

การเริ่มต้นและการเดินระบบแผ่นกันรั่วอากาศ
เพื่อบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูง

นาย นพพล รัตนโกวิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

START-UP AND OPERATION OF ANAEROBIC BAFFLED REACTOR
FOR TREATMENT OF HIGH STRENGTH WASTEWATER

Mr. Noppon Rattanakowin

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 2008
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเริ่มต้นและการเดินระบบแผ่นกั้นไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสีย
ความเข้มข้นสูง

โดย

นายพนพล รัตนโกวิน

สาขาวิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชเรศ ศรีสถิตย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชญ รัชฎาวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ลักษณ์ ฟังรัมย์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วิบูลย์ ศรีเจริญชกุล)

นพพล รัตนโกวิน: การเริ่มต้นและการเดินระบบแผ่นกั้นไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูง.
(START-UP AND OPERATION OF ANAEROBIC BAFFLED REACTOR FOR TREATMENT
OF HIGH STRENGTH WASTEWATER) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์, 133 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ ในช่วงเริ่มต้นเดินระบบและช่วงเดินระบบ เพื่อบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูง ซึ่งน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีซีโอดี 6,000 มก/ลิตร และอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สภาวะคงตัว เท่ากับ 7.2 กก ซีโอดี/ลบ.ม.วัน โดยในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 เป็นการทดลองในช่วงเริ่มต้นเดินระบบ โดยศึกษาถึงผลของระบบ 3 ห้องมีตะแกรง (เส้นผ่าศูนย์กลางรูขนาด 2 มม) กั้นที่ปลายช่องไหลขึ้นกับระบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงกั้น เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเข้าสู่ภาวะคงตัว และช่วงที่ 2 เป็นการทดลองในช่วงเดินระบบได้ทำการศึกษาแยกเป็น 2 ส่วน โดยในส่วนแรกทำการศึกษาถึงผลของจำนวนห้องแบบ 3 ห้องกับแบบ 5 ห้องของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศต่อความสามารถในการบำบัดสารอินทรีย์ และส่วนที่ 2 ได้ศึกษาตัวแปรต่างๆ ภายในห้องของถังปฏิกริยาทั้งแบบ 3 ห้องกับแบบ 5 ห้องโดยสนใจถึงความสามารถในการบำบัดสารอินทรีย์เพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของระบบได้ ซึ่งในการทดลองช่วงที่ 2 นี้จะใช้รูปแบบของถังปฏิกริยาจากการทดลองช่วงที่ 1 ที่ใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นเดินระบบที่สั้นกว่ามาใช้ในการทดลอง

ผลการทดลองช่วงที่ 1 ในช่วงเริ่มต้นระบบพบว่าระบบแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงกั้นที่ช่วงไหลขึ้นใช้เวลาในการเข้าสู่ภาวะคงตัวนานกว่าระบบที่มีตะแกรงกั้นทั้งหมด 76 วัน เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบแบบมีตะแกรงกั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบแบบไม่มีตะแกรงกั้น โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยที่สภาวะคงตัว เท่ากับ 97.52% และ 95.73% ตามลำดับ และผลการทดลองช่วงที่ 2 ช่วงเดินระบบ ได้เลือกใช้ถังปฏิกริยาแบบมีตะแกรงกั้นที่ปลายช่องไหลขึ้นในการทดลอง พบว่าประสิทธิภาพของระบบ 3 ห้องและ 5 ห้องใกล้เคียงกัน โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 97.52% และ 97.98% และมีอัตราการผลิตก๊าซรวมเฉลี่ย เท่ากับ 0.70 และ 0.70 ลบ.ม/กก ซีโอดีที่ถูกกำจัด ซึ่งเมื่อพิจารณาจะเห็นว่า ถังปฏิกริยาแบบ 3 ห้องมีตะแกรง มีความเพียงพอในการบำบัดน้ำเสียประเภทน้ำคาลที่มีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ 7.2 กก ซีโอดี/ลบ.ม.วัน และเมื่อพิจารณาในแต่ละห้องพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจะมากที่สุดในห้องที่ 1 ของทั้ง 3 ถังปฏิกริยาและลดลงไปยังห้องสุดท้าย และกรดไขมันระเหย ของแข็งแขวนลอย และของแข็งระเหยก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2551

4870588021 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD: ANAEROBIC BAFFLED REACTOR / HIGH STRENGTH WASTEWATER / SYSTEM
START-UP / SYSTEM OPERATION

NOPPON RATTANAKOWIN : START-UP AND OPERATION OF ANAEROBIC
BAFFLED REACTOR FOR TREATMENT OF HIGH STRENGTH WASTEWATER.
THESIS ADVISOR : ASST.PROF. PICHAYA RACHADAWONG, Ph.D., 133 pp.

This study is aimed at the efficiencies of Anaerobic Baffled Reactor (ABR) in Start-up and operation for of treatment of the high strength wastewater. The wastewater used in this research was synthetic wastewater. The influent COD was 6,000 mg/L and organic loading rate was 7.2 kg COD/m³·day. The research was divided into 2 experimental periods. The first period was studied of 3 compartments ABR in start-up. This period was compared time into the steady state of 3 compartments ABR with 2 mm. diameter of sieve and without sieve and select the best result one for the second experimental period. The second period was divided into 2 operations. First, was studied in the 3 and 5 compartments ABR in operation so as to evaluate and compare both of these 2 compartments concerning the efficiencies of organic removal. Second, comparing the efficiencies of organic removal in each compartment itself.

The finding of the first experiment, in the start-up, the 3 compartments ABR without sieve reaching to the steady state spent time more than the 3 compartments ABR with sieve for 76 days. Considering the efficiency of COD removal of the 3 compartments ABR with sieve was better than the without one. The average of efficiency in COD removal in the steady state was 97.52% and 95.73% respectively. The finding of the second experiment in the operation state, the selected ABR with sieve, the efficiency of the 3 and 5 compartments ABR is relatively similar, the average of efficiency in COD removal in the steady state was 97.52% and 97.98% respectively. The gas production ratio is 0.70 and 0.70 m³/kg· COD removal respectively. After considered, found that the 3 compartments ABR with sieve is sufficient to treat the sugar wastewater which had the organic loading 7.2 kg COD/m³·day. After considered in each compartment, the highest efficiency of COD removal was in the first compartment of each 3 reactors and progressively reduced until the last compartment. The volatile fatty acid suspended solid and volatile solid has the similar tendency in efficiency of COD removal.

Department.....Environmental Engineering.....Student's signature.....

Field of study.....Environmental Engineering.....Advisor's signature.....

Academic year 2008

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ณ โอกาสนี้ผู้วิจัยขอสำนึกในพระคุณของท่านทั้งหลายเหล่านี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชญ รัชฎาวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งสละเวลาคอยให้ความรู้ คำแนะนำ ปรับปรุง แก้ไขวิทยานิพนธ์ และข้อคิดเห็นต่างๆ รวมทั้งช่วยเหลือและสนับสนุนทุนในการวิจัยจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชเรศ ศรีสถิตย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ลักษณะ พิ้งรัมย์ และดร.วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล ที่ได้สละเวลาเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำอันเป็นแนวทางที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือที่ห้องปฏิบัติการวิจัย และบัณฑิต และห้องปฏิบัติการน้ำเสีย

ขอขอบคุณ ดร.มันสิน ตัณฑุเลวศรี บริษัท แชน.อี 68 คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียर्स จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์หัวข้อที่ใช้ในการเริ่มต้นเดินระบบ

ขอขอบคุณคุณครูจิรายุ คุณครูจันทวรรณ ที่ให้ความช่วยเหลือต่างๆ ในการทำการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกคน พี่เอก พี่เฮ้ พี่แป็บ พี่พุช ตู่กตา เส เมือง เอ คา อ่อง อาร์ จีบ เป้ อ้อ เบิร์ด ออม เอก พลอย อู๋ ติ่ง ใฝ่ ไนท์ และเพื่อนๆ ทุกคน

ขอขอบคุณพี่ๆ และน้องๆ ที่สำนักกลางนักเรียนคริสเตียนทุกคนที่เป็นกำลังใจให้เสมอมา

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่บอล น้องบี น้องเบิร์ด และญาติพี่น้องทุกคน ที่คอยสนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นกำลังใจเสมอมา โดยเฉพาะคุณพ่อและคุณแม่ที่สนับสนุนด้านทุนทรัพย์ในการศึกษาตลอด 26 ปี สนับสนุนในทุกๆ ด้านตลอดชีวิตของข้าพเจ้าจนถึงทุกวันนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การกำจัดสารอินทรีย์.....	4
2.2 กระบวนการไร้อากาศ.....	4
2.2.1 จุดชีววิทยาของกระบวนการไร้อากาศ.....	4
2.2.2 ขั้นตอนของปฏิกิริยาการย่อยไร้อากาศ.....	6
2.2.3 รูปแบบของระบบบำบัดไร้อากาศ.....	9
2.3 ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ (ABR หรือ Anaerobic Baffled Reactor).....	9
2.3.1 ข้อดีและข้อเสียของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ.....	10
2.3.2 การพัฒนาของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ.....	11
2.3.3 ประสิทธิภาพของถังปฏิกิริยาแผ่นกั้นไร้อากาศ.....	14
2.3.4 ลักษณะของกลุ่มแบคทีเรียในถังปฏิกิริยา.....	15
2.3.5 การสร้างเม็ดตะกอนในถังปฏิกิริยา.....	16
2.3.6 ความสามารถในการกักเก็บตะกอน.....	16
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบไร้อากาศ.....	17
2.4.1 สารพิษในน้ำเสีย.....	17
2.4.2 สารอาหาร.....	18
2.4.3 อุณหภูมิ.....	19
2.4.4 ค่า pH.....	19
2.4.5 ระยะเวลาที่น้ำ (HRT) และเวลากักเก็บของแข็ง (SRT).....	19

2.4.6	สภาพต่าง.....	19
2.4.7	กรดไขมันระเหย.....	20
2.5	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
บทที่ 3	ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....	23
3.1	แผนการทดลอง.....	23
3.2	การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์.....	24
3.3	หัวเชื้อ (seed).....	25
3.4	เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง.....	25
3.4.1	ชุดอุปกรณ์การทดลอง.....	25
3.4.2	เครื่องมืออุปกรณ์.....	26
3.5	การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงาน.....	29
3.6	จุดเก็บตัวอย่าง.....	30
3.7	ขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....	30
3.7.1	การทดลองช่วงที่ 1 ศึกษาระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศในช่วงเริ่มต้นระบบ.....	30
3.7.2	การทดลองช่วงที่ 2 ศึกษาผลกระทบของจำนวนห้องต่อระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศที่สภาวะคงตัว.....	34
3.8	การวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	37
บทที่ 4	ผลการทดลอง	38
4.1	ลักษณะของหัวเชื้อ.....	38
4.2	ลักษณะของน้ำเสีย.....	38
4.3	ผลการศึกษาระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศในช่วงเริ่มต้นระบบ.....	41
4.3.1	ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัด.....	41
4.3.2	กรดไขมันระเหย.....	43
4.3.3	สภาพต่างและพีเอช.....	45
4.3.4	อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่าง.....	46
4.3.5	โออาร์พี.....	47
4.3.6	ของแข็งแขวนลอย.....	49
4.3.7	ปริมาณก๊าซรวมที่เกิดขึ้น.....	51
4.3.8	ระยะเวลาในการเข้าสู่ภาวะคงตัว.....	53

4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของระบบแผ่นกัน ไร้อากาศที่ภาวะคงตัว.....	54
4.4.1 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัด.....	54
4.4.2 กรดไขมันระเหย.....	57
4.4.3 สภาพค้างและพีเอช.....	58
4.4.4 อัตราการสลายกรดไขมันระเหยต่อสภาพค้าง.....	59
4.4.5 ของแข็งแขวนลอย.....	61
4.4.6 ปริมาณก๊าซรวมที่เกิดขึ้น.....	61
4.5 ผลการศึกษาค่าและสภาพตัวแปรต่างๆ ที่สำคัญในแต่ละห้องของระบบแผ่นกัน ที่เวลาต่างๆ.....	64
4.5.1 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัด.....	64
4.5.2 กรดไขมันระเหย.....	67
4.5.3 สภาพค้าง.....	69
4.5.4 พีเอช.....	71
4.5.5 โออาร์พี.....	73
4.5.6 ของแข็งแขวนลอย.....	75
4.5.7 ของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยในระบบ.....	77
4.5.8 ลักษณะของตะกอนจุลชีพ.....	79
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ.....	81
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	81
5.1.1 การทดลองช่วงที่ 1 การทดลองระบบแผ่นกัน ไร้อากาศ ในช่วงเริ่มต้นระบบ.....	81
5.1.2 การทดลองช่วงที่ 2 การทดลองในช่วงเดินระบบ.....	81
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	83
รายการอ้างอิง.....	84
ภาคผนวก.....	88
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	133

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ข้อดีของระบบแผ่นกั้นไร่อากาศ.....	10
2.2	การพัฒนาของระบบแผ่นกั้นไร่อากาศ.....	12
2.3	ข้อแนะนำในการใช้งานระบบแผ่นกั้นไร่อากาศ.....	16
2.4	ความเข้มข้นของอ็อกซิจินที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ไม่ใช้อากาศ.....	17
2.5	ระดับความเข้มข้นของสารอินทรีย์บางอย่างที่เป็นพิษต่อแบคทีเรียสร้างมีเทน.....	18
2.6	ความต้องการโลหะและสารอาหาร N และ P ของระบบไร่อากาศ.....	19
3.1	สัดส่วนในการเติมค่าสภาพต่าง ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง.....	24
3.2	จุดเก็บน้ำตัวอย่างและความถี่ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าระบบ....	25
3.3	พารามิเตอร์ของหัวเชื้อที่ทำการวิเคราะห์.....	25
3.4	ค่าระยะกักเก็บในการเริ่มเดินระบบ.....	31
3.5	ตัวแปรในการทดลองที่ 1.....	33
3.6	จุดเก็บน้ำตัวอย่างและความถี่ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของการทดลองที่ 1.....	33
3.7	ตัวแปรในการทดลองที่ 2.....	36
3.8	จุดเก็บน้ำตัวอย่างและความถี่ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของการทดลองที่ 2.....	36
3.9	แสดงวิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ.....	37
4.1	ลักษณะของหัวเชื้อที่ใช้ในการทดลอง.....	38
4.2	ลักษณะของน้ำเสียที่เข้าระบบในแต่ละถังปฏิบัติการที่ทำการทดลอง.....	39
4.3	ค่าซีโอดีในช่วงภาวะคงตัวของถัง 3 ถึงปฏิบัติการ.....	65
4.4	ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยเจือในแต่ละห้องช่วงภาวะคงตัว.....	68
4.5	ของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยของในแต่ละถังปฏิบัติการเมื่อสิ้นสุดการทดลอง.....	78

สารบัญญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยกระบวนการไร้อากาศ.....	6
2.2	ชนิดของสารตั้งต้น ผลผลิตที่ได้จากขั้นตอนไฮโดรไลซิส และเอโนไซม์ที่ใช้.....	8
2.3	ลักษณะของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ.....	11
2.4	รูปแบบต่างๆของถังปฏิกริยาาระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ.....	12
3.1	ถังปฏิกริยาแบบแผ่นกั้นไร้อากาศ.....	26
3.2	ถังปฏิกริยาแบบแผ่นกั้นไร้อากาศที่มีตะแกรงกั้นที่ช่องไหลขึ้น.....	28
3.3	ชุดอุปกรณ์การทดลอง.....	29
3.4	ขั้นตอนการทดลองที่ 1.....	32
3.5	ประสิทธิภาพการกำจัดต่ออัตราภาระบรรทุกตามทีสรุปโดย Barber และ Stuckey (1999).....	35
3.6	ขั้นตอนการทดลองที่ 2.....	35
4.1	ค่าซีโอดีกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ.....	42
4.2	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ.....	43
4.3	กรดไขมันระเหยกับประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ.....	44
4.4	สภาพค้างกับพีเอชในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ.....	45
4.5	อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพค้างในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ.....	47
4.6	โออาร์พีกับอัตราการไหลในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ.....	48
4.7	ของแข็งแขวนลอยกับอัตราการไหลในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ.....	50
4.8	สัดส่วนปริมาณก๊าซในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ.....	52
4.9	ปริมาณก๊าซรวมกับซีโอดีที่ถูกกำจัดในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ.....	53
4.10	ค่าซีโอดีกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง.....	55
4.11	ค่าซีโอดีกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในการทดลองช่วงภาวะคงตัว.....	56
4.12	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในการทดลองช่วงภาวะคงตัว.....	57
4.13	เปรียบเทียบกรดไขมันระเหยของถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรงกับถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรงที่ภาวะคงตัว.....	58
4.14	สภาพค้างกับพีเอชในการทดลองช่วงภาวะคงตัว.....	59
4.15	อัตราการส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพค้างในการทดลองช่วงภาวะคงตัว.....	60

รูปที่	หน้า
4.16	เปรียบเทียบของแข็งแขวนลอยของถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรงกับถังปฏิกริยา 5 ห้องมี ตะแกรงช่วงภาวะคงตัว..... 61
4.17	สัดส่วนปริมาณก๊าซรวมกับซีโอดีที่ถูกกำจัดในการทดลองช่วงภาวะคงตัว..... 62
4.18	ปริมาณก๊าซรวมกับซีโอดีที่ถูกกำจัดในการทดลองช่วงภาวะคงตัว..... 63
4.19	ซีโอดีตลอดการทดลอง โดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา..... 65
4.20	ซีโอดีเป็นห้องๆ ใน 1 วันช่วงคงตัวของถังปฏิกริยาทั้ง 3 ระบบ..... 67
4.21	กรดไขมันระเหยตลอดการทดลอง โดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา..... 68
4.22	สภาพค้างตลอดการทดลอง โดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา..... 70
4.23	พีเอชกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง โดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของ ถังปฏิกริยา..... 72
4.24	โออาร์พีตลอดการทดลอง โดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา..... 74
4.25	ของแข็งแขวนลอยตลอดการทดลอง โดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา..... 76
4.26	ตะกอนภายในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง..... 79
4.27	ตะกอนภายในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรง..... 79
4.28	ตะกอนภายในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรง..... 80

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันพบว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมได้มีความสำคัญมากขึ้นควบคู่ไปกับการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และอุตสาหกรรม ที่มีเพิ่มขึ้นในประเทศไทย ปัญหามลพิษทางน้ำซึ่งเกิดจากการปล่อยของเสียต่างๆลงสู่แหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นจากบ้านเรือน จากโรงงาน อุตสาหกรรม หรือจากกิจกรรมทางการเกษตรซึ่งจะส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อแม่น้ำ ลำคลองทั้งสิ้น ดังนั้นการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อทำการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจึงเป็นแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมที่สุดในขณะนี้ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันระบบบำบัดน้ำเสียได้มีการพัฒนาระบบต่างๆ ไปอย่างมากมาย โดยเฉพาะระบบบำบัดน้ำเสียประเภทระบบไร้อากาศ ซึ่งเป็นระบบหนึ่งที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียทางด้านชีวภาพเพื่อกำจัดหรือลดความสกปรกของน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศได้รับความสนใจในสถานะที่พลังงานมีอยู่อย่างจำกัด เนื่องจากเป็นระบบที่ต้องการพลังงานน้อย เพราะระบบไม่ต้องมีการเติมออกซิเจน และผลผลิตสุดท้ายได้ก๊าซชีวภาพ จึงมีความเหมาะสมเพื่อการประยุกต์ใช้กับน้ำเสียที่มีปริมาณความเข้มข้นสารอินทรีย์สูง และสามารถนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้ทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายการบำบัดให้ต่ำลงและช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงอีกด้วย

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศมีหลายชนิดได้มีการพัฒนาความเหมาะสมด้านประโยชน์ใช้สอย สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ระบบแผ่นกั้น ไร้อากาศ ซึ่งมีข้อดีที่ดีกว่าระบบอื่น เช่น ระบบยูเอสบี และระบบกรองไร้อากาศ โดยระบบมีความสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์และภาระทางจุลชีววิทยาที่สูงขึ้นอย่างจับปล้นได้ดี ระยะเวลาเก็บกักเซลล์จุลินทรีย์ที่นานกว่า มีการเกิดตะกอนที่ต่ำกว่า และมีความสามารถในการแบ่งแยกกลุ่มแบคทีเรียสร้างกรด (Acidogenic bacteria) และกลุ่มแบคทีเรียสร้างมีเทน (Methanogenic bacteria) ในแต่ละห้องของถังปฏิกรณ์ (Barber และ Stuckey, 1999)

การเริ่มต้นเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศเป็นขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญและใช้เวลานานเนื่องจากจุลินทรีย์ต้องการระยะเวลาในการปรับตัวเพื่อให้เจริญเติบโตได้ในสถานะที่เหมาะสม ดังนั้นการให้ความสำคัญและพัฒนาวิธีการเริ่มต้นเดินระบบอย่างต่อเนื่องจะทำให้ร่นระยะเวลาในการเริ่มต้นระบบได้ สำหรับงานวิจัยนี้ศึกษาถึงการปรับระบบแผ่นกั้นไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง โดยศึกษาความสามารถในการบำบัดของระบบ โดยเน้นที่การ

ปรับปรุงประสิทธิภาพของถังปฏิกริยา ในด้านสภาวะที่เหมาะสมในการเริ่มต้นเดินระบบ และศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงด้านจำนวนห้องในถังปฏิกริยา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาเปรียบเทียบการเริ่มต้นเดินระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ แบบที่มีตะแกรงกั้น และไม่มีตะแกรงกั้นที่ปลายช่องไหลขึ้น
2. ศึกษาค่าและสภาพตัวแปรต่างๆ ที่สำคัญสำหรับการเดินระบบในแต่ละห้องของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศที่เวลาต่างๆกัน
3. ศึกษาประสิทธิภาพของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศในการกำจัดสารอินทรีย์เมื่อมีการเปลี่ยนจำนวนห้องในระบบ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ (ABR) ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งในการศึกษาวิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1. น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ ที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ โดยใช้น้ำตาลทรายเป็นสารอินทรีย์คาร์บอน
2. หัวเชื้อ (Seed) ที่ใช้ในการเริ่มต้นเดินระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ เป็นหัวเชื้อจากสลัดจ์ของถังหมักไร้อากาศของบริษัท แชน.อี 68 คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียรส์ จำกัด
3. ถังปฏิกริยาที่ใช้จะมีช่องสำหรับใส่แผ่นกั้นโดยสามารถกั้นให้มีขนาด 3 ห้อง และ 5 ห้อง โดยตัวถังทำจากอะคริลิกใสมีขนาดกว้าง 11 เซนติเมตร ยาว 49.6 เซนติเมตร และสูง 32.6 เซนติเมตร โดยมีความสูงของระดับน้ำในถังปฏิกริยาที่ประมาณ 20 เซนติเมตร มีปริมาตรของเหลวภายในระบบประมาณ 10 ลิตร และท่อทางน้ำเข้ากับทางน้ำออกจะใช้ท่อพีวีซีขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว
4. การประเมินประสิทธิภาพของระบบจะพิจารณาจากปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัด และการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายและซีโอดีในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา

5. การวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆตามวิธีมาตรฐานที่ระบุใน Standard Method for Examination of water and wastewater, 1998 โดยทำในห้องปฏิบัติการวิจัยของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เกิดความก้าวหน้าทางวิชาการและแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศให้มีประสิทธิภาพ
2. สามารถเลือกใช้ลักษณะของระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้อย่างเหมาะสม เมื่อพิจารณาถึงข้อจำกัดต่างๆของระบบ
3. เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศในการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูง และการผลิตก๊าซชีวภาพ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การกำจัดสารอินทรีย์ (มันสิน ตันฑุลเวศน์, 2525)

การกำจัดสารอินทรีย์โดยการใช้กระบวนการทางชีวภาพเกิดขึ้นจากการที่จุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์เป็นอาหาร โดยคาร์บอนในสารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะใช้ในการหายใจและได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา โดยส่วนที่เหลือจะถูกนำไปใช้สร้างเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเป็นก๊าซซึ่งออกสู่บรรยากาศได้ง่าย ส่วนเซลล์จุลินทรีย์สามารถแยกออกจากน้ำได้โดยวิธีการตกตะกอนอาจจะมีสารอินทรีย์ตกค้างอยู่บ้างแต่ถือว่าเป็นสารเนื้อที่ไม่ย่อยสลายอีกแล้ว จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนเหมาะสมสำหรับใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 50-400 มก/ลิตร ในรูปของซีโอดีที่ย่อยสลายได้ ถ้าซีโอดีที่ย่อยสลายได้มีความเข้มข้นต่ำกว่า 50 มก/ลิตร ควรใช้วิธีบำบัดทางเคมี-ฟิสิกส์มากกว่า ส่วนในกรณีที่ซีโอดีที่ย่อยสลายได้สูงกว่า 4,000 มก/ลิตร ควรใช้ระบบบำบัดแบบ ไร้อากาศเพื่อลดซีโอดีที่ย่อยสลายได้ลงให้ต่ำกว่า 4,000 มก/ลิตร เสียก่อน แล้วจึงใช้ระบบที่ใช้อากาศช่วยลดอีกทีหนึ่ง แต่ถ้าซีโอดีที่ย่อยสลายได้ของสารอินทรีย์สูงเกินกว่า 50,000 มก/ลิตรแล้ว วิธีการระเหย (evaporation) และการเผา (incineration) อาจจะประหยัดกว่าวิธีอื่นๆ ฉะนั้นต้องตระหนักว่าความเข้มข้นที่พูดถึงนี้เป็นความเข้มข้นในรูปสารละลาย ถ้าน้ำเสียมีตะกอนแขวนลอยของสารอินทรีย์แล้ว มักจะพบว่า การกำจัดตะกอนออกก่อนด้วยวิธีทางกายภาพ ทางเคมี หรือผสมกันระหว่างเคมีและกายภาพ จะเป็นการประหยัดและง่ายกว่าที่จะใช้ระบบทางชีวเคมีเพียงอย่างเดียว

2.2 กระบวนการไร้อากาศ (มันสิน ตันฑุลเวศน์, 2546)

2.2.1 จุลชีววิทยาของกระบวนการไร้อากาศ

กระบวนการไร้อากาศเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ร่วมกันมากมายหลายกลุ่ม โดยความสัมพันธ์ของจุลินทรีย์เหล่านี้มีทั้งการพึ่งพาอาศัยกันและการแข่งขันกัน จุลินทรีย์ของกระบวนการไร้อากาศ แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มหลักๆ คือ

2.2.1.1 แบคทีเรียสร้างกรด (Acidogenic Bacteria)

ในขั้นตอนการสร้างกรดไขมันระเหยของกระบวนการไม่ใช้อากาศ กรดจะผลิตขึ้นโดยแบคทีเรียไม่ใช้อากาศชนิดเค็ดขาด (Obligate Anaerobes) มากกว่าชนิดใช้อากาศได้บางส่วน (Facultative) ทั้งนี้เพราะ แบคทีเรียไม่ใช้อากาศชนิดเค็ดขาดมีเมตาบอลิซึมหลายแบบจึงสามารถใช้

สารอาหารทั้งที่เป็นพวกแป้งหรือโปรตีนได้ ผลปฏิกิริยาที่ได้มีหลากหลายชนิดเช่น กรดบิวทริก กรดอะซิติก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจน เอทานอล บิวทานอล อะซีโตน เป็นต้น (Fenchel และ Finlay, 1995)

2.2.1.2 แบคทีเรียสร้างกรดอะซิติก (Acetogenic Bacteria)

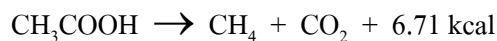
เมื่อผลผลิตจากแบคทีเรียสร้างกรดมีหลายชนิดดังที่กล่าว และบางชนิดยังเป็นสารโมเลกุลใหญ่ที่แบคทีเรียสร้างมีเทนไม่สามารถนำไปใช้เป็นสารอาหารได้ ดังนั้น จึงต้องมีการเปลี่ยนสารเหล่านั้นให้กลายเป็นสารอาหารอย่างง่ายสำหรับแบคทีเรียที่สร้างมีเทน ซึ่งแบคทีเรียสร้างกรดอะซิติกสามารถเปลี่ยนกรดไขมันระเหยโมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นกรดอะซิติก ก๊าซไฮโดรเจน และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้

2.2.1.3 แบคทีเรียสร้างก๊าซมีเทน (Methanogenic bacteria)

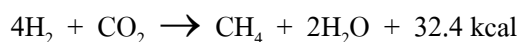
แบคทีเรียในกลุ่มนี้แบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ

1) ชนิดสร้างมีเทนจากกรดอะซิติก (Acetoclastic methanogenesis)

ใช้กรดอะซิติกเป็นสารตั้งต้นในการสร้างก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ตามปฏิกิริยาดังนี้



2) ชนิดสร้างมีเทนจากคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน (Hydrogenotrophic methanogenesis) คือได้คาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์ และได้พลังงานจากไฮโดรเจน (มันสิน ตันฑูลเวศน์, 2542) ตามปฏิกิริยาดังนี้



3) ชนิดสร้างมีเทนจากสารตั้งต้นอื่น เช่น กรดฟอร์มิก หรือเมทานอล

จากความสัมพันธ์ของกลุ่มจุลินทรีย์ โดยสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบจะถูกเปลี่ยนรูปเนื่องจากการย่อยสลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์หนึ่ง ผลตกค้างที่เกิดขึ้นจะเป็นสารอาหารของกลุ่มจุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่งปฏิสัมพันธ์แบบนี้ ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์และเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปต่างๆ เช่น มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ หรือซัลไฟด์ เป็นต้น แต่สารอินทรีย์ในระบบจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์กลุ่มใด และถูกใช้ในสัดส่วนเท่าใดนั้นขึ้นกับปัจจัยต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมที่ส่งผลให้แบคทีเรียกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเด่นที่สุดในระบบ หากพิจารณาใน

ระบบบำบัดแบบไร้อากาศโดยทั่วไปที่ผลิตมีเทน แบคทีเรียที่สำคัญ คือกลุ่มของแบคทีเรียสร้างกรด และแบคทีเรียสร้างมีเทนทำงานร่วมกัน ได้ผลิตภัณฑ์หลักของระบบคือ ก๊าซมีเทน

2.2.2 ขั้นตอนของปฏิกิริยาการย่อยไร้อากาศ

ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 : การไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)
- ขั้นตอนที่ 2 : การสร้างกรดไขมันระเหย (Acidogenesis)
- ขั้นตอนที่ 3 : การสร้างกรดอะซิติก (Acetogenesis)
- ขั้นตอนที่ 4 : การสร้างมีเทน (Methanogenesis)

โดยขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยกระบวนการไร้อากาศ แสดง
 ดังรูปที่ 2.1

Stage		Organism group
Hydrolysis	Lipid ↓ Long chain Fatty acids Protein ↓ amino acids Carbohydrates ↓ sugars	Acidogenic
Acidogenesis	↓ ↓ ↓ Short chain fatty acids + H ₂ + CO ₂	
Acetogenesis	↓ ↓ Acetic acids + H ₂ + CO ₂	Acetogenic
Methanogenesis	↓ ↓ CH ₄ + CO ₂ CH ₄	Methanogenic
หมายเหตุ	—————> High hydrogen partial pressure - - - - -> Low hydrogen partial pressure	

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยกระบวนการไร้อากาศ

(Sam-soon และคณะ, 1990)

ขั้นตอนที่ 1 การไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

เป็นขั้นตอนการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น ให้กลายเป็นสารประกอบโมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาล และกรดอะมิโน เป็นต้น โดยแบคทีเรียหลายจำพวกซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรด แบคทีเรียเหล่านี้ปล่อยเอนไซม์ออกมาภายนอกเซลล์ ซึ่งจะลดพลังงานกระตุ้นเป็นการช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น เอนไซม์เป็นโปรตีนที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อปฏิกิริยาและสารที่ทำปฏิกิริยา ดังนั้นเอนไซม์ที่แบคทีเรียปล่อยออกมาภายนอกเซลล์ จึงขึ้นอยู่กับสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย เช่น แป้งและไกลโคเจน จะใช้เอนไซม์อะไมเลส (Amylase) ไขมันและไลปิดใช้เอนไซม์ไลเปส (Lipase) โปรตีนต้องใช้เอนไซม์โปรตีเอส (Protease) เป็นต้น ชนิดของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ได้จากขั้นตอนไฮโดรไลซิสและเอนไซม์ที่ใช้ แสดงดังรูปที่ 2.2

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างกรดไขมันระเหย (Acidogenesis)

ผลผลิตจากขั้นตอนที่ 1 จะได้สารประกอบอินทรีย์โมเลกุลเล็ก เช่น กรดอะมิโน น้ำตาล และกรดไขมัน เป็นต้นขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์ สารอินทรีย์จะถูกแบคทีเรียกลุ่มเดียวกับขั้นตอนที่ 1 คือ พวกแบคทีเรียสร้างกรดซึมเข้าไปภายในเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงาน โดยผ่านกระบวนการหมัก (Fermentation) ภายในเซลล์แล้วเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหย เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก เป็นต้น ผลผลิตที่ได้จะขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของสารอินทรีย์

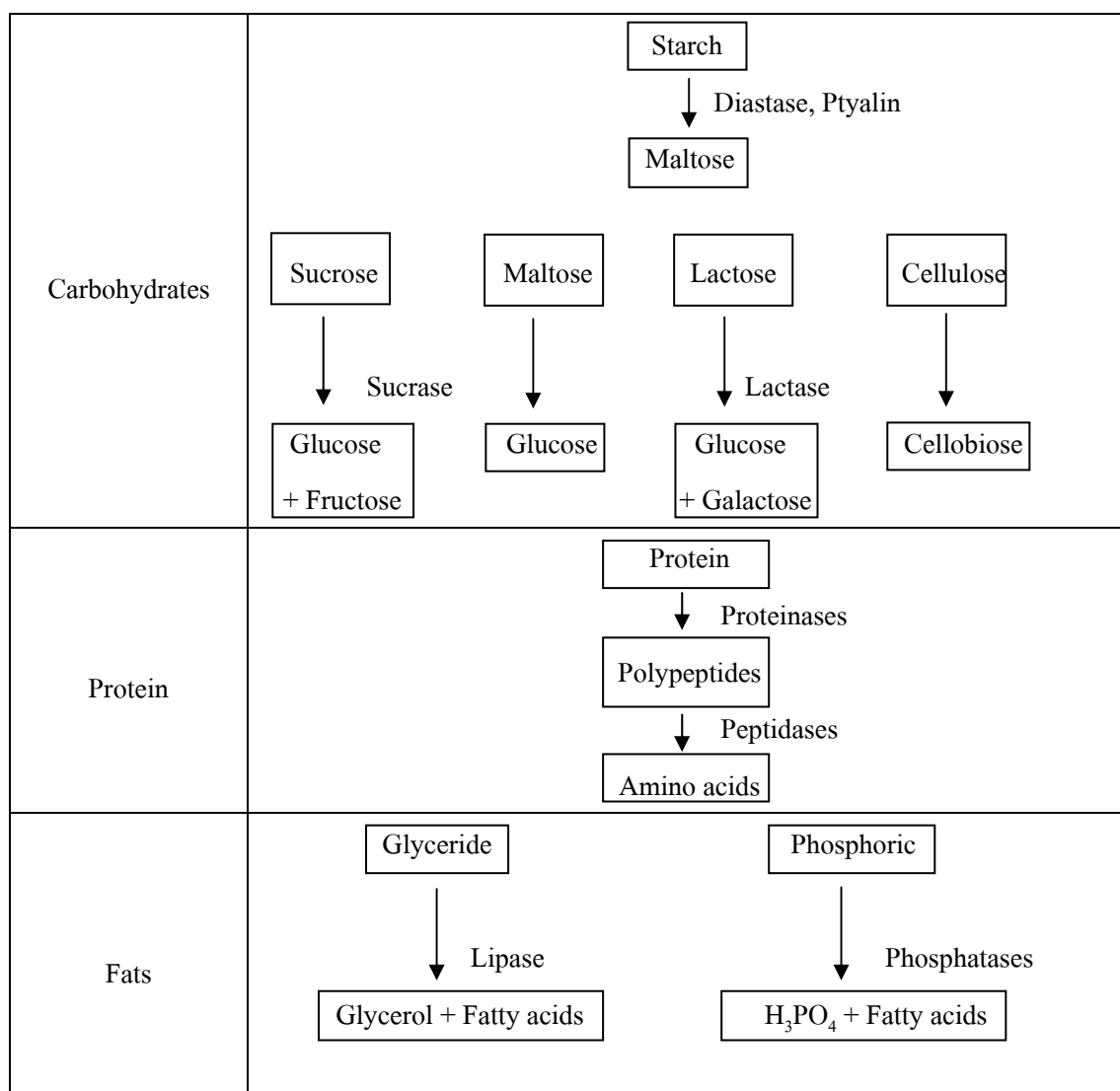
- ความดันพาร์เซิลของไฮโดรเจน (ppH) ในขณะนั้น คือ กรดไพรูวิกเป็นกรดโพรพิโอนิก ที่ความดันพาร์เซิลของไฮโดรเจนสูงกว่า 2×10^{-3} atm กรดไพรูวิกเป็นกรดอะซิติกที่ความดันพาร์เซิลของไฮโดรเจนต่ำกว่า 2×10^{-3} atm (มันสัน คัมทูลเวสัน, 2542)

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างกรดอะซิติก (Acetogenesis)

กรดไขมันระเหยที่ผลิตขึ้นในขั้นตอนที่ 2 จะเป็นอาหารให้แบคทีเรียกลุ่มที่ทำหน้าที่สร้างมีเทน แต่เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างมีเทนไม่สามารถใช้กรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม เช่น กรดบิวทิริก กรดโพรพิโอนิกเป็นสารอาหารได้ จึงต้องอาศัยแบคทีเรียสร้างอะซิติก ทำการย่อยกรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม ให้กลายเป็นกรดอะซิติก เพื่อให้แบคทีเรียสร้างมีเทนนำไปใช้ต่อไป ในขั้นตอนนี้จะได้ไฮโดรเจนด้วย

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างมีเทน (Methanogenesis)

กรดอะซิติกหรือก๊าซไฮโดรเจนที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ถูกแบคทีเรียสร้างมีเทนนำไปเป็นแหล่งคาร์บอน แหล่งพลังงานและผลิตมีเทนเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งสารอื่นนอกเหนือจากกรดอะซิติกหรือไฮโดรเจนแล้วก็มีเพียงเมทานอลและเมทิลลามีนเท่านั้น ที่สามารถถูกใช้โดยแบคทีเรียสร้างมีเทน ส่วนกรดไขมันระเหยและสารอื่นๆที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 จะหลุดไปกับน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัด



รูปที่ 2.2 ชนิดของสารตั้งต้น ผลิตผลที่ได้จากขั้นตอนไฮโดรไลซิส และเอโนไซม์ที่ใช้

(Sawyer และ McCarty, 1993)

2.2.3 รูปแบบของระบบบำบัดไร้อากาศ

ถังปฏิกริยาชีวภาพไร้อากาศได้มีการพัฒนารูปแบบอย่างต่อเนื่องจากถังปฏิกริยาที่เป็นถังหมักธรรมดา จนถึงถังปฏิกริยาที่มีอัตราการย่อยสลายสูง (High rate digester) ที่ใช้ระยะเวลาในการบำบัดสั้นมาก โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

2.2.3.1 ถังปฏิกริยาแบบแบคทีเรียแขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย (Suspended Growth) ถังปฏิกริยาประเภทนี้อาศัยการกวนผสมแบคทีเรียกับน้ำเสียจึงจำเป็นต้องมีถังตกตะกอนเพื่อแยกน้ำที่ผ่านการบำบัดและเชื้อแบคทีเรียให้ออกจากกัน และมีการหมุนเวียนเชื้อกลับเข้าสู่ถังปฏิกริยา โดยถังปฏิกริยาประเภทนี้เหมาะสำหรับระบบย่อยตะกอนหรือน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์อยู่ในรูปของแข็งปนอยู่มาก ระบบในประเภทนี้เช่น ระบบถังย่อยแบบสัมผัส (Anaerobic Contact)

2.2.3.2 ถังปฏิกริยาแบบแบคทีเรียอยู่ติดกับตัวกลาง (Supported Growth) เนื่องจากแบคทีเรียแบบไม่ใช้อากาศไม่สามารถตกตะกอนได้ดี และอาจหลุดออกไปกับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ทำให้มีการปรับปรุงโดยให้แบคทีเรียเกาะติดกับตัวกลางและทำให้แบคทีเรียไม่หลุดออกไปกับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ทำให้ค่าใช้จ่ายของการสร้างถังตกตะกอนเปลี่ยนไปเป็นราคาของตัวกลางที่ให้แบคทีเรียเกาะติด โดยถังปฏิกริยาประเภทนี้เหมาะสำหรับน้ำเสียที่สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น ระบบกรองชีวภาพไร้อากาศ ระบบชั้นลอยตัวแบบไร้อากาศ (Anaerobic fluidized bed)

2.2.3.3 ถังปฏิกริยาแบบผสม (Hybrid) ซึ่งเป็นการนำข้อดีมาใช้และตัดปัญหาข้อด้อยจาก 2 รูปแบบข้างต้น เช่น ระบบยูเอเอสบี (UASB) เป็นระบบที่นำข้อดีของระบบชั้นลอยตัวแบบไร้อากาศ (Anaerobic fluidized bed) มาใช้ประโยชน์โดยพัฒนาให้ตะกอนเกิดเป็นเม็ดตะกอน ทำให้ไม่ต้องเสียพื้นที่ในการใส่ชั้นตัวกลาง

2.3 ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ (ABR หรือ Anaerobic Baffled Reactor) (Barber และ Stuckey, 1999)

ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศเป็นระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศที่ถูกพัฒนาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1980 ในช่วงเวลาใกล้เคียงกับ Lettinga พัฒนาระบบยูเอเอสบีโดย McCarty และคณะที่มหาวิทยาลัย Stanford ได้สังเกตเห็นว่ากลุ่มแบคทีเรียในระบบงานหมุนชีวภาพไร้อากาศ (RBC) ส่วนมากสามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย (Tait และ Freidman, 1980) และเมื่อได้นำแผ่นงานหมุนออกและตัดแปลงมาเป็นระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ (McCarty, 1981) ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศจัดว่าเป็นระบบบำบัดที่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ที่อัตราสูง (High rate) เนื่องจากสามารถเก็บกักเซลล์จุลินทรีย์ได้จำนวนมาก (SRT สูง) โดยไม่ขึ้นกับระยะเวลาที่กักเก็บน้ำ (HRT) ในระบบ(Chynoweth และคณะ, 1980 อ้างถึงใน Barber และ Stuckey, 1999)

2.3.1 ข้อดีและข้อเสียของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ

ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศมีข้อดีบางประการที่ดีกว่าระบบอื่น ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อดีของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ (Barber และ Stuckey, 1999)

ด้านการก่อสร้าง
<ol style="list-style-type: none"> 1. ออกแบบง่าย 2. ไม่มีการเคลื่อนไหวของชิ้นส่วน 3. ไม่ใช้เครื่องจักรในการผสม 4. ค่าก่อสร้างไม่แพง 5. มีเนื้อที่ในถังปฏิกิริยามาก 6. ไม่มีการอุดตัน
ด้านมวลของจุลินทรีย์
<ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้ได้กับชีวมวลที่ตกตะกอนผิดปกติ 2. ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นน้อย 3. มีระยะเวลากักเก็บเซลล์จุลินทรีย์ (SRT) สูง 4. การกักเก็บเซลล์จุลินทรีย์ไม่จำเป็นต้องมีตัวกลางหรือห้องตกตะกอน 5. ระบบสามารถแยกก๊าซหรือสลัดจ์ได้ โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ
ด้านการควบคุม
<ol style="list-style-type: none"> 1. สามารถทำงานได้ที่ HRT ต่ำ 2. สามารถเดินระบบแบบไม่ต่อเนื่องได้ 3. สามารถป้องกันระบบจากสารพิษได้ 4. สามารถรับภาระทางจุลชีววิทยา และภาระบรรจุสารอินทรีย์ที่สูงขึ้นอย่างกะทันหันได้ดี 5. การควบคุมระบบในระยะยาวมีการสูญเสียตะกอนน้อย

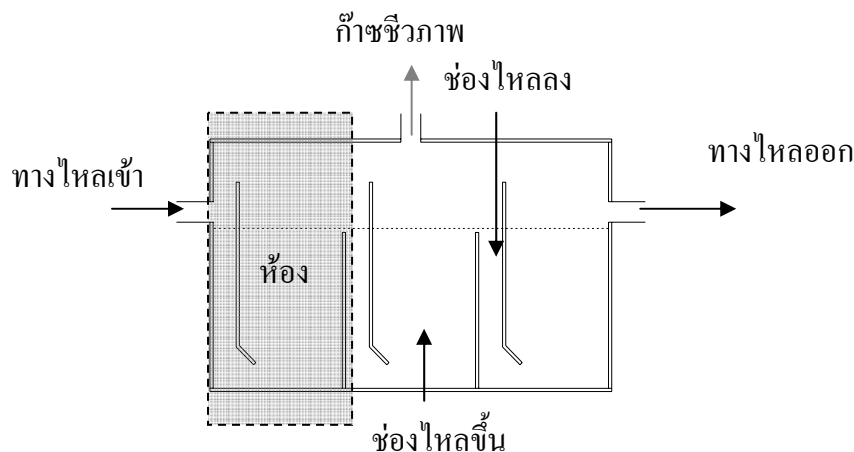
ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศจากการสำรวจมีข้อดีกว่าระบบอื่น เช่น ระบบยูเอเอสบี และระบบกรองแบบไร้อากาศ คือ ระบบมีความสามารถรับภาระบรรจุสารอินทรีย์และภาระทางจุลชีววิทยาที่สูงขึ้นอย่างฉับพลันได้ดี มีระยะเวลากักเก็บเซลล์จุลินทรีย์ (SRT) ที่นาน มีปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในระบบน้อย และมีความสามารถในการแบ่งแยกกลุ่มแบคทีเรียสร้างกรด (Acidogenic bacteria) และกลุ่มแบคทีเรียสร้างมีเทน (Methanogenic bacteria) ในแต่ละห้องตามความยาวของถัง

ข้อดีที่สำคัญของระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศ คือ สามารถแบ่งชั้นการสร้างกรดไขมันระเหยและชั้นการสร้างมีเทนตามแต่ละห้องของถัง ระบบนี้จึงเป็นระบบบำบัดแบบ Two-phase system (Weiland และ Rozzi, 1991) ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวเป็นการส่งเสริมความสามารถในการทำงานของระบบบำบัดได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแบคทีเรียสร้างกรดและแบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทนมีความต้องการในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันทำให้ง่ายต่อการควบคุมระบบ (Cohen และคณะ, 1980, 1982)

ข้อเสียของระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศสำหรับการออกแบบระบบบำบัดแบบนำร่องหรือระบบบำบัดจริงคือ ต้องออกแบบให้ดีขึ้นเพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำและก๊าซที่เหมาะสมและต้องทำให้การกระจายน้ำเสียที่เข้าถังมีความสม่ำเสมอ (Tilche และ Vieira, 1991)

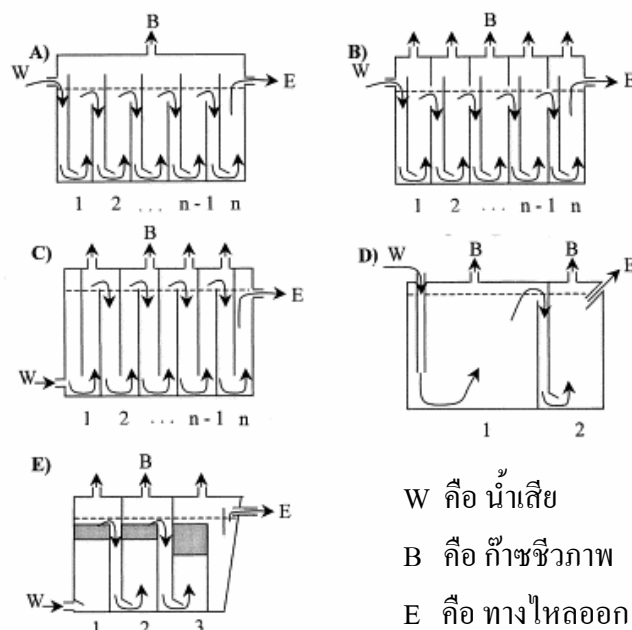
2.3.2 การพัฒนาของระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศ

ระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศเป็นระบบที่ออกแบบด้วยการใช้อนุกรมของแผ่นกั้นทำให้เกิดลักษณะเป็นห้องต่อๆ กัน ดังรูปที่ 2.3 โดยในระบบนี้จะมีการเติบโตของแบคทีเรียเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และเมื่อแบคทีเรียมีมากขึ้นจะเกิดการจับตัวกันทำให้มีผลต่อการไหลของน้ำเสียผ่านชั้นตะกอนแบคทีเรียและมีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ แต่การจับตัวกันของแบคทีเรียจะมีผลน้อยในถังปฏิกรณ์ที่มี HRT ที่ยาวนาน



รูปที่ 2.3 ลักษณะของระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศ

รูปแบบของระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศได้มีผู้พัฒนาปรับปรุงระบบในรูปแบบต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์หลักก็คือ การเพิ่มความสามารถในการกักเก็บเซลล์จุลินทรีย์ให้ได้มากขึ้น แต่บางครั้งได้มีการปรับปรุงระบบในเรื่องอื่นๆ เช่น การบำบัดน้ำเสียที่มีตะกอนมาก หรือการลดต้นทุนค่าก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งสามารถสรุปรูปแบบการพัฒนาของระบบได้ดังรูปที่ 2.4 และตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.4 รูปแบบต่างๆของถังปฏิกริยาระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศ (Barber และ Stuckey, 1999)

ตารางที่ 2.2 การพัฒนาของระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศ (Barber และ Stuckey, 1999)

รูปที่	การปรับปรุง	วัตถุประสงค์	อ้างอิง
2.4 (C)	เพิ่มจำนวนแผ่นกั้นเพื่อให้การไหลเป็นแบบระบบตามยาว (plug flow)	เพิ่มระยะกักเก็บตะกอนจุลินทรีย์เพื่อเพิ่มการผลิตมีเทน	Fannin และคณะ, 1981
2.4 (A)	(1) ช่วงไหลลงแคบ (2) ขอบแผ่นกั้นด้านล่างปรับมุมเอียง 40-45°	(1) เพิ่มระยะกักเก็บเซลล์ในช่วงไหลขึ้น (2) ปรับการไหลไปยังกึ่งกลางของช่องไหลขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผสม	Bachmann, Beard, และ McCarty, 1983
2.4 (E)	(1) มีห้องตกตะกอน (2) ใส่ตัวกลางที่ด้านบนของช่วงไหลขึ้นของแต่ละห้อง (3) มีช่องเก็บก๊าซแยกจากกัน	(1) เพิ่มระยะกักเก็บเซลล์จุลินทรีย์ (2) ป้องกันการหลุดออกไปของตะกอนจุลินทรีย์ (3) ง่ายในการวัดก๊าซและควบคุมการวัดก๊าซได้ ทำให้เพิ่มความคงตัวของระบบ	Tilche และ Yang, 1987
2.4 (D)	ทำให้ห้องแรกใหญ่	เพื่อเพิ่มความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่มีตะกอนมาก	Boopathy และ Sievers, 1991

การพัฒนากระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เริ่มต้นในปี 1981 โดย Fannin และคณะ (อ้างถึงใน Barber และ Stuckey, 1999) ได้ศึกษาเรื่องการเพิ่มจำนวนห้องให้กับระบบแผ่นกั้นไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียที่มีตะกอนสูงจากน้ำเสียอาหารทะเล (รูปที่ 2.4 (C)) โดยรับอัตราการบำบัดทุกสารอินทรีย์ (Organic loading rate) คงที่ที่ 1.6 กก COD/ลบ.ม.วัน ผลปรากฏว่าการเพิ่มจำนวนห้องทำให้ปริมาณของแบคทีเรียสร้างมีเทนเพิ่มมากขึ้น โดยปริมาณมีเทนเพิ่มขึ้นจาก 30% เป็นมากกว่า 55% ต่อมา Bachmann และคณะ (1983) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบแผ่นกั้น 2 แบบคือ 1) เปรียบเทียบก่อนและหลังมีช่องไหลลงที่แคบ 2) ความเอียงที่ขอบปลายแผ่นกั้นด้านล่าง (รูปที่ 2.4 (A) และตารางที่ 2.2) จากการทดลองพบว่าระบบที่มีช่องไหลลงที่แคบและขอบแผ่นกั้นด้านล่างที่เอียง ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพและมีอัตราการผลิตมีเทนดีขึ้น แต่ประสิทธิภาพของระบบยังด้อยกว่าระบบกรองไร้อากาศและระบบจานหมุนชีวภาพไร้อากาศ ซึ่งเมื่อเทียบความสามารถในการกำจัดซีโอดี ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศกำจัดได้ 82% ระบบกรองไร้อากาศกำจัดได้ 92% และระบบจานหมุนชีวภาพไร้อากาศกำจัดได้ 90%

ต่อมา Tilche และ Yang (1987) ได้พัฒนาระบบแผ่นกั้นไร้อากาศแบบผสม (hybrid reactor) (รูปที่ 2.4 (E)) เพื่อใช้บำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง โดยพัฒนาในด้านการเพิ่มระยะเวลาการกักเก็บตะกอน ซึ่งได้ปรับปรุงโดยมีการใส่ชั้นตัวกลางที่ช่องไหลขึ้นของแต่ละห้อง และเพิ่มห้องตกตะกอนต่อจากห้องสุดท้ายของระบบ ทำให้สามารถลดตะกอนที่หลุดออกจากระบบและสามารถเวียนตะกอนกลับไปห้องแรกได้ และได้มีการแยกวัดก๊าซเป็นห้องๆ เพื่อช่วยป้องกันแบคทีเรียสร้างกรดอะซิติกจากความเปื้อนพิษของความเข้มข้นของไฮโดรเจน

Boopathy และ Sievers (1991) ได้ศึกษาการใช้ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงสุกรโดยปัญหาที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงสุกรที่ใช้ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศคือ เกิดชั้นตะกอนลอยยาก และอัตราการไหลที่สูงทำให้ตะกอนหลุดออกจากระบบ ดังนั้น Boopathy และ Sievers ได้ปรับปรุงระบบแผ่นกั้นไร้อากาศแบบ 2 ห้อง โดยทำให้ห้องแรกใหญ่กว่าห้องที่ 2 (รูปที่ 2.4 (D)) เพื่อลดอัตราเร็วในช่องไหลขึ้นในห้องแรกของระบบทำให้สามารถลดปัญหาตะกอนหลุดออกจากระบบและเพิ่มระยะกักเก็บตะกอนจุลินทรีย์ ในการทดลองได้มีการเปรียบเทียบกับถังปฏิกรณ์แบบ 3 ห้องที่มีปริมาตรรวมเท่ากับถังปฏิกรณ์แบบ 2 ห้องที่ปรับปรุงขึ้น ผลปรากฏว่าถังแบบ 2 ห้องที่ปรับปรุงขึ้นมีปริมาณตะกอนหลุดออกจากระบบน้อยกว่า แต่ระบบแบบ 3 ห้องมีประสิทธิภาพในการผลิตมีเทนได้ดีกว่า

2.3.3 ประสิทธิภาพของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ

2.3.3.1 การเริ่มต้นเดินระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ

เนื่องจากในระบบไร้อากาศนั้น แบคทีเรียมีการเจริญเติบโตที่ช้า ดังนั้นในช่วงการเริ่มต้นเดินระบบจึงต้องมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic loading) ที่ต่ำและอัตราการไหลที่ต่ำ Henze และ Herremoes (1983) แนะนำว่าในช่วงการเริ่มต้นเดินระบบควรมีอัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ที่เข้าระบบประมาณ 1.2 กก COD/ลบ.ม.วัน และการเริ่มต้นระบบมีความสำคัญต่อการเดินระบบ จึงมีงานวิจัยหลายชิ้นได้พิจารณาเรื่องนี้ เช่น

Barber และ Stuckey (1997) ได้พบว่า การเริ่มต้นเดินระบบด้วยค่า HRT ที่สูงๆ (มากกว่า 80 ชั่วโมง) แล้วค่อยๆ ลด HRT ลงเป็นขั้นๆ โดยควบคุมให้ความเข้มข้นของสารอาหารที่เข้าระบบ (Substrate) คงที่ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความคงตัวของระบบได้ดี

Uyanik และ Sallis (2001) ทำการวิจัยในระบบแผ่นกั้นไร้อากาศที่มีการแบ่งสารอาหารเข้าในแต่ละห้อง (Split feed) พบว่าสามารถลดการสะสมของกรดไขมันระเหยในช่วงเริ่มต้นเดินระบบ โดยทำให้ค่าระยะกักเก็บตะกอนจุลินทรีย์ในห้องแรกของระบบมากขึ้น

Freese และ Stuckey (2000) พบว่าการใช้หัวเชื้อที่เป็นเม็ดตะกอนชีวภาพกับระบบแผ่นกั้นไร้อากาศสามารถลดระยะเวลาในการเริ่มต้นเดินระบบได้ และเม็ดตะกอนชีวภาพสามารถคงตัวอยู่ในระบบได้นานถ้ามีสารอาหารที่เพียงพอ

จากที่เราทราบกันว่าระบบแผ่นกั้นไร้อากาศมีความสามารถในการแยกชั้นสร้างกรดและชั้นสร้างมีเทนออกจากกันทำให้มีผลต่อการเริ่มต้นเดินระบบโดยตรง เพราะแบคทีเรียทั้งสองกลุ่มนั้นมีความต้องการสภาวะแวดล้อมที่ต่างกันทำให้ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศใช้เวลาในการเริ่มต้นระบบน้อย และมีเสถียรภาพที่ดี

2.3.3.2 การนำระบบแผ่นกั้นไร้อากาศไปใช้บำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ

เนื่องจากน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำจะมีแรงขับในการถ่ายเทมวล (mass transfer driving force) มีค่าต่ำลง ซึ่งทำให้อัตราการย่อยสลายต่ำลงด้วย นอกจากนี้ยังทำให้เป็นการยากที่จะแยกกลุ่มแบคทีเรียในแต่ละห้อง และยังพบว่า การบำบัดน้ำเสียประเภทนี้ต้องมีค่าอายุตะกอนที่สูงหรือมีปริมาณจุลินทรีย์ในระบบที่มาก (SRT สูง) เพราะจุลินทรีย์เกิดน้อยจึงทำให้ชั้นตะกอนมีน้อย

2.3.3.3 การนำระบบแผ่นกั้นไร้อากาศไปใช้บำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง

ในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงจะตรงข้ามกับน้ำเสียที่เข้มข้นต่ำ โดยการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงอาจต้องทำการเจือจางหรือเดินระบบที่ HRT ต่ำ เนื่องจากมีการเกิดก๊าซจำนวนมากในระบบทำให้เกิดการขยายตัวของชั้นตะกอน ดังนั้นความสามารถในการตกตะกอนจึงลดลงและมีโอกาสที่เซลล์จุลินทรีย์จะถูกชะล้างออกไปได้ เมื่อพิจารณาในแง่ของไคนetikส์การที่น้ำเสียมีความเข้มข้นสูงทำให้อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มที่มีค่า K_s สูง มีการเติบโตมากขึ้นและผลิตก๊าซมีเทนได้มากขึ้น Boopathy และ Tilche (1991) พบว่า แบคทีเรีย *Methanosarcina sp.* เป็นกลุ่มเด่นในตะกอนจุลินทรีย์ เมื่อน้ำเสียมีความเข้มข้นสูง

2.3.3.4 การนำระบบแผ่นกั้นไร้อากาศไปใช้บำบัดที่อุณหภูมิต่ำ

โดยทั่วไปอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพจะเพิ่มเป็น 2 เท่าทุกๆ อุณหภูมิ 10°C ที่เพิ่มขึ้นตามกฎของ van't Hoff แต่จากงานวิจัยของ Nachaiyasit (1995) พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีโดยรวมของระบบไม่แตกต่างกันในช่วงอุณหภูมิ $25-30^{\circ}\text{C}$ แต่อย่างไรก็ตาม ตามกฎของ Arrhenius kinetics ค่า K_s ของปฏิกิริยาจะสูงขึ้น ทำให้การสร้างกรดจะไปเกิดขึ้นในห้องถัดไปแทนที่จะเกิดในห้องแรก และพบว่าผลกระทบของอุณหภูมิมิมีผลต่อแบคทีเรียที่มีอัตราการเติบโตต่ำอยู่แล้วมากกว่าแบคทีเรียที่มีอัตราการเติบโตสูง

2.3.3.5 การนำระบบแผ่นกั้นไร้อากาศไปบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณตะกอนสูง

การที่มีของแข็งหรือตะกอนเข้ามาในระบบจะทำให้การย่อยสลายช้าลงเนื่องจากทำให้ลดการสัมผัสระหว่างแบคทีเรียและสารอาหาร นอกจากนี้ทำให้เกิดการแทนที่ของเซลล์จุลินทรีย์ในระบบ ดังนั้นการปรับปรุงถึงปฏิกิริยาให้มีระบบการผสมในทางด้านหน้าจะเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้

2.3.4 ลักษณะของกลุ่มแบคทีเรียในถังปฏิกิริยา

ลักษณะของแบคทีเรียที่เติบโตในระบบแผ่นกั้นไร้อากาศแต่ละห้องของถังนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะน้ำเสียที่บำบัด โดยปกติจะเกิดกลุ่มแบคทีเรียสร้างกรดในถังปฏิกิริยาห้องแรกๆ ซึ่งกลุ่มแบคทีเรียนี้จะมีอัตราการเติบโตที่เร็วและสามารถอยู่ได้ในสภาวะที่มีสารอาหารมากและพีเอชต่ำ ส่วนแบคทีเรียที่เติบโตช้าและอาศัยได้ในช่วงพีเอชที่สูงก็อยู่ในห้องถัดๆ ไป

2.3.5 การสร้างเม็ดตะกอนในถังปฏิกรณ์

แม้ว่าการสร้างเม็ดตะกอนในถังจะไม่จำเป็นเมื่อเทียบกับระบบยูเอสบี แต่ก็มีรายงานว่าเกิดเม็ดตะกอนขึ้นในระบบลักษณะเดียวกับระบบยูเอสบี โดยลักษณะเม็ดตะกอนที่พบจะประกอบด้วยแบคทีเรีย *Methanosarcina sp.* ที่ถูกหุ้มด้วยแบคทีเรียจำพวกเส้นใย เช่น *Methanosaeta sp.* และพบว่าขนาดเม็ดตะกอนที่พบในแต่ละห้องของถังปฏิกรณ์จะมีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกันแต่จะมีขนาดใหญ่ที่สุดในห้องแรกๆจนถึงขนาดเล็กสุดในห้องสุดท้าย เนื่องจากการสร้างเม็ดตะกอนจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของซีโอดีและปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น

2.3.6 ความสามารถในการกักเก็บตะกอน

Orozco (1988) ได้ทำการศึกษาค่าระยะกักเก็บตะกอนจุลินทรีย์ (SRT) ต่ำสุดที่ต้องการในการบำบัดน้ำเสียเปรียบเทียบกับระหว่างระบบยูเอสบีกับระบบแผ่นกั้นไร้อากาศที่ค่าอัตราการบรรทุกสารอินทรีย์เหมือนกัน พบว่าค่าระยะกักเก็บตะกอนจุลินทรีย์ที่ต้องการของระบบยูเอสบีจะสูงกว่าของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศได้มีการนำมาใช้บำบัดน้ำเสียได้หลากหลายอย่างซึ่งปัจจุบันได้มีการนำมาใช้มากขึ้นเรื่อยๆ โดยหลักการต่างๆ ที่แนะนำสรุปได้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ข้อเสนอแนะในการใช้งานระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ

สถานะของการเดินระบบ	ข้อเสนอแนะ
1. การเริ่มต้นเดินระบบ	ควรเริ่มต้นด้วยค่าอัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ที่ต่ำเพื่อการสร้างเม็ดตะกอนหรือฟล็อก อาจมีการเติมสารจำพวกอะซิเตทเพื่อเพิ่มการเติบโตของแบคทีเรียสร้างมีเทนแล้วจึงเพิ่มค่าอัตราการบรรทุกสารอินทรีย์หรือทำการเริ่มต้นเดินระบบด้วยระยะกักเก็บน้ำ (HRT) ที่สูงๆ เพื่อลดการสูญเสียตะกอนจุลินทรีย์จากระบบ
2. บำบัดน้ำเสียเฉื่อย	ควรใช้ระยะกักเก็บน้ำที่ต่ำสุดเท่าที่สามารถทำได้เพื่อให้เกิดการลดการขาดอาหารของแบคทีเรียในห้องหลังๆ
3. บำบัดน้ำเสียเข้มข้น	ควรใช้ระยะกักเก็บน้ำที่สูงเพื่อลดการชะล้างของตะกอนอันเนื่องมาจากการเกิดก๊าซที่มาก หรือปรับปรุงระบบโดยเติมตัวกลาง คัดตะกอน

ตารางที่ 2.3 คำแนะนำในการใช้งานระบบแผ่นกั้น ไร้อากาศ (ต่อ)

สถานะของการเดินระบบ	ข้อแนะนำ
4. อุณหภูมิ	การลดอุณหภูมิในช่วง 25-35°C ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบสำหรับน้ำเสียที่ขุ่นง่าย แต่อาจมีผลกระทบต่อน้ำเสียที่ขุ่นยากและทำให้ประสิทธิภาพลดลงได้

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบไร้อากาศ (มันลิน ตัณฑุลเวศน์, 2546)

2.4.1 สารพิษในน้ำเสีย

ถ้าระบบมีสารพิษมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรีย สารพิษในน้ำเสียอาจเป็นกลุ่มของโลหะหนัก หรือ Cations บางชนิด เช่น โซเดียม หรือ แคลเซียมในปริมาณที่สูง แอมโมเนีย ซัลไฟด์ และสารอินทรีย์บางกลุ่มเช่นยาฆ่าแมลง ตัวทำละลายบางชนิด เป็นต้น ตารางที่ 2.4 แสดงถึงระดับความเข้มข้นของอออนต่างๆ ที่มีพิษปานกลางและมีพิษมากต่อแบคทีเรียไม่ใช้อากาศ ส่วนระดับความเข้มข้นของสารอินทรีย์บางชนิดที่เป็นพิษต่อแบคทีเรียไม่ใช้อากาศแสดงอยู่ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 ความเข้มข้นของอออนที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ไม่ใช้อากาศ (Speece, 1996)

อออน	ความเข้มข้น (มก/ล)	
	เป็นพิษปานกลาง	เป็นพิษมาก
Na ⁺	3,500 – 5,500	8,000
K ⁺	2,500 – 4,500	12,000
Ca ²⁺	2,500 – 4,500	8,000
Mg ²⁺	1,000 – 1,500	3,000
NH ₄ ⁺	1,500 – 3,000	3,000
S ²⁻	200	200
Cu ²⁺		0.5
Cr (VI)		3.0
Cr(III)		-
Ni ²⁺		2.0
Zn ²⁺		1.0

ตารางที่ 2.5 ระดับความเข้มข้นของสารอินทรีย์บางอย่างที่เป็นพิษต่อแบคทีเรียสร้างมีเทน
(Speece, 1996)

สารอินทรีย์	ความเข้มข้น (มก/ล) ที่เกิดการยับยั้ง 50 %
Acetaldehyde	440
Acrolein	10
Bacitracin	20
Bromoethanesulfonate	20
Chloroform	15
Creolin (mixture of creosote, phenols, และ resins)	1
Dinitrophenol	40
Dettol (<i>p</i> -chlorometaxyleneol, terpinol, และ isopropanol)	10
Ethylbenzene	340
Fluorinated hydrocarbons (CCl ₃ F, CCl ₂ F ₂)	1
Formaldehyde	70
Long-chain fatty acids	500
Monensin	2
Nitrobenzene	10
Tannins	700
Virginiamycin	10

แม้ว่าสารบางอย่างจะเป็นพิษต่อแบคทีเรียไม่ใช้อากาศ (ดังแสดงในตารางที่ 2.5) ก็ไม่ได้หมายความว่าน้ำเสียที่มีสารพิษดังกล่าวจะไม่สามารถบำบัดได้เสมอไปแบคทีเรียไม่ใช้อากาศมีความสามารถในการปรับตัวให้ทนทานและคุ้นเคยกับสารพิษจนสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เมื่อมีการออกแบบหรือควบคุมที่ฉลาดและเหมาะสมประกอบกับมีการเลี้ยงแบคทีเรียให้คุ้นเคย สารอินทรีย์ที่เป็นพิษอาจถูกย่อยสลายด้วยระบบบำบัดแบบไร้อากาศได้

2.4.2 สารอาหาร

โลหะ (แร่ธาตุ) ที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสร้างมีเทนมีดังนี้
เหล็ก ทองแดง เซเลเนียม โคบอลต์ แมงกานีส ทังสแตน นิกเกิล โมลิบดีนัม โบรอน สังกะสี

ตารางที่ 2.6 แสดงความต้องการโลหะ (ซึ่งเป็นแร่ธาตุ) และสารอาหารไนโตรเจน (N) และ ฟอสฟอรัส (P) แสดงค่าเป็นกรัมของโลหะต่อ 100 กรัมของชีโอดีในน้ำเสีย

ตารางที่ 2.6 ความต้องการโลหะและสารอาหาร N และ P ของระบบไร้อากาศ (Speece, 1996)

โลหะ	ความต้องการ (กรัม/ชีโอดี 100 กรัม)
Ni	0.01
Co	0.01
Fe	1.7
Mo	0.2
N	2.1
P	0.6

2.4.3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิยิ่งสูงยิ่งทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดขึ้นได้เร็ว แต่ถ้าสูงเกินไปแบคทีเรียก็จะตาย ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในภูมิภาคเขตร้อนแบบประเทศไทย คือช่วงมีโซฟิลิก อุณหภูมิประมาณ 25-35 °C

2.4.4 ค่า pH

ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับระบบไร้อากาศอยู่ในช่วงตั้งแต่ 6.6-7.6 แต่จะเหมาะสมที่สุดในช่วง 7.0-7.2 ถ้า pH ต่ำกว่า 6.2 ประสิทธิภาพของระบบในการผลิตก๊าซและกำจัดสารอินทรีย์จะตกต่ำอย่างรวดเร็ว (มันสิน ตันกุลเวศน์, 2542)

2.4.5 ระยะเวลาเก็บน้ำ (HRT) และเวลากักเก็บของแข็ง (SRT)

ระยะเวลาเก็บน้ำ คือ ระยะเวลาที่น้ำเสียอยู่ในระบบ การลดระยะเวลาเก็บน้ำจะทำให้ขนาดของถังปฏิกิริยาลดลง แต่หากระยะเวลากักน้ำต่ำเกินไป ตะกอนจุลินทรีย์จะหลุดออกจากระบบมาก ซึ่งมีผลให้ค่าอายุสัปดาห์ลดลง และทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีลดลง อายุสัปดาห์ที่เหมาะสมในการทำงานของระบบไร้อากาศควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 100 วัน ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทนมีอัตราการเจริญเติบโตช้า อายุสัปดาห์ที่มีค่ามากจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีสูง (ธนภัทร์ ชาญวิชัย, 2549)

2.4.6 สภาพต่าง

สภาพต่างคือ ความสามารถของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในการทนต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเมื่อมีปริมาณกรดในน้ำเสียเพิ่มขึ้น กล่าวคือ เมื่อน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งจะมีผลให้สภาพ

ความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียลดลง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นสภาพต่างจะมีความสำคัญอย่างมากต่อการดำเนินการลดลงของความเป็นกรดและด่างของน้ำเสียเมื่อปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำเสียสูงขึ้น สภาพต่างที่เหมาะสมในน้ำเสียจะอยู่ในช่วง 1,500 – 2,000 มก/ล ของแคลเซียมคาร์บอเนต (มันสิน ตัณฑุเวศน์, 2542)

2.4.7 กรดไขมันระเหย

กรดไขมันระเหยเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญของจุลินทรีย์ในกลุ่มสร้างก๊าซมีเทน ซึ่งกรดไขมันระเหยได้จากกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด ดังนั้นอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สร้างกรดและจุลินทรีย์สร้างมีเทนจะต้องมีความสัมพันธ์กัน มิฉะนั้นจะมีการสะสมของกรดไขมันระเหยในน้ำเสีย ซึ่งส่งผลทำให้ความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียลดลง และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สร้างกรดและสร้างมีเทน โดยค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยที่ออกจากระบบประมาณ 200 – 400 มก/ลิตร (มันสิน ตัณฑุเวศน์, 2542)

2.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bachmann, Beard และ McCarty (1985) ทำการศึกษาและประสบความสำเร็จในการปรับปรุงประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์จากแบบที่ McCarty ออกแบบไว้ โดยได้มีการปรับปรุงให้แต่ละห้องมีความสูงเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการดักจับอนุภาคขนาดเล็ก และมีการปรับปรุงที่แผ่นกั้นให้มีขอบของแผ่นกั้นด้านล่างเอียงทำมุม 45° กับแนวราบและทำให้อัตราส่วนของช่องไหลขึ้นกับช่องไหลลงมีอัตราส่วน 4:1 เพื่อลดความเร็วในทางไหลขึ้นและทำให้น้ำเสียสามารถสัมผัสกับตะกอนจุลินทรีย์ได้ดีขึ้น

Boopathy (1998) ทำการศึกษาเกี่ยวกับจำนวนห้องที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียทำการทดลองโดยใช้ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 4 ถึง (มีขนาด 2, 3, 4 และ 5 ห้องตามลำดับ) ในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่มีซีโอดี 15,000 มก/ลิตร ใช้ระยะเวลาพักเก็บที่ 14 วัน ทำให้ได้ระยะเวลาพักเก็บตะกอนจุลินทรีย์ที่ 25, 30, 36 และ 42 วันในถังปฏิกรณ์ขนาด 2, 3, 4 และ 5 ห้องตามลำดับ จากการทดลองทำให้ทราบว่า ระบบนี้สามารถลดซีโอดีประมาณ 70% ถึง 78% ในทุกถังปฏิกรณ์ และเกิดมีเทนมากที่สุดในถังที่มี 4 ห้องและ 5 ห้องโดยที่มีปริมาณมีเทน 0.59 และ 0.62 ลิตร/กรัม VS ที่เข้าระบบในถังขนาด 4ห้องและ 5 ห้องตามลำดับ

Boopathy และ Tilche (1991) ศึกษาถึงการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงจากกากน้ำตาลโดยใช้ระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศที่ซีโอดี 115,771 และ 990,000 มก/ลิตร ใช้อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ 20 กก ซีโอดี/ลบ.ม.วัน จากการทดลองพบว่าสามารถบำบัดซีโอดีได้ 70% มีการเกิดเม็ดตะกอนชีวภาพขนาด 0.5 มม และถึงปฏิบัติการแบบนี้ยังมีระยะเวลาที่เก็บตะกอนจุลินทรีย์ที่นาน

Barber และ Stuckey (1997) ได้พบว่าการเริ่มต้นเดินระบบด้วยระยะกักเก็บน้ำที่สูงๆ (มากกว่า 80 ชั่วโมง) แล้วค่อยๆ ลดระยะกักเก็บน้ำลงเป็นขั้นๆ โดยควบคุมให้ความเข้มข้นของสารอาหารที่เข้าระบบ (Substrate) คงที่ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความคงตัวของระบบได้ดี

Grobicki และ Stuckey (1991) ได้ศึกษาระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศภายใต้ภาวะคงตัวและภาวะที่รับภาระอย่างเฉียบพลัน โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีซีโอดี 4,000 มก/ลิตร พบว่าแบคทีเรียในระบบจะเพิ่มจำนวนอย่างช้าๆ และจับตัวกัน ทำให้มีผลต่อการไหลของน้ำเสียและก๊าซที่ผลิต แต่จะมีผลกระทบน้อยในถึงที่มีระยะกักเก็บน้ำสูง และยังพบว่าน้ำเสียสามารถสัมผัสกับตะกอนจุลินทรีย์เพียงพอเมื่อไหลผ่านระบบด้วยระยะกักเก็บน้ำสั้นๆ (6-20 ชั่วโมง) โดยความสามารถในการบำบัดมีความสัมพันธ์กับมวลของแบคทีเรีย

Fang และ Chui (1994) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเริ่มต้นเดินระบบของถังปฏิกริยา 4 ชนิด คือ 1) ถังปฏิกริยาแบบยูเอเอสบี 2) ถังปฏิกริยาแบบยูเอเอสบีผสมกับระบบกรองไรร้ออากาศ 3) ถังปฏิกริยาแบบชั้นลอยตัวไรร้ออากาศ และ 4) ถังปฏิกริยาแบบ Expanded bed ในการทดลองจะใช้น้ำเสียสังเคราะห์จากนมและน้ำตาล ในระหว่างการเริ่มต้นระบบใช้อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ 0.5 กรัม ซีโอดี/ลิตร·วันแล้วเพิ่มขึ้นจนถึง 20 กรัม ซีโอดี/ลิตร·วัน โดยค่าซีโอดีจะเพิ่มจาก 500 มก/ลิตร จนถึง 6,500 มก/ลิตรเมื่อลดระยะกักเก็บน้ำลงจาก 48 ชั่วโมงจนถึง 8 ชั่วโมง พบว่าความสามารถในการบำบัดซีโอดีขึ้นอยู่กับปริมาณซีโอดีเข้าระบบและระยะกักเก็บน้ำ โดยระบบแบบยูเอเอสบีและแบบยูเอเอสบีผสมกับระบบกรองไรร้ออากาศสามารถบำบัดซีโอดีได้ 95% และระบบที่เหลือสามารถบำบัดได้ 80%

Langenhoff, Intrachandra และ Stuckey (2000) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเริ่มต้นระบบและสัถยภาพของระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศในการทดลองใช้ระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศ 4 ถัง ในแต่ละถังมีปริมาตร 10 ลิตร และมีจำนวนห้อง 8 ห้อง บำบัดน้ำเสียที่เป็นคอลลอยด์ จากนม คอลลอยด์ของข้าว และอาหารสุนัขผสมกันมีซีโอดี 500 มก/ลิตร ซึ่งทั้ง 4 ถังปฏิกริยาจะเริ่มต้นที่ระยะกักเก็บน้ำที่ 80 ชั่วโมง ที่ 35°C และลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงระยะกักเก็บน้ำที่ 6 ชั่วโมง จากการทดลอง

พบว่ากำจัดซีโอดีได้มากกว่า 80% ในทุกถังปฏิกริยาและยังได้ที่การทดลองที่ระยะกักเก็บน้ำที่ 1.3 ชั่วโมงเป็นเวลา 2 วัน พบว่าสามารถกำจัดซีโอดีได้ 40% ในด้านของตะกอนจุลินทรีย์พบว่าการลดระยะกักเก็บน้ำ ทำให้การเกิดตะกอนจุลินทรีย์มากขึ้น และจากการศึกษาเมื่อนำน้ำเสียประเภทคอลลอยด์ไปเปรียบเทียบกับน้ำเสียที่เป็นสารละลายพบว่าในช่วงแรกของการเริ่มต้นเดินระบบจะสามารถบำบัดซีโอดีได้พอๆ กัน

Uyanik และ Sallis (2001) ทำการศึกษาในระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศที่มีการแบ่งสารอาหารเข้าในแต่ละห้อง โดยทดลองที่ถังปฏิกริยาขนาด 4 ห้องใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเบียร์ใช้ค่าซีโอดีที่ 21,000 มก/ลิตร พบว่าสามารถลดการสะสมของกรดไขมันระเหย ในช่วงเริ่มต้นเดินระบบ โดยทำให้ค่าระยะกักเก็บตะกอนจุลินทรีย์ในห้องแรกๆ ของระบบมากขึ้นและมีสารอาหารที่มากขึ้นสำหรับแบคทีเรียในห้องสุดท้าย

Wang, Huang และ Zhao (2004) ศึกษาถึงศักยภาพ และลักษณะเฉพาะของระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศ ทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์(น้ำตาลกลูโคส) มีค่าซีโอดี 2,000-2,500 มก/ลิตรในถังปฏิกริยาขนาด 5 ห้อง จากการทดลองพบว่ามีกรดไขมันระเหยง่ายหลายชนิดและพบอะซิเตรทเกิดขึ้นในชั้นของตะกอนจุลินทรีย์ โดยความเข้มข้นของ VFA จะลดลงตามความยาวของถังปฏิกริยา และในการวิเคราะห์ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพพบว่าความเข้มข้นของมีเทนจะเพิ่มอย่างต่อเนื่องจากห้องที่ 1 ถึงห้องที่ 5 ในขณะที่ความเข้มข้นของไฮโดรเจนลดลงจากห้องแรกจนไม่พบใน 2 ห้องสุดท้าย ในการผลิตมีเทนของตะกอนจุลินทรีย์ในห้องต่างๆ จะขึ้นอยู่กับสารอาหาร โดยกลุ่มของแบคทีเรียไรร้ออากาศในแต่ละห้องจะพัฒนาสอดคล้องกับความเพียงพอของสารอาหารและสภาวะแวดล้อมจำเพาะ จึงทำให้ระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศมีประสิทธิภาพในการรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงๆ ได้ และรับกับสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ดี

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ มุ่งเน้นการศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบแผ่นกั้นไรร้อยอากาศในช่วงการเริ่มต้นเดินระบบและช่วงการเดินระบบ โดยในช่วงเริ่มต้นเดินระบบได้ศึกษาเปรียบเทียบการทำงานของระบบที่มีตะแกรงกั้นที่ปลายช่องทางไหลขึ้นในแต่ละห้องกับระบบที่ไม่มีตะแกรงกั้น ส่วนในช่วงการเดินระบบศึกษาถึงความแตกต่างของสภาพตัวแปรต่างๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนห้องภายในระบบ ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วงโดยแต่ละช่วงการทดลองใช้ปริมาณสารอินทรีย์ (น้ำตาลทราย) ที่เท่ากันและเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นในระบบ ดังนี้

การทดลองช่วงที่ 1 เป็นการทดลองในช่วงเริ่มต้นเดินระบบ โดยศึกษาถึงผลของระบบที่มีตะแกรงกั้นที่ปลายช่องทางไหลขึ้นกับระบบที่ไม่มีตะแกรงกั้น เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเข้าสู่ภาวะคงตัวโดยพิจารณาจากความสามารถในการกำจัดซีโอดีและลักษณะตัวแปรต่างๆ ในช่วงเริ่มต้นเดินระบบ

การทดลองช่วงที่ 2 เป็นการทดลองในช่วงเดินระบบได้ทำการศึกษาแยกเป็น 2 ส่วน โดยในส่วนแรกทำการศึกษาถึงผลของจำนวนห้องแบบ 3 ห้องกับแบบ 5 ห้องของระบบแผ่นกั้นไรร้อยอากาศต่อความสามารถในการบำบัดสารอินทรีย์ และส่วนที่ 2 ศึกษาตัวแปรต่างๆ ภายในห้องของถังปฏิกริยาทั้งแบบ 3 ห้องกับแบบ 5 ห้องโดยสนใจถึงความสามารถในการบำบัดสารอินทรีย์เพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของระบบได้ ซึ่งในการทดลองช่วงที่ 2 นี้จะใช้รูปแบบของถังปฏิกริยาจากการทดลองช่วงที่ 1 ที่ใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นเดินระบบที่สั้นกว่ามาใช้ในการทดลอง

ถังปฏิกริยาแผ่นกั้นไรร้อยอากาศที่ใช้มีจำนวน 2 ชุดมีลักษณะเหมือนกัน น้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำตาลทรายเป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอนกับจุลชีพ (สูตรโมเลกุลน้ำตาลทรายคือ $C_{12}H_{22}O_{10}$) การทดลองทำการเดินระบบเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 ศึกษาถึงการเริ่มต้นเดินระบบใช้ถังปฏิกริยาแผ่นกั้นไรร้อยอากาศ 2 ชุด (ที่มีจำนวนห้อง 3 ห้อง) โดยใช้เวลาเริ่มต้นเดินระบบประมาณ 3-4 เดือนจนระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ดังนั้นในการทดลองช่วงที่ 1 ใช้เวลาประมาณ 4 เดือน และช่วงที่ 2 นั้นทดลองในส่วนของการเดินระบบใช้ถังปฏิกริยาแผ่นกั้นไรร้อยอากาศ 2 ชุดโดยถังปฏิกริยาชุดแรกได้ทำต่อจากการทดลองช่วงที่ 1 และชุดที่ 2 ใช้ถังปฏิกริยาแบบ 5 ห้องซึ่งใช้รูปแบบของถังปฏิกริยา (แบบมีตะแกรงกั้นหรือแบบไม่มีตะแกรงกั้น) จากการทดลองช่วงที่ 1 ที่ใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นเดินระบบที่สั้นกว่ามาใช้ในการทดลอง โดยทำการเริ่มต้นเดินระบบใหม่จน

เข้าสู่สภาวะคงตัวแล้วเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 1 เดือนโดยได้ทำการทดลองเป็นระยะเวลาประมาณ 4 เดือน

3.2 การเตรียมน้ำเสี้ยวสังเคราะห์

น้ำเสี้ยวที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสี้ยวสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นจากน้ำตาลทรายโดยให้ มีค่าซีไอดี 6,000 มก/ลิตร (ค่าซีไอดีน้ำตาลทราย เท่ากับ 1.12 กรัมซีไอดีต่อ 1 กรัม น้ำตาลทราย) เติม ยูเรีย และ โซเดียมฟอสเฟตเป็นสารอาหารเพื่อปรับค่า COD : N : P ให้เท่ากับ 100 : 2.1 : 0.6 รวมทั้ง ทำการเติมธาตุอาหารเสริมที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียซึ่งเป็นไปตามสูตรและสัดส่วน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนในการเติมค่าสภาพต่าง ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง (Speece, 1996)

ส่วนประกอบ	ปริมาณซีไอดี 6,000 มก/ลิตร
1. น้ำตาลทราย	5,357 มิลลิกรัม
2. ยูเรีย	280 มิลลิกรัม
3. KH_2PO_4	200 มิลลิกรัม
4. NaHCO_3	7,680 มิลลิกรัม
5. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	128 มิลลิกรัม
6. $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.18 มิลลิกรัม
7. $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.018 มิลลิกรัม
8. $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.024 มิลลิกรัม
9. น้ำประปา	1 ลิตร

น้ำเสี้ยวสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นถูกเก็บไว้ในถังพลาสติกโดยก่อนการเติมน้ำเสี้ยวใหม่ ลงไปได้นำถังพักดังกล่าวมาทำความสะอาดทุกครั้ง เพื่อป้องกันปัญหาการหมักที่จะเกิดขึ้นในถังพัก น้ำเสี้ยวซึ่งจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน และมีการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.2

การปรับพีเอชของน้ำเสี้ยวสังเคราะห์เข้าระบบจะควบคุมไม่ให้ต่ำกว่า 7.2 ด้วย โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ในปริมาณที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความเพียงพอของกำลัง บัฟเฟอร์ด้วย

ตารางที่ 3.2 จุดเก็บน้ำตัวอย่างและความถี่ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าระบบ

พารามิเตอร์	น้ำเสียที่เข้าระบบ
พีเอช	ทุกวัน
ไออาร์พี	ทุกวัน
ซีโอดี	ทุกจันทร์ พุธ และศุกร์
สภาพต่างทั้งหมด	ทุกจันทร์ พุธ และศุกร์

3.3 หัวเชื้อ (seed)

หัวเชื้อ (Seed) ที่ใช้ในการเริ่มต้นเดินระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ เป็นหัวเชื้อจากสลัดจ์ของถังหมักไร้อากาศของบริษัท แชน.อี 68 คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียรส์ จำกัด ได้ทำการตรวจวัดค่าดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์ของหัวเชื้อที่ทำการวิเคราะห์

สิ่งที่ทำการตรวจวัด	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์
ของแข็ง	ของแข็งทั้งหมด, ของแข็งแขวนลอย และวีเอสเอส
ความเป็นกรดเป็นด่าง	สภาพต่าง และพีเอช
อื่นๆ	กรดไขมันระเหยง่าย และไออาร์พี

3.4 เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

3.4.1 ชุดอุปกรณ์การทดลอง

ชุดอุปกรณ์การทดลองช่วงที่ 1 ประกอบด้วย

- ถังปฏิกรณ์แผ่นกั้นไร้อากาศ ขนาดความจุ 10 ลิตร 1 ชุด
- ถังปฏิกรณ์แผ่นกั้นไร้อากาศแบบมีตะแกรงเบอร์ 10 ขนาดความจุ 10 ลิตร 1 ชุด
- ถังพักน้ำเสียเข้าระบบ ขนาด 30 ลิตร 2 ถัง
- อุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนที่น้ำ 2 ชุด
- เครื่องสูบน้ำ 2 ชุด

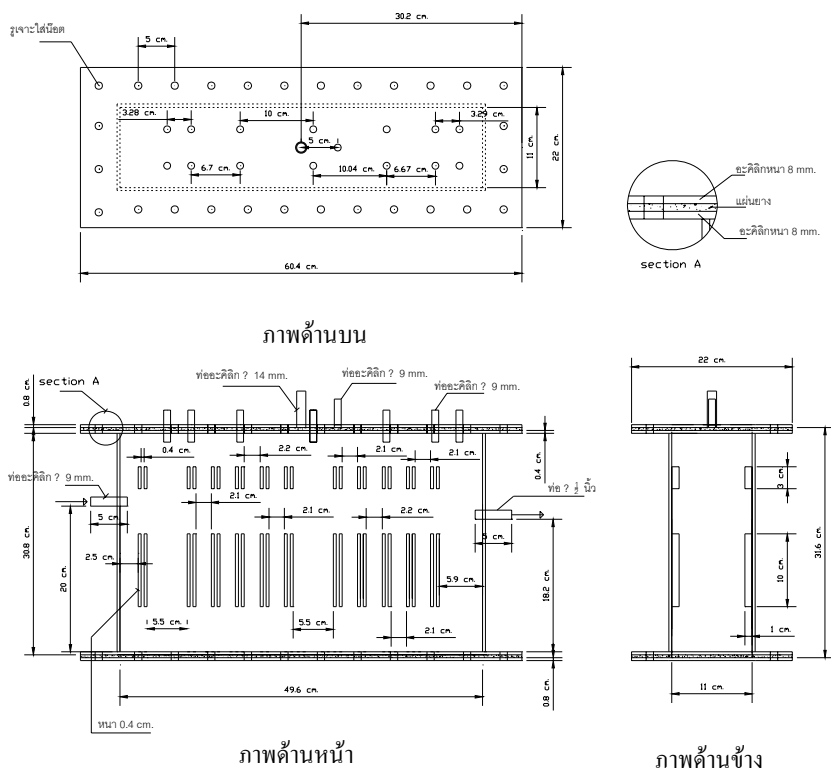
ชุดอุปกรณ์การทดลองช่วงที่ 2 ประกอบด้วย

- ถังปฏิบัติการแผ่นกั้นไร้อากาศ ขนาดความจุ 10 ลิตร 2 ชุด
- ถังพักน้ำเสียเข้าระบบ ขนาด 30 ลิตร 2 ถัง
- อุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนทีน้ำ 2 ชุด
- เครื่องสูบน้ำ 2 ชุด

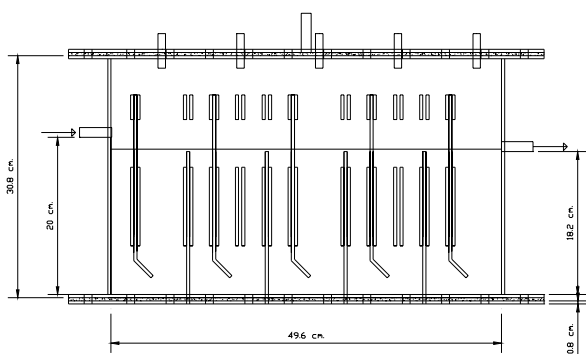
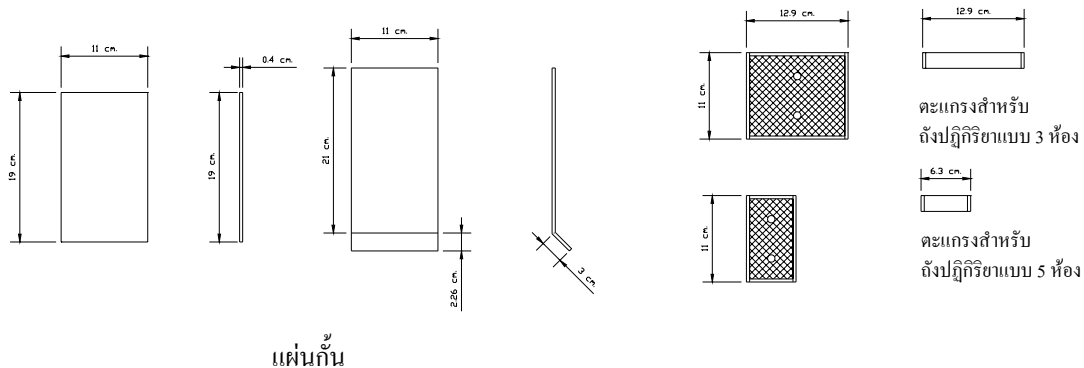
3.4.2 เครื่องมืออุปกรณ์

3.4.2.1 ถังปฏิบัติการแผ่นกั้นไร้อากาศ

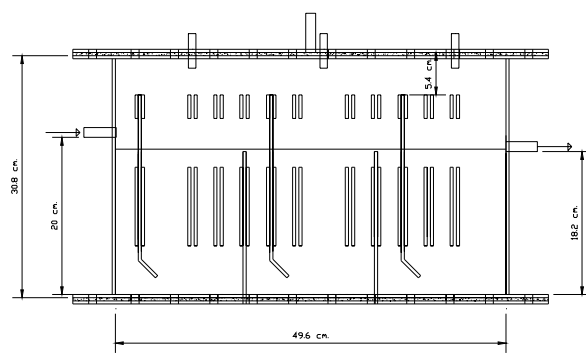
เป็นแบบจำลองระดับห้องปฏิบัติการ โดยได้ยึดหลักการทำงานของระบบบำบัดแผ่นกั้นไร้อากาศได้ทำการจำลองถังปฏิบัติการจำนวน 2 ชุด ในแต่ละชุดมีช่องสำหรับใส่แผ่นกั้นโดยสามารถกั้นให้มีขนาด 3 ห้องและ 5 ห้อง โดยตัวถังทำจากอะคริลิกใสมีขนาดกว้าง 11 เซนติเมตร ยาว 49.6 เซนติเมตร และสูง 32.6 เซนติเมตร โดยมีความสูงของระดับน้ำในถังปฏิบัติการที่ประมาณ 20 เซนติเมตร มีปริมาตรของเหลวภายในระบบประมาณ 10 ลิตร และท่อทางน้ำเข้ากับทางน้ำออกใช้ท่อพีวีซีขนาด 1/2 นิ้ว ทางด้านบนของถังปฏิบัติการมีการต่อสายยางนำก๊าซขนาด 1/8 นิ้ว ผ่านเข้าสู่ชุดวัดก๊าซแบบแทนทีน้ำดังรูปที่ 3.1 และทำการติดตั้งตะแกรงกั้นบริเวณด้านบนของช่องที่น้ำไหลขึ้นในทุกห้องของถังปฏิบัติการ ดังรูปที่ 3.2 (ตำแหน่งของช่องไหลขึ้น แสดงในรูปที่ 2.3)



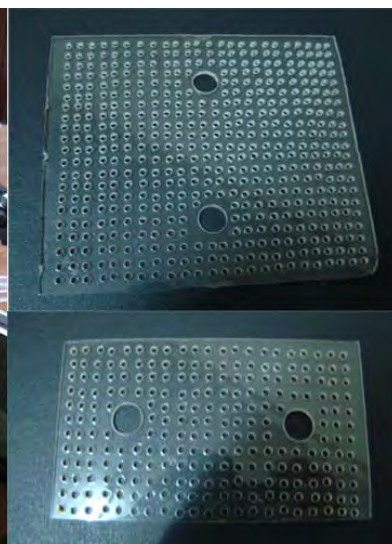
รูปที่ 3.1 ถังปฏิบัติการแบบแผ่นกั้นไร้อากาศ



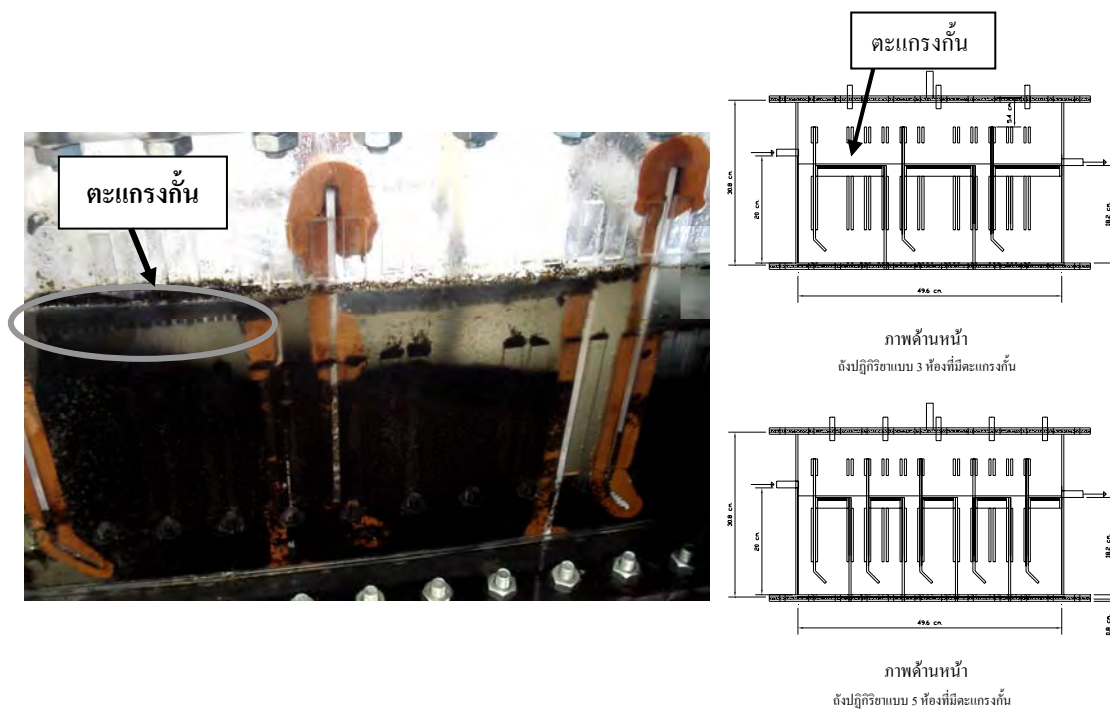
ภาพด้านหน้า
ถังปฏิริยาแบบ 5 ห้อง



ภาพด้านหน้า
ถังปฏิริยาแบบ 3 ห้อง



รูปที่ 3.1 ถังปฏิริยาแบบแผ่นกั้นไร้อากาศ (ต่อ)



รูปที่ 3.2 ถังปฏิกริยาแบบแผ่นกั้น ไร้อากาศที่มีตะแกรงกั้นที่ช่องไหลขึ้น

3.4.2.2 ถังพักน้ำเสียป้อนเข้าระบบ

ใช้ถังพลาสติกขนาด 30 ลิตร จำนวน 2 ถัง

3.4.2.3 ถังพักน้ำเสียออกจากระบบ

ใช้ถังพลาสติกขนาด 30 ลิตร จำนวน 2 ถัง

3.4.2.4 เครื่องสูบน้ำเสียสังเคราะห์เข้าระบบ

เป็นเครื่องสูบน้ำแบบรีดสาย (Peristaltic Pump) จำนวน 2 เครื่อง ปรับอัตราการไหลตามตารางที่ 3.3

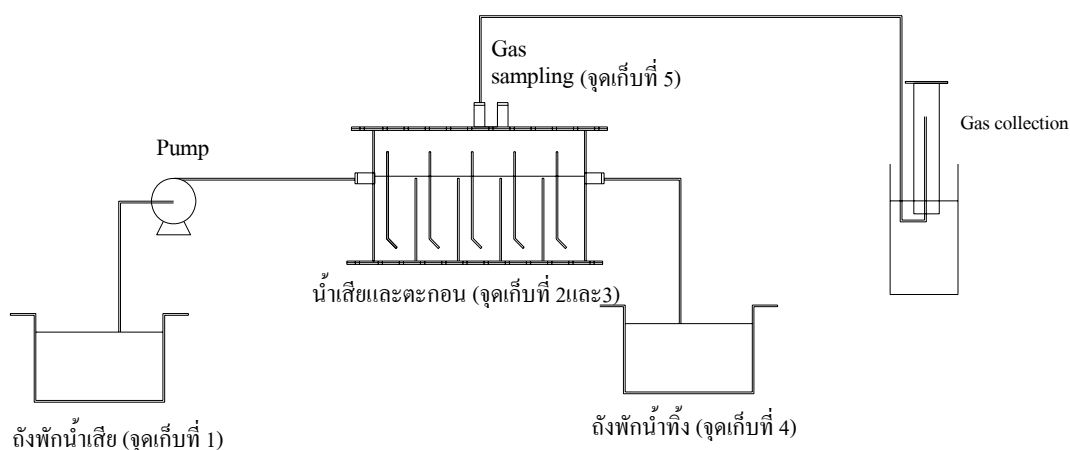
3.4.2.5 ชุดอุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนที่น้ำ

ชุดอุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนที่น้ำอาศัยหลักการแทนที่น้ำของก๊าซที่เกิดขึ้น ภาชนะที่เก็บทำจากโพลีเอทิลีนไทรฟลูออไรด์ โดย 1 ชุดจะต้องใช้โพลีเอทิลีน 2 ใบ และทำการปรับพีเอชของน้ำให้ต่ำกว่า 3 โดยใช้โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) 20 กรัม ผสมกับกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4) 5 มิลลิลิตรในน้ำ 100 มิลลิลิตรเพื่อป้องกันการละลายน้ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.5 การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงาน

วิธีการติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงานของถังปฏิริยาแผ่นกั้นไร้อากาศ แสดงดังรูปที่ 3.3 โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. เครื่องสูบน้ำจะสูบน้ำเสียจากถังพักน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิริยา
2. น้ำเสียจะไหลลงไปได้ชั้นตะกอนจุลชีพในถังปฏิริยาและส่วนน้ำใสจะไหลไปสู่ที่ทางไหลออกจากระบบ
3. ก๊าซที่เกิดขึ้นจะไหลผ่านท่อนำก๊าซซึ่งอยู่ด้านบนของถังปฏิริยาไปยังชุดอุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนที่น้ำ



รูปที่ 3.3 ชุดอุปกรณ์การทดลอง

3.6 จุดเก็บตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่างมีด้วยกัน 5 จุด ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ได้แก่

1. ถังพักน้ำเสียที่เข้าระบบ
2. น้ำจากถังปฏิบัติการ โดยแยกเก็บในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการ
3. ตะกอนจุลชีพจากถังปฏิบัติการ โดยแยกเก็บในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการ
4. ถังพักน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด
5. ด้านบนของถังปฏิบัติการเก็บตัวอย่างก๊าซ

3.7 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.7.1 การทดลองช่วงที่ 1 ศึกษากระบวนการแผ่นกั้นไร้อากาศในช่วงเริ่มต้นระบบ

การทดลองนี้เป็นการทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของระบบที่มีตะแกรงกั้นที่ปลายช่องไหลขึ้นกับระบบที่ไม่มีตะแกรงกั้น เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเข้าสู่ภาวะคงตัว และลักษณะตัวแปรต่างๆ ในช่วงเริ่มต้นเดินระบบ

การทดลองศึกษาระบบแผ่นกั้นไร้อากาศในช่วงเริ่มต้นระบบ มีแผนขั้นตอนการทดลองดังรูปที่ 3.4 ตัวแปรในการทดลอง ตารางที่ 3.5 และมีวิธีการทดลองดังนี้

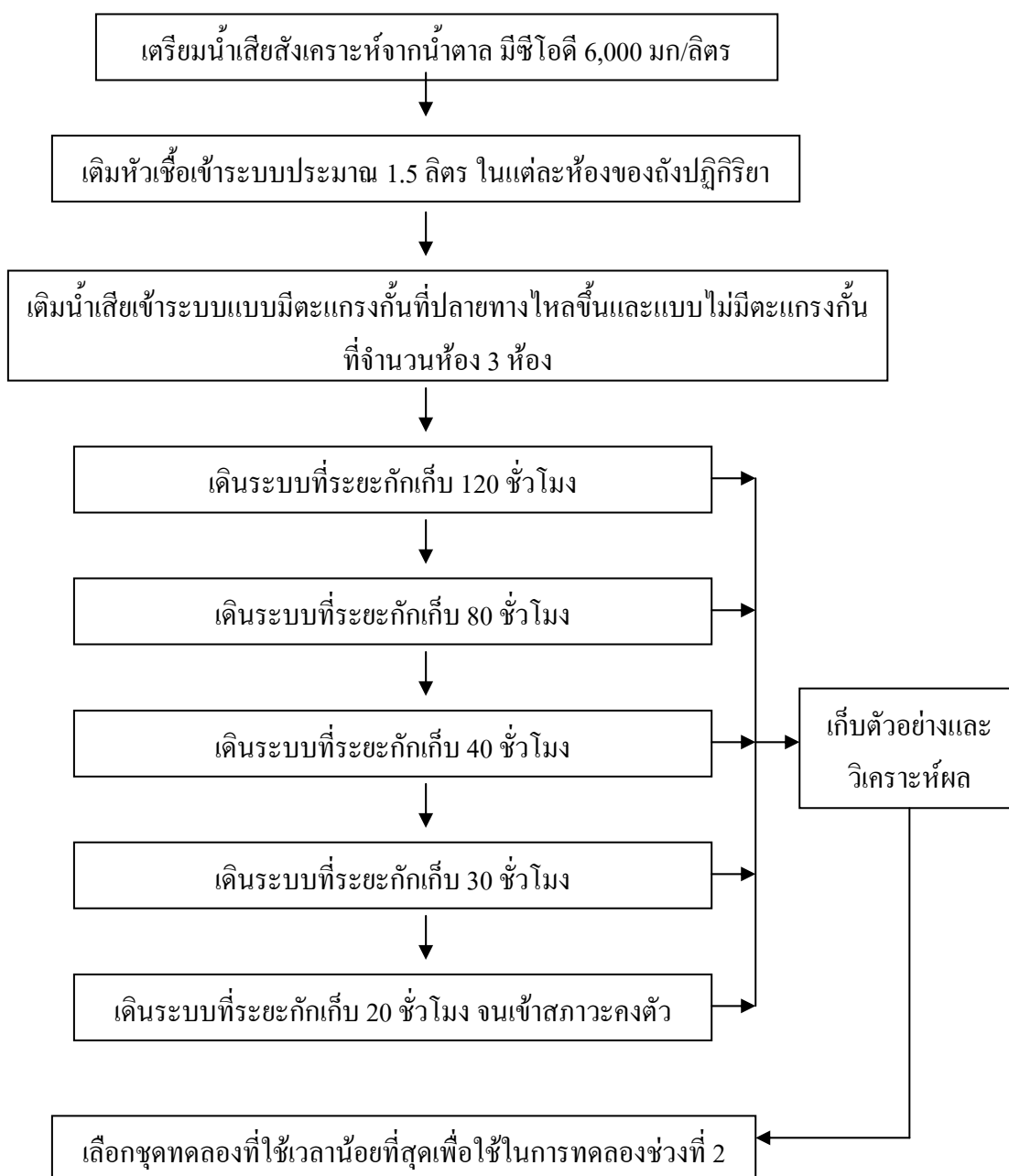
1. เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์จากน้ำตาล มีซีไอดี 6,000 มก/ลิตร โดยมีสัดส่วนสารอาหาร ดังตารางที่ 3.1
2. เติมหิวเชื้อปริมาตร 1.5 ลิตร ในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการและเติมน้ำเสียสังเคราะห์เข้าถังปฏิบัติการแบบที่มีตะแกรงกั้นที่ปลายช่องไหลขึ้นขนาดรู 2.0 มม. และแบบไม่มีตะแกรงกั้น สำหรับระบบที่มีจำนวนห้องเป็น 3 ห้อง
3. เริ่มระบบโดยลดระยะกักเก็บน้ำจาก 120 ชั่วโมง เป็น 80, 40, 30 และ 20 ชั่วโมง ดังตารางที่ 3.4 จนเข้าสู่ภาวะคงตัว

ตารางที่ 3.4 ค่าระยะกักเก็บน้ำในการเริ่มเดินระบบ

ระยะกักเก็บน้ำ (ชั่วโมง)	Organic Loading (กก COD/ลบ.ม.วัน)	อัตราการผลิต (ลิตร/ ชั่วโมง)
120	1.2	0.083
80	1.8	0.125
50	2.9	0.200
30	4.8	0.330
20	7.2	0.500

4. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ ทำการเก็บตัวอย่างจากน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ตามตารางที่ 3.6

5. ถังปฏิบัติการแบบไหนใช้เวลาน้อยกว่าในการเข้าสู่ภาวะคงตัวและได้ความสามารถในการกำจัดซีโอดีพอกัน จะใช้ถังปฏิบัติการแบบนั้นในการเดินระบบต่อไป



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทดลองที่ 1

ตารางที่ 3.5 ตัวแปรในการทดลองที่ 1

ตัวแปรควบคุม	ช่วงที่ทำการควบคุม
1. อุณหภูมิ 2. ซีโอดี 3. pH น้ำออกจากระบบ	1. อุณหภูมิห้อง 2. 6,000 มก/ลิตร 3. 6.8 – 7.2
ตัวแปรที่ทำการศึกษา	ช่วงที่ทำการแปรเปลี่ยน
1. ระยะเวลาพักเก็บ (HRT) 2. ลักษณะถังปฏิกรณ์	1. 120, 80, 40, 30 และ 20 ชั่วโมง 2. แบบมีตะแกรงและไม่มีตะแกรง
ตัวแปรตาม	ค่าที่ทำการวัด
1. ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ 2. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย 3. ระยะเวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว	1. ซีโอดี 2. ของแข็งแขวนลอย 3. ระยะเวลา (วัน)

ตารางที่ 3.6 จุดเก็บน้ำตัวอย่างและความถี่ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของการทดลองที่ 1

พารามิเตอร์	น้ำออกจากระบบ	น้ำเสียในแต่ละห้อง
พีเอช	A	A
ไออาร์พี	A	A
ซีโอดี	B ^(f)	-
ปริมาตรก๊าซรวม	-	A (ในถัง)
สภาพต่างทั้งหมด	B ^(f)	B ^(f)
ของแข็งแขวนลอย	B	B
ของแข็งระเหย	C	C
กรดไขมันระเหย	B ^(f)	B ^(f)

หมายเหตุ A หมายถึง ทุกวัน B หมายถึง ทุกจันทร์ พุธ และศุกร์

C หมายถึง ทุก 2 สัปดาห์ f หมายถึง กรองตัวอย่าง

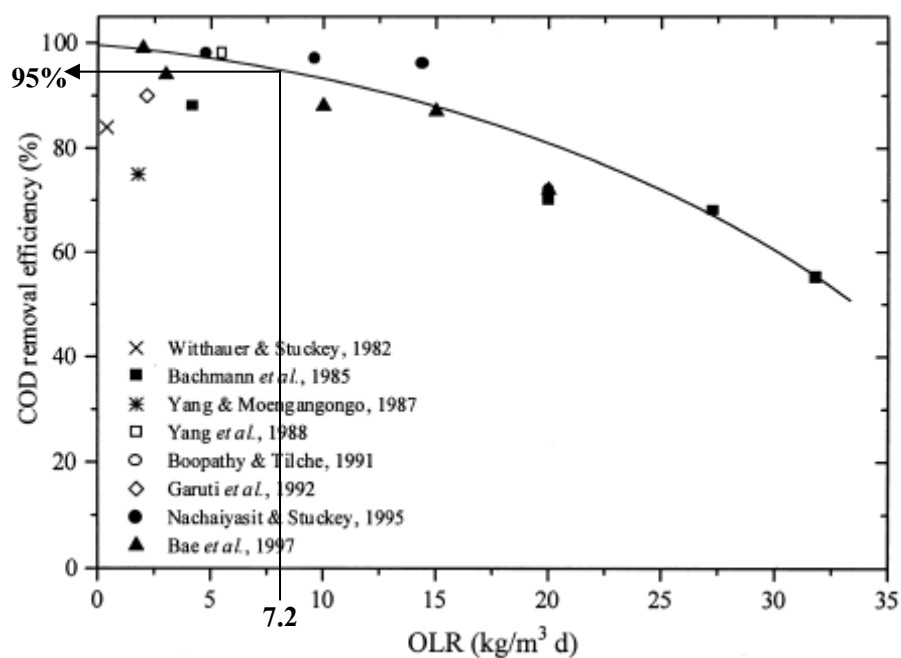
3.7.2 การทดลองช่วงที่ 2 ศึกษาผลกระทบของจำนวนห้องต่อระบบแผ่นกั้นไร้อากาศที่สภาวะคงตัว

การทดลองนี้เป็นการทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของจำนวนห้องต่อความสามารถในการบำบัดสารอินทรีย์ เพื่อให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสม และศึกษาถึงความสามารถในการบำบัดสารอินทรีย์ภายในแต่ละห้องของถังปฏิกริยาเพื่อที่จะประเมินประสิทธิภาพของระบบได้

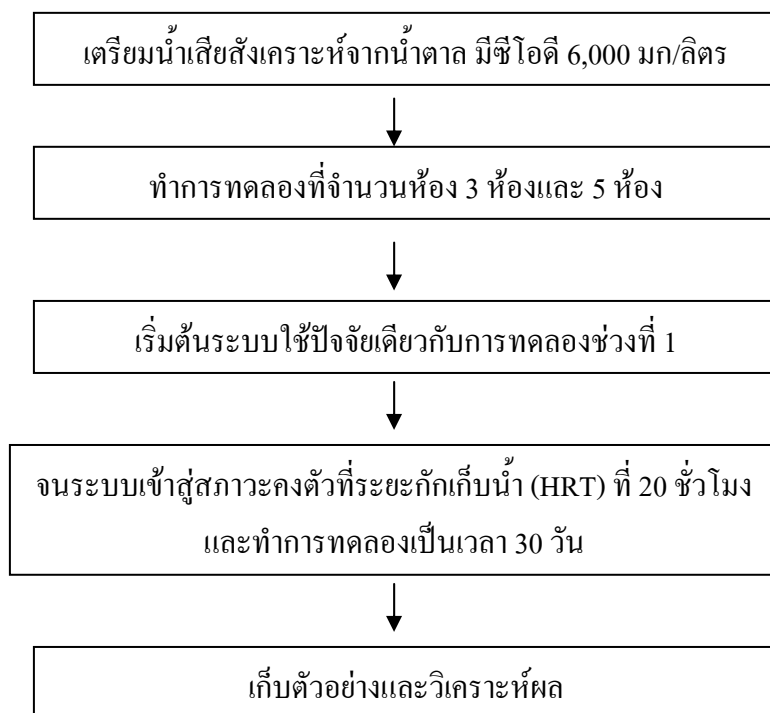
สำหรับเกณฑ์การเข้าสู่สภาวะคงตัวพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ตามรายงานวิจัยของ Barber และ Stuckey (1999) ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.2 กก ซีโอติ/ลบ.ม.วัน ซึ่งเป็นค่าที่สภาวะคงตัวสำหรับการทดลองนี้ควรมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติประมาณ 95% และให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติไม่เกิน 2%

ในการศึกษาระบบแผ่นกั้นไร้อากาศที่สภาวะคงตัว โดยการทดลองช่วงนี้จะใช้รูปแบบของถังปฏิกริยาจากการทดลองช่วงที่ 1 ที่ใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นเดินระบบที่สั้นกว่ามาใช้ในการทดลอง ซึ่งมีแผนผังขั้นตอนการทดลองดังรูปที่ 3.6 ตัวแปรในการทดลอง ตารางที่ 3.7 และมีวิธีการทดลองดังนี้

1. เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์จากน้ำตาล มีค่าซีโอติ 6,000 มก/ลิตร โดยมีสัดส่วนสารอาหาร ดังตารางที่ 3.1
2. ทำการทดลองที่จำนวนห้อง 3 และ 5 ห้อง
3. เริ่มต้นระบบโดยใช้ปัจจัยเดียวกับการทดลองช่วงที่ 1 จนระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวที่ระยะกักเก็บน้ำ (HRT) ที่ 20 ชั่วโมงของถังปฏิกริยาจำนวนห้อง 3 ห้องและ 5 ห้อง
4. ทำการทดลองที่จำนวนห้อง 3 ห้องเป็นเวลา 30 วัน โดยจำนวนห้อง 5 ห้อง ทำเช่นเดียวกัน
5. ในช่วงเวลา 30 วัน ทำการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผลตามตารางที่ 3.8 และ 3.9



รูปที่ 3.5 ประสิทธิภาพการกำจัดต่ออัตราภาระบรรทุกตามที่สรุปโดย Barber และ Stuckey (1999)



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทดลองที่ 2

ตารางที่ 3.7 ตัวแปรในการทดลองที่ 2

ตัวแปรควบคุม	ช่วงที่ทำการควบคุม
1. อุณหภูมิ 2. ซีไอดี 3. ระยะเวลาพักเก็บ 4. pH น้ำออกจากระบบ 5. ระยะเวลาทำการทดลอง	1. อุณหภูมิห้อง 2. 6,000 มก/ลิตร 3. 20 ชั่วโมง 4. 6.8 – 7.2 5. 30 วันหลังจากระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว
ตัวแปรที่ทำการศึกษา	ช่วงที่ทำการแปรเปลี่ยน
1. จำนวนห้องของระบบ	1. 3 ห้องและ 5 ห้อง
ตัวแปรตาม	ค่าที่ทำการวัด
1. ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ 2. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย 3. ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ	1. ซีไอดี 2. ปริมาณของแข็งแขวนลอย 3. ปริมาณก๊าซทั้งหมด

ตารางที่ 3.8 จุดเก็บน้ำตัวอย่างและความถี่ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของการทดลองที่ 2

พารามิเตอร์	น้ำออกจากระบบ	น้ำเสียในถังแต่ละห้อง
พีเอช	A	A
ไออาร์พี	A	A
ปริมาตรก๊าซทั้งหมด	-	A (ในถัง)
ซีไอดี	B ^(f)	B ^(f)
สภาพต่างทั้งหมด	B ^(f)	B ^(f)
ของแข็งแขวนลอย	B	B
ของแข็งระเหย	C	C
กรดไขมันระเหย	B ^(f)	B ^(f)
เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน	S	-

หมายเหตุ

A หมายถึง ทุกวัน

B หมายถึง ทุกจันทร์ พุธ และศุกร์

C หมายถึง ทุก 2 สัปดาห์

S หมายถึง ช่วง Steady state (2 ครั้ง)

f หมายถึง กรองตัวอย่าง

3.8 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ที่ลดการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 แสดงวิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์/เครื่องมือวิเคราะห์
พีเอช	Standard Methods for water and wastewater Examination # 4500-H ⁺ B (เครื่องวัด pH)
โออาร์พี	Standard Methods for water and wastewater Examination # 2580 (เครื่องวัด ORP)
ปริมาตรก๊าซทั้งหมด	วัดปริมาตรก๊าซแบบแทนที่น้ำ
ซีไอดี	Standard Methods for water and wastewater Examination # 5220 C (วิธี Closed Reflux)
สภาพ่างทั้งหมด	Standard Methods for water and wastewater Examination # 2320 (วิธี Direct Titration)
ของแขวนลอย	Standard Methods for water and wastewater Examination # 2540 D (GF/C filter)
ของแข็งระเหย	Standard Methods for water and wastewater Examination # 2540 G (GF/C filter)
กรดไขมันระเหย	Standard Methods for water and wastewater Examination # 5220 C (วิธีการกลั่น)
เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน	Standard Methods for water and wastewater Examination # 2720 C (GC)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะของหัวเชื้อ

หัวเชื้อที่ใช้ในการเริ่มต้นเดินระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศ เป็นหัวเชื้อจากสัตจจ์ของถังหมักไรร้ออากาศของบริษัท แชน.อี 68 คอนซัลติง เอ็นจิเนียรส์ จำกัด โดยทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของหัวเชื้อที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	หน่วย	หัวเชื้อ
อุณหภูมิ	เซลเซียส	24.70
พีเอช	-	7.28
โออาร์พี	มิลลิโวลท์	-260.90
ซีไอดี (ไม่กรอง)	มก/ล	2,871.00
ซีไอดี (กรอง)	มก/ล	659.60
สภาพต่างทั้งหมด	มก/ล CaCO_3	1,348.00
กรดไขมันระเหย	มก/ล CH_3COOH	40.00
ของแข็งทั้งหมด	มก/ล	21,524.00
ของแข็งระเหย	มก/ล	13,182.00
ของแข็งแขวนลอย	มก/ล	365.00

4.2 ลักษณะของน้ำเสีย

น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ โดยใช้น้ำตาลทรายเป็นสารอินทรีย์คาร์บอน สักส่วนในการเติมธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ดังตารางที่ 3.1 และได้มีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสียที่เข้าระบบ โดยแบ่งตามถังปฏิกริยา ซึ่งถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง ถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรง และถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรง มีค่าพีเอชเฉลี่ยตลอดการทดลอง เท่ากับ 7.08, 7.14, และ 7.23 ค่าโออาร์พีเฉลี่ย -260.53, -264.73, และ -262.94 และค่าซีไอดีเฉลี่ย 6,171.00, 6,250.00, และ 6,177.00 มก/ลิตรซึ่งสังเกตได้ว่าทั้ง 3 ระบบมีลักษณะของน้ำเสียที่เข้าระบบใกล้เคียงกัน โดยแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะของน้ำเสียที่เข้าระบบในแต่ละถังปฏิบัติหน้าที่การทดลอง

พารามิเตอร์	หน่วย	ถังปฏิบัติหน้าที่ 1			ถังปฏิบัติหน้าที่ 2			ถังปฏิบัติหน้าที่ 3		
		ค่าพีดี	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าพีดี	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าพีดี	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อุณหภูมิ	เซลเซียส	24.00 ถึง 29.80	27.57	1.13	24.80 ถึง 30.90	28.12	1.25	24.80 ถึง 30.90	28.35	1.57
พีเอช	-	5.80 ถึง 8.50	7.08	0.59	5.50 ถึง 8.60	7.14	0.93	5.70 ถึง 8.60	7.23	1.02
โอดอร์พี	มิลลิโวลท์	-178.00 ถึง -329.80	-260.53	34.04	-179.20 ถึง -335.40	-264.73	52.35	-179.20 ถึง -335.40	-262.94	57.02
ซีโอดี	มก/ล	5,382.30 ถึง 6,910.90	6,171.00	344.87	5,624.20 ถึง 6,761.30	6,250.00	271.05	5,780.60 ถึง 6,613.30	6,177.00	223.21

หมายเหตุ ถังปฏิบัติหน้าที่ 1 เป็นถังปฏิบัติหน้าที่มีจำนวนห้อง 3 ห้อง และไม่มีการติดตั้งตะแกรงกั้นที่ปลายไหลขึ้น

ถังปฏิบัติหน้าที่ 2 เป็นถังปฏิบัติหน้าที่มีจำนวนห้อง 3 ห้อง และมีมีการติดตั้งตะแกรงกั้นที่ปลายไหลขึ้น

ถังปฏิบัติหน้าที่ 3 เป็นถังปฏิบัติหน้าที่มีจำนวนห้อง 5 ห้อง และมีมีการติดตั้งตะแกรงกั้นที่ปลายไหลขึ้น

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศในช่วงการเริ่มต้นเดินระบบและช่วงการเดินระบบ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง

การทดลองช่วงที่ 1 เป็นการทดลองในช่วงการเริ่มต้นเดินระบบโดยศึกษาผลของระบบ 3 ห้องมีตะแกรง (เส้นผ่าศูนย์กลางรูขนาด 2 มม) กั้นที่ปลายช่องไหลขึ้นกับระบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงกั้น เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเข้าสู่ภาวะคงตัว ซึ่งภาวะคงตัวในที่นี้อาจจะนิยามได้จากความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 7.2 กก ซีโอดี/ลบ.ม.วัน ตามการทบทวนเอกสารของ Barber และ Stuckey (1999) มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีประมาณ $95 \pm 2\%$ ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งการทดลองในช่วงนี้ใช้เวลาทั้งหมด 162 วัน ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดตามหัวข้อ 4.3

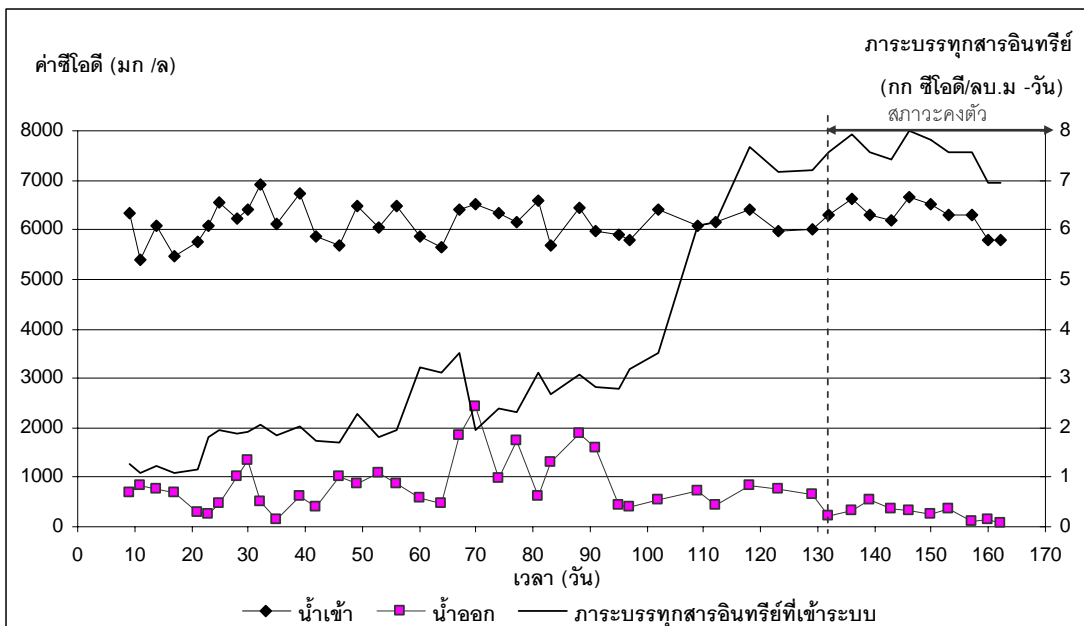
การทดลองช่วงที่ 2 เป็นการทดลองในช่วงเดินระบบได้ทำการศึกษาแยกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกทำการศึกษาผลของจำนวนห้องแบบ 3 ห้องกับแบบ 5 ห้องของระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศต่อความสามารถในการบำบัดสารอินทรีย์ เป็นเวลา 30 วัน และส่วนที่ 2 จะศึกษาตัวแปรต่างๆ ภายในห้องของถังปฏิกริยาเพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งในการทดลองในช่วงนี้จะใช้รูปแบบถังปฏิกริยาการทดลองช่วงที่ 1 ที่ใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นเดินระบบที่สั้นกว่าคือระบบที่มีตะแกรงกั้นที่ปลายช่องไหลขึ้น มาใช้ในการทดลอง ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดตามหัวข้อ 4.4 และ 4.5

4.3 ผลการศึกษาระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศในช่วงเริ่มต้นระบบ

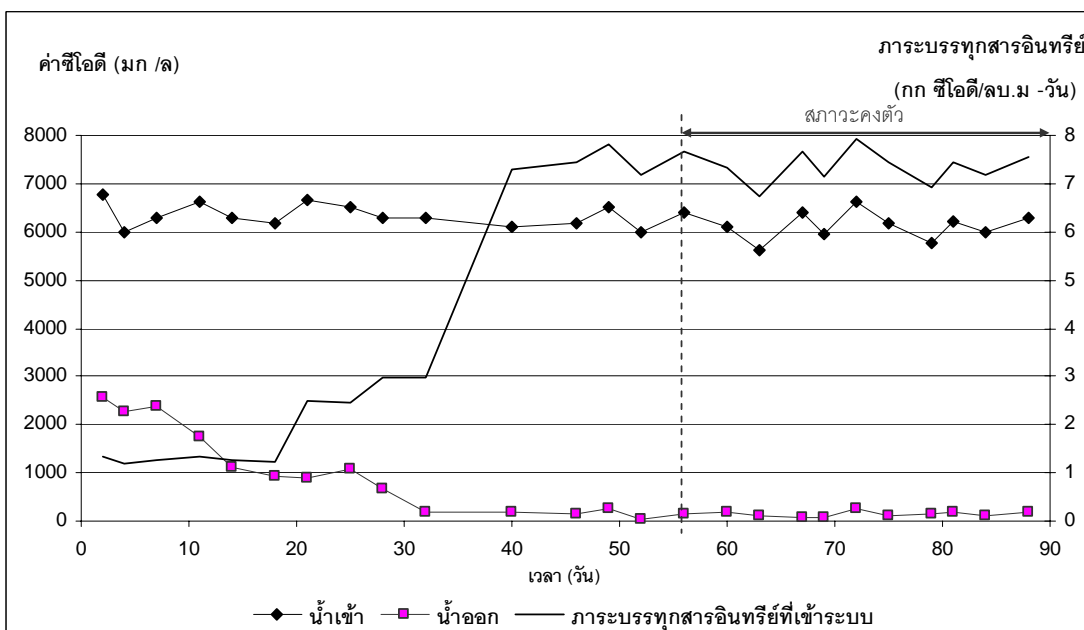
ในการศึกษาระบบแผ่นกั้นไรร้ออากาศในช่วงเริ่มต้นระบบ การพิจารณาถึงสถานะคงตัวต้องใช้พารามิเตอร์หลายตัวประกอบกัน โดยดูจากประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ของแฉ่งแขวนลอยที่ออกจากระบบ อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมด และพารามิเตอร์อื่นๆ โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.3.1 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัด

ประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีเป็นค่าที่แสดงความสามารถหรือประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูงทำงานได้ดีจะมีประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีสูงตามไปด้วย โดยจากการทดลองในการศึกษาช่วงเริ่มต้นระบบพบว่าถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงกั้นที่ปลายช่องไหลขึ้นจะมีความแปรปรวนของค่าซีโอดีมากในช่วงที่มีการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ โดยมีค่าพิสัยประมาณ 607.40 – 2,440.80 มก/ลิตร ดังรูปที่ 4.1(ก) ซึ่งเกิดจากระบบใช้เวลาในการปรับตัวรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ช้าเนื่องจากมีตะกอนในรูปของแฉ่งแขวนลอยหลุดออกจากระบบมากกว่าถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง โดยถึงปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรงมีความแตกต่างของค่ามัธยฐานของของแฉ่งแขวนลอยตลอดการทดลองมากกว่าถึงปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง เท่ากับ 28.00 มก/ลิตร (หัวข้อที่ 4.3.6) จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าถึงปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรงใช้เวลาในการเข้าสู่สถานะคงตัว 132 วัน ส่วนถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรงใช้เวลา 56 วันและมีความแปรปรวนน้อยในช่วงที่มีการเพิ่มภาระบรรทุก แต่เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะคงตัวระบบทั้งสองมีการบำบัดซีโอดีได้ใกล้เคียงกันดังรูปที่ 4.1 โดยระบบแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงมีค่าซีโอดีน้ำออกเฉลี่ยช่วงสถานะคงตัว 270.00 มก/ลิตร ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยช่วงสถานะคงตัว 95.73% และถึงปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงมีค่าซีโอดีน้ำออกเฉลี่ยช่วงสถานะคงตัว 153.00 มก/ลิตร ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยช่วงสถานะคงตัว 97.52% ดังรูปที่ 4.2

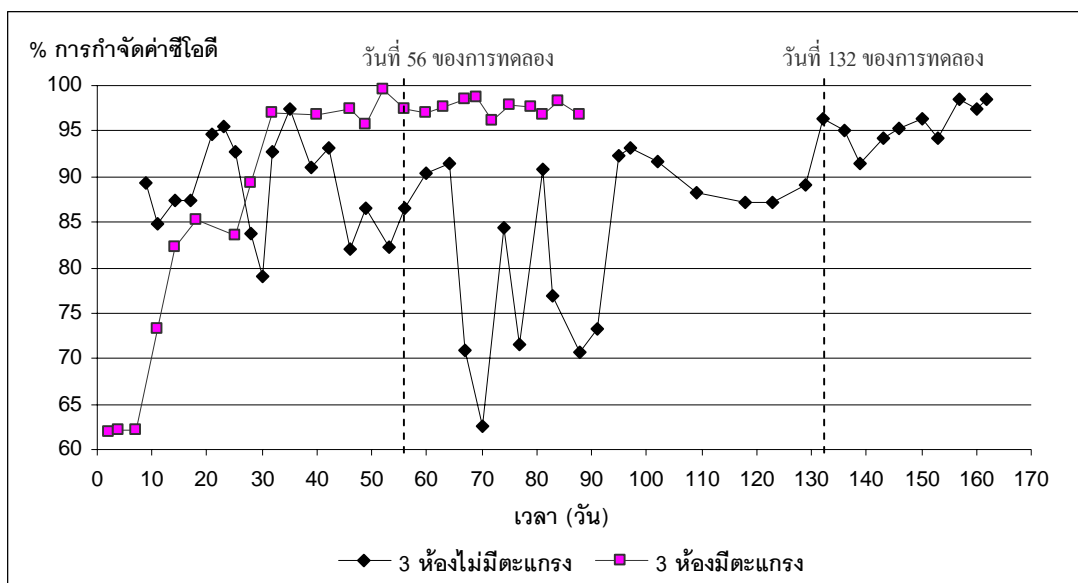


(ก) ถังปฏิบัติการแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรง



(ข) ถังปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง

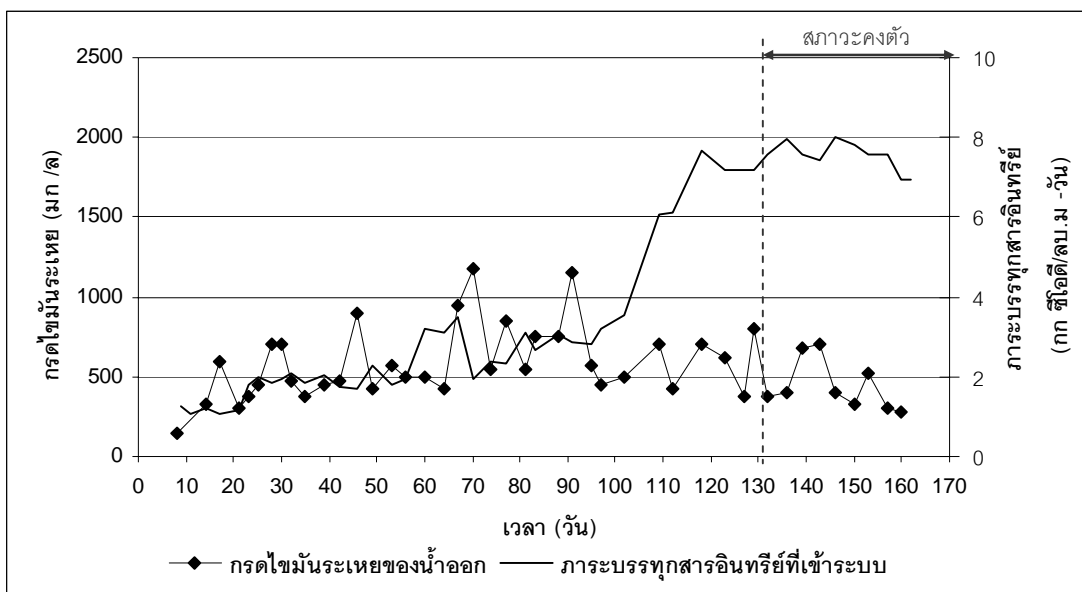
รูปที่ 4.1 ค่าซีไอดีกับภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ



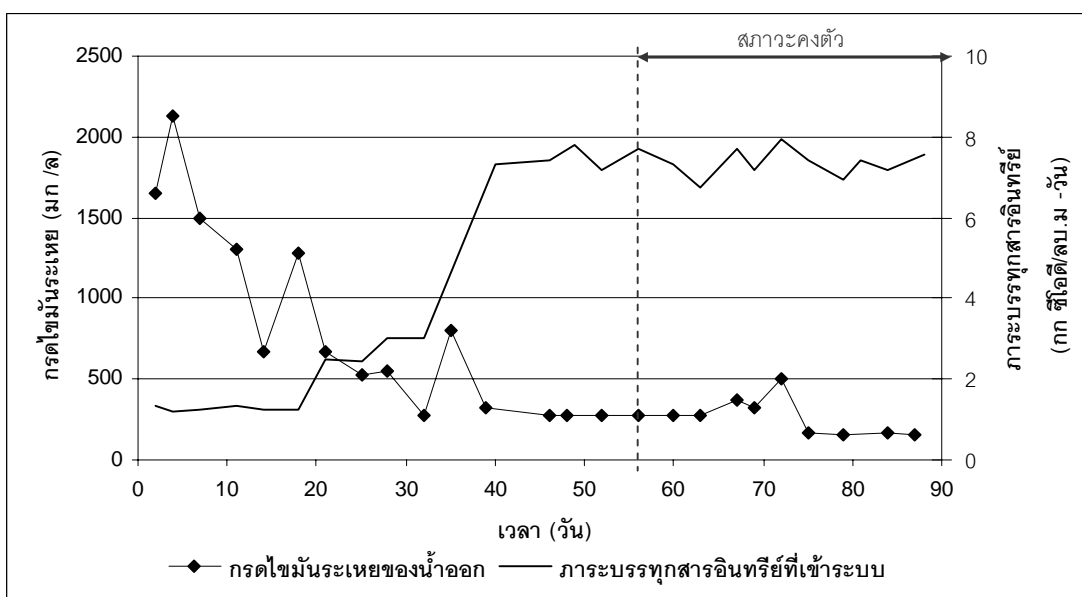
รูปที่ 4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ

4.3.2 กรดไขมันระเหย

กรดไขมันระเหยเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่ง que บอกรถึงการทำงานของระบบบำบัดแบบไร้อากาศ เนื่องจากจุลินทรีย์จะใช้กรดไขมันระเหยในการสร้างก๊าซมีเทน ดังนั้นระบบที่ทำงานได้ดีจะใช้กรดไขมันระเหยสร้างก๊าซมีเทนได้สูง ซึ่งความเข้มข้นกรดไขมันระเหยที่อยู่ในช่วง 200 – 400 มก/ลิตร จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าระบบทำงานได้ดี (มันสิน ตัณฑุลเวศน์, 2542) จากรูปที่ 4.3 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรงกัันกับถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรงกัันจะสังเกตได้ว่า ถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรงจะมีความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยที่ออกจากระบบมากกว่าถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรงกััน โดยมีค่ามัธยฐานที่ 550.00 มก/ลิตร และค่าพิสัย 300.00 – 1175.00 มก/ลิตร ในช่วงเริ่มต้นระบบแต่เมื่อเข้าสู่ภาวะคงตัวความเข้มข้นกรดไขมันระเหยที่ออกจากระบบมีค่าลดลงและคงตัวมากขึ้น โดยที่ภาวะคงตัวมีความเข้มข้นกรดไขมันระเหย (ค่าเฉลี่ย) 422.50 มก/ลิตร มีค่าพิสัยที่ 250.00 – 700.00 มก/ลิตร ส่วนถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรงกัันในช่วงเริ่มต้นระบบมีความเข้มข้นกรดไขมันระเหยที่ออกจากระบบมาก เนื่องจากระบบมีตะแกรงกัันทำให้มีจุลินทรีย์ในระบบมากซึ่งอาจทำให้จุลินทรีย์สร้างมีเทนใช้กรดไขมันระเหยไม่หมดจึงมีกรดไขมันระเหยหลุดออกไปกับน้ำออกมาก แต่กรดไขมันระเหยจะค่อยๆ ลดลงจนเข้าสู่ภาวะคงตัวโดยที่สภาวะคงตัวมีความเข้มข้นกรดไขมันระเหย (ค่าเฉลี่ย) 266.70 มก/ลิตร มีค่าพิสัยที่ 150.00 – 500.00 มก/ลิตร ซึ่งอยู่ในช่วงที่ระบบทำงานได้ดี



(ก) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรง

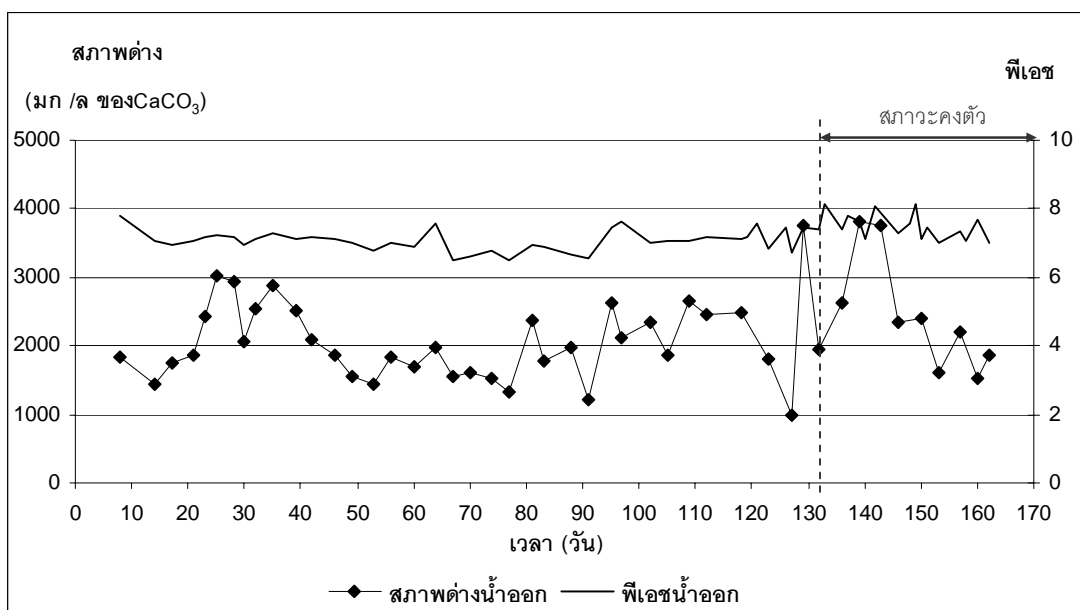


(ข) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.3 กรดไขมันระเหยกับประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ

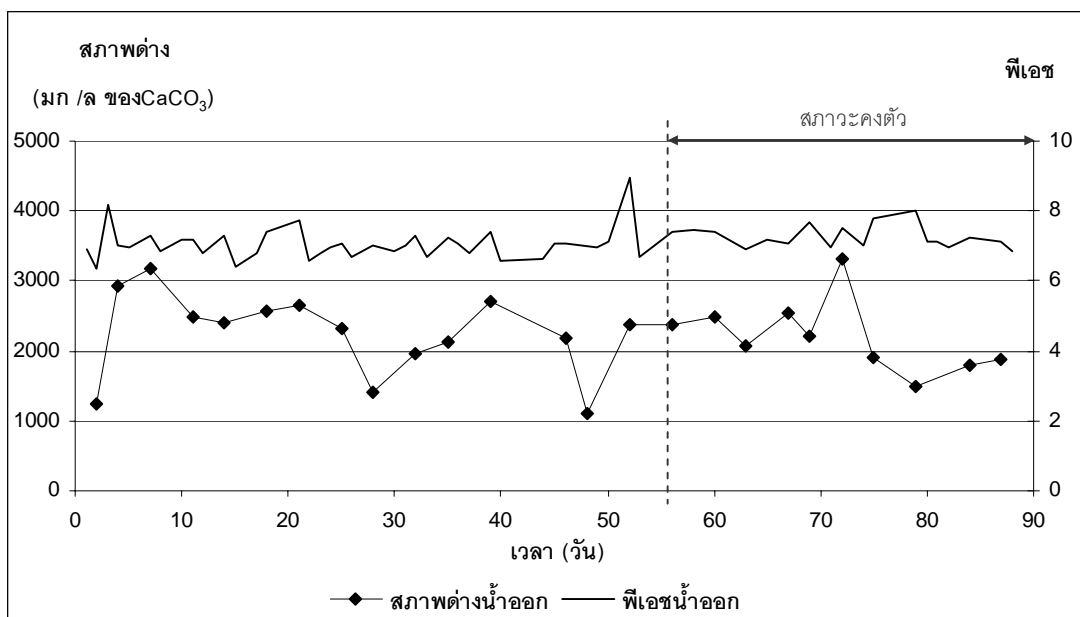
4.3.3 สภาพต่างและพีเอช

ค่าพีเอชมีบทบาทต่อการควบคุมระบบ โดยค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับระบบ ไร่้อากาศอยู่ในช่วงตั้งแต่ 6.6 - 7.6 ถ้าพีเอชต่ำกว่า 6.2 ประสิทธิภาพของระบบในการผลิตก๊าซและ กำจัดสารอินทรีย์ จะตกต่ำอย่างรวดเร็ว (มันสิน ตันจุลเวศน์, 2542) ซึ่งค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงจะมี ผลต่อความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบ จากการทดลองระบบทั้งสองมีค่าพีเอชของน้ำออกจาก ระบบอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ส่วนสภาพต่างของถังปฏิบัติการแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงจะมีค่าเฉลี่ย ช่วงสภาวะคงตัวที่ 2,142.00 มก/ลิตร ของแคลเซียมคาร์บอเนตและถังปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมี ตะแกรงจะมีค่าเฉลี่ยช่วงสภาวะคงตัวที่ 2,228.00 มก/ลิตร ของแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งระบบทั้ง สองมีสภาพต่างเพียงพอโดยระบบไร่้อากาศควรมีสภาพต่างประมาณ 1,500 – 2,000 มก/ลิตร ของ แคลเซียมคาร์บอเนต (มันสิน ตันจุลเวศน์, 2542) โดยค่าสภาพต่าง และพีเอชตลอดการทดลอง แสดงในรูปที่ 4.4



(ก) ถังปฏิบัติการแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรง

รูปที่ 4.4 สภาพต่างกับพีเอชในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ



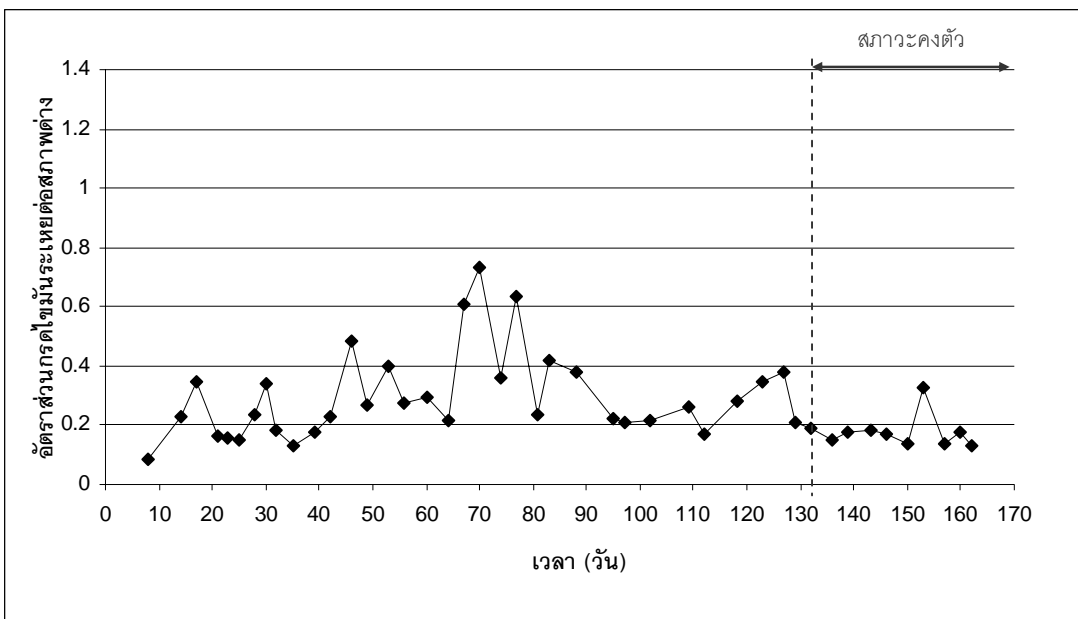
(ข) ตั้งปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.4 สภาพต่างกับพีเอชในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ (ต่อ)

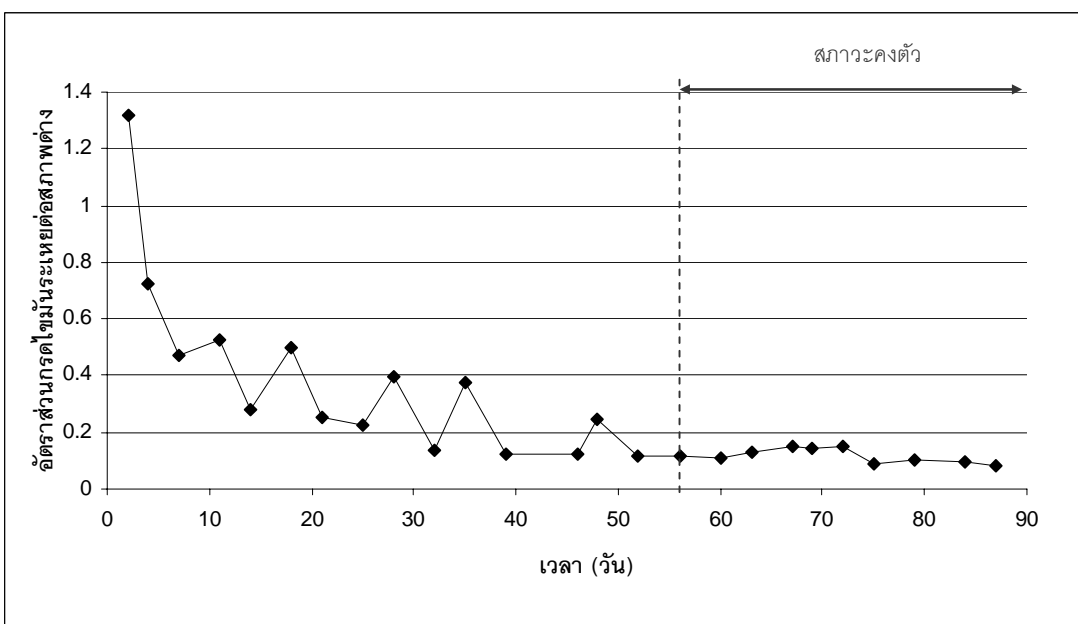
4.3.4 อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่าง

(มก/ลิตรของกรดอะซิติกต่อ มก/ลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต)

อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างบอกถึงความสมดุลของกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นกับสภาพต่าง โดยอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างควรน้อยกว่า 0.4 ซึ่งบอกถึงการมีกำลังบัฟเฟอร์สูง (มันสิน ตันกุลเวศน์, 2542) จากการทดลองตั้งปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรงในช่วง 64 วันแรกมีอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างน้อยกว่า 0.4 ในวันที่ 64 ซึ่งเป็นช่วงที่ระบบยังไม่คงตัวได้มีการเปิดฝาถึงปฏิบัติการเพราะเกิดการตันที่ท่อระบายน้ำออก ทำให้จุลินทรีย์สร้างมีเทนทำงานได้ไม่ดีส่งผลให้เกิดภาวะมีกรดไขมันระเหยมากซึ่งมีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างที่ 0.6 - 0.7 แต่เมื่อจุลินทรีย์มีการปรับตัวค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างก็ลดลงมาอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.4 โดยตั้งแต่วันที่ 132 - 162 ระบบอยู่ในช่วงภาวะคงตัวมีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างเฉลี่ย 0.18 ดังรูปที่ 4.5(ก) ส่วนตั้งปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงรูปที่ 4.5(ข) ช่วงเริ่มต้นระบบมีกรดไขมันระเหยเกิดขึ้นมากอาจเกิดจากจุลินทรีย์ใช้กรดไขมันระเหยไม่หมด ทำให้อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างมาก ซึ่งในช่วงนี้จึงมีการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตมากกว่าปกติ ดังรูปที่ 4.4(ข) เพื่อรักษาสมดุลของอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างให้ลดลงมาน้อยกว่า 0.4 โดยช่วงภาวะคงตัวมีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างเฉลี่ย 0.12 ดังรูปที่ 4.5(ข)



(ก) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรง



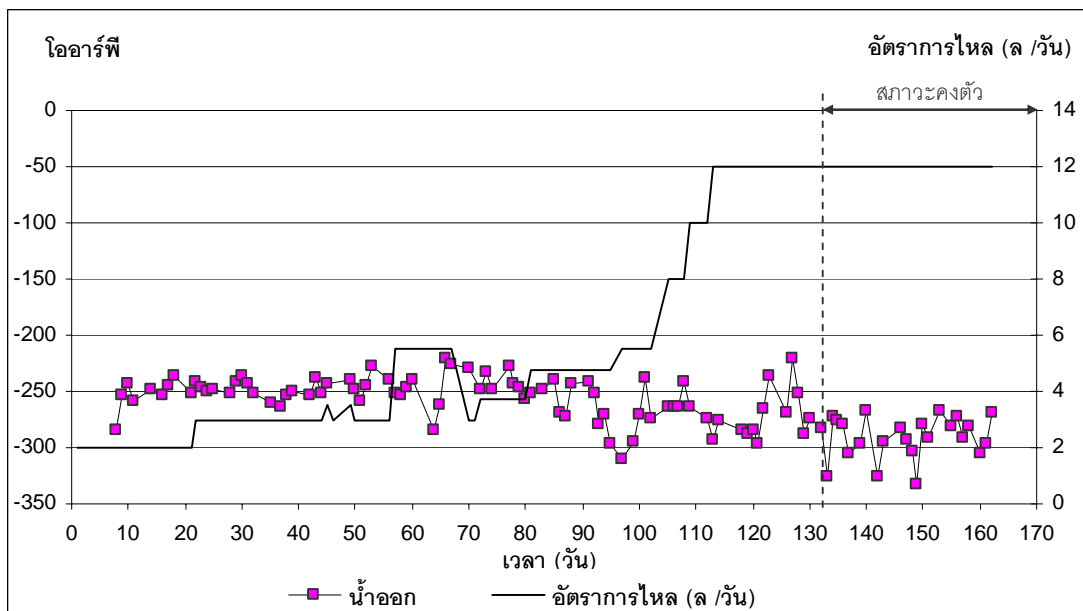
(ข) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.5 อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ

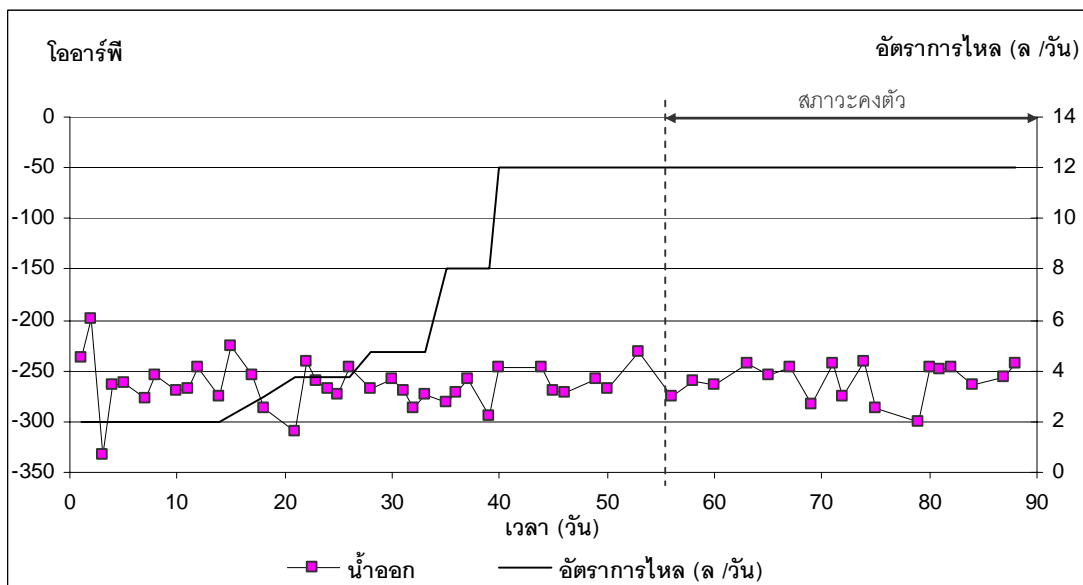
4.3.5 ไออาร์พี

ไออาร์พีเป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการถ่ายเทอิเล็กทรอนิกส์ของปฏิบัติการออกซิเดชัน-รีดักชัน ซึ่งระบบไร้อากาศที่ทำงานได้ดีควรมีค่าไออาร์พี -300 ถึง -500 จากการทดลองค่าไออาร์พีในน้ำออกของทั้ง 2 ระบบมีค่าเป็นลบ โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง -250 ถึง -300 ซึ่งแสดงให้เห็น

ว่าภายในถึงปฏิบัติการทั้ง 2 ถึงเกิดกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ โดยแสดงค่าไออาร์พีตลอดการทดลองดังรูปที่ 4.6



(ก) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรง

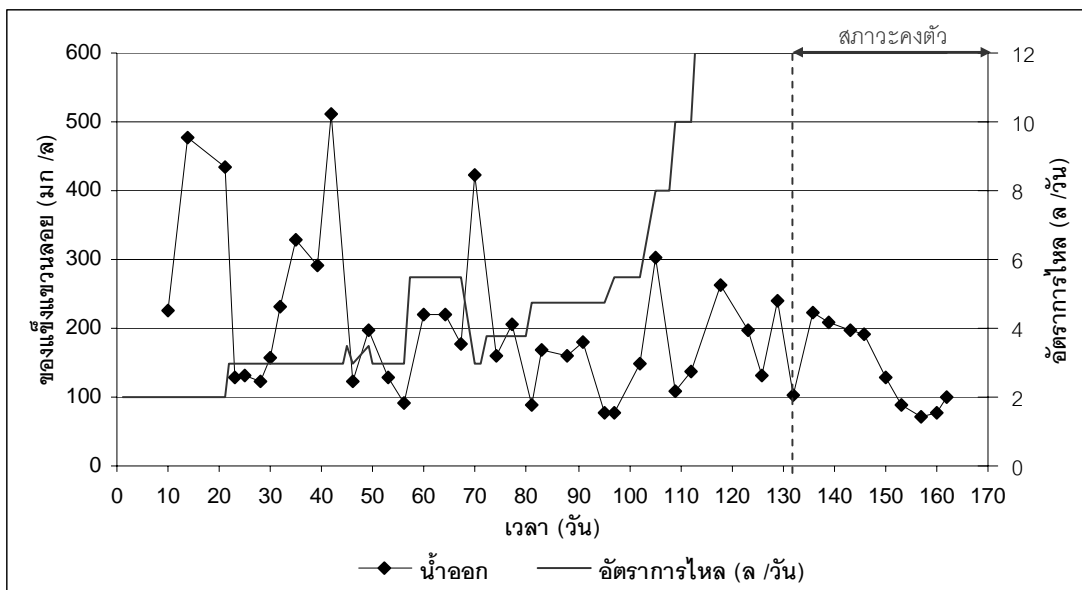


(ข) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง

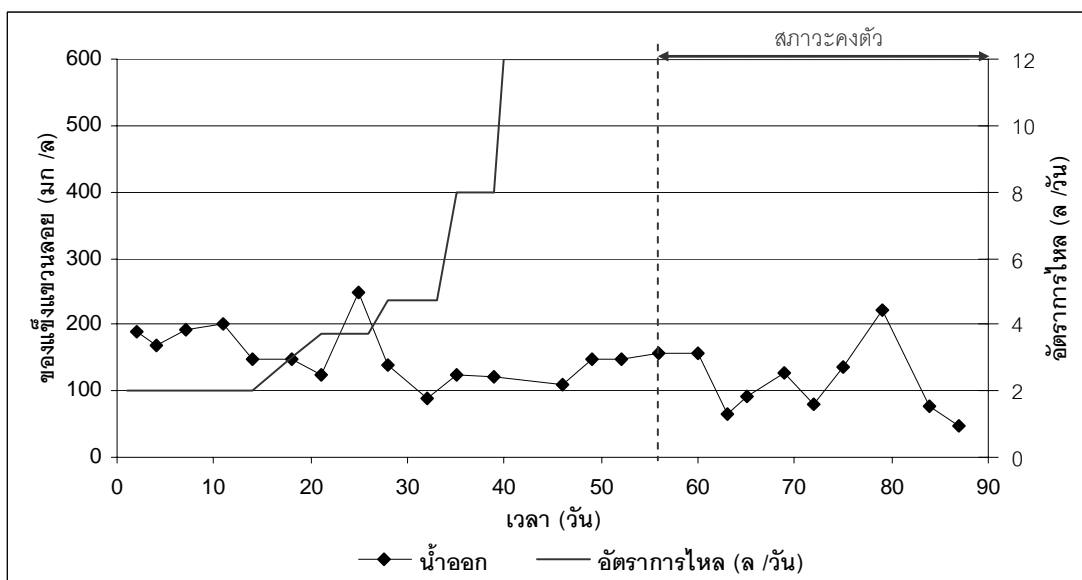
รูปที่ 4.6 ไออาร์พีกับอัตราการไหลในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ

4.3.6 ของแข็งแขวนลอย

จากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบในช่วงเริ่มต้นระบบถึงปฏิกิริยาแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงจะมีการหลุดออกของของแข็งแขวนลอยที่แปรปรวนมากโดยมีค่าพิสัยที่ 76.00 – 511.76 มก/ลิตร ดังรูปที่ 4.7(ก) ซึ่งเกิดจากระบบไม่มีตะแกรงกั้นของแข็งแขวนลอย แต่เมื่อเข้าสู่ภาวะคงตัวมีการหลุดออกของของแข็งแขวนลอยน้อยลงและคงตัวมากขึ้น ส่วนถึงปฏิกิริยาแบบ 3 ห้องมีตะแกรงมีความคงตัวทั้งในช่วงเริ่มต้นระบบและช่วงภาวะคงตัวโดยมีค่าพิสัยที่ 48.00 - 248.00 มก/ลิตร ดังรูปที่ 4.7(ข) เพราะตะกอนลอยถูกตะแกรงกั้นไม่ให้หลุดออกจากระบบโดยตลอดการทดลองถึงปฏิกิริยาแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงมีของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบ (ค่ามัธยฐาน) เท่ากับ 168.00 มก/ลิตรและถึงปฏิกิริยาแบบ 3 ห้องมีตะแกรงมีของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบ (ค่ามัธยฐาน) เท่ากับ 140.00 มก/ลิตร และในช่วงภาวะคงตัวถึงปฏิกิริยาแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงมีของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบเฉลี่ย 138.91 มก/ลิตรและถึงปฏิกิริยาแบบ 3 ห้องมีตะแกรงมีของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบเฉลี่ย 115.90 มก/ลิตร ซึ่งสังเกตได้ว่าการติดตั้งตะแกรงกั้นทำให้ของแข็งแขวนลอยหลุดออกจากระบบน้อย



(ก) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรง



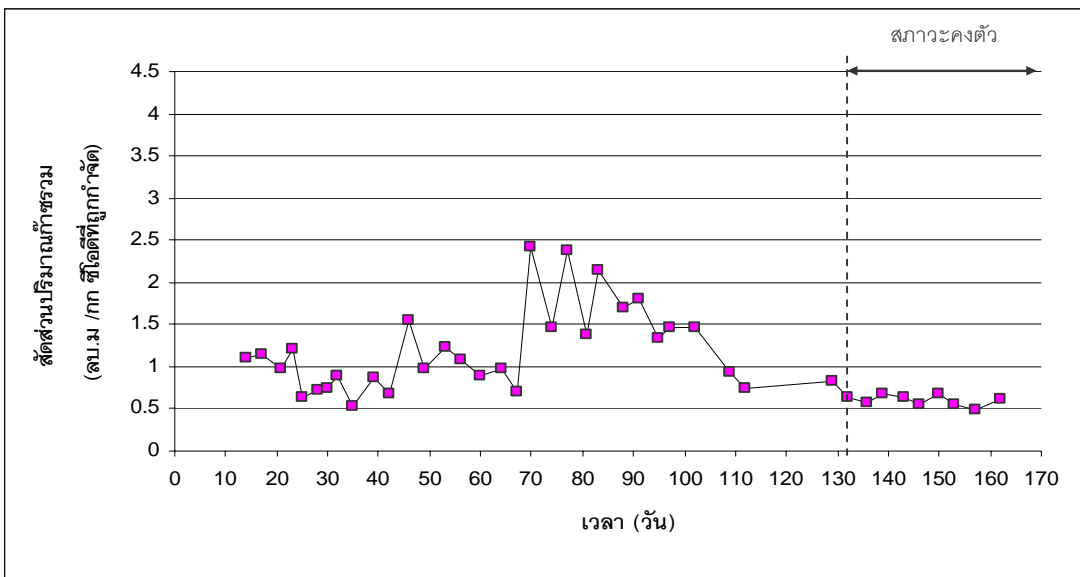
(ข) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.7 ของแข็งแขวนลอยกับอัตราการไหลในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ

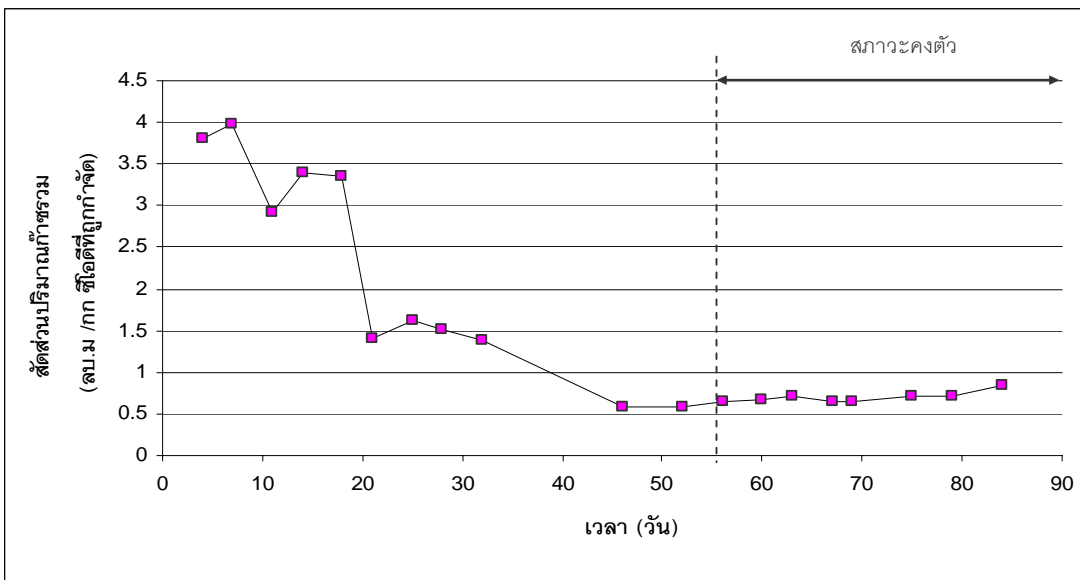
4.3.7 ปริมาณก๊าซรวมที่เกิดขึ้น

สัดส่วนปริมาณก๊าซรวม จากการทดลองถึงปฏิกิริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรงในวันแรกๆของการเริ่มต้นระบบจะมีสัดส่วนปริมาณก๊าซมากและลดลง แต่ถึงปฏิกิริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรงมีการเปิดถึงในวันที่ 64 ทำให้สัดส่วนปริมาณก๊าซเพิ่มสูงขึ้นและลดลงเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะคงตัวโดยมีสัดส่วนปริมาณก๊าซที่สภาวะคงตัวเฉลี่ย 0.60 ลบ.ม/กก ซีโอดีที่ถูกกำจัด ดังรูปที่ 4.8(ก) ส่วนถึงปฏิกิริยา 3 ห้องมีตะแกรงในวันแรกๆของการเดินระบบมีสัดส่วนปริมาณก๊าซมากและลดลง ดังรูปที่ 4.8(ข) โดยมีสัดส่วนปริมาณก๊าซที่ภาวะคงตัวเฉลี่ย 0.70 ลบ.ม/กก ซีโอดีที่ถูกกำจัด วึ่งจากการทดลองจะเห็นว่าในช่วงวันแรกๆ ของการเริ่มเดินระบบจะมีสัดส่วนปริมาณก๊าซสูง ซึ่งอาจเกิดจากก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์และไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาการสร้างกรดไขมันระเหย โดยในช่วงนี้จุลินทรีย์สร้างมีเทนยังใช้กรดไขมันระเหย ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์และไฮโดรเจนได้น้อย แต่เมื่อเวลาผ่านไปจุลินทรีย์สร้างมีเทนจะใช้กรดไขมันระเหย ไฮโดรเจนและคาร์บอน ไดออกไซด์สร้างก๊าซมีเทนได้มากขึ้น จึงทำให้สัดส่วนปริมาณก๊าซรวมลดลง

จากรูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีที่ถูกกำจัด ปริมาณก๊าซรวม และปริมาณก๊าซตามทฤษฎี (1 กก ซีโอดีเท่ากับปริมาณก๊าซมีเทน 0.35 ลบ.ม ที่ STP (Speece, 1996) และเท่ากับปริมาณก๊าซรวม 0.70 ลบ.ม ที่ STP หรือเท่ากับปริมาณก๊าซรวม 0.76 ลบ.ม ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศา เซลเซียส (ผนวก ค)) จะสังเกตได้ว่า ถึงปฏิกิริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรงในช่วงเริ่มต้นระบบจะเกิดก๊าซน้อยและค่อยๆเพิ่มขึ้นและในวันที่ 64 มีการเปิดฝาถึงปฏิกิริยาเนื่องจากการดันของท่อระบายน้ำออก ทำให้มีก๊าซออกซิเจนเข้าไปในระบบจึงเกิดก๊าซเพิ่มมากขึ้น เมื่อเข้าสู่ภาวะคงตัวก๊าซที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยกว่าปริมาณก๊าซทางทฤษฎีเล็กน้อย ส่วนถึงปฏิกิริยา 3 ห้องมีตะแกรง ช่วงเริ่มต้นระบบมีปริมาณก๊าซเกิดขึ้นมากกว่าปริมาณก๊าซทางทฤษฎีแต่เมื่อเข้าสู่ภาวะคงตัวก็เกิดก๊าซน้อยกว่าปริมาณก๊าซทางทฤษฎีเช่นเดียวกับถึงปฏิกิริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง และช่วงสภาวะคงตัวเมื่อเปรียบเทียบกับปฏิกิริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรงจะมีปริมาณก๊าซเฉลี่ย 44.65 ลิตร/วัน ค่าทางทฤษฎี (เฉลี่ย) เท่ากับ 55.07 ลิตร/วัน ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และถึงปฏิกิริยา 3 ห้องมีตะแกรงจะมีปริมาณก๊าซเฉลี่ย 50.12 ลิตร/วัน ค่าทางทฤษฎี (เฉลี่ย) เท่ากับ 54.90 ลิตร/วัน ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



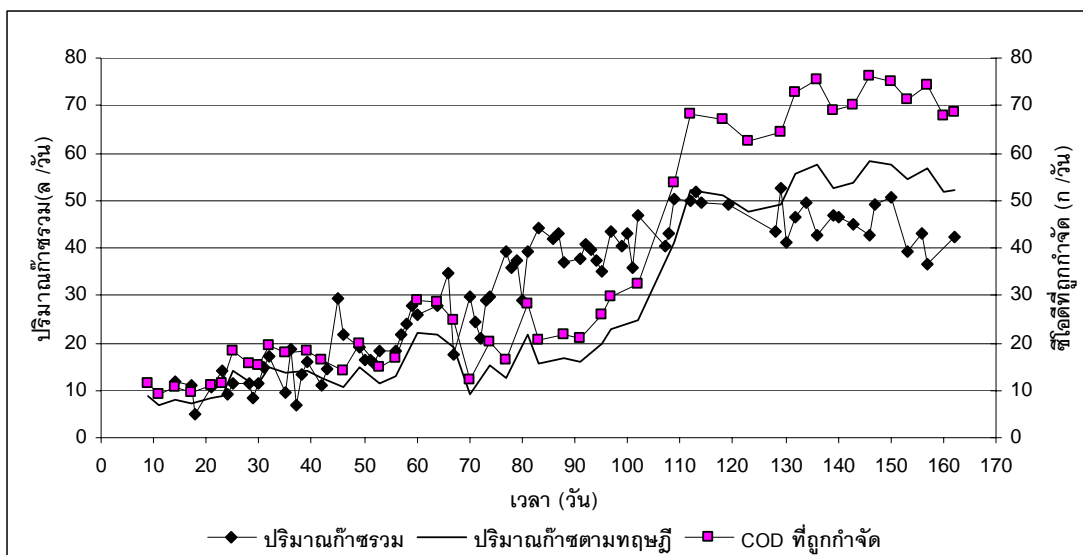
(ก) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรง



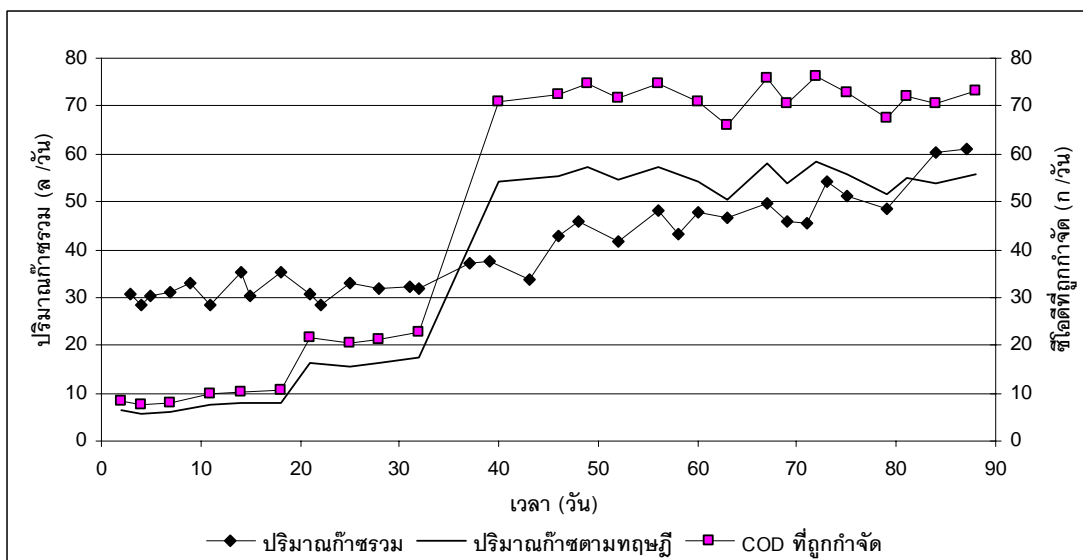
(ข) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง

3

รูปที่ 4.8 สัดส่วนปริมาณก๊าซในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ



(ก) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรง



(ข) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.9 ปริมาณก๊าซรวมกับซีโอดีที่ถูกลำเลียงในการทดลองช่วงเริ่มต้นระบบ

4.3.8 ระยะเวลาในการเข้าสู่ภาวะคงตัว

จากการทดลองจะสังเกตได้ว่า ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงจะใช้เวลาในการเริ่มต้นระบบทั้งสิ้น 132 วันซึ่งนานกว่าถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรงโดยใช้เวลา 56 วัน เนื่องจากปัจจัยในการหลุดออกของเชื้อจุลินทรีย์ในรูปของของแข็งแขวนลอยมากกว่าทำให้มีจุลินทรีย์สะสมตัวในระบบน้อยกว่า และทำให้เกิดการอุดตันที่ท่อระบายน้ำออก จึงจำเป็นต้องเปิด

ฝาดังปฏิบัติการเพื่อแก้ไขจึงส่งผลให้จุลินทรีย์สร้างมีเทนทำงานได้ไม่ดี และใช้เวลาในการปรับตัวนาน

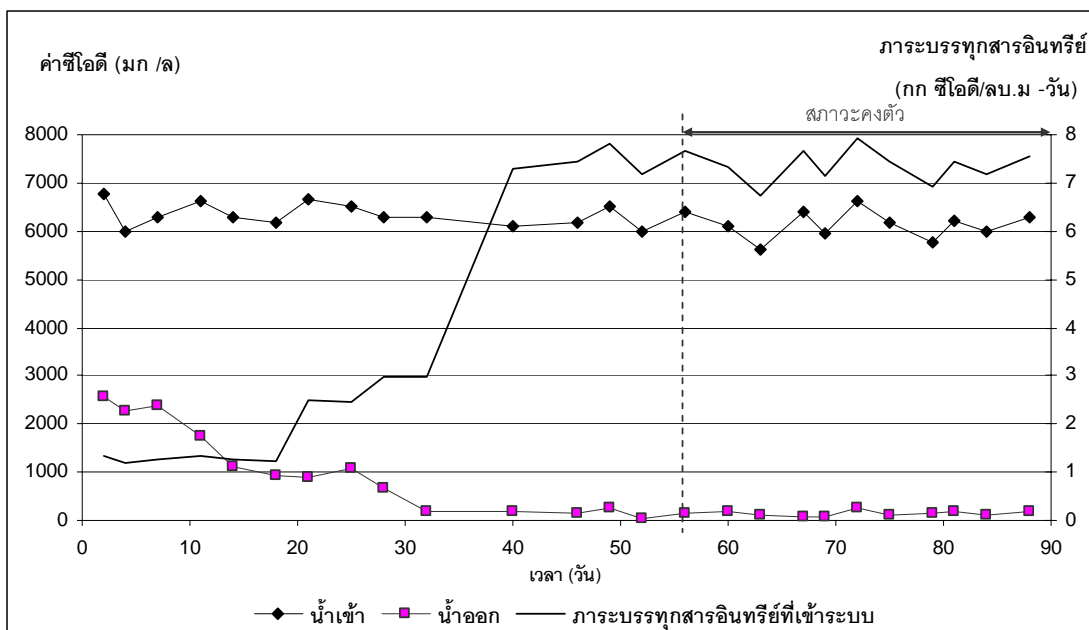
4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศที่ภาวะคงตัว

เป็นการทดลองในช่วงเดินระบบได้ทำการศึกษาแยกเป็น 2 ส่วน โดยผลการทดลองนี้เป็นผลการทดลองในส่วนแรกคือ การศึกษาผลของจำนวนห้องแบบ 3 ห้องกับแบบ 5 ห้องของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศต่อความสามารถในการบำบัดสารอินทรีย์ เป็นเวลา 30 วัน ซึ่งในการทดลองในช่วงนี้จะใช้รูปแบบถึงปฏิบัติการทดลองช่วงที่ 1 ที่ใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นเดินระบบที่สั้นกว่าคือ ระบบที่มีตะแกรงกั้นที่ปลายช่องไหลขึ้น มาใช้ในการทดลอง

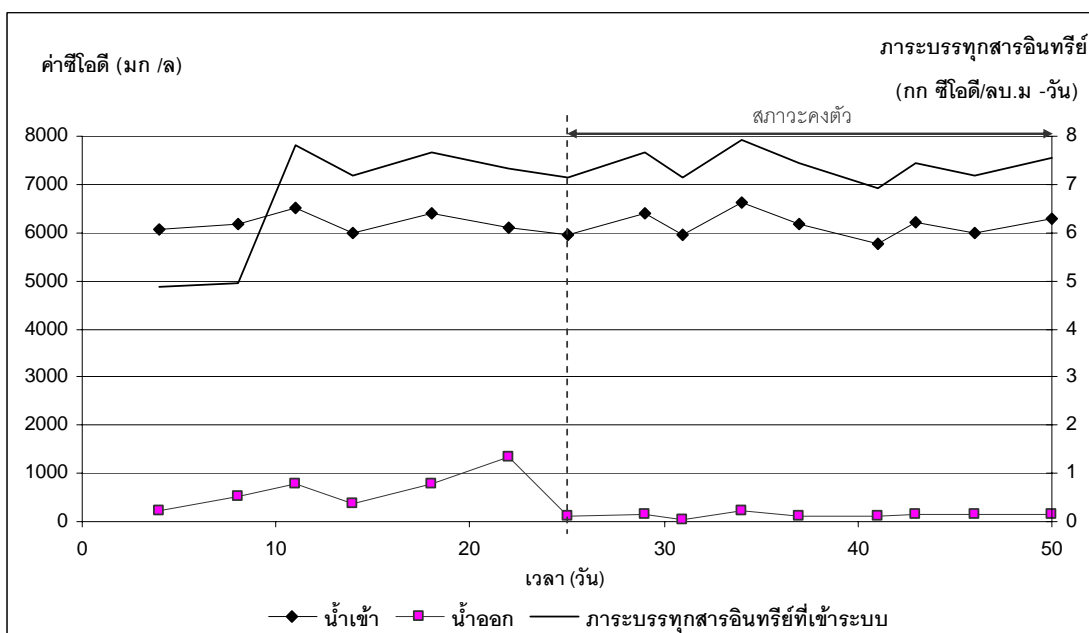
การพิจารณาถึงประสิทธิภาพของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศแบบ 3 ห้องมีตะแกรงและแบบ 5 ห้องมีตะแกรงต่อการบำบัดสารอินทรีย์ และพิจารณาพารามิเตอร์อื่นๆประกอบด้วย ซึ่งมีผลการทดลองเป็นดังนี้

4.4.1 ซีไอดีและประสิทธิภาพการกำจัด

จากรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าถึงปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงใช้เวลาในการเข้าสู่ภาวะคงตัว 56 วัน และถึงปฏิบัติการแบบ 5 ห้องมีตะแกรงใช้เวลา 25 วัน ซึ่งได้แสดงผลซีไอดีและประสิทธิภาพการกำจัดในช่วงภาวะคงตัว ดังรูปที่ 4.11 โดยถึงปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงมีค่าซีไอดีเฉลี่ยที่ 153.20 มก/ลิตร และมีประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยที่ 97.52% ส่วนถึงปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรงมีค่าซีไอดีเฉลี่ยที่ 125.85 มก/ลิตร และมีประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยที่ 97.98% ซึ่งจะเห็นว่าระบบทั้ง 2 มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีใกล้เคียงกันมากและได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดดังรูปที่ 4.12

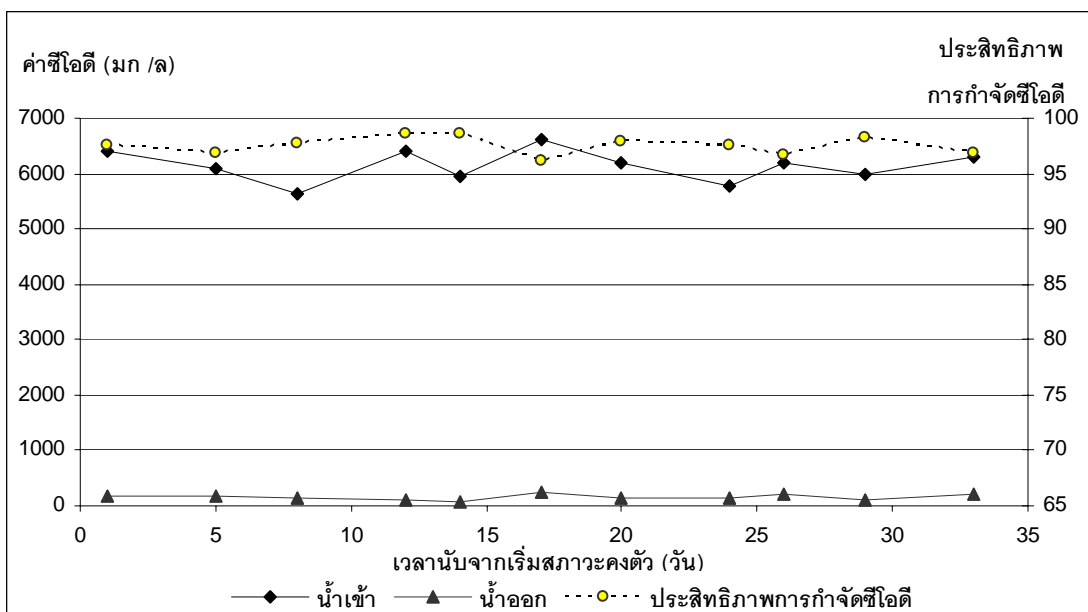


(ก) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง

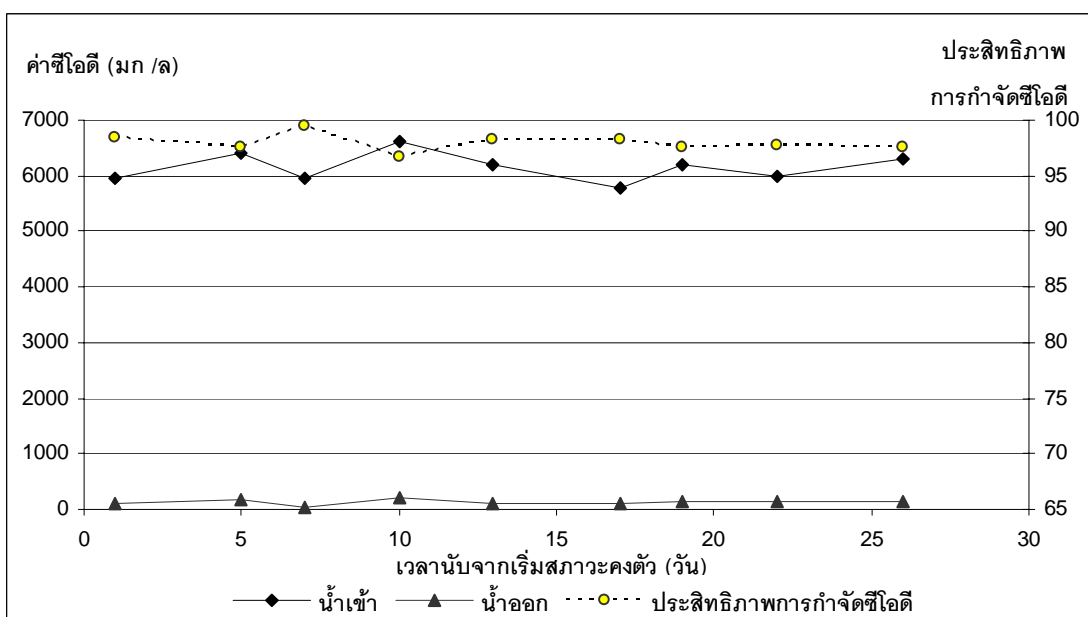


(ข) ถึงปฏิบัติการแบบ 5 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.10 ค่าซีไอดีกับภาวะบรรทุทุกสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง

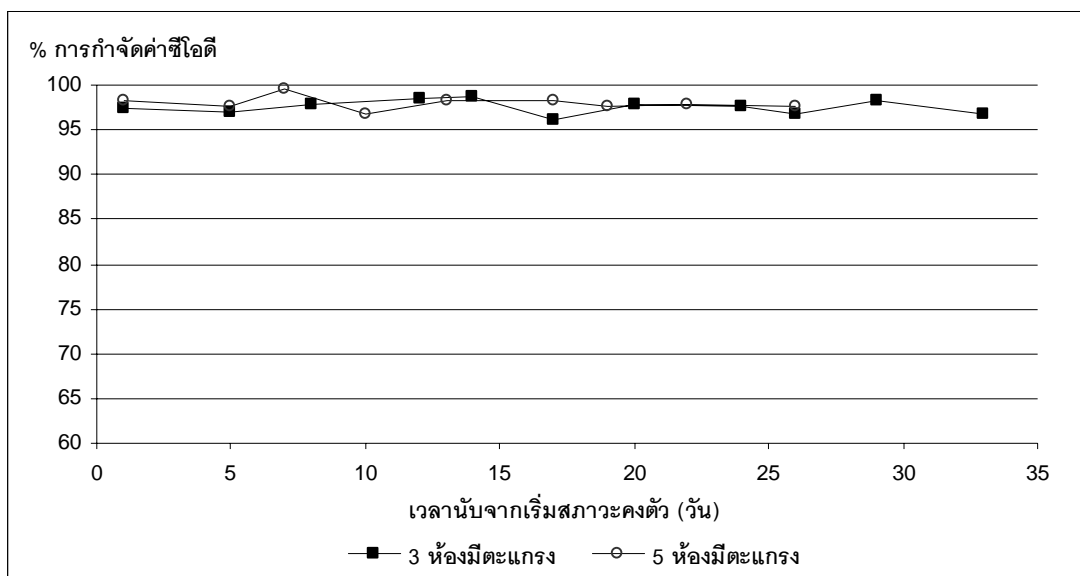


(ก) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง



(ข) ถึงปฏิบัติการแบบ 5 ห้องมีตะแกรง

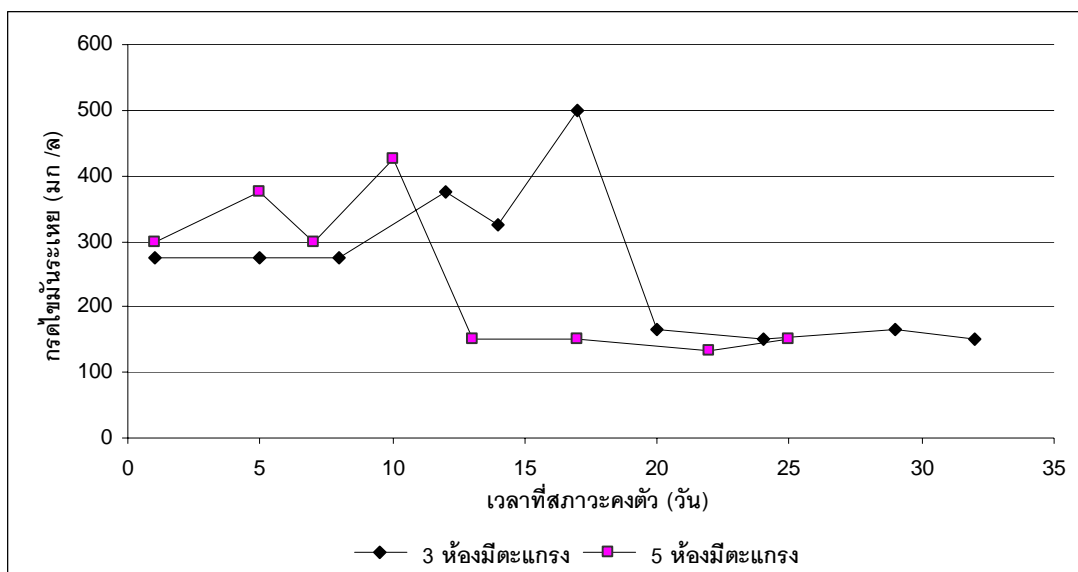
รูปที่ 4.11 ค่าซีไอดีกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ในการทดลองช่วงภาวะคงตัว



รูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีในการทดลองช่วงภาวะคงตัว

4.4.2 กรดไขมันระเหย

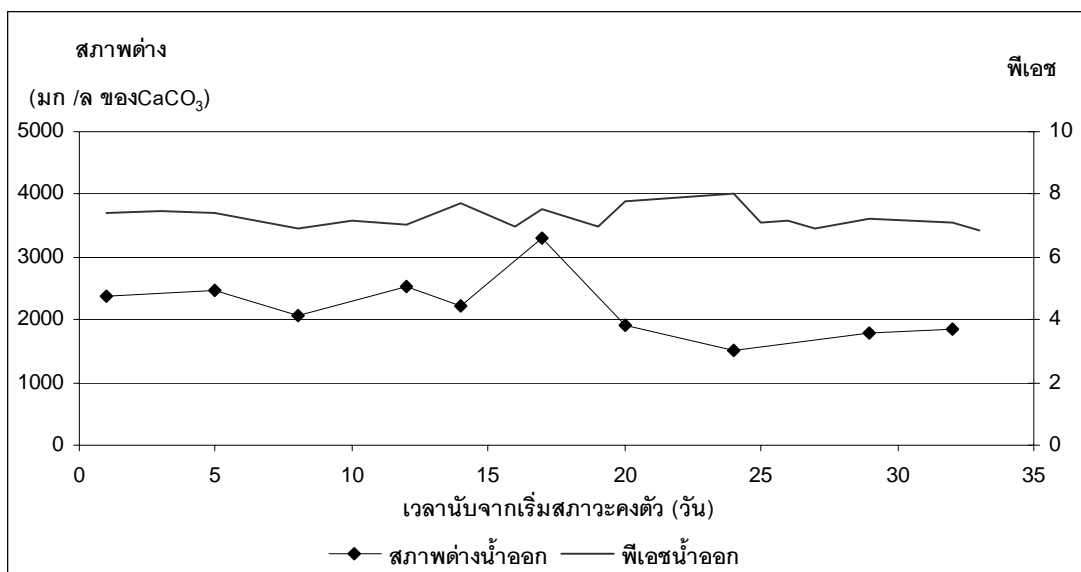
ในกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ จะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ที่ จุลินทรีย์ไม่สามารถใช้ได้ ให้กลายเป็นกรดไขมันระเหยซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการสร้าง ก๊าซมีเทนได้ ระบบที่ทำงานได้ดีจะมีการใช้กรดไขมันระเหยในการสร้างก๊าซมีเทนได้สูงจึงมีการ ตกค้างของกรดไขมันระเหยต่ำ และหากในระบบมีค่ากรดไขมันระเหยสูงจะส่งผลถึงค่าพีเอชใน ระบบด้วย โดยค่ากรดไขมันระเหยไม่ควรมีค่าเกิน 2,000 มก/ลิตร และมีค่ากรดไขมันอยู่ในช่วง 200 – 400 มก/ลิตร จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าระบบทำงานได้ดี (มันลิน ตัณฑุลเวศน์, 2542) โดยในการทดลอง ช่วงภาวะคงตัวถึงปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงมีค่ากรดไขมันระเหยออกจากระบบเฉลี่ย 256.83 มก/ ลิตร และถึงปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรงมีค่ากรดไขมันระเหยออกจากระบบเฉลี่ย 247.92 มก/ลิตร ดัง รูปที่ 4.13 ซึ่งค่ากรดไขมันทั้งสองระบบอยู่ในช่วง 200 – 400 มก/ลิตร เป็นช่วงที่ระบบทำงานได้ดี



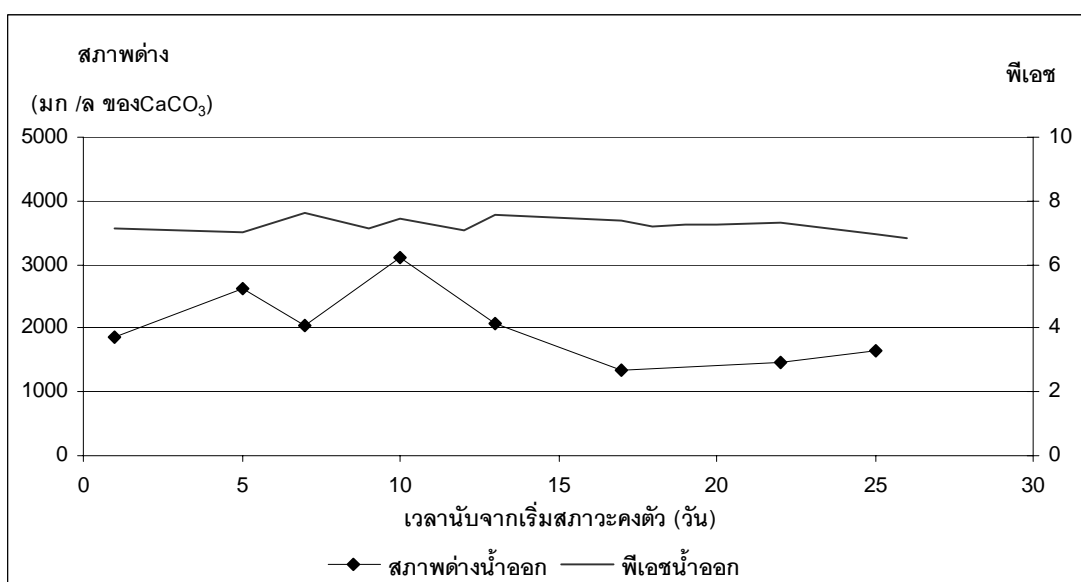
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบกรดไขมันระเหยของถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรงกับถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรงที่ภาวะคงตัว

4.4.3 สภาพด่างและพีเอช

ในระบบบำบัดแบบไร้อากาศ มีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมค่าพีเอชในระบบให้มีค่าเป็นกลางคืออยู่ในช่วง 6.6 - 7.6 ในการทดลองนี้ได้เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อเป็นการเพิ่ม pH ของน้ำและปรับพีเอชให้เป็นกลาง ซึ่งสภาพด่างที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดแบบไร้อากาศนี้อยู่ในช่วง 1,500 – 2,000 มก/ลิตร ของแคลเซียมคาร์บอเนต (มันลิน ตันจุลเวศน์, 2542) สภาพด่างนี้จะช่วยในควบคุมค่าพีเอชไม่ให้เกิดการลดลงอย่างกระทันหัน ซึ่งต้องควบคุมคู่กับค่ากรดไขมันระเหย จากผลการทดลองช่วงภาวะคงตัวจะเห็นว่าทั้ง 2 ระบบ มีสภาพด่างและค่าพีเอชอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ดังรูปที่ 4.14 ซึ่งถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรงมีค่าสภาพด่างเฉลี่ย 2,208.33 มก/ลิตร ของแคลเซียมคาร์บอเนต และพีเอช 7.27 ส่วนถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรงมีค่าสภาพด่างเฉลี่ย 2,018.75 มก/ลิตร ของแคลเซียมคาร์บอเนต และพีเอช 7.22



(ก) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง



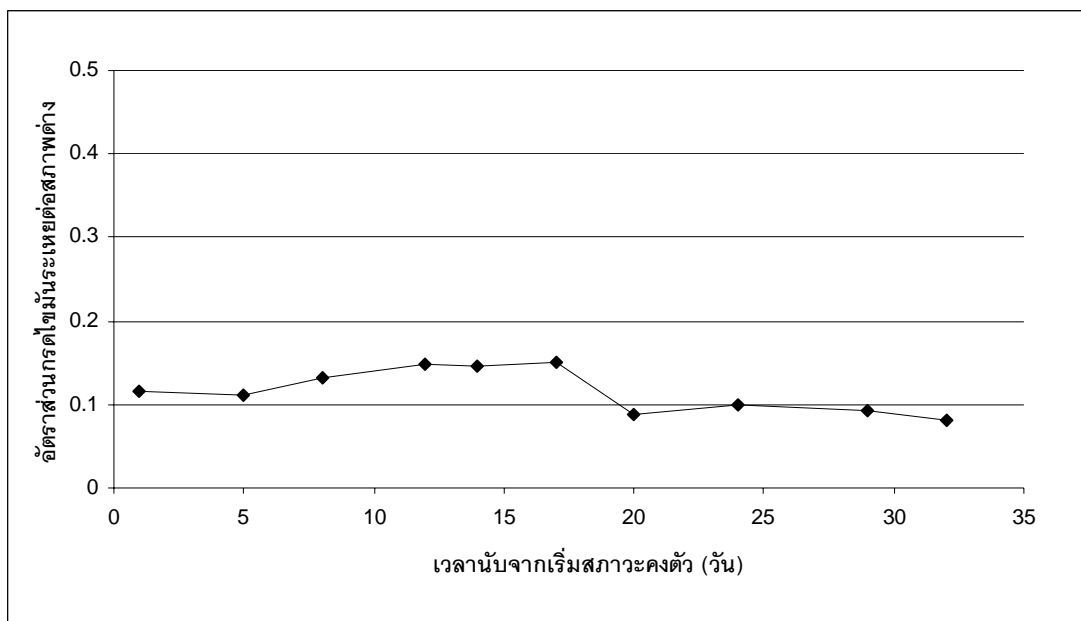
(ข) ถึงปฏิบัติการแบบ 5 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.14 สภาพต่างกับพีเอชในการทดลองช่วงภาวะคงตัว

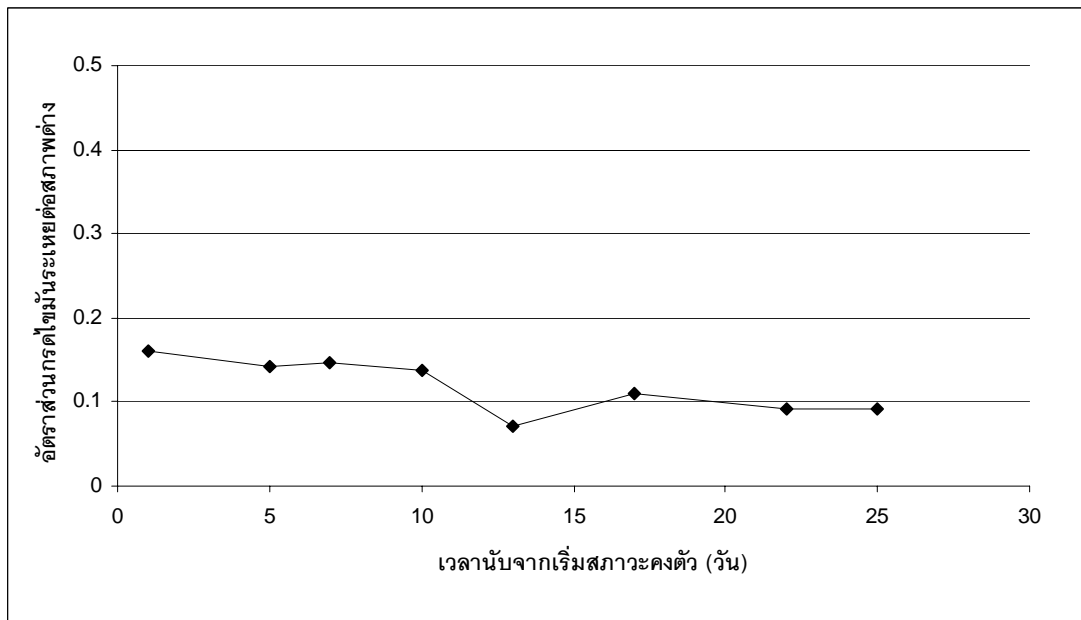
4.4.4 อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่าง

อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างควรมีค่าน้อยกว่า 0.4 ซึ่งถือว่าระบบสามารถทำงานได้ดี และควรควบคุมระบบไม่ให้มีอัตราส่วนมากกว่า 0.8 โดยในการทดลองนี้ จะเห็นว่าที่สภาวะคงตัวของระบบทั้ง 2 มีอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างมีค่าต่ำกว่า 0.4 ซึ่งเป็นสิ่งที่บอกว่าระบบทำงานได้ดี ดังรูปที่ 4.15 ซึ่งอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างที่

ภาวะคงตัวของถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรงมีค่าเฉลี่ย 0.116 และถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรงมีค่าเฉลี่ย 0.119



(ก) ถังปฏิกริยาแบบ 3 ห้องมีตะแกรง

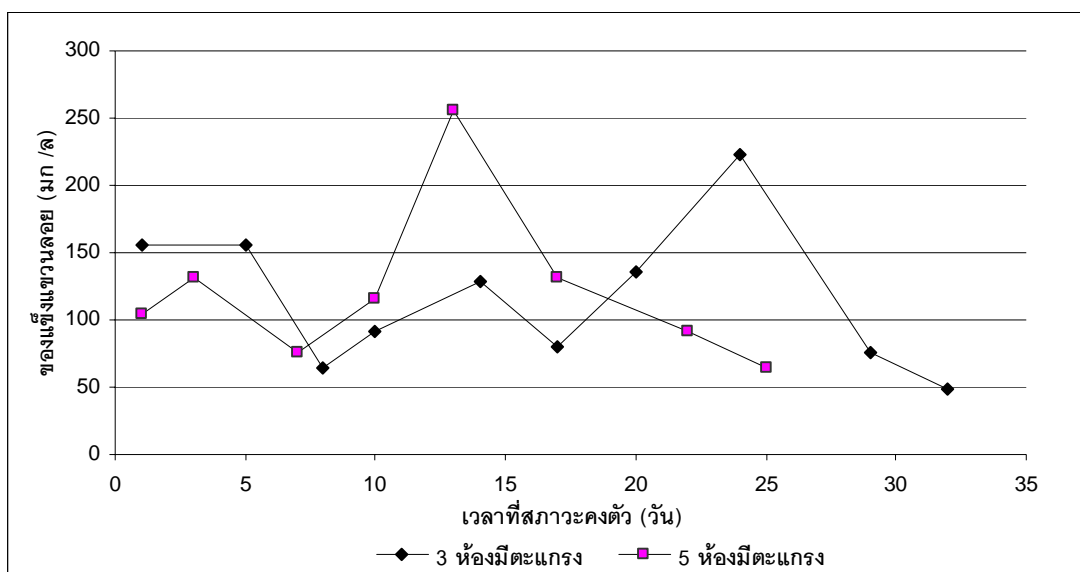


(ข) ถังปฏิกริยาแบบ 5 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.15 อัตราการส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างในการทดลองช่วงสภาวะคงตัว

4.4.5 ของแข็งแขวนลอย

จากรูปที่ 4.16 ของแข็งแขวนลอยจะเห็นว่าทั้งถังปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรงและถังปฏิบัติการแบบ 5 ห้องมีตะแกรงนั้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอยหลุดออกจากระบบพอกๆกันในช่วงสภาวะคงตัว โดยถังปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรงมีปริมาณของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบในช่วงสภาวะคงตัวเฉลี่ย 115.90 มก/ลิตร และถังปฏิบัติการแบบ 5 ห้องมีตะแกรงมีปริมาณของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบในช่วงสภาวะคงตัวเฉลี่ย 121.45 มก/ลิตร



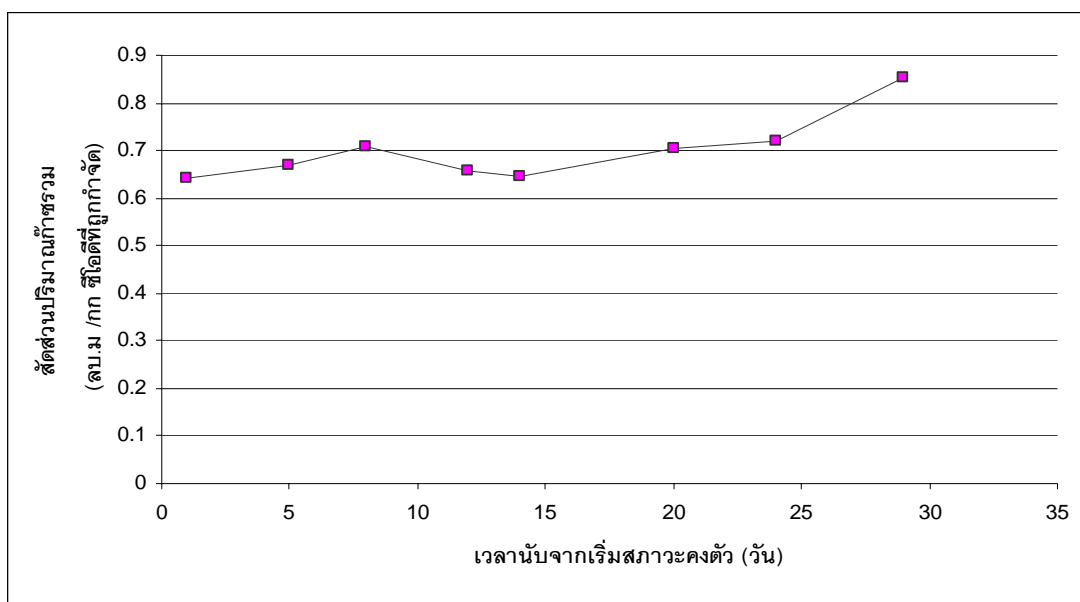
รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบของแข็งแขวนลอยของถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงกับถังปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรงช่วงสภาวะคงตัว

4.4.6 ปริมาณก๊าซรวมที่เกิดขึ้น

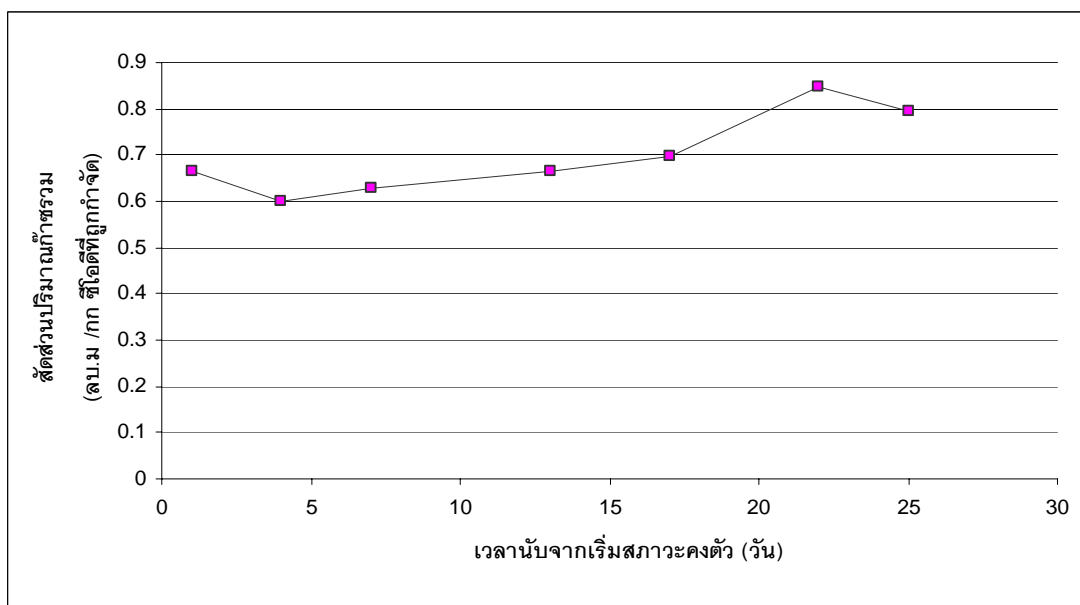
สัดส่วนปริมาณก๊าซรวมช่วงสภาวะคงตัวของระบบทั้ง 2 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงมีสัดส่วนปริมาณก๊าซเฉลี่ย 0.7004 ลบ.ม/กก ซีไอดีที่ถูกกำจัด และถังปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรงมีสัดส่วนปริมาณก๊าซเฉลี่ย 0.7000 ลบ.ม/กก ซีไอดีที่ถูกกำจัด ดังรูปที่ 4.17 ระบบไร้อากาศที่ดีควรมีสัดส่วนปริมาณก๊าซรวมที่ 0.76 ลบ.ม/กก ซีไอดีที่ย่อยสลาย ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Speece, 1996) ซึ่งทั้ง 2 ระบบมีค่าใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎี

จากรูปที่ 4.18 แสดงปริมาณก๊าซรวมกับซีไอดีที่ถูกกำจัดในช่วงสภาวะคงตัวจะสังเกตได้ว่า ถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงมีปริมาณก๊าซรวมเฉลี่ย 50.12 ลิตร/วันและมีซีไอดีที่ถูกกำจัด 71.85 กรัม/วัน และถังปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรงมีปริมาณก๊าซรวมเฉลี่ย 49.70 ลิตร/วันและมี

ซีไอคี่ที่ถูกกำจัด 71.61 กรัม/วัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และถึงปฏิบัติการทั้ง 2 ถึงมีปริมาณก๊าซใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎี โดยถึงปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงมีปริมาณก๊าซทางทฤษฎี (เฉลี่ย) เท่ากับ 54.90 ลิตร/วัน ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และถึงปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรงมีปริมาณก๊าซทางทฤษฎี (เฉลี่ย) เท่ากับ 55.27 ลิตร/วัน ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ผนวก ข-3)

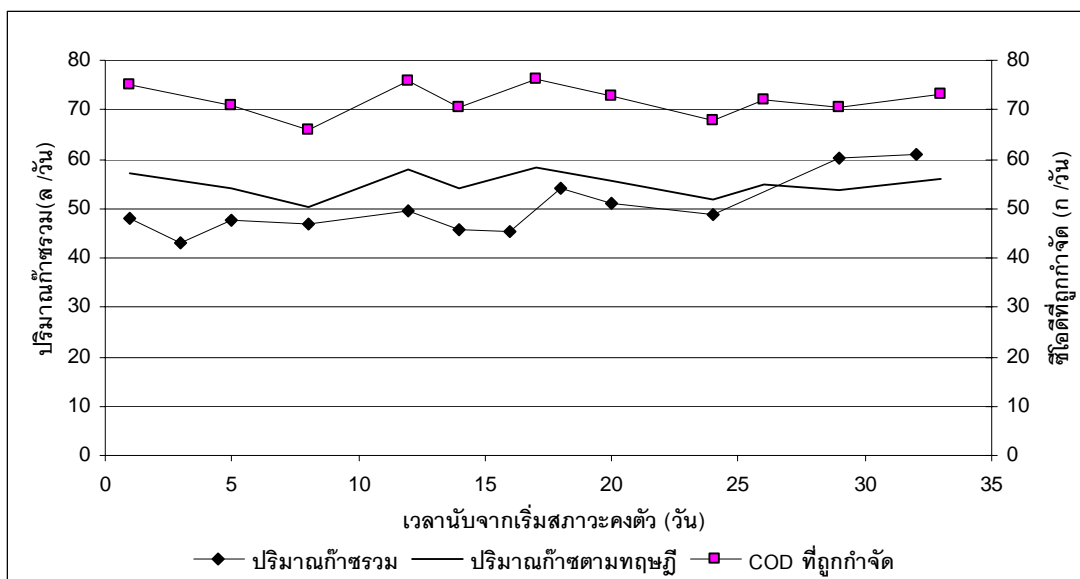


(ก) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง

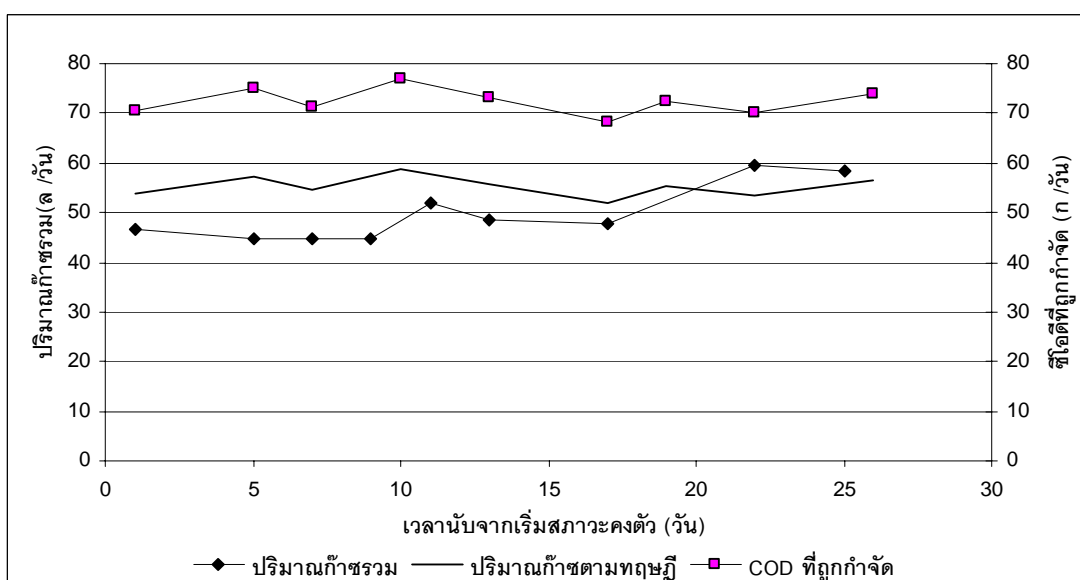


(ข) ถึงปฏิบัติการแบบ 5 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.17 สัดส่วนปริมาณก๊าซรวมกับซีไอคี่ที่ถูกกำจัดในการทดลองช่วงสภาวะคงตัว



(ก) ถึงปฏิบัติการแบบ 3 ห้องมีตะแกรง



(ข) ถึงปฏิบัติการแบบ 5 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.18 ปริมาณก๊าซรวมกับซีโอดีที่ถูกรักษาในการทดลองช่วงสภาวะคงตัว

เมื่อพิจารณาที่องค์ประกอบของก๊าซจะเห็นว่า เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน ณ วันที่ 178 ของถึงปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง 52.7% และเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน ณ วันที่ 140 ของถึงปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรง 38.5% จะเห็นว่ามีเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนน้อย เนื่องจากระบบทั้ง 2 หยุดเดินระบบเป็นเวลา 1 เดือนโดยถึงปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงหยุดเดินระบบตั้งแต่วันที่ 88 – 120 และถึงปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรงหยุดเดินระบบตั้งแต่วันที่ 50 – 82 แล้วทำการเดินระบบใหม่ ซึ่งระบบไร้อากาศที่ทำงานได้ดีจะมีเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนอยู่ที่ 60-70% (มันสิน ตันทุลเวศน์, 2542) เมื่อ

เปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจะเห็นว่าทั้ง 2 ระบบมีเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนน้อยกว่า ซึ่งอาจจะเกิดจากเมื่อเดินระบบใหม่ทำได้ไม่ดี

4.5 ผลการศึกษาค่าและสภาพตัวแปรต่างๆ ที่สำคัญในแต่ละห้องของระบบแผ่นกั้นที่เวลาต่างๆ

เป็นการทดลองช่วงที่ 2 โดยแยกการทดลองเป็น 2 ส่วน ซึ่งส่วนนี้เป็นการทดลองในส่วนที่ 2 จะศึกษาตัวแปรต่างๆ ภายในห้องของถังปฏิกิริยาเพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของระบบในช่วงสภาวะคงตัว โดยได้พิจารณาตัวแปรดังต่อไปนี้

4.5.1 ซีไอดีและประสิทธิภาพการกำจัด

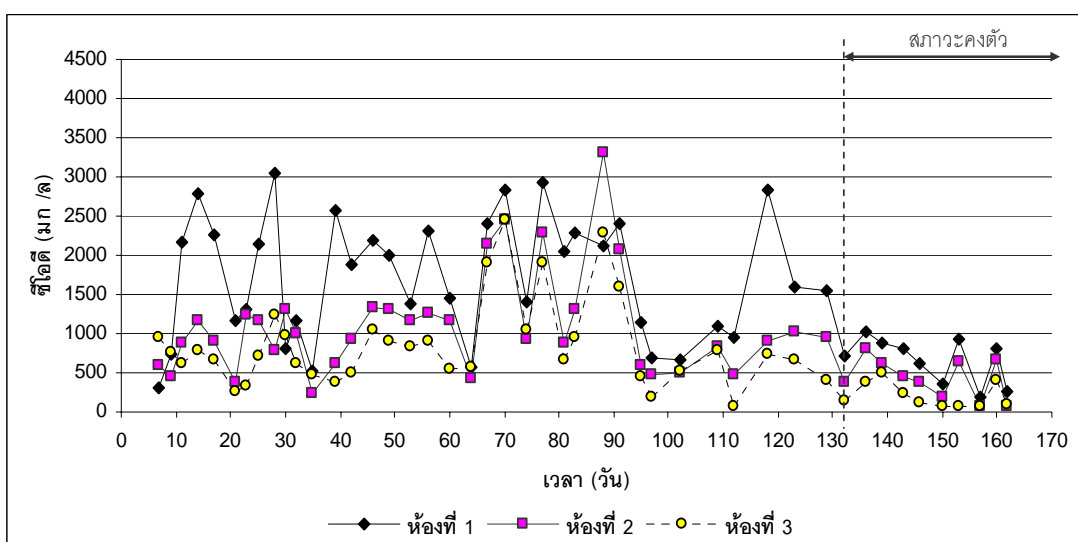
ซีไอดีเป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของระบบซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำงานได้ดีจะมีประสิทธิภาพในการลดค่าซีไอดีได้สูง โดยค่าซีไอดีจะลดลงได้เมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทน จากการทดลองถังปฏิกิริยาทั้ง 3 ระบบซีไอดีมีแนวโน้มลดลงจากห้องแรกไปห้องสุดท้าย ดังตารางที่ 4.3 โดยในห้องที่ 1 มีซีไอดีมากที่สุด เนื่องจากมีกรดไขมันระเหยเกิดขึ้นมากและจุลินทรีย์ผลิตมีเทนใช้กรดไขมันระเหยไม่หมด จึงทำให้ค่าซีไอดีเหลือไปยังห้องถัดไปมาก แต่เมื่อเข้าสู่สภาวะคงตัวซีไอดีก็จะลดลง และค่าซีไอดีในห้องที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ให้กับระบบ และเมื่อเปรียบเทียบกับถังปฏิกิริยาทั้ง 3 ระบบจะเห็นว่าถังปฏิกิริยา 3 ห้องมีตะแกรง มีความคงตัวที่สุดในช่วงสภาวะคงตัว โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของห้องที่ 1 ถึงห้องที่ 3 ในช่วงสภาวะคงตัวเท่ากับ 159.29, 92.66, และ 95.54 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยช่วงสภาวะคงตัวเท่ากับ 321.53, 170.04, และ 143.11 ตามลำดับ ถังปฏิกิริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรงมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของห้องที่ 1 ถึงห้องที่ 3 ในช่วงสภาวะคงตัวเท่ากับ 277.82, 246.43, และ 147.93 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยช่วงสภาวะคงตัว เท่ากับ 659.31, 430.95, และ 210.42 ตามลำดับ และถังปฏิกิริยา 5 ห้องมีตะแกรงมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของห้องที่ 1 ถึงห้องที่ 5 ในช่วงสภาวะคงตัวเท่ากับ 444.30, 278.58, 204.26, 100.69, และ 62.21 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยช่วงสภาวะคงตัว เท่ากับ 554.00, 295.72, 215.31, 185.97, และ 121.62 ตามลำดับ ส่วนถังปฏิกิริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง มีค่าซีไอดีแปรปรวนมากในช่วงเริ่มต้นเดินระบบ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของห้องที่ 1 ถึงห้องที่ 3 เท่ากับ 774.45, 642.83, และ 544.44 ตามลำดับ และถังปฏิกิริยา 5 ห้องมีตะแกรงเมื่อเข้าสู่สภาวะคงตัวระบบสามารถลดค่าซีไอดีได้ใกล้เคียงกับถังปฏิกิริยา 3 ห้องมีตะแกรง ดังรูปที่ 4.19

จากผลการทดลองเมื่อนำมาวิเคราะห์ซีไอดีแยกเป็นห้องๆ พบว่าที่สภาวะคงตัวถังปฏิกิริยาทั้ง 3 ระบบสามารถลดซีไอดีในห้องที่ 3 ลงมาได้ใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 4.20 โดยถังปฏิกิริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรงมีค่าซีไอดีเฉลี่ยในห้องที่ 3 เท่ากับ 210.42 มก/ลิตร ถังปฏิกิริยา 3 ห้องมีตะแกรงมีค่าซีไอดีเฉลี่ยในห้องที่ 3 เท่ากับ 143.10 มก/ลิตร และถังปฏิกิริยา 5 ห้องมีตะแกรงมีค่าซีไอดีเฉลี่ย

ในห้องที่ 3 เท่ากับ 215.31 มก/ลิตร ซึ่งในถังปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรงในห้องที่ 4 และห้องที่ 5 ซีโอดีเปลี่ยนแปลงน้อย เนื่องจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ถูกใช้ไปจนเหลือน้อย ตั้งแต่ในห้องที่ 3 ของระบบ

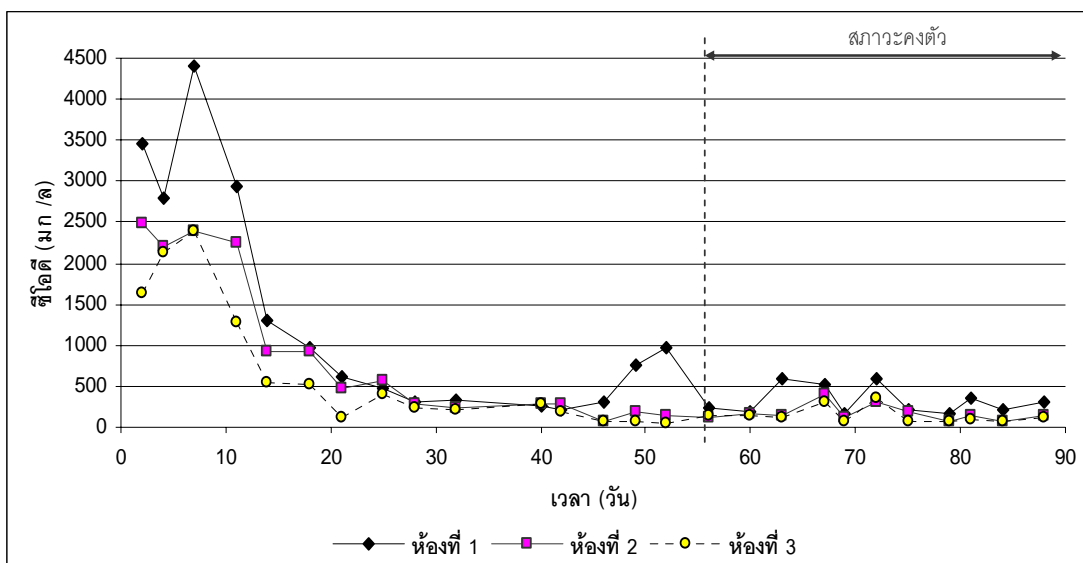
ตารางที่ 4.3 ค่าซีโอดีในช่วงภาวะคงตัวของถัง 3 ถึงปฏิบัติการ

ถังปฏิบัติการ	ค่าซีโอดีเฉลี่ยช่วงภาวะคงตัว (มก/ลิตร)				
	ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4	ห้องที่ 5
3 ห้องไม่มีตะแกรง	659.31	430.95	210.42	-	-
3 ห้องมีตะแกรง	321.53	170.04	143.11	-	-
5 ห้องมีตะแกรง	554.00	295.72	215.31	185.95	121.62

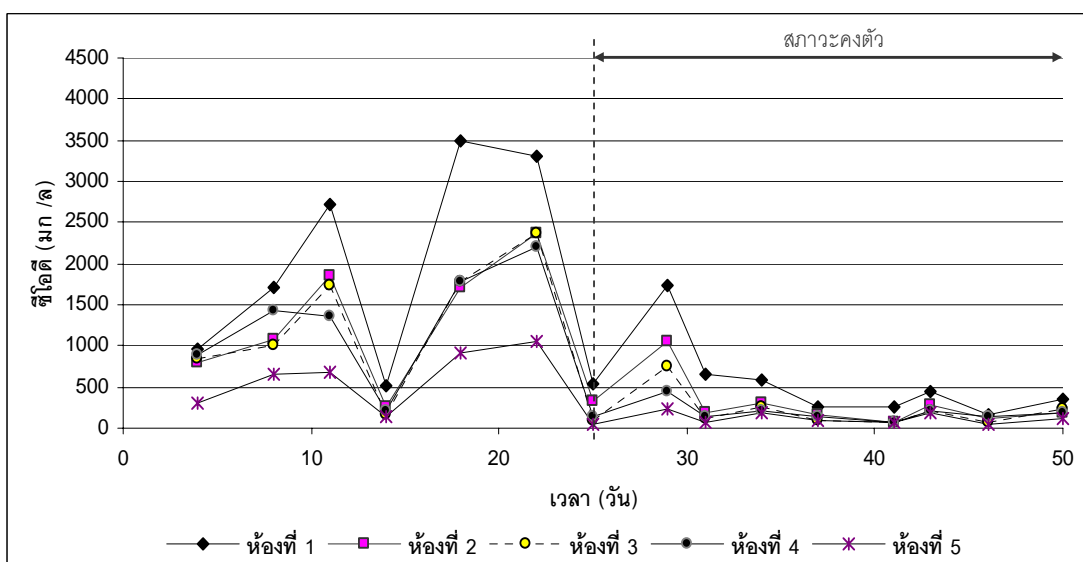


(ก) ถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง

รูปที่ 4.19 ซีโอดีตลอดการทดลองโดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการ

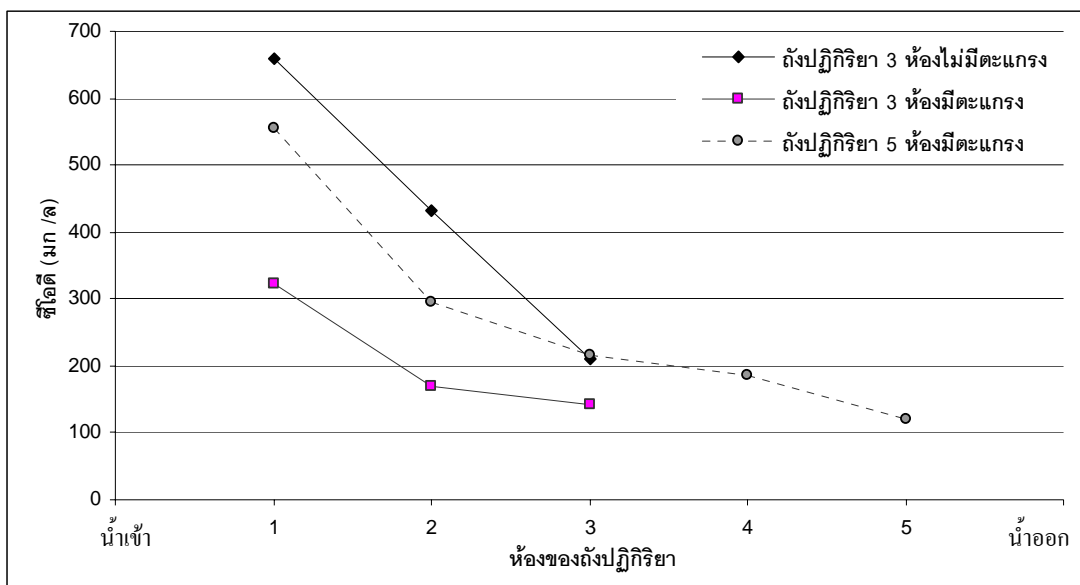


(ข) ถังปฏิบัติการยา 3 ห้องมีตะแกรง



(ค) ถังปฏิบัติการยา 5 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.19 ซีไอดีตลอดการทดลองโดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการยา (ต่อ)



รูปที่ 4.20 ซีโอดีเฉลี่ยแยกเป็นห้องๆ ช่วงคงตัวของถังปฏิกริยาทั้ง 3 ระบบ

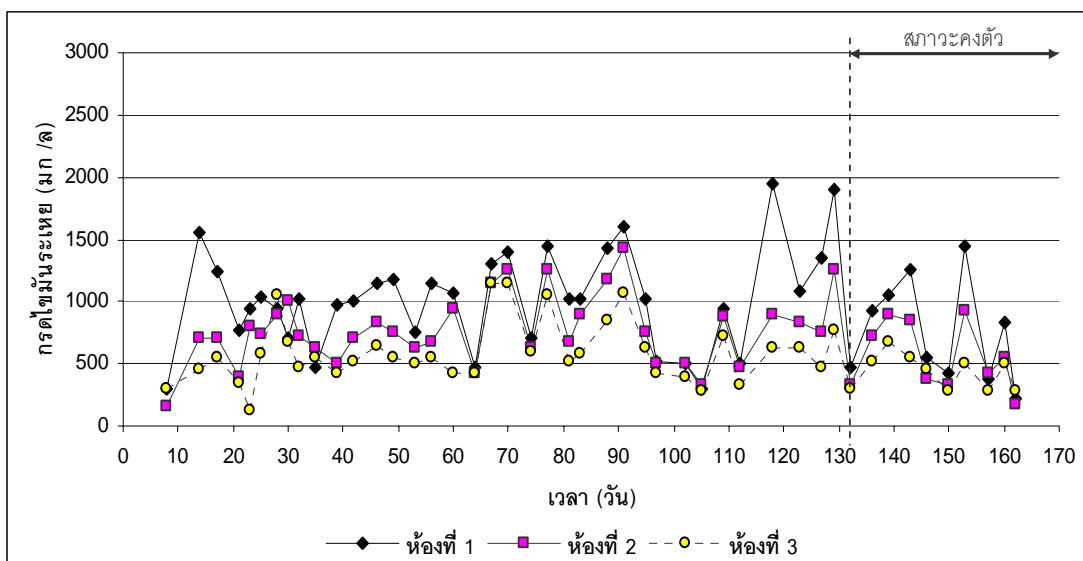
4.5.2 กรดไขมันระเหย

จากการทดลอง ดังรูปที่ 4.21 ถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรง ถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรงและถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรงมีการสร้างกรดในห้องแรกของถังปฏิกริยา และกรดไขมันระเหยมีแนวโน้มลดลงจากห้องแรกไปยังห้องสุดท้าย ดังตารางที่ 4.4

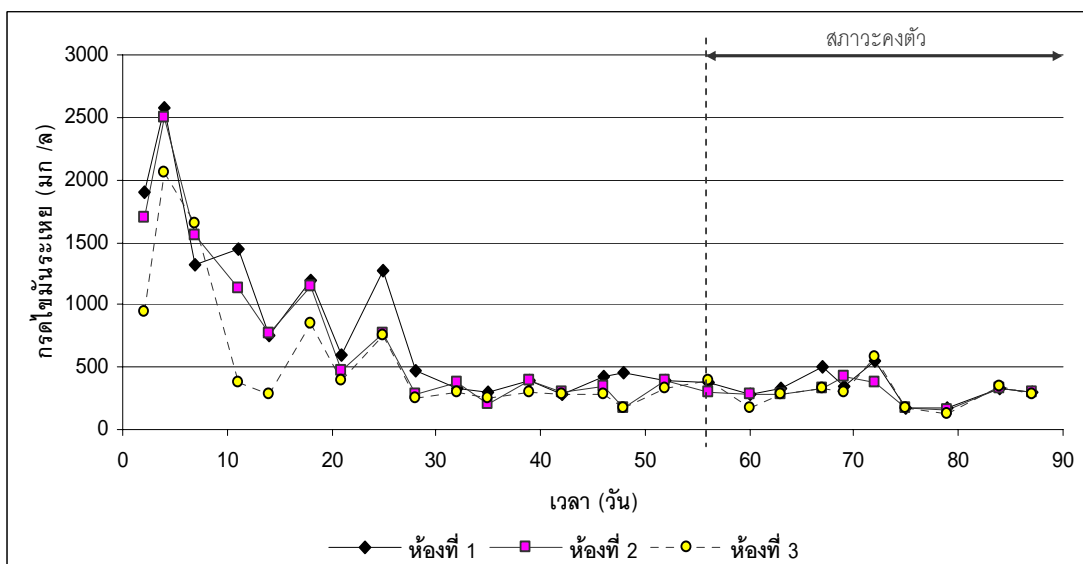
ตารางที่ 4.4 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยเฉลี่ยในแต่ละห้องช่วงภาวะคงตัว

ถังปฏิกริยา	กรดไขมันระเหยเฉลี่ย (มก/ลิตร)				
	ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4	ห้องที่ 5
3 ห้องไม่มีตะแกรง	755.00	557.50	432.50	-	-
3 ห้องมีตะแกรง	333.33	291.67	296.63	-	-
5 ห้องมีตะแกรง	500.00	406.25	340.62	355.21	279.17

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าถังปฏิกริยา 3 ห้องและ 5 ห้องมีตะแกรงสามารถลดความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้มากตั้งแต่ในห้องแรกที่สภาวะคงตัว ส่วนถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรงในห้องแรกมีความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยมากโดยมีค่า 755.00 มก/ลิตร ซึ่งมากกว่าถังปฏิกริยา 3 ห้องและ 5 ห้องมีตะแกรง และกรดไขมันระเหยค่อยๆ ลดลงไปจนถึงห้องสุดท้ายแต่ยังมีกรดไขมันระเหยมากกว่าในห้องสุดท้ายของถังปฏิกริยา 3 ห้องและ 5 ห้องมีตะแกรง

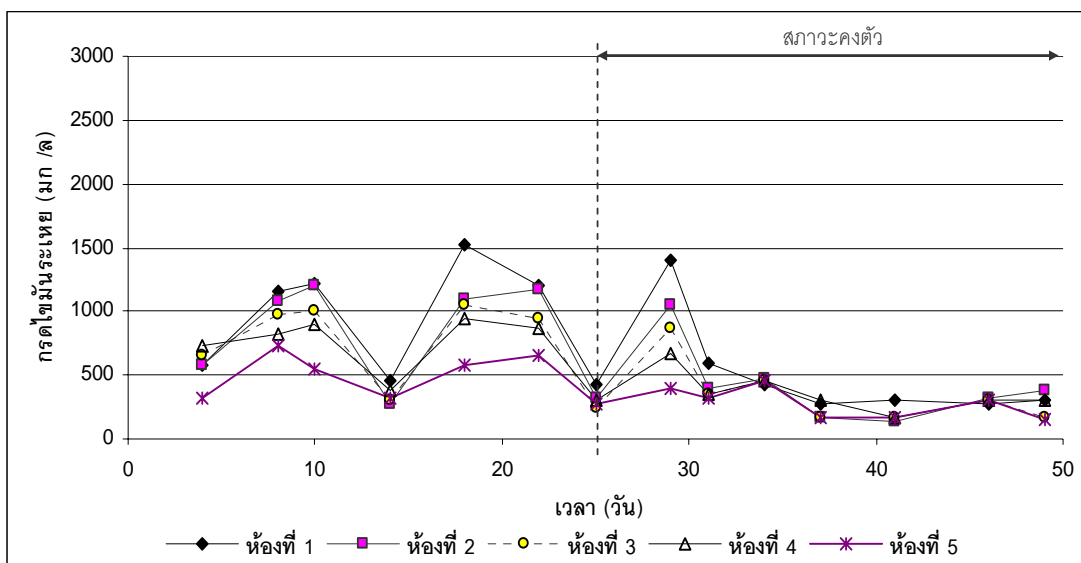


(ก) ถึงปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง



(ข) ถึงปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.21 กรดไขมันระเหยตลอดการทดลองโดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถึงปฏิบัติการ

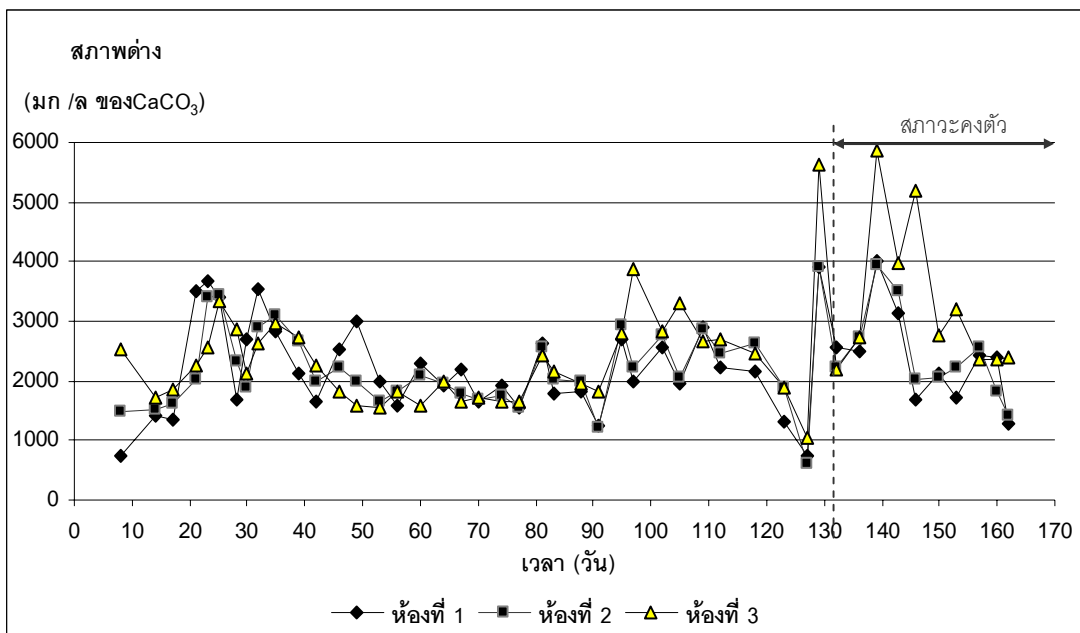


(ค) ถังปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรง

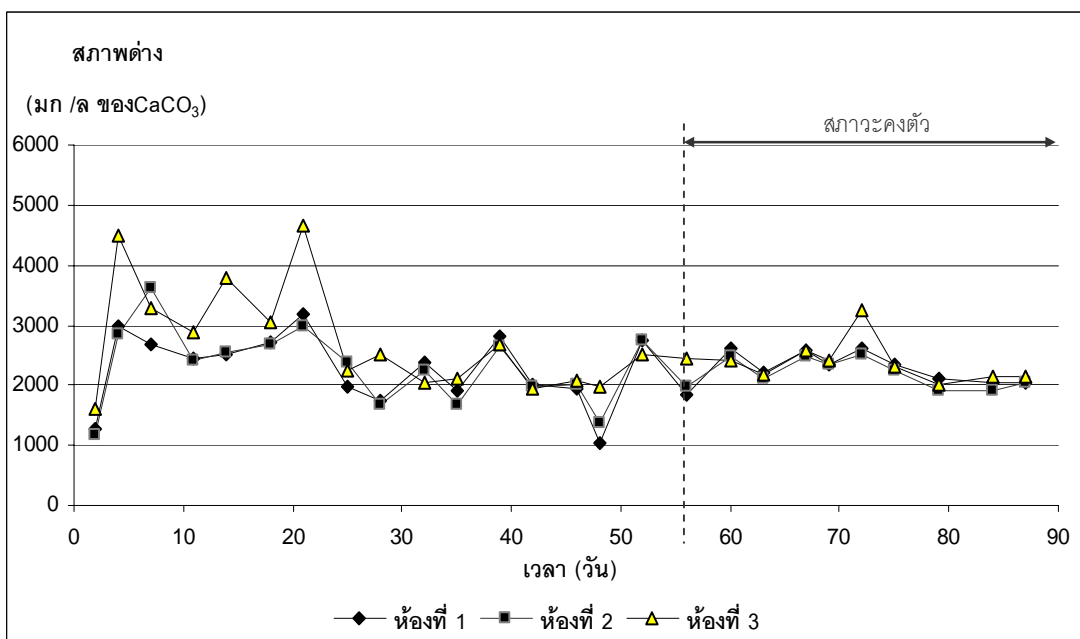
รูปที่ 4.21 กรดไขมันระเหยตลอดการทดลองโดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการ (ต่อ)

4.5.3 สภาพต่าง

สภาพต่างของถังปฏิบัติการทั้ง 3 ระบบในห้องแรกจะมีค่าน้อย เนื่องจากกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นมากในห้องนี้ทำให้สภาพต่างที่ถูกใช้เป็นบัฟเฟอร์มากตามไปด้วยส่งผลให้มีค่าสภาพต่างน้อยและจะเพิ่มขึ้นตามกรดไขมันระเหยที่ถูกใช้ไป โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากห้องแรกไปห้องสุดท้าย เมื่อพิจารณาในถังปฏิบัติการจะเห็นว่า ในถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรงมีความแปรปรวนมากซึ่งเกิดจากระบบเกิดครดมากจึงจำเป็นต้องเติมต่างมากเพื่อปรับพีเอชให้เป็นกลาง ส่วนในถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงและถังปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรงจะมีสภาพต่างคงตัวกว่าถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรงเพราะระบบมีการรักษาสภาพต่างได้ดีกว่า ดังรูปที่ 4.22

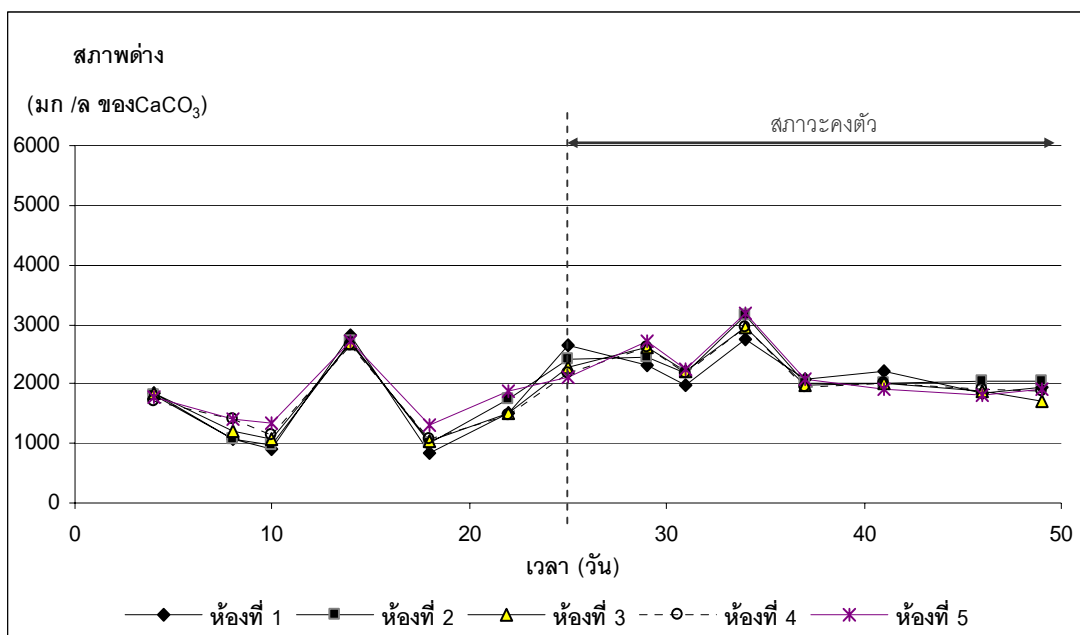


(ก) ถังปฏิบัติการยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง



(ข) ถังปฏิบัติการยา 3 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.22 สภาพต่างตลอดการทดลองโดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการ

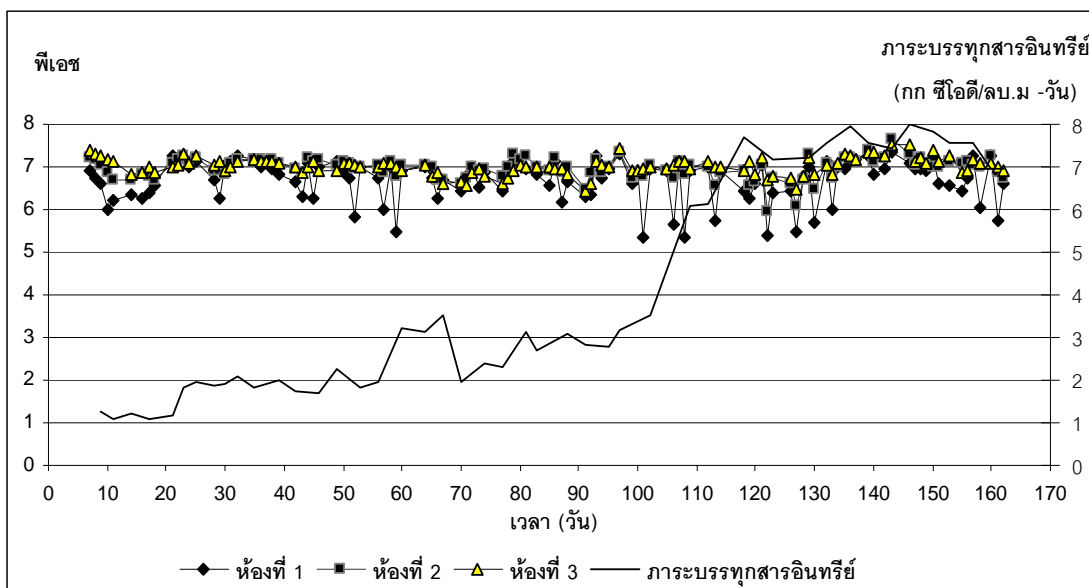


(ค) ถึงปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรง

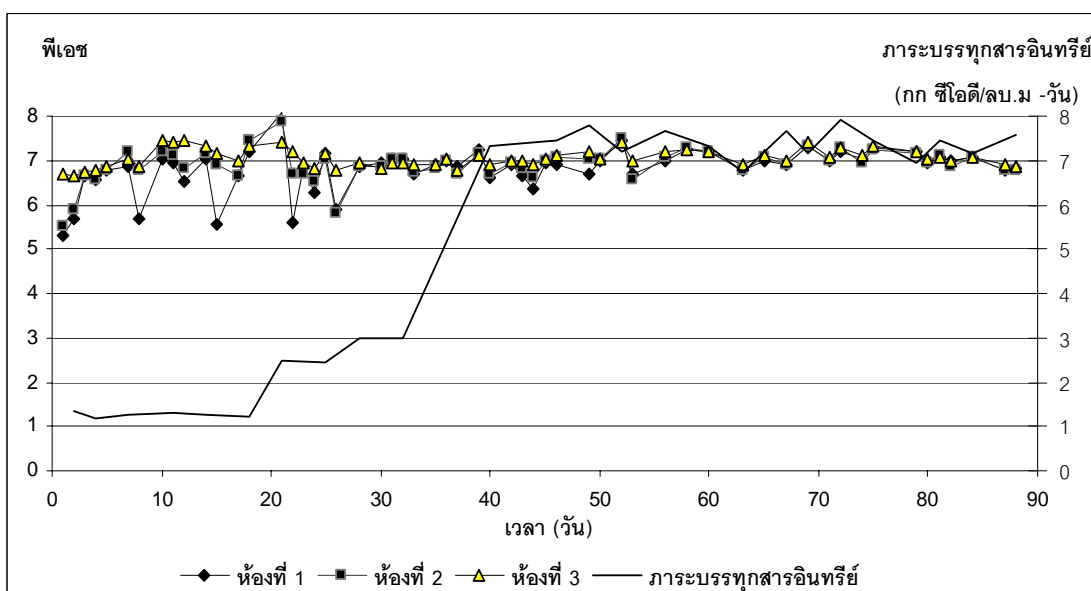
รูปที่ 4.22 สภาพต่างตลอดการทดลองโดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการ (ต่อ)

4.5.4 พีเอช

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ มีจุลินทรีย์ 2 กลุ่มหลัก คือ จุลินทรีย์สร้างกรด และจุลินทรีย์สร้างมีเทน จุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่มมีความต้องการสภาพความเป็นกรดเป็นด่างต่างกัน ดังนั้นจึงต้องควบคุมพีเอชให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด คืออยู่ในช่วง 6.6 – 7.6 โดยจากการทดลองจะเห็นได้ว่าในห้องแรกพีเอชจะมีค่าน้อย เนื่องจากจะมีกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นมากจึงส่งผลทำให้สภาพด่างน้อย ซึ่งสภาพด่างใช้เป็นตัวควบคุมพีเอชจึงทำให้พีเอชมีค่าน้อย และพีเอชจะเพิ่มขึ้นเมื่อกรดไขมันระเหยลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ถังปฏิบัติการจะเห็นว่า ในถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรงในห้องที่ 1 มีพีเอชลดลงในช่วงที่มีการเพิ่มภาระบรทุกสารอินทรีย์ซึ่งอาจเกิดจากในห้องที่ 1 มีจุลินทรีย์สร้างกรดมาก แต่ในห้องที่ 2 และห้องที่ 3 พีเอชไม่เปลี่ยนแปลงมาก ส่วนในถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงในห้องที่ 1 จะมีการลดลงของพีเอชในช่วงแรกของการเดินระบบแล้วค่าพีเอชจะเริ่มคงตัวโดยมีค่ามากกว่าห้องที่ 2 และห้องที่ 3 เพียงเล็กน้อยซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ดังรูปที่ 4.23 และถังปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรงก็เกิดในลักษณะเช่นเดียวกับถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง ดังรูปที่ 4.23(ค)

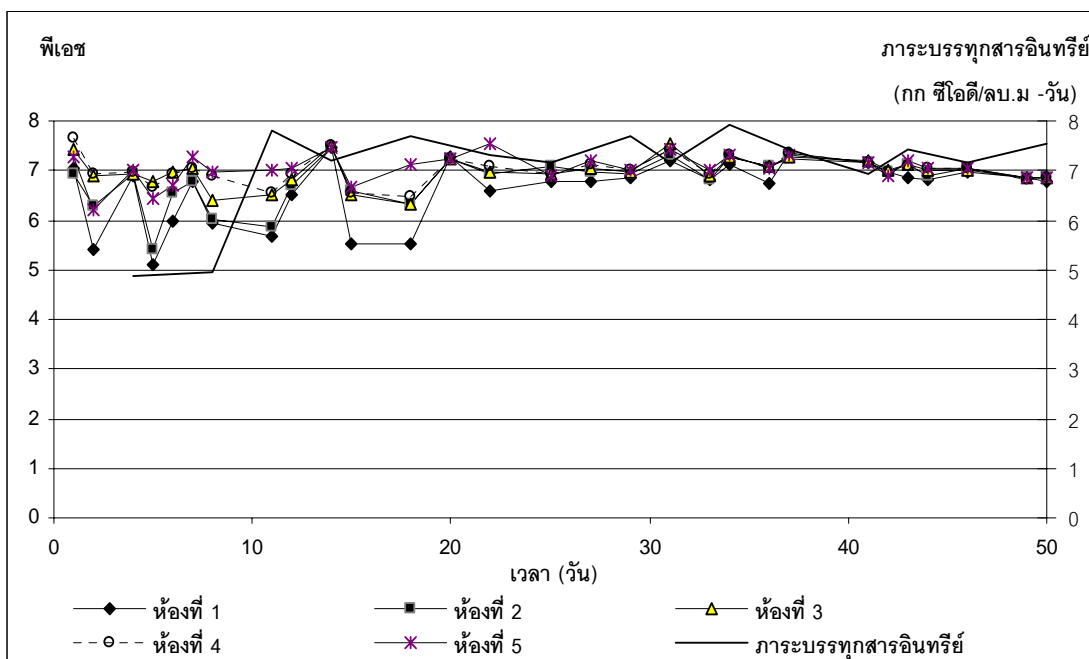


(ก) ถึงปฏิบัติการยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง



(จ) ถึงปฏิบัติการยา 3 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.23 พีเอชกับภาวะบรรทุทุกสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง โดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถึงปฏิบัติการยา

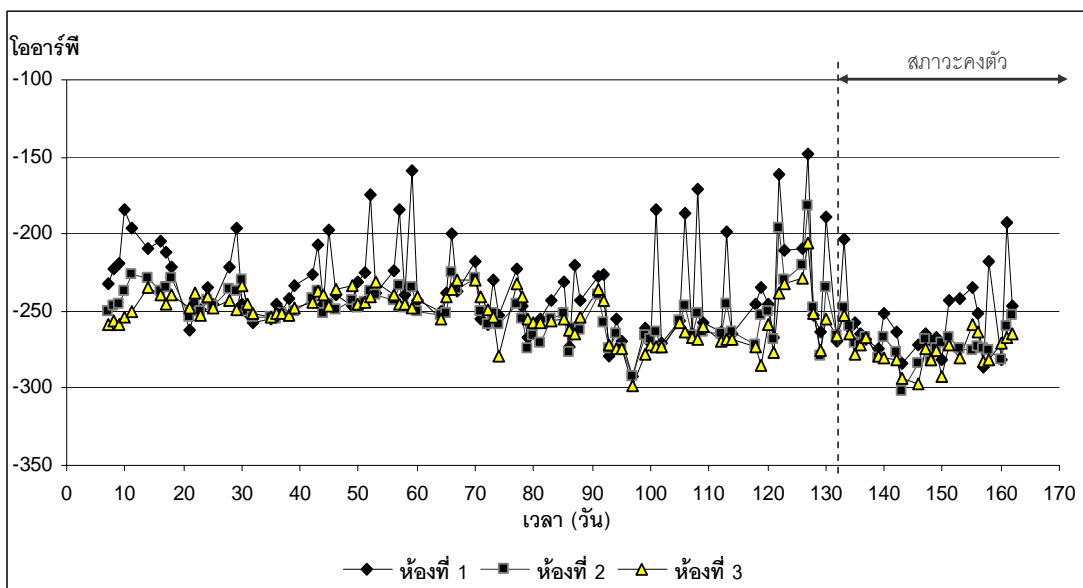


(ค) ถังปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรง

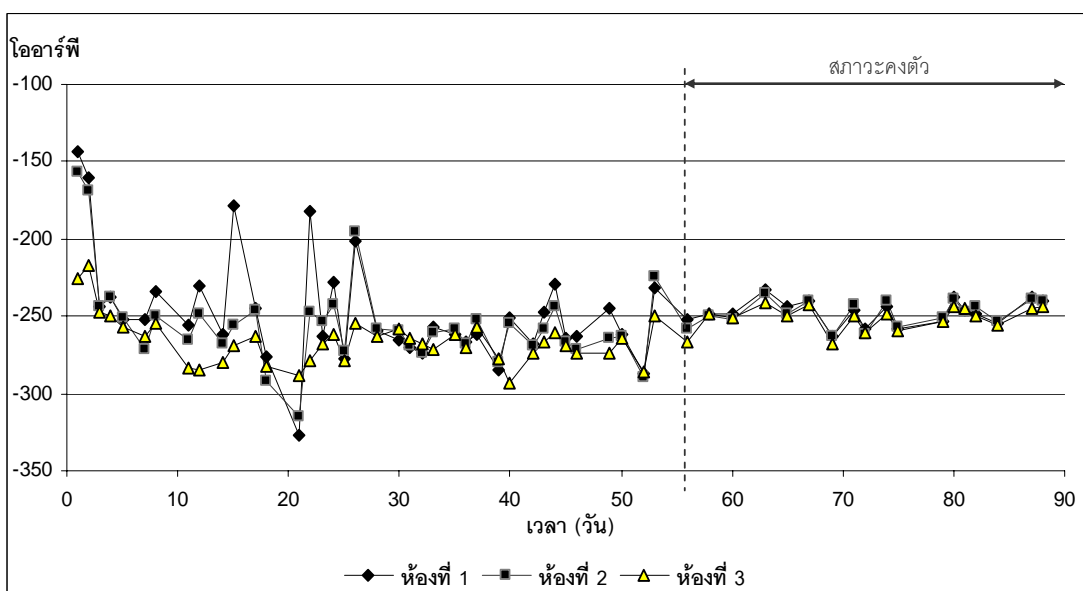
รูปที่ 4.23 พีเอชกับภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ตลอดการทดลองโดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการ (ต่อ)

4.5.5 โออาร์พี

จากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบถังปฏิบัติการทั้ง 3 ระบบจะเห็นว่าในถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรงในห้องที่ 1 จะมีค่าโออาร์พีติดลบน้อยเนื่องจากเกิดสถานะสร้างกรด แต่ในห้องที่ 2 และห้องที่ 3 ค่าโออาร์พีมีค่าเป็นลบมากขึ้นซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกิดกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ ส่วนถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงในช่วงเริ่มต้นระบบในห้องที่ 1 มีค่าโออาร์พีเป็นลบน้อยแต่ในห้องที่ 2 และห้องที่ 3 มีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าเป็นลบมากกว่าในห้องที่ 1 ซึ่งในช่วงภาวะคงตัวค่าโออาร์พีทั้ง 3 ห้องมีค่าใกล้เคียงกันที่ประมาณ -250 และถังปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรงค่าโออาร์พีเกิดในลักษณะเช่นเดียวกับถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง ดังรูปที่ 4.24

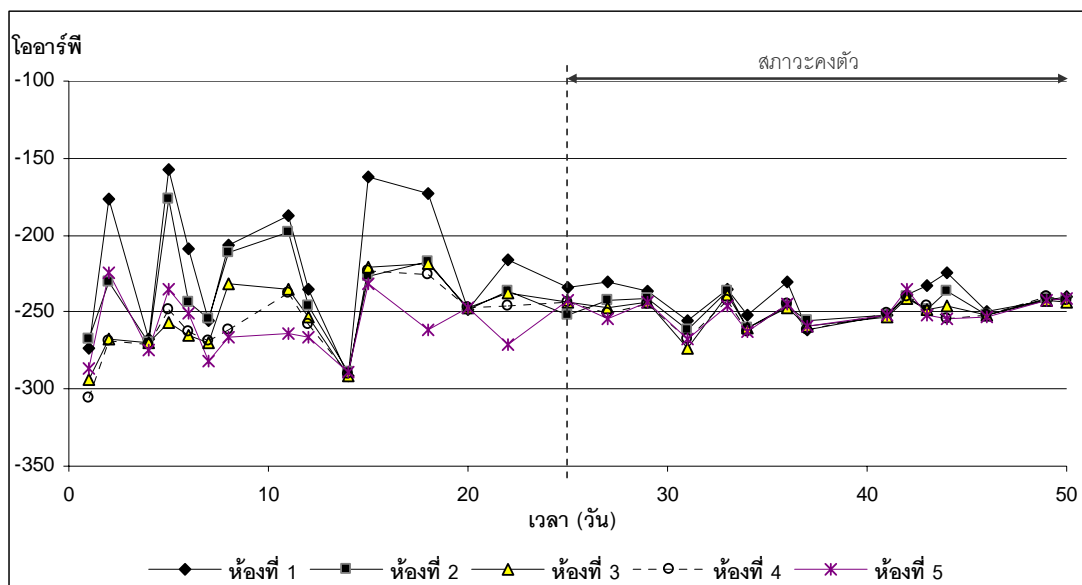


(ก) ถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง



(ข) ถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.24 โอราร์พีตลอดการทดลองโดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา

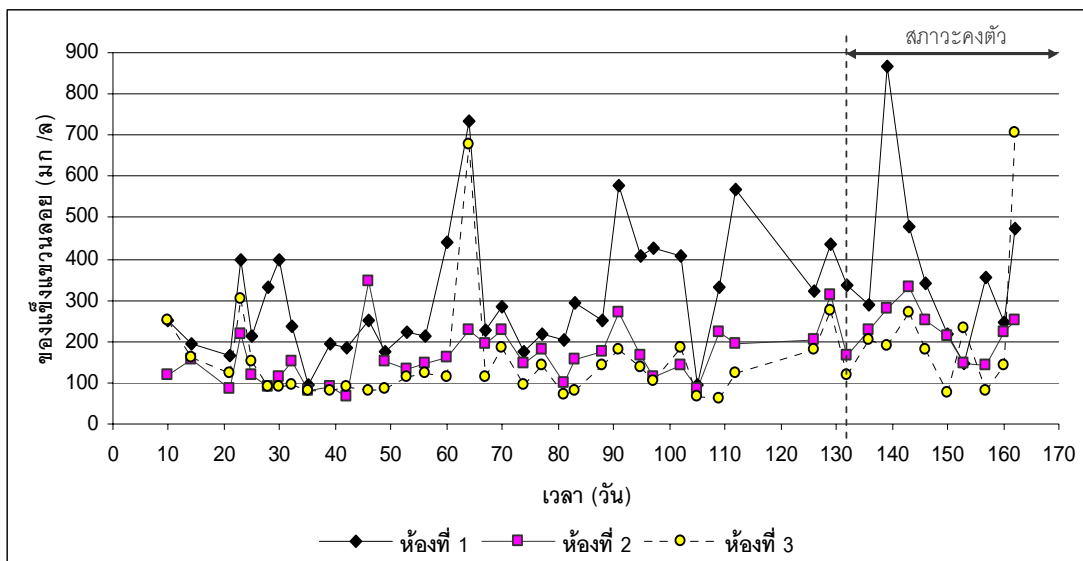


(ค) ถึงปฏิบัติการที่ 5 ห้องมีตะแกรง

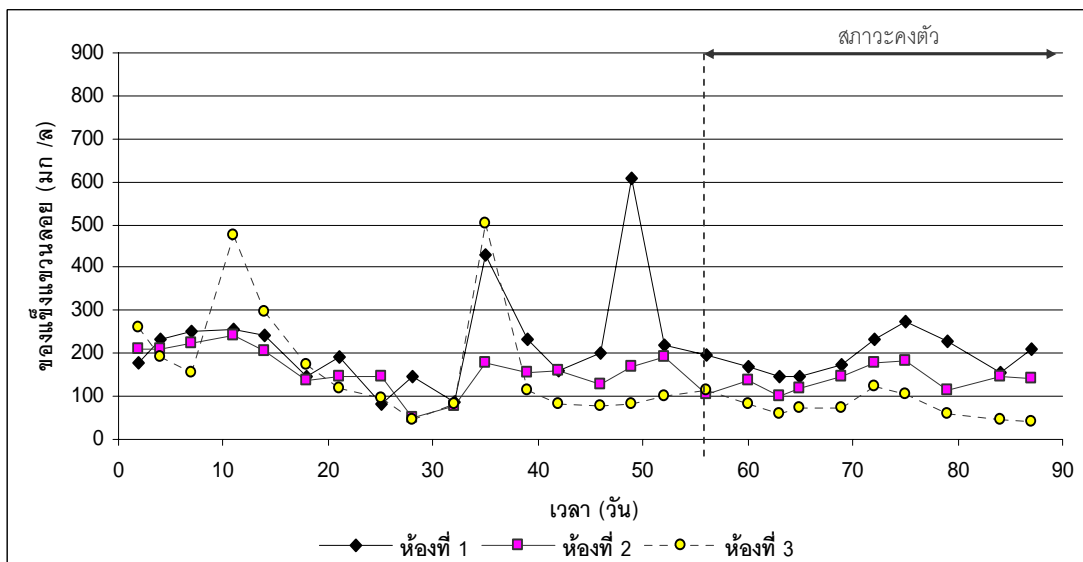
รูปที่ 4.24 ไออาร์พีตลอดการทดลองโดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการ (ต่อ)

4.5.6 ของแข็งแขวนลอย

จากรูปที่ 4.25(ก)และ(ข) เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละห้องภายในระบบจะเห็นว่ามีความโน้มถ่วงลดลงจากห้องแรกไปยังห้องสุดท้าย ซึ่งถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรงจะมีความแปรปรวนมากกว่าในถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง และในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรงมีปริมาณของแข็งแขวนลอยมากกว่าถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง เนื่องจากถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรงมีการจับตัวของตะกอนเป็นเม็ดตะกอนมากกว่าจึงทำให้ตะกอนตกได้ดีกว่าถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง ส่วนในถังปฏิบัติการแบบ 5 ห้องมีตะแกรงพบว่ามีความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยในระบบมากกว่าถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง เนื่องจากห้องของถังปฏิบัติการแบบ 5 ห้องมีตะแกรงมีขนาดเล็กกว่าถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรงและมีตะแกรงประมาณ 40%ทำให้มีระยะกักเก็บน้ำในแต่ละห้องน้อยกว่าถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรงและมีตะแกรง และของแข็งแขวนลอยจะลดลงเมื่อเข้าสู่ภาวะคงตัว ดังรูปที่ 4.25(ค)

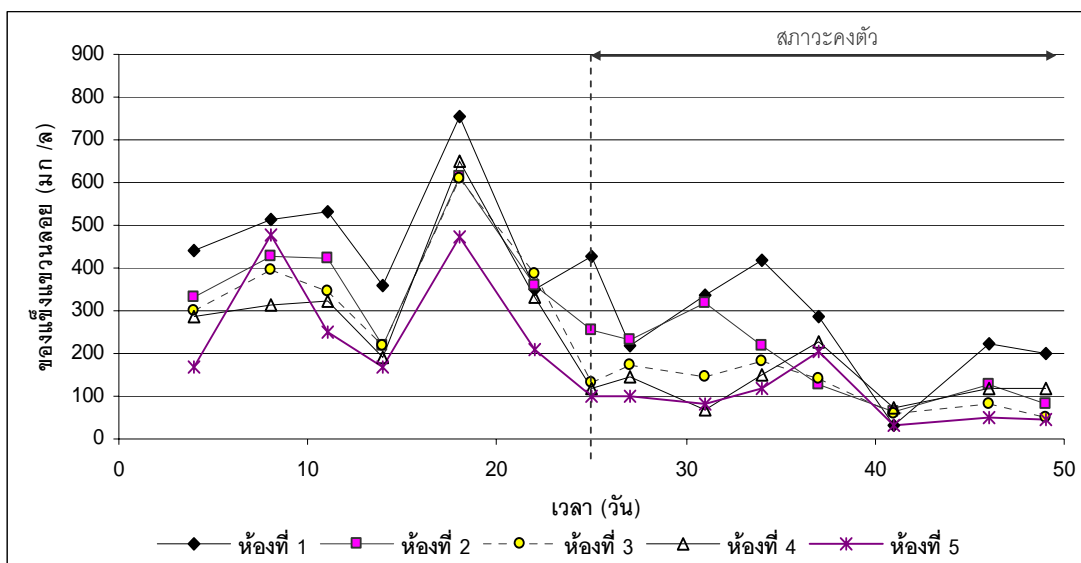


(ก) ถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง



(ข) ถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.25 ของแข็งแขวนลอยตลอดการทดลองโดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถัง
ปฏิบัติการ



(ค) ถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรง

รูปที่ 4.25 ของแข็งแขวนลอยตลอดการทดลองโดยแสดงค่าภายในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา (ต่อ)

4.5.7 ของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยในระบบ

ของแข็งระเหยเป็นตัวแปรที่บอกถึงปริมาณของสารอินทรีย์ที่มีในระบบ ซึ่งในถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรงมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกห้องและมีของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งเกิดจากระบบไม่มีแผ่นกั้นทำให้ของแข็งหลุดไปอยู่ในห้องถัดไปได้ ดังตารางที่ 4.5 ส่วนในถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรงจะเห็นว่าจะมีของแข็งระเหยในห้องแรกมากโดยมีค่าเท่ากับ 25,754 มก/ลิตร ส่วนในห้องที่ 2 และห้องที่ 3 มีค่าเท่ากับ 17,769 และ 19,815 มก/ลิตร ซึ่งมีปริมาณลดลงจากหัวเชื้อที่เข้าระบบเพราะในห้องที่ 1 ของระบบมีความเข้มข้นของซีโอดีมากคือเท่ากับซีโอดีที่เข้าระบบ (โดยซีโอดีเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้คร่าวๆ ซึ่งคืออาหารของจุลินทรีย์) จึงทำให้จุลินทรีย์เติบโตได้ดีและในห้องที่ 2 และห้องที่ 3 จะได้รับความเข้มข้นของซีโอดีที่เหลือจากการบำบัดในห้องก่อนหน้า จึงทำให้ปริมาณจุลินทรีย์น้อยลงเพื่อปรับตัวให้รับกับอาหารที่น้อยลง และถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรงจะเห็นว่าใน 3 ห้องแรกมีปริมาณของแข็งระเหยมากกว่าของแข็งระเหยของหัวเชื้อที่ใส่ตอนเริ่มต้นระบบ เนื่องจากถังปฏิกริยาแบบ 5 ห้องมีขนาดห้องเล็กกว่าประมาณ 40% ทำให้มีระยะกักเก็บน้ำในแต่ละห้องน้อยกว่าจึงมีเวลาสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์กับอาหารน้อยกว่าทำให้มีอาหารเพียงพอถึงห้องที่ 3 ของระบบ ส่วนในห้องที่ 4 และห้องที่ 5 ก็ปรับตัวกับอาหารที่เหลือน้อยเช่นเดียวกับถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรง โดยแสดงดังตารางที่ 4.5 ซึ่งในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา 3 ห้องมีระยะกักเก็บน้ำ เท่ากับ 6.67 ชั่วโมง และถังปฏิกริยา 5 ห้องมีระยะกักเก็บน้ำ เท่ากับ 4.00 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.5 ของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยของแต่ละห้องปฏิบัติการเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

พารามิเตอร์	หน่วย	หัวข้อ	ตั้งปฏิบัติการที่ 1			ตั้งปฏิบัติการที่ 2			ตั้งปฏิบัติการที่ 3				
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4	ห้องที่ 5
ของแข็งทั้งหมด	มก/ล	21,524	31,708	25,500	30,231	31,808	13,192	16,338	20,161	17,123	18,885	7,115	14,969
ของแข็งระเหย	มก/ล	13,182	25,754	17,769	19,815	26,631	8,723	11,546	17,600	14,308	13,400	4,215	11,392

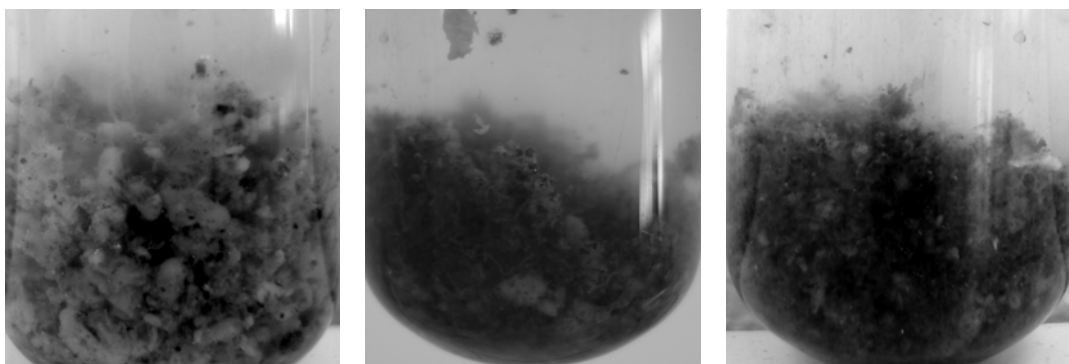
หมายเหตุ ตั้งปฏิบัติการที่ 1 เป็นตั้งปฏิบัติการที่มีจำนวนห้อง 3 ห้อง และไม่มีการติดตั้งตะแกรงกันที่ปลายหลอดขึ้น

ตั้งปฏิบัติการที่ 2 เป็นตั้งปฏิบัติการที่มีจำนวนห้อง 3 ห้อง และมีการติดตั้งตะแกรงกันที่ปลายหลอดขึ้น

ตั้งปฏิบัติการที่ 3 เป็นตั้งปฏิบัติการที่มีจำนวนห้อง 5 ห้อง และมีการติดตั้งตะแกรงกันที่ปลายหลอดขึ้น

4.5.8 ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์

เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ทำการตรวจสอบลักษณะของตะกอน ในถังปฏิบัติการทั้ง 3 พบว่าตะกอนมีการจับตัวเป็นเม็ด ซึ่งในถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง มีการเกิดเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ ในห้องที่ 1 และห้องที่ 2 โดยในห้องที่ 1 จะมีลักษณะเป็นเม็ดตะกอนมากกว่าในห้องที่ 2 ส่วนในห้องที่ 3 ไม่พบเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ ดังรูปที่ 4.26



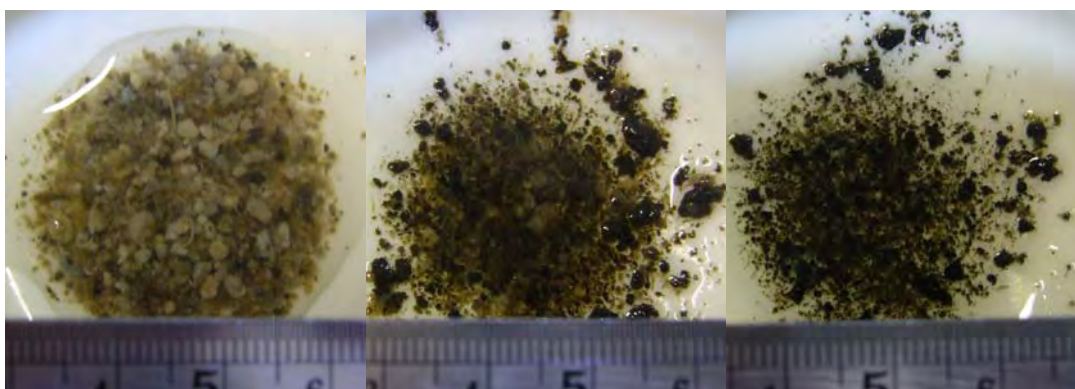
ห้องที่ 1

ห้องที่ 2

ห้องที่ 3

รูปที่ 4.26 ตะกอนภายในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง

ในถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง พบว่าเกิดเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในห้องที่ 1 และห้องที่ 2 ของถังปฏิบัติการ โดยในห้องที่ 1 จะมีขนาดเม็ดตะกอนใหญ่ที่สุด ส่วนในห้องที่ 2 จะมีขนาดเม็ดตะกอนเล็กลงและมีปริมาณตะกอนน้อยลงด้วย แต่ในห้องที่ 3 ไม่พบเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ ดังรูปที่ 4.27

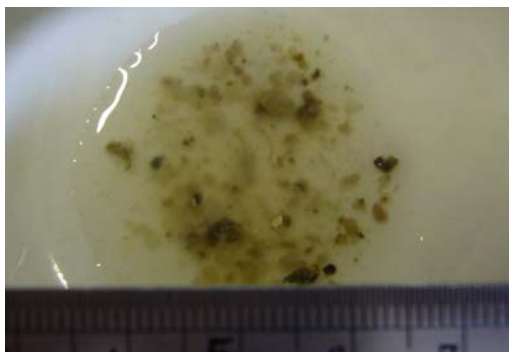


ห้องที่ 1

ห้องที่ 2

ห้องที่ 3

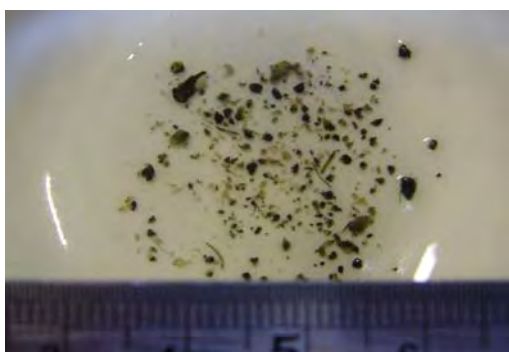
รูปที่ 4.27 ตะกอนภายในแต่ละห้องของถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง



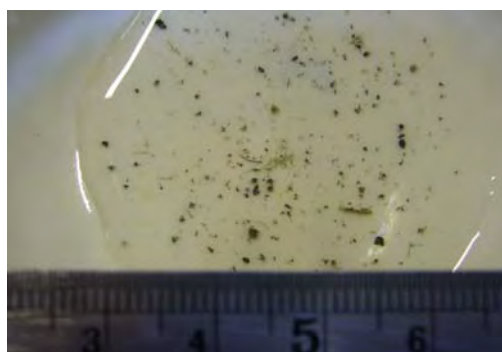
ห้องที่ 1



ห้องที่ 2



ห้องที่ 3



ห้องที่ 4



ห้องที่ 5

รูปที่ 4.28 ตะกอนภายในแต่ละห้องของถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรง

ส่วนในถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรง พบว่าขนาดเม็ดตะกอนในห้องที่ 1 มีขนาดใหญ่และเล็กลงเรื่อยๆ ตามความยาวของถังปฏิกริยาโดยเห็นได้อย่างชัดเจน ดังรูปที่ 4.28 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าน้ำเสียประเภทน้ำตาลสามารถทำให้เกิดเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ได้ และลักษณะการเกิดเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ยังมีผลมาจากปริมาณอาหารที่เข้าในแต่ละห้องและระยะกักเก็บน้ำในห้องนั้นๆ ด้วย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การทดลองช่วงที่ 1 การทดลองระบบแผ่นกั้นไร้อากาศในช่วงเริ่มต้นระบบ

ในการทดลองใช้ระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ 3 ห้องมีตะแกรง (เส้นผ่านศูนย์กลางรูขนาด 2 มม) กั้นที่ปลายช่องไหลขึ้นกับระบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงกั้น เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัว ได้ข้อสรุปดังนี้

1. จากการทดลองพบว่าระบบแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงกั้นที่ช่องไหลขึ้นใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวนานกว่าระบบที่มีตะแกรงกั้น ซึ่งระบบแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงกั้นใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัว 132 วัน และระบบ 3 ห้องมีตะแกรงกั้นใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัว 56 วัน ที่ระยะกักเก็บน้ำ 20 ชั่วโมง

2. เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของระบบแบบ 3 ห้องมีตะแกรงกั้นโดยเฉลี่ยสูงกว่าระบบแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงกั้น โดยในรูปของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่สภาวะคงตัว (ค่าเฉลี่ย) เท่ากับ 97.52% และ 95.73% ตามลำดับ และสัดส่วนปริมาณก๊าซรวมเฉลี่ย เท่ากับ 0.70 และ 0.60 ลบ.ม/กก ซีโอดีที่ถูกกำจัด

3. ระบบแบบ 3 ห้องมีตะแกรงกั้นมีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบน้อยกว่าระบบแบบ 3 ห้องไม่มีตะแกรงกั้น โดยมีความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบเฉลี่ยที่ 115.90 มก/ลิตร และ 138.91 มก/ลิตร ตามลำดับ และตะแกรงกั้นยังช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการอุดตันภายในท่อน้ำออกจากระบบ รวมทั้งยังมีผลทำให้เกิดความดันลด (Head loss) ในระบบด้วย

5.1.2 การทดลองช่วงที่ 2 การทดลองในช่วงเดินระบบ

โดยทำการศึกษาผลของจำนวนห้องของถังปฏิกริยาแบบ 3 ห้องและแบบ 5 ห้องของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศในการกำจัดสารอินทรีย์ และศึกษาตัวแปรต่างๆ ภายในห้องของถังปฏิกริยาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยใช้ระบบที่มีตะแกรงกั้นมาใช้ในการทดลอง

การทดลองส่วนที่ 1 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกันทั้ง 2 ระบบที่สถานะคงตัว

1. ด้านประสิทธิภาพของระบบพบว่ามีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาจะเห็นว่า ถังปฏิกิริยาแบบ 3 ห้องมีตะแกรง มีความเพียงพอแล้วในการบำบัดน้ำเสียประเภทน้ำตาลที่มีค่าซีโอดีเข้าระบบที่ 6,000 มก/ลิตรและภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ 7.2 กก ซีโอดี/ลบ.ม.·วัน
2. ระยะทางในการไหลมีผลต่อความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยระยะทางความยาวเท่ากับ 3 ห้องของถังปฏิกิริยา 3 ห้องและ 5 ห้องมีตะแกรงก็สามารถลดค่าซีโอดีลงได้พอๆ กัน ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงในการลดขนาดของถังปฏิกิริยาได้

การทดลองส่วนที่ 2 จากการศึกษาตัวแปรต่างๆ ภายในห้องของระบบที่ช่วงสถานะคงตัวทั้งถังปฏิกิริยาแบบ 3 ห้องและแบบ 5 ห้องพบว่า

1. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของทั้ง 3 ถังปฏิกิริยาที่สถานะคงตัวมีประสิทธิภาพสูงในห้องที่ 1 โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (ค่าเฉลี่ย) ของถังปฏิกิริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรงเท่ากับ 89.52% ถังปฏิกิริยา 3 ห้องมีตะแกรงเท่ากับ 94.78% และถังปฏิกิริยา 5 ห้องมีตะแกรงเท่ากับ 91.11%

2. ความเข้มข้นของซีโอดีที่เข้าในแต่ละห้องส่งผลต่อของแข็งระเหยในห้องนั้นๆ (โดยของแข็งระเหยอาจจะใช้บอกถึงความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่มีในระบบ) โดยในห้องแรกจะมีมากและลดลงไปยังห้องสุดท้าย เนื่องจากในห้องที่ 1 ของระบบมีความเข้มข้นของซีโอดีมากคือเท่ากับซีโอดีที่เข้าระบบ (โดยซีโอดีเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้คร่าวๆ ซึ่งคืออาหารของจุลินทรีย์) จึงทำให้จุลินทรีย์เติบโตได้ดีและในห้องถัดๆ ไปจะได้รับความเข้มข้นของซีโอดีที่เหลือจากการบำบัดในห้องก่อน ทำให้จุลินทรีย์น้อยลงเพื่อปรับตัวให้รับกับอาหารที่น้อยลง

3. ระยะกักเก็บน้ำมีผลกับเวลาสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์กับอาหาร ซึ่งจะเห็นได้จากของแข็งระเหยในถังปฏิกิริยา 5 ห้องมีตะแกรงจะเห็นว่าปริมาณของแข็งระเหยมากกว่าหัวเชื้อที่เข้าระบบใน 3 ห้องแรกเนื่องจากถังปฏิกิริยาแบบ 5 ห้องมีขนาดห้องเล็กกว่าประมาณ 40% ของถังปฏิกิริยาแบบ 3 ห้องมีตะแกรงทำให้มีระยะกักเก็บน้ำน้อยกว่าจึงมีเวลาสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์กับอาหารน้อยกว่าทำให้มีอาหารเพียงพอถึงห้องที่ 3 ซึ่งแตกต่างกับถังปฏิกิริยาแบบ 3 ห้องมีตะแกรงที่มีของแข็งระเหยมากกว่าหัวเชื้อที่เข้าระบบเพียงในห้องที่ 1 เท่านั้น

4. ภายในห้องสุดท้ายของทุกระบบมีการสะสมตัวของตะกอน เนื่องจากความเร็วในการไหลลดลงจากการเสียดทานในท่อในระบบทำให้ตะกอนเบามาติดตะกอนอยู่ ทำให้ห้องสุดท้ายทำหน้าที่คล้ายถังตกตะกอน

5. สัดส่วนปริมาณก๊าซรวมและปริมาณการเกิดก๊าซของระบบที่มีตะกอนจะมีดีกว่าระบบที่ไม่มีตะกอน โดยถึงปฏิกิริยา 3 ห้องไม่มีตะกอนจะมีสัดส่วนปริมาณก๊าซ 0.6 ลบ.ม/กก ซีโอดีที่ถูกกำจัด ส่วนถึงปฏิกิริยา 3 ห้องมีตะกอนและถึงปฏิกิริยา 5 ห้องมีตะกอนจะมีสัดส่วนปริมาณก๊าซ 0.7 ลบ.ม/กก ซีโอดีที่ถูกกำจัด

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการทำการวิจัยต่อไปดังนี้

1. ศึกษาถึงตัวแปรในแต่ละห้องของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศต่อการการรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงขึ้นอย่างกระทันหัน เช่น ค่าซีโอดี กรดไขมันระเหย ของแข็งแขวนลอย และของแข็งระเหย เป็นต้น เพื่อสังเกตสภาวะที่เกิดขึ้นกับระบบ

2. ศึกษาถึงอัตราการไหลที่เหมาะสมกับระบบแผ่นกั้นไร้อากาศ เช่น เพิ่มความเร็วในการไหล ทำให้ระยะกักเก็บน้ำลงเป็นช่วงๆ จนถึงระยะกักเก็บน้ำ 5 ชั่วโมง เป็นต้น

3. ศึกษาประสิทธิภาพของระบบแผ่นกั้นไร้อากาศโดยใช้น้ำเสียชนิดอื่นๆ ที่มีความสามารถในการถูกย่อยสลายไม่เท่ากัน เช่น น้ำเสียน้ำมัน น้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล เป็นต้น เพื่อดูความสามารถของระบบในการบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกัน

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- มันสิน ตันทุลเวศม์. 2525. การออกแบบขั้นขบวนการของระบบกำจัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยา เล่มที่ 1-3. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ตันทุลเวศม์. 2542. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ตันทุลเวศม์. 2546. คู่มือวิชาการระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ เล่มที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนภัทร์ ชาญรัชชัย. 2549. สมรรถนะของระบบเอปอาร์ที่บำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ภาษาอังกฤษ

- APHA (1998). American Public Health Association Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 20th ed. Washington, DC: APHA and American Water Works Association and Water Environment Federation.
- Barber, W. P., and Stuckey, D. C. (1997). Start-up strategies for anaerobic baffled reactors treating a synthetic sucrose feed. Proceedings of the 8th International Conference on Anaerobic Digestion, 2: 32-39.
- Barber, W. P., and Stuckey, D. C. 1999. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: A review. Wat. Res. 33: 1559–1578.
- Bachmann, A., Beard, V. L., and McCarty, P. L. 1983. Comparison of fixed film reactors with a modified sludge blanket reactor. In Y. C. Wu and E. D. Smith (eds), Fixed film biological processes for wastewater treatment, Noyes Data, NJ.
- Bachmann A., Beard V. L., and McCarty, P. L. 1985. Performance characteristics of the anaerobic baffled reactor. Wat. Res. 19(1), 99-106.
- Boopathy, R. 1998. Biological treatment of swine waste using anaerobic baffled reactor. Bioresource technol. 64: 1-6.

- Boopathy, R., and Sievers, D. M. 1991. Performance of a modified anaerobic baffled reactor to treat swine waste. Trans. ASAE 34(6): 2573-2578.
- Boopathy, R., and Tilche, A. 1991. Anaerobic-digestion of high-strength molasses waste-water using a hybrid anaerobic baffled reactor. Wat. Res. 25(7): 785-790.
- Chynoweth, D. P., Srivastara, V. J., and Conrad, J. R. 1980. Research study to determine the feasibility of producing methane gas from sea kelp. Annual report for general electric company, IGT Project 30502, Institute of Gas Technology, IIT Centre, 3424 S. State Street, Chicago, IL 60616. Cited in Barber, W. P., and Stuckey, D. C. 1999. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: A review. Wat. Res. 33: 1559–1578
- Cohen, A., Breure, A. M., van Andel, J. G., and van Deursen, A. 1980. Influence of phase separation on the anaerobic digestion of glucose: I. Maximum COD-turn-over-rate during continuous operation. Wat. Res. 14: 1439-1448.
- Cohen, A., Breure, A. M., van Andel, J. G., and van Deursen, A. 1982. Influence of phase separation on the anaerobic digestion of glucose: II. Stability and kinetic responses to shock loadings. Wat. Res. 16: 449-455.
- Fannin, K. F., Srivastara, V. J., Conrad, J. R., and Chynoweth, D. P. 1981. Marine biomass program: anaerobic digester system development. Annual report for general electric company, IGT Project 65044, Institute of Gas Technology, IIT Centre, 3424 S. State Street, Chicago, IL 60616. Cited in Barber, W. P., and Stuckey, D. C. 1999. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: A review. Wat. Res. 33: 1559–1578.
- Fenchel, T., and Finlay, B.J (1995). Ecology and Evolution in Anoxic Worlds. Oxford Univ. Press.
- Freese, L. H., and Stuckey, D. C. 2000. Influence of Seed Inoculum on the Start-up of an anaerobic baffled reactor. Environmental Technology. 21: 909-918.
- Grobicki, A. M. W., and Stuckey, D. C. 1991. Performance of the anaerobic baffled reactor under steady state and shock loading conditions. Biotechnol. Bioeng. 37: 344–355.
- Henze, M., and Harremoès, P. 1983. Anaerobic treatment of wastewater in fixed film reactors: a literature review. Wat. Sci. Technol. 15(8/9): 1-101.

- Fang, H. H. P., and Chui, H. K. 1994. Comparison of startup performance of four anaerobic reactors for the treatment of high-strength wastewater. Resources, Conservation and Recycling. 11: 123-138.
- Langenhoff, A. A. M., Intrachandra, N., and Stuckey, D. C. 2000. Treatment of dilute soluble and colloidal wastewater using an anaerobic baffled reactor: Influence of hydraulic retention time. Wat. Res. 34(4): 1307–1317.
- McCarty, P. L. 1981. One hundred years of anaerobic treatment in anaerobic digestion 1981. In Hughes et al. (eds.), Anaerobic Digestion, pp. 3-21. Elsevier Biomedical Press B. V.
- Nachaiyasit, S. 1995. The effect of process parameters on reactor performance in an anaerobic baffled reactor. Doctoral dissertation. Department of Chemical Engineering, Imperial College, London, U.K.
- Orozco, A. 1988. Anaerobic wastewater treatment using an open plug flow baffled reactor at low temperature. 5th International Symposium on Anaerobic Digestion, pp. 759-762. Bologna, Italy.
- Sam-soon, P.A.L.N.S., Loewenthal, R.E., Wentzel, M.C., and Marais, G.V.R. 1990. Growth of biopellets on glucose in Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB) System. Water SA. 16(13): 151-164.
- Sawyer, C.N., and McCarty, P.L. (1993). Chemistry for Environmental Engineering. 3rd ed. Singapore: McGraw-Hill Book Co-Singapore.
- Speece, R. E. (1996). Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters. Nashville, Tennessee: Archae Press.
- Tait, S. J., and Freidman, A. A. 1980. Anaerobic rotating biological contactor for carbonaceous wastewaters. J. WPCE. 52(8): 2257-2269.
- Tilche, A., and Vieira, S. M. M. 1991. Discussion on reactor design of anaerobic filters and sludge bed reactors. Wat. Sci. Technol. 24(8): 193-206.
- Tilche, A., and Yang, X. (1987). Light and scanning electron microscope observations on the granular biomass of experimental SBAF and HABR reactors. Proceedings of Gasmatt Workshop, pp. 170-178. Netherlands.
- Uyanik, S., Sallis, P. J., and Anderson, G. K. 2001. Development of split fed anaerobic baffled reactor. Anaerobic Digestion 2001. Antwerp, Belgium.

Wang, J., Huang, Y., and Zhao, X. 2004. Performance and characteristics of an anaerobic baffled reactor. Bioresource technol. 93: 205-208.

Weiland, P., and Rozzi, A. 1991. The start-up, operation and monitoring of high-rate anaerobic treatment systems: discussers report. Wat. Sci. Technol. 24(8): 257-277.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลการทดลอง

ตารางที่ ก-1 ค่าซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดของถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	ซีโอดี (มก /ล)					ประสิทธิภาพ การกำจัดซีโอดี (%)
		น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก	
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3		
9	26/9/2007	6353	748	450	773	683	89.25
11	28/9/2007	5380	2160	892	608	815	84.86
14	1/10/2007	6075	2780	1158	797	764	87.42
17	4/10/2007	5456	2264	900	668	694	87.29
21	8/10/2007	5763	1162	373	262	303	94.74
23	10/10/2007	6064	1298	1245	337	270	95.55
25	12/10/2007	6557	2140	1179	718	474	92.77
28	15/10/2007	6220	3058	797	1228	1006	83.82
30	17/10/2007	6399	800	1314	982	1348	78.94
32	19/10/2007	6911	1167	994	613	496	92.83
35	22/10/2007	6121	524	234	483	152	97.52
39	26/10/2007	6734	2568	628	371	599	91.10
42	29/10/2007	5847	1874	925	500	400	93.16
46	2/11/2007	5687	2194	1322	1047	1022	82.03
49	5/11/2007	6494	1992	1310	910	882	86.42
53	9/11/2007	6055	1373	1155	824	1073	82.29
56	12/11/2007	6496	2311	1266	907	882	86.42
60	16/11/2007	5864	1463	1167	541	568	90.31
64	20/11/2007	5663	562	436	565	487	91.39
67	23/11/2007	6397	2412	2150	1914	1861	70.90
70	26/11/2007	6509	2837	2441	2441	2441	62.50
74	30/11/2007	6347	1413	933	1040	987	84.45
77	3/12/2007	6157	2922	2297	1905	1748	71.60
81	7/12/2007	6578	2044	889	667	607	90.77
83	9/12/2007	5666	2282	1311	944	1311	76.85
88	14/12/2007	6457	2114	3314	2286	1886	70.80
91	17/12/2007	5980	2413	2072	1600	1600	73.25
95	21/12/2007	5900	1150	600	450	450	92.37
97	23/12/2007	5800	700	475	200	400	93.10
102	28/12/2007	6400	660	508	533	533	91.67

ตารางที่ ก-1 ค่าซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดของถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	ซีโอดี (มก /ล)					ประสิทธิภาพ การกำจัดซีโอดี (%)
		น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก	
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3		
109	4/1/2008	6090	1084	826	774	723	88.14
112	7/1/2008	6138	944	472	79	446	92.74
118	13/1/2008	6400	2839	903	735	826	87.10
123	18/1/2008	5987	1600	1032	671	774	87.07
129	24/1/2008	6000	1550	950	400	650	89.17
132	27/1/2008	6298	711	381	152	229	96.37
136	31/1/2008	6617	1031	814	380	325	95.08
139	3/2/2008	6292	870	624	488	542	91.38
143	7/2/2008	6193	812	457	228	355	94.27
146	10/2/2008	6658	619	387	129	310	95.35
150	14/2/2008	6505	367	184	79	236	96.37
153	17/2/2008	6302	935	640	74	369	94.14
157	21/2/2008	6303	194	73	73	97	98.46
160	24/2/2008	5800	800	675	400	150	97.41
162	26/2/2008	5800	254	76	102	89	98.47

ตารางที่ ก-2 ค่าซีไอดีและประสิทธิภาพการกำจัดของถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	ซีไอดี (มก /ล)					ประสิทธิภาพ การกำจัดซีไอดี (%)
		น้ำเสีย	ถังปฏิกริยา			น้ำออก	
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3		
2	22/1/2008	6761	3458	2477	1626	2581	61.83
4	24/1/2008	6000	2800	2200	2125	2275	62.08
7	27/1/2008	6298	4394	2387	2387	2387	62.10
11	31/1/2008	6617	2929	2251	1275	1763	73.36
14	3/2/2008	6292	1302	922	542	1112	82.33
18	7/2/2008	6193	964	914	533	914	85.25
21	10/2/2008	6658	619	465	129	903	86.43
25	14/2/2008	6505	472	577	393	1075	83.47
28	17/2/2008	6302	310	284	232	671	89.35
32	21/2/2008	6303	339	242	218	194	96.92
40	28/2/2008	6090	258	284	284	194	96.82
46	6/3/2008	6194	310	77	77	155	97.50
49	9/3/2008	6500	750	200	63	275	95.77
52	12/3/2008	5994	965	152	51	25	99.58
56	16/3/2008	6400	246	123	148	160	97.50
60	20/3/2008	6100	200	163	138	188	96.93
63	23/3/2008	5624	582	133	109	127	97.74
67	27/3/2008	6400	525	393	315	92	98.57
69	29/3/2008	5966	163	108	68	81	98.64
72	1/4/2008	6613	587	307	360	253	96.17
75	4/4/2008	6194	206	194	77	129	97.92
79	8/4/2008	5781	155	77	77	142	97.54
81	10/4/2008	6196	356	152	102	203	96.72
84	13/4/2008	5973	213	80	67	107	98.21
88	17/4/2008	6298	305	140	114	203	96.77

ตารางที่ ก-3 ค่าซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดของถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรง

ลำดับ วัน	วันที่	ซีโอดี (มก /ล)							ประสิทธิภาพ การกำจัดซีโอดี (%)
		น้ำเสีย	ถังปฏิกริยา					น้ำออก	
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4	ห้องที่ 5		
4	2/3/2008	6080	960	800	853	880	293	213	96.49
8	6/3/2008	6194	1703	1084	1006	1432	645	516	91.67
11	9/3/2008	6500	2725	1850	1725	1363	675	775	88.08
14	12/3/2008	5994	508	254	152	216	140	356	94.07
18	16/3/2008	6400	3495	1711	1785	1785	923	800	87.50
22	20/3/2008	6100	3300	2375	2375	2200	1063	1325	78.28
25	23/3/2008	5964	533	339	97	145	48	97	98.37
29	27/3/2008	6400	1731	1049	761	446	236	157	97.54
31	29/3/2008	5966	651	190	108	136	81	27	99.55
34	1/4/2008	6613	587	293	267	213	187	213	96.77
37	4/4/2008	6194	258	155	103	129	103	103	98.33
41	8/4/2008	5781	258	77	77	77	77	103	98.21
43	10/4/2008	6196	452	273	216	216	181	146	97.65
46	13/4/2008	5973	160	107	80	133	53	133	97.77
50	17/4/2008	6298	356	178	229	178	127	152	97.58

ตารางที่ ก-4 สภาพค้างและกรดไขมันระเหยของถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง

ลำดับ วัน	วันที่	สภาพค้าง (มก /ล CaCO ₃)				กรดไขมันระเหย (มก /ล CH ₃ COOH)			
		ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	น้ำออก	ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	น้ำออก
8	25/9/2007	752.0	1496.0	2512.0	1824.0	300.0	150.0	300.0	150.0
14	1/10/2007	1416.7	1525.0	1716.7	1433.0	1550.0	700.1	450.0	325.1
17	4/10/2007	1333.3	1611.1	1866.7	1741.7	1237.5	708.3	550.0	600.0
21	8/10/2007	3516.7	2016.7	2266.7	1866.7	775.0	400.0	350.0	300.0
23	10/10/2007	3683.3	3416.7	2550.0	2416.7	950.0	800.0	133.3	375.0
25	12/10/2007	3408.0	3433.3	3333.3	3025.0	1037.5	737.5	575.0	450.0
28	15/10/2007	1700.0	2333.3	2850.0	2950.0	950.0	900.0	1050.0	700.0
30	17/10/2007	2700.0	1900.0	2116.7	2050.0	700.0	1000.0	675.0	700.0
32	19/10/2007	3550.0	2883.3	2641.7	2550.0	1025.0	725.0	475.0	475.0
35	22/10/2007	2816.7	3100.0	2966.7	2883.3	474.0	625.0	550.0	375.0
39	26/10/2007	2133.3	2650.0	2733.3	2516.7	975.0	500.0	425.0	450.0
42	29/10/2007	1650.0	1983.3	2266.7	2083.3	1000.0	700.0	525.0	475.0
46	2/11/2007	2533.3	2233.3	1816.7	1866.7	1150.0	825.0	650.0	900.0
49	5/11/2007	3000.0	2000.0	1600.0	1566.7	1175.0	750.0	550.0	425.0
53	9/11/2007	2000.0	1650.0	1550.0	1433.0	750.0	625.0	500.0	575.0
56	12/11/2007	1583.3	1833.3	1816.7	1833.3	1150.0	675.0	550.0	500.0
60	16/11/2007	2300.0	2100.0	1600.0	1683.3	1075.0	950.0	425.0	500.0
64	20/11/2007	1933.3	1966.7	1983.3	1966.7	475.0	425.0	425.0	425.0
67	23/11/2007	2183.3	1783.3	1666.7	1566.7	1300.0	1150.0	1150.0	950.0
70	26/11/2007	1650.0	1683.3	1716.7	1600.0	1400.0	1250.0	1150.0	1175.0
74	30/11/2007	1933.3	1766.7	1650.0	1516.7	700.0	625.0	600.0	550.0
77	3/12/2007	1550.0	1550.0	1650.0	1333.3	1450.0	1250.0	1050.0	850.0
81	7/12/2007	2616.7	2550.0	2416.7	2366.7	1025.0	675.0	525.0	550.0
83	9/12/2007	1800.0	2033.3	2150.0	1783.3	1025.0	900.0	575.0	750.0
88	14/12/2007	1816.7	2000.0	1966.7	1983.3	1425.0	1175.0	850.0	750.0
91	17/12/2007	1233.3	1216.7	1825.0	1216.7	1600.0	1425.0	1075.0	1150.0
95	21/12/2007	2683.3	2916.7	2800.0	2616.7	1025.0	750.0	625.0	575.0
97	23/12/2007	2000.0	2233.3	3875.0	2116.7	525.0	500.0	425.0	450.0
102	28/12/2007	2550.0	2750.0	2816.7	2333.3	500.0	500.0	400.0	500.0
109	4/1/2008	2900.0	2866.7	2650.0	2666.7	950.0	875.0	725.0	700.0
112	7/1/2008	2233.3	2450.0	2700.0	2466.7	500.0	475.0	325.0	425.0

ตารางที่ ก-4 สภาพค้างและกรดไขมันระเหยของถังปฏิกิริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับ วัน	วันที่	สภาพค้าง (มก /ล CaCO ₃)				กรดไขมันระเหย (มก /ล CH ₃ COOH)			
		ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	น้ำออก	ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	น้ำออก
112	7/1/2008	2233.3	2450.0	2700.0	2466.7	500.0	475.0	325.0	425.0
118	13/1/2008	2150.0	2616.7	2466.7	2483.3	1950.0	900.0	625.0	700.0
123	18/1/2008	1300.0	1883.3	1883.3	1816.7	1090.0	825.0	625.0	625.0
127	22/1/2008	733.3	600.0	1033.3	983.3	1350.0	750.0	475.0	375.0
129	24/1/2008	3916.7	3916.7	5625.0	3766.7	1900.0	1250.0	775.0	800.0
132	27/1/2008	2550.0	2216.7	2200.0	1950.0	475.0	325.0	300.0	375.0
136	31/1/2008	2500.0	2733.3	2716.7	2633.3	925.0	725.0	525.0	400.0
139	3/2/2008	4000.0	3950.0	5875.0	3800.0	1050.0	900.0	675.0	675.0
143	7/2/2008	3133.3	3516.7	3983.3	3766.7	1250.0	850.0	550.0	700.0
146	10/2/2008	1683.3	2033.3	5200.0	2333.3	550.0	375.0	450.0	400.0
150	14/2/2008	2133.3	2050.0	2750.0	2400.0	425.0	325.0	275.0	325.0
153	17/2/2008	1733.3	2216.7	3200.0	1600.0	1450.0	925.0	500.0	525.0
157	21/2/2008	2416.7	2566.7	2366.7	2200.0	375.0	425.0	275.0	300.0
160	24/2/2008	2400.0	1816.7	2350.0	1533.3	825.0	550.0	500.0	275.0
162	26/2/2008	1266.7	1400.0	2400.0	1866.7	225.0	175.0	275.0	250.0

ตารางที่ ก-5 สภาพค้างและกรดไขมันระเหยของถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรง

ลำดับ วัน	วันที่	สภาพค้าง (มก /ล CaCO ₃)				กรดไขมันระเหย (มก /ล CH ₃ COOH)			
		ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	น้ำออก	ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	น้ำออก
2	22/1/2008	1266.7	1166.7	1600.0	1250.0	1900.0	1700.0	950.0	1650.0
4	24/1/2008	3000.0	2833.3	4475.0	2933.3	2575.0	2500.0	2050.0	2125.0
7	27/1/2008	2683.3	3616.7	3300.0	3166.7	1325.0	1550.0	1650.0	1500.0
11	31/1/2008	2433.3	2416.7	2883.3	2483.3	1450.0	1125.0	375.0	1300.0
14	3/2/2008	2500.0	2550.0	3800.0	2400.0	750.0	775.0	275.0	675.0
18	7/2/2008	2716.7	2683.3	3050.0	2566.7	1200.0	1150.0	850.0	1275.0
21	10/2/2008	3200.0	3000.0	4675.0	2650.0	600.0	475.0	400.0	675.0
25	14/2/2008	1983.3	2383.3	2233.3	2316.7	1275.0	775.0	750.0	525.0
28	17/2/2008	1750.0	1683.3	2525.0	1400.0	475.0	275.0	250.0	550.0
32	21/2/2008	2366.7	2250.0	2033.3	1966.7	325.0	375.0	300.0	275.0
35	24/2/2008	1916.7	1683.3	2116.7	2116.7	300.0	200.0	250.0	800.0
39	28/2/2008	2816.7	2650.0	2683.3	2700.0	400.0	400.0	300.0	325.0
46	6/3/2008	1933.3	2000.0	2083.3	2183.3	425.0	350.0	275.0	275.0
48	8/3/2008	1050.0	1383.3	1983.3	1116.7	450.0	166.7	166.7	275.0
52	12/3/2008	2733.3	2750.0	2516.7	2366.7	400.0	400.0	325.0	275.0
56	16/3/2008	1850.0	1966.7	2450.0	2383.3	375.0	300.0	400.0	275.0
60	20/3/2008	2600.0	2483.3	2416.7	2483.3	275.0	275.0	166.3	275.0
63	23/3/2008	2200.0	2100.0	2166.7	2083.3	325.0	275.0	275.0	275.0
67	27/3/2008	2583.3	2466.7	2566.7	2533.3	500.0	325.0	325.0	375.0
69	29/3/2008	2333.3	2333.3	2416.7	2216.7	350.0	425.0	300.0	325.0
72	1/4/2008	2616.7	2516.7	3250.0	3316.7	550.0	375.0	575.0	500.0
75	4/4/2008	2350.0	2233.3	2300.0	1900.0	166.7	166.7	166.7	166.7
79	8/4/2008	2116.7	1916.7	2016.7	1500.0	166.7	150.0	133.3	150.0
84	13/4/2008	2033.3	1916.7	2150.0	1800.0	325.0	325.0	350.0	166.7
87	16/4/2008	2033.3	2033.3	2150.0	1866.7	300.0	300.0	275.0	150.0

ตารางที่ ก-6 สภาพต่างและกรดไขมันระเหยของถังปฏิกรณ์ 5 ห้องมีตะแกรง

ลำดับ วัน	วันที่	สภาพต่าง (มก /ล CaCO ₃)						กรดไขมันระเหย (มก /ล CH ₃ COOH)					
		ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4	ห้องที่ 5	น้ำออก	ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4	ห้องที่ 5	น้ำออก
4	2/3/2008	1850.0	1800.0	1850.0	1716.7	1766.7	1633.3	575.0	575.0	650.0	725.0	325.0	275.0
8	6/3/2008	1083.3	1083.3	1200.0	1416.7	1400.0	1550.0	1150.0	1075.0	975.0	825.0	725.0	650.0
10	8/3/2008	900.0	983.0	1083.3	1150.0	1350.0	1433.3	1225.0	1200.0	1000.0	900.0	550.0	500.0
14	12/3/2008	2816.7	2700.0	2666.7	2633.3	2716.7	2433.3	450.0	275.0	300.0	375.0	325.0	325.0
18	16/3/2008	850.0	1016.7	1033.3	1066.7	1300.0	1333.3	1525.0	1100.0	1050.0	950.0	575.0	700.0
22	20/3/2008	1516.7	1733.3	1500.0	1466.7	1866.7	1900.0	1200.0	1175.0	950.0	875.0	650.0	650.0
25	23/3/2008	2633.3	2400.0	2283.3	2166.7	2100.0	1866.7	425.0	325.0	250.0	300.0	275.0	300.0
29	27/3/2008	2316.7	2450.0	2616.7	2616.7	2716.7	2633.3	1400.0	1050.0	875.0	675.0	400.0	375.0
31	29/3/2008	1988.3	2183.3	2216.7	2183.3	2233.3	2033.3	600.0	400.0	350.0	350.0	325.0	300.0
34	1/4/2008	2750.0	3150.0	2950.0	2950.0	3200.0	3100.0	425.0	475.0	450.0	450.0	450.0	425.0
37	4/4/2008	2066.7	2000.0	1983.3	1950.0	2083.3	2083.3	275.0	166.7	166.7	300.0	166.7	150.0
41	8/4/2008	2200.0	2000.0	2000.0	2016.7	1916.7	1350.0	300.0	133.3	166.7	166.7	166.7	150.0
46	13/4/2008	1850.0	2050.0	1866.7	1916.7	1816.7	1450.0	275.0	325.0	300.0	300.0	300.0	133.3
49	16/4/2008	1950.0	2050.0	1700.0	1883.3	1916.7	1633.3	300.0	375.0	166.7	300.0	150.0	150.0

ตารางที่ ก-7 อุณหภูมิของถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิกริยา			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
8	25/9/2007	28.6	28.9	28.9	28.6	29.0
9	26/9/2007	27.8	28.2	28.5	28.2	28.0
10	27/9/2007	28.1	28.2	28.2	28.3	28.6
11	28/9/2007	26.7	27.1	27.2	27.2	27.0
14	1/10/2007	27.7	28.3	28.3	28.2	27.7
16	3/10/2007	27.1	28.1	28.2	28.1	28.7
17	4/10/2007	28.0	28.5	28.4	28.4	28.4
18	5/10/2007	27.9	28.6	28.4	28.5	28.3
21	8/10/2007	27.8	28.6	28.3	28.5	28.3
22	9/10/2007	27.8	28.6	28.4	28.4	28.6
23	10/10/2007	27.9	28.3	28.2	28.6	28.9
24	11/10/2007	26.8	27.2	27.2	27.0	26.6
25	12/10/2007	26.7	27.0	27.0	27.0	26.8
28	15/10/2007	26.5	27.1	26.8	27.1	27.2
29	16/10/2007	26.6	26.9	26.8	26.6	27.3
30	17/10/2007	26.5	27.1	27.1	27.1	27.5
31	18/10/2007	28.5	27.8	27.7	27.7	27.7
32	19/10/2007	27.8	28.3	28.4	28.4	28.5
35	22/10/2007	27.3	27.4	27.5	27.4	27.3
37	24/10/2007	29.0	29.3	29.2	29.2	29.4
38	25/10/2007	28.5	28.4	28.5	28.6	28.5
39	26/10/2007	28.5	28.2	28.2	28.2	28.1
42	29/10/2007	29.0	29.5	29.5	29.5	29.5
43	30/10/2007	28.1	28.4	28.5	28.4	28.2
44	31/10/2007	27.0	26.0	25.9	25.9	26.0
45	1/11/2007	26.0	26.3	26.3	26.3	26.3
49	5/11/2007	27.7	27.7	27.7	27.7	27.8
50	6/11/2007	26.7	26.8	27.1	27.0	27.0
51	7/11/2007	28.4	28.4	28.4	28.6	28.5
52	8/11/2007	26.5	26.5	26.5	26.4	26.3

ตารางที่ ก-7 อุณหภูมิของถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
53	9/11/2007	26.0	26.0	26.0	26.0	25.7
56	12/11/2007	26.8	27.1	27.2	27.1	26.9
57	13/11/2007	27.4	27.6	27.7	27.6	27.8
58	14/11/2007	29.5	29.4	29.3	29.3	29.4
59	15/11/2007	27.6	27.4	26.9	27.2	27.2
60	16/11/2007	27.7	27.9	27.8	27.8	27.6
64	20/11/2007	27.1	27.3	27.3	27.3	27.2
65	21/11/2007	27.3	27.5	27.4	27.3	27.3
66	22/11/2007	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
67	23/11/2007	26.9	26.9	26.9	26.8	26.4
70	26/11/2007	26.4	26.2	26.3	26.3	26.0
72	28/11/2007	25.7	25.6	25.7	25.4	25.4
73	29/11/2007	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3
74	30/11/2007	25.3	25.3	25.3	25.1	24.9
77	3/12/2007	25.4	26.0	27.2	25.9	25.7
78	4/12/2007	26.7	27.0	26.8	26.5	26.5
79	5/12/2007	25.4	25.7	25.8	25.4	25.3
80	6/12/2007	26.6	26.8	26.6	26.6	26.3
81	7/12/2007	27.9	27.7	27.8	27.3	26.9
83	9/12/2007	27.3	27.6	27.5	27.2	26.9
85	11/12/2007	28.7	29.2	29.1	28.8	29.2
86	12/12/2007	27.9	28.1	27.9	27.8	27.4
87	13/12/2007	28.1	28.6	28.8	28.7	28.4
88	14/12/2007	28.6	28.6	28.3	28.2	28.4
91	17/12/2007	29.1	29.4	29.2	29.1	28.8
92	18/12/2007	29.2	29.5	29.5	29.4	28.9
93	19/12/2007	28.9	29.6	29.6	29.5	29.2
94	20/12/2007	29.3	29.6	29.5	29.4	28.9
95	21/12/2007	29.1	29.5	29.4	29.3	29.0
97	23/12/2007	26.2	26.4	26.5	26.6	26.9

ตารางที่ ก-7 อุณหภูมิของถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิกริยา			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
99	25/12/2007	26.1	26.4	26.6	26.6	28.2
100	26/12/2007	29.5	29.3	29.2	29.0	28.9
101	27/12/2007	29.1	29.1	29.1	28.9	28.4
102	28/12/2007	28.1	28.4	28.3	28.3	27.8
105	31/12/2007	27.5	27.5	27.5	27.5	27.0
106	1/1/2008	26.9	26.8	26.8	26.8	26.6
107	2/1/2008	25.3	25.1	25.0	24.9	24.8
108	3/1/2008	24.0	24.1	24.1	24.0	23.8
109	4/1/2008	24.7	24.9	25.0	24.8	24.6
112	7/1/2008	27.2	27.0	26.9	26.8	26.7
113	8/1/2008	27.3	27.4	27.4	27.4	27.3
114	9/1/2008	27.1	26.9	26.8	26.7	26.5
118	13/1/2008	28.6	28.6	28.1	28.1	27.9
119	14/1/2008	28.8	28.9	28.8	28.8	28.7
120	15/1/2008	26.7	26.4	26.6	26.6	26.1
121	16/1/2008	29.8	27.5	27.6	27.3	27.1
122	17/1/2008	27.6	28.1	28.1	28.0	28.0
123	18/1/2008	27.6	27.5	27.6	27.4	27.0
126	21/1/2008	29.7	29.3	29.2	29.1	29.0
127	22/1/2008	28.7	28.7	28.7	28.6	28.4
128	23/1/2008	28.2	28.1	28.2	28.1	27.8
129	24/1/2008	27.9	27.9	27.8	27.7	27.2
130	25/1/2008	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3
132	27/1/2008	28.7	28.5	28.5	28.6	28.8
133	28/1/2008	28.2	28.1	28.1	28.3	29.4
134	29/1/2008	27.6	27.8	28.3	28.3	28.3
135	30/1/2008	28.0	28.1	28.1	28.0	28.0
136	31/1/1900	28.4	28.3	28.3	28.2	28.1
137	1/2/2008	29.0	29.0	28.9	28.8	28.7
139	3/2/2008	28.8	28.8	28.5	28.5	28.3

ตารางที่ ก-7 อุณหภูมิของถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิกริยา			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
140	4/2/2008	27.5	27.5	27.5	27.4	27.2
142	6/2/2008	27.8	27.8	27.7	27.8	27.9
143	7/2/2008	27.0	27.1	27.3	27.1	27.1
146	10/2/2008	26.8	26.5	26.8	26.7	26.7
147	11/2/2008	28.2	28.8	28.8	28.7	28.6
148	12/2/2008	29.2	29.0	29.0	29.0	29.0
149	13/2/2008	27.9	28.1	28.0	27.8	27.4
150	14/2/2008	27.0	27.3	27.6	27.7	27.5
151	15/2/2008	27.8	27.8	27.8	27.6	27.3
153	17/2/2008	27.7	27.9	27.9	27.9	27.7
155	19/2/2008	27.9	27.8	27.9	27.8	27.6
156	20/2/2008	26.8	26.8	26.8	26.8	26.3
157	21/2/2008	26.4	26.8	26.6	26.7	26.7
158	22/2/2008	26.4	26.7	26.8	26.7	26.3
160	24/2/2008	28.4	28.5	28.5	28.5	28.5
161	25/2/2008	28.8	29.3	29.1	28.9	28.8
162	26/2/2008	27.5	27.6	27.8	27.4	27.3

ตารางที่ ก-8 อุณหภูมิของถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิกริยา			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
1	21/1/2008	29.7	28.9	28.8	28.8	28.8
2	22/1/2008	28.7	28.6	28.6	28.5	28.3
3	23/1/2008	28.2	28.1	28.1	28.0	27.8
4	24/1/2008	27.9	27.8	27.7	27.6	27.2
5	25/1/2008	27.3	27.2	27.2	27.3	27.3
7	27/1/2008	28.7	28.8	28.6	28.6	28.6
8	28/1/2008	28.2	28.2	28.2	28.1	28.2
10	30/1/2008	28.0	28.1	28.1	28.1	28.0
11	31/1/2008	28.4	28.2	28.2	28.2	27.9
12	1/2/2008	29.0	29.0	28.8	28.8	28.8
14	3/2/2008	28.8	28.6	28.5	28.4	28.5
15	4/2/2008	27.5	27.4	27.5	27.2	27.1
17	6/2/2008	27.8	27.8	27.6	27.5	27.8
18	7/2/2008	27.0	27.2	27.0	26.7	26.8
21	10/2/2008	26.8	26.3	27.3	26.8	26.8
22	11/2/2008	28.2	28.9	28.8	28.8	28.8
23	12/2/2008	29.2	29.1	29.0	29.0	29.1
24	13/2/2008	27.9	27.9	27.9	27.8	27.4
25	14/2/2008	27.0	27.7	27.9	28.1	27.5
26	15/2/2008	27.8	27.7	27.6	27.6	27.5
28	17/2/2008	27.7	28.1	28	28.1	27.9
30	19/2/2008	27.9	28.0	28.1	28.0	27.7
31	20/2/2008	26.6	26.6	26.7	26.5	26.2
32	21/2/2008	26.4	26.7	26.5	26.4	26.6
33	22/2/2008	26.4	26.7	26.7	26.6	26.4
35	24/2/2008	28.4	28.6	28.6	28.5	28.6
36	25/2/2008	28.8	28.6	28.5	28.3	28.4
37	26/2/2008	27.5	27.1	27.3	27.3	27.1
39	28/2/2008	26.7	26.8	26.8	26.8	26.5
40	29/2/2008	27.6	27.3	27.3	27.1	27.1

ตารางที่ ก-8 อุณหภูมิของถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิกริยา			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
44	4/3/2008	27.9	27.5	27.6	27.2	26.9
45	5/3/2008	26.9	27.0	27.0	27.0	26.8
46	6/3/2008	24.8	25.8	25.8	25.7	25.4
49	9/3/2008	26.4	26.6	26.7	26.6	26.7
50	10/3/2008	29.4	29.3	29.1	29.1	29.0
52	12/3/2008	26.0	26.0	26.3	26.7	25.8
53	13/3/2008	28.4	28.0	28.3	28.3	28.2
56	16/3/2008	25.8	26.3	26.4	26.3	26.1
58	18/3/2008	29.7	29.3	29.3	29.2	29.1
60	20/3/2008	28.9	28.8	28.7	28.6	28.4
63	23/3/2008	28.9	29.5	29.5	29.5	28.9
65	25/3/2008	29.0	29.2	29.4	29.4	29.1
67	27/3/2008	29.3	29.3	29.2	29.2	29.1
69	29/3/2008	27.3	27.3	27.2	26.8	26.8
71	31/3/2008	29.2	29.1	29.3	29.2	29.1
72	1/4/2008	28.2	29.2	29.4	29.9	29.9
74	3/4/2008	30.0	29.6	30.0	29.9	29.7
75	4/4/2008	27.8	28.0	27.9	28.0	28.0
79	8/4/2008	27.7	28.3	28.3	28.5	30.0
80	9/4/2008	30.5	30.4	30.3	30.2	30.1
81	10/4/2008	30.9	30.5	30.4	30.4	30.3
82	11/4/2008	28.0	28.2	28.2	28.4	28.4
84	13/4/2008	28.8	29.0	29.0	28.9	28.8
87	16/4/2008	30.3	30.3	30.4	30.3	30.2
88	17/4/2008	30.6	30.4	30.4	30.4	30.5

ตารางที่ ก-9 อุณหภูมิของถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิกริยา					น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4	ห้องที่ 5	
1	28/2/2008	26.7	27.0	26.9	26.9	26.8	27.0	26.8
2	29/2/2008	27.6	27.4	27.7	27.7	27.1	27.4	27.4
7	5/3/2008	26.9	26.9	27.1	27.1	26.7	27.2	26.9
8	6/3/2008	24.8	25.9	25.9	25.9	25.8	25.9	25.6
11	9/3/2008	26.4	26.7	26.6	27.1	27.1	27.0	27.2
12	10/3/2008	29.4	29.6	29.6	29.5	29.6	29.4	29.2
14	12/3/2008	26.0	25.8	25.9	26.1	26.0	26.1	25.9
15	13/3/2008	28.4	28.7	28.2	28.5	28.3	28.6	28.5
18	16/3/2008	25.8	26.4	26.6	26.6	26.3	26.5	26.3
20	18/3/2008	29.7	29.6	29.6	29.6	29.6	29.5	29.4
22	20/3/2008	28.9	29.0	29.2	29.3	28.8	28.9	28.8
25	23/3/2008	28.9	29.5	29.5	29.6	29.4	29.7	29.2
27	25/3/2008	29.0	29.3	29.2	29.6	29.4	29.5	29.6
29	27/3/2008	29.3	29.2	29.3	29.3	29.4	29.4	29.4
31	29/3/2008	27.3	27.1	26.9	26.6	26.8	26.3	26.4
33	31/3/2008	29.2	29.4	29.4	29.2	29.2	29.4	29.5
34	1/4/2008	28.2	28.4	28.5	28.6	28.6	28.6	28.8
36	3/4/2008	30.0	29.8	30.0	30.0	30.0	29.9	29.8
37	4/4/2008	27.8	28.1	28.1	28.1	27.9	27.9	28.1
41	8/4/2008	27.7	28.0	28.0	28.0	28.0	28.3	29.7
42	9/4/2008	30.5	30.6	30.5	30.4	30.3	30.4	30.3
43	10/4/2008	30.9	30.8	30.9	30.8	30.6	30.6	30.4
44	11/4/2008	28.0	28.3	28.6	28.6	28.6	28.6	28.7
46	13/4/2008	28.8	29.0	29.1	29.1	28.9	29.1	28.8
49	16/4/2008	30.3	30.7	30.7	30.7	30.7	30.6	30.4
50	17/4/2008	30.6	30.7	30.7	30.6	30.7	30.6	30.4

ตารางที่ ก-10 พิเศษของถังปฏิบัติการ 3 ห้อง ไม่มีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
8	25/9/2007	6.90	6.74	7.16	7.31	7.82
9	26/9/2007	7.33	6.59	7.03	7.26	7.19
10	27/9/2007	6.66	6.00	6.89	7.18	6.98
11	28/9/2007	7.78	6.21	6.71	7.13	7.21
14	1/10/2007	7.48	6.35	6.68	6.82	7.04
16	3/10/2007	7.26	6.26	6.82	6.89	7.10
17	4/10/2007	7.55	6.40	6.79	6.98	6.95
18	5/10/2007	6.61	6.55	6.68	6.86	6.82
21	8/10/2007	7.21	7.26	7.10	7.01	7.07
22	9/10/2007	6.80	7.23	7.18	7.04	7.15
23	10/10/2007	7.19	7.23	7.27	7.30	7.20
24	11/10/2007	6.68	7.00	7.13	7.09	7.25
25	12/10/2007	7.77	7.15	7.23	7.24	7.25
28	15/10/2007	7.44	6.68	6.93	7.04	7.20
29	16/10/2007	6.65	6.28	6.93	7.13	7.00
30	17/10/2007	8.50	7.06	6.81	6.90	6.94
31	18/10/2007	6.79	7.14	7.10	7.02	6.97
32	19/10/2007	7.51	7.25	7.18	7.11	7.11
35	22/10/2007	6.70	7.19	7.17	7.17	7.29
37	24/10/2007	7.58	7.09	7.11	7.13	7.32
38	25/10/2007	5.82	6.96	7.17	7.15	7.18
39	26/10/2007	6.69	6.82	7.10	7.07	7.10
42	29/10/2007	7.50	6.67	6.95	6.99	7.16
43	30/10/2007	6.69	6.32	6.88	6.88	6.89
44	31/10/2007	7.50	7.10	7.23	6.99	7.20
45	1/11/2007	6.81	6.24	7.12	7.14	7.06
49	5/11/2007	7.44	7.14	7.06	6.91	6.99
50	6/11/2007	6.66	6.85	7.15	7.10	7.17
51	7/11/2007	7.42	6.75	7.08	7.08	7.33
52	8/11/2007	6.48	5.82	6.94	7.03	7.07

ตารางที่ ก-10 พิเศษของถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
53	9/11/2007	7.55	6.98	7.01	6.98	6.79
56	12/11/2007	7.53	6.73	7.06	7.01	6.99
57	13/11/2007	6.76	6.00	6.89	7.09	7.20
58	14/11/2007	7.48	6.99	7.15	7.10	7.24
59	15/11/2007	6.38	5.47	6.77	7.00	6.96
60	16/11/2007	7.45	6.93	7.06	6.91	6.90
64	20/11/2007	6.74	6.98	7.03	7.05	7.58
65	21/11/2007	7.50	6.75	6.98	6.79	7.16
66	22/11/2007	6.76	6.26	6.68	6.86	6.61
67	23/11/2007	7.37	6.70	6.69	6.59	6.51
70	26/11/2007	7.41	6.43	6.62	6.64	6.61
72	28/11/2007	7.40	6.99	7.01	6.86	6.83
73	29/11/2007	6.64	6.54	6.93	6.94	6.65
74	30/11/2007	7.31	6.86	6.96	6.80	6.78
77	3/12/2007	7.63	6.44	6.78	6.60	6.52
78	4/12/2007	6.44	6.84	6.98	6.74	6.77
79	5/12/2007	7.42	7.15	7.30	6.93	6.82
80	6/12/2007	6.57	7.08	7.19	7.04	7.04
81	7/12/2007	7.37	6.97	7.27	7.02	6.94
83	9/12/2007	7.61	6.81	7.02	7.02	6.90
85	11/12/2007	6.68	6.57	6.92	6.98	6.71
86	12/12/2007	7.23	7.15	7.22	6.97	7.08
87	13/12/2007	6.55	6.18	6.86	6.95	6.61
88	14/12/2007	7.27	6.66	6.98	6.84	6.65
91	17/12/2007	7.00	6.30	6.50	6.44	6.54
92	18/12/2007	6.62	6.34	6.87	6.62	6.77
93	19/12/2007	7.44	7.27	7.19	7.15	7.28
94	20/12/2007	6.51	6.72	6.88	7.03	6.97
95	21/12/2007	7.48	6.95	7.02	7.02	7.43
97	23/12/2007	7.61	7.32	7.34	7.43	7.63

ตารางที่ ก-10 พิเศษของถังปฏิบัติการ 3 ห้อง ไม่มีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
99	25/12/2007	6.23	6.61	6.72	6.93	7.23
100	26/12/2007	7.26	6.90	6.85	6.92	6.89
101	27/12/2007	6.36	5.35	6.79	6.97	6.35
102	28/12/2007	7.52	6.97	7.05	7.01	7.03
105	31/12/2007	7.54	6.92	6.92	6.95	7.06
106	1/1/2008	6.47	5.66	6.75	7.06	7.07
107	2/1/2008	7.35	7.08	7.11	7.12	7.08
108	3/1/2008	6.58	5.35	6.82	7.14	6.65
109	4/1/2008	7.36	6.92	7.03	6.97	7.06
112	7/1/2008	7.28	7.01	7.02	7.11	7.20
113	8/1/2008	6.27	5.76	6.57	6.98	7.39
114	9/1/2008	7.41	6.90	6.89	6.99	7.10
118	13/1/2008	7.34	6.43	6.9	6.92	7.13
119	14/1/2008	6.11	6.24	6.58	7.15	7.19
120	15/1/2008	6.14	6.60	6.67	6.81	7.23
121	16/1/2008	7.44	7.03	7.05	7.21	7.55
122	17/1/2008	6.96	5.39	5.97	6.68	7.15
123	18/1/2008	7.77	6.41	6.73	6.79	6.84
126	21/1/2008	7.83	6.42	6.61	6.76	7.45
127	22/1/2008	6.42	5.48	6.07	6.48	6.74
128	23/1/2008	6.60	6.78	6.70	6.78	6.77
129	24/1/2008	7.92	7.00	7.29	7.22	7.43
130	25/1/2008	5.85	5.70	6.47	6.81	7.17
132	27/1/2008	8.21	7.15	7.08	7.05	7.38
133	28/1/2008	6.78	6.01	6.74	6.82	8.11
134	29/1/2008	6.61	7.01	6.99	7.07	7.20
135	30/1/2008	6.73	6.96	7.20	7.31	7.28
136	31/1/1900	8.17	7.11	7.23	7.24	7.38
137	1/2/2008	6.68	7.17	7.14	7.16	7.81
139	3/2/2008	8.21	7.24	7.39	7.35	7.64

ตารางที่ ก-10 พีเอชของถังปฏิบัติการ 3 ห้อง ไม่มีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
140	4/2/2008	6.60	6.84	7.12	7.36	7.13
142	6/2/2008	6.49	6.96	7.21	7.28	8.08
143	7/2/2008	8.10	7.35	7.65	7.51	7.52
146	10/2/2008	7.93	7.09	7.30	7.54	7.28
147	11/2/2008	6.19	6.96	7.06	7.13	7.48
148	12/2/2008	6.02	6.96	7.20	7.20	7.59
149	13/2/2008	6.39	6.92	7.05	7.08	8.12
150	14/2/2008	7.88	7.22	7.00	7.41	7.13
151	15/2/2008	7.77	6.61	7.02	7.11	7.45
153	17/2/2008	7.82	6.58	7.11	7.24	7.00
155	19/2/2008	5.98	6.42	7.09	6.85	7.25
156	20/2/2008	6.61	6.72	7.11	6.92	7.10
157	21/2/2008	7.95	7.25	7.04	7.18	7.35
158	22/2/2008	6.67	6.03	6.99	7.10	7.08
160	24/2/2008	7.89	7.25	7.25	7.07	7.69
161	25/2/2008	6.47	5.72	6.86	7.00	7.51
162	26/2/2008	6.25	6.61	6.72	6.91	6.99

ตารางที่ ก-11 พิเศษของถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
1	21/1/2008	7.83	5.31	5.53	6.70	6.91
2	22/1/2008	6.42	5.70	5.88	6.67	6.37
3	23/1/2008	6.60	6.64	6.64	6.72	8.19
4	24/1/2008	7.92	6.57	6.55	6.78	7.02
5	25/1/2008	5.85	6.77	6.77	6.85	6.94
7	27/1/2008	8.21	6.85	7.20	7.04	7.28
8	28/1/2008	6.78	5.70	6.77	6.85	6.85
10	30/1/2008	6.73	7.02	7.21	7.45	7.18
11	31/1/2008	8.19	6.95	7.12	7.43	7.17
12	1/2/2008	6.68	6.52	6.83	7.46	6.79
14	3/2/2008	8.21	7.04	7.14	7.33	7.29
15	4/2/2008	6.60	5.57	6.92	7.16	6.42
17	6/2/2008	6.49	6.64	6.67	6.97	6.81
18	7/2/2008	8.10	7.21	7.46	7.31	7.39
21	10/2/2008	7.93	8.07	7.86	7.39	7.75
22	11/2/2008	6.19	5.60	6.68	7.21	6.55
23	12/2/2008	6.02	6.85	6.69	6.93	6.80
24	13/2/2008	6.39	6.29	6.51	6.84	6.96
25	14/2/2008	7.88	7.14	7.05	7.17	7.08
26	15/2/2008	7.77	5.90	5.79	6.79	6.67
28	17/2/2008	7.82	6.85	6.85	6.93	7.01
30	19/2/2008	5.98	6.96	6.86	6.84	6.83
31	20/2/2008	7.05	7.05	7.02	6.95	7.03
32	21/2/2008	7.95	7.04	7.03	6.93	7.28
33	22/2/2008	6.67	6.70	6.75	6.92	6.68
35	24/2/2008	7.89	6.91	6.84	6.89	7.26
36	25/2/2008	6.47	6.99	7.00	7.05	7.09
37	26/2/2008	6.25	6.87	6.70	6.78	6.81
39	28/2/2008	7.81	7.25	7.14	7.10	7.41
40	29/2/2008	6.39	6.62	6.7	6.9	6.57

ตารางที่ ก-11 พิเศษของถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
44	4/3/2008	5.48	6.34	6.59	6.89	6.64
45	5/3/2008	7.64	6.95	6.98	7.03	7.05
46	6/3/2008	6.42	6.91	7.07	7.11	7.07
49	9/3/2008	8.31	6.69	7.02	7.21	6.94
50	10/3/2008	6.10	6.99	7.02	7.02	7.10
52	12/3/2008	8.08	7.44	7.48	7.40	8.97
53	13/3/2008	6.24	6.70	6.57	7.00	6.69
56	16/3/2008	8.60	6.98	7.08	7.21	7.38
58	18/3/2008	8.31	7.26	7.29	7.25	7.45
60	20/3/2008	6.27	7.18	7.20	7.20	7.43
63	23/3/2008	6.12	6.77	6.80	6.91	6.93
65	25/3/2008	8.22	7.00	7.08	7.10	7.18
67	27/3/2008	6.23	6.92	6.92	6.98	7.05
69	29/3/2008	8.29	7.34	7.33	7.43	7.70
71	31/3/2008	6.46	7.01	6.97	7.08	6.96
72	1/4/2008	8.11	7.22	7.30	7.28	7.54
74	3/4/2008	6.06	7.03	6.96	7.11	6.99
75	4/4/2008	8.29	7.30	7.26	7.32	7.80
79	8/4/2008	8.33	7.20	7.15	7.19	8.03
80	9/4/2008	6.19	6.94	6.95	7.04	7.12
81	10/4/2008	8.21	7.09	7.10	7.06	7.15
82	11/4/2008	5.74	6.98	6.87	6.97	6.94
84	13/4/2008	7.78	7.07	7.06	7.09	7.24
87	16/4/2008	8.18	6.76	6.79	6.91	7.10
88	17/4/2008	5.71	6.81	6.80	6.87	6.87

ตารางที่ ก-12 พิเศษของถังปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ					น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4	ห้องที่ 5	
1	28/2/2008	7.81	7.04	6.92	7.42	7.64	7.28	7.20
2	29/2/2008	6.39	5.40	6.29	6.90	6.94	6.21	6.24
7	5/3/2008	7.64	6.78	6.77	7.04	7.03	7.27	7.18
8	6/3/2008	6.42	5.95	6.03	6.39	6.90	6.99	6.88
11	9/3/2008	8.31	5.67	5.86	6.51	6.56	7.02	7.18
12	10/3/2008	6.10	6.51	6.70	6.83	6.92	7.06	7.44
14	12/3/2008	8.08	7.48	7.46	7.51	7.49	7.48	9.13
15	13/3/2008	6.24	5.51	6.60	6.50	6.55	6.68	6.73
18	16/3/2008	8.60	5.53	6.31	6.34	6.48	7.12	6.80
20	18/3/2008	8.31	7.26	7.25	7.23	7.23	7.24	7.46
22	20/3/2008	6.27	6.59	6.93	6.97	7.10	7.54	7.15
25	23/3/2008	6.12	6.78	7.10	6.94	6.93	6.91	7.03
27	25/3/2008	8.22	6.77	6.96	7.05	7.13	7.19	7.13
29	27/3/2008	6.23	6.86	6.95	6.98	7.01	7.00	7.00
31	29/3/2008	8.29	7.20	7.31	7.54	7.41	7.41	7.61
33	31/3/2008	6.46	6.81	6.83	6.88	6.95	7.01	7.11
34	1/4/2008	8.11	7.13	7.27	7.27	7.33	7.33	7.43
36	3/4/2008	6.06	6.76	7.07	7.08	7.04	7.05	7.10
37	4/4/2008	8.29	7.34	7.25	7.29	7.35	7.31	7.56
41	8/4/2008	8.33	7.18	7.18	7.20	7.15	7.18	7.39
42	9/4/2008	6.19	6.96	6.97	7.00	6.99	6.89	7.18
43	10/4/2008	8.21	6.86	7.12	7.14	7.09	7.20	7.23
44	11/4/2008	7.56	6.81	6.91	7.02	7.03	7.04	7.56
46	13/4/2008	7.78	6.98	7.03	7.02	7.03	7.05	7.30
49	16/4/2008	8.18	6.84	6.84	6.85	6.82	6.85	6.97
50	17/4/2008	5.71	6.80	6.85	6.86	6.86	6.84	6.85

ตารางที่ ก-13 โออาร์พีของถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
8	25/9/2007	-229.0	-222.9	-246.9	-255.9	-285.0
9	26/9/2007	-262.6	-219.4	-245.6	-258.5	-254.2
10	27/9/2007	-223.1	-184.6	-237.4	-254.4	-242.3
11	28/9/2007	-289.2	-196.2	-226.0	-250.8	-258.5
14	1/10/2007	-282.3	-209.0	-228.3	-235.2	-248.8
16	3/10/2007	-261.8	-204.2	-237.3	-240.0	-252.6
17	4/10/2007	-279.0	-211.3	-235.1	-245.9	-244.1
18	5/10/2007	-225.0	-221.0	-228.5	-239.2	-236.1
21	8/10/2007	-259.0	-261.9	-253.9	-247.9	-251.3
22	9/10/2007	-223.0	-248.6	-245.6	-238.2	-242.0
23	10/10/2007	-246.1	-248.5	-250.1	-252.2	-245.9
24	11/10/2007	-216.6	-234.5	-242.8	-240.4	-249.8
25	12/10/2007	-278.0	-245.2	-247.2	-248.3	-248.3
28	15/10/2007	-267.4	-221.5	-235.7	-243.2	-252.1
29	16/10/2007	-219.7	-196.2	-237.3	-248.6	-241.2
30	17/10/2007	-326.5	-245.0	-229.5	-233.9	-236.7
31	18/10/2007	-233.0	-252.0	-250.0	-246.0	-243.0
32	19/10/2007	-273.0	-258.0	-254.0	-251.0	-251.0
35	22/10/2007	-228.0	-255.0	-254.0	-254.0	-261.0
37	24/10/2007	-277.0	-250.0	-251.0	-252.0	-263.0
38	25/10/2007	-178.0	-242.0	-254.0	-253.0	-254.0
39	26/10/2007	-227.0	-234.0	-250.0	-248.0	-250.0
42	29/10/2007	-273.0	-226.0	-242.0	-244.0	-254.0
43	30/10/2007	-227.0	-207.0	-237.0	-237.0	-238.0
44	31/10/2007	-267.0	-245.0	-252.0	-239.0	-251.0
45	1/11/2007	-229.0	-197.0	-246.0	-247.0	-243.0
49	5/11/2007	-264.0	-247.0	-243.0	-234.0	-239.0
50	6/11/2007	-221.0	-231.0	-248.0	-245.0	-249.0
51	7/11/2007	-263.0	-225.0	-244.0	-244.0	-258.0
52	8/11/2007	-211.0	-174.0	-237.0	-241.0	-244.0

ตารางที่ ก-13 โออาร์พีของถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
53	9/11/2007	-270.0	-238.0	-240.0	-231.0	-228.0
56	12/11/2007	-269.0	-224.0	-243.0	-240.0	-239.0
57	13/11/2007	-226.0	-184.0	-233.0	-245.0	-251.0
58	14/11/2007	-266.0	-239.0	-248.0	-245.0	-253.0
59	15/11/2007	-238.6	-158.4	-234.9	-248.0	-246.1
60	16/11/2007	-277.3	-242.5	-249.8	-241.0	-240.3
64	20/11/2007	-236.2	-250.3	-253.2	-255.0	-284.3
65	21/11/2007	-281.2	-237.7	-251.4	-240.2	-261.8
66	22/11/2007	-229.6	-199.7	-224.5	-235.4	-220.6
67	23/11/2007	-275.4	-236.8	-236.2	-230.0	-225.1
70	26/11/2007	-274.8	-218.0	-229.0	-230.1	-228.6
72	28/11/2007	-280.4	-259.0	-258.2	-249.2	-248.3
73	29/11/2007	-233.9	-229.8	-251.8	-254.1	-233.5
74	30/11/2007	-277.9	-252.9	-258.7	-279.1	-247.8
77	3/12/2007	-291.8	-223.1	-244.9	-232.8	-228.1
78	4/12/2007	-223.8	-247.1	-255.3	-241.2	-242.9
79	5/12/2007	-281.3	-266.6	-274.0	-255.2	-247.2
80	6/12/2007	-230.6	-259.6	-266.0	-257.0	-257.2
81	7/12/2007	-276.7	-254.6	-271.1	-257.3	-252.5
83	9/12/2007	-288.6	-243.3	-255.5	-255.7	-248.4
85	11/12/2007	-237.7	-230.5	-251.7	-254.6	-239.1
86	12/12/2007	-277.0	-272.5	-276.1	-262.0	-269.2
87	13/12/2007	-243.2	-220.5	-260.6	-265.1	-271.6
88	14/12/2007	-278.0	-243.4	-261.8	-253.6	-242.9
91	17/12/2007	-268.5	-227.6	-238.9	-235.6	-240.9
92	18/12/2007	-242.3	-226.2	-257.0	-242.8	-251.2
93	19/12/2007	-289.4	-279.3	-274.6	-272.4	-279.5
94	20/12/2007	-244.4	-255.2	-264.8	-274.0	-269.9
95	21/12/2007	-300.0	-269.8	-274.4	-274.1	-296.8
97	23/12/2007	-308.3	-291.9	-292.3	-298.6	-309.9

ตารางที่ ก-13 โออาร์พีของถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
99	25/12/2007	-240.5	-260.5	-266.0	-278.2	-294.7
100	26/12/2007	-291.2	-270.3	-267.9	-271.9	-270.0
101	27/12/2007	-239.6	-184.6	-263.7	-273.5	-238.5
102	28/12/2007	-301.2	-270.4	-274.7	-272.8	-273.7
105	31/12/2007	-273.1	-255.7	-256.0	-257.6	-263.5
106	1/1/2008	-230.3	-187.0	-246.5	-263.2	-264.5
107	2/1/2008	-279.8	-265.2	-266.3	-267.3	-264.2
108	3/1/2008	-238.3	-170.6	-251.5	-268.1	-242.1
109	4/1/2008	-281.8	-257.3	-263.2	-259.4	-264.4
112	7/1/2008	-279.3	-263.8	-264.2	-269.8	-274.3
113	8/1/2008	-227.2	-198.0	-245.5	-268.2	-293.3
114	9/1/2008	-293.4	-264.4	-263.3	-268.6	-275.3
118	13/1/2008	-297.0	-245.1	-272.0	-272.7	-284.4
119	14/1/2008	-226.7	-234.2	-253.2	-285.1	-288.0
120	15/1/2008	-218.4	-245.3	-249.9	-258.1	-283.7
121	16/1/2008	-282.3	-267.0	-268.5	-277.1	-295.8
122	17/1/2008	-255.0	-161.2	-195.8	-237.7	-265.6
123	18/1/2008	-289.0	-210.8	-229.7	-232.7	-236.5
126	21/1/2008	-290.1	-208.9	-220.1	-229.0	-268.4
127	22/1/2008	-202.2	-147.9	-181.9	-206.0	-220.1
128	23/1/2008	-241.6	-252.8	-247.6	-252.0	-251.2
129	24/1/2008	-316.2	-263.6	-278.7	-276.0	-288.2
130	25/1/2008	-198.3	-189.4	-234.3	-254.6	-274.6
132	27/1/2008	-329.8	-269.2	-266.1	-265.3	-282.3
133	28/1/2008	-255.4	-203.9	-247.8	-252.5	-326.2
134	29/1/2008	-238.3	-260.8	-260.3	-264.8	-272.3
135	30/1/2008	-244.5	-257.4	-271.1	-277.3	-275.8
136	31/1/1900	-327.1	-264.5	-271.5	-272.3	-280.0
137	1/2/2008	-240.2	-268.4	-266.6	-267.0	-305.3
139	3/2/2008	-329.5	-273.9	-280.0	-279.1	-296.2

ตารางที่ ก-13 โออาร์พีของถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
140	4/2/2008	-237.7	-251.2	-267.0	-280.2	-266.6
142	6/2/2008	-236.0	-263.5	-276.9	-281.1	-325.8
143	7/2/2008	-327.2	-284.0	-301.9	-293.6	-294.1
146	10/2/2008	-319.3	-271.9	-283.9	-297.0	-282.8
147	11/2/2008	-218.5	-264.3	-268.6	-273.8	-293.2
148	12/2/2008	-213.2	-269.5	-282.7	-281.8	-304.3
149	13/2/2008	-235.8	-266.7	-274.0	-275.5	-333.0
150	14/2/2008	-318.2	-282.0	-270.1	-292.6	-279.3
151	15/2/2008	-309.8	-243.2	-267.2	-272.3	-291.2
153	17/2/2008	-313.2	-242.0	-274.0	-280.6	-267.1
155	19/2/2008	-209.4	-234.4	-275.1	-258.6	-281.8
156	20/2/2008	-245.5	-251.8	-273.1	-263.3	-272.4
157	21/2/2008	-324.2	-285.9	-273.8	-282.1	-291.0
158	22/2/2008	-256.2	-217.6	-275.2	-281.4	-280.8
160	24/2/2008	-316.9	-281.5	-281.5	-271.1	-305.9
161	25/2/2008	-236.4	-192.3	-259.5	-267.2	-295.9
162	26/2/2008	-224.2	-246.3	-253.2	-264.3	-269.2

ตารางที่ ก-14 ไออาร์พีของถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
1	21/1/2008	-290.1	-143.5	-156.9	-226.1	-238.0
2	22/1/2008	-202.2	-160.2	-169.2	-216.6	-199.1
3	23/1/2008	-241.6	-244.1	-244.0	-247.9	-332.1
4	24/1/2008	-316.2	-238.1	-237.2	-250.0	-264.1
5	25/1/2008	-198.3	-252.4	-251.4	-257.1	-261.3
7	27/1/2008	-329.8	-252.1	-272.1	-263.1	-277.1
8	28/1/2008	-255.4	-233.5	-249.7	-254.4	-254.4
10	30/1/2008	-244.5	-260.3	-271.9	-285.3	-270.1
11	31/1/2008	-327.1	-255.4	-265.1	-283.3	-268.1
12	1/2/2008	-240.2	-230.9	-248.0	-284.9	-246.2
14	3/2/2008	-329.5	-262.1	-268	-279.7	-276.0
15	4/2/2008	-237.7	-178.4	-255.6	-269.0	-226.1
17	6/2/2008	-236.0	-244.9	-246.3	-263.6	-254.3
18	7/2/2008	-327.2	-276.8	-291.9	-282.2	-287.1
21	10/2/2008	-319.3	-327.5	-315.2	-288.9	-308.9
22	11/2/2008	-218.5	-182.7	-247.4	-278.5	-240.5
23	12/2/2008	-213.2	-262.5	-253.0	-267.4	-259.2
24	13/2/2008	-235.8	-228.4	-242.7	-261.8	-268.6
25	14/2/2008	-318.2	-278.1	-272.7	-279.3	-273.3
26	15/2/2008	-309.8	-201.1	-196.0	-254.0	-246.5
28	17/2/2008	-313.2	-259.0	-258.7	-263.4	-268.4
30	19/2/2008	-209.4	-265.3	-259.6	-258.7	-257.8
31	20/2/2008	-270.4	-270.4	-268.7	-264.5	-269.3
32	21/2/2008	-324.2	-274.4	-273.6	-268.0	-287.8
33	22/2/2008	-256.2	-257.6	-260.6	-271.2	-273.6
35	24/2/2008	-316.9	-262.1	-257.9	-261.3	-282.0
36	25/2/2008	-236.4	-267.0	-267.8	-270.2	-272.4
37	26/2/2008	-224.2	-262.1	-251.6	-256.9	-258.5
39	28/2/2008	-316.3	-285.3	-279.5	-277.4	-293.7
40	29/2/2008	-236.5	-250.5	-254.5	-293.1	-247.2

ตารางที่ ก-14 โออาร์พีของถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ			น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
44	4/3/2008	-180.0	-229.7	-244.0	-261.2	-246.2
45	5/3/2008	-302.8	-264.6	-266.5	-269.5	-270.3
46	6/3/2008	-233.5	-262.7	-271.1	-273.6	-271.3
49	9/3/2008	-335.4	-245.4	-264.0	-273.8	-258.8
50	10/3/2008	-211.6	-261.9	-263.6	-263.7	-268.4
52	12/3/2008	-323.9	-286.9	-290.1	-285.5	-372.8
53	13/3/2008	-206.0	-232.0	-224.2	-249.7	-231.3
56	16/3/2008	-334.7	-252.5	-258.1	-266.2	-275.7
58	18/3/2008	-307.7	-248.7	-250.1	-248.1	-259.9
60	20/3/2008	-196.3	-249.0	-251.7	-251.0	-264.5
63	23/3/2008	-195.8	-233.2	-235.8	-241.6	-242.6
65	25/3/2008	-310.7	-243.9	-248.2	-249.6	-253.7
67	27/3/2008	-200.3	-239.5	-239.7	-242.4	-246.7
69	29/3/2008	-315.1	-263.4	-263.1	-268.1	-282.5
71	31/3/2008	-216.0	-245.8	-243.1	-249.3	-243.2
72	1/4/2008	-305.7	-258.8	-262.0	-260.5	-274.6
74	3/4/2008	-190.1	-244.0	-240.0	-248.9	-241.8
75	4/4/2008	-314.3	-258.7	-256.8	-259.9	-286.8
79	8/4/2008	-315.5	-253.0	-250.5	-253.2	-300.0
80	9/4/2008	-194.8	-238.0	-238.5	-243.4	-247.4
81	10/4/2008	-309.2	-246.1	-247.1	-244.4	-249.4
82	11/4/2008	-180.2	-248.3	-243.7	-249.7	-247.1
84	13/4/2008	-293.0	-254.2	-253.7	-255.3	-263.0
87	16/4/2008	-313.8	-238.2	-239.3	-245.5	-256.1
88	17/4/2008	-179.2	-239.9	-239.7	-243.3	-243.7

ตารางที่ ก-15 โออาร์พีของถังปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	น้ำเสีย	ถังปฏิบัติการ					น้ำออก
			ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4	ห้องที่ 5	
1	28/2/2008	-316.3	-273.6	-267.0	-294.2	-305.8	-286.8	-282.2
2	29/2/2008	-236.5	-176.0	-230.5	-267.3	-268.5	-224.8	-226.2
7	5/3/2008	-302.8	-255.4	-254.7	-269.3	-269.1	-282.1	-277.6
8	6/3/2008	-233.5	-206.7	-211.6	-231.9	-261.7	-266.7	-260.1
11	9/3/2008	-335.4	-187.7	-198.4	-235.2	-237.4	-263.4	-272.7
12	10/3/2008	-211.6	-234.7	-245.8	-252.8	-257.5	-266.2	-287.1
14	12/3/2008	-323.9	-291.7	-288.6	-291.7	-290.2	-289.1	-381.4
15	13/3/2008	-206.0	-162.3	-226.8	-220.5	-223.2	-231.0	-233.8
18	16/3/2008	-334.7	-172.8	-217.1	-218.8	-225.1	-261.3	-243.0
20	18/3/2008	-307.7	-248.4	-248.5	-247.2	-247.1	-247.7	-260.5
22	20/3/2008	-196.3	-215.7	-236.0	-238.1	-245.8	-271.0	-248.2
25	23/3/2008	-195.8	-234.5	-252.0	-243.6	-243.1	-242.3	-248.5
27	25/3/2008	-310.7	-230.7	-241.8	-246.8	-251.3	-254.3	-251.2
29	27/3/2008	-200.3	-236.3	-241.4	-243.0	-244.3	-243.5	-244.1
31	29/3/2008	-315.1	-255.5	-261.7	-274.0	-267.1	-267.5	-277.9
33	31/3/2008	-216.0	-234.7	-235.9	-238.8	-242.7	-245.8	-251.3
34	1/4/2008	-305.7	-252.5	-259.7	-259.7	-262.8	-262.6	-268.2
36	3/4/2008	-190.1	-229.8	-246.1	-246.7	-244.7	-245.0	-247.7
37	4/4/2008	-314.3	-261.1	-256.0	-258.5	-261.7	-259.2	-273.1
41	8/4/2008	-313.5	-252.1	-252.0	-253.1	-250.6	-252.1	-264.4
42	9/4/2008	-194.8	-239.2	-239.6	-241.1	-240.5	-235.1	-251.1
43	10/4/2008	-309.2	-233.1	-248.0	-248.8	-246.1	-252.1	-253.6
44	11/4/2008	-180.2	-224.1	-236.4	-246.1	-254.3	-254.1	-258.4
46	13/4/2008	-293.0	-249.1	-252.0	-251.6	-251.9	-253.1	-267.1
49	16/4/2008	-313.8	-242.0	-241.4	-242.4	-240.5	-242.7	-249.3
50	17/4/2008	-179.2	-239.7	-241.9	-243.3	-242.9	-241.6	-242.0

ตารางที่ ก-16 ของเชิงแขวนลอยของถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	ถังปฏิกริยา			น้ำออก
		ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
10	27/9/2007	250.0	120.0	250.0	225.0
14	1/10/2007	196.4	156.0	160.0	476.0
21	8/10/2007	168.0	84.0	124.0	435.0
23	10/10/2007	400.0	220.0	304.0	128.0
25	12/10/2007	212.0	120.0	152.0	132.0
28	15/10/2007	332.0	90.0	88.0	124.0
30	17/10/2007	400.0	112.0	92.0	156.0
32	19/10/2007	236.0	152.0	96.0	232.0
35	22/10/2007	96.0	80.0	80.0	328.0
39	26/10/2007	196.0	88.0	80.0	290.5
42	29/10/2007	184.0	68.0	92.0	511.8
46	2/11/2007	252.0	344.0	80.0	121.7
49	5/11/2007	176.0	152.0	84.0	196.0
53	9/11/2007	224.0	132.0	112.0	128.0
56	12/11/2007	212.0	148.0	124.0	92.0
60	16/11/2007	441.0	160.0	112.0	220.0
64	20/11/2007	736.0	228.0	676.0	221.3
67	23/11/2007	228.0	192.0	116.0	176.0
70	26/11/2007	285.0	228.0	184.0	422.2
74	30/11/2007	176.0	148.0	96.0	160.0
77	3/12/2007	220.0	180.0	144.0	205.5
81	7/12/2007	204.0	100.0	72.0	88.0
83	9/12/2007	296.0	156.0	80.0	168.0
88	14/12/2007	252.0	176.0	140.0	160.0
91	17/12/2007	576.0	268.0	180.0	180.0
95	21/12/2007	408.0	168.0	136.0	76.0
97	23/12/2007	428.0	112.0	104.0	76.0
102	28/12/2007	408.0	140.0	184.0	148.0
105	31/12/2007	96.0	84.0	64.0	304.0
109	4/1/2008	332.0	224.0	60.0	108.0

ตารางที่ ก-16 ของแข็งแขวนลอยของถังปฏิกริยา 3 ห้องไม่มีตะแกรง (ต่อ)

ลำดับวัน	วันที่	ถังปฏิกริยา			น้ำออก
		ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
112	7/1/2008	568.0	192.0	124.0	136.0
126	21/1/2008	324.0	204.0	180.0	132.0
129	24/1/2008	436.0	312.0	276.0	240.0
132	27/1/2008	336.0	168.0	120.0	104.0
136	31/1/2008	288.0	228.0	204.0	224.0
139	3/2/2008	868.0	280.0	188.0	208.0
143	7/2/2008	480.0	332.0	272.0	196.0
146	10/2/2008	340.0	252.0	180.0	192.0
150	14/2/2008	216.0	213.6	76.0	129.2
153	17/2/2008	148.0	148.0	232.0	88.0
157	21/2/2008	356.0	144.0	80.0	72.0
160	24/2/2008	248.0	224.0	140.0	76.0
162	26/2/2008	472.0	252.0	708.0	100.0

ตารางที่ ก-17 ของแข็งแขวนลอยของถังปฏิกริยา 3 ห้องมีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	ถังปฏิกริยา			น้ำออก
		ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	
2	21/1/2008	176.0	212.0	260.0	188.0
4	24/1/2008	232.0	208.0	192.0	168.0
7	27/1/2008	252.0	224.0	156.0	192.0
11	31/1/2008	256.0	244.0	476.0	200.0
14	3/2/2008	244.0	204.0	296.0	148.0
18	7/2/2008	144.0	136.0	172.0	148.0
21	10/2/2008	192.0	148.0	120.0	124.0
25	14/2/2008	80.0	144.0	96.0	248.0
28	17/2/2008	148.0	52.0	44.0	140.0
32	21/2/2008	88.0	76.0	80.0	88.0
35	24/2/2008	428.0	180.0	504.0	124.0
39	28/2/2008	232.0	156.0	112.0	120.0
46	6/3/2008	200.0	128.0	76.0	108.0
49	9/3/2008	608.0	168.0	84.0	148.0
52	12/3/2008	220.0	192.0	100.0	148.0
56	16/3/2008	196.0	104.0	112.0	156.0
60	20/3/2008	168.0	136.0	80.0	156.0
63	23/3/2008	148.0	100.0	60.0	64.0
65	25/3/2008	144.0	120.0	72.0	92.0
69	29/3/2008	172.0	144.0	72.0	128.0
72	1/4/2008	232.0	180.0	124.0	80.0
75	4/4/2008	276.0	184.0	104.0	136.0
79	8/4/2008	228.0	116.0	60.0	223.0
84	13/4/2008	156.0	144.0	44.0	76.0
87	16/4/2008	208.0	140.0	40.0	48.0

ตารางที่ ก-18 ของแข็งแขวนลอยของถังปฏิกริยา 5 ห้องมีตะแกรง

ลำดับวัน	วันที่	ถังปฏิกริยา					น้ำออก
		ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4	ห้องที่ 5	
4	2/3/2008	440.0	332.0	300.0	288.0	168.0	160.0
8	6/3/2008	512.0	428.0	396.0	312.0	476.0	200.0
11	9/3/2008	532.0	424.0	344.0	324.0	248.0	184.0
14	12/3/2008	360.0	220.0	220.0	192.0	168.0	144.0
18	16/3/2008	756.0	612.0	608.0	648.0	472.0	412.0
22	20/3/2008	352.0	360.0	388.0	332.0	208.0	244.0
25	23/3/2008	428.0	256.0	132.0	120.0	100.0	104.0
27	25/3/2008	216.0	232.0	172.0	144.0	100.0	132.0
31	29/3/2008	336.0	320.0	144.0	68.0	84.0	76.0
34	1/4/2008	416.0	216.0	180.0	148.0	120.0	116.0
37	4/4/2008	288.0	128.0	140.0	228.0	204.0	256.0
41	8/4/2008	32.0	64.0	60.0	72.0	32.0	131.6
46	13/4/2008	264.0	128.0	80.0	120.0	52.0	92.0
49	16/4/2008	200.0	84.0	48.0	116.0	44.0	64.0

ตารางที่ ก-19 ปริมาณก๊าซทั้งหมดของถังปฏิบัติการ 3 ห้องไม่มีตะแกรง

ลำดับ วัน	วันที่	ก๊าซ มล /วัน
14	1/10/2007	11777.91
17	4/10/2007	10935.87
18	5/10/2007	4820.87
23	10/10/2007	10772.72
24	11/10/2007	14048.78
25	12/10/2007	9008.33
28	15/10/2007	11551.65
29	16/10/2007	11419.43
30	17/10/2007	8508.57
31	18/10/2007	11367.65
32	19/10/2007	14769.47
35	22/10/2007	17112.27
36	23/10/2007	9398.15
37	24/10/2007	18545.45
38	25/10/2007	6994.29
39	26/10/2007	13512.00
42	29/10/2007	16025.74
43	30/10/2007	11216.76
45	1/11/2007	14400.00
46	2/11/2007	29417.14
49	5/11/2007	21577.06
50	6/11/2007	19200.00
51	7/11/2007	16200.00
52	8/11/2007	16553.50
53	9/11/2007	15804.88
56	12/11/2007	18398.60
57	13/11/2007	18172.41

ลำดับ วัน	วันที่	ก๊าซ มล /วัน
58	14/11/2007	21680.56
59	15/11/2007	27692.31
60	16/11/2007	25835.20
64	20/11/2007	27862.86
66	22/11/2007	34560.00
67	23/11/2007	17485.71
70	26/11/2007	29571.43
71	27/11/2007	24480.00
72	28/11/2007	20880.00
73	29/11/2007	28800.00
74	30/11/2007	29600.00
77	3/12/2007	39148.46
78	4/12/2007	36000.00
79	5/12/2007	37200.00
80	6/12/2007	28920.00
81	7/12/2007	39072.00
83	9/12/2007	44285.71
86	12/12/2007	42000.00
87	13/12/2007	43200.00
88	14/12/2007	36960.00
91	17/12/2007	37536.00
92	18/12/2007	40731.43
93	19/12/2007	39744.00
94	20/12/2007	37440.00
95	21/12/2007	34868.57
97	23/12/2007	43440.00
99	25/12/2007	40525.71

ลำดับ วัน	วันที่	ก๊าซ มล /วัน
100	26/12/2007	43200.00
101	27/12/2007	36000.00
102	28/12/2007	47040.00
105	31/12/2007	38280.00
107	2/1/2008	40320.00
108	3/1/2008	43200.00
109	4/1/2008	50400.00
112	7/1/2008	50040.00
114	9/1/2008	49440.00
119	14/1/2008	48960.00
128	23/1/2008	43560.00
129	24/1/2008	52560.00
130	25/1/2008	41040.00
132	27/1/2008	46620.00
134	29/1/2008	49680.00
136	31/1/2008	42768.00
139	3/2/2008	46800.00
140	4/2/2008	46656.00
143	7/2/2008	45000.00
146	10/2/2008	42480.00
147	11/2/2008	48960.00
150	14/2/2008	50580.00
153	17/2/2008	39168.00
156	20/2/2008	43200.00
157	21/2/2008	36384.00
162	26/2/2008	42120.00

ตารางที่ ก-20 ปริมาณก๊าซทั้งหมดของถังปฏิบัติการ 3 ห้องมีตะแกรง

ลำดับ วัน	วันที่	ก๊าซ มล /วัน
3	23/1/2008	30600.00
4	24/1/2008	28440.00
5	25/1/2008	30240.00
7	27/1/2008	31176.00
9	29/1/2008	33120.00
11	31/1/2008	28296.00
14	3/2/2008	35100.00
15	4/2/2008	30240.00
18	7/2/2008	35448.00
21	10/2/2008	30528.00
22	11/2/2008	28440.00
25	14/2/2008	32976.00
28	17/2/2008	31776.00
31	20/2/2008	32400.00
32	21/2/2008	31920.00
37	26/2/2008	37224.00
39	28/2/2008	37440.00

ลำดับ วัน	วันที่	ก๊าซ มล /วัน
43	3/3/2008	33600.00
46	6/3/2008	42880.00
48	8/3/2008	46016.00
52	12/3/2008	41760.00
56	16/3/2008	48000.00
58	18/3/2008	43200.00
60	20/3/2008	47600.00
63	23/3/2008	46800.00
67	27/3/2008	49680.00
69	29/3/2008	45720.00
71	31/3/2008	45360.00
73	2/4/2008	54080.00
75	4/4/2008	51200.00
79	8/4/2008	48720.00
84	13/4/2008	60160.00
87	16/4/2008	60960.00

ตารางที่ ก-21 ปริมาณก๊าซทั้งหมดของถังปฏิบัติการ 5 ห้องมีตะแกรง

ลำดับ วัน	วันที่	ก๊าซ มล /วัน
1	28/2/2008	37440.00
5	3/3/2008	36000.00
8	6/3/2008	43520.00
10	8/3/2008	43136.00
14	12/3/2008	43200.00
18	16/3/2008	45600.00
20	18/3/2008	42000.00
22	20/3/2008	46880.00
25	23/3/2008	46800.00
27	25/3/2008	44880.00
29	27/3/2008	44820.00
31	29/3/2008	44640.00
33	31/3/2008	51840.00
35	2/4/2008	48640.00
37	4/4/2008	47600.00
41	8/4/2008	59520.00
46	13/4/2008	58560.00
49	16/4/2008	37440.00

ภาคผนวก ข
รายการคำนวณ

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข -1 ตัวอย่างการคำนวณภาระบรรทุกสารอินทรีย์และอัตราการไหล

จากตารางที่ 3.4 ค่าระยะกักเก็บน้ำในการเริ่มเดินระบบ

ระยะกักเก็บน้ำ (ชั่วโมง)	Organic Loading (กก COD/ลบ.ม.วัน)	อัตราการไหล (ลิตร/ ชั่วโมง)
120	1.2	0.083
80	1.8	0.125
50	2.9	0.200
30	4.8	0.330
20	7.2	0.500

โดยคำนวณจาก ค่าระยะกักเก็บที่ 80 ชั่วโมง ปริมาตร 10 ลิตร และค่าซีโอดี 6,000 มก/ลิตร

1. จาก Organic loading rate = COD (kg/m³) / Time (day)

โดย COD ปกติใช้หน่วย mg/L เมื่อเปลี่ยนหน่วย COD×10⁻³ เป็น kg/m³

Time คือ ระยะเวลาที่น้ำไหลเข้าเต็มถังหรือ HRT

ปกติใช้หน่วย ชั่วโมง เมื่อเปลี่ยนหน่วย HRT/24 เป็น day

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น Organic loading rate} &= \text{COD} \times 10^{-3} / (\text{HRT}/24) \\ &= 6,000 \times 10^{-3} / (80/24) \\ &= 1.8 \text{ กก COD/ลบ.ม.วัน} \end{aligned}$$

2. จาก $Q = V/T$ โดย V คือ ปริมาตร และ T คือ เวลา

$$Q = 10/(80) = 0.125 \text{ ลิตร/ ชั่วโมง}$$

ภาคผนวก ข -2 ตัวอย่างการคำนวณสัดส่วนปริมาณก๊าซรวม

$$1. \quad \text{จากสัดส่วนปริมาณก๊าซรวม} = \frac{\text{ปริมาณ gas (L /day)}}{\text{COD removal (g COD /day)}}$$

เนื่องจาก ปริมาณgas ที่เก็บข้อมูลมีหน่วยเป็น ml/day จึงเปลี่ยนหน่วยเป็น L/day โดยนำ ปริมาณgas/1000

จาก COD removal = $\text{COD}_{\text{เข้า}} - \text{COD}_{\text{ออก}}$ เปลี่ยนหน่วยจาก mg/L เป็น g/L โดยนำ COD/1000 แล้วคิดเป็นปริมาณ CODที่เข้าระบบทั้งหมดต่อวัน โดยคูณกับอัตราการไหลจะได้ COD removal หน่วย g COD/day

2. วิธีคำนวณดังตัวอย่าง

กำหนดให้ COD เข้า = 6,000 mg/L, COD ออก = 200 mg/L

gas ที่เกิดขึ้น 51,000 ml/day , อัตราการไหล 12 L/day

เนื่องจาก ปริมาณgas ที่เก็บข้อมูลมีหน่วยเป็น ml/day จึงเปลี่ยนหน่วย เป็น L/day โดย ปริมาณgas(L/day) = ปริมาณgas/1000

$$= 51000/1000 = 51 \text{ L/day}$$

$$\text{COD removal} = \text{COD}_{\text{เข้า}} - \text{COD}_{\text{ออก}} = 6000 - 200 = 5800 \text{ mg/L}$$

เปลี่ยนหน่วยจาก mg/L เป็น g/L

$$\text{โดย COD removal (g/L)} = \text{COD removal}/1000 = 5800/1000 = 5.8 \text{ g/L}$$

แล้วคิดเป็นปริมาณ CODที่เข้าระบบทั้งหมดต่อวัน โดยคูณกับอัตราการไหลจะได้ COD removal (g COD /day)

$$\text{โดย COD removal (g COD /day)} = \text{COD removal (g/L)} \times \text{อัตราการไหล (L/day)}$$

$$= 5.8 \times 12$$

$$= 69.6 \text{ g COD /day}$$

$$\begin{aligned}
 \text{จากสัดส่วนปริมาณก๊าซรวม} &= \frac{\text{ปริมาณ gas (L /day)}}{\text{COD removal (g COD /day)}} \\
 &= \frac{51 \text{ L/day}}{69.6 \text{ g COD /day}} \\
 &= 0.73 \text{ L /g COD} \times (1000\text{g}/1000\text{L}) \\
 &= 0.73 \text{ m}^3 \text{ /kg COD}
 \end{aligned}$$

ภาคผนวก ข -3 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณก๊าซทางทฤษฎี

1. ปริมาณ Gas ทางทฤษฎี = COD removal (g COD /day) × อัตราการเกิด gas ทางทฤษฎี

โดยอัตราการเกิด gas ทางทฤษฎี = 0.7 m³ /kg COD ที่ STP

เปลี่ยนหน่วยจากสถานะที่ STP เป็นอุณหภูมิห้องจะได้

$$= 0.7 \times (273+25)/273$$

$$= 0.76 \text{ m}^3 \text{ /kg COD} \times (1000\text{L}/1000\text{g})$$

$$= 0.76 \text{ L /g COD ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 250C}$$

COD removal หาจาก COD_{เข้า} – COD_{ออก} เปลี่ยนหน่วยจาก mg/L โดยนำ COD/1000 เป็น g/L แล้วคิดเป็นปริมาณ COD ที่เข้าระบบทั้งหมดต่อวัน โดยคูณกับอัตราการไหลจะได้ COD removal (g COD /day)

2. วิธีคำนวณดังตัวอย่าง

กำหนดให้ COD_{เข้า} = 6,000 mg/L, COD_{ออก} = 200 mg/L , อัตราการไหล 12 L/day

โดยอัตราการเกิด gas ทางทฤษฎี = 0.76 L /g COD ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 250C

จาก COD removal = COD_{เข้า} – COD_{ออก} = 6000 – 200 = 5800 mg/L

เปลี่ยนหน่วยจาก mg/L เป็น g/L

$$\text{โดย COD removal (g/L)} = \text{COD removal}/1000 = 5800/1000 = 5.8 \text{ g/L}$$

แล้วคิดเป็นปริมาณ COD ที่เข้าระบบทั้งหมดต่อวัน โดยคูณกับอัตราการไหลจะได้
COD removal (g COD /day)

$$\begin{aligned} \text{โดย COD removal (g COD /day)} &= \text{COD removal (g/L)} \times \text{อัตราการไหล (L/day)} \\ &= 5.8 \times 12 = 69.6 \text{ g COD /day} \end{aligned}$$

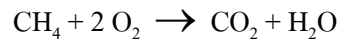
$$\begin{aligned} \text{จาก ปริมาณ Gas ทางทฤษฎี} &= \text{COD removal (g COD /day)} \times \text{อัตราการเกิด gas ทางทฤษฎี} \\ &= 69.6 \times 0.76 \\ &= 52.89 \text{ L /day} \end{aligned}$$

ภาคผนวก ค
ปริมาณก๊าซทางทฤษฎี

ภาคผนวก ค

ปริมาณก๊าซทางทฤษฎี

ก๊าซมีเทนทางทฤษฎี คือ ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นต่อซีโอดีที่ถูกกำจัด โดยหาได้จาก ปฏิกิริยาการย่อยสลายก๊าซมีเทน ดังสมการ



จากปฏิกิริยาการย่อยสลายปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ เท่ากับปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการออกซิไดซ์ก๊าซมีเทนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ

โดยจากปฏิกิริยาจะเห็นได้ว่า 1 โมลของก๊าซมีเทนใช้ออกซิเจน 2 โมลในการย่อยสลาย

โดย O_2 1 โมล = 32 กรัม/โมล

ดังนั้น O_2 2 โมล = $32 \times 2 = 64$ กรัม/โมล

จาก สาร 1 โมล มีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลิตร ที่ STP

ดังนั้น CH_4 1 โมล = 22.4 ลิตร ที่ STP

โดยปริมาณ O_2 ที่ใช้ในการย่อยสลายคือ ปริมาณซีโอดีที่วัดได้ เพราะจากนิยามค่าซีโอดีเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่นำไปใช้ในการสลายสารอินทรีย์ที่มีในตัวอย่างน้ำได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (อรทัย ขวาลภาฤทธิ์, 2545)

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น COD 1 กรัม} &= \text{ปริมาตร } \text{CH}_4 / \text{มวลโมเลกุลของ } \text{O}_2 \\ &= (22.4/64) \\ &= 0.35 \text{ ลิตร/กรัมของซีโอดี ที่ STP} \end{aligned}$$

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย นพพล รัตน์โกวิน เกิดเมื่อวันที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดสมุทรสาคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2547 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2548