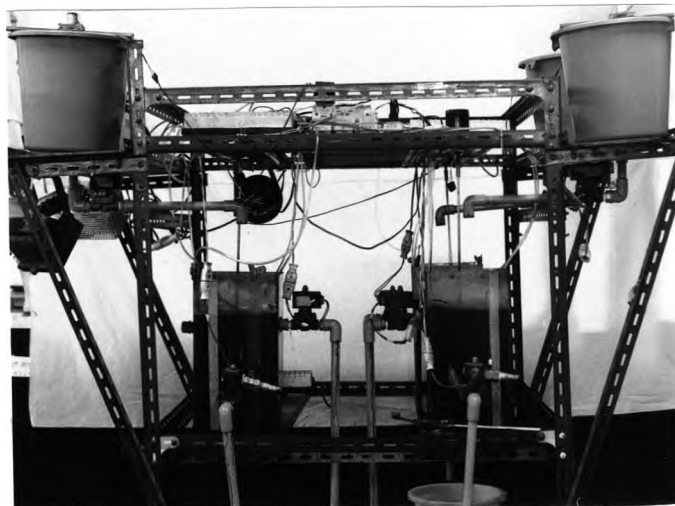


บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิจารณ์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของเวลากักแอนแอโรบิกและความเข้มข้นสีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมชนิดอะโซที่มีโครงสร้างทางเคมีต่างกันโดยกระบวนการเอสปีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก ซึ่งเลือกสีย้อมรีแอททีฟที่มีโครงสร้างทางเคมี 2 ชนิด คือสีย้อมที่มีโครงสร้างโมโนอะโซและไดอะโซ การศึกษานี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาผลของเวลากักแอนแอโรบิกต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมทั้งสองชนิด โดยกระบวนการเอสปีอาร์ (ภาพที่ 4.1) 6 ชุด การทดลอง ซึ่งทำการศึกษานิตสีย้อมละ 3 ชุดการทดลอง คือที่ เวลากักแอนแอโรบิก+เวลากักแอนแอโรบิก+เวลาดกตะกอน เท่ากับ 10+5+1 ชั่วโมง (M-ANA10, D-ANA10) ,18+5+1 ชั่วโมง (M-ANA18, D-ANA18) และ 30+5+1 ชั่วโมง (M-ANA30, D-ANA30) โดยทุกชุดการทดลองมีความเข้มข้นของน้ำเข้าเท่ากับ 400 มก./ล. และซีไอดีของแป้งมันเท่ากับ 1,400 มก./ล.

ส่วนขั้นตอนที่ 2 ศึกษาผลของความเข้มข้นสีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมทั้งสองชนิด โดยใช้ชุดการทดลองแบบแบตช์ (ภาพที่ 4.2) 8 ชุดการทดลอง ทำการทดลองโดยนำสลัดจ์มาจากกระบวนการเอสปีอาร์จากชุดการทดลองที่มี เวลากักแอนแอโรบิก+แอโรบิก+ตกตะกอน เท่ากับ 18+5+1 ชั่วโมง หลังจากระบบเข้าสู่สถานะคงตัวแล้ว โดยทำการศึกษานิตสีละ 4 ชุดการทดลอง โดยมีความเข้มข้นน้ำเข้าต่างกัน 4 ค่า คือ 50 ,200 ,400 และ 600 มก./ล. โดยทุกชุดการทดลองใช้แป้งมันเป็นสารอาหารร่วมที่มีความเข้มข้นของน้ำเข้า 1,400 มก./ล ซีไอดี และมีเวลากักแอนแอโรบิก 18 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.1 การติดตั้งอุปกรณ์ของกระบวนการเอสปีอาร์



ภาพที่ 4.2 การติดตั้งชุดการทดลองแบบแบตเตอรี่

ตารางที่ 4.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด

ชุดการทดลอง	ปี พ.ศ. 2542						ปี พ.ศ. 2543						
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
M-ANA10													
M-ANA18													
M-ANA30													
M-batch													
D-ANA10													
D-ANA18													
D-ANA30													
D-batch													

(หมายเหตุ M-ANA10, M-ANA18, M-ANA30 คือชุดการทดลองที่ใช้สีย้อมโมโนอะโซที่เวลากักแอนแอโรบิก 10, 18 และ 30 ชั่วโมงตามลำดับ ;D-ANA-10, D-ANA18, D-ANA30 คือชุดการทดลองที่ใช้สีย้อมไดอะโซที่มีเวลากักแอนแอโรบิก 10 ,18 และ 30 ชั่วโมง ตามลำดับ ;M-bacth, D-bacth คือ ชุดทดลองแบบแบคทีที่แปรผันความเข้มข้น 50-600 มก./ล. ของสีย้อมโมโนอะโซและไดอะโซ ตามลำดับ)

งานวิจัยนี้ได้เริ่มการทดลองตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2542 และสิ้นสุดการทดลองในเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2543 รวมระยะเวลาการทดลองทั้งสิ้น 12 เดือน (ตารางแสดงระยะเวลาการทดลองทั้งหมดดังตารางที่ 4.1) การทดลอง 3 ชุดแรก (M-ANA10 ,M-ANA18 และM-ANA30) ใช้เวลานานถึง 7 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยขาดความชำนาญในการทำการทดลองวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยเฉพาะการวิเคราะห์อัตราส่วนพีเอชเอและกลัยโคเจนในเอ็มแอลวีเอสเอส (โดยวิธี HPLC และ GC ตามลำดับ) ซึ่งได้ค่าที่ไม่แม่นยำ (ใช้เวลาทดลองประมาณ 2 เดือนหลังจากระบบเข้าสู่สถานะคงตัว) ซึ่งตอนหลังก็ตัดสินใจตัดพารามิเตอร์ดังกล่าวเนื่องจากให้ผลที่สรุปแล้วเกิดความคลาดเคลื่อนได้สูง นอกจากนี้มีบางช่วงการทดลองของชุดการทดลอง M-ANA18 สลัดจ์ในระบบจมตัวไม่ดี ทำให้ค่าเอสเอสในน้ำทิ้งมีค่าสูง และค่าเอ็มแอลเอสเอสในระบบลดลง ซึ่งต้องดำเนินระบบต่อไปอีกประมาณ 1 เดือน จึงทำให้สลัดจ์จมตัวดีขึ้นและระบบเข้าสู่สถานะคงตัวอีกครั้ง ส่วนในชุดการทดลองอื่นๆใช้เวลาเดินระบบสั้นลง ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยมีความชำนาญในการทำการทดลองและการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆมากขึ้น

เมื่อแต่ละชุดการทดลองเข้าสู่สถานะคงตัวแล้ว(กระบวนการเอสบีอาร์) ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 5 วันจักร เพื่อหาค่าเฉลี่ยดังแสดงในตาราง 4.2 ถึง 4.7 และทำการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามเวลาหรือโพรไฟล์ (ข้อมูลดิบแสดงในภาคผนวก ก.)

4.1 พารามิเตอร์ทั่วไป

4.1.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของระบบจะแปรผันตามฤดูกาลหรืออุณหภูมิห้อง ซึ่งอุณหภูมิในสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิกอยู่ระหว่าง 27.5 – 31.0 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 1 (M-ANA10)^{*}

พารามิเตอร์	น้ำเข้า	เมื่อ t=0	แอนแอโรบิก	แอโรบิก	น้ำออก
ออกซิเจนละลาย(มก./ล.)	-	-	0.05	6.00	-
ไออาร์พี (มิลลิโวลท์)	-	-	-261	45	-
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	-	-	29.3	29.8	-
พีเอช	7.3	-	6.8	8.3	-
สภาพต่าง (มก./ล.CaCO ₃)	406	419	570	447	-
สภาพต่างกรดไขมันระเหยง่าย (มก./CaCO ₃)	47	-	55	44	-
เอ็มแอลเอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	5,138	-
เอ็มแอลวีเอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	4,705	-
เอ็มแอลเอสเอส/เอ็มแอลวีเอสเอส (f)	-	-	-	0.92	-
เอสวี30 (มก./ล)	-	-	-	250	-
เอสวีไอ (มล./ก.)	-	-	-	49	-
เอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	-	71
ซีไอดีกรอง (มก./ล.)	1,658 ^{**}	1,184	242	235	-
ซี (หน่วยเอสยู)	1,052	929	725	683	-
(หน่วยเอดีเอ็มไอ)	41,158	35,807	26,525	25,106	-
ทีเคเอ็นกรอง (มก./ล.)	101 ^{**}	78	45	33	-
ฟอสฟอรัสละลาย (มก./ล.)	27 ^{**}	23	24	14	-
ฟอสฟอรัสในเซลล์ (%)	-	-	-	2.0	-

^{*} ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 5 วัฏจักร ที่สถานะคงตัว

^{**} ค่าตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรอง

หมายเหตุ : t = 0 หมายถึง ค่าที่ได้จากการคำนวณจากการเจือจาง โดยการนำปริมาณสารที่มีอยู่ในน้ำค้างถึง 4 ลิตร รวมกับปริมาณสารในน้ำที่เดิมเข้าถึง 8 ลิตร แล้วหารด้วยปริมาตรทั้งหมด 12 ลิตร

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 2 (M-ANA18)¹

พารามิเตอร์	น้ำเข้า	เมื่อ t=0	แอนไอออนิก	ไอออนิก	น้ำออก
ออกซิเจนละลาย (มก./ล.)	-	-	0.04	5.9	-
ไออาร์พี (มิลลิโวลท์)	-	-	-277	41	-
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	-	-	28.1	29.1	-
พีเอช	7.3	-	6.8	8.2	-
สภาพต่าง (มก./ล. CaCO ₃)	406	422	544	453	-
สภาพต่างกรดไขมันระเหยง่าย (มก./ล. CaCO ₃)	45	-	55	40	-
เอ็มแอลเอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	3,544	-
เอ็มแอลวีเอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	3,280	-
เอ็มแอลเอสเอส/เอ็มแอลวีเอสเอส (f)	-	-	-	0.93	-
เอสวี30 (มก./ล)	-	-	-	250	-
เอสวีไอ (มล./ก.)	-	-	-	71	-
เอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	-	102
ทีโอดีกรอง (มก./ล.)	1,678 ¹	1,196	239	233	-
ซี (หน่วยเอสยู)	1,028	820	422	403	-
(หน่วยเอตีเอ็มไอ)	40,934	31,131	11,923	11,525	-
ทีเคเอ็นกรอง (มก./ล.)	101 ¹	78	52	31	-
ฟอสฟอรัสละลาย (มก./ล.)	28.5 ¹	24.0	24.6	14.9	-
ฟอสฟอรัสในเซลล์ (%)	-	-	-	2.0	-

¹ ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 5 วิจัยกร ที่สถานะคงตัว

² ค่าตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรอง

หมายเหตุ : t = 0 หมายถึง ค่าที่ได้จากการคำนวณจากการเจือจาง โดยการนำปริมาณสารที่มีอยู่ในน้ำค้างถึง 4 ลิตร รวมกับปริมาณสารในน้ำที่เติมเข้าถึง 8 ลิตร แล้วหารด้วยปริมาตรทั้งหมด 12 ลิตร

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 3 (M-ANA30)¹

พารามิเตอร์	น้ำเข้า	เมื่อ t=0	แอนแอโรบิก	แอโรบิก	น้ำออก
ออกซิเจนละลาย (มก./ล.)	-	-	0.05	6.00	-
ไออาร์พี (มิลลิโวลท์)	-	-	-314	51	-
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	-	-	29.0	28.9	-
พีเอช	7.3	-	6.9	8.3	-
สภาพต่าง (มก./ล. CaCO ₃)	407	441	510	469	-
สภาพต่างกรดไขมันระเหยง่าย (มก./CaCO ₃)	44	-	56	40	-
เอ็มแอลเอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	2,206	-
เอ็มแอลวีเอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	2,018	-
เอ็มแอลเอสเอส/เอ็มแอลวีเอสเอส (f)	-	-	-	0.91	-
เอสวี30 (มก./ล)	-	-	-	90	-
เอสวีไอ (มล./ก.)	-	-	-	41	-
เอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	-	104
ซีไอดีกรอง (มก./ล.)	1,675 ¹	1,191	246	224	-
ดี (หน่วยเอสยู)	1,041	787	290	277	-
(หน่วยเอดีเอ็มไอ)	41,432	29,517	5,890	5,687	-
ทีเคเอ็นกรอง (มก./ล.)	102 ¹	79	53	34	-
ฟอสฟอรัสละลาย (มก./ล.)	27.4 ¹	23.0	25.1	14.2	-
ฟอสฟอรัสในเซลล์ (%)	-	-	-	2.1	-

¹ ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 5 วัฏจักร ที่สถานะคงตัว

² ค่าตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรอง

หมายเหตุ : t = 0 หมายถึง ค่าที่ได้จากการคำนวณจากการเจือจาง โดยการนำปริมาณสารที่มีอยู่ในน้ำค้างถึง 4 ลิตร รวมกับปริมาณสารในน้ำที่เติมเข้าถึง 8 ลิตร แล้วหารด้วยปริมาตรทั้งหมด 12 ลิตร

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 4 (D-ANA10)¹

พารามิเตอร์	น้ำเข้า	เมื่อ t=0	แอนแอโรบิก	แอโรบิก	น้ำออก
ออกซิเจนละลาย (มก./ล.)	-	-	0.08	5.9	-
ไออาร์พี (มิลลิโวลท์)	-	-	-311	50	-
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	-	-	28.6	29.0	-
พีเอช	7.6	-	7.1	8.4	-
สภาพต่าง (มก./ล. CaCO ₃)	407	406	550	404	-
สภาพต่างกรดไขมันระเหยง่าย (มก./ล. CaCO ₃)	28	-	48	25	-
เอ็มแอลเอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	4,780	-
เอ็มแอลวีเอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	4,398	-
เอ็มแอลเอสเอส/เอ็มแอลวีเอสเอส (f)	-	-	-	0.92	-
เอสวี30 (มก./ล)	-	-	-	228	-
เอสวีไอ (มล./ก.)	-	-	-	48	-
เอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	-	101
ซีไอดีกรอง (มก./ล.)	1,630 ^{''}	1,151	229	194	-
ดี (หน่วยเอสยู)	877	703	368	354	-
(หน่วยเอดีเอ็มไอ)	33,711	25,619	9,841	9,434	-
ทีเคเอ็นกรอง (มก./ล.)	99 ^{''}	75	55	28	-
ฟอสฟอรัสละลาย (มก./ล.)	13.7 ^{''}	9.4	16.3	0.7	-
ฟอสฟอรัสในเซลล์ (%)	-	-	-	2.1	-

¹ ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 5 วัฏจักร ที่สถานะคงตัว

^{''} ค่าตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรอง

หมายเหตุ : t = 0 หมายถึง ค่าที่ได้จากการคำนวณจากการเจือจาง โดยการนำปริมาณสารที่มีอยู่ในน้ำค้างถึง 4 ลิตร รวมกับปริมาณสารในน้ำที่เติมเข้าถึง 8 ลิตร แล้วหารด้วยปริมาตรทั้งหมด 12 ลิตร

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 5 (D-ANA18)

พารามิเตอร์	น้ำเข้า	เมื่อ t=0	แอนแอโรบิก	แอโรบิก	น้ำออก
ออกซิเจนละลาย (มก./ล.)	-	-	0.08	6.00	-
โออาร์พี (มิลลิโวลท์)	-	-	-328	46	-
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	-	-	28.4	28.6	-
พีเอช	7.6	-	7.2	8.4	-
สภาพต่าง (มก./ล. CaCO ₃)	405	415	520	433	-
สภาพต่างกรดไขมันระเหยง่าย (มก./ล. CaCO ₃)	27	-	46	25	-
เอ็มแอลเอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	3,586	-
เอ็มแอลวีเอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	3,280	-
เอ็มแอลเอสเอส/เอ็มแอลวีเอสเอส (f)	-	-	-	0.91	-
เอสวี30 (มก./ล)	-	-	-	250	-
เอสวีไอ (มล./ก.)	-	-	-	70	-
เอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	-	110
ซีโอดีกรอง (มก./ล.)	1,629 ^{**}	1,150	231	193	-
ลี้ (หน่วยเอสยู)	904	663	212	180	-
(หน่วยเอดีเอ็มไอ)	34,252	24,109	4,633	3,824	-
ทีเคเอ็นกรอง (มก./ล.)	100 ^{**}	78	51	30	-
ฟอสฟอรัสละลาย (มก./ล.)	14.4 ^{**}	9.9	16.6	0.9	-
ฟอสฟอรัสในเซลล์ (%)	-	-	-	1.9	-

* ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 5 วัฏจักร ที่สถานะคงตัว

** ค่าตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรอง

หมายเหตุ : t = 0 หมายถึง ค่าที่ได้จากการคำนวณจากการเจือจาง โดยการนำปริมาณสารที่มีอยู่ในน้ำค้างถึง 4 ลิตร รวมกับปริมาณสารในน้ำที่เติมเข้าถึง 8 ลิตร แล้วหารด้วยปริมาตรทั้งหมด 12 ลิตร

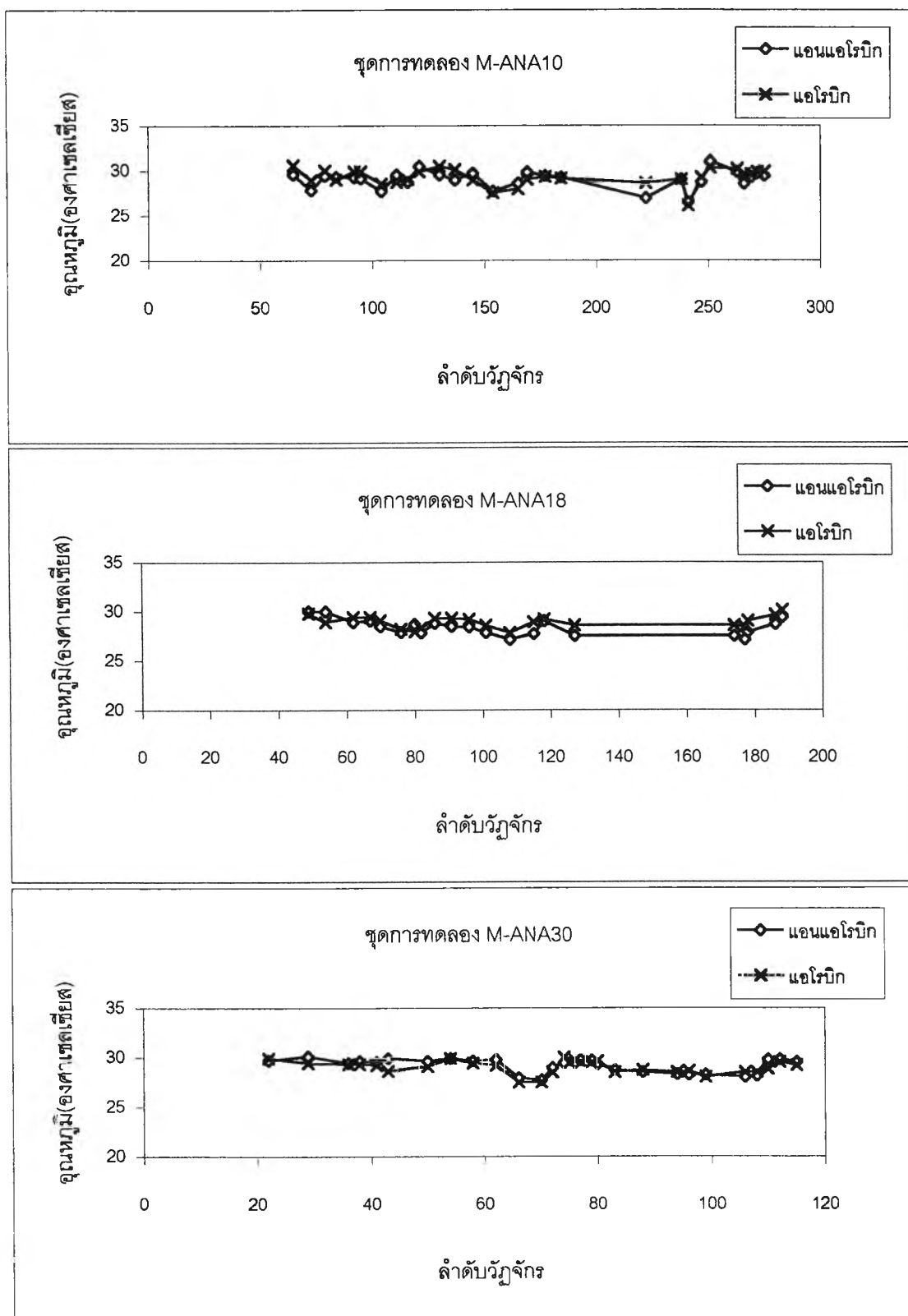
ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 6 (D-ANA30)

พารามิเตอร์	น้ำเข้า	เมื่อ t=0	แอนแอโรบิก	แอโรบิก	น้ำออก
ออกซิเจนละลาย (มก./ล.)	-	-	0.08	5.9	-
ไออาร์พี (มิลลิโวลท์)	-	-	-346	53	-
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	-	-	28.2	28.7	-
พีเอช	7.6	-	7.3	8.5	-
สภาพด่าง (มก./ล. CaCO ₃)	405	412	500	427	-
สภาพด่างกรดไขมันระเหยง่าย (มก./ล. CaCO ₃)	26	-	44	26	-
เอ็มแอลเอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	2,342	-
เอ็มแอลวีเอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	2,152	-
เอ็มแอลเอสเอส/เอ็มแอลวีเอสเอส (f)	-	-	-	0.92	-
เอสวี30 (มก./ล)	-	-	-	204	-
เอสวีไอ (มล./ก.)	-	-	-	87	-
เอสเอส (มก./ล.)	-	-	-	-	161
ซีไอดีกรอง (มก./ล.)	1,629 ^{''}	1,150	220	193	
ซี (หน่วยเอสยู)	874	639	202	169	-
(หน่วยเอ็ดเอ็มไอ)	33,573	23,784	4,868	4,206	-
ทีเคเอ็นกรอง (มก./ล.)	99 ^{''}	76	41	28	-
ฟอสฟอรัสละลาย (มก./ล.)	14.2 ^{''}	9.7	12.2	0.7	-
ฟอสฟอรัสในเซลล์ (%)	-	-	-	1.9	-

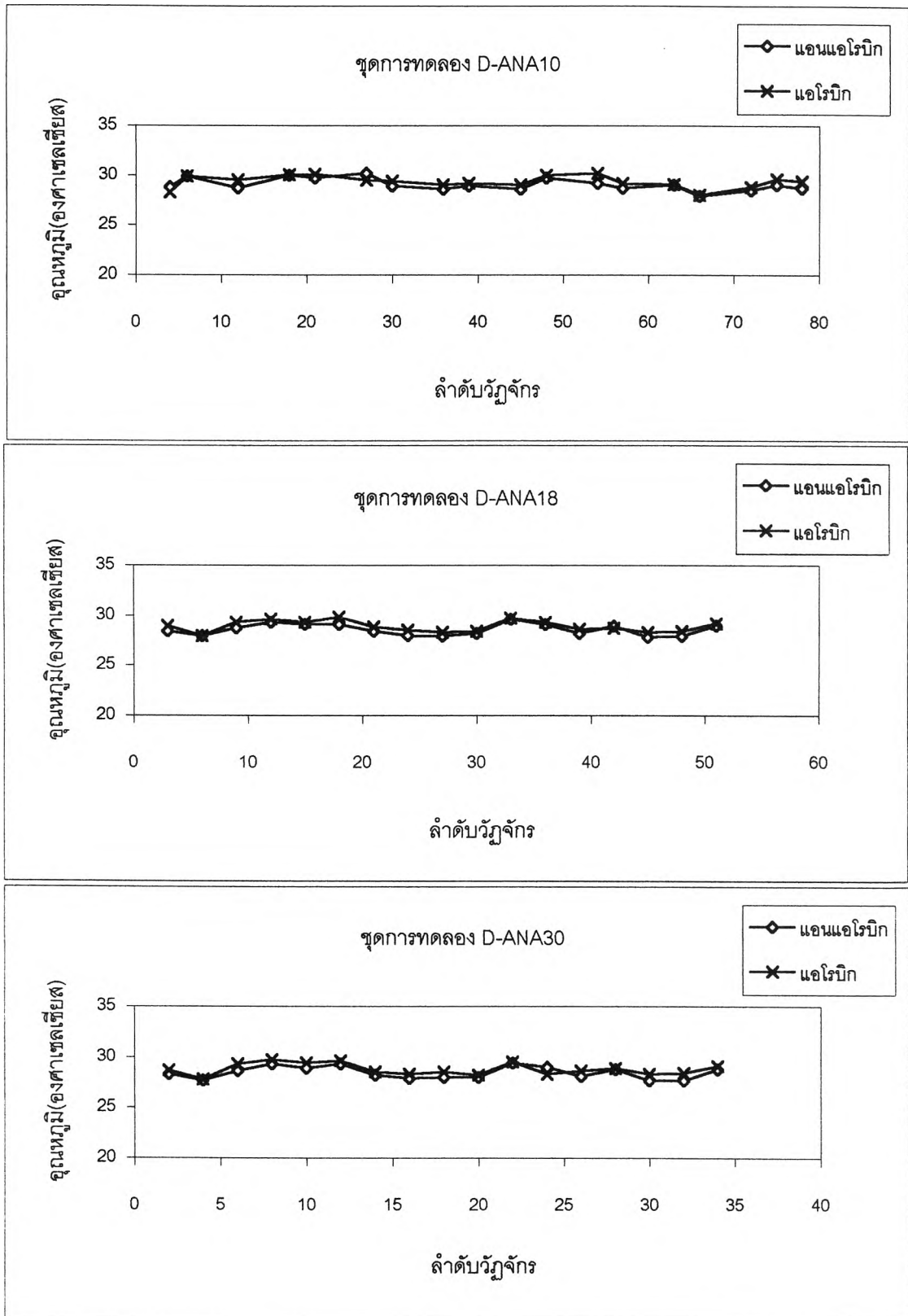
['] ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 5 วัฏจักร ที่สถานะคงตัว

^{''} ค่าตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรอง

หมายเหตุ : t = 0 หมายถึง ค่าที่ได้จากการคำนวณจากการเจือจาง โดยการนำปริมาณสารที่มีอยู่ในน้ำค้างถึง 4 ลิตร รวมกับปริมาณสารในน้ำที่เติมเข้าถึง 8 ลิตร แล้วหารด้วยปริมาตรทั้งหมด 12 ลิตร



รูปที่ 4.1 จุดหนุมิในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง
(หมายเหตุ- วัดในช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก)



รูปที่ 4.1 จำนวนหัวในตู้จักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง(ต่อ)

(หมายเหตุ- วัดในช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก)

4.1.2 ออกซิเจนละลาย

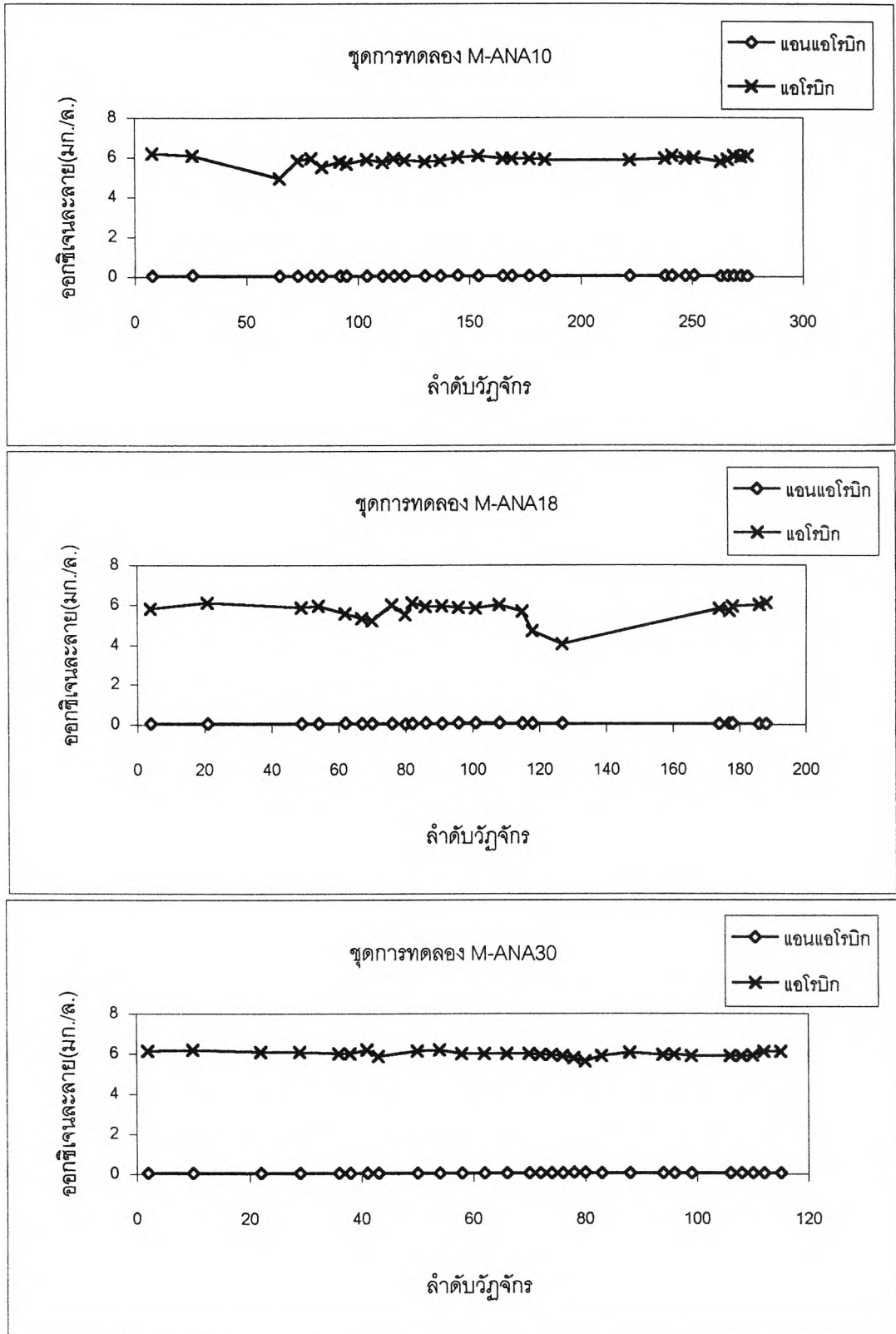
ค่าออกซิเจนละลายเป็นพารามิเตอร์ที่บอกถึงสถานะของระบบว่าอยู่ในช่วงแอนแอโรบิกหรือแอโรบิก จากรูปที่ 4.2 ค่าออกซิเจนละลายที่ปลายสถานะแอนแอโรบิกอยู่ในช่วง 0.04-0.08 มก./ล. สาเหตุที่ค่าออกซิเจนละลายไม่เป็นศูนย์ อาจเนื่องมาจากขีดความสามารถของเครื่องวัด (เป็นค่าต่ำที่สุดที่เครื่องสามารถวัดได้) ส่วนค่าออกซิเจนละลายในช่วงปลายแอโรบิกอยู่ในช่วง 5.2 – 6.0 มก./ล. บางช่วงการทดลองค่าออกซิเจนละลายต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากหัวฟู่ที่ใช้กระจายฟองอากาศอุดตัน และแม้ว่าค่าออกซิเจนละลายในช่วงปลายแอโรบิกจะมีค่าสูงถึง 6.0 มก./ล. ก็ไม่ส่งกระทบต่อช่วงแอนแอโรบิกในวัฏจักรถัดไป ดังโพรไฟล์ในรูปที่ 4.3 พบว่าค่าออกซิเจนละลายลดลงอยู่ระหว่าง 0.06 -0.07 มก./ล. ภายในเวลา 15 นาทีแรกของสถานะแอนแอโรบิก และเมื่อเข้าสู่สถานะแอโรบิกค่าออกซิเจนละลายมีค่ามากกว่า 2 มก./ล. ภายในเวลา 30 นาที

