

ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

4.1 การเริ่มเลี้ยงจุลชีพ

งานวิจัยนี้ได้นำเชื้อจุลชีพ (seed) จากถังแอโรชันของโรงงานกำจัดน้ำเสีย
แอกทีเวตเต็ดสลัดจ์ ห้วยขวาง กรุงเทพฯ มาทำการเพาะเลี้ยงโดยเริ่มแรกจะทำการ
ควบคุมระบบเป็นแบบ Batch และทยอยป้อนน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีอัตราส่วน COD:N
เท่ากับ 100 : 5 ให้กับจุลชีพ จนได้ระดับความเข้มข้นของ ซีโอดี ประมาณ 500 มก./ล.
และเจลาตินไนโตรเจนรวมประมาณ 25 มก./ล. ซึ่งเป็นระดับค่าที่ต้องการ เพื่อให้
จุลชีพคุ้นเคยกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่จะใช้งานจริง แล้วจึงเปลี่ยนแปลงวิธีการควบคุมระบบ
ใหม่ โดยป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ถังแอโรชันเป็นแบบต่อเนื่องตลอดเวลา
(continuous system)

การทดลองนี้ใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 230 วัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก) การเริ่มเลี้ยงจุลชีพในถังปฏิกรณ์ โดยควบคุมระบบเป็นแบบ Batch
เป็นระยะเวลา 18 วัน (24 มีค. 2527 ถึง 10 เมษ. 2527)

ข) การเริ่มเลี้ยงจุลชีพในถังแอโรชัน และการทดลองภายใต้การป้อนน้ำเสีย
สังเคราะห์ที่มีอัตราส่วน COD : N เท่ากับ 100 : 5 อย่างต่อเนื่อง เป็นระยะ
เวลา 80 วัน (11 เมษ. 2527 ถึง 29 มิย. 2527)

ค) การเริ่มเลี้ยงจุลชีพ และการทดลองภายใต้การป้อนน้ำเสียสังเคราะห์
ที่มีอัตราส่วน COD : N เท่ากับ 100 : 10 อย่างต่อเนื่อง เป็นระยะเวลา 57 วัน
(30 มิย. 2527 ถึง 25 สค. 2527)

ง) การเริ่มเลี้ยงจุลชีพ และการทดลองภายใต้การป้อนน้ำเสียสังเคราะห์
ที่มีอัตราส่วน COD : N เท่ากับ 100 : 20 อย่างต่อเนื่อง เป็นระยะเวลา 75 วัน
(26 สค. 2527 ถึง 8 พย. 2527)

4.2 สภาพของระบบที่อยู่ในสภาวะคงตัว และประสิทธิภาพของระบบ

ในระบบกำจัดน้ำเสียแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์แบบทีโนทริฟิเคชันเกิดขึ้นหลัง ที่มีการป้อนน้ำเสียในปริมาณและความเข้มข้นที่อย่างต่อเนื่องนั้น เมื่อระบบทำงานได้ระยะหนึ่งจุลชีพในถังปฏิริยาจะเริ่มคุ้นเคยกับน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ และระบบจะเกิดสภาวะคงตัวขึ้น (steady state) ซึ่ง ณ สภาวะดังกล่าว จุลชีพจะมีปริมาณค่อนข้างคงที่ การกำจัดซีโอที และสารประกอบไนโตรเจน ของระบบจะมีค่าสูง อัตราในการกำจัดสารดังกล่าวมีค่าค่อนข้างคงที่ ดังนั้น การวัดประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียของระบบ จึงควรทำการวัดในช่วงที่ระบบเกิดสภาวะคงตัวแล้ว

4.3 ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะแสดงไว้ในภาคผนวก สำหรับผลการวิจัยตัวแปรต่างๆ มีดังต่อไปนี้

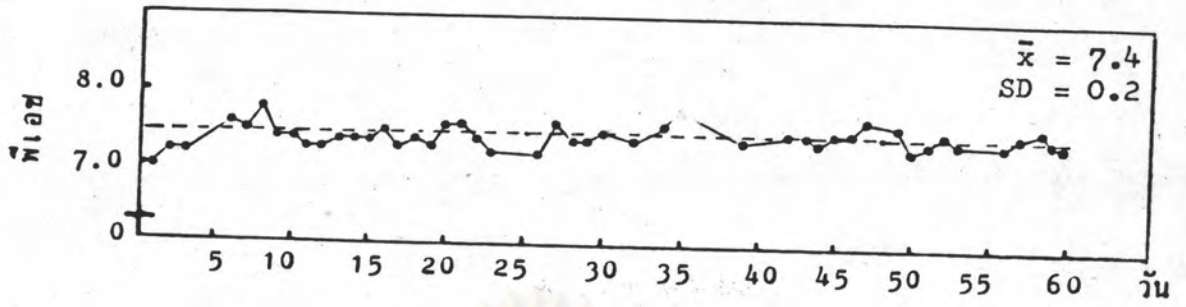
4.3.1 ค่าพีเอช (pH)

พีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองทุกครั้ง จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.4 ถึง 7.6 ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4.1 และผลจากการทดลองทั้ง 3 ปรากฏว่า ระดับพีเอช ในถังแอเรชันมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.4 ถึง 7.6 (รูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.1 ประกอบ) และสำหรับถังแอนน็อกซิด จะมีค่าพีเอชเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.3 ถึง 7.5 (รูปที่ 4.3 และตารางที่ 4.1 ประกอบ) อันเป็นช่วงที่พอเหมาะแก่การดำรงชีพของแบคทีเรียในระบบ

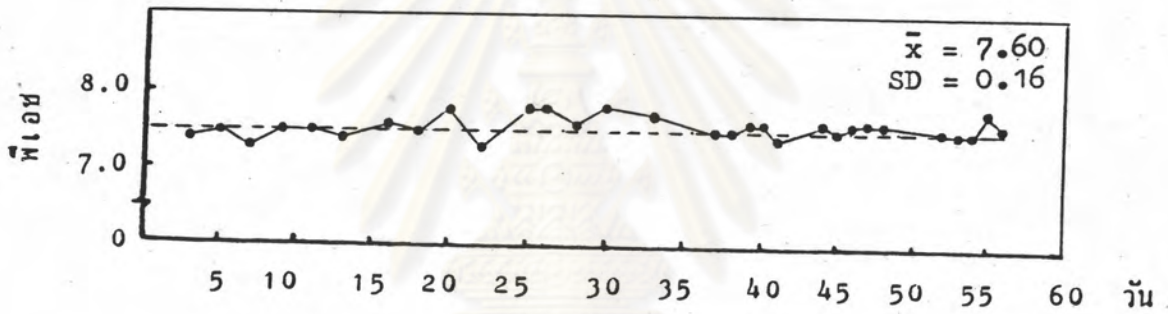
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพีเอชเฉลี่ย ในแต่ละการทดลอง

การทดลองที่	ค่าพีเอชเฉลี่ย		
	น้ำเสียสังเคราะห์	ถังแอเรชัน	ถังแอนน็อกซิด
1	7.4	7.6	7.4
2	7.6	7.5	7.5
3	7.6	7.6	7.5

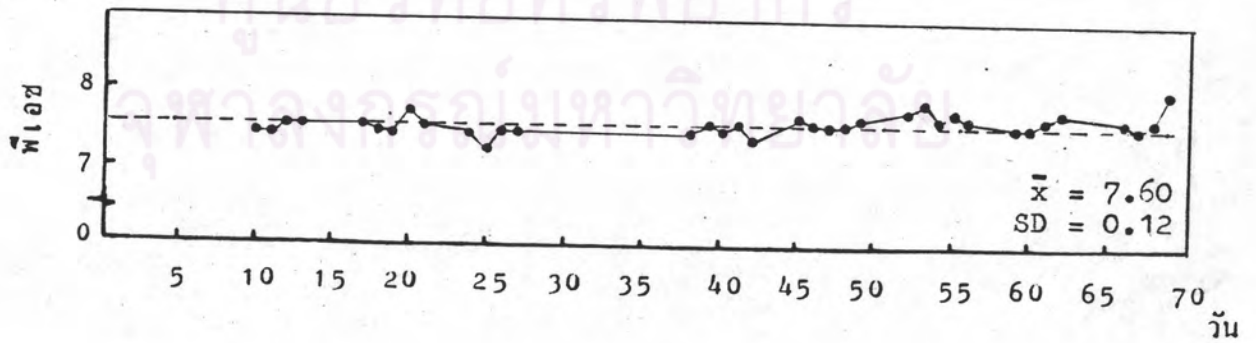
ก) การทดลองที่ 1



ข) การทดลองที่ 2

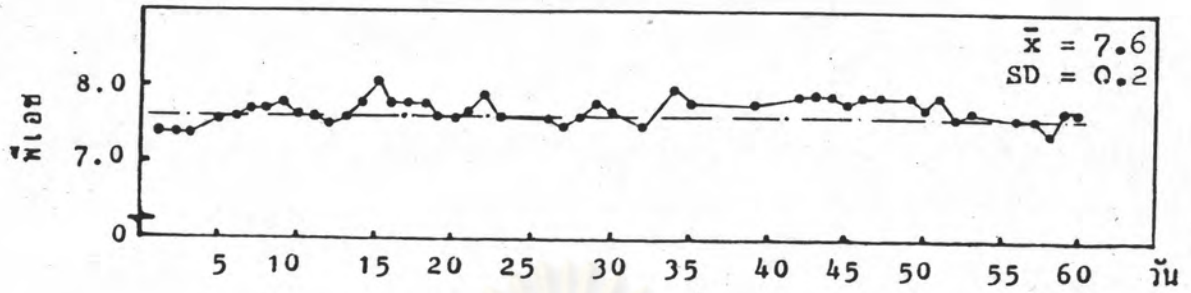


ค) การทดลองที่ 3

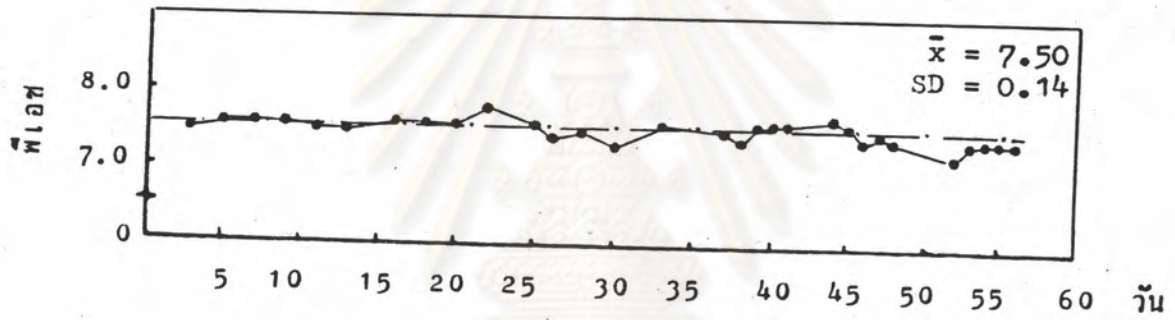


รูปที่ 4.1 แสดงค่าระดับพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์

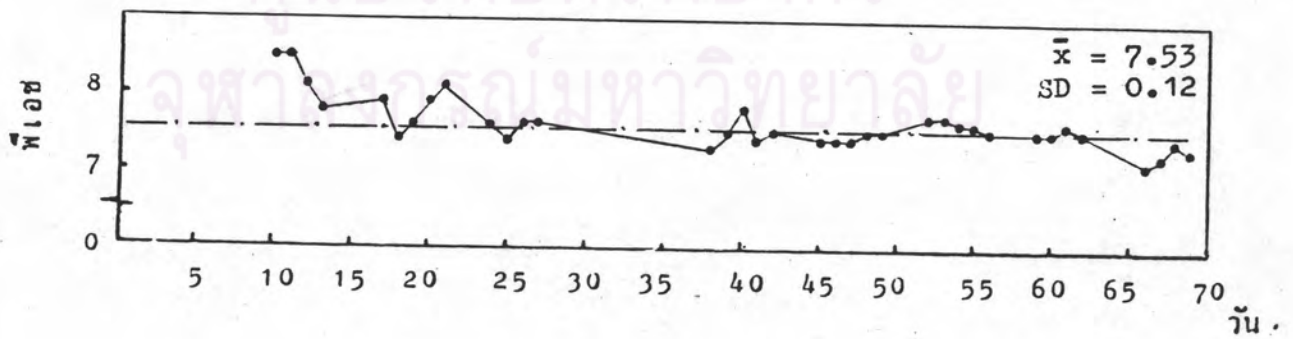
ก) การทดลองที่ 1



ข) การทดลองที่ 2

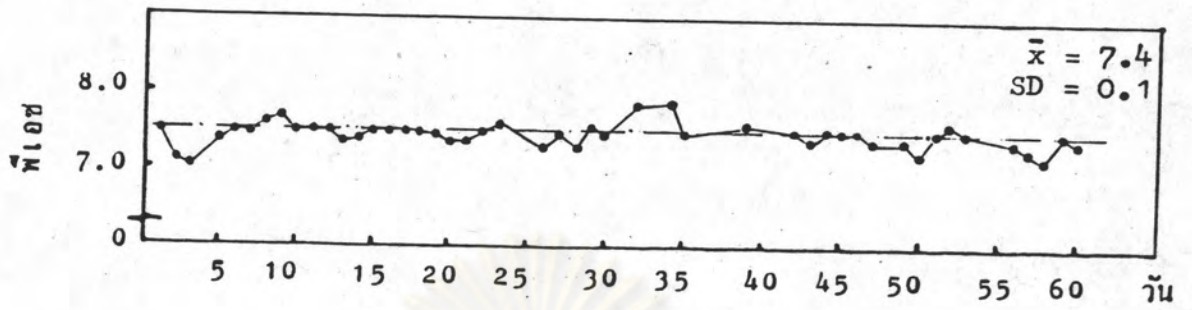


ค) การทดลองที่ 3

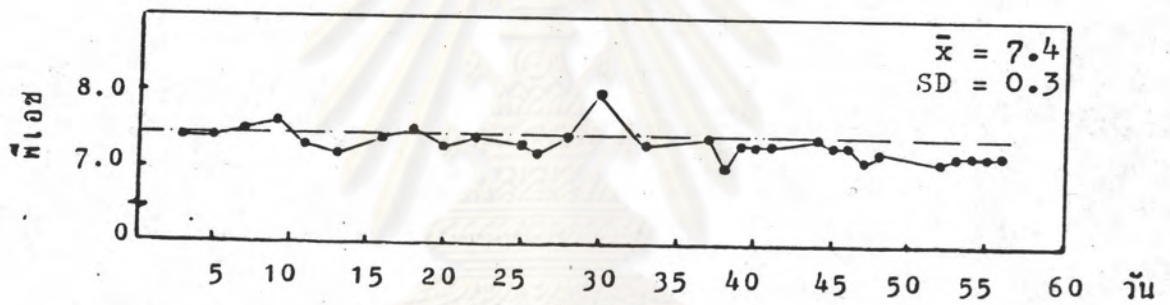


รูปที่ 4.2 แสดงค่าระดับพีเอชของน้ำในถังแอโรชัน

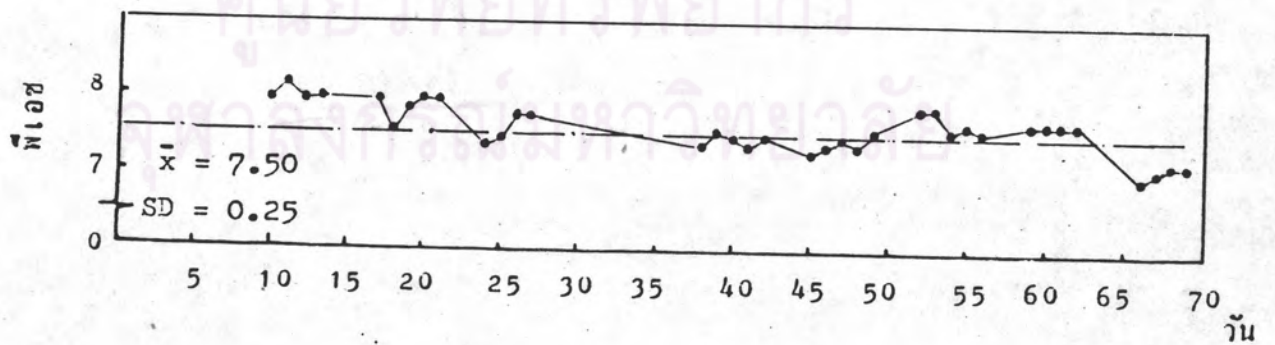
ก) การทดลองที่ 1



ข) การทดลองที่ 2



ค) การทดลองที่ 3



รูปที่ 4.3 แสดงค่าระดับพีเอชของน้ำในถังแอนนอนอกชนิด

4.3.2 ระดับดีโอ (DO)

ในการทดลองนี้ จะมีการเติมอากาศให้กับถังแอโรชันในปริมาณที่มากเกินไป เพื่อให้จุลินทรีย์แบบที่เรียกประเภท Aerobic หรือ Facultative Heterotrophs และ Autotrophic Nitrifying Bacterias เกิดการแข่งขันออกซิเจนซึ่งกันและกัน อันอาจทำให้เกิดผลเสียต่อระบบได้ ซึ่งผลจากการทดลองปรากฏว่า ในการทดลองที่ 1 ระดับ ดีโอ ในถังแอโรชัน มีค่าเฉลี่ย 6.4 มก./ล. ส่วนการทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 6.6 มก./ล. และการทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 6.0 มก./ล. (กรูปรูปที่ 4.4) สำหรับถังแอนน็อกซิค ในการทดลองนี้ระดับดีโอ ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้มีค่า ดีโอ เฉลี่ย 0.5 มก./ล. ในทุกการทดลอง (กรูปรูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.2)

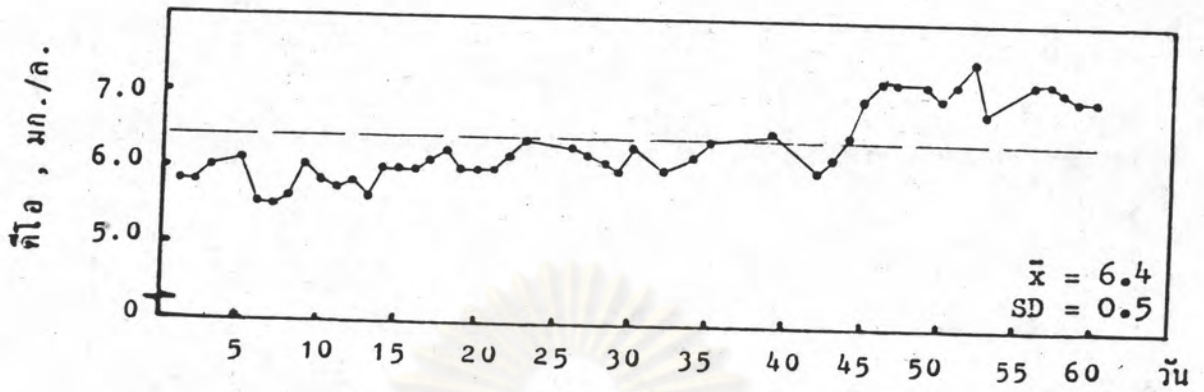
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าระดับดีโอเฉลี่ยของแต่ละการทดลอง

การทดลองที่	ค่าดีโอเฉลี่ย (มก./ล.)	
	ถังแอโรชัน	ถังแอนน็อกซิค
1	6.4	0.5
2	6.6	0.5
3	6.0	0.5

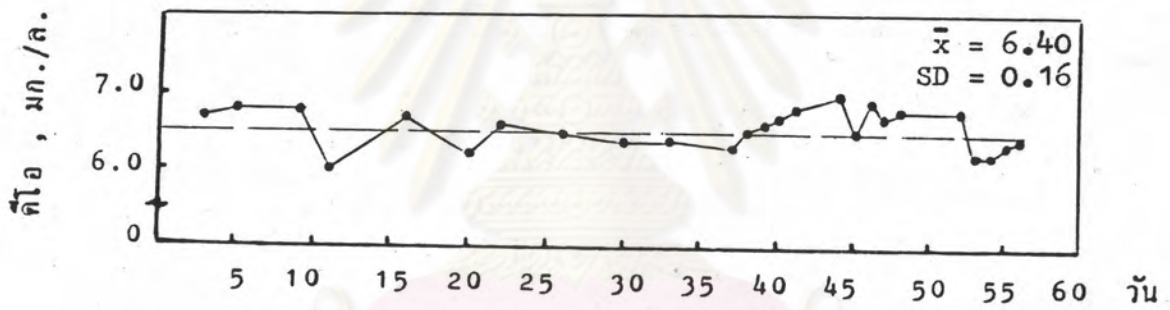
4.3.3 ค่าไออาร์พี (Oxidation - Reduction Potential , ORP)

โดยทั่วไปแล้ว ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในระบบกำจัดน้ำเสีย มักเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชัน (oxidation - reduction reaction) หรือเรียกว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปสู่อีกสารหนึ่ง หรือกล่าวได้ว่า เป็นผลรวมของปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน) และปฏิกิริยารีดักชัน (ปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน) โดยความสามารถในการให้และรับอิเล็กตรอนระหว่างปฏิกิริยาทั้งสอง หรือความแตกต่างทางศักย์ภาพ

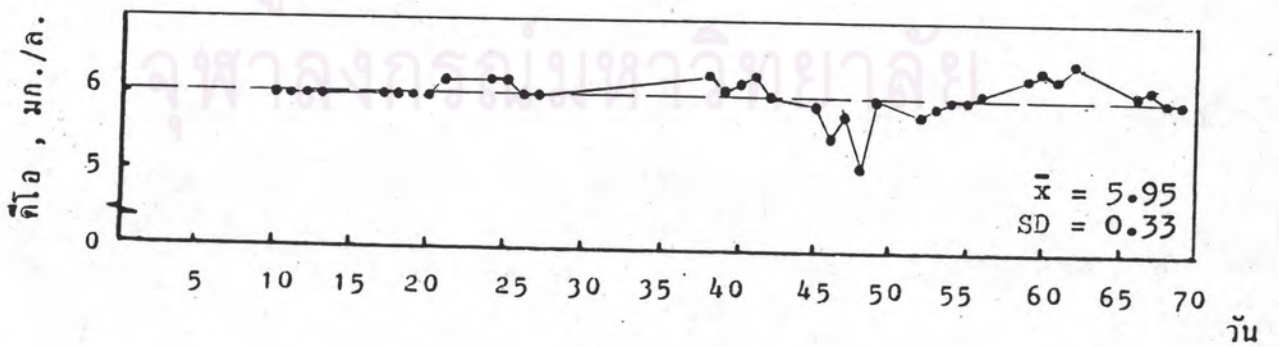
ก) การทดลองที่ 1



ข) การทดลองที่ 2

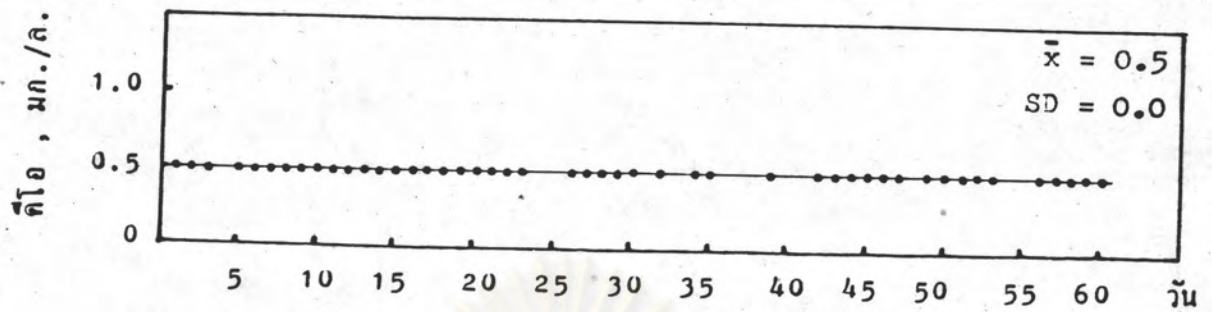


ค) การทดลองที่ 3

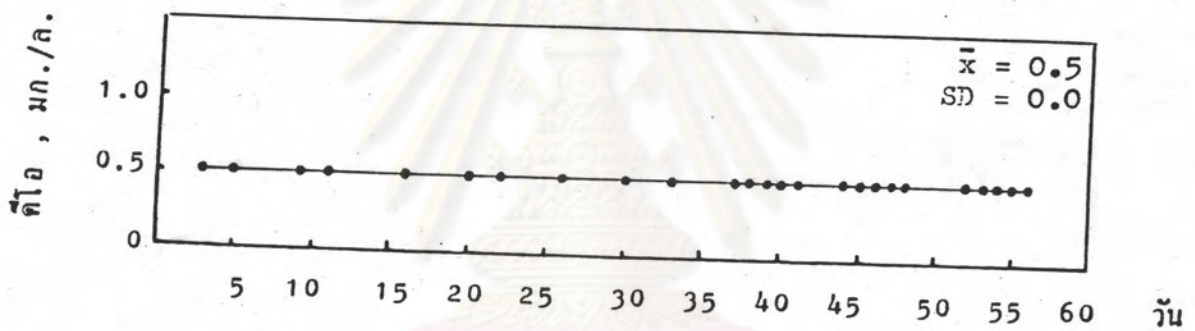


รูปที่ 4.4 แสดงค่าระดับคีโตนของน้ำตาลในดั่งแอเรชั่น

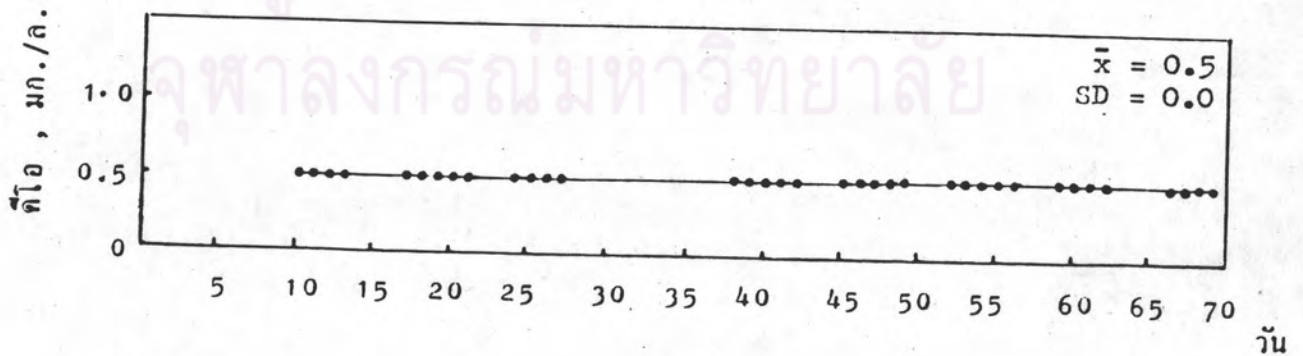
ก) การทดลองที่ 1



ข) การทดลองที่ 2



ค) การทดลองที่ 3



รูปที่ 4.5 แสดงค่าระดับคีโของน้ำในถังแอนนอซิก

อาจวัดได้ด้วยค่า ออกซิเจน - รีดักชัน โพลีเมอร์ หรือที่เรียกสั้นๆ ว่า โออาร์ที

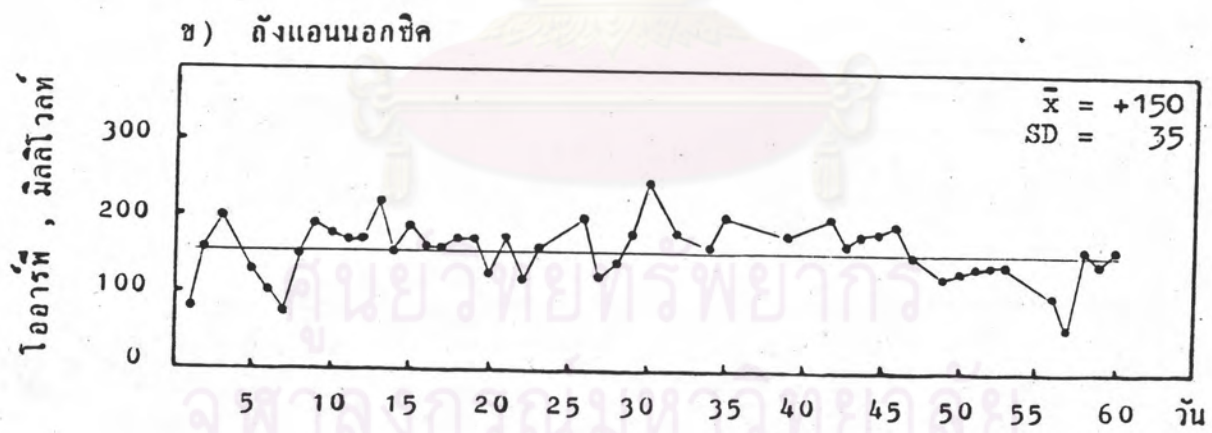
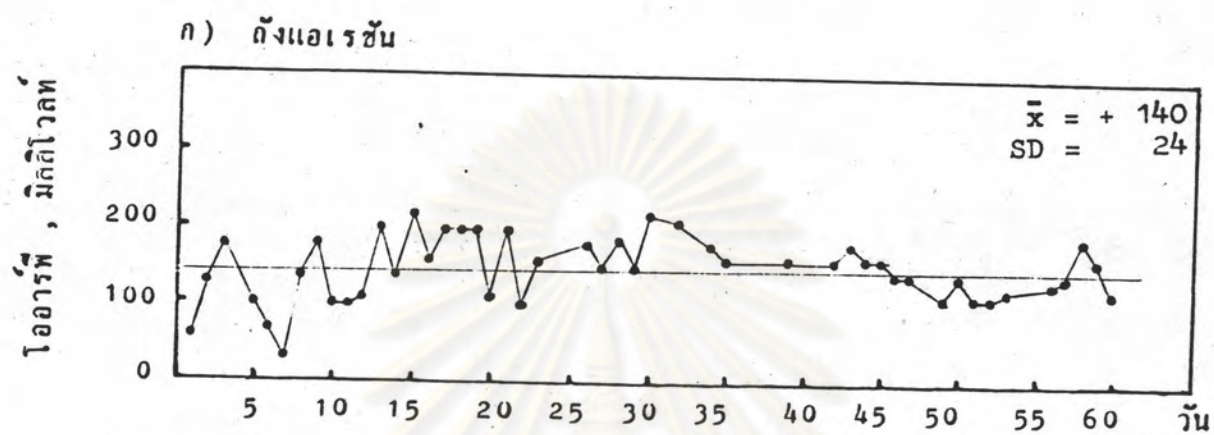
ในระบบกำจัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์คาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำเสีย มักเป็นตัวให้อิเล็กตรอน (Reducing Agent) และเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ โดยใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (Oxidizing Agent) ซึ่งจะออกซิไดส์สารอินทรีย์ให้มีพลังงานลดลง ดังนั้นจึงเป็นการปรับสภาพน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้น หนึ่ง สำหรับระบบกำจัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนนี้ อัตราส่วนระหว่างสารรับอิเล็กตรอน คือ สารให้อิเล็กตรอน จะมีค่าสูง นั่นคือ สักอไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะมีค่าบวกมากกว่า แต่ในระบบกำจัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน อัตราส่วนดังกล่าวจะมีค่าต่ำ สักอไฟฟ้าจึงมีแนวโน้มที่จะมีค่าเป็นลบ

จากผลการทดลอง ปรากฏว่าในการทดลองที่ 1 ค่า โออาร์ที ของน้ำในถังแอโรเซน ส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในช่วง + 120 ถึง + 160 มิลลิโวลต์ สำหรับถังแอนนออกซิค ค่าส่วนใหญ่อยู่ในช่วง +120 ถึง +180 มิลลิโวลต์ (รูปที่ 4.6) และมีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัว ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3



ตารางที่ 4.3 แสดงค่าโออาร์ทีเฉลี่ย ที่สภาวะคงตัว

การทดลองที่	ค่าโออาร์ทีเฉลี่ย (มิลลิโวลต์)	
	ถังแอโรเซน	ถังแอนนออกซิค
1	+ 142	+ 150
2	+ 130	+ 130
3	+ 122	+ 121



รูปที่ 4.6 แสดงค่าระดับไออาร์ทีของการทดลองที่ 1

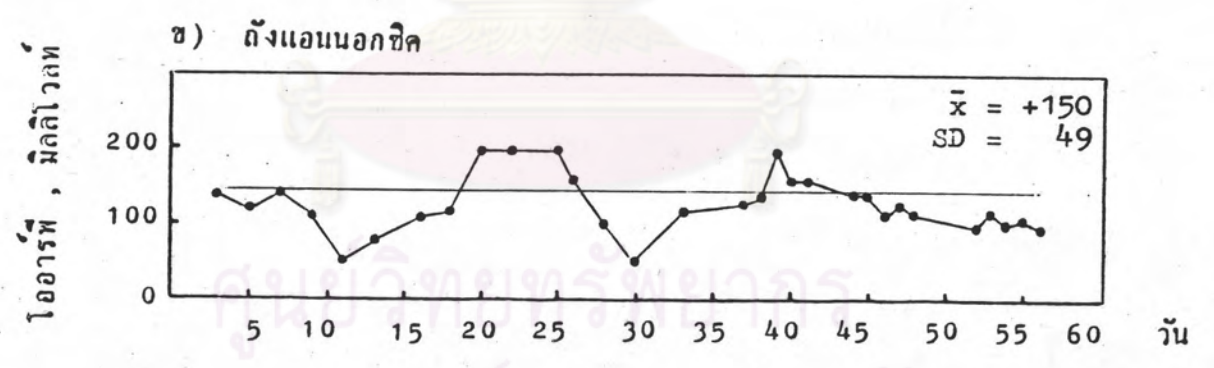
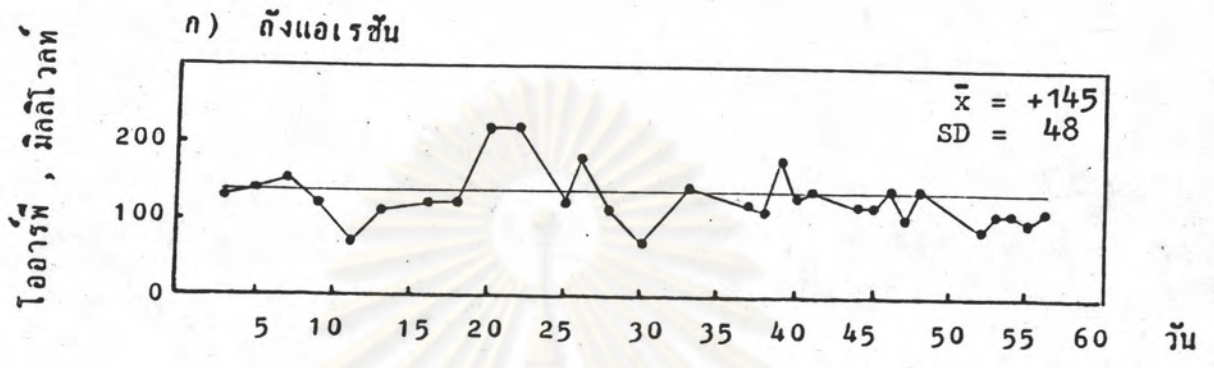
ในการทดลองที่ 2 ค่าไออาร์พีของน้ำในถังแอเรชันและถังแอนน็อกซิด ส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในช่วง + 100 ถึง + 150 มิลลิโวลต์ และ + 80 ถึง + 170 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวเท่ากัน คือประมาณ + 130 มิลลิโวลต์ (รูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.3 ประกอบ)

สำหรับการทดลองที่ 3 ค่าไออาร์พี ของน้ำทั้งในถังแอเรชัน และ ถังแอนน็อกซิด จะมีค่าส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเดียวกัน กล่าวคือมีค่าระหว่าง + 100 ถึง + 150 มิลลิโวลต์ (รูปที่ 4.8) และมีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัว ดังแสดงในตารางที่ 4.3

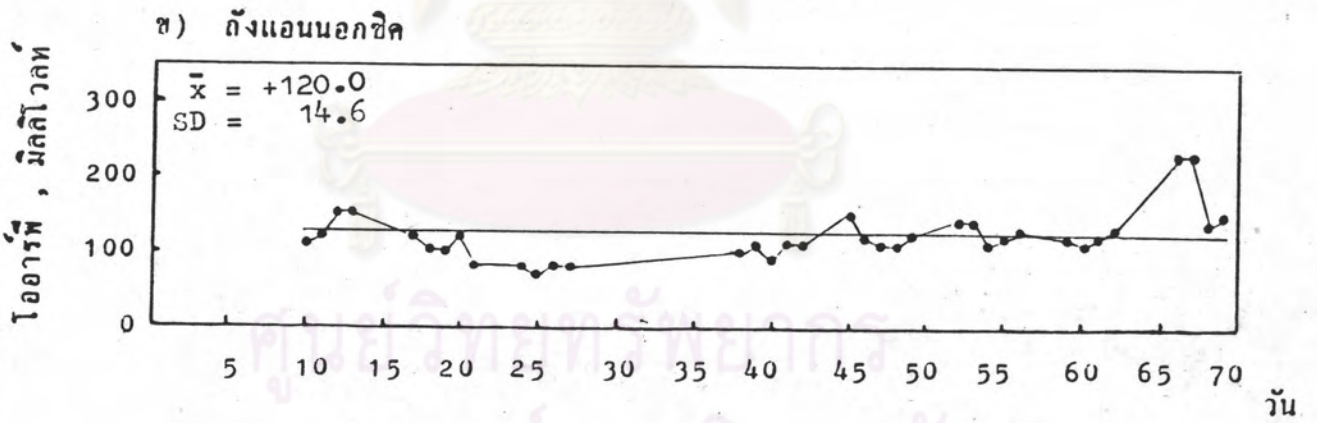
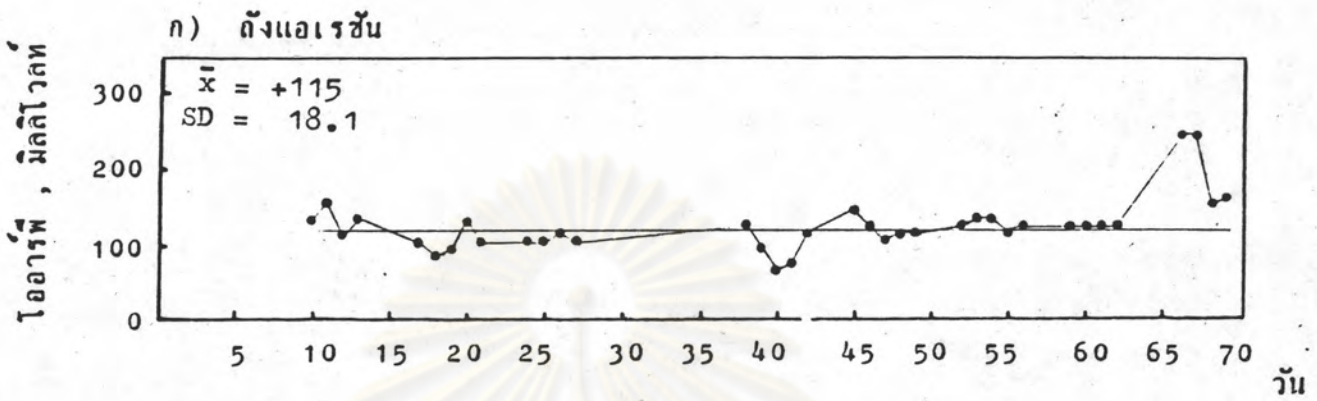
จากผลการทดลองในช่วงที่ระบบเกิดสภาวะคงตัว จะเห็นได้ว่า ระดับไออาร์พีเฉลี่ยในถังแอเรชัน และถังแอนน็อกซิด มีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.3 ประกอบ) ทั้งที่สภาพแวดล้อมของถังปฏิกริยาทั้งสองแตกต่างกัน กล่าวคือปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในถังแอเรชันจะเป็นปฏิกริยาการใช้ออกซิเจน ส่วนของถังแอนน็อกซิดจะเป็นการหายใจแบบไร้ออกซิเจน ดังนั้น การที่ค่าไออาร์พีของถังปฏิกริยาทั้งสองมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ก็อาจประเมินได้ว่า อัตราของการเกิดปฏิกริยาดีไนทริฟิเคชันในถังแอนน็อกซิด มีค่าต่ำมาก นั่นเอง

4.3.4 ค่า V_{30} และ SVI

ในระหว่างการทดลอง ปรากฏว่าเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2527 ซึ่งอยู่ในช่วงของการทดลองที่ 1 ระบบกำจัดน้ำเสียที่ทำการทดลองได้เกิด โรคจมน้ำของสลัดจ์ (Sludge Bulking) และเป็นเรื่อยมา จนกระทั่งสิ้นการทดลองที่ 3 ตะกอนจุลชีพแขวนลอยไม่สามารถตกตะกอนได้ดีในถังตกตะกอน ค่า V_{30} และ SVI ของระบบมีค่าสูง (รูปที่ 4.9 - 4.11 ประกอบ) ซึ่งเมื่อนำตัวอย่างสลัดจ์มาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบแบคทีเรียชนิดเส้นใยอาศัยอยู่อย่างมากมาย การทำงานของถังตกตะกอนล้มเหลวอย่างสิ้นเชิง แต่เนื่องจากจำเป็นต้องควบคุมระบบ ให้ดำเนินการทดลองต่อไป และมีค่า SRT คงที่เท่ากับ 20 วัน ตลอดการทดลอง จึงได้ทดลองใช้แผ่นใยสังเคราะห์ที่มีลักษณะคล้ายใยมะพร้าว หนาประมาณ 0.5 ซม. ติดตั้งไว้ ณ ทางน้ำออกของถังแอนน็อกซิด และได้ทำการเปลี่ยนตำแหน่งของการเวียนตะกอนกลับสู่ระบบ จากถังตกตะกอนเป็นจากถังแอนน็อกซิด ปรากฏว่าระบบสามารถดำเนินการทดลอง

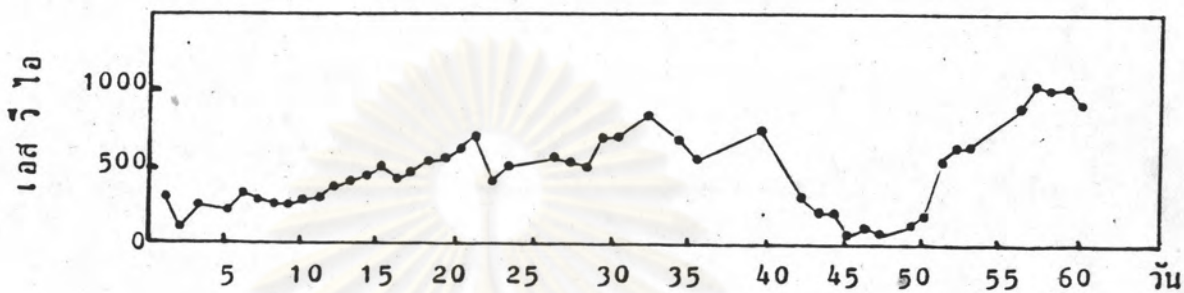


รูปที่ 4.7 แสดงระดับไออาร์พีของการทดลองที่ 2

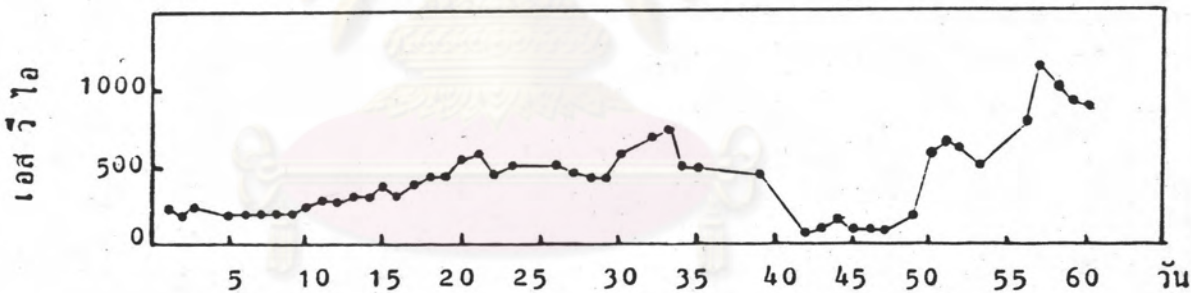


รูปที่ 4.8 แสดงค่าระดับไออาร์พีของการทดลองที่ 3

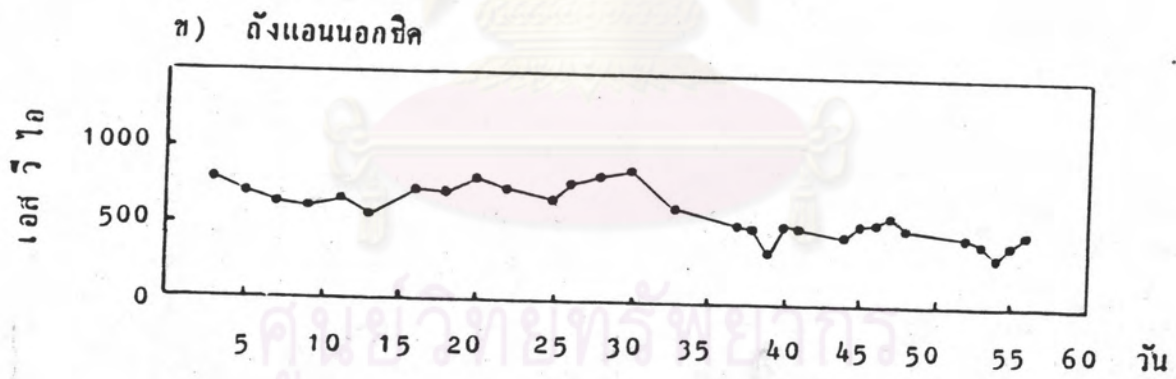
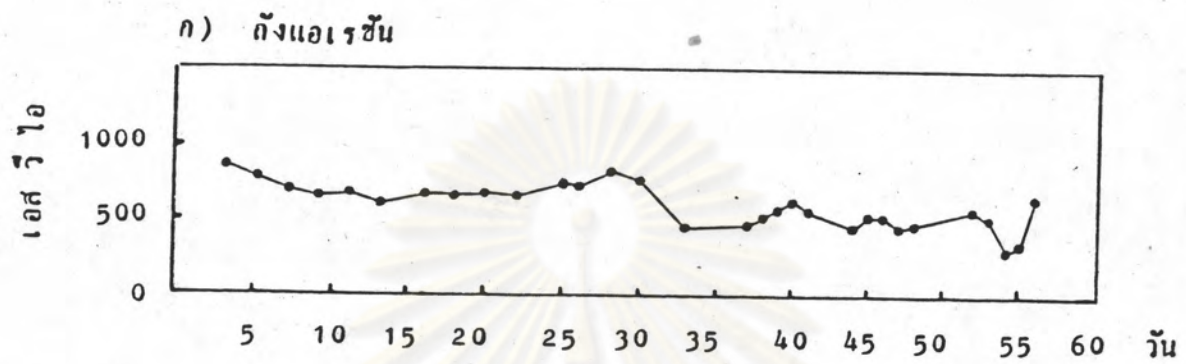
ก) ดึงแอเรน



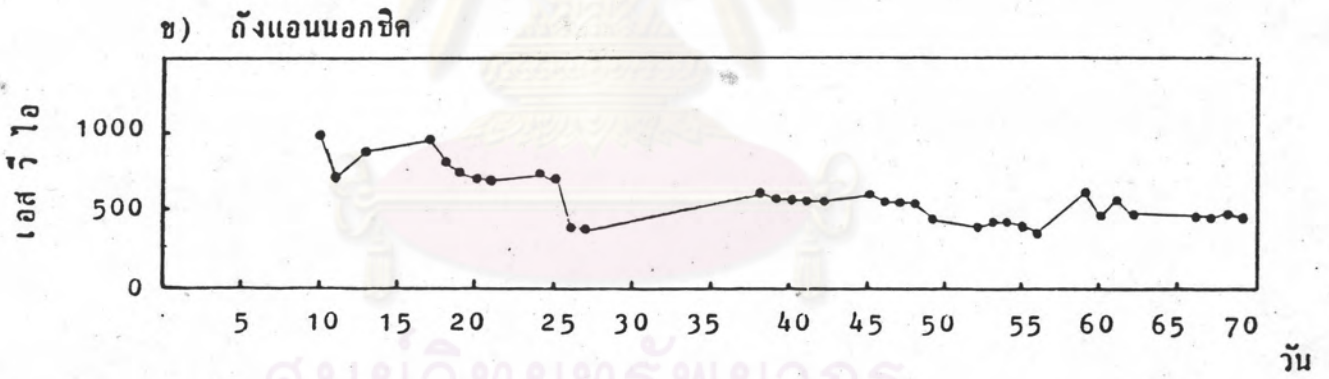
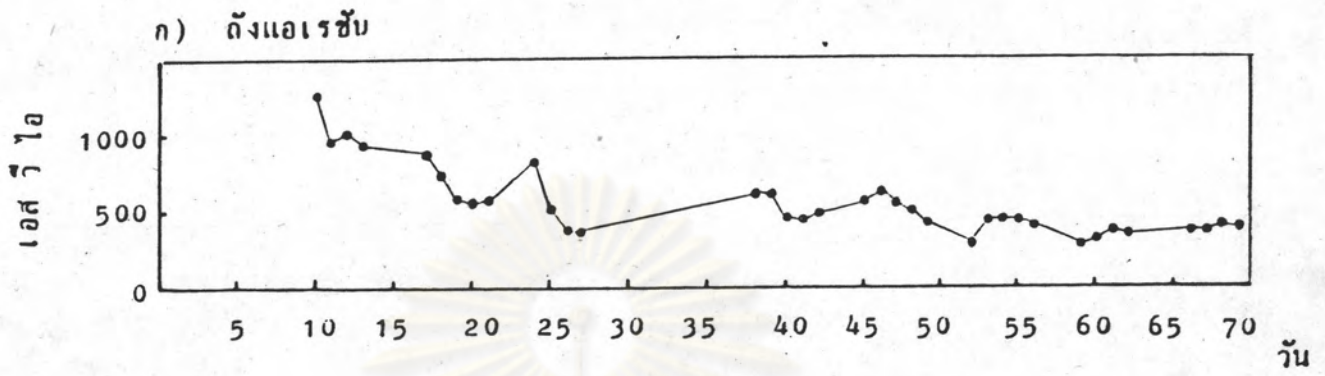
ข) ดึงแอนนอกซิค



รูปที่ 4.9 แสดงค่า แอส วิ ไอ ของการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.10 แสดงค่า เอส วี ไอ ของการทดลองที่ 2



