

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาแยกเป็น 2 ชุดทดลองด้วยกัน คือชุดทดลองที่ 1 ใช้หัวเชื้อที่ไม่ฉีดเชื้อคลอไรด์ (without inoculation of halophilic bacteria) และชุดทดลองที่ 2 ใช้หัวเชื้อฉีดเชื้อคลอไรด์ (with inoculation of halophilic bacteria) โดยแปรค่าความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์เป็น 0 (ควบคุม) สำหรับชุดทดลองที่ 1 และเป็น 5, 10, 20 และ 30 ก./ล. สำหรับทั้งสองชุดทดลอง เมื่อแต่ละชุดทดลองเข้าสู่สถานะคงตัวและเก็บพารามิเตอร์ต่างๆเรียบร้อยแล้ว ระบบจะถูกช็อกด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นสูงถึง 70 ก./ล. เป็นเวลา 4 วัน โดยเก็บข้อมูลเช่นเดียวกับช่วงสถานะคงตัวทุกวัน จากนั้นจึงกลับมาเติมเกลือด้วยความเข้มข้นเดิมอีกครั้งและเก็บข้อมูลเช่นเดียวกันจนกระทั่งระบบเข้าสู่สถานะคงตัวอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งผลการทดลองเป็นภาพโดยรวมของแต่ละพารามิเตอร์ของชุดทดลองทั้งสอง ตั้งแต่เริ่มการทดลองแรกจนถึงสิ้นสุดการทดลองทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.2

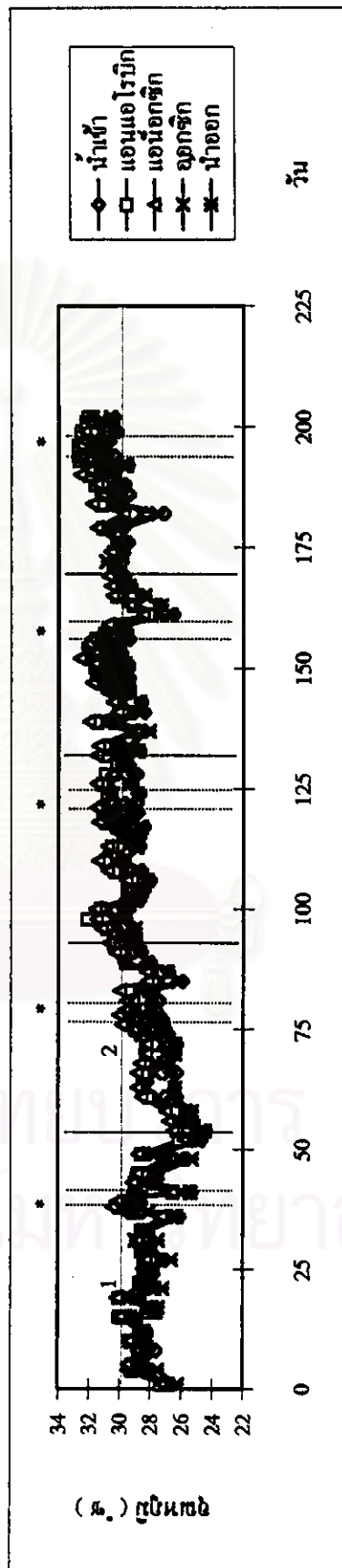
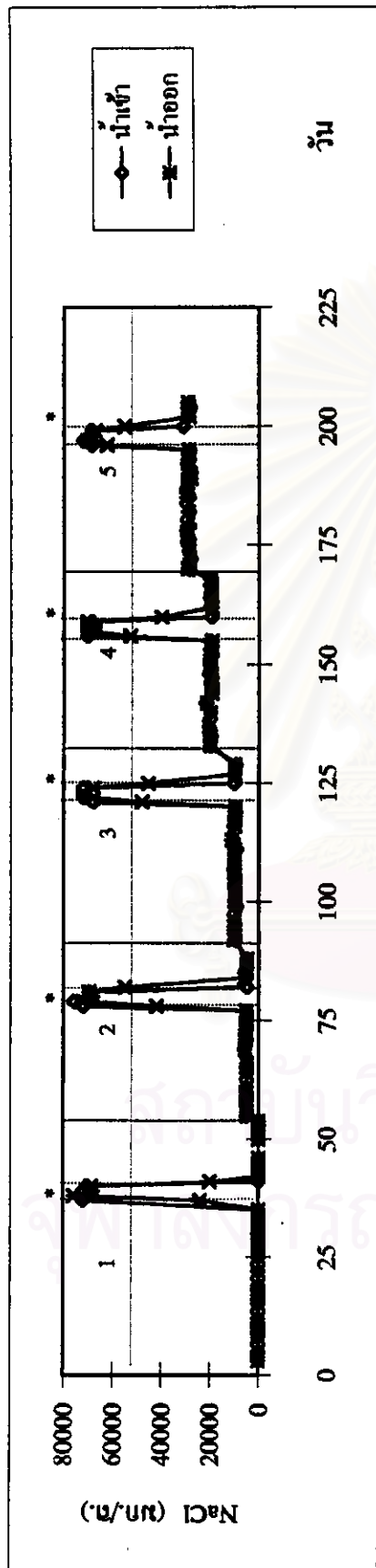
4.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้ของทั้งสองชุดทดลองได้จำแนกผลออกเป็นแต่ละสถานะ คือช่วงสถานะคงตัว ภาวะช็อก และภาวะฟื้นสภาพ ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง สำหรับชุดทดลองที่ 1 และชุดทดลองที่ 2 แสดงดังตารางที่ 4.1 ถึง 4.9 ตามลำดับ โดยรายละเอียดผลการทดลองที่ได้แต่ละพารามิเตอร์เป็นดังนี้

4.2.1 ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO)

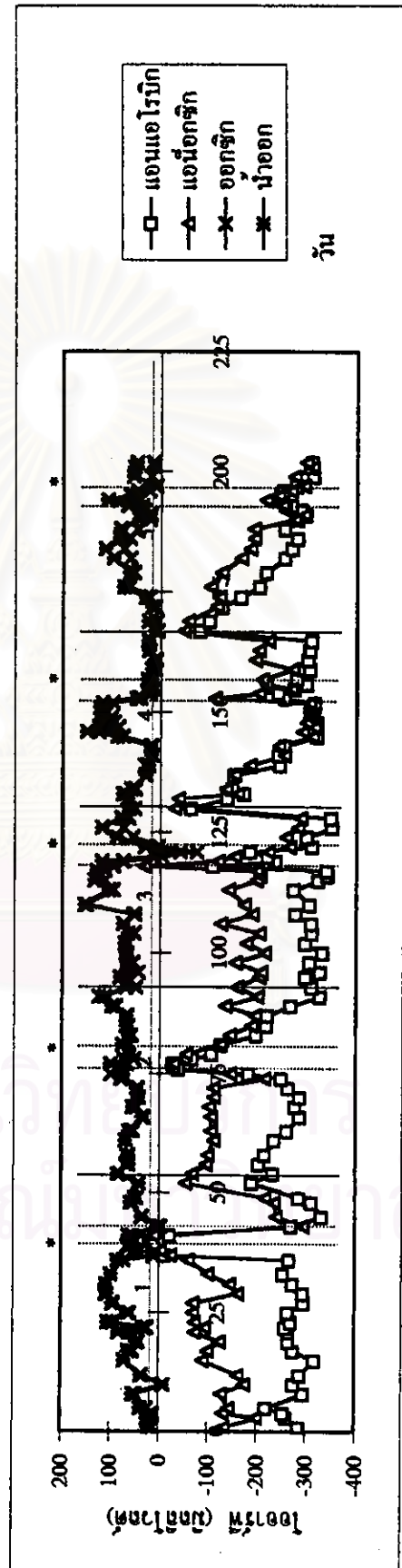
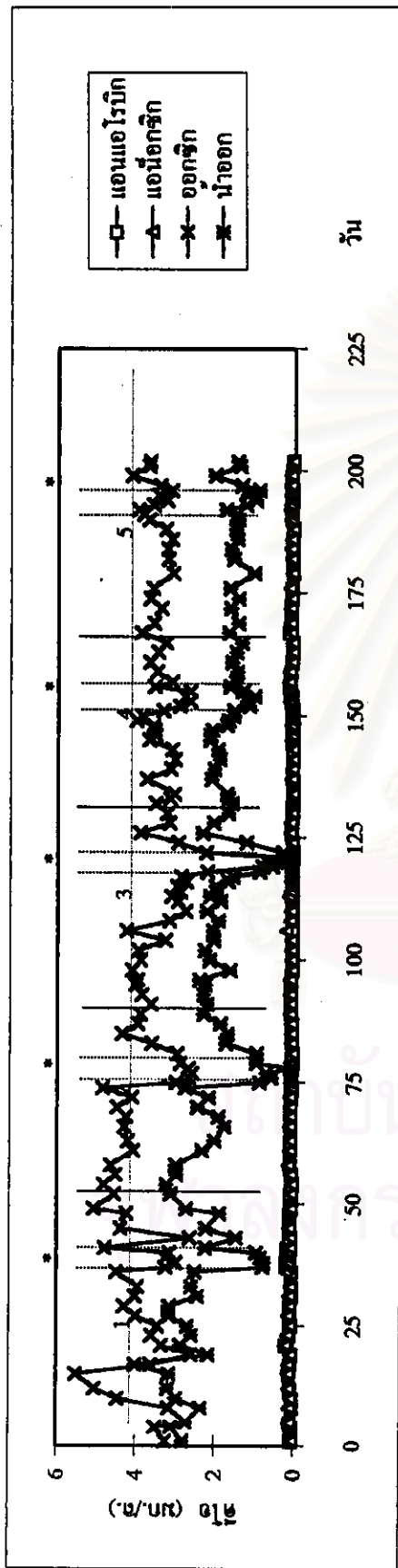
ช่วงสถานะคงตัว

ค่าดีไอในแต่ละดังเป็นค่าหนึ่งที่ใช้บ่งชี้สถานะของระบบว่าเป็นสถานะแอนแอโรบิก แอนีอ็อกซิกและออกซิก ซึ่งผลการวัดที่ได้เมื่อความเค็มมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับชุดทดลองที่ 1 และ 2 แสดงดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ เห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยในดีไอแอนแอโรบิกของทั้งสองชุดทดลอง



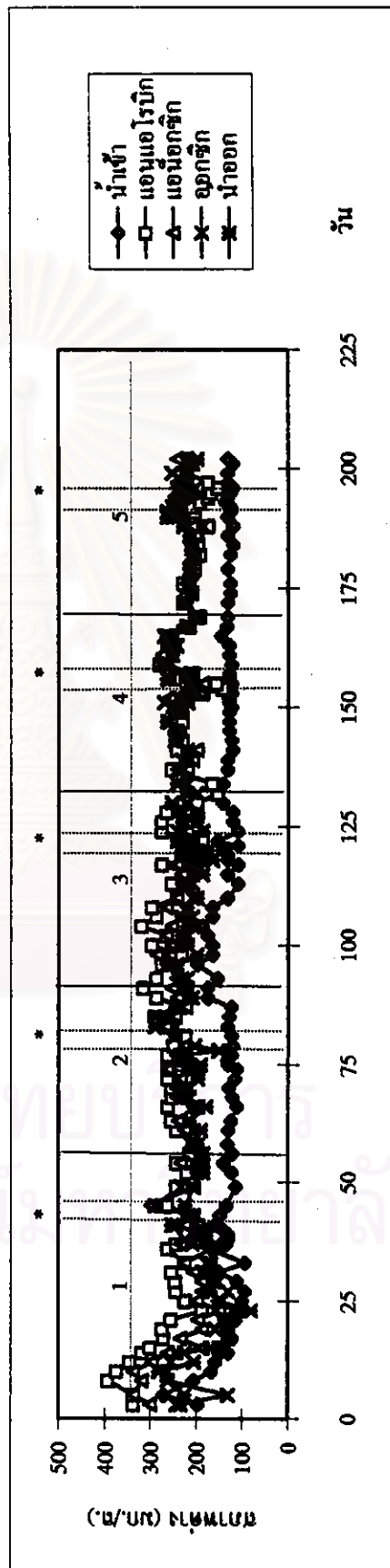
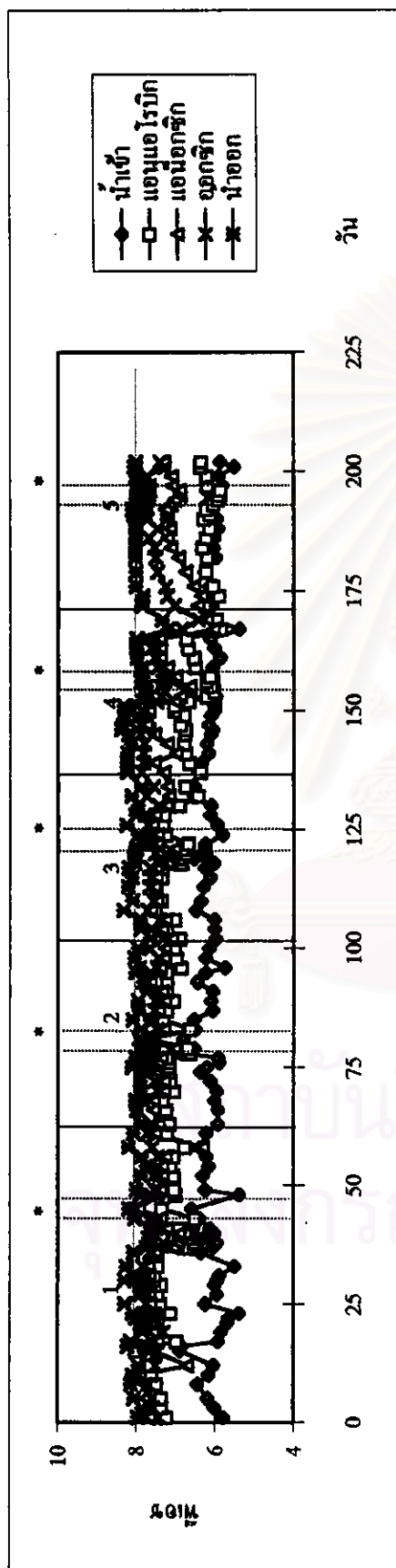
* = ภาวะช็อก

รูปที่ 4.1 ผลโดยรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่ 1



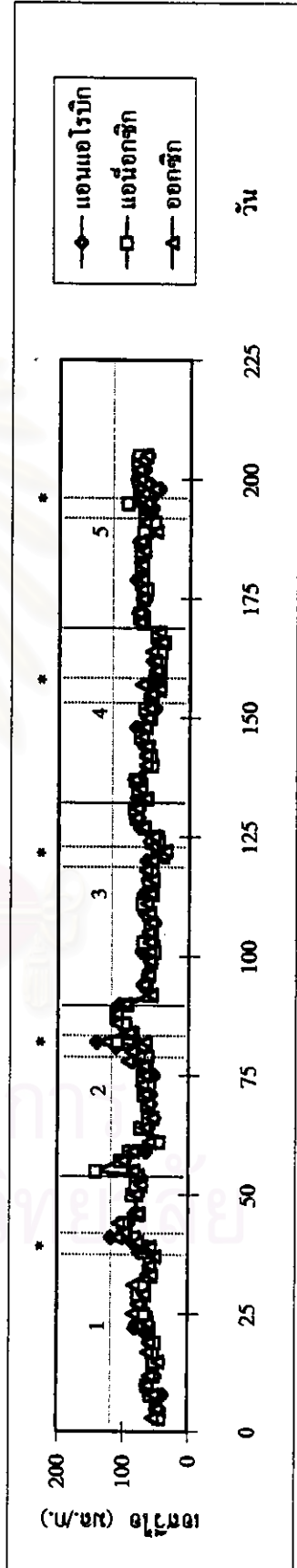
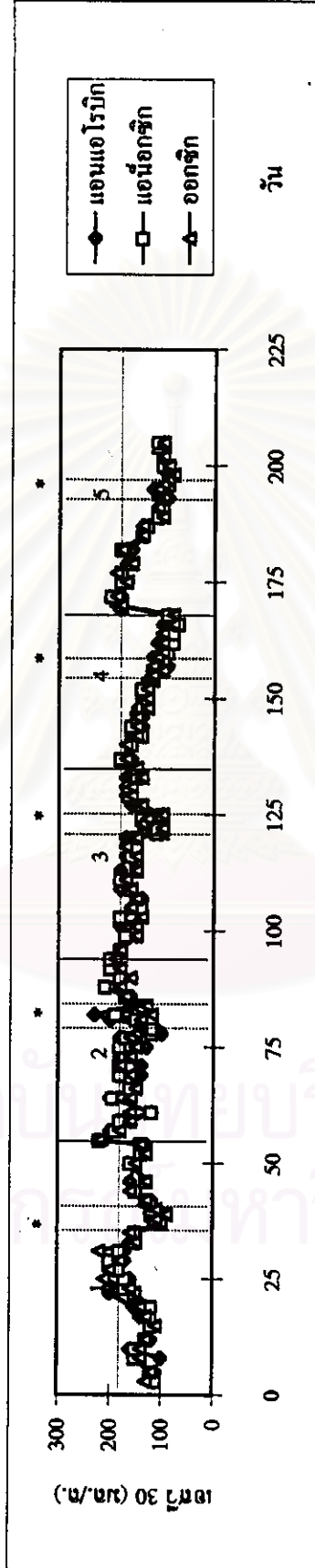
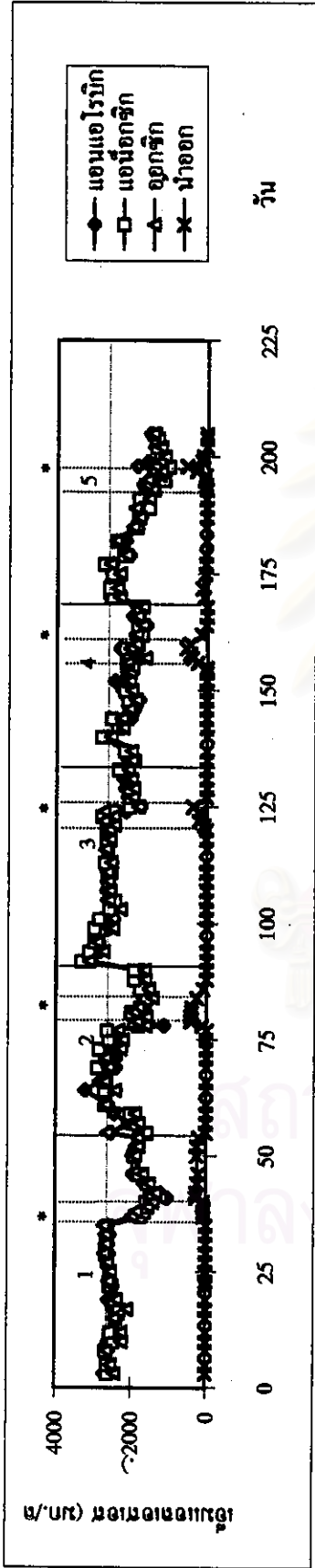
* = ภาพซ้ำ

รูปที่ 4.1 ผลโดยรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่ 1(ต่อ)



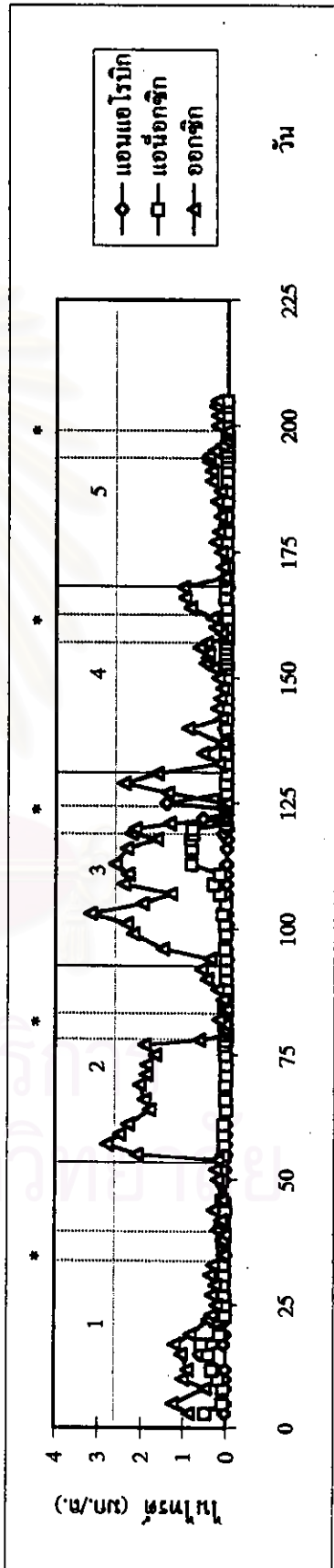
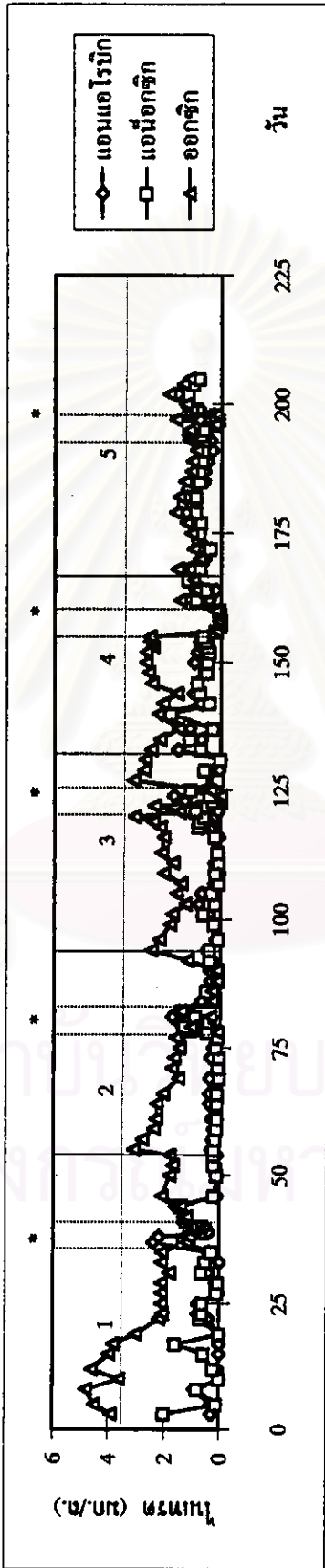
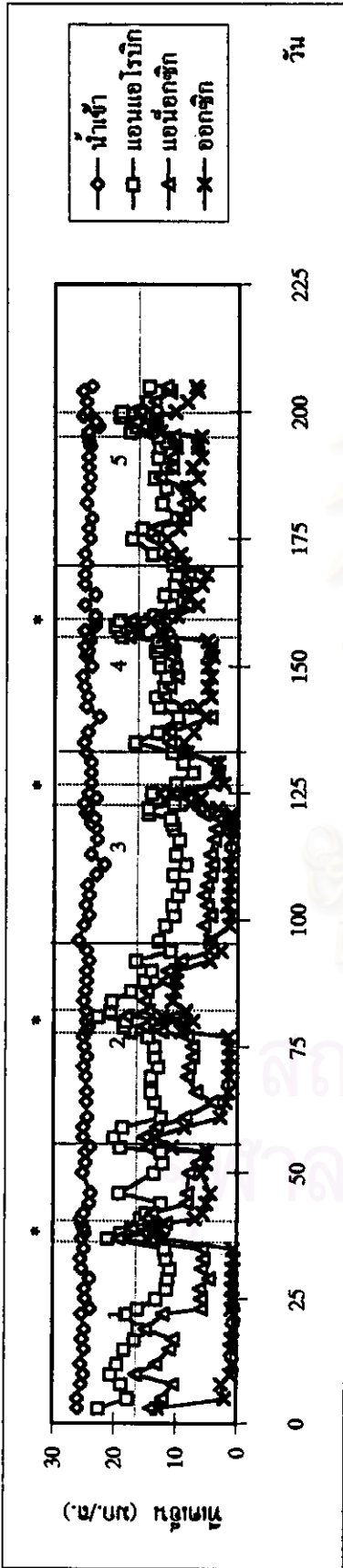
* = ภาวะซ็อก

รูปที่ 4.1 ผลโดยรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่ 1 (ต่อ)



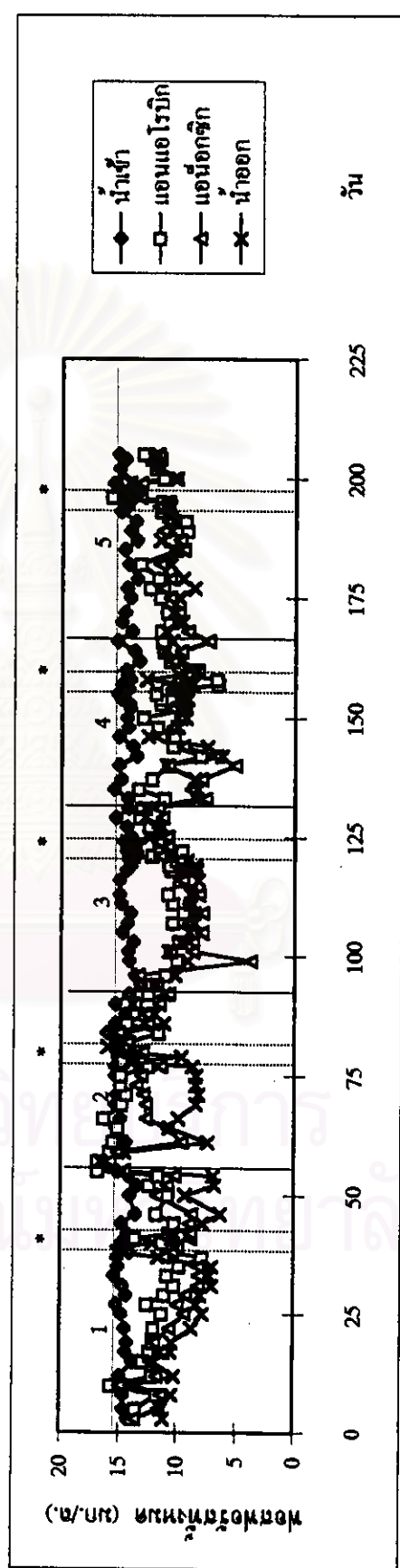
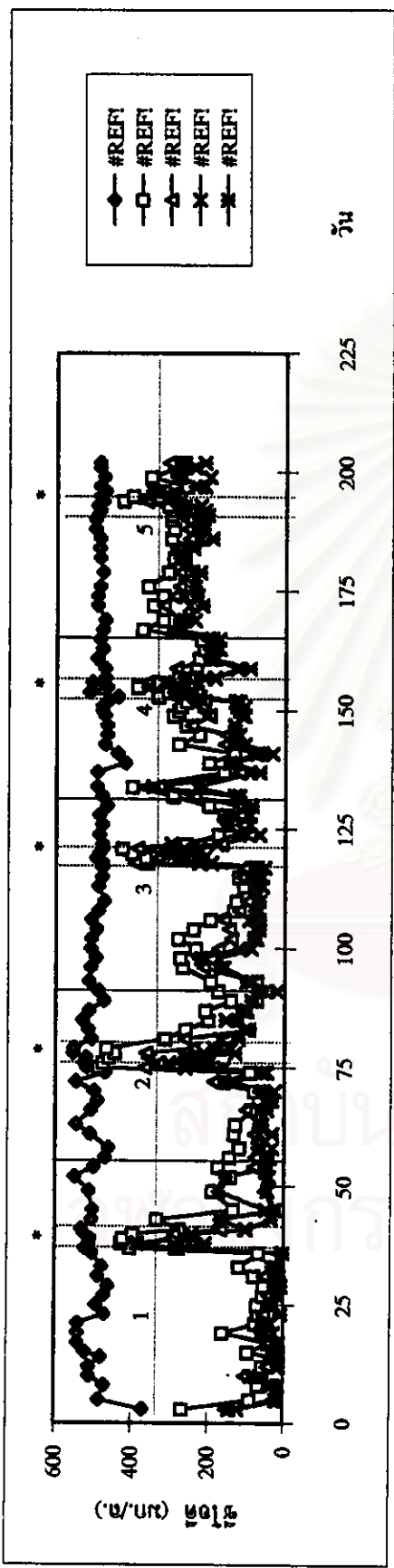
* = ภาวะรื้อ

รูปที่ 4.1 ผลโดยรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่ 1 (ต่อ)



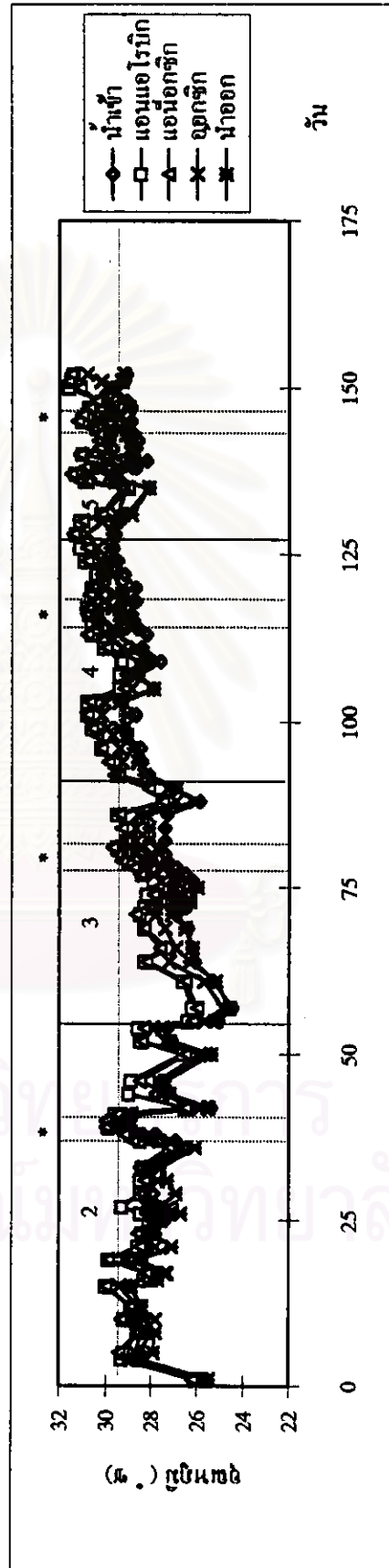
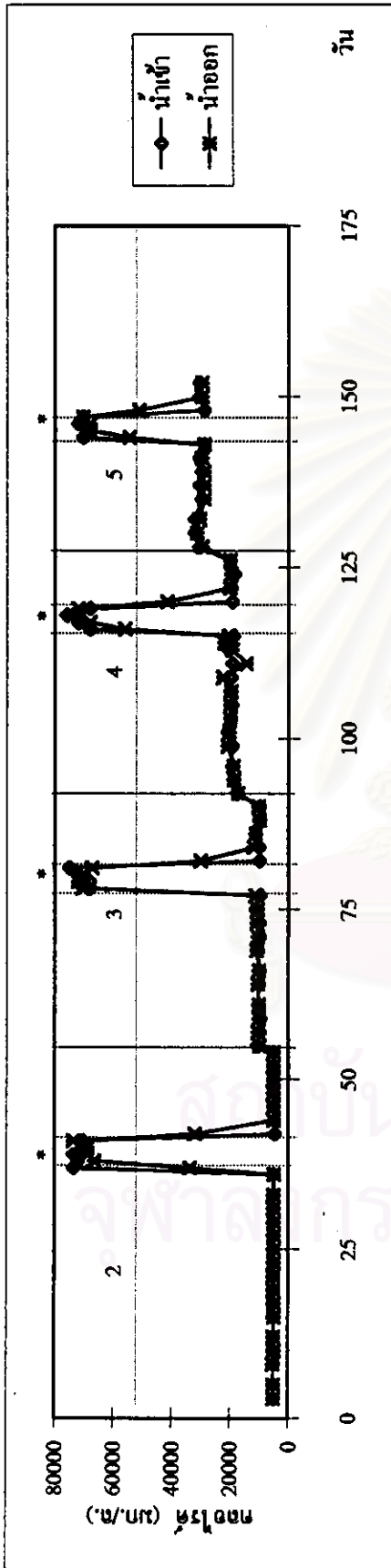
* = ภาพซ้ำ

รูปที่ 4.1 ผด โดยรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่ 1 (ต่อ)



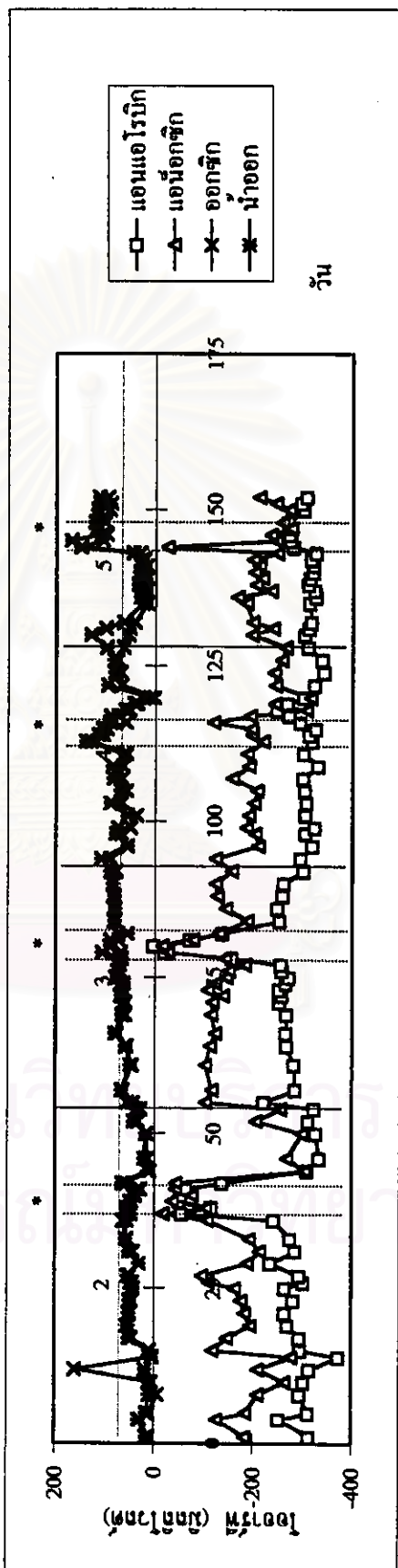
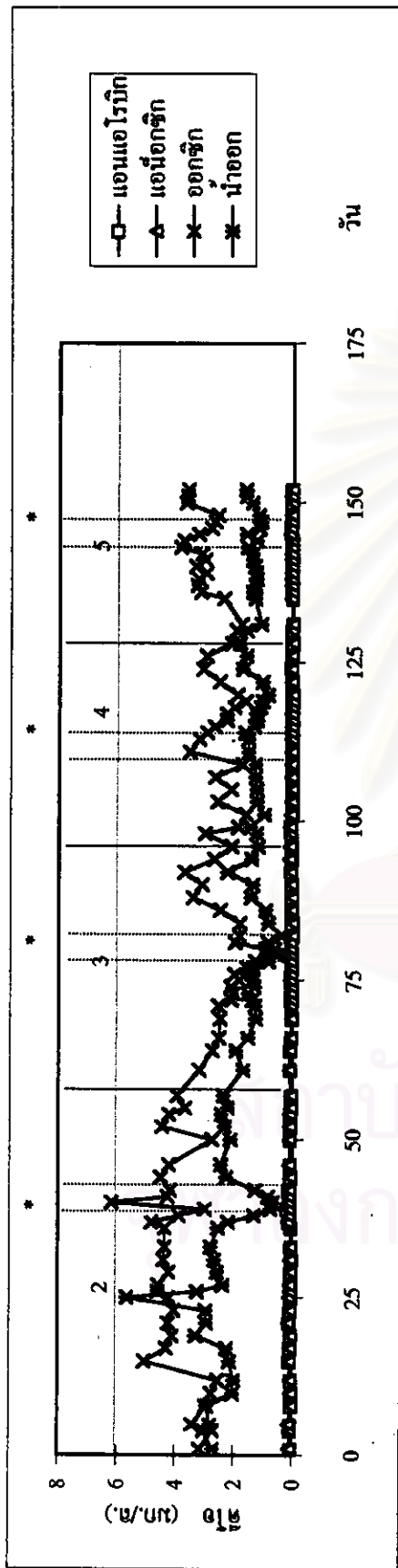
* = ภาวะช็อก

รูปที่ 4.1 ผลโดยรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่ 1 (ต่อ)



