

การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำโดยระบบเอเอสพีอาร์ขนาดทดลองใช้งาน

นาย อภิโชค เลิศล้ำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TREATMENT OF LOW STRENGTH WASTEWATER USING PILOT SCALE ASBR

Mr. Apichoke Lertlum

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2009
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การบำบัดน้ำเสีย ความเข้มข้นต่ำโดยระบบเอเอสบีอาร์ ขนาด
ทดลองใช้งาน

โดย

นาย อภิโชค เลิศล้ำ

สาขาวิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรัณย์ เตชะเสน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศศิริวงษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรัณย์ เตชะเสน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ ศรีเจริญชัชกุล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. ขจรศักดิ์ โกศลมนตรี)

อภิโชค เลิศล้ำ : การบำบัดน้ำเสีย ความเข้มข้นต่ำโดยระบบเอเอสบีอาร์ ขนาดทดลองใช้งาน. (TREATMENT OF LOW STRENGTH WASTEWATER USING PILOT SCALE ASBR) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร. ศรัณย์ เตชะเสน, 100 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบเอเอสบีอาร์ (Anaerobic Sequencing Batch Reactor) ระดับทดลองใช้งาน (Pilot Scale) ขนาด 2 ลบ.ม. มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์จากนมถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้นต่ำได้แก่ 333 ± 109 , $1,021 \pm 71$, $2,428 \pm 91$ และ $4,450 \pm 354$ มก./ล. โดยใช้ความเข้มข้นตะกอน $10,720 \pm 264$ มก./ล. ผลการทดลองพบว่าซีโอดีที่ย่อยสลายง่ายมีประมาณ 50% เมื่อทำการจำลองโดยสมการโมนอด พบว่ามีค่า k_m เท่ากับ 10.96 ± 5.52 มก.-ซีโอดี มก.-ของแข็ง แวนลอย⁻¹ ชม.⁻¹ K_s เท่ากับ $1,683 \pm 1540$ มก./ล. เมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นของตะกอนลดลงเป็น $4,790 \pm 151$, $2,954 \pm 198$ และ $1,780 \pm 85$ มก./ล. โดยใช้ค่าซีโอดีเริ่มต้น $1,814 \pm 143$ มก./ล. พบว่ามีการลดลงของซีโอดีอย่างรวดเร็วเป็น 2 ช่วง โดยเป็นช่วงแรกของการทดลองและช่วงหลังที่ก๊าซชีวภาพส่วนใหญ่ได้ระบายออกแล้ว แต่มีการเกิดก๊าซขึ้นอย่างสม่ำเสมอ เปอร์เซ็นต์มีเทนในก๊าซที่เกิดขึ้นเท่ากับ $52 \pm 4.24\%$ และสัดส่วนของการเกิดก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.24 ± 0.07 ลบม.ก๊าซมีเทน/กิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ในการทดลองการตกตะกอนพบว่าช่วงระยะเวลาการตกตะกอนที่เหมาะสมคือ 4-8 ชม. โดยสามารถแยกตะกอนออกจากระบบได้ 40 - 60% สำหรับการนำไปใช้พบว่าการใช้ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนในระบบทั้งแบบจ่ายด้านล่างและจ่ายด้านบนเป็นการกวนที่ไม่สมบูรณ ทำให้มีตะกอนบางส่วนรวมตัวอยู่ที่ผิวหน้าและก้นถัง น่าจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง เมื่อเปลี่ยนมาเป็นการใช้ใบกวน ที่ความเร็ว 75 รอบต่อนาที พบว่ามีค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ เพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่าและไม่เกิดการสะสมของตะกอนที่ผิวหน้าน้ำ แต่การลดลงของซีโอดียังเป็น 2 ช่วงเช่นเดิมและมีการเปลี่ยนแปลงของพีเอชไม่สอดคล้องกับการลดลงของซีโอดี แสดงให้ทราบว่าความเร็วรอบนี้ไม่มากพอที่จะสามารถไล่ก๊าซที่เกิดขึ้นออกมาได้หมด และมีผลยับยั้งต่อการลดลงของซีโอดี

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อนิสิต.....
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา...2552

5070640521 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORDS : LOW STRENGTH WASTEWATER / ASBR PROCESS / BATCH REACTOR

APICHOKE LERTLUM : TREATMENT OF LOW STRENGTH WASTEWATER USING PILOT SCALE ASBR.THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SARUN TEJASEN, Ph.D., 100 pp.

This research studied an Anaerobic Sequencing Batch Reactor (ASBR) in pilot scale with volume of 2.0 m³ for treatment of soy milk synthesized wastewater at low COD concentrations, which were 333±109, 1,021±71, 2,428±91, and 4,450±354 mg /L, with sludge concentrations of 10,720±264 mg /L. Results showed that easily degraded COD were about 50% of total COD. Degradation rates were modeled with Monod’s equation using SPSS program found that k_m was 10.96±5.52 mg-COD/(mgSS-hr) and K_s was 1,683±1540 mg/L. After that sludge concentrations were reduced to 4,790±151, 2,954±198, and 1,780±85 mg /L, using initial COD of 1,814±143 mg/L. COD reduction happened in 2 stages, first at the beginning of the experiments and then another stage after most of biogases were released from reactor, but biogas was released constantly. Methane percentage in biogas was 52±4.24%, and ratio of methane production was 0.24±0.07 m³/kg COD removed. Solids separation experiments showed that the suitable time was 4-8 hrs, resulting in 40% - 60% solids removal efficiency. Experiment with mixing methods found that using recirculation pump of both bottom and above water feeding resulted in incomplete mixing, having sludge accumulation in either top or bottom layer, which would reduce the reactor efficiency. When using a 75 rpm agitator, the COD degradation rate was about 3 times higher and sludge was completely mixed, but COD degradation was still happened in 2 stages and pH trend was still not according to COD reduction. These results showed that this agitator speed was not enough to drive the biogas out and inhibited the COD degradation.

Department : Environmental Engineering

Student’s Signature

Field of Study : Environmental Engineering

Advisor’s Signature

Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีณย์ เตชะเสน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาให้แนวทาง คำปรึกษา และข้อแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ทุกขั้นตอน ตลอดจนให้ความสนใจในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล และ ดร. ขจรศักดิ์ โกศลมนตรี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำอันเป็นแนวทางที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณภาคีวิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือของ ห้องปฏิบัติการวิจัยและบัณฑิต รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้อง ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือเรื่องข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบคุณบริษัท เสริมสุข จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อ เชื้อจุลินทรีย์ จากถังยูเอเอสบี จนทำให้การวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท ยูทิลิตี้ บิสิเนส อัลลายแอนซ์ จำกัด และ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้ จนทำให้สามารถทำการวิจัยสำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้อง ทุกคน ที่อบรมสั่งสอน ให้การสนับสนุน และคอยช่วยเหลือ รวมทั้งเป็นกำลังใจในการศึกษา จนทำให้การศึกษาครั้งนี้ประสบผลสำเร็จได้ตามที่ตั้งใจ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 หลักการบำบัดแบบไร้อากาศ.....	3
2.2 ข้อดีและข้อด้อยของการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไร้ออกซิเจน.....	6
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานและประสิทธิภาพของระบบบำบัดไร้ออกซิเจน.....	8
2.4 การคำนวณหาค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ (k_p).....	11
2.5 การคำนวณหาภาระสารอินทรีย์ของระบบเอเอสบีอาร์.....	13
2.6 ลักษณะไบโกลน.....	14
2.7 ปริมาตรก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นตามทฤษฎี.....	17
2.8 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ เอเอสบีอาร์.....	18
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของระบบเอเอสบีอาร์.....	19
บทที่ 3 แผนงานและการดำเนินการวิจัย.....	22
3.1 แผนการทดลอง.....	22
3.2 การเตรียมน้ำเสีย.....	23
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	24
3.4 แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและก๊าซ.....	27
3.5 การติดตั้งถังปฏิกรณ์และหลักการทำงาน.....	28
3.6 การดูแลรักษาระบบ.....	29

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....	30
4.1 การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ (Start-up).....	30
4.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นซีโอดี.....	30
4.3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของตะกอน.....	46
4.4 การเปลี่ยนแปลงลักษณะการกวนในถังเอเอสปีอาร์.....	58
4.5 เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน.....	62
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีที่เข้าสู่ระบบ และ ซีโอดีที่ย่อยสลายได้ง่าย.....	62
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ และ ซีโอดีที่ย่อยสลายได้..	63
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะกับความเข้มข้นตะกอน.....	64
4.9 ระยะเวลาตกตะกอนที่เหมาะสม.....	64
4.10 การเปลี่ยนรูปแบบในการกวนน้ำในระบบ.....	65
4.11 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเดินระบบเอเอสปีอาร์ในขั้นตอนต่างๆ.....	65
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	66
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	66
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	67
รายการอ้างอิง.....	69
ภาคผนวก.....	71
ภาคผนวก ก ลักษณะของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน.....	72
ภาคผนวก ข การคำนวณค่า k_m และ K_s	74
ภาคผนวก ค ข้อมูลดิบในแต่ละแบตช์.....	76
ภาคผนวก ง การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน.....	97
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	100

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนกับระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน.....	7
ตารางที่ 2.2 ปริมาณธาตุอื่นๆ ที่ต้องการ.....	9
ตารางที่ 2.3 ปริมาณสารพิษที่ขีดขวงการทำงานของแบคทีเรีย.....	9
ตารางที่ 2.4 ปริมาณสารพิษที่ขีดขวงการทำงานของแบคทีเรีย 50%.....	10
ตารางที่ 2.5 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา.....	21
ตารางที่ 3.1 แผนการทดลอง.....	22
ตารางที่ 3.2 ลักษณะน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน.....	23
ตารางที่ 3.3 อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง.....	24
ตารางที่ 3.4 แผนการเก็บ และวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและก๊าซ.....	28
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 500 มก./ล.	30
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 1,000 มก./ล.	34
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองที่ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2,000 มก./ล.	38
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองที่ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 4,000 มก./ล.	42
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองที่ความเข้มข้นตะกอน 4,790±151 มก./ล.	46
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองที่ความเข้มข้นตะกอน 2,954±198 มก./ล.	50
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองที่ความเข้มข้นตะกอน 1,780±85 มก./ล.	54
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองที่ใช้ไบโอกวนแทนใช้ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนในระบบ.....	58
ตารางที่ 4.9 เปอร์เซนต์ก๊าซมีเทนที่วัดได้.....	62
ตารางที่ 4.10 ระยะเวลาเดินระบบที่เหมาะสมในขั้นตอนต่างๆ ของระบบเอเอสบีอาร์.....	65
ตารางที่ ก1 ลักษณะของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน.....	73
ตารางที่ ข1 ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะและซีโอดีที่ย่อยสลายง่าย.....	75
ตารางที่ ค1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 1.....	77
ตารางที่ ค2 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 1.....	77
ตารางที่ ค3 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 2.....	78
ตารางที่ ค4 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 2.....	78
ตารางที่ ค5 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 3.....	79
ตารางที่ ค6 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 3.....	79

ตารางที่ ค33 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 17.....	93
ตารางที่ ค34 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 17.....	93
ตารางที่ ค35 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 18.....	94
ตารางที่ ค36 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 18.....	94
ตารางที่ ค37 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 19.....	95
ตารางที่ ค38 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 19.....	95
ตารางที่ ค39 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 20.....	96
ตารางที่ ค40 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 20.....	96

สารบัญญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 กลไกการย่อยสลายแบบไร้อากาศ.....	3
รูปที่ 2.2 ปฏิกริยาการสร้างกรดไขมันระเหยได้สภาวะที่ความดันพาร์เซียลไฮโดรเจนสูง และต่ำ.....	5
รูปที่ 2.3 การลดลงของซีโอดีในระบบเมื่อเวลาผ่านไป.....	11
รูปที่ 2.4 กราฟระหว่างซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์ กับเวลา.....	12
รูปที่ 2.5 รายละเอียดของไบกวน.....	16
รูปที่ 2.6 ไบกวนที่ได้จากการคำนวณ	16
รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการเดินระบบ Anaerobic Sequencing Batch Reactor; ASBR.....	18
รูปที่ 3.1 การลดลงของซีโอดีของน้ำในระบบ.....	23
รูปที่ 3.2 ถังปฏิกริยาเอเอสบีอาร์.....	25
รูปที่ 3.3 ถังผสมน้ำเสีย และ ถังเก็บตะกอน.....	25
รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ สังเกตการตกตะกอน.....	25
รูปที่ 3.5 เครื่องสูบน้ำหมุนเวียน.....	26
รูปที่ 3.6 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าถัง.....	26
รูปที่ 3.7 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ.....	26
รูปที่ 3.8 ผังแสดงระบบเอเอสบีอาร์.....	29
รูปที่ 4.1 ซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์แบตช์ที่ 1 และ 2.....	31
รูปที่ 4.2 ปริมาณก๊าซชีวภาพและพีเอชในถังเอเอสบีอาร์แบตช์ที่ 1 และ 2.....	32
รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบตช์ที่ 1 และ 2.....	33
รูปที่ 4.4 ซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์แบตช์ที่ 3 4 และ 5.....	35
รูปที่ 4.5 ปริมาณก๊าซชีวภาพและพีเอชในถังเอเอสบีอาร์แบตช์ที่ 3 4 และ 5.....	36
รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบตช์ที่ 3 4 และ 5.....	37
รูปที่ 4.7 ซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์แบตช์ที่ 6 7 และ 8.....	39
รูปที่ 4.8 ปริมาณก๊าซชีวภาพและพีเอชในถังเอเอสบีอาร์แบตช์ที่ 6 7 และ 8.....	40
รูปที่ 4.9 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบตช์ที่ 6 7 และ 8.....	41
รูปที่ 4.10 ซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์แบตช์ที่ 9 10 และ 11.....	43
รูปที่ 4.11 ปริมาณก๊าซชีวภาพและพีเอชในถังเอเอสบีอาร์แบตช์ที่ 9 10 และ 11.....	44
รูปที่ 4.12 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบตช์ที่ 9 10 และ 11.....	45
รูปที่ 4.13 ซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์แบตช์ที่ 12 และ 13.....	47
รูปที่ 4.14 ปริมาณก๊าซชีวภาพและพีเอชในถังเอเอสบีอาร์แบตช์ที่ 12 และ 13.....	48

รูปที่ 4.15 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบบตซ์ที่ 12 และ 13.....	49
รูปที่ 4.16 ซีโอดีในถังเอเอสปีอาร์แบบตซ์ที่ 14 15 และ 16.....	51
รูปที่ 4.17 ปริมาณก๊าซชีวภาพและพีเอชในถังเอเอสปีอาร์แบบตซ์ที่ 14 15 และ 16.....	52
รูปที่ 4.18 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบบตซ์ที่ 14 15 และ 16.....	53
รูปที่ 4.19 ซีโอดีในถังเอเอสปีอาร์แบบตซ์ที่ 17 และ 18.....	55
รูปที่ 4.20 ปริมาณก๊าซชีวภาพและพีเอชในถังเอเอสปีอาร์แบบตซ์ที่ 17 และ 18.....	56
รูปที่ 4.21 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบบตซ์ที่ 17 และ 18.....	57
รูปที่ 4.22 ซีโอดีในถังเอเอสปีอาร์แบบตซ์ที่ 19 และ 20.....	59
รูปที่ 4.23 ปริมาณก๊าซชีวภาพและพีเอชในถังเอเอสปีอาร์แบบตซ์ที่ 19 และ 20.....	60
รูปที่ 4.24 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบบตซ์ที่ 19 และ 20.....	61
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีที่เข้าสู่ระบบกับซีโอดีที่ย่อยสลายได้ง่าย.....	63
รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ และ ซีโอดีที่ย่อยสลายได้....	63
รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะกับความเข้มข้นตะกอน.....	64
รูปที่ ง1 พื้นที่ใต้กราฟของก๊าซมีเทนเข้มข้น.....	98
รูปที่ ง2 พื้นที่ใต้กราฟของแบบตซ์ที่ 7.....	98
รูปที่ ง3 พื้นที่ใต้กราฟของแบบตซ์ที่ 8.....	99

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยม เนื่องจาก สามารถ รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง และสามารถผลิตก๊าซมีเทน เป็น พลังงาน ได้ นอกจากนี้ยังสร้างตะกอนจุลินทรีย์น้อยทำให้ลดปัญหาการจัดการตะกอนส่วนเกิน โดยทั่วไปการบำบัดน้ำเสียแบบ ไร้ออกซิเจนจะนิยมใช้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ที่มีซีโอดีมากกว่า 10,000 มก. /ล. ทำให้การวิจัยการบำบัดน้ำเสียที่ความเข้มข้นสารอินทรีย์ต่ำมีไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษากการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน โดยใช้ระบบเอเอสบีอาร์ (Anaerobic Sequencing Batch Reactor) มาบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ เนื่องจากระบบนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดโดยการ ควบคุมความเข้มข้นตะกอนได้ และถึงปฏิบัติการทำหน้าที่หลายประการในถังเดียวกัน จึงเป็นระบบที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนและประหยัดพื้นที่ ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบระบบบำบัดจริงได้

ระบบบำบัดแบบเอเอสบีอาร์ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบ ตะกอนแขวนลอย ถึงปฏิบัติการทำหน้าที่เป็นถังรับน้ำเสีย ถึงปฏิบัติการ ถึงตกตะกอน ในถังใบเดียวกัน สามารถบำบัดน้ำเสียได้ดี ในช่วงซีโอดีเท่ากับ 600-10,000 มก. /ล (Kim และคณะ, 2002) เป็นช่วงที่แคบกว่าระบบ UASB ที่สามารถบำบัดได้ในช่วงซีโอดีเท่ากับ 5,000-30,000 มก. /ล. (van den Berg และ Kennedy, 1982 อ้างถึงใน มั่นสิน ตันทุลเวศม์ , 2548) งานวิจัยของระบบเอเอสบีอาร์ ส่วนใหญ่มุ่งไปที่ช่วงซีโอดีประมาณ 1,260-9,190 มก. /ล. (Kennedy และ Lentz, 2000) แต่งานวิจัยที่ภาระสารอินทรีย์ต่ำๆยังมีน้อย ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียที่มีซีโอดีในช่วง 500-2,000 มก. /ล. จึงมีความน่าสนใจ โดยงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากบริษัท ยูทิลิตี้ บิซิเนส อัลลายแอนซ์ จำกัด (UBA) เนื่องจากประเมินว่ามีโรงงานอีกจำนวนมากที่มีภาระสารอินทรีย์ต่ำ และต้องการที่จะหารูปแบบระบบที่การเดินระบบง่ายและประหยัดกว่าระบบ UASB

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเอเอสบีอาร์ระดับจำลอง ในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ

1.2.2 ศึกษาระยะเวลาทำปฏิกิริยา และระยะเวลาตกตะกอนที่เหมาะสมต่อระบบเอเอสบีอาร์

1.2.3 ศึกษาผลของรูปแบบของการกวนต่อระบบเอเอสบีอาร์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการวิจัยในระดับจำลอง (Pilot Scale) โดยใช้ถึงปฏิบัติการแบบเอเอสบีอาร์ขนาด 2 ลบ.ม. ทำการวิจัยที่ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ใช้น้ำเสียที่ผสมกันระหว่างนมถั่วเหลือง และ น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม โดยการทดลอง ทำที่ ความเข้มข้นซีโอดีเข้าสู่ระบบประมาณ 500 1,000 2,000 และ 4,000 มก./ล. โดยจะเพิ่ม ค่าซีโอดี เริ่มต้นเมื่อค่าอัตราการย่อยสลายในแต่ละแบคทีเรียมีค่า ก่อนข้างคงที่ เพื่อหาค่าซีโอดีที่เหมาะสมต่อ ระบบเอเอสบีอาร์ ศึกษาความเข้มข้นตะกอนที่อยู่ในระบบเอเอสบีอาร์ดังนี้ 10,000 5,000 2,500 และ 1,250 มก./ล. โดยใช้ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2,000 มก./ล. จะลดความเข้มข้นตะกอนเมื่อ ค่าอัตราการย่อยสลายในแต่ละแบคทีเรียมีค่าก่อนข้างคงที่ เช่นเดียวกัน มีการวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น โดยการแทนที่น้ำตลอดการทดลอง และ มีการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อนำมาหาค่าคงที่จาก แบบจำลองและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงสถานะที่เหมาะสมของระบบเอเอสบีอาร์ ระดับจำลอง และปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำโดยใช้ระบบเอเอสบีอาร์

1.4.2 ทราบถึงความเหมาะสมในการนำระบบเอเอสบีอาร์มาบำบัดน้ำเสียที่มี ความเข้มข้นต่ำ

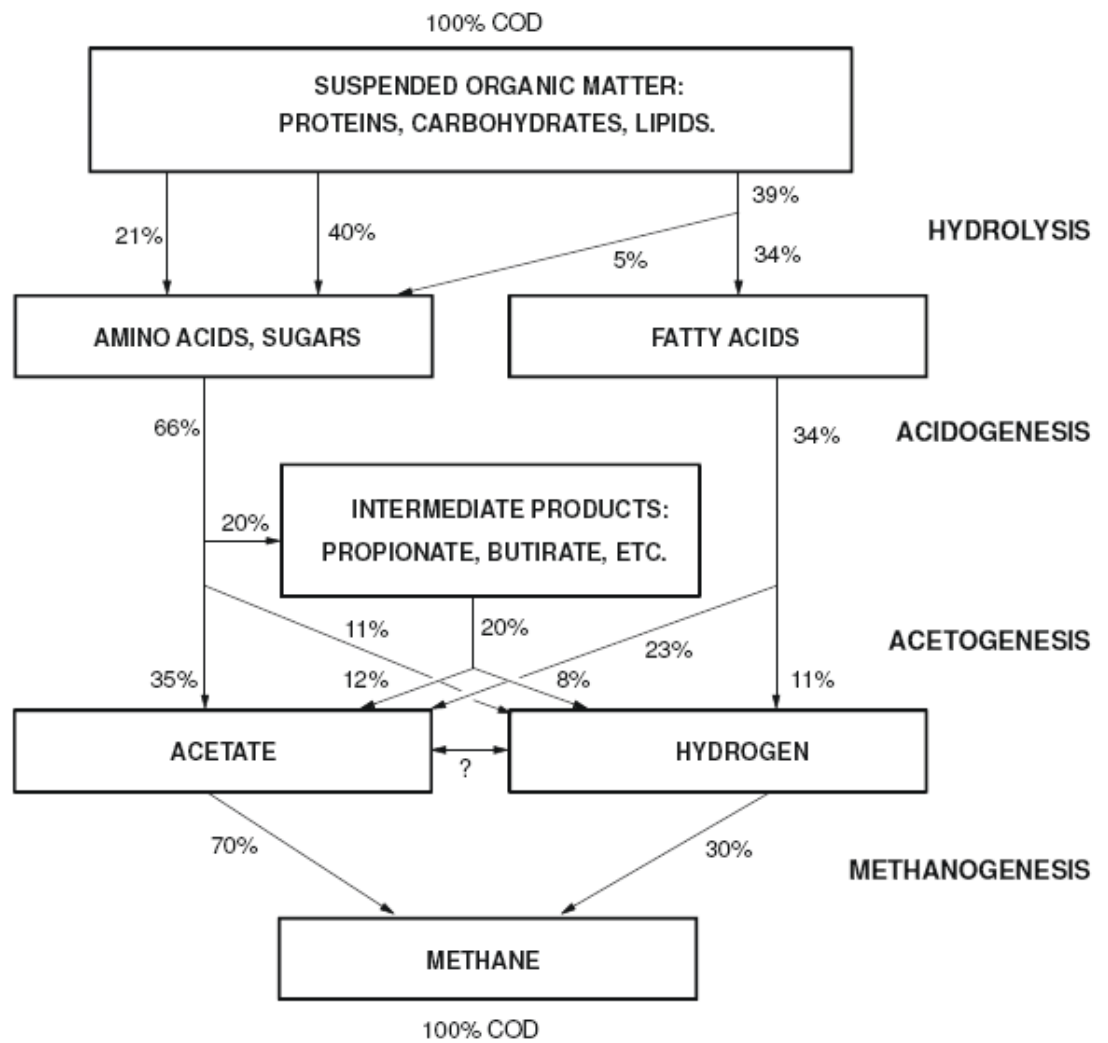
1.4.3 ทราบถึงข้อดีและข้อเสียของการกวนทั้งสองแบบ

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการบำบัดแบบไร้อากาศ

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนมีปฏิกิริยาที่สำคัญ 4 ขั้นตอนดังรูปที่

2.1



รูปที่ 2.1 กลไกการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Adrianus และ Jeroen, 2007)

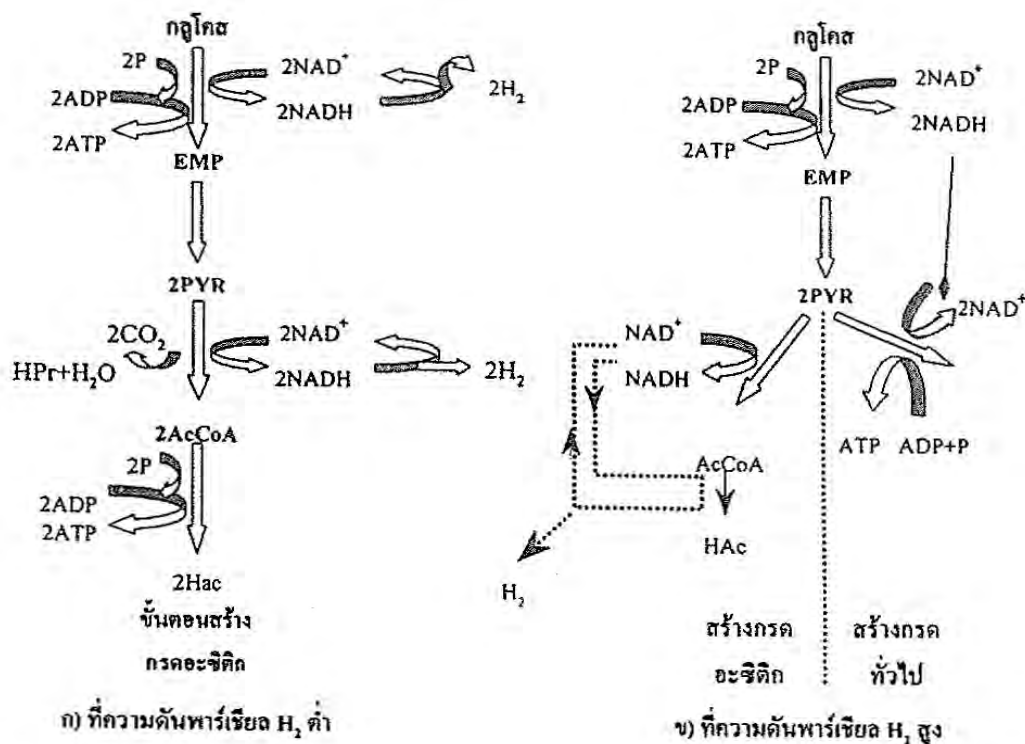
2.1.1 กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

กระบวนการไฮโดรไลซิสเป็นกระบวนการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ให้กลายเป็นสารประกอบโมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดไขมัน กรดอะมิโน โดยในขั้นตอนนี้กลุ่มแบคทีเรียที่เรียกว่า Hydrolytic Bacteria จะปล่อยเอนไซม์เพื่อทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ ให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น เอนไซม์อะไมเลส ในการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เอนไซม์ไลเปสในการย่อยสลายไขมันให้กลายเป็นกรดไขมันเป็นต้น ทั้งนี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นพบว่าไฮโดรไลซ์สารอินทรีย์ประเภทไขมันให้เปลี่ยนไปเป็น กรดไขมันและกลีเซอริน นั้นใช้ระยะเวลาที่นานที่สุดโดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีดังนี้ คือ



2.1.2 กระบวนการสร้างกรด (Acidogenesis)

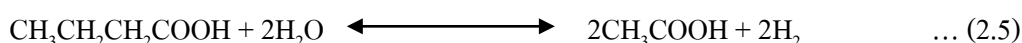
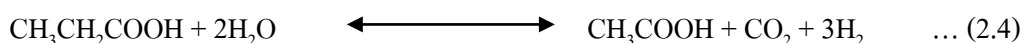
ผลผลิตจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในกระบวนการไฮโดรไลซิส เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน กรดไขมัน จะถูกกลุ่มแบคทีเรียที่เรียกว่า Fermentative Acidogenic Bacteria ดูดซึมเข้าสู่ภายในเซลล์เพื่อไปใช้เป็นอาหารและนำไปใช้ในการผลิตกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acids; VFAs) เช่น กรดโพรไพโอนิก กรดอะเซติก กรดบิวไทริก เป็นต้น ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและมีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 5 ตัว นอกจากนี้แล้วแบคทีเรียจะผลิตไฮโดรเจนกับคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาด้วย ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ ชนิดของสารอาหาร (Substrate) ที่ถูกดูดซึมเข้าสู่ภายในเซลล์ ของแบคทีเรียและแรงดันภายในของไฮโดรเจน (Hydrogen Partial Pressure) เช่น กรดไขมันชนิดยาวถูกย่อยสลายกลายเป็นกรดอะซิติกและไฮโดรเจน ภายใต้สภาวะที่มีแรงดันของไฮโดรเจนมีค่าต่ำแต่ในสภาวะที่มีแรงดันของไฮโดรเจนสูงจะถูกย่อยสลายเป็นกรดบิวไทริกและกรดโพรไพโอนิก เป็นต้น โดยปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาการสร้างกรดไขมันระเหยได้สภาวะที่ความดันพาร์เซี่ยลไฮโดรเจนสูงและ ต่ำ (Sam-Soon, 1987 อ้างถึงใน มั่นสิน ต้นทุลเวศม์, 2542)

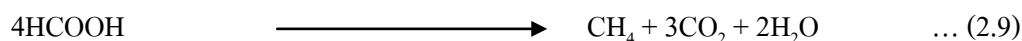
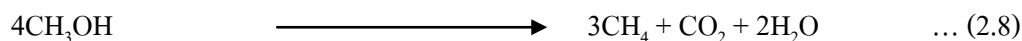
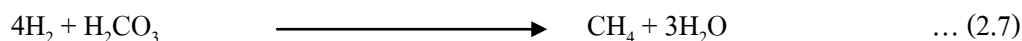
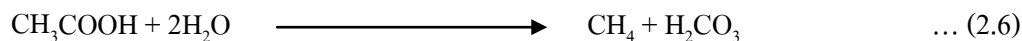
2.1.3 กระบวนการสร้างกรดอะซิติกจากกรดไขมันระเหย (Acetogenesis)

ในขั้นตอนนี้ แบคทีเรียสร้างกรดอะซิติก มีบทบาทที่สำคัญในการเป็นตัวเชื่อมระหว่างขั้นตอนในกระบวนการสร้างกรดและกระบวนการสร้างมีเทน ซึ่งแบคทีเรียในกลุ่มนี้จะทำการย่อยสลายกรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนอะตอมมากกว่า 2 อะตอม เช่น กรดโพรไพโอนิก และ กรดบิวไทริก ให้กลายเป็นกรดอะซิติก คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน ทั้งนี้เนื่องจากการผลิตมีเทนโดยแบคทีเรียสร้างมีเทนนั้นมีความต้องการสารอาหาร (Substrate) เฉพาะเจาะจงมาก ได้แก่ กรดอะซิติก และไฮโดรเจน ในการสร้างมีเทน ซึ่งในกระบวนการนี้จะเกิดการย่อยสลายกรดไขมันระเหยให้กลายเป็นกรดอะซิติกขึ้นได้ในสภาวะที่ความดันพาร์เซี่ยลของไฮโดรเจนมีค่าต่ำเท่านั้น (มั่นสิน ต้นทุลเวศม์, 2542) โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังสมการที่ 2.4 และ 2.5



2.1.4 กระบวนการสร้างมีเทน (Methanogenesis)

ในกระบวนการนี้แบคทีเรีย สร้างมีเทน จะใช้กรดอะซิติก และไฮโดรเจน สร้างก๊าซมีเทน ซึ่งนอกจากกรดอะซิติก และไฮโดรเจนแล้ว แบคทีเรียอาจใช้ สารอาหาร (Substrate) อย่างง่ายบางชนิดในการสร้างก๊าซมีเทน เช่น กรดฟอร์มิก เมทานอล ได้เช่นกัน (มันสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังสมการ 2.6, 2.7, 2.8 และ 2.9



ทั้งนี้ก๊าซที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนจะมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน ประมาณ 55 - 70 % ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 30 - 40 % และที่เหลือเล็กน้อยได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นต้น (Bitton, 1997 อ้างถึงใน อรทัย ทิมพงษ์, 2548)

2.2 ข้อดีและข้อด้อยของการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไร้ออกซิเจน

2.2.1 ข้อดี

1. สามารถทำงานได้ที่ภาระสารอินทรีย์ (Organic Loading) สูงกว่าการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้อากาศ 5 - 10 เท่า (มันสิน ตัณฑุลเวศม์, 2548)

2. ผลิตตะกอนส่วนเกิน น้อยเนื่องจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศมีค่าผลผลิตของเซลล์หรือยิลด์ (Yield) ต่ำเพียง 10% หมายความว่า แบคทีเรียไม่ใช้อากาศเจริญเติบโตขึ้นได้เพียง 10% จากอาหารที่บริโภค ยกตัวอย่างเช่น ซีโอดีที่ถูกย่อยสลาย 100 กรัม ผลิตตะกอนแบคทีเรียได้ 10 กรัม (มันสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542) ทำให้ไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายในการบำบัดตะกอนส่วนเกิน

3. สามารถพักการทำงานของระบบบำบัดได้นานเป็นเดือนหรือเป็นปีโดยไม่เกิดความเสียหายต่อระบบ (มันสิน ตัณฑุลเวศม์, 2548)

4. ประหยัดค่าพลังงานในการเดินระบบ เพราะวาระบบบำบัดไร้ออกซิเจนจะได้มีเทน ซึ่งเป็นก๊าซที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้ โดยพลังงานที่ถูกสร้างขึ้นสามารถประมาณได้ดังนี้ สมมติให้ 80 เปอร์เซ็นต์ของสารอินทรีย์ในน้ำของระบบบำบัดไร้ออกซิเจนจะถูกย่อยสลายโดย 1 กิโลกรัมซีโอดี/วัน จะเปลี่ยนเป็นมีเทน 800 กรัม/วัน ซึ่งมีเทนจะให้ความร้อน 2.98 กิโลแคลอรี/กรัมซีโอดี ดังนั้น การย่อยสลายสารอินทรีย์ 1 กิโลกรัมซีโอดี/วัน จะให้พลังงานเท่ากับ $2.98 \times 800 = 2400$ กิโลแคลอรี/วัน หรือ เท่ากับ 117 วัตต์ สมมติว่าปัจจัยการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเท่ากับ 0.3 เพื่อแปลงพลังงานจาก มีเทนนี้ให้อยู่ในรูปพลังงานไฟฟ้า ดังนั้น

สารอินทรีย์ 1 กิโลกรัมซีไอดี/วัน สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 35 วัตต์ (Haandel และคณะ, 1994 อ้างถึงใน ชำนาญ ภายประสิทธิ์, 2538)

5. ใช้ใน โตรเจนและฟอสฟอรัส น้อยกว่าระบบบำบัดแบบใช้อากาศ โดยมีอัตราส่วนระหว่างบีไอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสอย่างน้อย เท่ากับ 100:1:0.2 (McCarty, 1964 อ้างถึงใน มั่นสิน ตันทุลเวศม์, 2542) ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเติมสารเคมี

2.2.2 ข้อด้อย

1. ไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้ได้คุณภาพ น้ำสูงตามมาตรฐานน้ำทิ้ง เหมือนระบบบำบัดแบบใช้อากาศ

2. ระยะเวลาในการบำบัดนานกว่าระบบแบบใช้อากาศ ทำให้ต้องการตั้งปฏิกรณ์ขนาดใหญ่กว่าระบบแบบใช้อากาศ

จากเหตุผลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนประหยัดกว่าระบบบำบัดแบบใช้อากาศ เมื่อทำการเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนกับระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนกับระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน (มั่นสิน ตันทุลเวศม์, 2542)

การเปรียบเทียบ	ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน	ระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน
ความต้องการพลังงาน	20 - 30 วัตต์/กิโลกรัมซีไอดี/วัน	-35 วัตต์/กิโลกรัมซีไอดี/วัน
อัตราการผลิตตะกอน (กก.วีเอสเอส/กก. ซี ไอดี)	0.2 - 0.3	0.03 - 0.1
คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัด	บีไอดี < 20 มก./ล. ของแข็งแขวนลอย < 30 มก./ล. แอมโมเนีย < 5 มก./ล.	บีไอดี 50-1000 มก./ล. ของแข็งแขวนลอย 100-500 มก./ล. ไม่สามารถกำจัดแอมโมเนียได้
อัตราการรับภาระบรรทุก สารอินทรีย์ (กก.ซีไอดี/ลบ.ม –วัน)	0.5-2	2-25
ความเข้มข้นของน้ำเสีย	ซีไอดี 0.2-2.5 ก./ล ของแข็งแขวนลอย < 0.2 ก./ล	ซีไอดี 3 -100 ก./ล ของแข็งแขวนลอย < 10 ก./ล

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานและประสิทธิภาพของระบบบำบัดไร้ออกซิเจน

เนื่องจากการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน ประกอบด้วยการทำงานของแบคทีเรียสองประเภทที่ทำงานอย่างต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องรักษาสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมที่ทำให้แบคทีเรียเหล่านี้สามารถทำงานและอยู่ด้วยกันได้เป็นอย่างดี ซึ่งนอกจากจะต้องรักษาระบบให้อยู่ในสภาพไร้อากาศแล้ว ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

2.3.1 อุณหภูมิ

ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 25 - 35 องศาเซลเซียส (Metcalf และ Eddy, 2004)

2.3.2 พีเอช

ช่วงพีเอชที่เหมาะสมคือ 6.8–7.2 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียสร้างมีเทน ถ้าพีเอชน้อยกว่า 6.2 ประสิทธิภาพของระบบจะลดลงอย่างรวดเร็ว (มันสิน ตันกุลเวศม์, 2542)

2.3.3 กรดไขมันระเหยและสภาพต่าง

โดยปกติ กรดไขมันระเหย (VFA) ในถังบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศที่ทำงานได้ดีควรมีค่าประมาณ 20-200 มก.กรดอะซิติกต่อลิตร กรดไขมันระเหยที่สะสมจนมีความเข้มข้นสูงกว่าระดับที่กล่าวแสดงว่าระบบมีแบคทีเรียสร้างมีเทนน้อยเกินไปหรือแสดงว่าแบคทีเรียสร้างกรดผลิตกรด VFA ได้เร็วเกินไป กรดไขมันระเหยที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจะเป็นสัญญาณว่าระบบ กำลังเสียสมดุล เพราะทำให้พีเอชลดลงจนไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมของแบคทีเรียที่อยู่ในระบบ ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรียสร้างมีเทนหรือแบคทีเรียสร้างกรด แม้ว่าแบคทีเรียสร้างกรดจะทนต่อกรดที่ผลิตขึ้นได้มากกว่าแบคทีเรียสร้างมีเทนก็ตาม สังเกตได้จากแบคทีเรียสร้างกรดสามารถอยู่ได้ในช่วงพีเอชที่กว้างกว่า ดังนั้นสภาพต่างจึงแสดงถึงกำลังบัฟเฟอร์ของระบบซึ่งจะรักษาระบบให้มีพีเอชค่อนข้างคงที่และทนต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันระเหยได้ โดยทั่วไปกระบวนการไม่ใช้อากาศควรมีสภาพต่าง (Alkalinity) ประมาณ 1,500–2,000 มก./ล. สำหรับย่อยสลายหรือน้ำเสียเข้มข้นปริมาณสภาพต่างที่พอเพียงขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของซีโอดีที่ย่อยสลายได้ นอกจากนี้จะดูสภาพต่างแล้วยังต้องพิจารณาอัตราส่วนของกรดไขมันระเหยในรูปกรดอะซิติกต่อสภาพต่างด้วย โดยค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างน้อยกว่า 0.4 ถือได้ว่าระบบยังทำงานได้ดี แต่ถ้าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างสูงกว่า 0.8 แล้ว แสดงว่าระบบมีบัฟเฟอร์ต่ำควรรักษาเหตุที่ทำให้อัตราส่วนสูงขึ้นและแก้ไข เพราะพีเอชมีแนวโน้มลดลงจนระบบอาจล้มเหลวได้ (มันสิน ตันกุลเวศม์, 2542)

2.3.4 ธาตุอาหาร

โดยทั่วไประบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศจะต้องการ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ เท่ากับ 10 – 13, 2.0 – 2.6, 1 – 2 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัมของปริมาณเซลล์ (Metcalf และ Eddy, 2004) นอกจากนี้ยังมีสารอาหารที่ต้องการเป็นปริมาณน้อย ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณธาตุอื่นๆที่ต้องการ (Metcalf และ Eddy, 2004)

ธาตุ	ปริมาณ (มิลลิกรัม/กรัมอะซีเตตที่เกิดขึ้น)
เหล็ก	0.020
โคบอลต์	0.004
นิกเกิล	0.003
สังกะสี	0.020

2.3.5 สารพิษ

สารที่เป็นพิษต่อแบคทีเรียในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน มีอยู่หลายชนิด ซึ่งความรุนแรงขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารพิษเหล่านั้น ดังตารางที่ 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 2.3 ปริมาณสารพิษที่ขีดขวงการทำงานของแบคทีเรีย (Metcalf และ Eddy, 2004)

สาร	ความเข้มข้นที่ขีดขวงปานกลาง (มก./ล.)	ความเข้มข้นที่ขีดขวงมาก (มก./ล.)
โซเดียม, Na^+	3500 - 5500	8000
โปแตสเซียม, K^+	2500 - 4500	12000
แคลเซียม, Ca^{2+}	2500 - 4500	8000
แมกนีเซียม, Mg^{2+}	1000 - 1500	3000
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน, NH_4^+	1500 - 3000	3000
ซัลไฟต์, S^{2-}	200	200
ทองแดง, Cu^{2+}	-	0.5 (ละลายน้ำ)
		50-70 (ทั้งหมด)
โครเมียม, Cr(VI)	-	3.0 (ละลายน้ำ)
		200 - 250 (ทั้งหมด)
โครเมียม, Cr(III)	-	180 - 420 (ทั้งหมด)
		2.0 (ละลายน้ำ)
นิกเกิล, Ni^{2+}	-	30.0 (ทั้งหมด)
สังกะสี, Zn^{2+}	-	1 (ละลายน้ำ)

*หมายเหตุ – คือไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 2.4 ปริมาณสารพิษที่ขีดขบวนการทำงานของแบคทีเรีย 50%

(Metcalf และ Eddy, 2004)

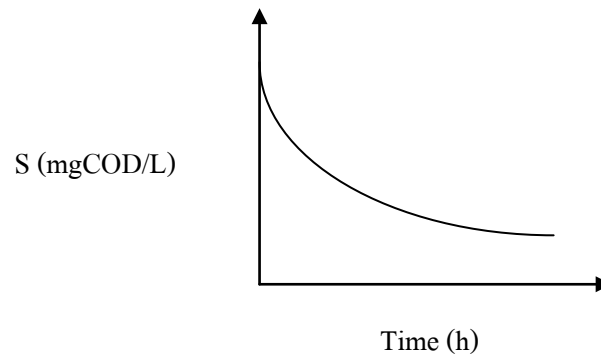
สาร	ความเข้มข้นที่ขีดขบวนการทำงานของ แบคทีเรีย 50% (มิลลิโมล)
1-Chloropropene	0.1
Nitrobenzene	0.1
Acrolein	0.2
1-Chloropropane	1.9
Formaldehyde	2.4
Lauric acid	2.6
Ethyl benzene	3.2
Acrylonitrile	4
3-Chlorol-1, 2-propandediol	6
Crotonaldehyde	6.5
2-Chloropropionic acid	8
Vinyl acetate	8
Actaldehyde	10
Ethyl acetate	11
Acrylic acid	12
Catechol	24
Phenol	26
Aniline	26
Resorcinol	29
Propanol	90

2.4 การคำนวณหาค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ (k_p)

1. วัดซีโอดีเริ่มต้น (S_0) และระหว่างทำปฏิกิริยา (S)

โดยที่ S คือความเข้มข้นซีโอดีที่ละลายน้ำได้ในถังปฏิกิริยา (มก./ล.)

2. วาดกราฟการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเทียบกับเวลา ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การลดลงของซีโอดีในระบบเมื่อเวลาผ่านไป (Metcalf และ Eddy, 2004)

3. สมมติให้ปฏิกิริยาเป็นอันดับหนึ่งดังสมการที่ 2.10 ถึง 2.15

$$\text{Monod's Equation} \quad k = \frac{k_m \cdot bS}{K_S + bS} \quad \dots 2.10$$

โดยที่ k คืออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ชม.⁻¹)

k_m คืออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด (ชม.⁻¹)

bS คือความเข้มข้นซีโอดีที่ย่อยสลายได้ที่เวลาใดๆ (มก./ล.)

K_S คือความเข้มข้นที่อัตราการย่อยสลายเป็นครึ่งหนึ่ง (มก./ล.)

$$k = \frac{1}{X} \frac{dX}{dt} \quad \text{ดังนั้น} \quad \frac{1}{X} \cdot \frac{dX}{dt} = \frac{k_m \cdot bS}{K_S + bS} \quad \dots 2.11$$

โดยที่ X คือความเข้มข้นของแฉ่งแขวนลอย (มก./ล.)

t คือเวลา (ชั่วโมง)

$$\text{จะได้} \quad \frac{dX}{dt} = \frac{k_m \cdot bS \cdot X}{K_S + bS} \quad \dots 2.12$$

$$Y = \frac{dX}{dbS} \quad \text{ดังนั้น} \quad \frac{dbS}{dt} = \frac{1}{Y} \cdot \frac{k_m \cdot bS \cdot X}{K_S + bS} \quad \dots 2.13$$

โดยที่ Y คือ yield (มก.VSS/มก.ชีโอดีที่ถูกกำจัด)

ในกรณีที่ค่า $K_S \gg bS$ ดังนั้น $K_S + bS \approx K_S$ จะได้

$$\frac{dbS}{dt} = \left[\frac{1}{Y} \cdot \frac{k_m}{K_S} \right] \cdot X \cdot bS \quad \dots 2.14$$

$$\text{ให้ } k_1 = \frac{k_m}{Y \cdot K_S} \quad \text{ดังนั้น} \quad \frac{dbS}{dt} = k_1 \cdot X \cdot bS \quad \dots 2.15$$

โดยที่ k_1 คือค่าคงที่ของปฏิกิริยาอันดับที่ 1 (ชั่วโมง⁻¹)

$$\text{หรือ} \quad \frac{1}{bS} \frac{dbS}{dt} = k_1 \cdot X \cdot dt \quad \dots 2.16$$

$$\text{จะได้} \quad \ln \left[\frac{bS_0}{bS} \right] = k_1 \cdot X \cdot t \quad \dots 2.17$$

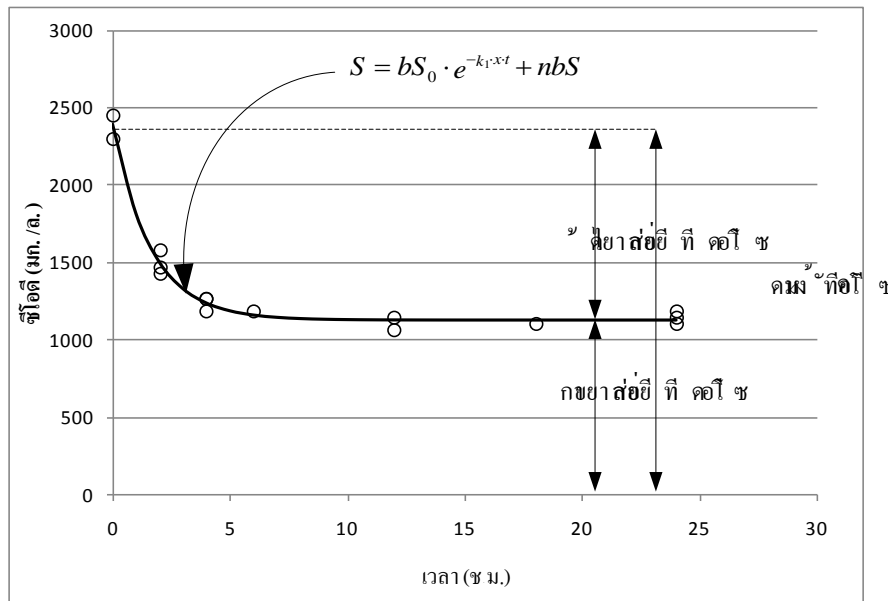
โดยที่ bS_0 คือความเข้มข้นชีโอดีย่อยสลายได้เริ่มต้น (มก./ล.)

$$\text{หรือ} \quad bS = bS_0 \cdot e^{-k_1 \cdot X \cdot t} \quad \dots 2.18$$

ถ้าในน้ำเสียมีชีโอดีที่ย่อยสลายยาก (nbS) ค่าชีโอดีในน้ำ (S) ที่วัดได้ควรเป็น

$$S = bS + nbS \quad \dots 2.19$$

4. ใช้โปรแกรม SPSS หาค่า $k_1 \cdot X$, bS_0 และ nbS ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กราฟระหว่างชีโอดีในถังเอเอสบีอาร์ กับเวลา

5. หาค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ (k) จาก สมการที่ 2.20

$$k = \frac{k_1 \cdot X}{X} \quad \dots 2.20$$

โดยที่ k คืออัตราการย่อยสลายจำเพาะ (ชั่วโมง⁻¹)

2.5 การคำนวณหาภาระสารอินทรีย์ของระบบแอสปีอาร์

ภาระสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate, OLR) คำนวณได้จากสมการที่ 2.21 แต่การคำนวณภาระสารอินทรีย์อาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นเนื่องจาก ความเข้มข้นซีโอดีที่ใช้ในสมการที่ 2.21 เป็นความเข้มข้นซีโอดีทั้งหมด แต่ในการกำจัดซีโอดีนั้น ในน้ำเสียมีทั้งซีโอดีที่ย่อยสลายง่าย (bS) และ ซีโอดีที่ย่อยสลายยาก (nbS) ดังนั้นค่าซีโอดีที่ใช้ควรจะเป็น ซีโอดีที่ย่อยสลายง่าย จึงจะทำให้คำนวณค่าภาระสารอินทรีย์ได้แม่นยำยิ่งขึ้น

$$OLR = \frac{V_1 \cdot COD \cdot n}{V_2 \cdot 1000} \quad \dots 2.21$$

OLR ภาระสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)

V_1 ปริมาณของน้ำเสียที่บำบัดต่อรอบการทำงาน (ลบ.ม.)

V_2 ปริมาณน้ำเสีย + ปริมาตรตะกอน (ลบ.ม.)

COD ซีโอดีที่ถูกกำจัด (มก./ล.)

n จำนวนรอบในการทำงานต่อวัน

หมายเหตุ 1 รอบในการทำงานมี 4 ขั้นตอนคือ 1.ป้อนน้ำเสีย 2.กวน 3.ตกตะกอน 4.ทิ้งน้ำที่บำบัด

ตัวอย่างการคำนวณ

ในการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นซีโอดี 500 มก./ล. ปริมาตร 10 ลบ.ม. จนเหลือความเข้มข้นซีโอดี 100 มก./ล. ในถังปฏิกริยามีปริมาตรตะกอน 0.5 ลบ.ม. ระบบสามารถบำบัดน้ำเสียได้ 1 ลบ.ม. ต่อรอบทำการเดินระบบ 2 รอบต่อวัน สามารถหาภาระสารอินทรีย์ของระบบเอเอสปีอาร์ได้ดังนี้

จาก น้ำเสียความเข้มข้นซีโอดี 500 มก./ล. กำจัดซีโอดีจนเหลือ 100 มก./ล.

จะได้ COD = 400 มก./ล.

จาก ระบบสามารถบำบัดน้ำเสียได้ 1 ลบ.ม. ต่อรอบ จะได้ $V_1 = 1$ ลบ.ม.

จาก ปริมาตรตะกอน 0.5 ลบ.ม. และ ระบบสามารถบำบัดน้ำเสียได้ 1 ลบ.ม. ต่อรอบ จะได้ $V_2 = 0.5 + 1.0 = 1.5$ ลบ.ม.

จาก การเดินระบบ 2 รอบต่อวัน จะได้ $n = 2$

นำค่าที่ได้ข้างต้นมาแทนในสูตรที่ 2.21 จะได้

$$OLR = \frac{1 \text{ ลบ.ม.} * 400 \text{ มก./ล.} * 2}{1.5 \text{ ลบ.ม.} * 1000} = 0.53 \text{ กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน} \quad \text{ตอบ}$$

2.6 ลักษณะใบกวน

การเลือกชนิดใบกวน และการคำนวณลักษณะของใบกวนจากงานวิจัยของ Michelan และคณะ (2009) พบว่าใบกวนชนิดเทอร์ไบน์ สามารถทำให้ค่าคงที่ปฏิกริยาอันดับที่ 1 มีค่าสูงที่สุด โดยงานวิจัยเลือกใช้ สัดส่วนในการคำนวณใบกวนดังนี้

$Li/Di = 0.25$; Li ความยาวของใบกวนแต่ละใบ (ม.)

; Di เส้นผ่านศูนย์กลางของใบกวน (ม.)

$Wi/Di = 0.2$; Wi ความกว้างของใบกวน (ม.)

$Dt/Di = 3$; Dt ความกว้างของถังเอเอสปีอาร์ (ม.)

$H_L/Di = 3$; H_L ขนาดความสูงของแผ่นบัฟเฟอร์ (ม.)

$Hi/Di = 1$; Hi ระยะความสูงจากก้นถังถึงใบกวน (ม.)

$W_b = 0.1Dt$; W_b ความกว้างของแผ่นบัฟเฟอร์ (ม.)

คำนวณรายละเอียดของใบกวนได้ดังนี้

เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของใบกวน (D_i)

จาก $D_t/D_i = 3$ โดย $D_t = 1.17$ เมตร

จะได้ $D_i = 1.17/3 = 0.39$ เมตร เลือกใช้ $D_i = 0.39$ เมตร

ความยาวของใบกวนแต่ละใบ (L_i)

จาก $L_i/D_i = 0.25$

จะได้ $L_i = 0.39 * 0.25 = 0.0975$ เมตร เลือกใช้ $L_i = 0.1$ เมตร

ขนาดความกว้างของใบกวนแต่ละใบ (W_i)

จาก $W_i/D_i = 0.2$; $D_i = 0.39$ เมตร

จะได้ $W_i = 0.39 * 0.2 = 0.078$ เมตร เลือกใช้ $W_i = 0.08$ เมตร

ขนาดความสูงของแผ่นบัฟเฟอร์ (H_L)

จาก $H_L/D_i = 3$; $D_i = 0.39$ เมตร

จะได้ $H_L = 3 * 0.39 = 1.17$ เมตร เลือกใช้ $H_L = 1.7$ เมตร เนื่องจากระดับน้ำสูงประมาณ 1.5 เมตร

ขนาดความกว้างของแผ่นบัฟเฟอร์ (W_b)

จาก $W_b = 0.1Dt$; $D_t = 1.17$ เมตร

จะได้ $W_b = 0.1 * 1.17 = 0.117$ เมตร เลือกใช้ $W_b = 0.12$ เมตร

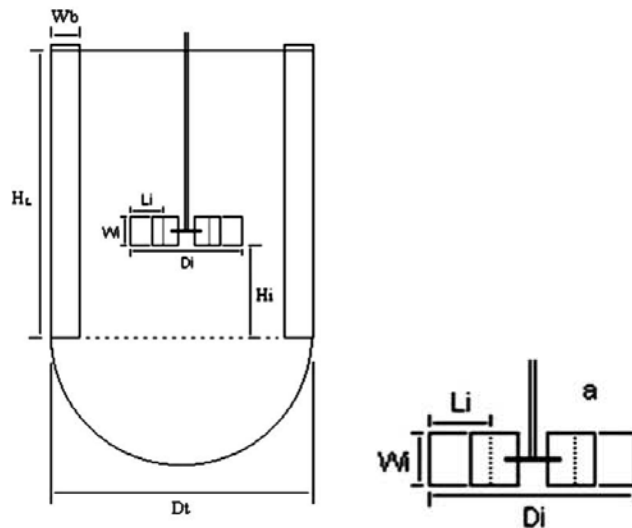
ขนาดความสูงจากก้นถังถึงใบกวน (H_i)

จาก $H_i/D_i = 1$; $D_i = 0.39$ เมตร

จะได้ $H_i = 1 * 0.39 = 0.39$ เมตร เลือกใช้ $H_i = 0.39$ เมตร

ความเร็วรอบในการกวน จากงานวิจัยของ Michelin และคณะ, 2009 ใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 50 รอบ/นาที แต่ในการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50-75 รอบ/นาที ดังนั้นจึงเลือกความเร็วรอบเท่ากับ 75 รอบ/นาที เพื่อให้มีการกวนแบบสมบูรณ์

ใช้ใบกวนแบบเทอร์โบมีขนาด L_i 10 ซม. W_i 8 ซม. D_i 39 ซม. มีระยะ H_L 170 ซม. H_i 37 ซม. W_b 12 ซม. ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 รายละเอียดของใบกวน

ใบกวนที่ใช้งานจริง มีความแตกต่างกับแบบในรูปที่ 2.5 เนื่องจากความแตกต่างในการยึดใบกวนกับเพลลา ข้อจำกัดในการสร้าง และติดตั้ง ซึ่งใบกวนที่ใช้งานจริง ดังรูป 2.6 สามารถติดตั้งในถังเอสปีอาร์ได้สะดวกมากกว่า



รูปที่ 2.6 ใบกวนที่ได้จากการคำนวณ

2.7 ปริมาตรก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นตามทฤษฎี



จะได้ 1 โมล ก๊าซมีเทน ต่อ 64 กรัมซีไอดี

ดังนั้น จะได้ 22.4 ลิตร ก๊าซมีเทน ต่อ 64 กรัมซีไอดี ที่ 273 องศาเซลวิน

จาก
$$\frac{V_{273}}{T_{273}} = \frac{V_{303}}{T_{303}}$$
 ... 2.23

โดยที่ V_{273} คือปริมาตรก๊าซที่ 273 องศาเซลวิน (ลิตร)

T_{273} อุณหภูมิที่ 273 องศาเซลวิน (เคลวิน)

โดยที่ V_{303} คือปริมาตรก๊าซที่ 303 องศาเซลวิน (ลิตร)

T_{303} อุณหภูมิที่ 303 องศาเซลวิน (เคลวิน)

จะได้ปริมาตรก๊าซมีเทน ที่ 30 องศาเซลเซียส หรือ 303 องศาเซลวิน (V_{303})

$$\frac{22.4}{273} = \frac{V_{303}}{273+30}$$

จะได้ ปริมาตรก๊าซมีเทน 1 โมลที่ 30 องศาเซลเซียส เท่ากับ 24.86 ลิตร

ดังนั้น 24.86 ลิตรก๊าซมีเทน เท่ากับ ซีไอดี 64 กรัม

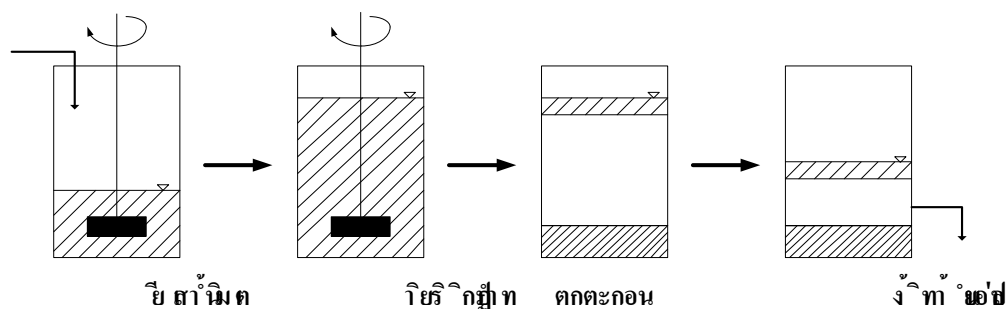
ดังนั้น ซีไอดี 1 กิโลกรัมจะได้ ก๊าซมีเทน = $\frac{24.86 \times 1000}{64 \times 1000} = 0.38$ ลบ.ม

2.8 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ เอเอสบีอาร์ (Anaerobic Sequencing Batch Reactor; ASBR)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ ASBR จัดเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนแขวนลอย (Suspended Growth) ที่มีการเดินระบบใน Mode ของ Batch Feed System โดยระบบสามารถจำแนกการเดินระบบเป็น 4 ระยะ ดังรูปที่ 2.7 คือ การป้อนน้ำเสีย (Substrate Feed Phase) การเกิดปฏิกิริยา (React Phase) การตกตะกอน (Settle Phase) และทำให้ตะกอนรวมตัวแน่นและการระบายน้ำเสียออกจากระบบ (Effluent Decant Phase)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ ASBR ได้รับการคิดค้นมาจาก Dague และคณะ ที่มหาวิทยาลัย Iowa State เริ่มทำการศึกษาดังแต่ปี 2503 โดยคุณสมบัติที่สำคัญของการบำบัดน้ำเสียแบบ ASBR คือ การสร้างสภาวะที่เอื้ออำนวยในการตกตะกอนของมวลชีวภาพในถังปฏิกิริยา เพื่อเพิ่มระยะเวลากักกัก ชลศาสตร์ (HRT) ที่สั้น รวมถึงถังปฏิกิริยาสามารถสร้างขบวนการคัดเลือกและพัฒนาเม็ดจุลินทรีย์ให้เกิดขึ้นในถังปฏิกิริยาเช่นเดียวกับที่พบกันถังปฏิกิริยา UASB ในถังปฏิกิริยา ASBR มีลักษณะการทำงานสามารถจำแนกได้เป็น 4 ระยะ สำหรับรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในถังปฏิกิริยามีดังนี้ (Ndon และ Dague, 1997) ดังรูปที่ 2.7

1. ขั้นตอนการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ มีระยะเวลาขึ้นกับปริมาณน้ำเสียที่ต้องการบำบัด
2. ขั้นตอนการทำปฏิกิริยา มีการกวนน้ำในระบบเพื่อให้น้ำเสียกับแบคทีเรียได้สัมผัสกันอย่างทั่วถึง
3. ขั้นตอนการตกตะกอน จะหยุดการกวนน้ำในระบบเพื่อให้ตะกอนจมตัวลงแยกออกจากน้ำใส
4. ขั้นตอนปล่อยน้ำเสียออกจากระบบ เป็นการปล่อยน้ำที่บำบัดแล้วออกจากระบบ



รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการเดินระบบ Anaerobic Sequencing Batch Reactor; ASBR

(Metcalf และ Eddy, 2004)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของระบบเอเอสปีอาร์

Ndon และ Dague (1997) ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บกักน้ำในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบ เอเอสปีอาร์บำบัดน้ำเสียที่มีภาระสารอินทรีย์ต่ำ ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีซีโอดีในช่วง 400-1000 มก./ล. อุณหภูมิ 15, 20, 25 และ 35 องศาเซลเซียส ระยะกักพักชลศาสตร์ 12, 16, 24 และ 48 ชั่วโมง ระยะเวลาป้อนน้ำเสีย 5-12 นาที ระยะเวลาทำปฏิกิริยา 170-190 นาที ระยะเวลาตกตะกอน 40 นาที ระยะเวลาระบายน้ำทิ้ง 5-12 นาที พบว่าเมื่อน้ำเสียมีซีโอดีในช่วง 400-600 มก./ล. จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงสุดมากกว่า 90% ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 24-48 ชั่วโมง ปริมาณตะกอนอยู่ในช่วง 8000-9000 มก./ล.

Kennedy และ Lentz (2000) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มาจากน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบ โดยเปรียบเทียบระหว่างการบำบัดโดยระบบ ยูเอสบี และ เอเอสปีอาร์ โดยทดลองที่ภาระสารอินทรีย์อยู่ในช่วง 0.6-19.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาป้อนน้ำเสียและระยะเวลาทำปฏิกิริยา 9, 15 และ 21 ชั่วโมง ระยะเวลาในการตกตะกอนแล้วระบายน้ำทิ้ง 1 และ 2 ชั่วโมง พบว่าระบบยูเอสบีมีประสิทธิภาพในการบำบัดอยู่ในช่วง 77-90%

Shizas และ Bagley (2002) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์จากกลูโคสโดยใช้ระบบ เอเอสปีอาร์ พบว่าค่าภาระสารอินทรีย์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.11-0.28 กก.ซีโอดี/วีเอสเอส-วัน และสามารถสูงได้ถึง 0.47-0.63 กก.ซีโอดี/วีเอสเอส-วัน และ พบว่าที่ cycle time ค่าหนึ่ง ระยะเวลาเติมน้ำเสียที่มากกว่าจะให้ประสิทธิภาพดีกว่า ในการบำบัดน้ำเสียที่สามารถเปลี่ยนเป็นกรดได้ง่ายเช่น น้ำเสีย ประเภทที่มีส่วนผสมของกลูโคส

Rodrigues และคณะ (2003) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีซีโอดีประมาณ 485 มก./ล. โดยใช้ระบบ เอเอสปีอาร์ที่มีจุลินทรีย์ เป็นเม็ด ใช้ใบกวนแบบ 6 แฉก รอบในการกวน 0, 25, 50, และ 75 รอบต่อนาที พบว่า รอบในการกวนที่เหมาะสมคือ 50 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ละลายน้ำได้ 88% ถ้าความเร็วรอบมากกว่า 75 รอบต่อนาทีจะทำให้เม็ดตะกอนแตกได้

อรทัย ทิมพงษ์ (2548) ศึกษาความสามารถของระบบเอเอสปีอาร์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีซีโอดี 250 มก./ล. มีตัวแปรคือ ระยะกักพักชลศาสตร์ ที่ 48, 24 และ 12 ชม. ค่าภาระสารอินทรีย์ 0.125, 0.25 และ 0.5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาป้อนน้ำเสีย 10 นาที ระยะเวลาทำปฏิกิริยา 300 นาที ระยะเวลาตกตะกอน 30 นาที ระยะเวลาระบายน้ำทิ้ง 10 นาที พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีทั้งหมดมากที่สุด 97.33% ที่ระยะกักพักชลศาสตร์ 12 ชม.

Mockaitis และคณะ (2006) ทำการศึกษาความเหมาะสมของภาวะสารอินทรีย์ ยับกับปริมาณต่างที่เพิ่มเติมในระบบโดยใช้ระบบเอเอสปีอาร์ที่มีตะกอนเป็นเมล็ดบำบัดน้ำเสียที่มีซีโอดีในช่วง 500-4000 มก.ซีโอดี/ล. พบว่าที่ความเข้มข้นซีโอดีประมาณ 500 มก./ล. ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 8 ชม. ประมาณตะกอนประมาณ 69.8 กรัมของแข็งระเหยง่ายทั้งหมด สามารถกำจัดซีโอดีละลายน้ำได้ 90% มีรอบในการกวน 50 และ 75 รอบต่อนาที ปริมาณความเข้มข้น ไบคาร์บอเนต 250 มก./ล. เป็นสัดส่วนประมาณ 50% ของมิลลิกรัมไบคาร์บอเนตต่อมิลลิกรัมซีโอดี

Arooj และคณะ (2007) ศึกษาระยะเวลาในการตกตะกอนที่มีผลต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ในช่วง 20 นาที ถึง 180 นาที โดยใช้ระบบเอเอสปีอาร์บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมมาจากกลูโคส พบว่า ระยะเวลาในการตกตะกอนที่ 20 นาทีจะสามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้มากที่สุดถึง 0.27 โมล ก๊าซไฮโดรเจน/โมลกลูโคสที่เติม และ 0.52 มล./กรัมของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย ชม. แต่ถ้าระยะเวลาตกตะกอนเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการผลิต ก๊าซไฮโดรเจนจะยิ่งลดลง

Satri และคณะ (2007) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีภาวะสารอินทรีย์อยู่ในช่วง 0.6-1.2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยใช้ระบบ เอเอสปีอาร์ ขนาดระบบจำลอง (Pilot Scale) ทำการเปรียบเทียบระหว่างลักษณะการกวนโดยใช้ใบกวน กับการวนน้ำกลับในถังปฏิกิริยา ลักษณะของรูปแบบถังคือ อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลาง กับความลึกถังปฏิกิริยา ระยะเวลาป้อนน้ำเสีย 2 ชม. ระยะเวลาทำปฏิกิริยา 3 ชม. ระยะเวลาตกตะกอน 2 ชม. ระยะเวลาระบายน้ำทิ้ง 1 ชม. พบว่าการกวนโดยใช้ใบกวนมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้ดีกว่าแบบการวนน้ำกลับในถังปฏิกิริยา ความสามารถในการลดซีโอดีและ ของแข็งทั้งหมดของการกวนโดยใช้ใบกวนคือ 60% และ 80% ตามลำดับ แต่ลักษณะรูปแบบถังไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี

Pinheiro และคณะ (2008) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ระบบเอเอสปีอาร์ที่มีการกวนโดยใช้ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนในระบบโดยมีความเร็วไหลขึ้นเท่ากับ 5, 7 และ 10 เมตร/ชม. ซีโอดีของน้ำเสียเท่ากับ 500, 1000 และ 1500 มก./ล. พบว่าความเร็วไหลขึ้นที่เหมาะสมเท่ากับ 7 เมตร/ชม. มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 85%, 80% และ 82% ตามลำดับ ปริมาณตะกอน 14000 มก./ล.

Michelan และคณะ (2009) ทำการศึกษาการถ่ายเทมวลและการกินไฟฟ้า เมื่อมีลักษณะใบกวนที่แตกต่างกัน ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ความเข้มข้นซีโอดีประมาณ 800 มก./ล. พบว่า ใบกวนแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเพิ่มจำนวนรอบในการกวน จาก 50 รอบ/นาที เป็น 75 รอบ/นาที ทำให้ค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับที่มีค่ามากขึ้น

จากการศึกษาที่ผ่านมาดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบเอเอสบีอาร์ได้ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา

พารามิเตอร์	ค่าที่งานวิจัยเคยศึกษามา
ระยะเวลาการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ	10 - 120 นาที ขึ้นกับปริมาณน้ำเสีย
ระยะเวลาการทำปฏิกิริยา	3 - 21 ชั่วโมง
ระยะเวลาในการตกตะกอน	30 - 120 นาที
ระยะเวลาในการระบายน้ำออก	5 - 60 นาที
รอบในการกวน	50 - 75 รอบต่อนาที
ความเร็วไหลขึ้นของน้ำในระบบ	7 เมตร/ชม.
ปริมาณความเข้มข้นตะกอนในระบบ	8000-14000 มก./ล.
ความเข้มข้นซีโอดีเข้าสู่ระบบ	320 - 6000 มก./ล.

บทที่ 3

แผนงานและการดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

การทดลองกระทำที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ประกอบด้วยถังปฏิกริยาเอสบีอาร์ ถึงผสมน้ำเสีย ถึงเก็บตะกอน ขนาดดังตารางที่ 3.3 ในทุกการทดลองจะมีปริมาตรตะกอน 0.5 ลบ.ม บำบัดน้ำเสียปริมาตร 1 ลบ.ม โดยจะแบ่งการทดลองเป็นสามช่วงการทดลอง ดังนี้

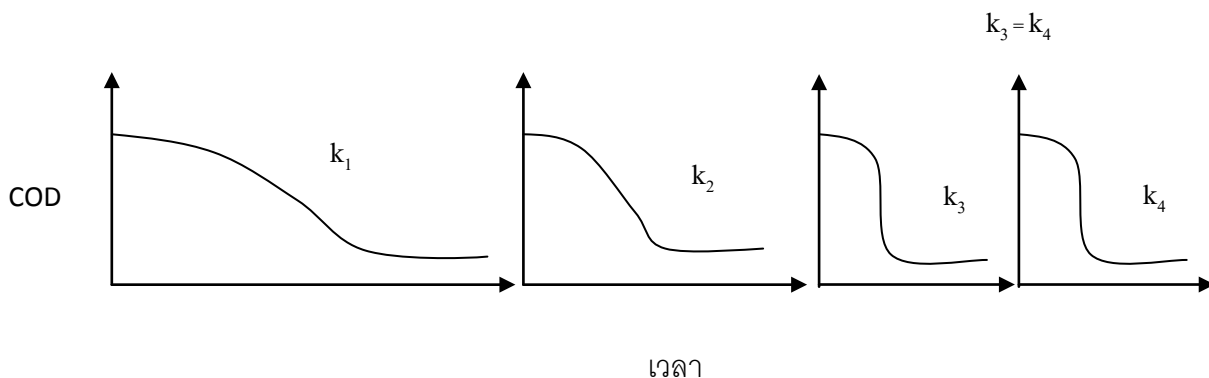
- ช่วงที่ 1 ศึกษาผลของ ซีโอดีที่เข้าสู่ระบบ โดยจะเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีดังตารางที่ 3.1 ในแต่ละแบตช์จะทำการกวนไปจนกว่า ซีโอดีที่วัดได้ในถัง ก่อนข้างคังที่ และเปลี่ยนค่าซีโอดีเริ่มต้น เมื่อ ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะก่อนข้างคังที่ ดังรูปที่ 3.1

- ช่วงที่ 2 ศึกษาผลของ ความเข้มข้นตะกอนในระบบ โดยใช้ซีโอดีเริ่มต้นเท่ากับ 2000 มก./ล. ทำการลดความเข้มข้นตะกอนดังตารางที่ 3.1 ในแต่ละแบตช์จะทำการกวนไปจนกว่า ซีโอดีที่วัดได้ในถัง ก่อนข้างคังที่ และเปลี่ยนความเข้มข้นตะกอนเมื่อ ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะมีก่อนข้างคังที่ ดังรูปที่ 3.1

- ช่วงที่ 3 ศึกษาผลของการใช้ไบกวนแทนการใช้ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนในระบบ โดยเปลี่ยนจากปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนในระบบ มาเป็นใช้ไบกวน แทน ความเข้มข้นซีโอดี และ ความเข้มข้นตะกอนในระบบดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลอง

ช่วงการทดลองที่	ซีโอดี (มก./ล.)	ความเข้มข้นตะกอน (มก./ล.)	ลักษณะการกวน
1/1	500	10000	ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียน
1/2	1000	10000	ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียน
1/3	2000	10000	ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียน
1/4	4000	10000	ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียน
2/1	2000	5000	ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียน
2/2	2000	2500	ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียน
2/3	2000	1250	ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียน
3	2000	1250	ไบกวน



รูปที่ 3.1 ค่า k ของระบบในแต่ละรอบในการบำบัด

3.2 การเตรียมน้ำเสีย

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้มาจากการผสมกันระหว่าง น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ลักษณะสมบัติดังตารางที่ 3.2 กับนมถั่วเหลืองเพื่อให้มีลักษณะใกล้เคียงกับน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตแป้ง และให้ได้ซีโอดีตามที่ต้องการ โดยมีการเติมสภาพต่างโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อรักษาค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 7.0-7.5

ตารางที่ 3.2 ลักษณะของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (ตารางที่ ก1 หน้า 73)

พารามิเตอร์	พิสัย	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ซีโอดีทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.4-19.1	12.1±4.3
ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.0-17.5	12.4±4.6
ทีเคเอ็น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.3-2.2	1.2±0.6
แอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.1-1.0	0.4±0.2

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ในตาราง 3.3

ตารางที่ 3.3 อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์	วัสดุ/ชนิด	ปริมาตร/ จำนวน	รายละเอียด
1. ถังปฏิกริยาเอเอสบีอาร์	โพลีเอทิลีน	2 ลบ.ม	- สูง 2.17 ม. - เส้นผ่านศูนย์กลาง 11.7 ม.
		1 ถัง	- หน้าตัดเป็นวงกลม - ดังรูป 3.2
2. ถังผสมน้ำเสีย	โพลีเอทิลีน	2 ลบ.ม	- สูง 2.17 ม. - เส้นผ่านศูนย์กลาง 11.7 ม.
		1 ถัง	- หน้าตัดเป็นวงกลม - ดังรูป 3.3
3. ถังเก็บตะกอน	โพลีเอทิลีน	2 ลบ.ม	- สูง 2.17 ม. - เส้นผ่านศูนย์กลาง 11.7 ม.
		1 ถัง	- หน้าตัดเป็นวงกลม - ดังรูป 3.3
4. อุปกรณ์ สังเกตการ ตกตะกอน	พลาสติกอะคริลิกใส	1 ชุด	- ท่ออะคริลิกใสขนาด 2 นิ้ว - ดังรูป 3.4
5. เครื่องสูบน้ำหมุนเวียน	เหล็ก	1 ชุด	- บั๊มจุ่ม ชนิดสูบน้ำตะกอนได้
			- อัตราการไหล 6 ลบ.ม/ชม.
			- ใช้สูบน้ำหมุนเวียน
			- ดังรูป 3.5
6. เครื่องสูบน้ำเสียเข้าถัง	เหล็ก	1 ชุด	- บั๊มจุ่ม ชนิดสูบน้ำตะกอนได้
			- อัตราการไหล 6 ลบ.ม/ชม.
			- ใช้สูบน้ำหมุนเวียน
			- ดังรูป 3.6
7. เครื่องวัดปริมาณก๊าซ	ตามแบบของ สักดิ์ชัย โอภาสวัชชัย (2526)	1 ชุด	- ดังรูป 3.7



รูปที่ 3.2 ถังปฏิบัติการยาเอสบีอาร์



รูปที่ 3.3 ถังผสมน้ำเสีย และ ถังเก็บตะกอน



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ ตั้งเหตุการณ์ตกตะกอน



รูปที่ 3.5 เครื่องสูบน้ำหมุนเวียน



รูปที่ 3.6 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าถัง



รูปที่ 3.7 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ (ศักดิ์ชัย โอภาสวัตชัย, 2526)

3.4 แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและก๊าซ

3.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำและก๊าซ

สำหรับจุดเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการทดสอบจะมีทั้งหมด 2 จุด คือ จุดเก็บตัวอย่างเพื่อวัดซีโอดีในถัง จะเก็บที่ความสูงจากก้นถัง 81 ซม. และ จุดเก็บตัวอย่างเพื่อวัดการตกตะกอน จะเก็บที่ความสูงจากก้นถัง 24 81 119 ซม. ตามลำดับ ส่วนจุดเก็บตัวอย่างก๊าซ มี 1 จุด คือ บริเวณท่อที่ต่อออกจากด้านบนของถังเอเอสบีอาร์ไปยังอุปกรณ์เก็บก๊าซ

3.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและก๊าซ

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ จะวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี และทางกายภาพของน้ำ ได้แก่ พีเอช สภาพต่างทั้งหมด กรดอินทรีย์ระเหย ตะกอนแขวนลอย และ ซีโอดี ส่วนการวิเคราะห์ก๊าซ โดยการหาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน และส่วนประกอบของก๊าซมีเทน โดยแผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและก๊าซ แสดงไว้ในตารางที่ 3.4

วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ วิเคราะห์ตามหนังสือ Standard Method ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

- พีเอช : โดยการวัดด้วยเครื่องวัดพีเอช
- สภาพต่างทั้งหมด : โดยวิธีไตเตรท
- ซีโอดี : โดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด
- ตะกอนแขวนลอย : โดยวิธีใช้กระดาษกรองใยแก้ว
- กรดอินทรีย์ระเหย : โดยวิธีไตเตรท

วิธีการวัดและการวิเคราะห์ก๊าซ

- ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นแต่ละวัน : เครื่องวัดก๊าซ (ศักดิ์ชัย โอภาสวัตรชัย, 2526)
- ส่วนประกอบของก๊าซมีเทน : เครื่องมือแยกและวิเคราะห์หาปริมาณสารใน

สภาวะแก๊ส

- สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแปรเปลี่ยนตามที่ทำการศึกษา ได้แก่

1. ค่าซีโอดีทั้งหมด (Total COD)
2. พีเอช (pH)
3. สภาพด่างทั้งหมด (Total Alkalinity)
4. กรดอินทรีย์ระเหย (Volatile Fatty Acid)
5. ตะกอนแขวนลอย (Suspended Solids)
6. ปริมาณก๊าซทั้งหมด (Total Gas Volume)
7. เปอร์เซ็นต์ก๊าซ มีเทน (CH₄)

ตารางที่ 3.4 แผนการเก็บ และวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและก๊าซ

ตัวแปรตาม	เก็บจากถังเอเอสปีอาร์	เก็บจากเครื่องวัดปริมาณก๊าซ	ตำแหน่งความสูงจากก้นถัง (ซม.)
- พีเอช	ทุกๆ 2, 6, 12, 24 ชม. และทุกวัน	-	81
- ซีโอดีรวม	ทุกๆ 2, 6, 12, 24 ชม. และทุกวัน	-	81
- สภาพ ด่างทั้งหมด	เริ่มต้น และ ก่อนตกตะกอน	-	81
- กรดอินทรีย์ระเหย	เริ่มต้น และ ก่อนตกตะกอน	-	81
- ตะกอนแขวนลอย	เริ่มต้น และ ก่อนตกตะกอน	-	24, 81 และ 119
- ปริมาณก๊าซทั้งหมด	-	ตลอดเวลาเดินระบบ	200

3.5 การติดตั้งถังปฏิกริยาและหลักการทำงาน

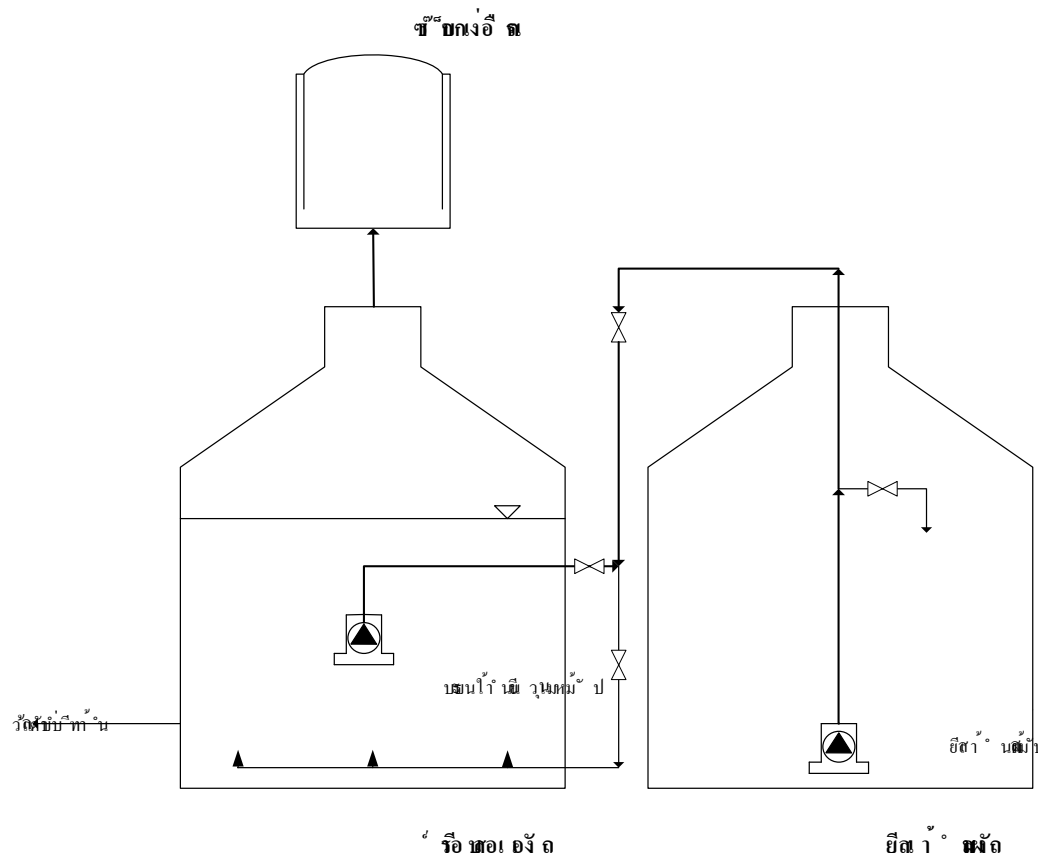
การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงานของระบบเอเอสปีอาร์ แสดงดังรูปที่ 3.8 โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. ผสมน้ำที่ผ่านจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนกับ นมถั่วเหลือง และใส่โซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อเพิ่มความเป็นด่างและปรับพีเอช ใช้เวลาผสมประมาณ 10 นาที
2. สูบน้ำเสียจากถังผสมไปยังถังเอเอสปีอาร์ปริมาตร 1 ลบ.ม.

3. ทำการกวนน้ำในถังเอสปีอาร์ โดยในช่วงแรกที่กวนแบบใช้ปั๊มหมุนเวียนน้ำในระบบ จะหมุนเวียนโดยสูบจากด้านบนแล้วไปปล่อยออกด้านล่าง กวนไปจนกว่าซีโอดีที่วัดได้ในถังเอสปีอาร์มีค่าค่อนข้างคงที่ ดังรูปที่ 3.1

4. จากนั้นหยุดการกวน และเก็บตัวอย่างไปเพื่อวัดการตกตะกอน

5. ทิ้งให้ตกตะกอน 1 วัน แล้วทำการปล่อยน้ำที่ออกจากถังเอสปีอาร์ให้เหลือปริมาณ ตะกอน 0.5 ลบ.ม.



รูปที่ 3.8 แสดงระบบเอสปีอาร์

3.6 การดูแลรักษาระบบ

การเดินระบบแต่ละการทดลองเป็นการเดินระบบแบบเบตซ์ จึงทำให้ต้องคำนวณปริมาณ โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ผสมไปกับน้ำเสียให้มากพอคตินี้เนื่องจาก ขณะที่เดินระบบนั้นไม่สามารถเติมเพิ่มได้ ถ้าใส่โซเดียมไบคาร์บอเนตน้อยเกินไปจะทำให้พีเอชในช่วงแรกที่เกิดปฏิกิริยามีค่าต่ำกว่า 7.0 ซึ่งอาจมีผลทำให้ระบบเอสปีอาร์ล้นเหลวได้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ (Start-up)

หัวเชื้อจุลินทรีย์ได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัท เสริมสุข จำกัด มีลักษณะเป็นเม็ดและเป็นตะกอนแขวนลอยปนกัน เม็ดจุลินทรีย์มีขนาดประมาณ 1.0 – 3.0 มม. นำไปใส่ถังเอสบีอาร์ให้ได้ปริมาตร 500 ลิตร จากนั้นจึงเริ่มป้อนน้ำเสียที่ผสมมาจาก น้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนกับนมถั่วเหลือง ซึ่งมีซีโอดีประมาณ 500 มก./ล. ปริมาตร 1000 ลิตร โดยปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 7.0-7.5 โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์

4.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นซีโอดี

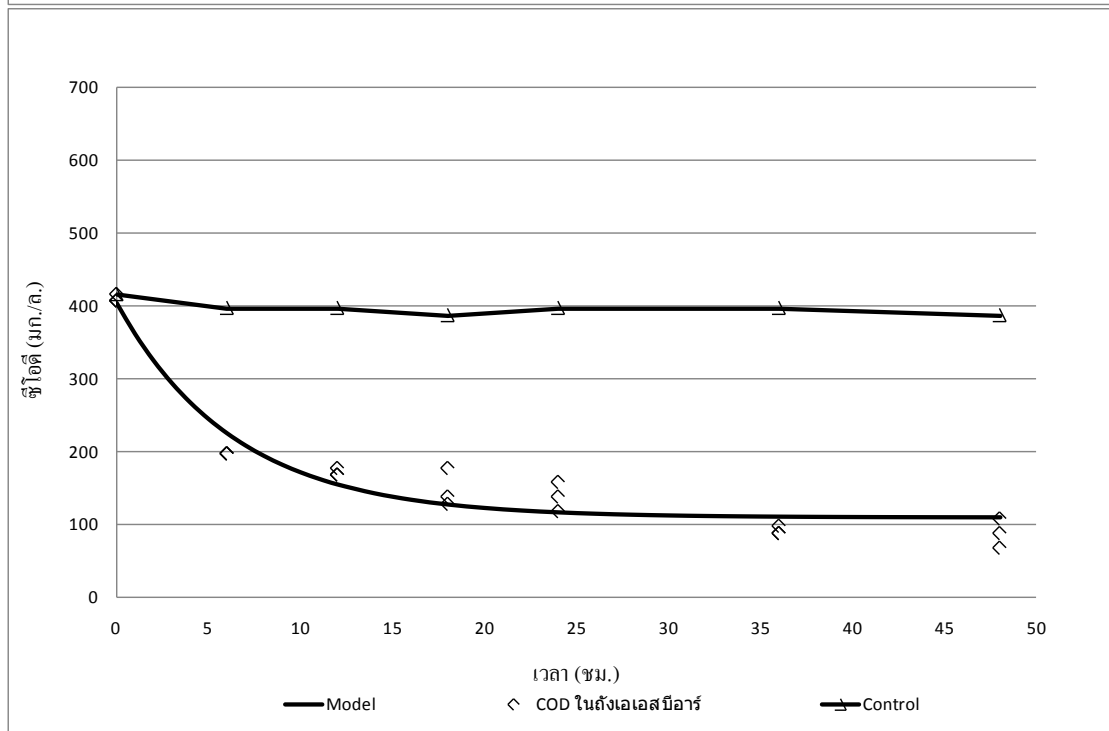
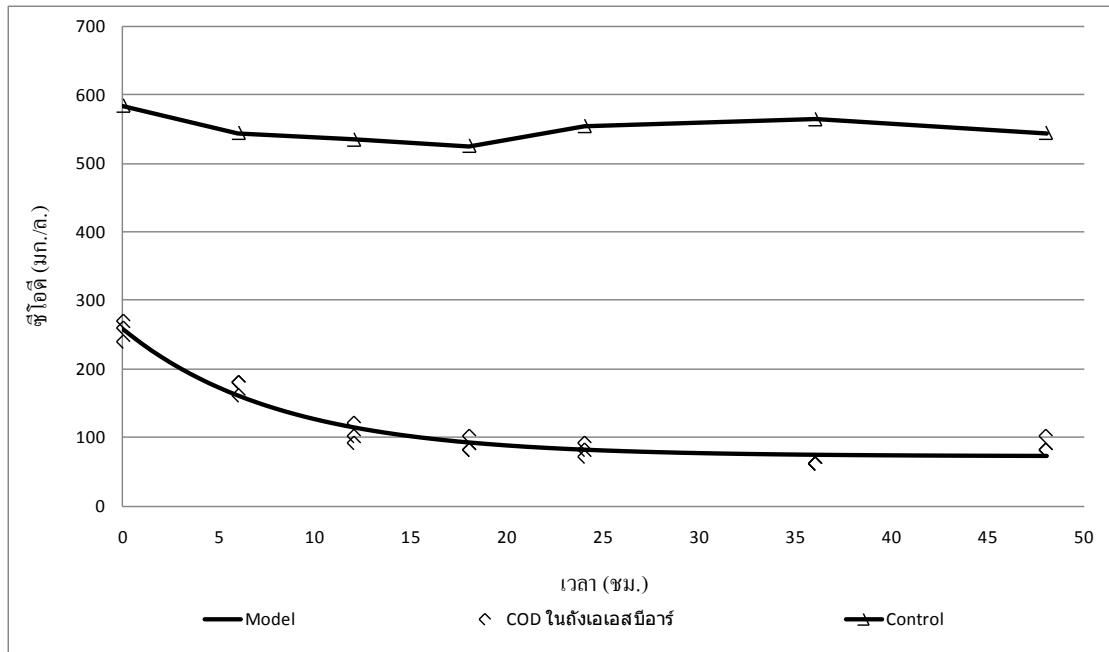
ใช้ความเข้มข้นตะกอนเท่ากับ 10720 ± 264 มก./ล. เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น ซีโอดีพบว่าเมื่อค่าซีโอดีเพิ่มมากขึ้นค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะเพิ่มขึ้นและค่อนข้างคงที่ในช่วงหลัง เป็นเพราะว่า ความเคยชินของตะกอนกับน้ำเสียที่บำบัด ดังกราฟที่ 4.26 สามารถคำนวณค่า k_m K_s จากสมการที่ 2.21 โดยใช้โปรแกรม SPSS ได้ k_m เท่ากับ 10.96 ± 5.520 ชม.⁻¹ ได้ K_s เท่ากับ 1682.88 ± 1539.71 มก./ล.

4.2.1 ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 500 มก./ล.

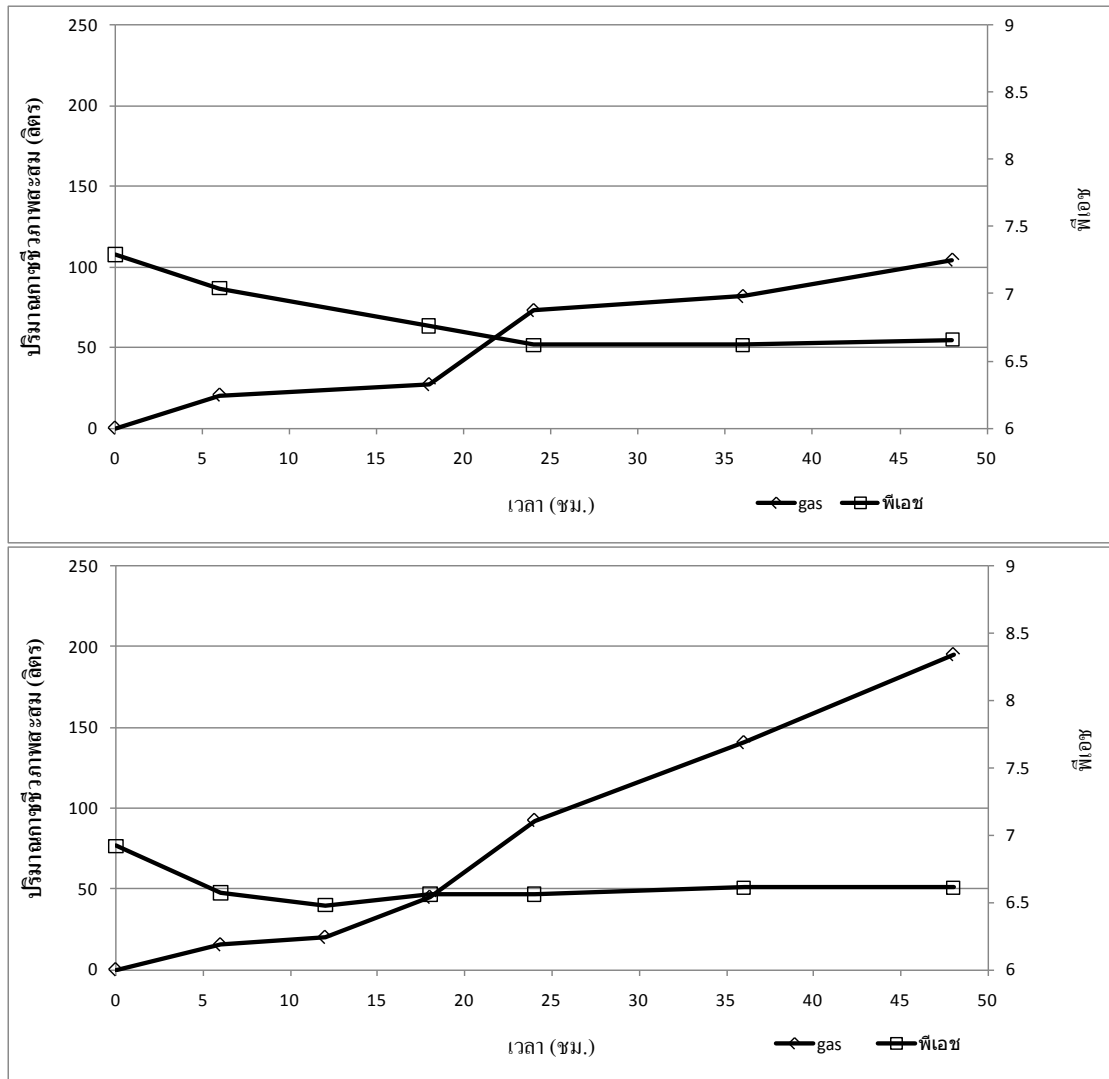
ทำการทดลอง 2 แบบตซ์ ผลการทดลองแบบตซ์ที่ 1 และ แบบตซ์ที่ 2 รายละเอียดดังรูปที่ 4.1 4.2 และ 4.3 มีค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับที่ 1 (k_1) และ ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะของแบบตซ์ที่ 1 และแบบตซ์ที่ 2 ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 500 มก./ล. (ตารางที่ ค1 และ ค3 หน้า 77 และ 78)

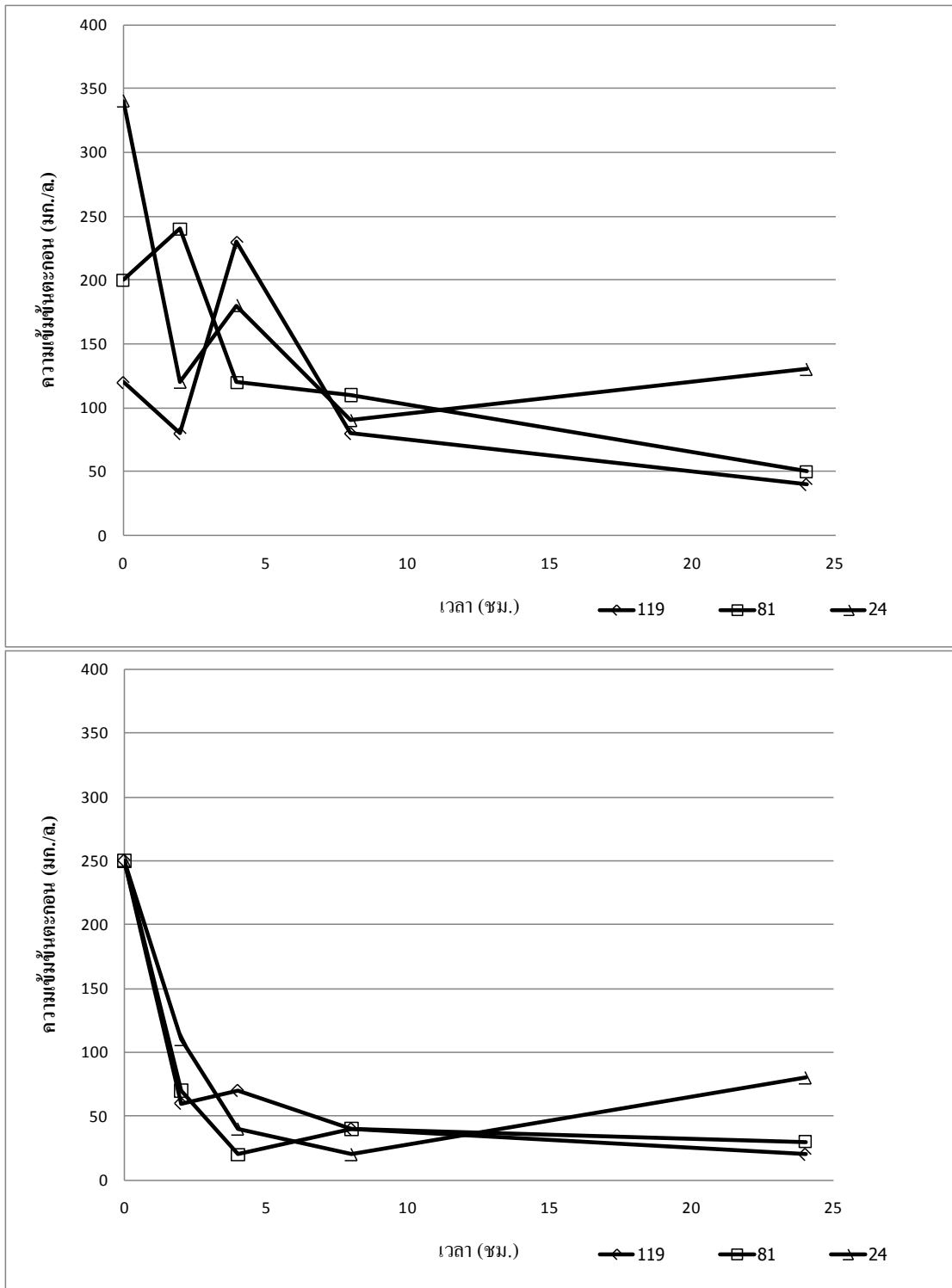
แบบตซ์ที่	ซีโอดีที่เข้าสู่ระบบ (มก./ล.)	ซีโอดีที่ย่อยสลายง่าย (มก./ล.)	k_1	ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ ($\times 10^{-5}$. ชั่วโมง ⁻¹)
1	256 \pm 15	187 \pm 10	0.124 \pm 0.016	1.16 \pm 0.149
2	410 \pm 10	294 \pm 16	0.156 \pm 0.022	1.46 \pm 0.205



รูปที่ 4.1 ซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์เบตช์ที่ 1 และ 2



รูปที่ 4.2 ปริมาณก๊าซชีวภาพและฟิวเอลในถังเอสปีอาร์แบบดซ์ที่ 1 และ 2



*หมายเหตุ 24, 81 และ 119 ชม. เป็นระยะความสูงจากกันถึงที่ทำการเก็บตัวอย่าง

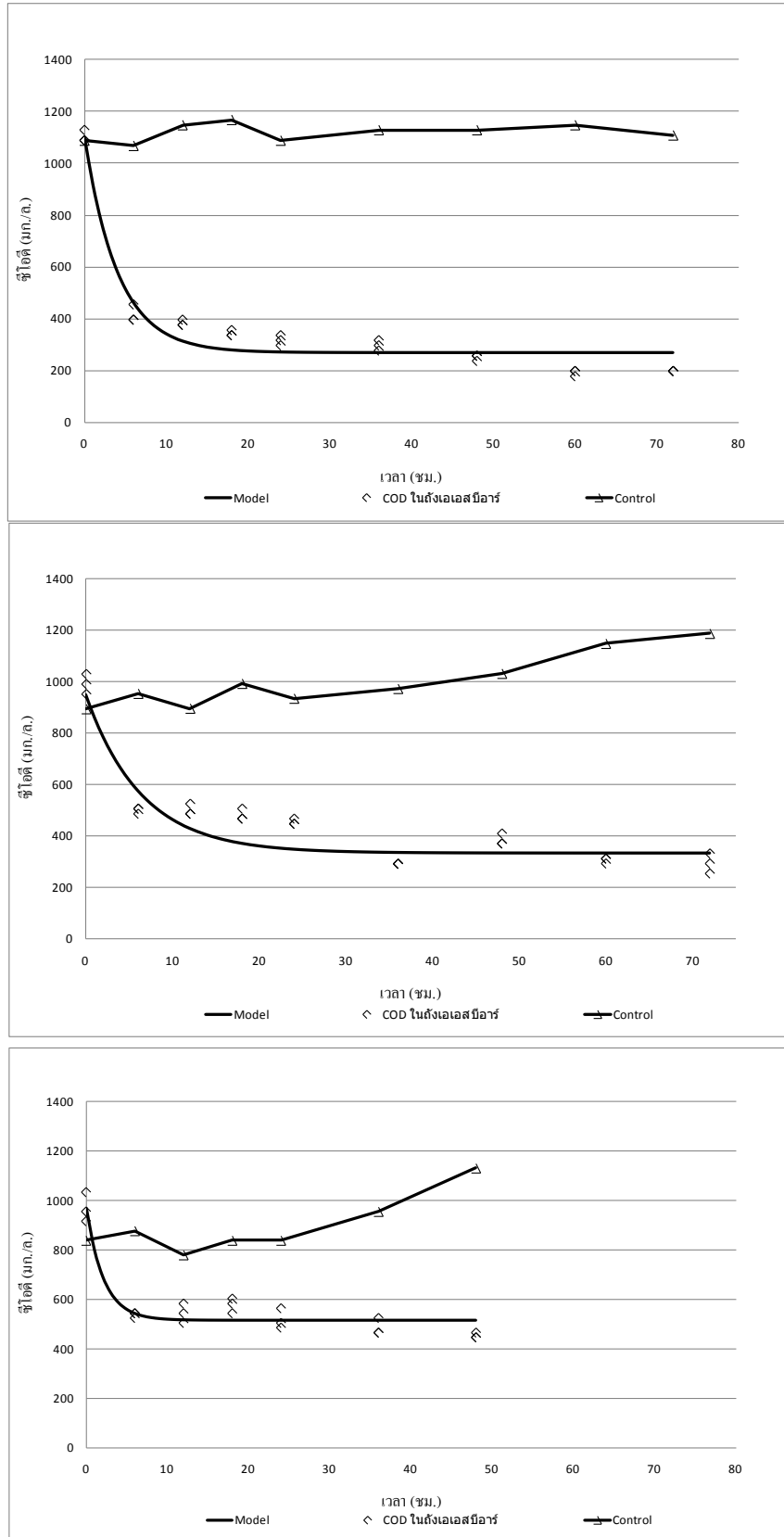
รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนเบตซ์ที่ 1 และ 2 (ตารางที่ ค2 และ ค4 หน้า 77 และ 78)

4.2.2 ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 1000 มก./ล.

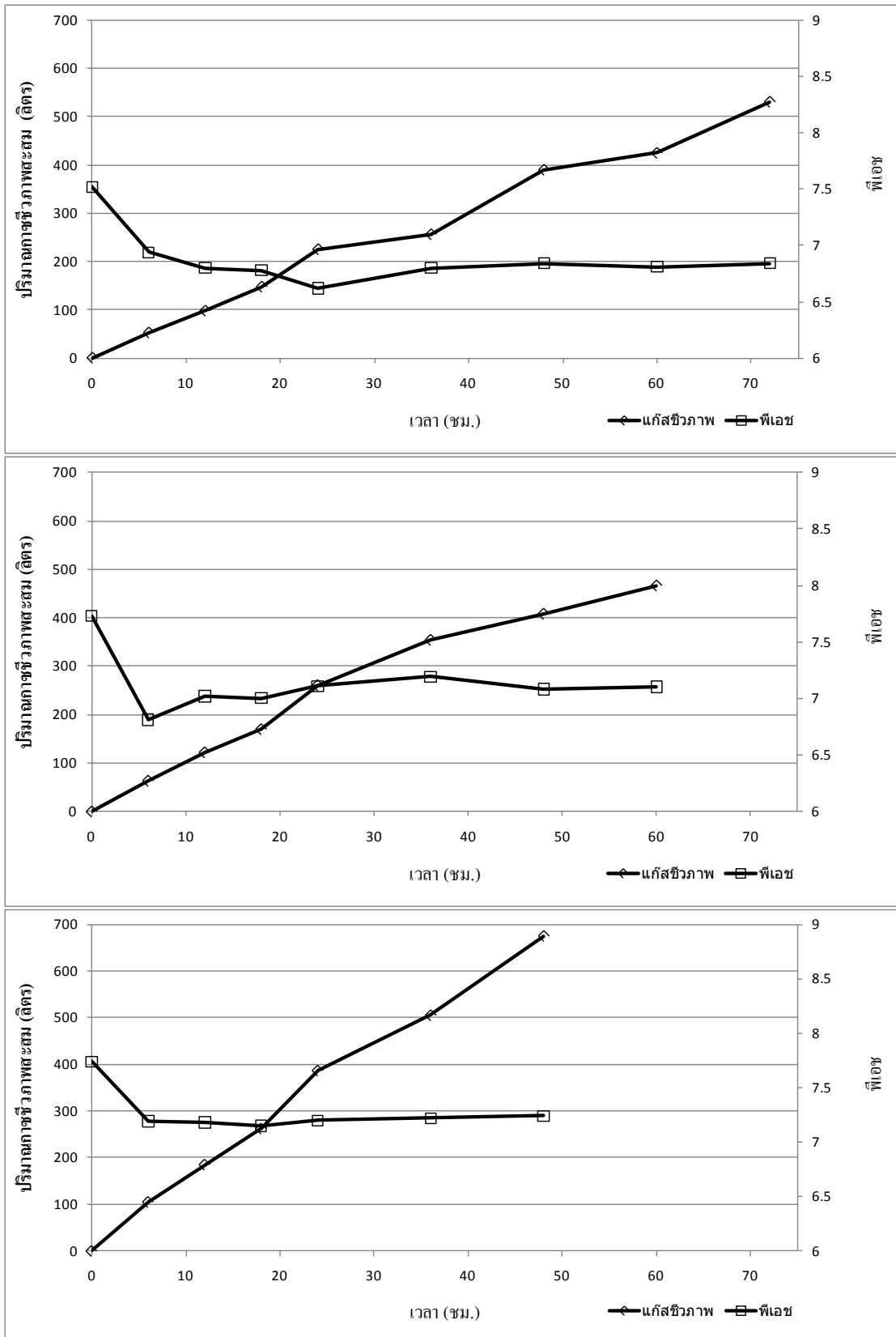
ทำการทดลอง 3 แบบตซ์ ผลการทดลองแบบตซ์ที่ 3, 4 และ 5 รายละเอียดดังรูปที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 มีค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับที่ 1 (k_1) และ ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะของแบบตซ์ที่ 3, 4 และ 5 ดังตารางที่ 4.2 เนื่องจากผลการทดลองของแบบตซ์ที่ 3 และ 4 พบว่าที่ระยะเวลาเดินระบบมากกว่า 48 ชม. ค่าซีโอดีในถังแอสบิอาร์ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ในแบบตซ์ที่ 5 จึงเดินระบบเพียง 48 ชม.

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 1000 มก./ล. (ตารางที่ ค5, ค7 และ ค9 หน้า 79, 80 และ 81)

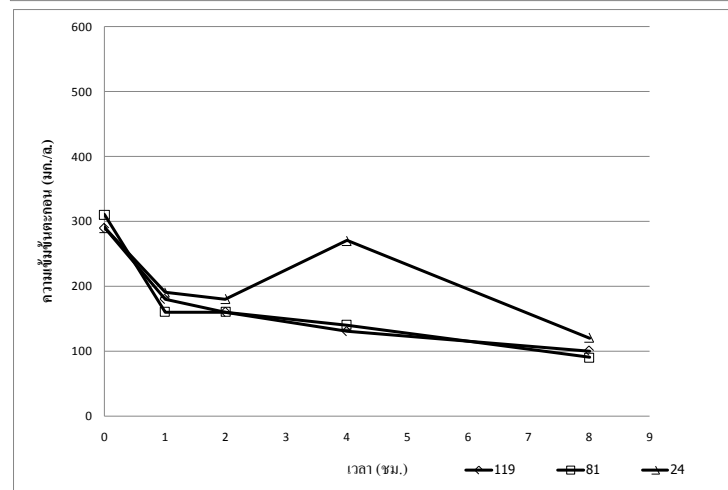
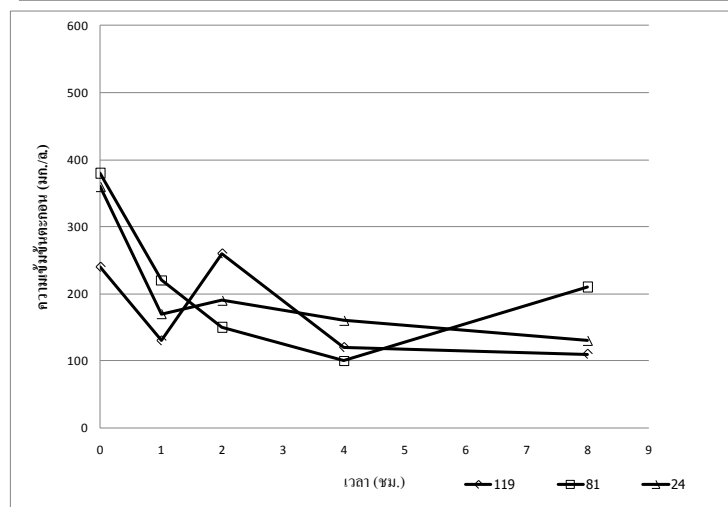
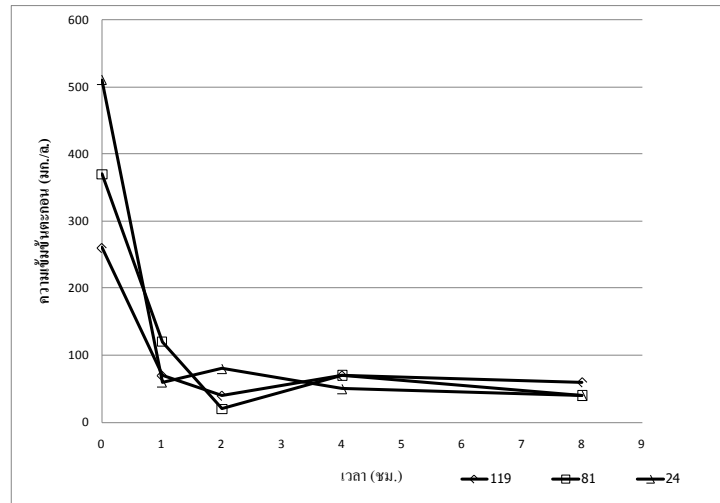
แบบตซ์ ที่	ซีโอดีที่เข้าสู่ ระบบ (มก./ล.)	ซีโอดีที่ย่อยสลาย ง่าย (มก./ล.)	k_1	ค่าอัตราการย่อยสลาย จำเพาะ ($\times 10^{-5}$. ชั่วโมง ⁻¹)
3	1101±33	827±36	0.244±0.030	2.28±0.280
4	992±105	614±45	0.155±0.027	1.45±0.252
5	969±118	452±32	0.468±0.197	4.37±1.837



รูปที่ 4.4 ซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์เบตซ์ที่ 3, 4 และ 5



รูปที่ 4.5 ปริมาณก๊าซชีวภาพและฟีดเอชในถังเอสปีอาร์แบบดช์ที่ 3, 4 และ 5



*หมายเหตุ 24, 81 และ 119 ชม. เป็นระยะความสูงจากกันถึงที่ทำการเก็บตัวอย่าง

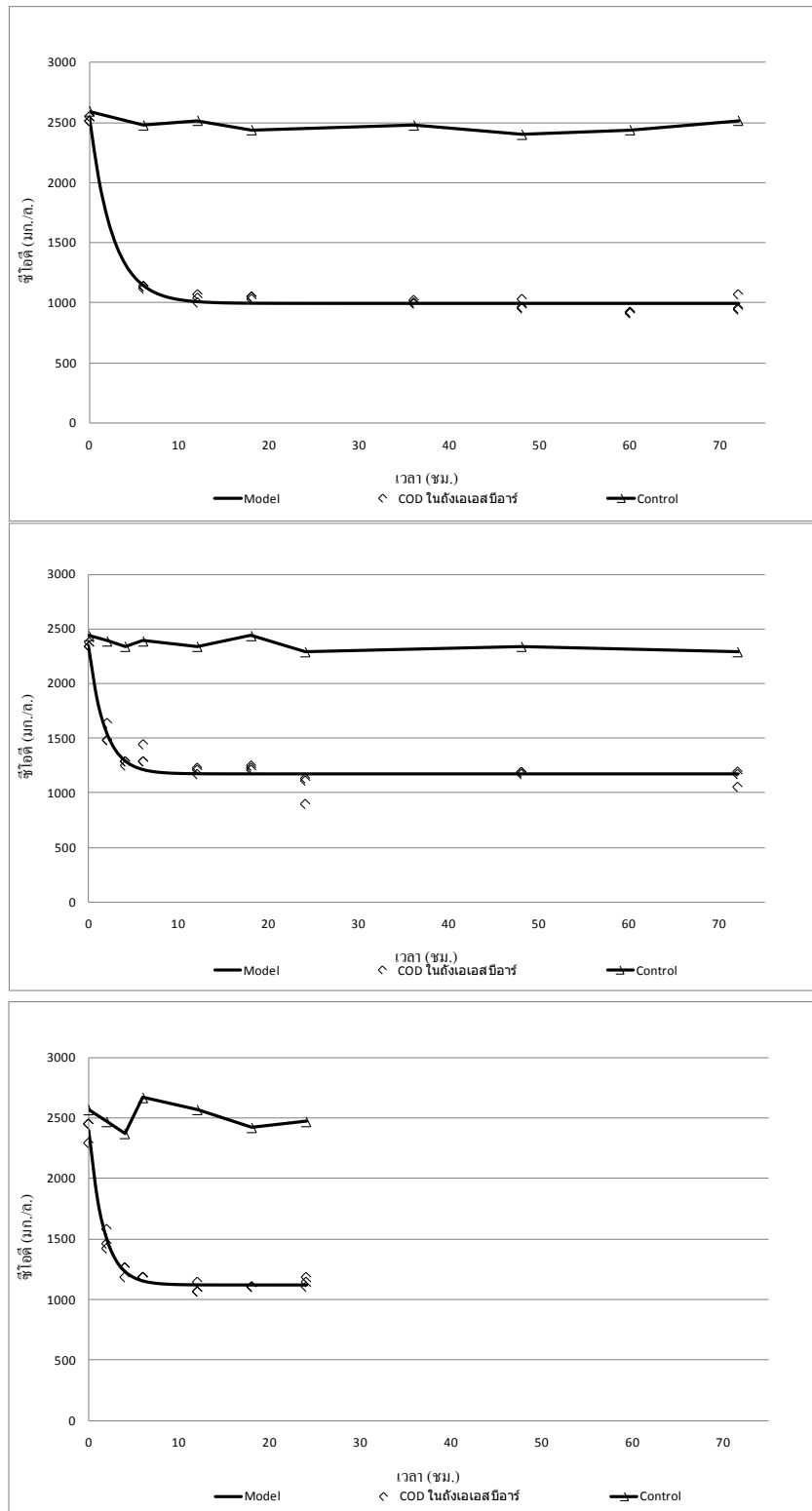
รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบบตซ์ที่ 3, 4 และ 5 (ตารางที่ ค6, ค8 และ ค10 หน้า 79, 80 และ 81)

4.2.3 ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2000 มก./ล.

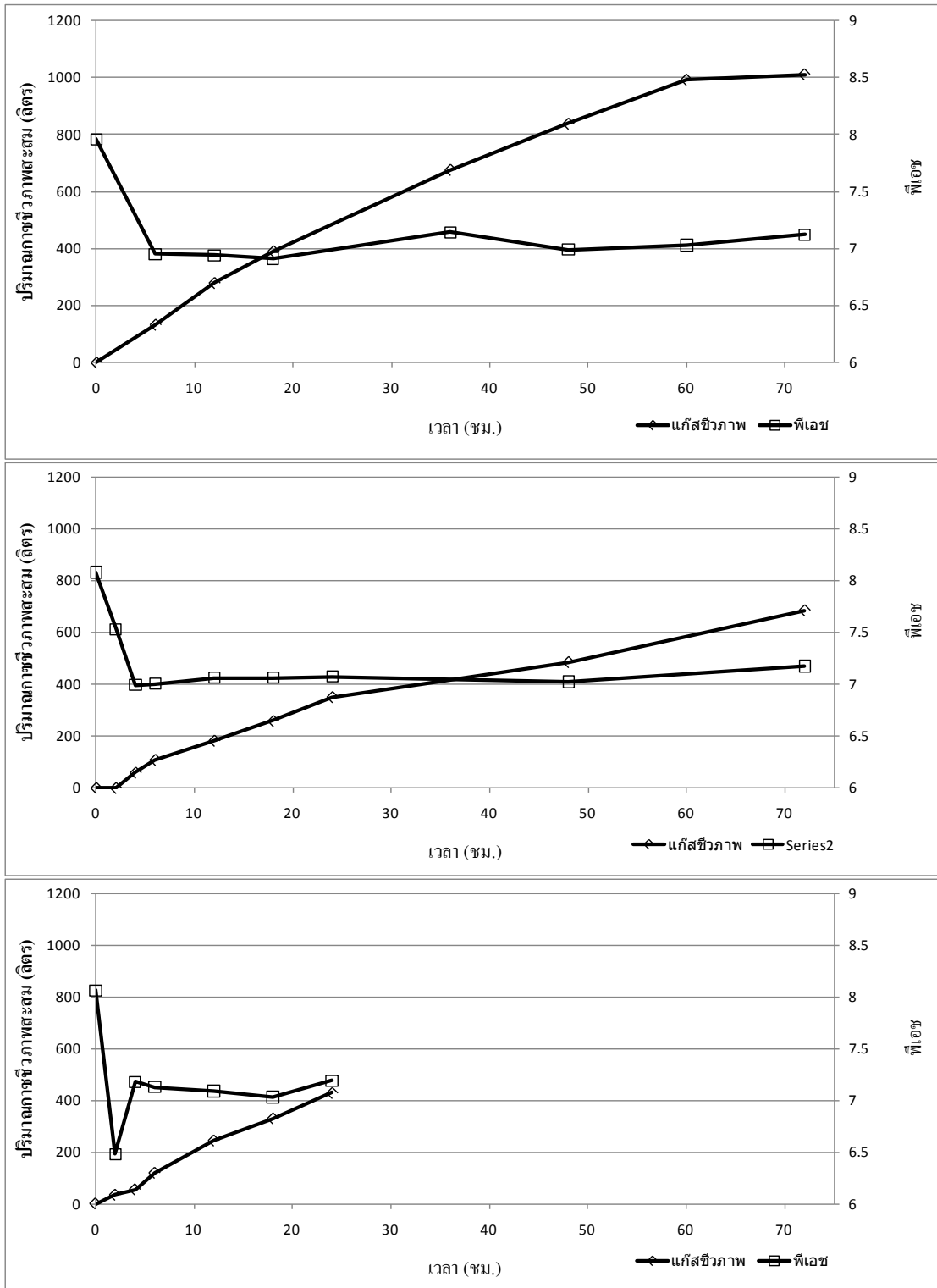
ทำการทดลอง 3 แบบตซ์ ผลการทดลองแบบตซ์ที่ 6, 7 และ 8 รายละเอียดดังรูปที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 มีค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับที่ 1 (k_1) และ ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะของแบบตซ์ที่ 6, 7 และ 8 ดังตารางที่ 4.3 เนื่องจากผลการทดลองของแบบตซ์ที่ 6 และ 7 พบว่าที่ระยะเวลาเดินระบบมากกว่า 24 ชม. ค่าซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ในแบบตซ์ที่ 8 จึงเดินระบบเพียง 24 ชม. ในด้านการตกตะกอนจากการทดลองในแบบตซ์ที่ 6 พบว่าค่าตะกอนในถังเอเอสบีอาร์ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักหลังจากตกตะกอนไปได้ 8 ชม. ในแบบตซ์ที่ 7 และ 8 จึงวัดเพียง 8 ชม.

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองที่ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2000 มก./ล. (ตารางที่ ค11, ค13 และ ค15 หน้า 82, 83 และ 84)

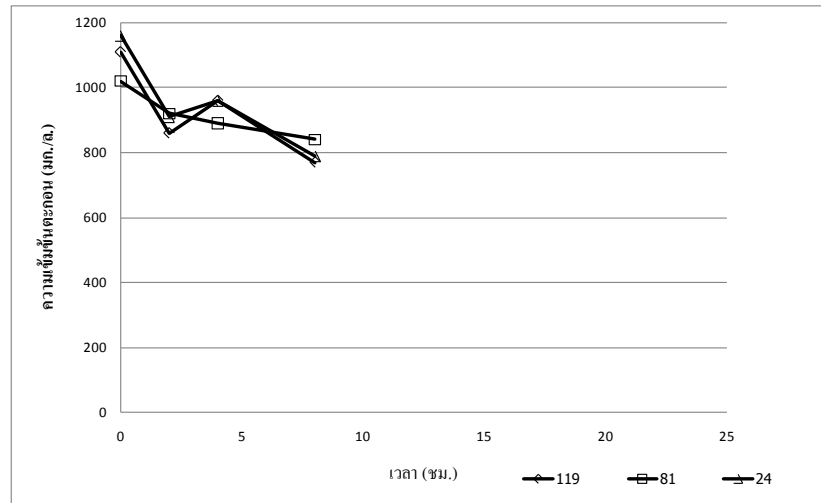
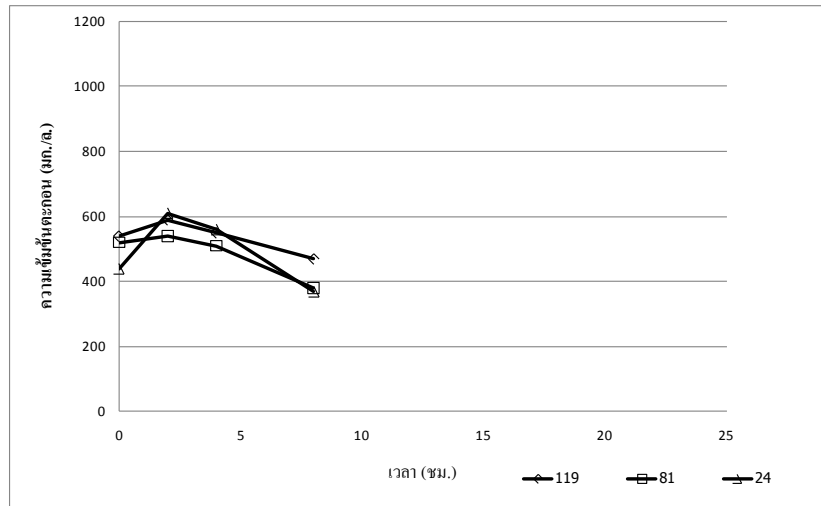
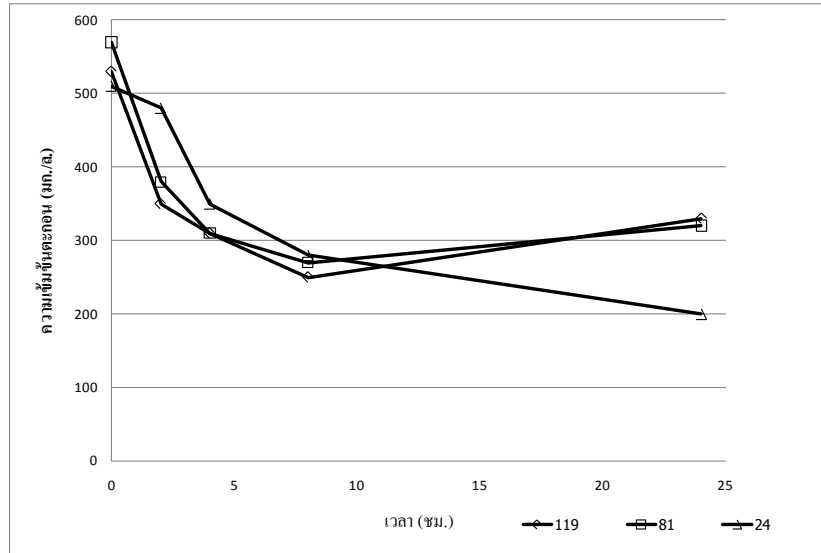
แบบตซ์ ที่	ซีโอดีที่เข้าสู่ ระบบ (มก./ล.)	ซีโอดีที่ย่อยสลาย ง่าย (มก./ล.)	k_1	ค่าอัตราการย่อยสลาย จำเพาะ ($\times 10^{-5}$. ชั่วโมง ⁻¹)
6	2529±60	1532±29	0.392±0.033	3.66±0.308
7	2354±55	1172±56	0.561±0.066	5.23±0.615
8	2476±102	1274±34	0.611±0.042	5.70±0.391



รูปที่ 4.7 ซีไอดีในถังเอเอสบีอาร์แบบตซ์ที่ 6, 7 และ 8



รูปที่ 4.8 ปริมาณก๊าซชีวภาพและพีเอชในถังเอสปีอาร์แบบดซ์ที่ 6, 7 และ 8



*หมายเหตุ 24, 81 และ 119 ชม. เป็นระยะความสูงจากกันถึงที่ทำกรเก็บตัวอย่าง

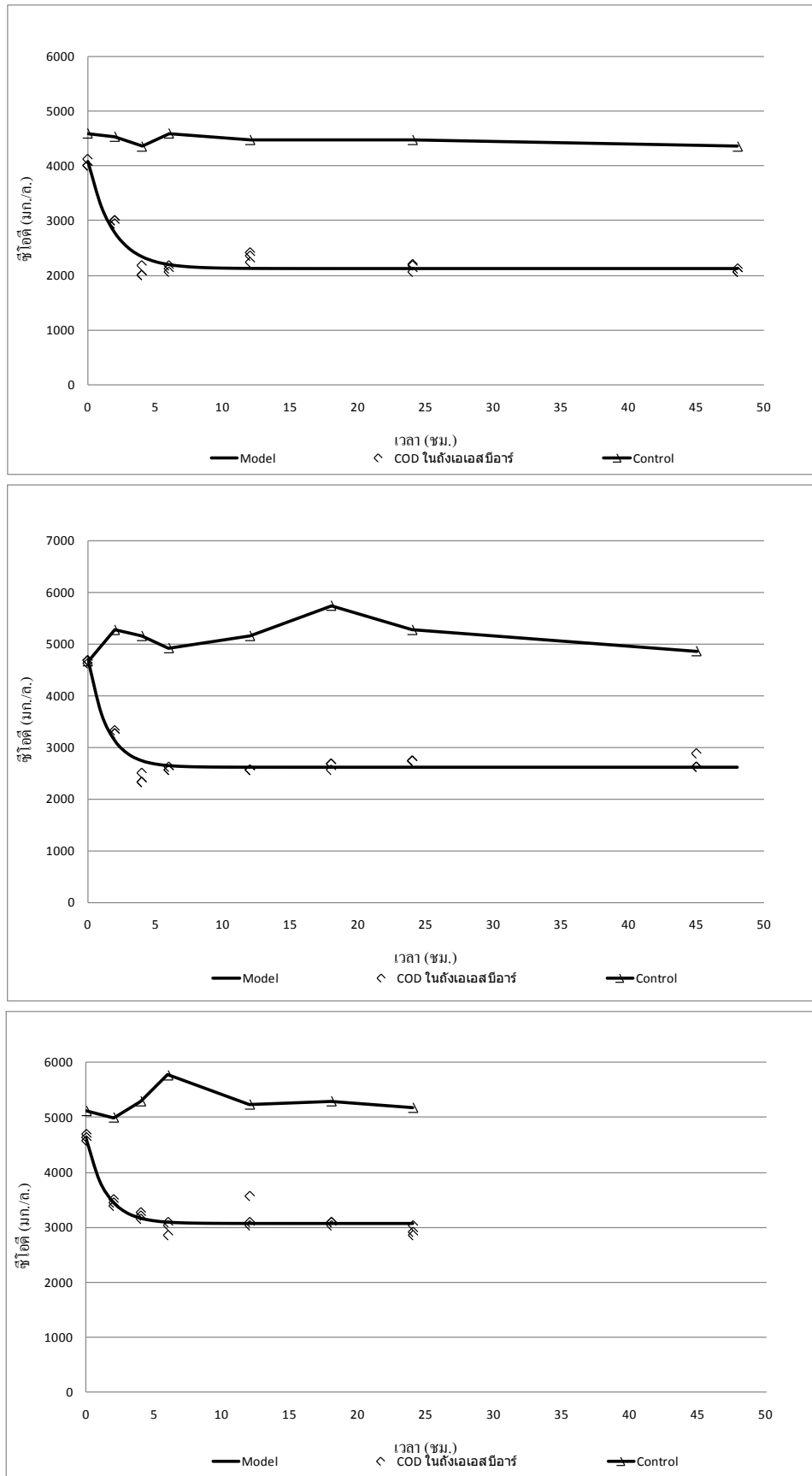
รูปที่ 4.9 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบบตซ์ที่ 6, 7 และ 8 (ตารางที่ ค12, ค14 และ ค16 หน้า 82, 83 และ 84)

4.2.4 ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 4000 มก./ล.

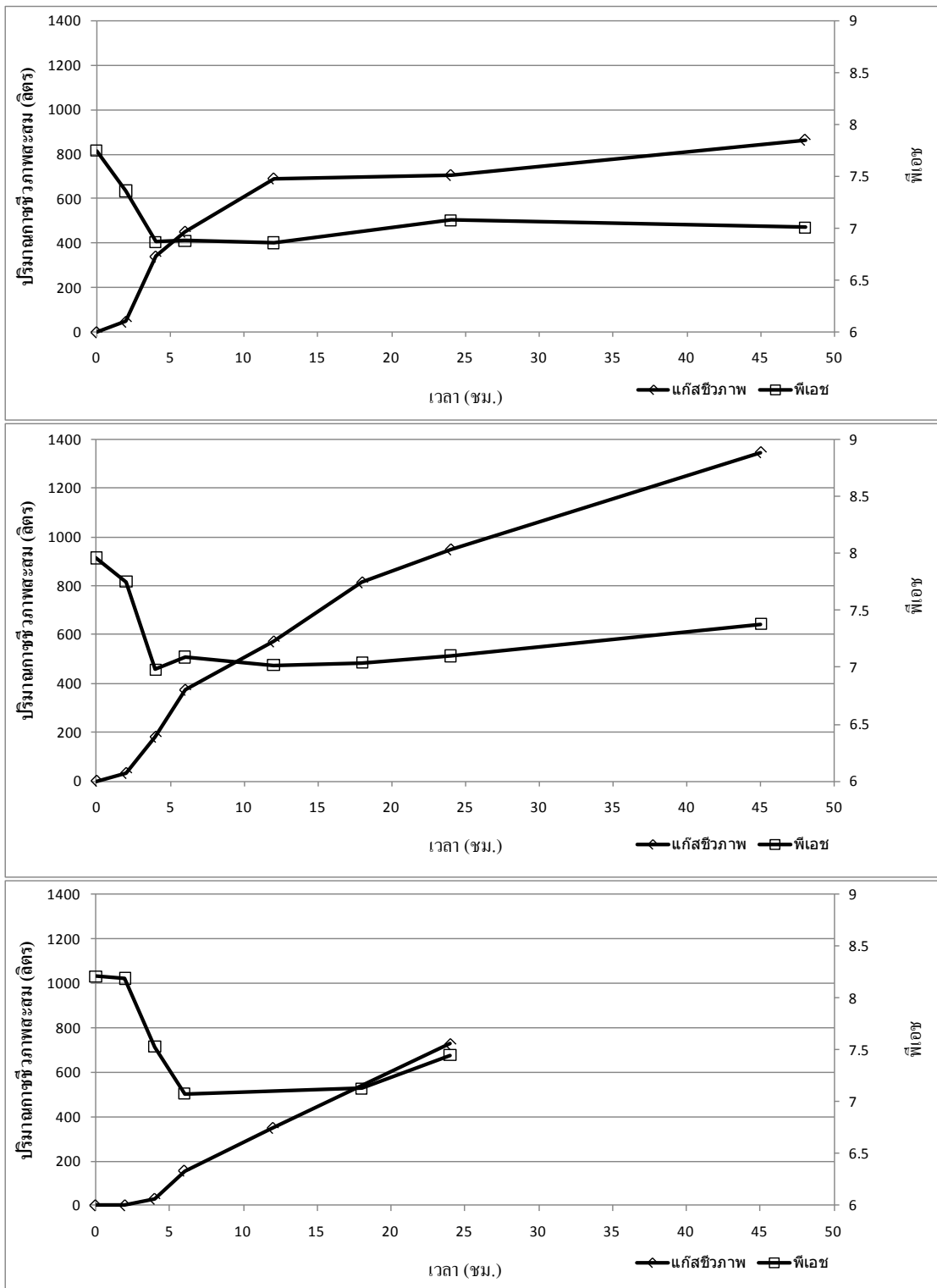
ทำการทดลอง 3 แบบตซ์ ผลการทดลองแบบตซ์ที่ 9, 10 และ 11 รายละเอียดดังรูปที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 มีค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับที่ 1 (k_1) และ ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะของแบบตซ์ที่ 9, 10 และ 11 ดังตารางที่ 4.4 เนื่องจากผลการทดลองของแบบตซ์ที่ 9 และ 10 พบว่าที่ระยะเวลาเดินระบบมากกว่า 24 ชม. ค่าซีโอดีในถังเอเอสปีอาร์ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ในแบบตซ์ที่ 11 จึงเดินระบบเพียง 24 ชม.

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองที่ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 4000 มก./ล. (ตารางที่ ค17, ค19 และ ค21 หน้า 85, 86 และ 87)

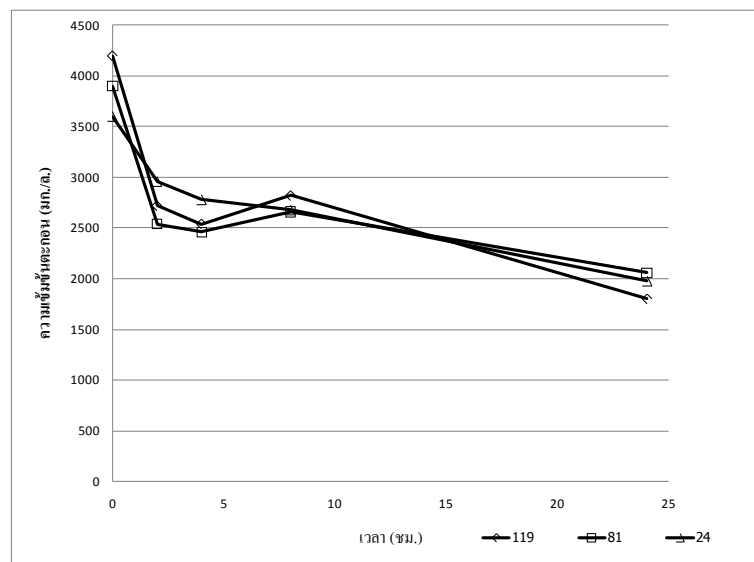
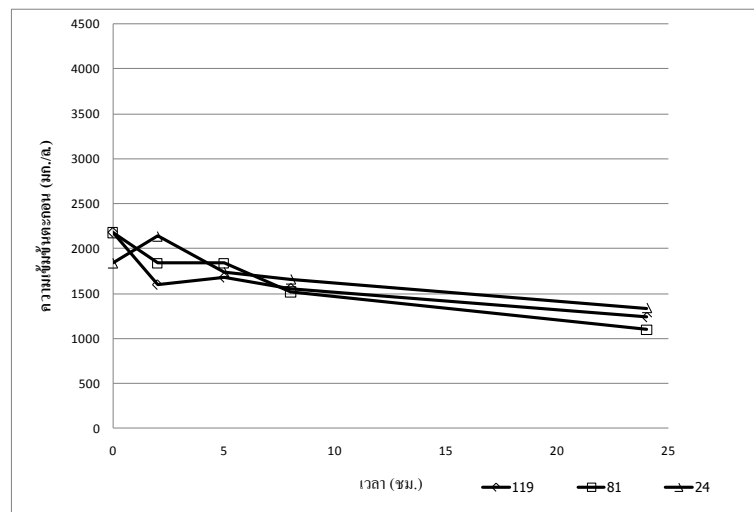
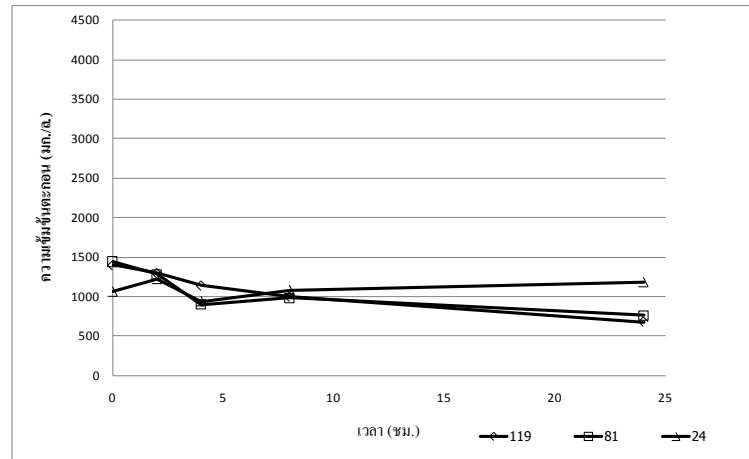
แบบตซ์ ที่	ซีโอดีที่เข้าสู่ ระบบ (มก./ล.)	ซีโอดีที่ย่อยสลาย ง่าย (มก./ล.)	k_1	ค่าอัตราการย่อยสลาย จำเพาะ ($\times 10^{-5}$. ชั่วโมง ⁻¹)
9	4041±68	1953±116	0.550±0.082	5.13±0.765
10	4668±34	2081±109	0.704±0.103	6.57±0.961
11	4641±60	1577±97	0.692±0.118	6.46±1.101



รูปที่ 4.10 ซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์แบบซ์ที่ 9, 10 และ 11



รูปที่ 4.11 ปริมาณก๊าซชีวภาพและฟิเอชในถังเอสปีอาร์แบบตซ์ที่ 9, 10 และ 11



*หมายเหตุ 24, 81 และ 119 ชม. เป็นระยะความสูงจากกันถึงที่ทำการเก็บตัวอย่าง

รูปที่ 4.12 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนเบตซ์ที่ 9, 10 และ 11 (ตารางที่ ค18, ค20 และ ค22 หน้า 85, 86 และ 87)

4.3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของตะกอน

ในการลดความเข้มข้นตะกอนนั้นจะใช้ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2000 มก./ล. ทำการลดตะกอนโดยกวนตะกอนที่เหลืออยู่ในถังเอเอสปีอาร์ให้สมบูรณ์แล้วทำการสูบตะกอนออกให้เหลือครึ่งหนึ่งของที่มีอยู่

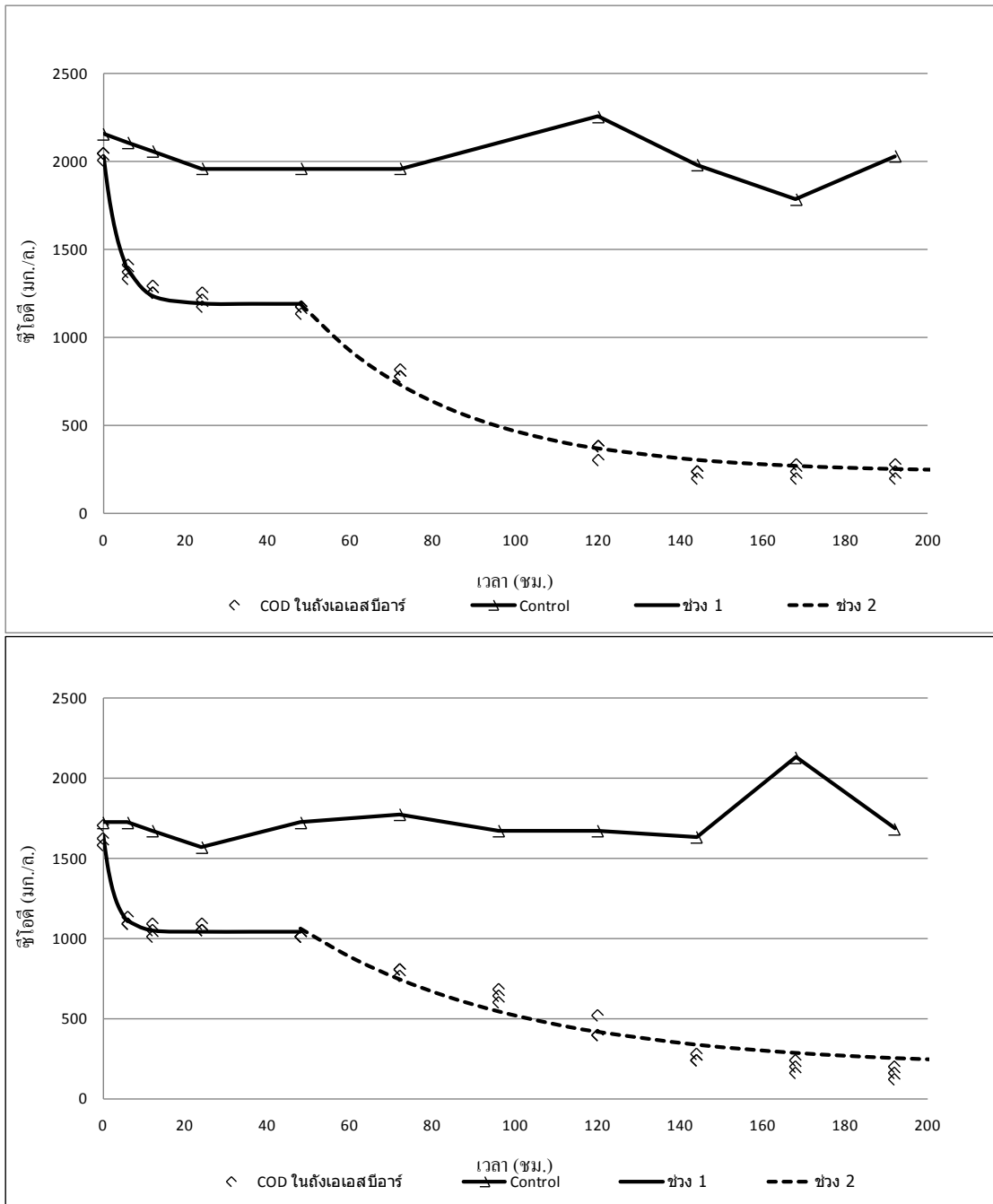
เมื่อทำการลดตะกอนพบว่า เมื่อปล่อยให้ระบบเดินไปเรื่อยๆ มีการลดลงของซีโอดีเป็น 2 ช่วงซึ่งการลด 2 ช่วงนั้นอาจเกิดได้จาก เมื่อซีโอดีลดลงในช่วงแรกคือ ระยะเวลาเดินระบบน้อยกว่า 48 ชม. มีการสร้างก๊าซชีวภาพเป็นปริมาณมากแต่การระบายก๊าซนั้นต้องระบายผ่านอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ ซึ่งแรงดันก๊าซในถังต้องมากกว่า 30 มิลลิบาร์จึงจะสามารถดันออกไปได้จึงทำก๊าซมีเทนที่สะสมอยู่ในน้ำในระบบไม่สามารถระบายออกไปได้ แต่เมื่อปล่อยให้เป็นเวลาหลายวัน ก๊าซที่เกิดระบายออกไปเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้ก๊าซมีเทนที่สะสมอยู่ในน้ำในระบบเริ่มระบายออกม้างเตตได้จาก พีเอชของระบบเพิ่มมากขึ้นจากการที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำได้ระบายออกไปและ อัตราการเพิ่มขึ้นของก๊าซชีวภาพสะสมเริ่มลดลง มีผลทำให้ซีโอดีของน้ำในระบบลดลงอีกช่วง

4.3.1 ความเข้มข้นตะกอน 4790 ± 151 มก./ล.

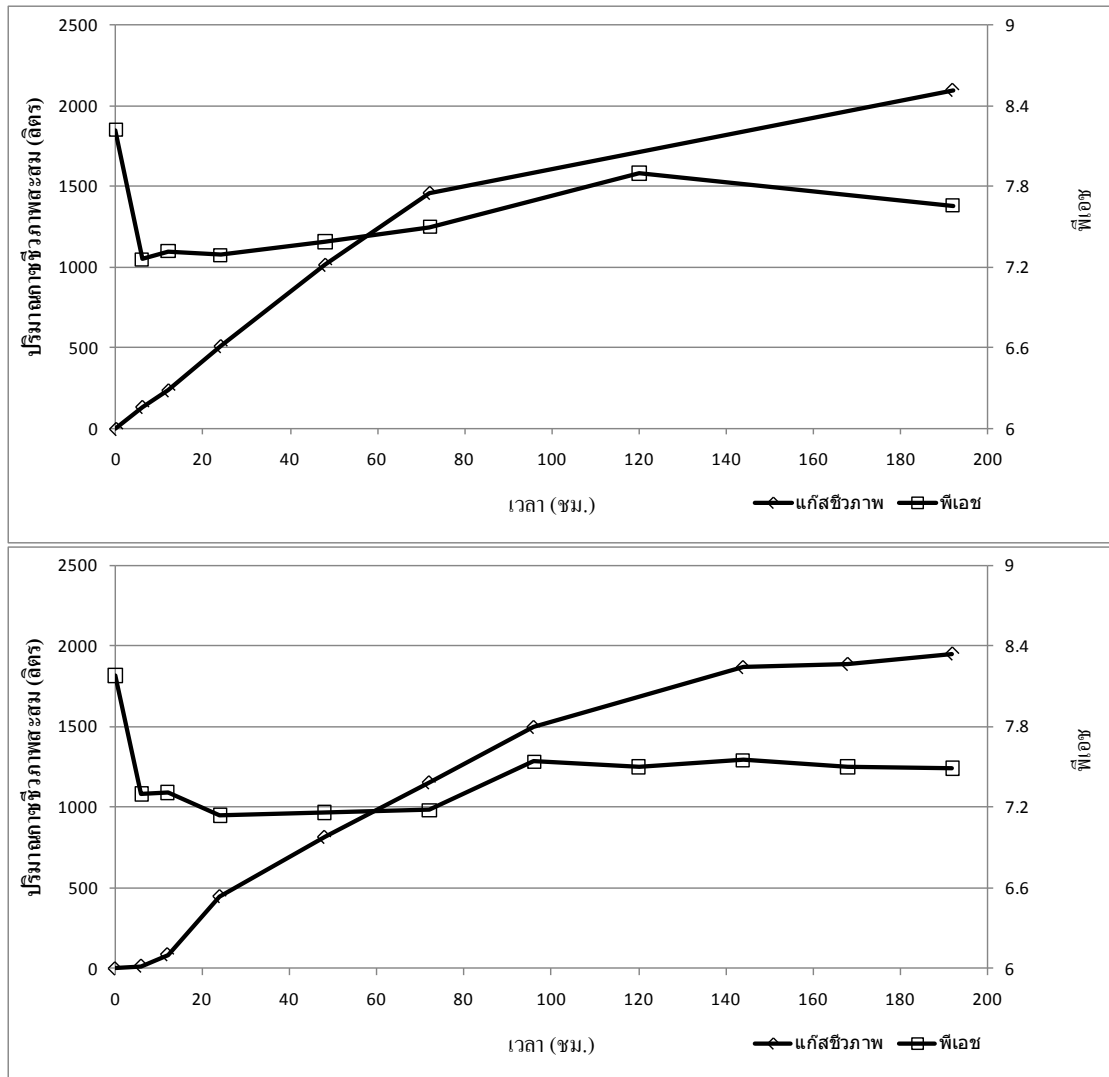
ทำการทดลอง 2 แบบซ์โดยสูบตะกอนออกจากแบบซ์ที่ 11 ให้เหลือประมาณครึ่งหนึ่งของที่มีอยู่แล้วทำการเดินระบบเอเอสปีอาร์โดยใช้ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2000 มก./ล. รายละเอียดของแบบซ์ที่ 12 และ 13 ดังรูปที่ 4.13, 4.14 และ 4.15 เนื่องจากมีการลดลงของซีโอดี 2 ช่วงได้ค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับที่ 1 ช่วงที่ 1 (k_1) ช่วงที่สอง (k_2) และ ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ของแบบซ์ที่ 12 และ 13 ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองที่ความเข้มข้นตะกอน 4790 ± 151 มก./ล. (ตารางที่ ค 23 และ ค25 หน้า 88 และ 89)

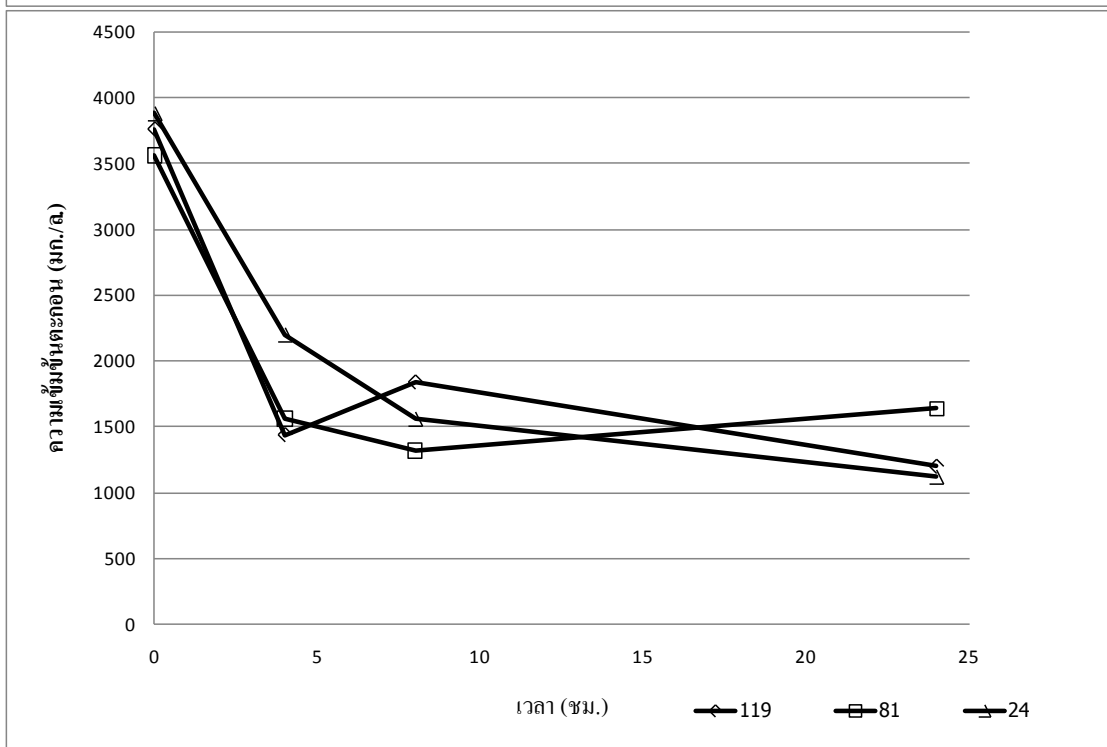
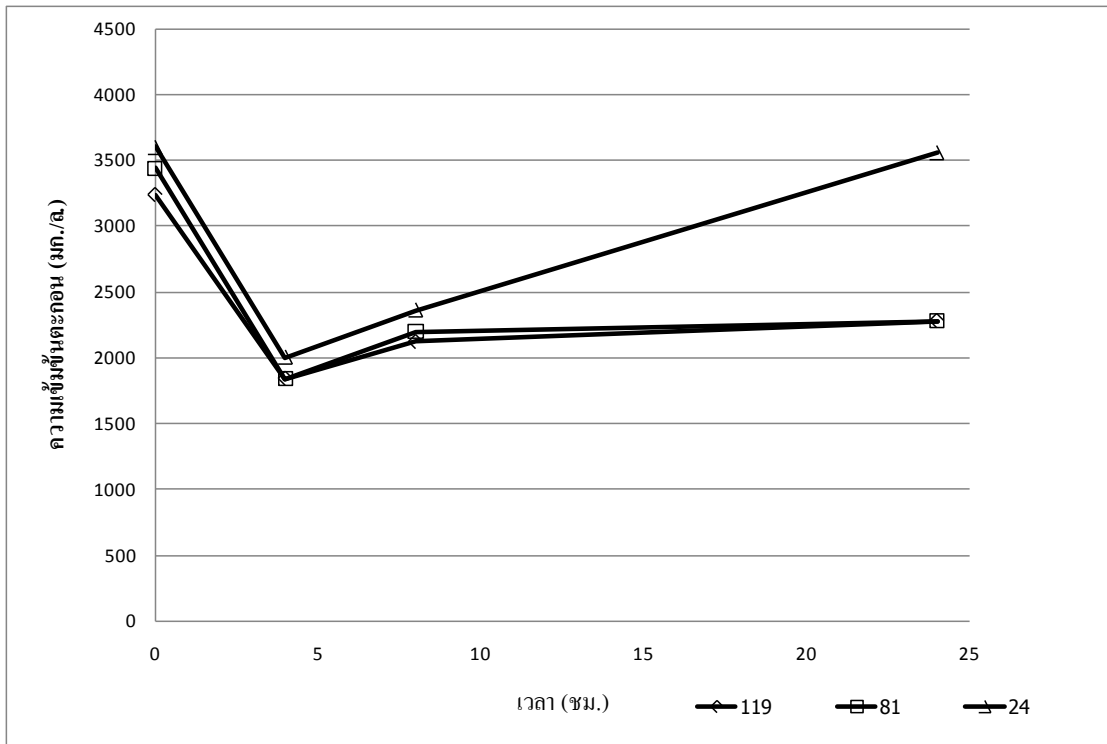
แบบซ์ที่	ซีโอดีที่เข้าสู่ระบบ (มก./ล.)	k_1	ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะช่วงแรก ($\times 10^{-5}$. ชั่วโมง ⁻¹)	k_2	ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะช่วงที่สอง ($\times 10^{-5}$. ชั่วโมง ⁻¹)
12	2027 \pm 130	0.246 \pm 0.022	5.14 \pm 0.459	0.027 \pm 0.003	0.56 \pm 0.063
13	1728 \pm 138	0.364 \pm 0.065	7.60 \pm 1.357	0.019 \pm 0.002	0.40 \pm 0.042



รูปที่ 4.13 ซีโอดีในถังเอเอสปีอาร์แบตช์ที่ 12 และ 13



รูปที่ 4.14 ปริมาณก๊าซชีวภาพและมีเทนในถังเอสปีอาร์แบบซี่ที่ 12 และ 13



*หมายเหตุ 24, 81 และ 119 ชม. เป็นระยะความสูงจากกันถึงที่ทำการเก็บตัวอย่าง

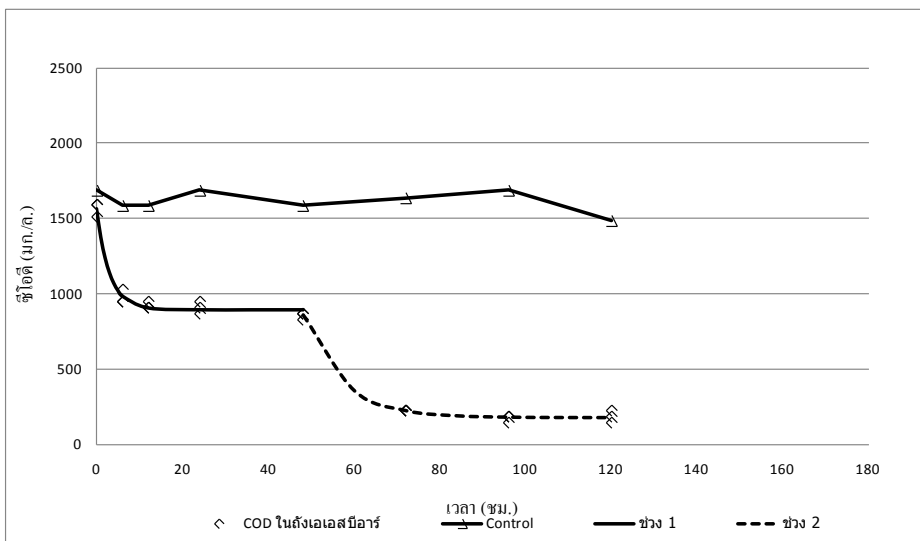
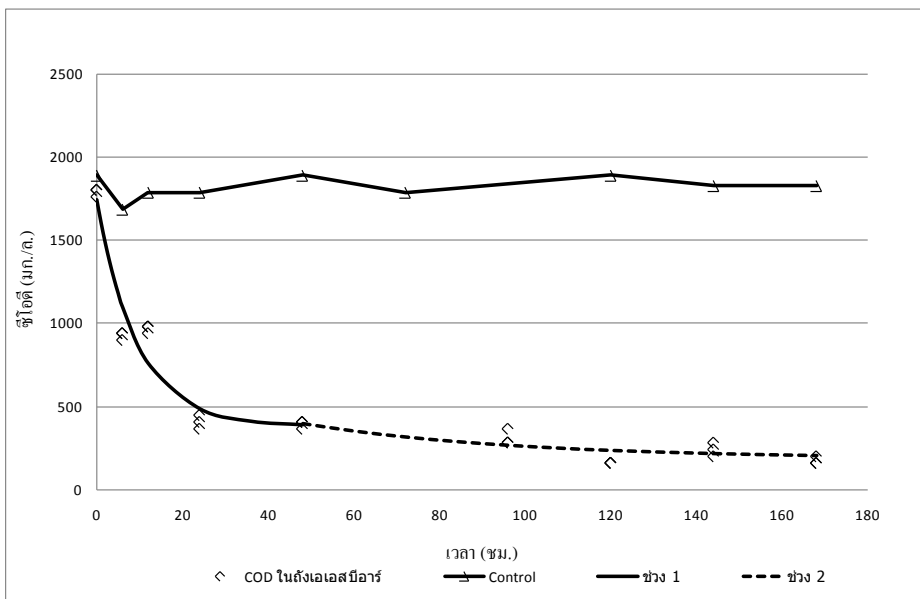
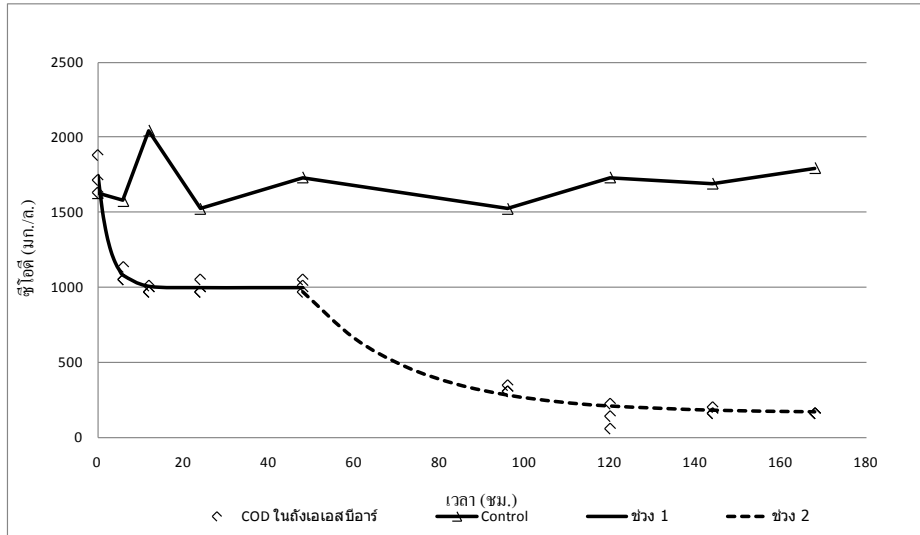
รูปที่ 4.15 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบบตซ์ที่ 12 และ 13 (ตารางที่ ค24 และ ค26 หน้า 88 และ 89)

4.3.2 ความเข้มข้นตะกอน 2954 ± 198 มก./ล.

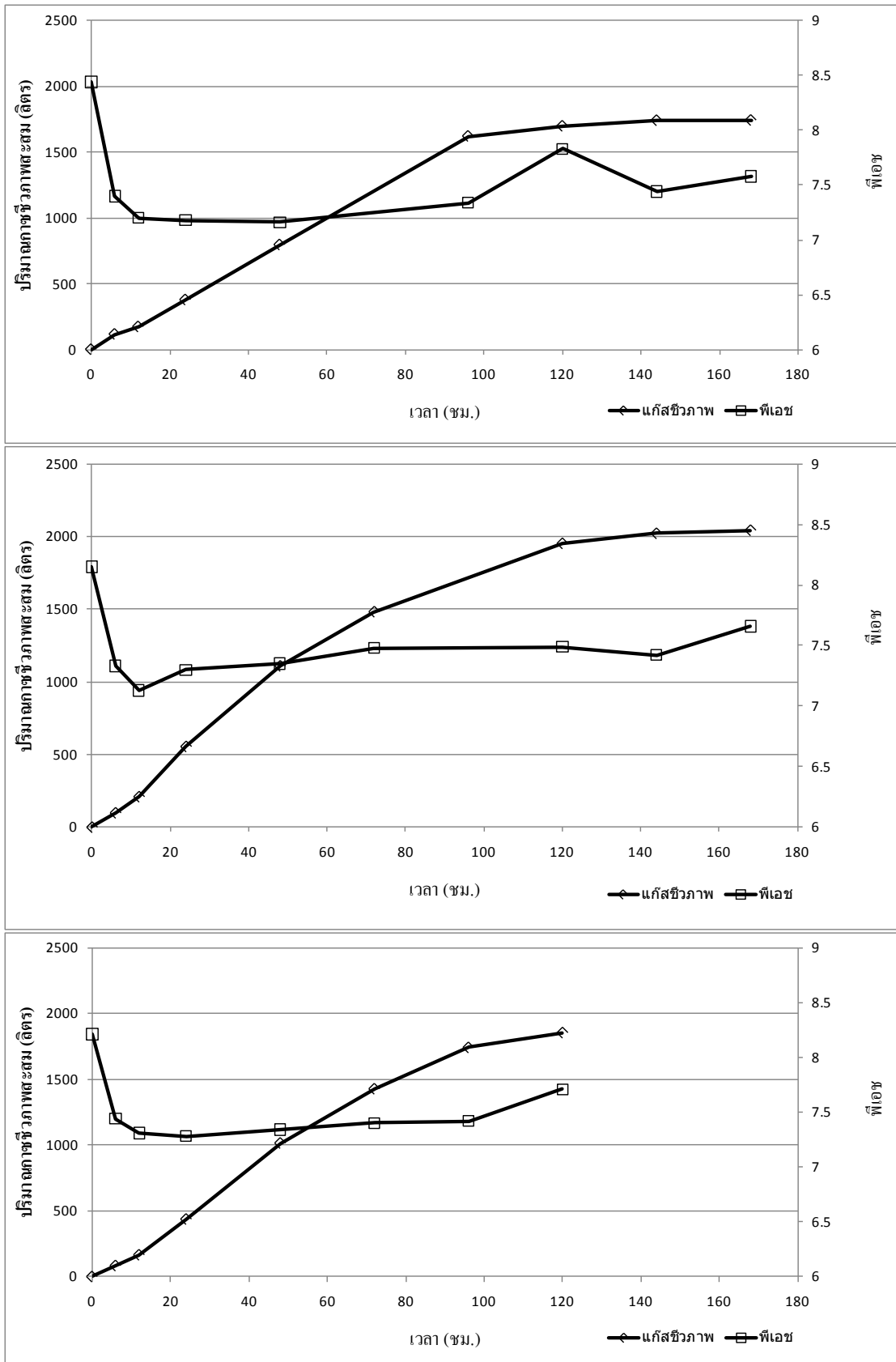
ทำการทดลอง 3 แบบซ์โดยสูบน้ำตะกอนออกจากแบบซ์ที่ 13 ให้เหลือประมาณครึ่งหนึ่งของที่มีอยู่แล้วทำการเดินระบบเอเอสบีอาร์โดยใช้ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2000 มก./ล. เนื่องจากผลการทดลองของแบบซ์ที่ 14 และ 15 พบว่าเมื่อเดินระบบไปเป็นเวลา 120 ชม. ค่าซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์ค่อนข้างคงที่ดังนั้นในแบบซ์ที่ 16 จึงทำการเดินระบบเป็นเวลา 120 ชม. รายละเอียดของแบบซ์ที่ 14, 15 และ 16 ดังรูปที่ 4.16, 4.17 และ 4.18 เนื่องจากมีการลดลงของซีโอดี 2 ช่วง มีค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับที่ 1 ช่วงที่ 1 (k_1) ช่วงที่สอง (k_2) และ ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ของแบบซ์ที่ 14, 15 และ 16 ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองที่ความเข้มข้นตะกอน 2954 ± 198 มก./ล. (ตารางที่ ค 27, ก 29 และ ค 31 หน้า 90, 91 และ 92)

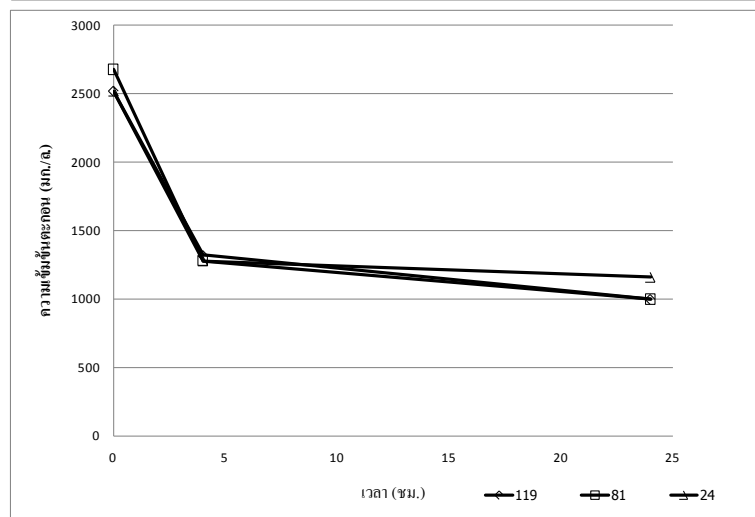
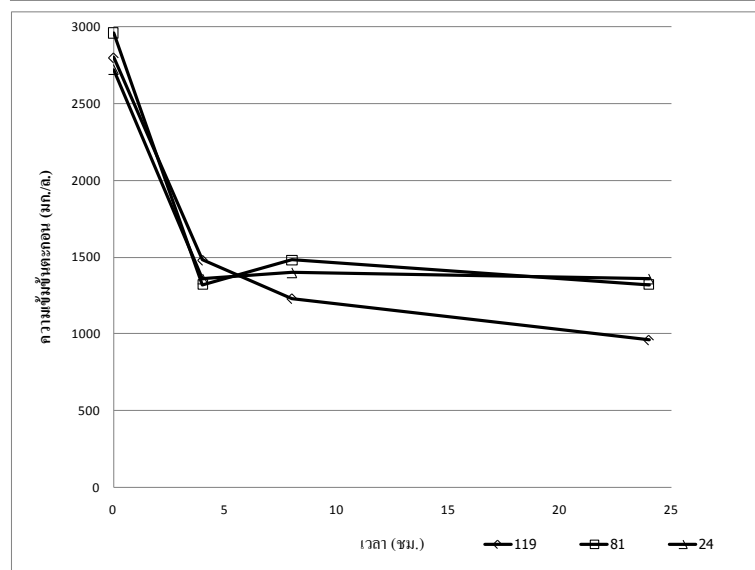
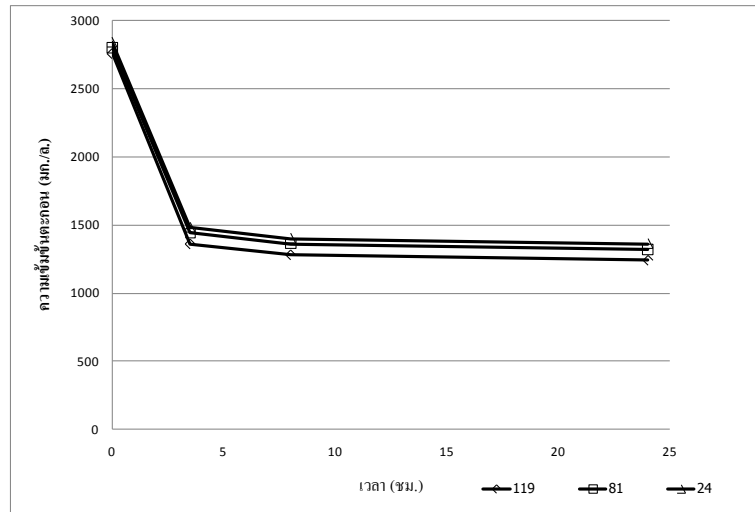
แบบซ์ที่	ซีโอดีที่ เข้าสู่ ระบบ (มก./ล.)	k_1	ค่าอัตราการย่อย สลายจำเพาะ ช่วงแรก ($\times 10^{-5}$. ชั่วโมง ⁻¹)	k_2	ค่าอัตราการย่อย สลายจำเพาะช่วง ที่สอง ($\times 10^{-5}$. ชั่วโมง ⁻¹)
14	1695 ± 162	0.372 ± 0.090	12.59 ± 3.047	0.040 ± 0.005	1.35 ± 0.169
15	1812 ± 70	0.107 ± 0.020	3.62 ± 0.677	0.020 ± 0.006	0.68 ± 0.203
16	1619 ± 71	0.333 ± 0.050	11.27 ± 1.693	0.112 ± 0.013	3.79 ± 0.440



รูปที่ 4.16 ซีโอดีในถังเอเอสปีอาร์แบตช์ที่ 14, 15 และ 16



รูปที่ 4.17 ปริมาณก๊าซชีวภาพและพีเอชในถังเอสปีอาร์แบบซ์ที่ 14, 15 และ 16



*หมายเหตุ 24, 81 และ 119 ชม. เป็นระยะความสูงจากกันถึงที่ทำการเก็บตัวอย่าง

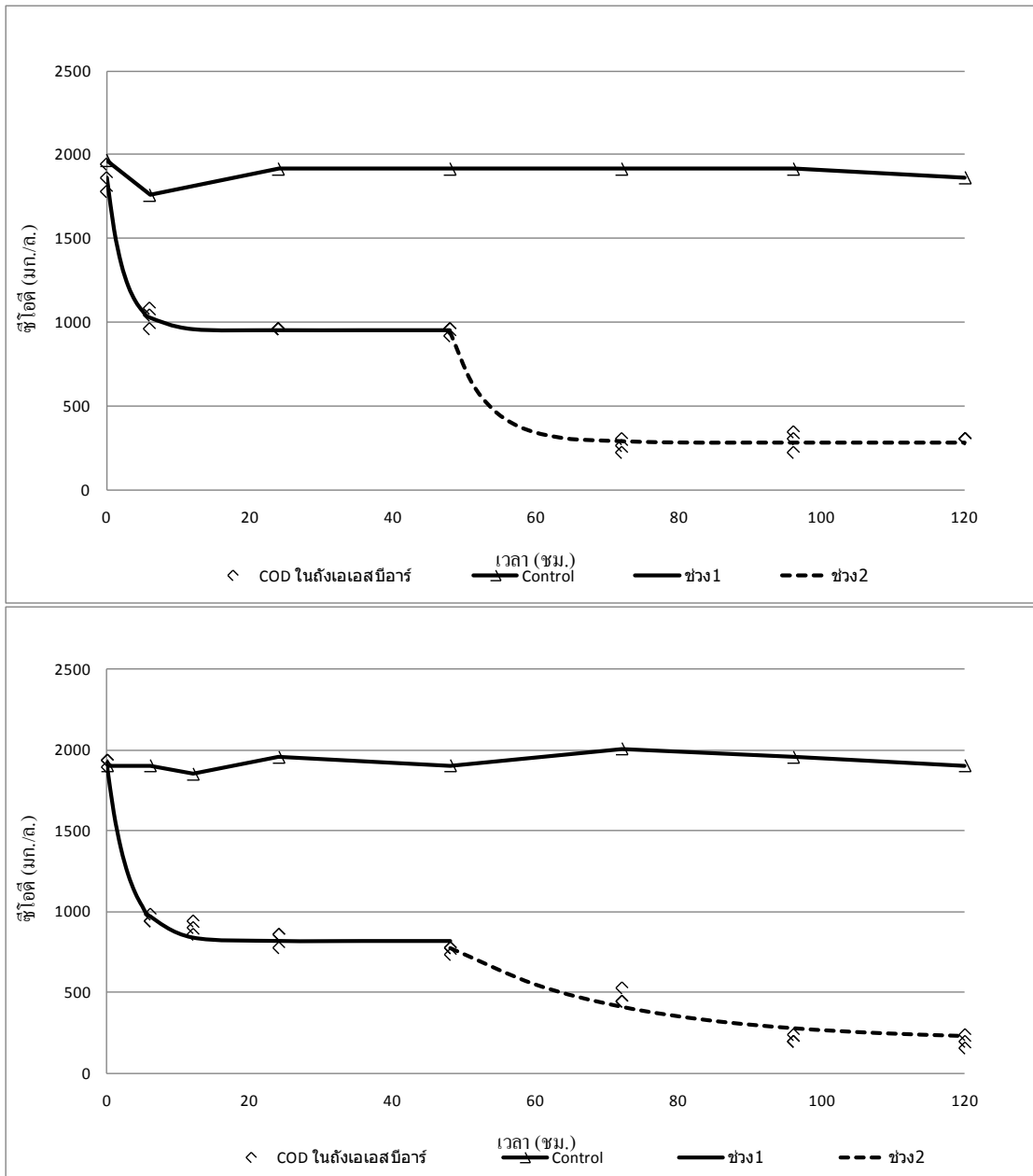
รูปที่ 4.18 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนเบตซ์ที่ 14, 15 และ 16 (ตารางที่ ค28, ค30 และ ค32 หน้า 90, 91 และ 92)

4.3.3 ความเข้มข้นตะกอน 1780 ± 85 มก./ล.

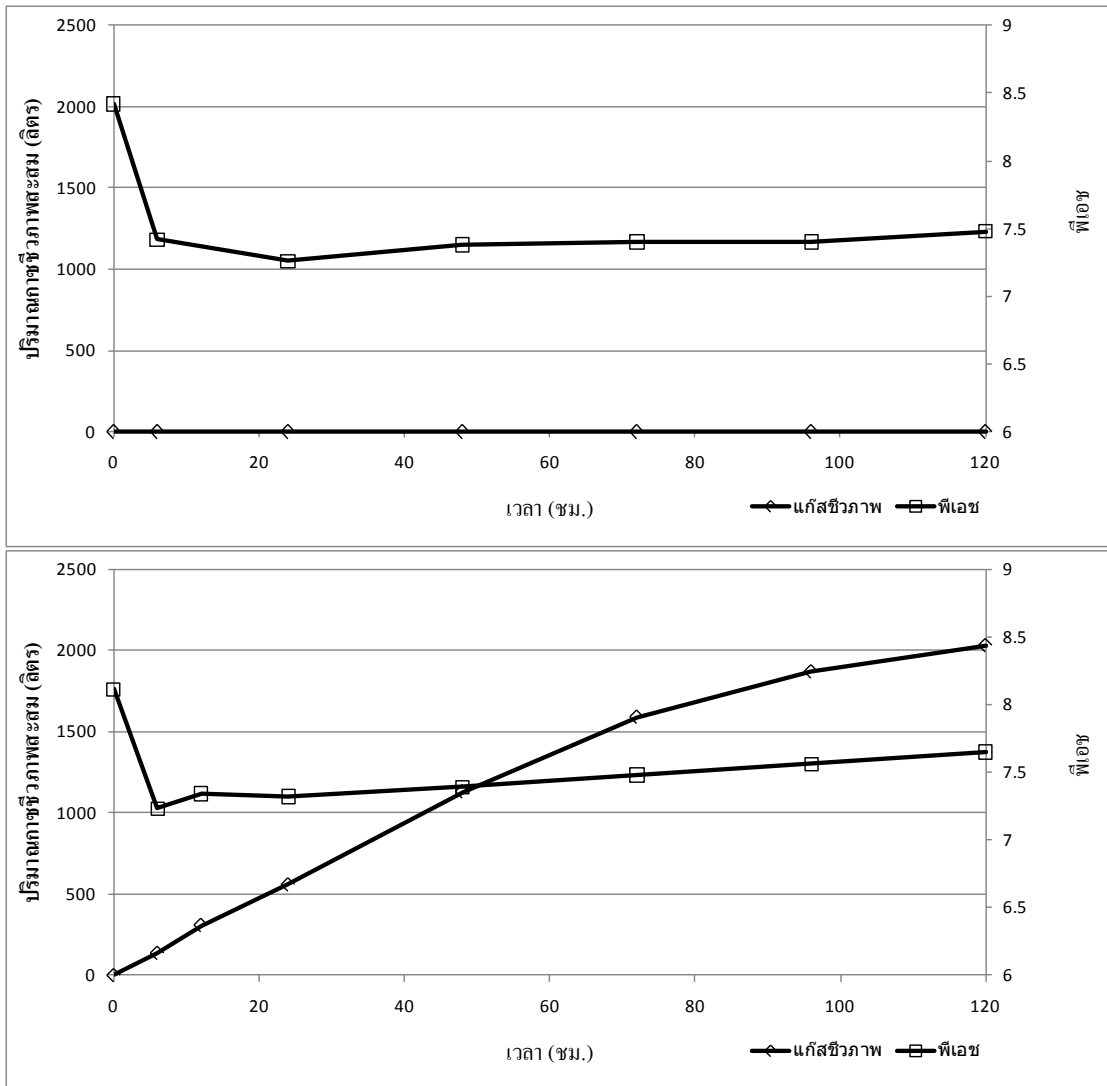
ทำการทดลอง 2 แบบซ์โดยสูบน้ำตะกอนออกจากแบบซ์ที่ 16 ให้เหลือประมาณครึ่งหนึ่งของที่มีอยู่แล้วทำการเดินระบบเอเอสบีอาร์โดยใช้ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2000 มก./ล. เนื่องจากผลการทดลองของแบบซ์ที่ 14, 15 และ 16 พบว่าเมื่อเดินระบบไปเป็นเวลา 120 ชม. ค่าซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์ค่อนข้างคงที่ ดังนั้นในแบบซ์ที่ 17 และ 18 จึงทำการเดินระบบเป็นเวลา 120 ชม. รายละเอียดของแบบซ์ที่ 17 และ 18 ดังรูปที่ 4.19, 4.20 และ 4.21 เนื่องจากมีการลดลงของซีโอดี 2 ช่วง มีค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับที่ 1 ช่วงที่ 1 (k_1) ช่วงที่สอง (k_2) และ ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ของแบบซ์ที่ 17 และ 18 ดังตารางที่ 4.7 ในแบบซ์ที่ 17 ถึงมีการรั่วซึมทำให้ไม่สามารถวัดปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นได้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองที่ความเข้มข้นตะกอน 1780 ± 85 มก./ล. (ตารางที่ ค33 และ ค35 หน้า 93 และ 94)

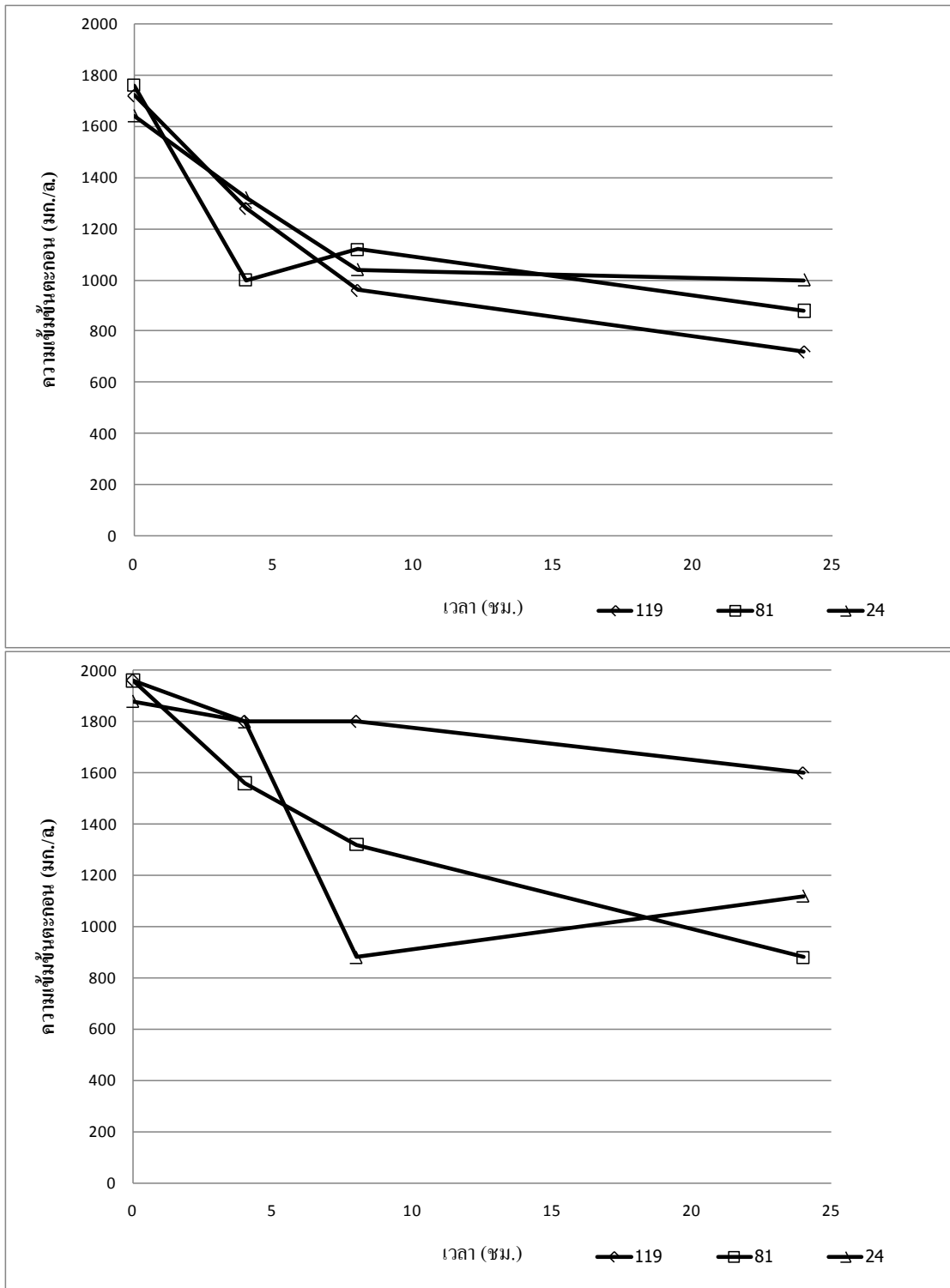
แบบซ์ที่	ซีโอดีที่เข้าสู่ระบบ (มก./ล.)	k_1	ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะช่วงแรก ($\times 10^{-5}$ ชั่วโมง ⁻¹)	k_2	ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะช่วงที่สอง ($\times 10^{-5}$ ชั่วโมง ⁻¹)
17	1893±65	0.415±0.077	23.31±4.326	0.200±0.186	11.24±10.449
18	1922±48	0.328±0.039	18.43±2.191	0.042±0.006	2.36±0.337



รูปที่ 4.19 ซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์แบตช์ที่ 17 และ 18



รูปที่ 4.20 ปริมาณก๊าซชีวภาพและพีเอชในถังเอสปีอาร์แบบตซ์ที่ 17 และ 18



*หมายเหตุ 24, 81 และ 119 ชม. เป็นระยะความสูงจากกันถึงที่ทำการเก็บตัวอย่าง

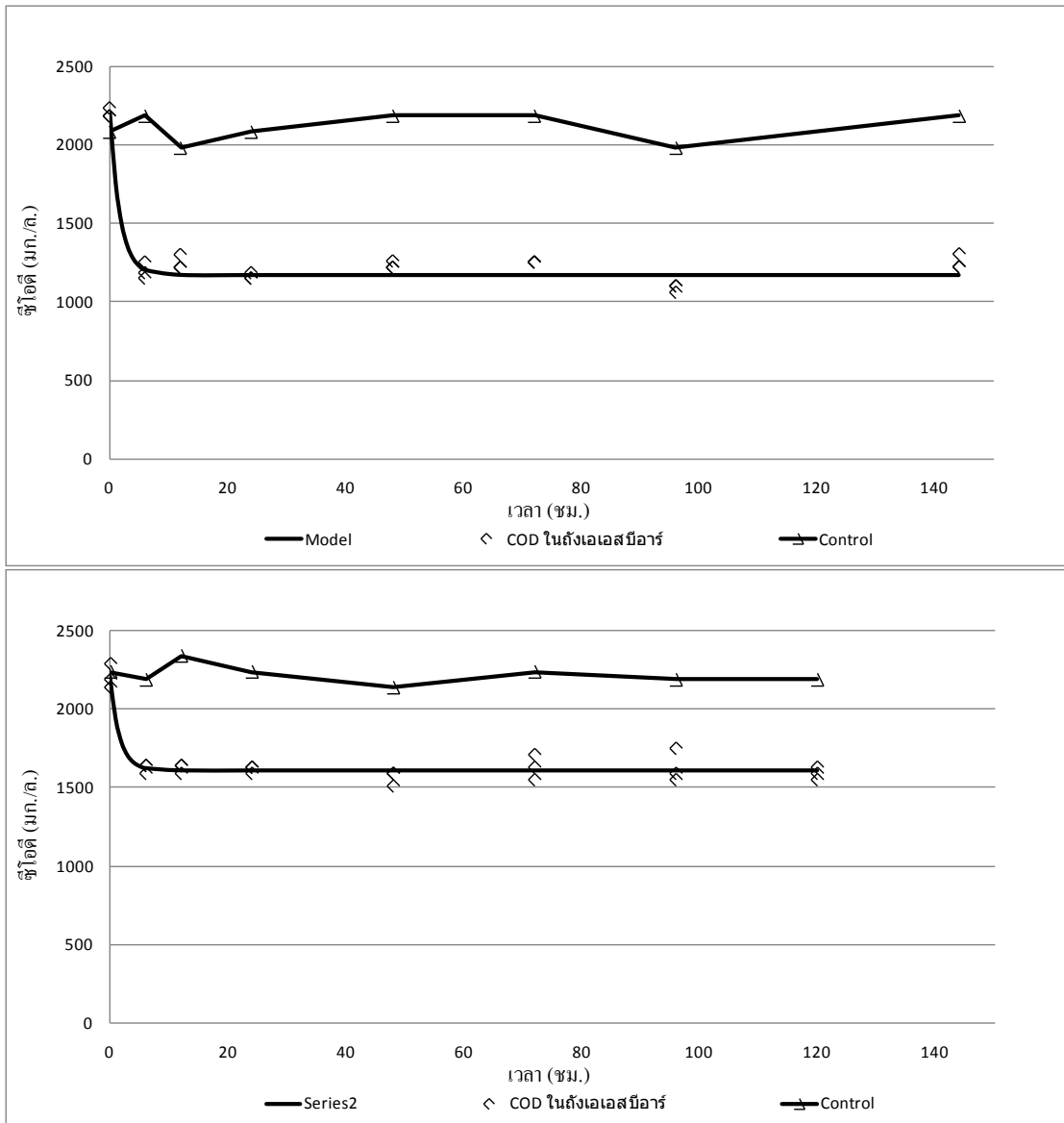
รูปที่ 4.21 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบบตซ์ที่ 17 และ 18 (ตารางที่ ค34 และ ค36 หน้า 93 และ 94)

4.4 การเปลี่ยนแปลงลักษณะการกวนในถังเอเอสปีอาร์

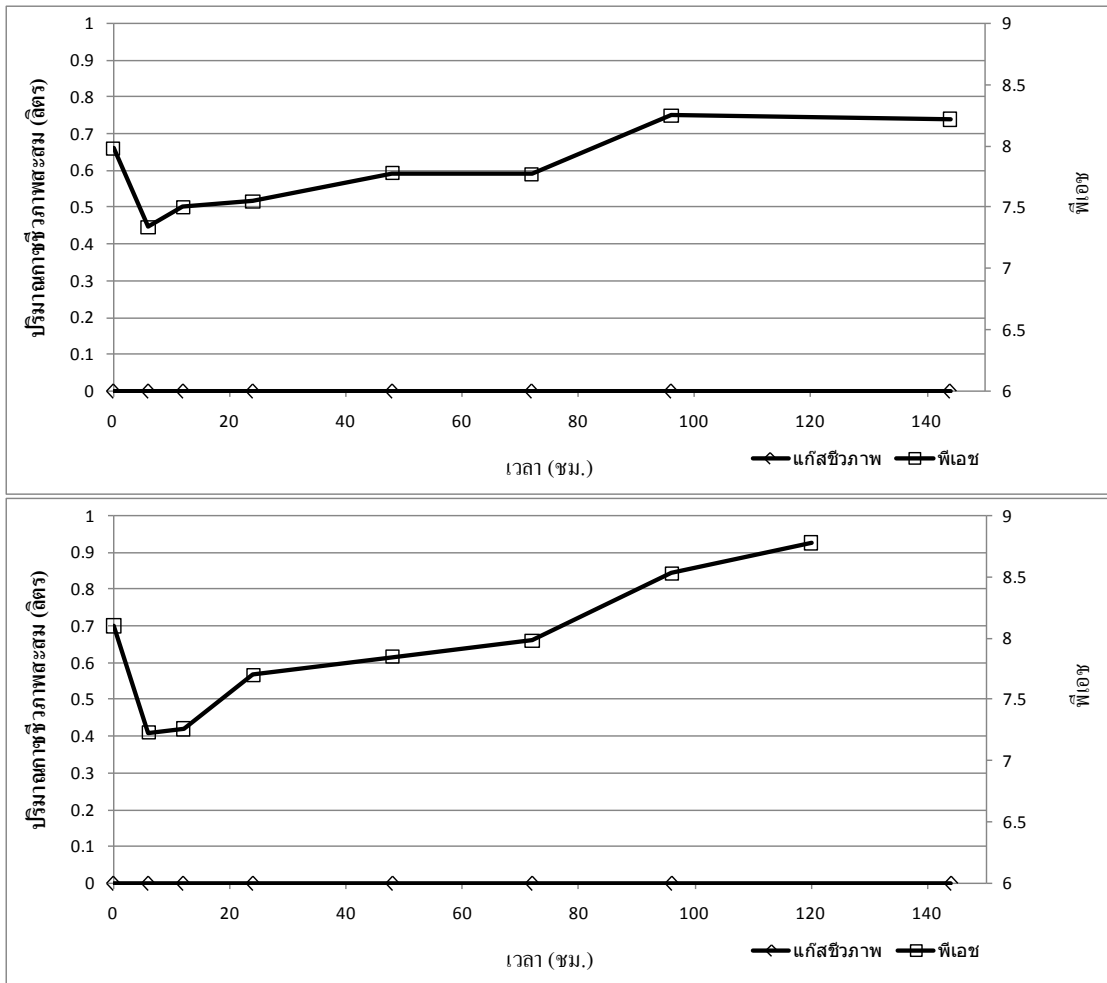
ทำการเปลี่ยนการกวนโดยใช้ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนในระบบมาใช้ใบกวนกวนน้ำในระบบ แทน ใช้ใบกวนแบบ เทอร์ไบน์ 6 ครีบ กวนที่ความเร็วประมาณ 72 รอบต่อนาที ทำการทดลอง 2 แบบต์ซ์โดยใช้ตะกอนจากแบบต์ซ์ที่ 18 มาเดินระบบเอเอสปีอาร์โดยใช้ซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 2000 มก./ล. ความเข้มข้นตะกอน 4230 ± 71 มก./ล. ใช้ระยะเวลาเดินระบบเป็นเวลา 120 ชม. เช่นเดียวกับ แบบต์ซ์ที่ 18 รายละเอียดของแบบต์ซ์ ที่ 19 และ 20 ดังรูปที่ 4.22, 4.23 และ 4.24 มีค่าคงที่ปฏิกิริยา อันดับที่ 1 (k_1) และ ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะของแบบต์ซ์ที่ 19 และ 20 ดังตารางที่ 4.8 เนื่องจากการใช้ใบกวนทำให้อุครอยรั่วของถังได้ยากจึงทำให้ไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพได้

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองที่ใช้ใบกวนแทนใช้ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนในระบบ (ตารางที่ ค37 และ ค39 หน้า 95 และ 96)

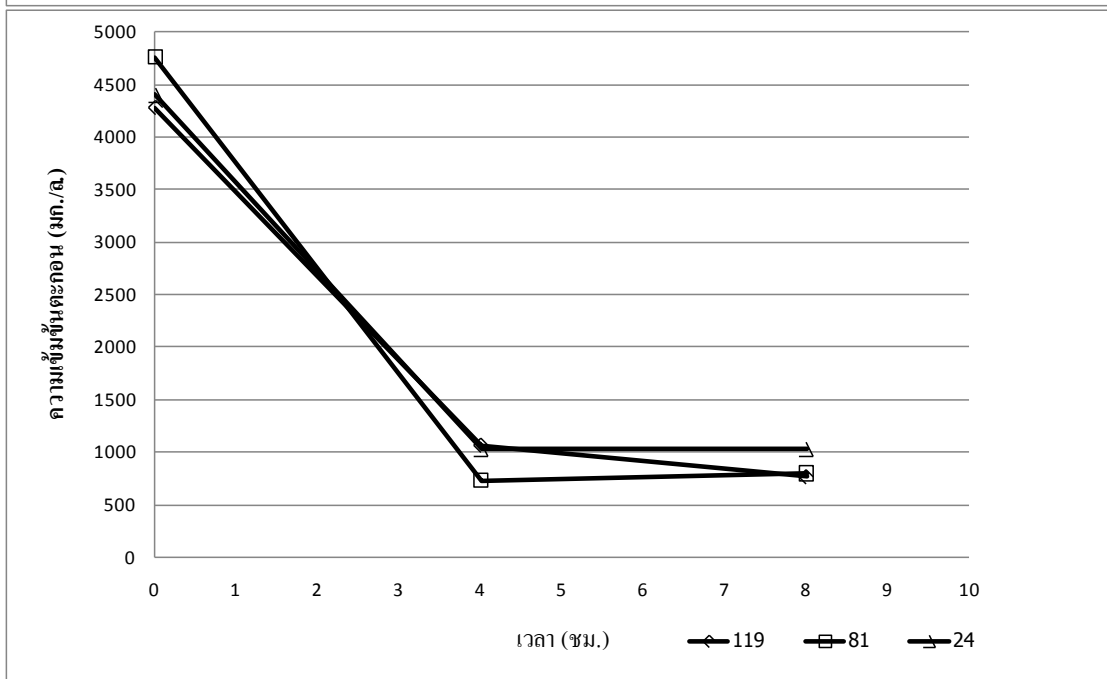
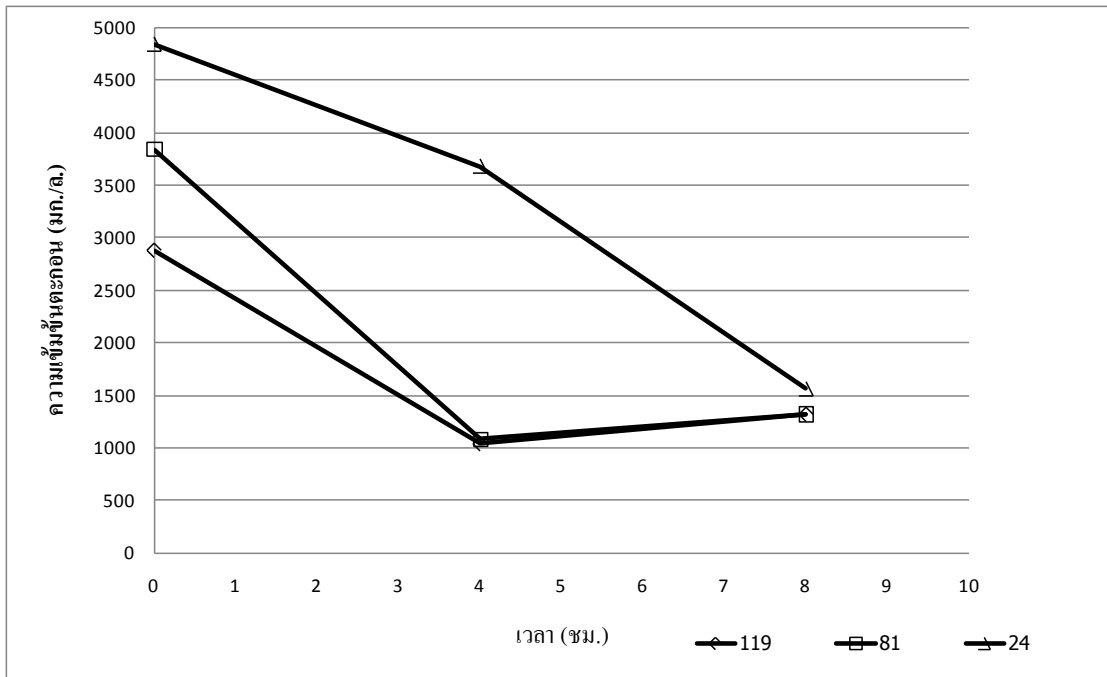
แบบต์ซ์ ที่	ซีโอดีที่เข้าสู่ ระบบ (มก./ล.)	ซีโอดีที่ย่อยสลาย ง่าย (มก./ล.)	k_1	ค่าอัตราการย่อยสลาย จำเพาะ ($\times 10^{-5}$. ชั่วโมง ⁻¹)
19	2109±90	1033±41	0.579±0.212	13.69±5.011
20	2218±59	594±32	0.613±0.357	14.49±8.440



รูปที่ 4.22 ซีโอดีในถังเอเอสบีอาร์เบตซ์ที่ 19 และ 20



รูปที่ 4.23 ปริมาณก๊าซชีวภาพและพีเอชในถังเอสปีอาร์แบบซ์ที่ 19 และ 20



*หมายเหตุ 24, 81 และ 119 ซม. เป็นระยะความสูงจากกันถึงที่ทำกรเก็บตัวอย่าง

รูปที่ 4.24 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนแบคทีเรียที่ 19 และ 20 (ตารางที่ ค38 และ ค40 หน้า 95 และ 96)

4.5 เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน

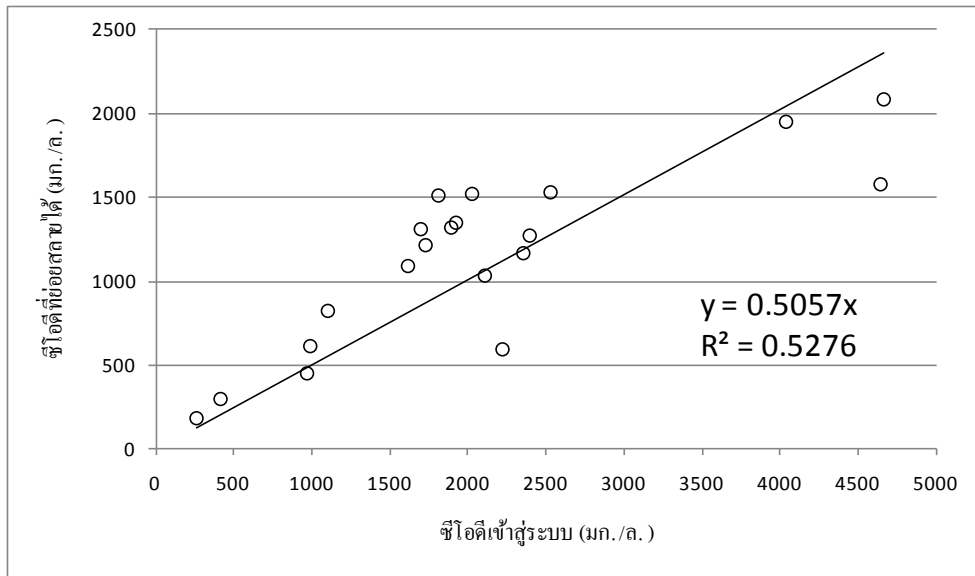
เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนจะวัดที่ ซีโอดีเข้าสู่ระบบประมาณ 2000 มก./ล. ความเข้มข้นตะกอนประมาณ 10720 ± 264 มก./ล. ดังตารางที่ 4.9 แต่อัตราการเกิดก๊าซมีเทน ต่อกก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับทฤษฎี (สมการที่ 4.1) คือ 0.38 ลบ.ม ก๊าซมีเทน ต่อกก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด เป็นเพราะว่าปริมาณก๊าซที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณก๊าซ ไม่ใช่ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจริง เพราะว่ายังมีก๊าซชีวภาพบางส่วนเหลืออยู่ในถัง และหยุดเดินระบบก่อนที่จะระบายก๊าซชีวภาพออกมาได้หมด

ตารางที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนที่วัดได้ (ภาคผนวก ง หน้า 97)

เบตซ์ที่	ซีโอดีที่เข้าสู่ระบบ (มก./ล)	ซีโอดีที่ย่อยสลายได้ง่าย (มก./ล)	ก๊าซมีเทน (%)	อัตราการเกิดก๊าซมีเทนต่อกก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด (ลบม.ก๊าซมีเทน/กิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด)
7	2354 ± 55	1172 ± 56	49	0.29
8	2476 ± 102	1274 ± 34	55	0.19

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีที่เข้าสู่ระบบ และ ซีโอดีที่ย่อยสลายได้ง่าย

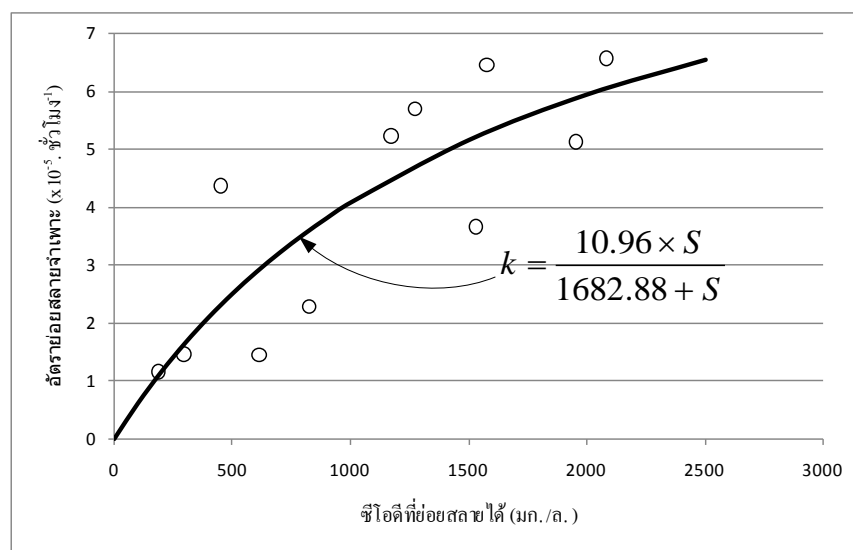
ความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีที่เข้าสู่ระบบ และ ซีโอดีที่ย่อยสลายได้ง่าย พบว่าเมื่อซีโอดีที่เข้าสู่ระบบเพิ่มมากขึ้น ซีโอดีที่ย่อยสลายง่ายก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย มีสัดส่วนประมาณ 50% ของซีโอดีที่เข้าสู่ระบบทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีที่เข้าสู่ระบบกับซีโอดีที่ย่อยสลายได้ง่าย

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ และ ซีโอดีที่ย่อยสลายได้

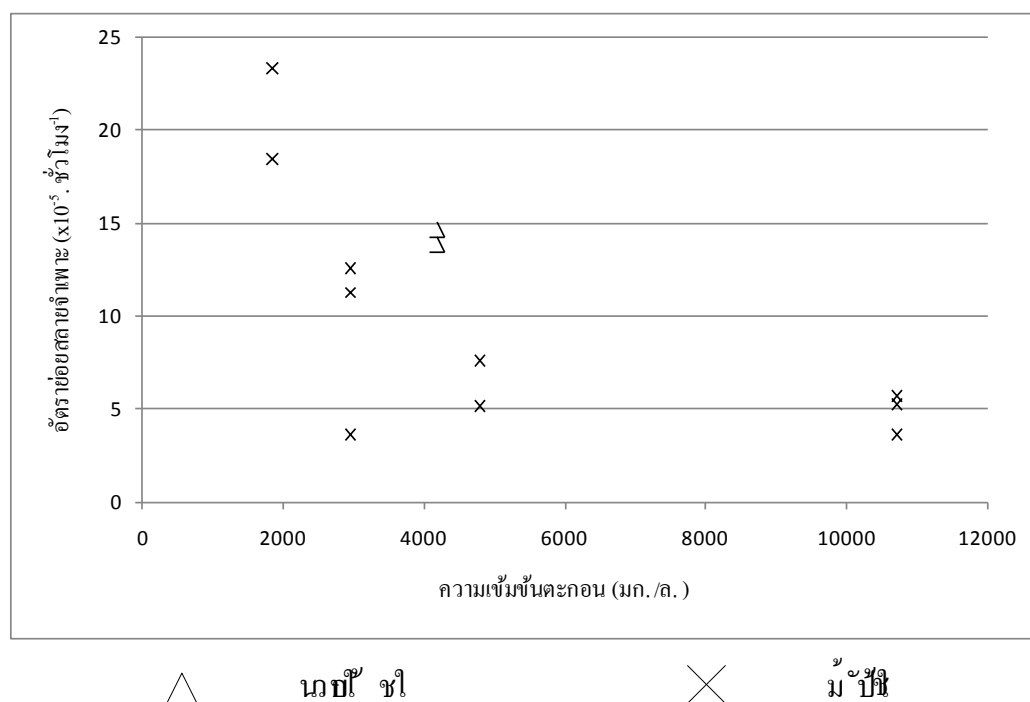
อัตราการย่อยสลายจำเพาะเพิ่มขึ้นตามซีโอดีที่ย่อยสลายง่าย โดยสามารถคำนวณ k_m K_s จากสมการที่ 2.21 โดยใช้โปรแกรม SPSS ได้ k_m เท่ากับ 10.96 ± 5.520 ชม.⁻¹ ได้ K_s เท่ากับ 1682.88 ± 1539.71 มก./ล. ได้ดังรูปที่ 4.26 พบว่าค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะเพิ่มขึ้นตามซีโอดีที่ย่อยสลายได้ จนค่อนข้างคงที่ เนื่องจากตะกอนจุลินทรีย์เริ่มชินกับน้ำเสีย (ภาคผนวก ข หน้า 74)



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ และ ซีโอดีที่ย่อยสลายได้

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะกับความเข้มข้นตะกอน

เมื่อทำการลดตะกอนพบว่า ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ เพิ่มขึ้น แต่ที่จริงแล้วควรระวังที่ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะ น่าจะมีผลมาจากเมื่อทำการลดตะกอนลง ทำให้ปริมาณตะกอนที่สะสมอยู่ที่ผิวหน้าของน้ำในถังลดลงด้วยจึงทำให้ตะกอนที่ลอยอยู่ในน้ำมีปริมาณมากขึ้น แสดงว่าระบบนี้มีค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะอยู่ที่ประมาณ 15×10^{-5} ชั่วโมง⁻¹ ซึ่งมากกว่าตอนแรกถึง 4 เท่า ดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะกับความเข้มข้นตะกอน

4.9 ระยะเวลาตกตะกอนที่เหมาะสม

ระยะเวลาตกตะกอนไม่สามารถ สังเกต ได้จาก ท่ออะค ริลิกไฮสที่ติดตั้งได้ เป็นเพราะว่า ตะกอนในระบบอยู่ต่ำกว่าระดับของท่ออะค ริลิกไฮส จึงไม่สามารถ สังเกต ได้ ดังนั้นจึงประมาณการ ตกตะกอนโดยการวัดปริมาณตะกอนที่ระยะต่างๆ จากกันถึงคือ 24, 81 และ 119 ซม. แล้วสังเกต การลดลงของตะกอนเมื่อระยะเวลาผ่านไป พบว่า ที่ระยะเวลาตกตะกอนประมาณ 4-8 ซม. ปริมาณ ตะกอนที่วัดได้ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ดังนั้นระยะเวลาตกตะกอนที่เหมาะสมน่าจะอยู่ในช่วง 4-8 ซม.

4.10 การเปลี่ยนรูปแบบในการกวนน้ำในระบบ

พบว่าในการใช้ใบกวน ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะไม่ต่างกับกรณีใช้ปั๊มมากนัก ดังรูปที่ 4.27 ซึ่งตรงตามทฤษฎี เพราะว่าตะกอนชนิดเดียวกัน น้ำเสียเดียวกันควรมีค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะใกล้เคียงกัน แต่การใช้ในกวนมีการลดลงของซีโอดีเพียงช่วงเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปั๊มแล้วพบว่า การใช้ปั๊มนั้นสามารถลดซีโอดีได้มากกว่าแต่ถ้าคิดที่ระยะเวลาสั้นๆ คือเดินระบบ 6 ชม. ก็สามารถลดซีโอดีได้ใกล้เคียงกัน ดังนั้นถ้าต้องการความเร็วในการบำบัดแล้วสามารถเลือกใช้รูปแบบในการกวนทั้งคู่ได้ แต่ในกรณีพิเศษของการใช้ใบกวนนั้นมีการรักษาระดับพีเอชให้ได้ใกล้เคียงกับตอนเริ่มระบบได้ดีกว่าการใช้ปั๊ม เป็นเพราะว่าการใช้ใบกวนไม่มีการปิดถัง จึงทำให้ไม่มีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถังจึงทำให้ค่าพีเอชสามารถเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็วจากที่ลดลงในตอนแรก

4.11 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเดินระบบเอเอสบีอาร์ในขั้นตอนต่างๆ

ตารางที่ 4.10 ระยะเวลาเดินระบบที่เหมาะสมในขั้นตอนต่างๆ ของระบบเอเอสบีอาร์

ขั้นตอน	ระยะเวลา	หมายเหตุ
เติมน้ำเสีย	10 นาที	อาจเพิ่มหรือลดได้ตามปริมาณของน้ำเสียที่ต้องการบำบัด
ทำปฏิกิริยา	6 ชม.	-
ตกตะกอน	4 ชม.	-
ปล่อยน้ำทิ้ง	30 นาที	อาจเพิ่มหรือลดได้ตามปริมาณของน้ำเสียที่ต้องการบำบัด

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ในการแปรผันความเข้มข้นซีโอดี น้ำเสียมีค่าซีโอดีที่ย่อยสลายยากประมาณ 40-55% สามารถหาเป็นภาระบรรทุกสารอินทรีย์อยู่ในช่วง 0.3-1.8 กิโลกรัม-ซีโอดี/ลบ.ม./วัน พบว่าระบบเอเอสปีอาร์สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีซีโอดีน้อยกว่า 2000 มก./ล. ได้มีประสิทธิภาพประมาณ 60-70% สามารถลดได้เหลือ ประมาณ 100-1000 มก./ล. โดยมีระยะเวลาบำบัดที่น้อยมากคือ 6 ชม. ในการกำจัดซีโอดีที่ย่อยสลายง่ายหมด แต่ซีโอดีที่ออกจากระบบมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานคือ 120 มก./ล. ดังนั้นจึงควรมีระบบบำบัดแบบใช้อากาศมาช่วยบำบัดในส่วนที่เหลือ หรือลองใช้ระบบบำบัดแบบใช้อากาศแทน เพื่อทำให้น้ำที่บำบัดแล้วผ่านมาตรฐาน

2. ในการแปรผันความเข้มข้นตะกอน พบว่าเมื่อลดความเข้มข้นตะกอนลง จะเกิดการลดลงของซีโอดีเป็น 2 ช่วง เพราะวาก๊าซที่เกิดขึ้นในถังไม่สามารถระบายออกไปได้ดี จากเครื่องวัดปริมาณก๊าซ เพราะวากเครื่องวัดปริมาณก๊าซนั้นต้องการแรงดันของก๊าซในการวัดปริมาณด้วยจึงทำให้เกิดการสะสมของก๊าซมีเทน และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในน้ำในระบบจึงทำให้ซีโอดีไม่ลดลงไป เมื่อปล่อยให้ระบบเดินต่อไปมากกว่า 48 ชม. ก๊าซสะสมที่เกิดขึ้นจากการลดลงของซีโอดีในช่วงแรกได้ถูกระบายออกไปเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ก๊าซมีเทน และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เหลือในน้ำได้ระบายออกมา มีผลทำให้ซีโอดีในระบบลดลงอีกช่วงและ การที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ระบายออกไปจึงทำให้พี เอชของระบบเริ่มเพิ่มขึ้นกลับมา และเมื่อ ถึงเกณฑ์ปริมาณก๊าซสะสมพบว่า เมื่อการลดลงของซีโอดีในช่วงที่ 2 สิ้นสุดแล้วปริมาณก๊าซสะสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยเมื่อเทียบก บในตอนแรกที่เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงเพราะวากการระบายก๊าซออก จากถังโดนบังคับโดยเครื่องวัดปริมาณก๊าซนั่นเอง ดังนั้นจึงควรปรับปรุงให้การระบายก๊าซดีขึ้น

3. การวัดค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะมีค่าไม่แน่นอนและน้อยกว่าที่ควรจะเป็นในกรณีที่มีความเข้มข้นตะกอนสูงๆ เพราะวากในการ ใช้ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนในระบบมีซี อบกพร่องคือ ทำให้ตะกอนบางส่วนลอยตัวอยู่บริเวณผิวหน้าน้ำจึงทำให้ การวัดความเข้มข้นตะกอนในระบบไม่

สามารถวัดได้แน่นอน แต่ในการใช้ไบกวน ความเข้มข้นตะกอนในระบบมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะของระบบนี้ควรจะมีค่าประมาณ 15×10^{-5} มก.-ซีโอดี มก.-ของแข็งแขวนลอย⁻¹ ชม.⁻¹

4. ในการเปลี่ยนรูปแบบในการกวนจากการใช้ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนในระบบ มาเป็นใช้ไบกวนแทน พบว่า มีผลการกำจัดซีโอดี ใกล้เคียงกับการใช้ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนในกรณีที่ต้องการระยะเวลาบำบัดที่สั้น กล่าวคือน้อยกว่า 6 ชม. และในการใช้ไบกวน ไม่มีการปิดถังจึงทำให้ไม่มีการสะสมของก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ทำให้การเปลี่ยนแปลงพีเอชดีกว่าใช้ปั๊ม แต่ในขณะที่ระบบไม่มีการสะสมตะกอนที่ผิวหน้าน้ำในถังทำให้ปริมาณตะกอนเมื่อเริ่มเดินระบบและ ก่อนตกตะกอนไม่ต่างกันมากนัก แต่เมื่อทำการตกตะกอนก็ยังมีตะกอนส่วนหนึ่งลอยขึ้นมาสู่ผิวหน้าน้ำเช่นกัน

5. ก๊าซมีเทนที่วัดได้เท่ากับ 0.24 ± 0.07 ลบ.ม.-ก๊าซมีเทน/กิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ซึ่งมีค่าน้อยกว่าตามทฤษฎีคือ 0.38 ลบ.ม.-ก๊าซมีเทน/กิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด เพราะว่าการเก็บก๊าซเก็บโดยใช้แรงดันก๊าซเป็นตัวดันแทนที่น้ำออกมาเพื่อวัดปริมาตร ทำให้ปริมาณก๊าซที่วัดได้ในขณะนั้นไม่ใช่ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจริงเพราะยังมีก๊าซอีกส่วนมากที่ยังสะสมอยู่ในถังภายใต้แรงดันอีกด้วย

6. ระยะเวลาตกตะกอนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 4-8 ชม. โดยสังเกตได้จากตะกอนในระบบที่วัดได้จากกระยะจากกันถังต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การกวนโดยใช้ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนในระบบมีข้อดีคือสามารถเก็บก๊าซได้ แต่มีข้อด้อยคือเมื่อเดินระบบไปเรื่อยๆ จะมีตะกอนบางส่วนมาสะสมที่บริเวณผิวหน้าน้ำ ทำให้ไม่สามารถวัดความเข้มข้นตะกอนที่แน่นอนได้ ดังนั้นจึงควรหาวิธีที่ทำให้ตะกอนส่วนที่ลอยขึ้นมาไม่ลอยสะสมอยู่ด้านบนของผิวน้ำ

2. การวัดก๊าซโดยใช้เครื่องวัดก๊าซแบบนี้ เป็นการเก็บโดยใช้แรงดันทำให้ ไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจริงในขณะนั้น ได้ไม่เที่ยงตรงเท่าที่ควร จึงควรใช้วิธีวัดแบบอื่นแทน

3. ความเข้มข้นตะกอนไม่สามารถวัดได้แน่นอน เพราะว่าการใช้ปั๊มสูบน้ำหมุนเวียนในระบบจากล่างขึ้นบนทำให้มีตะกอนบางส่วนสะสมอยู่ที่ผิวน้ำ ซึ่งไม่สามารถ วัดความเข้มข้นของ

ตะกอนส่วนนี้ได้ ดังนั้นจึงควรใช้วิธีที่จะไม่ทำให้มีตะกอนสะสมที่ผิวหน้าน้ำ ทำได้โดยต่อท่อแยกออกมาคิดไล่ตะกอนบริเวณผิวหน้าน้ำ หรือใช้วิธีอื่นในการกวาดเช่นใช้ใบกวาดเป็นต้น

4. ระยะเวลาตกตะกอน ไม่สามารถวัดได้อย่างแน่นอน เพราะว่าการตกตะกอน สังกเกตได้ยากจากท่ออะคริลิก จึงทำได้เพียง สังเกตคร่าวๆ จากปริมาณความเข้มข้นตะกอนที่ลดลงที่ความสูงต่างๆจากกันถึง ควรปรับปรุงการสังเกตการตกตะกอน ไปใช้วิธีอื่นที่สามารถสังเกตได้แม่นยำยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ชำนาญ ภายประสิทธิ์. 2538. การใช้ยูเอสบีในการบำบัดน้ำเสียเข้มข้นสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย
- มันสิน ตันทุลเวศน์. 2542. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม. เล่มที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- มันสิน ตันทุลเวศน์. 2548. เอกสารประกอบการบรรยาย การฝึกอบรมการออกแบบระบบรวมน้ำ
เสียและหน่วยบำบัดภายในระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : แชน.อี.68 คอนซัลติ้ง เอ็นจิ
เนียรส์.
- ศักดิ์ชัย โอภาสวัฑชัย. 2526. การย่อยสลายและการผลิตก๊าซชีวภาพของขยะแบบไร้ออกซิเจนโดย
แบคทีเรียชนิดชอบความร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรม
สุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- อรทัย ทิมพงษ์. 2548. ความสามารถสูงสุดของระบบ เอเอสบีอาร์ ในการรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์
ในการบำบัดสารอินทรีย์จากน้ำเสียชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชา
อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภาษาอังกฤษ

- Adrianus, V., H. and Jeroen, V., L.. 2007. Handbook Biological Waste Water Treatment Design
and Optimisation of Activated Sludge Systems. Leidschendam : Quist Publishing
- American Water Works Association. 1980. Standard Methods for the Examination of Water
and Wastewater. 15th ed. Missouri : Byrd PrePress
- Arooj, M. F., Han, S. K., Kim, S. H., Kim, D. H. and Shin, H. S.. 2007. Sludge characteristics in
anaerobic SBR system producing hydrogen gas. WATER RESEARCH 41 : 1177–1184
- Kennedy, K. J. and Lentz, E. M.. 2000. Treatment of landfill leachate using sequencing batch and
continuous flow upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors. Water Research 34 :
3640-3656
- Kim, M., Ahn, Y. H. and Speece, R. E.. 2002. Comparative process stability and efficiency of
anaerobic digestion; mesophilic vs. thermophilic. Water Research 36 : 4369–4385.
- Metcalf and Eddy. 2004. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. 4 ed. New
York : McGraw – Hill

- Michelan, R., Zimmer, R. T., Rodrigues, A.D. J., Ratusznei, M. S., Moraes, D., Zaiat, M. and Foresti, E.. 2009. Effect of impeller type and mechanical agitation on the mass transfer and power consumption aspects of ASBR operation treating synthetic wastewater. Journal of Environmental Management 90 : 1357-1364
- Mockaitis, G., Ratusznei, S. M., Rodrigues, J. A. D., Zaiat, M. and Foresti, E.. 2006. Anaerobic whey treatment by a stirred sequencing batch reactor (ASBR):effects of organic loading and supplemented alkalinity. Journal of Environmental Management 79 : 198–206
- Ndon, U. J. and Dague, R. R.. 1997. Effect of the temperature and hydraulic retention time on anaerobic sequencing batch reactor treatment of low-strength wastewater. Water Research 31 : 2455--2466
- Pinheiro, D. M., Ratusznei, S. M., Rodrigues J. A. D., Zaiat, M. and Foresti, E.. 2008. Fluidized ASBR treating synthetic wastewater:Effect of recirculation velocity. Chemical Engineering and Processing 47 : 184–191
- Rodrigues, J. A. D., Ratusznei, S. M., Camargo, E. F. M. and Zaiat, M.. 2003. Influence of agitation rate on the performance of an anaerobic sequencing batch reactor containing granulated biomass treating low-strength wastewater. Advances in Environmental Research 7 : 405–410.
- Sarti, A., Fernandes, B. S., Zaiat, M. and Foresti, E.. 2007. Anaerobic sequencing batch reactors in pilot-scale for domestic sewage treatment. Desalination 216 : 174–182
- Shizas, I. and Bagley, D. M.. 2002. Improving anaerobic sequencing batch reactor performance by modifying operational parameters. Water Research 36 : 363–367

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ลักษณะของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก1 ลักษณะของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

แบบดซ์ ที่	ซีโอดีทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ทีเคเอ็น (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	แอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	5.4	17.5	1.1	0.1
2	8.3	17.5	1.7	0.4
3	11.5	3.0	1.1	1.0
4	12.8	7.5	2.2	0.7
5	11.1	7.5	1.1	0.6
6	15.2	11.0	0.8	0.3
7	18.9	14.5	2.2	0.4
8	15.4	14.5	0.6	0.3
9	5.8	15.5	1.7	0.4
10	6.4	7.0	0.8	0.7
11	7.9	16.0	0.6	0.4
12	14.6	16.5	1.7	0.6
13	17.5	2.0	0.8	0.3
14	19.1	15.0	1.1	0.3
15	12.2	12.5	1.7	0.1
16	18.1	15.5	0.6	0.1
17	12.1	11.0	0.3	0.1
18	10.4	10.5	1.4	0.3
19	11.5	12.0	0.6	0.4
20	8.1	15.5	1.4	0.3
เฉลี่ย	12.1	12.1	1.2	0.4
SD	4.3	4.6	0.6	0.2

ภาคผนวก ข

การคำนวณค่า k_m และ K_s

ภาคผนวก ข

ใช้ข้อมูลจากตาราง สามารถคำนวณค่า k_m และ K_s จากสมการที่ 2.21 โดยใช้โปรแกรม SPSS ได้ k_m เท่ากับ 10.96 ± 5.520 ชม.⁻¹ ได้ K_s เท่ากับ $1,682.88 \pm 1539.71$ มก./ล.

ตารางที่ ข1 ค่าอัตราการย่อยสลายจำเพาะและซีโอดีที่ย่อยสลายง่าย

แบตช์ที่	ค่าอัตราการย่อยสลาย จำเพาะ ($\times 10^{-5}$. ชั่วโมง ⁻¹)	ซีโอดีที่ย่อยสลาย ง่าย (มก./ล.)
1	1.16	187
2	1.46	294
3	2.28	827
4	1.45	614
5	4.37	452
6	3.66	1,532
7	5.23	1,172
8	5.70	1,274
9	5.13	1,953
10	6.57	2,081
11	6.46	1,577

ภาคผนวก ค

ข้อมูลดิบในแต่ละเบตซ์

ภาคผนวก ค

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 1

ตารางที่ ค1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 1

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พีเอช	ปริมาณ ก๊าซ เดินระบบ (ลิตร)	ระยะเวลา เดินระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
15 ก.ย. 52	9:00	554	504	515	-	-	-	-	-	7.29	0	0
15 ก.ย. 52	9:15	259	239	269	584	35	550	1250	1180	7.04	0	0
15 ก.ย. 52	15:15	180	180	161	544	-	-	-	-	6.76	20.5	6
15 ก.ย. 52	21:15	121	92	102	534	-	-	-	-	-	-	12
16 ก.ย. 52	3:15	102	82	82	525	-	-	-	-	6.62	27	18
16 ก.ย. 52	9:15	82	72	92	554	-	-	-	-	6.62	73	24
16 ก.ย. 52	21:15	62	62	62	564	-	-	-	-	6.66	81.7	36
17 ก.ย. 52	9:15	102	82	82	544	30	650	130	110	6.59	104.3	48

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค2 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 1

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	120	200	340
2	80	240	120
4	230	120	180
8	80	110	90
24	40	50	130

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 2

ตารางที่ ค3 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 2

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ เดินระบบ (ลิตร)	ระยะเวลา เดินระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
20 ก.ย. 52	10:30	416	407	407	416	20	730	1150	1340	6.92	0	0
20 ก.ย. 52	16:30	198	198	198	397	-	-	-	-	6.57	15.4	6
20 ก.ย. 52	22:30	178	169	169	397	-	-	-	-	6.48	20	12
21 ก.ย. 52	4:30	178	139	129	387	-	-	-	-	6.56	44.8	18
21 ก.ย. 52	10:30	139	159	119	397	-	-	-	-	6.56	92.4	24
21 ก.ย. 52	22:30	99	89	89	397	-	-	-	-	6.61	140.5	36
22 ก.ย. 52	10:30	89	109	69	387	40	800	430	440	6.61	195	48

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค4 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 2

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	250	250	250
2	60	70	110
4	70	20	40
8	40	40	20
24	20	30	80

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 3

ตารางที่ ค5 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 3

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
24 ก.ย. 52	12:00	1088	1088	1128	1088	50	1560	1180	1290	7.52	0	0
24 ก.ย. 52	18:00	396	396	455	1068	-	-	-	-	6.94	52.2	6
25 ก.ย. 52	0:00	376	376	396	1147	-	-	-	-	6.8	97.6	12
25 ก.ย. 52	6:00	336	356	336	1167	-	-	-	-	6.78	147.4	18
25 ก.ย. 52	12:00	317	297	336	1088	-	-	-	-	6.62	225.1	24
26 ก.ย. 52	0:00	277	297	317	1128	-	-	-	-	6.8	256	36
26 ก.ย. 52	12:00	257	257	237	1128	-	-	-	-	6.84	389.9	48
27 ก.ย. 52	0:00	198	198	178	1147	-	-	-	-	6.81	424.9	60
27 ก.ย. 52	12:00	198	198	198	1108	110	1580	360	370	6.84	531	72

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค6 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 3

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	260	370	510
1	70	120	60
2	40	20	80
4	70	70	50
8	60	40	40

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 4

ตารางที่ ค7 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 4

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดินระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
29 ก.ย. 52	12:00	953	992	1031	893	100	2830	930	1010	7.73	0	0
29 ก.ย. 52	18:00	506	506	486	953	-	-	-	-	6.81	63.4	6
30 ก.ย. 52	0:00	525	486	486	895	-	-	-	-	7.02	121.9	12
30 ก.ย. 52	6:00	467	467	506	992	-	-	-	-	7	169.5	18
30 ก.ย. 52	12:00	447	467	447	934	-	-	-	-	7.11	260.3	24
1 ต.ค. 52	0:00	291	291	291	972	-	-	-	-	7.19	353.5	36
1 ต.ค. 52	12:00	409	370	370	1031	-	-	-	-	7.08	407.3	48
2 ต.ค. 52	0:00	311	292	311	1148	-	-	-	-	7.1	465.5	60
2 ต.ค. 52	12:00	331	292	253	1187	460	3020	330	390	-	-	72

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค8 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 4

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	240	380	360
1	130	220	170
2	260	150	190
4	120	100	160
8	110	210	130

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 5

ตารางที่ ค9 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 5

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดินระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
7 ต.ค. 52	11:45	956	1034	917	839	100	3500	1380	1520	7.74	0	0
7 ต.ค. 52	17:45	546	546	527	878	-	-	-	-	7.19	105	6
7 ต.ค. 52	23:45	546	507	585	780	-	-	-	-	7.18	185	12
8 ต.ค. 52	5:45	585	546	605	839	-	-	-	-	7.15	262.2	18
8 ต.ค. 52	11:45	488	507	566	839	-	-	-	-	7.2	386.5	24
8 ต.ค. 52	23:45	468	468	527	956	-	-	-	-	7.22	505.2	36
9 ต.ค. 52	11:45	449	449	468	1132	230	3510	310	290	7.24	675	48

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค10 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 5

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	290	310	290
1	180	160	190
2	160	160	180
4	130	140	270
8	100	90	120

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 6

ตารางที่ ค11 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 6

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
11 ต.ค. 52	11:45	2554	2516	2516	2593	110	3880	1680	1500	7.96	0	0
11 ต.ค. 52	17:45	1142	1142	1122	2477	-	-	-	-	6.95	133.14	6
11 ต.ค. 52	23:45	1006	1045	1074	2516	-	-	-	-	6.94	279.6	12
12 ต.ค. 52	5:45	1035	1055	1055	2438	-	-	-	-	6.91	390.96	18
12 ต.ค. 52	23:45	1006	997	1026	2477	-	-	-	-	7.14	676.29	36
13 ต.ค. 52	11:45	958	1035	968	2400	-	-	-	-	6.99	838.29	48
13 ต.ค. 52	23:45	929	919	919	2438	-	-	-	-	7.03	992.7	60
14 ต.ค. 52	11:45	1074	958	948	2516	660	4050	780	460	7.12	1011.48	72

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค12 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 6

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	530	570	510
2	350	380	480
4	310	310	350
8	250	270	280
24	330	320	200

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 7

ตารางที่ ค13 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 7

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
16 ต.ค. 52	12:30	2341	2380	2341	2439	270	4590	1870	1740	8.08	0	0
16 ต.ค. 52	14:30	1483	1639	1483	2390	-	-	-	-	7.53	0	2
16 ต.ค. 52	16:30	1249	1288	1288	2341	-	-	-	-	6.99	59.1	4
16 ต.ค. 52	18:30	1288	1444	1288	2390	-	-	-	-	7	108.3	6
17 ต.ค. 52	0:30	1171	1229	1210	2341	-	-	-	-	7.06	182	12
17 ต.ค. 52	6:30	1210	1249	1229	2439	-	-	-	-	7.06	257.7	18
17 ต.ค. 52	12:30	1132	1112	898	2292	-	-	-	-	7.07	350	24
18 ต.ค. 52	12:30	1171	1190	1190	2341	-	-	-	-	7.02	484.6	48
19 ต.ค. 52	12:30	1171	1093	1054	2292	570	4880	440	520	7.17	684	72

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค14 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 7

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	540	520	440
2	590	540	610
4	550	510	560
8	470	380	370

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 8

ตารางที่ ค15 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 8

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
20 ต.ค. 52	11:45	2453	2453	2295	2571	760	5260	2020	1830	8.06	0	0
20 ต.ค. 52	13:45	1424	1464	1583	2473	-	-	-	-	6.48	33.75	2
20 ต.ค. 52	15:45	1266	1187	1266	2374	-	-	-	-	7.18	54.84	4
20 ต.ค. 52	17:45	1187	1187	1187	2671	-	-	-	-	7.13	119.31	6
20 ต.ค. 52	23:45	1147	1068	1068	2572	-	-	-	-	7.09	244.95	12
21 ต.ค. 52	5:45	1108	1108	1108	2424	-	-	-	-	7.03	330.87	18
21 ต.ค. 52	11:45	1187	1108	1147	2473	400	5320	851	580	7.19	429.93	24

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค16 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 8

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	1110	1020	1160
2	860	920	910
4	960	890	960
8	770	840	790

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 9

ตารางที่ ค17 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 9

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
22 ต.ค. 52	10:00	4119	4002	4002	4596	-	-	2940	2820	7.75	0	0
22 ต.ค. 52	12:00	3001	2942	3001	4536	-	-	-	-	7.36	47.25	2
22 ต.ค. 52	14:00	2001	2001	2177	4354	-	-	-	-	6.87	339.81	4
22 ต.ค. 52	16:00	2177	2119	2060	4596	-	-	-	-	6.88	451.29	6
22 ต.ค. 52	22:00	2413	2353	2236	4476	-	-	-	-	6.86	690.33	12
23 ต.ค. 52	10:00	2177	2199	2059	4476	-	-	-	-	7.08	705.57	24
24 ต.ค. 52	10:00	2059	2059	2119	4354	-	-	960	1020	7.01	863.97	48

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค18 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 9

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	1400	1440	1060
2	1300	1280	1220
4	1140	900	940
8	1000	980	1080
24	680	760	1180

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 10

ตารางที่ ค19 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 10

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
31 ต.ค. 52	14:50	4688	4629	4688	4668	480	7040	3560	3160	7.96	0	0
31 ต.ค. 52	16:50	3275	3334	3043	5276	-	-	-	-	7.75	31.86	2
31 ต.ค. 52	18:50	2510	2334	2334	5159	-	-	-	-	6.98	180.36	4
31 ต.ค. 52	20:50	2569	2569	2628	4923	-	-	-	-	7.09	372.6	6
1 พ.ย. 52	2:50	2569	2569	2569	5159	-	-	-	-	7.02	570.78	12
1 พ.ย. 52	8:50	2569	2687	2687	5747	-	-	-	-	7.04	812.97	18
1 พ.ย. 52	14:50	2746	2746	2746	5276	-	-	-	-	7.1	948.24	24
2 พ.ย. 52	11:50	2628	2628	2887	4864	1620	7200	2680	2840	7.38	1346.49	45

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค20 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 10

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	2180	2180	1840
2	1600	1840	2140
5	1680	1840	1740
8	1560	1520	1660
24	1240	1100	1340

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 11

ตารางที่ ค21 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 11

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
9 พ.ย. 52	10:45	4700	4641	4581	5117	760	9760	3900	4520	8.21	0	0
9 พ.ย. 52	12:45	3510	3391	3450	4998	-	-	-	-	8.19	0	2
9 พ.ย. 52	14:45	3212	3272	3153	5295	-	-	-	-	7.53	29.16	4
9 พ.ย. 52	16:45	3094	2856	3034	5771	-	-	-	-	7.08	156.33	6
9 พ.ย. 52	22:45	3034	3570	3094	5236	-	-	-	-		349.11	12
10 พ.ย. 52	4:45	3094	3094	3034	5295	-	-	-	-	7.13		18
10 พ.ย. 52	10:45	3034	2856	2915	5176	1400	8367	3640	3920	7.45	726.84	24

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค22 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 11

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	4200	3900	3600
2	2720	2540	2960
4	2540	2460	2780
8	2820	2660	2680
24	1800	2060	1980

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 12

ตารางที่ ค23 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 12

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
25 พ.ย. 52	11:15	2005	2044	2044	2159	6100	140	5280	4320	8.22	0	0
25 พ.ย. 52	17:15	1332	1411	1371	2110	-	-	-	-	7.26	136.35	6
25 พ.ย. 52	23:15	1253	1292	1253	2061	-	-	-	-	7.32	238.95	12
26 พ.ย. 52	11:15	1174	1213	1253	1962	-	-	-	-	7.29	512.46	24
27 พ.ย. 52	11:15	1174	1134	1174	1962	-	-	-	-	7.39	1015.47	48
28 พ.ย. 52	11:15	778	778	817	1962	-	-	-	-	7.5	1460.7	72
30 พ.ย. 52	11:15	382	382	303	2258	-	-	-	-	7.9	-	120
1 ธ.ค. 52	11:15	238	198	238	1983	-	-	-	-	-	-	144
2 ธ.ค. 52	11:15	278	238	198	1785	-	-	-	-	-	-	168
3 ธ.ค. 52	11:15	278	198	238	2033	5560	140	4560	4440	7.66	2097.9	192

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค24 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 12

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	3240	3440	3600
4	1840	1840	2000
8	2120	2200	2360
24	2280	2280	3560

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 13

ตารางที่ ค25 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 13

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
4 ธ.ค. 52	11:15	1709	1585	1627	1726	300	5320	5600	5800	8.18	0	0
4 ธ.ค. 52	17:15	1093	1093	1135	1726	-	-	-	-	7.3	16.74	6
4 ธ.ค. 52	23:15	1093	1053	1012	1675	-	-	-	-	7.31	87.48	12
5 ธ.ค. 52	11:15	1093	1053	1053	1572	-	-	-	-	7.14	447.66	24
6 ธ.ค. 52	11:15	1012	1012	1012	1726	-	-	-	-	7.16	814.86	48
7 ธ.ค. 52	11:15	807	807	766	1777	-	-	-	-	7.18	1152.9	72
8 ธ.ค. 52	11:15	683	601	642	1675	-	-	-	-	7.54	1496.07	96
9 ธ.ค. 52	11:15	519	396	396	1675	-	-	-	-	7.5		120
10 ธ.ค. 52	11:15	278	238	238	1636	-	-	-	-	7.55	1867.05	144
11 ธ.ค. 52	11:15	159	198	238	2132	-	-	-	-	7.5	1886.76	168
12 ธ.ค. 52	11:15	119	159	198	1686	-	-	-	-	7.49	1951.29	192
13 ธ.ค. 52	11:15	159	159	198	1735	-	-	3760	3560	7.87	2009.88	216

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค26 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 13

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	3760	3560	3880
4	1440	1560	2200
8	1840	1320	1560
24	1200	1640	1120

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 14

ตารางที่ ค27 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 14

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
16 ธ.ค. 52	11:15	1883	1717	1634	1629	160	5140	4520	4600	8.44	0	0
16 ธ.ค. 52	17:15	1138	1055	1055	1577	-	-	-	-	7.4	115.83	6
16 ธ.ค. 52	23:15	1014	972	972	2043	-	-	-	-	7.2	172.53	12
17 ธ.ค. 52	11:15	1055	972	972	1525	-	-	-	-	7.18	376.92	24
18 ธ.ค. 52	11:15	1014	972	1055	1733	-	-	-	-	7.16	794.61	48
20 ธ.ค. 52	11:15	351	310	310	1525	-	-	-	-	7.34	1618.65	96
21 ธ.ค. 52	11:15	228	62	145	1733	-	-	-	-	7.83	1695.33	120
22 ธ.ค. 52	11:15	164	164	205	1692	-	-	-	-	7.44	1737.72	144
23 ธ.ค. 52	11:15	164	164	164	1795	120	5580	2600	2800	7.58	1739.34	168

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค28 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 14

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	2760	2800	2840
3.5	1360	1440	1480
8	1280	1360	1400
24	1240	1320	1360

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 15

ตารางที่ ค29 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 15

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
24 ธ.ค. 52	10:15	1759	1800	1800	1892	760	6300	4400	4320	8.15	0	0
24 ธ.ค. 52	16:15	941	941	900	1688	-	-	-	-	7.33	98.82	6
24 ธ.ค. 52	22:15	981	941	981	1790	-	-	-	-	7.13	209.79	12
25 ธ.ค. 52	10:15	450	368	409	1790	-	-	-	-	7.3	555.12	24
26 ธ.ค. 52	10:15	409	409	368	1892	-	-	-	-	7.35	1109.16	48
27 ธ.ค. 52	10:15	368	286	286	1790	-	-	-	-	7.48	1481.76	72
29 ธ.ค. 52	10:15	164	164	164	1892	-	-	-	-	7.49	1951.83	120
30 ธ.ค. 52	10:15	285	203	244	1830	-	-	-	-	7.42	2020.68	144
31 ธ.ค. 52	10:15	203	163	163	1830	-	-	-	-	7.66	2042.01	168
1 ม.ค. 53	10:15	203	163	122	1729	150	5700	2960	2960	7.69	2086.02	192

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค30 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 15

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	2800	2960	2720
4	1480	1320	1360
8	1230	1480	1400
24	960	1320	1360

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 16

ตารางที่ ค31 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 16

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
6 ม.ค. 53	10:15	1511	1591	1591	1688	400	5500	3920	4520	8.21	0	0
6 ม.ค. 53	16:15	949	949	1029	1587	-	-	-	-	7.44	83.43	6
6 ม.ค. 53	22:15	949	909	909	1587	-	-	-	-	7.31	165.24	12
7 ม.ค. 53	10:15	909	869	949	1688	-	-	-	-	7.28	436.86	24
8 ม.ค. 53	10:15	869	869	829	1587	-	-	-	-	7.34	1014.66	48
9 ม.ค. 53	10:15	227	227	227	1638	-	-	-	-	7.4	1426.68	72
10 ม.ค. 53	10:15	187	147	187	1688	-	-	-	-	7.42	1740.69	96
11 ม.ค. 53	10:15	227	147	187	1487	140	4400	2720	2680	7.71	1853.28	120

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค32 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 16

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	2520	2680	2520
4	1320	1280	1280
24	1000	1000	1160

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 17

ตารางที่ ค33 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 17

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
13 ม.ค. 53	11:30	1942	1778	1860	1966	160	5560	2840	2880	8.42	0	0
13 ม.ค. 53	17:30	958	1081	1040	1761	-	-	-	-	7.42	0	6
14 ม.ค. 53	11:30	958	958	958	1915	-	-	-	-	7.26	0	24
15 ม.ค. 53	11:30	916	958	958	1915	-	-	-	-	7.38	0	48
16 ม.ค. 53	11:30	260	219	301	1915	-	-	-	-	7.4	0	72
17 ม.ค. 53	11:30	342	219	301	1915	-	-	-	-	7.4	0	96
18 ม.ค. 53	11:30	301	301	301	1864	180	5740	1440	1760	7.48	0	120

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค34 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 17

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	1720	1760	1640
4	1280	1000	1320
8	960	1120	1040
24	720	880	1000

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 18

ตารางที่ ค35 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 18

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
20 ม.ค. 53	10:30	1937	1895	1937	1902	240	6600	3360	3280	8.11	0	0
20 ม.ค. 53	16:30	982	940	940	1902	-	-	-	-	7.23	136.89	6
20 ม.ค. 53	22:30	899	857	940	1850	-	-	-	-	7.34	308.34	12
21 ม.ค. 53	10:30	857	857	774	1954	-	-	-	-	7.32	557.55	24
22 ม.ค. 53	10:30	774	774	732	1902	-	-	-	-	7.39	1128.87	48
23 ม.ค. 53	10:30	442	442	525	2006	-	-	-	-	7.48	1587.87	72
24 ม.ค. 53	10:30	193	193	235	1954	-	-	-	-	7.56	1866.51	96
25 ม.ค. 53	10:30	235	152	193	1902	-	-	1960	2120	7.65	2027.43	120

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค36 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 18

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	1960	1960	1880
4	1800	1560	1800
8	1800	1320	880
24	1600	880	1120

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 19

ตารางที่ ค37 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 19

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
29 ม.ค. 53	16:30	2186	2237	2186	2084	1300	5060	4080	4280	7.98	0	0
29 ม.ค. 53	22:30	1254	1186	1152	2186	-	-	-	-	7.34	0	6
30 ม.ค. 53	4:30	1220	1302	1220	1982	-	-	-	-	7.5	0	12
30 ม.ค. 53	16:30	1186	1152	1152	2084	-	-	-	-	7.55	0	24
31 ม.ค. 53	16:30	1220	1220	1261	2186	-	-	-	-	7.78	0	48
1 ก.พ. 53	16:30	1254	1254	1254	2186	-	-	-	-	7.77	0	72
2 ก.พ. 53	16:30	1102	1061	1102	1982	-	-	-	-	8.25	0	96
4 ก.พ. 53	16:30	1224	1224	1306	2186	1200	5240	3840	4280	8.22	0	144

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค38 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 19

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	2880	3840	4840
4	1040	1080	3680
8	1320	1320	1560

ข้อมูลดิบในเบตซ์ที่ 20

ตารางที่ ค39 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเบตซ์ที่ 20

วันที่	เวลา	ซีโอดี กรอง (มก./ล.)			COD Standard	กรด ระเหย ง่าย (มก./ล.)	ความ เป็นด่าง (มก./ล.)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ล.)		พี เอช	ปริมาณ ก๊าซ (ลิตร)	ระยะเวลา เดิน ระบบ (ชม.)
		1	2	3				1	2			
5 ก.พ. 53	16:30	2287	2138	2188	2237	1020	5160	4280	4840	8.1	0	0
5 ก.พ. 53	22:30	1641	1641	1591	2187	-	-	-	-	7.23	0	6
5 ก.พ. 53	4:30	1641	1641	1591	2337	-	-	-	-	7.26	0	12
6 ก.พ. 53	16:30	1630	1630	1591	2237	-	-	-	-	7.7	0	24
7 ก.พ. 53	16:30	1591	1591	1511	2138	-	-	-	-	7.85	0	48
8 ก.พ. 53	16:30	1551	1710	1630	2237	-	-	-	-	7.98	0	72
9 ก.พ. 53	16:30	1750	1591	1551	2187	-	-	-	-	8.53	0	96
10 ก.พ. 53	16:30	1591	1551	1630	2187	1600	5170	4760	4560	8.78	0	120

*หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ค40 ความเข้มข้นตะกอนเมื่อทำการตกตะกอนในเบตซ์ที่ 20

เวลา (ชม.)	ระยะความสูงจากก้นถัง (ชม.)		
	119	81	24
	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		
0	4280	4760	4400
4	1067	733	1033
8	767	800	1033

ภาคผนวก ง
การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน

ภาคผนวก ง

การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์กำมะถัน

1. %กำมะถัน = $\frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากเครื่อง GC กรณีตัวอย่างเป็นกำมะถันเข้มข้น}}{\text{พื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากเครื่อง GC ของตัวอย่างที่เราต้องการ}} \times \% \text{ความเข้มข้นของกำมะถันเข้มข้น} \times 100$

sel
CH₄

C-R7A CHROMATOPAC CH=1 REPORT No.=27 DATA=1:@CHRM1.C00 10/01/19 09:28:54

0.533

** CALCULATION REPORT **

CH	PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
1	1	0.533	6651508	388673	E		100	
TOTAL			6651508	1388673			100	

r27-1

รูปที่ ง1 พื้นที่ใต้กราฟของกำมะถันเข้มข้น

จากรูปได้พื้นที่ใต้กราฟของกำมะถันเข้มข้นเท่ากับ 6651508

๗

0.521

** CALCULATION REPORT **

CH	PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
1	2	0.521	3284291	888880	V		100	
TOTAL			3284291	888880			100	

C-R7A CHROMATOPAC CH=1 REPORT No.=39 DATA=1:@CHRM1.C00 10/01/19 09:53:14

รูปที่ ง2 พื้นที่ใต้กราฟของเบคทีเรียที่ 7

จากรูปได้พื้นที่ใต้กราฟของเบคทีเรียที่ 7 เท่ากับ 3284291

$$\% \text{กำมะถันของเบคทีเรียที่ 7} = \frac{3284291}{6651508} * 0.99 * 100 = 49\%$$

10

0.519

** CALCULATION REPORT **

CH	PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
1	1	0.519	3696088	1040328	E		100	
TOTAL			3696088	1040328			100	

C-R7A CHROMATOPAC CH=1 REPORT No.=40 DATA=1:@CHRM1.C00 10/01/19 09:54:50

รูปที่ 3 พื้นที่ใต้กราฟของเบคส์ที่ 8

จากรูปได้พื้นที่ใต้กราฟของเบคส์ที่ 8 เท่ากับ 3696088

$$\% \text{ก๊าชมีเทนของเบคส์ที่ 8} = \frac{3696088}{6651508} * 0.99 * 100 = 55\%$$

หมายเหตุ %ความเข้มข้นของก๊าชมีเทนเข้มข้น = 99%

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอภิโชค เลิศล้ำ เกิดวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2549 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2550