4.1.3 ไออาร์พี

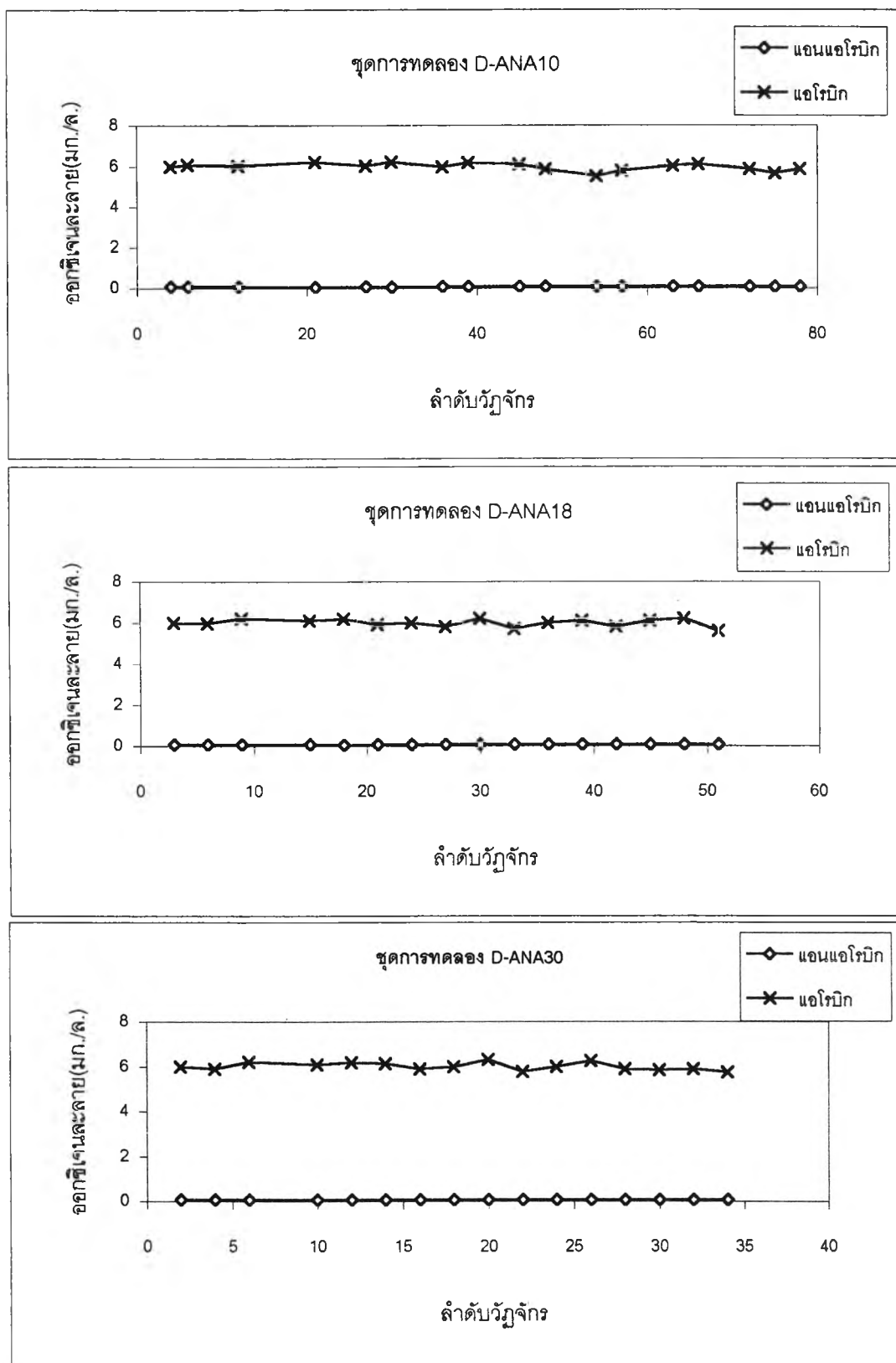
ค่าไออาร์พีเป็นพารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งที่สามารถบอกถึงสถานะของระบบ กล่าวคือถ้าค่าไออาร์พีมีค่าเป็นลบก็แสดงว่าระบบอยู่ในสถานะแอนแอโรบิก แต่ถ้าค่าไออาร์พีมีค่าเป็นบวกก็แสดงว่าระบบอยู่ในสถานะแอโรบิก จากผลการทดลองในรูปที่ 4.4 พบว่าปลายสถานะแอนแอโรบิกมีค่าไออาร์พีเฉลี่ยเท่ากับ -261, -277, และ -314 มิลลิโวลต์ ของชุดการทดลอง M-ANA10, M-ANA18 และ M-ANA30 ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลอง D-ANA10, D-ANA18 และ D-ANA30 มี ค่าไออาร์พีเฉลี่ยเท่ากับ -311, -328 และ -346 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ ซึ่งค่าไออาร์พีมีแนวโน้มลดลง (หรือเป็นลบมากขึ้น) เมื่อเวลากักแอนแอโรบิกมากขึ้น

ส่วนค่าไออาร์พีเฉลี่ยที่ปลายสถานะแอโรบิกทุกชุดการทดลองอยู่ระหว่าง 41-53 มิลลิโวลต์ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่สูงมากนักทั้งๆที่มีเวลากักแอโรบิกนานพอสมควร (5 ชั่วโมง) และมีค่าออกซิเจนละลายเท่ากับ 6 มก./ล.(ที่ปลายสถานะแอโรบิก) แต่อย่างไรก็ตามค่าไออาร์พีจากผลการทดลองดังกล่าวก็สามารถแสดงให้เห็นว่าระบบทำงานเป็นแบบแอนแอโรบิกและแอโรบิกได้อย่างสมบูรณ์ตามความต้องการ

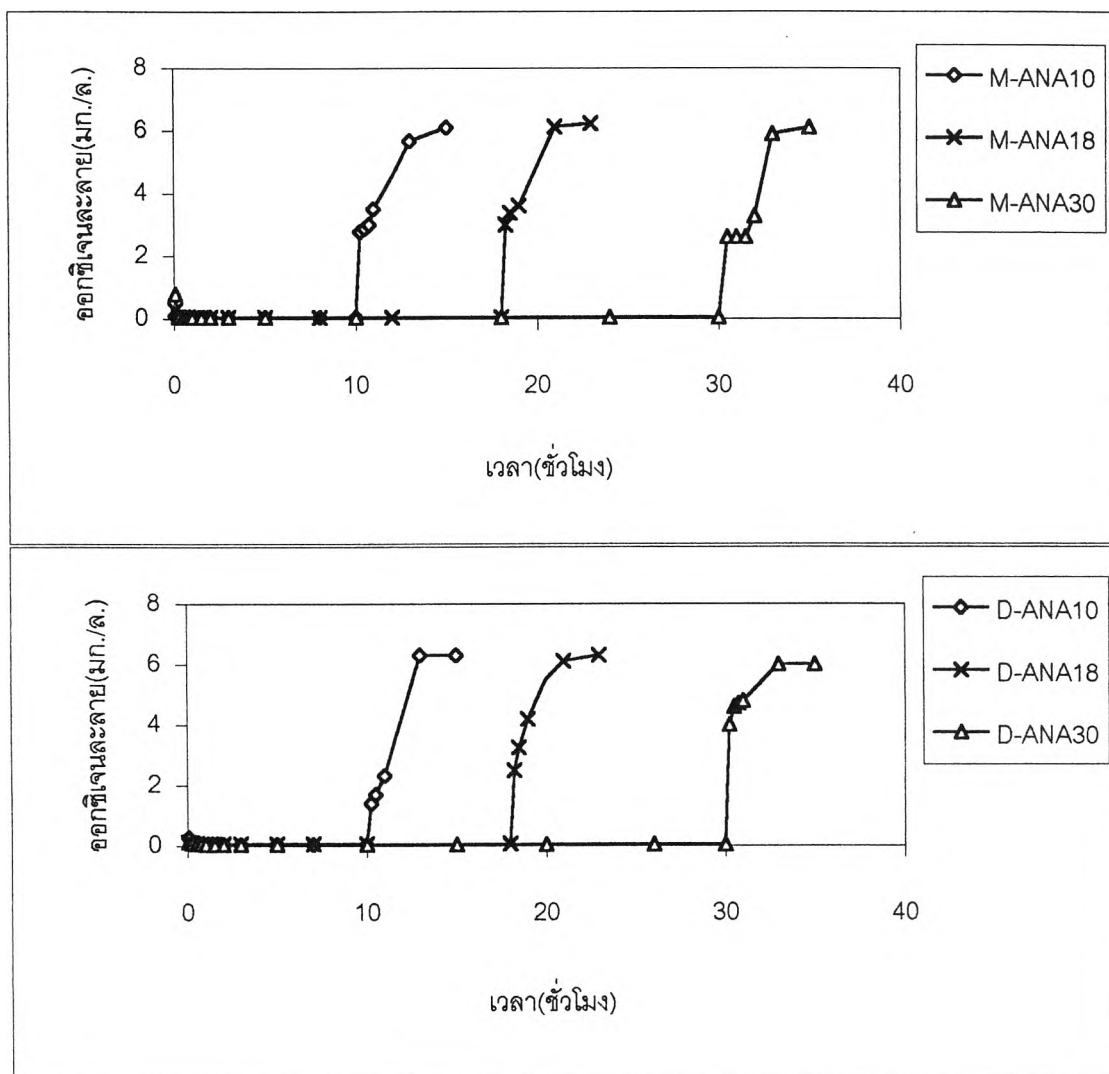
จากโพรไฟล์ค่าไออาร์พีใน รูปที่ 4.5 จะมีความสอดคล้องกับโพรไฟล์ค่าออกซิเจนละลาย กล่าวคือในช่วงสถานะแอนแอโรบิก ค่าไออาร์พีจะลดลงอย่างรวดเร็ว และมีค่าคงที่ประมาณชั่วโมง



รูปที่ 4.2 ออกซิเจนละลายในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง
(หมายเหตุ- วัดในช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก)

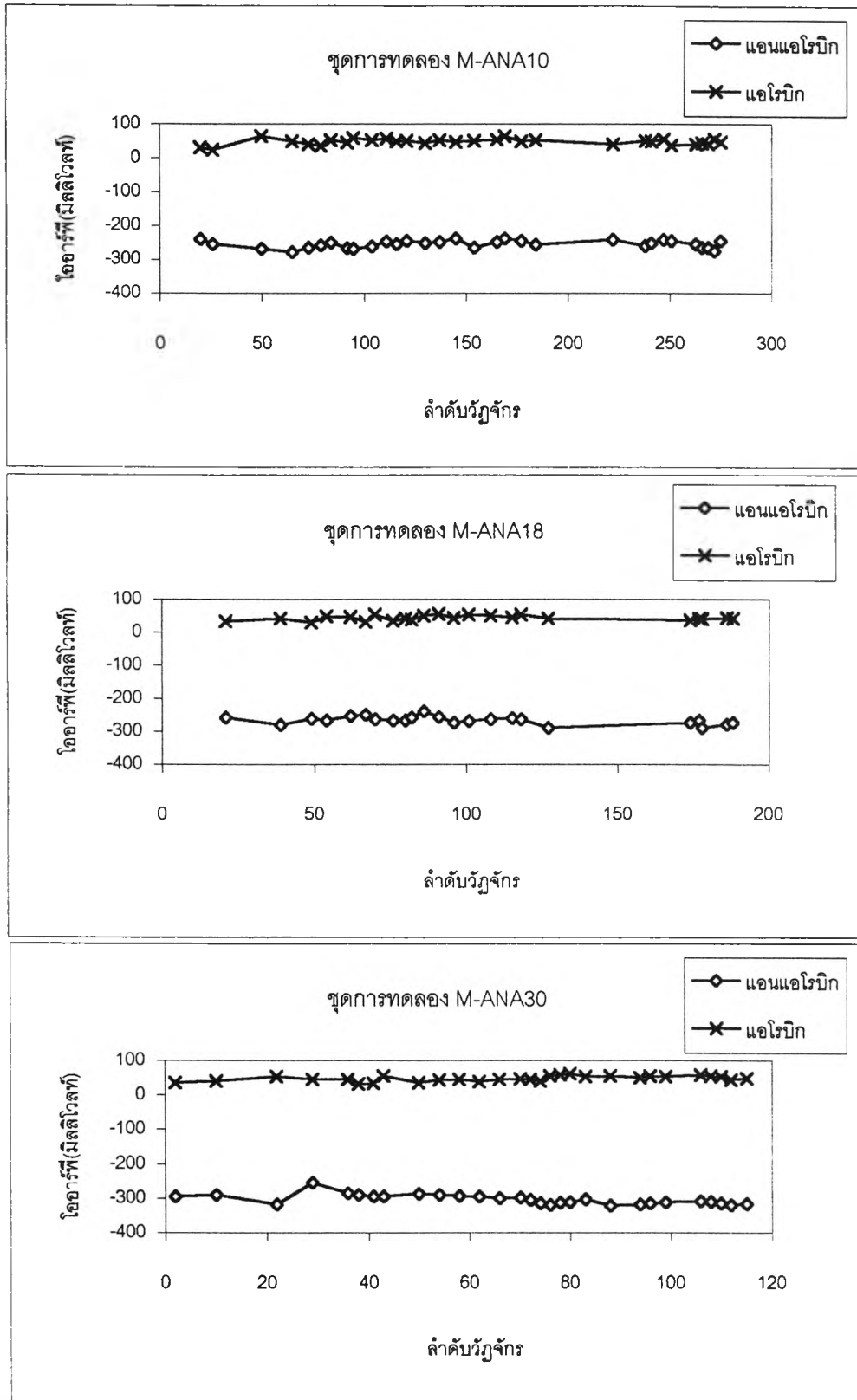


รูปที่ 4.2 ออกซิเจนละลายในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง(ต่อ)
(หมายเหตุ- วัดในช่วงปลายสภาวะแอนแอนโรบิกและแอนโรบิก)

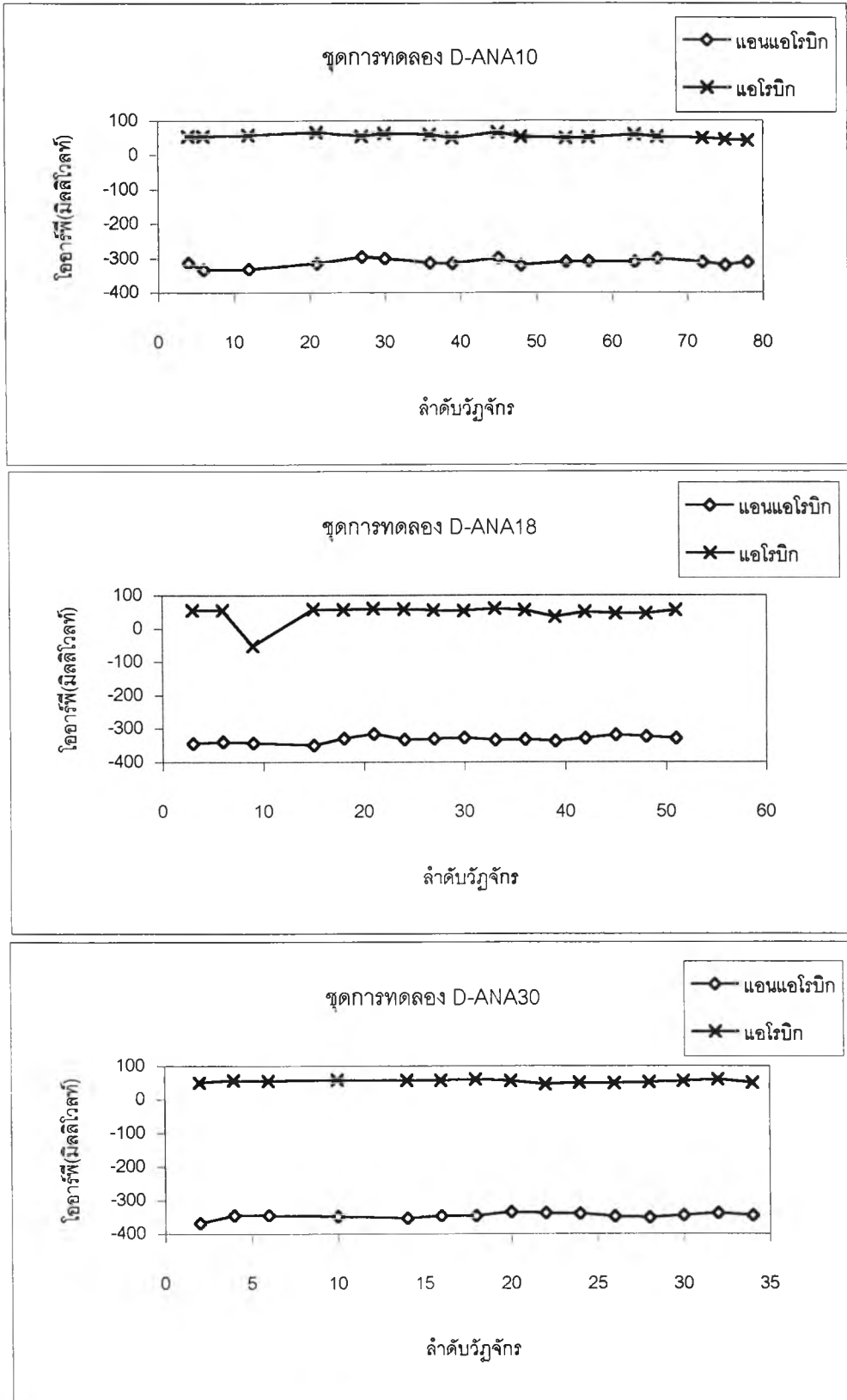


รูปที่ 4.3 โพรไฟล์ออกซิเจนละลายในแต่ละชุดการทดลอง

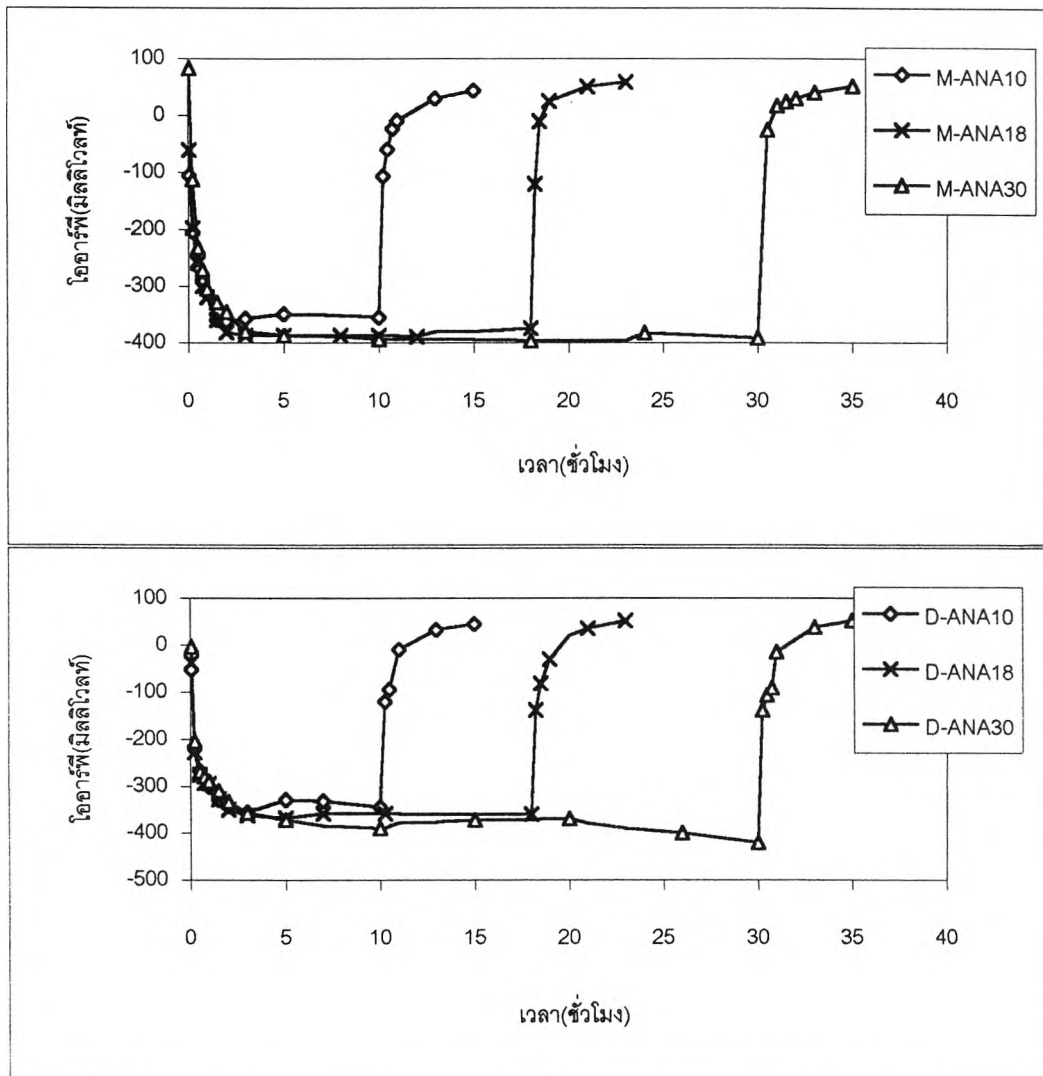
ที่ 3 ของสภาวะแอนแอโรบิก(มีค่าเป็นลบ) และเมื่อเข้าสู่สภาวะแอโรบิก ค่าไออาร์พีจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่กว่าจะมีค่าเป็นบวกต้องใช้เวลาในการเติมอากาศประมาณ 1-1.5 ชั่วโมง ในขณะที่ ค่าออกซิเจนละลายมีค่ามากกว่า 2 มก./ล. (ภายใน 30 นาทีแรก) ทั้งนี้อาจเนื่องจากเครื่องวัดไออาร์พีมีความไวต่ำ (ข้อสังเกต - เมื่อทำการจุ่มโพรบไออาร์พีเพื่อจะวัดค่าไออาร์พีในชุดการทดลองที่อยู่ในสภาวะแอนแอโรบิก และนำมาจุ่มในอีกชุดการทดลองหนึ่งที่อยู่ในสภาวะแอโรบิก กว่าค่าไออาร์พีจะเป็นบวกต้องใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง แต่ถ้านำโพรบไออาร์พีที่ผ่านการล้างและเก็บไว้และนำมาจุ่มในชุดการทดลองที่มีสภาวะแอโรบิกทันที ค่าไออาร์พีมีค่าเป็นบวกตั้งแต่เริ่มจุ่มโพรบ)



รูปที่ 4.4 ข้อผิดพลาดในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง (หมายเหตุ- วัดในช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก)



รูปที่ 4.4 โยอาร์อาร์พีในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง(ต่อ)
(หมายเหตุ- วัดในช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก)



รูปที่ 4.5 โพรไฟล์ไออาร์พีในแต่ละชุดการทดลอง

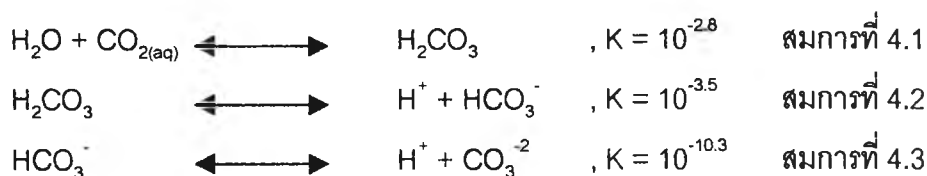
4.1.4 พีเอช

ตารางที่ 4.8 ค่าพีเอชเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ

ชุดการทดลอง	น้ำเข้า	t = 0	แอนแอโรบิก	แอโรบิก
M-ANA10	7.3	7.5	6.8	8.3
M-ANA18	7.3	7.4	6.8	8.2
M-ANA30	7.3	7.5	6.9	8.3
D-ANA10	7.6	7.7	7.1	8.4
D-ANA18	7.6	7.7	7.2	8.4
D-ANA30	7.6	7.7	7.3	8.5

(t=0 คำนวณจากการเจือจาง $[H^+]$ ของน้ำเข้าและน้ำค้างถัง)

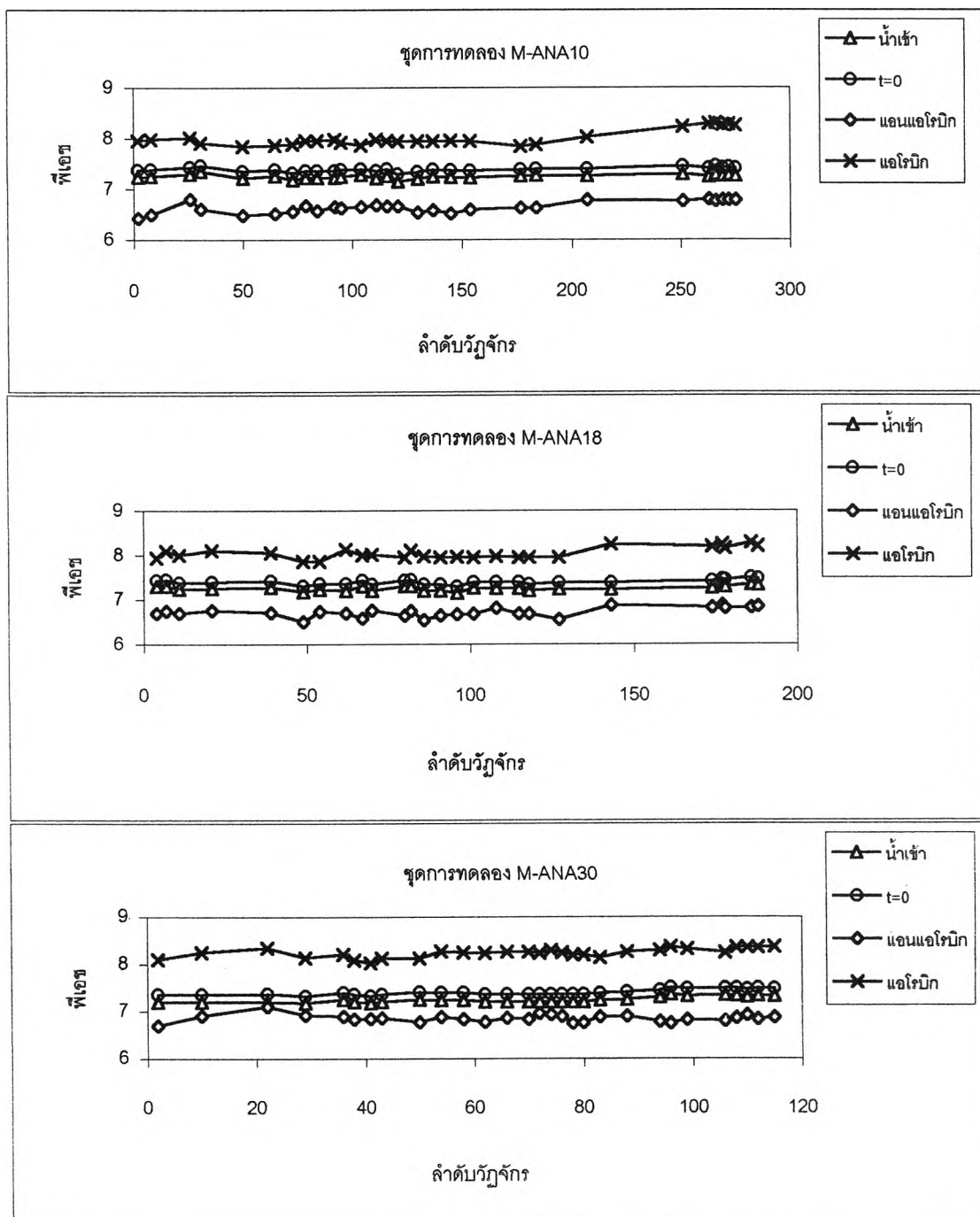
ค่าพีเอชเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆแสดงในตารางที่ 4.8 ส่วนค่าพีเอชและโพเทนเชียลพีเอชของแต่ละชุดการทดลองแสดงในรูปที่ 4.6 และ 4.7 พบว่าทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพีเอชคล้ายกัน กล่าวคือค่าพีเอชลดลงที่ปลายสภาวะแอนแอโรบิก (เปรียบเทียบกับที่ $t = 0$) และจะมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะแอโรบิก สาเหตุที่มีค่าพีเอชลดลงในช่วงแอนแอโรบิก อาจเนื่องมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการย่อยสลายชีโอดีบางส่วนละลายน้ำในปริมาณสูง เนื่องจากที่สภาวะแอนแอโรบิกจะเกิดฝ้าปิดที่ผิวน้ำ ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลุดออกสู่บรรยากาศได้น้อย (ข้อสังเกต - เมื่อเก็บน้ำที่ปลายสภาวะแอนแอโรบิกและวัดพีเอชทันที จะได้ค่าพีเอช 7.1-7.3(M-ANA10) แต่เมื่อตั้งตัวอย่างน้ำดังกล่าวไว้ 1-2 ชั่วโมง หรือนำตัวอย่างไปกรองแล้วนำมาวัดค่าพีเอช พบว่าได้ค่าพีเอชสูงขึ้นถึง 8.1-8.3) การที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำสามารถแสดงสมการเคมีได้ดังนี้



จากสมการเคมีข้างต้น พบว่าเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกและกรดคาร์บอนิกที่เกิดขึ้นก็แตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ซึ่งมีผลทำให้ค่าพีเอชลดลง เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะแอโรบิกทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลุดออกสู่บรรยากาศ มีผลทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำลดลงและทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น

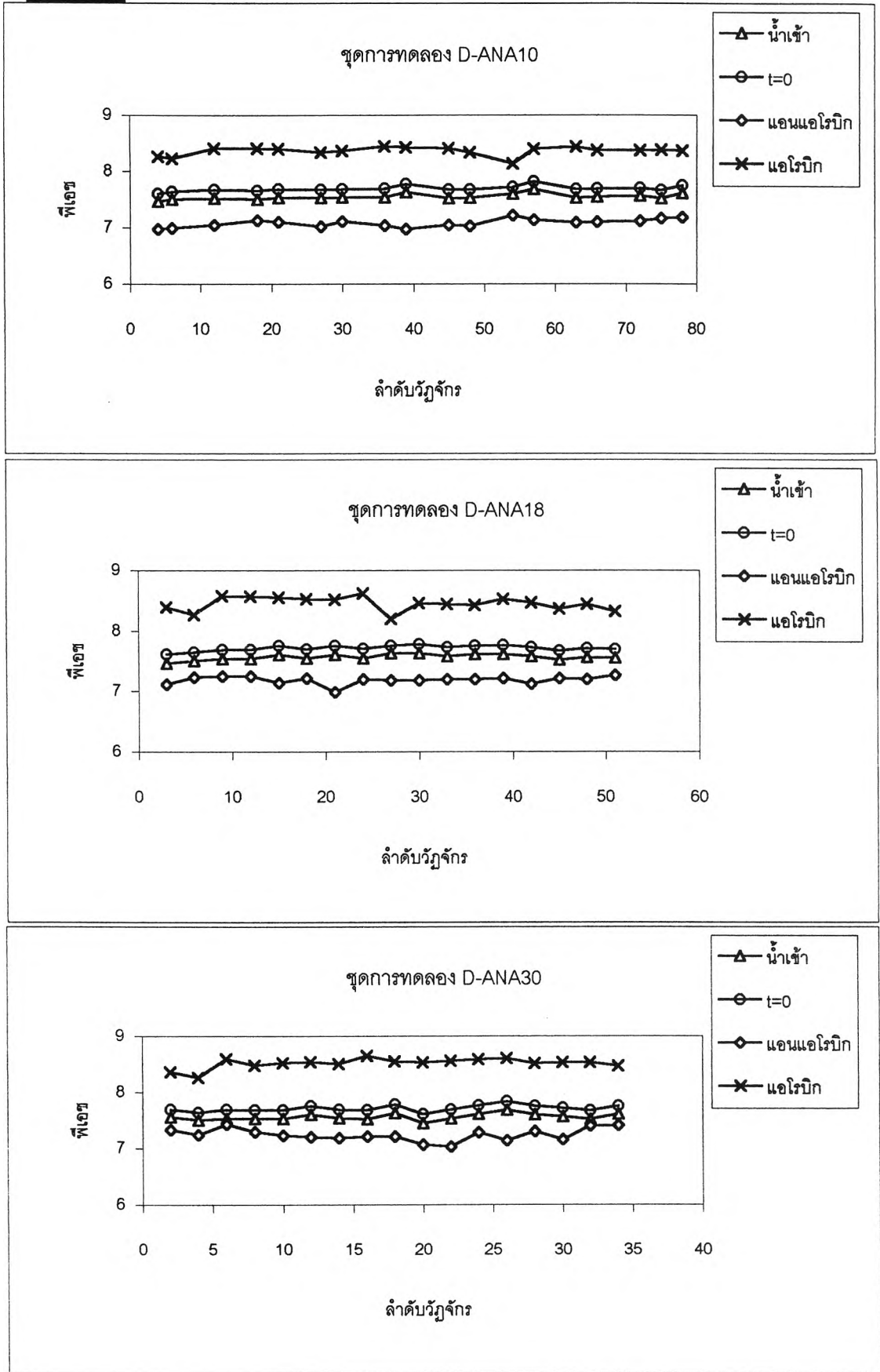
จากโพเทนเชียลรูปที่ 4.7 พบว่าในช่วง 45 นาทีแรกของช่วงแอนแอโรบิกของทุกชุดการทดลองค่าพีเอชจะลดลงอย่างรวดเร็ว และมีค่าต่ำที่สุดที่ค่าพีเอช 6.6-6.7 และหลังจาก 45 นาทีของช่วงแอนแอโรบิก ค่าพีเอชค่อยๆสูงขึ้น และได้ค่าพีเอชที่ปลายแอนแอโรบิกดังตารางที่ 4.8 ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงแรก(45 นาที) ของสภาวะแอนแอโรบิก แป้งมันจะถูกหมักและได้ค่ากรดไขมันระเหยง่ายสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว(ดูในหัวข้อ 4.1.6) ซึ่งมีผลทำให้ค่าพีเอชต่ำลง หลังจากนั้นค่ากรดไขมันระเหยง่ายจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากจุลชีพในระบบสามารถนำไปใช้ได้ง่าย ทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น และเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะแอโรบิกค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ยกตัวอย่าง เช่น ในชุดการทดลอง D-ANA10 ที่ปลายสภาวะแอนแอโรบิกมีค่าพีเอช 7 และเมื่อเข้าสู่สภาวะแอนแอโรบิกได้เพียง 15 นาที ได้ค่าพีเอชเท่ากับ 7.8 (ชุดการทดลองอื่นๆ มีผลในการทำงานเหมือนกัน) ผลดังกล่าวทำ

ให้มั่นใจได้มากขึ้นว่าค่าพีเอชที่เพิ่มขึ้นในช่วงแอโรบิก น่าจะเกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลุดออกสู่บรรยากาศ (ไม่น่าจะเกิดจากปฏิกิริยาชีวเคมี)



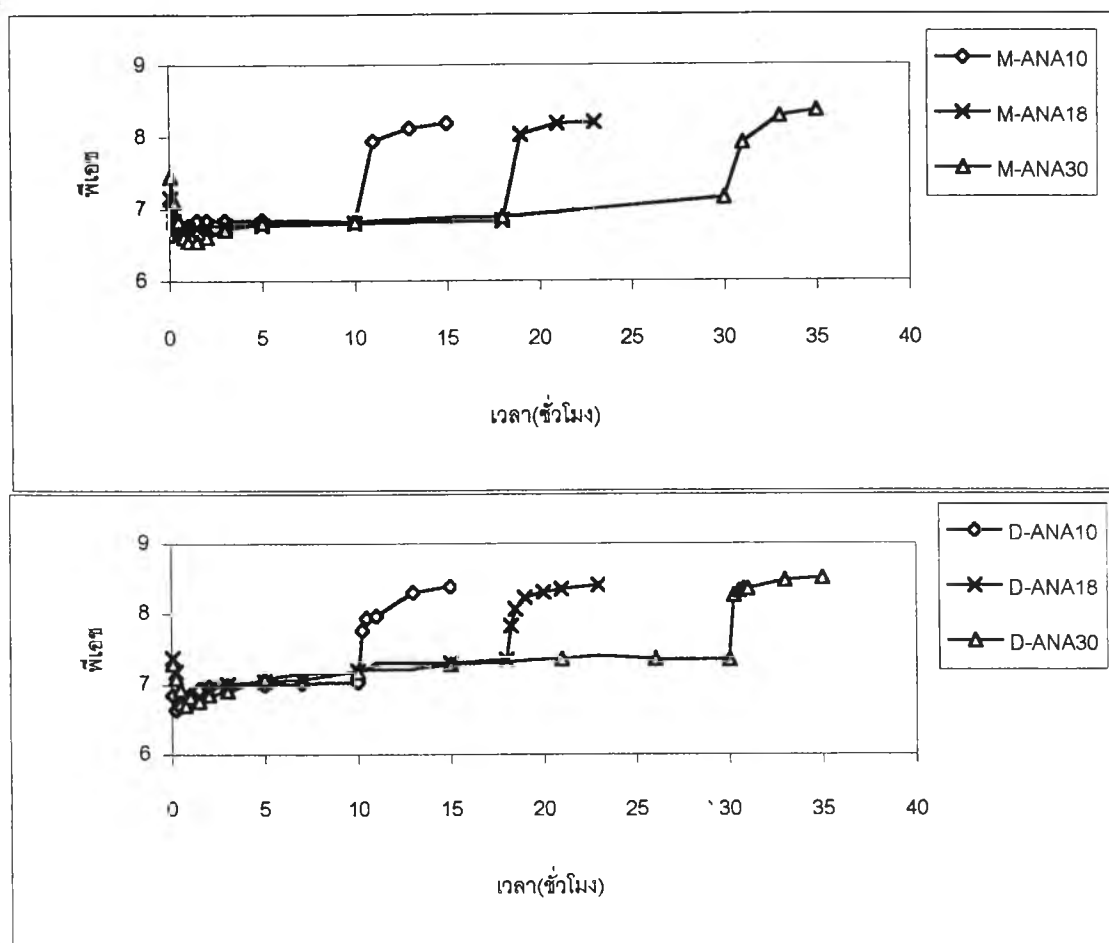
รูปที่ 4.6 พีเอชในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง

(หมายเหตุ- วัดน้ำเข้า, ช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก; t = 0 คำนวณจากการเจือจางระหว่างน้ำเข้าและน้ำค้างถัง)



รูปที่ 4.6 พิเชษในแต่ละวัฏจักรของแต่ละชุดการทดลอง(ต่อ)

(หมายเหตุ- วัฏน้ำเข้า, ช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก; t = 0 คำนวณจากการเจือจางระหว่างน้ำเข้าและน้ำค้างถึง)



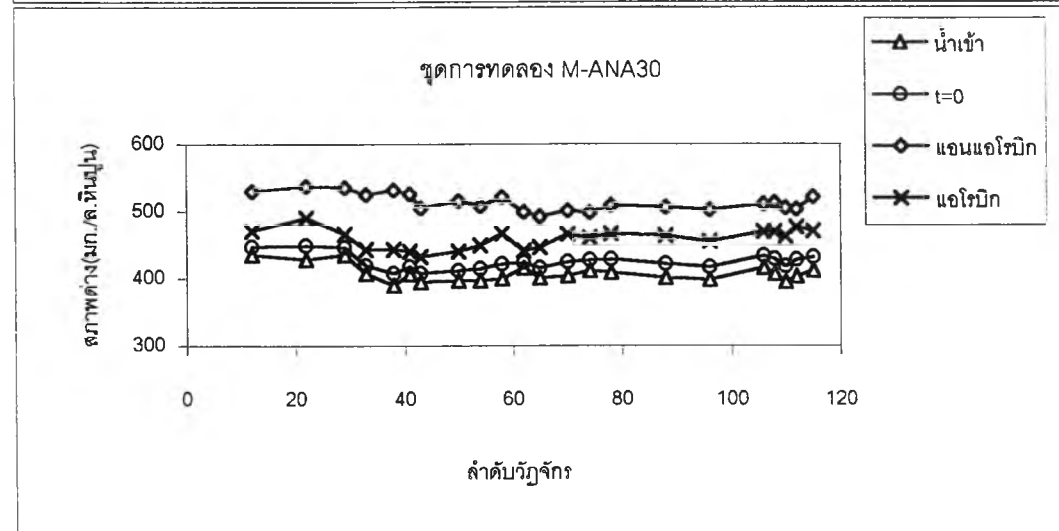
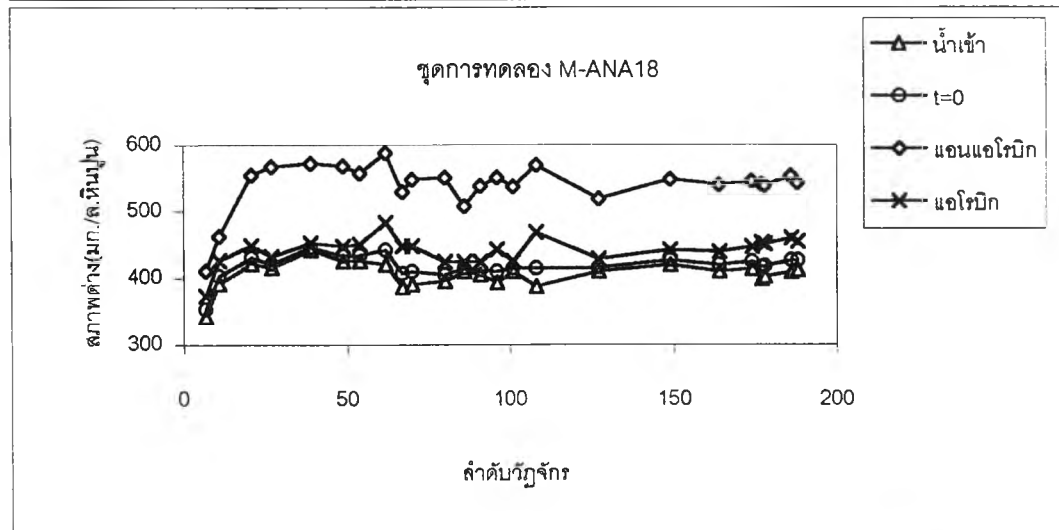
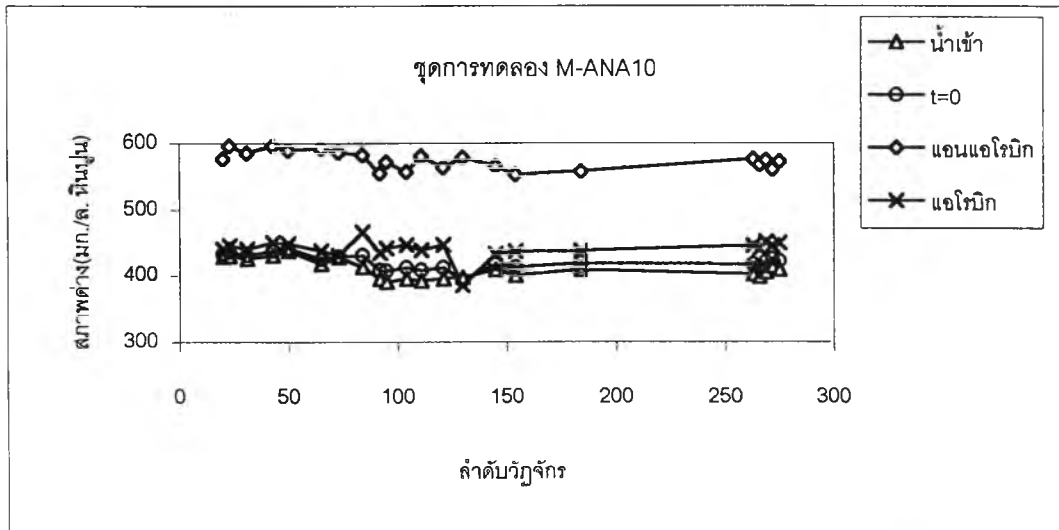
รูปที่ 4.7 โพรไฟล์พีเอชของแต่ละชุดการทดลอง

4.1.5 สภาพต่าง

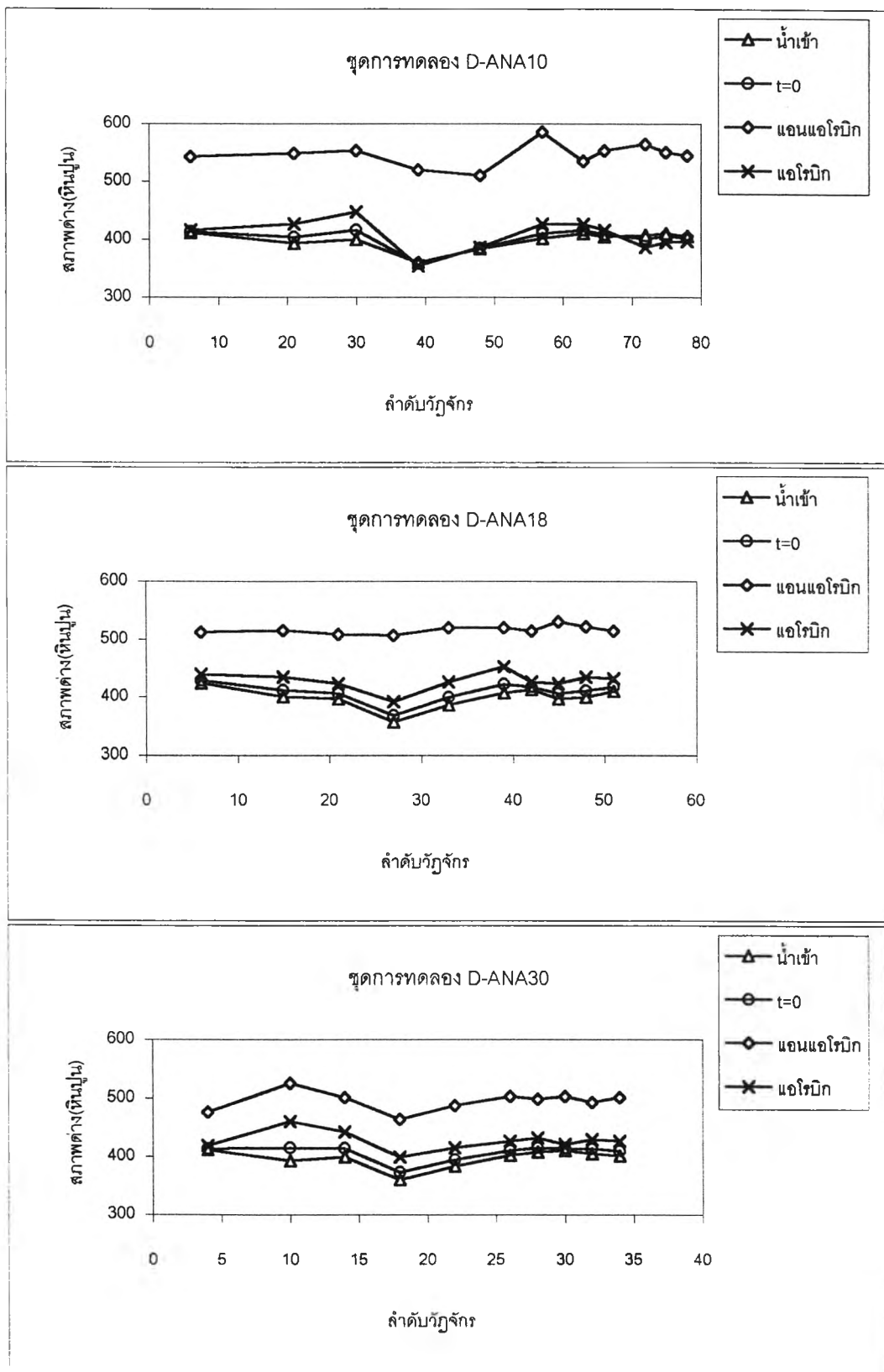
ตารางที่ 4.9 ค่าสภาพต่างเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง(มก./ล. CaCO_3)

ชุดการทดลอง	น้ำเข้า	t=0	แอนแอโรบิก	แอโรบิก
M-ANA10	406	419	570	447
M-ANA18	406	422	544	453
M-ANA30	407	428	510	469
D-ANA10	407	406	550	404
D-ANA18	405	415	520	433
D-ANA30	405	412	500	427

t=0 คำนวณจากการเจือจางของน้ำเข้าและน้ำค้างถัง

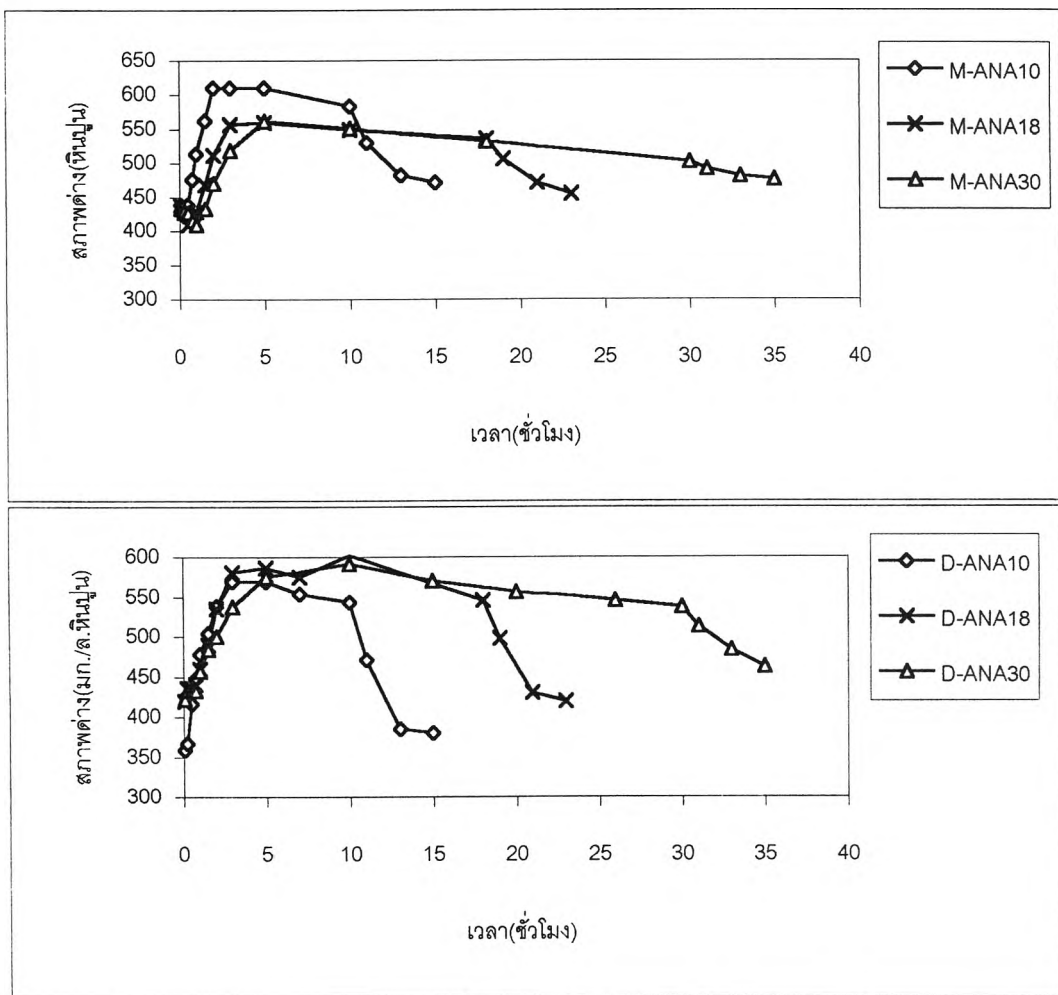


รูปที่ 4.8 สภาพต่างในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง
 (หมายเหตุ- วิเคราะห์น้ำเข้า, ช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก; t = 0 คำนวณจากการเจือจางระหว่างน้ำเข้าและน้ำค้างถึง)



รูปที่ 4.8 สภาพต่างในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง(ต่อ)

(หมายเหตุ- วิเคราะห์น้ำเข้า, ช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก; t=0 คำนวณจากการเฉลี่ยจางระหว่างน้ำเข้าและน้ำค้างถึง)



รูปที่ 4.9 โพรไฟล์สภาพต่างของชุดการทดลองต่างๆ

ค่าสภาพต่างและโพรไฟล์แสดงดังรูปที่ 4.8 และ 4.9 และค่าเฉลี่ยสภาพต่างในแต่ละชุดการทดลองแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าค่าสภาพต่างมีการเปลี่ยนแปลงในทางตรงข้ามกับค่าพีเอช กล่าวคือที่ปลายสภาวะแอนแอโรบิกค่าสภาพต่างเพิ่มขึ้น(ในขณะที่ค่าพีเอชลดลง) และที่ปลายสภาวะแอโรบิกค่าสภาพต่างมีค่าลดลงและมีค่าใกล้เคียงกับที่ $t=0$ (ในขณะที่ค่าพีเอชเพิ่มขึ้น) ปริมาณสภาพต่างที่เพิ่มขึ้นในช่วงสภาวะแอนแอโรบิกเป็นผลเนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำดังสมการที่ 4.1-4.3 ในหัวข้อ 4.1.4 จะเห็นว่ากรดคาร์บอนิกนอกจากจะแตกตัวให้ H^+ ยังแตกตัวให้ HCO_3^- และ CO_3^{2-} เนื่องจากค่าสภาพต่างสามารถคำนวณได้ดังสมการ 4.4

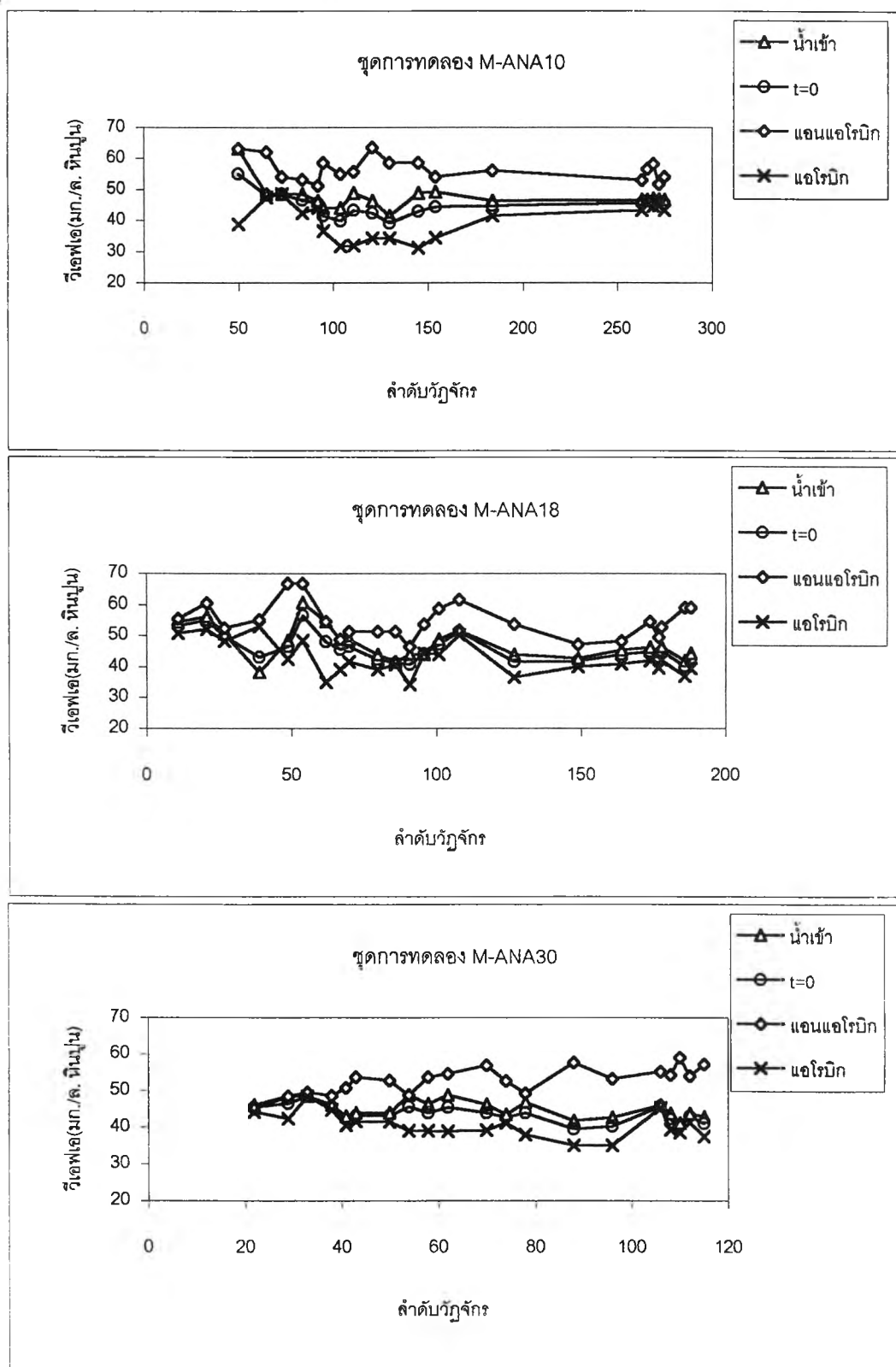
$$\text{สภาพต่าง} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+] \quad \text{สมการที่ 4.4}$$

จากการคำนวณดุลคาร์บอนิกจากภาคผนวก ค. ที่พีเอชเท่ากับ 6.8 - 7 (สภาวะแอนแอโรบิก) กรดคาร์บอนิกจะแตกตัวให้ $[\text{HCO}_3^-]$ เป็นส่วนใหญ่ (มากกว่าไฮโดรเจนไอออนที่เกิดขึ้น) จึงเป็นผลให้สภาพต่างโดยรวมเพิ่มขึ้น (จากสมการที่ 4.4) แต่ทำให้ค่าพีเอชลดลง เพราะมีไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนเมื่อเข้าสู่สภาวะแอโรบิกคาร์บอนไดออกไซด์หลุดออกสู่บรรยากาศ ทำให้สมการเคมีที่ 4.1-4.3 เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจึงมีผลทำให้สภาพต่างลดลง แต่ค่าพีเอชเพิ่มขึ้น

4.1.6 กรดไขมันระเหยง่าย

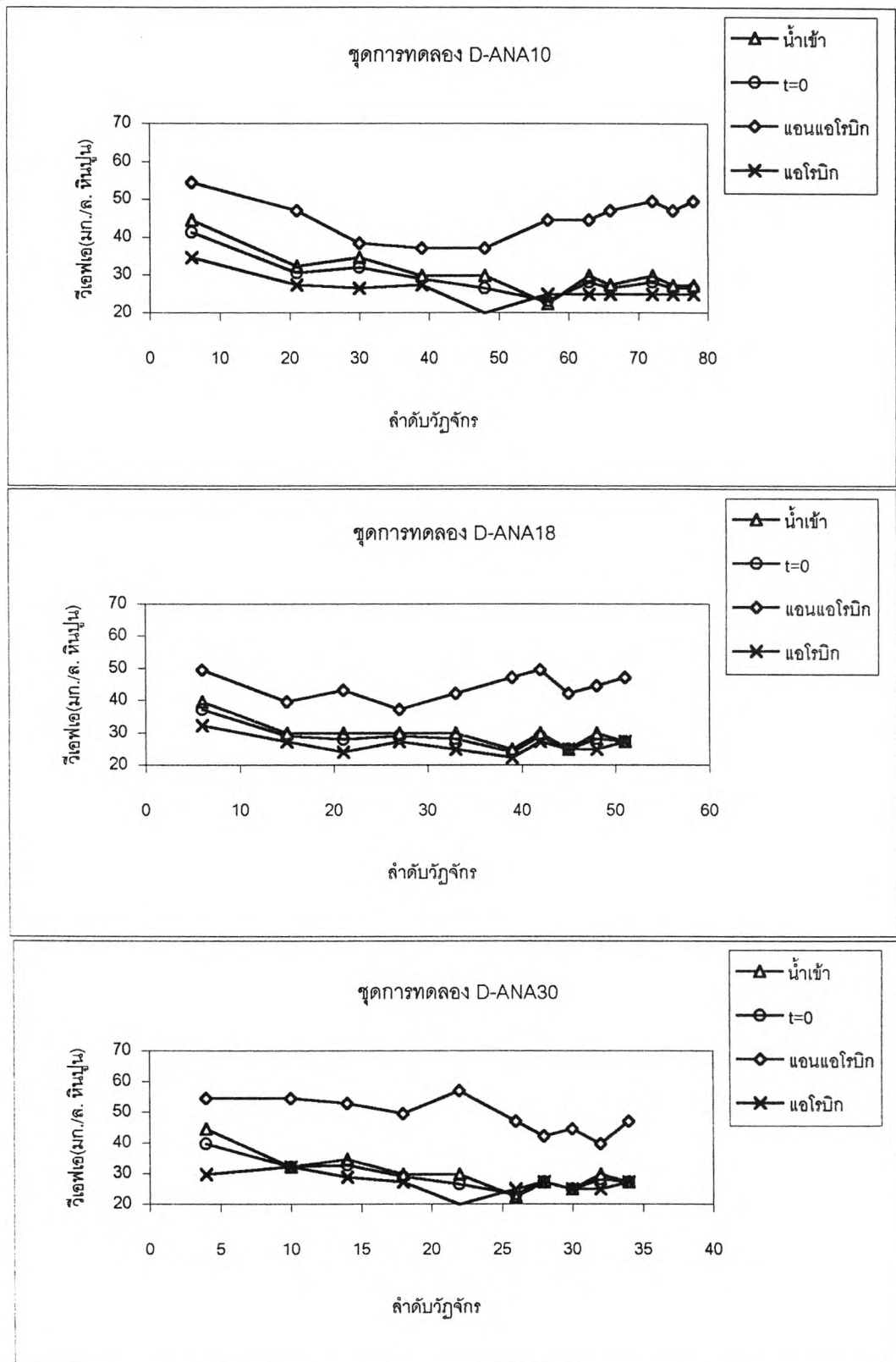
ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายที่สภาวะต่างๆแสดงดังรูปที่ 4.10 ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ปลายสภาวะแอนแอโรบิกเมื่อเปรียบเทียบกับที่ $t=0$ และในช่วงปลายสภาวะแอโรบิกปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายลดลงและมีค่าน้อยกว่าที่ $t=0$ เล็กน้อย แต่จากรูปที่ 4.11 (โพรไฟล์กรดไขมันระเหยง่าย) พบว่าในช่วงแรกของสภาวะแอนแอโรบิกปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และได้ค่าสูงสุดภายใน 30, 45 และ 90 นาที ของชุดการทดลองที่มีเวลากักแอนแอโรบิก 10, 18 และ 30 ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากแบ่งมันมีโมเลกุลที่ใหญ่ ซึ่งแบกที่เรียไม่สามารนำไปใช้ได้ ดังนั้นแบกที่เรียในระบบจะสร้างเอนไซม์(อะไมเลส)มาย่อยสลาย (ไฮโดรไลซิส; hydrolysis) แบ่งมันให้กลายเป็นน้ำตาล (เป็นโมเลกุลเล็กลง) และน้ำตาลจะถูกหมักให้เปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหยง่าย มีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 5 ตัว เช่น กรดอะซิติก กรดไพรูวิก และ กรดบิวทริก เป็นต้น ต่อจากนั้นกรดไขมันระเหยง่ายลดลงอย่างรวดเร็วและมีค่าคงที่ และเหลือเพียงส่วนน้อยที่ปลายสภาวะแอนแอโรบิก ทั้งนี้เนื่องจากแบกที่เรียสามารถใช้หรือดูดซับกรดไขมันระเหยง่ายเข้าสู่เซลล์ได้ง่าย และเมื่อเข้าสู่สภาวะแอโรบิกกรดไขมันระเหยง่ายจะลดลงเล็กน้อยและมีค่าใกล้เคียงกับน้ำเข้า

(ข้อสังเกต - ค่ากรดไขมันระเหยง่ายในน้ำเข้าและที่ปลายสภาวะแอโรบิกมีปริมาณ 30 - 50 มก. CaCO_3 ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากการวิเคราะห์กรดไขมันระเหยง่ายด้วยวิธีการไทเทรตจากพีเอช 4-7 ซึ่งเป็นการวัดสภาพต่างของกรดไขมันระเหยง่าย ไม่ใช่ค่ากรดไขมันระเหยง่ายโดยตรง นอกจากนี้เป็นวิธีที่ไม่แม่นยำนักหรืออาจเป็นการผิดพลาดจากการวิเคราะห์ คือการไทเทรต)



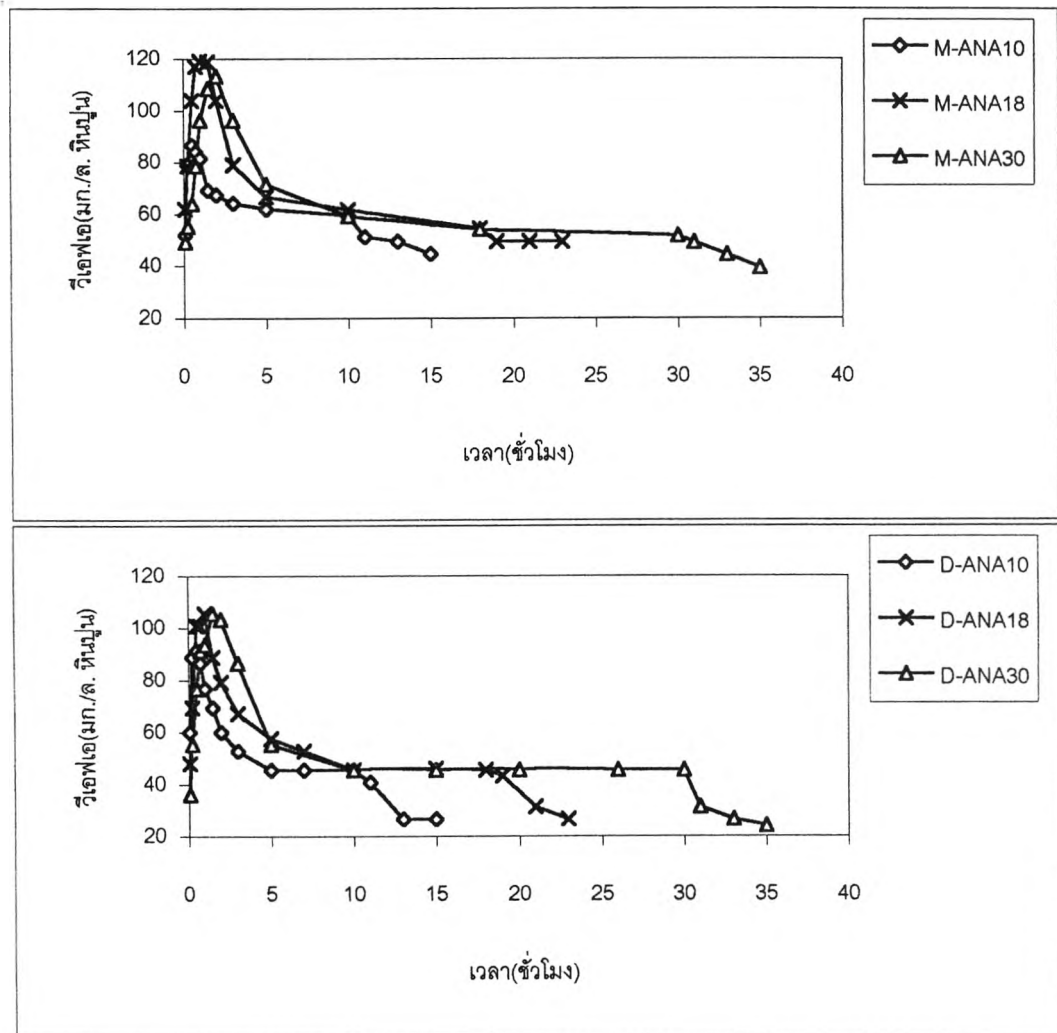
รูปที่ 4.10 กรดไขมันระเหยง่ายในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง

(หมายเหตุ- วิเคราะห์น้ำเข้า, ช่วงปลายสภาวะแอนไฮโรบิกและแอโรบิก; t = 0 คำนวณจากการเจือจางระหว่างน้ำเข้าและน้ำค้างถึง)



รูปที่ 4.10 กรดไขมันระเหยง่ายในวักจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง(ต่อ)

(หมายเหตุ- วิเคราะห์น้ำเข้า, ช่วงปลายสภาวะแอนไอออนและแคโรนิก; t=0 คำนวณจากการเจือจางระหว่างน้ำเข้าและน้ำค้างถึง)



รูปที่ 4.11 โพรไฟล์กรดไขมันระเหยง่ายของชุดการทดลองต่างๆ

4.1.7 เอ็มแอลเอสเอส, เอ็มแอลวีเอสเอส และเอสเอส

ในตอนแรกของงานวิจัยนี้มีความตั้งใจจะควบคุมระบบให้มีอายุสัปดาห์เท่ากับ 8 วัน ดังนั้นเมื่อเริ่มการทดลองแรก (M-ANA10, M-ANA18 และ M-ANA30) ทั้งสัปดาห์ในช่วงปลายสภาวะแเอโรบิกไป 1.5 ลิตรต่อวัน (เนื่องจากถังปฏิบัติการมีปริมาตรทำงาน 12 ลิตร) แต่ปรากฏว่าน้ำออกมีปริมาณเอสเอสค่อนข้างสูง ดังนั้นเมื่อนำปริมาณเอสเอสในน้ำออกมาคิดหาค่าอายุสัปดาห์รวมด้วยจะได้ค่าอายุสัปดาห์ประมาณ 7.2 วัน และดังนั้นเมื่อเริ่มทำการทดลองของชุดการทดลอง D-ANA10, D-ANA18 และ D-ANA30 จึงควบคุมอายุสัปดาห์ให้ได้เท่ากับ 7.2 วัน (เพื่อให้เท่ากับ 3 ชุด

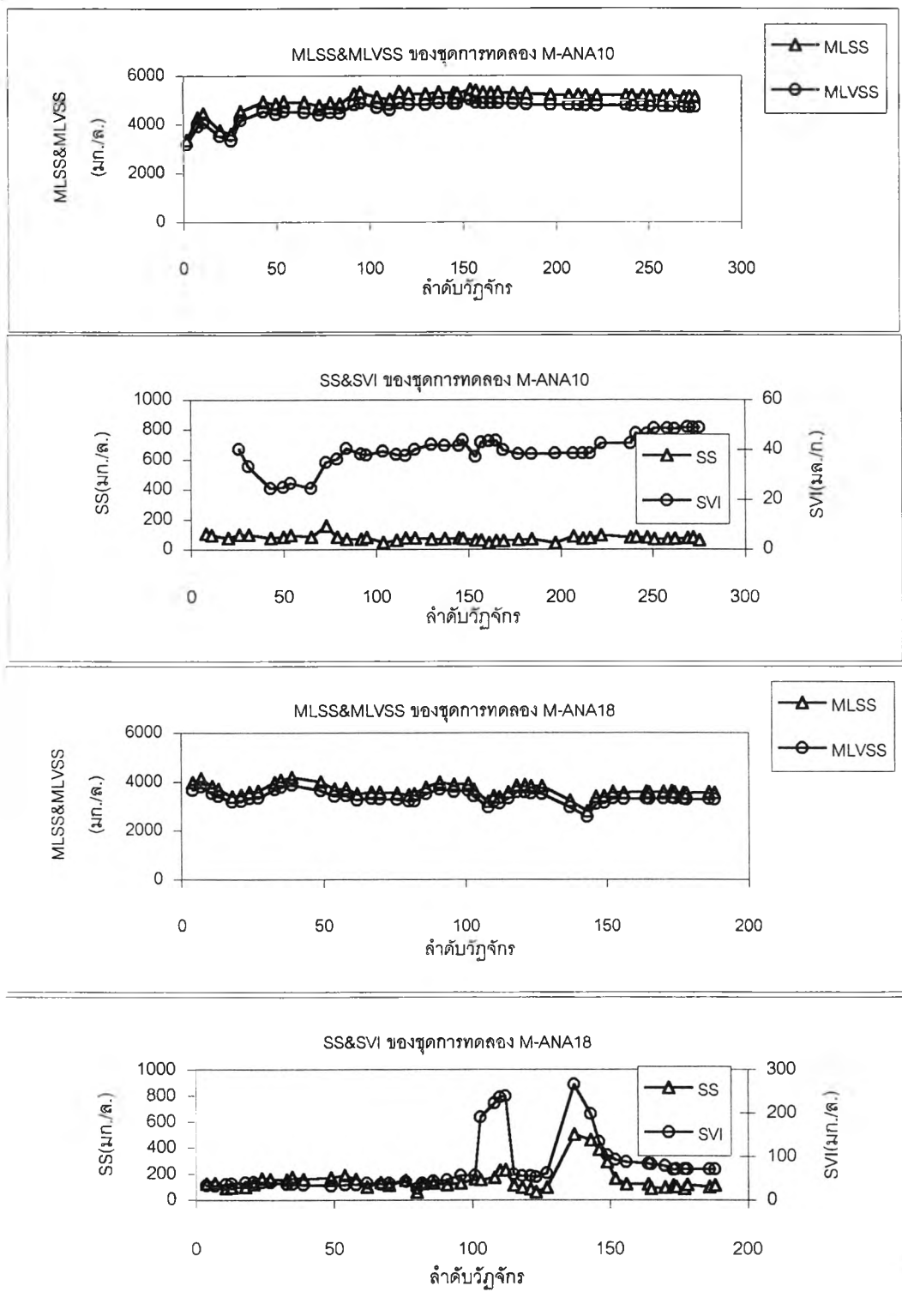
การทดลองแรก) การคำนวณหาปริมาณสลัดจ์ส่วนเกินที่ทิ้งต่อวัน คำนวณโดยการนำปริมาณเอสเอสในน้ำออกมากลั่นด้วย (ดูจากภาคผนวก ง.)

ตารางที่ 4.10 เอ็มแอลเอสเอส, เอ็มแอลวีเอสเอส และเอสเอสของชุดการทดลองต่างๆ

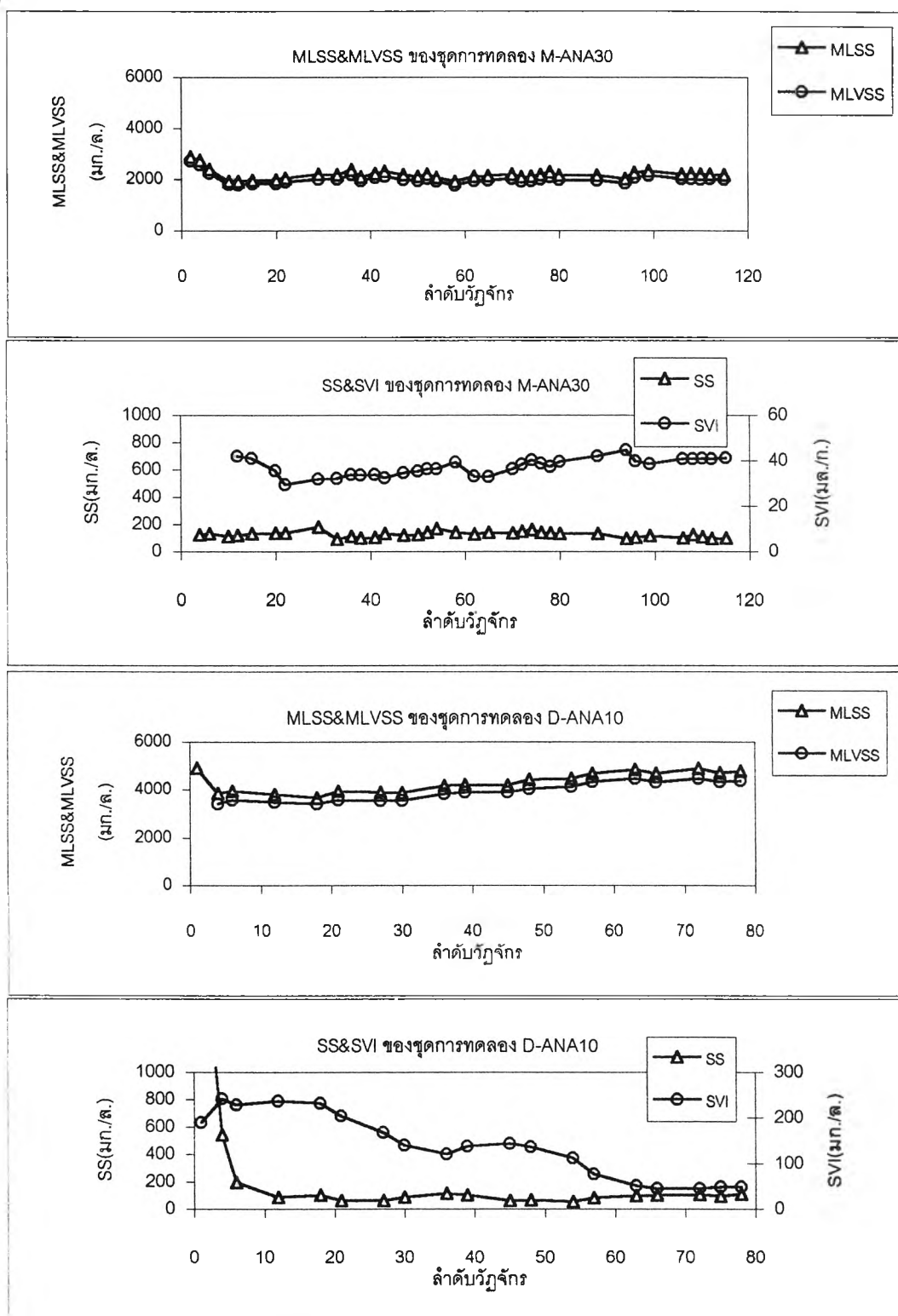
ชุดการทดลอง	MLSS (มก./ล.)	MLVSS (มก./ล.)	MLVSS/MLSS	SS (มก./ล.)	SVI (มล./ก.)
M-ANA10	5,138	4,705	0.92	71	49
M-ANA18	3,544	3,280	0.93	102	71
M-ANA30	2,206	2,018	0.91	104	90
D-ANA10	4,780	4,398	0.92	101	48
D-ANA18	3,586	3,280	0.91	110	70
D-ANA30	2,342	2,152	0.92	161	87

ค่าเอ็มแอลเอสเอส, เอ็มแอลวีเอสเอส, เอสเอส และเอสวีไอ แสดงดังรูปที่ 4.12 ส่วนค่าเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 4.10 จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเวลากักแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้น (เวลาวัฏจักรเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากทุกชุดการทดลองมีเวลากักแอนแอโรบิกเท่ากัน) มีผลทำให้ค่าเอ็มแอลเอสเอสลดลง ทั้งนี้เนื่องจากในชุดการทดลองที่มีเวลากักแอนแอโรบิกสูงขึ้นก็ทำให้ปริมาณบีโอดีต่อวัน (BOD load) ลดลงด้วย (ทุกชุดการทดลองมีปริมาณซีโอดีของน้ำเข้าเท่ากับ 1,400 มก/ล.) ชุดการทดลองที่ใช้สัโมโนอะไซม์เวลากักแอนแอโรบิก 10, 18 และ 30 ชั่วโมง จะมีค่าปริมาณบีโอดีเข้าเท่ากับ 0.017, 0.011 และ 0.008 กก./วัน ตามลำดับ และมีค่า F/M เท่ากับ 0.30, 0.29 และ 0.31 ก.บีโอดี/วัน.ก.เอ็มแอลวีเอสเอส ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ใช้สัโอดีอะไซม์ปริมาณบีโอดีเข้าเท่ากับ 0.017, 0.011 และ 0.007 กก./วัน และมีค่า F/M เท่ากับ 0.32, 0.28 และ 0.29 ก.บีโอดี/วัน.ก.เอ็มแอลวีเอสเอส ตามลำดับ(วิธีการคำนวณแสดงดังภาคผนวก จ.) และพบว่าชุดการทดลองที่ใช้สัย้อมต่างชนิดกัน แต่มีเวลากักแอนแอโรบิกเท่ากันจะมีค่าปริมาณบีโอดีเข้าใกล้เคียงกัน จึงมีผลทำให้ปริมาณเอ็มแอลเอสเอสมีค่าใกล้เคียงกันด้วย

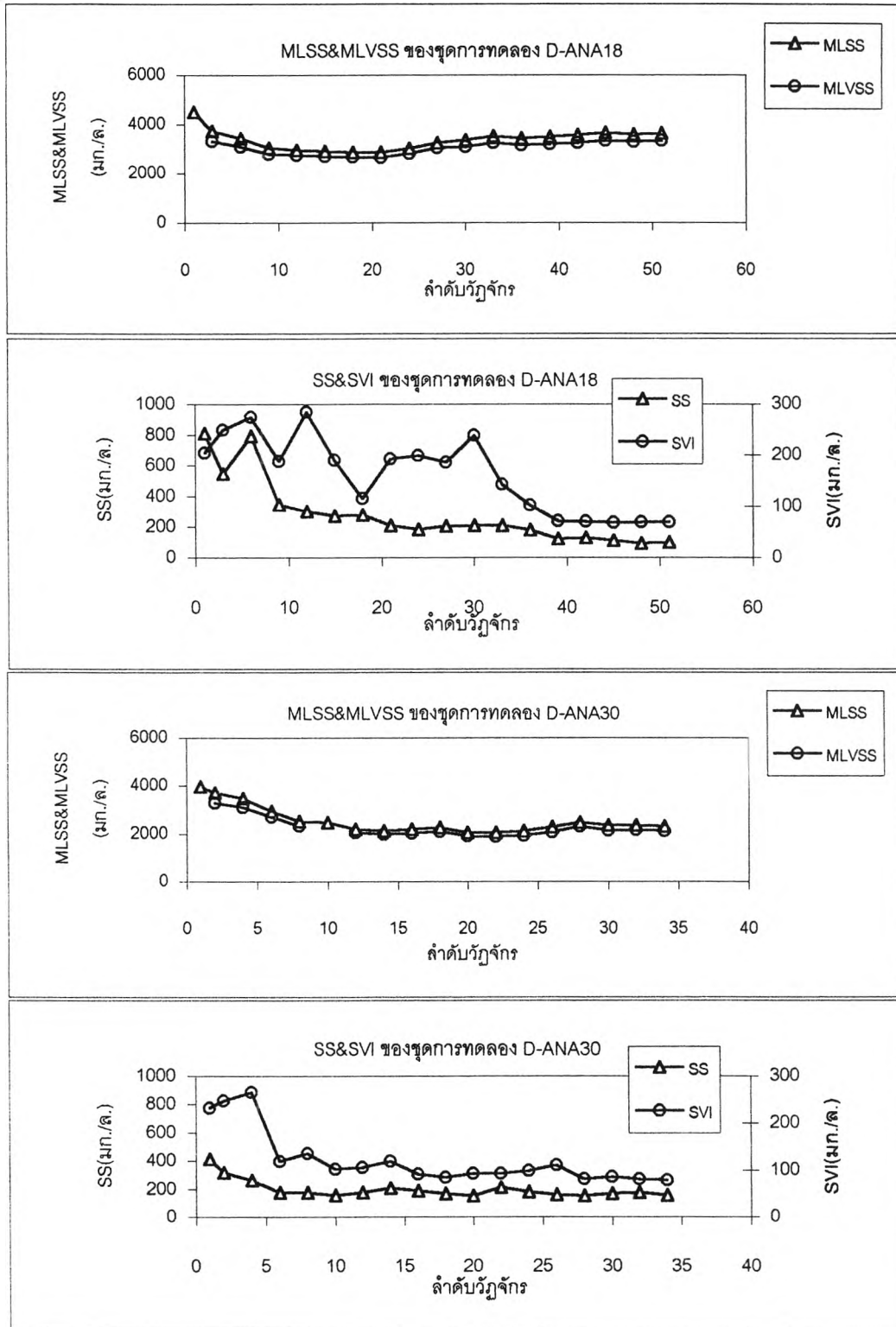
ทุกชุดการทดลองมีอัตราส่วนระหว่างเอ็มแอลวีเอสเอสต่อเอ็มแอลเอสเอสใกล้เคียงกัน กล่าวคือจะมีค่าเท่ากับ 0.92-0.93 ส่วนปริมาณเอสเอสในน้ำออกของทุกชุดการทดลองมีค่าค่อนข้างสูง คือ 71-161 มก./ล. ทั้งๆที่ค่าเอสวีไอมีค่าไม่สูงมากนัก เมื่อนำสลัดจ์จากทุกชุดการทดลอง (สถานะคงตัว) ไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ (ภาพที่ 4.3) พบว่าจุลชีพในระบบของทุกชุดการทดลอง



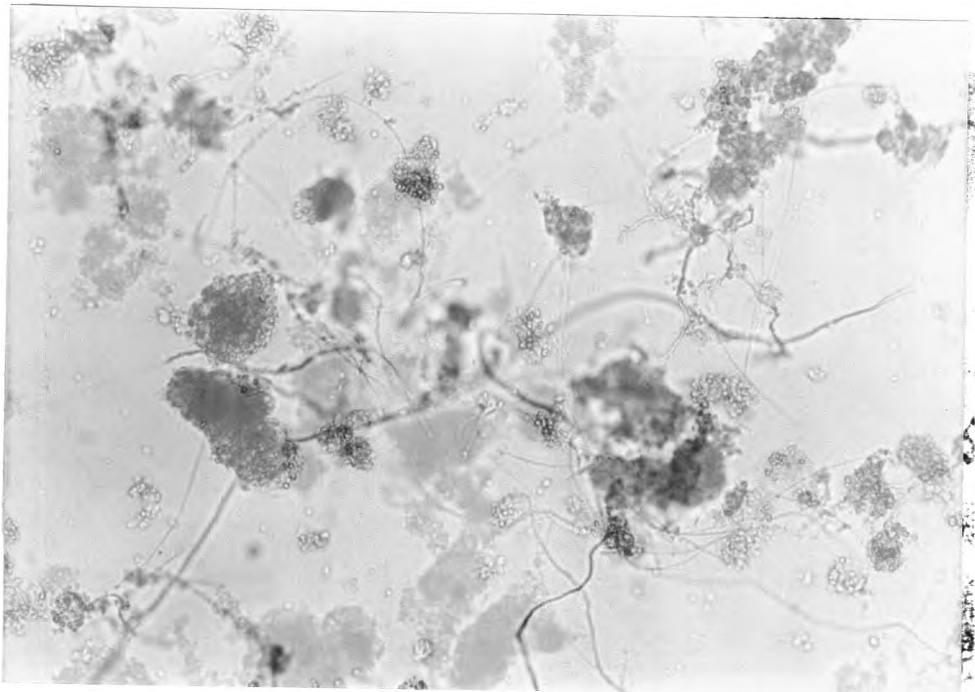
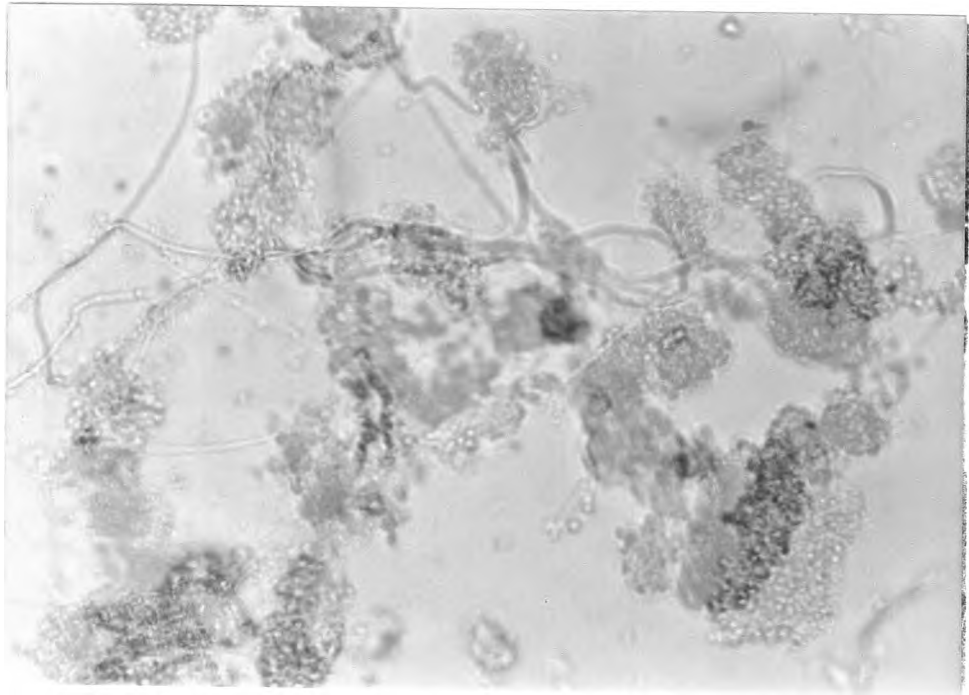
รูปที่ 4.12 เอ็มแอลเอสเอส, เอ็มแอลวีเอสเอส, เอสเอส และเอสวีไอของชุดการทดลองต่างๆ



รูปที่ 4.12 เข้มแอลเอสเอส, เข้มแอลวีเอสเอส, เอสเอส และเอสวีไอของชุดการทดลองต่างๆ(ต่อ)



รูปที่ 4.12 เอ็มแอลเอสเอส, เอ็มแอลวีเอสเอส, เอสเอส และเอสวีไอของชุดการทดลองต่างๆ(ต่อ)



ภาพที่ 4.3 ลักษณะจุลชีพเมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์

มีความคล้ายกัน คือ จุลชีพที่พบในระบบมีทั้งกลุ่มที่เป็นฟล็อกและกลุ่มที่เป็นเส้นใย แต่กลุ่มที่เป็นฟล็อกมีปริมาณมากกว่า เพราะฉะนั้นจึงเป็นไปได้ที่กลุ่มจุลชีพที่มีลักษณะเป็นฟล็อกจะจมตัวได้ดี จึงทำให้ค่าเอสวีไอมีค่าต่ำ

จากรูปที่ 4.12 ในช่วงวัฏจักรที่ 137 ของชุดการทดลอง M-ANA18 สลัดจ์ในระบบจมตัวไม่ลง ซึ่งทำให้ค่าเอสวีไอมีค่าสูงและมีเอสเอสในน้ำทิ้งสูง จึงมีผลทำให้เอ็มแอลเอสเอสในระบบลดลงด้วย แต่เมื่อดำเนินระบบต่อไปอีกประมาณ 30-40 วัฏจักร ระบบก็เข้าสู่สถานะคงตัวอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งทำให้ค่าเอสวีไอและเอสเอสมีค่าลดลง และสลัดจ์จมตัวได้ดีเหมือนเดิม ส่วนในชุดการทดลอง D-ANA10, D-ANA18 และ D-ANA30 เมื่อเริ่มต้นเดินระบบมีค่าเอสวีไอ เอสเอสสูงมาก แต่เมื่อดำเนินระบบไปเรื่อยๆ ค่าเอสวีไอและเอสเอสจะลดลงเรื่อยๆ และเมื่อดำเนินระบบไปได้ประมาณ 2 เดือน ระบบก็เข้าสู่สถานะคงตัว

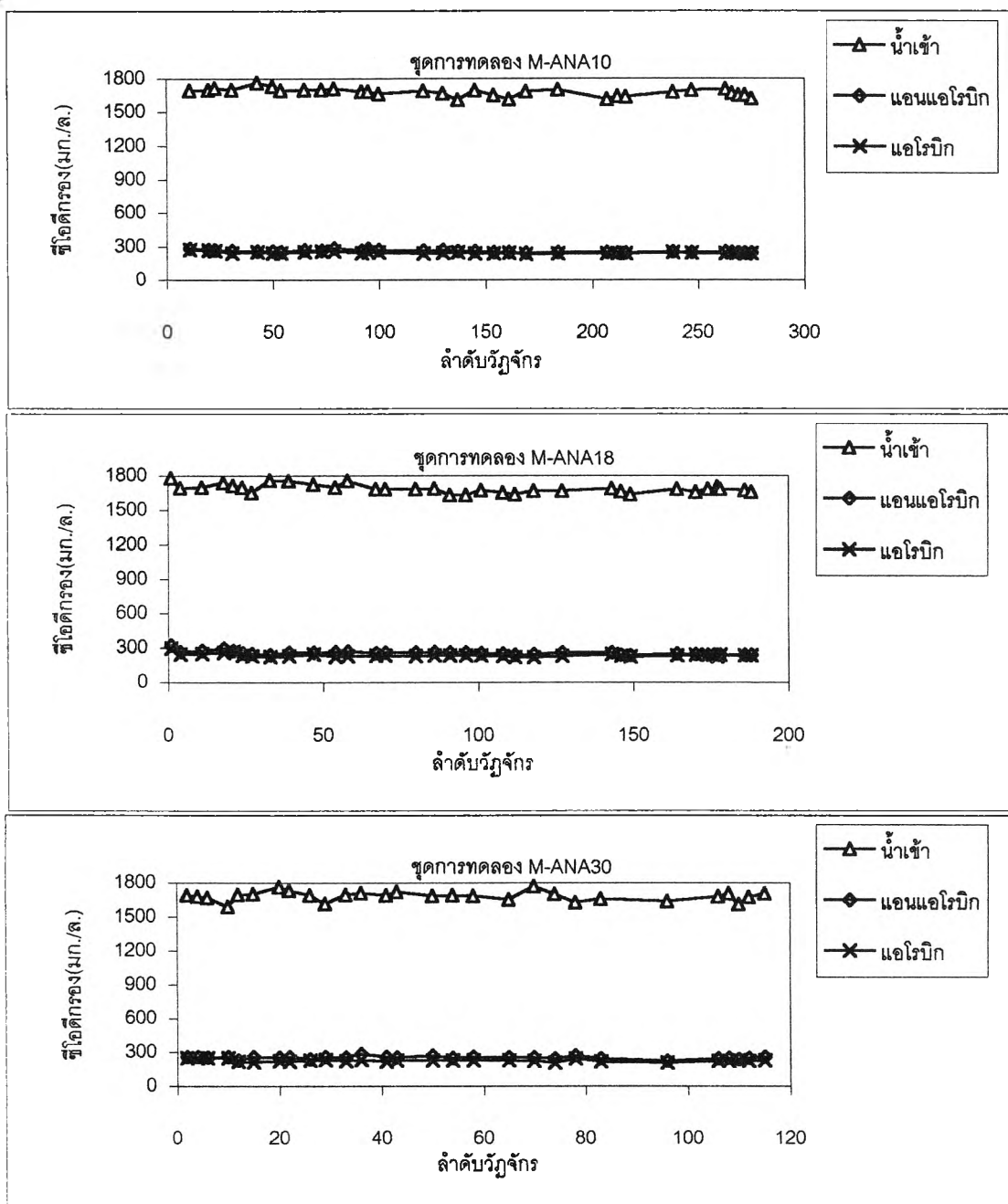
4.1.8 ซีไอดี

ตารางที่ 4.11 ซีไอดีเฉลี่ยของชุดการทดลองต่างๆ

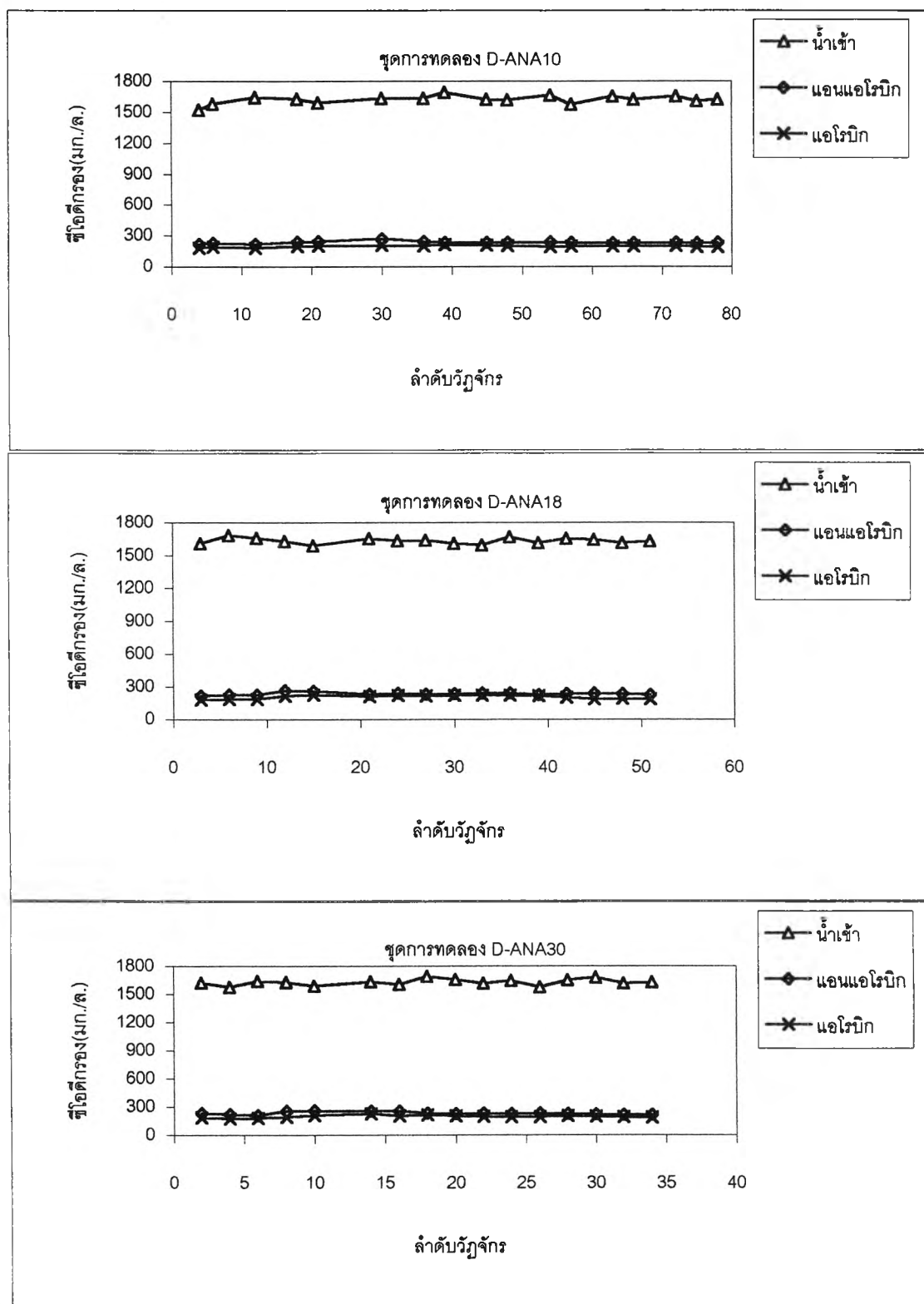
ชุดการทดลอง	น้ำเข้า (มก./ล.)	แอนแอโรบิก (มก./ล.)	แอโรบิก (มก./ล.)	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)
M-ANA10	1,658	242	235	85.8
M-ANA18	1,678	239	233	86.1
M-ANA30	1,675	246	224	86.7
D-ANA10	1,630	229	194	88.1
D-ANA18	1,629	231	193	88.1
D-ANA30	1,629	220	193	88.2

ซีไอดีของทุกชุดการทดลองแสดงในรูปที่ 4.13 และค่าซีไอดีเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 4.11 ทุกชุดการทดลองใช้น้ำเสียสี่สังเคราะห์โดยใช้แบ่งมันเป็นสารอาหารรวม ซึ่งคิดในรูปซีไอดีเท่ากับ 1,400 มก./ล. นอกจากนี้ได้ใช้ความเข้มข้นของสีย้อมเท่ากับ 400 มก./ล. ซึ่งให้ค่าซีไอดีของสีย้อมเท่ากับ 227 และ 197 มก./ล. สำหรับกรณีสีย้อมโมโนอะโซและไดอะโซตามลำดับ (ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ภูมิภาคผนวก ข.) ดังนั้นค่าซีไอดีที่ได้จากการคำนวณน้ำเข้าของชุดการ

ทดลองที่ใช้สีย้อมโมโนอะโซและไดอะโซจะเท่ากับ 1,627 และ 1,597 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในตารางที่ 4.11