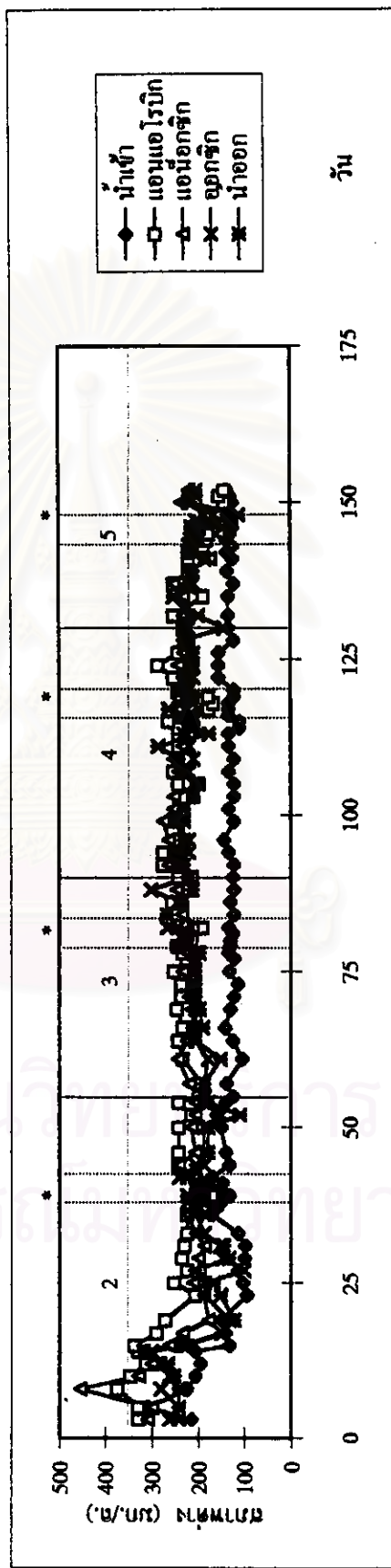
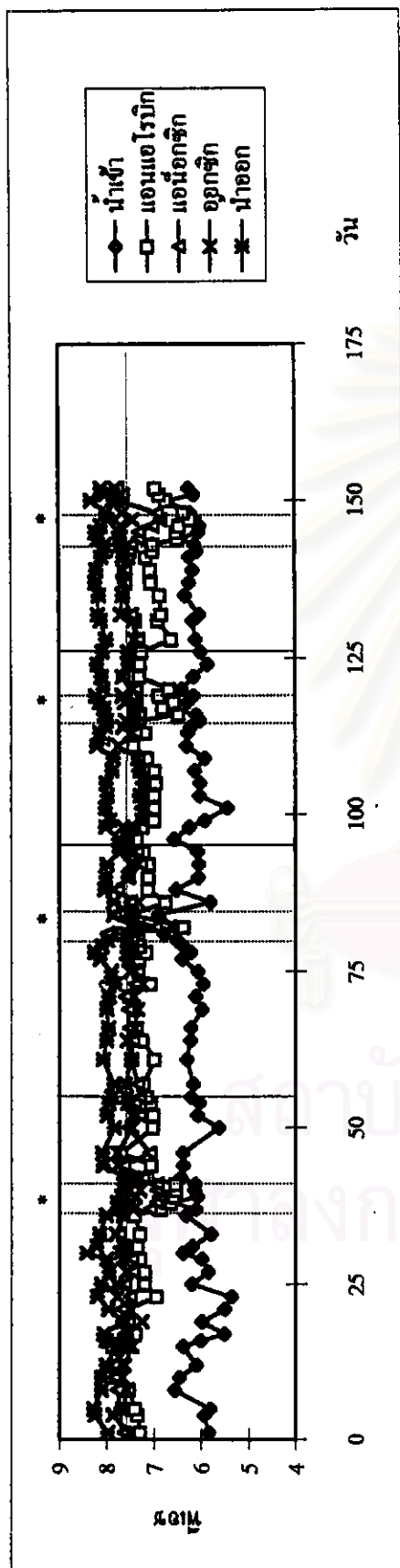
* = ภาวะช็อก

รูปที่ 4.2 ผลโดยรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่ 2



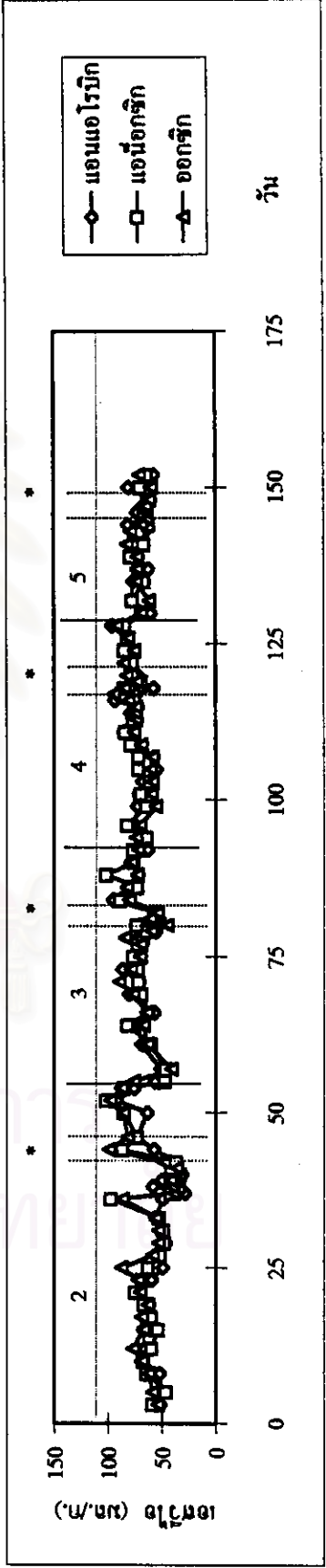
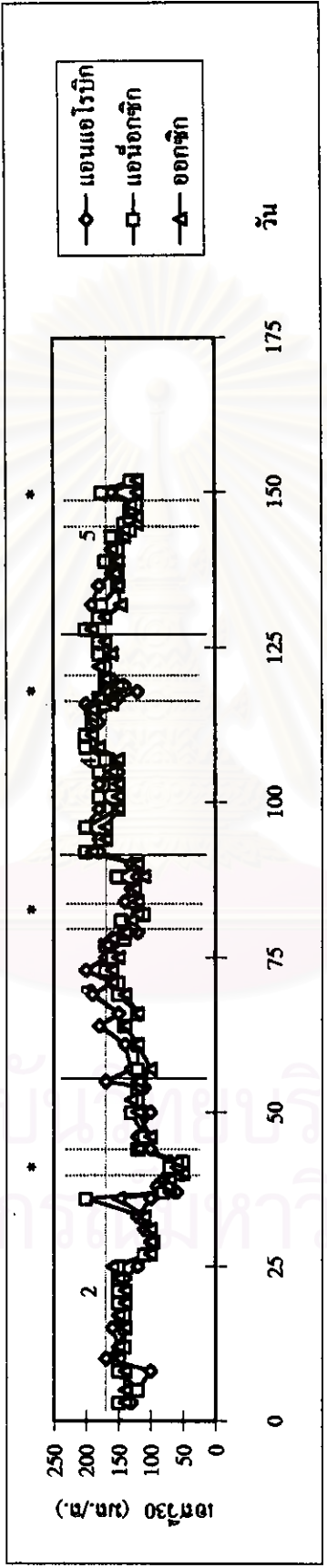
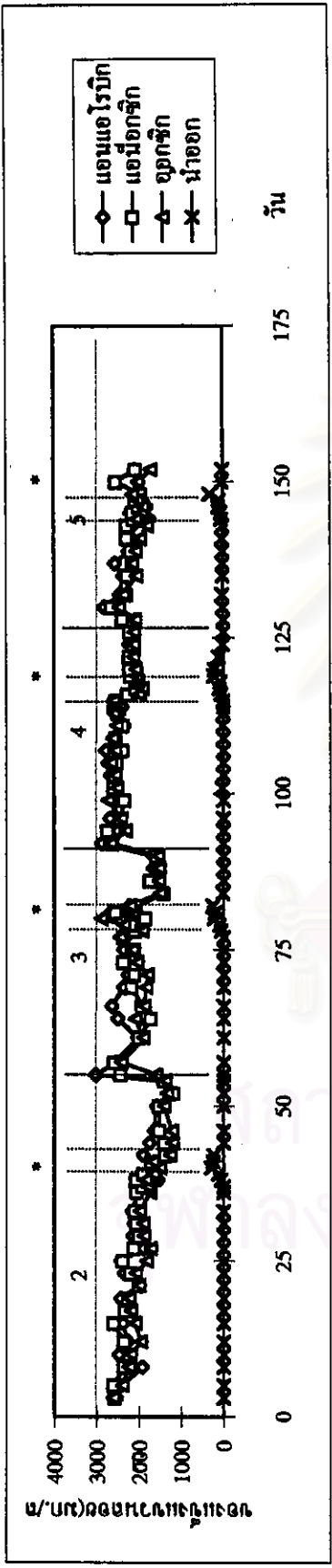
* = ภาวะช็อก

รูปที่ 4.2 ผลโดยรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่ 2



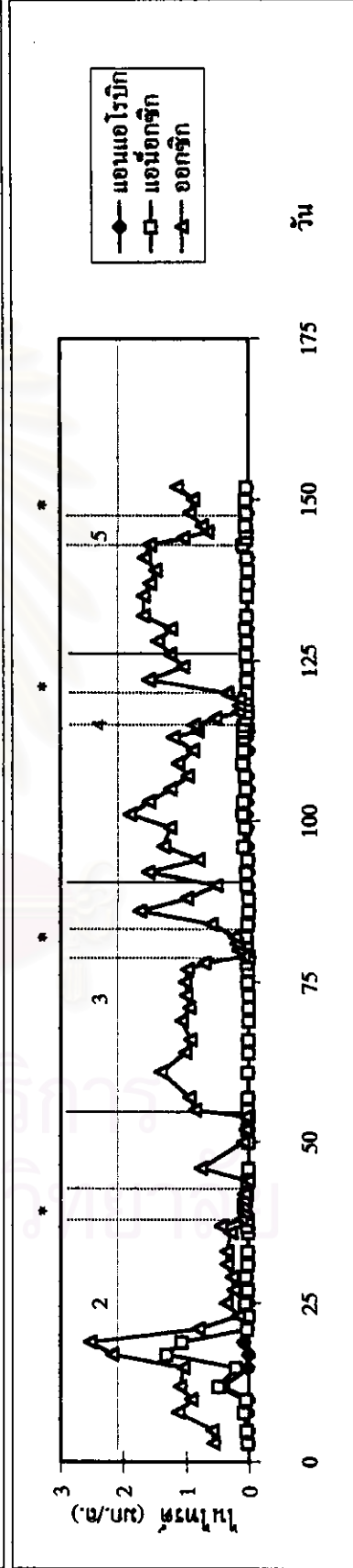
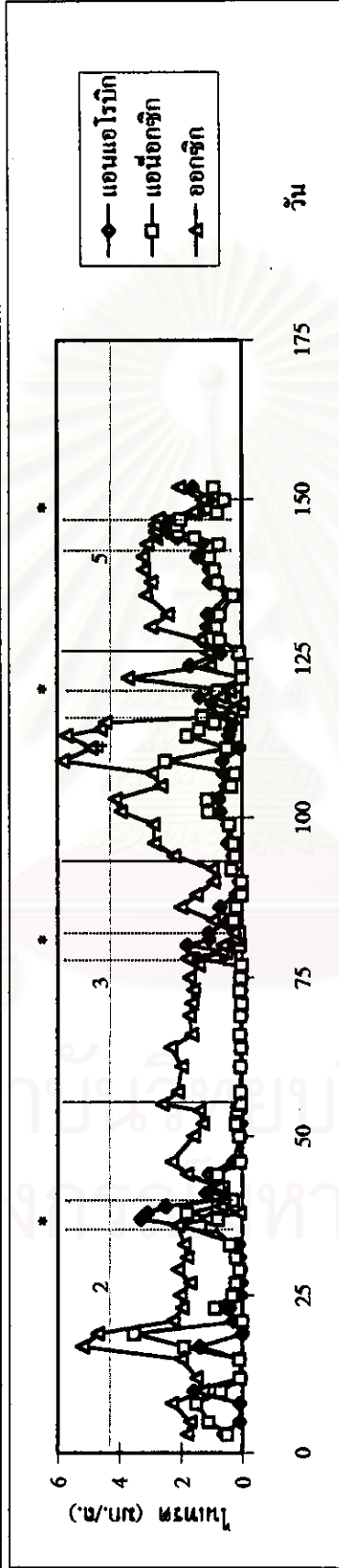
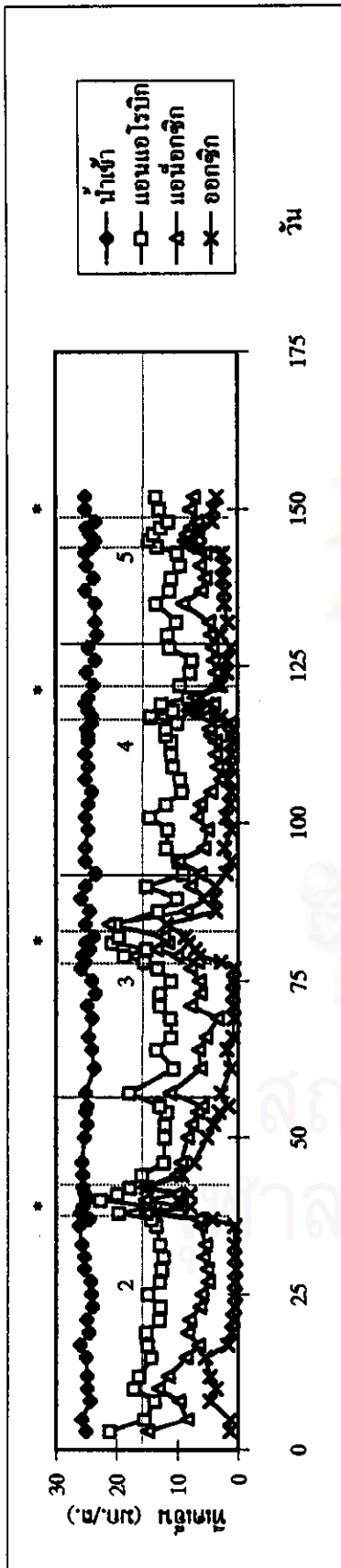
* = ภาวะรื้ออก

รูปที่ 4.2 ผลโดยรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่ 2 (ต่อ)



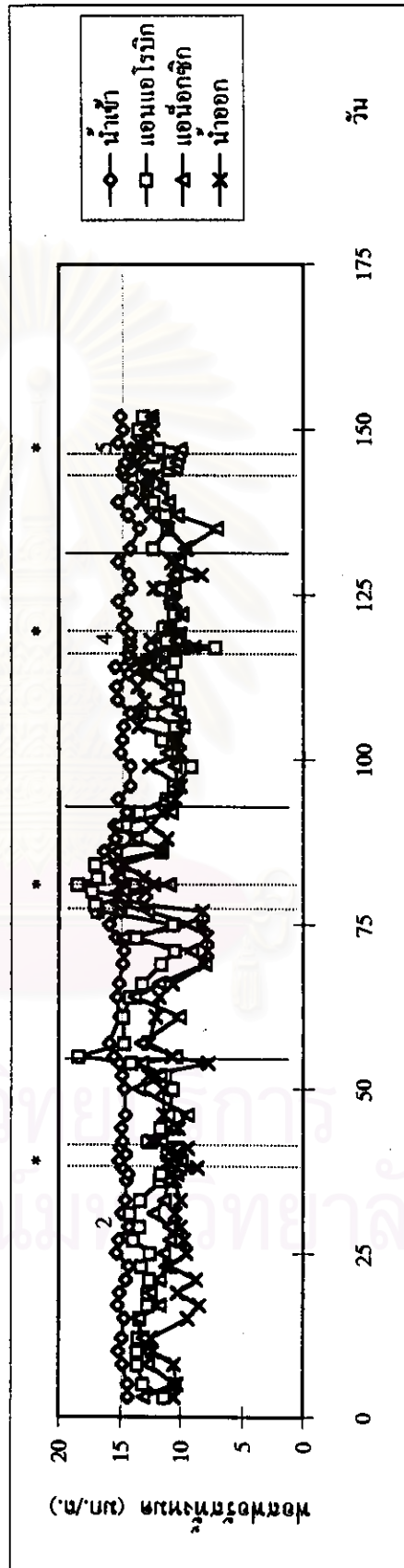
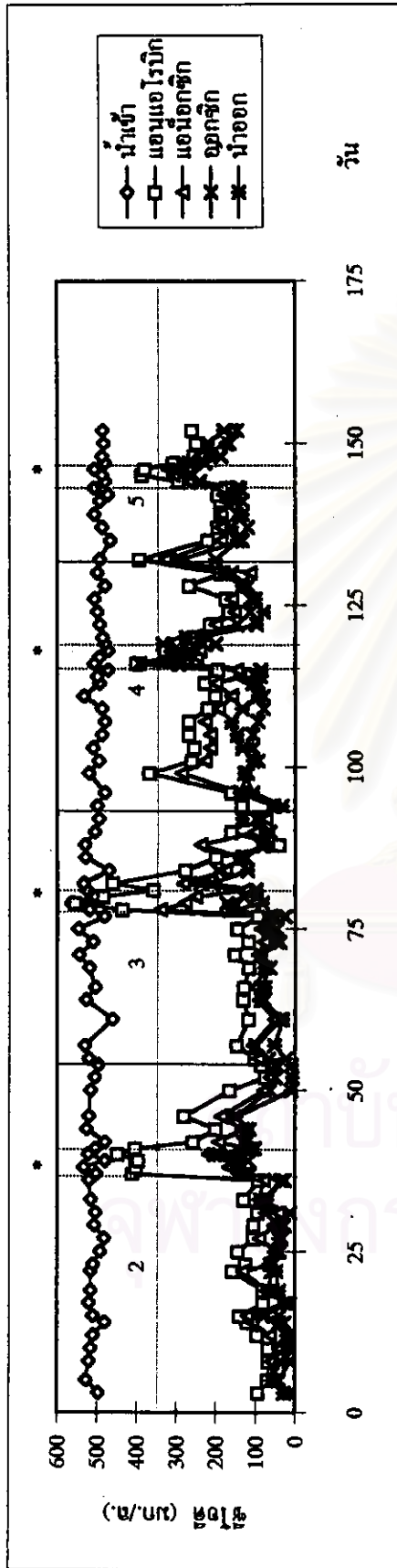
* = ภาวะซ็อก

รูปที่ 4.2 ผลโดยรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่ 2 (ต่อ)



* = ภาวะร็อก

รูปที่ 4.2 ผลโดยรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่ 2 (ต่อ)



* = ภาวะซ็อก

รูปที่ 4.2 ผลโดยรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่ 2(ต่อ)

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยในช่วงสถานะคงตัวของชุดควบคุม (0 ก./ล. NaCl) ของชุดทดลองที่ 1

พารามิเตอร์	ชุดควบคุม (หัวเชื้อไม่ชินต่อกลอไรด์)					
	น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอนีอกซิก	ออกซิก	น้ำออก	ในเซลล์
พีเอช	5.99	7.45	7.64	7.75	8.12	-
สภาพค่า	120	242	196	158	162	-
ไออาร์พี	-	-276	-102	89	92	-
ดีไอ	-	0.06	0.11	4.03	2.76	-
อุณหภูมิ	27.6	28.3	28.3	28.0	27.4	-
ของแข็งแขวนลอย	-	2566	2591	2641	0	-
เอสวี 30	-	168	172	187	-	-
เอสวีไอ	-	66	66	71	-	-
ซีไอดี	482	-	-	-	17	-
ซีไอดีกรอง	-	73	30	16	-	-
ทีเคเอ็น	24.97	11.62	5.51	0.75	-	-
ไนเตรด	-	0.29	0.36	2.04	-	-
ไนไตรต์	-	0.03	0.04	0.25	-	-
ฟอสฟอรัส	14.92	10.93	8.79	-	7.55	13.41
กลอไรด์	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยในช่วงสถานะกึ่งตัวที่ 5 ก./ล. NaCl ของชุดทดลองที่ 1

พารามิเตอร์	5 ก./ล. NaCl(หัวเชื้อไม่จีนค็อคโลไรด์)					
	น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอน็อกซิก	ออกซิก	น้ำออก	โนเซลล์
พีเอช	6.08	7.17	7.44	7.70	7.92	-
สภาพค่า	118	258	238	206	206	-
โออาร์พี	-	-273	-130	48	51	-
ดีไอ	-	0.07	0.09	4.40	2.21	-
อุณหภูมิ	26.5	28.3	28.6	27.5	26.7	-
ของแข็งแขวนลอย	-	2472	2714	2421	0	-
เอสวี 30	-	154	176	162	-	-
เอสวีไอ	-	62	65	67	-	-
ซีไอดี	503	-	-	-	65	-
ซีไอดีกรอง	-	96	89	69	-	-
ทีเคเอ็น	24.98	13.68	7.74	1.41	-	-
ไนเตรด	-	0.23	0.07	1.60	-	-
ไนไตรต์	-	0.01	0.01	1.88	-	-
ฟอสฟอรัส	15.25	14.28	12.72	-	8.42	13.39
คโคไรด์	3249	-	-	-	3249	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยในช่วงสถานะคงตัวที่ 10 ก./ล. NaCl ของชุดทดลองที่ 1

พารามิเตอร์	10,000 มก./ล. NaCl(หัวเชื้อไม่รินต่อคลอรีน)					
	น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอน็อกซิก	ออกซิก	น้ำออก	ไนเซลด
พีเอช	6.26	7.38	7.50	7.63	8.16	-
สภาพค่า	121	245	237	212	201	-
โออาร์พี	-	-318	-183	119	130	-
ดีโอ	-	0.05	0.09	2.90	1.92	-
อุณหภูมิ	28.88	30.19	30.36	29.80	29.04	-
ของแข็งแขวนลอย	-	2615	2633	2600	15	-
เอสวี 30	-	170	153	155	-	-
เอสวีไอ	-	65.03	57.94	59.66	-	-
ซีไอดี	480	-	-	-	77	-
ซีไอดีกรอง	-	110	100	60	-	-
ทีเคเอ็น	23.58	10.30	3.47	1.12	-	-
ไนเตรด	-	0.17	0.49	2.38	-	-
ไนไตรต์	-	0.03	0.82	2.20	-	-
ฟอสฟอรัส	14.55	10.38	9.37	-	8.65	13.65
คลอรีน	6348	-	-	-	6248	-

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยในช่วงสถานะคงตัวที่ 20 ก./ล. NaCl ของชุดทดลองที่ 1

พารามิเตอร์	20 ก./ล. NaCl(หัวเชื้อไม่ขึ้นต่อกลอไรด์)					
	น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอนีออกซิก	ออกซิก	น้ำออก	ไนเซลต์
พีเอช	6.08	6.86	7.71	7.94	8.30	-
สภาพค่าว	128	233	254	251	242	-
โออาร์ที	-	-316.00	-305.00	101.29	118.14	-
ดีไอ	-	0.05	0.06	3.65	1.84	-
อุณหภูมิ	29.53	30.91	31.44	30.49	29.74	-
ของแข็งแขวนลอย	-	2159	2100	2005	19	-
เอสวี 30	-	134	130	126	-	-
เอสวีไอ	-	63	62	63	-	-
ซีไอดี	473	-	-	-	125	-
ซีไอดีกรอง	-	267	207	116	-	-
ทีเคเอ็น	24.78	12.83	10.73	4.62	-	-
ไนเตรด	-	0.74	0.51	2.60	-	-
ไนไตรต์	-	0.03	0.03	0.35	-	-
ฟอสฟอรัส	14.57	11.50	10.09	-	9.60	12.35
กลอไรด์	12396	-	-	-	12296	-

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยในช่วงสถานะคงตัวที่ 30 ก./ถ. NaCl ของชุดทดลองที่ 1

พารามิเตอร์	30 ก./ถ. NaCl(หัวเรือไม่รินต่อกลอไรด์)					
	น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอน็อกซิก	ออกซิก	น้ำออก	ไนเตรต
พีเอช	6.02	6.22	7.19	7.67	8.05	-
สภาพต่าง	126	200	223	235	237	-
ไออาร์พี	-	-279	-231	43	65	-
ดีโอ	-	0.07	0.10	3.52	1.54	-
อุณหภูมิ	29.88	31.48	31.72	30.67	30.27	-
ของแข็งแขวนลอย	-	1684	1579	1682	45	-
เอสวี 30	-	112	110	112	-	-
เอสวีไอ	-	66	71	67	-	-
ซีไอดี	493	-	-	-	217	-
ซีไอดีกรอง	-	296	266	236	-	-
ทีเคเอ็น	24.55	12.74	11.06	6.67	-	-
ไนเตรต	-	0.57	0.67	1.10	-	-
ไนไตรต์	-	0.02	0.01	0.36	-	-
ฟอสฟอรัส	14.33	10.62	11.01	-	10.88	18.27
กลอไรด์	18028	-	-	-	18044	-

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยในช่วงสถานะคงตัวที่ 5 ก./ล. NaCl ของชุดทดลองที่ 2

พารามิเตอร์	5 ก./ล. NaCl(หัวเชื้อจีนต่อกลอไรด์)					
	น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอน็อกซิก	ออกซิก	น้ำออก	ไนเซลล์
พีเอช	6.10	7.33	7.61	7.70	8.13	-
สภาพต่าง	115	232	204	162	173	-
โออาร์ที	-	-271	-153	47	49	-
ดีโอ	-	0.04	0.09	4.38	3.12	-
อุณหภูมิ	27.6	28.4	28.0	27.7	27.1	-
ของแข็งแขวนลอย	-	2131	2115	1836	0	-
เอสวี 30	-	108	128	120	-	-
เอสวีไอ	-	51	60	45	-	-
ซีไอดี	503	-	-	-	52	-
ซีไอดีกรอง	-	111	67	38	-	-
ทีเคเอ็น	25.20	13.17	5.57	0.57	-	-
ไนเตรด	-	0.40	0.37	1.94	-	-
ไนไตรต์	-	0.02	0.03	0.31	-	-
ฟอสฟอรัส	14.77	13.17	11.26	-	10.03	11.79
กลอไรด์	3131	-	-	-	3043	-

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยในช่วงสถานะคงตัวที่ 10 ก./ถ. NaCl ของชุดทดลองที่ 2

พารามิเตอร์	10 ก./ถ. NaCl(หัวเข็มนาฬิกาต่อกลอไรด์)					
	น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอน็อกซิก	ออกซิก	น้ำออก	ไนเตรต
พีเอช	6.10	7.33	7.50	7.42	7.97	-
สภาพค่า	123	239	219	206	204	-
โออาร์พี	-	-260	-136	69	68	-
ดีไอ	-	0.04	0.06	2.10	1.38	-
อุณหภูมิ	26.4	28.1	28.0	27.4	26.6	-
ของแข็งแขวนลอย	-	2326	2219	2054	0	-
เอสวี 30	-	176	160	156	-	-
เอสวีไอ	-	76	72	51	-	-
ซีไอดี	520	-	-	-	66	-
ซีไอดีกรอง	-	124	80	52	-	-
ทีเคเอ็น	24.50	12.24	6.31	0.78	-	-
ไนเตรต	-	0.03	0.04	1.62	-	-
ไนไตรต์	-	0.02	0.01	1.00	-	-
ฟอสฟอรัส	15.17	12.65	10.77	-	8.07	16.36
กลอไรด์	6378	-	-	-	6708	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

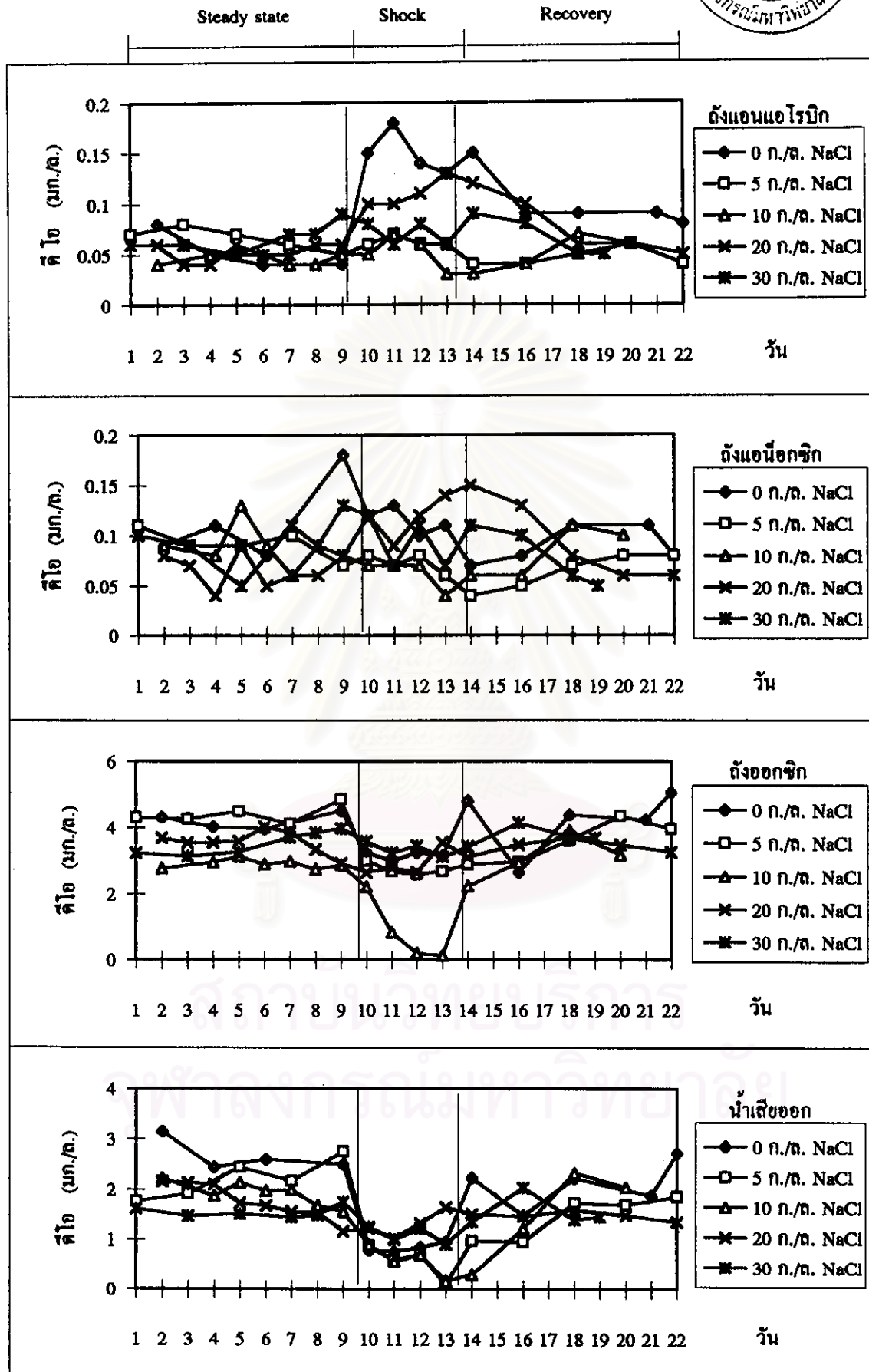
ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยในช่วงสถานะคงตัวที่ 20 ก./ล. NaCl ของชุดทดลองที่ 2

พารามิเตอร์	20,000 มก./ล. NaCl(หัวเชื้อชินต่อกลอไรด์)					
	น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอนน็อกซิก	ออกซิก	น้ำออก	ไนเซิลล์
พีเอช	6.14	7.23	7.43	7.52	8.02	-
สภาพต่าง	123	248	231	216	226	-
โออาร์พี	-	-315	-191	87	99	-
ดีโอ	-	0.04	0.07	2.80	1.45	-
อุณหภูมิ	28.37	30.07	29.83	29.40	28.87	-
ของแข็งแขวนลอย	-	2514	2487	2573	6	-
เอสวี 30	-	185	190	182	-	-
เอสวีโอ	-	74.05	76.45	70.62	-	-
ซีไอดี	495	-	-	-	113	-
ซีไอดีกรอง	-	218	178	87	-	-
ทีเคเอ็น	24.87	10.92	3.78	1.12	-	-
ไนเตรด	-	0.41	1.22	4.74	-	-
ไนไตรต์	-	0.03	0.08	0.98	-	-
ฟอสฟอรัส	14.82	11.17	11.75	-	13.24	12.21
กลอไรด์	12271	-	-	-	12288	-

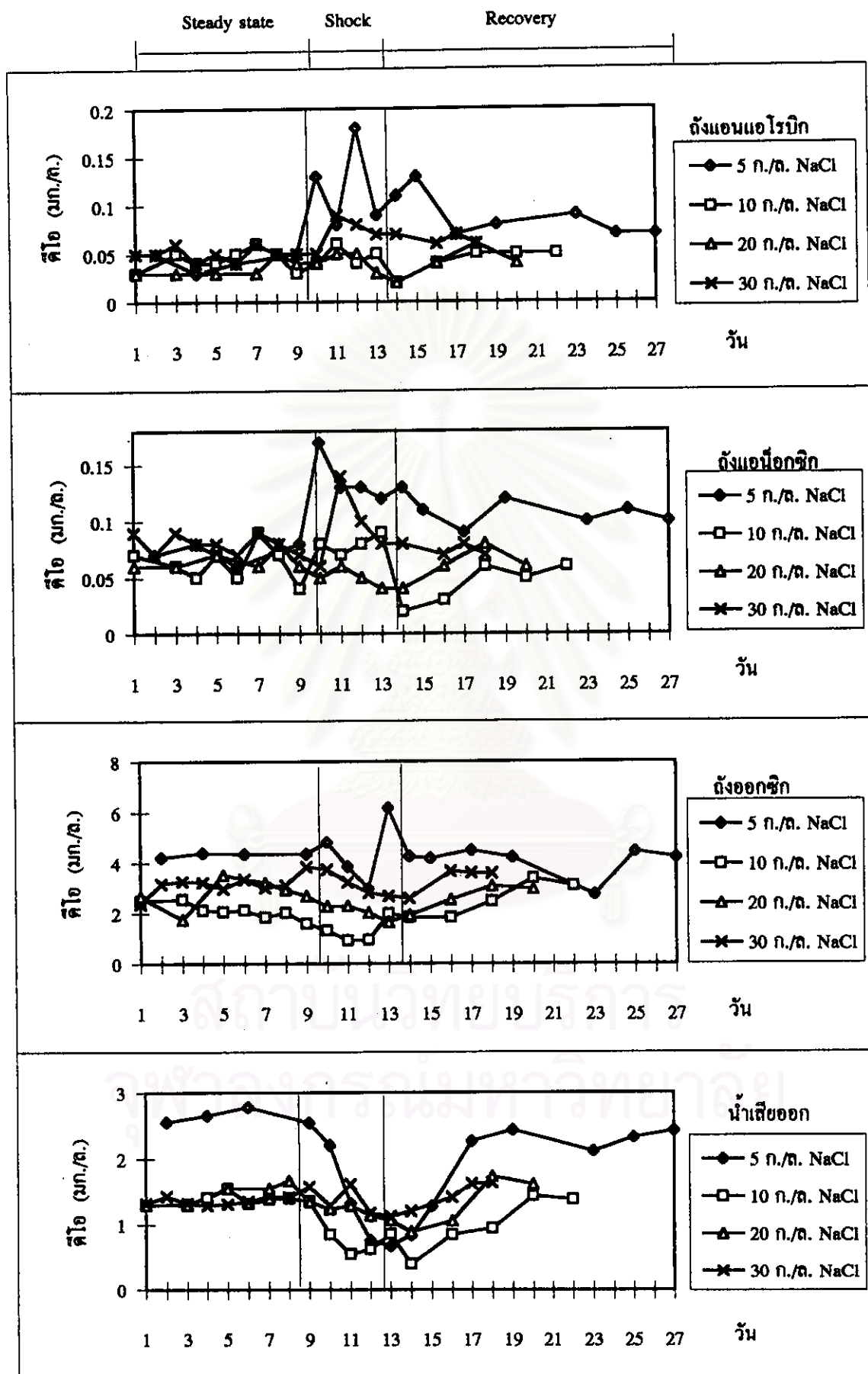
ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยในช่วงสถานะคงตัวที่ 30 ก./ล. NaCl ของชุดทดลองที่ 2

