปลายชั้นตอนแอโรบิก และค่าฟอสฟอรัสละลายที่ปลายชั้นตอนแอโรบิก ได้ดังแสดงดังตารางที่ 4.20 และแสดงในรูปที่ 4.46

ตารางที่ 4.20 ฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อการใช้ซีโอติและกรดไขมันระเหยง่ายที่ขึ้นคอนแอนแอโรบิก, ฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อพีเอชเอที่ถูกใช้ไปในขึ้นคอนแอโรบิก, ค่าฟอสฟอรัสละลายที่ปลายขึ้นคอนแอโรบิก และค่าพีเอชที่ปลายขึ้นคอนแอโรบิก

อัตราส่วน RBCOD:P	$\Delta P_{\text{uptake}}/\Delta \text{COD}_{\text{uptake}}$ (มก.ฟอสฟอรัสที่จับใช้ /มก.ซีโอติที่ใช้ไปที่ ANA)	$\Delta P_{\text{uptake}}/\Delta \text{VFA}_{\text{uptake}}$ (มก.ฟอสฟอรัสที่จับใช้/มก.กรดไขมันระเหยง่ายที่ใช้ไปที่ ANA)	$\Delta P_{\text{uptake}}/\Delta \text{PHA}_{\text{oxidize}}$ (มก.ฟอสฟอรัสที่จับใช้ /มก.พีเอชเอที่ใช้ไป)	ฟอสฟอรัสละลายที่ AER (มก./ล.)	พีเอชที่ AER
6:1	0.20	0.22	0.17	11.8	8.04
12:1	0.21	0.25	0.21	8.7	8.24
24:1	0.17	0.21	0.17	3.7	8.43
48:1	0.14	0.17	0.18	0.0	8.56



รูปที่ 4.46 ฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อซีโอติและกรดไขมันระเหยง่ายที่ใช้ไป, ฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อพีเอชเอที่ใช้ไป, พีเอชที่ปลายขึ้นคอนแอโรบิก และค่าฟอสฟอรัสละลายที่ปลายขึ้นคอนแอโรบิก

จากรูปที่ 4.46 จะเห็นว่าเมื่ออัตราส่วนอาร์บีซีโอติต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ฟอสฟอรัสละลายที่ปลายขึ้นคอนแอโรบิกมีค่าลดลง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีคือ เมื่อมีสารอาหารมากทำให้มีการสร้างพีเอชเอในปริมาณที่มากขึ้น ดังนั้นจึงเกิดการจับใช้ฟอสฟอรัสมากขึ้น และถึงแม้ว่าในระบบจะมีพวก OHOs มากขึ้น แต่ก็ยังมีสารอาหารเหลือพอสำหรับเพื่อโอทีที่จะนำไปใช้ในการสร้างพีเอชเอในปริมาณที่มากพอสำหรับจับใช้ฟอสฟอรัสในระบบจนหมดได้ เมื่อพิจารณาว่าอัตราส่วนฟอสฟอรัสที่จับใช้ที่ขึ้นคอนแอโรบิกต่อซีโอติและกรดไขมันระเหยง่ายที่ใช้ไปในขึ้นคอนแอนแอโรบิกของชุด 12:1, 24:1 และ 48:1 พบว่ามีค่าลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าซีโอติและกรดไขมันระเหยง่ายที่ถูกจับใช้ส่วนใหญ่ในขึ้นคอนแอนแอโรบิก

โรบิกของชุด 24:1 และ 48:1 ไม่ได้ถูกนำไปสร้างเป็นพีเอชเอทั้งหมด แต่ถูกใช้ไปโดยพวก OHOs ซึ่งชุด 24:1 และ 48:1 จะมีอัตราส่วนของพวก OHOs ต่อจุดชีพทั้งหมดในระบบมากกว่าชุด 6:1 และ 12:1 (โดยดูจากค่าเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเซลล์ที่มีน้อยกว่า) ทำให้อัตราส่วนฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อการใช้ชีโอดีและกรดไขมันระเหยง่ายมีค่าลดลงเมื่อมีปริมาณสารอาหารเกินพอ และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อพีเอชเอที่ใช้ไปพบว่า มีลักษณะเหมือนกับฟอสฟอรัสที่ถูกจับใช้ต่อกรดไขมันระเหยง่ายที่ถูกจับใช้ไป กล่าวคือชุดที่มีค่าอัตราส่วนฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อกรดไขมันระเหยง่ายที่ถูกจับใช้ไปสูงพบว่าอัตราส่วนฟอสฟอรัสที่ถูกจับใช้ต่อพีเอชเอที่ถูกใช้ไปมีค่ามากกว่าชุดทดลองอื่นด้วยเช่นกัน ซึ่งเป็นเช่นนี้เพราะกรดไขมันระเหยง่ายที่ถูกจับใช้ไปในขั้นตอนแอนแอโรบิกนั้นถูกใช้ไปในการสร้างพีเอชเอนั้นเอง ทำให้มีปริมาณของพีเอชเอที่ถูกใช้ไปในการขั้นตอนแอนโรบิกมากกว่าด้วยเช่นกัน

สำหรับค่าฟอสฟอรัสที่จับใช้ต่อพีเอชเอที่ใช้ไปในช่วงแอโรบิกของชุดที่มีอัตราส่วนอาร์บีซีโอคือต่อฟอสฟอรัสต่างกันพบว่า ค่าที่ได้ไม่สามารถบอกถึงความสัมพันธ์ได้



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย