

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การบำบัดน้ำเสียอินทรีย์จากห้องปฏิบัติการด้วยกระบวนการยูเอเอสบี
Treatment of Organic Wastewater from Laboratory by Upflow
Anaerobic Sludge Blanket Process



โครงการทุนพัฒนานักวิจัยคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH

TD

๕๕๕

ปีงบประมาณ 2546

เลขหมู่..... พ ๕๕๕.๕

เลขทะเบียน..... 54585

วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2548

ผู้วิจัย

ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

b..... ๑๑๖๓๕๗๕
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างและศึกษาประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบยูเอเอสบี ขนาดโต๊ะทดลอง ซึ่งมีความจุ 4.86 ลิตร โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ (Granular sludge) จากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานไทยน้ำทิพย์ จังหวัดปทุมธานี จำกัด น้ำเสียที่ใช้ประกอบด้วย อาหารสังเคราะห์ น้ำเสียจากบ่อน้ำทิ้งโรงบำบัดน้ำเสียคณะวิทยาศาสตร์ และน้ำทิ้งที่มีอลิฟาทิกไฮโดรคาร์บอนกลุ่มเพนเทน และเฮกเซน ใช้เวลากักพักทางชลศาสตร์ 48.6 ชั่วโมง ทำการเดินระบบด้วยอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้คือ อาหารสังเคราะห์: น้ำเสีย :สารกลุ่มอลิฟาทิกไฮโดรคาร์บอน เท่ากับ 10:0:0, 6:3:1, 5:4:1, 4:5:1, 3:6:1, 2:7:1, 1:8:1 และ 0:9:1 ในแต่ละอัตราส่วนจะเดินระบบต่อเนื่อง 7 วัน ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีจะลดลงตามปริมาณน้ำเสียโรงบำบัดที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 83.33, 73.71, 56.28, 59.57, 41.44, 57.15, 57.29 และ 54.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พีเอชของน้ำที่ออกจากระบบจะต่ำกว่าน้ำเข้าระบบประมาณ 0.59-2.31 ขณะที่ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำก่อนเข้าและออกจากระบบไม่แตกต่างกันมาก

คำสำคัญ : น้ำเสียอินทรีย์ กระบวนการยูเอเอสบี

ABSTRACT

In this research, bench-scale upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors were conducted. Each reactor employed an effective volume of 4.86 liters. Microbial granular sludge achieved from the wastewater treatment plant of Thai Namtip Co., Ltd. Phatumthane was used to inoculate the UASB systems. This reactor treated with mixtures of nutrient compound waste, wastewater from wastewater treatment plant of Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) and aliphatic hydrocarbon water ($C_5 + C_6$) at hydraulic retention time (HRT) of 48.6 hours. The ratio of nutrient: wastewater: aliphatic hydrocarbon at 10:0:0, 6:3:1, 5:4:1, 4:5:1, 3:6:1, 2:7:1, 1:8:1 and 0:9:1 were used as influent for a period of 7 day each. The decrease in BOD removal efficiency of each ratio from 83.33, 73.71, 56.28, 59.57, 60.77, 41.44, 57.15 to 54.35 percent, respectively, were observed. The pH of effluent is lower than that of influent in a range of 0.59 to 2.31. The total phosphorus and total kjadahl nitrogen in both influent and effluent did not exhibit any significant difference.

Key words: organic wastewater, UASB process

กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก นักศึกษาสาขาเคมี ทรัพยากรสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นายพิเชษฐ เสาวภิชาติ นางสาวพัชรินทร์ เงินไบอ่อน นายทศพร เห่งละคร นายชชพล ฒ นคร นายรัชชัย ใหม่ก่งลาย รวมทั้งบริษัท ไทยน้ำทิพย์ จังหวัดปทุมธานี จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อเพื่อเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ไว้ ณ โอกาสนี้

ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ	3
2.2 ปฏิกริยาชีวเคมีของระบบบำบัดแบบไร้อากาศ	3
2.3 รูปแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศและข้อดี-ข้อเสีย	5
2.4 หลักการทำงานของระบบยูเอเอสบี	9
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย	15
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	15
3.3 การบำบัดน้ำเสีย	20
3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์	21

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้วิจัย	22
4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและบีโอดี	23
4.3 ปริมาณเจดาคาร์บอน ไตรเจนทั้งหมด(ทีเคเอ็น)และฟอสฟอรัสทั้งหมด ที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ	26
4.4 ค่าพีเอช และอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกที่ที่น้ำเสียผสม อัตราส่วนต่างๆ	28
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	
5.1 สรุปผลการวิจัย	30
5.2 ข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	33
ภาคผนวก ข องค์ประกอบอาหารสังเคราะห์และการคำนวณ	36

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์	21
4.1 ลักษณะน้ำเสียจากบ่อน้ำทิ้งของ โรงบำบัดน้ำเสียคณะวิทยาศาสตร์	22
4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และบีโอดี	24
4.3 แสดงปริมาณเจดาคาร์บอน ไตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมด ในน้ำเข้าและน้ำออกที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ	26
4.4 แสดงค่าพีเอชและอุณหภูมิในน้ำเข้าและน้ำออกที่น้ำเสียผสม อัตราส่วนต่างๆ	28
ตาราง ก.1 แสดงค่าซีโอดี และบีโอดีของน้ำเสียผสมที่อัตราส่วนต่างๆ	34
ตาราง ก.2 แสดงค่าเจดาคาร์บอน ไตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดของ น้ำเสียผสมที่อัตราส่วนต่างๆ	35
ตาราง ก.3 แสดงค่าพีเอชและอุณหภูมิของ น้ำเสียผสมที่อัตราส่วนต่างๆ	36

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ขั้นตอนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน	4
2.2	องค์ประกอบหลักของถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี	10
3.1	ผังการไหลและส่วนประกอบถังปฏิกรณ์แบบยูเอเอสบี	17
3.2	ถังปฏิกรณ์ระบบไร้อากาศแบบยูเอเอสบี	18
3.3	ถังปฏิกรณ์ระบบไร้อากาศแบบยูเอเอสบีที่ทำการทดลอง	19
4.1	แสดงค่าซีโอดีน้ำเข้าและน้ำออกที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ	24
4.2	แสดงค่าบีโอดีน้ำเข้าและน้ำออกที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ	25
4.3	แสดงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และบีโอดีที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ	25
4.4	แสดงปริมาณเจคาห์ลใน ไตรเจนทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ	27
4.5	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ	27
4.6	แสดงค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ	29
4.7	แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ	29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการวิจัย

ปัจจุบันปัญหาภาวะเป็นพิษได้ก่อตัวและมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่เหมาะสม ในด้านการเรียนการสอน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นสถาบันการศึกษาของรัฐที่มีการเร่งผลิตบัณฑิตมาสนองความต้องการบุคลากรเพื่อพัฒนาประเทศเป็นจำนวนมากขึ้นทุกปี การเรียน การสอน และการวิจัยทางเคมีอาจเป็นส่วนก่อให้เกิดปัญหาสารพิษสู่สิ่งแวดล้อมได้ถ้าไม่มีการจัดการที่เหมาะสม โดยเฉพาะการเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติการเคมีต่าง ๆ จะมีน้ำทิ้งที่มีปริมาณสารอินทรีย์ค่อนข้างสูงรวมทั้งการปนเปื้อนโลหะหนักอื่นๆ ในการบำบัดด้วยวิธีเคมีจะมีค่าใช้จ่ายสูงและต้องกำจัดกากตะกอน ขณะที่วิธีทางชีวภาพมีราคาถูกโดยเฉพาะระบบบำบัดแบบไร้อากาศสามารถรับภาระสารอินทรีย์ที่สูงมากๆ ได้ดีกว่าระบบบำบัดแบบใช้อากาศ

ระบบบำบัดไร้อากาศแบบยูเอเอสบี เป็นระบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมา เพื่อใช้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงและลักษณะที่สำคัญของระบบยูเอเอสบีคือการเลี้ยงเซลล์จุลินทรีย์ให้เกาะเป็นเม็ดหรือเกล็ด (Granule or pellet) แขนงลอยอยู่ในถังหมักได้ และให้น้ำเสียเข้าทางด้านล่างของถังหมัก น้ำเสีย เซลล์จุลินทรีย์ แก๊สชีวภาพจะแยกส่วนกันจึงทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูง แต่การเลี้ยงจุลินทรีย์ค่อนข้างซับซ้อนและใช้เวลานานในการเริ่มเดินระบบ (Start-up) โดยเฉพาะกับน้ำเสียที่มีสารเคมีปนเปื้อน

ในปัจจุบันน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตรหลายประเภทในประเทศไทยใช้ระบบบำบัดไร้อากาศแบบยูเอเอสบีกันอย่างแพร่หลายและมีประสิทธิภาพดี แต่การนำไปใช้น้ำเสียที่มีสารเคมีปนเปื้อนยังอยู่ในขอบเขตจำกัด ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจที่จะทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียอินทรีย์จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้ระบบยูเอเอสบี
2. สร้างตะกอนจุลินทรีย์ที่คุ้นเคยกับน้ำเสียห้องปฏิบัติการเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ระบบยูเอเอสบีทำจากพลาสติกอะคลิลิกใส และท่อพีวีซี มีความจุประมาณ 5 ลิตร
2. น้ำเสียที่เข้าระบบ คือ น้ำเสียจากโรงบำบัดคณะวิทยาศาสตร์ ที่ผสมกับน้ำทิ้งสารกลุ่มอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนและอาหารสังเคราะห์ในอัตราส่วนต่างๆป้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์อย่างต่อเนื่อง
3. เชื้อจุลินทรีย์ (Granular sludge) จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอเอสบีของโรงงานไทยน้ำทิพย์ จังหวัดปทุมธานี จำกัด

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

ในการทดลองนี้เป็นการบำบัดน้ำเสียจากโรงบำบัด และน้ำทิ้งสารกลุ่มอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน โดยจะแบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็นขั้นตอนต่างๆดังนี้

- ขั้นที่ 1 การสืบค้นและการศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องโดยศึกษาหลักการพื้นฐานของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน รวมถึงศึกษาการทำงานของระบบยูเอเอสบี เพื่อนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย
- ขั้นที่ 2 จัดหาอุปกรณ์เพื่อนำมาใช้สร้างถังปฏิกรณ์แบบยูเอเอสบี
- ขั้นที่ 3 ทดลองต่อระบบบำบัดไร้อากาศแบบยูเอเอสบี ตรวจสอบความเรียบร้อยของอุปกรณ์ต่างๆ
- ขั้นที่ 4 ทดสอบการทำงานของระบบ
- ขั้นที่ 5 ทำการเดินระบบตามแผนการทดลองที่ตั้งไว้
- ขั้นที่ 6 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี บีโอดี ที่อัตราส่วนต่างๆ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบยูเอเอสบีที่ได้ไปใช้ในการเรียนการสอนการบำบัดน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการทางเคมีได้
2. สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ในการประยุกต์ใช้กับการบำบัดน้ำเสียประเภทอื่นๆได้

ประมวลศัพท์และคำย่อ

Alk	= สภาพด่าง (Alkalinity)
BOD	= บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)
COD	= ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)
Effluent	= น้ำออก
HRT	= เวลาพักพิงชลศาสตร์ (Hydraulic Retention Time)
Influent	= น้ำเข้า
Level Tank	= ถังควบคุมระดับ
pH	= พีเอช
TKN	= ปริมาณเจดาคาร์บอนไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjadhahl Nitrogen)
TP	= ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)
UASB	= ยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)
Upflow Velocity	= ความเร็วไหลขึ้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ (Anaerobic Treatment)

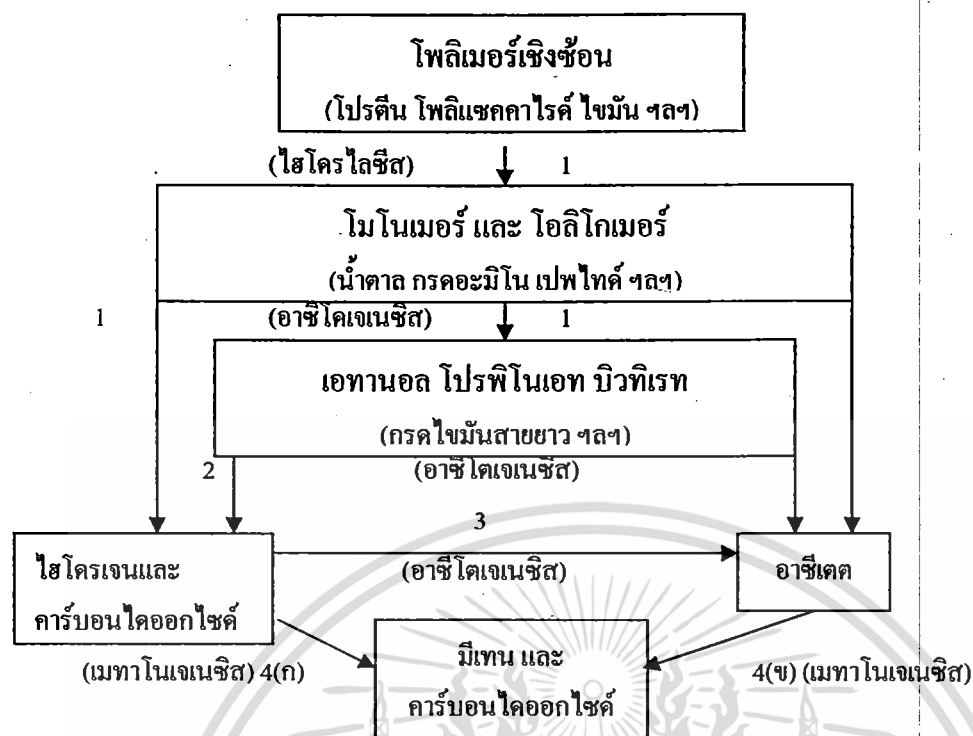
ระบบบำบัดแบบไร้อากาศเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา โดยอาศัยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นแก๊สมีเทนซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้เป็นอย่างดีและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งรวมเรียกว่า “แก๊สชีวภาพ” ซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะของระบบนี้ แก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นจะแยกตัวออกอย่างรวดเร็วเพราะความสามารถในการละลายน้ำต่ำ ส่วนใหญ่ระบบบำบัดแบบไร้อากาศจะใช้เป็นการบำบัดขั้นต้น เพื่อใช้ลดความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เหลือน้อยลง ก่อนส่งต่อไปยังการบำบัดแบบใช้อากาศเพื่อสารอินทรีย์ส่วนที่เหลือ ซึ่งสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียได้มาก ระบบบำบัดแบบไร้อากาศนี้สามารถใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำเสียชุมชนที่มีอัตราภาระอินทรีย์ค่อนข้างสูง

2.2 ปฏิกริยาชีวเคมีของระบบบำบัดแบบไร้อากาศ

หลักการของระบบ ไร้อากาศนี้คือ ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่มีโมเลกุลใหญ่ไปเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กลงเรื่อยๆ โดยอาศัยปฏิกริยาชีวเคมี (รูปที่2.1) ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนได้แก่

2.2.1 ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

กระบวนการนี้เรียกอีกอย่างว่า กระบวนการแตกสลายโพลิเมอร์ (Polymer breakdown) ขั้นตอนแรกแบคทีเรียที่ผลิตกรด (acid producing bacteria) จะปล่อยเอนไซม์ (External enzyme) ออกมาซึ่งทำให้เกิดปฏิกริยาไฮโดรไลซิส สลายอนุภาคสารอินทรีย์ ลดขนาดสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ (เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน) ให้เล็กลง และทำให้มีความสามารถในการละลายน้ำได้ (เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน และ กรดไขมัน) เพื่อให้สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ง่าย ในขั้นตอนนี้เป็นเพียงการเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ที่ซับซ้อนให้เป็นสารอินทรีย์อย่างง่ายเท่านั้น ยังไม่มีการลดค่าซีโอดี ในขั้นตอนนี้



1: ไฮโดรไลติก และ นอนไฮโดรไลติก เฟอร์เมนเทชัน

2: ซินโทรฟิก อะซิโดเจเนซิส

3: ไฮโมอะซิโดเจเนซิส

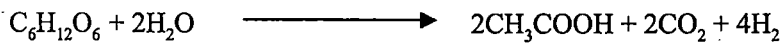
4: (ก) ไฮโดรจีโนโทรฟิก เมทาโนเจเนซิส

(ข) อะซิโดคลาสติก เมทาโนเจเนซิส

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Amatya, P.L., 1996)

2.2.2 อะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis)

สารประกอบอินทรีย์อย่างง่ายที่ละลายน้ำจากกระบวนการไฮโดรไลซิสจะถูกแบคทีเรียที่ผลิตกรดที่สามารถดำรงอยู่ได้ทั้งสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจน (Facultative Bacteria) ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานโดยการหมัก (Fermentation) ผลผลิตสุดท้ายของการหมักที่ถูกออกซิไดส์แล้วจะเป็นพวกกรดระเหยง่ายมีโมเลกุล คาร์บอนไม่เกิน 5 ตัว เช่น กรดอะซิติก (Acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid) กรดบิวทิริก (Butyric acid) และกรดวาเลริก (Valeric acid) ขั้นตอนนั้นนอกจากจะผลิตกรดอินทรีย์ต่างๆ แล้วยังเกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และสารละลายแอมโมเนียและฟอสเฟตด้วย



2.2.3 อาซิโตเจเนซิส (Acetogenesis)

กรดระเหยง่ายที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอาซิโตเจเนซิส จะถูก แบคทีเรียกลุ่มอาซิโตเจนิค (Acetate and Hydrogen-producing bacteria) เปลี่ยนให้เป็น อาซิเตต ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญในการสร้างมีเทน ปฏิกริยานี้ถือเป็นปฏิกริยาที่สำคัญในการหลีกเลี่ยงการสะสมของกรดโวลลาไทล์และไฮโดรเจนในปริมาณที่สูงพอที่จะยับยั้งกระบวนการสร้างมีเทนได้ แบคทีเรียกลุ่มนี้อาจถูกเรียกว่า แบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจน (Hydrogen forming bacteria) เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจนมักสร้างกรดอินทรีย์ได้ แต่ตัวที่สร้างกรดได้อาจไม่สามารถสร้างไฮโดรเจน จึงถือว่าแบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจนเป็นชนิดของแบคทีเรียที่สร้างกรด แบคทีเรียทั้งสองชนิดอาจรวมเรียกได้ว่าเป็นแบคทีเรียที่ไม่สร้างมีเทน (Non-methanogenic bacteria)

2.2.4 เมทาโนเจเนซิส (Methanogenesis)

ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และกรดอาซิติกจากกระบวนการอาซิโตเจเนซิสจะถูกใช้โดยแบคทีเรียเพื่อสร้างมีเทน แบคทีเรียชนิดนี้เรียกว่า “แบคทีเรียสร้างมีเทน (Methanogenic bacteria)” ซึ่ง 1/3 ของมีเทนที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเมทาโนเจนกลุ่มไฮโดรจีโนโทรป (Hydrogenotrophic methanogens) และ 3/4 ของมีเทนที่เกิดขึ้นได้จากการทำงานของเมทาโนเจนกลุ่มอาซิโตโทรป (Acetotrophic methanogens) ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ



2.3 รูปแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศและข้อดี-ข้อเสีย

2.3.1 รูปแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ระบบหมักแบบธรรมดา (Conventional anaerobic process) และระบบหมักแบบอัตราสูง (High-rate anaerobic process)

2.3.1.1 ระบบหมักแบบธรรมดา (Conventional anaerobic process)

ระบบบำบัดแบบดั้งเดิมนี้มีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ในระบบมีจำนวนน้อย แต่อย่างไรก็ตามเป็นระบบที่ง่าย สะดวกในการดูแล

1) บ่อเกรอะ (Septic tank) ปกติระบบนี้จะใช้กับอาคารที่พักอาศัยและอาคารสำนักงานขนาดเล็กที่มีปริมาณน้ำทิ้งไม่มากนัก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือ น้ำที่ผ่านบ่อเกรอะแล้วยังมีความสกปรกอยู่มากจึงต้องมีการบำบัดในขั้นต่อไป

2) บ่อหมัก (Anaerobic pond) เป็นบ่อเปิดมีความลึกตั้งแต่ 3 เมตรเพื่อป้องกันมิให้ออกซิเจนละลายไปถึงส่วนล่างของบ่อ โดยทั่วไปมักเป็นบ่อดิน นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง โรงงานมีพื้นที่ว่างเปล่าไม่ได้ใช้ประโยชน์และเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่ำ ข้อเสียนอกจากจะมีประสิทธิภาพต่ำแล้วยังมีปัญหาเรื่องกลิ่นรบกวนและสูญเสียแก๊สชีวภาพที่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อีกด้วย

3) Conventional anaerobic digester เป็นระบบหมักที่ถูกพัฒนาใช้ในการกำจัดตะกอนแบคทีเรียที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ออกซิเจนอิสระ เช่น แอคทิเวเตดสลัดจ์ (Activated sludge) โดยประกอบด้วยถังหมัก อาจเป็นถังเดียวหรือสองถัง ตะกอนแบคทีเรียจะถูกย่อยสลายได้แก๊สชีวภาพ แต่ประสิทธิภาพต่ำ

2.3.1.2 ระบบหมักแบบอัตราสูง (High rate anaerobic process)

เป็นระบบหมักที่ได้รับการพัฒนาในระยะหลัง เพื่อแก้ปัญหาคาร์บอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง การเพิ่มประสิทธิภาพโดยการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียในระบบ ด้วยการหมุนเวียนตะกอนกลับมาใช้อีกหรือโดยการหาตัวกลางที่มีพื้นที่ผิวสูงให้แบคทีเรียเกาะติด หรืออาจตกตะกอนแบคทีเรียที่ออกมาคือน้ำที่ล้นจากถังหมักแล้วสูบกลับถังหมักอีกครั้ง หรืออาจควบคุมความเร็ว ของน้ำเสียที่ไหลผ่านถังหมัก (Upflow velocity) ให้เหมาะสมจนเกิดเป็นเม็ดขนาดใหญ่ของแบคทีเรียจับกันแน่น (Granular bacteria)

1) ถังหมักแบบสัมผัส (Anaerobic contact tank) ระบบหมักนี้คล้ายกับระบบแอคทิเวเตดสลัดจ์ (Activated sludge) เป็นระบบปิดอยู่ในสถานะไม่มีออกซิเจน แบคทีเรียที่ออกมาคือน้ำที่ล้นจากถังหมักจะมีปริมาณสูง แต่เนื่องจากตะกอนแบคทีเรียของระบบจะมีแก๊สเกาะติดอยู่และพาตะกอนแบคทีเรียลอยขึ้น จึงแยกแก๊สออกเสียก่อนจะทำการแยกตะกอนแบคทีเรียออกจากน้ำหรือใช้เครื่องมือกลในการแยก ตะกอนจุลชีพที่แยกออกจะถูกส่งกลับเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อไป

2) ระบบฟลูอิดไคซ์เบด (Fluidized bed) ระบบนี้แบคทีเรียจะเกาะเป็นเม็ดกลมผิวตัวกลางที่เป็นเม็ดขนาดเล็ก (เล็กกว่า 1 มม.) น้ำเสียจะถูกสูบเข้าถังถึงความเร็วพอเหมาะ โดยสามารถยกเม็ดตัวกลางให้ลอย ดังนั้นการเคลื่อนที่ของเม็ดตัวกลางมากมายเหล่านี้ จึงเป็นเสมือนของเหลวเคลื่อนไปทุกทิศทางทำให้อัตราการถ่ายเทมวลสารอาหารของเสียต่างๆจากปฏิกรณ์ชีวเคมีสูงมาก ส่วนบนของถังหมักจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่กว้างขึ้นดังนั้นความเร็ว น้ำไหลขึ้น (Upflow velocity) จะต่ำลงจึงทำให้เม็ดตัวกลางที่มีเม็ดอกแบคทีเรียอยู่จะตกลงมาน้ำใสเท่านั้นที่ล้นออกจากถังหมักและเนื่องจากเม็ดตัวกลางเคลื่อนไหวไปมาอย่างอิสระจึงเกิดการขัดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการไร้อากาศและกระบวนการใช้อากาศ

(Aerobic process)

ข้อดีของกระบวนการไร้อากาศ

1. เนื่องจากกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ ทำงานด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะเปลี่ยนสารอินทรีย์ในน้ำเสียส่วนใหญ่ให้กลายเป็นแก๊สมีเทนและพลังงานที่ใช้ในการดำรงชีพของมัน ทำให้เซลล์เกิดขึ้นน้อยมาก และน้อยกว่าวิธีการบำบัดแบบใช้อากาศ ทำให้ลดปัญหาการบำบัดตะกอน โดยทั่วไปเป็นเวลาหลายเดือนหรือหลายปีจึงจะมีการระบายตะกอนออกไปสักครั้งหนึ่ง
2. ให้ผลผลิตสุดท้ายเป็นแก๊สมีเทน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้
3. สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างกะทันหัน (Shock load) ได้โดยไม่ทำให้ระบบล้มเหลวแต่ต้องใช้เวลาในการปรับตัวเล็กน้อย
4. ต้องการอาหารเสริมน้อยกว่าระบบชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน
5. ไม่สิ้นเปลืองพลังงานเพราะไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการทำงานของจุลินทรีย์
6. สามารถทำงานได้ดี หลังจากที่มีการหยุดทำงานไปชั่วเวลาหนึ่ง โดยไม่ต้องการเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ใหม่
7. ตะกอนจุลินทรีย์มีความคงตัวสูง

ข้อเสียของกระบวนการไร้อากาศ

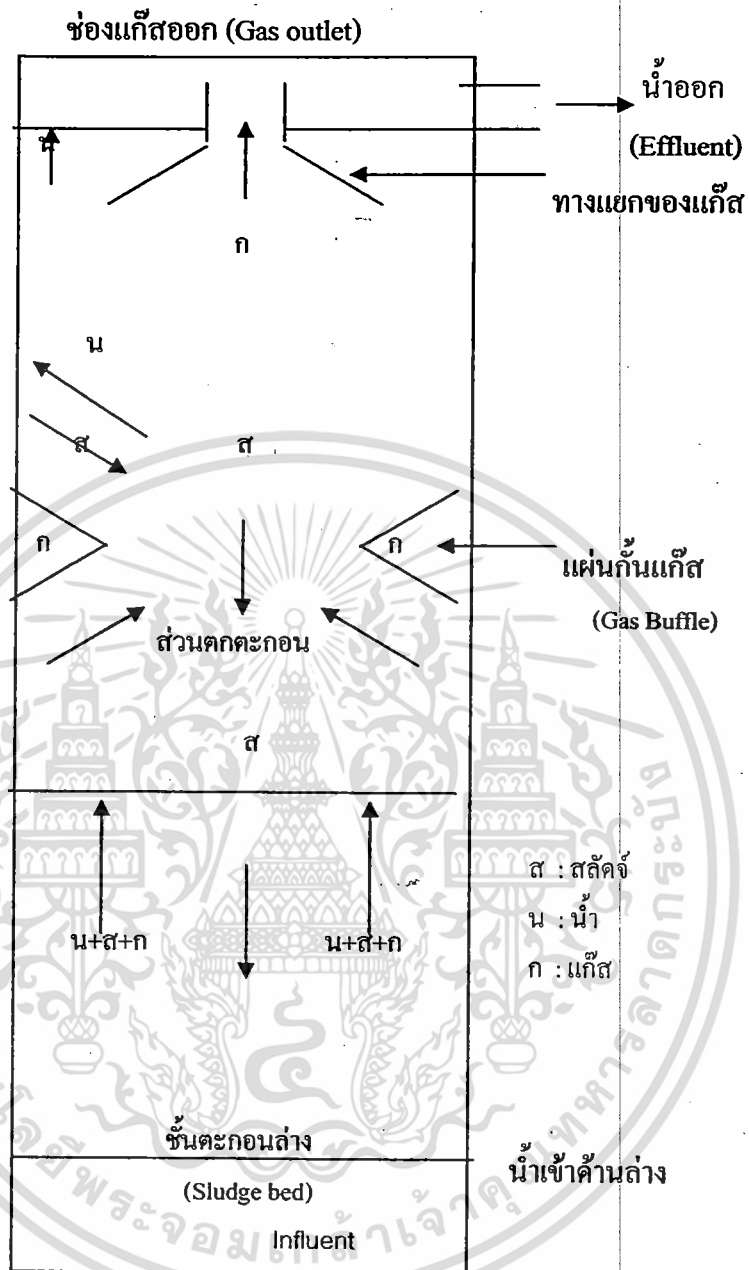
1. เกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น
2. การใช้งานในทางปฏิบัติจริงๆ ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการออกแบบระบบการกระจายของน้ำยังไม่ดีพอ ซึ่งทำให้เกิดการไหลล้นดวงจรได้
3. น้ำออกจากระบบยังมีสารอินทรีย์อยู่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่ทางราชการกำหนด จำเป็นต้องมีระบบแบบใช้อากาศมาบำบัดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 หลักการทำงานของระบบยูเอเอสบี

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอเอสบี เป็นระบบบำบัดที่มีการป้อนน้ำเสียจากด้านล่างของถังปฏิกรณ์ขึ้นสู่ด้านบน(Upflow feeding) โดยไม่ใช้ตัวกลางหรือวัสดุใดๆในการพองมวลจุลินทรีย์ที่ขึ้น ซึ่งองค์ประกอบหลักของถังปฏิกรณ์ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้(รูปที่ 2.2)

1. ส่วนของตะกอนชั้นล่าง (Sludge bed) เป็นชั้นของตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการ ตกตะกอนสูงและมีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้สูง
2. ส่วนของชั้นตะกอนลอย (Sludge blanket) เป็นชั้นที่ตะกอนจุลินทรีย์ลอยฟุ้งกระจาย เนื่องจากแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์
3. ส่วนของอุปกรณ์แยกตะกอนจุลินทรีย์และแก๊สชีวภาพ (Gas-Solids Separator: GSS) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แยกแก๊สชีวภาพออกจากของผสม ระหว่างแก๊สชีวภาพ น้ำและตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งตะกอนจุลินทรีย์ที่ถูกแยกจะไหลเข้าสู่ส่วนแยกตะกอน และแก๊สชีวภาพจะถูกรวบรวมเพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานต่อไป
4. ส่วนของอุปกรณ์ในการตกตะกอน(Settlement compartment)ในส่วนของอุปกรณ์นี้จะสร้างสภาวะที่เอื้ออำนวยต่อการตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดและแยกแก๊สชีวภาพออกไปจะเป็นของผสมระหว่างน้ำเสียที่มีสารมลพิษต่ำและตะกอนจุลินทรีย์



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบหลักของถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี

ซึ่งเมื่อน้ำเสียส่วนนี้ไหลมาถึงอุปกรณ์นี้ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะแยกตัวและตกตะกอนลงสู่ส่วนล่างของถังปฏิกรณ์ ส่วนตะกอนจุลินทรีย์ที่มีน้ำหนักเบาจะไหลปะปนไปกับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว

2.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบยูเอเอสบี

ระบบยูเอเอสบีเป็นกระบวนการไร้อากาศแบบหนึ่ง การทำงานของระบบขึ้นกับการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบ ปัจจัยที่มีผลต่อจุลินทรีย์แบ่งได้เป็น

2.4.1.1 อุณหภูมิ (Temperature)

ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในกระบวนการไร้อากาศมี 2 ช่วง คือ

- Mesophilic ช่วงอุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส
- Thermophilic ช่วงอุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส

2.4.1.2 พีเอช (pH)

ค่าพีเอชที่เหมาะสมกับกระบวนการไร้อากาศควรอยู่ระหว่าง 6.6-7.6 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน ถ้าพีเอชน้อยกว่า 6.2 ประสิทธิภาพของระบบจะลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสามารถปรับตัวได้ในช่วงพีเอชที่กว้างกว่า ดังนั้นการควบคุมพีเอชของระบบจึงเน้นไปกลุ่มสร้างมีเทนมากกว่า

2.4.1.3 กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acids) และสภาพด่าง (Alkalinity)

กรดไขมันระเหยง่ายที่ผลิต โดยแบคทีเรียที่สร้างกรด ปกติควรมีค่าประมาณ 200-400 มก. /ล. ของกรดอะซิติก กรดไขมันระเหยง่ายที่เพิ่มขึ้นรวดเร็วจะเป็นสัญญาณว่าระบบกำลังเสถียร เพราะทำให้พีเอชลดลงจนไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมของแบคทีเรียและตัวกรดเองที่ความเข้มข้นสูงๆเป็นพิษต่อแบคทีเรีย ดังนั้นสภาพด่างจึงแสดงถึงสภาพบัฟเฟอร์ของระบบ ซึ่งจะรักษาระบบให้มีพีเอชค่อนข้างคงที่ สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันระเหยง่ายได้ กระบวนการไร้อากาศ เช่น ถังย่อยสลัดจ์ (Sludge digester) ควรมีสภาพด่างประมาณ 1,500-2,000 มก./ล. นอกจากสภาพด่างแล้วต้องพิจารณาอัตราส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายต่อสภาพด่างด้วย (VFA/ALK)

ถ้า VFA/ALK < 0.4 แสดงว่ามีสภาพบัฟเฟอร์สูง ระบบทำงานได้ดี

ถ้า VFA/ALK > 0.8 แสดงว่ามีสภาพบัฟเฟอร์ต่ำ อาจจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพลดลงหรือล้มเหลวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีที่ใช้เพิ่มความเป็นด่างให้แก่ระบบมีอยู่หลายชนิด เช่น สารไบคาร์บอเนต หรือคาร์บอเนต โดยโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) เป็นสารเคมีที่ดีที่สุดในการใช้ควบคุมพีเอช เพราะละลายน้ำได้ดีและให้คาร์บอเนตโดยตรงต่อระบบ แต่มีราคาแพงกว่าสารเคมีตัวอื่นๆ

2.4.1.4 ธาตุอาหารเสริม (Nutrients)

ถึงแม้ว่าเซลล์แบคทีเรียที่สร้างขึ้นมากในกระบวนการไร้อากาศจะมีน้อยกว่าแบบใช้อากาศ แต่จากอัตราส่วน C: N: P: S ในเซลล์มีค่าประมาณ 100:10:1:1 จึงจำเป็นต้องรักษาสัดส่วนนี้ไว้ไม่ให้ต่ำกว่านี้ จุลินทรีย์จึงต้องการธาตุอาหารเสริมนอกจากคาร์บอน เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยค่า BOD: N: P ควรมีอัตราส่วนอย่างน้อย 100:1.1:0.2 สำหรับกระบวนการไร้อากาศ นอกจากนี้ยังมีธาตุบางอย่างที่แบคทีเรียสร้างมีเทนต้องการเป็นปริมาณน้อยแต่ขาดไม่ได้ เช่น เหล็ก โคบอลต์ นิกเกิล ซัลเฟอร์

2.4.1.5 สารพิษ (Toxic)

สารที่เป็นพิษต่อแบคทีเรียในระบบไร้อากาศ โดยเฉพาะแบคทีเรียชนิดสร้างมีเทนมีหลายชนิด ความรุนแรงขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารเหล่านั้น สารที่เป็นพิษไม่ได้หมายถึงสารอันตรายโดยตรงเท่านั้น สารบางตัวเป็นสารอาหารที่จำเป็นแต่ต้องมีปริมาณพอเหมาะ ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะกลายเป็นสารพิษได้ รวมถึงอ็อกซิเจนและโลหะหนักต่างๆ ควรมีการตรวจวัดปริมาณสารพิษในน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบเพื่อหาทางแก้ไขหรือลดความเป็นพิษลง เช่น การตกตะกอนแยกโลหะหนักออกก่อน เป็นต้น เชื้อแบบไร้อากาศมีความทนทานต่อสารพิษมากกว่าเชื้อแบบอื่น แต่หากระบบล้มเหลวลงเนื่องจากสารพิษระบบจะใช้เวลาในการฟื้นตัวนานเช่นเดียวกัน

2.4.2 ยูเอเอสบีเปรียบเทียบกับกระบวนการไร้อากาศอื่นๆ

ข้อดีของระบบยูเอเอสบี

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ (เทียบกับระบบเครื่องกรองไร้อากาศ หรือระบบฟลูอิดไดซ์เบด)
2. สามารถรับภาระ (Loading capacities) ได้สูงและมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงเมื่อเทียบกับระบบเครื่องกรองไร้อากาศ หรือ ระบบสัมผัสแอนแอโรบิก (Anaerobic contact)
3. โดยทั่วไปไม่จำเป็นต้องการหมุนเวียนน้ำ (Effluent recycles)

ข้อเสียของระบบยูเอเอสบี

1. การเริ่มต้นระบบ(Start-Up)ช้าช้อนและใช้เวลานาน

2.4.3 การสร้างตะกอนเม็ดของตะกอนจุลินทรีย์

ระยะที่ 1 เป็นระยะที่ถึงปฏิกรณ์รับอัตราภาระอินทรีย์ น้อยกว่า 2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ในช่วงนี้ตะกอนจุลินทรีย์ที่อัดแน่นอยู่ที่ชั้นตะกอนล่างจะมีการยกตัวเนื่องจากแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้น

ระยะที่ 2 เป็นระยะที่มีอัตราภาระอินทรีย์ 2-5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ในระยะนี้จะมี การสูญเสียตะกอนแขวนลอยสูงมาก เนื่องจากการเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์ทำให้มี อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ที่มีน้ำหนักจำเพาะสูงจะไม่ถูกพัดพาออกจากระบบและมีโอกาส เพิ่มปริมาณมากขึ้น ผลจากการคัดเลือกลักษณะนี้จะทำให้บริเวณส่วนตะกอนชั้นล่างเริ่มปรากฏตะกอน จุลินทรีย์ที่มีน้ำหนักจำเพาะสูงและตะกอนจุลินทรีย์ลักษณะเม็ดมีสีดำถึงสีน้ำตาล ซึ่งอาจมีเส้น ผ่านศูนย์กลางถึง 5 มม.

ระยะที่ 3 เป็นระยะที่มีอัตราภาระอินทรีย์สูงกว่า 3-5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน และเป็น ช่วงที่ระบบสามารถรับปริมาณสารอินทรีย์ในอัตราที่ออกแบบไว้ ระยะนี้เริ่มนับตั้งแต่เมื่อพบว่ามี การเพิ่มของปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ลักษณะเม็ดมากกว่าที่สูญเสียออกจากระบบและในที่สุดเมื่อ ระบบเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพแล้วการสูญเสียตะกอนจุลินทรีย์จากระบบจะมีน้อยลง

2.4.4 การสูญเสียตะกอนจุลินทรีย์ของระบบยูเอเอสบี

การสูญเสียตะกอนจุลินทรีย์ของระบบยูเอเอสบีเป็นเหตุการณ์ที่อาจมีสาเหตุจาก

- ขั้นตอนการสร้างตะกอนเม็ดของตะกอนจุลินทรีย์
- ตะกอนแขวนลอยในน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีปริมาณสูง
- ปริมาณช็อก(Shock load)
- สาเหตุอื่นๆ เช่น การขาดสารอาหาร (Nutrient deficiency), การรวมตะกอน ที่ไม่ดี (Poorly flocculation matter) เป็นต้น

เมื่อผ่านสภาวะการสูญเสียตะกอนจุลินทรีย์ของระบบข้างต้นแล้ว ระบบจะใช้เวลาระยะ หนึ่งเพื่อปรับตัวให้เข้าสู่สภาวะปกติในที่สุด

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Saatcia,et.AL, (2003) ได้ทำการศึกษากำบัด ไหม้และกรดไขมัน เช่น ไลโนเลอิก โอเลอิก ไมริสติก ปามิติก สเตียริก เบเนดิก และ อื่นๆ โดยใช้ระบบยูเอเอสบี พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดสามารถบำบัดได้มากกว่า 70 % และมีค่าภาระสารอินทรีย์ (Organic loading rate) อยู่ระหว่าง 1.6-7.8 COD/m³ ที่เวลากักพักชลศาสตร์ (HRT) เท่ากับ 2.0-2.8 วันและปริมาณแก๊สมีเทนเท่ากับ 0.16-0.354 m³ CH₄/kg COD

Lin,et.AL,(2000) ได้ทำการศึกษากำบัดน้ำชะจากหลุมฝังกลบผสมน้ำทิ้งจากห้องน้ำด้วยระบบการบำบัดแบบไร้อากาศแบบยูเอเอสบี โดยในการศึกษาจะทำการศึกษาก่อนหุ้มี 31±1 องศาเซลเซียส โดยนำน้ำทิ้งจากห้องน้ำและน้ำชะจากหลุมฝังกลบมาผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ คือ 3:1, 2:1 และ 1:1 โดยใช้เวลากักพักชลศาสตร์ เท่ากับ 1.5 วัน ภาระสารอินทรีย์ เท่ากับ 6.73 kg COD/m³-day พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ซีโอดีรูปละลายน้ำ ของแข็งทั้งหมด ของแข็งระเหยได้ กรดไขมันทั้งหมดที่ระเหยได้ ฟอสฟอรัสทั้งหมด แอมโมเนียไนโตรเจน คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน เป็น 42.2%, 58.1%, 45.3%, 68.2%, 73.4%, 44.3%, 47.8%, 53.7% และ 44.4% ตามลำดับ

Gavala,et. AL, (1999) ได้ทำการศึกษากำบัดน้ำทิ้งที่มาจากโรงงานผลิตชีสและมีปริมาณสารอินทรีย์เท่ากับ 40-60 กรัม/ลิตร โดยใช้ระบบยูเอเอสบี วิเคราะห์ค่าพีเอช ซีโอดี แก๊สชีวภาพ ทำการทดลองที่ภาระสารอินทรีย์ (Organic loading rate) 6-2 g COD /l และ 7-5 g COD /l สามารถบำบัดซีโอดี ได้ประมาณ 98 %และใช้เวลากักพักชลศาสตร์ประมาณ 6 วัน ค่าซีโอดีในน้ำเข้าระบบ เท่ากับ 42 กรัม/ลิตร และถ้าลดค่าซีโอดีน้ำเข้าระบบเหลือเท่ากับ 5 กรัม/ลิตร จะบำบัดได้ 85-90%

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ลักษณะน้ำเสียอินทรีย์ที่ใช้ในการวิจัย

น้ำเสียจากบ่อน้ำทิ้งของโรงบำบัดน้ำเสียคณะวิทยาศาสตร์ที่มีค่าซีโอดีเริ่มต้นประมาณ 200-400 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยตักน้ำเสียจากบ่อบริเวณ โรงบำบัดน้ำเสียคณะวิทยาศาสตร์ มาผสมกับสารละลายออกซิฟาคติก ไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีส่วนผสมของเพนเทน(pentane) และเฮกเซน (hexane)

3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์

1. ถังปฏิกรณ์ระบบไร้อากาศแบบยูเอเอสบี

- จัดสร้างถังปฏิกรณ์ขึ้น 3 ถัง ทำด้วยพลาสติกอะคริลิกใส เบอร์ 603 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 54 มิลลิเมตร มีความจุ 4.86 ลิตร ด้านบนมีชุดแยกแก๊สและส่วนตกตะกอนซึ่งทำจากท่อพีวีซี ดังรูปที่ 3.1-3.3

2. ถังน้ำเสียป้อนเข้าระบบและถังน้ำออก

- ถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร จำนวน 3 ถัง เป็นถังสำหรับใส่น้ำเสียป้อนเข้าถังปฏิกรณ์ทั้ง 3 ถัง

- ถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร จำนวน 3 ถัง เป็นถังสำหรับใส่น้ำเสียที่ออกจากถังปฏิกรณ์ทั้ง 3 ถัง

3. เครื่องสูบน้ำ (Metering Pump)

- ยี่ห้อ ProMinent gamma/4 จำนวน 1 เครื่อง

- ยี่ห้อ ProMinent gamma/L จำนวน 2 เครื่อง

4. เครื่องวัดปริมาตรแก๊ส

5. ถังควบคุมระดับ (Level Tank)

ทำจากหัวอุดท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วเจาะท่อน้ำเข้า-ออกที่ด้านล่าง ส่วนด้านบนมีท่อระบายน้ำล้น ดังรูปที่ 3.3

6. เชื้อจุลินทรีย์ (Seed)

- นำเชื้อจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอสบีจากโรงงานไทยน้ำทิพย์
จังหวัดปทุมธานี จำกัด

7. หลอดย่อยสลาย (Digestion vessels) ใช้แก้วที่ทำด้วยบอโรซิลิเกต (borosilicate culture tubes) ขนาด 16×100 มม. ที่มีฝาเกลียวชนิดทีเอฟอี (Tetrafluoroethylene; TFE)

8. ฮีตติ้งบล็อก (Heating block) ก่อของอลูมิเนียมตัน ลึก 45-50 มม. มีรูขนาดพอกับหลอดแก้ว

9. ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ $150 \pm 2^{\circ}\text{C}$

10. ชุดย่อยสลาย (Digestion apparatus) ประกอบด้วยขวดเคลดดาห์ล ขนาด 500 มล. และเตาให้ความร้อน (Heating mantal) ขนาด $300-400^{\circ}\text{C}$

11. ชุดกลั่น (Distillation apparatus)

12. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

13. ถ้วยระเหย

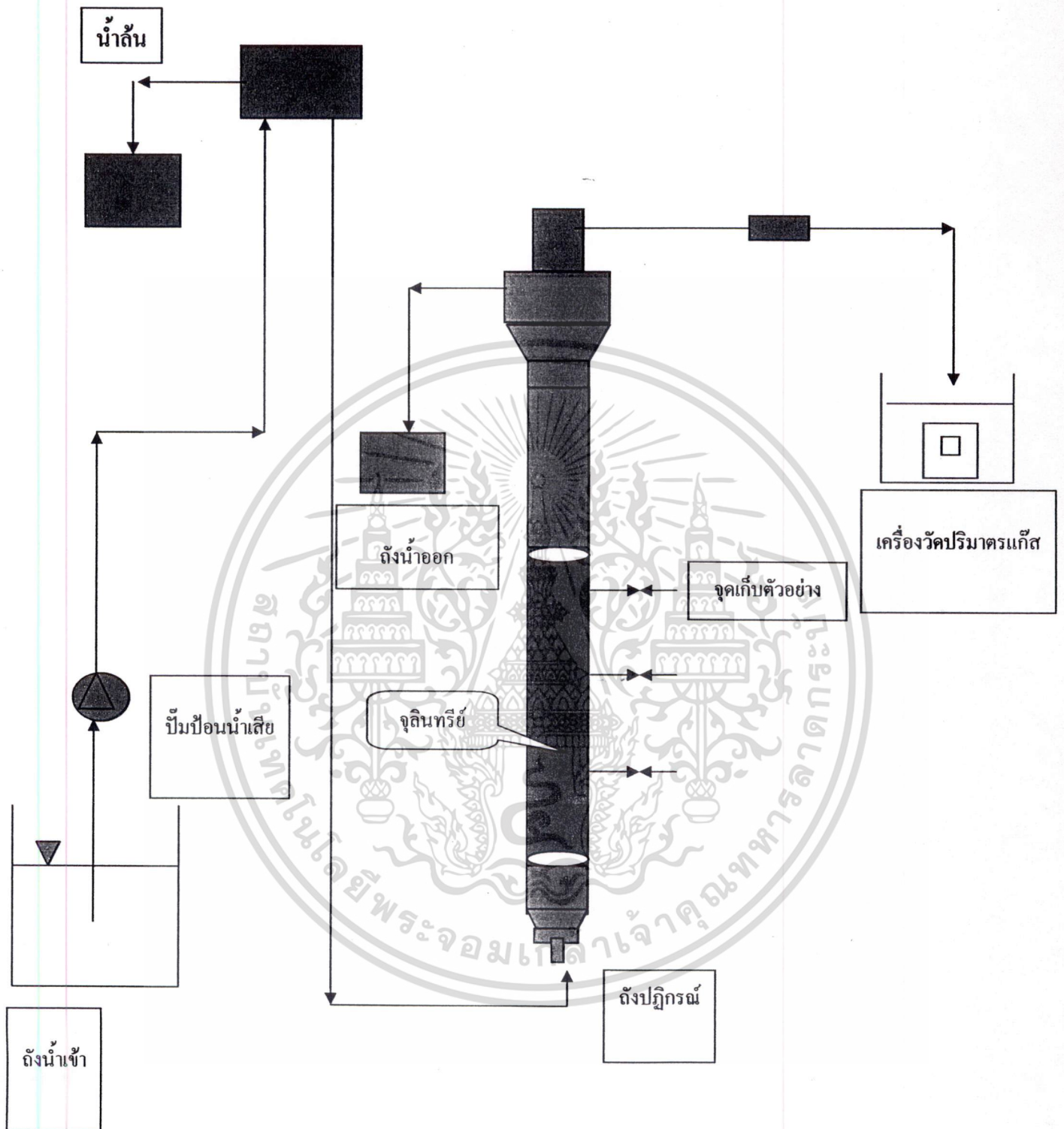
14. เตาย่อยสลาย

15. เครื่องแก้วอื่นๆ

3.2.2 สารเคมี

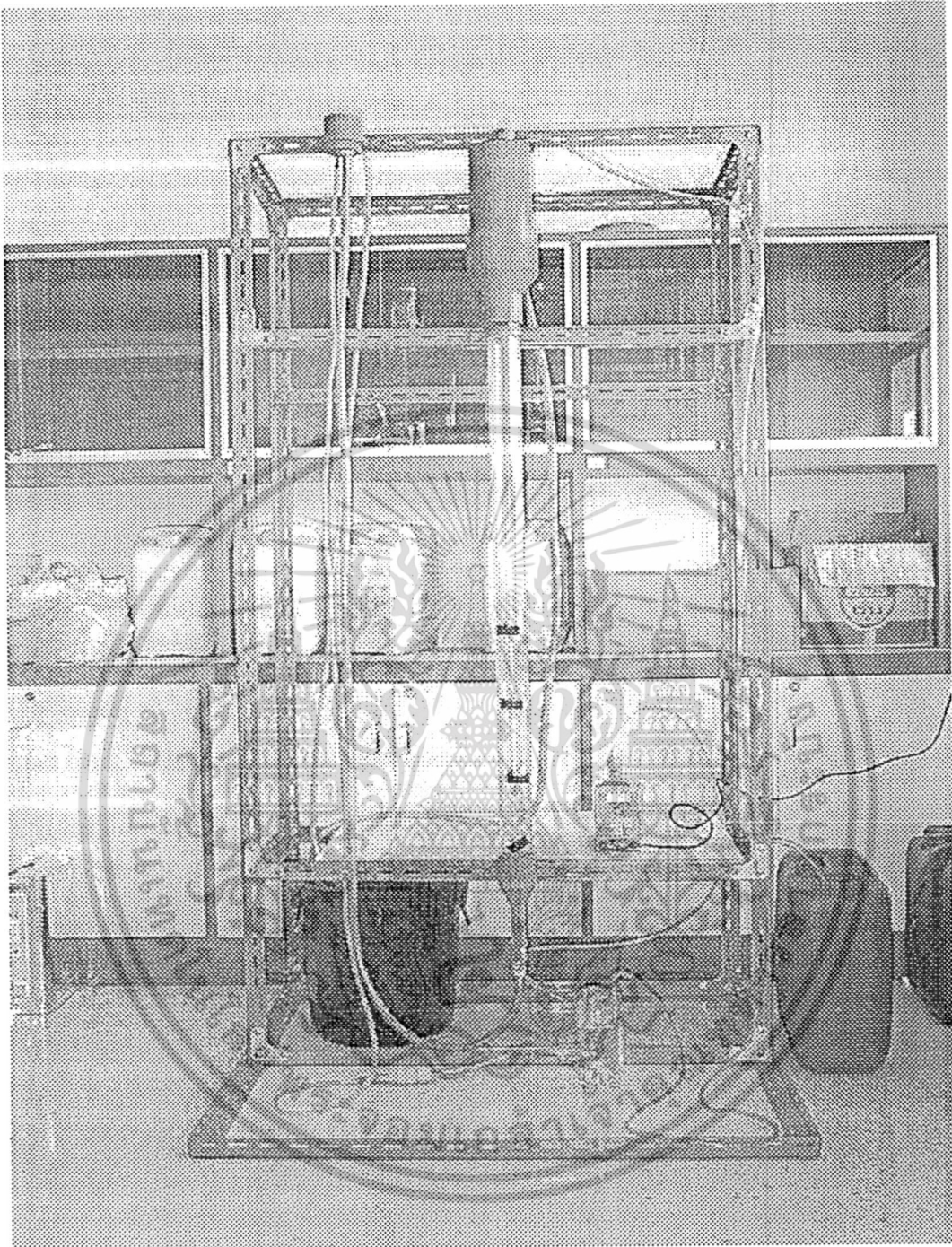
- | | |
|--|---------------|
| 1. โพแทสเซียมไดโครเมตสำหรับย่อยสลาย ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) | เกรดวิเคราะห์ |
| 2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4) | เกรดวิเคราะห์ |
| 3. โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) | เกรดวิเคราะห์ |
| 4. พรอทอกโซไซด์ (HgO red) | เกรดวิเคราะห์ |
| 5. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) | เกรดวิเคราะห์ |
| 6. โซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) | เกรดวิเคราะห์ |
| 7. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCl) | เกรดวิเคราะห์ |
| 8. แคลเซียมคลอไรด์ (anhydrous CaCl_2) | เกรดวิเคราะห์ |
| 9. เฟอริกคลอไรด์ ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) | เกรดวิเคราะห์ |
| 10. แมกนีเซียมซัลเฟต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) | เกรดวิเคราะห์ |

สถานีหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



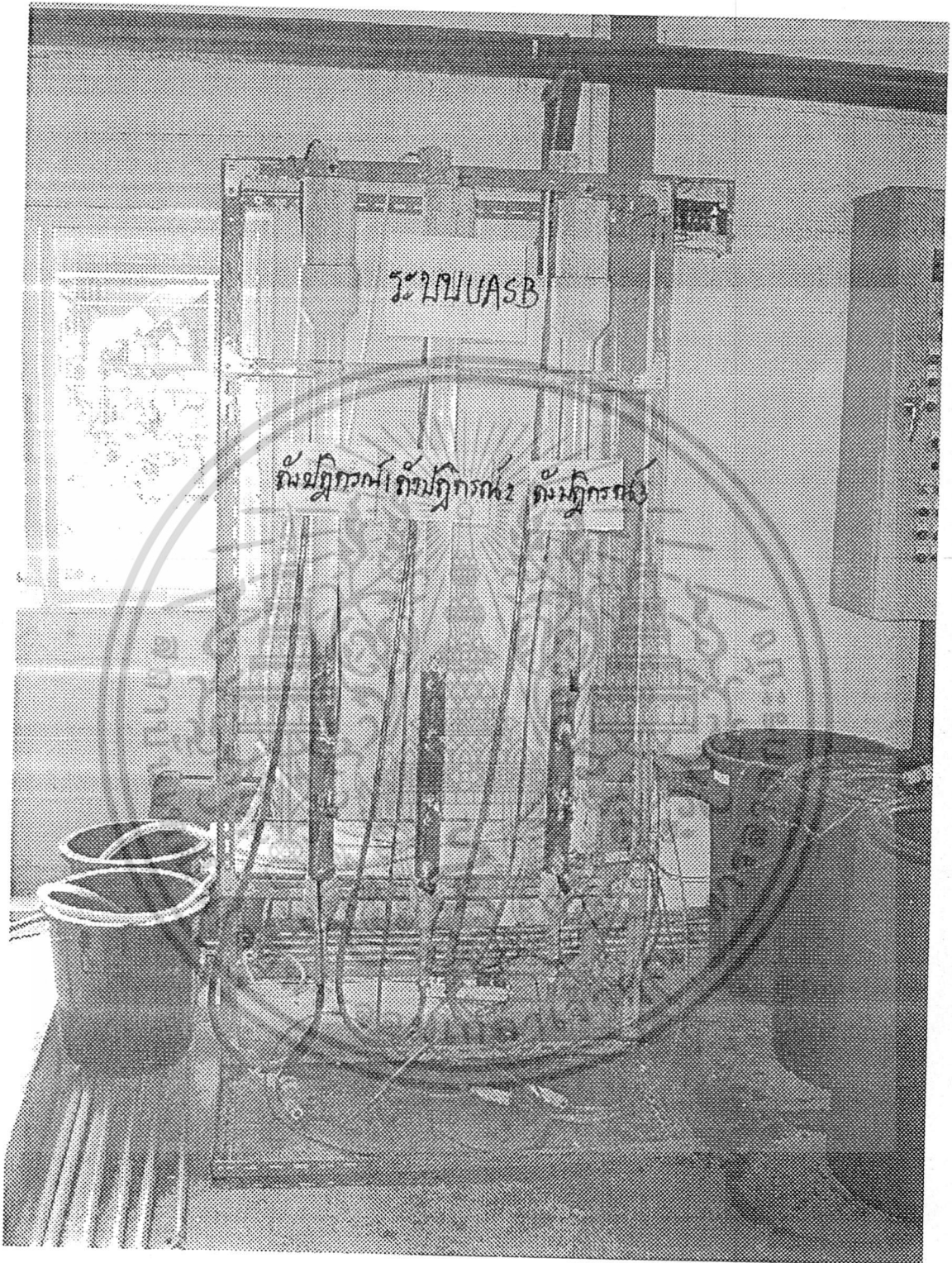
รูปที่ 3.1 ผังการไหลและส่วนประกอบถังปฏิกรณ์แบบยูเอเอสบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ถังปฏิกรณ์ระบบ ไร้อากาศแบบยูเอเอสบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ถังปฏิกรณ์ระบบไร้อากาศแบบยูเอสบีที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การบำบัดน้ำเสีย

3.3.1 การทดสอบการทำงานของระบบ

จากรูป 3.1 แสดงผังการไหล โดยน้ำเสียจากถังน้ำขนาด 100 ลิตรถูกส่งไปยังถังควบคุมระดับด้วยเครื่องสูบน้ำ จากนั้นน้ำเสียจากถังควบคุมระดับจะไหลด้วยแรงโน้มถ่วงเข้าถังปฏิกรณ์ทางด้านล่างของถัง ในถังปฏิกรณ์น้ำเสียจะไหลจากด้านล่างขึ้นด้านบนและออกจากถังปฏิกรณ์ลงสู่ถังน้ำออก

3.3.2 วิธีปรับตั้งอัตราสูบ

ก่อนการเดินระบบต้องมีการปรับเทียบอัตราสูบจริงของเครื่องสูบน้ำโดยใช้ภาชนะที่ทราบปริมาตรที่แน่นอน ได้แก่ กระบอกตวงรองน้ำที่ไหลจากเครื่องสูบน้ำแล้วจับเวลาทำซ้ำหลายๆครั้ง แล้วคำนวณหาอัตราสูบที่แท้จริงของเครื่องสูบน้ำได้ จากการปรับตั้งอัตราสูบของเครื่องสูบน้ำ 3 เครื่อง ได้ทำการปรับตั้งอัตราสูบที่ต่ำที่สุดทั้ง 3 เครื่อง คือที่อัตรา 0.1 ลิตรต่อชั่วโมง มีเวลากักพักชลศาสตร์ (HRT) เท่ากับ 48.6 ชั่วโมง (ดังภาคผนวก ข)

3.3.3. การเริ่มต้นเดินระบบ และการบำบัดน้ำเสีย

1. นำเชื้อจุลชีพ (Granular sludge) เดิมลงในถังปฏิกรณ์ 3 ชุด โดยในแต่ละถังปฏิกรณ์ใช้เชื้อจุลชีพ 2 ลิตร เติมสารอาหารสังเคราะห์ซึ่งมีค่าซีไอดี ประมาณ 2000 มิลลิกรัม ต่อลิตรแบบต่อเนื่องเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ทั้ง 3 ชุด ให้มีอัตราการไหลเท่ากับ 0.1 ลิตรต่อชั่วโมง อย่างน้อย 5 วันเพื่อให้จุลชีพแข็งแรงเต็มที่

2. หลังจากเริ่มต้นเดินระบบแล้วเริ่มป้อนน้ำเสียที่มีอัตราส่วนของอาหารสังเคราะห์: น้ำเสียโรงบำบัดคณะวิทยาศาสตร์: สารละลายอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน เท่ากับ 60:30:10 หรือคิดเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 6:3:1 นั่นคืออาหารสังเคราะห์ 6 ส่วน น้ำเสียโรงบำบัด 3 ส่วน และสารละลายอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน 1 ส่วน เมื่อผสมให้เข้ากันแล้วแบ่งส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์เพื่อหาค่าซีไอดี บีไอดี พีเอช ปริมาณเดคาลทีนในโตรเจนทั้งหมด (TKN) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ที่เหลือนำมาเติมเข้าสู่ถังปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วันโดย ให้มีอัตราการไหลเท่ากับ 0.1 ลิตรต่อชั่วโมง เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งออกจากระบบ เพื่อวัดค่าซีไอดี บีไอดี พีเอช อุณหภูมิ

3. ค่อยๆเพิ่มปริมาณน้ำเสียโรงบำบัด จาก 3 ส่วนเป็น 4 ส่วน โดยกำหนดให้ใช้อัตราส่วนของสารละลายอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนคงที่ที่ 1 ส่วน จนกระทั่งระบบสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องใช้อาหารสังเคราะห์ ทุกครั้งที่เปลี่ยนอัตราส่วนจะวิเคราะห์ น้ำเข้าสู่ระบบ และน้ำออกจากระบบ

4. การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง จุดเก็บตัวอย่างน้ำ และวิธีการวิเคราะห์

ดังตารางที่ 3.1

ตาราง 3.1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	จุดเก็บน้ำตัวอย่าง			วิธีวิเคราะห์
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำภายในระบบ	
พีเอช	X	X		เครื่องพีเอชมิเตอร์
อุณหภูมิ	X	X		เทอร์โมมิเตอร์
ซีโอดี	X	X		รีฟลักซ์ด้วย $K_2Cr_2O_7$ แบบปิด *
บีโอดี	X	X		การเจือจาง และวัดค่าด้วย ดีไอมิเตอร์
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	X	X		วิธีแวนาโดโมลิบเดต *
เจดาคาร์บอนไนโตรเจนทั้งหมด	X	X		วิธีย่อยสลายและกลั่นด้วยเครื่อง แมโครเจดาคาร์บอน *
กรดไขมันระเหยง่าย			X	การไทเทรต
สภาพด่างคาร์บอเนต			X	อินดิเคเตอร์*

*AWWA 2002

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้วิจัย

น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยคือ น้ำเสียจากบ่อน้ำทิ้งของโรงบำบัดน้ำเสียคณะวิทยาศาสตร์โดยตักน้ำเก็บไว้ใช้ในแต่ละครั้งประมาณ 100 ลิตร ค่าบีโอดีและซีโอดีของน้ำเสียนี้อาจใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 187.42 และ 200.60 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1 แสดงว่าสารอินทรีย์ในน้ำเสียส่วนมากแล้วจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ ในการวิจัยจะผสมสารละลายออลิฟาคิกไฮโดรคาร์บอน กลุ่ม เพนเทน เฮกเซนสังเคราะห์ โดยสัดส่วนที่ใช้คือ 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำเสียอินทรีย์กลุ่มนี้ทางห้องปฏิบัติการเคมีจะแยกเก็บใส่ถังไว้ต่างหากไม่ได้ปล่อยลงท่อน้ำทิ้งสู่โรงบำบัดของคณะ ในการวิจัยได้นำมาผสมกับน้ำเสียโรงบำบัดปรากฏว่าจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้จึงเตรียมจากสารละลาย เพนเทน และ เฮกเซนสังเคราะห์)

ตารางที่ 4.1 ลักษณะน้ำเสียจากบ่อน้ำทิ้งของโรงบำบัดน้ำเสียคณะวิทยาศาสตร์

พารามิเตอร์	ค่าที่วัดได้			ค่าเฉลี่ย
	การทดลองครั้งที่1	การทดลองครั้งที่2	การทดลองครั้งที่3	
พีเอช	8.36	8.12	7.86	8.11±0.25
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26.69	25.78	25.45	25.97±0.64
ซีโอดี (มก. /ล.)	189.32	200.36	212.34	200.60±8.47
บีโอดี(มก. /ล.)	175.64	186.52	200.12	187.42±12.27
เจดาคัลไนโตรเจนทั้งหมด(มก. /ล.)	1.50	1.62	1.42	1.51±0.10
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก. /ล.)	5.46	6.12	5.89	5.82±0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและบีโอดี

ในการวิจัยจะเติมอาหารสังเคราะห์เข้าสู่ถังปฏิกรณ์ทั้ง 3 อย่างน้อย 5 วัน เพื่อป้อนอาหารให้จุลินทรีย์เติบโตเต็มที่ โดยใช้อัตราส่วนอาหารสังเคราะห์ 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าซีโอดีและ บีโอดีเริ่มแรกของน้ำที่ป้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เท่ากับ 1752, 200 มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี บีโอดีเท่ากับ 84.50 และ 74.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าในสภาวะที่ทำการทดลองความสามารถของจุลินทรีย์ในระบบในการลดค่าบีโอดียังไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งๆที่น้ำป้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ จุลินทรีย์ย่อยสลายได้เกือบทั้งหมด และยังไม่มีการเคมีปนเปื้อน หลังจากนั้นจะเริ่มเติมน้ำเสียโรงบำบัดที่เจือปนสารละลายอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน อัตราส่วนที่ใช้ คือ อาหารสังเคราะห์ :

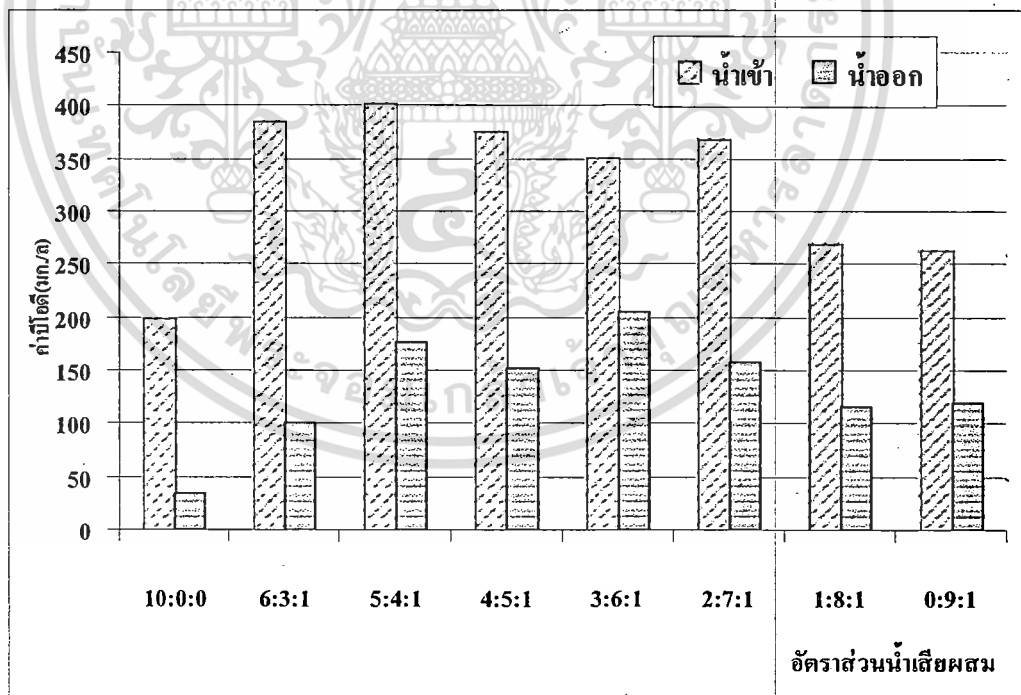
น้ำเสียโรงบำบัด : สารละลายอลิฟาไฮโดรคาร์บอน เท่ากับ 6:3:1, 5:4:1, 4:5:1, 3:6:1, 2:7:1, 1:8:1 และ 0:9:1 ตามลำดับ พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีและบีโอดีค่อยๆลดลงตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งนี้เนื่องจากปริมาณแก๊สที่วัดได้เป็นปริมาณแก๊สของคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน ($\text{CO}_2 + \text{CH}_4$) ดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

เมื่ออัตราส่วนน้ำเสียเพิ่มขึ้นจาก 40 เปอร์เซ็นต์ เป็น 50, 60, 70, 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีไม่แตกต่างกันมากนัก โดยที่น้ำเสีย 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 56.30 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนน้ำเสีย 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 54.35 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า จุลินทรีย์ในระบบสามารถย่อยสลายน้ำเสียที่เจือปนสารละลายอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนได้ แต่ประสิทธิภาพการกำจัดจะลดลง และเมื่อจุลินทรีย์คุ้นเคย(acclimatize)กับน้ำเสียแล้วไม่ว่าจะเพิ่มอัตราส่วนน้ำเสียมากขึ้น จุลินทรีย์ยังสามารถทำงานได้

ในการวิจัยบำบัดน้ำเสียเจือปนสารละลายอลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนที่อัตราส่วน 0:9:1 ได้เก็บน้ำเสียในถังปฏิกรณ์มาวิเคราะห์กรดไขมันระเหยง่าย สภาพต่าง ได้ค่ากรดไขมันระเหยง่ายต่อสภาพต่าง เท่ากับ (ค่า $\text{VFA/ALK} > 0.8$ ระบบทำงานได้ไม่ดี และถ้า $\text{VFA/ALK} < 0.4$ ระบบทำงานได้ดี) ซึ่งในการทดลองไม่ได้มีการควบคุมสภาพบีโอฟเอร์ของระบบ ดังนั้น อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มเมทาโนเจนในการกำจัดบีโอดีในน้ำเสียที่เจือปนสารละลายไฮโดรคาร์บอนลดลงเหลือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

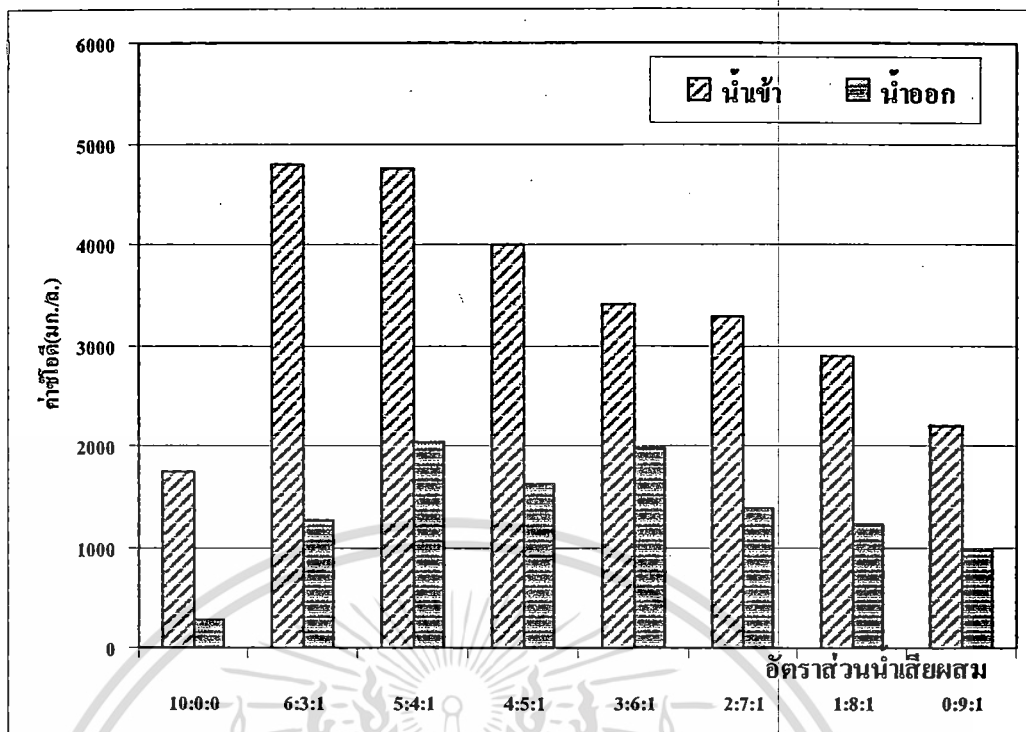
ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และบีโอดี

น้ำเสียผสม อาหารสังเคราะห์: น้ำเสียโรงบำบัด: อลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน	ซีโอดี (มก./ล.)		ประสิทธิภาพ การกำจัด (เปอร์เซ็นต์)	บีโอดี (มก./ล.)		ประสิทธิภาพ การกำจัด (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณแก๊ส (มิลลิเมตร)
	น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก		
10:0:0	1752.00	286.00	84.50	200.00	33.36	74.39	-
6:3:1	4792.32	1260.29	74.39	386.00	101.40	73.71	2700
5:4:1	4761.60	2049.00	56.94	403.10	176.20	56.30	2100
4:5:1	3993.60	1620.00	59.41	376.00	152.00	59.57	2400
3:6:1	3415.40	1987.00	41.80	350.40	205.20	41.44	1800
2:7:1	3282.56	1384.00	57.70	369.20	158.20	57.15	2100
1:8:1	2892.48	1218.00	57.89	270.10	115.35	57.29	2400
0:9:1	2200.64	973.00	55.74	264.00	120.50	54.35	2100

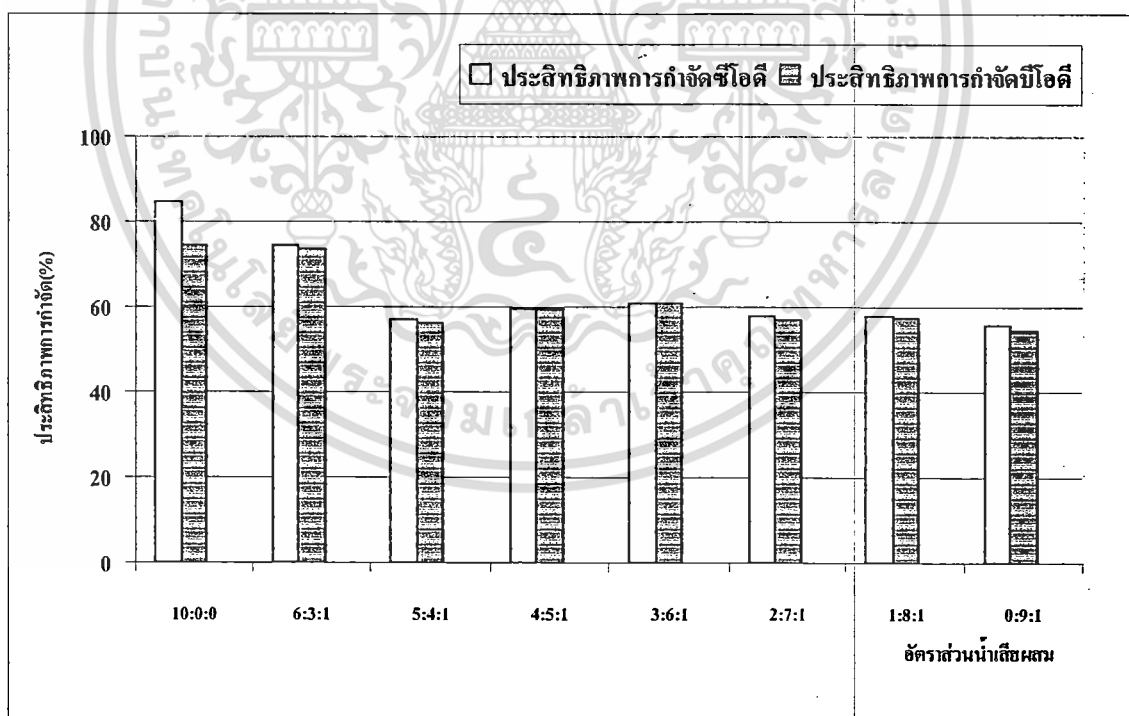


รูปที่ 4.1 แสดงค่าซีโอดีน้ำเข้าและน้ำออกที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงค่าบีไอค่าน้ำเข้าและน้ำออกที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดซีไอ และบีไอที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

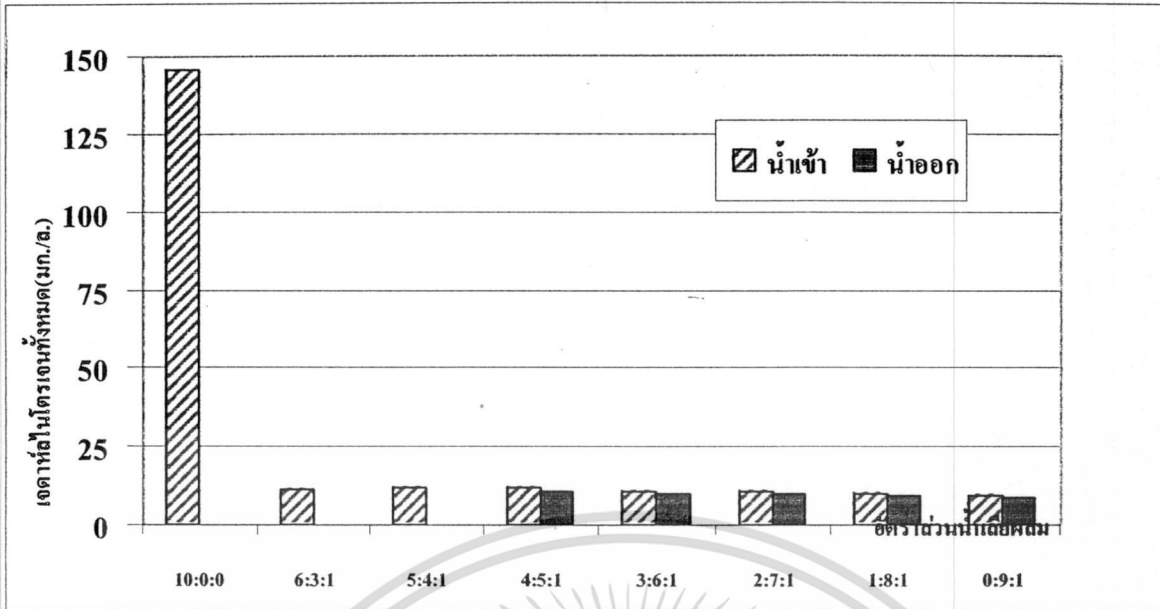
4.3 ปริมาณธาตุหลักไนโตรเจนทั้งหมด (ทีเคเอ็น) และฟอสฟอรัสทั้งหมด ในน้ำเข้าและน้ำออก

ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารเสริมที่จุลินทรีย์ต้องการ โดยในการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน อัตราส่วนที่เหมาะสมของบีโอดี: ไนโตรเจน: ฟอสฟอรัสเท่ากับ 100:1.1:0.2 (มันลิน,2542) ในการทดลองน้ำเสียผสมที่อัตราส่วนต่างๆ มีค่าบีโอดี :ไนโตรเจน :ฟอสฟอรัสเท่ากับ 100:3.1:3.4 ซึ่งถือว่าในน้ำเสียเจือปนสารละลายอิลิฟาคิกไฮโดรคาร์บอนมีธาตุอาหารเสริมไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสเพียงพอ ขณะที่ในน้ำออกจากระบบปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลดน้อยลงมาก ดังตารางที่4.3 และรูปที่ 4.4-4.5 (เนื่องจากไนโตรเจนเข้าสู่ระบบอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน การเปลี่ยนเป็นไนเตรต สภาพสิ่งแวดล้อมต้องมียูทิลิตี้) ดังนั้นจึงทำให้ค่าทีเคเอ็นลดลงน้อยมาก ในทำนองเดียวกับจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยสลายฟอสฟอรัสจะทำงานได้ดีในสภาวะใช้ออกซิเจน (มันลิน, 2542)

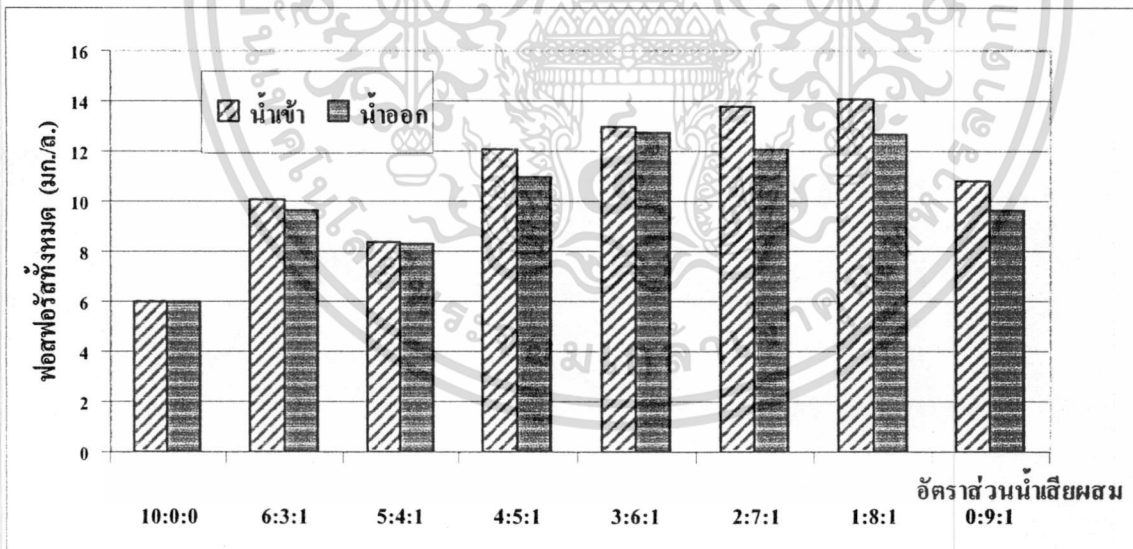
ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณธาตุหลักไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเข้าและน้ำออกที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ

น้ำเสียผสม อาหารสังเคราะห์: น้ำเสียโรงบำบัด: อิลิฟาคิกไฮโดรคาร์บอน	ธาตุหลักไนโตรเจนทั้งหมด (มก./ล.)		ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
10:0:0	145.60	-	6.00	6.00
6:3:1	10.99	-	10.10	9.66
5:4:1	11.76	-	8.40	8.26
4:5:1	12.04	10.92	12.10	11.00
3:6:1	10.92	10.13	13.00	12.75
2:7:1	10.78	10.01	13.80	12.06
1:8:1	9.88	9.21	14.11	12.63
0:9:1	9.46	9.03	10.85	9.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณเจตาหลักไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 4.5 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ค่าพีเอชและอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ

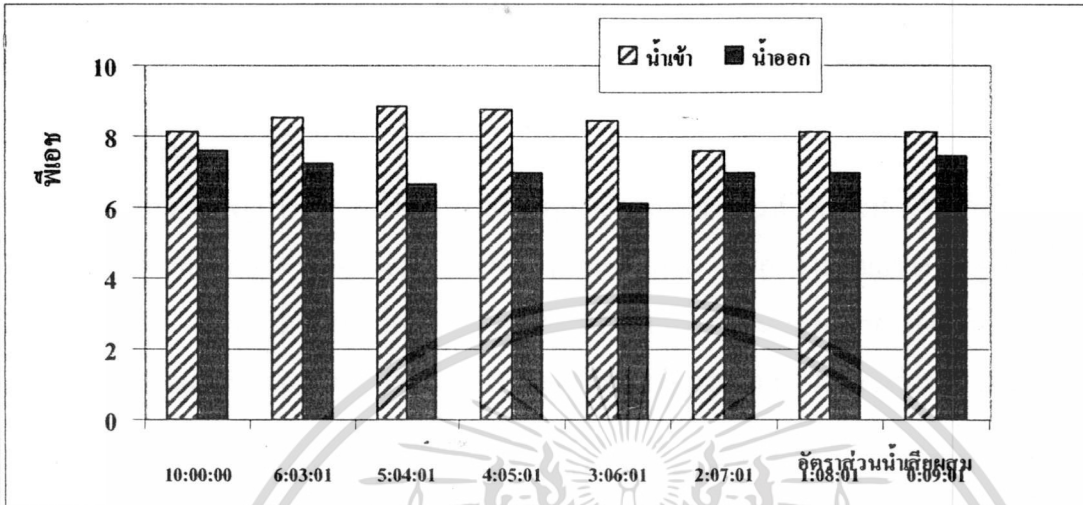
เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มเมทาโนเจน จะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงพีเอช 6.8 – 9.2 และที่พีเอชน้อยกว่า 6.2 ประสิทธิภาพของระบบจะลดลงอย่างรวดเร็ว (มันสิน, 2542) ดังนั้นในการทดลอง จึงต้องควบคุมพีเอชน้ำเสียที่ป้อนเข้าถึงปฏิกรณ์ ให้มีค่าพีเอชที่เหมาะสม โดยพีเอชอยู่ระหว่าง 7.58-8.86 ขณะที่ในน้ำออกพีเอชอยู่ในช่วง 6.12-7.59 ซึ่งลดต่ำลงโดยเฉพาะที่อัตราส่วนน้ำเสีย 3:6:1 ค่าพีเอชในน้ำออกเท่ากับ 6.12 ดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.6 และ 4.7 รวมทั้งประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีต่ำที่สุด เท่ากับ 41.44 เปอร์เซ็นต์ (อ้างถึงหัวข้อ 4.2) อาจเกิดจากมีการสะสมตัวของกรดอินทรีย์ระเหยต่างๆ โดยเฉพาะกรดอินทรีย์ในรูปโพรไพโอนิก ทำให้พีเอชของระบบมีค่าต่ำลง (มันสิน, 2542)

ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มมีโซฟิลิกเท่ากับ 30-40 องศาเซลเซียส ดังนั้นในการทดลองมีการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงดังกล่าว โดยอุณหภูมิของน้ำเข้า และน้ำออกอยู่ในช่วง 31.00 – 33.00 องศาเซลเซียส

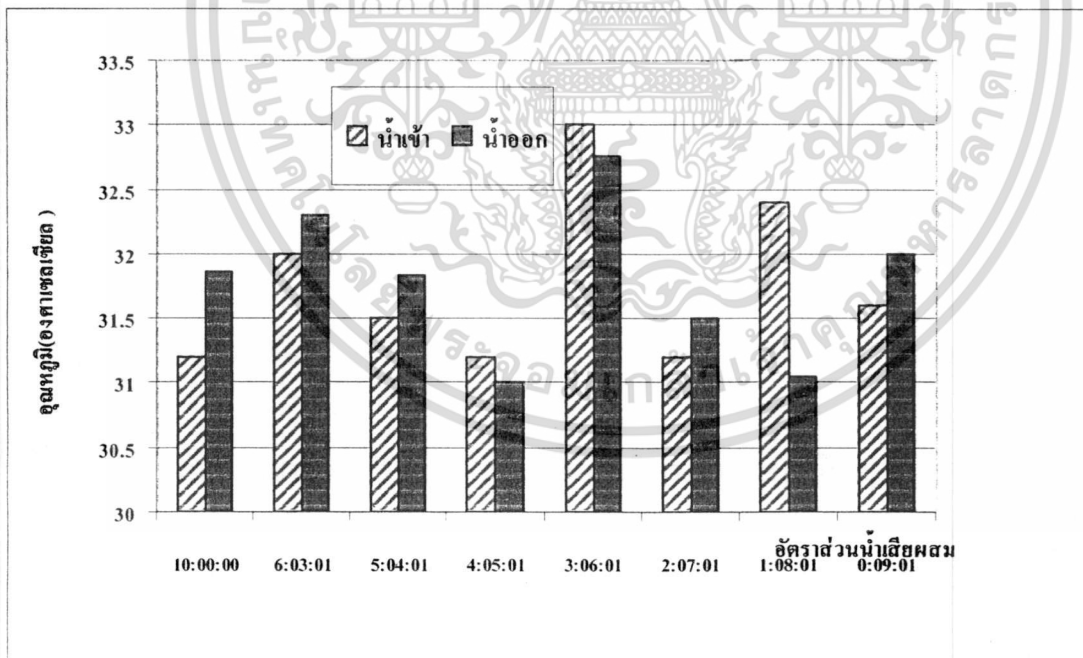
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าพีเอชและอุณหภูมิในน้ำเข้าและน้ำออกที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ

น้ำเสียผสม อาหารสังเคราะห์: น้ำเสียโรงบำบัด: อลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน	พีเอช		อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
10:0:0	8.14	7.59	31.20	31.86
6:3:1	8.55	7.23	32.00	32.30
5:4:1	8.86	6.68	31.50	31.83
4:5:1	8.75	6.97	31.20	31.00
3:6:1	8.43	6.12	33.00	32.75
2:7:1	7.58	6.99	31.20	31.50
1:8:1	8.12	6.97	32.40	31.05
0:9:1	8.14	7.47	31.60	32.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 4.7 แสดงอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกที่น้ำเสียผสมอัตราส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ และพิสมัย ชัยรัตน์อุทัย. 2544. ปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2535. วิศวกรรมกรรมการบำบัดน้ำเสีย เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มิตรนรา การพิมพ์.
- มันสิน ตันกุลเวศม์. 2542. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2 . พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมชาย ดารารัตน์. 2536. เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียแบบ UASB. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับที่ 1 .
- APHA, AWWA, and WPCF, 2002, **Standard Methods for Examination of Water and wastewater**, American Public Health Association, Washington, D.C., 15th Edition.
- Amatya, P.L., 1996, **Anaerobic Treatment of Tapioca Starch Industry Wastewater by bench scale Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactor**, Master of Engineering Thesis, Civil Engineering Program, Asian Institute of Technology.
- Lin C-Y and Lee Y-S., 2002, Effect of thermal and chemical pretreatments on anaerobic ammonium removal in treating septage using the UASB system, **Bioresource Technology**, Vol. 83 , 259-261.
- Gavala H. N., Kopsinis H., Skiadas I. V., Stamatelatou K. and Lyberatos G., 1999, Treatment of Dairy Wastewater Using an Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor, **Journal of Agricultural Engineering Research**, Vol. 73. 59-63.
- Lettinga, G., van Velsen, A.F.M., Hobma, S.W., de Zeeuw, W. and Klapwijk, A., 1998, Use of Upflow Sludge Blanket (USB) Reactor Concept for Biological Wastewater Treatment Especially for Anaerobic Treatment, **Biotechnology & Bioengineering**, Vol. XXII. No.4. 699-734.
- McCarty, P.L., 1964, "Anaerobic Waste Treatment Fundamentals: Part One," **Public Works**, Vol.95, pp.107-112.
- Wiegant W.M., and Lettinga G., 1985, Mesophilic Anaerobic Digestion of Sugars in Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor. **Biotechnology & Bioengineering** . No 27 . 1603-1607.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Saatci Y., Arslan E. I. and Konar V.,2003, Removal of total lipids and fatty acids from sunflower oil factory effluent by UASB reactor, **Bioresource Technology**, Vol. 87. 269-272 .



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ ก.1 แสดงค่าซีไอดี และบีไอดีของน้ำเสียผสมที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน อาหารสังเคราะห์: น้ำเสียโรงบำบัด: อลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน	คอลัมน์	ซีไอดี (มก./ล.)		บีไอดี (มก./ล.)	
		น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
10:0:0	1	1752	320	200	38.1
	2	1752	300	200	35
	3	1752	240	200	27
6:3:1	1	4792.32	1292.97	386	106
	2	4792.32	1156.45	386	97.2
	3	4792.32	1332.1	386	101.2
5:4:1	1	4761.6	2204.16	403.1	191.2
	2	4761.6	2154.82	403.1	184.3
	3	4761.6	1789.44	403.1	153.2
4:5:1	1	3993.6	1804.8	376	168
	2	3993.6	1436.16	376	136
3:6:1	1	3415.4	2031.36	350.4	209.2
	2	3415.4	1943.04	350.4	201.2
2:7:1	1	3282.56	1508.8	369.2	171.2
	2	3282.56	1259.2	369.2	145.2
1:8:1	1	2892.48	1284.26	270.1	121.3
	2	2892.48	1151.84	270.1	109.4
0:9:1	1	2200.64	1015.15	264	123
	2	2200.64	932.61	264	118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 แสดงเจดาคาร์บอน ไตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียผสมที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน อาหารสังเคราะห์: น้ำเสียโรงบำบัด: อลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน	คอลัมน์	เจดาคาร์บอน ไตรเจนทั้งหมด (มก./ล.)		ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	
		น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
10:0:0	1	145.6	-	6	6
	2	145.6	-	6	6
	3	145.6	-	6	6
6:3:1	1	10.99	-	10.1	9.5
	2	10.99	-	10.1	10.5
	3	10.99	-	10.1	9
5:4:1	1	11.76	-	8.4	8.4
	2	11.76	-	8.4	8
	3	11.76	-	8.4	8.4
4:5:1	1	12.04	10.92	12.1	11
	2	12.04	10.92	12.1	11
3:6:1	1	10.92	9.828	13	12.5
	2	10.92	10.44	13	13
2:7:1	1	10.78	9.8	13.8	12.89
	2	10.78	10.22	13.8	11.23
1:8:1	1	9.88	8.98	14.11	12.25
	2	9.88	9.44	14.11	13.02
0:9:1	1	9.46	8.95	10.85	9.6
	2	9.46	9.12	10.85	9.6

ในการคำนวณค่า BOD:N:P จะใช้ค่าเฉลี่ย คือ BOD = 350 มก./ ล. , N= 10.58 มก./ ล. , P=11.80 มก./ ล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

1. องค์ประกอบของอาหารสังเคราะห์

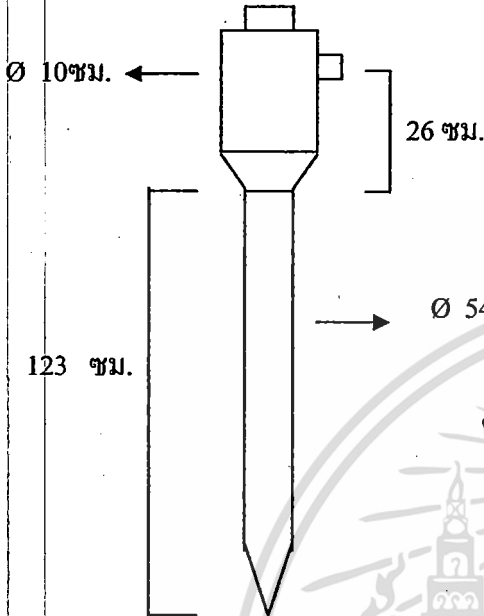
ในอาหารสังเคราะห์ 1 ลิตรมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ [Wiegant และ Lettinga 1985]

- ซูโครส	1.78 กรัม
- NH_4Cl	170 มิลลิกรัม
- NaH_2PO_4	37 มิลลิกรัม
- $\text{MgCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	9 มิลลิกรัม
- KCl	25 มิลลิกรัม
- Na_2SO_4	70 มิลลิกรัม
- NaHCO_3	5 กรัม
- Yeast extract	0.1 กรัม
- Trace element	1 มิลลิลิตร

โดยที่ Trace element เป็นสารละลาย ใน 1 ลิตรของ Trace element จะประกอบไปด้วย

- $\text{FeCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2 กรัม
- ZnCl_2	50 มิลลิกรัม
- $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	500 มิลลิกรัม
- CuSO_4	30 มิลลิกรัม

2. การคำนวณความจุของถังปฏิกรณ์
ถังปฏิกรณ์ทั้ง 3 ถัง มีความจุดังนี้



$$\begin{aligned} \text{ความจุถังปฏิกรณ์} &= \frac{\pi D^2 h}{4} \\ &= \frac{\pi (5.4)^2 \times 123}{4} + \frac{\pi (10)^2 \times 26}{4} \\ &= 4859.01 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้นความจุของถังปฏิกรณ์ทั้ง 3 ถังเท่ากับ 4.86 ลิตร

3. วิธีการคำนวณเวลากักพักชลศาสตร์ (HRT)

ถังปฏิกรณ์ทั้ง 3 ถัง มีความจุ 4.86 ลิตร และอัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำทั้ง 3 เครื่องมีอัตราการสูบน้ำเท่ากับ 0.5 ลิตรต่อชั่วโมง

วิธีการคำนวณ

$$\text{เวลากักพักชลศาสตร์ (HRT)} = \frac{\text{ความจุของถังปฏิกรณ์}}{\text{อัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำ}}$$

$$= \frac{4.86 \text{ ลิตร}}{0.1 \text{ ลิตร/ชั่วโมง}}$$

$$= 48.6 \text{ ชั่วโมง}$$

ดังนั้นเวลากักพักชลศาสตร์ (HRT) มีค่าเท่ากับ 48.6 ชั่วโมง