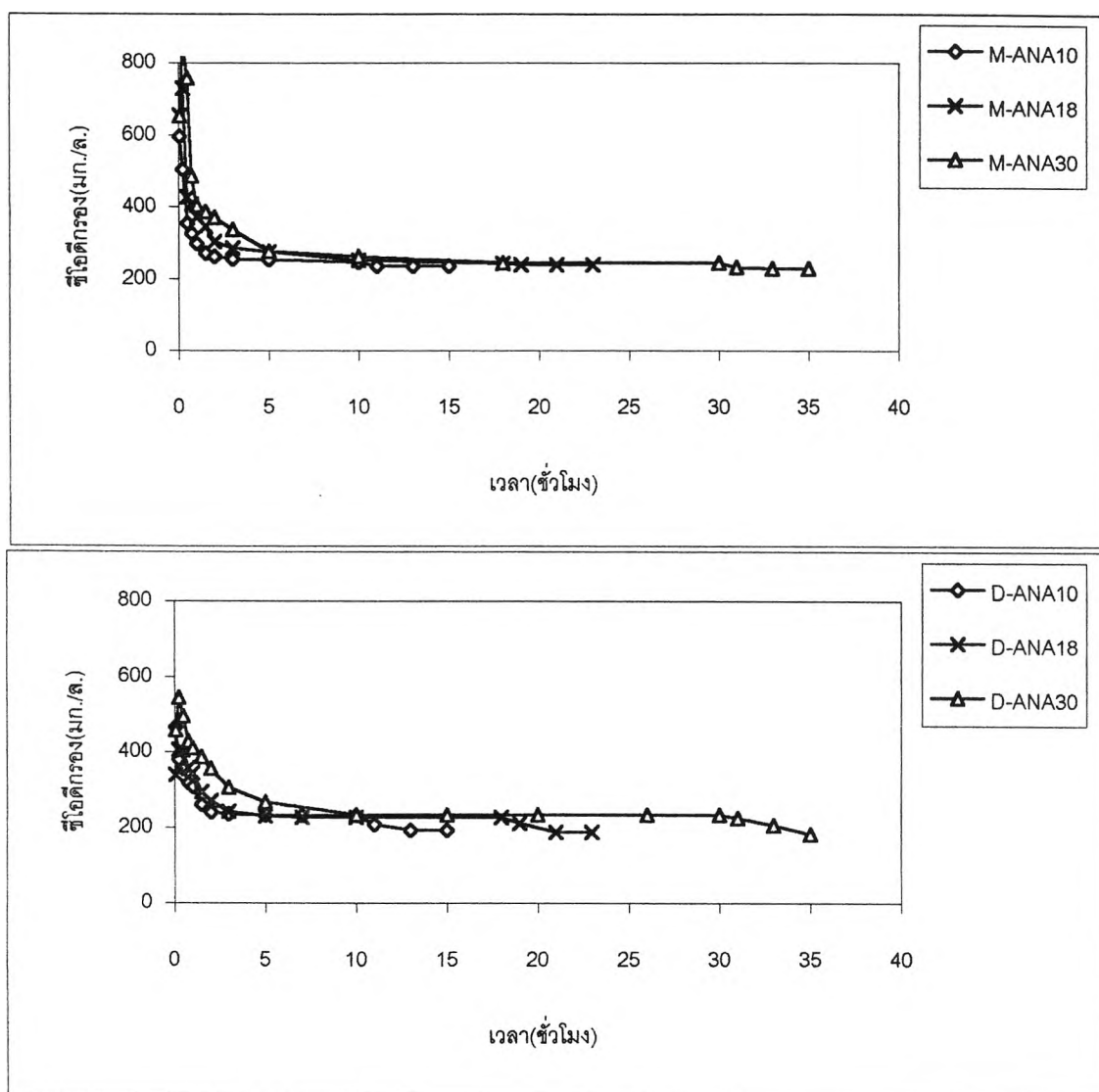


รูปที่ 4.13 ซีโอดีในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง (หมายเหตุ- วิเคราะห์น้ำเข้า, ช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก)



รูปที่ 4.13 ซีโอดีไนในแต่ละวัฏจักรของแต่ละชุดการทดลอง(ต่อ)

(หมายเหตุ- วิเคราะห์น้ำเข้า, ช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก)



รูปที่ 4.14 โพรไฟล์ซีไอดีของชุดการทดลองต่างๆ

ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของทุกชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน (86-88%) และซีไอดีที่ถูกกำจัดโดยส่วนใหญ่อยู่ในสภาวะแอนแอโรบิก และถูกกำจัดในสภาวะแอโรบิกเพียงเล็กน้อย และค่าซีไอดีที่เหลืออยู่ที่ปลายสภาวะแอโรบิกของทุกชุดการทดลองจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าซีไอดีของสีย้อมที่เติมในน้ำเข้า ทั้งนี้จากกล่าวได้ว่าซีไอดีที่เหลือในน้ำออกส่วนใหญ่ก็คือซีไอดีของสีย้อมนั่นเอง

จากโพรไฟล์ซีไอดี รูปที่ 4.14 พบว่าทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน กล่าวคือเมื่อเริ่มเข้าสู่สภาวะแอนแอโรบิก ปริมาณซีไอดีกรองจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าสูงสุด

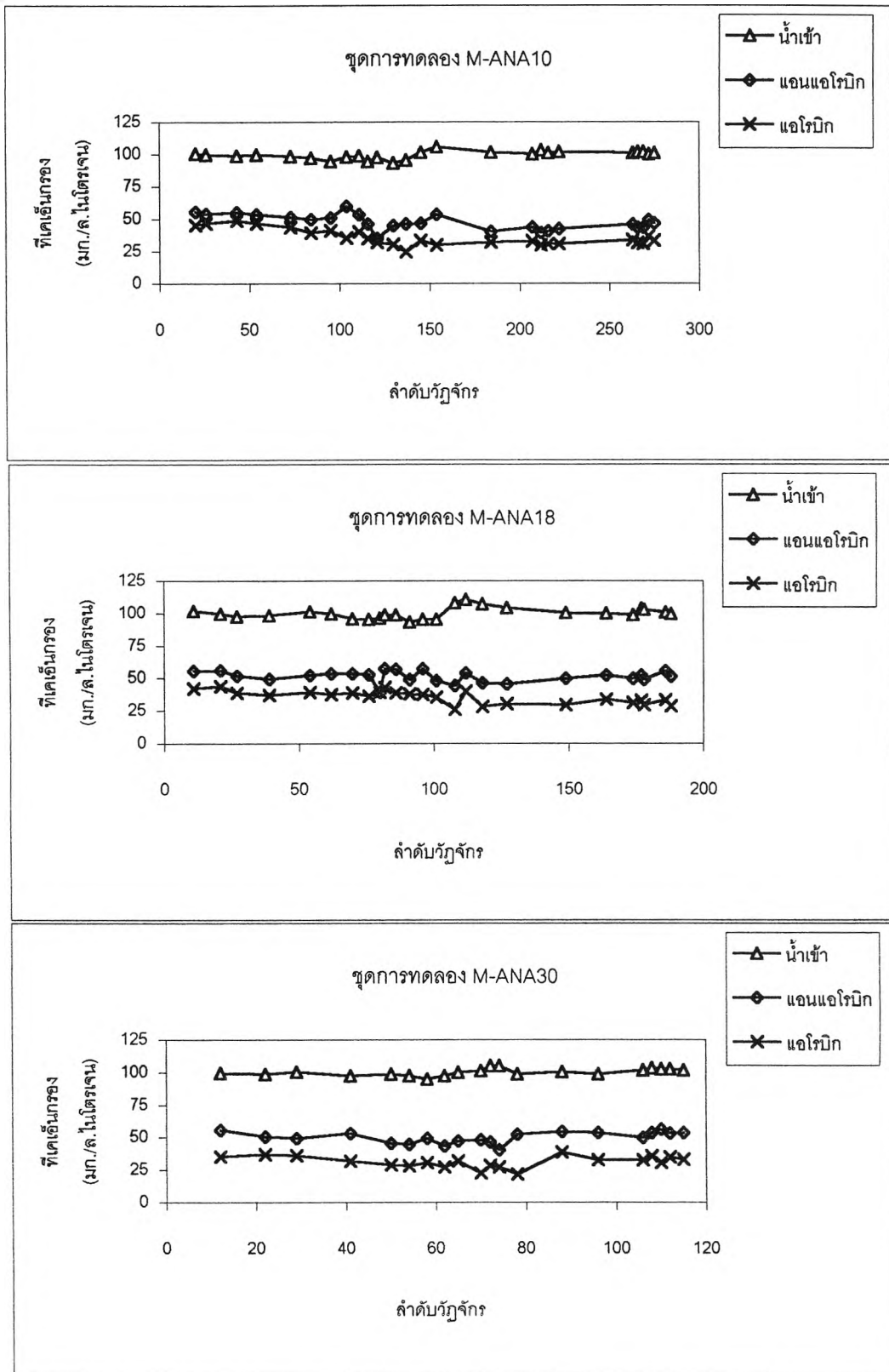
ภายในเวลา 5, 15 และ 30 นาที ของชุดการทดลองที่มีเวลากักแวนแอรอริก 10, 18 และ 30 ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากแป้งมันถูกไฮโดรไลซิส โดยที่แบกทีเรียในระบบสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายแป้งมันให้กลายเป็นน้ำตาล ต่อจากนั้นก็ถูกหมักได้กรดไขมันระเหยง่าย(ดูหัวข้อ 4.1.6) ซึ่งสามารถผ่านกระดาษกรองได้ เป็นผลทำให้ค่าซีไอดีกรองเพิ่มขึ้น และสาเหตุที่ชุดการทดลองที่มีเวลากักแวนแอรอริก 10 ชั่วโมงสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้เร็วกว่า (ซีไอดีกรองสูงสุดที่ 5 นาที) ชุดการทดลองที่มีเวลากักแวนแอรอริก 18 และ 30 ชั่วโมง (ซีไอดีกรองสูงสุดที่ 15 นาที) เนื่องจากชุดการทดลองที่มีเวลากักแวนแอรอริก 10 ชั่วโมง มี ปริมาณเอนไซม์ในระบบมากกว่าชุดการทดลองอื่น (ดูหัวข้อ 4.1.7) ดังนั้นทำให้มีความสามารถสร้างเอนไซม์ในการไฮโดรไลซิสแป้งได้มากกว่าด้วย และเมื่อเวลากักแวนแอรอริกมากขึ้น(หลังจาก 30 นาที) ค่าซีไอดีกรองจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากแบกทีเรียสามารถจับใช้ได้ง่าย(สอดคล้องกับค่ากรดไขมันระเหยง่าย) และจะเริ่มคงที่เมื่อเวลากักแวนแอรอริกผ่านไป 5 ชั่วโมง เมื่อเข้าสู่สภาวะแอรอริกค่าซีไอดีจะลดลงเล็กน้อย และปริมาณซีไอดีเมื่อสิ้นสุดสภาวะแอรอริกมีค่าใกล้เคียงกับค่าซีไอดีของสีย้อมที่เติมในน้ำเข้า หรืออาจกล่าวได้ว่าซีไอดีของสีย้อมเป็นซีไอดีที่ถูกย่อยสลายได้ยาก

4.1.9 ทีเคเอ็น

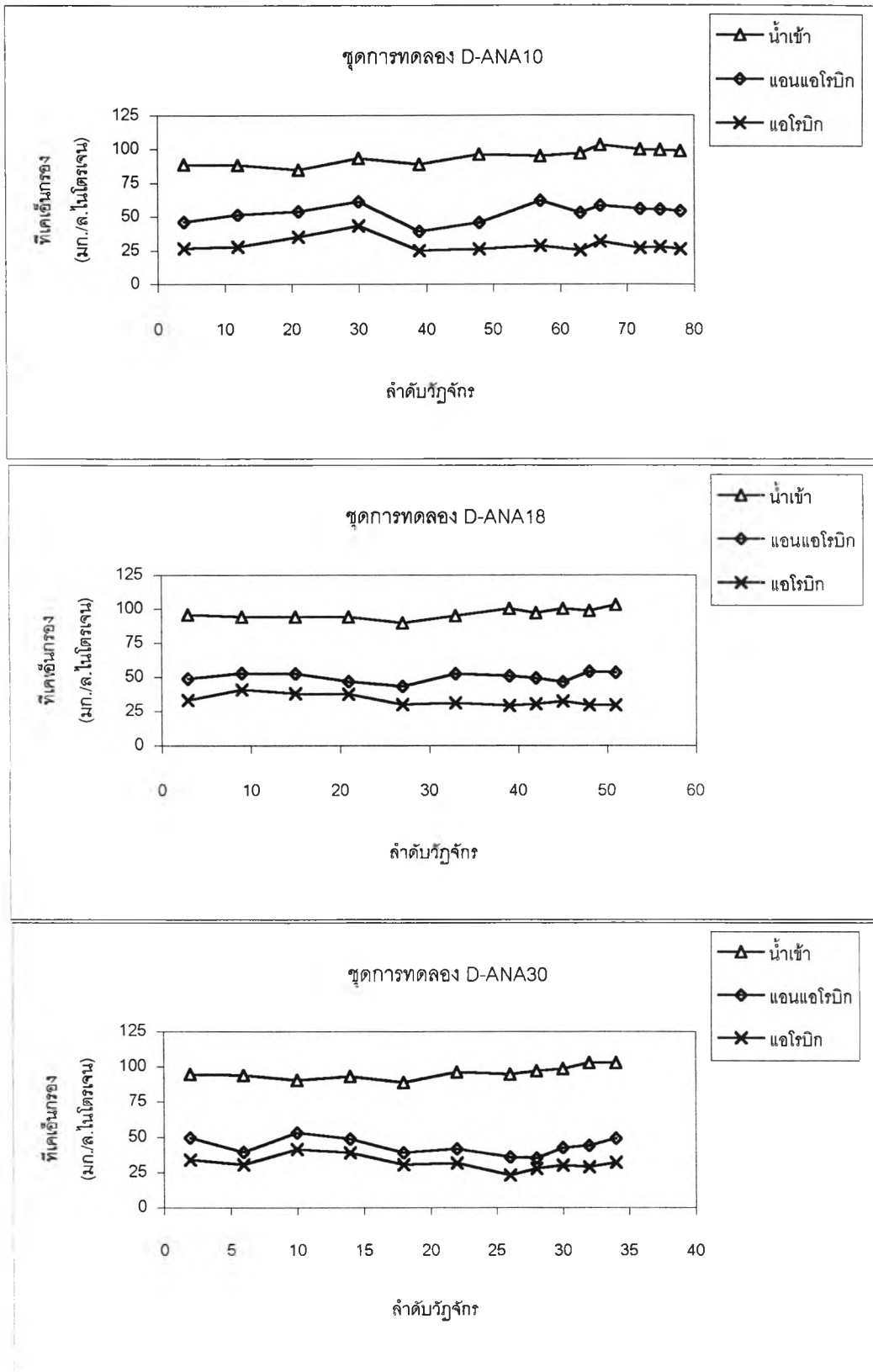
ตารางที่ 4.12 ทีเคเอ็นเฉลี่ยของชุดการทดลองต่างๆ

ชุดการทดลอง	น้ำเข้า (มก./ล.)	แวนแอรอริก (มก./ล.)	แอรอริก (มก./ล.)	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)
M-ANA10	101	45	33	67.3
M-ANA18	101	52	31	69.3
M-ANA30	102	53	34	67.2
D-ANA10	99	55	28	72.3
D-ANA18	100	51	30	69.8
D-ANA30	99	41	28	71.5

ทีเคเอ็นของแต่ละชุดการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.15 และค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 4.12 การทดลองนี้เติมไนโตรเจนในปริมาณที่พอดีกับความต้องการในการสร้างเซลล์ของแบกทีเรีย โดยการคำนวณจากปริมาณการทิ้งสลัดจ์ต่อวัน (ดูจากภาคผนวกที่ ข.) เมื่อทุกชุดการทดลองเข้าสู่



รูปที่ 4.15 ที่เคเอ็นในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง (หมายเหตุ- วิเคราะห์น้ำเข้า, ช่วงปลายสภาวะแอนไอโรนิกและไอโรนิก)



รูปที่ 4.15 ที่เคเอ็นในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง(ต่อ)
 (หมายเหตุ- วิเคราะห์น้ำเข้า, ช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก)

สถานะคงตัว พบว่าความต้องการไนโตรเจนของระบบมีความใกล้เคียงกัน ดังนั้นการเตรียมน้ำเข้า จึงใช้ยูเรียที่ให้ค่าที่เคเอ็นที่เท่ากันทุกชุดการทดลอง (ที่สถานะคงตัว) คือ 67 มก.ไนโตรเจน/ล. และการเตรียมน้ำสังเคราะห์ยังมีการเติมนิวเทรียนต์บรอนซ์ 25 มก./ล. ซึ่งให้ค่าที่เคเอ็น 3.2 มก.ไนโตรเจน/ล. (จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ) นอกจากนี้สี่ย้อมโมโนอะซิและไดอะซิที่ความเข้มข้น 400 มก./ล. จะให้ค่าที่เคเอ็นเท่ากับ 23.6 และ 24.3 มก.ไนโตรเจน/ล. ตามลำดับ (จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ) ดังนั้นค่าที่เคเอ็นที่ได้จากการคำนวณน้ำเข้าของชุดการทดลองที่ใช้สี่ย้อมโมโนอะซิและไดอะซิจะเท่ากับ 93.9 และ 94.6 มก.ไนโตรเจน/ล.ตามลำดับ พบว่าได้ค่าที่ใกล้เคียงและสอดคล้องกับผลการทดลองในตารางที่ 4.12 และประสิทธิภาพการกำจัดของทุกชุดการทดลองมีความใกล้เคียงกัน คือ 67-72% ส่วนปริมาณที่เคเอ็นส่วนใหญ่ที่เหลืออยู่ที่ปลายสภาวะแอโรบิกมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณที่เคเอ็นที่ได้จากสี่ย้อม ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าที่เคเอ็นที่เหลือในช่วงปลายแอโรบิกส่วนใหญ่คือที่เคเอ็นของสี่ย้อม(ถ้าคิดเฉพาะที่เคเอ็นที่เติมเข้าระบบ อาจกล่าวได้ว่าสามารถกำจัดได้เกือบ 100%) และสอดคล้องกับค่าซีไอดีและฟอสฟอรัสที่เหลืออยู่ที่ปลายสภาวะแอโรบิก (ดูจากหัวข้อ 4.1.8 และ 4.1.10)

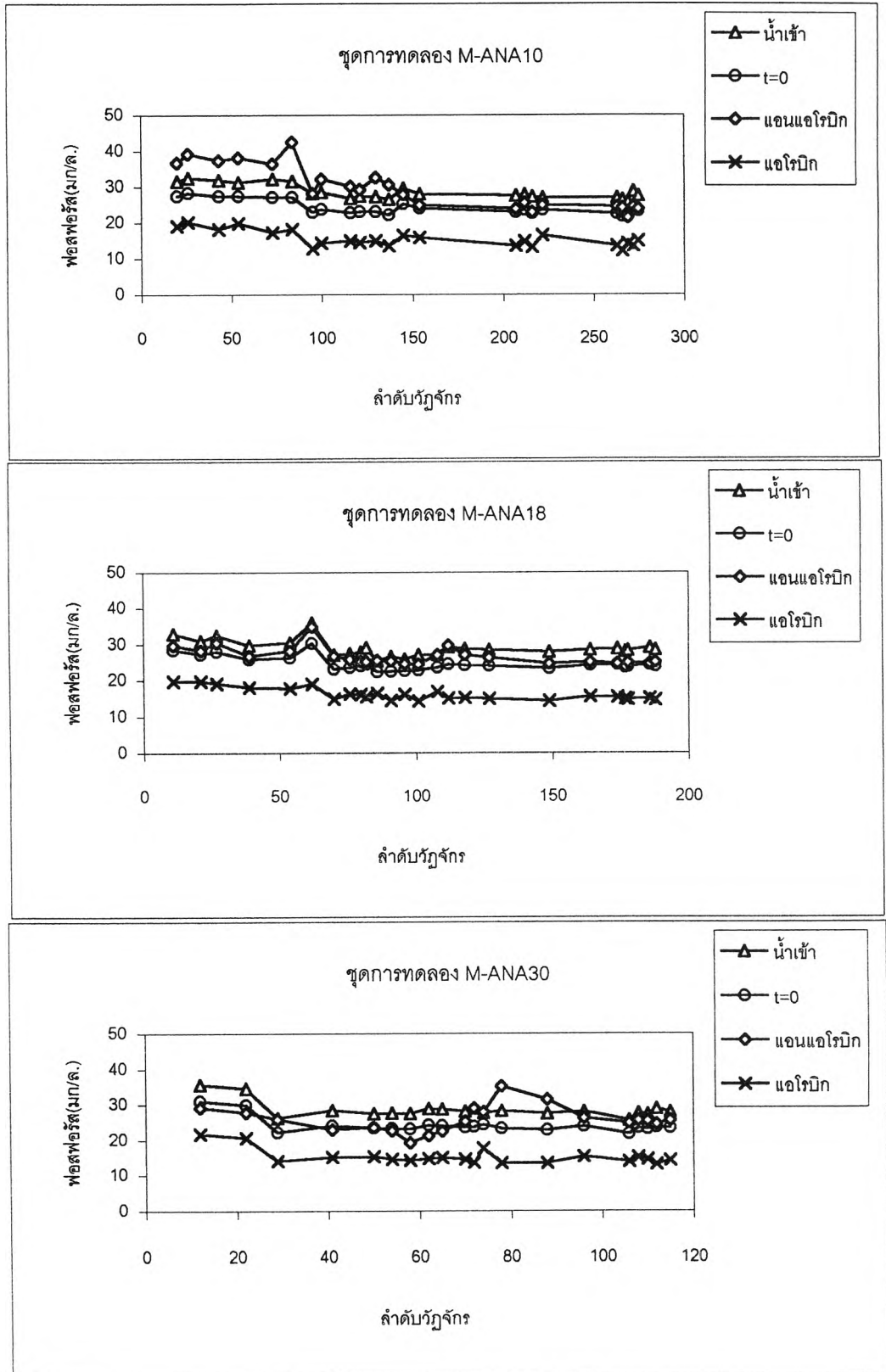
4.1.10 ฟอสฟอรัส

ตารางที่ 4.13 ฟอสฟอรัสเฉลี่ยของชุดการทดลองต่างๆ

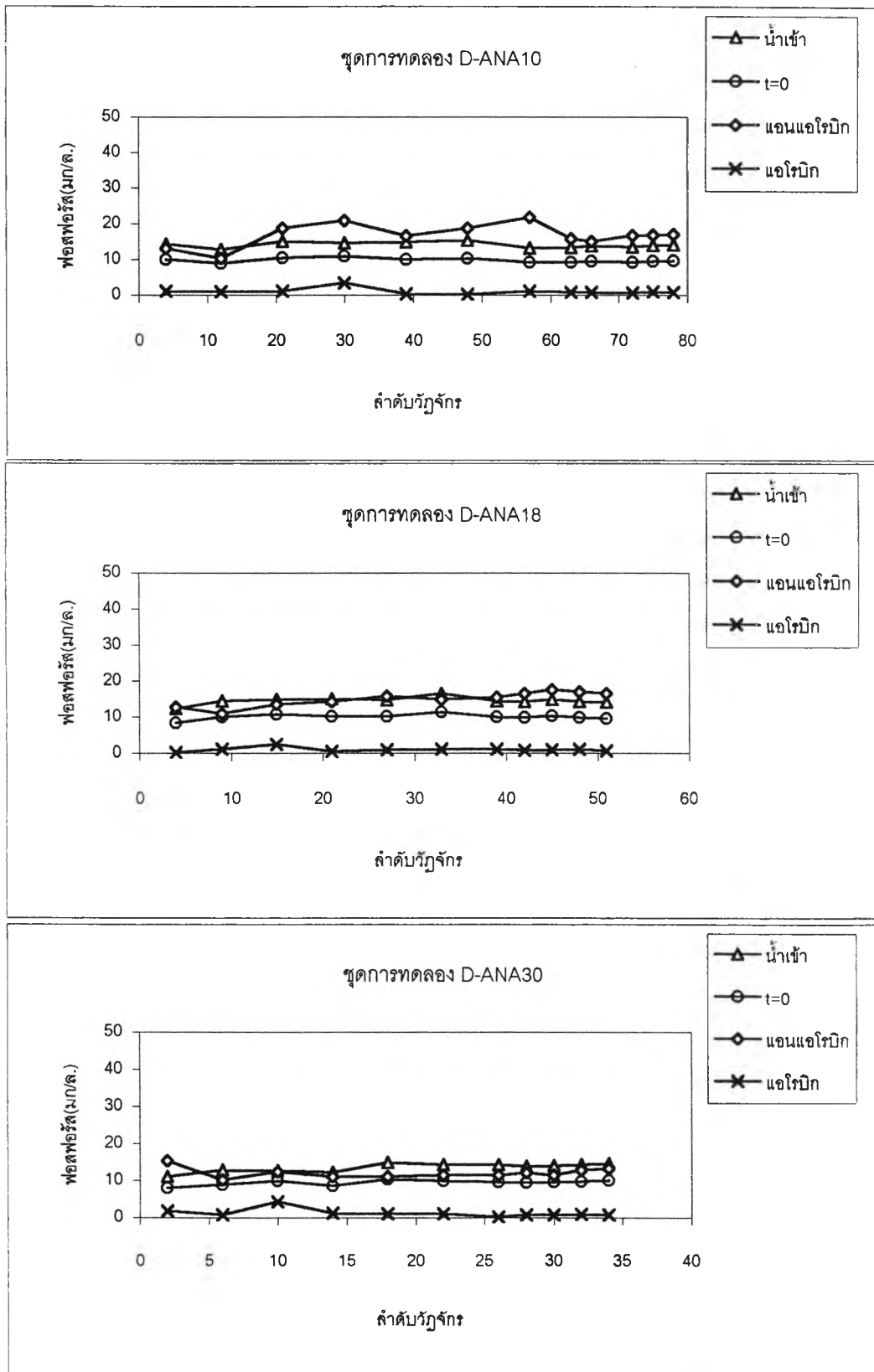
ชุดการทดลอง	น้ำเข้า	t=0	แอนแอโรบิก	แอโรบิก	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)	ฟอสฟอรัสในเซลล์ (%ของMLVSS)
M-ANA10	27.1	22.6	23.6	13.7	49.5	2.0
M-ANA18	28.5	24.0	24.6	14.9	47.8	2.0
M-ANA30	27.4	23.0	25.1	14.2	48.1	2.1
D-ANA10	13.7	9.4	16.3	0.7	94.6	2.1
D-ANA18	14.4	9.9	16.6	0.9	94.0	1.9
D-ANA30	14.2	9.7	12.2	0.7	95.2	1.9

(t = 0 ได้จากการคำนวณการเจือจางระหว่างน้ำเข้าและน้ำค้างถัง)

ฟอสฟอรัสของแต่ละชุดการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.16 และค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 4.13 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเข้าคำนวณจากปริมาณการทิ้งสลัดจ์ต่อวัน ซึ่งเมื่อระบบเข้าสู่สถานะคงตัว ทุกชุดการทดลองมีความต้องการฟอสฟอรัสใกล้เคียงกัน (ดูจากภาคผนวก ข.) ประมาณ 14.2 มก./ล. นอกจากนี้สี่ย้อมโมโนอะซิและไดอะซิที่มีความเข้มข้นสี่ 400 มก./ล. จะให้



รูปที่ 4.16 ฟอสฟอรัสในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง
 (หมายเหตุ- วิเคราะห์น้ำเข้า, ช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก; t = 0 คำนวณจากกราฟเชิงจางระหว่างน้ำเข้าและน้ำค้างถึง)



รูปที่ 4.16 ฟอสฟอรัสในวัฏจักรต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง(ต่อ)

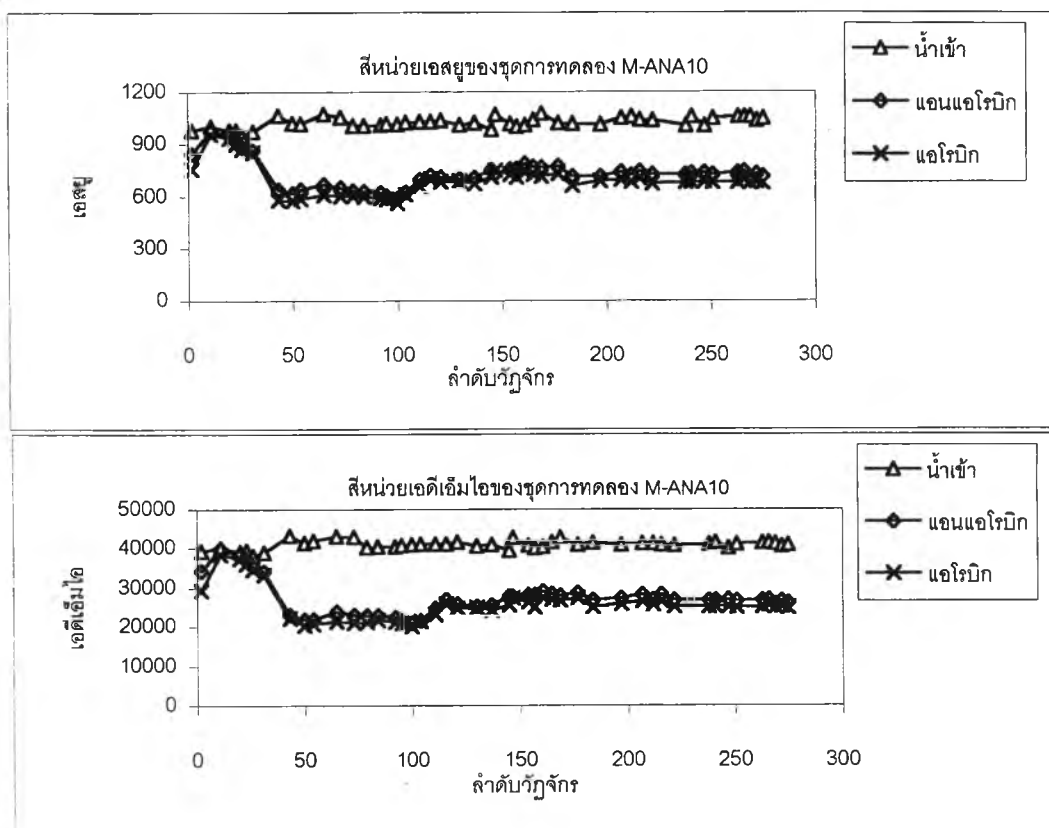
(หมายเหตุ- วิเคราะห์น้ำเข้า, ช่วงปลายสภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก; t = 0 คำนวณจากการเจือจางระหว่างน้ำเข้าและน้ำค้างตั้ง)

ฟอสฟอรัสเท่ากับ 13.5 และ 0.2 มก./ล. (วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ) ดังนั้นค่าฟอสฟอรัสของน้ำเข้าที่ได้จากการคำนวณจากชุดการทดลองที่ใช้สีย้อมโมโนอะโซและไดอะโซเท่ากับ 27.7 และ 14.4 มก./ล. ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับผลการทดลองดังตารางที่ 4.13 และที่สภาวะปลายแวนแวนโรบิก ปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับที่ $t=0$ ทั้งนี้เนื่องจากจุลชีพในระบบมีกลุ่มจุลชีพที่สะสมฟอสฟอรัส (phosphate accumulating organisms, PAOs) อยู่บ้าง(กลุ่มจุลชีพที่สะสมฟอสฟอรัสจะปลดปล่อยฟอสฟอรัสในสภาวะแวนแวนโรบิก) แต่ก็ไม่ใช่เป็นกลุ่มเด่น เนื่องจากสัดส่วนฟอสฟอรัสในเซลล์มีประมาณ 1.9-2.0% ถ้าระบบมีกลุ่มจุลชีพสะสมเป็นกลุ่มเด่นจะมีสัดส่วนฟอสฟอรัสในเซลล์ประมาณ 4-12% (WEF manual of practice, 1992) กลุ่มจุลชีพที่เป็นกลุ่มเด่นของระบบน่าจะเป็นกลุ่มจุลชีพสะสมไกลโคเจน (glycogen accumulating organisms, GAOs) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมให้แก่ระบบมีอย่างจำกัด (Sudiana และคณะ, 1995 ;Liu และคณะ, 1997) ในกรณีของชุดการทดลองที่ใช้สีย้อมโมโนอะโซ แบกที่เรียไม่สามารถใช้ฟอสฟอรัสจากสีย้อม เนื่องจากที่ปลายสภาวะแวนโรบิกนั้นปริมาณฟอสฟอรัสที่เหลือจะมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณฟอสฟอรัสที่ได้จากสีย้อม (สอดคล้องกับปริมาณซีไอดีและทีเคเอ็นที่เหลือที่ปลายสภาวะแวนโรบิก) และเป็นผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสมีค่าต่ำ(47-49%) แต่ถ้าคิดเฉพาะปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมในน้ำเข้า(14.2 มก./ล.) ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส(แบกที่เรียเอาไปใช้)เท่ากับ 100%