พารามิเตอร์	30 ก./ล. NaCl(หัวเรือชินต้อกลอไรด์)					
	น้ำเข้า	แอนแอโรบิก	แอนีอกซิก	ออกซิก	น้ำออก	ไนเซิลล์
พีเอช	6.20	7.02	7.55	7.65	8.13	-
สภาพต่าง	128	214	219	214	215	-
ไออาร์พี	-	-319.00	-207.33	20.67	31.11	-
ดีไอ	-	0.05	0.08	3.15	1.38	-
อุณหภูมิ	28.79	30.26	30.49	29.93	28.97	-
ของแข็งแขวนลอย	-	2291	2223	1998	17	-
เอสวี 30	-	160	156	151	-	-
เอสวีไอ	-	70	70	76	-	-
ซีไอดี	489	-	-	-	148	-
ซีไอดีกรอง	-	192	183	138	-	-
ทีเคเอ็น	24.53	11.02	6.36	2.35	-	-
ไนเตรด	-	1.06	0.75	3.11	-	-
ไนไตรต์	-	0.03	0.03	1.59	-	-
ฟอสฟอรัส	14.35	12.08	10.38	-	12.48	13.83
กลอไรด์	18594	-	-	-	18094	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละถังของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.4 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละถังของชุดทดลองที่ 2

อยู่ในช่วง 0.04-0.07 มก./ล. ในถังแอนีออกซิกอยู่ในช่วง 0.06-0.10 มก./ล. ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดที่สามารถวัดได้โดยมาตรดิโอปอกติและสามารถควบคุมได้ โดยค่าที่ได้นี้ยังจัดว่าเหมาะสมสำหรับถังแอนแอโรบิกและแอนีออกซิก (น้อยกว่า 0.2 มก./ล., Lie และ Welander (1994)) ส่วนค่าดิโอในถังออกซิกจะอยู่ในช่วง 2.10-4.40 มก./ล. ซึ่งเพียงพอต่อการทำงานของระบบ (มากกว่า 1 มก./ล., Wild และคณะ (1971)) และไม่สูงมากนักเพื่อไม่ให้มีผลกระทบจากดิโอของน้ำในถังออกซิกที่จะถูกเวียนกลับเข้าสู่ถังแอนีออกซิก

ภาวะช็อก

ในช่วงช็อกผลค่าดิโอที่ได้ค่อนข้างแปรปรวนมาก ทั้งนี้อาจเกิดจากความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดดิโอ คือเครื่องรุ่น YSI 52 DO Meter นั้นสามารถวัดดิโอในน้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นของเกลือไฮเดียมคลอไรด์ได้สูงไม่เกิน 40 ก./ล.เท่านั้น ประกอบกับค่าอัตราการใช้ออกซิเจนจำเพาะที่สูงขึ้นในช่วงนี้ด้วย จึงทำให้ออกซิเจนในช่วงดังกล่าวลดลง

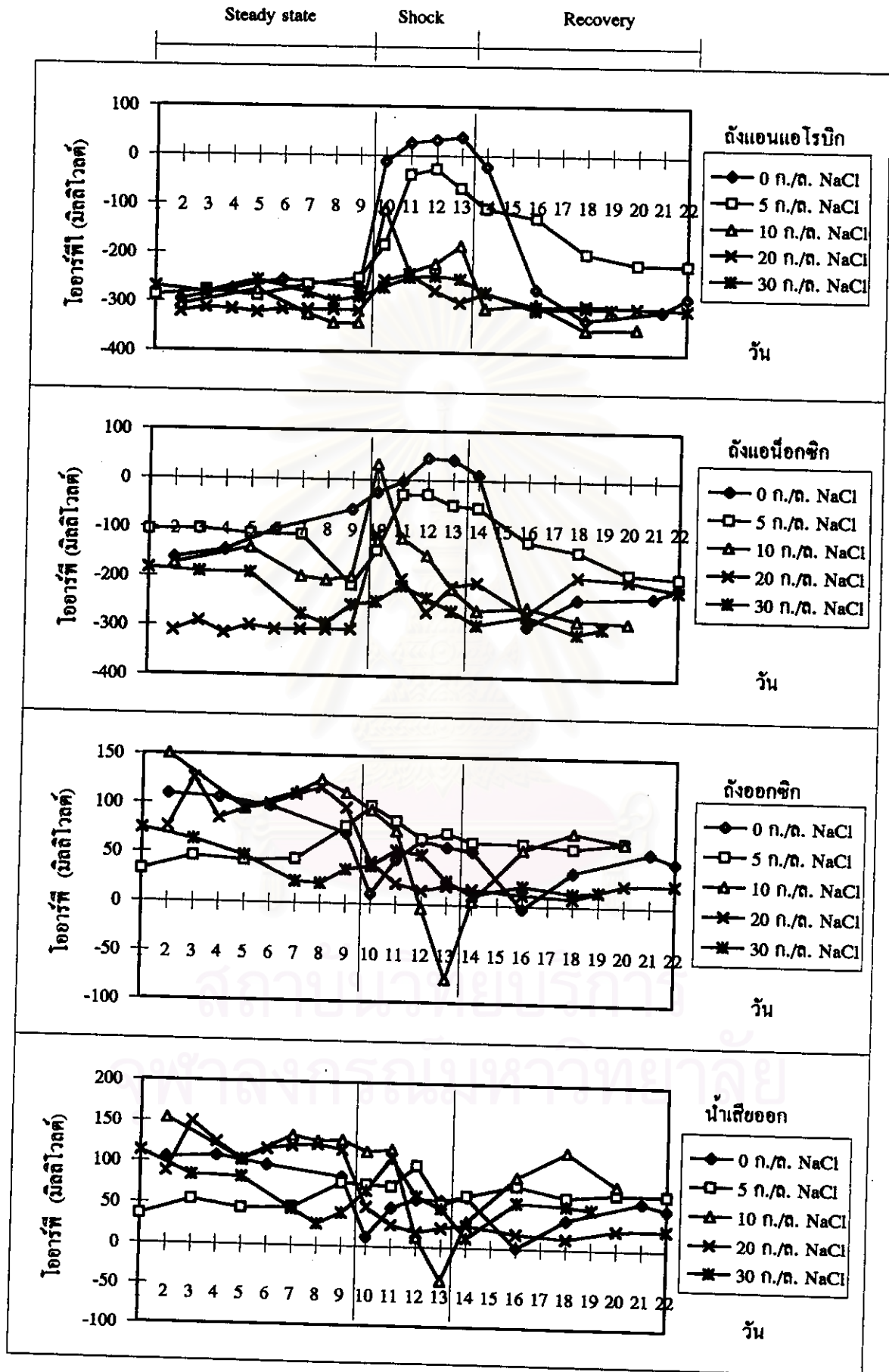
ภาวะฟื้นสภาพ

เมื่อทั้งสองชุดทดลองกลับมาเติมคลอไรด์ด้วยความเข้มข้นเดิมอีกครั้ง ค่าดิโอที่วัดได้ก็จะอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับสภาวะนั้นเหมือนเดิม แสดงว่าแบคทีเรียสามารถฟื้นตัวกลับมาทำงานได้ตามปกติ และไม่มี ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือจากความเค็มที่สูงเกินไปด้วย

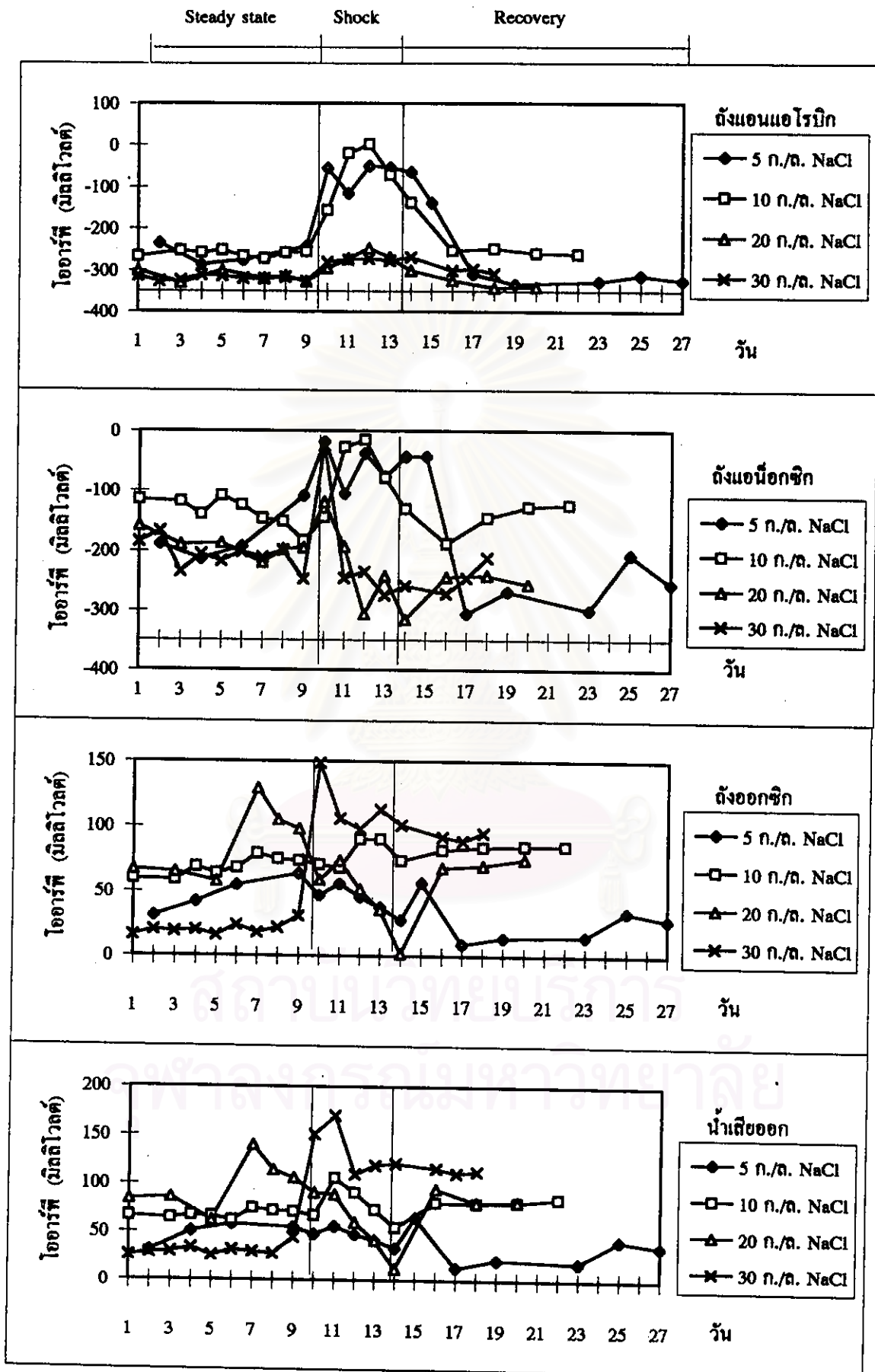
4.2.2 ไออาร์พี (oxidation-reduction potential, ORP)

สถานะคงตัว

ค่าไออาร์พีในน้ำเสียเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการบ่งชี้สถานะของระบบเมื่อค่าดิโอของระบบนั้นมีค่าต่ำ ซึ่งค่าไออาร์พีของชุดทดลองที่ 1 และ 2 ของการศึกษารุ่นนี้แสดงดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ ผลที่ได้จะเห็นได้ว่าค่าไออาร์พีในถังแอนแอโรบิกและแอนีออกซิกมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -318 ถึง -273 และ -305 ถึง -102 มิลลิโวลต์ ตามลำดับสำหรับชุดทดลองที่ 1 และอยู่ในช่วง -319 ถึง -260 และ -207 ถึง -136 มิลลิโวลต์ ตามลำดับสำหรับชุดทดลองที่ 2 ซึ่งค่าไออาร์พีที่ได้นี้สามารถบ่งชี้ได้ว่าระบบมีสถานะที่เป็นแอนแอโรบิกและแอนีออกซิกจริง (โดยมีค่าไออาร์พีน้อยกว่า



รูปที่ 4.5 ค่าไออาร์พีในแต่ละดั่งของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.6 ไออาร์พีในแต่ละดั่งของชุดทดลองที่ 2

ช่วง -230 ถึง -100 มิลลิโวลต์ (M Dela M' enardie' re et.al., 1991))

ค่าไออาร์พีเฉลี่ยในถังออกซิกอยู่ในช่วง 43 ถึง 119 และ 21 ถึง 87 มิลลิโวลต์ สำหรับชุดทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าก่อนข้างต่ำแสดงว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในถังนี้ค่อนข้างต่ำ ซึ่งก็สอดคล้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและการจับใช้ฟอสฟอรัสที่มีค่อนข้างต่ำเช่นกัน ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป

ภาวะช็อก

การทำงานในช่วงช็อกของแบคทีเรียทั้งสองชุดทดลองจะชะงัก ซึ่งจากกราฟของไออาร์พีในช่วงช็อก จะเห็นได้ว่ายังความเข้มข้นเริ่มต้นต่ำผลจากการช็อกด้วยความเค็มสูงก็ยังเห็นได้ชัด โดยในถังแอนแอโรบิกและถังแอน็อกซิก ค่าไออาร์พีจะเพิ่มขึ้นมากจนกระทั่งมีค่าเป็นบวกในบางการทดลอง ซึ่งการชะงักของแบคทีเรียนี้ก็สอดคล้องกับผลของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ลดลง และผลจากการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันที่ลดลงด้วย (ที่จะกล่าวถึงต่อไป)

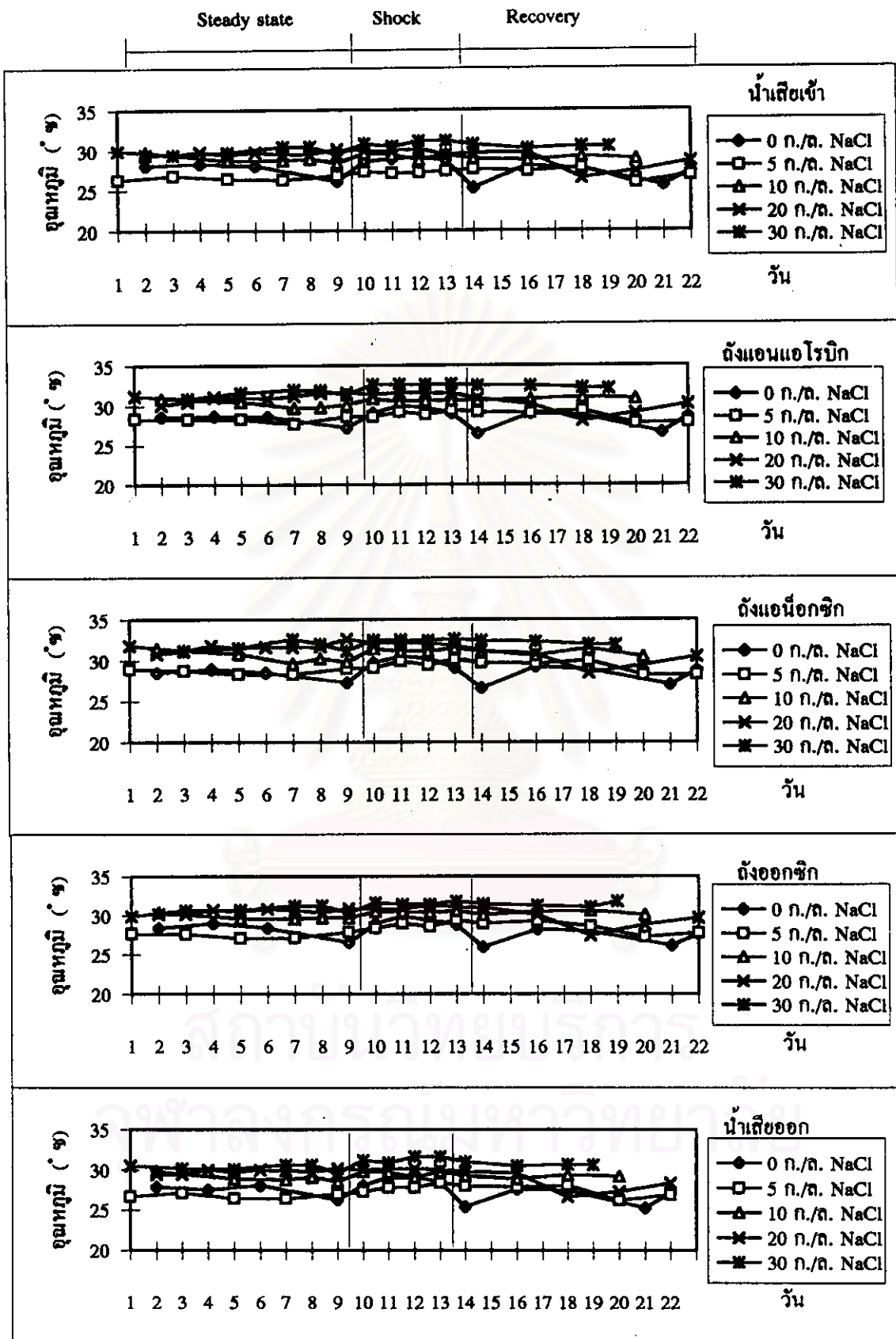
ส่วนในถังออกซิกก็เช่นเดียวกันค่าไออาร์พีก็ลดต่ำลง จนกระทั่งเป็นลบเล็กน้อยในบางการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าไออาร์พีของทั้งสองชุดทดลองก็จะเห็นว่าค่าไออาร์พีของชุดทดลองที่ 2 เมื่อถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูงนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าและยังสามารถทำงานได้ดีกว่าด้วย

ภาวะฟื้นฟูสภาพ

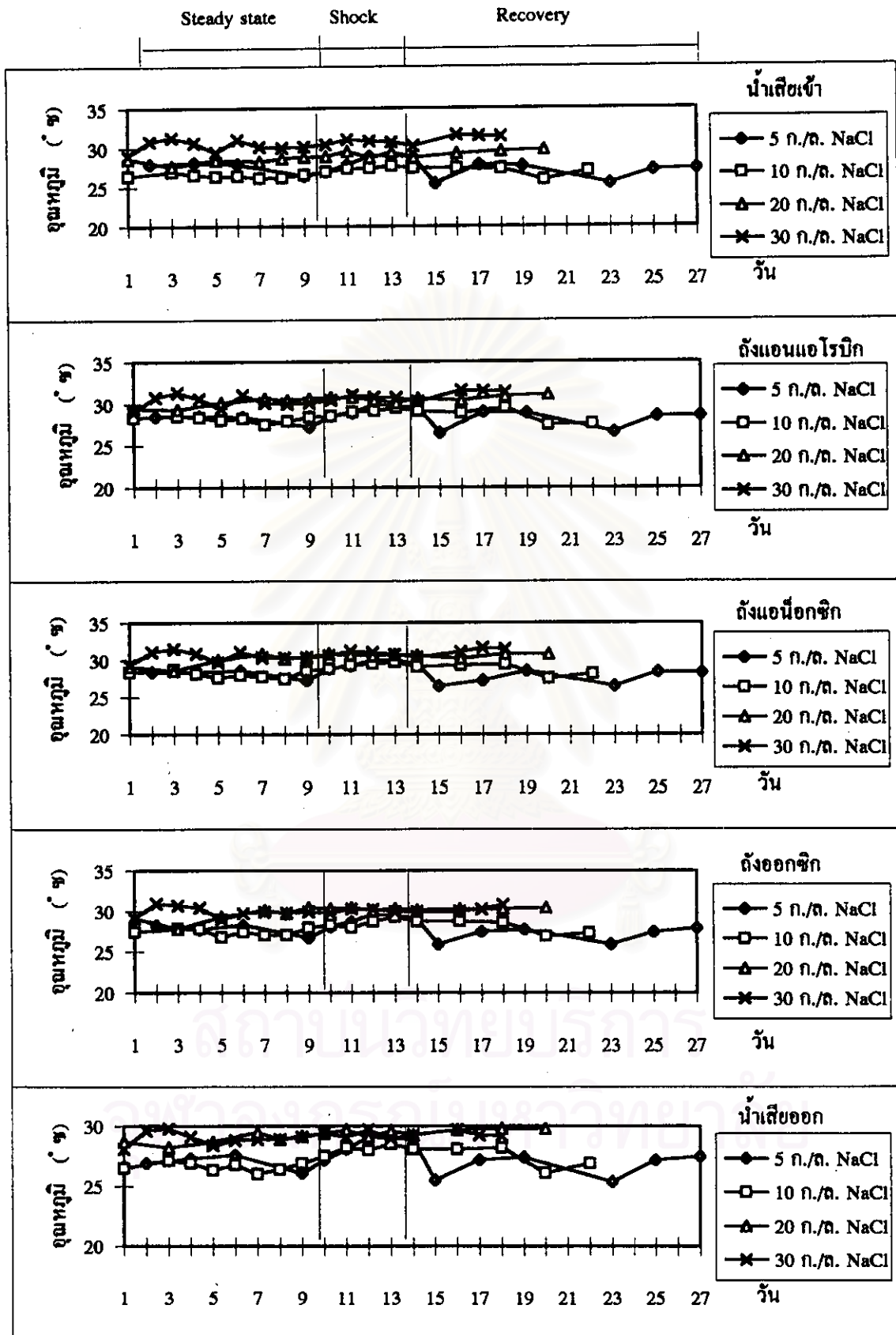
เมื่อทั้งสองชุดทดลองฟื้นฟูสภาพแล้ว ค่าไออาร์พีส่วนใหญ่จะกลับสู่ภาวะปกติ นั่นคือถังแอนแอโรบิกและถังแอน็อกซิกมีค่าไออาร์พีเป็นลบ ส่วนถังออกซิกก็มีค่าไออาร์พีเป็นบวกมากขึ้นเกือบเท่าเดิม

4.2.3 อุณหภูมิ

ค่าอุณหภูมิของระบบจะมีค่าสูงต่ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศภายนอก (รูปที่ 4.7 และ 4.8) ซึ่งในการศึกษานี้ทำการทดลองอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤษภาคม 2539 จึงเป็นผลให้อุณหภูมิของน้ำเสียในระบบแปรผันอยู่ในช่วง 26.4 ถึง 31.4 องศาเซลเซียส แต่ก็ยังเป็นอุณหภูมิที่



รูปที่ 4.7 ค่าความทึบในแต่ละถังของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.8 อุณหภูมิในแต่ละถังของชุดทดลองที่ 2

เหมาะต่อการทำงานของระบบ (Wild และคณะ, 1971 และ Mamais และ Jenkin, 1992) ดังนั้นก็สามารถสรุปได้ว่าจะไม่มีผลของอุณหภูมิต่อระบบนี้

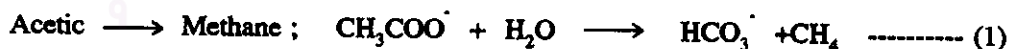
ส่วนค่าอุณหภูมิตั้งแต่ปฏิบัติยานั้นเพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากมีการสร้างพลังงานภายในถัง เช่นการกวนผสมเพื่อให้เซลล์กระจายทั่วทั้งถัง เป็นต้น โดยอุณหภูมิตั้งแต่เพิ่มขึ้นเป็น 27.4 ถึง 31.7 องศาเซลเซียสสำหรับชุดทดลองที่ 1 และ 27.4 ถึง 30.5 องศาเซลเซียสสำหรับชุดทดลองที่ 2 ส่วนอุณหภูมิของน้ำเสียที่ออกจากระบบจะอยู่ในช่วง 26.7 ถึง 30.3 และ 26.6 ถึง 29.0 องศาเซลเซียสสำหรับชุดทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

4.2.4 สภาพต่าง

สถานะของตัว

เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ใช้กรดอะซิติกและน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอน ดังนั้นน้ำเสียที่เข้าระบบจึงมีค่าพีเอชค่อนข้างต่ำ สภาพต่างที่ใสในน้ำเสียเข้าระบบในการวิจัยนี้จะถูกใช้เพื่อปรับสภาพพีเอชของน้ำเสียให้เหมาะต่อการทำงานของจุลชีพ ซึ่งจะใช้ด่างในรูปของ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ที่ให้สภาพต่างโดยเฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าระบบสำหรับชุดทดลองที่ 1 และ 2 อยู่ในช่วง 118 ถึง 128 และ 115 ถึง 118 มก./ล.ของ CaCO_3 ตามลำดับ (รูปที่ 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ)

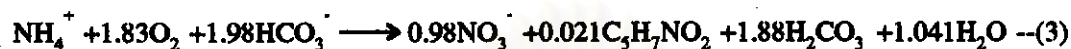
เมื่อน้ำเสียเข้าสู่ระบบ สภาพต่างที่เปลี่ยนแปลงหาโดยการหาค่าตามรูปที่ 4.9 ซึ่งผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.10 นั้นจะเห็นได้ว่าสภาพต่างในถังแอนแอโรบิกมีค่าเพิ่มขึ้น โดยสร้างสภาพต่างเพิ่มขึ้น 59.2 ถึง 160.8 และ 85.6 ถึง 140.6 มก./ล.ของ CaCO_3 สำหรับชุดทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เนื่องมาจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกรดอะซิติกไปเป็นไบคาร์บอเนตโดยไนเตรดรีดิวซิงและซัลเฟตรีดิวซิงแบคทีเรียที่มีในระบบ ดังสมการที่ 1 (Malina, J. E. และ Pohland, F. G., 1992)



เมื่อน้ำเสียเข้าสู่ถังแอนอ็อกซิก สภาพต่างก็เพิ่มขึ้นเช่นกันแต่ไม่มากนัก ทั้งนี้เพราะเกิดปฏิกิริยาคีโนรีดิวซิงขึ้นในระบบ ทำให้มีการสร้างสภาพต่างดังสมการที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปฏิกิริยาจะก่อให้เกิดสภาพต่างเท่ากับ 3.57 กรัมต่อไนเตรดหรือไนไตรต์ที่ถูกคีโนรีดิวซิง 1 กรัม



และเมื่อน้ำเสียเข้าสู่ถังออกซิกก็จะเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันที่มีการใช้ความเป็นค่าดังสมการที่ 3 ซึ่งผลของความเค็มที่เพิ่มขึ้นก็มีผลให้แบคทีเรียในระบบทำงานได้น้อยลง สภาพค่าดังถูกใช้น้อยลงเรื่อยๆ

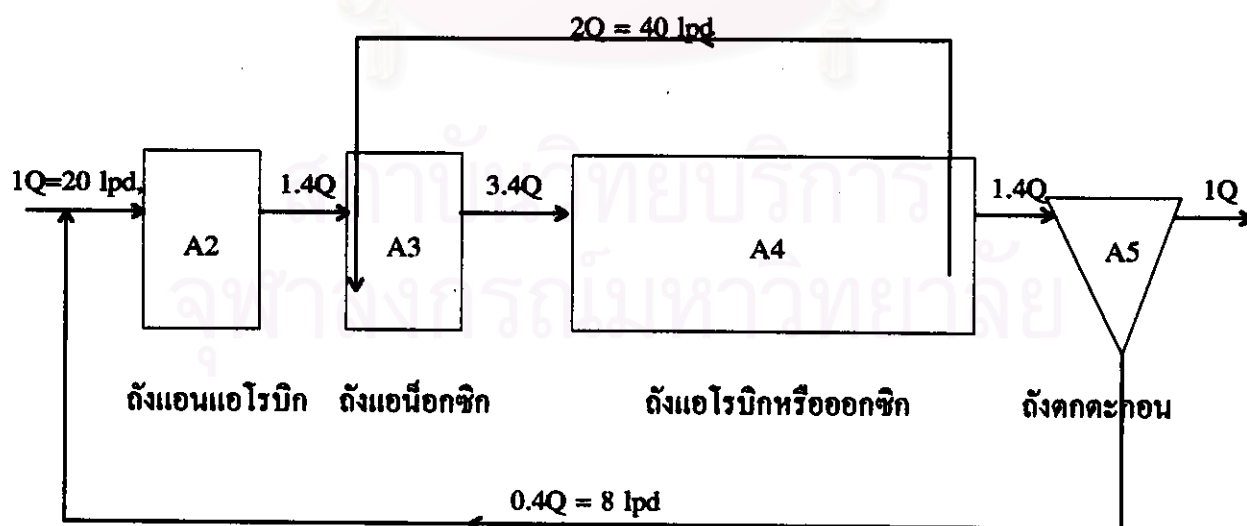


ภาวะช็อก

เมื่อระบบถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูง ทำให้การทำงานของแบคทีเรียชะงัก ดังนั้น การสร้างและใช้สภาพค่าดังของระบบจึงไม่เป็นไปตามทฤษฎี

ภาวะฟื้นฟูสภาพ

เมื่อระบบฟื้นฟูสภาพแล้ว และแบคทีเรียสามารถทำงานได้เหมือนเดิมอีกครั้ง เป็นผลให้สภาพค่าดังของระบบเกือบเหมือนเดิมทีเดียว กล่าวคือมีการสภาพค่าดังในถังแอนแอโรบิกและแอนีออกซิก และถูกใช้ไปจนถึงออกซิก



รูปที่ 4.9 ชุดมวลของแต่ละถังปฏิกิริยา

ผลรวม : เข้า - ออก = สร้าง (หรือใช้ไป)

เมื่อสมมติให้ A = สภาพต่างในถังต่างๆ

ถังแอนแอโรบิก ; สร้าง (หรือใช้ไป) = $1QA1 + 0.4QA5 - 1.4QA2$

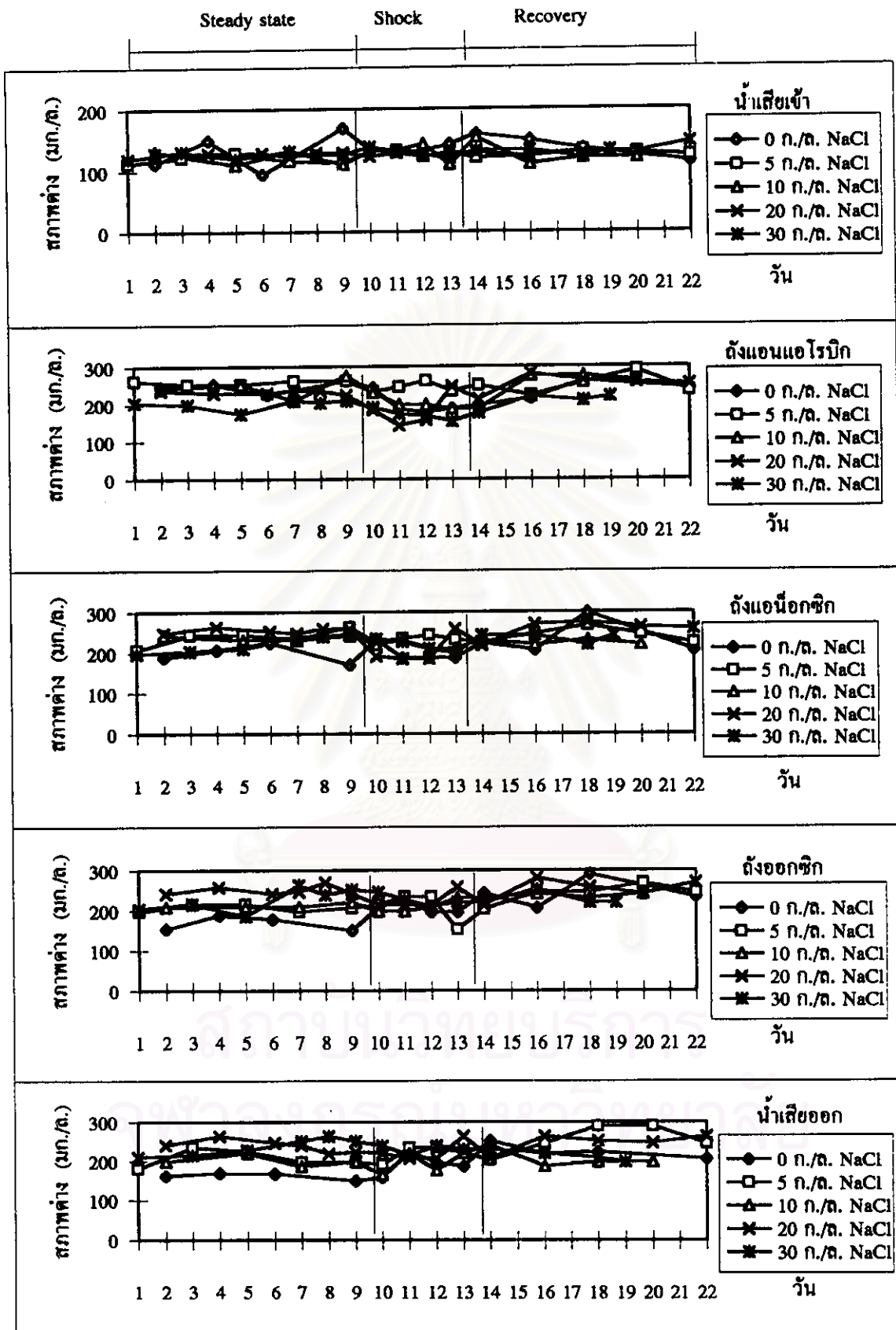
ถังแอน็อกซิก ; สร้าง (หรือใช้ไป) = $1.4QA2 + 2QA4 - 3.4QA3$

ถังออกซิก ; สร้าง (หรือใช้ไป) = $3.4QA3 - 2QA4 - 1.4QA4$

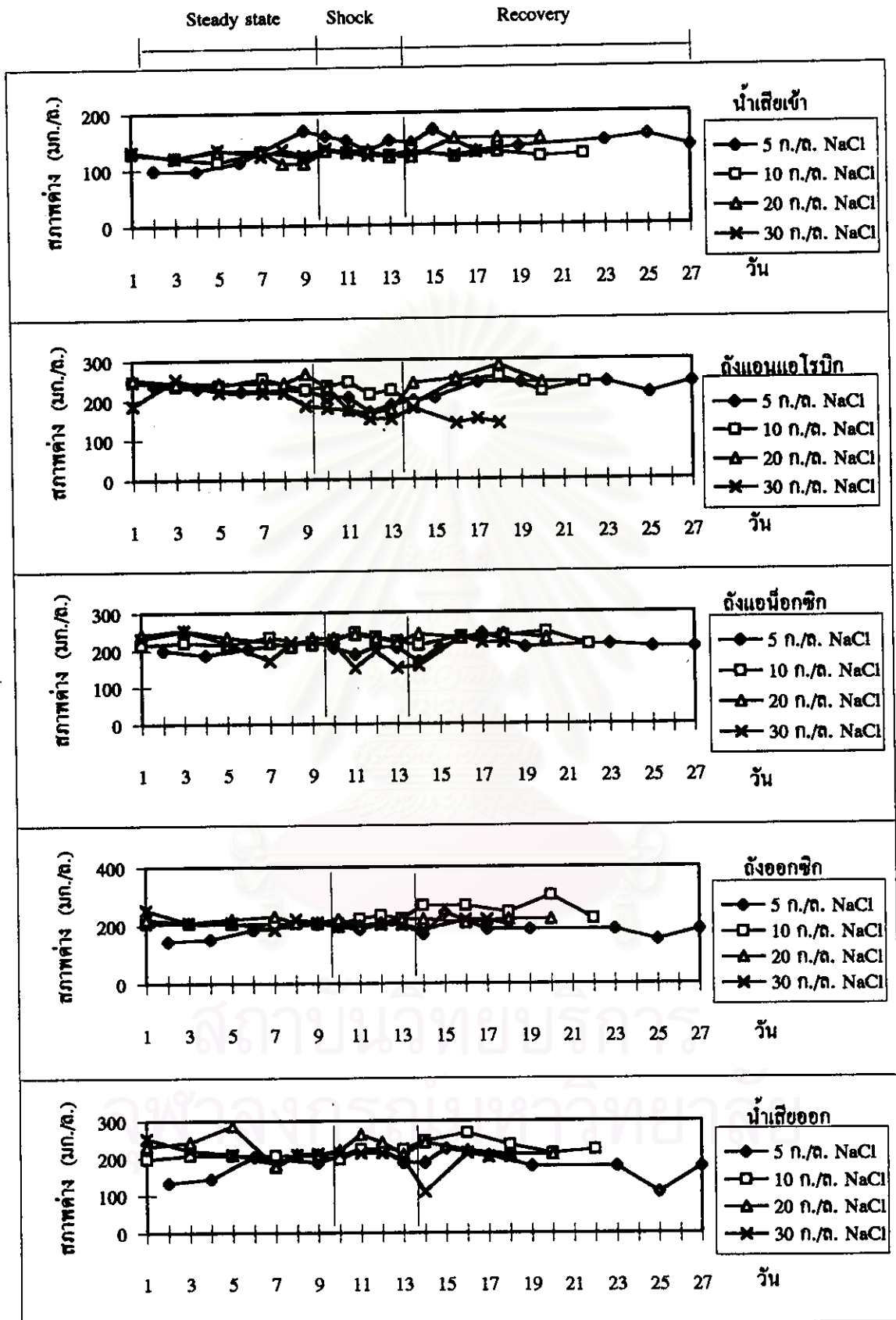
ตารางที่ 4.10 การสร้างและใช้สภาพต่างในแต่ละถังปฏิกริยาในช่วงสถานะคงตัว