รูปที่ 4.11 แสดงค่า เอส วี ไอ ของการทดลองที่ 3

ต่อไปก็ แผ่นใยสังเคราะห์ทำงานได้โดยจะอุดตันเป็นครั้งคราว และมีการทำความสะอาดเฉลี่ย 2 - 3 สัปดาห์ ต่อ ครั้ง น้ำทิ้งจากระบบมีลักษณะใสมาก ปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าต่ำและส่วนใหญ่ไม่สามารถทำการวัดค่าได้

อนึ่ง การเปลี่ยนตำแหน่งของการเวียนตะกอนจุลชีพ จากดังตกตะกอนเป็นจากถังแอนนอคซิคนั้น จะไม่ทำให้ผลการทดลองเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมแต่อย่างใด ทั้งนี้เพราะในช่วงที่ระบบเกิดปัญหาโรคมจมไม่ลงของสลักคั้นั้น ตะกอนจุลชีพในดังตกตะกอนไม่สามารถตกตะกอนได้ และปริมาณของตะกอนจุลชีพแขวนลอยในดังตกตะกอน จะประมาณเท่ากับในถังแอนนอคซิค ดังนั้น ไม่ว่าจะทำการเวียนตะกอนจุลชีพจากดังตกตะกอน หรือจากถังแอนนอคซิค ผลที่ได้จึงไม่แตกต่างกัน

4.3.5 ปริมาณจุลชีพแขวนลอย

ปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยในถังแอเรชั่น และถังแอนนอคซิคของแต่ละการทดลอง ได้แสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.12 - 4.14 โดยมีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัว ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 ดังนี้

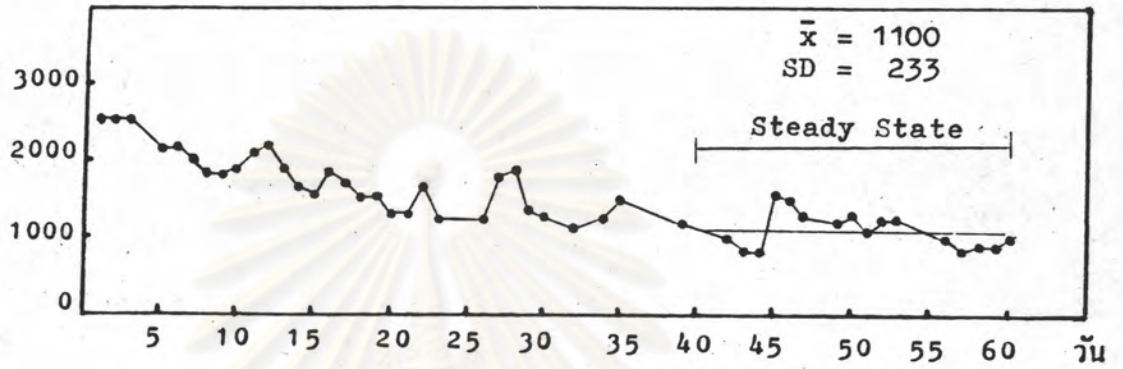
ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยที่สภาวะคงตัว

การทดลองที่	ปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยเฉลี่ย (มก./ล.)	
	ถังแอเรชั่น	ถังแอนนอคซิค
1	1100	1200
2	1488	1560
3	2750*	2364*

* = ปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอย เมื่อทำการทดลองไปได้ประมาณ 40 - 50 วัน

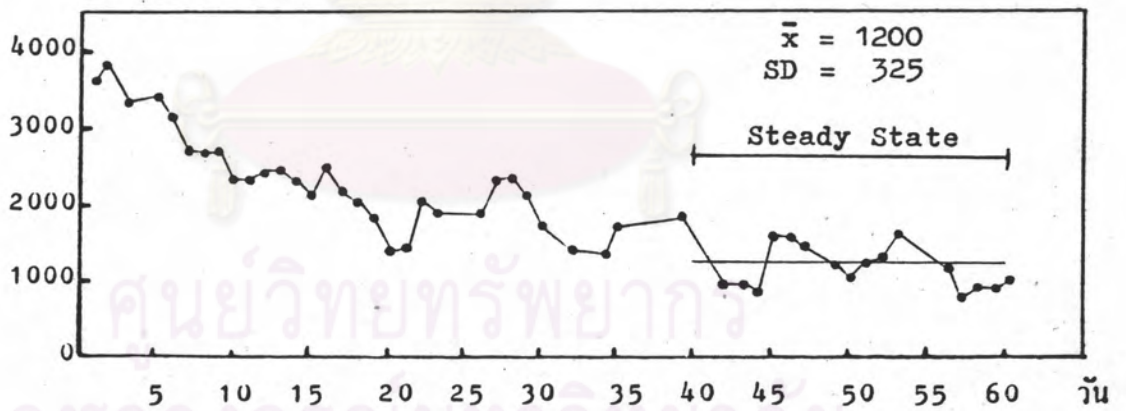
ตะกอนจุลชีพแขวนลอย , มก./ล.

ก) ถังแเอเรชัน

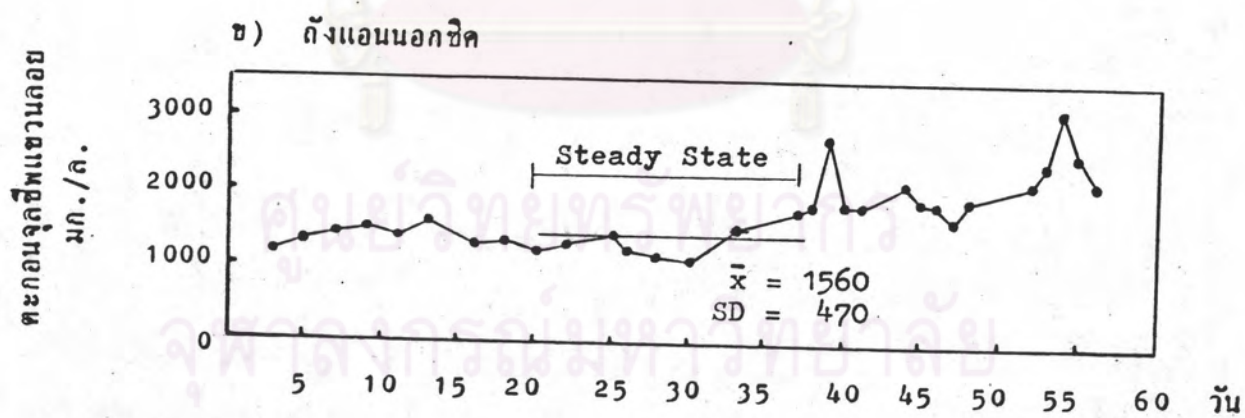
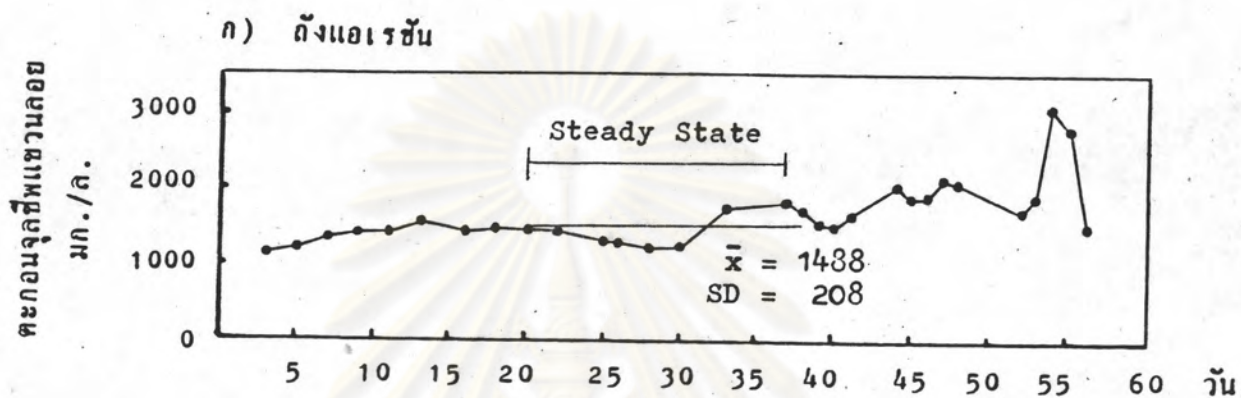


ตะกอนจุลชีพแขวนลอย , มก./ล.

ข) ถังแอนนอคซิก



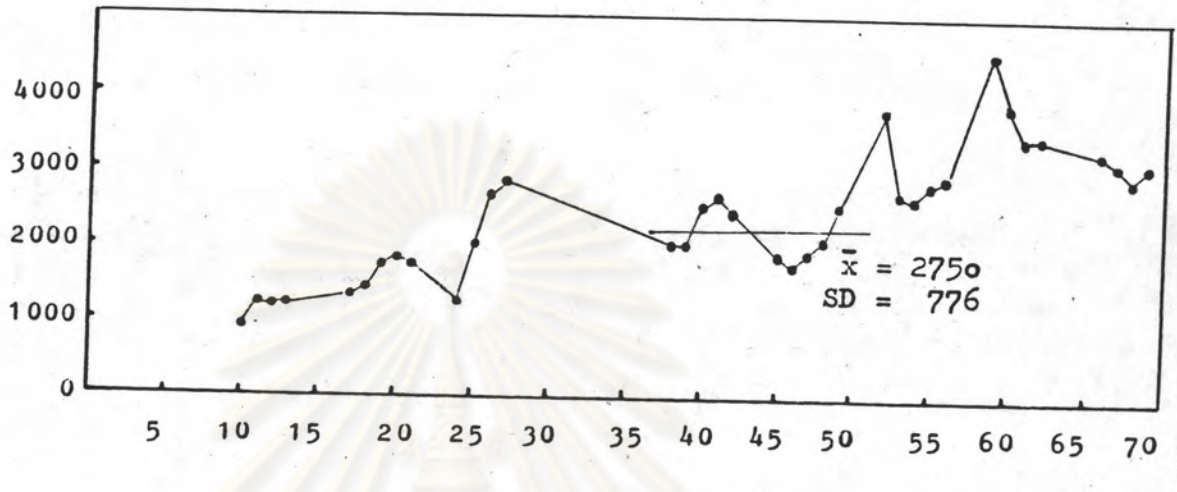
รูปที่ 4.12 แสดงปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยของการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.13 แสดงปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยของการทดลองที่ 2

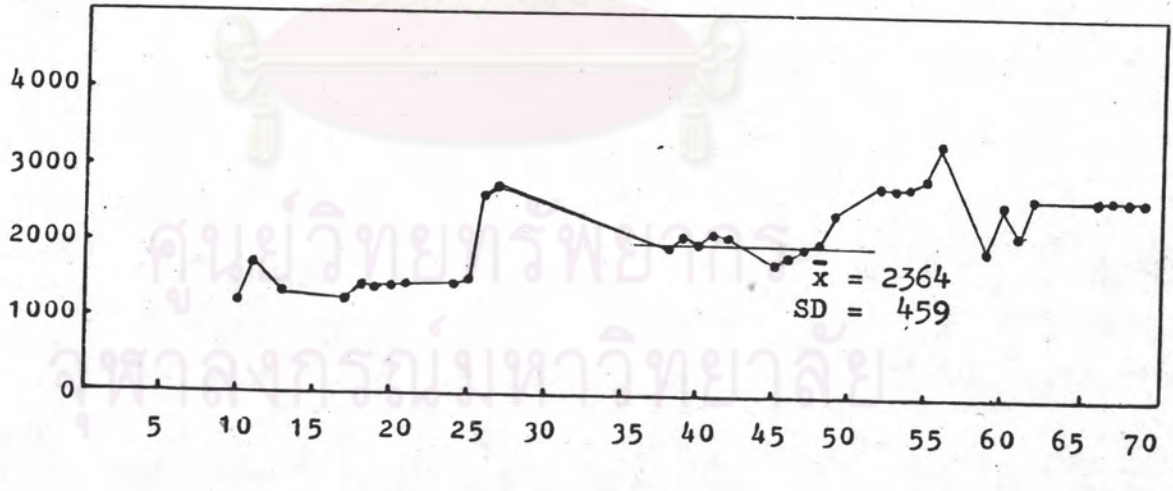
ตะกอนจุลชีพแขวนลอย , มก./ล.

ก) ดึงแอเรชั่น



ตะกอนจุลชีพแขวนลอย , มก./ล.

ข) ดึงแอนนอกรีต



รูปที่ 4.14 แสดงปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยของการทดลองที่ 3

จากผลของการทดลองในแต่ละการทดลอง ปรากฏว่าลักษณะของการเพิ่ม - ลด ปริมาณจุลชีพแขวนลอยในถังแอโรชัน และถังแอนน็อกซิค จะเป็นไปตามแนวทางเดียวกันและมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องมาจาก Mixed Liquor Suspended Solids, MLSS ในถังแอโรชันและถังแอนน็อกซิค มีการไหลวนเวียนกลับ ไป - มา ระหว่างถังปฏิกริยาอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา (single sludge system) นั้นเอง

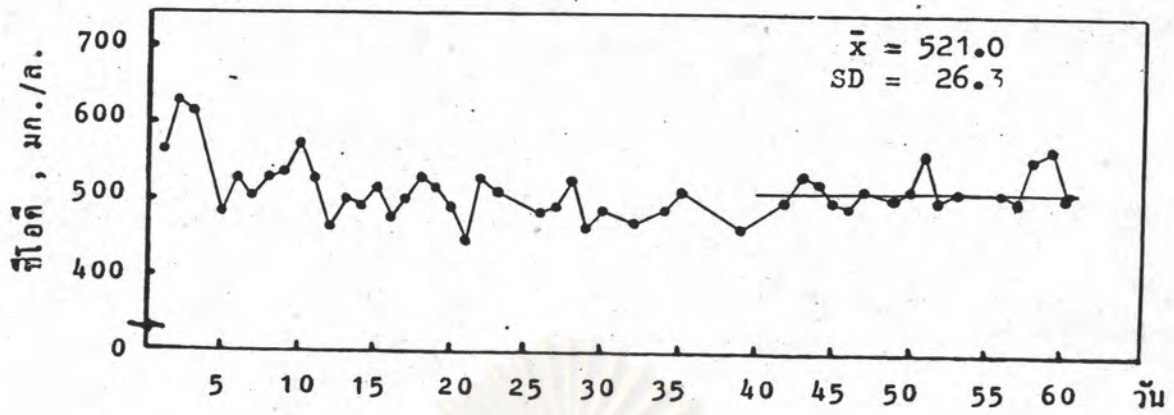
อนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยในถังปฏิกริยาของทั้ง 3 การทดลองแล้ว ปรากฏว่าปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยของการทดลองที่ 3 จะมีปริมาณสูงสุด อันตรรกะรองลงมา คือ ของการทดลองที่ 2 และอันตรรกะสุดท้ายเป็นของการทดลองที่ 1 (โดยที่น้ำเสียสังเคราะห์ของการทดลอง มีค่าความเข้มข้นของซีโอที คงที่ประมาณ 500 มก./ล.) การที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก ในการทดลองที่ 2 และ 3 ปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจน ในน้ำเสียสังเคราะห์ มีค่าสูงเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยในส่วนที่แตกต่างกันในแต่ละการทดลอง จึงอาจเป็นจุลชีพประเภท Autotrophic Nitrifying Bacteria ซึ่งไม่ได้ใช้สารอินทรีย์คาร์บอนเพื่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีพ หรือเป็นจุลชีพประเภทอื่น ที่ใช้สารอินทรีย์คาร์บอนเพียงจำนวนเล็กน้อยเท่านั้นในการดำรงชีพ

อย่างไรก็ตาม มีข้อน่าสังเกตคือ เนื่องจากว่า ค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของจุลชีพประเภท Autotrophic Nitrifying Bacteria นั้น มีค่าต่ำกว่าของจุลชีพประเภท Heterotrophic Nitrifying Bacteria ประมาณ 4 - 5 เท่า แต่ผลที่ได้จากการทดลองที่ 3 นั้น จะเห็นได้ว่า ปริมาณจุลชีพแขวนลอยมีค่าสูงกว่าของการทดลองที่ 1 และที่ 2 ประมาณ 2 - 2.5 เท่า โดยที่ยังคงค่าระดับความเข้มข้นของ ซีโอที ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ประมาณ 500 มก./ล. ดังเดิมอยู่ ซึ่งผลที่ได้ดังกล่าวนี้ ไม่อาจประเมินถึงสาเหตุได้

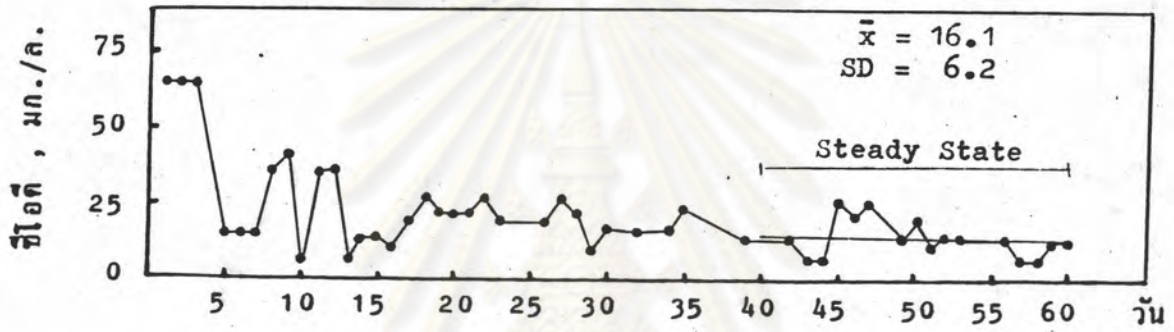
4.3.6 ปริมาณซีโอที และประสิทธิภาพในการกำจัด

ซีโอที เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญตัวหนึ่งซึ่งบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียของระบบ สำหรับในงานวิจัยนี้ น้ำเสียสังเคราะห์จะถูกเตรียมให้มีค่าคงที่ประมาณ 500 มก./ล. ในทุกการทดลอง และผลที่ได้จากการทดลองปรากฏว่า ระดับ ซีโอที ที่เหลือจากการกำจัดของแต่ละการทดลอง ส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในช่วง 10 - 40 มก./ล. (รูปที่ 4.15 - 4.20 ประกอบ) โดยมีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัว และ

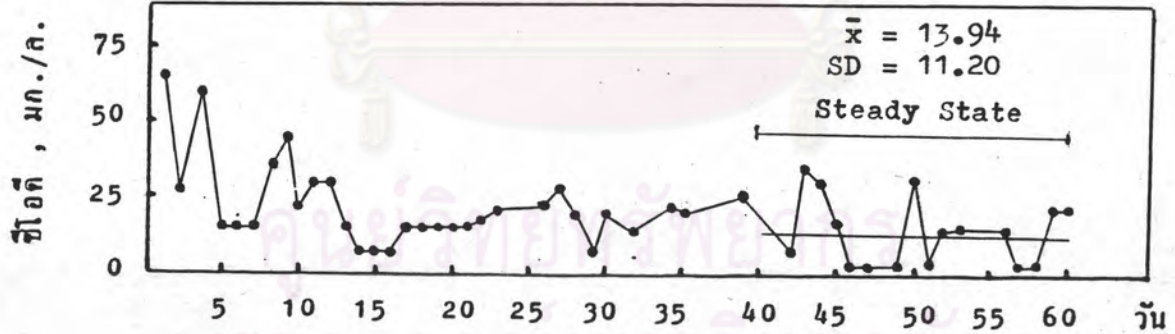
ก) น้ำเสียสังเคราะห์



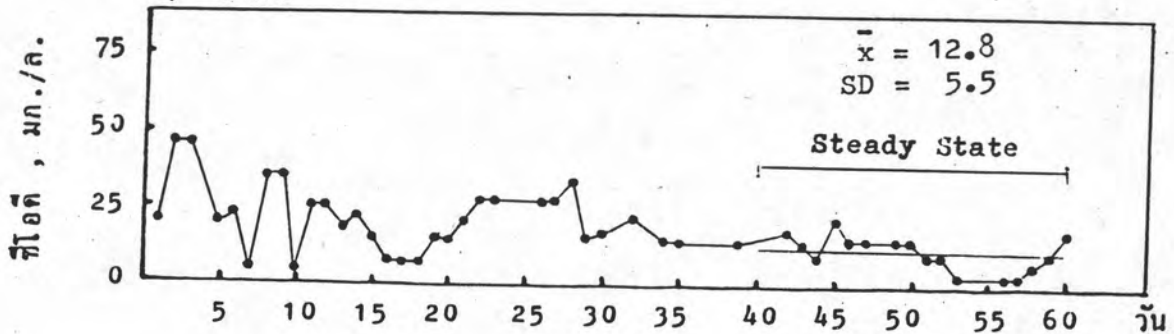
ข) ถังแอโรชั่น



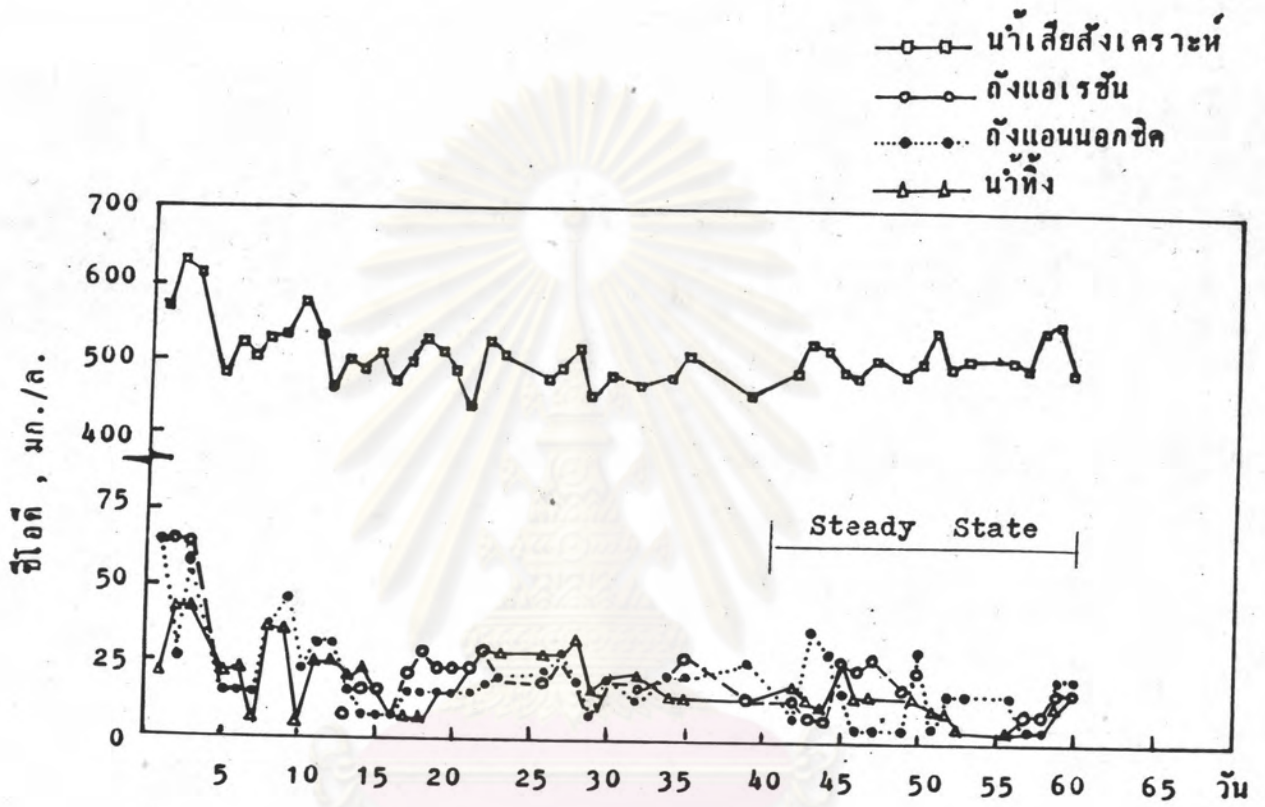
ค) ถังแอนนอกซิค



ง) น้ำทิ้ง



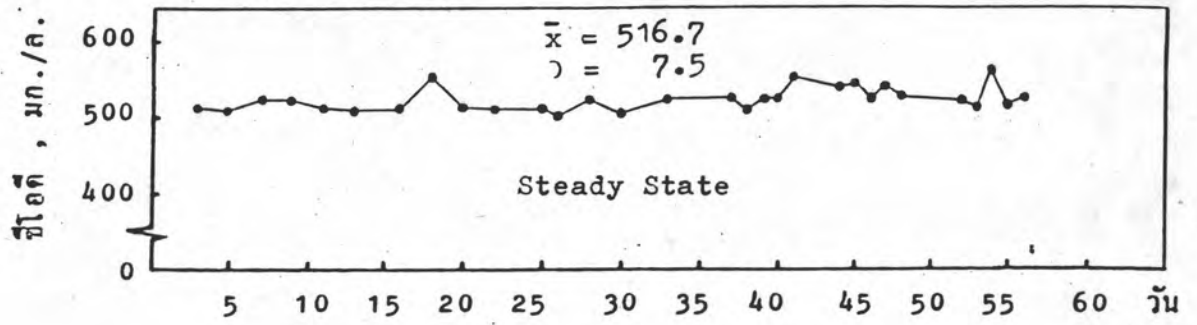
รูปที่ 4.15 แสดงปริมาณซีโอดีของการทดลองที่ 1



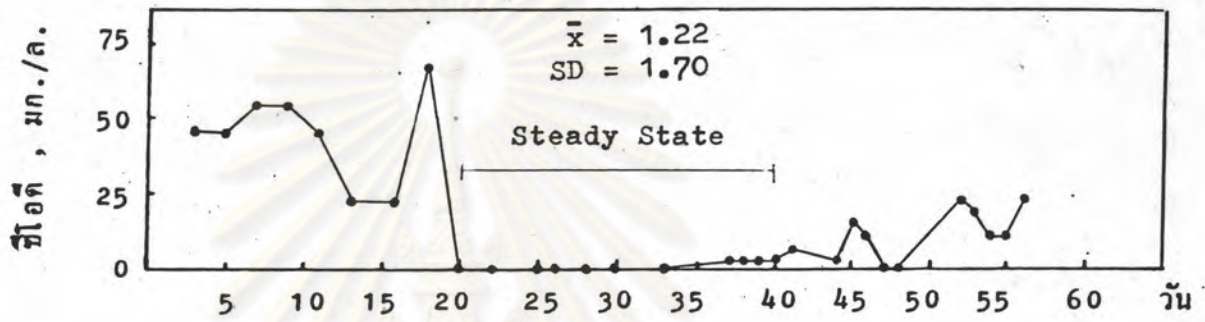
รูปที่ 4.16 แสดงปริมาณซีโอติเปรียบเทียบ ของการทดลองที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

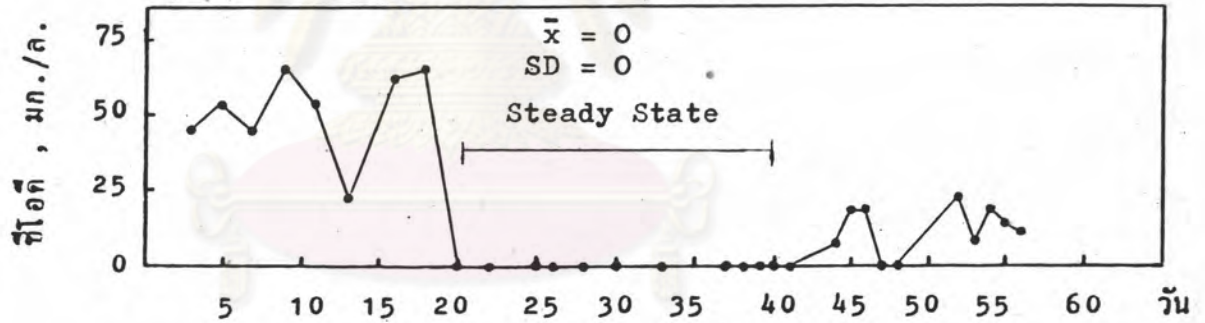
ก) น้ำเสียสังเคราะห์



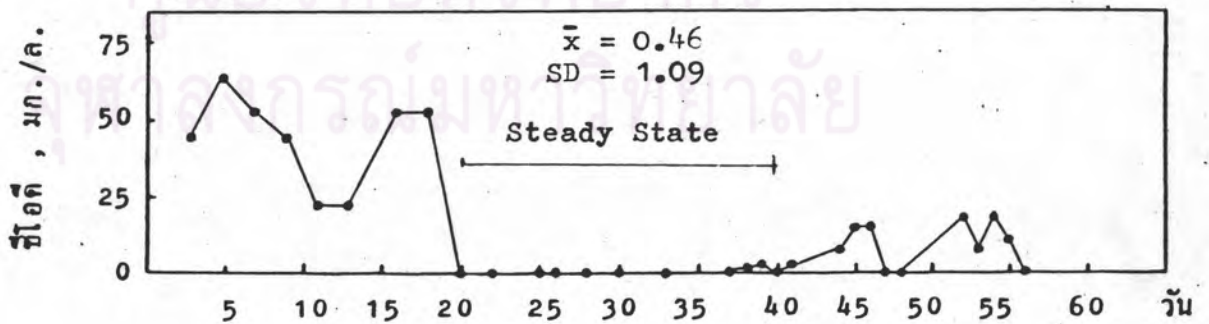
ข) ดึงแอเรน



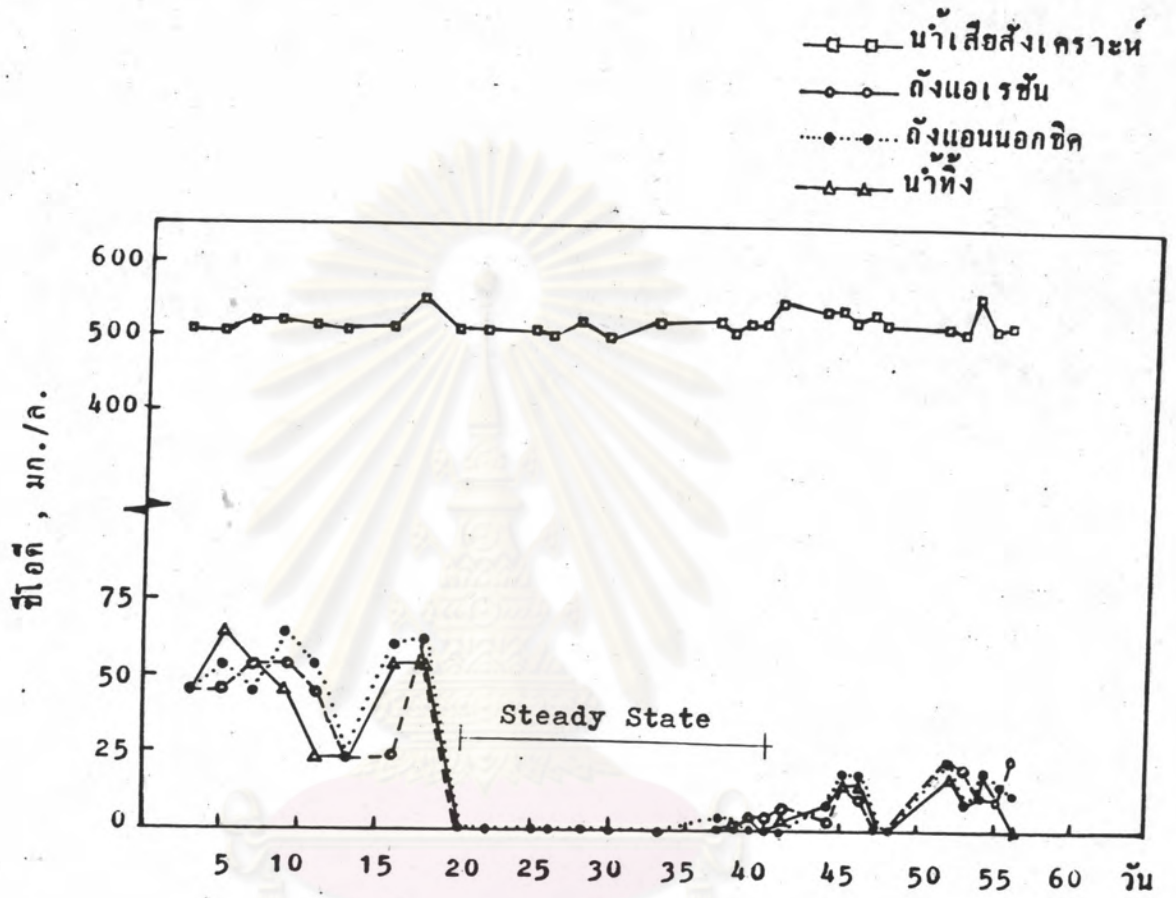
ค) ดึงแอนนอชิต



ง) น้ำทิ้ง

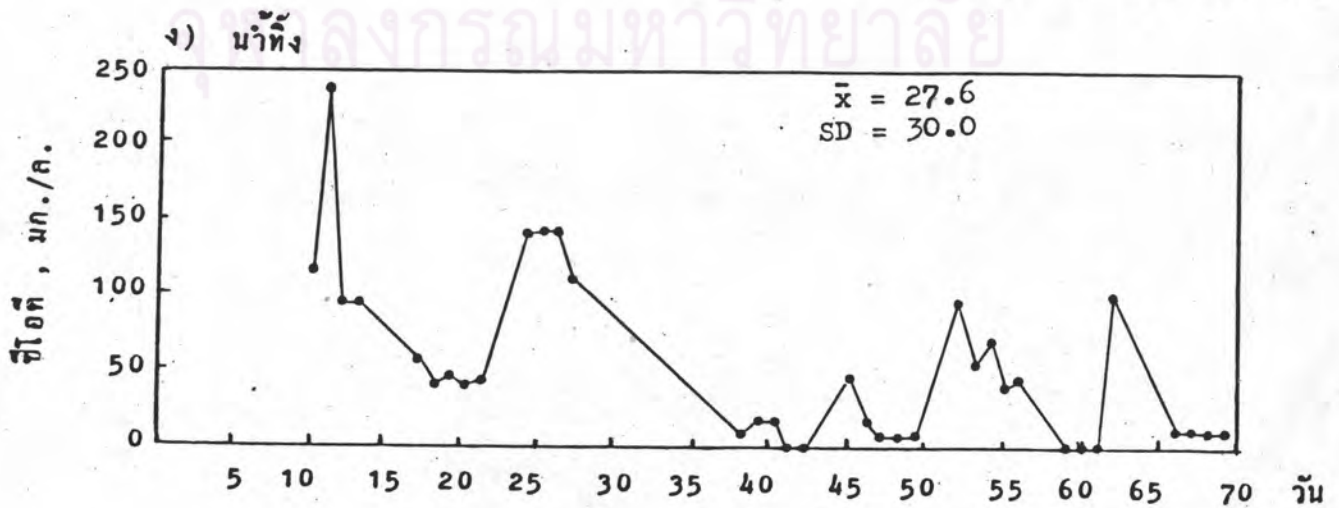
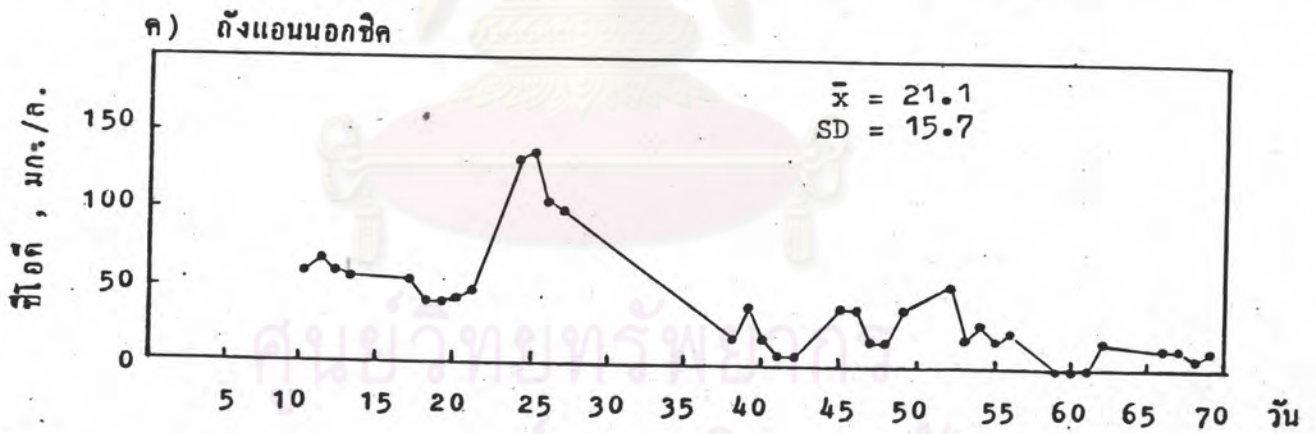
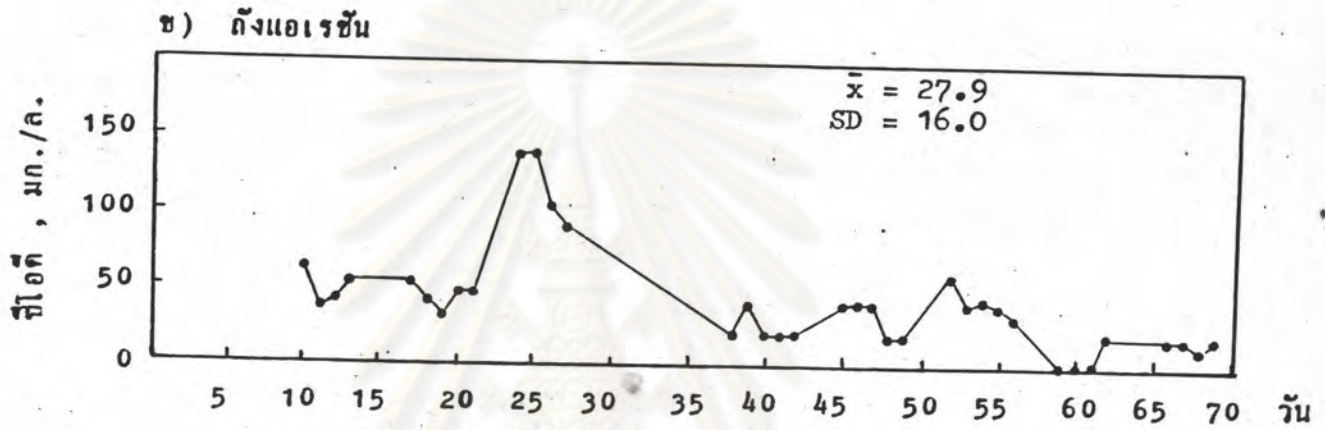
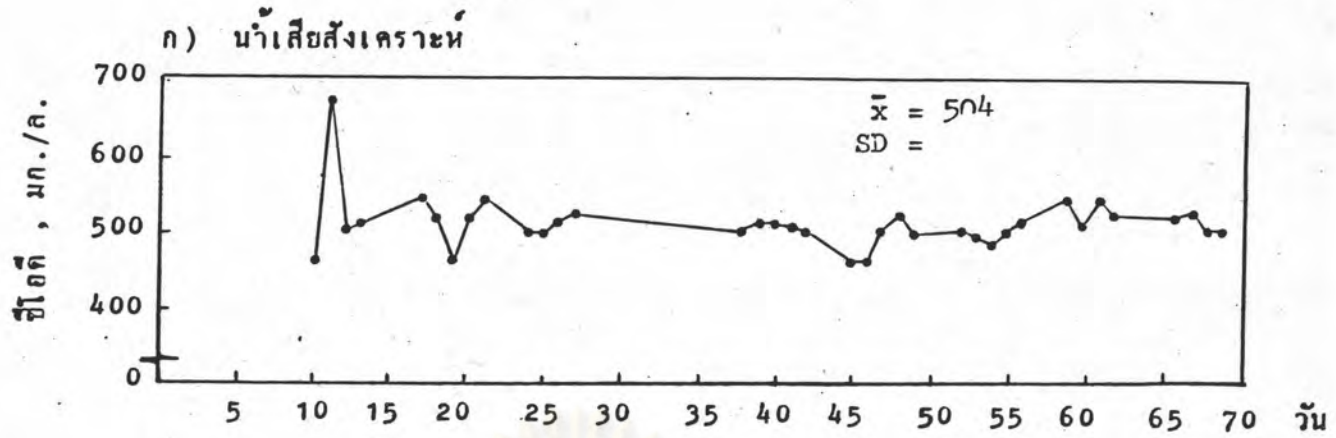


รูปที่ 4.17 แสดงปริมาณซีโอดีของการทดลองที่ 2

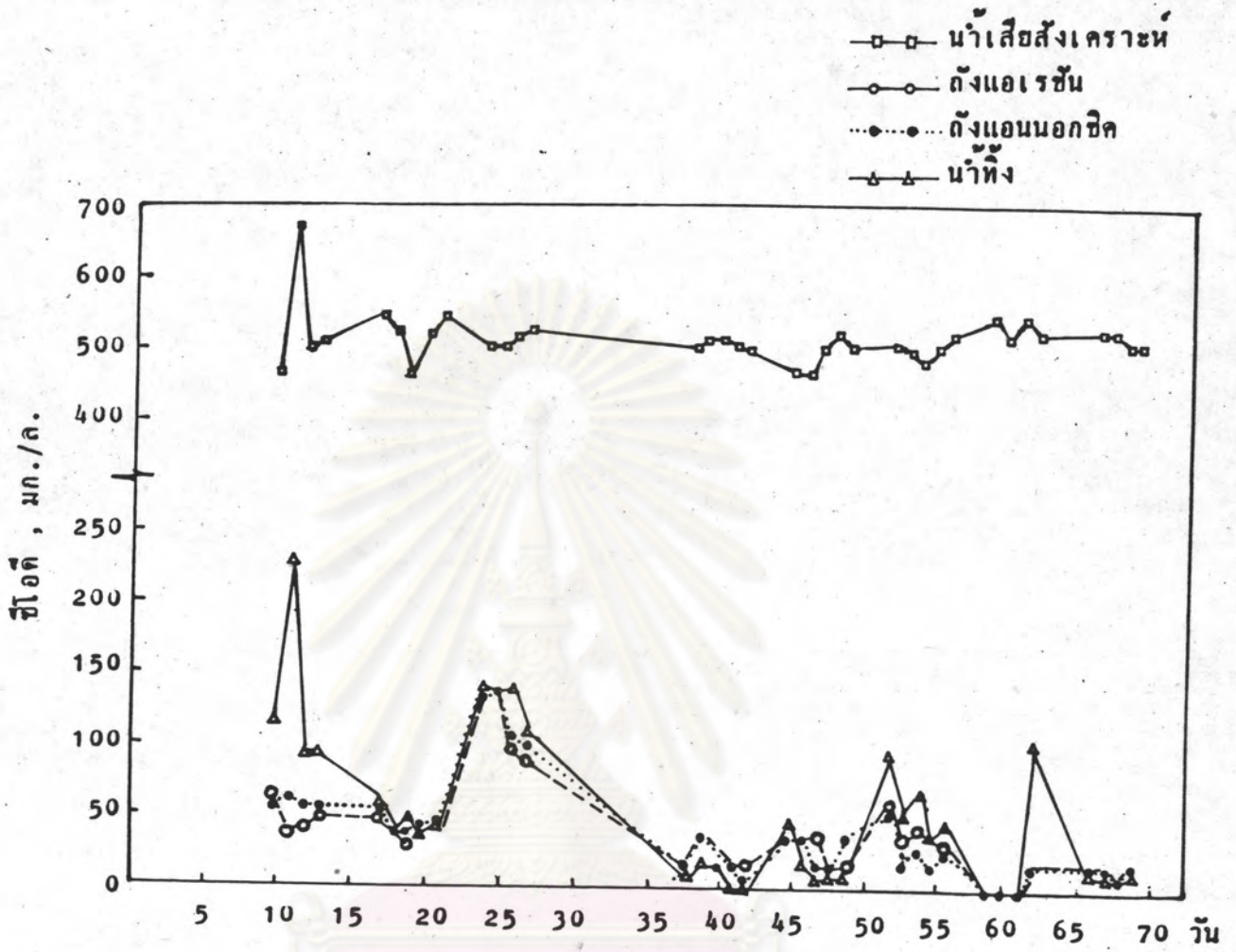


รูปที่ 4.18 แสดงปริมาณชื้อไอ้เปรียบเทียบ ของการทดลองที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.19 แสดงปริมาณแโซดีของการทดลองที่ 3



รูปที่ 4.20 แสดงปริมาณไนเตรตเปรียบเทียบ ของการทดลองที่ 3

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอที ของแต่ละถังปฏิบัติการ ณ สภาวะดังกล่าว ดังแสดงไว้ในตาราง 4.5 ดังนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าซีโอทีเฉลี่ย ณ สภาวะคงตัว และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอที ของถังปฏิบัติการ

การทดลองที่	น้ำเสียสังเคราะห์ มก./ล.	ถังแอรเรชั่น		ถังแอนนอคซิก	
		ซีโอที มก./ล.	%ประสิทธิภาพ ในการกำจัด	ซีโอที มก./ล.	%ประสิทธิภาพ ในการกำจัด
1	521.0	16.10	97.0 %	13.94	13.4 %
2	516.7	1.22	99.8 %	0.00	100.0 %
3	504.0*	27.90*	94.5 %	21.10*	23.0 %

* = ปริมาณความเข้มข้นซีโอทีเฉลี่ย เมื่อทำการทดลองไปได้ประมาณ 40 - 50 วัน

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า การกำจัด ซีโอที ในน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นภายในถังแอรเรชั่นและมีประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอที ได้ประมาณ 94 - 99 % (อันเป็นเหตุให้ปริมาณ ซีโอที เหลือเข้าสู่ถังแอนนอคซิกมีค่าน้อยมาก) การที่ถังแอรเรชั่นมีความสามารถในการกำจัด ซีโอที ได้สูงเช่นนี้ ก็เนื่องมาจากระบบมีค่าระกบของ SRT สูงพอ

4.3.7 สารประกอบไนโตรเจนและประสิทธิภาพในการกำจัด

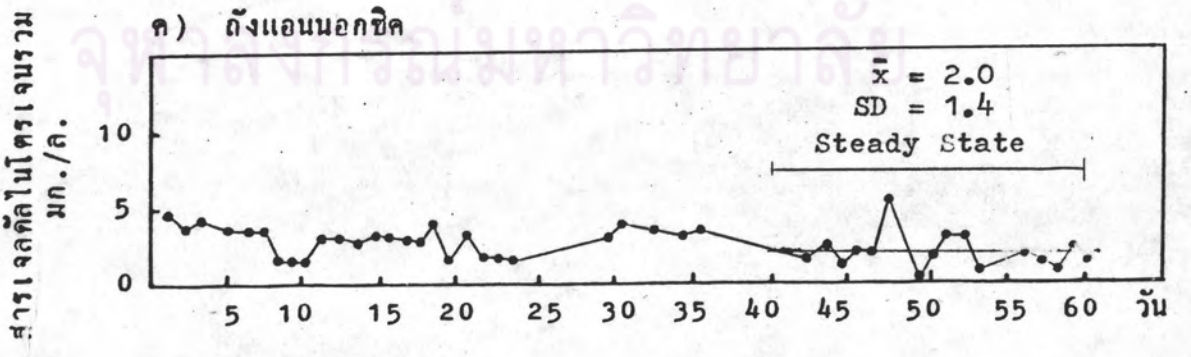
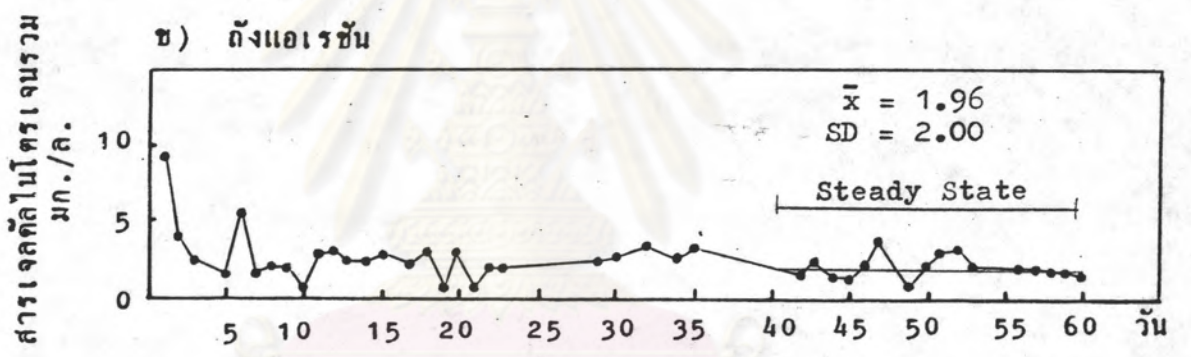
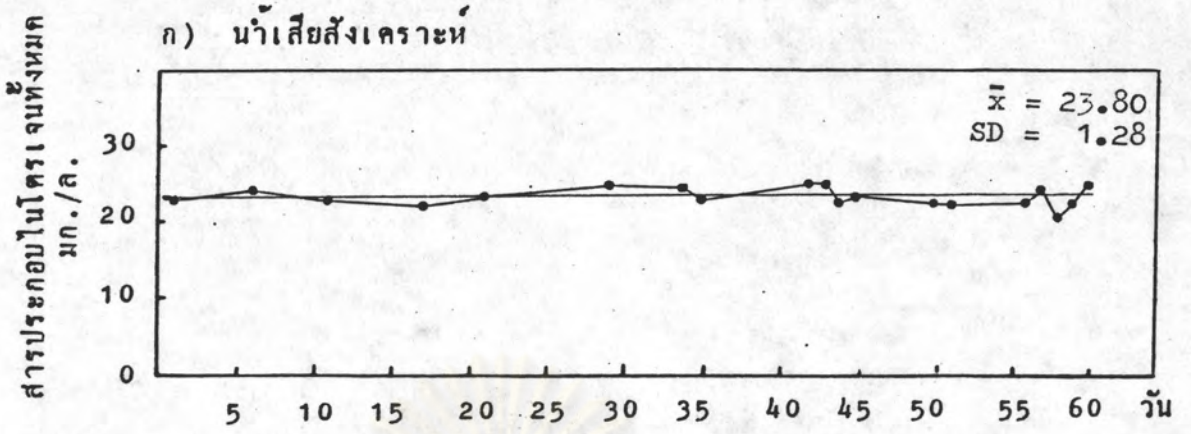
สารประกอบไนโตรเจน เป็นพารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งที่สามารถชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์แบบคิโนครีฟิเคชันเกิดขึ้นทันทีหลัง ในการทดลองนี้ ปริมาณสารประกอบไนโตรเจน ที่มีอยู่ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ จะอยู่ในรูปของสารเจลดักไนโตรเจนรวม



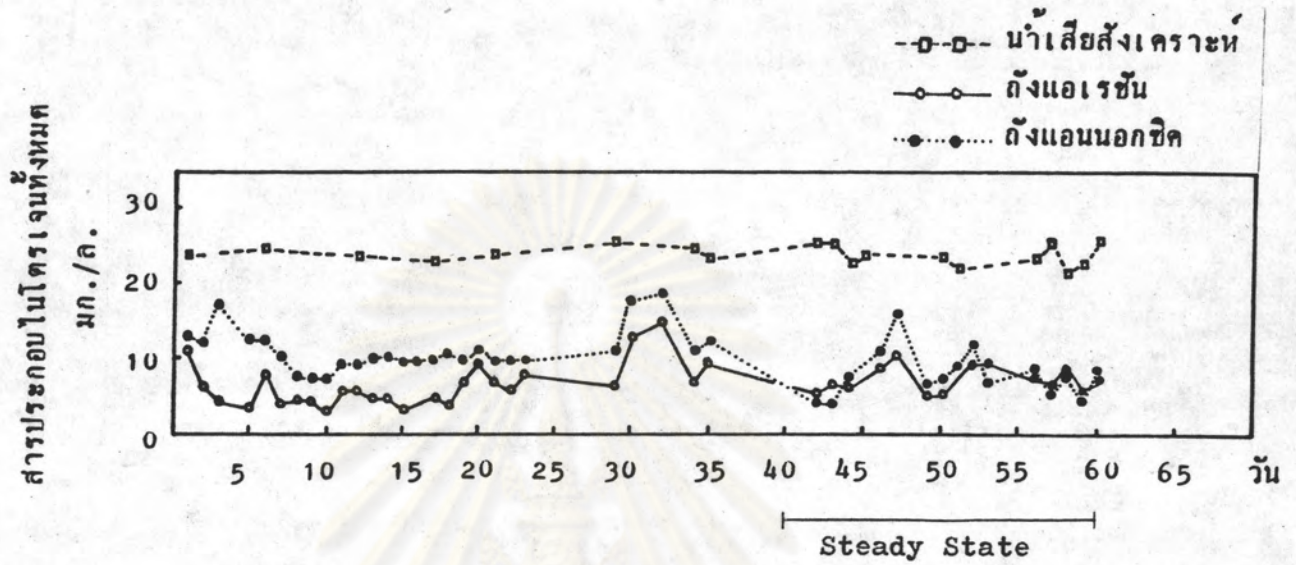
ในการทดลองที่ 1 นำเสียสังเคราะห์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีปริมาณความเข้มข้นของสารเจลดัชนีไนโตรเจนรวมเฉลี่ยเท่ากับ 23.8 มก./ล. และผลที่ได้จากการทดลอง ปรากฏว่าในถังแอเรชันและถังแอนน็อกซิค มีสารประกอบไนโตรเจนรูปต่างๆ คือ สารเจลดัชนีไนโตรเจนรวมซึ่งเป็นผลรวมของ สารประกอบแอมโมเนีย - ไนโตรเจน และ สารประกอบอินทรีย์ - ไนโตรเจน , สารประกอบไนไตรต์ - ไนโตรเจน และสารประกอบไนเตรต - ไนโตรเจน (กรู๊ปที่ 4.21 - 4.27 ประกอบ) โดยมีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัว ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.6 ดังนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในรูปต่างๆ ณ สภาวะคงตัวของการทดลองที่ 1 (หน่วย : มิลลิกรัม ไนโตรเจน/ลิตร)

ชนิดของสารไนโตรเจน	นำเสียสังเคราะห์	ถังแอเรชัน	ถังแอนน็อกซิค
1. สารเจลดัชนีไนโตรเจนรวม	23.8	1.96	2.00
1.1 สารประกอบแอมโมเนีย-ไนโตรเจน		0.16	0.10
1.2 สารประกอบอินทรีย์ - ไนโตรเจน		1.80	1.90
2. สารประกอบไนไตรต์ และ สารประกอบไนเตรต		5.34	6.15
2.1 สารประกอบไนไตรต์		0.60	1.15
2.2 สารประกอบไนเตรต		4.74	5.00

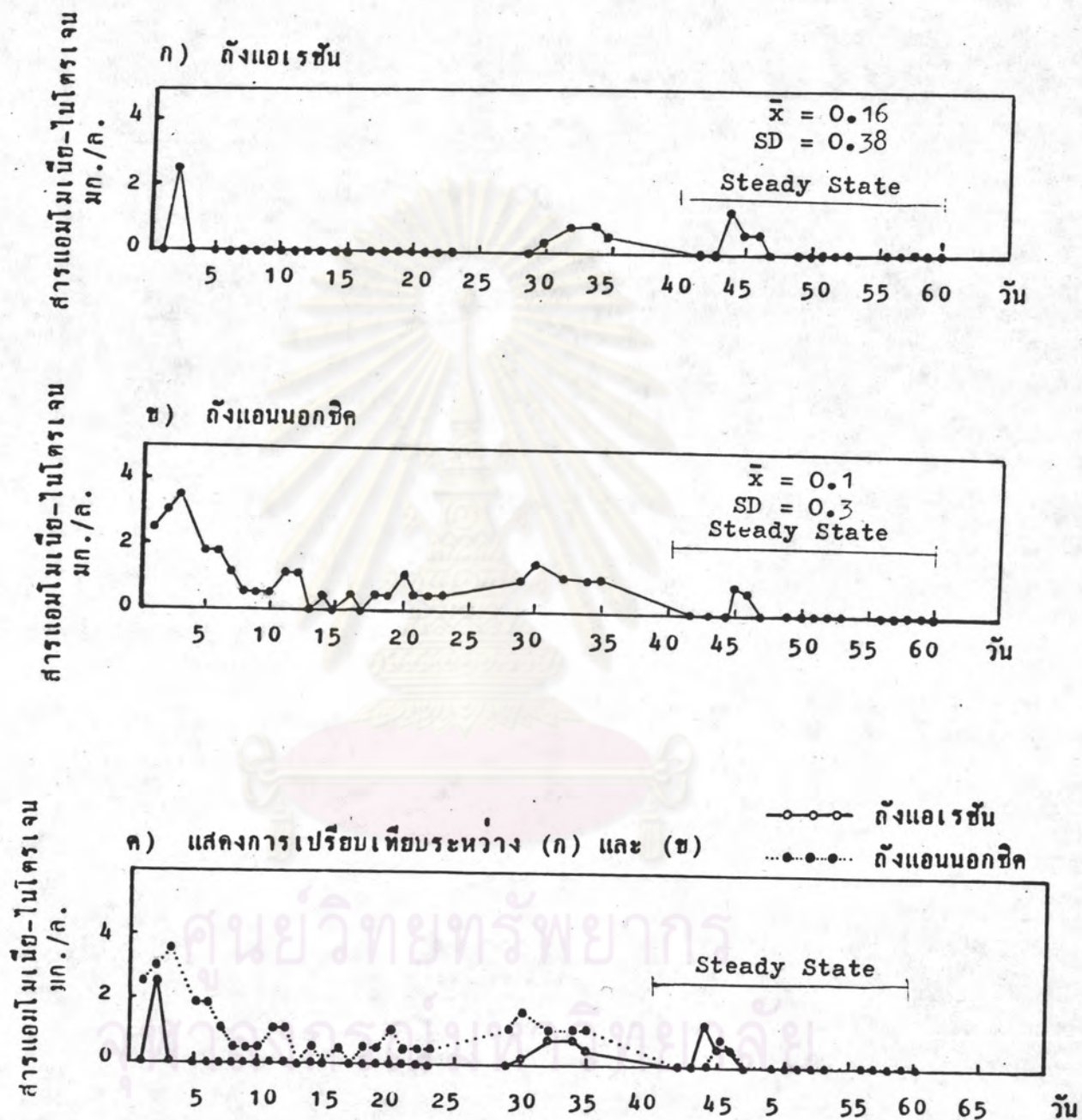


รูปที่ 4.21 แสดงปริมาณสารเจลดักไนโตรเจนรวมของการทดลองที่ 1

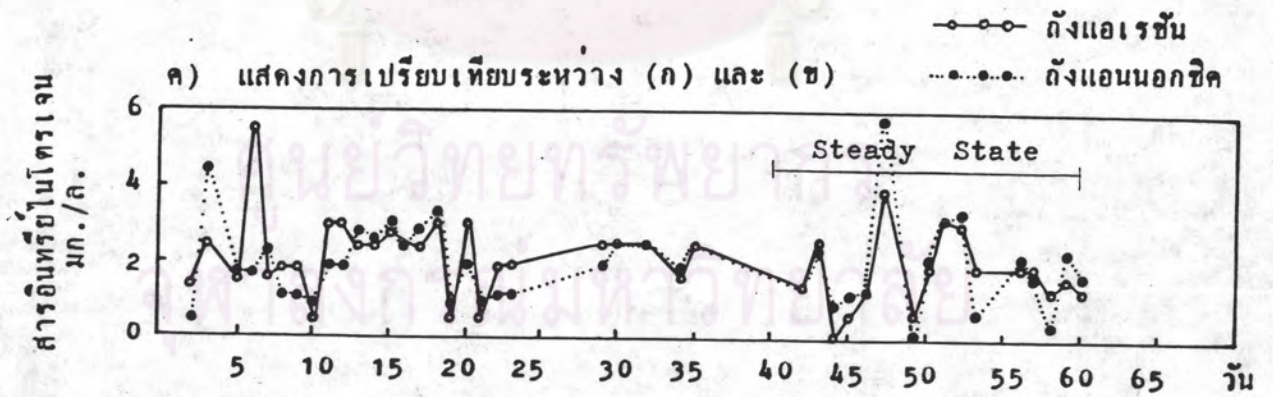
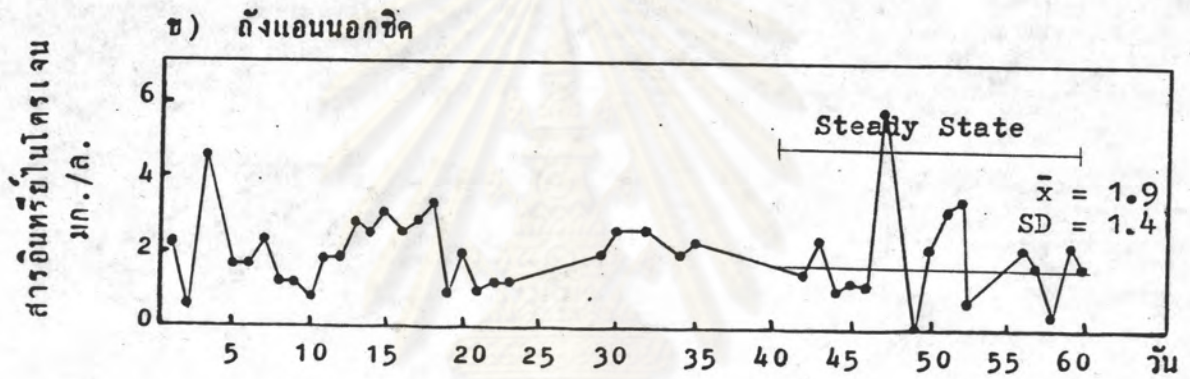
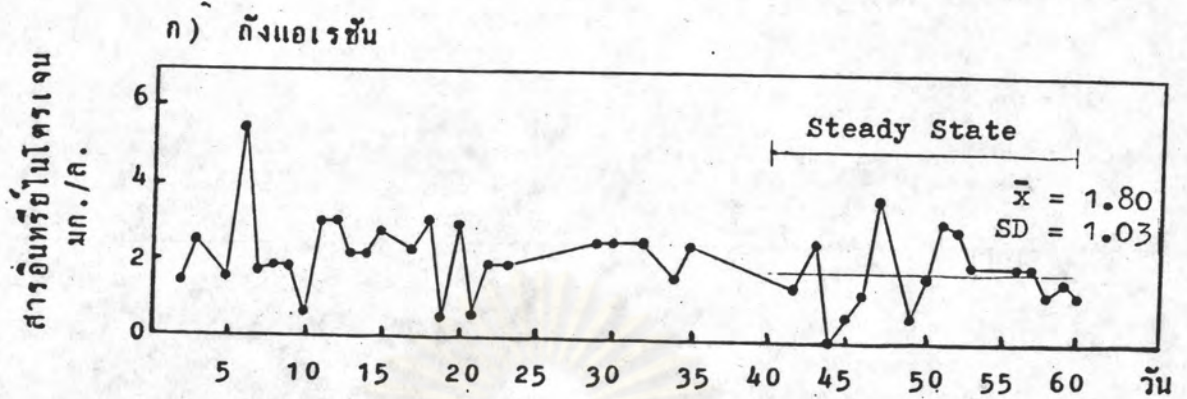


รูปที่ 4.22 แสดงปริมาณสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด เปรียบเทียบของการทดลองที่ 1

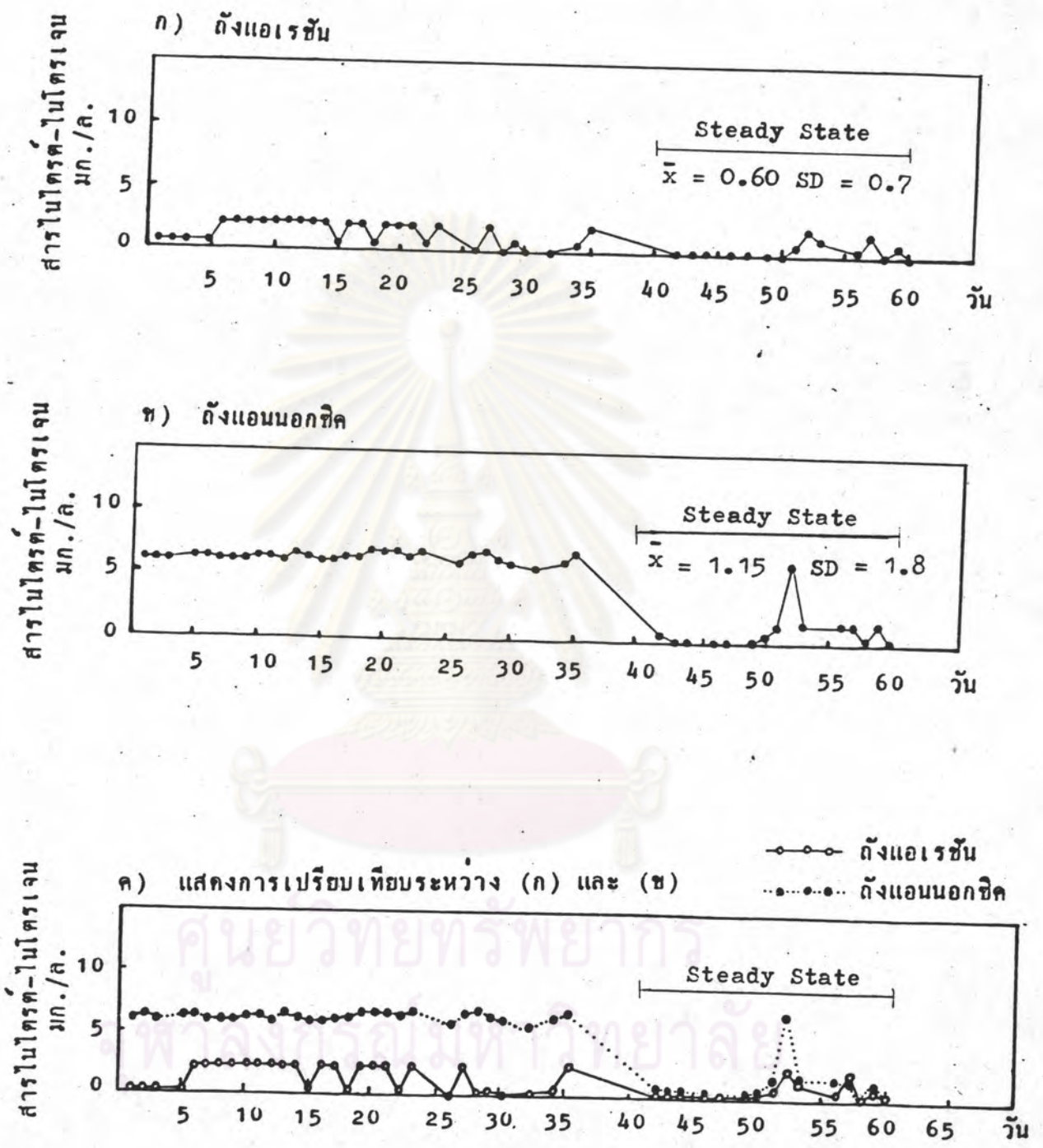
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



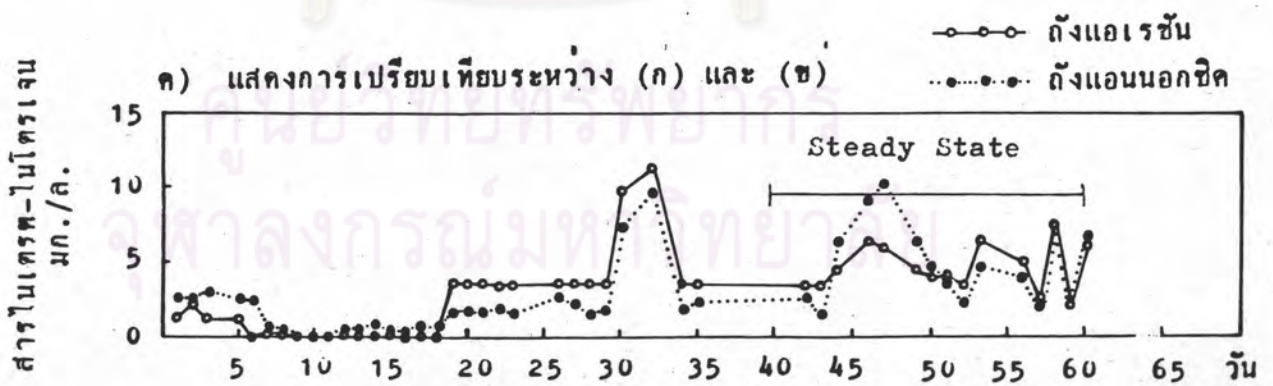
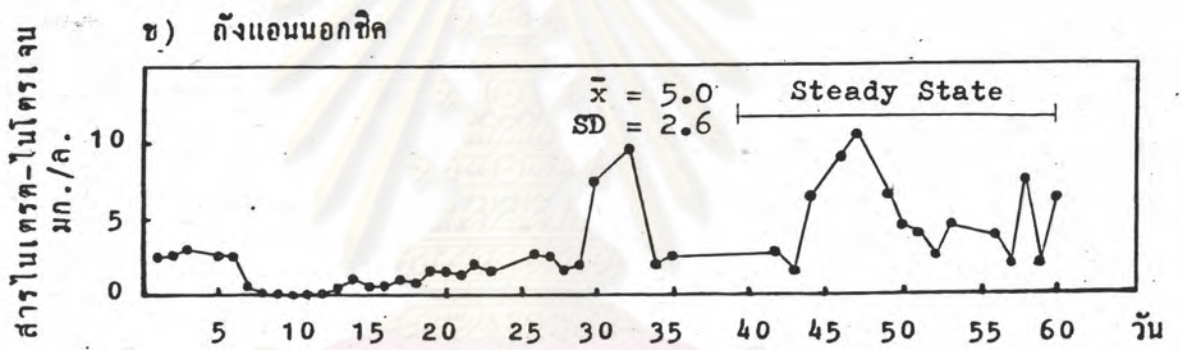
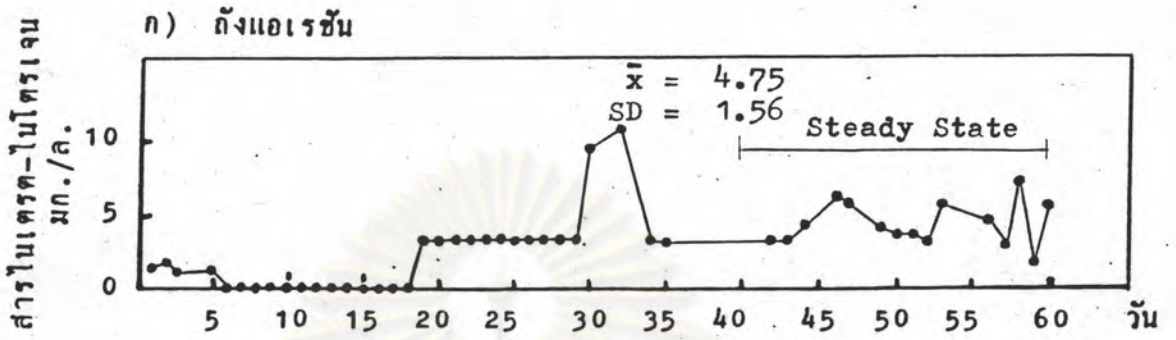
รูปที่ 4.23 แสดงปริมาณสารประกอบแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 1



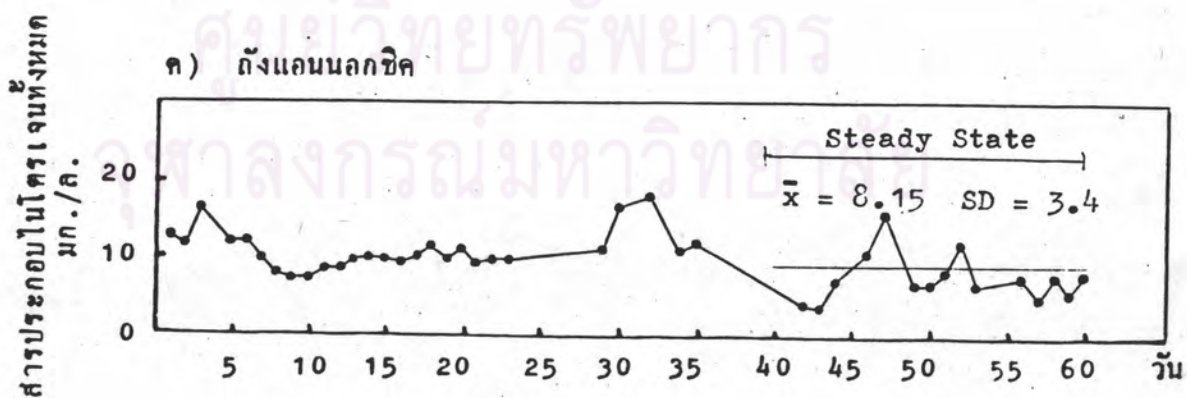
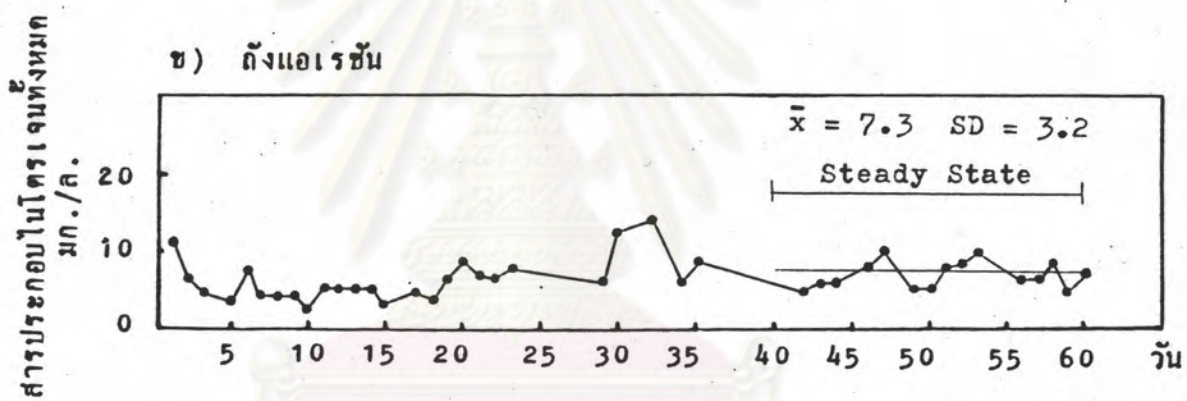
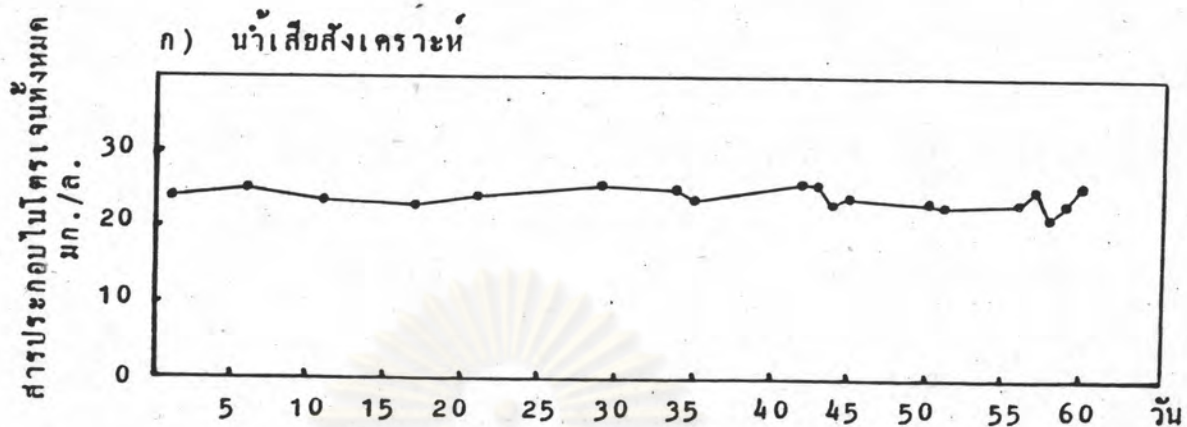
รูปที่ 4.24 แสดงปริมาณสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.25 แสดงปริมาณสารประกอบไนโตรเจน-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 1



รูปที่ 2.26 แสดงปริมาณสารประกอบไนเตรต-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.27 แสดงปริมาณสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมดของการทดลองที่ 1

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า น้ำเสียสังเคราะห์ที่ป้อนเข้าสู่
ถังแอเรชัน ซึ่งจะมีปฏิริยาแอมโมนิออกซิเคชันเกิดขึ้นนั้น สารเจลดิลไนโตรเจนรวม
ในน้ำเสีย ส่วนหนึ่งจะถูกจุลชีพนำไปใช้เพื่อการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต ซึ่งในการ
ทดลองนี้ อาจประมาณได้ว่า :

เนื่องจาก
$$N_h = \frac{0.105 Y_g}{1 + b \theta_c}$$

โดยที่ N_h = ปริมาณสารเจลดิลไนโตรเจนรวม ที่ใช้ในการเจริญเติบโตและการ
ดำรงชีพของจุลชีพประเภทเฮเทอโรโทรฟ , มก./ล.