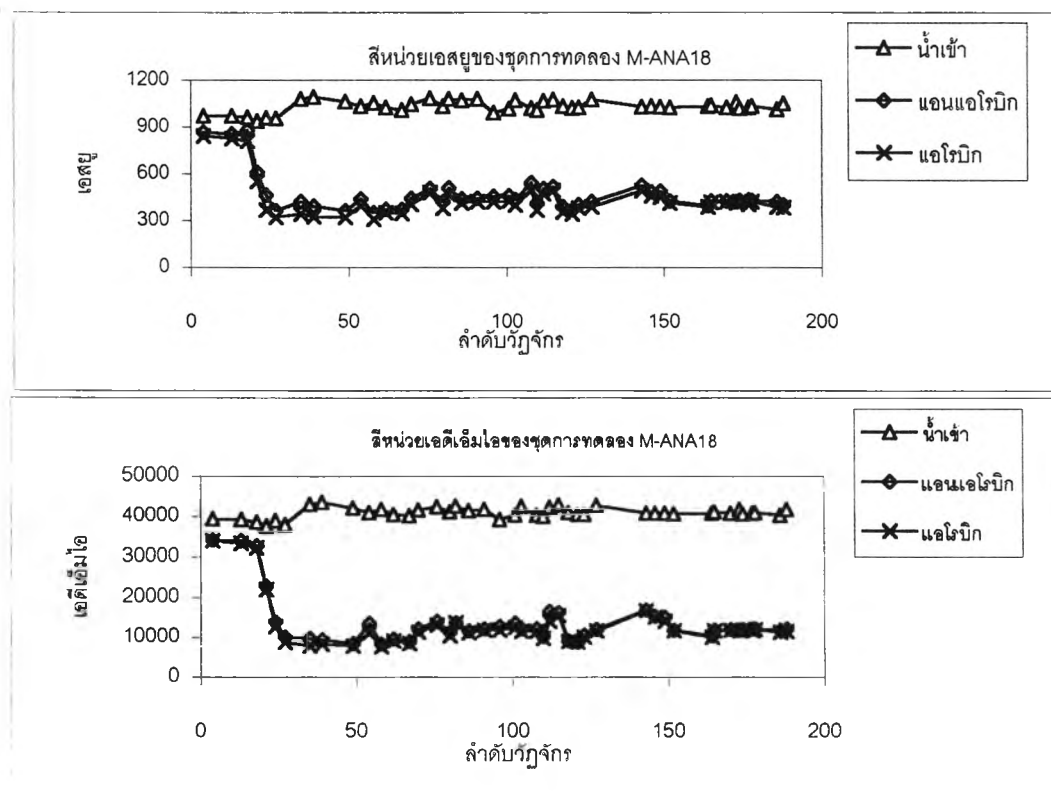
4.2 ซีเอสยูและเอทีเอ็มไอ

ตารางที่ 4.14 ความเข้มข้นซีเอสยูของชุดการทดลองต่างๆ

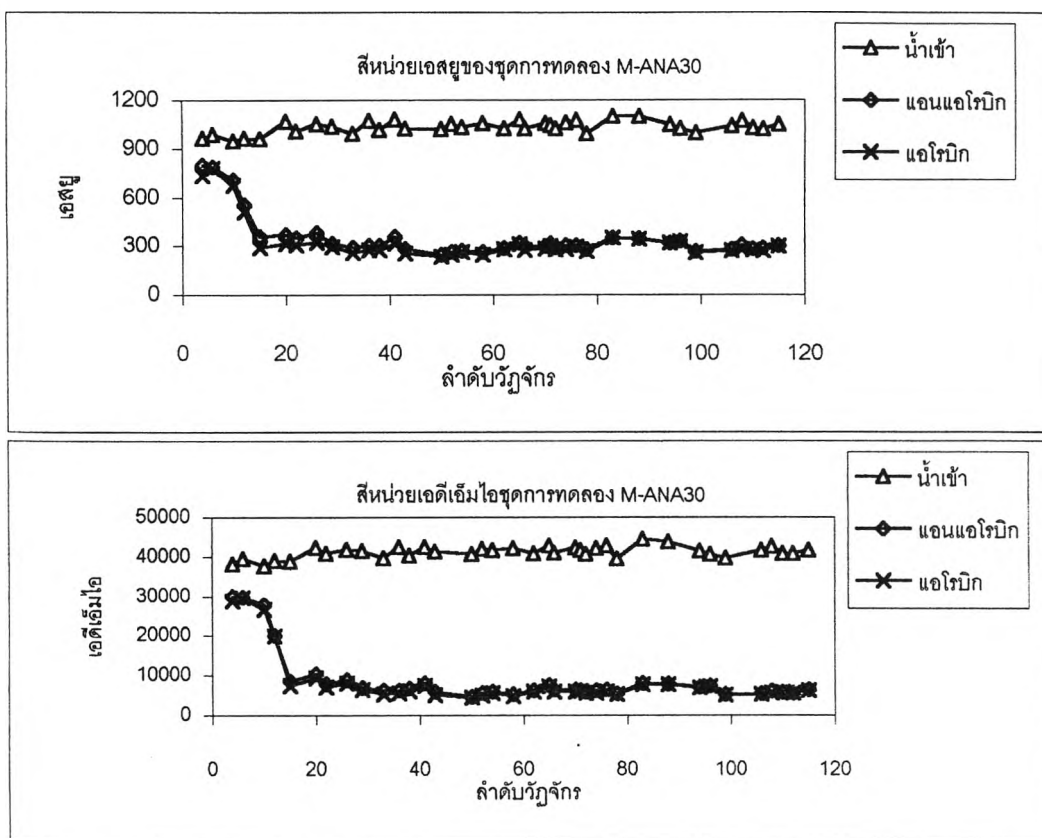
ชุดการทดลอง	น้ำเข้า		แวนแวนโรบิก		แวนโรบิก		ประสิทธิภาพการกำจัด(%)	
	เอสยู	เอทีเอ็มไอ	เอสยู	เอทีเอ็มไอ	เอสยู	เอทีเอ็มไอ	เอสยู	เอทีเอ็มไอ
M-ANA10	1,052	41,158	725	26,525	683	25,106	35.1	39.0
M-ANA18	1,028	40,934	422	11,923	403	11,525	60.8	71.8
M-ANA30	1,041	41,432	290	5,890	277	5,687	73.4	86.3
D-ANA10	877	33,711	368	9,841	354	9,434	59.6	72.0
D-ANA18	904	34,252	212	4,633	180	3,824	80.1	88.8
D-ANA30	874	33,573	202	4,868	169	4,206	80.7	87.5



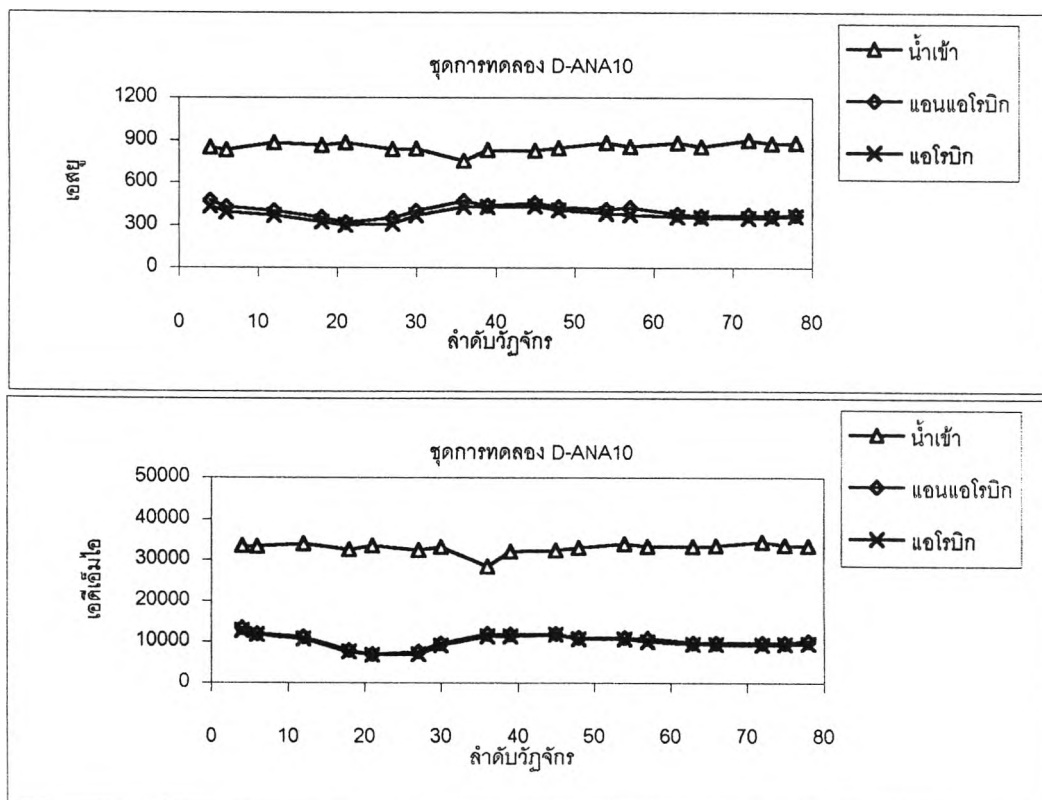
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ในหน่วยเสยและเอตีเอีมไอของชุดการทดลอง M-ANA10



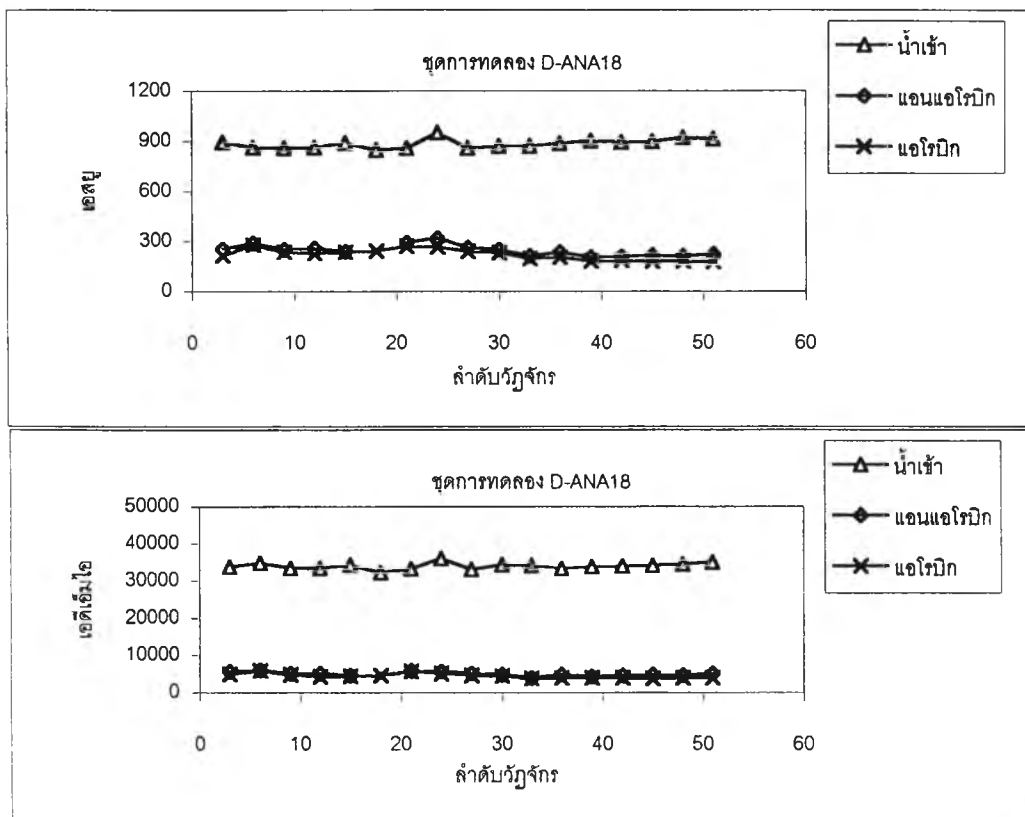
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ในหน่วยเสยและเอตีเอีมไอของชุดการทดลอง M-ANA18



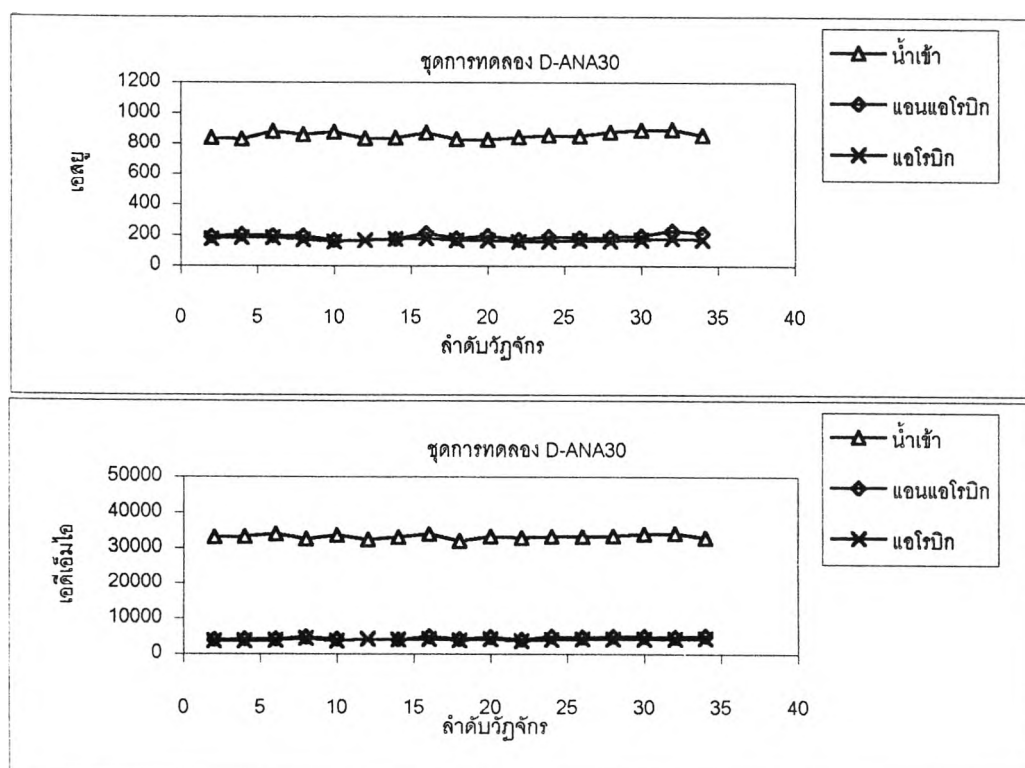
รูปที่ 4.19 ความเข้มข้นในหน่วยเอสยูและเอสดีเอ็มไอของชุดการทดลอง M-ANA30



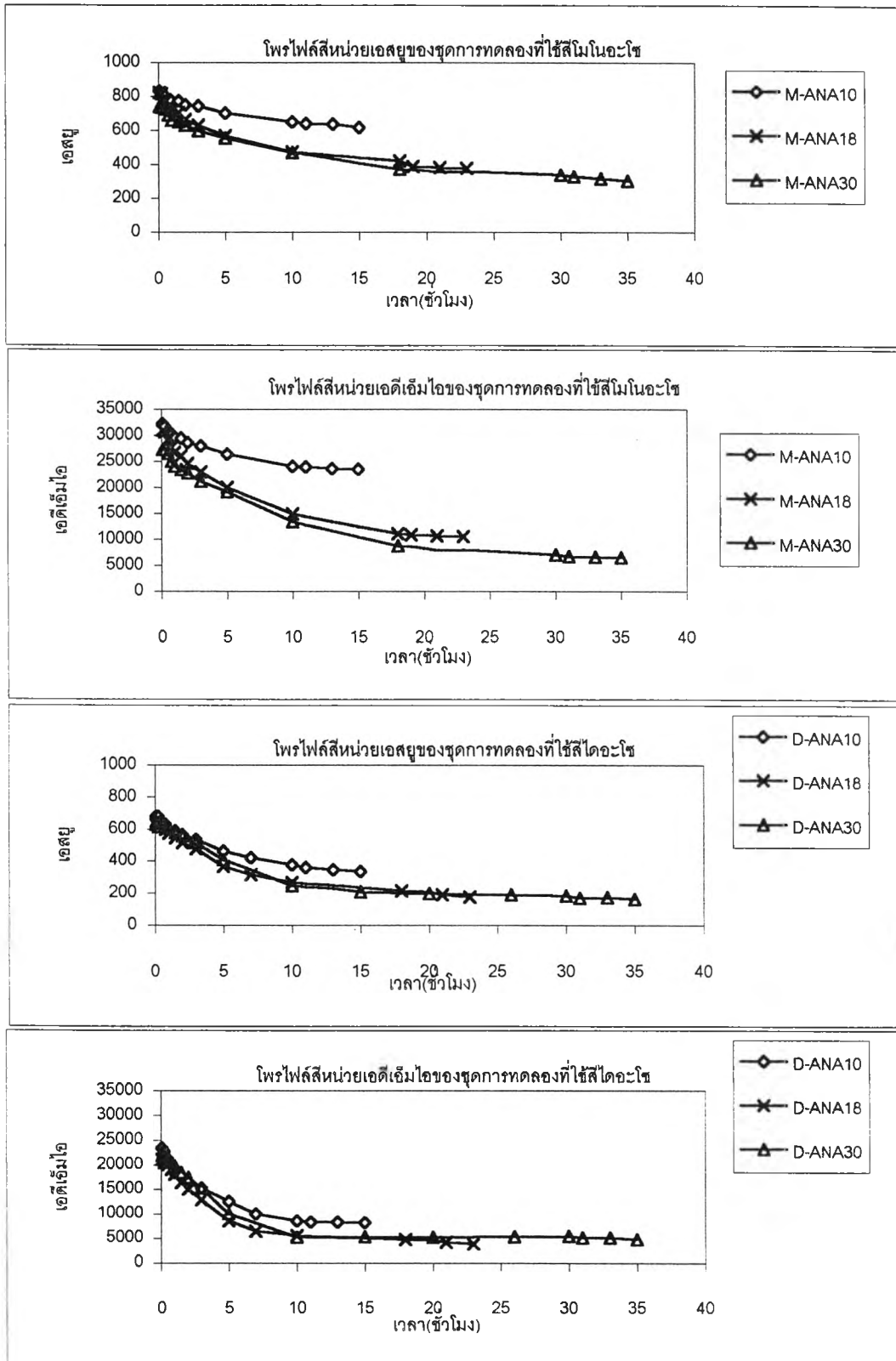
รูปที่ 4.20 ความเข้มข้นในหน่วยเอสยูและเอสดีเอ็มไอของชุดการทดลอง D-ANA10



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ในหน่วยเจตยและเจตีเอ็มไอของชุดการทดลอง D-ANA18



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ในหน่วยเจตยและเจตีเอ็มไอของชุดการทดลอง D-ANA30



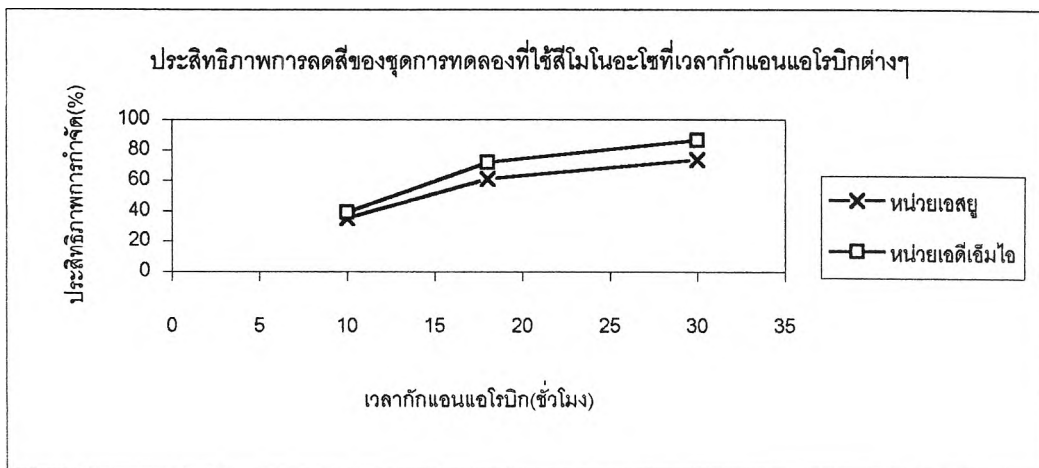
รูปที่ 4.23 โพรไฟล์ความเข้มข้นของชุดการทดลองต่างๆ

งานวิจัยนี้ทำการวัดความเข้มข้น 2 หน่วย คือหน่วยเอสยู และเอดีเอ็มไอ และใช้น้ำเสียที่สังเคราะห์โดยใช้สีย้อมชนิดโมโนอะโซและไดอะโซที่มีความเข้มข้น 400 มก./ล. ซึ่งมีความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำเข้าเท่ากับ 1,028 – 1052 เอสยู และ 40,934 - 41,158 เอดีเอ็มไอ สำหรับชุดการทดลองที่ใช้สีโมโนอะโซ ส่วนชุดการทดลองที่ใช้สีไดอะโซจะมีความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำเข้าเท่ากับ 874 - 877 เอสยู และ 33,273 - 34,252 เอดีเอ็มไอ ผลการทดลองของแต่ละชุดการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.17-4.22 และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆแสดงดังตารางที่ 4.14 ส่วนโปรแกรมการลดสีของชุดการทดลองต่างๆแสดงดังรูปที่ 4.23

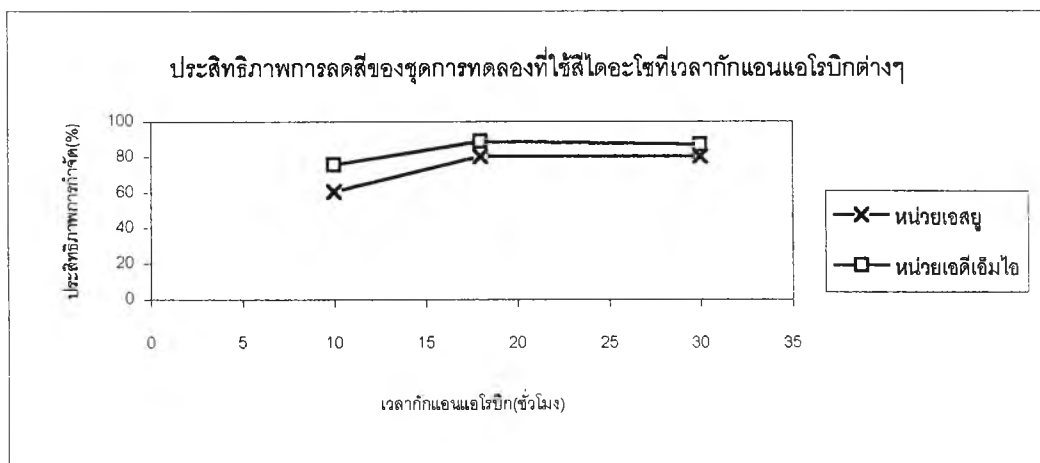
4.2.1 ผลของเวลากักแอนแอโรบิกต่อประสิทธิภาพการกำจัดสี

จากตารางที่ 4.14 จะเห็นว่าทุกชุดการทดลอง สีโดยส่วนใหญ่ถูกกำจัดในสภาวะแอนแอโรบิก และพบว่าชุดการทดลองที่มีเวลากักแอนแอโรบิกนานขึ้น มีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอสูงขึ้น กล่าวคือเมื่อเวลากักแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้นจาก 10 ชั่วโมง เป็น 18 ชั่วโมงของชุดการทดลองที่ใช้สีย้อมโมโนอะโซ ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้น 34% และ 31% ในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอ (รูปที่ 4.24) แต่เมื่อเพิ่มเวลากักแอนแอโรบิกเป็น 30 ชั่วโมง ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นอีกเพียง 13% และ 14% ในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอ (สอดคล้องกับงานวิจัยของ Iamsamer และคณะ, 2000) ส่วนระบบที่กำจัดสีย้อมโครงสร้างไดอะโซก็มีแนวโน้มคล้ายกับชุดการทดลองที่ใช้สีโมโนอะโซ (รูปที่ 4.25) คือเมื่อเพิ่มเวลากักแอนแอโรบิกจาก 10 ชั่วโมง เป็น 18 ชั่วโมง ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้น 21% และ 17% ในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอ แต่เมื่อเพิ่มเวลากักแอนแอโรบิกเป็น 30 ชั่วโมง ก็ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดเพิ่มขึ้นอีก จากผลทดลองดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า เมื่อเวลากักแอนแอโรบิกมากขึ้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงขึ้น แต่จะสูงขึ้นถึงระดับหนึ่งเท่านั้น (สอดคล้องกับงานวิจัยของ Techovanich และคณะ, 2000) และเวลากักแอนแอโรบิกของระบบที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดโครงสร้างของสีย้อมด้วย

จากภาพที่ 4.4 ถึง 4.15 ทุกชุดการทดลองเมื่อสังเกตด้วยตา จะเห็นว่าสีที่ผ่านการบำบัดจะไม่ค่อยมีความแตกต่างกับน้ำเข้ามากนัก แม้จะถูกกำจัดไปมากกว่า 80% (M-ANA30, D-ANA18 และ D-ANA30) แต่เมื่อเจือจางน้ำที่สภาวะต่างๆ 25 เท่า ก็จะสามารถสังเกตด้วยตาอย่างชัดเจนว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดมีความเข้มข้นลดลง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเข้ามีความเข้มข้นสูงมาก แม้จะถูกกำจัดไปมากกว่า 80% แต่สีที่เหลืออยู่ในน้ำก็ยังมีปริมาณสูงอยู่ ซึ่งตาคนเรามีขีดจำกัดในการแยก



รูปที่ 4.24 ประสิทธิภาพการลดสีของชุดการทดลองที่ใช้สีย้อมโมโนอะโซที่เวลากักแอนแอโรบิกต่างๆ

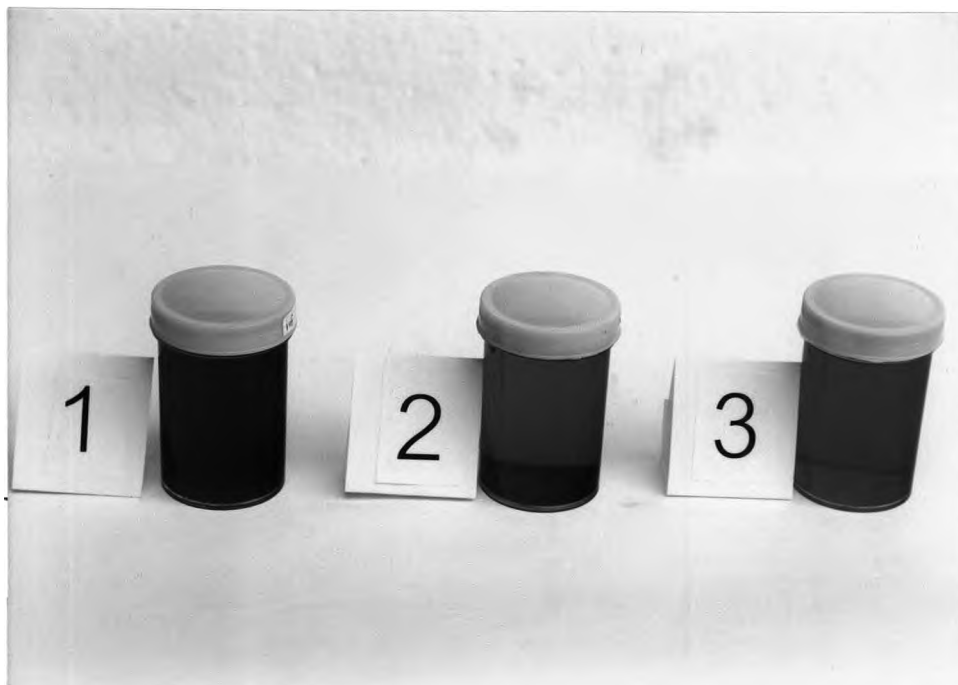


รูปที่ 4.25 ประสิทธิภาพการลดสีของชุดการทดลองที่ใช้สีย้อมไดอะโซที่เวลากักแอนแอโรบิกต่างๆ

และค่าความเข้มสีเมื่อสีมีความเข้มสูง นอกจากนี้ในชุดการทดลองที่กำจัดสีย้อมที่มีโครงสร้างไดอะโซ จะเห็นว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดจะมีการเปลี่ยนโทนสีจากสีแดงเป็นสีเหลืองอย่างชัดเจน ส่วนชุดการทดลองที่กำจัดสีย้อมโมโนอะโซก็มีการเปลี่ยนโทนสีเหมือนกัน แต่ไม่ชัดเจนเท่าชุดการทดลองที่กำจัดสีย้อมไดอะโซ และจากรูปที่ 4.26 พบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดมีการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) และมีค่าแอมพลิจูดต่ำลง (สอดคล้องกับงานวิจัยของ Iamsamer

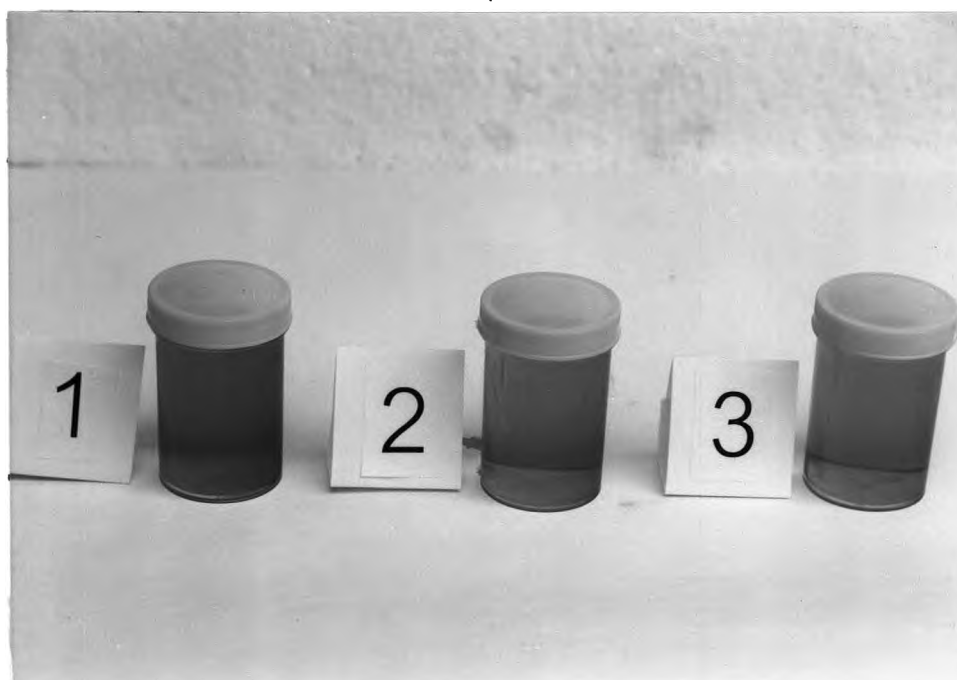


และคณะ, 2000 ;Techovanich และคณะ, 2000; Luangdilok และ Panswad, 2000) ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าผลของการกำจัดสีย้อมชนิดอะโซทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสีด้วย



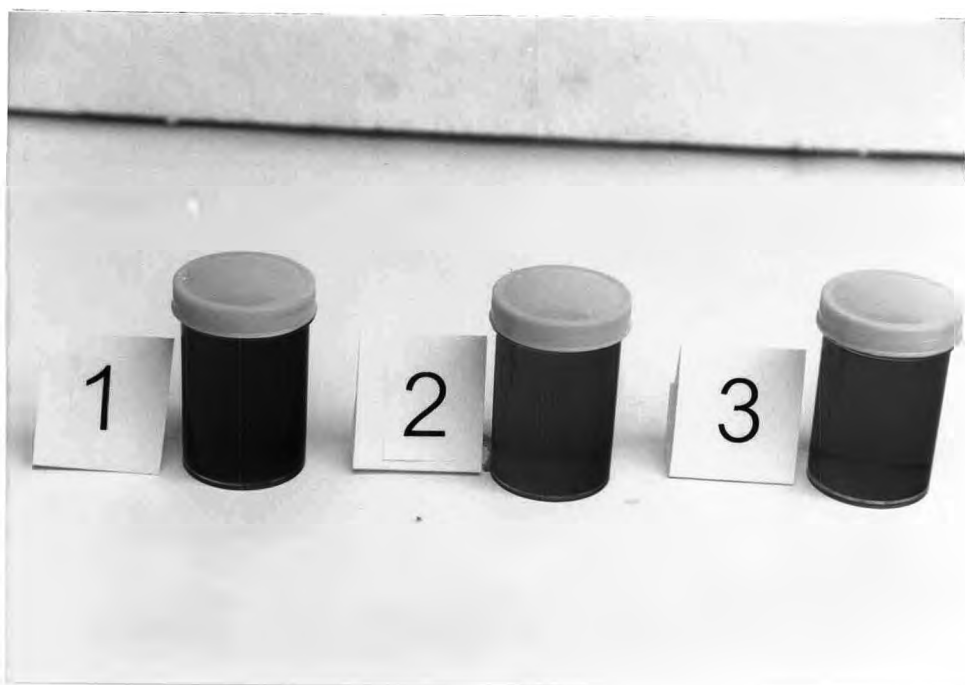
1-น้ำเข้า, 2-ปลายสภาวะแอนแอโรบิก, 3-ปลายสภาวะแอโรบิก

ภาพที่ 4.4 สีในสภาวะต่างๆของชุดการทดลอง M-ANA10

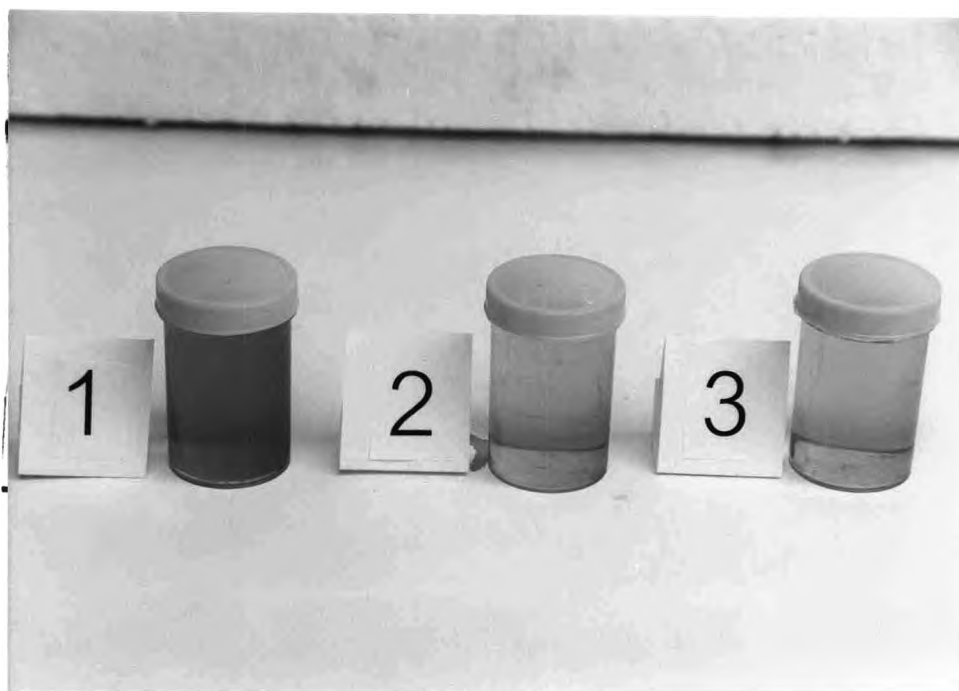


1-น้ำเข้า, 2-ปลายสภาวะแอนแอโรบิก, 3-ปลายสภาวะแอโรบิก

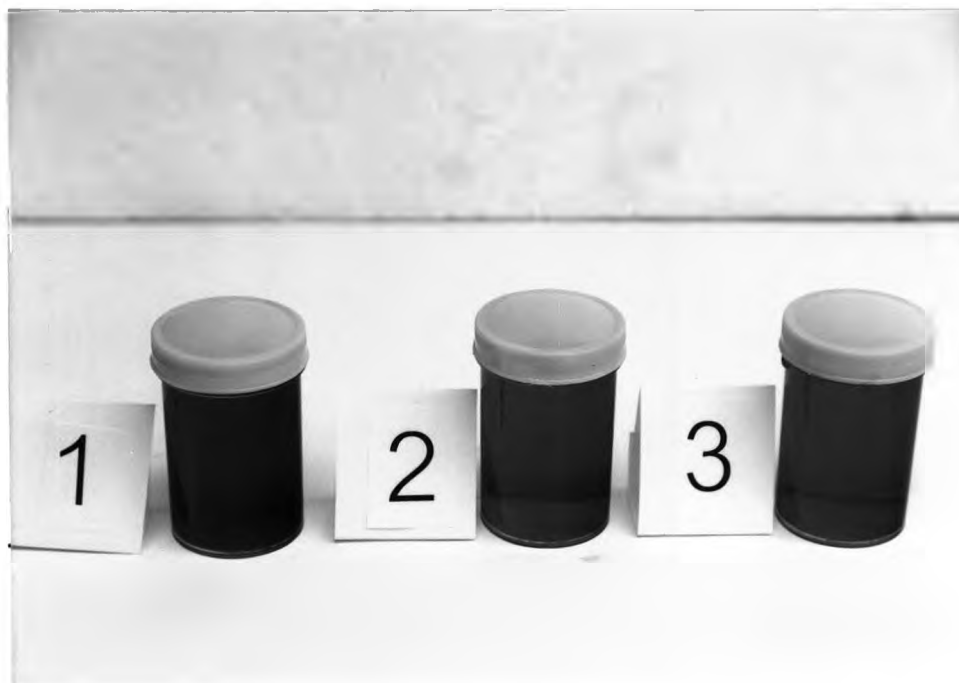
ภาพที่ 4.5 สีในสภาวะต่างๆของชุดการทดลอง M-ANA10 เจือจาง 25 เท่า



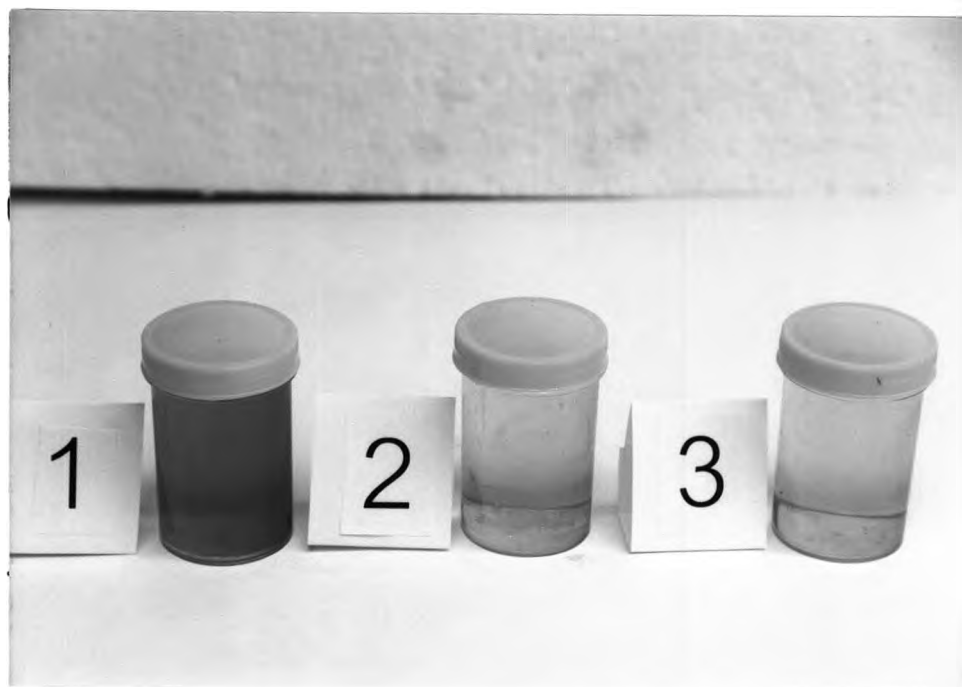
1-น้ำเช่า, 2-ละลายสภาวะแอนแอโรบิก, 3-ละลายสภาวะแอโรบิก
 ภาพที่ 4.6 สีในสภาวะต่างๆของชุดการทดลอง M-ANA18



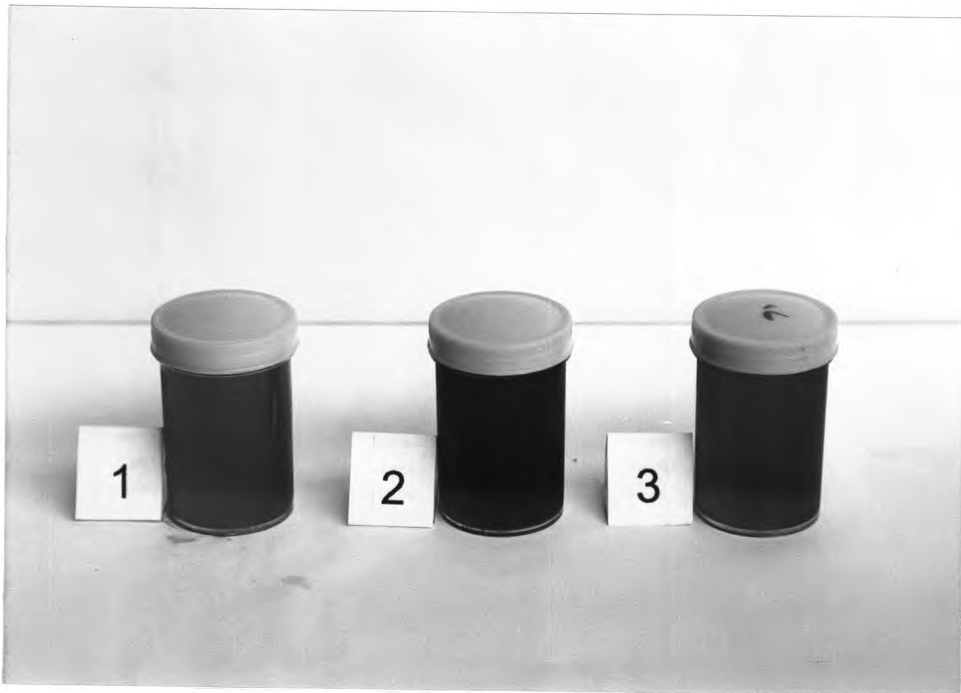
1-น้ำเช่า, 2-ละลายสภาวะแอนแอโรบิก, 3-ละลายสภาวะแอโรบิก
 ภาพที่ 4.7 สีในสภาวะต่างๆของชุดการทดลอง M-ANA18 เจือจาง 25 เท่า



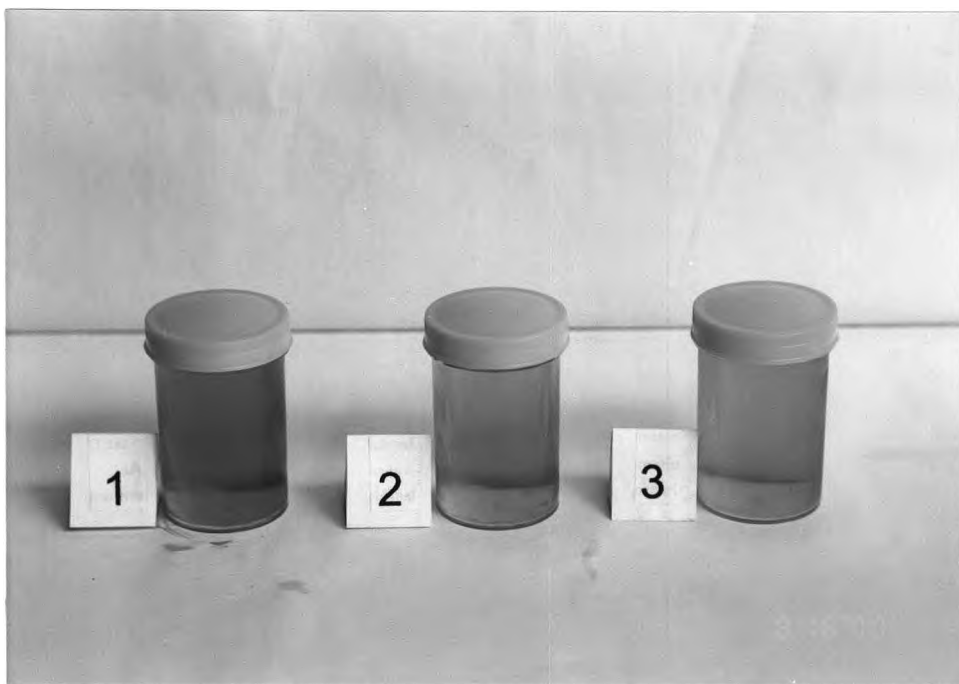
1-น้ำเข้า, 2-ปลายสภาวะแอนแอโรบิก, 3-ปลายสภาวะแอโรบิก
ภาพที่ 4.8 สีในสภาวะต่างๆของชุดการทดลอง M-ANA30



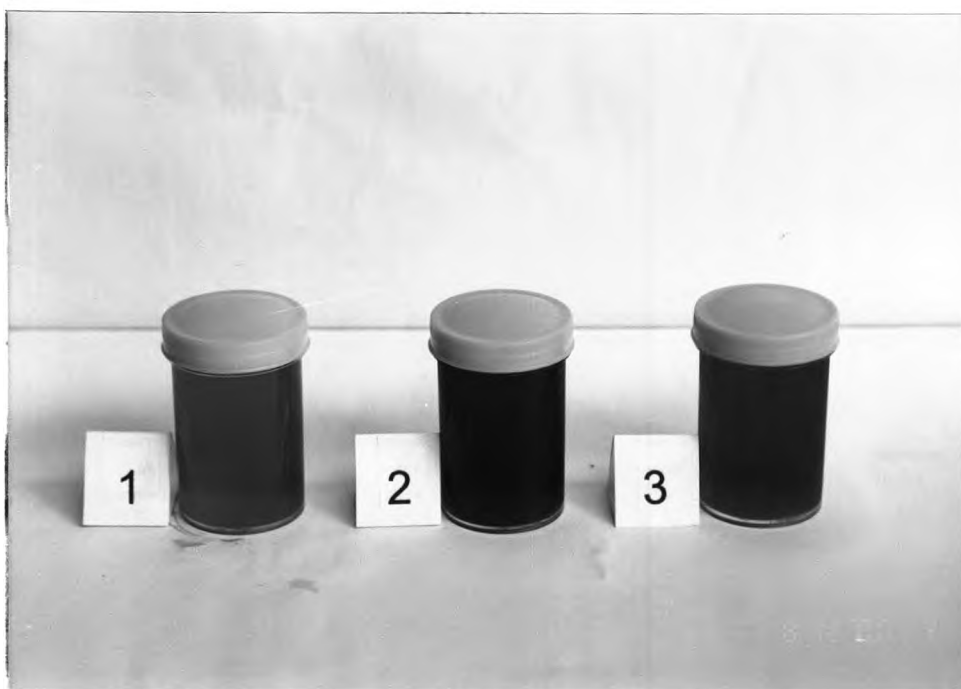
1-น้ำเข้า, 2-ปลายสภาวะแอนแอโรบิก, 3-ปลายสภาวะแอโรบิก
ภาพที่ 4.9 สีในสภาวะต่างๆของชุดการทดลอง M-ANA30 เจือจาง 25 เท่า



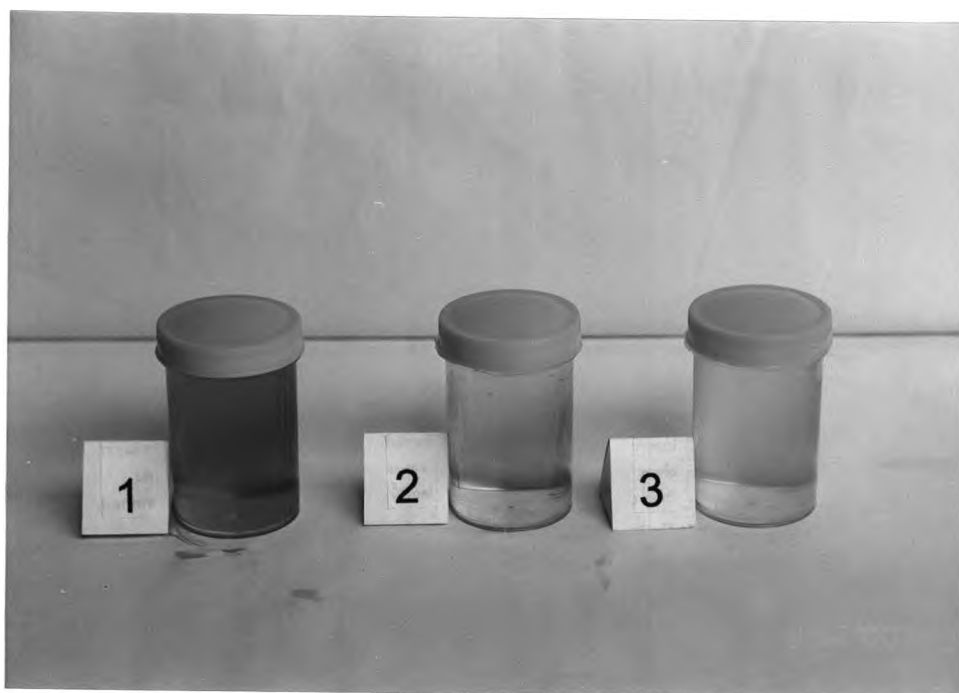
1-น้ำเช่า, 2-ปลายสภาวะแอนแอโรบิก, 3-ปลายสภาวะแอโรบิก
 ภาพที่ 4.10 สีในสภาวะต่างๆของชุดการทดลอง D-ANA10



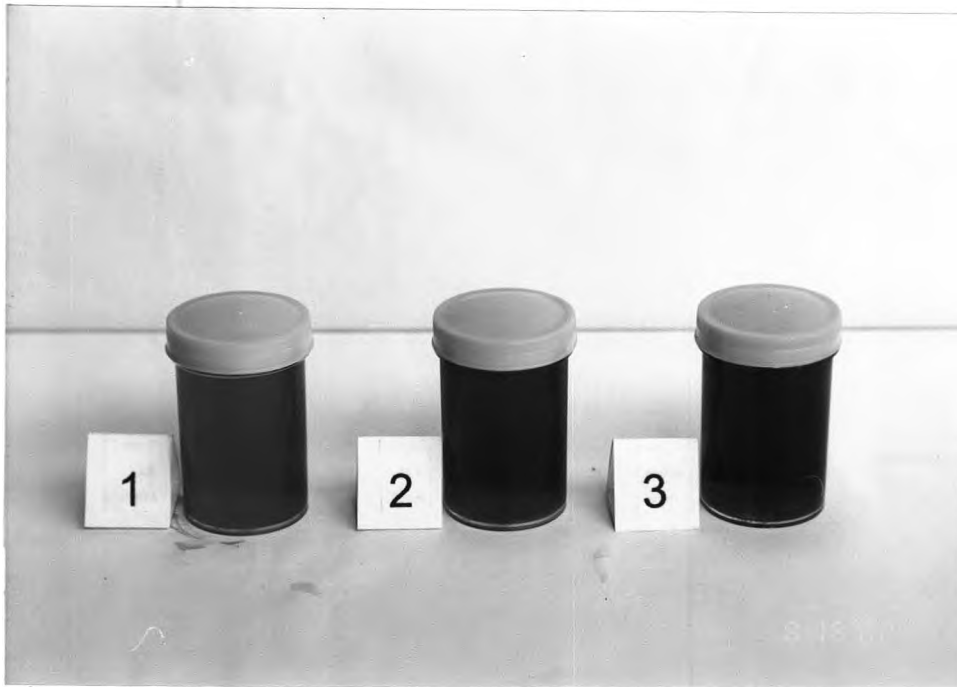
1-น้ำเช่า, 2-ปลายสภาวะแอนแอโรบิก, 3-ปลายสภาวะแอโรบิก
 ภาพที่ 4.11 สีในสภาวะต่างๆของชุดการทดลอง D-ANA10 เจือจาง 25 เท่า



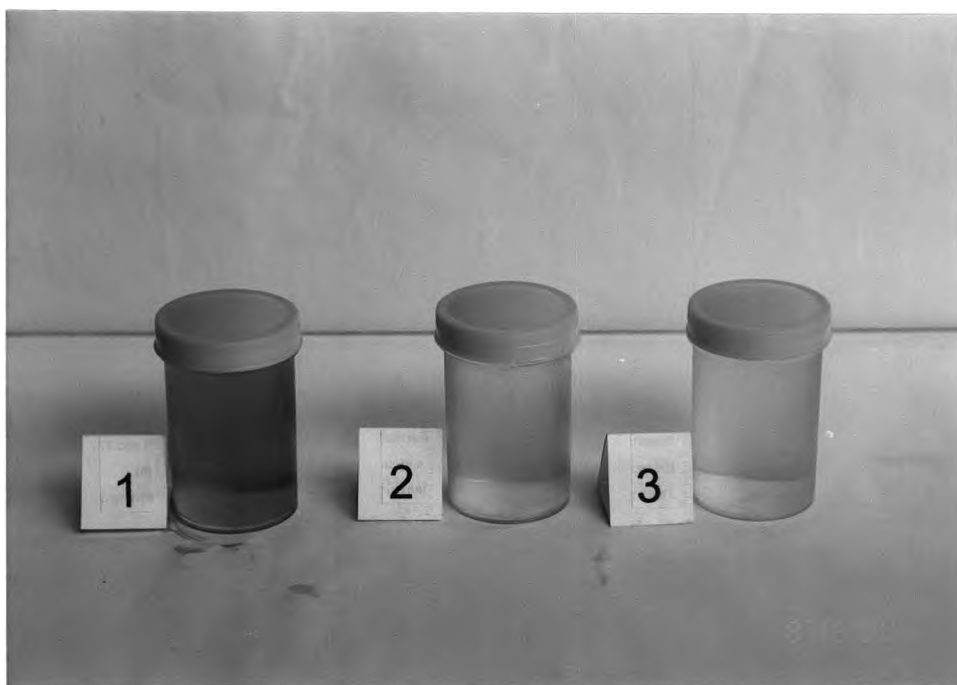
1-น้ำเข้า, 2-ปลายสภาวะแอนแอโรบิก, 3-ปลายสภาวะแอโรบิก
 ภาพที่ 4.12 สีในสภาวะต่างๆของชุดการทดลอง D-ANA18



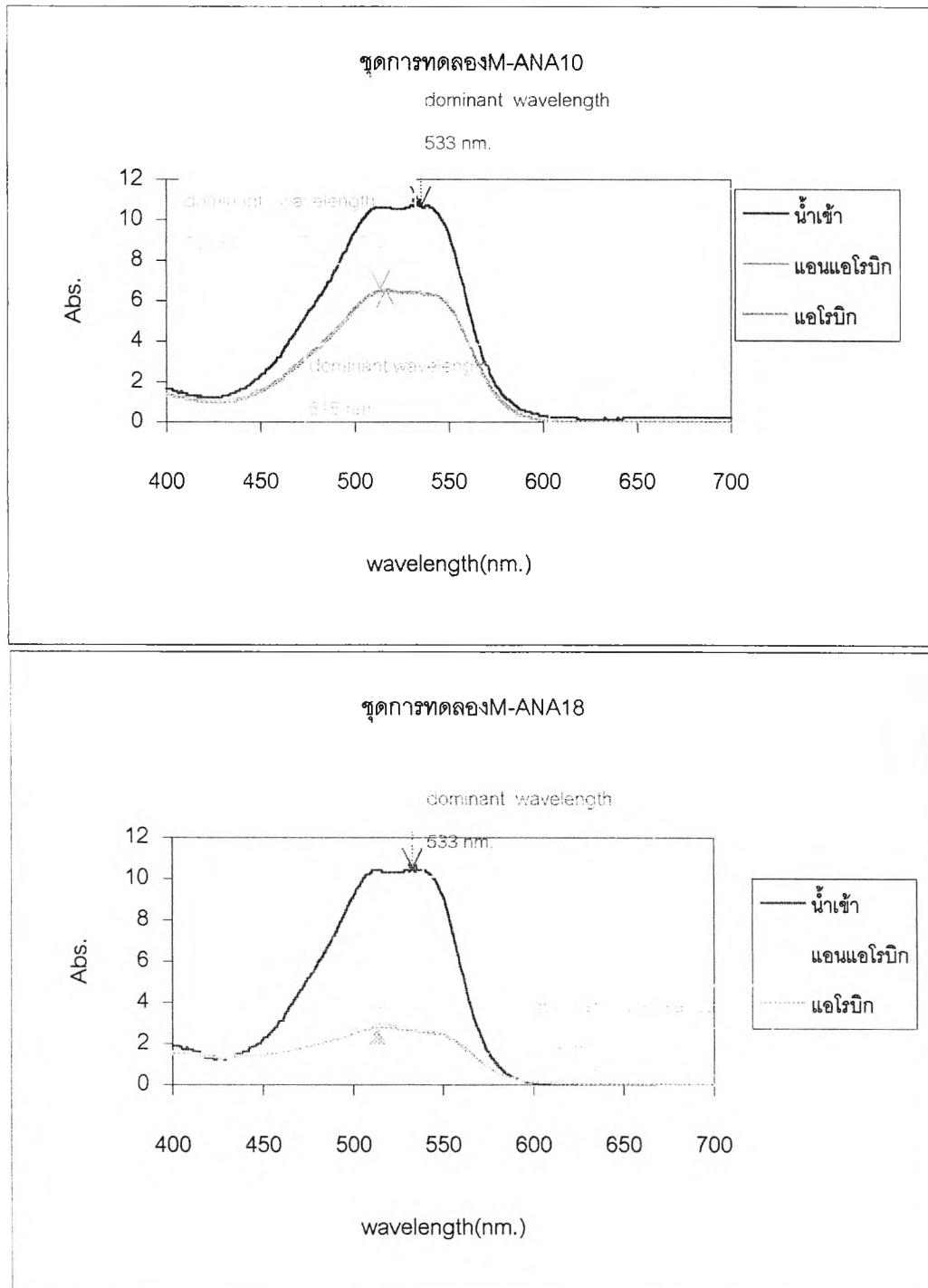
1-น้ำเข้า, 2-ปลายสภาวะแอนแอโรบิก, 3-ปลายสภาวะแอโรบิก
 ภาพที่ 4.13 สีในสภาวะต่างๆของชุดการทดลอง D-ANA18 เจือจาง 25 เท่า



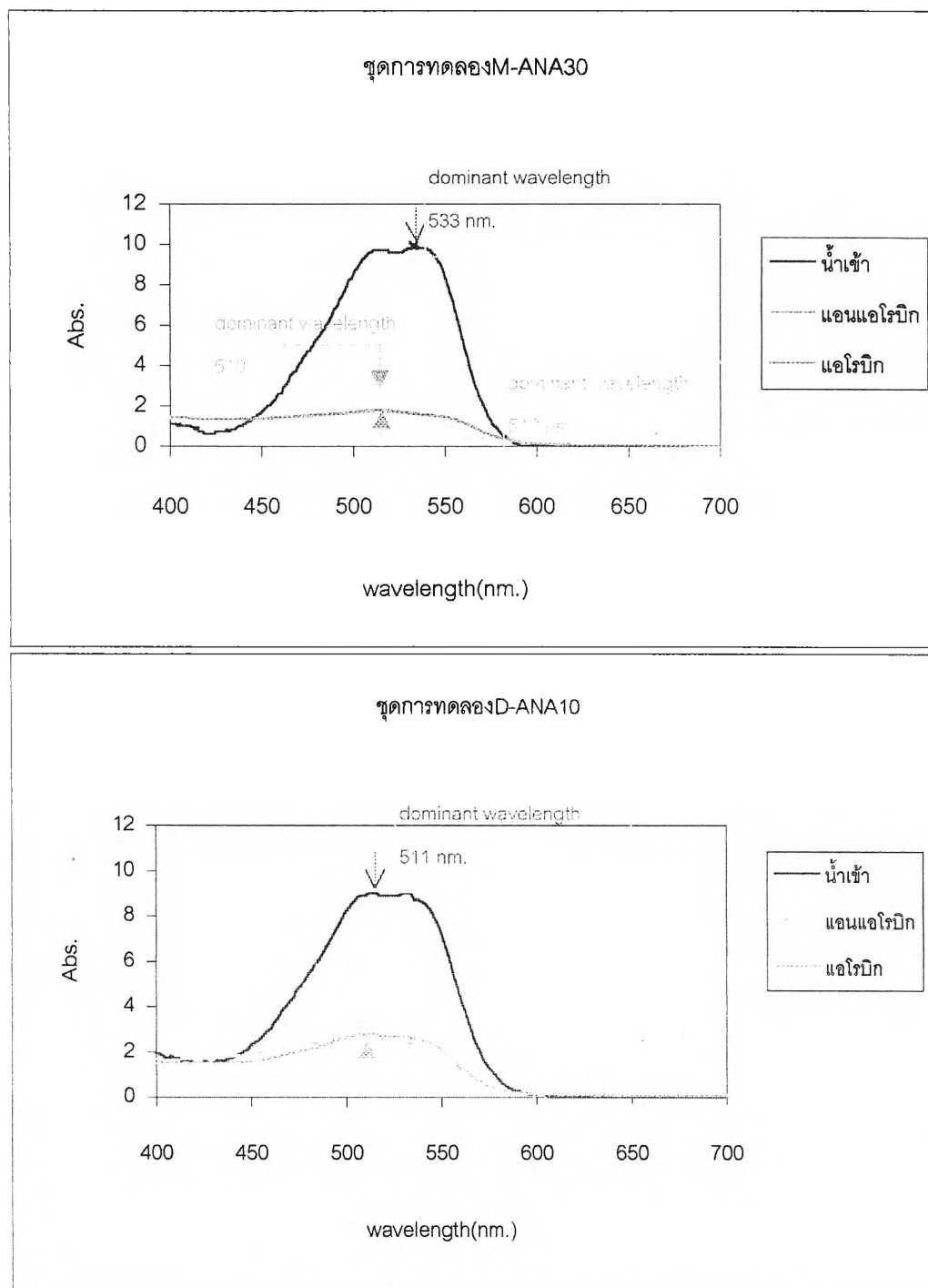
1-น้ำเข้า, 2-ปลายนสถานะแอนแอโรบิก, 3-ปลายนสถานะแอโรบิก
 ภาพที่ 4.14 สีในสถานะต่างๆของชุดการทดลอง D-ANA30



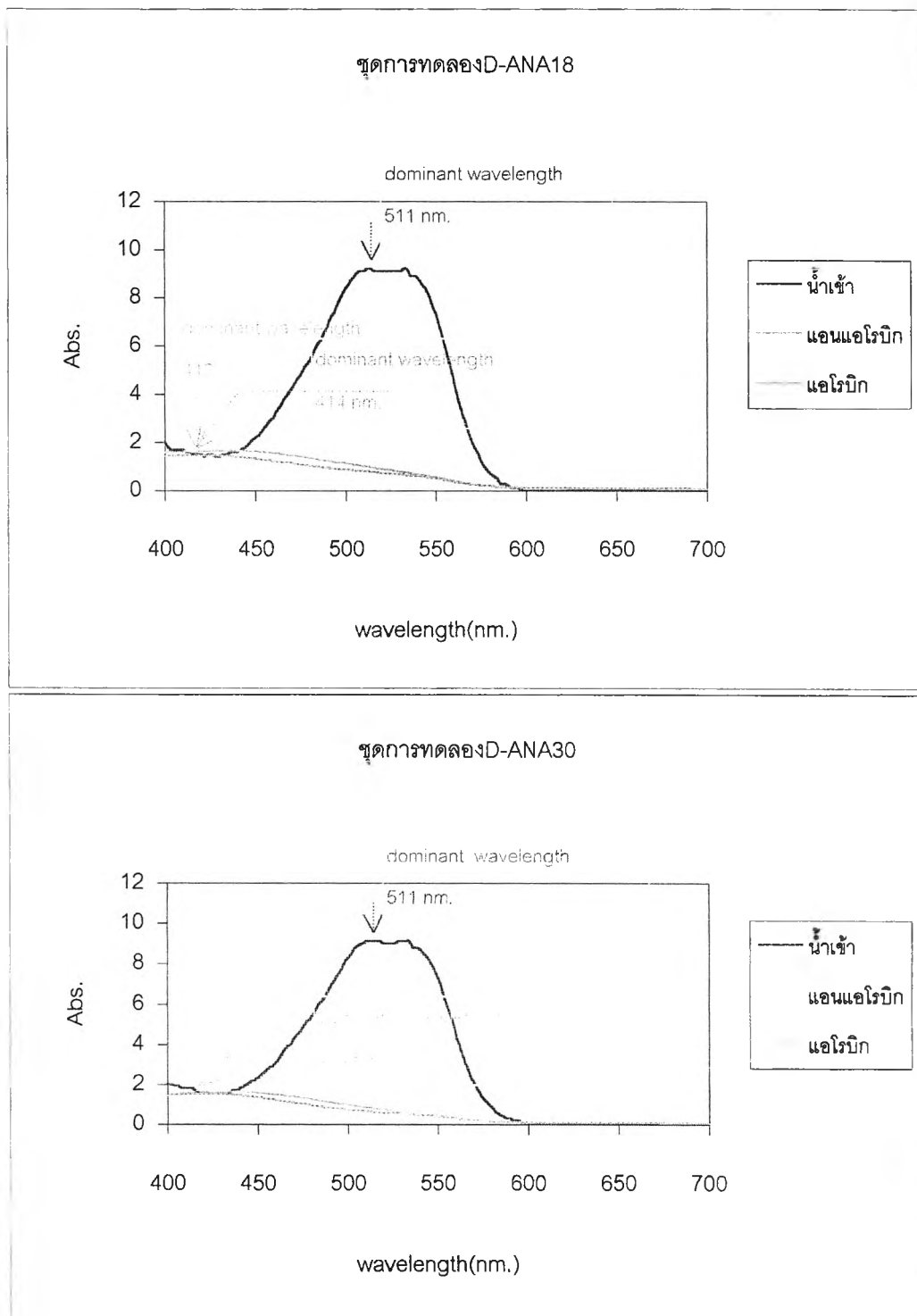
1-น้ำเข้า, 2-ปลายนสถานะแอนแอโรบิก, 3-ปลายนสถานะแอโรบิก
 ภาพที่ 4.15 สีในสถานะต่างๆของชุดการทดลอง D-ANA30 เจือจาง 25 เท่า



รูปที่ 4.26 ค่าแอบซอบแนนต์ของชุดการทดลองต่างๆ



รูปที่ 4.26 ค่าแอบซอเบแนนซ์ของชุดการทดลองต่างๆ(ต่อ)



รูปที่ 4.26 ค่าแอบซอเบแนนซ์ของชุดการทดลองต่างๆ(ต่อ)

4.2.2 ผลของโครงสร้างสีต่อประสิทธิภาพการลดสี

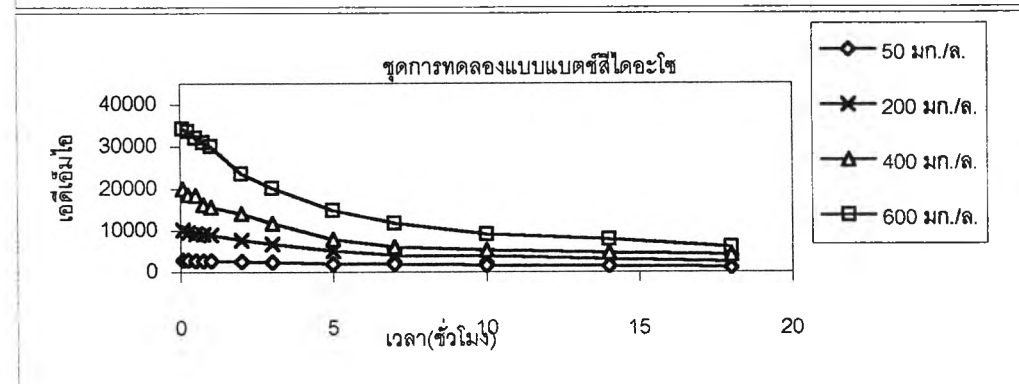
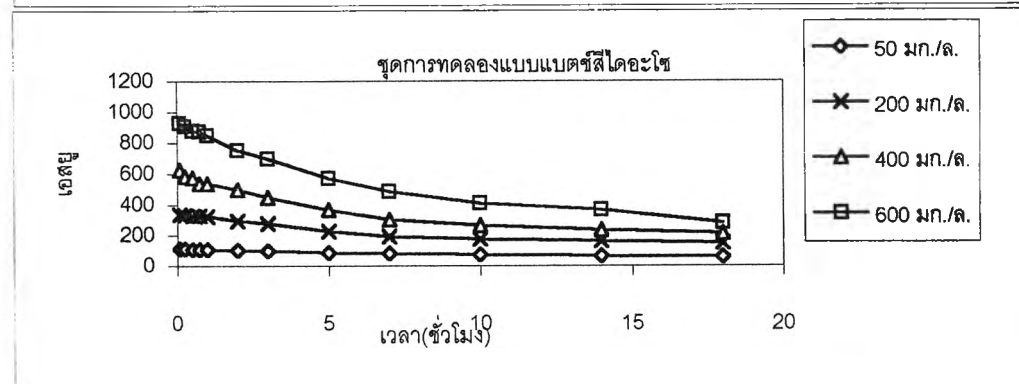
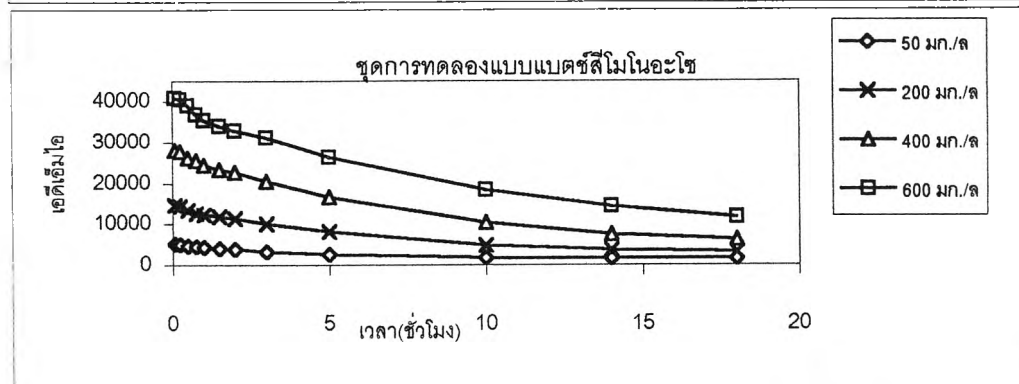
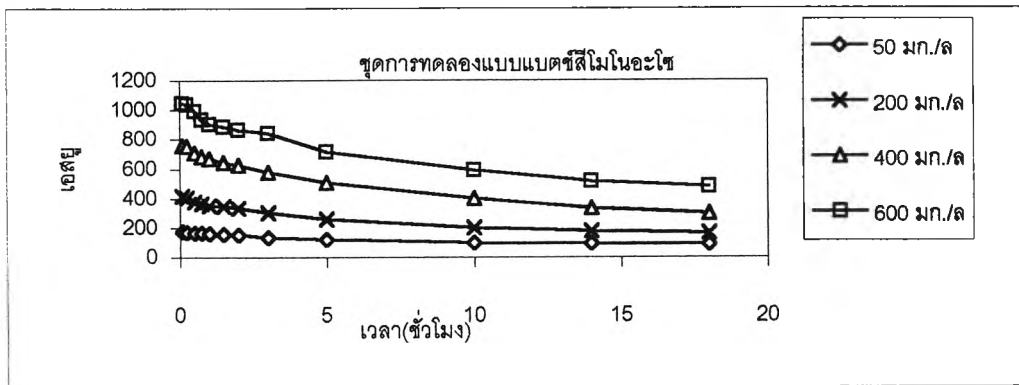
จากตารางที่ 4.14 พบว่าชุดการทดลองที่กำจัดสีย้อมโครงสร้างโมโนอะโซ ต้องใช้เวลาพัก แอนแอโรบิกถึง 30 ชั่วโมง จึงจะสามารถกำจัดสีได้ 73.4% และ 86.3% ในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอ ตามลำดับ ในขณะที่ชุดการทดลองที่กำจัดสีย้อมโครงสร้างไดอะโซใช้เวลาพักแอนแอโรบิกเพียง 18 ชั่วโมง ก็สามารถกำจัดสีได้ 80.1% และ 88.8% ในหน่วยเอสยูและเอดีเอ็มไอ ตามลำดับ จากผลดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่าสีที่มีโครงสร้างไดอะโซ (โครงสร้างทางเคมีใหญ่กว่า) สามารถถูกกำจัดได้ง่ายกว่าสีที่มีโครงสร้างโมโนอะโซ (โครงสร้างทางเคมีเล็กกว่า)

4.2.3 ผลของความเข้มข้นสีต่อการลดสี

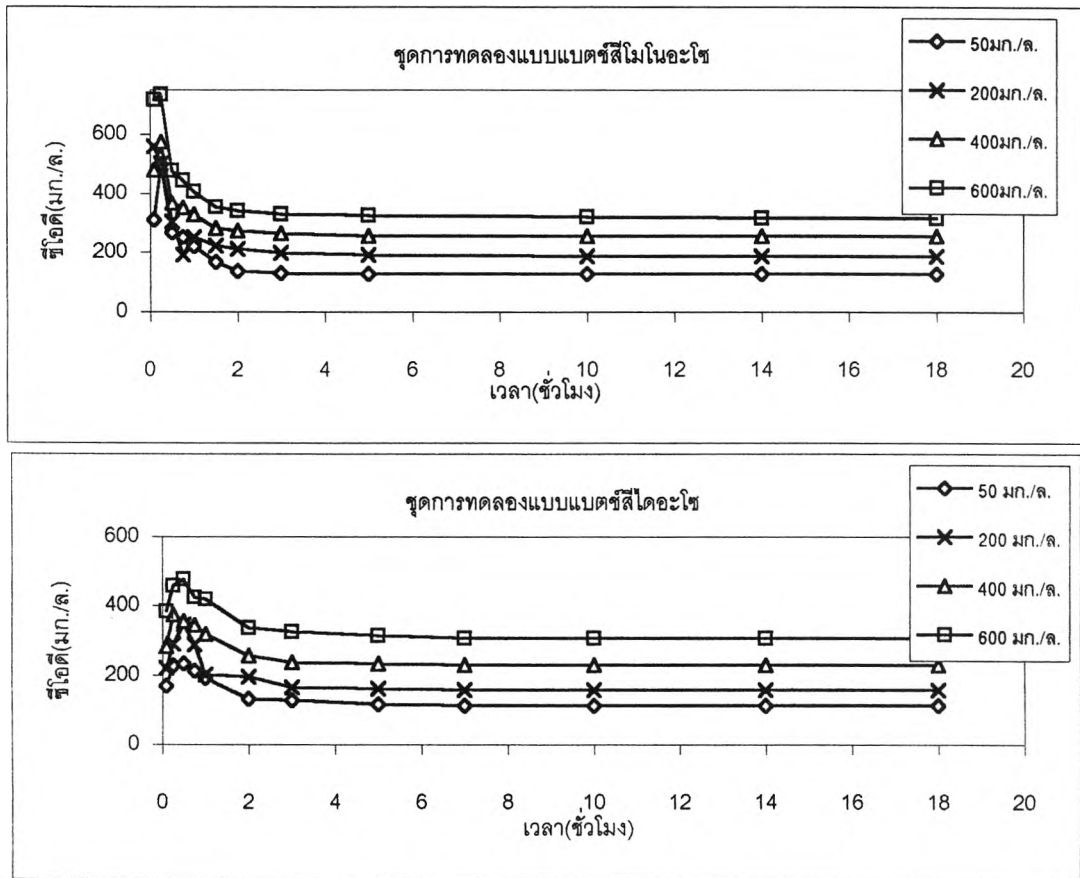
การทดลองนี้ได้ทำในชุดการทดลองแบบแบตช์ ดังภาพที่ 2 ซึ่งทำการทดลองทั้งหมด 8 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ใช้สีย้อมโมโนอะโซ 4 ชุดการทดลอง และชุดการทดลองที่ใช้สีไดอะโซ 4 ชุดการทดลอง โดยแปรผันความเข้มข้นของน้ำเข้าในสีแต่ละโครงสร้างละ 4 ค่า คือ 50, 200, 400 และ 600 มก./ล. โดยมีค่าซีไอดีของแป้งมันเท่ากัน คือ 1,400 มก./ล. และเนื่องจากชุดการทดลอง ANA t ที่ 18 ชั่วโมงดูจะดีที่สุด (ดูหัวข้อ 4.2.1 และ 4.2.2) ชุดการทดลองแบบแบตช์ที่ใช้กำจัดสีโมโนอะโซและไดอะโซที่แต่ละความเข้มข้นจึงใช้สัณฐานจากชุดการทดลอง M-ANA18 และ D-ANA18 ตามลำดับ(หลังจากระบบเข้าสู่สถานะคงตัว)มาเป็นฐานในการทดลอง โดยแต่ละแบตช์มีเวลาพักแอนแอโรบิก 18 ชั่วโมงเช่นกัน

4.2.3.1 ผลของความเข้มข้นสีต่ออัตราการลดสีจำเพาะ(Specific Decolorization Rate; SDR)

จากโพรไฟล์การลดสี (รูปที่ 4.27) ของแต่ละชุดการทดลองแบบแบตช์ พบว่าอัตราการลดสีจะมีความสัมพันธ์กับค่าซีไอดีในระบบ (โพรไฟล์ซีไอดี รูปที่ 4.28) กล่าวคือในช่วง 5 ชั่วโมงแรก ซึ่งมีการใช้ซีไอดีอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้สีลดลงอย่างคงที่และมีอัตราการลดสีสูง และเมื่อค่าซีไอดีเริ่มคงที่ (หลังชั่วโมงที่ 5) ทำให้สีลดลงด้วยอัตราการลดสีที่ช้ากว่าในช่วง 5 ชั่วโมงแรก และนี่คือเหตุผลที่ต้องมีสารอาหารร่วม เช่น ชุดแบตช์ที่ใช้สีโมโนอะโซที่มีความเข้มข้นน้ำเข้าเท่ากับ 400 มก./ล. มีอัตราการลดสีช่วงแรกเท่ากับ 50.2 เอสยู/ชั่วโมง และ 2,285 เอดีเอ็มไอ/ชั่วโมง ส่วนอัตราการลดสีในช่วงที่ 2 เท่ากับ 12.7 เอสยู/ชั่วโมง และ 530 เอดีเอ็มไอ/ชั่วโมง ชุดแบตช์ที่ใช้สีไดอะโซที่มี



รูปที่ 4.27 โพรไฟล์การลดสีในชุดการทดลองแบบแบตเตอรี่



รูปที่ 4.28 โปรไฟล์ซีไอดีในชุดการทดลองแบบแบบตรี

ตารางที่ 4.15 อัตราลดดีและอัตราการลดดีจำเพาะของทุกชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	first-DR		Secondary-DR		first-SDR		Secondary-SDR	
	SU/hr.	ADMI/hr.	SU/hr.	ADMI/hr.	SU/hr.g.MLVSS	ADMI/hr.g.MLVSS	SU/hr.g.MLVSS	ADMI/hr.g.MLVSS
M-50 มก./ล.	10.9	518	1.4	19	3.3	159	0.4	6
M-200 มก./ล.	29.7	1,270	4.6	209	9.1	391	1.4	64
M-400 มก./ล.	50.2	2,285	12.7	530	15.6	710	3.9	165
M-600 มก./ล.	62.9	2,917	13.4	848	19.5	903	4.2	263
D-50 มก./ล.	4.8	182	1.7	58	1.5	55	0.5	18
D-200 มก./ล.	22.2	995	3.6	83	6.8	305	1.1	25
D-400 มก./ล.	47.7	2,320	7.8	172	14.5	705	2.4	52
D-600 มก./ล.	73.3	4,122	17.7	495	22.4	1,257	5.4	151

ความเข้มข้นของน้ำเข้าเท่ากับ 400 มก./ล. มีอัตราการลดสีช่วงแรกเท่ากับ 47.7 เอสยู/ชั่วโมง และ 2,320 เอดีเอ็มไอ/ชั่วโมง ส่วนอัตราการลดสีในช่วงที่ 2 เท่ากับ 7.8 เอสยู/ชั่วโมง และ 172 เอดีเอ็มไอ/ชั่วโมง ซึ่งอัตราการลดสีในช่วงแรกจะขอเรียกว่า first-Decolorization Rate (first-DR) และอัตราการลดสีในช่วงที่ 2 เรียกว่า secondary-Dcolorization Rate (secondary-DR) ซึ่งค่าอัตราการลดสีและอัตราการลดสีจำเพาะของชุดการทดลองต่างๆแสดงดังตารางที่ 4.15 (วิธีการหาอัตราการลดสีและอัตราการลดสีจำเพาะแสดงในภาคผนวก จ.)

จากตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.29 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำเข้าเพิ่มขึ้น (จาก 50 ถึง 600 มก./ล.) มีผลทำให้อัตราการลดสีจำเพาะ (first และ Secondary-SDR) เพิ่มขึ้นด้วยอัตราคงที่ กล่าวคือเมื่อเขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นน้ำเข้า(50-600 มก./ล.)กับอัตราการลดสีจำเพาะ ชุดแบบที่ใช้สีโมโนอะโซจะให้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง คือ

$$\begin{aligned} \text{first-SDR(SU/hr.g.MLVSS)} &= 0.029 \times \text{ความเข้มข้นน้ำเข้า(มก./ล.)} + 2.68 & ; R^2 = 0.99 \\ \text{secondary-SDR(SU/hr.g.MLVSS)} &= 0.007 \times \text{ความเข้มข้นน้ำเข้า(มก./ล.)} + 0.17 & ; R^2 = 0.91 \\ \text{first-SDR(ADMI/hr.g.MLVSS)} &= 1.374 \times \text{ความเข้มข้นน้ำเข้า(มก./ล.)} + 111.3 & ; R^2 = 0.98 \\ \text{secondary-SDR(ADMI/hr.g.MLVSS)} &= 0.472 \times \text{ความเข้มข้นน้ำเข้า(มก./ล.)} - 23.28 & ; R^2 = 0.99 \end{aligned}$$

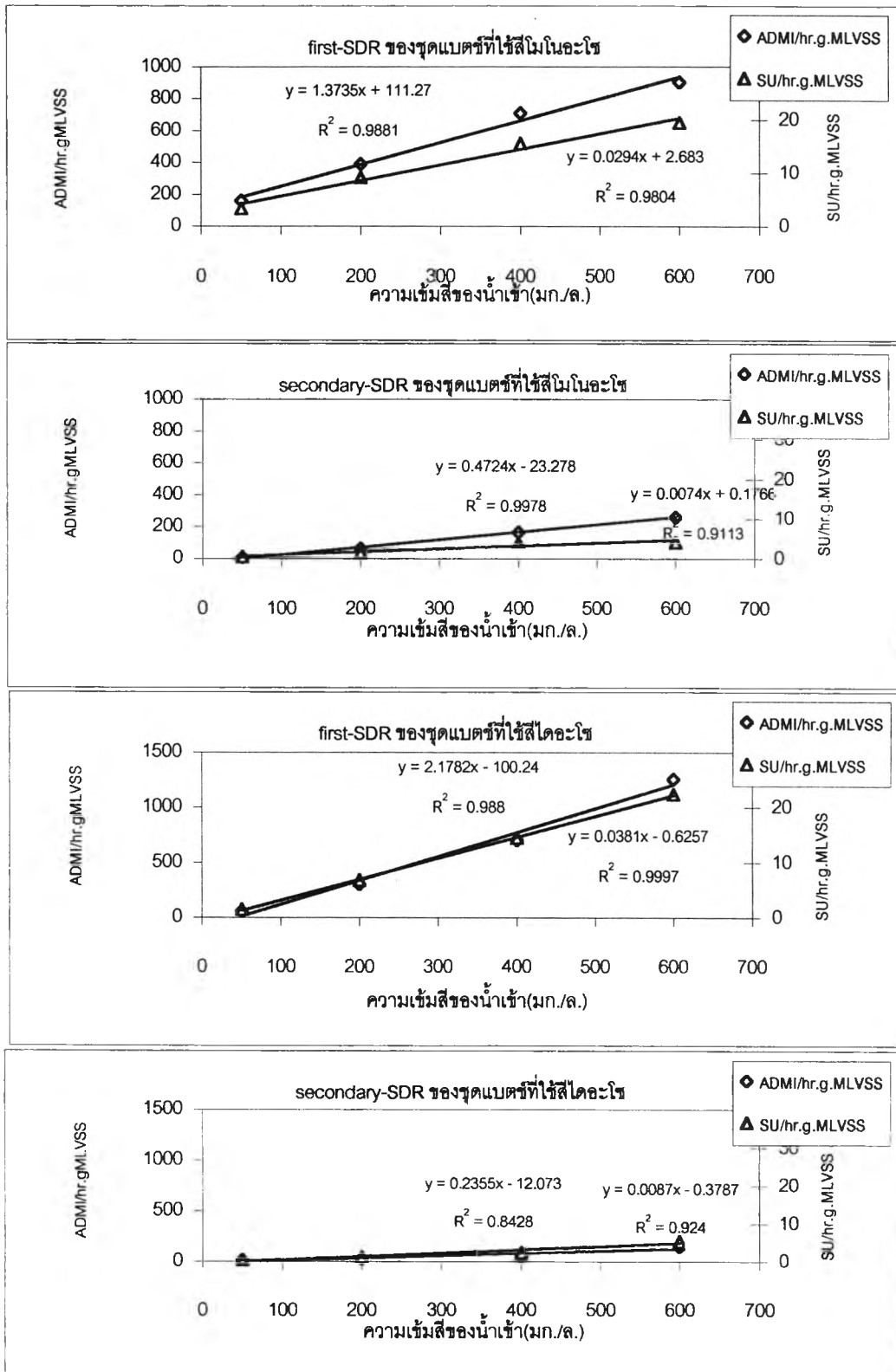
ส่วนชุดแบบที่ใช้สีไดอะโซจะให้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรงเช่นกัน คือ

$$\begin{aligned} \text{first-SDR(SU/hr.g.MLVSS)} &= 0.038 \times \text{ความเข้มข้นน้ำเข้า(มก./ล.)} - 0.18 & ; R^2 = 1 \\ \text{secondary-SDR(SU/hr.g.MLVSS)} &= 0.009 \times \text{ความเข้มข้นน้ำเข้า(มก./ล.)} - 0.38 & ; R^2 = 0.92 \\ \text{first-SDR(ADMI/hr.g.MLVSS)} &= 2.178 \times \text{ความเข้มข้นน้ำเข้า(มก./ล.)} - 100.2 & ; R^2 = 0.99 \\ \text{secondary-SDR(ADMI/hr.g.MLVSS)} &= 0.236 \times \text{ความเข้มข้นน้ำเข้า(มก./ล.)} - 12.1 & ; R^2 = 0.84 \end{aligned}$$

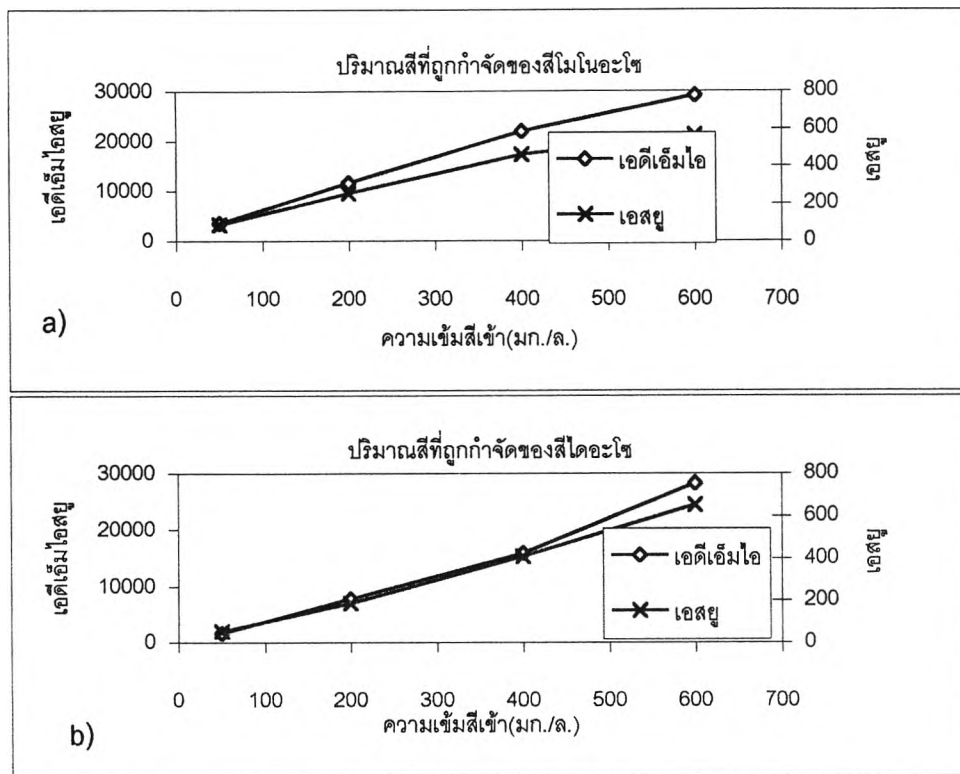
4.2.3.2 ผลของความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพการลดสี

เมื่อความเข้มข้นของน้ำเข้าเพิ่มขึ้น(50 – 600 มก./ล.) ของชุดการทดลองแบบแบบที่ใช้สีย้อมทั้ง 2 ชนิด มีผลทำให้ปริมาณของสีที่ถูกกำจัดมากขึ้น(รูปที่ 4.30) ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการลดสีมีค่ามากขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น(ดูหัวข้อ 4.2.3.1)

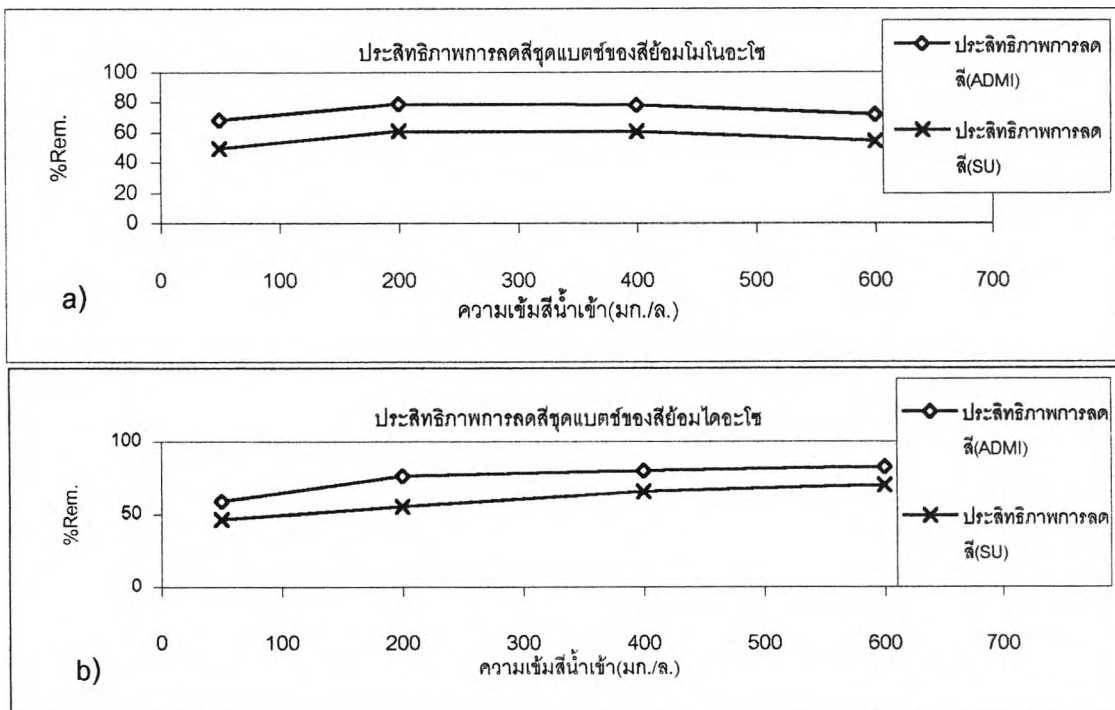
ประสิทธิภาพการลดสีของทุกชุดการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.31 พบว่าชุดการทดลองแบบแบบที่ใช้สีโมโนอะโซ เมื่อความเข้มข้นของน้ำเข้ามีค่าเพิ่มขึ้นจาก 50 มก./ล. เป็น 200 มก./ล.



รูปที่ 4.29 อัตราการลดสีจำเพาะของชุดการทดลองแบบแบบตข



a) ปริมาณสารที่ถูกรักษาของชุดแบบตรีของซียอมโนอะไซ b) ปริมาณสารที่ถูกรักษาของชุดแบบตรีของซียอมโดอะไซ
 รูปที่ 4.30 ปริมาณสารที่ถูกรักษาของชุดการทดลองแบบแบบตรีที่ความเข้มข้นน้ำเข้าต่างๆ



a) ประสิทธิภาพการลดสีของซียอมโนอะไซ b) ประสิทธิภาพการลดสีของซียอมโดอะไซ
 รูปที่ 4.31 ประสิทธิภาพการลดสีของชุดการทดลองแบบแบบตรีที่ความเข้มข้นน้ำเข้าต่างๆ

ประสิทธิภาพการลดสีจะเพิ่มขึ้น (จาก 68% เป็น 79% ในหน่วยเอตีเอ็มไอ และ 49% เป็น 61% ในหน่วยเอสยู) แต่เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 400 มก./ล. และ 600 มก./ล. ประสิทธิภาพการลดสีจะมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย (78% และ 72% ในหน่วยเอตีเอ็มไอ และ 60% และ 54% ในหน่วยเอสยู (ตามลำดับ) จากหัวข้อที่ 4.2.3.1 พบว่าอัตราการลดสีจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของน้ำเข้าเพิ่มขึ้น ดังนั้นประสิทธิภาพการลดสีน่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่การที่ประสิทธิภาพการลดสีไม่เพิ่มขึ้นที่ความเข้มข้นของน้ำเข้า 200-600 มก./ล. อาจอธิบายได้ว่าเวลากักแวนแเอโรบิกมีค่าไม่เพียงพอเมื่อความเข้มข้นสูง (เวลากักแวนแเอโรบิกมีผลต่อประสิทธิภาพการลดสี จากหัวข้อที่ 4.2.1) ส่วนในชุดการทดลองแบบแบคทีเรียที่กำจัดสีไดอะโซ พบว่าเมื่อความเข้มข้นในน้ำเข้าเพิ่มขึ้นจาก 50 - 600 มก./ล. มีผลทำให้ประสิทธิภาพการลดสีเพิ่มขึ้นจาก 59% เป็น 83% ในหน่วยเอตีเอ็มไอ และ 46% เป็น 70% ในหน่วยเอสยู อาจกล่าวได้ว่าเวลากักแวนแเอโรบิก 18 ชั่วโมง สำหรับสีไดอะโซก็มีค่าที่เพียงพอแล้ว หรืออาจกล่าวได้ว่าสีที่มีโครงสร้างไดอะโซสามารถกำจัดได้ง่ายกว่าสีที่มีโครงสร้างโมโนอะโซ (สอดคล้องกับผลการทดลองในหัวข้อ 4.2.2)

4.2.3.3 ผลของความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี

ซีไอดีของน้ำออกและประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีสีของชุดการทดลองแบบแบคทีเรีย แสดงดังรูปที่ 4.32 พบว่าทั้งชุดการทดลองที่ใช้สีโมโนอะโซและไดอะโซ ที่ความเข้มข้นของน้ำเข้าสูงขึ้น (50 - 600 มก./ล.) มีผลทำให้ซีไอดีของน้ำออกเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง) และมีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีลดลงอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวได้ว่าซีไอดีที่เหลือในน้ำออกส่วนใหญ่จะเป็นซีไอดีที่มาจากสีย้อม (สอดคล้องกับหัวข้อ 4.1.8) และเนื่องจากการลดสีเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของสีย้อมไปเป็นสารอินทรีย์อีกรูปหนึ่ง (จากหัวข้อ 4.2.1) ซึ่งก็ยังย่อยสลายยากอยู่ดีและไม่ถูกย่อยสลายไปเป็น CO₂ จึงให้ค่าซีไอดีอยู่เช่นเดิม ดังนั้นเมื่อความเข้มข้นของน้ำเข้าเพิ่มขึ้นทำให้ซีไอดีของน้ำออกเพิ่มขึ้นด้วย แต่ส่วนซีไอดีจากสารอาหารร่วม (แป้งมัน) จะกำจัดได้ 97-98% ซึ่งตัวอย่างการคำนวณแสดงได้ดังนี้

สีย้อมโมโนอะโซ 1 มก./ล. ให้ค่าซีไอดี = 0.567 มก./ล. (ภาคผนวก ข.)

ดังนั้นชุดแบคทีเรียที่ใช้สีโมโนอะโซ 50 มก./ล. ให้ค่าซีไอดี = $50 \times 0.567 = 28.4$ มก./ล.

สลัดจ์ที่นำมาจากชุดการทดลอง M-ANA18 ที่ปลายสภาวะแเอโรบิกให้ค่าซีไอดีกรอง (ซีไอดีของสีย้อม; ดูหัวข้อ 4.1.8) = 227 มก./ล.

เนื่องจากชุดแบตช์มีอัตราของน้ำเข้าต่อน้ำค้างถึงเท่ากับ 2:1 ดังนั้น ค่าซีไอดีของสีย้อมหลังจากการเจือจาง

$$= (227+2 \times 28.4)/3$$

$$= 94.6 \text{ มก./ล.}$$

จากการวิเคราะห์ค่าซีไอดีกรองของน้ำออกชุดแบตช์(หลังจากสภาวะแอนแอโรบิก 18 ชั่วโมง)

$$= 128 \text{ มก./ล.}$$

ดังนั้นซีไอดีของสารอาหารร่วมที่เหลือในน้ำออก

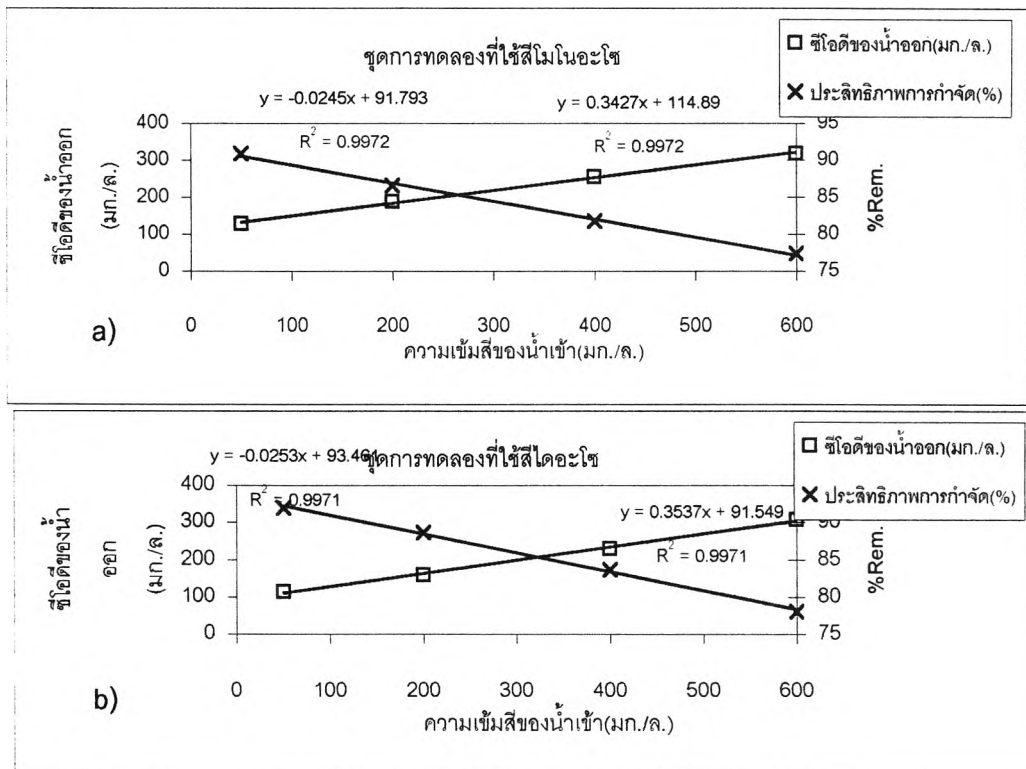
$$= 128 - 94.6 = 33 \text{ มก./ล.}$$

ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของสารอาหารร่วม

$$= (1,400 - 33) \times 100 / 1400$$

$$= 97.6\% \text{ (ชุดแบตช์อื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน)}$$

(หมายเหตุ- ชุดการทดลองในขั้นตอนแรก(กระบวนการเอสบีอาร์)มีค่าซีไอดีกรองของน้ำออกเท่ากับค่าซีไอดีของสีย้อม หรือกล่าวได้ว่าสามารถกำจัดซีไอดีจากสารอาหารร่วมได้ 100%(จากหัวข้อ 4.1.8) ทั้งนี้เนื่องจากชุดการทดลองแบบเอสบีอาร์มีเวลากักแอโรบิก 5 ชั่วโมงด้วย(ต่อจากสภาวะแอนแอโรบิก) แต่ชุดการทดลองแบบแบตช์มีเฉพาะเวลากักแอนแอโรบิก 18 ชั่วโมงเท่านั้น)



a) ชุดแบตช์ที่ใช้สีย้อมโมโนอะโซ b) ชุดแบตช์ที่ใช้สีย้อมไดอะโซ

รูปที่ 4.32 ซีไอดีน้ำออกและประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของชุดการทดลองแบบแบตช์ที่ความเข้มข้นน้ำเข้าต่างๆ