ชุดทดลอง	ถังปฏิกริยา	สภาพต่าง					การสร้างและใช้สภาพต่าง				
		0	5	10	20	30	0	5	10	20	30
1	น้ำเสียเข้า	120	118	121	128	126	-	-	-	-	-
	แอนแอโรบิก	242	258	245	233	200	154	160.8	141.6	101.4	59.2
	แอน็อกซิก	196	238	237	254	223	11.6	36	38.8	35.4	8.2
	ออกซิก	158	206	212	251	235	-129.2	-108.8	-85	-10.2	40.8
	น้ำเสียออก	162	206	201	242	237	-	-	-	-	-
2	น้ำเสียเข้า	-	115	123	123	128	-	-	-	-	-
	แอนแอโรบิก	-	232	239	248	214	-	140.6	130	133.8	85.6
	แอน็อกซิก	-	204	219	231	219	-	44.8	-2	6.2	17
	ออกซิก	-	162	206	216	214	-	-142.8	-44.2	-51	-17
	น้ำเสียออก	-	173	204	226	215	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : + = สร้างสภาพต่าง, - = ใช้สภาพต่าง



รูปที่ 4.10 สภาพต่างในแต่ละดังของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.11 สภาพต่างในแต่ละถังของชุดทดลองที่ 2

4.2.5 พีเอช

สถานะกษัตริย์

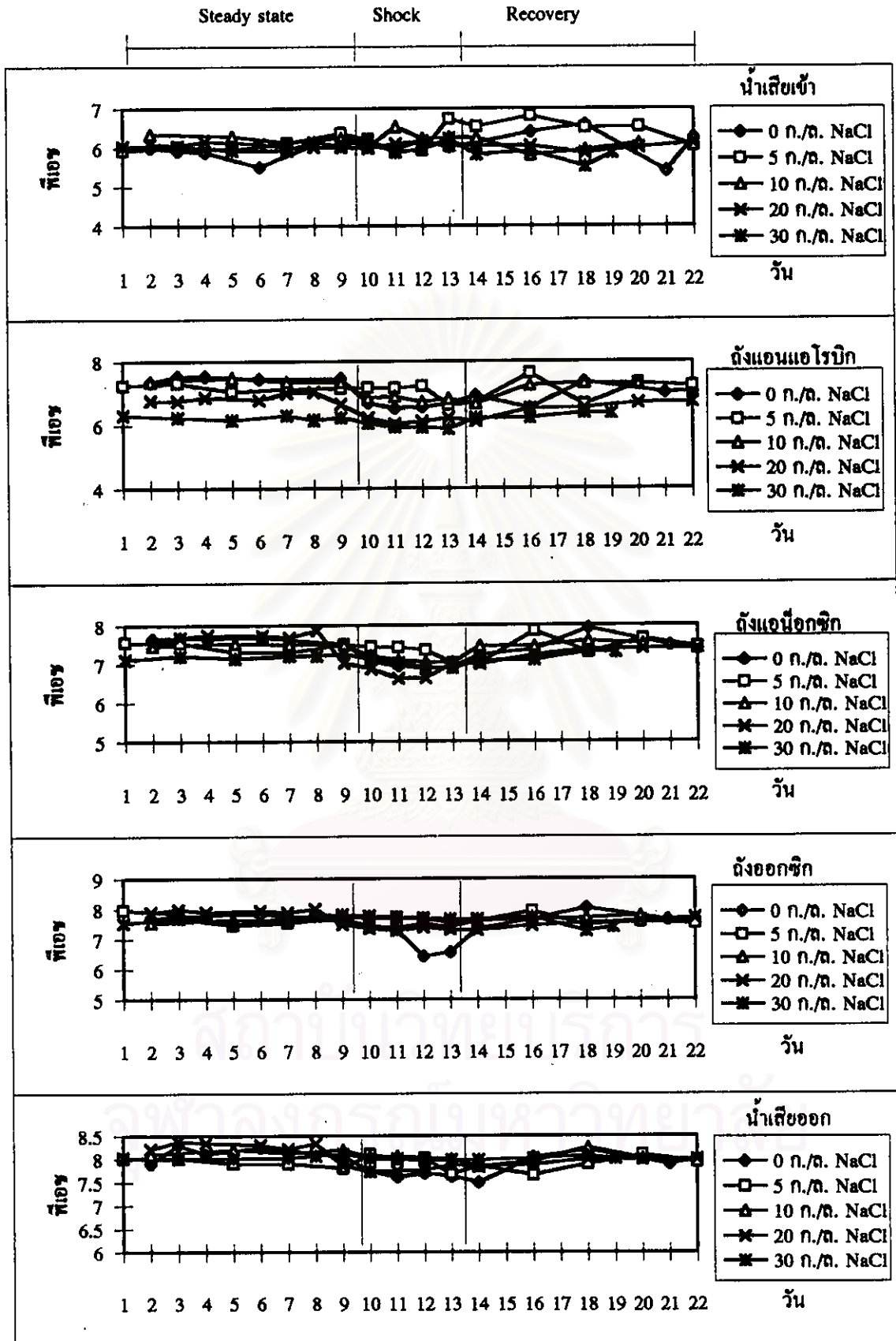
ค่าพีเอชสำหรับทุกการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.12 และ 4.13 ซึ่งจะเห็นได้ว่า น้ำเสียเข้าระบบมีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 5.99 ถึง 6.26 และ 6.1 ถึง 6.2 มก./ล. สำหรับชุดทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าค่อนข้างเป็นกรด เนื่องจากน้ำเสียสังเคราะห์ใช้กรดอะซิติกและน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอน

ต่อมาเมื่อน้ำเสียเข้าสู่ถังแอนแอโรบิกนั้นค่าพีเอชของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากกรด อะซิติกในน้ำเสียถูกใช้ไป ซึ่งก็อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับถังแอนแอโรบิก (Smolders และคณะ, 1993) และเมื่อน้ำเสียไหลไปสู่ถังแอนีออกซิกแล้วค่าพีเอชก็ยังคงเพิ่มขึ้นอีก (7.64 และ 7.75 ตามลำดับ) ทั้งนี้เพราะในถังแอนีออกซิกเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งมีผลให้สภาพต่างในระบบเพิ่มขึ้น จึงทำให้พีเอชของระบบเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อน้ำเสียไหลเข้าสู่ถังแอนแอโรบิกค่าพีเอชก็ยังคงเพิ่มขึ้นอีก ทั้งนี้เป็นผลมาจากเกิดการย่อยสลายอาหารที่ถูกดูดซึมไว้ในช่วงแอนแอโรบิก (เมื่อมีบีฟเฟอร์เพียงพอ)

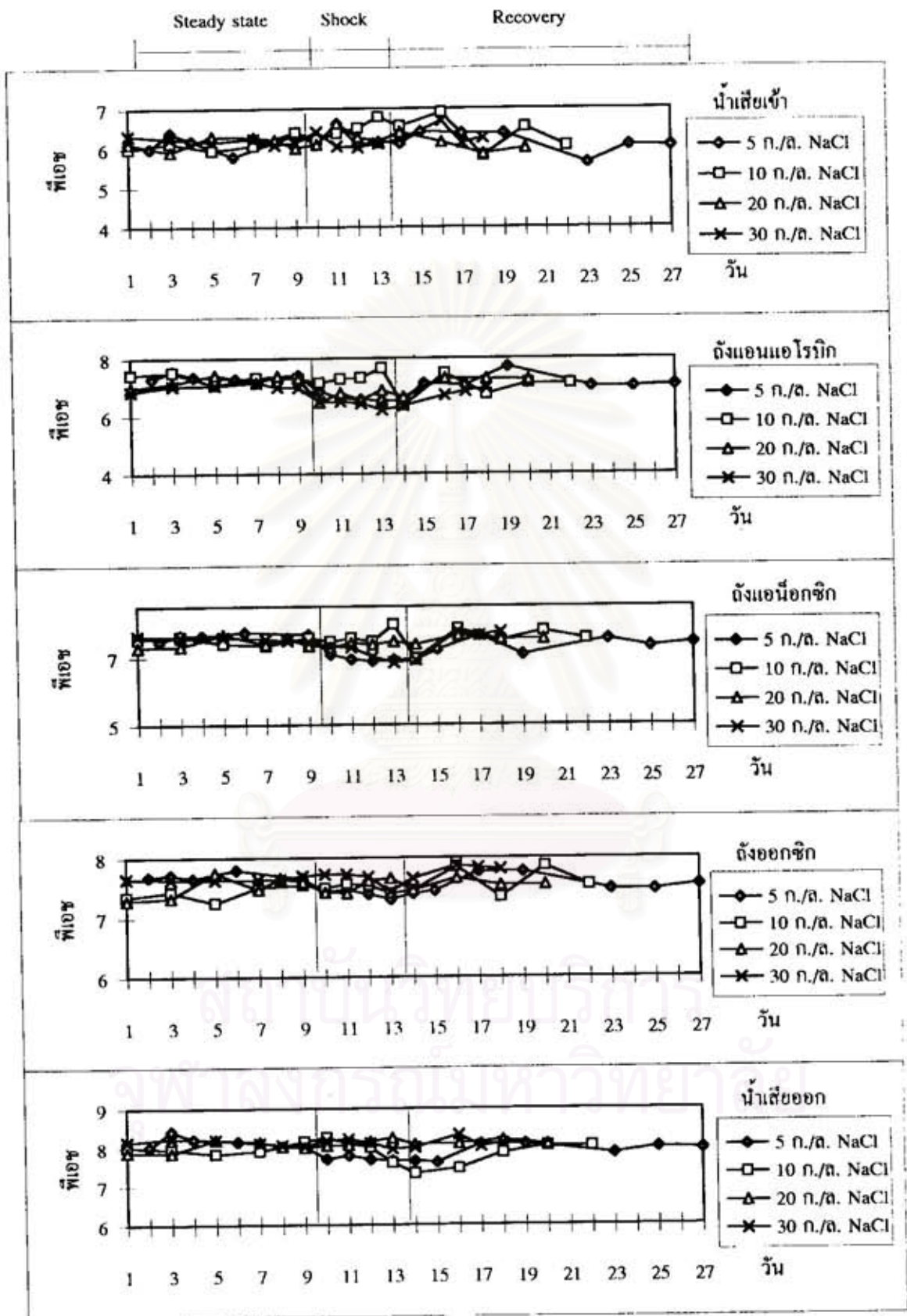
ถ้าสังเกตผลที่เกิดขึ้น เมื่อความเข้มข้นมีค่าสูง (20-30 ก./ล.) จะเห็นได้ว่าค่าพีเอชของชุดทดลองที่ 1 ซึ่งใช้หัวเชื้อที่ไม่ชินต่อคลอไรด์นั้นพีเอชของระบบจะมีค่าต่ำลงมาก กล่าวคือแบคทีเรียไม่สามารถทำงานได้ดีดังเดิม มีการดึงกรดอะซิติกไปใช้ได้น้อยลงทำให้พีเอชของถังแอนแอโรบิกต่ำลง ซึ่งก็เป็นผลให้พีเอชในถังแอนีออกซิกและถังออกซิกต่ำไปด้วย

ภาวะช็อก

เมื่อระบบถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูง พบว่าค่าพีเอชในถังแอนแอโรบิกและถังแอนีออกซิกของทั้งสองชุดทดลองมีค่าลดต่ำลงจากช่วงสถานะกษัตริย์ กล่าวคือระบบไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งเป็นผลให้ไม่เกิดการสร้างสภาพต่างให้กับระบบ



รูปที่ 4.12 ค่าพีเอชในแต่ละดึงของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.13 พีเอชในแต่ละถังของชุดทดลองที่ 2

ภาวะพื้นสภาพ

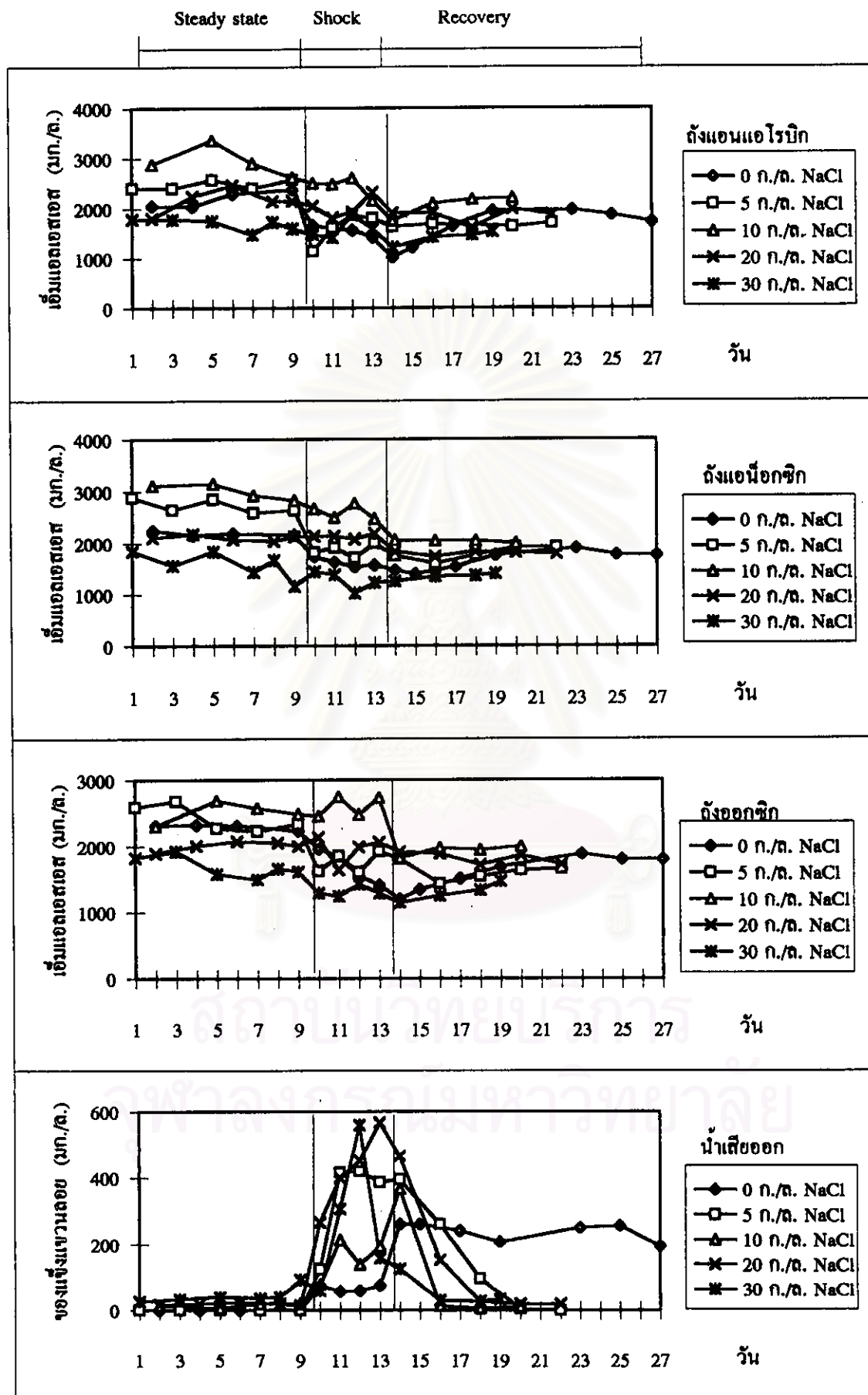
เมื่อระบบกลับมาพื้นสภาพได้อีกครั้งหนึ่งพบว่าระบบจะค่อยๆปรับตัวจนกระทั่งสามารถทำงานได้ และมีค่าพีเอชกลับมาเกือบเหมือนเดิมกับสภาพก่อนที่จะถูกช็อก

4.2.6 เอ็มแอลเอสเอส (MLSS)

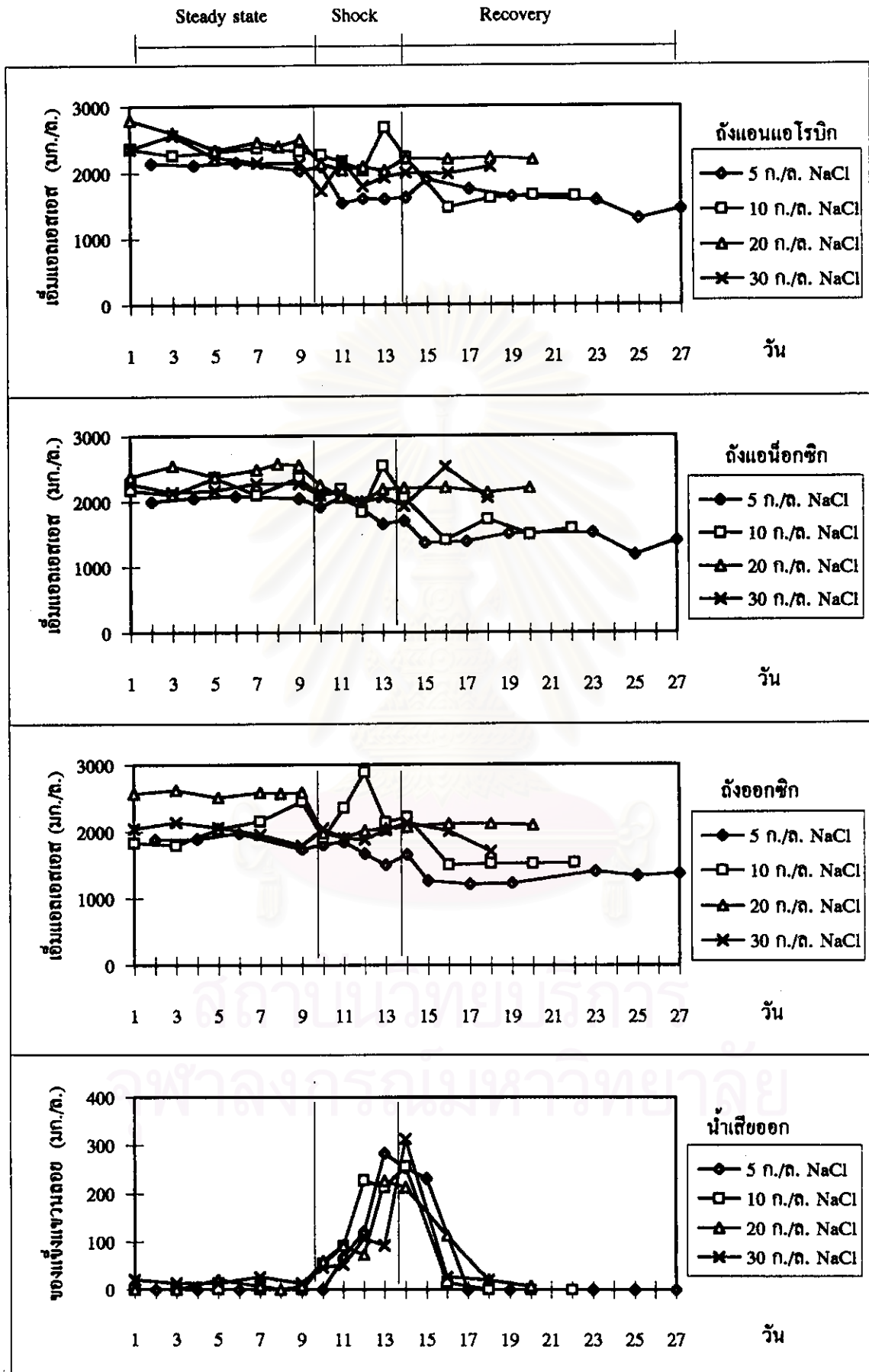
สถานะคงตัว

ปริมาณเอ็มแอลเอสเอสของชุดทดลองที่ 1 และ 2 เมื่อสภาพความเค็มเปลี่ยนไป แสดงดังรูปที่ 4.14 และ 4.15 โดยมีค่าเฉลี่ยของระบบในแต่ละการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.11 และ 4.12 ซึ่งจะเห็นได้ว่า สำหรับชุดทดลองที่ 1 ที่ใช้หัวเชื้อที่ชินต่อคลอไรด์นั้นในช่วงสถานะคงตัวเมื่อคลอไรด์เพิ่มขึ้นเอ็มแอลเอสเอสของระบบจะลดลง โดยเฉพาะถ้าเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นถึง 20 ก./ล.นั้น MLSS ยิ่งลดลงไปมาก โดยลดจาก 2599 เป็น 2536, 2616, 2088 และ 1648 มก./ล. ที่เกลือโซเดียมคลอไรด์ 0-30 ก./ล.ตามลำดับ ส่วนชุดทดลองที่ 2 ซึ่งหัวเชื้อชินต่อคลอไรด์มาก่อนแล้ว คำนึงคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นจึงมีผลกระทบต่อเอ็มแอลเอสเอสเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก กล่าวคือ เปลี่ยนจาก 2027 เป็น 2000, 2525 และ 2171 มก./ล. เมื่อ NaCl เพิ่มจาก 5-30 ก./ล.ตามลำดับเท่านั้น ซึ่งผลการทดลองที่ได้นี้ก็สอดคล้องกับผลของ Steward และคณะ (1962) ที่พบว่าเมื่อคลอไรด์มากกว่า 5.8 ก./ล.ค่าเอ็มแอลเอสเอสในถังออกซิเจนจะลดลง แต่ผลที่ได้ของทั้งสองงานวิจัยก็ขัดแย้งกับงานวิจัยของ Homoda และ Al-Attar (1995) ที่กล่าวว่าถ้าแบคทีเรียสามารถดำรงชีพและเติบโตได้แล้ว เอ็มแอลเอสเอสจะเพิ่มขึ้นถึงแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพความเค็มในน้ำเสียเพิ่มขึ้น

ส่วนของแข็งแขวนลอยในน้ำออกของระบบของทั้งสองชุดทดลองนั้นก็มีการเพิ่มขึ้นเมื่อคลอไรด์เพิ่มขึ้นแต่ก็ไม่มากนัก ทั้งนี้เมื่อคู่ด้วยตาเปล่าจะเห็นได้ว่าเซลล์ตกตะกอนได้เร็วมากจึงเกิดเซลล์ไหลออก(washout)น้อย ซึ่งแตกต่างกับผลการวิจัยของ Ludzack และ Noran (1965) ที่พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้นนั้นจะมีผลให้ของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบมีมาก



รูปที่ 4.14 เอ็มแอลเอสเอสในแต่ละดังของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.15 เอ็มแอลเฮตเอสในแก๊มแต่ละดังของชุดทดลองที่ 2

ภาวะช็อก

ต่อมาเมื่อระบบถูกช็อกด้วยคลอรีนความเข้มข้นสูงถึง 70 ก./ล. สำหรับสภาวะคลอรีนเริ่มต้นต่ำๆ (ที่ 0-5 ก./ล.) นั้นเอ็มแอลเอสของชุดทดลองที่ 1 จะลดลงไปอีกมาก (ลดลงจาก 2599 เหลือ 1700 และ 2100 เหลือ 1500 มก./ล. ตามลำดับ) ซึ่งเป็นผลกระทบจากการถูกช็อกที่ความเข้มข้นมีความแตกต่างกันมาก แต่ถ้าเป็นสภาวะที่ความเข้มข้นของคลอรีนเริ่มต้นสูง (10-30 ก./ล.) และแบคทีเรียเริ่มชินต่อความเข้มข้นนั้นมาด้วยตัวเองบ้างแล้ว ดังนั้นเมื่อถูกช็อกเอ็มแอลเอสก็จะลดลงไปไม่มากนัก (กล่าวคือลดลงจาก 2600 เป็น 2300, 2100 เป็น 2200 และ 1600 เป็น 1500 มก./ล.ตามลำดับ) สำหรับชุดทดลองที่ 2 นั้นในสภาวะที่เดินระบบด้วยคลอรีนความเข้มข้นต่ำ (5 ก./ล.) เมื่อถูกช็อกเอ็มแอลเอสก็ลดลงต่ำมากเช่นเดียวกับชุดทดลองที่ 1 แต่ที่ 10-30 ก./ล. NaCl ซึ่งแบคทีเรียชินต่อคลอรีนความเข้มข้นสูงนั้นก่อนแล้วเอ็มแอลเอสของระบบก็ลดลงไปไม่มากนัก

สำหรับเซลล์ที่หลุดออกไปกับน้ำออกก็มีมากขึ้นซึ่งก็สอดคล้องกับความเข้มข้นของเซลล์ที่ลดลง ทั้งนี้เกิดจากความเข้มข้นของเกลือที่สูงมากทำให้แบคทีเรียบางเซลล์รับสภาพไม่ได้ เกิดเซลล์แตกและwashout ออกจากระบบนั่นเอง

ภาวะฟื้นฟูสภาพ

ต่อมาเมื่อกลับมาฟื้นตัวด้วยความเข้มข้นเดิมอีกครั้ง สำหรับชุดทดลองที่ 1 พบว่าที่ความเข้มข้นของเกลือ 0-10 ก./ล. MLSS ยังไม่สามารถฟื้นกลับมาเท่าเดิมได้ แต่ถ้าคลอรีนเริ่มต้นเข้มข้นสูงถึง 20-30 ก./ล. MLSS สามารถฟื้นกลับมาได้เกือบเท่าเดิม ตั้งแต่นี้จากกราฟจะเห็นว่าผลต่างของเอ็มแอลเอส ในช่วงสถานะคงตัวและช่วงฟื้นฟูสภาพนั้นยิ่งคลอรีนสูงขึ้นกราฟก็จะยิ่งแคบเข้าเรื่อยๆ ส่วนชุดทดลองที่ 2 สำหรับช่วงฟื้นฟูสภาพนั้นถ้าความเข้มข้นของความเค็มเริ่มต้นอยู่ในช่วง 5-10 ก./ล. ระบบยังไม่สามารถฟื้นฟูสภาพได้ดีนัก แต่ถ้าความเข้มข้นเกลือเริ่มต้นสูงถึง 20-30 ก./ล.แล้ว การฟื้นฟูสภาพก็ได้เกือบเท่าเดิม

ส่วนค่าของแข็งแขวนลอยที่ออกไปกับน้ำเสียนั้นเมื่อระบบฟื้นฟูสภาพได้แล้ว เซลล์ที่ไหลออก(washout)ก็น้อยลงด้วย ซึ่งในช่วงแรกที่กลับมาเค็มเกลือด้วยความเข้มข้นเท่าเดิม การเปลี่ยนแปลงของความเค็มที่ลดลงก็มีผลให้ของแข็งแขวนลอยในน้ำออกมีค่าสูงขึ้นบ้าง อย่างไรก็ตามแบคทีเรียก็สามารถปรับตัวให้ชินกับความเข้มข้นใหม่และฟื้นฟูสภาพได้อีกครั้ง

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยเอ็มแอลเอสเอสของระบบ

ชุดทดลอง	ความเข้มข้นเกลือ	ค่าเอ็มแอลเอสเอส			
		ถังแอนแอโรบิก	ถังแอน็อกซิก	ถังแอโรบิก	เฉลี่ย
1	0 ก./ล.ของNaCl	2566	2591	2641	2599
	5 ก./ล.ของNaCl	2472	2714	2421	2536
	10 ก./ล.ของNaCl	2615	2633	2600	2616
	20 ก./ล.ของNaCl	2159	2100	2005	2088
	30 ก./ล.ของNaCl	1684	1579	1682	1648
2	5 ก./ล.ของNaCl	2131	2115	1836	2027
	10 ก./ล.ของNaCl	2326	2219	2054	2200
	20 ก./ล.ของNaCl	2514	2487	2573	2525
	30 ก./ล.ของNaCl	2291	2223	1998	2171

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยที่ออกจากระบบ (SS effluent)

	SS ที่ออกจากระบบของชุดทดลองที่ 1					SS ที่ออกจากระบบชุดทดลองที่ 2			
	ความเข้มข้นของเกลือ โซเดียมคลอไรด์ (ก./ล)					ความเข้มข้นของเกลือ โซเดียมคลอไรด์ (ก./ล)			
	0	5	10	20	30	5	10	20	30
สถานะคงตัว	0	0	20	20	33	0	0	20	15
ช็อกวันที่ 1	55	125	80	267	40	125	55	40	45
ช็อกวันที่ 2	76	416	213	400	93	416	92	46	54
ช็อกวันที่ 3	59	420	140	453	60	420	228	73	102
ช็อกวันที่ 4	160	386	193	567	306	386	213	73	91
ฟื้นฟูสภาพ	250	5	10	20	26	5	0	20	20

ดังนั้นสรุปได้ว่าถ้าระบบใช้หัวเชื้อที่ชินต่อคลอไรด์มาก่อน ผลกระทบที่เกิดจากคลอไรด์ก็จะไม่มากนัก เช่นเดียวกันถ้าหากหัวเชื้อไม่ชินต่อคลอไรด์มาก่อน แต่แบคทีเรียเหล่านั้นปรับตัวชินต่อคลอไรด์ที่สูงได้ด้วยตัวเองและสามารถทำงานได้แล้ว เมื่อถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูง

ก็จะไม่ได้รับผลกระทบที่มากนัก นั่นคือถ้ายังชินอยู่แล้วและทำงานที่คลอไรด์สูงๆมาก่อน การปรับตัวรับสภาพซ็อกและการฟื้นฟูสภาพก็สามารถทำได้เป็นอย่างดีทีเดียว

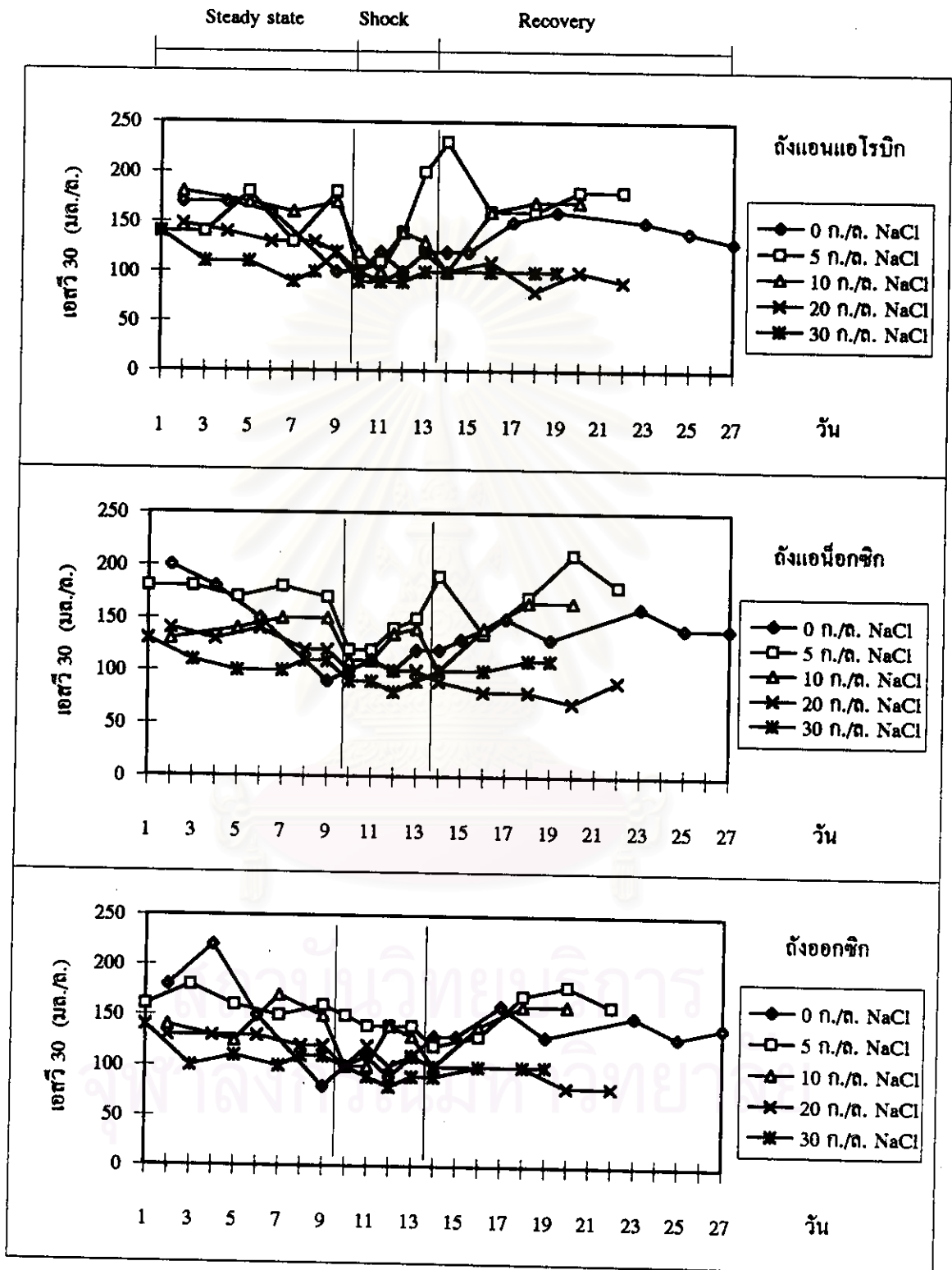
4.2.8 เอสวี 30 และเอสวีไอ

สถานะกึ่งตัว

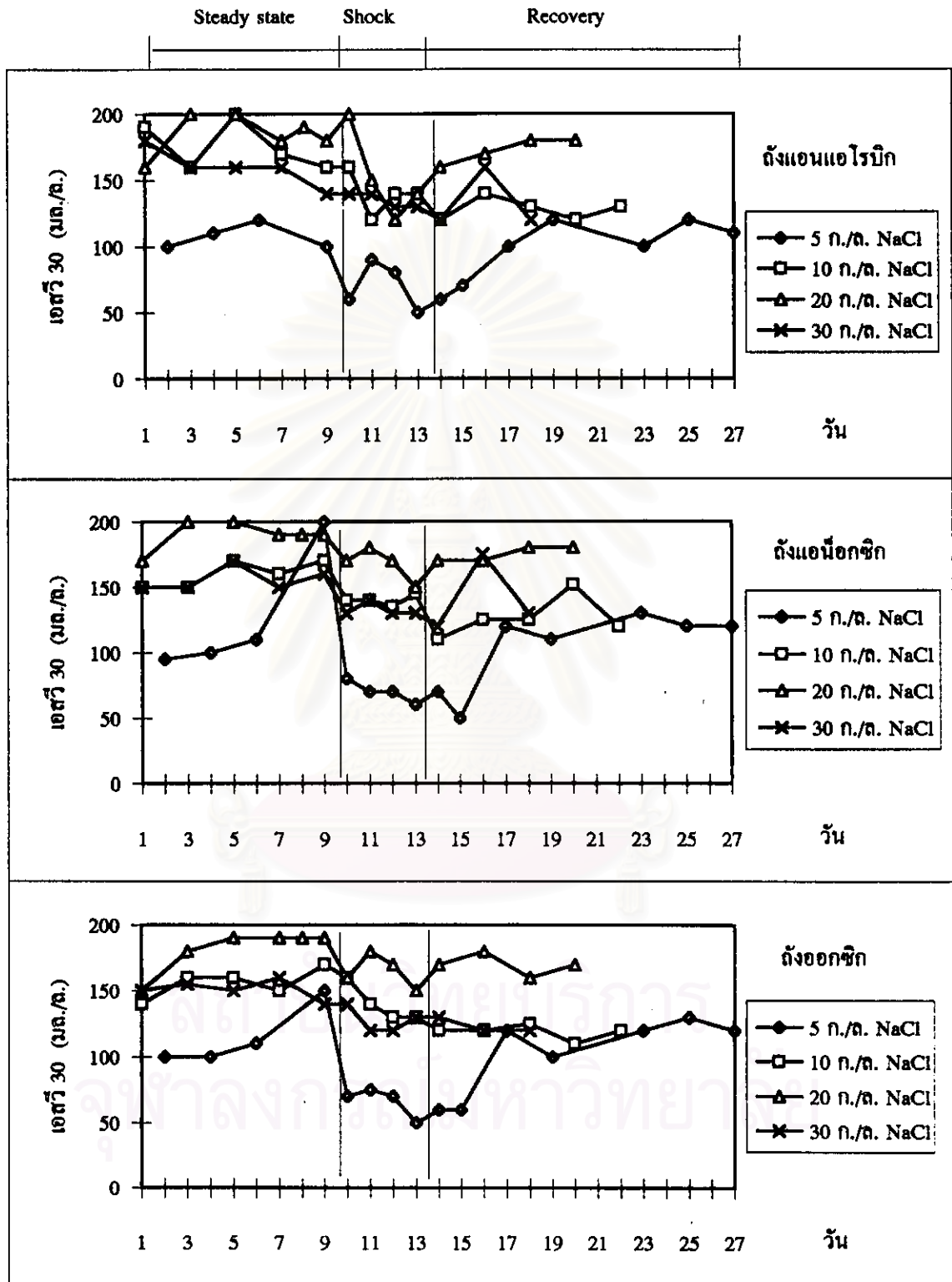
ค่าเอสวี 30 และเอสวีไอเป็นพารามิเตอร์ที่บอกได้ถึงความสามารถในการตกตะกอนได้ของแบคทีเรียในระบบ ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.16 ถึง 4.19 โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้งระบบแสดงในตารางที่ 4.13 เมื่อพิจารณาจากค่าเอสวี 30 ของระบบจะเห็นได้ว่าทั้งสองชุดทดลองนั้นมีค่าเอสวี 30 ที่ต่ำ กล่าวคือเซลล์สามารถตกตะกอนได้ดี ซึ่งเมื่อสังเกตตลอดเวลาแล้วก็จะเห็นได้ว่า เซลล์ตกตะกอนได้เร็วมาก ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากเกลือที่ติดอยู่ที่เซลล์มีน้ำหนักทำให้เซลล์หนักขึ้นและตกตะกอนได้เร็วขึ้นนั่นเอง สำหรับค่าเอสวีไอทั้งหมดของทั้งสองชุดทดลองนั้นก็สอดคล้องกับที่กล่าวมาแล้ว คือมีค่าต่ำกว่า 150 มล./ก. (Jenkins และคณะ, 1993) ซึ่งแสดงได้ว่าระบบสามารถตกตะกอนได้ดี