Y_g = ค่าyieldของจุลชีพประเภทเฮเทอโรโทรฟ
= 0.5 มก. จุลชีพ / มก. ซีโอดี ที่ถูกกำจัด

b = สปส. ของการสลายตัวของจุลชีพประเภทเฮเทอโรโทรฟ
= 0.0035 ชม.⁻¹

θ_c = เวลาในการกักตะกอนจุลชีพ
= 20 วัน
= 480 ชม.

ดังนั้น
$$N_h = \frac{(0.105)(0.5)}{1 + (0.0035)(480)}$$

= 0.02 มก. ของสารแอมโมเนีย / มก. ซีโอดีที่ถูกกำจัด

และเนื่องจากว่าในการทดลองที่ 1 นี้ ปริมาณ ซีโอดี ที่ถูกกำจัดไปในถังแอเรชัน
เท่ากับ $521.0 - 16.1 = 504.9$ มก./ล. ดังนั้นปริมาณสารเจลดิลไนโตรเจนรวม
ที่จุลชีพประเภทเฮเทอโรโทรฟ ต้องการ :

= 0.02×504.9

= 10.1 มก./ล.

และจากผลการทดลองปรากฏว่ามี TKN เหลืออยู่ในดั่งแอเรนซ์ เท่ากับ 1.96 มก./ล.
(คูตารางที่ 4.6 ประกอบ)

นั่นคือ ปริมาณสารเจลดักไนโตรเจนรวม ที่จุลชีพประเภทออโตโทรฟใช้ไปในปฏิกิริยา
ไนตริฟิเคชัน

$$= 23.8 - 10.1 - 1.96$$

$$= 11.74 \text{ มก./ล.}$$

หรือระดับของการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ในดั่งแอเรนซ์ มีค่า

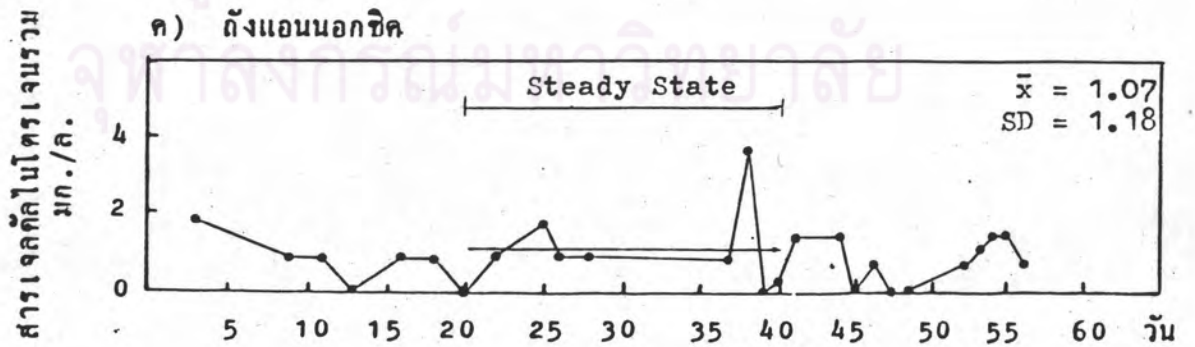
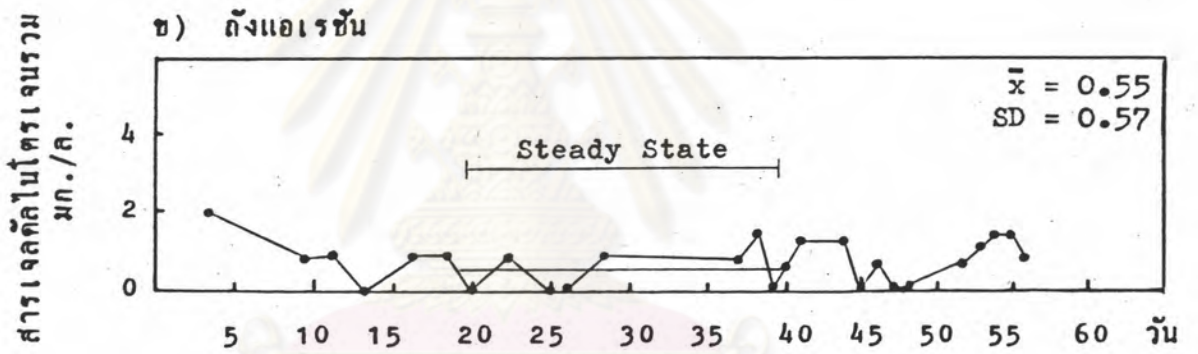
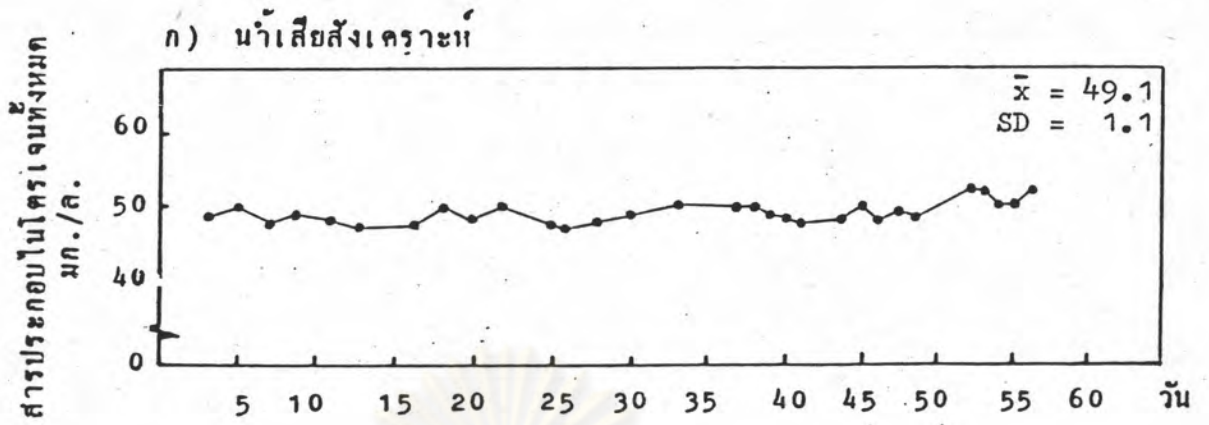
$$= \frac{11.74 \times 100}{(23.8 - 10.1)} \%$$

$$= 85.7 \%$$

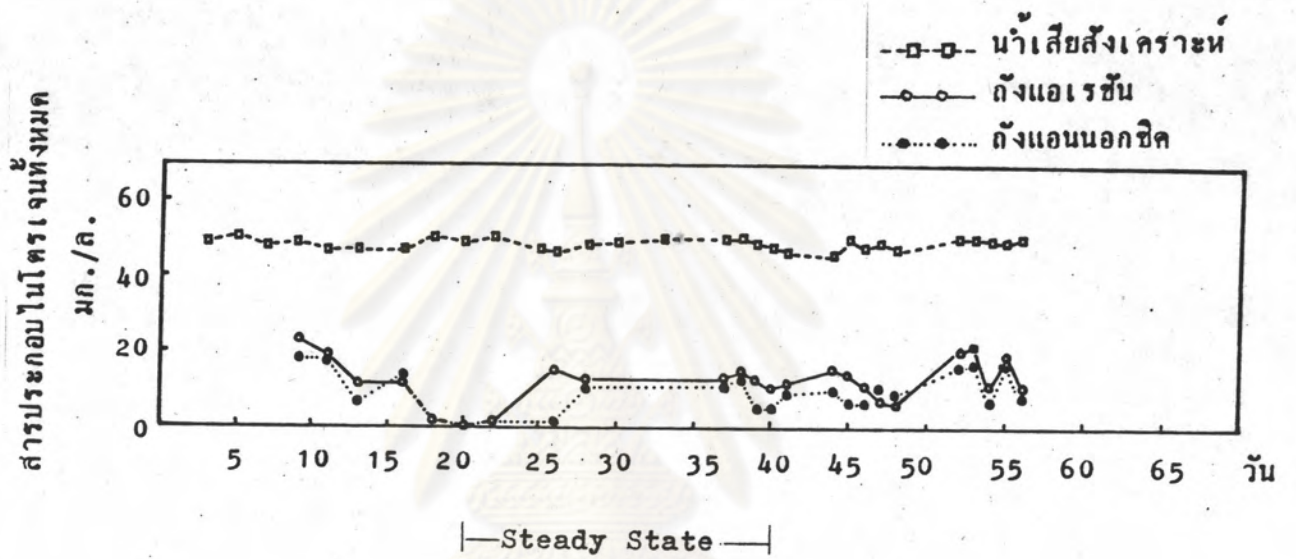
และเนื่องจากว่าในดั่งแอเรนซ์ ปรากฏว่ามีสารประกอบไนโตรคและสารประกอบไนเตรต
รวมกันอยู่ประมาณ 5.34 มก./ล. (คูตารางที่ 4.6 ประกอบ) ดังนั้นจึงอาจ
ประเมินได้ว่าปริมาณสารเจลดักไนโตรเจนรวม ส่วนที่จุลชีพประเภทออโตโทรฟใช้ไปใน
การสร้างเซลล์ และใช้ในการดำรงชีพ ประมาณ $11.74 - 5.34 = 6.4$ มก./ล.

สำหรับดั่งแอนนอซิค จะเห็นได้ว่า ณ สภาวะคงตัว จะมีปริมาณของ
สารเจลดักไนโตรเจนรวม เหลือค้างอยู่ในดั่งประมาณ 2.0 มก./ล. สารประกอบ
ไนโตรค - ไนโตรเจน ประมาณ 1.15 มก./ล. และสารประกอบไนเตรค -
ไนโตรเจน 5.0 มก./ล. ซึ่งค่าเหล่านี้มีค่าที่ใกล้เคียงกับของดั่งแอเรนซ์ (คูตาราง
ที่ 4.6 ประกอบ) และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณ ซีโอดี ที่เข้าสู่ดั่งแอนนอซิคแล้ว
ปรากฏว่ามีค่าน้อย กล่าวคือมีค่าประมาณ 16 มก./ล. เท่านั้น (คูตารางที่ 4.5
ประกอบ) ดังนั้น จึงอาจประเมินได้ว่าอัตราของการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน ในดั่ง
แอนนอซิคมีค่าต่ำ

ในการทดลองที่ 2 นำเสี้ยวกระเพาะที่ป้อนเข้าสู่ระบบมีความเข้มข้น
ของสารเจลดักไนโตรเจนรวม เฉลี่ยเท่ากับ 49.1 มก./ล. และผลจากการทดลอง
ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.28 - 4.34 โดยมีค่าเฉลี่ยที่สภาวะคงตัวดังตารางที่ 4.7 ดังนี้

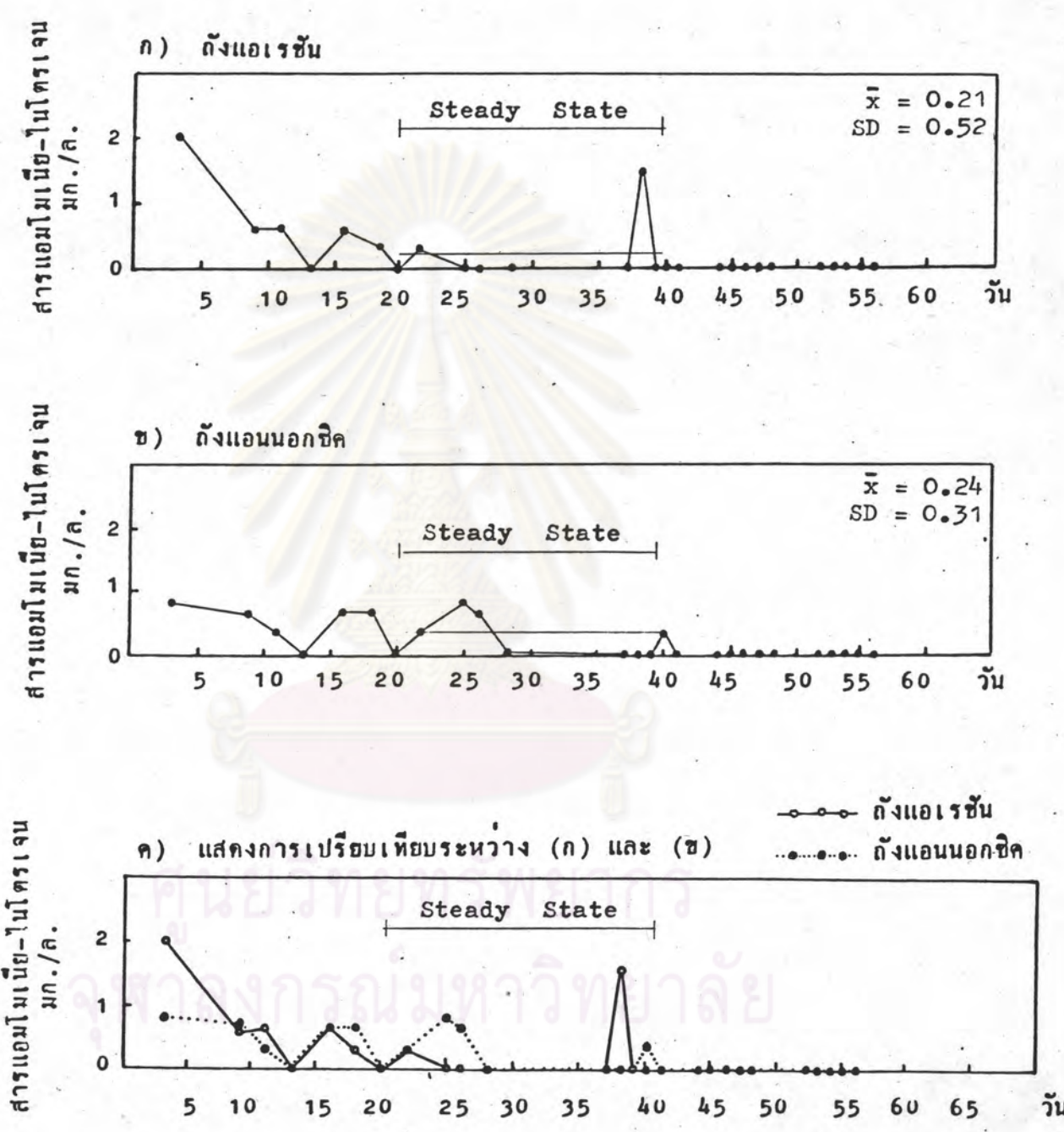


รูปที่ 4.28 แสดงปริมาณสารเจลกัลไลโนตรึงรวมของการทดลองที่ 2

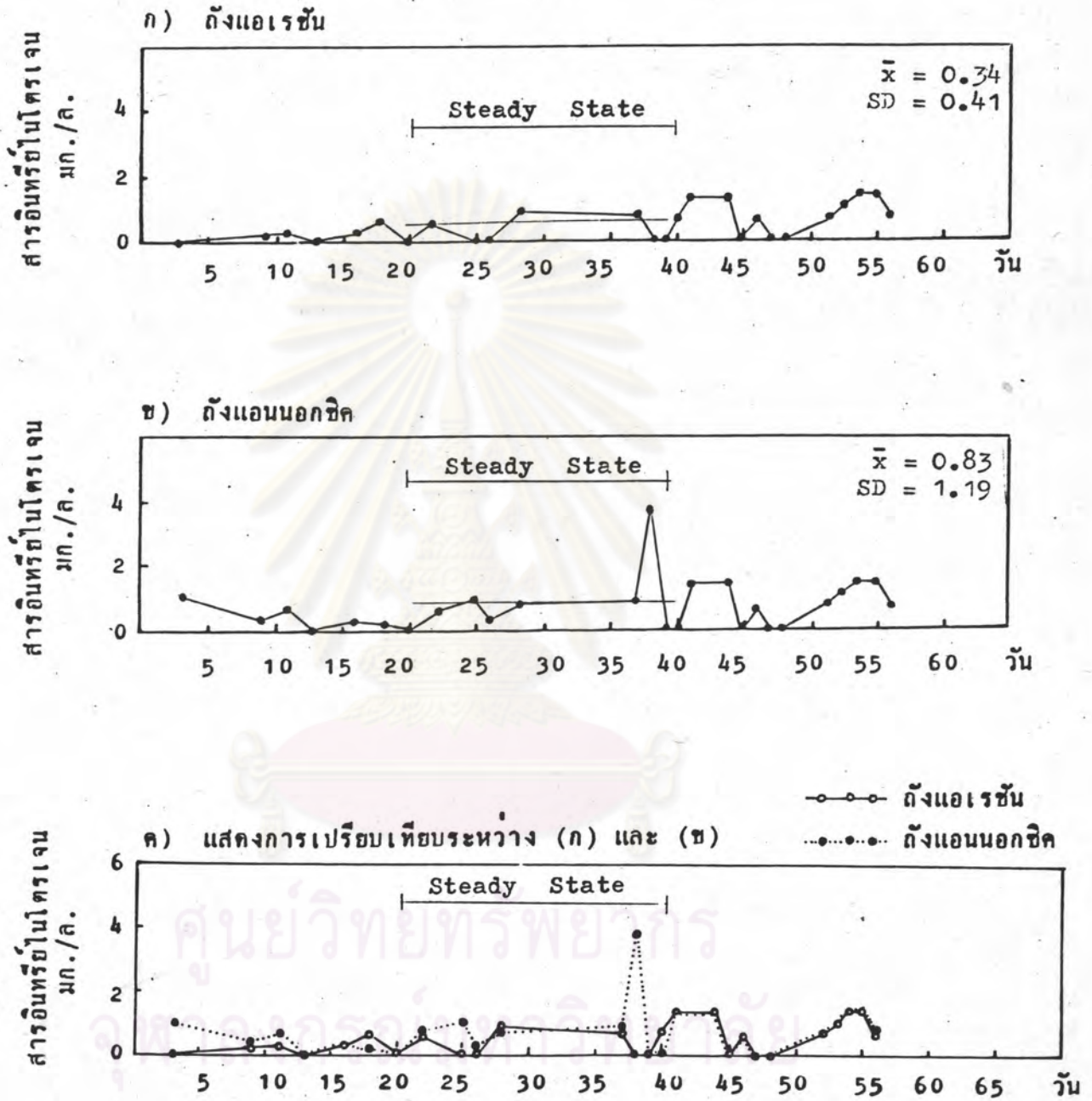


รูปที่ 4.29 แสดงปริมาณสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด เปรียบเทียบ
การทดลองที่ 2

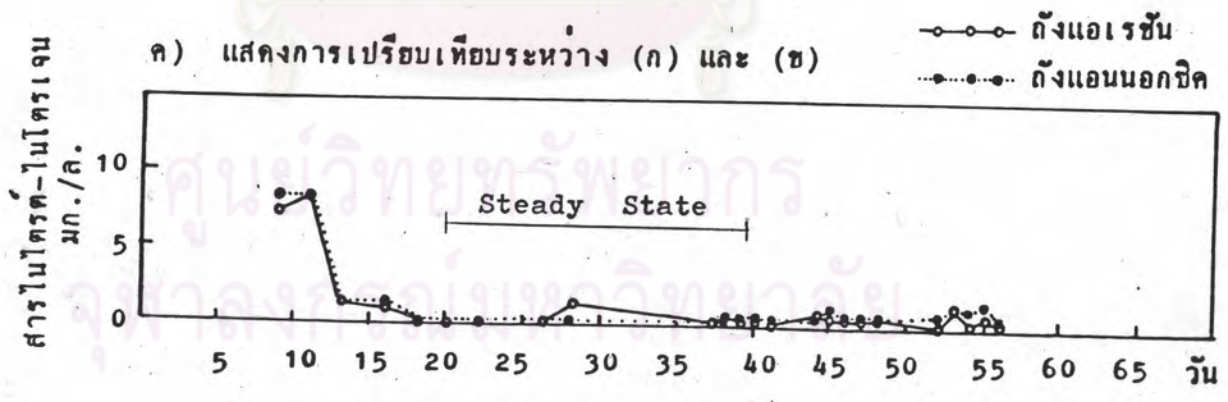
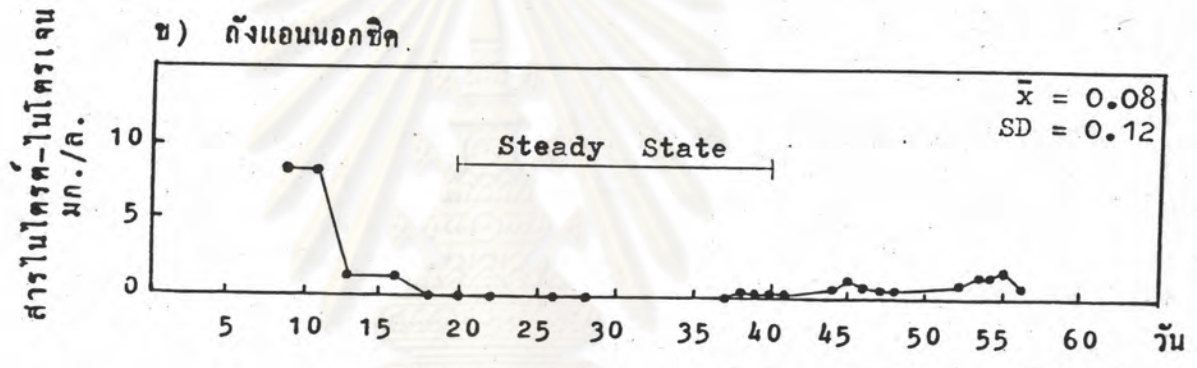
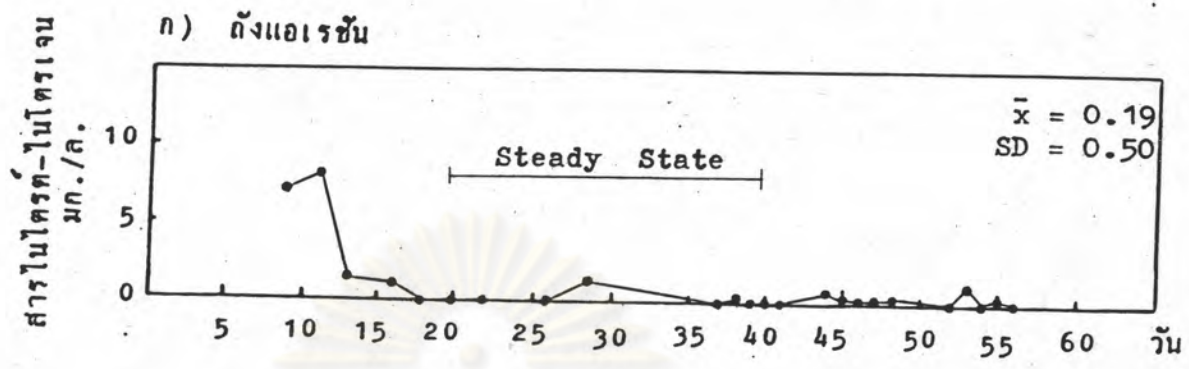
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



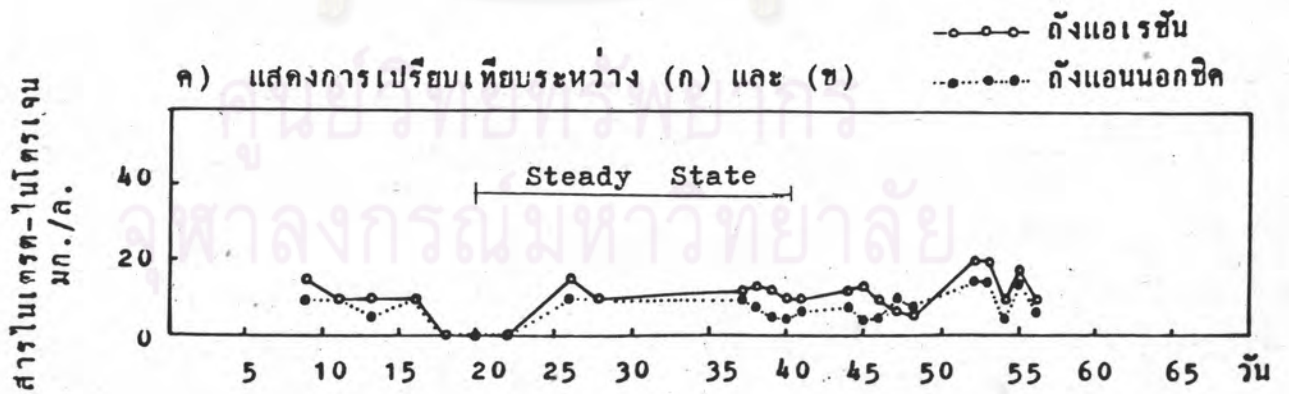
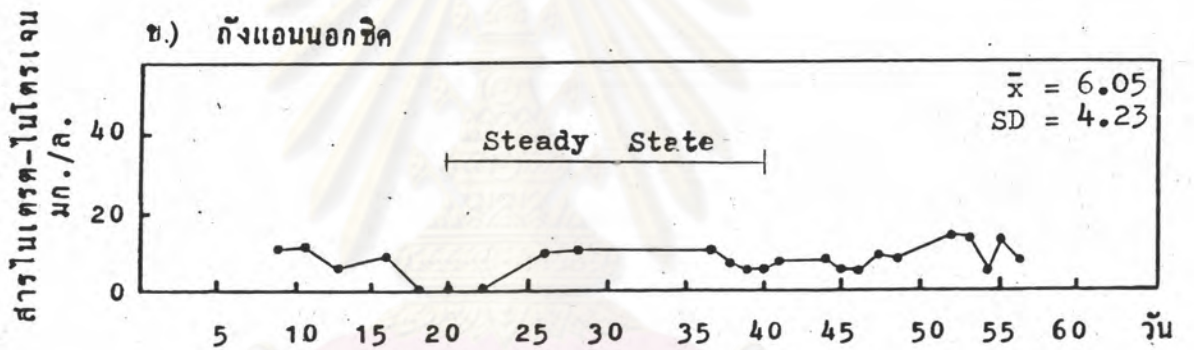
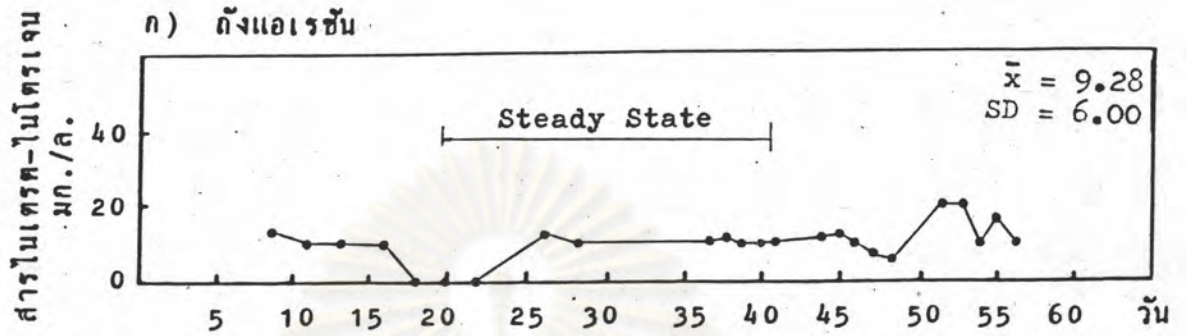
รูปที่ 4.30 แสดงปริมาณสารประกอบแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของการทดลองที่ 2



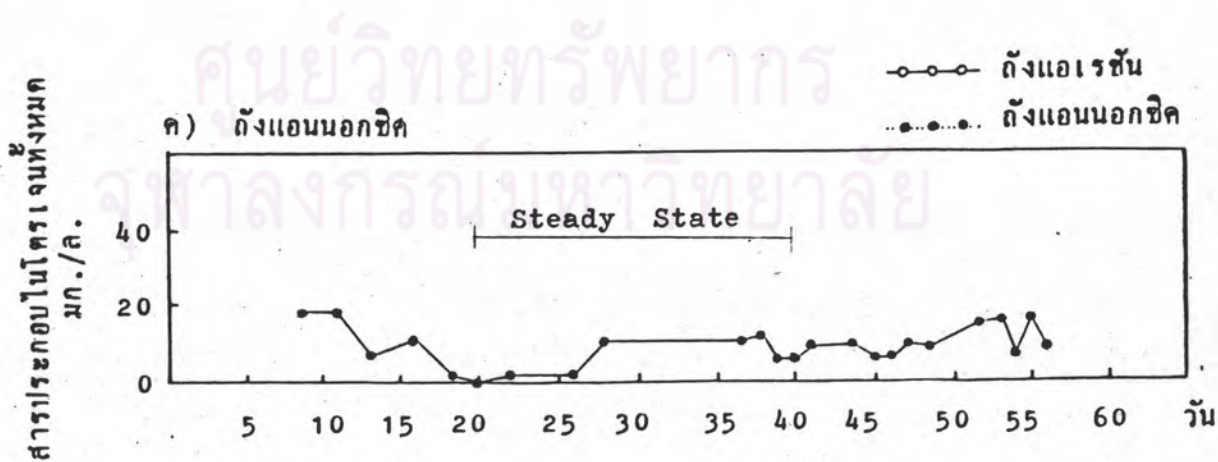
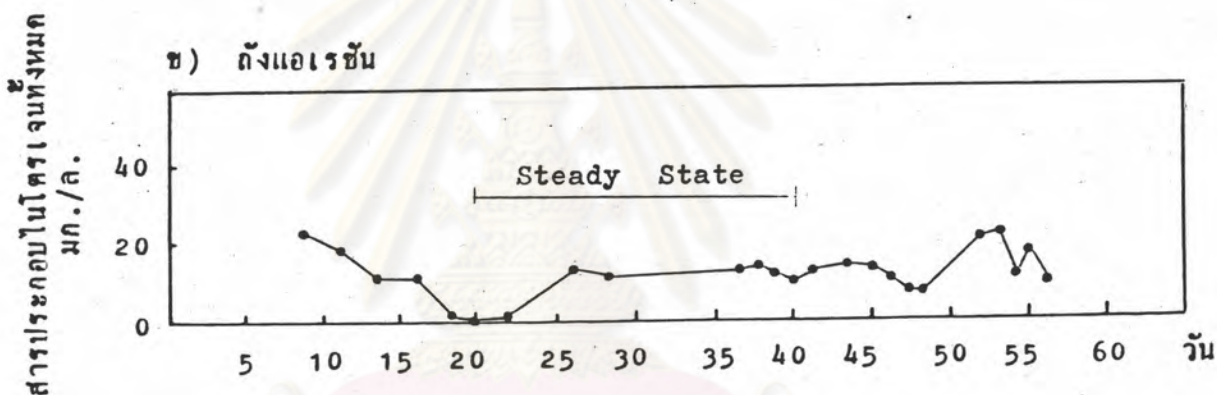
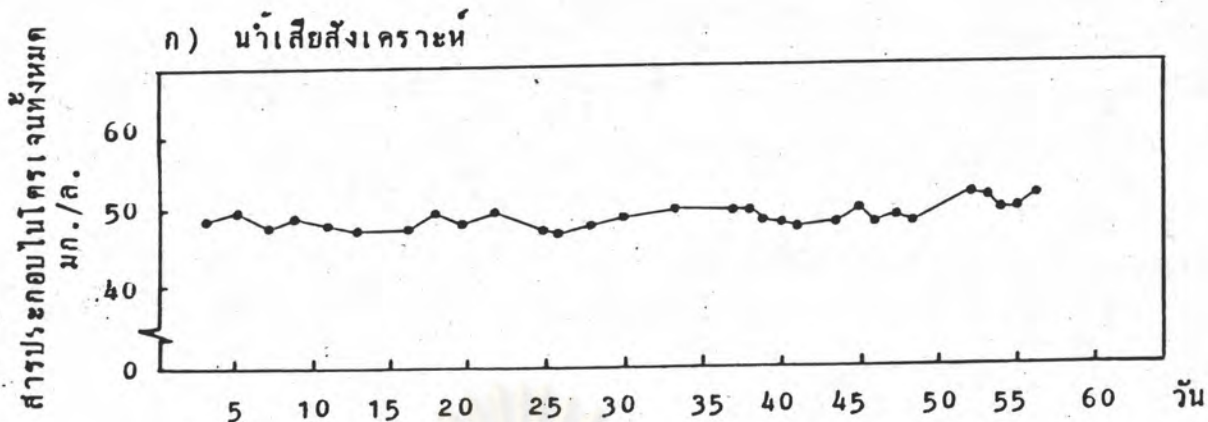
รูปที่ 4.31 แสดงปริมาณสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนของการทดลองที่ 2



รูปที่ 4.32 แสดงปริมาณสารประกอบไนโตรค-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 2



รูปที่ 4.33 แสดงปริมาณสารประกอบโบเตรค-โนโตรเจน ของการทดลองที่ 2



รูปที่ 4.34 แสดงปริมาณสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมดของการทดลองที่ 2

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในรูปต่างๆ ณ สภาวะคงตัว
ของการทดลองที่ 2 (หน่วย : มิลลิกรัม ไนโตรเจน/ลิตร)

ชนิดของสารไนโตรเจน	น้ำเสียสังเคราะห์	ถังแอเรชั่น	ถังแอนนออกซิค
1. สารเจลดักไนโตรเจนรวม	49.1	0.55	1.07
1.1 สารประกอบแอมโมเนีย- ไนโตรเจน		0.21	0.24
1.2 สารประกอบอินทรีย์ - ไนโตรเจน		0.34	0.83
2. สารประกอบไนโตรค และ สารประกอบไนเตรค		9.47	6.13
2.1 สารประกอบไนโตรค		0.19	0.08
2.2 สารประกอบไนเตรค		9.28	6.05

จากตารางที่ 4.9 อาจประมาณได้ว่า ปริมาณสารเจลดักไนโตรเจนรวม ที่จุลชีพประเภทเซทเทอร์โรโทรฟ ในถังแอเรชั่นใช้ไปในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต มีค่าประมาณ 10.3 มก./ล. และปริมาณสารเจลดักไนโตรเจนรวม ที่จุลชีพประเภท ออกโตโทรฟ ใช้ไปเท่ากับ 38.25 มก./ล. และอัตราของการเกิดปฏิกิริยาไนคริฟเคชัน ประมาณ 98.6 % โดยอาจประเมินได้ว่าปริมาณสารเจลดักไนโตรเจนรวม ที่จุลชีพประเภท ออกโตโทรฟ ใช้ไปในการสร้างเซลล์ และใช้ในการดำรงชีพ ประมาณ 28.78 มก./ล.

สำหรับในถังแอนนออกซิค จะเห็นได้ว่ามีสารเจลดักไนโตรเจนรวม ประมาณ 1.07 มก./ล. ซึ่งสูงกว่าค่าที่เข้าสู่ถัง ส่วนสารประกอบไนโตรคและสารประกอบไนเตรค นั้น มีค่าต่ำกว่าระดับค่าที่เข้าสู่ถัง (ดูตารางที่ 4.7 ประกอบ) ซึ่งเมื่อพิจารณาดังปริมาณ ซีโอดี ที่มีอยู่ในถังแอนนออกซิค ร่วมด้วยแล้ว ปรากฏว่า ซีโอดี ในถังมีค่าต่ำมาก (ดูตารางที่ 4.5 ประกอบ) ดังนั้นจึงอาจประเมินได้ว่า จุลชีพแบคทีเรีย

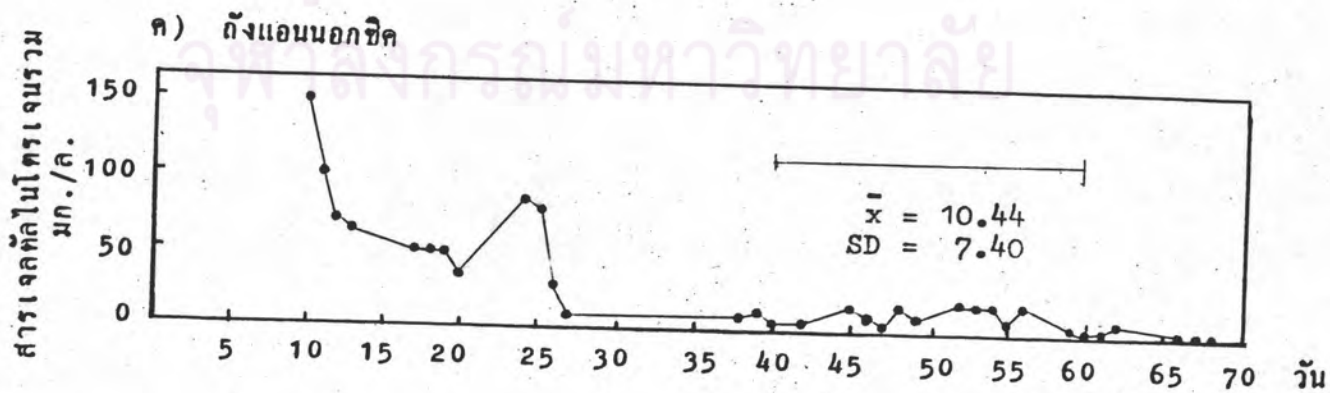
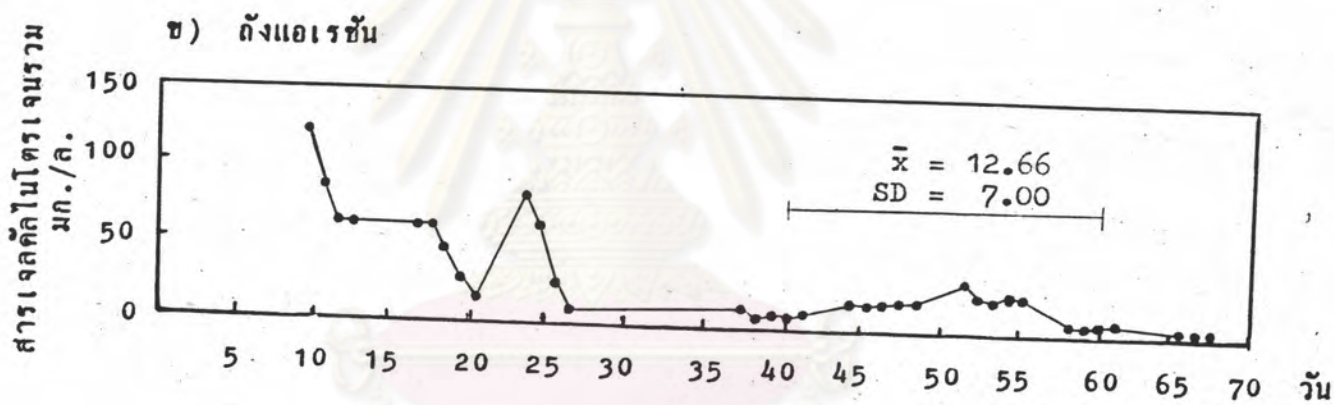
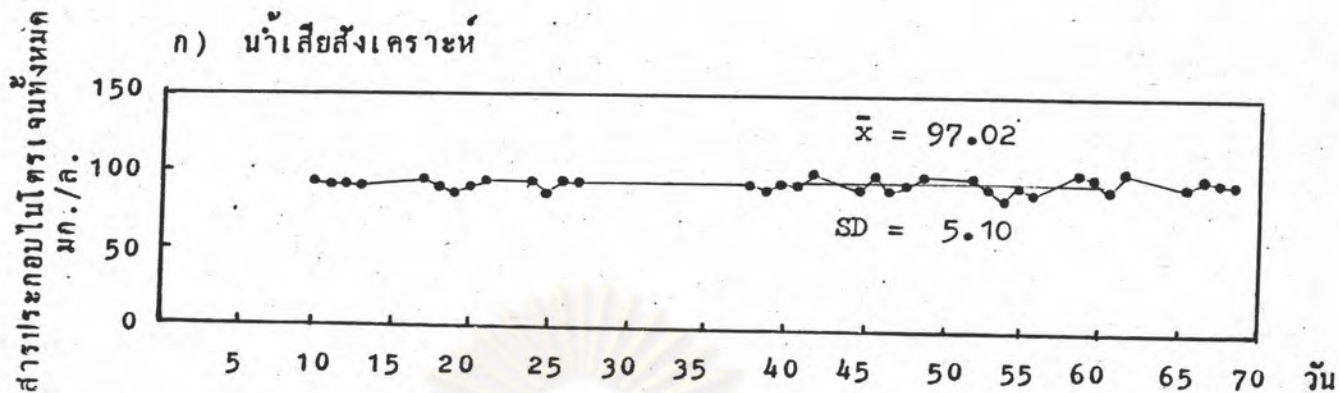
ในถังแอนนออกซิคว่าจะมีการย่อยสลายตัวเอง และทำหน้าที่เป็นสารให้อิเล็กตรอนแทนสารอินทรีย์คาร์บอนที่มีไม่เพียงพอในการรีดิวส์ สารประกอบไนเตรคที่มีอยู่ในถังแอนนออกซิค แต่พฤติกรรมดังกล่าวเกิดขึ้นไม่มากนัก ซึ่งสังเกตได้จาก ปริมาณสารประกอบไนโตรค์และสารประกอบไนเตรคในถังแอนนออกซิค ซึ่งมีค่าลดลงจากปริมาณที่ป้อนเข้าสู่ถังไม่มาก

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพรวมในการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนของทั้งระบบแล้ว ระบบสามารถกำจัดสารประกอบไนโตรเจนได้ประมาณ 85 % โดยส่วนใหญ่ (ประมาณ 80 %) จุลชีพในถังแอเรชันจะใช้ไปในการสร้างเซลล์และการดำรงชีพ

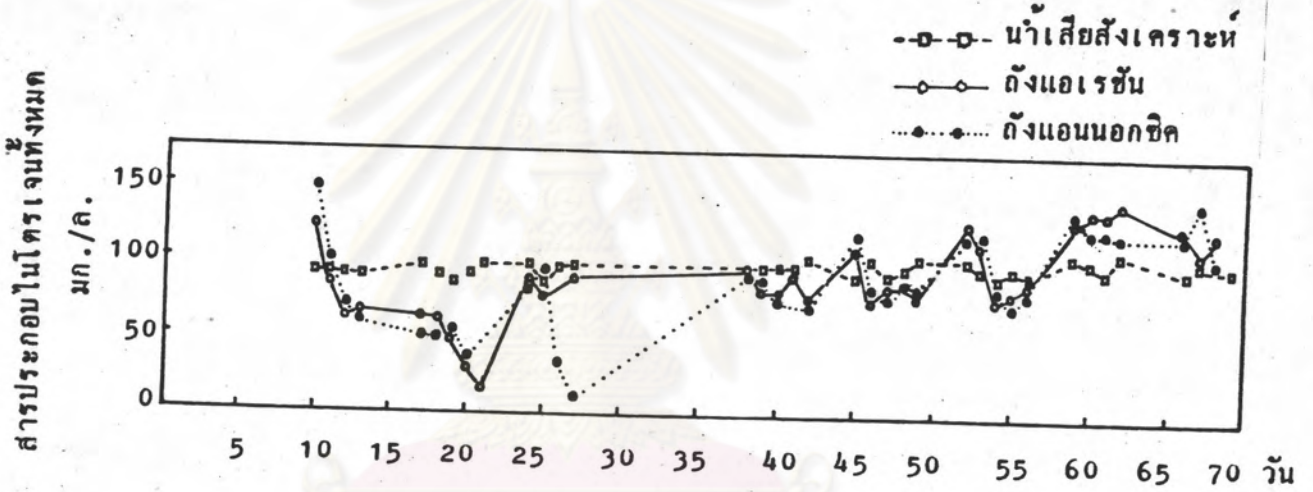
ในการทดลองที่ 3 นำเสียสังเคราะห์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ มีค่าความเข้มข้นของสารเจลาตินไนโตรเจนรวม เฉลี่ยตลอดทั้งการทดลองประมาณ 98.8 มก./ล. ผลการทดลองดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.35 - 4.42 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ระบบไม่สามารถกำจัดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสียได้เลย และมีปริมาณของสารประกอบไนโตรเจนเหลือค้างในถังปฏิกิริยาเป็นปริมาณมาก และเมื่อทำการทดลองต่อไป ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนจะเหลือสะสมในระบบสูงมากยิ่งขึ้น ในตารางที่ 4.8 แสดงถึงปริมาณเฉลี่ยของสารประกอบไนโตรเจนรูปต่างๆ ในแต่ละถังปฏิกิริยา เมื่อทำการทดลองได้ประมาณ 40 ถึง 50 วัน

จากตารางที่ 4.8 พอจะประมาณได้ว่า ภายในถังแอเรชันอัตราของการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันจะมีค่าสูง แต่สำหรับถังแอนนออกซิคปรากฏว่า สารประกอบไนโตรเจนเหลือค้างสะสมอยู่มาก และส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารประกอบไนเตรค - ไนโตรเจน ซึ่งการที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องมาจาก ภายในถังแอนนออกซิคมีสารอินทรีย์คาร์บอนไม่มากพอสำหรับการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงทำให้ระบบกำจัดสารประกอบไนโตรเจนได้น้อย หรืออาจไม่สามารถกำจัดได้เลย

อนึ่ง สำหรับผลการทดลองทั้ง 3 การทดลอง ในการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนของระบบแยกที่เวคเตคสลักจ์ แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง นั้น ได้สรุปไว้ดังแสดงในตารางที่ 4.9



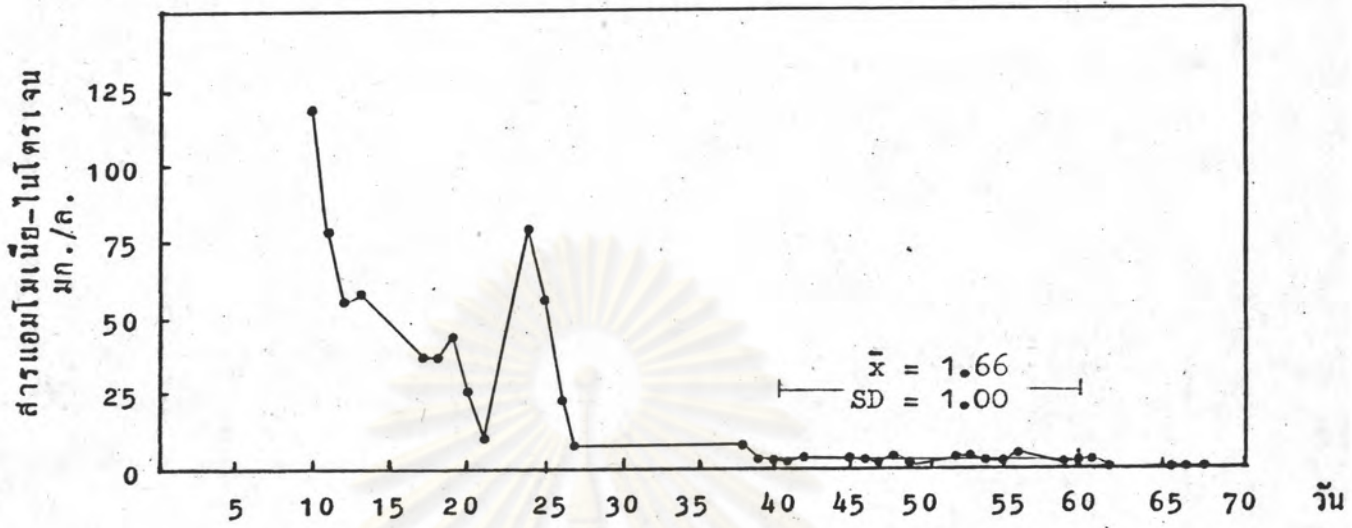
รูปที่ 4.35 แสดงปริมาณสารเจลดักไนโตรเจนรวมของการทดลองที่ 3



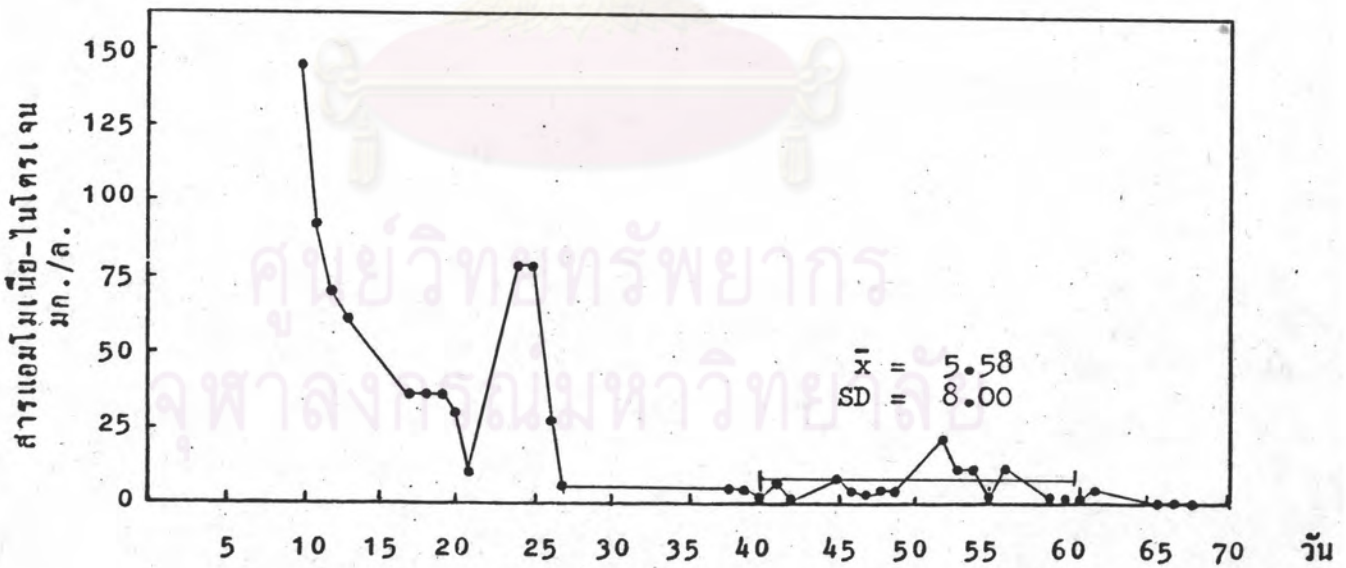
รูปที่ 4.36 แสดงปริมาณสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด เปรียบเทียบ การทดลองที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

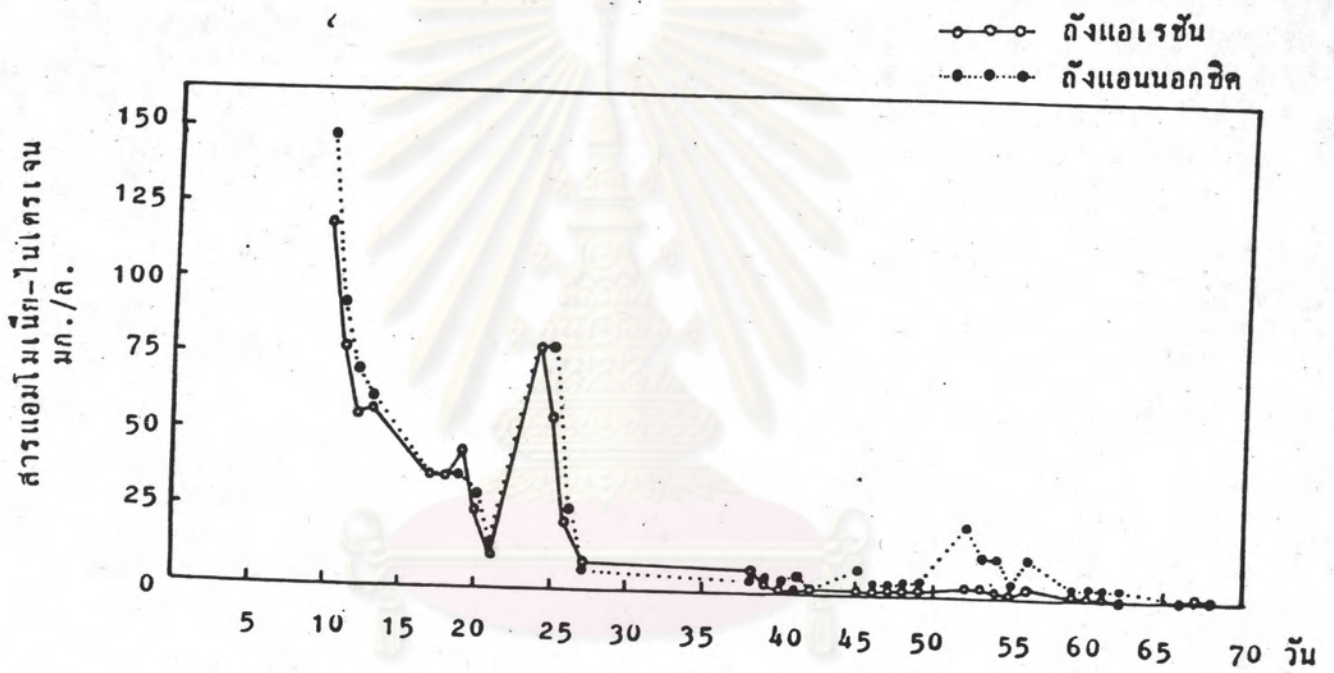
ก) ถึงแอรเซ็น



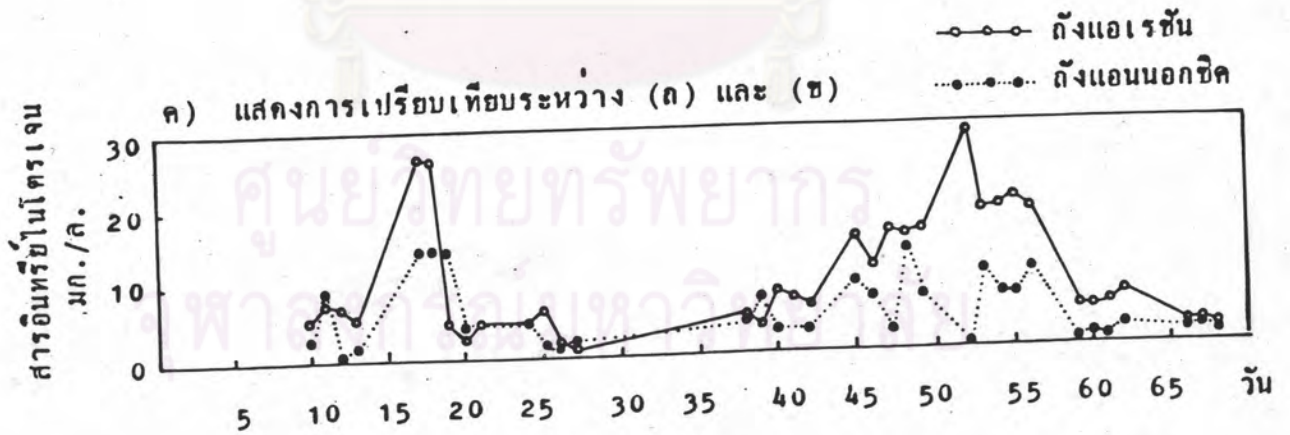
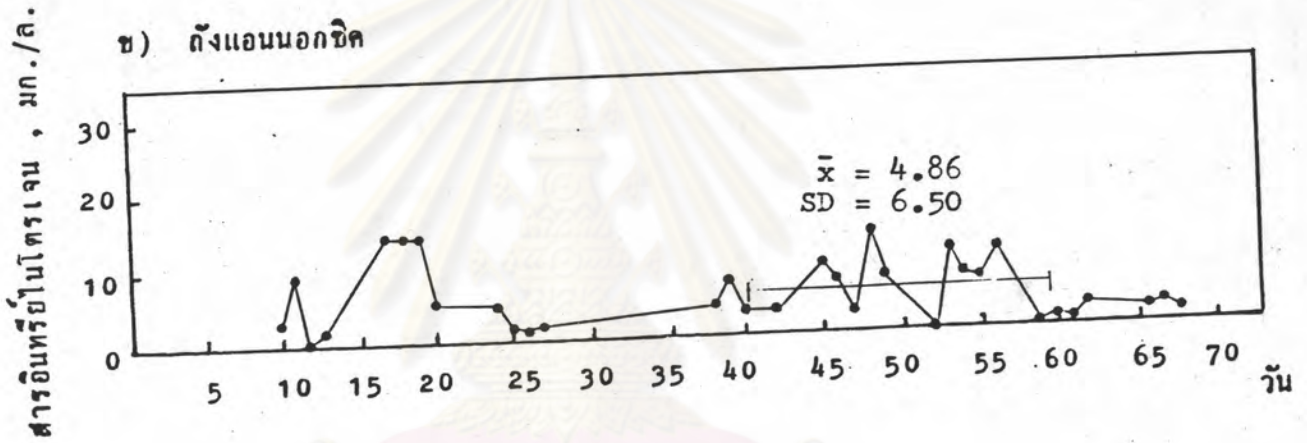
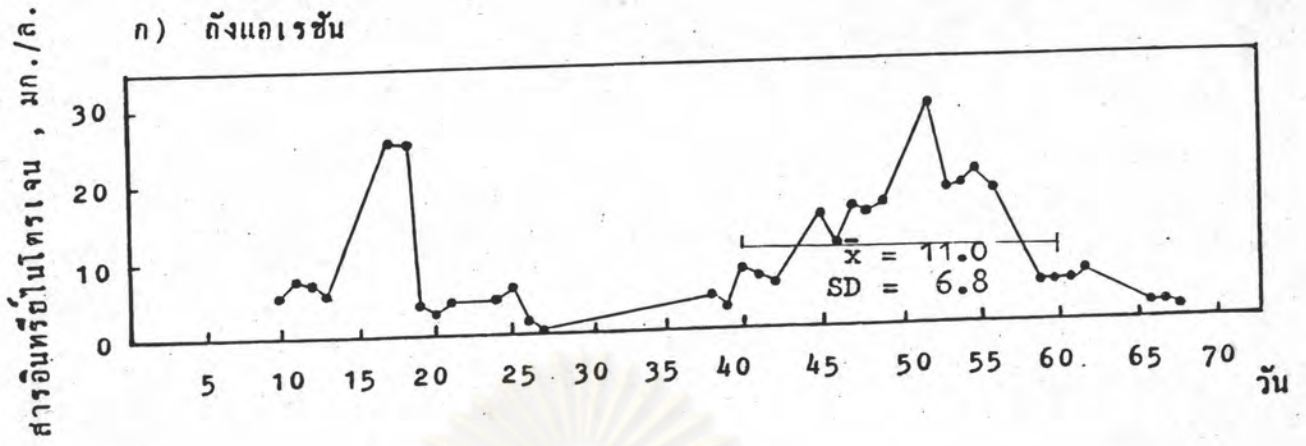
ข) ถึงแอนนอกซิค



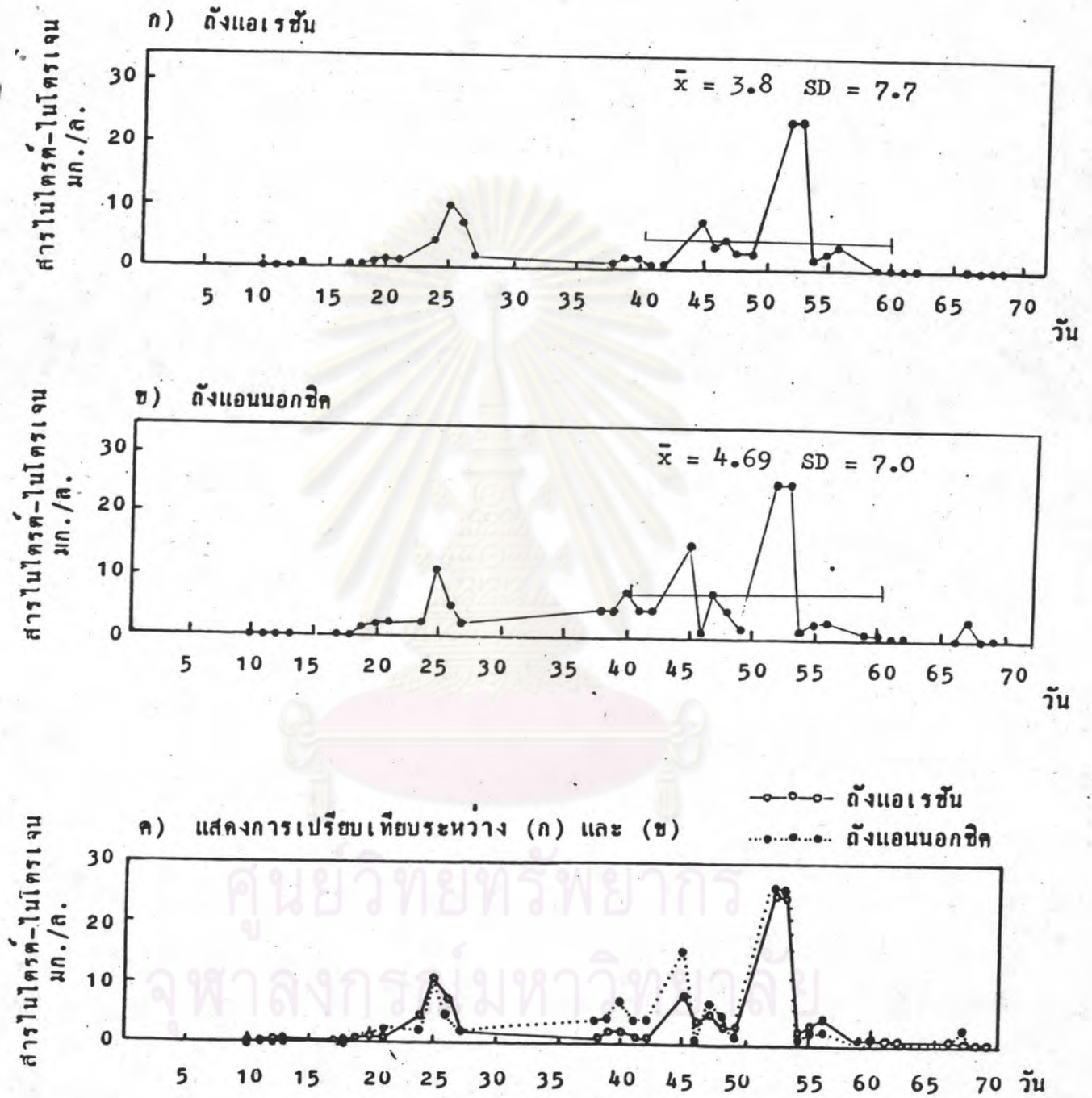
รูปที่ 4.37 แสดงปริมาณสารประกอบแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 3



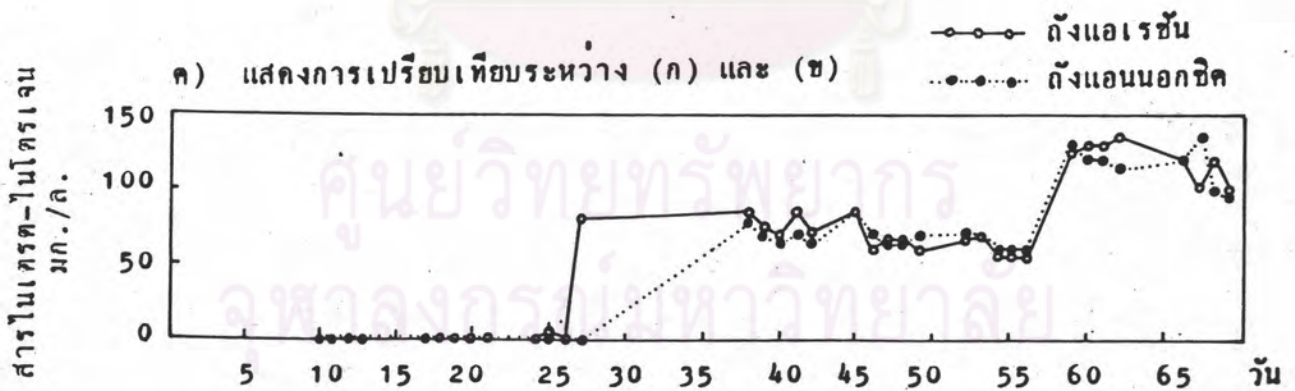
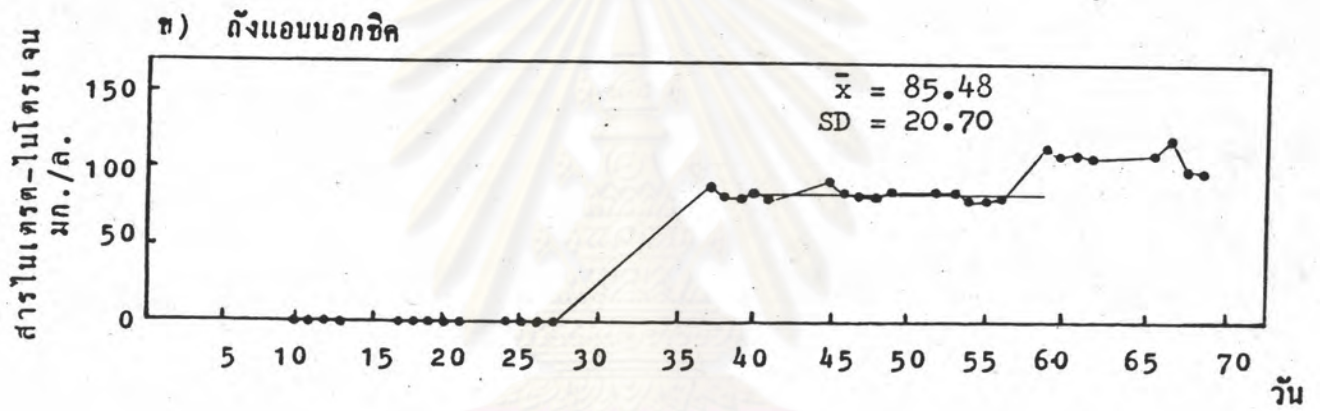
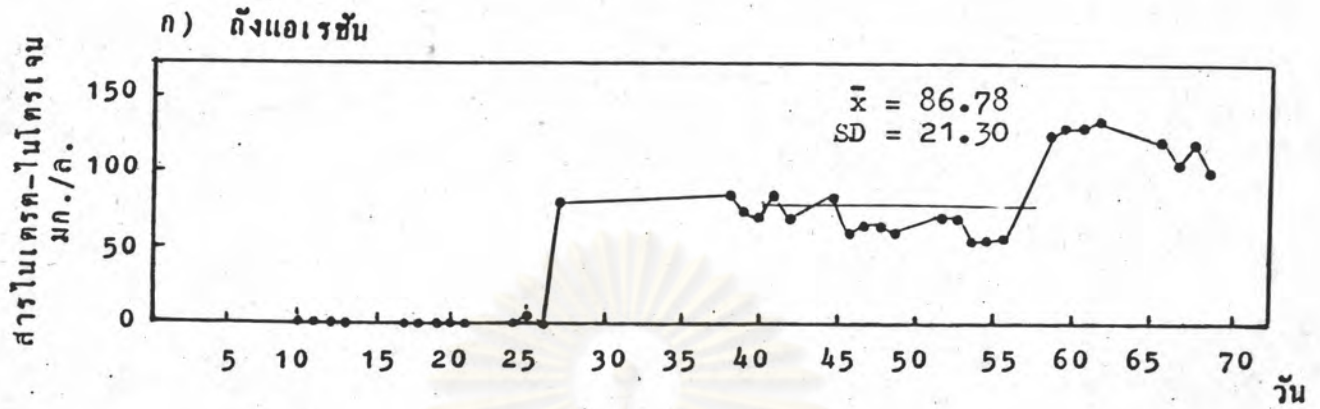
รูปที่ 4.38 แสดงปริมาณสารประกอบแอมโมเนีย - ไนโตรเจน เปรียบเทียบของการทดลองที่ 3



รูปที่ 4.39 แสดงปริมาณสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 3



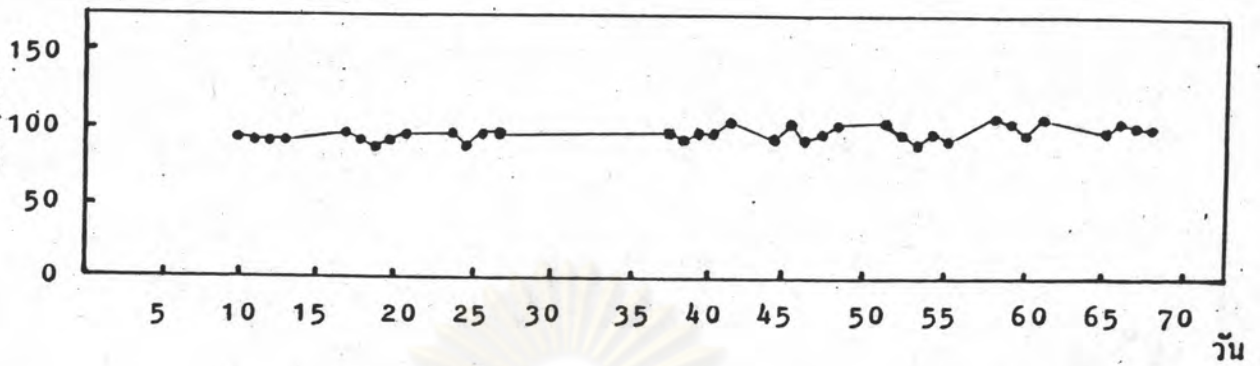
รูปที่ 4.40 แสดงปริมาณสารประกอบไนโตรเจน ของการทดลองที่ 3



รูปที่ 4.41 แสดงปริมาณสารประกอบไนเตรต-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 3

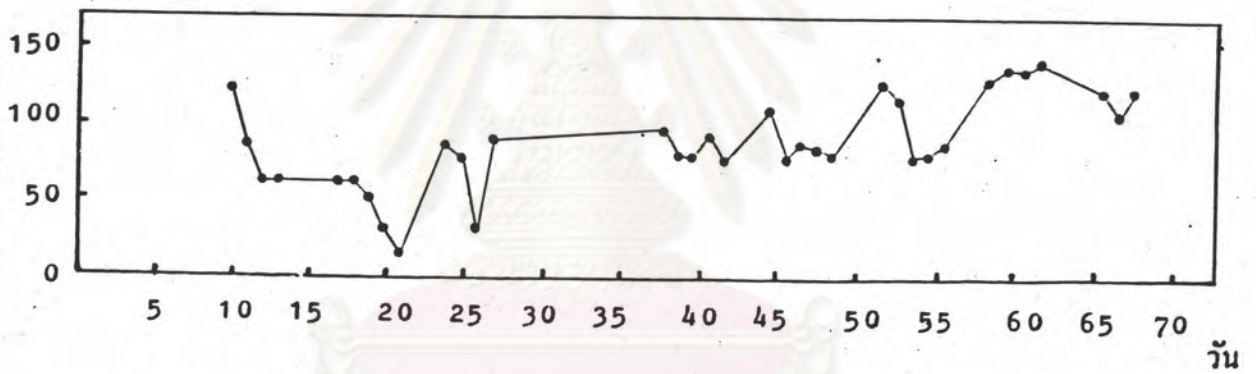
สารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด

ก) น้ำเสียสังเคราะห์



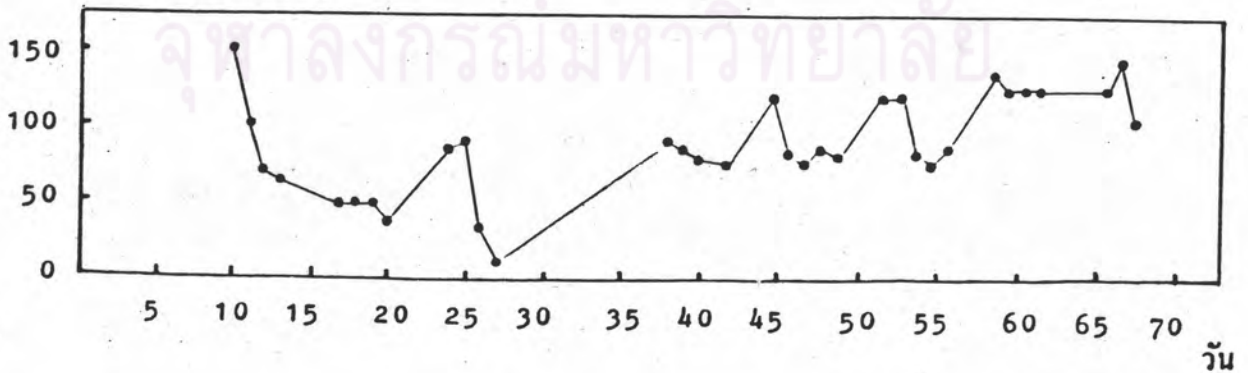
สารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด

ข) กังแอรเซ็น



สารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด

ค) กังแอนนอกซิค



รูปที่ 4.42 แสดงปริมาณสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด ของการทดลองที่ 3

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณเฉลี่ยของสารประกอบไนโตรเจนในรูปต่างๆ เมื่อทำการ
หกลองโคประมาณ 40 - 50 วัน

ชนิดของสารไนโตรเจน	น้ำเสียสังเคราะห์	ถังแอเรชัน	ถังแอนน็อกซิค
1. สารเจลกัลไนโตรเจนรวม	97.02	12.66	10.44
1.1 สารประกอบแอมโมเนีย- ไนโตรเจน		1.66	5.58
1.2 สารประกอบอินทรีย์ - ไนโตรเจน		11.00	4.86
2. สารประกอบไนโตรค้ และ สารประกอบไนเตรค		90.58	90.17
2.1 สารประกอบไนโตรค้		3.80	4.69
2.2 สารประกอบไนเตรค		86.78	85.48

(หน่วย : มิลลิกรัม ไนโตรเจน/ลิตร)

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลอง การกำจัดสารประกอบไนโตรเจนของระบบ
แอกทิเวตเต็ดสลัดจ์แบบคิโนครีเคชันเกิดขึ้นเกิดที่หลัง ณ สภาวะคงตัว

รายละเอียด	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3
1. ปริมาณสาร TKN ในน้ำเสีย สังเคราะห์	23.8	49.1	97.0 *
2. ปริมาณสาร TKN ที่ใช้ไปใน การเจริญเติบโตและค่ารงชีพ ของจุลชีพประเภทเฮเทอโรโร- โทรฟ	10.1	10.3	9.5 *
3. ปริมาณสาร TKN ที่ใช้ไปใน การเจริญเติบโตและค่ารงชีพ ของจุลชีพประเภทออโตโทรฟ	6.4	28.78	ไม่อาจประเมิน ได้
4. ปริมาณสาร TKN ทั้งหมดที่ใช้ ไปในปฏิกิริยาไนครีเคชัน	11.74	38.25	74.86 *
5. ระบุของการเกิดปฏิกิริยา ไนครีเคชันของระบบ	85.7 %	98.6 %	85.3 %
6. ระบุของการเกิดปฏิกิริยา คิโนครีเคชันของระบบ	น้อยมาก	น้อยมาก	น้อยมาก

(หน่วย : มก./ล.)

* = ค่าเฉลี่ย ที่สภาวะเมื่อทำการทดลองได้ประมาณ 40-50 วัน