ตารางที่ 4.13 ค่าเอสวี 30 และเอสวีไอของระบบ

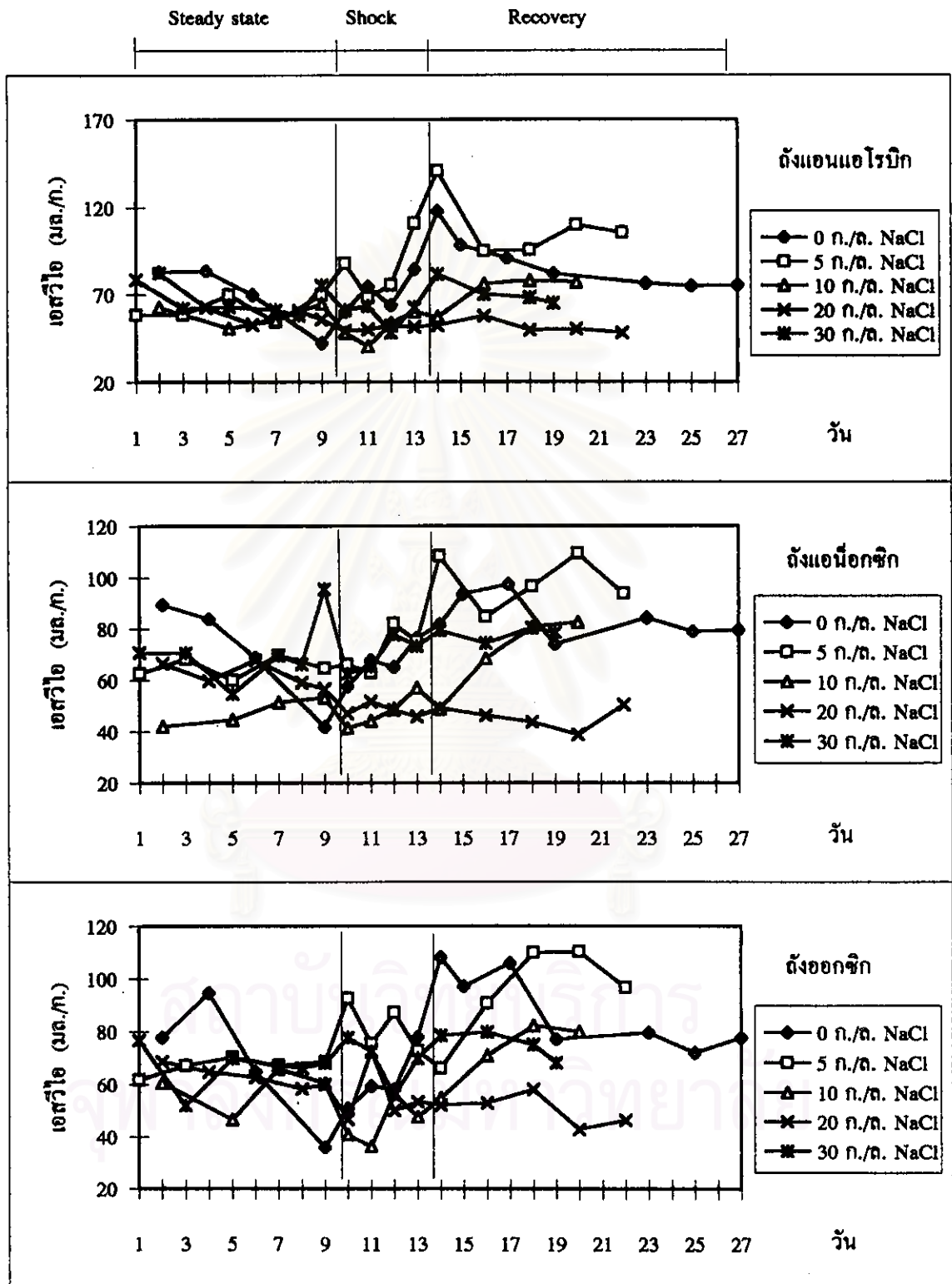
ชุดทดลอง	ความเข้มข้นเกลือ	ถังแอนแอโรบิก		ถังแอน็อกซิก		ถังแอโรบิก		เฉลี่ย	
		SV30	SVI	SV30	SVI	SV30	SVI	SV30	SVI
1	0 ก./ล.ของNaCl	168	66	172	66	187	71	176	68
	5 ก./ล.ของNaCl	154	62	76	65	162	67	164	65
	10 ก./ล.ของNaCl	170	65	153	58	155	60	159	61
	20 ก./ล.ของNaCl	134	63	130	62	126	63	130	63
	30 ก./ล.ของNaCl	112	66	110	71	112	67	111	68



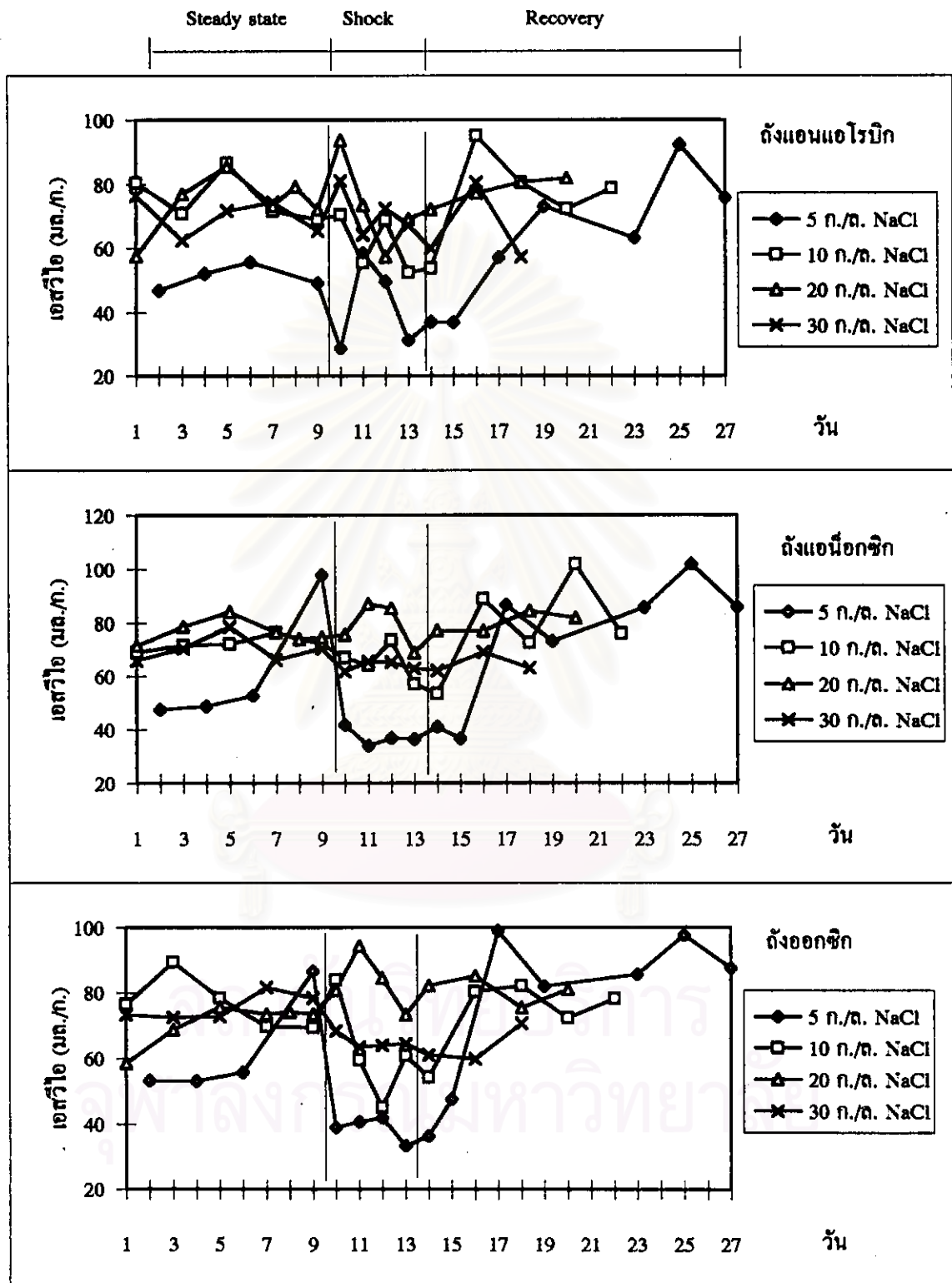
รูปที่ 4.16 เอสวี 30 ในแต่ละดั่งของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.17 เอสวี30ในแต่ละถังของชุดทดลองที่ 2



รูปที่ 4.18 เกลือไอในแต่ละถึงของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.19 เอสวีโอในแต่ระดับของชุดทดลองที่ 2

ชุดทดลอง	ความเข้มข้นเกลือ	ตั้งแอนแอโรบิก		ตั้งแอนีอ็อกซิก		ตั้งแอโรบิก		เฉลี่ย	
		SV30	SVI	SV30	SVI	SV30	SVI	SV30	SVI
2	5 ก./ล.ของNaCl	108	51	128	60	120	45	119	52
	10 ก./ล.ของNaCl	176	76	160	72	156	51	164	66
	20 ก./ล.ของNaCl	185	74	190	76	182	71	186	74
	30 ก./ล.ของNaCl	160	70	156	70	151	76	156	72

ภาวะช็อก

ในช่วงที่เซลล์ถูกช็อก ค่าเอสวีไอของทั้งสองชุดทดลองก็กลับมีค่าลดลงอีก การตกตะกอนดีขึ้น ซึ่งเมื่อสังเกตด้วยตาก็จะเห็นได้ว่า ตะกอนส่วนใหญ่สามารถตกตะกอนได้เร็วและแน่นขึ้นกว่าเดิมสันนิษฐานว่าเกิดจากความหนักของเกลือที่เกาะอยู่รอบตัวเซลล์เช่นเดิม

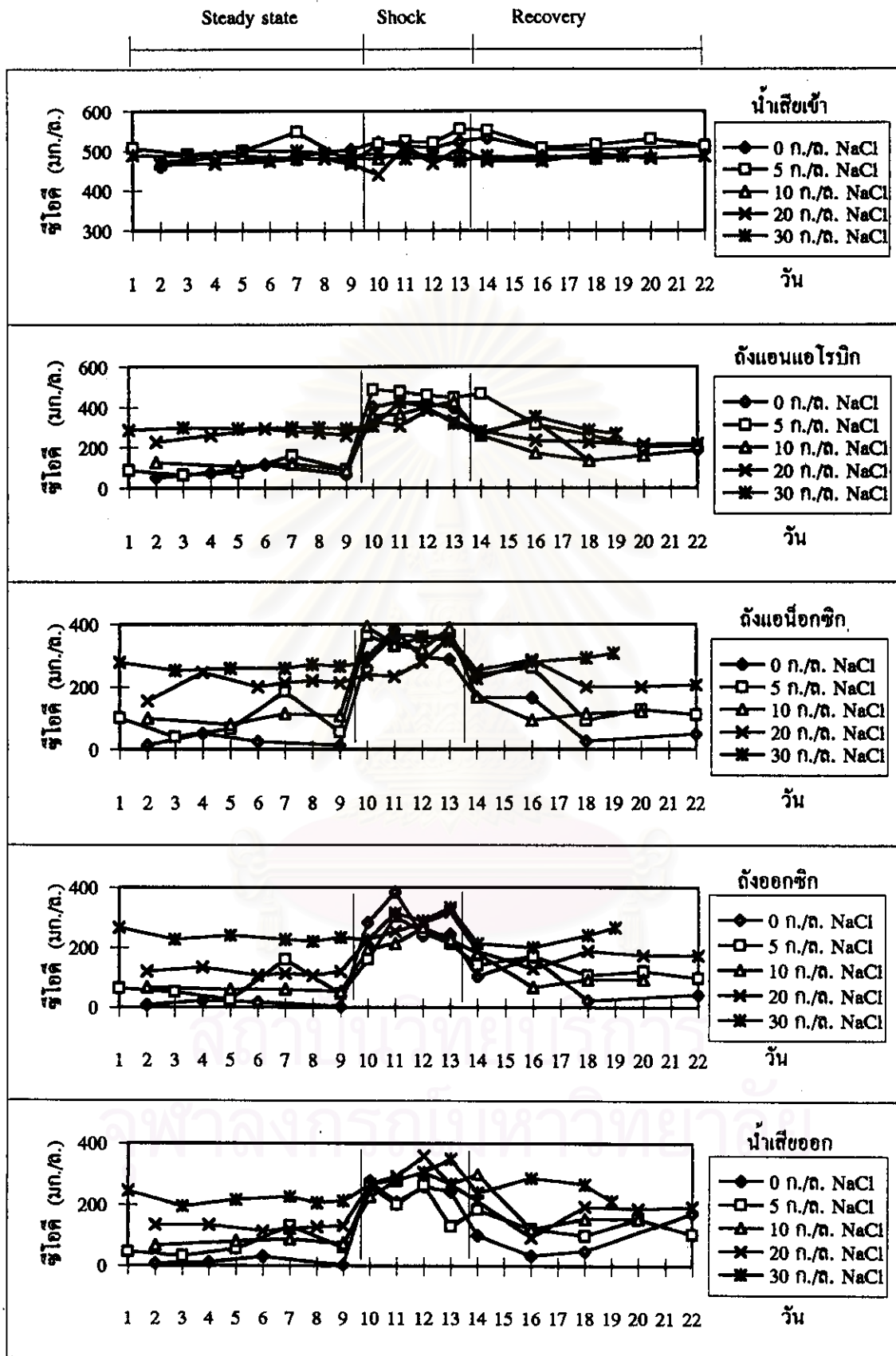
ภาวะฟื้นฟูสภาพ

เมื่อกลับมาเติมเกลือด้วยความเข้มข้นเดิมอีกครั้ง ทั้งสองชุดทดลองก็ได้ผลเช่นเดียวกัน กล่าวคือทั้งค่าเอสวี 30 และค่าเอสวีไอสูงขึ้นกว่าค่าก่อนที่จะถูกช็อกเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากแบคทีเรียลุดน้ำเข้าไปในเซลล์มากแล้วเกิดการบวมน้ำ การจมตัวจึงไม่แน่นนั่นเอง

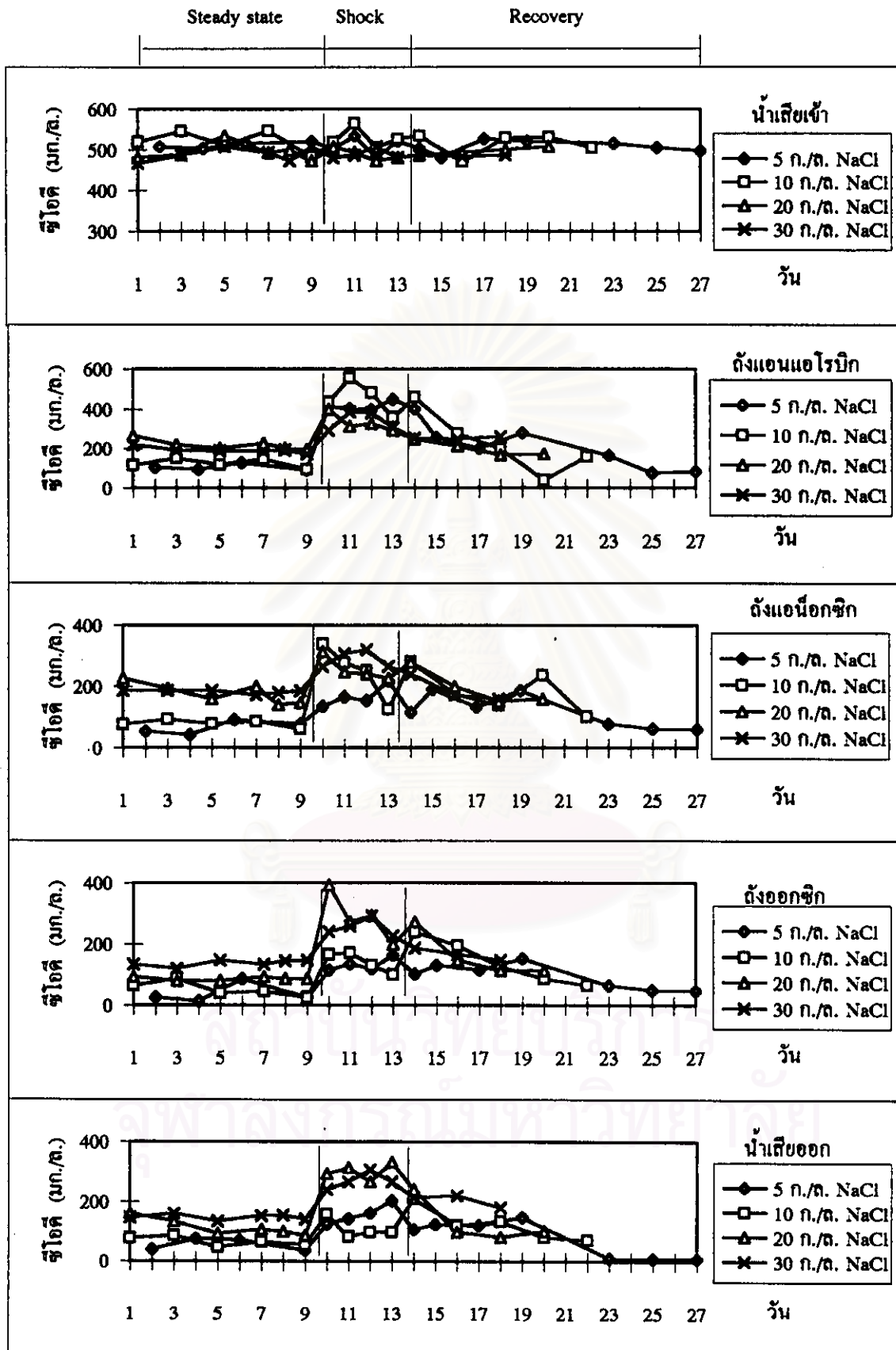
4.2.8 ค่าซีไอดี

สถานะคงตัว

ค่าซีไอดีของแต่ละดังปฏิกิริยาแสดงดังรูปที่ 4.20 และ 4.21 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการกำจัดซีไอดีส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในตั้งแอนแอโรบิก (ตารางที่ 4.14) โดยชุดทดลองที่ 1 สามารถกำจัดได้ลดลงจากร้อยละ 84.9 เป็น 80.9, 77.1, 43.6 และ 40.0 เมื่อความเค็มเพิ่มจาก 0 ถึง 30 ก./ล.ของ NaCl ส่วนชุดทดลองที่ 2 ก็สามารถกำจัดได้ลดลงจากร้อยละ 84.8 เป็น 80.9, 77.1 และ 43.6 เมื่อความเค็มเพิ่มจาก 5



รูปที่ 4.20 ค่าซีไอดีในแต่ละดึงของชุดทดลองที่ 1



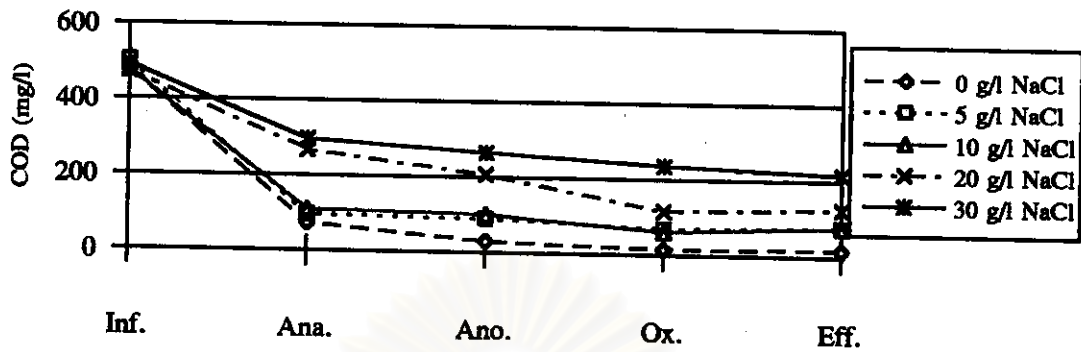
รูปที่ 4.21 ซีโอติในแตละดังของชุดทดลองที่ 2

ถึง 30 ก./ล.ของ NaCl ซึ่งจากกราฟรูปที่ 4.22 และ 4.23 จะเห็นได้ว่าชุดทดลองที่ 1 นั้นถ้าความเค็มไม่เกินกว่า 10 ก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ได้ก็ยังสามารถยอมรับได้ ส่วนชุดทดลองที่ 2 นั้นถ้าความเค็มไม่เกิน 20 ก./ล.ก็สามารถยอมรับได้เช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับความเค็ม 30 ก./ล.ของทั้งสองชุดทดลอง ก็จะเห็นว่าถึงแม้ชุดทดลองที่ 2 ซึ่งหัวเชื้ออินต้อกลอไรด์มาก่อนแล้วจะมีประสิทธิภาพดีกว่าชุดทดลองที่ 1 แต่ประสิทธิภาพที่ได้ก็ยังไม่ดีนัก จากผลการทดลองจะเห็นว่าค่าซีโอดีลดลงมากในถังแอนไอโอมิกซึ่งเป็นผลมาจากซีโอดีถูกแบคทีเรียดูดซึมเก็บไว้ในรูปอาหารสำหรับร่างกายในเซลล์ ในขณะที่เดียวกันก็คายฟอสฟอรัสออกมา ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าความเค็มมีผลต่อการดูดซึมอาหารของแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามเมื่อน้ำเสียนั้นผ่านเข้าสู่ถังแอนไอโอมิกและถังออกซิเจนที่มีออกซิเจน อาหารเหล่านั้นก็จะถูกย่อยสลายซึ่งเป็นการกำจัดซีโอดีไปในที่สุด

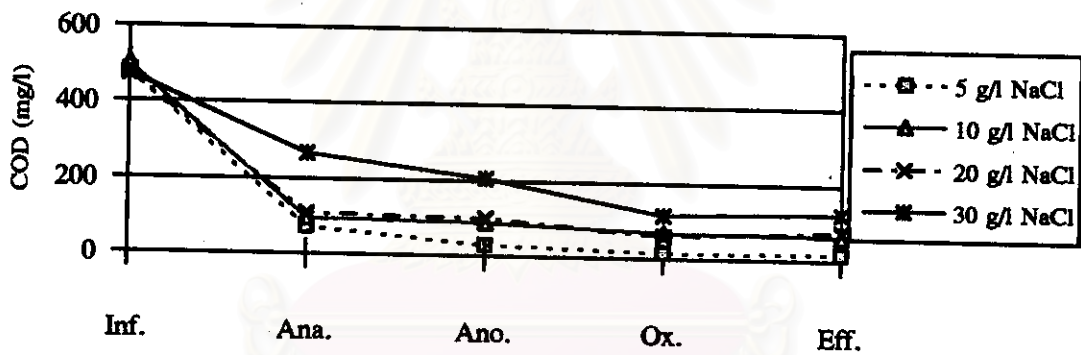
สำหรับประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของทั้งระบบสำหรับชุดทดลองที่ 1 และ 2 ก็มีค่าลดลงจากร้อยละ 96.5 เป็น 84.7, 83.9, 73.6 และ 56.0 เมื่อความเค็มเพิ่มจาก 0-30 ก./ล. และลดจากร้อยละ 96.5 เป็น 87.1, 83.9 และ 73.6 เมื่อความเค็มเพิ่มจาก 5 เป็น 30 ก./ล. ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Tokuz และ Eckenfelder (1979) ที่ว่าถ้าเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น ค่าซีโอดีในน้ำออกก็จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยซีโอดีที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นส่วนที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้

ตารางที่ 4.14 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังแอนไอโอมิกและระบบในช่วงสถานะคงตัว

ชุดทดลอง	ความเข้มข้นเกลือ NaCl	ค่าซีโอดี					ประสิทธิภาพ(%)	
		น้ำเสียน้ำเข้า	แอนไอโอมิก	แอนไอโอมิก	ออกซิเจน	น้ำเสียน้ำออก	แอนไอโอมิก	ระบบ
1	0 ก./ล.	482	73	30	16	17	84.9	96.5
	5 ก./ล.	503	96	89	69	77	80.9	84.7
	10 ก./ล.	480	110	100	60	77	77.1	83.9
	20 ก./ล.	473	267	207	116	125	43.6	73.6
	30 ก./ล.	493	296	266	236	217	40.0	56.0
2	5 ก./ล.	482	73	30	16	17	84.8	96.5
	10 ก./ล.	503	96	89	69	65	80.9	87.1
	20 ก./ล.	480	110	100	60	77	77.1	83.9
	30 ก./ล.	473	267	207	116	125	43.6	73.6



รูปที่ 4.22 ค่าซีไอดีในแตละถังปฏิกริยาของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.23 ค่าซีไอดีในแตละถังปฏิกริยาของชุดทดลองที่ 2

ภาวะร็อก

เมื่อระบบถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูง พบว่าค่าซีไอดีในแตละถังเพิ่มขึ้นสูงมาก ซึ่งเป็นผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของระบบลดลงมาก โดยชุดทดลองที่ 1 ลดเหลือร้อยละ 57, 50, 50, 40 และ 36 เมื่อเกลือเพิ่มจาก 0-30 ก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2 ก็ลดเหลือร้อยละ 76, 76, 46 และ 40 เมื่อเกลือเพิ่มจาก 5-30 ก./ล.

ภาวะพื้นสภาพ

เมื่อระบบกลับมาเติมซีโอไซด์ด้วยความเข้มข้นเดิมอีกครั้งพบว่าทั้งสองชุดทดลองสามารถกลับมาที่พื้นตัวได้อีกครั้ง โดยชุดทดลองที่ 1 มีประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับร้อยละ 92, 70, 70, 62 และ 58 ส่วนชุดทดลองที่ 2 ก็กำจัดได้เกือบเท่าเดิมคือร้อยละ 98, 83, 60 และ 60 เมื่อเกลือเพิ่มจาก 0-30 และ 5-30 ก./ล.ตามลำดับ

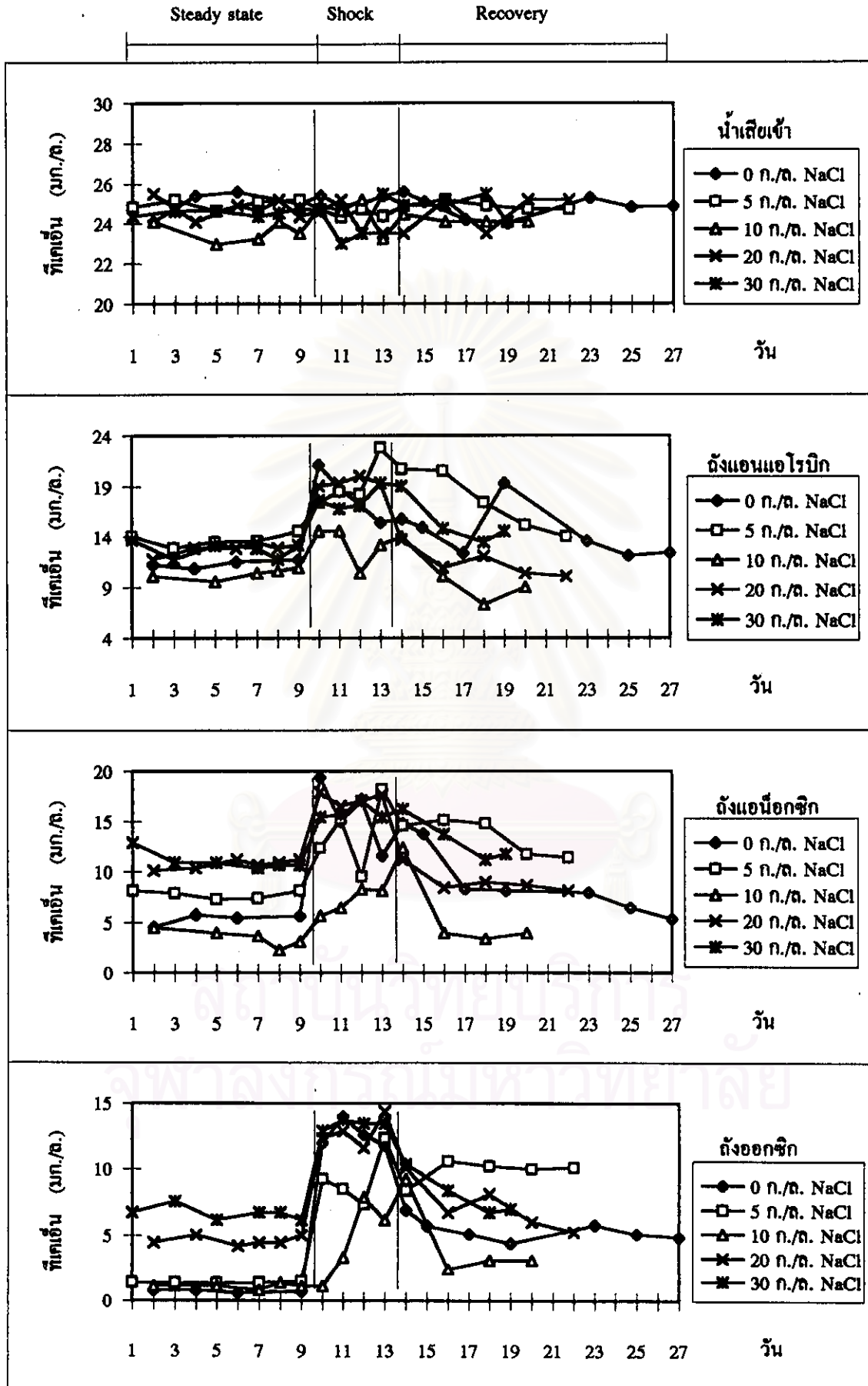
4.2.9 ค่าที่เคเอ็น

สถานะคงตัว

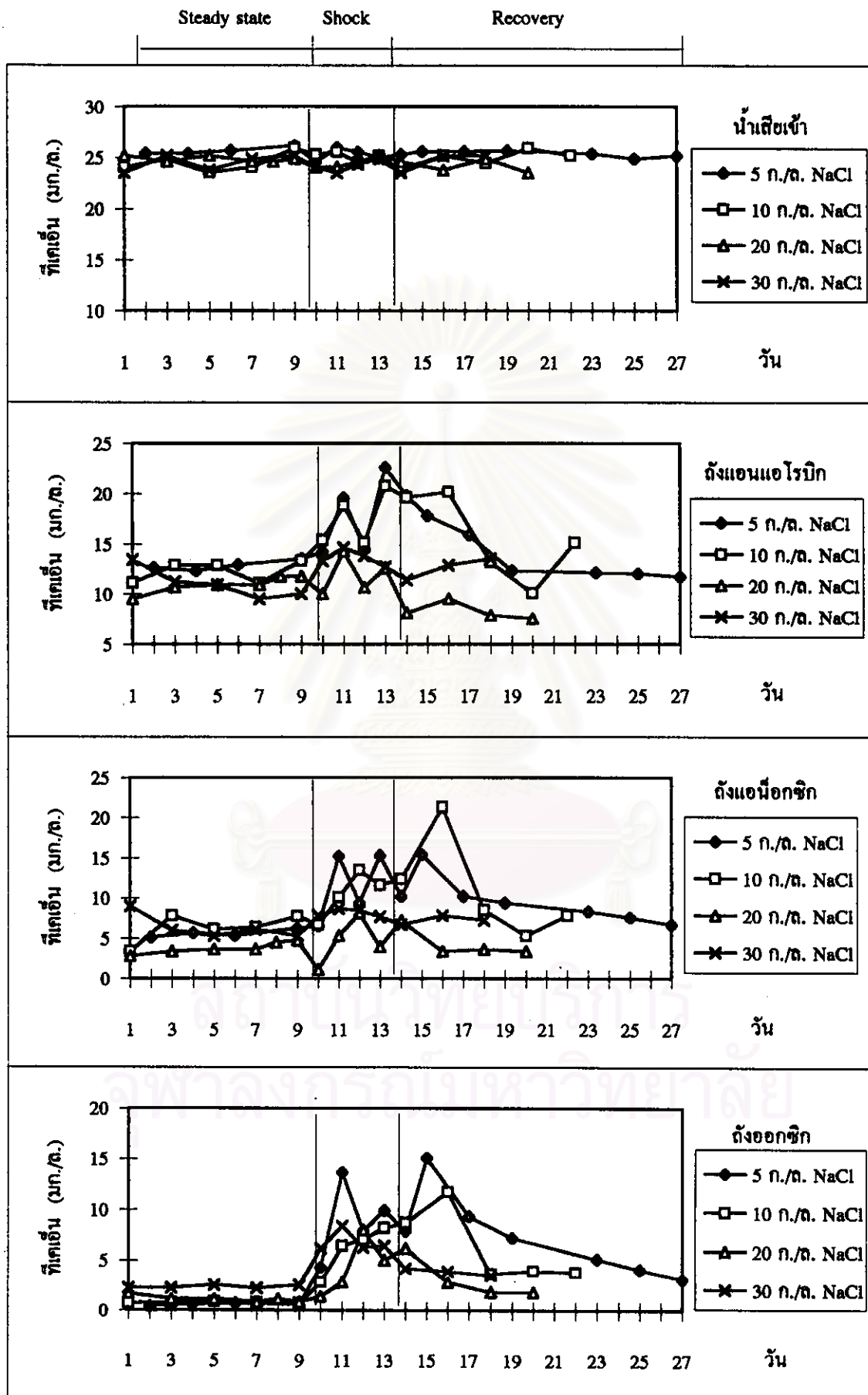
ค่าที่เคเอ็นที่วัดได้ในระบบนี้ (รูปที่ 4.24 และ 4.25) พบว่าเมื่อความเค็มมีค่าเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นของระบบน้อยลง ดังตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.26 และ 4.27 โดยชุดทดลองที่ 1 ลดลงจากร้อยละ 97.0 เป็น 94.4, 95.3, 81.4 และ 72.8 เมื่อความเค็มเพิ่มจาก 0-30 ก./ล. และชุดทดลองที่ 2 ก็ลดเช่นกันโดยลดจากร้อยละ 97.7 เป็น 96.8, 95.25 และ 90.4 เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นจาก 5-30 ก./ล. แต่ประสิทธิภาพที่ลดลงนี้เมื่อพิจารณาลักษณะน้ำออกแล้วจะเห็นได้ว่ามีค่าที่เคเอ็นไม่สูงนัก แสดงว่าไนโตรเจนแบบที่เรียกก็สามารถปรับตัวและทำงานได้อย่างดี

ตารางที่ 4.15 ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นของระบบในช่วงสถานะคงตัว

ชุดทดลอง	เกลือโซเดียมคลอไรด์	ค่าที่เคเอ็น				ประสิทธิภาพของระบบ(%)
		น้ำเสียเข้า	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ออกซิเจน	
1	0 ก./ล.	24.97	11.62	5.51	0.75	97.0
	5 ก./ล.	24.98	13.68	7.74	1.41	94.4
	10 ก./ล.	23.58	10.3	3.47	1.12	95.3
	20 ก./ล.	24.78	12.83	10.73	4.62	81.4
	30 ก./ล.	24.55	12.74	11.06	6.67	72.8

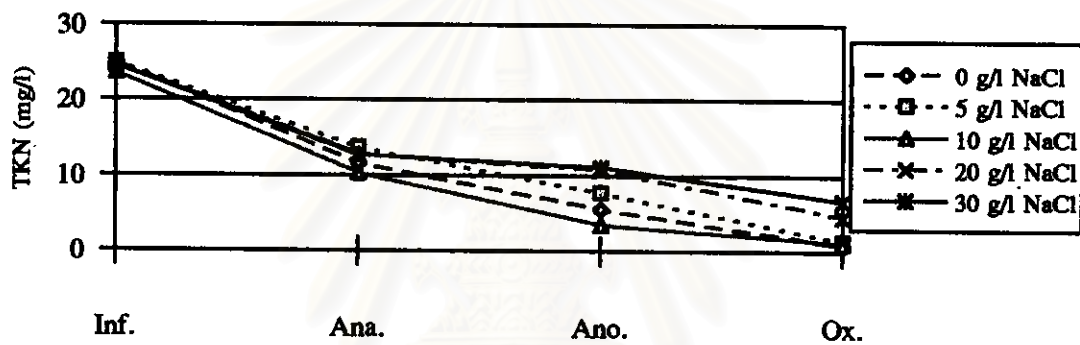


รูปที่ 4.24 ทีเคเอ็นในแต่ละถังของชุดทดลองที่ 1

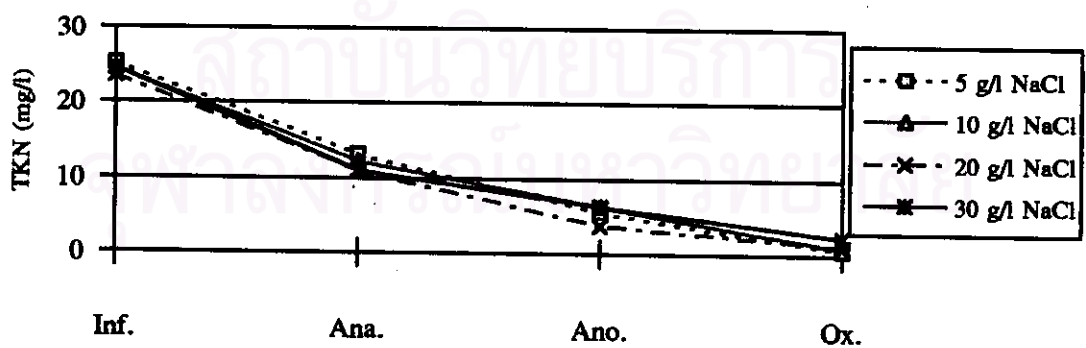


รูปที่ 4.25 ทีเคเอ็นในแต่ละดังของชุดทดลองที่ 2

ชุดทดลอง	เกลือโซเดียมคลอไรด์	ค่าที่เคเอ็น				ประสิทธิภาพของระบบ(%)
		น้ำเสียเข้า	แอนแอโรบิก	แอนีอกซิก	ออกซิก	
2	5 ก./ล.	25.2	13.17	5.57	0.57	97.7
	10 ก./ล.	24.5	12.24	6.31	0.78	96.8
	20 ก./ล.	23.61	10.92	3.78	1.12	95.3
	30 ก./ล.	24.53	11.02	6.36	2.35	90.4



รูปที่ 4.26 ค่าที่เคเอ็นในแต่ละถังปฏิกริยาของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.27 ค่าที่เคเอ็นในแต่ละถังปฏิกริยาของชุดทดลองที่ 2

ภาวะช็อก

เมื่อระบบถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูง พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดของระบบลดลงไปอีก โดยชุดทดลองที่ 1 และ 2 ลดเหลือร้อยละ 50, 70, 69, 51 และ 43 มก./ล. เมื่อความเค็มเพิ่มจาก 0-30 ก./ล. และลดเหลือร้อยละ 73, 68, 68 และ 74 ตามลำดับ

ภาวะฟื้นฟูสภาพ

ในการฟื้นฟูสภาพของไนโตรเจนแบคทีเรีย จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียสามารถฟื้นฟูสภาพได้ดีเกือบเท่าเดิม โดยมีความเข้มข้นของทีเคเอ็นในน้ำออกไม่เกินกว่ามาตรฐาน คืออยู่ในช่วง 3.12-9.1 มก./ล. และ 1.84-3.5 มก./ล. สำหรับชุดทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

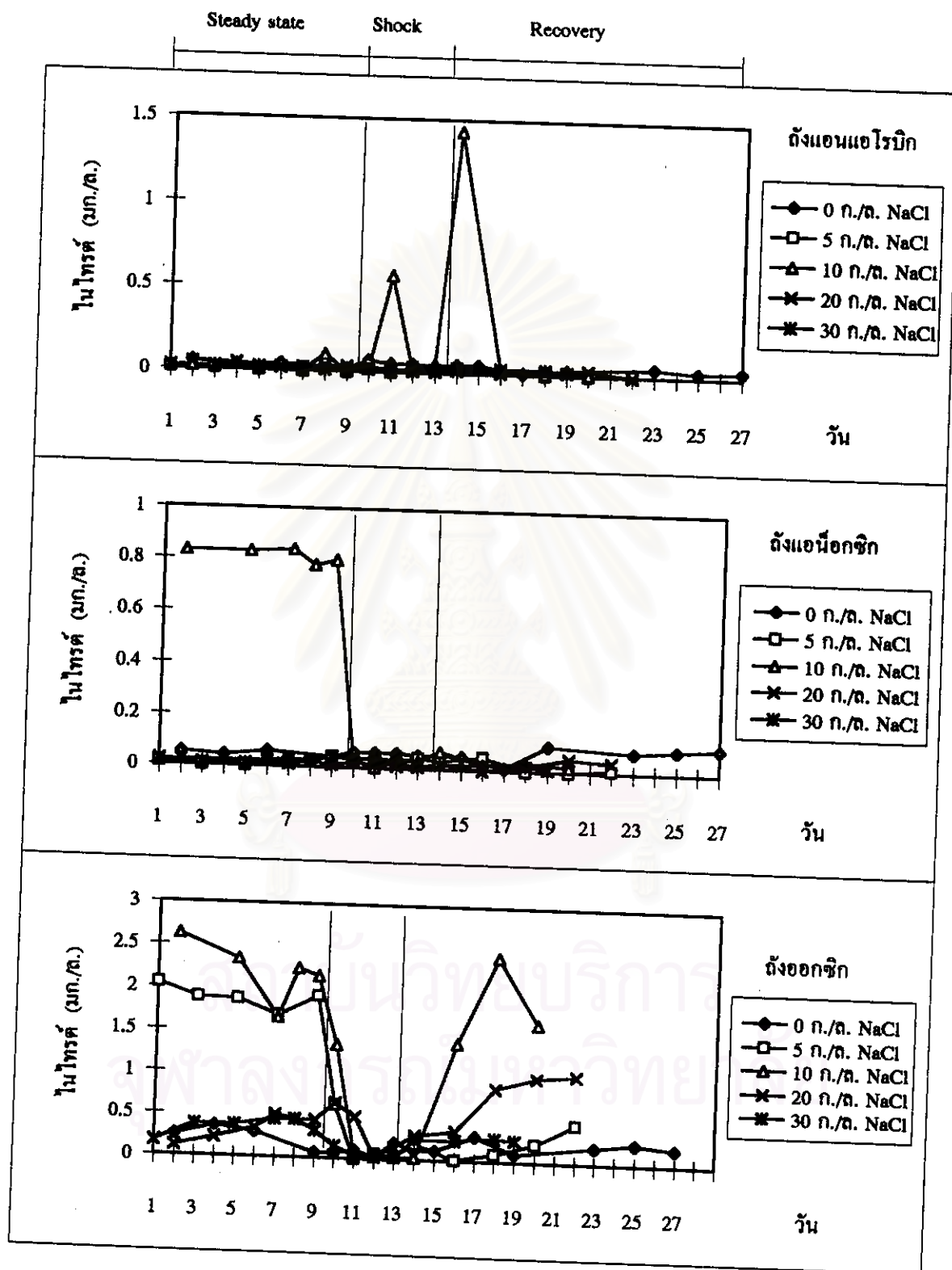
4.2.10 ค่าไนโตรดและไนเตรด

สถานะคงตัว

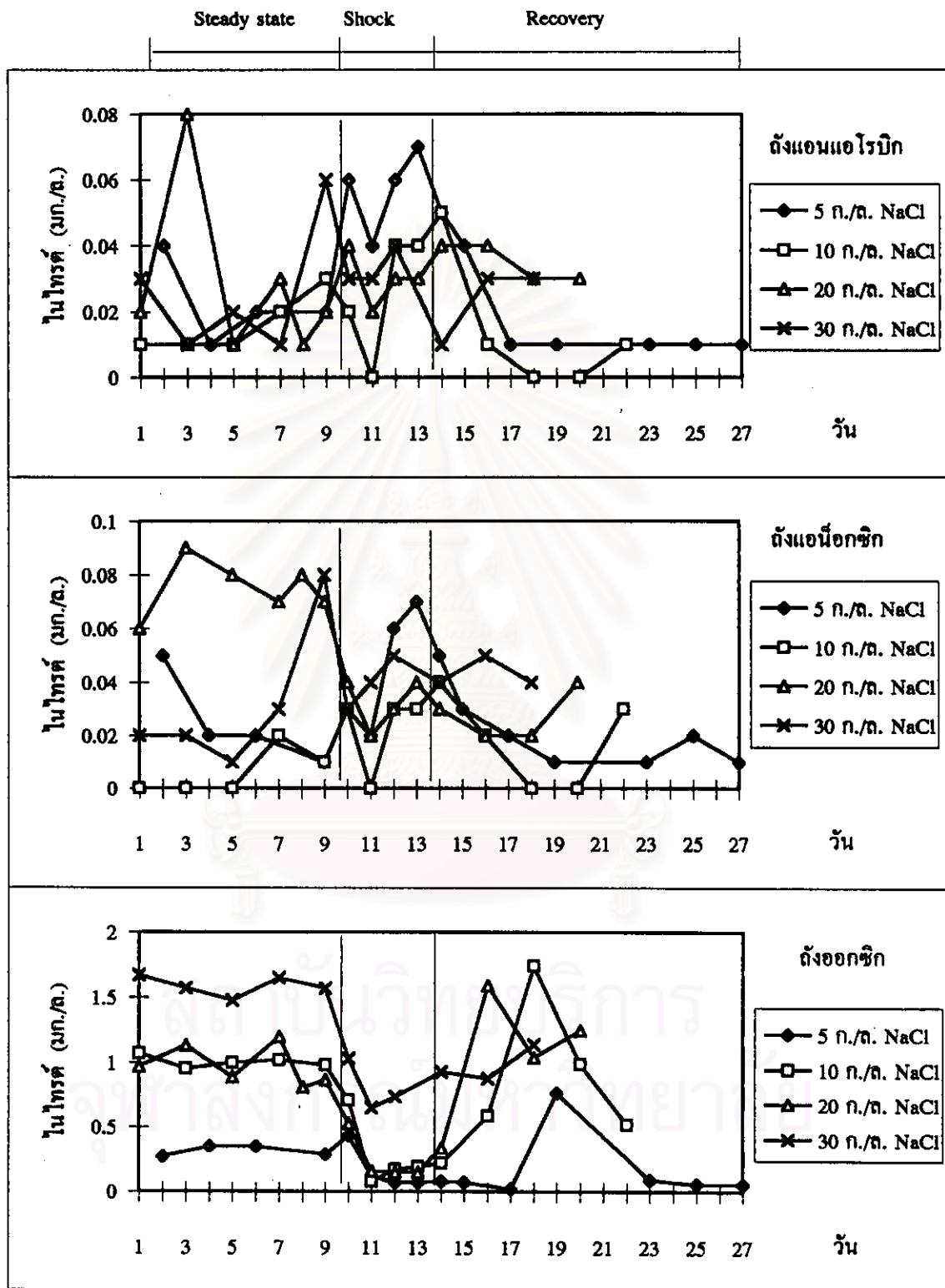
ผลการทดลองวัดค่าไนเตรดและไนโตรดของระบบแสดงดังรูปที่ 4.28 ถึง 4.31 โดยมีค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 4.16 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าไนเตรดสำหรับชุดทดลองที่ 1 จะเห็นได้ว่าเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นค่าไนเตรดในถังออกซิกจะมีค่าลดลง นั่นคือปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันของระบบถูกรบกวนด้วยคลอไรด์ ซึ่งค่าไนเตรดที่ลดลงนี้เมื่อถูกเวียนกลับสู่ถังแอน็อกซิกเพื่อที่จะเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซไนโตรเจนก็ทำได้น้อยลงด้วยจึงเป็นผลให้การกำจัดไนโตรเจนของระบบโดยรวมลดลงด้วย นอกจากนี้ค่าไนโตรดในถังออกซิกที่มีค่าเหลือค่อนข้างมาก ก็สามารถบอกได้ว่าปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันของระบบเกิดไม่สมบูรณ์ ส่วนไนเตรดและไนโตรดในถังแอน็อกซิกนั้นมีค่าที่ค่อนข้างต่ำ แสดงว่าระบบสามารถเปลี่ยนไนเตรดนั้นให้เป็นก๊าซไนโตรเจนได้

ภาวะช็อก

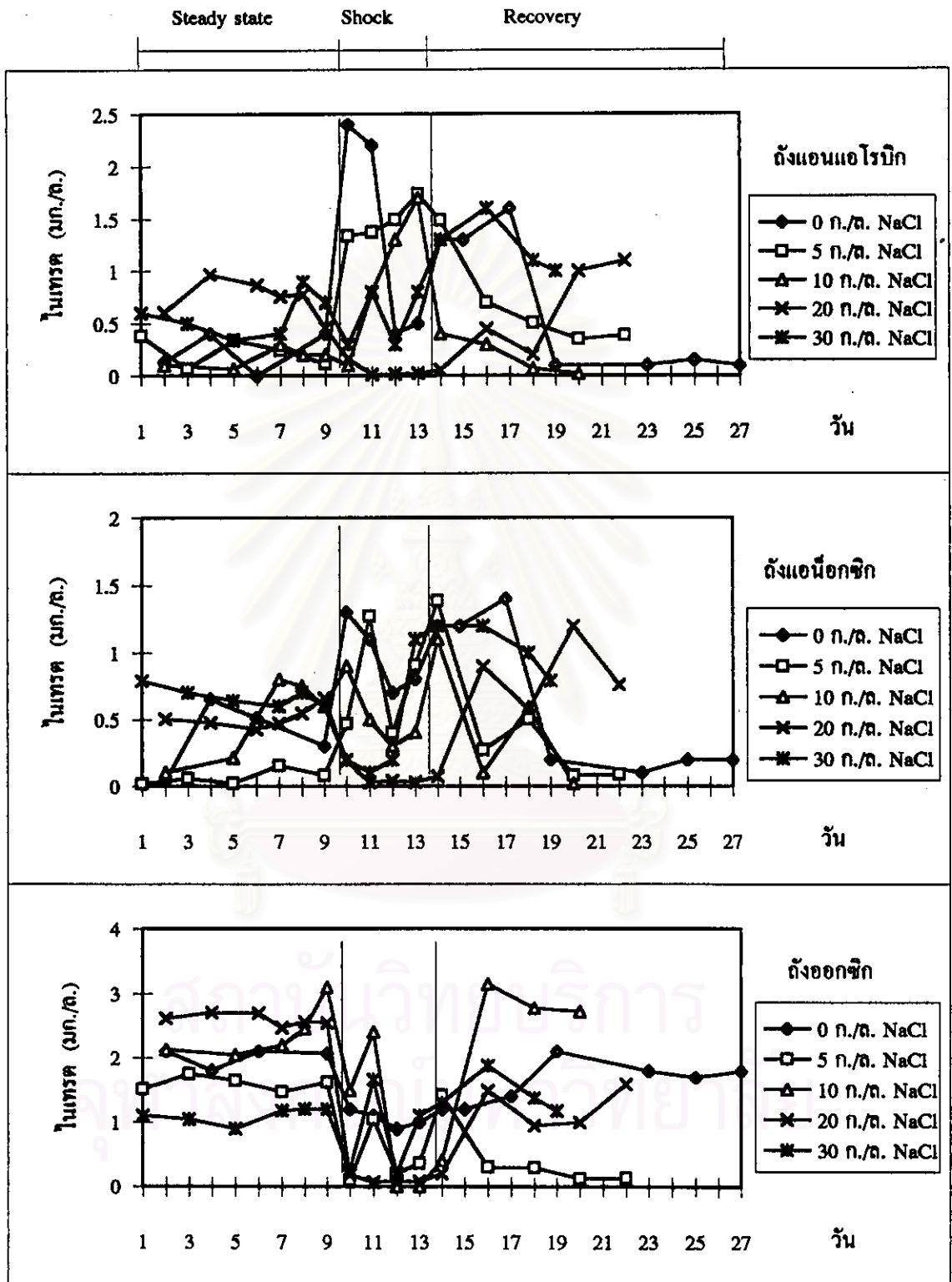
เมื่อระบบถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูงพบว่า การทำงานของระบบทั้งสองชุดทดลองเกิดการชะงัก ค่าไนโตรดและไนเตรดในถังออกซิกเกิดน้อยมาก กล่าวคือเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันน้อยนั่นเอง ซึ่งผลก็สอดคล้องกับการกำจัดไนโตรเจนของระบบที่ลดลงด้วย



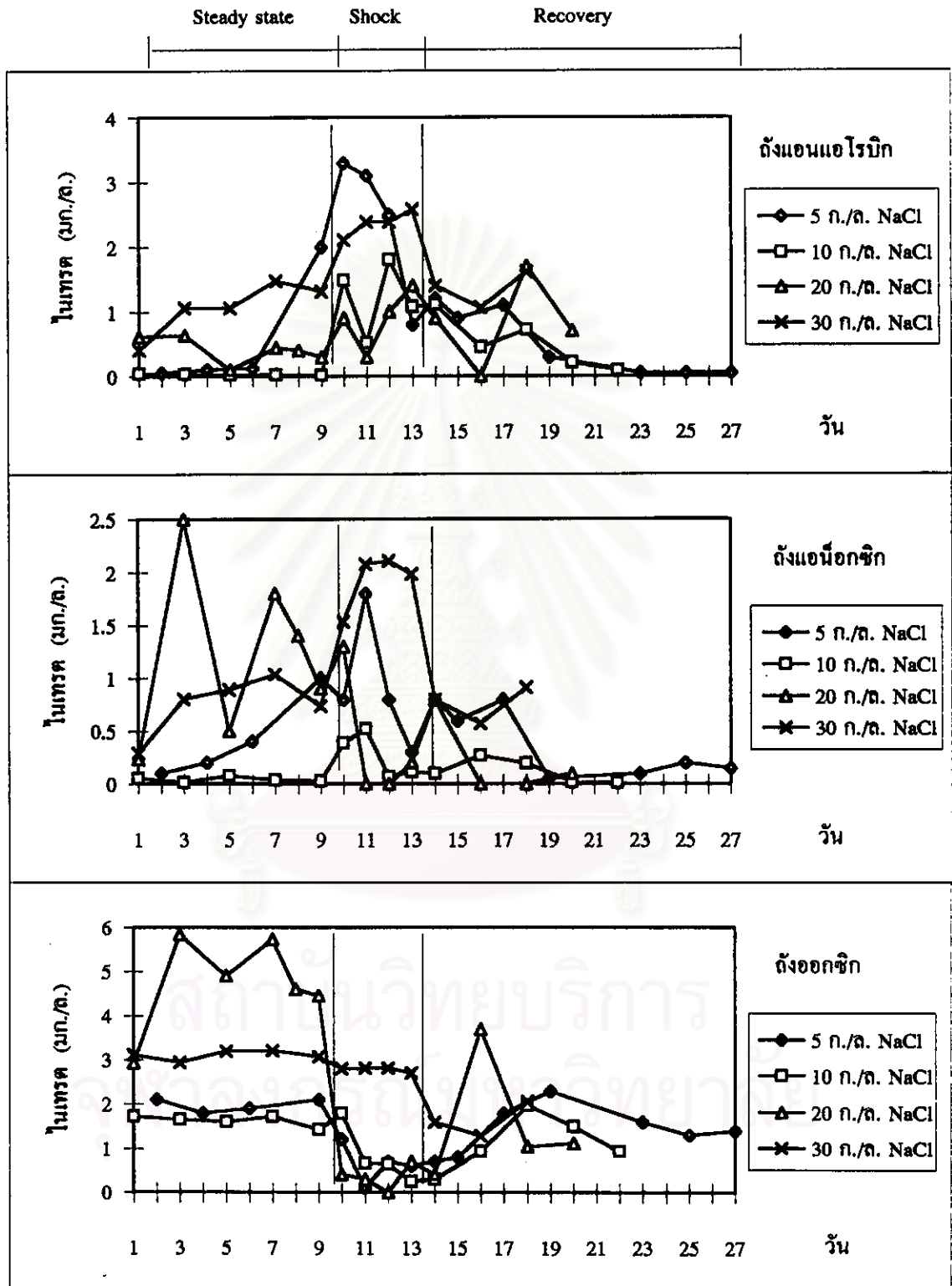
รูปที่ 4.28 ไนโตรเจนในแต่ละอวัยวะของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.29 ไนโตรต์ในแตงต่างดั่งของชุดทดลองที่ 2



รูปที่ 4.30 ไนเตรดในแตงต่างของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.31 ไนเตรดในแต่ละถังของชุดทดลองที่ 2

ภาวะพื้นสภาพ

เมื่อกลับมาเติมคลอรีนด้วยความเข้มข้นเดิมอีกครั้ง พบว่าระบบสามารถฟื้นตัวกลับมาได้ โดยมีไนเตรดเกิดขึ้นในถังออกซิกอีกครั้ง แต่ไม่มากเท่าเดิม นอกจากนี้ไนไตรต์ของถังนี้ก็เกิดขึ้นด้วย ซึ่งก็แสดงว่าปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันของระบบนั้นเกิดได้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนที่ได้จึงได้ไม่ดีเท่าเดิมด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4.16 สรุปค่าเฉลี่ยของไนไตรต์และไนเตรดของแต่ละถัง

ชุดทดลอง	ถังปฏิกริยา	สถานะ	ค่าไนเตรด					ค่าไนไตรต์				
			0	5	10	20	30	0	5	10	20	30
1	แอนแอโรบิก	คงตัว	0.29	0.23	0.17	0.74	0.57	0.03	0.01	0.03	0.03	0.02
		ซ็อก	0.5	1.49	1.3	0.02	0.3	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01
		พื้นสภาพ	0.1	0.38	0.02	1.10	1.0	0.04	0.01	0.01	0.0	0.02
	แอนีออกซิก	คงตัว	0.36	0.07	0.49	0.51	0.67	0.04	0.01	0.82	0.03	0.01
		ซ็อก	0.8	0.4	0.3	0.03	0.2	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02
		พื้นสภาพ	0.2	0.09	0.02	0.76	0.79	0.1	0.01	0.02	0.04	0.01
	ออกซิก	คงตัว	2.04	1.6	2.38	2.6	1.1	0.25	1.88	2.2	0.35	0.36
		ซ็อก	1.0	0.2	0	0.08	0.2	0.2	0.06	0.04	0.87	0.03
		พื้นสภาพ	1.8	0.14	2.72	1.60	1.18	0.2	0.46	1.64	1.04	0.26
2	แอนแอโรบิก	คงตัว	-	0.4	0.03	0.41	1.06	-	0.02	0.02	0.03	0.03
		ซ็อก	-	2.5	1.8	1.0	2.39	-	0.06	0.04	0.03	0.04
		พื้นสภาพ	-	0.05	0.1	0.7	1.62	-	0.01	0.01	0.03	0.03
	แอนีออกซิก	คงตัว	-	0.37	0.04	1.22	0.75	-	0.03	0.01	0.08	0.03
		ซ็อก	-	0.8	0.07	0	2.08	-	0.06	0.03	0.03	0.05
		พื้นสภาพ	-	0.15	0.01	0.10	0.91	-	0.01	0.03	0.04	0.04
	ออกซิก	คงตัว	-	1.94	1.62	4.74	3.11	-	0.31	1.0	0.98	1.59
		ซ็อก	-	0.1	0.64	0	2.82	-	0.07	0.17	0.34	0.74
		พื้นสภาพ	-	1.4	0.94	1.12	2.06	-	0.06	0.52	1.25	1.14

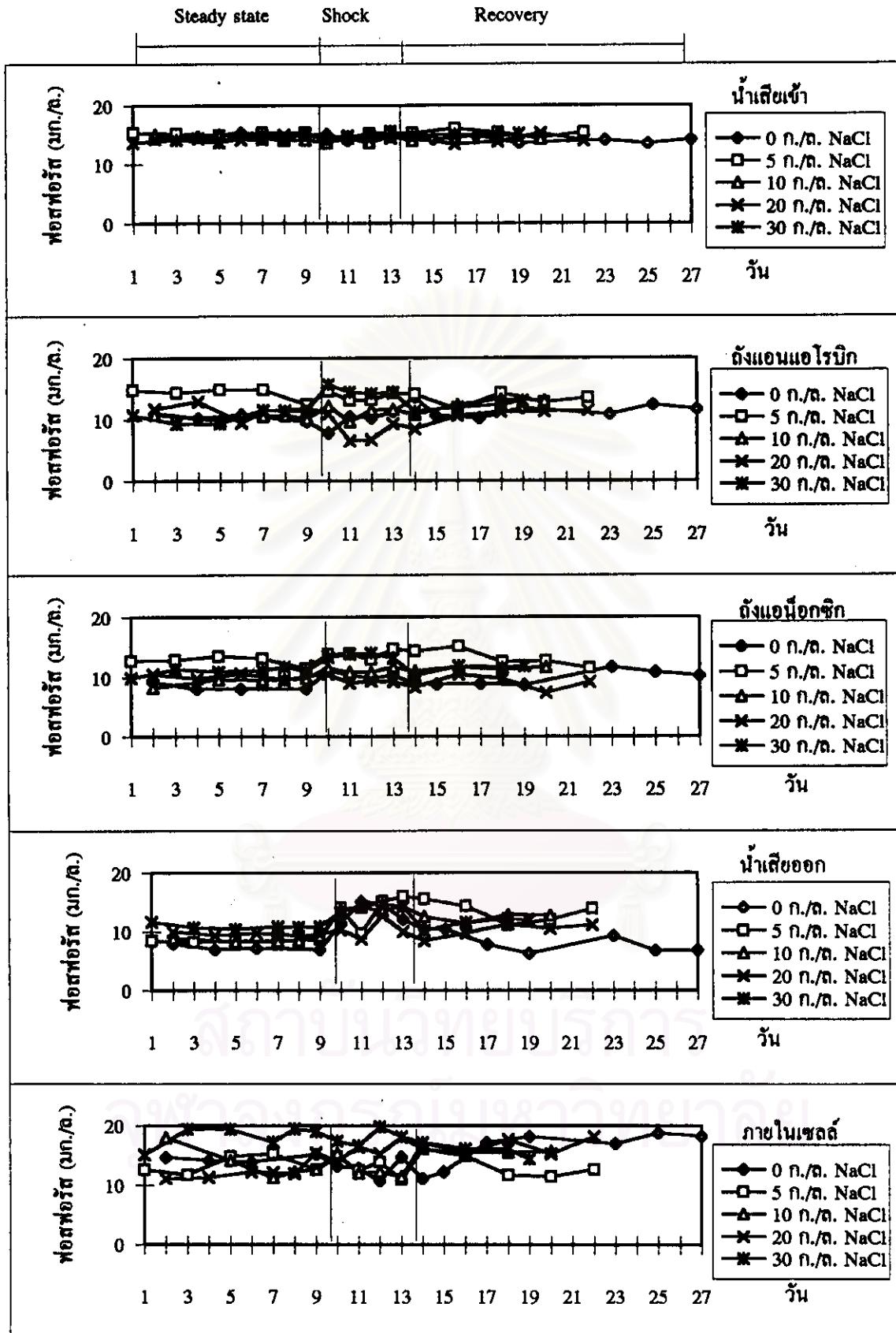
4.2.11 ค่าฟอสฟอรัส

สถานะคงตัว

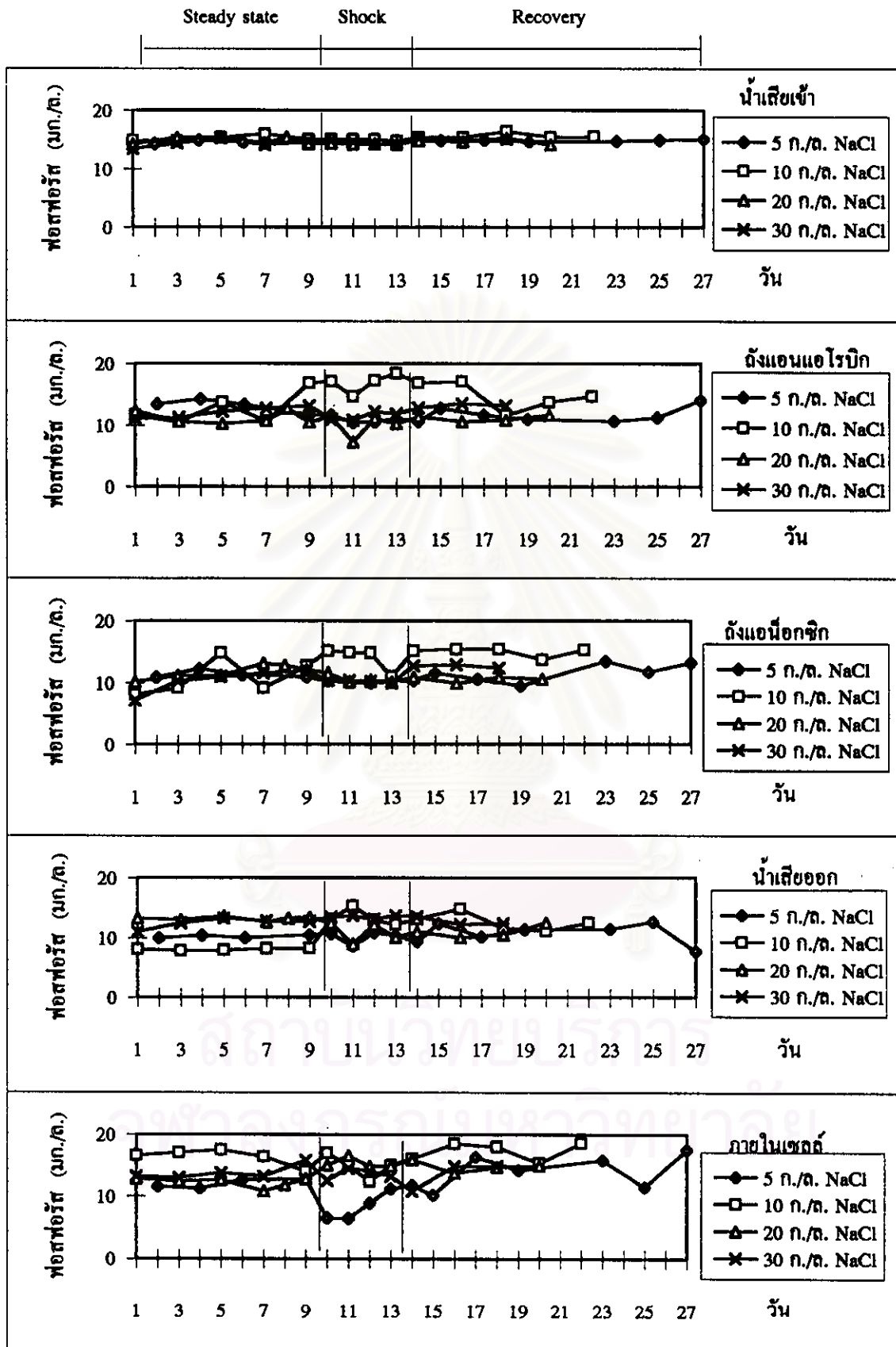
การกำจัดฟอสฟอรัสที่ได้ของชุดทดลองที่ 1 และ 2 แสดงดังรูปที่ 4.32 และ 4.33 พบว่าการกำจัดที่ได้นั้นยังมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีพอ (ตารางที่ 4.17) ทั้งนี้อาจเกิดจากมีโพธิ-พีแบคทีเรียในระบบนื้อช โดยในชุดควบคุมซึ่งไม่เติมกลอไรด์นั้นสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้เพียงร้อยละ 49.4 เท่านั้น และเมื่อเติมเกลือเข้าระบบจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดก็จะลดลงไปอีก โดยชุดทดลองที่ 1 ลดจาก 44.7 เป็น 40.5, 34.1 และ 24.1 ส่วนชุดทดลองที่ 2 ประสิทธิภาพก็มีแนวโน้มลดลงได้เท่ากับ 32.1, 46.8, 10.7 และ 13.03 เมื่อเกลือโซเดียมกลอไรด์เพิ่มขึ้นจาก 5-30 ก./ล. จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าชุดทดลองที่ 2 นั้นมีรูปแบบการลดที่ไม่แน่นอน ทั้งนี้อาจเกิดจากเซลล์นั้นมีกลอไรด์อยู่ในเซลล์มาก่อนจึงเกิดการอิมตัวด้วยกลอไรด์ เมื่อเติมกลอไรด์เข้าไปอีกเซลล์จึงรับไม่ได้ ผลการวิจัยที่ได้นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับการวิจัยของ Intrasingkha และคณะ (1997) ที่พบว่าถ้าความเค็มสูงถึง 5000 มก./ล. การกำจัดฟอสฟอรัสก็ทำได้ยากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Matsuo และ Hosobora (1988) ซึ่งพบว่าเกลือโซเดียมกลอไรด์ที่สูงกว่า 1168 มก./ล. จะมีผลต่อการจับใช้ฟอสฟอรัสเช่นเดียวกัน เพียงแต่ถ้าให้เวลาที่นานๆ โพธิ-พีแบคทีเรียก็สามารถที่จะปรับตัวให้ชินและทำงานได้ ซึ่งไม่ตรงกับผลงานวิจัยครั้งนี้ที่ถึงแม้แบคทีเรียจะชินต่อกลอไรด์แล้วแต่ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสที่ได้ก็ยังไม่ดีขึ้น

ภาวะช็อก

เมื่อระบบถูกช็อกด้วยกลอไรด์ความเข้มข้นสูง พบว่าชุดทดลองที่ 1 ประสิทธิภาพการกำจัดลดลงไปมาก คือไม่เกิดการกำจัดฟอสฟอรัสเลย ประสิทธิภาพที่ได้เพียงร้อยละ 0.7, 0.7, 1, 10 และ 1.2 เมื่อเกลือเพิ่มขึ้นจาก 0-30 ก./ล.ตามลำดับ ส่วนชุดทดลองที่ 2 ซึ่งเซลล์ทนต่อความเค็มได้บ้างแล้ว ระบบสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้บ้าง คือลดลงเหลือร้อยละ 27, 14, 14 และ 9 เมื่อเกลือเพิ่มขึ้นจาก 5-30 ก./ล. ตามลำดับ



รูปที่ 4.32 ฟอสฟอรัสในแต่ละถังของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.32 ฟอสฟอรัสทั้งหมดในแต่ละถังของชุดทดลองที่ 2

ภาวะพื้นสภาพ

ประสิทธิภาพของการกำจัดฟอสฟอรัสภายหลังจากการฟื้นฟูสภาพแล้วพบว่า สำหรับชุดควบคุม สามารถกำจัดได้ดีกว่าเดิม คือจากเดิมที่สถานะคงตัวกำจัดได้ร้อยละ 49.4 เพิ่มเป็นร้อยละ 51.4 ทั้งนี้อาจเกิดจากเกิดการล้างไถ่กลอไรด์ออกจากเซลล์ได้หมด รวมทั้งเวลาที่เดินระบบนานขึ้นด้วย จึงทำให้การกำจัดเกิดได้ดีขึ้น แต่สำหรับการทดลองที่เดิมเกลือก่อนที่จะถูกช้อนนั้นการฟื้นฟูสภาพยังทำได้ไม่คืบค คือทำได้เพียงร้อยละ 9.7, 10, 20 และ 21 ส่วนชุดทดลองที่ 2 การฟื้นฟูสภาพที่ความเข้มข้นของกลอไรด์เริ่มต้นต่ำ (5 ก./ล. ของ NaCl)สามารถทำได้ดีกว่าเดิม คือได้ถึงร้อยละ 48 ส่วนที่กลอไรด์เริ่มต้นสูงนั้น (10-30 ก./ล.)ประสิทธิภาพที่ได้ไม่คืบค คือได้เพียงร้อยละ 19.3, 11.6 และ 17.3 เท่านั้น ซึ่งอาจเป็นผลจากการอิมตัวด้วยกลอไรด์ของเซลล์นั่นเอง

ตารางที่ 4.17 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบในช่วงสถานะคงตัว

ชุดทดลอง	เกลือโซเดียมคลอไรด์	ค่าฟอสฟอรัส				ประสิทธิภาพของระบบ(%)
		น้ำเสียเข้า	แอนแอโรบิก	แอนีอกซิก	น้ำเสียออก	
1	0 ก./ล.	14.92	10.93	8.79	7.55	49.4
	5 ก./ล.	15.25	14.28	12.72	8.42	44.8
	10 ก./ล.	14.55	10.38	9.37	8.65	40.5
	20 ก./ล.	14.57	11.5	10.09	9.6	34.1
	30 ก./ล.	14.33	10.62	11.01	10.88	24.1
2	5 ก./ล.	14.77	13.71	11.26	10.03	32.1
	10 ก./ล.	15.17	12.65	10.77	8.07	46.8
	20 ก./ล.	14.82	11.17	11.75	13.24	10.7
	30 ก./ล.	14.35	12.08	10.38	12.48	13.03

4.2.12 ค่าเกลือไรต์

สถานะของตัว

ค่าความเค็มที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl salt) แต่ในการวิเคราะห์นั้นจะวัดในรูปของเกลือไรต์ (รูปที่ 4.34 และ 4.35) ซึ่งผลที่ได้เมื่อกำหนดกลับแล้วแสดงดังตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.36 และ 4.37 จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้นั้นใกล้เคียงกับความเข้มข้นที่ต้องการในแต่ละการทดลอง คือ 5, 10, 20 และ 30 ก./ล.

ภาวะช็อก

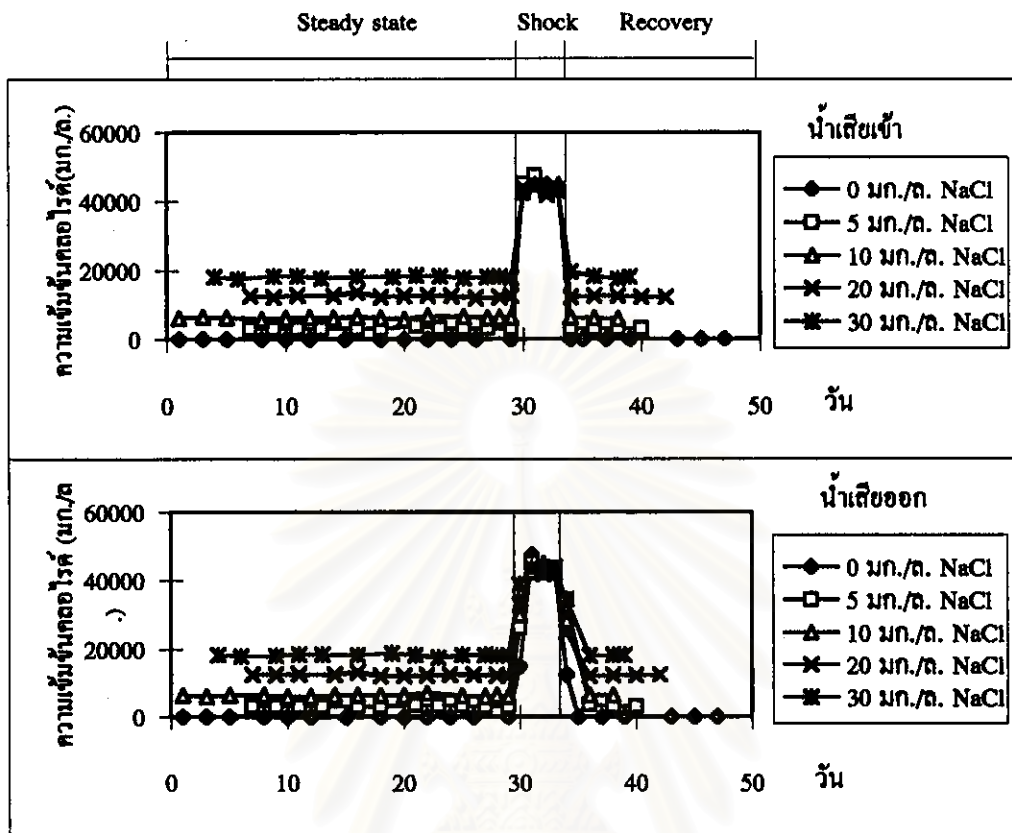
เมื่อทำการช็อกระบบด้วยเกลือไรต์เข้มข้นสูงถึง 70 ก./ล. พบว่าระบบต้องใช้เวลาน้อยเท่ากับเวลากักน้ำของระบบ คือ 14 ชม. ในการเปลี่ยนความเค็มของระบบทุกดังปฏิบัติให้ได้สูงตามต้องการ

ภาวะฟื้นฟูสภาพ

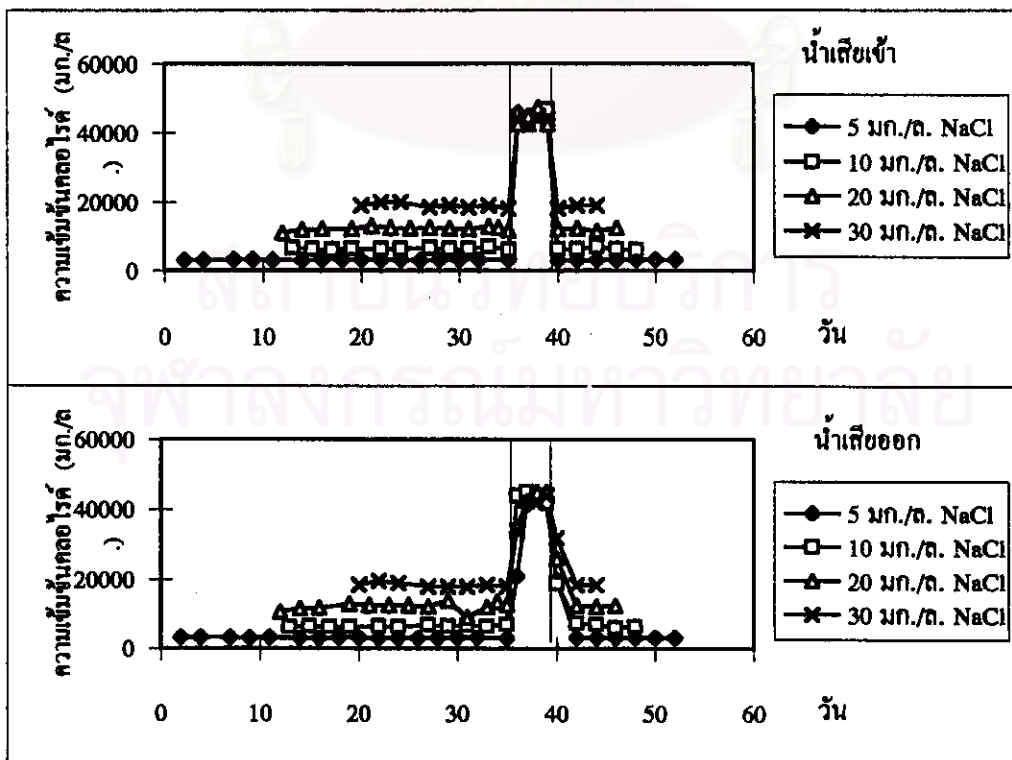
เมื่อกลับมาเติมเกลือไรต์ด้วยความเข้มข้นเดิมอีกครั้งพบว่าระบบก็ต้องการเวลาเช่นเดียวกับช่วงช็อกเพื่อให้ความเข้มข้นของเกลือไรต์ของระบบกลับเข้าสู่ภาวะเดิมอีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 4.18 ค่าความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ

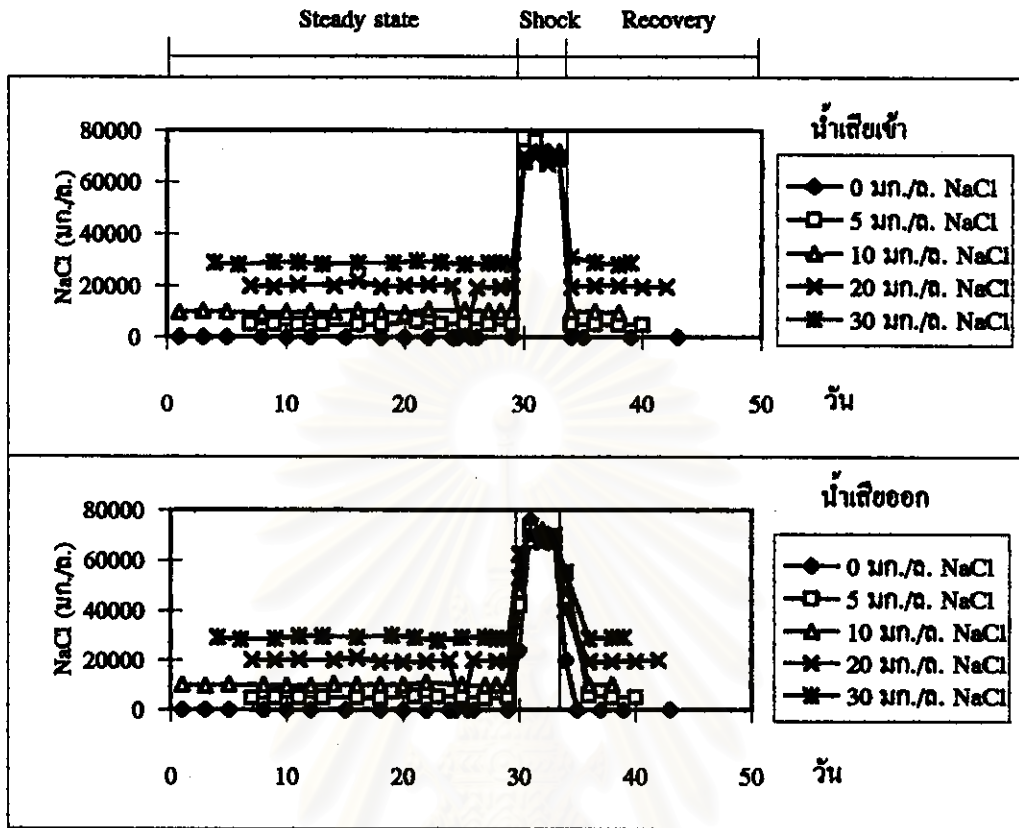
ความเข้มข้น ของเกลือ (ก./ล.)	ความเข้มข้นของเกลือไรต์ (มก./ล.)				คำนวณเป็นเกลือโซเดียมคลอไรด์(มก./ล.)			
	ชุดทดลองที่ 1		ชุดทดลองที่ 2		ชุดทดลองที่ 1		ชุดทดลองที่ 2	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
0	0	0	-	-	0	0	-	-
5	3249	3249	3131	3043	5361	5361	5161	5021
10	6348	6248	6378	6708	10474	10309	10524	11068
20	12396	12296	12271	12288	20453	20288	20247	20275
30	18028	18044	18594	18094	29746	29773	30680	29855



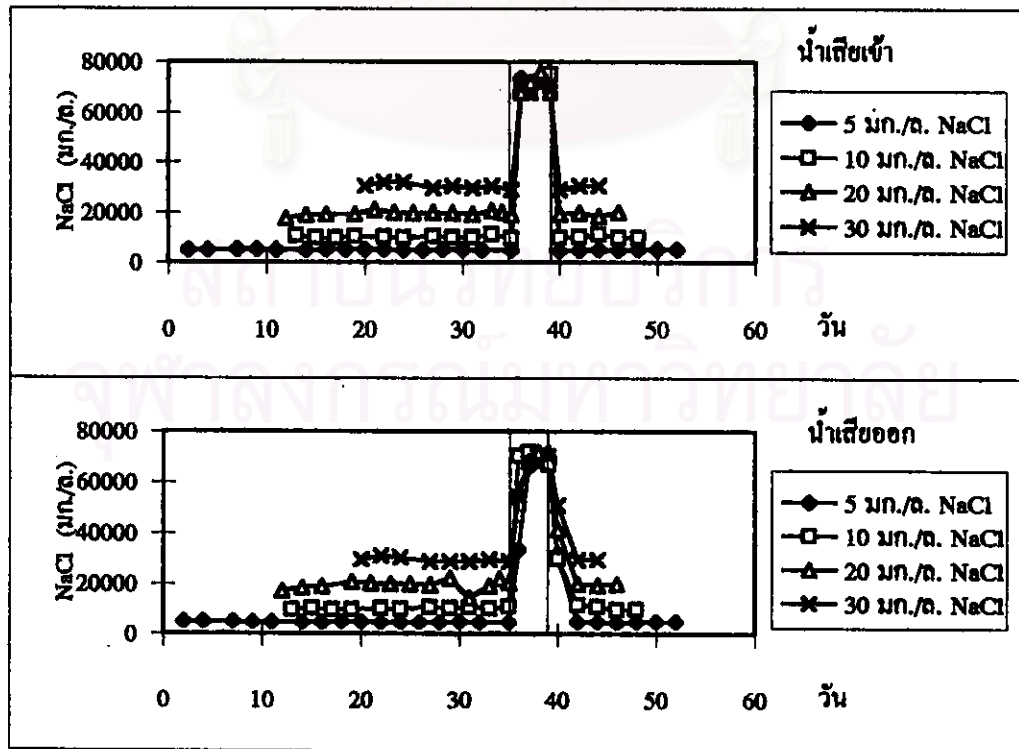
รูปที่ 4.34 ความเข้มข้นของคลอไรด์ของชุดทดลองที่ 1



รูปที่ 4.35 ความเข้มข้นของคลอไรด์ของชุดทดลองที่ 2



รูปที่ 4.36 ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ของซุกททดลองที่ 2



รูปที่ 4.37 ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ของซุกททดลองที่ 2

4.3 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผล

ผลการทดลองที่ได้นั้นสามารถวิเคราะห์ถึงผลของคลอไรด์ที่มีต่อระบบ รวมทั้งผลจากการใช้หัวเชื้อที่แตกต่างกันคือหัวเชื้อที่ไม่ชินและชินต่อคลอไรด์

4.3.1 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

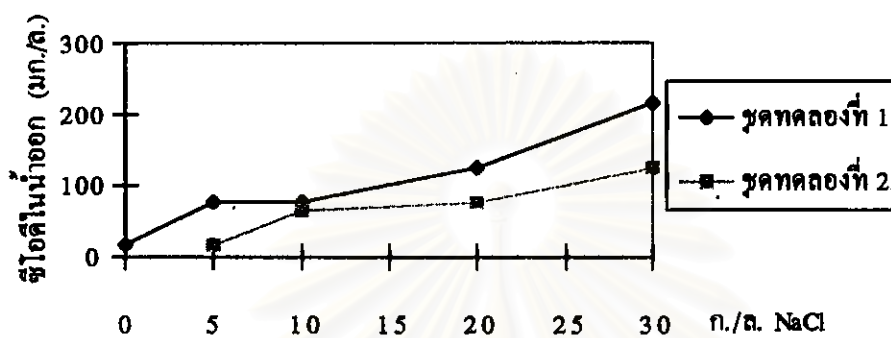
สถานะกึ่งตัว

ผลเปรียบเทียบความสามารถในการกำจัด ซีโอดีได้ของระบบที่ใช้หัวเชื้อที่แตกต่างกัน แสดงดังรูปที่ 4.38 และตารางที่ 4.19 ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของทั้งสองชุดทดลองจะลดลงเมื่อคลอไรด์มีค่าเพิ่มขึ้น โดยประสิทธิภาพจะลดลงจากร้อยละ 94 เป็น 56 ที่เกลือไฮเดียมคลอไรด์ เพิ่มจาก 0-30 ก./ล.สำหรับชุดทดลองที่ 1 และลดลงจากร้อยละ 97 เป็น 74 ที่เกลือ 5-30 ก./ล.สำหรับชุดทดลองที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของคลอไรด์สูงจะมีผลกระทบต่อหัวเชื้อที่ไม่ชินต่อคลอไรด์มากกว่า และผลที่ได้ของชุดทดลองที่ 1 แสดงให้เห็นว่าคาร์บอนแบคทีเรียหรือเฮเทอโรโทรฟ สามารถปรับตัวให้เคยชินต่อความเค็มได้ไม่มากนัก โดยสามารถรับสภาพความเค็มได้ถึง 20 ก./ล.เท่านั้น โดยที่ค่าซีโอดีส่วนใหญ่จะถูกกำจัดไปในถังแอนแอโรบิก ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นถึง 20-30 ก./ล.ของ NaCl ค่าซีโอดีในถังแอนแอโรบิกจะเพิ่มขึ้นสูงถึง 170 มก./ล. ซึ่งให้เห็นว่าความเค็มมีผลต่อ 'แพกัลเททีฟแอนแอโรบิกเฮเทอโรโทรฟ' ของระบบโดยตรง ส่วนการกำจัดซีโอดีในถังแอโรบิกและออกซิกเกิดขึ้นน้อยมากที่ความเค็มต่ำ (5-10 ก./ล.) สำหรับชุดทดลองที่ 2 นั้นการกำจัดซีโอดีในถังแอนแอโรบิกค่อนข้างเท่ากันในทุกความเข้มข้นของคลอไรด์ แสดงให้เห็นว่าความเค็มมีผลต่อระบบไม่มากนัก หากแบคทีเรียเหล่านั้นชินต่อคลอไรด์มาก่อน และมีเวลาในการปรับตัวมาบ้างแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าความเค็มนั้นต่ำกว่า 20 ก./ล. ของ NaCl

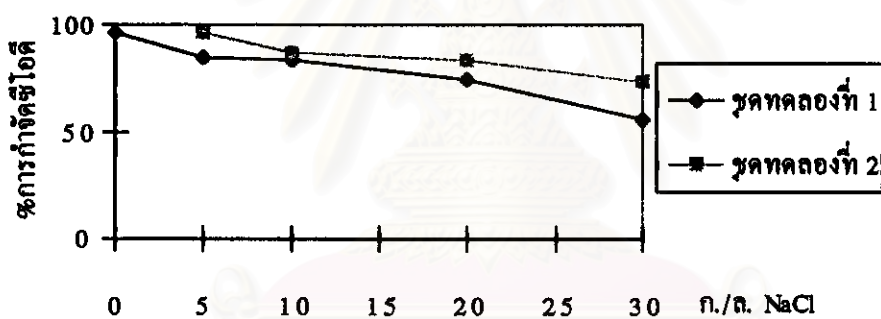
ภาวะช็อก

เมื่อระบบถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูง ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของชุดทดลองที่ 1 ก็จะลดลงไปมากเหลือเพียงร้อยละ 57 ถึง 36 ตามลำดับเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นจาก 0-30 ก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2 นั้นเมื่อถูกช็อกประสิทธิภาพก็ลดลงเช่นกัน โดยลดลงเหลือร้อยละ 76 เท่านั้นเมื่อเกลือไฮเดียมคลอไรด์เริ่มต้นเท่ากับ 5-10 ก./ล. (รูปที่ 4.39) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นถึง

10-20 ก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดกลับลดลงไปมาก เหลือเพียงร้อยละ 46 และ 40 เท่านั้นทั้งนี้ เป็นผลมาจากเซลล์แบคทีเรียเกิดการสะสมเกลือจนเข้าสู่สภาวะอิมตัวแล้วก่อนที่จะถูกช็อกคังนั้นจึง รับประทานช็อกไม่ได้

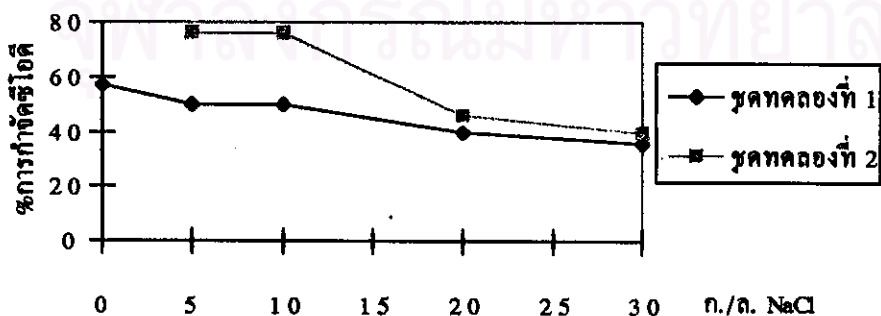


ก) ซีไอดีในน้ำออกที่สถานะคงตัว



ข) ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีที่สถานะคงตัว

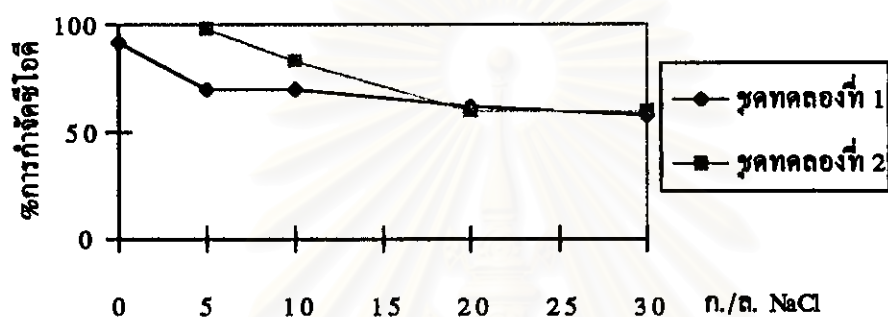
รูปที่ 4.38 ซีไอดีในน้ำเสียออกและประสิทธิภาพที่กำจัดได้ในช่วงสถานะคงตัว



รูปที่ 4.39 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของทั้งสองชุดทดลองเมื่อถูกช็อก

ภาวะพื้นสภาพ

ต่อมาเมื่อระบบพื้นสภาพก็พบว่าชุดทดลองที่ 1 นั้นสามารถฟื้นสภาพได้แต่ไม่เท่าเดิม ส่วนชุดทดลองที่ 2 ที่ความเค็ม 5-10 ก./ล. ระบบสามารถฟื้นตัวได้ประสิทธิภาพเกือบเท่าเดิม และเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นเป็น 20-30 ก./ล. นั้นประสิทธิภาพที่ฟื้นได้ค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นผลต่อเนื่องมา ประสิทธิภาพที่ลดลงไปอย่างมากตั้งแต่ถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูง (รูปที่ 4.40)



รูปที่ 4.40 ประสิทธิภาพการกักจัดซีไอดีของทั้งสองชุดทดลองภายหลังฟื้นสภาพ

ตารางที่ 4.19 ประสิทธิภาพการกักจัดซีไอดีของระบบในช่วงสถานะคงตัว

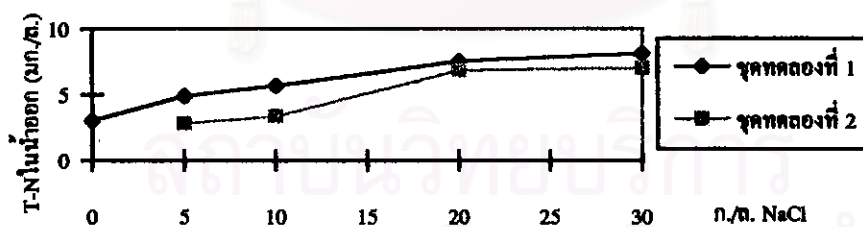
ชุดทดลอง	เกลือโซเดียมคลอไรด์	ประสิทธิภาพของระบบ (%)		
		สถานะคงตัว	ภาวะช็อก	ฟื้นสภาพ
1	0 ก./ล.	94	57	92
	5 ก./ล.	85	50	70
	10 ก./ล.	84	50	70
	20 ก./ล.	74	40	62
	30 ก./ล.	56	36	58
2	5 ก./ล.	97	76	98
	10 ก./ล.	87	76	83
	20 ก./ล.	84	46	60
	30 ก./ล.	74	40	60

4.3.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจน

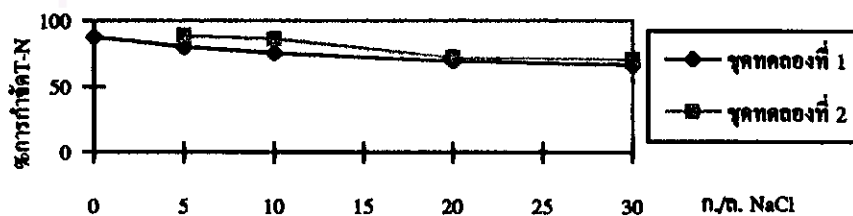
1. ไนโตรเจนทั้งหมด (T-N)

สถานะคงตัว

ไนโตรเจนทั้งหมดของระบบ คือ ทีเคเอ็นที่วัดได้รวมกับค่าไนไตรต์และไนเตรตในถังปฏิกรณ์ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.20 ซึ่งสำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดของชุดทดลองทั้งสองที่แสดงดังรูปที่ 4.41 จะเห็นได้ว่า ความเค็มมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดเช่นเดียวกับซีโอไซด์ กล่าวคือในช่วงสถานะคงตัว เมื่อคลอไรด์เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดของชุดทดลองที่ 1 ลดลงจากร้อยละ 87.8 เป็น 66.9 โดยมีความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดที่ออกไปในน้ำเสียออกมีค่าเท่ากับ 3.04-8.13 มก./ล. ที่ความเค็ม 0-30 ก./ล. ตามลำดับ ส่วนในชุดทดลองที่ 2 ประสิทธิภาพก็ลดลงจากร้อยละ 88.8 เป็น 71.3 และมีไนโตรเจนทั้งหมดที่ออกไปเท่ากับ 2.82-7.05 มก./ล.ตามลำดับของความเค็มที่เพิ่มขึ้นจาก 5-30 ก./ล. ซึ่งค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ออกจากระบบของทั้งสองระบบนี้จัดว่ายังไม่เกินมาตรฐาน (10 ก./ล.) จากผลโดยรวมแล้ว ถึงแม้ความเข้มข้นต่อคลอไรด์จะสูงถึง 30 ก./ล. แต่ระบบก็ยังสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดี แสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนแบคทีเรียในระบบนี้มีความสามารถในการปรับตัวและทำงานได้ในน้ำเสียที่มีความเค็มสูง



ก) ไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำออก



ข) ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด

รูปที่ 4.41 ไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำออกและประสิทธิภาพการกำจัดที่สถานะคงตัว

ตารางที่ 4.20 ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดของระบบในช่วงสถานะคงตัว

ชุดทดลอง	เกลือโซเดียมคลอไรด์	ค่าไนโตรเจนทั้งหมด				ประสิทธิภาพของระบบ(%)
		น้ำเสียเข้า	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ออกซิเจน	
1	0 ก./ล.	24.97	11.94	5.91	3.04	87.8
	5 ก./ล.	24.98	13.92	7.82	4.89	80.4
	10 ก./ล.	23.58	10.5	4.78	5.7	75.8
	20 ก./ล.	24.78	13.6	11.27	7.57	69.5
	30 ก./ล.	24.55	13.33	11.74	8.13	66.9
2	5 ก./ล.	25.2	13.59	5.97	2.82	88.8
	10 ก./ล.	24.5	12.29	6.36	3.4	86.1
	20 ก./ล.	23.61	11.36	5.08	6.84	71.0
	30 ก./ล.	24.53	12.11	7.14	7.05	71.3

ภาวะช็อก

ต่อมาเมื่อระบบถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูงถึง 70 ก./ล. พบว่าทั้งชุดทดลองที่ 1 และ 2 มีความสามารถในการกำจัดลดลง โดยชุดทดลองที่ 1 ลดลงมากกว่าคือลดลงเหลือเพียงร้อยละ 45, 69, 68, 46 และ 42 ตามลำดับความเค็มที่เพิ่มจาก 0 เป็น 30 ก./ล. ด้วย ส่วนชุดทดลองที่ 2 ก็ลดลงเช่นกันจากร้อยละ 68 เป็น 68, 66 และ 60 เมื่อความเค็มเพิ่มจาก 5-30 ก./ล. แต่ไนโตรเจนทั้งหมดที่ออกไปของชุดทดลองที่ 2 นั้นยังอยู่ในมาตรฐาน คืออยู่ในช่วง 8-10 มก./ล. ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ถ้าระบบใช้หัวเชื้อที่ชินต่อคลอไรด์มาก่อนความสามารถในการรับสภาพช็อกก็จะดีกว่า

ภาวะฟื้นสภาพ

เมื่อระบบกลับฟื้นสภาพ แนวโน้มก็เป็นเช่นเดิม คือระบบที่ใช้หัวเชื้อที่ชินต่อคลอไรด์มาก่อนก็จะสามารถฟื้นสภาพได้ดีกว่า โดยสามารถกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดได้เกือบเท่าเดิม (กำจัดได้ร้อยละ 82, 79, 82 และ 73) ซึ่งน้ำที่ออกจากระบบก็ได้มาตรฐานด้วย ส่วนชุดทดลองที่ 1 นั้นก็ฟื้น

สภาพได้เช่นกันแต่ไม่ตีเท่า คือเพียงร้อยละ 72, 57, 69, 69 และ 65 เท่านั้น ทำให้ไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำออกมากขึ้น แต่ส่วนใหญ่ก็ยังอยู่ในมาตรฐาน

2. ทีเคเอ็น ไนเตรต และไนไตรต์

สถานะคงตัว

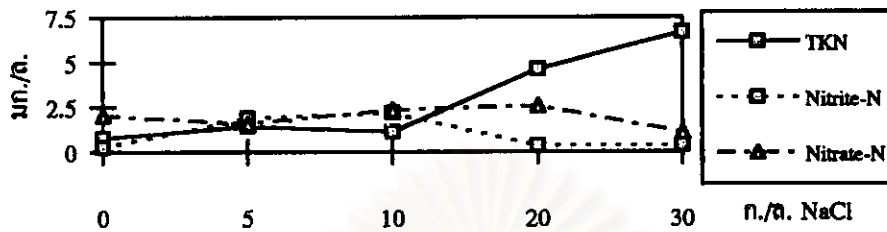
รูปที่ 4.42 แสดงค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ไนเตรต และไนไตรต์ในน้ำออกที่ความเข้มข้นของเกลือค่าต่างๆ ในช่วงสถานะคงตัวนั้นผลที่เกิดขึ้นของชุดทดลองที่ 1 พบว่าเมื่อความเข้มข้นไนเตรตในถังออกซิเจนมีค่าลดลงในขณะที่ทีเคเอ็นในถังนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไนคริฟิเคชันของระบบ โดยการลดลงของค่าไนเตรตนั้นก็มิผลให้ค่าทีเคเอ็นในถังแอน็อกซิเจนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เมื่อพิจารณาที่ระบบควบคุม (0 ก./ล. ของ NaCl) ที่ถังออกซิเจนจะเห็นได้ว่าทีเคเอ็นและไนไตรต์จะมีค่าต่ำ ส่วนไนเตรตนั้นก็กลับมีค่าสูงแสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาไนคริฟิเคชันเกิดได้ดี และเมื่อเติมเกลือสูงขึ้นเป็น 5-10 ก./ล. พบว่าทั้งไนเตรตและไนไตรต์ในถังนี้มีค่าสูงขึ้นไปอีก ซึ่งให้เห็นว่าความเข้มข้นมีผลให้ไนโตรแบคทีเรียไม่สามารถเปลี่ยนไนไตรต์ทั้งหมดให้เป็นไนเตรตได้ เมื่อความเข้มข้นในระบบสูงถึง 20-30 ก./ล. พบว่าอัตราการเกิดไนคริฟิเคชันยิ่งน้อยลงไปอีก สังเกตได้จากค่าไนไตรต์และไนเตรตในถังออกซิเจนที่ค่อนข้างต่ำ แต่อย่างไรก็ตามผลของความเข้มข้นที่มีต่อความเข้มข้นของกลุ่มไนโตรเจนก็ยังจัดได้ว่าน้อย กล่าวคือมีความแตกต่างของไนโตรเจนแต่ละตัวในแต่ละการทดลองไม่มากนัก

ส่วนชุดทดลองที่ 2 ซึ่งใช้หัวเชื้อที่ชินต่อคลอไรด์มาก่อน ผลกระทบต่อไนคริฟายเออร์แบคทีเรียจึงมีไม่มากนัก โดยจะเห็นได้ว่า ค่าทีเคเอ็นในแต่ละการทดลองเมื่อความเข้มข้นนั้นมีค่าต่างกันไม่มากนัก ขณะเดียวกันค่าไนไตรต์ของระบบก็มีค่าน้อยมาก กล่าวโดยสรุป คือไนโตรเจนแบคทีเรียมีความสามารถในการปรับตัวให้เคยชินกับสภาพความเข้มข้นสูงได้ถึง 30 ก./ล.ทีเดียว

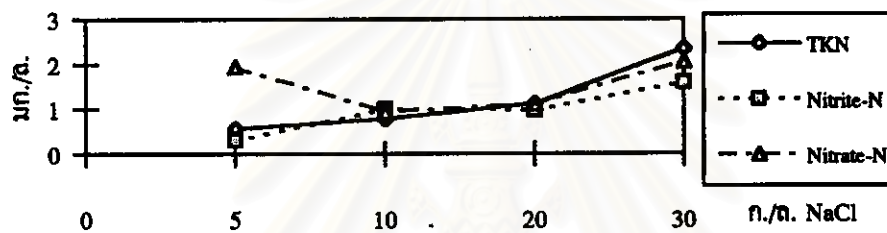
ภาวะช็อก

ต่อมาเมื่อพิจารณาในช่วงที่ระบบถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูง (รูปที่ 4.43) จะเห็นได้ว่า จากผลการทดลองที่ได้มีค่าไนเตรตในถังแอนแอโรบิกจะมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ไนถังออกซิเจนกลับลดลงเล็กน้อยมาก ส่วนไนไตรต์นั้นก็เกิดขึ้นน้อยมากในทุกถังเช่นกัน และค่าทีเคเอ็นที่

ออกจากระบบก็สูงขึ้นด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเค็มสูงมากแบบร็อกนั้น มีผลต่อการทำงานของไนโตรเจนแบคทีเรีย ทำให้การเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันของระบบเกิดขึ้นน้อยมาก

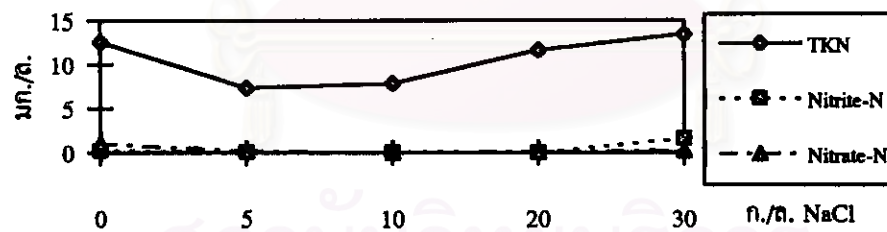


ก) ชุดทดลองที่ 1 (ไม่หินต่อคลองไรค์)

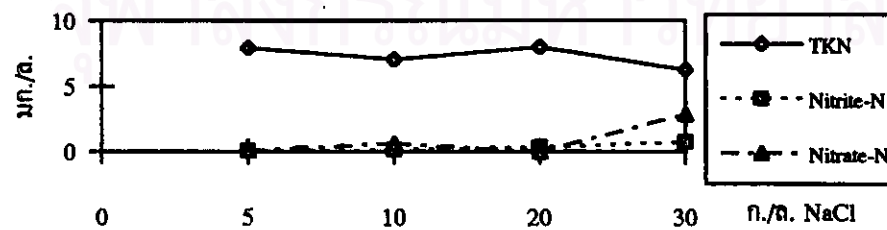


ข) ชุดทดลองที่ 2 (หินต่อคลองไรค์)

รูปที่ 4.42 ที่เคเอ็น ไนโทรค และไนเตรดในน้ำเสียออกที่สถานะคงตัว



ก) ชุดทดลองที่ 1 (ไม่หินต่อคลองไรค์)

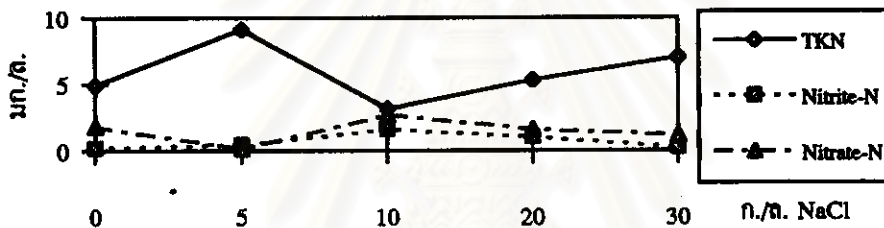


ข) ชุดทดลองที่ 2 (หินต่อคลองไรค์)

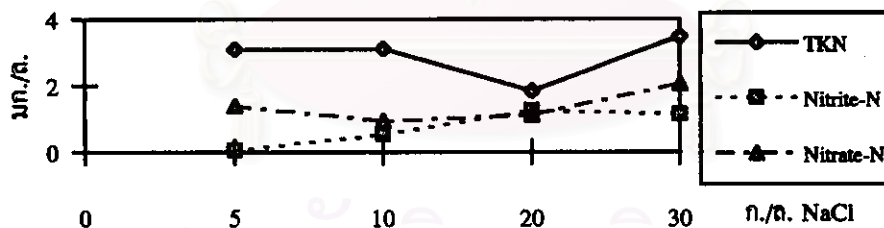
รูปที่ 4.43 ที่เคเอ็น ไนโทรค และไนเตรดในน้ำเสียออกที่ภาวะร็อก

ภาวะพื้นสภาพ

เมื่อกลับมาเดิมเกลียดด้วยความเข้มข้นเดิมอีกครั้ง (รูปที่ 4.44) พบว่าเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว ระบบที่ใช้หัวเชื้อที่ชินต่อคลอไรด์มาก่อนนั้นสามารถที่จะทำงานได้เป็นปกติมากกว่า โดยได้ผลเกือบเหมือนก่อนที่จะถูกช็อก คือมีค่าไนเตรตสูงในถังออกซิก ส่วนไนไตรต์และทีเคเอ็นนั้นต่ำ ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงว่าปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันเกิดได้ดี สำหรับชุดทดลองที่ 1 นั้นที่ความเข้มข้นของคลอไรด์ต่ำ (0-5 ก./ล ของ NaCl) ในเทรตในถังออกซิกยังเกิดขึ้นไม่มากนัก และค่าไนไตรต์ก็ยังมีมากนั่นคือไนโตรแบคทีเรียทำงานยังไม่ได้ดีนัก และเมื่อคลอไรด์สูงขึ้นในเทรตเกิดได้มากขึ้น แต่ไนไตรต์ก็ยังคงมีมาก ซึ่งก็แสดงว่าไนโตรแบคทีเรียทำงานได้มากขึ้นแต่ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันของระบบเกิดได้ไม่สมบูรณ์



ก) ชุดทดลองที่ 1 (ไม่ชินต่อคลอไรด์)



ข) ชุดทดลองที่ 2 (ชินต่อคลอไรด์)

รูปที่ 4.44 ทีเคเอ็น ไนไตรต์ และไนเตรตในน้ำเสียออกภายหลังพื้นสภาพ

4.3.3 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส

สถานะกวด

การกำจัดฟอสฟอรัสในการวิจัยครั้งนี้ยังได้ผลไม่ชัดเจนเท่าใดนัก ทั้งนี้อาจเกิดจาก PAB ในระบบเกิดได้ไม่มากพอ จึงมีผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดไม่สูงนัก แต่เมื่อดูภาพโดยรวมของ

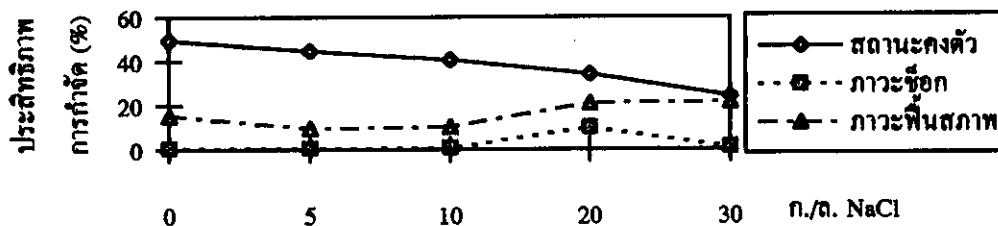
การกำจัด ที่แสดงดังรูปที่ 4.45 แล้วจะเห็นได้ว่าในช่วงสถานะคงตัว เมื่อคลอไรด์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของทั้งสองชุดทดลอง มีแนวโน้มลดลงแต่ก็ลดไม่มากนัก ซึ่งจะเห็นว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำออกนั้นยังสูงถึง 7.7-10.3 มก./ล. ตามลำดับของคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นจาก 0-30 ก./ล. แสดงให้เห็นว่ามีการจับใช้ฟอสฟอรัสในเซลล์น้อยมาก นอกจากนี้ลักษณะของหัวเชื้อที่จับต่อคลอไรด์มาก่อนก็มีผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดดีขึ้นกว่าเดิมได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับฟอสฟอรัสในเซลล์จะมีประมาณร้อยละ 1.2-1.8 เท่านั้น(รูปที่ 4.46)ซึ่งได้เท่ากับระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ทั่วไป เหตุผลที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากระบบอยู่ในภาวะอุณหภูมิต่ำเกินไปสำหรับ PAB (28-33° ซ., Mamais and Jenkins, 1992) หรือเวลาที่ PAB อยู่ในระบบอาจจะยังไม่เพียงพอ (Okada *et al*, 1991) ดังนั้นการสังเกตผลกระทบของความเค็มจึงไม่สามารถสรุปแน่ชัดลงไปได้

ภาวะช็อก

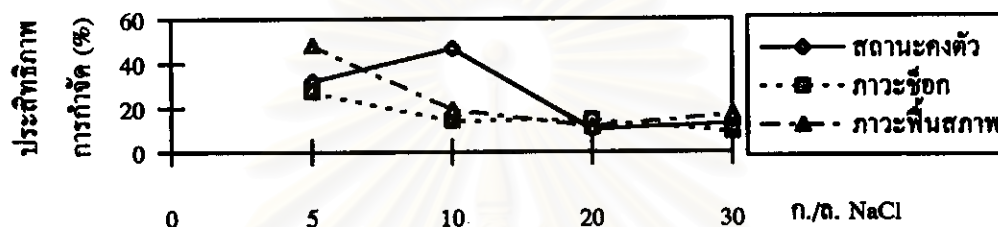
เมื่อระบบถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูงจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของชุดทดลองที่ 1 เกิดขึ้นน้อยมากไม่สามารถกำจัดได้เลย คือมีฟอสฟอรัสในน้ำออกสูงชัน ซึ่งก็เป็นผลมาจากมีเซลล์ออกไปกับน้ำเสียออกมากขึ้นนั่นเอง ในขณะที่ชุดทดลองที่ 2 ซึ่งหัวเชื้อจับต่อคลอไรด์มาบ้างแล้ว ที่ความเค็มเริ่มต้นต่ำ (5-10 ก./ล.) ประสิทธิภาพก็ลดลงไปมากเช่นกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับแล้วก็สามารถทนสภาพช็อกได้ดีกว่าชุดทดลองที่ 1

ภาวะฟื้นฟูสภาพ

ภายหลังจากฟื้นฟูสภาพแล้วชุดทดลองที่ 1 ส่วนใหญ่ก็ไม่สามารถฟื้นฟูสภาพกลับมาได้ดีนัก ยกเว้นกรณีชุดควบคุมที่คลอไรด์เป็น 0 มก./ล. ซึ่งภายหลังช็อกเมื่อเลิกเติมคลอไรด์เข้าระบบ คลอไรด์ที่มีอยู่ในเซลล์ จะถูกล้างไล่ออกไป ประกอบกับเวลาที่เซลล์เหล่านั้นอยู่ในระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ดังนั้นประสิทธิภาพที่ฟื้นฟูได้จึงดีกว่าเดิม สำหรับชุดทดลองที่ 2 นั้นที่เกลือโซเดียมคลอไรด์เริ่มต้น 5 ก./ล. การฟื้นตัวสามารถทำได้ดีกว่าเดิม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่แบคทีเรียจับต่อคลอไรด์มาก่อนและถูกเลี้ยงต่อเนื่องนานขึ้นนั่นเอง และเมื่อเกลือเพิ่มขึ้นจาก 10-30 ก./ล. การฟื้นฟูสภาพก็สามารถทำได้ดีเกือบเท่าเดิมทีเดียว

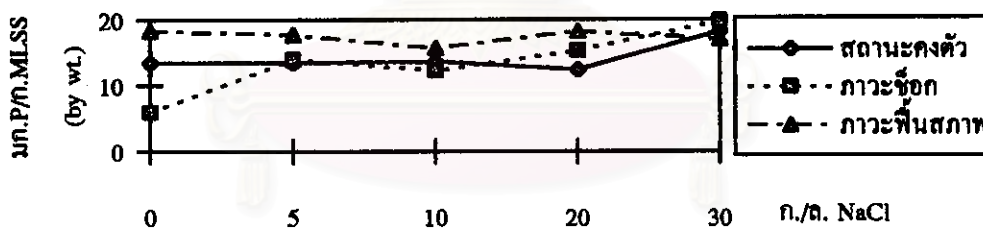


ก) ชุดทดลองที่ 1 (ไม่ฉีดปุ๋ย)

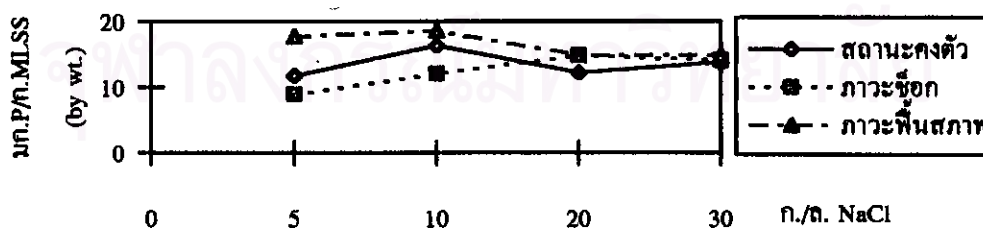


ข) ชุดทดลองที่ 2 (ฉีดปุ๋ย)

รูปที่ 4.45 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของทั้งสองชุดทดลอง



ก) ชุดทดลองที่ 1 (ไม่ฉีดปุ๋ย)



ข) ชุดทดลองที่ 2 (ฉีดปุ๋ย)

รูปที่ 4.46 ฟอสฟอรัสภายในเซลล์ของทั้งสองชุดทดลอง

4.3.4 อัตราการใช้ออกซิเจนจำเพาะ (SOUR)

สถานะคงตัว

อัตราการใช้ออกซิเจนจำเพาะของทั้งสองชุดทดลองแสดงคังรูปที่ 4.47 ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่สถานะคงตัวนั้นเมื่อคลอไรด์เพิ่มขึ้น SOUR ของทั้งสองชุดทดลองก็จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยชุดทดลองที่ 1 เพิ่มขึ้นจาก 5.4 เป็น 6.12, 6.84, 8.28 และ 9.72 mg O₂/g MLSS.hr เมื่อเกลือเพิ่มขึ้นจาก 0-30 ก./ล. ซึ่งชุดทดลองที่ 2 ก็เพิ่มเช่นเดียวกัน โดยเพิ่มจาก 6.87 เป็น 8.28, 10.08 และ 17.64 mg O₂/g MLSS.hr ที่คลอไรด์ 5-30 ก./ล. ตามลำดับ ซึ่งจากค่าอัตราการใช้ออกซิเจนจำเพาะที่ได้นี้จะมีค่าต่ำกว่าอัตราการใช้ออกซิเจนจำเพาะจากงานวิจัยของ Daukss และคณะ (1994) ที่ได้ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนจำเพาะเฉลี่ยประมาณ 10.8 mg O₂/g MLSS.hr ทั้งนี้เป็นผลมาจากกระบวนการบำบัดที่ Daukss และคณะ ใช้มันเป็นกระบวนการแยกทิวเต็คตติคัจซึ่งกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนในถังแอโรบิกโดยตรง ในขณะที่กระบวนการแยกทิวเต็คตติคัจแบบฟอริคอกซ์ 3 ชั้นตอนนี้สารอินทรีย์คาร์บอนส่วนใหญ่จะถูกกำจัดไปในถังแอนแอโรบิก ดังนั้นเมื่อวัดอัตราการใช้ออกซิเจนจำเพาะในถังออกซิที่สารอินทรีย์คาร์บอนเหลือน้อยแล้ว ค่าที่ได้จึงมีค่าค่อนข้างต่ำนั่นเอง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองชุดทดลองที่ความเข้มข้นเกลือเท่ากันนั้นจะเห็นได้ว่า ชุดที่รับคลอไรด์นั้นจะมีอัตราที่สูงกว่าและยังคลอไรด์สูงขึ้นมาก ความแตกต่างของอัตราการใช้ออกซิเจนจำเพาะก็ยิ่งต่างกันมากขึ้น

เมื่อพิจารณาอัตราการใช้ออกซิเจนควบคู่ไปกับประสิทธิภาพการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ในรูปซีโอตินั้นพบว่า เมื่อคลอไรด์สูงขึ้นการกำจัดซีโอติทำได้มีน้อยลงแต่อัตราการใช้ออกซิเจนกลับสูงขึ้นกว่าเดิม ทั้งนี้คาดว่าความเค็มที่สูงมากมีผลให้เกิดแรงดันออสโมติกที่สูงขึ้นส่งผลให้เซลล์เกิดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ ดังนั้นเพื่อให้เซลล์ดำรงชีพอยู่ได้ แบคทีเรียจึงต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาน้ำในไซโตพลาสติกเมมเบรนไว้ให้ได้ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าอัตราการใช้ออกซิเจนจำเพาะที่สูงขึ้นนั้นเกิดจากกระบวนการหายใจของจุลชีพ ไม่ใช่การออกซิเดชันสารอาหาร

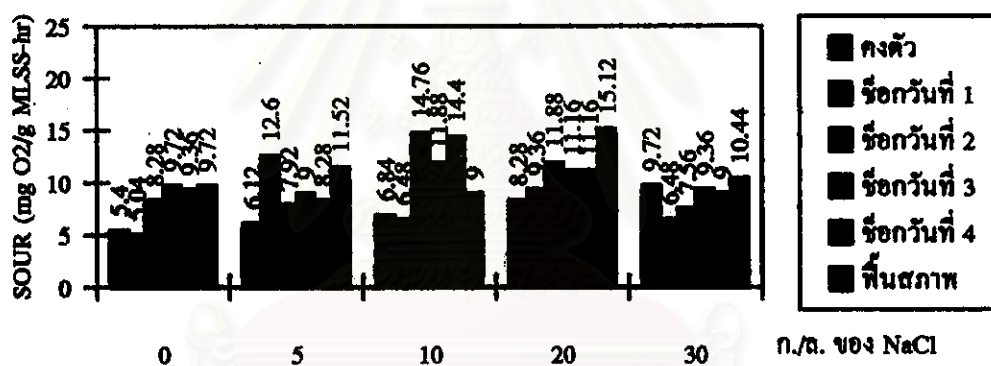
ภาวะช็อก

เมื่อเซลล์ถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูง สำหรับชุดทดลองที่ 1 ที่เกลือโซเดียมคลอไรด์ 0-20 ก./ล. พบว่าอัตราการใช้ออกซิเจนก็สูงขึ้นไปอีก ซึ่งคาดว่าเกิดจากเหตุผลเดียวกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่ที่เกลือเริ่มคืนเข้มข้นสูงถึง 30 ก./ล. ซึ่งแบคทีเรียชินต่อความเข้มข้นสูงนี้นาน

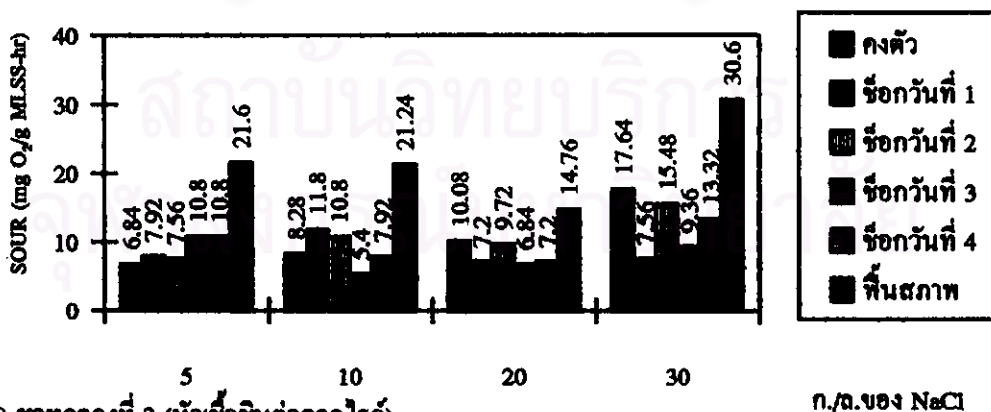
แล้ว เมื่อถูกซ็อกผลที่ได้จึงไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก สำหรับชุดทดลองที่ 2 ที่ 5 ก./ล.NaCl ก็มีลักษณะคล้ายกันคือต้องการพลังงานจากการใช้ออกซิเจนมากขึ้นเพื่อรักษาน้ำในเซลล์ แต่เมื่อเกลือไฮเดียมคลอไรด์สูงขึ้น (10-30 ก./ล.) แบคทีเรียซึ่งชินต่อคลอไรด์อยู่แล้วนั้นก็สามารถปรับสภาพรับการซ็อกได้ SOUR ก็ลดต่ำลงตามการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ที่น้อยลงนั่นเอง

ภาวะพื้นสภาพ

เมื่อระบบพื้นสภาพจะเห็นได้ว่า อัตราการใช้ออกซิเจนของทั้งสองชุดทดลองก็ยังคงเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิมอีก โดยชุดทดลองที่ใช้หัวเชื้อที่ชินต่อคลอไรด์มาก่อนกลับใช้มากกว่า ทั้งนี้อาจเกิดจากเซลล์เหล่านั้นมีความอึดตัวด้วยคลอไรด์สูงมากกว่า เมื่อความเข้มข้นภายนอกเซลล์ลดลง แบคทีเรียก็ยังคงใช้พลังงานมากเพื่อรักษาสภาพผนังเซลล์ไม่ให้แตกออกเนื่องจากการบวมน้ำ



ก) ชุดทดลองที่ 1 (หัวเชื้อไม่ชินต่อคลอไรด์)



ข) ชุดทดลองที่ 2 (หัวเชื้อชินต่อคลอไรด์)

รูปที่ 4.47 อัตราการใช้ออกซิเจนจำเพาะในแต่ละสถานะ

4.3.5 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันจำเพาะ (SNR)

สถานะคงตัว

ในช่วงสถานะคงตัว เมื่อคลอไรด์เพิ่มขึ้นพบว่าทั้งชุดทดลองที่ 1 และ 2 ค่า SNR จะมีค่าลดลง (ตารางที่ 4.21 และรูปที่ 4.48) โดยชุดทดลองที่ 1 นั้นลดลงจาก 4.76 เป็น 2.14 mg NH₄⁺-N/g MLSS.hr เมื่อเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นจาก 0-30 ก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ 2 นั้นก็ลดลงจาก 3.84 เป็น 2.71 mg NH₄⁺-N/g MLSS.hr เมื่อเกลือเพิ่มจาก 5-30 ก./ล. ตามลำดับ ค่า SNR ที่ได้ในการทดลองนี้เมื่อเปรียบเทียบกับผลวิจัยของ Randall และคณะ (1992) ดังแสดงในตารางที่ 4.22 จะเห็นได้ว่าอัตราที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของนักวิจัยอื่น ซึ่งก็แสดงถึงแม้ว่าน้ำเสียจะมีค่าความเค็ม แต่ไนตริฟายเออร์แบคทีเรียก็ยังจะสามารถทำงานได้ดี

เมื่อเปรียบเทียบที่ค่าความเข้มข้นของคลอไรด์ที่เท่ากันนั้นพบว่าชุดทดลองที่ 2 ซึ่งหัวเชื้อชินต่อคลอไรด์มาก่อนนั้นจะมีอัตราการออกซิไดซ์แอมโมเนียสูงกว่าชุดทดลองที่ 1 ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าไนตริฟายอิงแบคทีเรียในชุดทดลองที่ 2 นั้นสามารถปรับตัวให้เคยชินต่อสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มสูงได้แล้วนั่นเอง โดยผลที่ได้นี้ก็สอดคล้องกับการกำจัดที่เค็มที่ลดลงเมื่อคลอไรด์เพิ่มขึ้น โดยที่เค็มเหลืออยู่ในถังแอมโรบิกมากขึ้น ในขณะที่มีค่าไนเตรดเกิดขึ้นน้อยลงด้วย และชุดทดลองที่ 2 ก็สามารถกำจัดได้ดีกว่าชุดทดลองที่ 1 ด้วยเช่นกัน

ภาวะช็อก

ต่อมาเมื่อระบบถูกช็อกด้วยคลอไรด์ความเข้มข้นสูง จะเห็นได้ว่าอัตรานั้นจะลดต่ำลงมาอีกมากทั้งสองชุดทดลอง แต่เมื่อเปรียบเทียบทุกการทดลองที่มีความเข้มข้นของคลอไรด์ต่างกันนั้น ผลที่เกิดจากการช็อกก็ไม่ต่างกันนัก กล่าวคือประสิทธิภาพต่ำมากเช่นเดียวกันหมด ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าผลกระทบของคลอไรด์นั้นไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของหัวเชื้อที่ใช้หรือความเคยชินต่อคลอไรด์มาก่อนของระบบเท่าใดนัก หรือไม่ก็เป็นเพราะระบบถูกช็อกด้วยคลอไรด์สูงมาก จนกระทั่งแบคทีเรียทนไม่ได้แล้ว คือเกินขีดจำกัดแล้ว

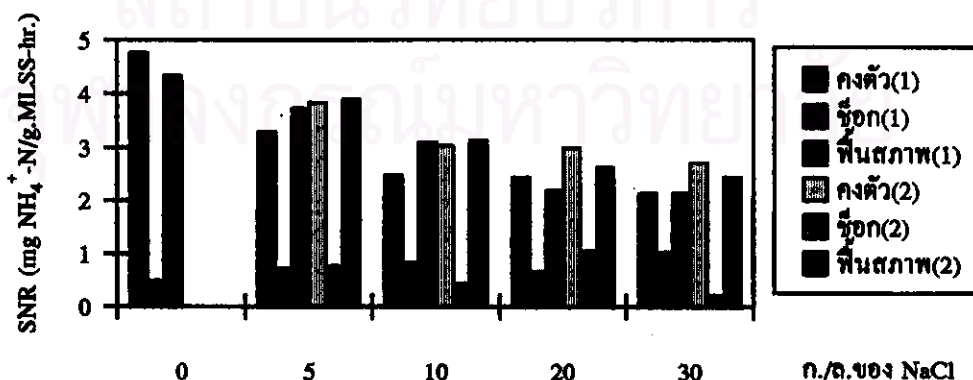
ภาวะฟื้นสภาพ

ต่อมาเมื่อกลับมาเติมคลอไรด์ด้วยความเข้มข้นเดิมอีกครั้งพบว่า ทั้งสองชุดทดลองสามารถ

พื้นผิวได้ดีเกือบเท่าเดิม ดังจะเห็นได้ว่า สำหรับชุดทดลองที่ 1 ที่ความเข้มข้นเกลือต่ำ (5-10 ก./ล.) นั้นระบบสามารถฟื้นฟูสภาพได้ดีกว่าเดิมเสียอีก คือจาก 3.26 และ 2.48 mg NH₄⁺-N/g MLSS.hr ก็ฟื้นได้เป็น 3.73 และ 3.10 mg NH₄⁺-N/g MLSS.hr ตามลำดับ และชุดทดลองที่ 2 ก็เป็นเช่นเดียวกันที่เกลือ 5-10 ก./ล. ที่ฟื้นฟูสภาพได้จาก 3.84 และ 3.04 mg NH₄⁺-N/g MLSS.hr เป็น 3.89 และ 3.13 mg NH₄⁺-N/g MLSS.hr ตามลำดับ ซึ่งเมื่อกลอรไค์เริ่มต้นสูงขึ้น (20-30 ก./ล.) ประสิทธิภาพที่ฟื้นได้ก็ต่ำลงบ้างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ไนโตรไฟเฮอร์แบคทีเรียจะทนต่อสภาพซ็อกถึง 70 ก./ล. ได้ไม่คืนึก แต่ก็สามารถที่จะปรับตัวฟื้นฟูสภาพได้ดี เช่นเดียวกับผลจากการวิจัยของ Ludzack และ Noran (1965) ที่พบว่าเมื่อกลอรไค์สูงถึง 20 ก./ล. SNR จะถูกยับยั้งโดยแสดงผลภายหลังจากรับสภาพความเค็มแล้ว 24 ชั่วโมง แต่สามารถฟื้นตัวเพิ่มขึ้นได้ภายใน 3 ชั่วโมงหลังจากเปลี่ยนความเข้มข้นของกลอรไค์จากสูงๆนั้นมาที่ความเข้มข้นต่ำอีกครั้ง

ตารางที่ 4.21 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไนคริฟิเคชันของชุดทดลองที่ 1 และ 2

ความเข้มข้น เกลือโซเดียม กลอรไค์ (ก./ล.)	SNR ของชุดทดลองที่ 1 (mg NH ₄ ⁺ -N/g MLSS.hr.)			SNR ของชุดทดลองที่ 2 (mg NH ₄ ⁺ -N/g MLSS.hr.)		
	สถานะคงตัว	ซ็อกวันที่ 3	ฟื้นฟูสภาพ	สถานะคงตัว	ซ็อกวันที่ 3	ฟื้นฟูสภาพ
0	4.76	0.48	4.33	-	-	-
5	3.29	0.72	3.73	3.84	0.77	3.89
10	2.48	0.82	3.10	3.04	0.44	3.13
20	2.43	0.65	2.19	2.98	1.04	2.62
30	2.14	1.02	2.13	2.71	0.21	2.43



รูปที่ 4.48 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไนคริฟิเคชันของชุดทดลองที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4.22 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันของงานวิจัยอื่น

กระบวนการ	MCRT (d) at 20°C	Aerobic MCRT (d)	SNR (mg NH ₄ ⁺ -N/g MLVSS.hr.)
BNR	15	8.3	1.783
Conventional	15	15	1.986

หมายเหตุ : MCRT = Mean Cell Residence Time (อายุเซลล์)

ที่มา : Randall, C. W. (1992)

4.3.6 อัตราการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน (SDNR)

สถานะคงตัว

ในการศึกษาถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน แสดงดังตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.49 พบว่ามีลักษณะคล้ายกับ SNR คือในช่วงสถานะคงตัวเมื่อคลอรีนเพิ่มขึ้นนั้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันก็ลดต่ำลง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองชุดทดลองก็จะเห็นได้ว่าจุดที่หัวเชื่อมติดคลอรีนมาบ้างแล้วนั้นอัตราจะลดลงไปไม่มากนัก คือจาก 2.54 เป็น 1.82 mg NO₃⁻-N/g MLSS.hr ที่เกลือโซเดียมคลอไรด์ 5-30 ก./ล. ในขณะที่ชุดทดลองที่ 1 ลดจาก 2.54 เป็น 1.22 mg NO₃⁻-N/g MLSS.hr ที่เกลือ 0-30 ก./ล. ซึ่งค่า SDNR ที่ได้นี้ เมื่อเทียบกับงานวิจัยของนักวิจัยอื่นๆ ที่แสดงดังตารางที่ 4.24 นั้นจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จะอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ แต่อย่างไรก็ตามดีไนตริฟายเออร์แบคทีเรียก็ยังสามารถดำรงชีพและทำงานจนกระทั่งค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียที่ออกไม่เกินกว่าค่ามาตรฐาน

ภาวะช็อก

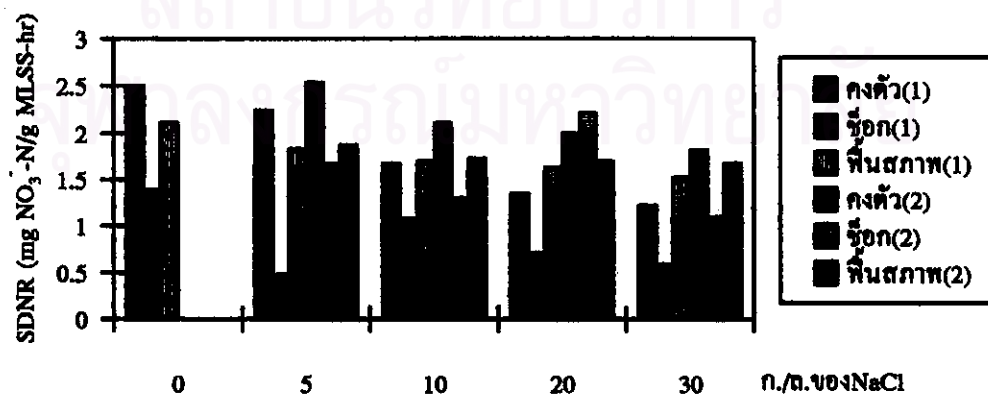
เมื่อช็อกระบบด้วยคลอรีนความเข้มข้นสูงนั้นอัตรา SDNR ก็ลดลงเช่นเดียวกับอัตรา SNR แต่ลดไม่มากเท่า นั่นคือดีไนตริฟายเออร์แบคทีเรียสามารถที่จะปรับตัวรับสภาพช็อกได้ดีกว่าไนตริฟายเออร์แบคทีเรีย และเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองชุดทดลองก็พบว่าการช็อกมีผลกระทบต่อหัวเชื่อมที่ติดคลอรีนมาก่อนน้อยกว่า

ภาวะพื้นสภาพ

เมื่อเดิมเกิดด้วยความเข้มข้นเดิมอีกครั้งก็จะเห็นได้ว่าชุดทดลองที่ 1 สามารถฟื้นตัวได้ดี โดยเฉพาะที่คลอไรด์สูงถึง 10-30 ก./ต.NaCl ซึ่งฟื้นตัวได้ดีกว่าเดิม ทั้งนี้อาจเกิดจากความต่างของคลอไรด์ไม่มากเกินไปและแบคทีเรียที่เริ่มปรับตัวชินต่อคลอไรด์ได้ด้วยตัวมันเองแล้ว ส่วนชุดทดลองที่ 2 ก็สามารถฟื้นตัวได้เช่นกันแม้จะไม่มากเท่าเดิม ทั้งนี้เพราะอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในทวีพีเคชันเมื่อถูกช็อกนั้นลดลงไปไม่มากนัก ดังนั้นการปรับตัวจึงค่อยเป็นค่อยไปจนกระทั่งเกือบได้เท่าเดิมนั่นเอง ซึ่งจากที่กล่าวมาทั้งหมดก็สามารถกล่าวได้ว่า ดีไนทริไฟเออร์แบคทีเรียที่มีความสามารถในการปรับตัวรับสภาพความเค็มได้ดีกว่าไนทริไฟเออร์แบคทีเรีย

ตารางที่ 4.23 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในทวีพีเคชันของชุดทดลองที่ 1 และ 2

ความเข้มข้น เกลือโซเดียม คลอไรด์ (ก./ต.)	SDNR ของชุดทดลองที่ 1 (mg NO ₃ ⁻ -N/g MLSS.hr.)			SDNR ของชุดทดลองที่ 2 (mg NO ₃ ⁻ -N/g MLSS.hr.)		
	สถานะคงตัว	ช็อกวันที่ 3	พื้นสภาพ	สถานะคงตัว	ช็อกวันที่ 3	พื้นสภาพ
0	2.50	1.39	2.11	-	-	-
5	2.24	0.48	1.83	2.54	1.67	1.87
10	1.67	1.08	1.70	2.11	1.30	1.73
20	1.35	0.71	1.63	2.00	2.21	1.70
30	1.22	0.59	1.52	1.82	1.09	1.67



รูปที่ 4.48 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในทวีพีเคชันของชุดทดลองที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4.24 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในครีฟิเคชันของงานวิจัยอื่น

SDNR (mg NO ₃ ⁻ -N/g MLSS.br)	อ้างอิง
2.08-16.7	Panzer และคณะ (1980)
1.25-6.25	US.EPA Nitrogen Control Manual (1975)
3-30	Ekama และ Marais (1984)

ที่มา : Randall, C. W. (1992)

4.3.7 เวลาที่ใช้ในการเข้าสู่สถานะคงตัวและฟื้นสภาพ

สถานะคงตัว

ในการทดลองที่ผ่านมาเมื่อสังเกตความสามารถในการเข้าสู่สถานะคงตัวของระบบ (ตารางที่ 4.25) พบว่า เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ระบบที่ใช้หัวเชื้อที่ไม่ชินต่อคลอไรด์มาก่อนและหัวเชื้อนั้นถูกเปลี่ยนไปทุกครั้งที่เริ่มการทดลองความเข้มข้นของความเค็มใหม่ ระบบนั้นต้องใช้เวลานานขึ้นในการเข้าสู่สถานะคงตัว หรือการปรับตัวให้เคยชินต่อสภาพความเค็มก่อนที่จะทำงานได้ตามปกตินั้นต้องใช้เวลานานขึ้นนั่นเอง ส่วนชุดทดลองที่ใช้หัวเชื้อที่ชินต่อคลอไรด์มาก่อนและใช้หัวเชื้อนั้นต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองนั้นพบว่าระบบจะใช้เวลาที่น้อยลงในการเข้าสู่สถานะคงตัว นั่นคือระบบเคยชินต่อความเค็มที่สูงนั้นแล้วจึงสามารถทำงานได้เร็วขึ้นนั่นเอง

การฟื้นสภาพ

ลักษณะการฟื้นสภาพของระบบทั้งสองชุดทดลองก็เช่นเดียวกับการเข้าสู่สถานะคงตัว คือชุดทดลองที่ใช้หัวเชื้อชินต่อคลอไรด์มาก่อนก็จะสามารถฟื้นสภาพได้เร็วกว่า คือสามารถฟื้นสภาพได้ในเวลา 7, 6, 4 และ 4 วัน เมื่อเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นจาก 5 เป็น 30 ก./ล. ส่วนชุดทดลองที่ใช้หัวเชื้อที่ไม่เคยชินต่อคลอไรด์มาก่อน ระบบจะใช้เวลาในการฟื้นสภาพจาก 10 เป็น 8, 6, 5 และ 5 วัน เมื่อความเค็มเพิ่มจาก 0-30 ก./ล. ตามลำดับ และเมื่อสังเกตผลการฟื้นสภาพเมื่อความเค็มมีค่าเพิ่มขึ้นจะเห็นได้ว่า ที่ความเค็มเริ่มต้นสูงกว่าเมื่อระบบถูกช็อกแล้วกลับมาเดิมเกลือด้วย ความเข้มข้นเดิมอีกครั้งระบบจะสามารถฟื้นสภาพได้เร็วกว่าที่ความเค็มเริ่มต้นต่ำ

ตารางที่ 4.25 เวลาในการเข้าสู่สถานะคงตัวของพารามิเตอร์ต่างๆ

จุด ทดลอง	พารา มิเตอร์	เวลาในการเข้าสู่สถานะคงตัว				
		0 ก./ล.NaCl	5 ก./ล.NaCl	10ก./ล.NaCl	20ก./ล.NaCl	30ก./ล.NaCl
1	COD	10	15	20	20	20
	T-N	8	12	8	12	7
	T-P	10	10	16	18	15
	ORP	8	15	10	17	16
2	COD	-	15	12	10	8
	T-N	-	10	7	5	8
	T-P	-	12	12	10	8
	ORP	-	12	8	5	7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย