

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าพระนครใหม่

การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งโดยใช้จุลินทรีย์ในระบบเอสบีอาร์



26  
๑๔๑๗  
๑๗๕๕

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 62046  
วัน,เดือน,ปี 27 ก.ค. 2549

b. 1160828x  
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาเคมี  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Treatment of Wastewater from Frozen Seafood Processing Industry by Microbe in SBR  
system**



**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of**

**Bachelor of Science**

**Department of Chemistry**

**Faculty of Science**

**King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**

**Academic Year 2004**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง

การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งโดย  
ใช้จุลินทรีย์ในระบบเอสบีอาร์

นักศึกษา

เฉลิมชัย วุฒินันท์สุระสิทธิ์  
พัชรรัตน์ เยี่ยมแก่นจันทร์  
อาภาสี นาคสุข

ภาควิชา

เคมี

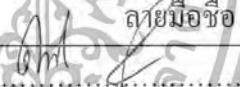
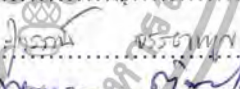

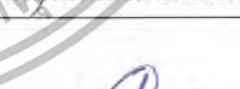
สาขาวิชา

เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. พรรษวรรณ / ต้นทวี  
ดร. อุตาร์ตน์ / ดาวรรชัยสิทธิ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติให้นำโครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ รศ. ดวงใจ	โอชัยกุล	
กรรมการ ดร. สุวรรณิ	จรรยาพูน	
กรรมการ ผศ. พรรษวรรณ	ต้นทวี	
กรรมการ ดร. อุตาร์ตน์	ดาวรรชัยสิทธิ์	



(ผศ. ดร. ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง โดยใช้จุลินทรีย์ในระบบเอสบีอาร์
นักศึกษา	เฉลิมชัย วุฒินันท์สุระสิทธิ์ พัชรรัตน์ แยมแก่นจันทร์ อาภาสี้ นาคสุข
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. พรชวรธรรม ตันทวี ดร.อุสารัตน์ ฉาวราชย์สิทธิ์

### บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของเชื้อจุลินทรีย์ในระบบเอสบีอาร์ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนดังนี้คือการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์แบบแบทช์และการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งในระบบเอสบีอาร์ จุลินทรีย์ที่เก็บรวบรวมได้จากบ่อเติมอากาศของโรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งถูกนำมาเพิ่มจำนวนในอาหารเลี้ยงเชื้อ YMB พบการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ และมียีสต์เป็นประชากรโดยส่วนใหญ่ การสร้างความคุ้นเคยของเชื้อจุลินทรีย์ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ทำได้โดยการปรับอัตราส่วนอาหารเลี้ยงเชื้อต่อน้ำเสียสังเคราะห์จนกระทั่งมีน้ำเสียสังเคราะห์ 100% ในระบบ จากผลการทดลองพบว่าจุลินทรีย์สามารถเพิ่มจำนวนได้ และมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีสูงถึง 78.44 % นอกจากนี้ พบว่าเมื่อใช้น้ำเสียสังเคราะห์ในปริมาณมากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลุ่มจุลินทรีย์จากรูปร่างทรงกลมรีและมีการแตกหน่อ เป็นรูปร่างแท่ง การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปแช่แข็งในระบบเอสบีอาร์พบว่าอัตราส่วน F/M ที่เหมาะสมมีค่าประมาณ 0.4 จุลินทรีย์มีประสิทธิภาพการบำบัดค่าซีโอดีสูงสุดเมื่ออยู่ในระบบอย่างน้อย 8 ชั่วโมง พีเอช 7 เป็นพีเอชที่เหมาะสมต่อการบำบัด โดยให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD สูงถึง 81.62 % จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมในระบบเอสบีอาร์พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของค่า COD, ผลรวมไนโตรเจน, แอมโมเนียม และฟอสเฟตที่ได้จากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $45.06 \pm 4.92\%$ ,  $13.37 \pm 5.41\%$ ,  $75.40 \pm 1.54\%$  และ  $74.05 \pm 5.31\%$  ตามลำดับ การนำน้ำเสียไปผ่านการบำบัดซ้ำในระบบเอสบีอาร์ ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัด COD โดยรวมมีค่าสูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียมและฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
คำสำคัญ: เชื้อจุลินทรีย์ ระบบเอสบีอาร์ อุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดเบตลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Special Project Title</b>	Treatment of Wastewater from Frozen Seafood Processing Industry by Microbe in SBR system	
<b>Name</b>	Chalermchai	Wuttinansurasit
	Pacharat	Yamkanchan
	Apasee	Naksuk
<b>Department</b>	Chemistry	Faculty of Science
<b>Program</b>	Environmental Resource Chemistry	
<b>Academic Year</b>	2004	
<b>Special Project Advisor</b>	Assist.Prof. Pansawan Tantawee	

Dr.Usarat Thawornchaisit

### ABSTARCT

This special project studied wastewater treatment efficiency of microbes in SBR system. The study was divided into 2 parts as follows: treatment of synthetic wastewater in a batch system and treatment of wastewater from frozen processing seafood industry in SBR system. Microbes collected from aeration tank of frozen processing seafood factory were enriched in YMB nutrient. Results showed that yeast was found as the dominant population in the enrichment. The acclimatization of cultures to synthetic wastewater was conducted by adjusting the ratio of YMB nutrient and synthetic wastewater until reaching 100% of synthetic wastewater in the system. Results showed that the microbes were enriched and the efficiency of COD removal was 78.44%. In addition, it was found that there was a change of microbial population from an oval-round shape with budding to a rod shape. Optimal conditions for treatment of wastewater from frozen processing seafood industry in SBR system were studied. It was found that an optimum F/M ratio was 0.4. COD was removed at highest level when wastewater was in the system at least 8 hours, and at pH 7. It was found that COD removal efficiency was 81.67%. For industrial wastewater treatment in SBR system, the treatment efficiency of SBR system for COD, Total Kjedal Nitrogen, Ammonia-Nitrogen and Phosphate from first cycle treatment were 45.06±4.92%, 13.37±5.47%, 75.40±1.54% and 74.05±5.31%, respectively. Repeated treatment of wastewater in SBR system improved the overall treatment efficiency for COD, but did not have any effect on treatment of ammonium and phosphate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Keywords: Microbe SBR system Frozen Seafood Processing Industry

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สืบเนื่องมาจากความร่วมมือ และความกรุณาของทุกๆท่าน คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. พรพรพรรณ ต้นทวี และ ดร. อูสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ ที่กรุณาติดตามให้คำแนะนำปรึกษา ดูแลเอาใจใส่ ตลอดจนตรวจสอบ ดิชมจนผลงานสำเร็จลงได้ในที่สุด และขอกราบขอบพระคุณกรรมการโครงการพิเศษ รศ. ดวงใจ โอชัยกุล และ ดร. สุวรรณิ จรรยาพูน ที่กรุณาใช้เวลาอันมีค่า ให้ข้อคิดเห็น และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ซึ่งช่วยให้โครงการพิเศษนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึงเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านอย่างเต็มที่

กราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ตลอดจนเพื่อนๆ เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม และพี่ๆ ทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา ทำให้พวกเราไม่ท้อใจในการทำโครงการพิเศษนี้ ฝ่าฟันอุปสรรคนานับประการจนโครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เฉลิมชัย วุฒินันท์สุระสิทธิ์  
พัชรรัตน์ แยมแก่นจันทน์  
อาภาส นาคสุข

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
สัญลักษณ์	ฌ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ความเป็นมาของปัญหาพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและ หลักการ</b>	
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย	4
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำเสีย	9
2.3 เมตาบอลิซึมการหายใจของจุลินทรีย์	12
2.4 การเจริญของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ	14
2.5 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสปีอาร์	16
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย</b>	
3.1 อุปกรณ์และ สารเคมี	25
3.2 การเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง	26
3.3 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ	27
3.4 การเตรียมน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง	27
3.5 การดำเนินการทดลอง	28
<b>บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปรายผล</b>	
4.1 การเก็บเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง	32
4.2 การเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ	33
4.3 การสร้างความคุ้นเคยในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยเชื้อจุลินทรีย์	36
4.4 การเก็บตัวอย่างตะกอนจุลินทรีย์ ครั้งที่ 2	42
4.5 การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรม แปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง	43
4.6 การศึกษา F/M ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์	44
4.7 การศึกษาผลของ พีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์	45
4.8 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในระบบเอสบีอาร์	47
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและ ข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 สรุปผลการทดลอง	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	54
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	
<b>ภาคผนวก</b>	

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ	27
Yeast Malt extract Broth	
ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์	28
ตารางที่ 3.3 วิธีวิเคราะห์สำหรับพารามิเตอร์ต่างๆ	29
ตารางที่ 3.4 ขั้นตอนการทำงานของระบบ SBR	31
ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางเคมีและกายภาพของน้ำเสีย	43
ที่ใช้ในการบำบัดในระบบ SBR	



## สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 2.1	รูปร่างของแบคทีเรีย	4
รูปที่ 2.2	การ conjugation ของแบคทีเรีย	5
รูปที่ 2.3	การแบ่งเซลล์ของแบคทีเรีย <i>E.coli</i>	6
รูปที่ 2.4	สัณฐานวิทยาของยีสต์สปีชีส์ต่างๆกัน	6
รูปที่ 2.5	ยีสต์ที่กำลังแตกหน่อสร้างเซลล์ลูกใหม่	7
รูปที่ 2.6	การแบ่งเซลล์ตามขวางของเชื้อ <i>Schizosaccharomyces octosporus</i>	8
รูปที่ 2.7	แผนภาพแสดงวิถีไกลโคไลซิส	12
รูปที่ 2.8	แผนภาพแสดงวัฏจักรเครปส์	13
รูปที่ 2.10	กราฟการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	15
รูปที่ 2.11	ขั้นตอนการดำเนินการของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์	16
รูปที่ 3.1	ถังปฏิกริยาในระบบ SBR	30
รูปที่ 4.1	ตะกอนจุลินทรีย์ที่เก็บรวบรวมได้	32
รูปที่ 4.2	ลักษณะของจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยา ภายหลังจากเพิ่มจำนวน 2 อาทิตย์	33
รูปที่ 4.3	ความสัมพันธ์ของค่า COD ของน้ำเข้าและออก และค่า MLSS ต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยา	34
รูปที่ 4.4	ความสัมพันธ์ของค่า pH ก่อน และหลังปรับในถังปฏิกริยา ต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยา	35
รูปที่ 4.5	การเปลี่ยนแปลงของค่า COD, MLSS, พีเอช, แอมโมเนีย, TKN , และสารอินทรีย์ในโตรเจน ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	37
รูปที่ 4.6	การเปลี่ยนแปลงของค่าฟอสเฟตที่ระยะเวลาต่าง ๆ	38
รูปที่ 4.7	ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่อัตราส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อน้ำเสียสังเคราะห์แตกต่างกัน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8 ลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ที่เก็บรวบรวมได้จากบ่อเติมอากาศของโรงงานอุตสาหกรรม แปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง	42
รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของค่า MLSS และ COD ณ ระยะเวลาต่างกัน	44
รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงของค่า MLSS และ COD ณ ระยะเวลาต่างกัน ที่ pH 3.5 , 5 และ 7	45
รูปที่ 4.11 ระบบเอสปีอาร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (lab scale)	47
รูปที่ 4.12 ปริมาณ COD ในน้ำเสียการก่อนบำบัด หลังบำบัดครั้งที่ 1 และหลังการบำบัดครั้งที่ 2	48
รูปที่ 4.13 ปริมาณ TKN ในน้ำเสียการก่อนบำบัด หลังบำบัดครั้งที่ 1 และหลังการบำบัดครั้งที่ 2	49
รูปที่ 4.14 ปริมาณ แอม โมเนียม ในน้ำเสียการก่อนบำบัด หลังบำบัดครั้งที่ 1 และหลังการบำบัดครั้งที่ 2	50
รูปที่ 4.15 ปริมาณฟอสเฟตในน้ำเสียการก่อนบำบัด หลังบำบัดครั้งที่ 1 และหลังการบำบัดครั้งที่ 2	51
รูปที่ 4.16 ค่าพีเอชในน้ำเสียการก่อนบำบัด หลังบำบัดครั้งที่ 1 และหลังการบำบัดครั้งที่ 2	52

## สัญลักษณ์

BOD	ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน
COD	ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์
F/M	อัตราส่วนระหว่าง สารอาหารและจุลินทรีย์
SBR	ถังปฏิกิริยาที่มีการเดินระบบอย่างต่อเนื่องในถังเดียว
MLSS	ปริมาณจุลินทรีย์ในถังปฏิกิริยา
CSTR	ถังปฏิกิริยาที่มีการกวนอย่างสมบูรณ์
pH	พีเอช หรือระดับความเป็นกรดด่าง
SCOD	ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้
SRT	ระยะเวลาในการกักเก็บตะกอน
HRT	ระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสีย
TKN	ผลรวมของแอมโมเนียและสารอินทรีย์ไนโตรเจน
TP	ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด
$\mu_{max}$	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์
VFA	กรดอินทรีย์ที่ระเหยได้
mg/l	มิลลิกรัมต่อลิตร
g/l	กรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการพิเศษ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกสินค้าอาหารแปรรูปที่สำคัญรายหนึ่งของโลก ตัวอย่างอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปที่ไทยเป็นผู้ส่งออกอันดับต้น ๆ ของโลก ได้แก่ ไก่แช่แข็ง กุ้งแช่แข็ง และทูน่ากระป๋อง เป็นต้น ([www.thaifita.com/ascn\\_foodindus.doc](http://www.thaifita.com/ascn_foodindus.doc)) ในปี พ.ศ. 2544 อุตสาหกรรมอาหารแปรรูปมีมูลค่าการส่งออกเป็นอันดับ 7 ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมดของประเทศไทย โดยมีมูลค่าสูงถึง 89,394 ล้านบาท อุตสาหกรรมอาหารจึงจัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างสูง นอกเหนือจากการนำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี อุตสาหกรรมประเภทนี้โดยส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับ การใช้ น้ำ ในปริมาณมาก ทำให้ในแต่ละปีมีปริมาณน้ำเสียที่ต้องทำการบำบัดสูงตามไปด้วย คุณลักษณะของน้ำเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปส่วนใหญ่เป็นน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์มากและในบางครั้งมีความเค็มค่อนข้างสูง ยกตัวอย่างเช่น น้ำเสียจากอุตสาหกรรมกุ้งหรืออาหารทะเลแช่แข็งมีค่าบีโอดี ประมาณ 4000 มิลลิกรัมต่อลิตร ([www.Nishihara.co.jp/english/index.html](http://www.Nishihara.co.jp/english/index.html)) ในขณะที่น้ำทิ้งจากบ้านเรือนและชุมชนมีค่าบีโอดีเพียง 400 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) ดังนั้นการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมเพื่อให้ น้ำ ที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่กำหนด จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ

การบำบัดน้ำเสียโดยใช้วิธีการทางชีวภาพจัดเป็นเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบันเมื่อเปรียบเทียบกับ การบำบัดน้ำเสียโดยใช้วิธีการทางเคมี เนื่องจากประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมีและมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง ซึ่งระบบที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันคือ ระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) ที่มีจุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรียทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย แม้จะเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายแต่กระบวนการบำบัดแบบตะกอนเร่งมีข้อจำกัดที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ ต้องใช้พื้นที่จำนวนมากในการก่อสร้างเพื่อแบ่งโซนการบำบัด เช่น บ่อเติมอากาศ บ่อตกตะกอน เป็นต้น ทำให้ระบบที่มีการใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อยกว่า ดังเช่นระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor, SBR) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ถังเพียงถังเดียวในการเติมอากาศและการตกตะกอน กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน

โครงการพิเศษนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยเชื้อจุลินทรีย์ในระบบ SBR โดยแบ่งน้ำเสียที่ทำการศึกษาออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้คือ น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปริมาณมาก และน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปแช่แข็ง ประสิทธิภาพการบำบัดถูกติดตามโดยวัดการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ คือ ซีโอดี ตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น ทีเคเอ็น แอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรท และไนไตรท์

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยเชื้อจุลินทรีย์ผสมในถังปฏิกริยาแบบแบทช์
2. เพื่อศึกษาขั้นตอนการทำงานของระบบเอสบีอาร์
3. เพื่อศึกษาอัตราส่วน F/M และค่าพีเอชที่เหมาะสม ต่อการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปแช่แข็ง
4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปแช่แข็งด้วยเชื้อจุลินทรีย์ผสมในระบบ เอสบีอาร์

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. เพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้บำบัดน้ำเสียและสร้างความคุ้นเคยต่อน้ำเสียสังเคราะห์ให้แก่เชื้อจุลินทรีย์
2. ทำการศึกษาความสามารถในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ของจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยาแบบแบทช์ โดยวัดการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้ คือ ซีโอดี ตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น พีเอช ทีเคเอ็น แอมโมเนียมไนเตรท ไนไตรท์ และ ฟอสเฟต
3. ศึกษาอัตราส่วน F/M (Food to Microorganism ratio) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง โดยวัดจากค่า MLSS และ COD
4. ศึกษาผลของพีเอชต่อความสามารถของเชื้อจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปแช่แข็ง
5. ศึกษาขั้นตอนการทำงานของระบบเอสบีอาร์
6. เพื่อศึกษา ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของจุลินทรีย์ในระบบเอสบีอาร์ โดยวัดการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ คือ ซีโอดี ตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น พีเอช ทีเคเอ็น แอมโมเนียม ไนเตรท ไนไตรท์ และ ฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ในปริมาณสูง และประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียจาก โรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็งโดยใช้ระบบเอสบีอาร์
2. ทราบถึงอัตราส่วน F/M และค่าพีเอชที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจาก อุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง
3. เพื่อเป็นแนวทางในการนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานการนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป



## บทที่ 2

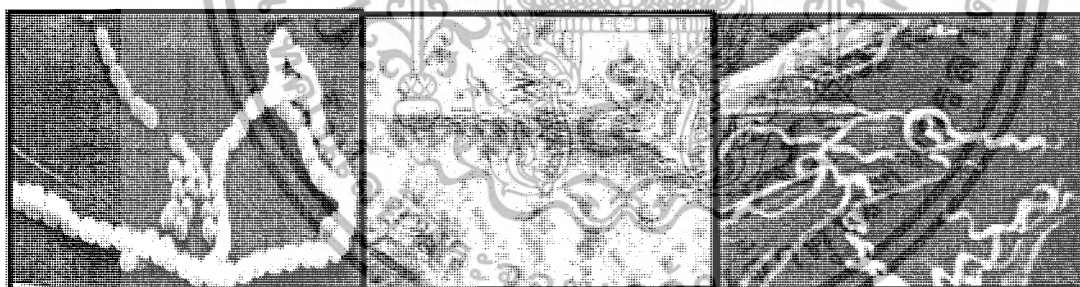
### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ เป็นกระบวนการที่ใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียทั้งที่เป็นสารละลาย และอนุภาคคอลลอยด์ เป็นพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันซึ่งสารเหล่านี้ เป็นสารที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ ดังนั้น การกำจัดน้ำทิ้งด้วยกระบวนการทางชีววิทยาโดยใช้จุลินทรีย์จึงมีความสำคัญมากที่สุด และนิยมใช้มากที่สุด โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพ มีหลายประเภท ดังนี้

##### 2.1.1 แบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่มีเซลล์เดียว พบอยู่ทั่วไปส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำ หรือที่มีความชื้นสูง แบคทีเรียจะมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ 0.2 ไมครอนซึ่งเป็นขนาดเล็กที่สุดจนถึงขนาดใหญ่ที่สุด 5 ไมครอน แบคทีเรียอาจมีรูปร่างได้หลายรูปแบบ เช่น รูปกลม รูปไข่ ทรงกระบอกหรือเป็นเกลียว แต่โดยทั่วไปแล้วจะจำแนกแบคทีเรียตามรูปร่างได้ 3 แบบ คือ ทรงกลม ทรงกระบอก และแบบเกลียว (บัญญัติ, 2534) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



ก.

ข.

ค.

รูปที่ 2.1 แสดงรูปร่างของแบคทีเรีย (บัญญัติ, 2534)

ก. รูปกลม

ข. รูปท่อน

ค. รูปเกลียว

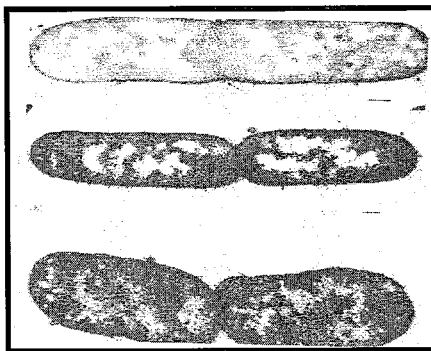
เซลล์ของแบคทีเรียประกอบด้วยน้ำ 80% และของแข็ง 20% โดยมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ถึง 90% ประกอบด้วยสารอินทรีย์มีธาตุคาร์บอน 53% ไฮโดรเจน 6% ออกซิเจน 21% และไนโตรเจน 12% ซึ่งมีอัตราส่วนโดยโมล เขียนเป็นสูตรอย่างง่ายได้  $C_5H_4O_2N$  ถ้าคิดฟอสฟอรัสด้วยจะได้สูตรอย่างง่ายเป็น  $C_{60}H_{87}O_{23}N_{12}P$  ส่วนองค์ประกอบส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ประกอบไปด้วย  $P_2O_5$  50 %,  $SO_3$  15 %,  $Na_2O$  11 %,  $CaO$  9 %,  $MgO$  8 %,  $K_2O$  6 % และ  $Fe_2O_3$  1% ด้วยเหตุนี้เอง แบคทีเรียจึงต้องเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่มีแร่ธาตุและสารประกอบเหล่านี้เพียงพอเพียง

การสืบพันธุ์ของแบคทีเรียมีทั้งแบบมีเพศและไม่มีเพศ แบบมีเพศจะเป็นแบบ conjugation คือการที่แบคทีเรียสองเซลล์มาจับคู่กันจากนั้นจะมีการถ่ายทอดสารพันธุกรรมให้กัน โดยแบคทีเรียเซลล์หนึ่งเป็นตัวให้สารพันธุกรรม และแบคทีเรียอีกเซลล์หนึ่งเป็นตัวรับสารพันธุกรรม เป็นผลทำให้แบคทีเรียที่เป็นตัวรับมีสารพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงไป ดังรูปที่ 2.2



**รูปที่ 2.2** การ conjugation ของแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียเซลล์ตัวให้หนึ่งเซลล์จะจับคู่กับแบคทีเรียตัวรับสองเซลล์และแต่ละคู่จะยึดเกาะกันด้วย F-pili จำนวน 2 เส้น (บัญญัติ, 2534)

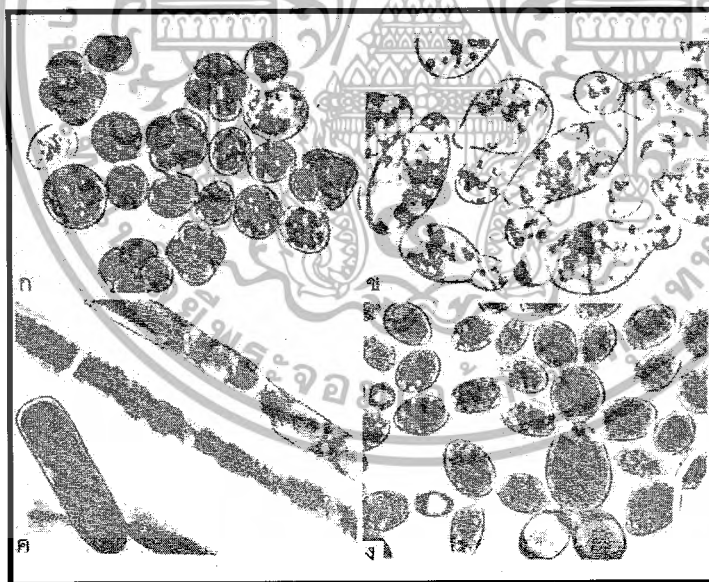
ส่วนการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศจะเป็นการแบ่งเซลล์แบบ binary fission เริ่มจากเซลล์จะยืดยาวออกไป จากนั้นจะมีการสร้างเซลล์เมมเบรนและผนังเซลล์เพิ่มขึ้น ผนังเซลล์ที่สร้างขึ้นนี้จะคอดเว้าจนกระทั่งแบ่งเซลล์ออกเป็นสองส่วน แยกออกจากกันเป็นเซลล์อิสระ แต่ละเซลล์ที่ได้ใหม่นี้จะมีการเจริญและทวีจำนวนด้วยวิธีดังกล่าวอีกต่อไป ดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 การแบ่งเซลล์ของแบคทีเรีย *E.coli* (บัญญัติ, 2534)

### 2.1.2 ยีสต์ และรา

ยีสต์จัดเป็นจุลินทรีย์ประเภทเชื้อราที่มีลักษณะเซลล์เดี่ยว มีนิวเคลียสแบบยูคาริโอต ยีสต์มีขนาดของเซลล์แตกต่างกันไปโดยมีความกว้างตั้งแต่ 1-5 ไมโครเมตร และความยาว 5-30 ไมโครเมตร ยีสต์มีรูปร่างของเซลล์ได้หลายรูปแบบ เช่น รูปไข่ รูปรี ยาว และเป็นทรงกลม ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 สัณฐานวิทยาของยีสต์สปีชีส์ต่างๆกัน (ก) *Saccharomyces cerevisiae* แสดงเวเจเตติฟเซลล์ เซลล์กำลังแตกหน่อ และ เอสโคสปอร์ ที่กำลังขยาย 73 เท่า (ข) *Saccharomyces ludwigii* (กำลังขยาย x 110 ) (ค) *Geotrichum candidum* (กำลังขยาย x 110 ) (ง) *Pichia membranaefasiens* (กำลังขยาย x 88 ) (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2539)

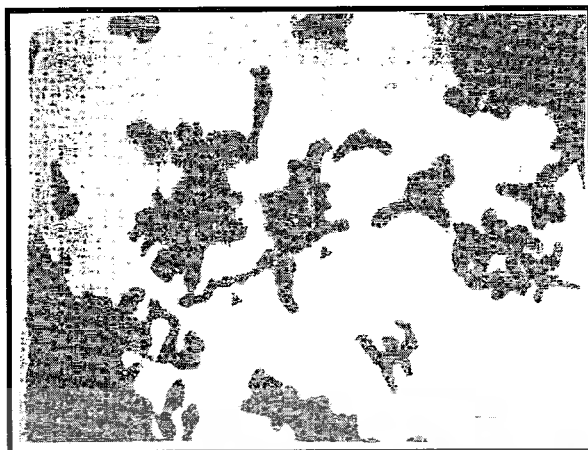
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยีสต์มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อ (budding) การแบ่งตัว (fission) และการสร้างสปอร์ นอกจากนี้ยีสต์ยังสามารถสืบพันธุ์โดยการสร้างสปอร์แบบอาศัยเพศได้ ยีสต์มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวจึงเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้เร็วกว่าเชื้อราที่เป็นเส้นสาย (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2539) การสืบพันธุ์โดยการแตกหน่อ (budding) เป็นการที่ยีสต์แบ่งเซลล์ออกเป็นหน่อขนาดเล็ก โดยที่ผิวนอกของเซลล์จะมีส่วนยื่นออกไปเป็นตุ่ม ซึ่งเกิดจากผนังเซลล์ตรงนั้นอ่อนแอลง ท่อนั้นจะผ่านเข้าสู่ส่วนที่ยื่นซึ่งจะขยายใหญ่ออก ดังรูปที่ 2.5



**รูปที่ 2.5** แสดงยีสต์ที่กำลังแตกหน่อสร้างเซลล์ลูกใหม่ซึ่งเกิดในเวลาประมาณ 30 นาที (นงลักษณ์ และปรีชา, 2539)

การสืบพันธุ์โดยการแบ่งตัวจากหนึ่งเป็นสอง (fission) เป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ซึ่งคล้ายกับการสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย เซลล์ยีสต์จะบวมขึ้นหรือยืดยาวออก เกิดการแบ่งนิวเคลียส และเซลล์ออกเป็นสองส่วน แต่ละเซลล์จะคอดเว้าตรงกลาง และหลุดจากกันเป็นสองเซลล์ ในกรณีที่มีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว เซลล์อาจจะแบ่งโดยไม่แยกออกจากกัน ทำให้เซลล์ติดต่อกันเป็นสายโซ่ยาว ดังรูปที่ 2.6



**รูปที่ 2.6** การแบ่งเซลล์ตามขวางของเชื้อ *Schizosaccharomyces octosporus* (นงลักษณ์ และ  
ปรีชา, 2539)

เราเป็นจุลินทรีย์ที่เซลล์มีโครงสร้างแบบยูคาริโอต ไม่มีคลอโรพลาสต์ โครงสร้างเป็นเซลล์เดี่ยวหรือหลายเซลล์โดยเซลล์เรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกันเป็นเส้นใยที่เจริญขยายตามแนวยาวกันเป็นเส้นใย ใด้อย่างไม่มีการขยับเขยื้อน เซลล์ขนาดใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-20 ไมครอน เซลล์ขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ไมครอน

ส่วนประกอบของเซลล์เราเป็นทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ มีสูตรทั่ว ๆ ไป เป็น  $C_{10}H_{17}O_8N$  เมื่อเทียบกับสูตรของแบคทีเรีย คือ  $C_5H_7O_2N$  แล้วจะเห็นว่า เราต้องการไนโตรเจนน้อยกว่าแบคทีเรียในการสร้างเซลล์ ดังนั้นเราจึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรียในสภาวะแวดล้อมที่ขาดแคลนไนโตรเจน เนื่องจากเรามีลักษณะเป็นเส้นยาว จึงทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบ Activated Sludge รวมตัวกันเป็นตะกอนใหญ่ได้ยากทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำทิ้งต่ำลง

เรามีการสืบพันธุ์ทั้งแบบไม่อาศัยเพศและอาศัยเพศ โดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศแบ่งออกได้ดังนี้ การหักเป็นส่วน ๆ ของเส้นใย (fragmentation) การแตกหน่อ การแบ่งเซลล์ออกเป็นสองส่วน และการสร้างสปอร์

### 2.1.3 โปรโตซัว และ โรติเฟอร์

โปรโตซัวเป็นพวกสัตว์ชั้นต่ำที่ต้องอาศัยอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจน โปรโตซัวกินแบคทีเรียเป็นอาหาร ดังนั้นจึงช่วยทำให้น้ำทิ้งในระบบบำบัดน้ำทิ้ง และช่วยควบคุมจำนวนแบคทีเรียไม่ให้มีมากเกินไป ทำให้แบคทีเรียที่มีอยู่สามารถทำลายสารอินทรีย์ได้เต็มที่

โปรโตซัวที่มีความสำคัญในการบำบัดน้ำเสียอีกชนิดหนึ่งคือ โรติเฟอร์ (rotifer) เป็น

สิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ กินสารอินทรีย์คาร์บอนเป็นแหล่งอาหารให้พลังงานและสร้างเซลล์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(heterotroph) ใช้  $O_2$  ในการหายใจ โรติเฟอร์จะมีหนวดที่หัวใช้ในการเคลื่อนที่และจับอาหารอาหารที่กินมีทั้งแบคทีเรียและสารอินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ถ้าพบโรติเฟอร์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนใดแสดงว่ากระบวนการบำบัดจะมีประสิทธิภาพมาก (ยุพา, 2547)

### 2.1.4 การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย

ธรรมชาติของจุลินทรีย์ไม่ได้มีอยู่พันธุ์เดียว แต่มีอยู่มากมายหลายชนิด จุลินทรีย์แต่ละตัวจะต้องต่อสู้แข่งขันกัน แย่งชิงอาหารกัน เพื่อเอาชีวิตรอด โดยขึ้นกับลักษณะของอาหารที่มีอยู่และสภาพแวดล้อม การแย่งชิงอาหารกันเป็นสิ่งที่สำคัญในการต่อสู้ แข่งขันกันเพื่อเอาชีวิตรอด การแก่งแย่งอาหารนั้น อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การแก่งแย่งอาหารชนิดเดียวกัน และการล่าและการถูกล่า (Prey –Predator Relationship) เมื่อจุลินทรีย์หลายชนิดแก่งแย่งอาหารชนิดเดียวกัน เช่น แบคทีเรีย และ รา เจริญอยู่ในอาหารซึ่งราและ แบคทีเรียใช้เป็นอาหารได้ แบคทีเรียจะมีมากกว่ารา ในที่สุด เนื่องจากมีขนาดเล็กและ ย่อยสลายสารอาหารและ ทวีจำนวนได้เร็วกว่าเมื่อสิ่งมีชีวิตหลายอย่างอยู่ด้วยกัน สิ่งมีชีวิตอย่างหนึ่งอาจจะเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตอีกอย่างหนึ่ง เช่น โปรโตซัว และ แบคทีเรีย โดยแบคทีเรียจะเป็นเหยื่อของโปรโตซัว ซึ่งจะเป็ผลดีถ้ามีอาหารเหลือเพื่อสำหรับแบคทีเรีย เนื่องจาก โปรโตซัว จะป้องกันมิให้แบคทีเรียมีจำนวนมากเกินกว่าอาหารที่มีอยู่ การกำจัดน้ำทิ้งแบบชีววิทยาจะ ได้ผลต่อเมื่อจำนวนโปรโตซัวและแบคทีเรียสมดุลกัน

### 2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำเสีย

การเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในน้ำเสียขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยต่างๆที่มีผลได้ดังต่อไปนี้คือ

#### 1. ชนิด และสายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์

เชื้อยีสต์ *Candida utilis* และ *Candida valida* สามารถเจริญได้ดีจากน้ำทิ้งจากการทำยางแผ่น (สุมาลี และเขวาลักษณ์, 2526) นอกจากนี้เชื้อยีสต์ *Candida tropicalis*, *Hansanula anomala*, *Candida intermedia*, *Candida schatavii*, *Trichosporon capitatum*, *Candida fluviatilis*, *Candida viswanathii*, *Candida pseudolambica* และ *Candida helenica* จัดเป็นยีสต์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำของเสียของโรงงานผลิตน้ำมัน (Chigusa; et al., 1996) นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อยีสต์ *Candida tropicalis* สามารถตกตะกอนได้ดีที่สุด (Zheng ; et al., 2003) กรณีของแบคทีเรียสามารถเจริญได้ดีในน้ำเสียที่มีสารที่ย่อยสลายยาก เช่น 4-chlorophenol (Moreno and Buitron, 2004)

#### 2. แหล่งอาหาร

##### 2.1 แหล่งคาร์บอนและพลังงาน

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน ในสภาวะที่มีออกซิเจน สามารถออกซิไดซ์กลูโคสอย่างสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการเติบโต ผลผลิตสุดท้ายเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ในสภาวะปราศจากออกซิเจน ปฏิกริยาเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์จำพวกกรดและสารตัวกลางอื่นๆ ได้แก่ แอลกอฮอล์ กรด เอสเทอร์ กลีเซอรอล และอัลดีไฮด์ กระบวนการที่เกิดมากที่สุด ผลสุดท้ายจะได้เอทิลแอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์

## 2.2 แหล่งไนโตรเจน

จุลินทรีย์ได้รับไนโตรเจนจากสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในโตรเจน เพื่อนำไปใช้ในการสร้างโปรตีน โดยที่ จุลินทรีย์ พวกยีสต์ส่วนใหญ่สามารถใช้แอมโมเนียไอออนได้ ความสามารถในการใช้ในเตรดและไนโตรด และสามารถดึงหมู่อะมิโนออกจากกรดอะมิโน ช่วยแยกความแตกต่างของยีสต์แต่ละสายพันธุ์หรือแต่ละสปีชีส์ได้

## 2.3 แหล่งซัลเฟอร์

จุลินทรีย์ต่างๆต้องการซัลเฟอร์อาจอยู่ในรูปซัลเฟต ซัลไฟด์หรือจากสารอินทรีย์ซัลเฟอร์ เช่น ซีสเทอีน (Cysteine) หรือ เมธิโอนีน (Methionine) นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิดยังสามารถใช้แหล่งซัลเฟอร์จากสารอนินทรีย์ซัลเฟอร์ เช่น *S. cerevisiae* แต่ยีสต์มีความต้องการซัลเฟอร์ความเข้มข้นต่ำๆเพราะหากความเข้มข้นสูงๆจะเกิด antimicrobial effect ได้ (Rose and Stuart, 1993)

## 2.4 แร่ธาตุและวิตามินต่างๆ

จุลินทรีย์ต้องการแร่ธาตุอื่นๆที่ยีสต์ต้องการเพื่อการเจริญเติบโตได้แก่ โฟสเฟตเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และแคลเซียม สารที่ต้องการในปริมาณเล็กน้อย (trace element) คือ โบรอน ทองแดง สังกะสี แมงกานีส เหล็ก ไอโอดีน และ โมลิบดีนัม เพื่อให้เจริญเติบโตมากที่สุด

## 3. สภาพแวดล้อม

### 3.1 ค่าพีเอชของตัวกลาง

โดยทั่วไปยีสต์เจริญดีที่สุดในการที่มีความเป็นกรด ในช่วง pH 3.5-3.8 ซึ่งเป็นค่า pH ที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียส่วนใหญ่ เช่น *Saccharomyces fragilis* และ *Torulopsis utilis* (Pelczar and Reid, 1972; Elmaleh et al., 1999) ขณะที่จุลินทรีย์เจริญได้ดีในช่วง pH 5 - 9 (คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2537)

### 3.2 อุณหภูมิของตัวกลาง

จุลินทรีย์ทั่วไปสามารถเจริญในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 0 - 47 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ *Torula yeast* เป็น 5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดจะมีค่าสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส (Rose and Stuart, 1993) ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับยีสต์ส่วนใหญ่อยู่ที่ 20-30 องศาเซลเซียส โดยยีสต์ที่ก่อโรคเจริญได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 30-37 องศาเซลเซียส (บัญญัติ, 2534)

### 3.3 การเติมอากาศและการปั่นกววน

การเพิ่มจำนวนของยีสต์หรือ จุลินทรีย์อื่นๆ ที่มีการใช้ออกซิเจนนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราการเติมอากาศและการปั่นกววน Kayer อ้างถึงในอรษา และอรุณวดี (2543) ได้แนะนำให้ทำการศึกษาปริมาณอากาศที่ต้องเติมก่อนจะนำไปใช้ในการเดินระบบ เนื่องจากถ้ามีการเติมอากาศมากเกินไปจะทำให้ราคาในการดำเนินงานสูงขึ้นและเกิดฟองได้ ดังนั้นออกซิเจนจึงเป็นปัจจัยจำกัดในกระบวนการหมักทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญเติบโตของยีสต์ บางกรณียีสต์อาจมีการเปลี่ยนแปลง เมตาบอลิซึม จึงทำให้ผลผลิตยีสต์ลดลงและไม่ได้ผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ

### 3.4 การทำให้เคยชินกับสภาพแวดล้อม

การทำให้จุลินทรีย์คุ้นเคยกับอาหารเลี้ยงเชื้อจะส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการบำบัด มีการศึกษาพบว่าช่วงระยะเวลาที่สร้างความคุ้นเคยให้เชื้อจุลินทรีย์มีความสำคัญมาก เพื่อให้จุลินทรีย์ค่อย ๆ พัฒนากลุ่มประชากร และสร้างเอนไซม์ที่เหมาะสมที่ต้องการเพื่อยับยั้ง ลดสารพิษ หรือ ย่อยสลายสารต่างๆ ขึ้นมา (Chin; *et al.*, 2001)

### 3.5 เวลาที่ใช้ในการบำบัด

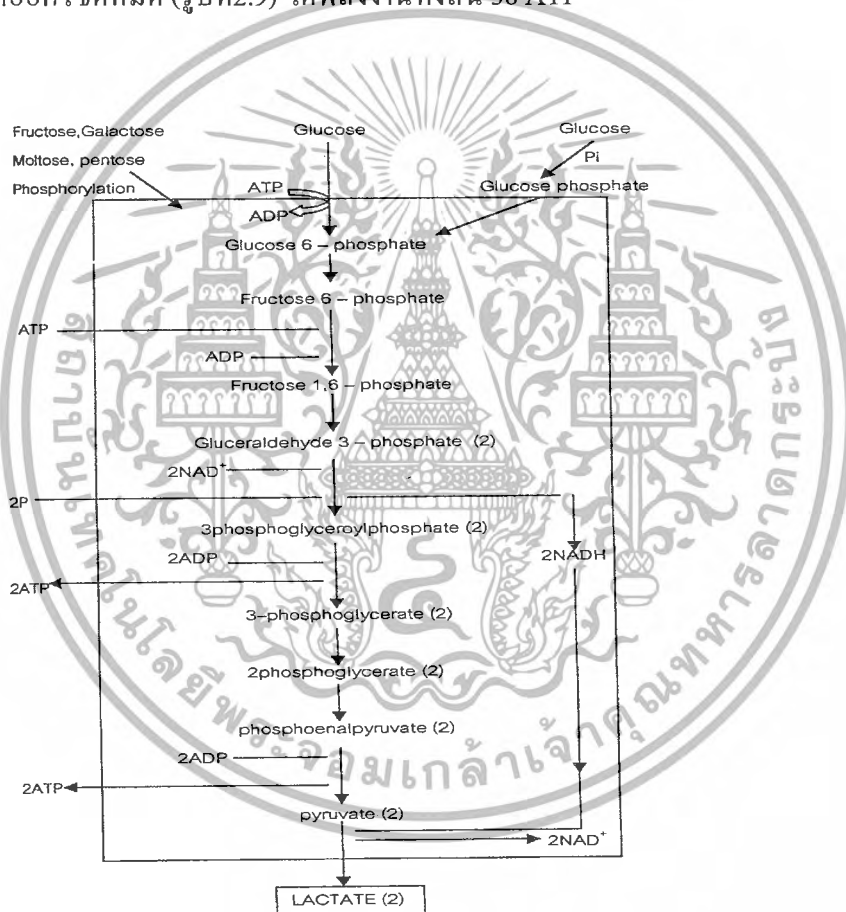
เวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำให้จุลินทรีย์เกิดเมตาบอลิซึมจะสัมพันธ์กับความเข้มข้น ขนาดของการเพาะเลี้ยงเชื้อ อุณหภูมิ และการเติมอากาศ การใช้เวลาในการหมักน้อยจะทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่ถูกปล่อยออกมามีน้ำทิ้งสูง ในขณะที่การใช้เวลาจะทำให้เกิดการหมักอย่างสมบูรณ์ลดความเข้มข้นสารตั้งต้นโดยกลไกการเปลี่ยนแปลงสารอาหารให้เป็นพลังงานภายในยีสต์ การใช้เชื้อปริมาณมากอุณหภูมิที่เหมาะสม และการเติมอากาศอย่างเพียงพอ จะสามารถลดเวลาที่ใช้ในการหมักจนสมบูรณ์ลงได้

### 3.6 ความเข้มข้นเริ่มต้นของ reducing sugar

ความเข้มข้นของน้ำตาลในของเสียจะมีผลต่อการขยายพันธุ์ของยีสต์ โดยมีการศึกษาพบว่าควรรักษาระดับน้ำตาลไว้ที่ระดับต่ำเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ สำหรับการผลิตเซลล์ยีสต์มากกว่าใช้ในการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์ โดยอัตราการเจริญของยีสต์ในตัวกลางนั้นจะขึ้นอยู่กับสารตั้งต้นเพียงแค่ว่าระดับต่ำความเข้มข้นเท่าไร การเจริญของยีสต์ที่ระดับความเข้มข้นของสารตั้งต้นสูงๆจะมีอัตราการเจริญสูงที่สุดและไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้น ในระหว่างนั้นถ้ามีการเติมอากาศอย่างเพียงพอจะทำให้มีการใช้ประโยชน์จากสารตั้งต้นและสามารถยับยั้งการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์ได้ (Prescott, 1945)

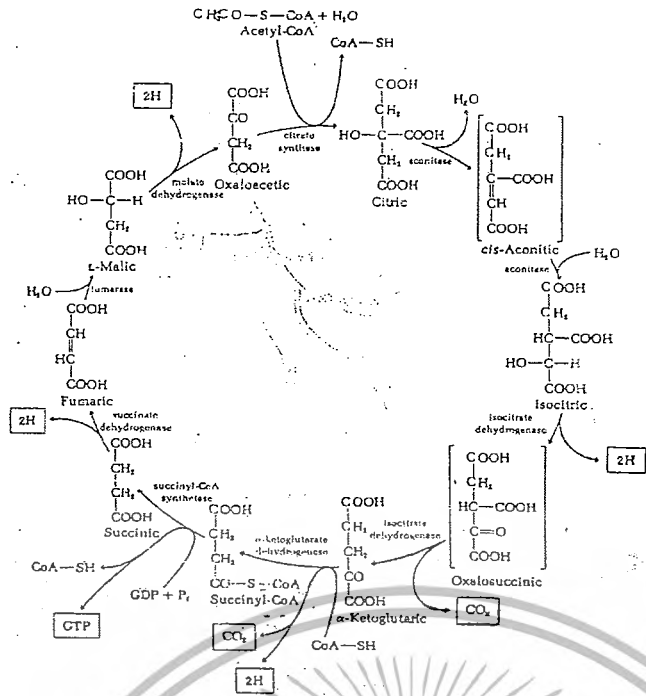
### 2.3 เมตาบอลิซึมการหายใจของจุลินทรีย์

กระบวนการหายใจเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในสภาวะที่มีออกซิเจน เนื่องจากจุลินทรีย์นำเอาออกซิเจนไปใช้ ในการสลายสารอาหารเป็นพลังงาน ในสภาวะที่จุลินทรีย์ใช้กลูโคสเป็นแหล่งพลังงาน จะเปลี่ยนกลูโคสผ่านวิถีไกลโคไลซิส (รูปที่ 2.7) ให้กลายเป็นไพรูเวท และเผาผลาญไพรูเวทให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะเกิดขึ้นภายในไมโทคอนเดรียเท่านั้น ไพรูเวทสามารถผ่านเข้าไมโทคอนเดรียได้โดยอิสระ ไพรูเวทสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ กลายเป็นอะซิติลโคเอนไซม์ (acetyl coenzyme A) ต่อจากนั้นอะซิติลโคเอนไซม์จะเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ (รูปที่ 2.8) และ ถูกเผาผลาญให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์หมด (รูปที่ 2.9) ได้พลังงานทั้งสิ้น 38 ATP

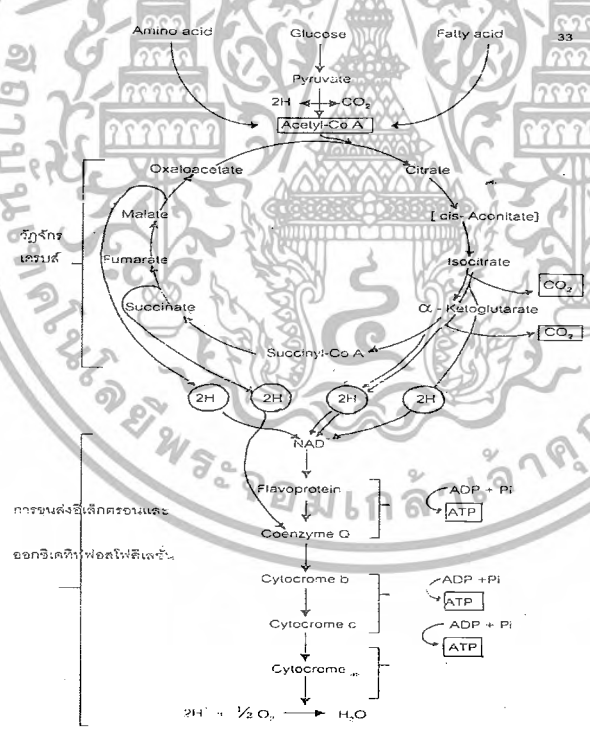


รูปที่ 2.7 แผนภาพแสดงวิถีไกลโคไลซิส (นงลักษณ์ และปรีชา, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แผนภาพแสดงวัฏจักรเครบส์ (นงลักษณ์ และปรีชา, 2539)

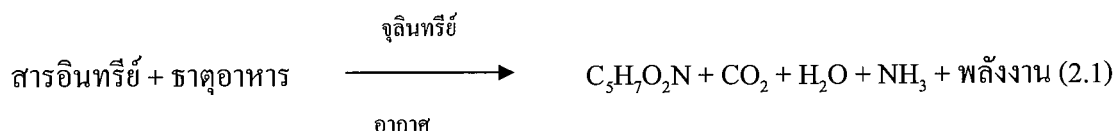


รูปที่ 2.9 แสดงแผนภูมิการหายใจ (นงลักษณ์ และปรีชา, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 การเจริญของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีววิทยาแบบใช้อากาศ จุลินทรีย์ในน้ำเสียจะใช้สารอินทรีย์และธาตุอาหาร(nutrient)เพื่อเปลี่ยนเป็นเซลล์ใหม่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และผลผลิตอื่นๆ ดังสมการที่ 2.1



จุลินทรีย์ต้องนำออกซิเจนมาใช้ด้วยเหตุผลสามประการ คือ

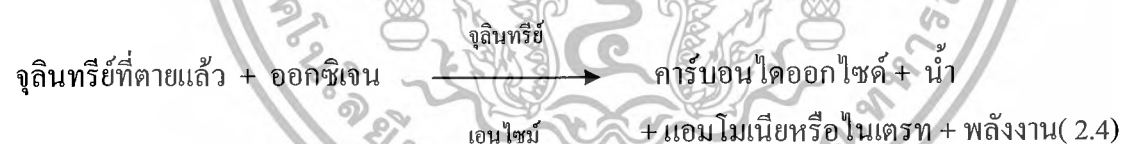
1. ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ดังสมการที่ 2.2



2. ใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ ตามสมการที่ 2.3

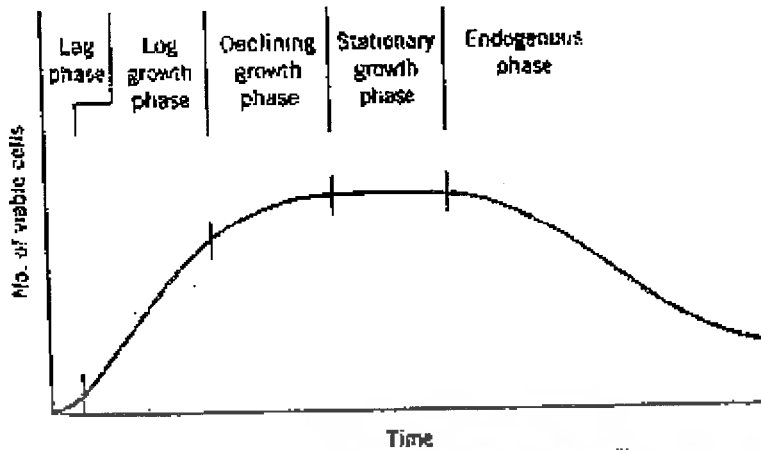


ใช้ในการย่อยสลายจุลินทรีย์ตัวอื่นที่ตายแล้วดังตามสมการที่ 2.6



โดยจุลินทรีย์ที่ตายแล้วจะถูกใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ตัวอื่นๆ ที่ยังมีชีวิตอยู่

ในระบบบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปจะพบจุลินทรีย์อยู่มากมายหลายชนิด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเข้าใจถึงลักษณะการเจริญของจุลินทรีย์หลายชนิดที่ปะปนกันอยู่ (mixed culture) รูปที่ 2.10 แสดงถึงจำนวนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไป จำนวน และชนิดของจุลินทรีย์ในแต่ละช่วงจะถูกควบคุมโดยค่าเอฟต่อเอ็ม (food to microorganisms ratio, F/M) ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณอาหารสำหรับจุลินทรีย์ (บีโอดี หรือ ซีโอดี/วัน) กับปริมาณของเซลล์จุลินทรีย์ (เอ็มแอลเอส เอส, MLSS)



รูปที่ 2.10 แสดงกราฟการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (นวลพรรณ และมงคล, 2542)

การศึกษาการเจริญของจุลินทรีย์แบบครั้ง (batch) ซึ่งเป็นการเจริญในระบบปิด โดยมีการให้อาหารแก่จุลินทรีย์เพียงครั้งเดียว พบว่าลักษณะการเจริญที่ได้แบ่งเป็น 5 ระยะดังนี้

1. ระยะแล็ก (Lag phase) เป็นระยะแรกของการเจริญ จุลินทรีย์มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมและสารอาหารใหม่ที่ได้รับจำนวนเซลล์จะคงที่ในขณะที่ภายในเซลล์มีการสร้างสารต่างๆ และเอ็นไซม์ที่จำเป็นต่อการเจริญ ระยะนี้จะสั้นหรือยาวขึ้นอยู่กับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นในถัง บำบัดน้ำเสียว่ามีมากน้อยเท่าใด
2. ระยะการเจริญแบบลอจ (Log growth phase) เป็นระยะที่จุลินทรีย์มีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีสารอาหารในปริมาณสูง อัตราการเจริญของจุลินทรีย์และกิจกรรมในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะสูงสุด ลักษณะการเจริญของจุลินทรีย์จะอยู่เป็นเซลล์อิสระและส่วนมากจะเป็นแบคทีเรีย ถ้าวัดค่าเอฟต่อเอ็มในระยะนี้จะมีค่ามากกว่า 1
3. ระยะลดการเจริญ (Declining growth phase) เป็นระยะที่พบว่าการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์เริ่มลดลง เนื่องจากมีสารอาหารเหลืออยู่จำกัด แต่มีเพียงพอสำหรับการเจริญของเซลล์ ทำให้อัตราการเจริญของจุลินทรีย์ลดลง
4. ระยะการเจริญคงที่ (Stationary growth phase) เป็นระยะที่มีจำนวนจุลินทรีย์มากที่สุด สารอาหารต่างๆ จะลดน้อยลง ในขณะเดียวกันมีของเสียจากการเจริญของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการเจริญจึงถูกจำกัด จุลินทรีย์บางส่วนยังสามารถเจริญต่อไป บางส่วนจะเริ่มตายไป พบว่าอัตราการเจริญในช่วงนี้จะคงที่ จุลินทรีย์ในระยะนี้จะเกาะกลุ่มเป็นฟล็อกทางชีวภาพได้ดี ทำให้ตกตะกอนได้ง่าย
5. ระยะเอ็นโดจีนีเยส (Endogeneous phase) ระยะนี้สารอาหารเหลือน้อยลงไปอีกหรือไม่มีเลย อัตราการตายของจุลินทรีย์จะเพิ่มสูงกว่าอัตราการเจริญทำให้จำนวนจุลินทรีย์ลดลงมาก ค่าเอฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

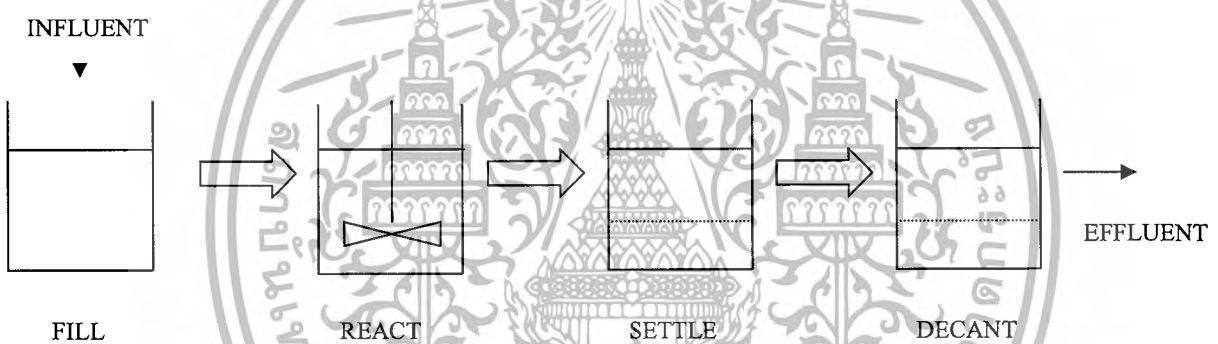
ต่อเอ็มอยู่ระหว่างช่วง 0.4-0.1 ในระยะปลายพบว่าค่าเอ็มต่อเอ็มจะต่ำกว่า 0.1 ในระยะนี้แบคทีเรียมีจำนวนลดลง และพบว่ามิโปรโตซัวเพิ่มมากขึ้น จุลินทรีย์ที่เหลืออยู่จะกินจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ตายแล้ว ถ้าไม่มีการเพิ่มสารอาหารใหม่ลงไปจุลินทรีย์ก็จะตายหมดในที่สุด

## 2.5 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์

ระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ ย่อมาจากคำว่า Sequencing Batch Reactor (SBR) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งชนิดหนึ่งซึ่งบำบัดน้ำเสียโดยใช้ถังปฏิกรณ์เพียงถังเดียว ไม่มีการใช้ถังตกตะกอน ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้แพร่หลายเป็นอย่างมากในการบำบัดน้ำเสียทั้งน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม

### 2.5.1 หลักการทำงานของระบบ (คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2537)

ระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ประกอบด้วยขั้นตอนการบำบัด 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.11



### รูปที่ 2.11 แสดงขั้นตอนการดำเนินการของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์

**ขั้นตอนการเติมน้ำเสีย (FILL)** : การเติมน้ำเสียสังเคราะห์ ลงในถังบำบัดที่มีจุลินทรีย์พร้อมเริ่มการบำบัด

**ขั้นเติมอากาศ (REACT)** : ใช้ใบพัดตัวกวน กวนน้ำเสียสังเคราะห์ พร้อมกับการเติมอากาศ เพื่อให้จุลินทรีย์ทำปฏิกิริยาได้ทั่วถึงทั้งปฏิกิริยา ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีการเกิดตะกอนเร่ง (Activated Sludge) เกิดขึ้น ต่อเนื่องกัน 3 ขั้นตอน คือ

**ขั้นแรก** ขั้นส่งถ่าย (Transfer Step) สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ดูดมาติดผนังเซลล์และส่งน้ำย่อยออกมาย่อยสลายจนสารอินทรีย์เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของโมเลกุลที่เล็กพอจะซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ เพื่อใช้เป็นสารอาหารได้ สารอินทรีย์แต่ละชนิดต้องใช้เอนไซม์เฉพาะอย่างในการย่อย ดังนั้นจุลินทรีย์จึงต้องมีการปรับตัว และผลิตเอนไซม์ออกมาใช้ให้เหมาะกับน้ำเสียชนิดต่างๆและต้องใช้เวลาแก่จุลินทรีย์ในการปรับตัว(Acclimatize)ที่เหมาะสม โดยเฉพาะในช่วงเริ่มการทำงาน(Start up) ของระบบบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ขั้นที่สอง** ขั้นเปลี่ยนรูป (Conversion Step) เมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยให้มีโมเลกุลเล็กและสามารถละลายน้ำผ่านเข้าไปในเซลล์ได้แล้วก็จะถูกจุลินทรีย์ทำการเปลี่ยนรูปโดยกระบวนการสังเคราะห์ (Synthesis) ซึ่งหมายถึงการสร้างเซลล์ใหม่และกระบวนการออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งหมายถึง ปฏิกิริยาที่มีการเติมออกซิเจนแล้วได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และ พลังงาน กระบวนการทั้งสองนี้รวมกันเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในจุลินทรีย์ (Metabolic Process)

**ขั้นที่สาม** ขั้นรวมตะกอน (Flocculation Step) เป็นการรวมตัวของตะกอนเร่ง โดยจุลินทรีย์จะถูกกวนผสมกันอยู่ เมื่อมาชนกันก็จะจับรวมตัวกันเป็นตะกอนที่ใหญ่ขึ้นเรียกว่า ฟลอค (Floc) หรือ ตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ซึ่งตกตะกอนได้ดีกว่าเซลล์เดี่ยว ทำให้สามารถแยกออกจากน้ำที่บำบัดแล้วได้ง่าย เมื่อตะกอนเร่งไปสัมผัสกับน้ำเสียซึ่งมีสารแขวนลอย (Suspended Material หรือ Colloidal Material) ก็จะจับมลสารเหล่านี้เอาไว้ภายในและทำการย่อยสลายเป็นอาหารต่อไป

**ขั้นการตกตะกอน (SETTLE) :** หยุดการเติมอากาศและการปั่นกววน เพื่อให้เกิดการตกตะกอนแยกชั้นระหว่างน้ำกับตะกอน

**ขั้นระบายน้ำออก (DECANT) :** นำน้ำใสส่วนบนออกจากระบบ แล้วเริ่มกระบวนการใหม่

### 2.5.2 ข้อได้เปรียบของระบบเอสบีอาร์ (มีชัย, 2545)

1. ระบบเอสบีอาร์เป็นระบบที่ใช้ถึงปฏิบัติการเพียงอย่างเดียว โดยจะเป็นทั้งถังปรับสภาพน้ำเสีย (Equalization) ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) ทำให้ประหยัดพื้นที่ในการก่อสร้าง
2. สามารถทำการเดินระบบและควบคุมดูแลระบบได้ง่าย
3. สามารถรับน้ำเสียที่มีการเปลี่ยนแปลงของ Volumetric Loading โดยน้ำเสียที่เข้าระบบถูกเจือจางลง โดยน้ำในถังปฏิบัติการ
4. สามารถเปลี่ยนแปลงวัฏจักรการทำงานของระบบเอสบีอาร์ ให้เหมาะสมกับลักษณะและปริมาณน้ำเสีย
5. ตะกอนส่วนเกินที่เกิดขึ้นมีจำนวนน้อยมาก ทำให้ดูแลระบบง่ายกว่าระบบ แอคติเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated sludge) ทั่วไป
6. การแยกแหว่งน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว กับตะกอนจุลินทรีย์ในช่วงตกตะกอนเป็นไปอย่างสมบูรณ์ใกล้อุณหภูมิต่ำ
7. ระบบเอสบีอาร์ สามารถควบคุมให้เกิดปฏิกิริยา Nitrification / Denitrification หรือ Phosphorus Removal ได้โดยไม่ต้องเติมสารเคมีแต่ใช้วิธีควบคุมวัฏจักรของการบำบัดและเป็นข้อได้เปรียบกว่าระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ทั่วไป
8. ลดโอกาสของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวกเส้นใย เนื่องจาก BOD Loading ในถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการศึกษาค้นคว้า ไม่นุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ลดปัญหาในการนำตะกอนหมุนเวียนกลับจากถังตกตะกอนยังถังเติมอากาศ

10. เป็นระบบที่ใช้เวลาในการก่อสร้างน้อยกว่าระบบ แอคติเวตเต็ดสลัดจ์ทั่วๆไป

### 2.5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ (คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2537)

#### 1. ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในระบบตะกอนเร่ง ดังนั้นหากความเข้มข้นของสารอินทรีย์เปลี่ยนแปลงมากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบโดยอาจจะทำให้มีอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์สูง(มีอาหารมาก)ทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีลักษณะเติบโตกระจายอยู่ทั่วไป (Dispersed growth) แทนที่การรวมตัวกันนั้นจะเป็นกลุ่มก้อนที่ดี (Floc) ส่งผลให้ตกตะกอนได้ไม่ดี ทำให้น้ำที่ออกจากระบบขุ่น และมีค่าสารอินทรีย์หรือ บีโอดีเหลืออยู่สูงหรืออาจจะเกิดขึ้นในทางตรงกันข้าม คือมีอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ต่ำ(มีอาหารน้อย)จนทำให้จำนวนจุลินทรีย์เจริญเติบโตน้อยลงซึ่งถึงแม้ตะกอนจุลินทรีย์จะตกตะกอนได้เร็วแต่ก็ไม่สามารถจับตะกอนเล็กๆตกลงมาหมดได้ ทำให้น้ำที่ออกจากถังตะกอนขุ่น

#### 2. อาหารเสริม

จุลินทรีย์ต้องการอาหารเสริม (Nutrient) ซึ่งได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเหล็ก นอกเหนือจาก สารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งจุลินทรีย์นำมาใช้เป็นพลังงาน ปกติแร่ธาตุเหล่านี้มีอยู่ครบในน้ำเสียชุมชน(Domestic wastewater) แต่อาจจะมีไม่พอในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การขาดสารอาหารเสริมที่สำคัญเหล่านี้จะทำให้จุลินทรีย์ที่สร้างฟลอคเติบโตได้ไม่ดีจนทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่เป็นเส้นใย(Filamentous) เจริญเติบโตได้มากกว่าซึ่งจะทำให้ตะกอนเร่งตกตะกอนได้ยากและเกิดเป็นชั้นอัดขึ้นมาสูงในถังและอาจไหลล้นออกมากับน้ำทิ้งจนระบบไม่สามารถทำงานต่อไปได้อีก นอกจากนั้นการที่จุลินทรีย์หลายชนิดเจริญเติบโตไม่ดีจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานต่าง ๆ ของระบบต่ำลงด้วย

การควบคุมบีโอดีโดยปกติจะควบคุมให้มีบีโอดี 100 กิโลกรัม และต้องมีไนโตรเจน 5 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 1 กิโลกรัม และเหล็ก 0.5 กิโลกรัม การเติมไนโตรเจนมักใส่ลงในรูปของแอมโมเนียหรือ ยูเรีย สำหรับฟอสฟอรัสจะใส่ลงในรูปของกรดเฟอริกและใส่เหล็กในรูปของเฟอริกคลอไรด์ ในการเติมอาหารเสริมจะต้องสังเกตและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำออกให้มีค่าแร่ธาตุต่าง ๆ เหลืออยู่เพียงเล็กน้อย เพราะ การใส่ลงไปมากเกินไปนอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองแล้วยังเป็นสารมลพิษที่ทำลายสิ่งแวดล้อมได้อีก

#### 3. ออกซิเจนละลายน้ำ

ในถังจะต้องมีค่าออกซิเจนละลายน้ำระหว่าง 1 – 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณของอากาศหรือออกซิเจน ที่ใช้เพื่อรักษาค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ หากอุณหภูมิสูงจุลินทรีย์สามารถทำงานได้มากก็จะต้องการออกซิเจนมาก นอกจากนั้นที่อุณหภูมิสูง

ออกซิเจนจะมีค่าการละลายน้ำอิ่มตัว (Saturation Value) ต่ำ จึงทำให้ต้องใช้ออกซิเจนมากเมื่อขนถ่ายน้ำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ในทางกลับกันหากอุณหภูมิของน้ำต่ำก็จะมีความต้องการการเติมออกซิเจนน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง ในการที่จะรักษาระดับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่ค่าเท่ากัน

#### 4. ระยะเวลาในการบำบัด

ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจะต้องมีมากพอเพียงที่จุลินทรีย์จะใช้ในการย่อยสลายมลสารต่าง ๆ หากมีระยะเวลาต่ำเกินไปสารที่ย่อยยาก ๆ จะถูกย่อยไม่ถึงขั้นสุดท้าย ทำให้มีค่า บีโอดี เหลืออยู่ในน้ำเสียมาก

#### 5. ค่าพีเอช

พีเอช(pH)เป็นค่าแสดงความเป็นกรด - ด่างของสารละลาย ค่าพีเอชเท่ากับ 7 ถือว่าเป็นกลาง น้อยกว่า 7 ถือว่าเป็นกรด และมากกว่า 7 ถือว่าเป็นด่างแบบที่เรียกรวมกันว่าเบสได้ดีที่ค่า พีเอช 6.5-8.5 ในกรณีที่ระบบใช้แบคทีเรีย

#### 6. สารเป็นพิษ

สารเป็นพิษแบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือ พิษแบบเฉียบพลัน (Acute Toxicity) ซึ่งจุลินทรีย์จะตายหมดภายในระยะเวลาไม่กี่ชั่วโมง และแบบพิษออกฤทธิ์ช้า (Chronic Toxicity) ซึ่งใช้เวลานานและค่อย ๆ ตายการเกิดพิษเฉียบพลันสังเกตได้ง่ายเนื่องจากมีผลเกิดขึ้นรวดเร็ว สารพิษจำพวกนี้ ได้แก่ ไซยาไนด์คาร์บอนิค เป็นต้น สำหรับสารพิษออกฤทธิ์ช้า เช่น ทองแดง และ โลหะหนักต่าง ๆ จุลินทรีย์จะสะสมเอาไว้ภายในเซลล์จนเกิดเป็นพิษและตายในที่สุด นอกจากนี้อาจจะเกิดจากสารอินทรีย์ก็ได้ เช่น แอมโมเนียซึ่งมีค่าความเข้มข้นสูงเกิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

#### 7. อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการตะกอนเร่ง โดยทั่ว ๆ ไปการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทุก 10 องศาเซลเซียส จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของน้ำในระบบทำได้ยาก ดังนั้นผู้ควบคุมจึงต้องปรับค่าความเข้มข้นของตะกอนเร่งในถัง หรือ MLSS ให้มีค่าน้อยเมื่ออุณหภูมิของอากาศร้อนและเพิ่มปริมาณให้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำ

#### 8. การกวน

ภายในถังจะต้องมีการกวนอย่างทั่วถึงในชั้นเติมอากาศ เพื่อป้องกันมิให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนและให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับน้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัดโดยใช้เป็นอาหารและลดมลสารต่าง ๆ รวมทั้งจะได้จับตัวกันเป็นฟล็อกที่ดี การกวนที่ถูกต้องจะป้องกันมิให้น้ำเสียไหลลัดวงจรและทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารสูง การกวนที่สมบูรณ์จะต้องมีค่า MLSS และ ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำสม่ำเสมอจนถึง

## 9. อัตราการไหลของน้ำเสีย

การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสีย ที่ส่งเข้าระบบบำบัดมีผลโดยตรงต่อการทำงานของกระบวนการทางชีววิทยา หากน้ำเสียมีอัตราการไหลมากขึ้นจะทำให้มีระยะเวลาในการบำบัดน้อยลง มีค่าสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น และระยะเวลาในการตกตะกอนจะลดลงด้วย ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลง ส่วนอัตราการไหลที่น้อยเกินไปก็มีผลเสียเช่นเดียวกัน ดังนั้น จึงควรมีการควบคุมให้มีการส่งน้ำเสียเข้ามาบำบัดอย่างสม่ำเสมอในอัตราที่ใกล้เคียงกับที่ได้ออกแบบเอาไว้

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุมาลี และเยาวลักษณ์ (2526) ได้ศึกษาถึงการเจริญของยีสต์ที่แยกได้จากดินและน้ำบริเวณโรงงานที่มีการผลิตยางแผ่น โดยแยกเชื้อ 5 เชื้อจากน้ำทิ้งจากกระบวนการทำยางแผ่น จากนั้นนำมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ บนเครื่องเขย่า ความเร็วรอบ 200 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชม. ทั่วไปกับการเลี้ยง *Candida utilis* และ *Candida valida* ผลปรากฏว่าเชื้อที่แยก 2 ชนิด คือ y03 และ y016 สามารถบำบัดน้ำทิ้งจากการทำยางแผ่นได้ โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี ได้สูงถึง 72.69 และ 70.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ยีสต์ *Candida utilis* และ *Candida valida* มีประสิทธิภาพในการบำบัด บีโอดี 51.17 และ 27.92 ตามลำดับ

เยาวลักษณ์และวิลาวัณย์ (2529) ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ในน้ำทิ้งจากกระบวนการทำยางแผ่น โดยนำยีสต์ 3 สายพันธุ์ที่แยกได้จากการทดลองของสุมาลีและเยาวลักษณ์(2526) คือ y3 , y15 และ y16 ซึ่งได้รับการคัดเลือกแล้วว่าสามารถเจริญได้ดีในซีรัมและให้ปริมาณโปรตีนสูง โดยศึกษาพบว่า ถ้าซีรัมจากน้ำทิ้งของกระบวนการทำยางแผ่นเติม 2% Glucose , ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 3% pH 5.5 ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 28-30 ภายใน 72 ชั่วโมงพบว่าได้ซังน้ำหนักแห้งของเซลล์ยีสต์เท่ากับ 12.50 , 12.25 และ 12.50 g/L ตามลำดับ ซึ่งผลพบว่าทั้งสามสายพันธุ์มีน้ำหนักเซลล์แห้งสูงกว่าการทดลองที่ผ่านมา

อรษาและอรุณวดี (2543) ได้ศึกษาถึง การการเปรียบเทียบความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* และ แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่า COD อยู่ในช่วง 1,000-1,300 mg/L โดยศึกษาถึงระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้งสองในน้ำเสียสังเคราะห์พบว่าการเติบโตสูงสุดอยู่ที่ชั่วโมงที่ 18 และ 14 ตามลำดับ และเมื่อศึกษาผลของ pH ที่มีต่อความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของจุลินทรีย์ทั้งสองโดยแปรค่า pH ที่ 3 , 4 , 5 , 6 และ 7 พบว่า *Saccharomyces cerevisiae* เจริญดีที่สุด ที่ pH 5 โดยวัดความหนาแน่นของเซลล์ ในรูปความขุ่นที่ความยาวคลื่น 600 nm ได้เท่ากับ 0.1560 และ ลดค่าไนโตรเจน , ฟอสเฟต และ COD ลงได้ 53.19 % , 38.61 % และ 72.61 % ตามลำดับ และ *Bacillus subtilis* เจริญสูงสุด

ใน pH 7 และสามารถลดค่าไนโตรเจน , ฟอสเฟต และสามารถลดค่า COD ลงได้ 40% , 36.67 % ,

53.72 % ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการบำบัดที่สูงกว่าของยีสต์ที่ค่า pH ต่ำๆ จินตนาและมณีนรัตน์ (2546) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมกลุ่มรีแอกทีฟด้วยระบบ SBR ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่ทำงานแบบครั้ง (Batch) โดยปฏิบัติการบำบัดและการตกตะกอนเกิดขึ้นภายในถังเดียวกัน โดยกำหนดให้ระยะเวลาการบำบัดหนึ่งรอบเท่ากับ 8 ชั่วโมง และ เติมน้ำเสีย 3 รอบต่อวัน น้ำเสียที่ใช้แบ่งเป็น 2 กลุ่มได้แก่ น้ำเสียไม่ปนเปื้อนสีย้อมและน้ำเสีย ประเภทรีแอกทีฟ การทดสอบพบว่าประสิทธิภาพในการลดค่า COD ของน้ำเสีย กลุ่มแรกมีค่าสูงถึง 91% ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่สีย้อมรีแอกทีฟปนเปื้อนซึ่งได้เพียง 76% เมื่อพิจารณาถึงค่าพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น สเปกตรัม การดูดกลืนแสงของน้ำเสียที่ความยาวคลื่น 254 nm และ ค่าอัตราส่วนระหว่าง BOD และ COD พบว่าสีย้อมประเภทรีแอกทีฟที่ปนเปื้อนในน้ำเสียเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการลดประสิทธิภาพ การทำงานของระบบเอสบีอาร์ เนื่องจากโครงสร้างของสีย้อมย่อยสลายได้ยาก หรือ เกิดความเป็นพิษที่ยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์การเพิ่มปริมาณสีย้อมในน้ำเสียมีผลทำให้ค่า COD ของน้ำเสียมีค่าสูงขึ้น และ ประสิทธิภาพการบำบัด COD ของระบบ SBR ลดลง โดยพบว่า ประสิทธิภาพของระบบ SBR มีค่า 71.6 % และ 65 % เมื่อเพิ่มสีย้อมทำให้ COD เพิ่มขึ้น จาก 50 mg/L เป็น 100 mg/L ตามลำดับ

Chigusa และคณะ (1996) ได้ศึกษาถึงการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมัน โดยใช้ยีสต์ซึ่งได้มาจากการแยกเชื้อยีสต์ที่สามารถจะย่อยสลายน้ำมันได้ และนำมาบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันโดยตรงโดยไม่ผ่านการบำบัดใด ๆ ก่อนความสามารถในการย่อยสลายน้ำมันของยีสต์ 9 สายพันธุ์ประเมินจาก lipase activity และ  $\beta$ -oxidation activity พบว่าถ้าเชื้อผสมจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันสูงกว่าใช้สายพันธุ์เดี่ยว ๆ การทดสอบโดยการดำเนินการบำบัดน้ำมันในโรงงานน้ำมันถั่วเหลือง 1 ปี พบว่าเชื้อยีสต์ผสมสามารถลด บีโอดีของสารสกัดเฮกเซนในน้ำเสียจากความเข้มข้น 10,000 mg/L เหลือเพียง 100 mg/L โดยยีสต์ตัวเด่นที่พบในการทดลองนี้คือ รูปของกระดูกโยรา หรือ ราเทียม เป็นก้อน

Awadallah และคณะ (1998) ศึกษาการกำจัดไนเตรต, ไนไตรท์, ฟอสเฟต และซัลเฟต ในน้ำเสีย ทำการทดลองโดยใช้แบคทีเรีย *Bacillus Stearothermophilus* Asw 88 และ *Bacillus Stearothermophilus* Asw 129 ทำการบำบัดแบบครั้งโดยสารละลายที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้คือ สารละลายของไนเตรต, ไนไตรท์, ซัลเฟต, สารละลายผสมของไนเตรต และไนไตรต์ และสารละลายผสมของไนเตรต, ไนไตรท์ และฟอสเฟต โดยเตรียมจากสารละลายเกลือของ  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_2$  และ  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  และ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  นอกจากนี้ได้เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานผลิตปุ๋ย ซึ่งใช้แอมโมเนียม และไนเตรตเป็นองค์ประกอบ และน้ำที่ทิ้งจากโรงงานนี้แล้วปล่อยลงสู่แหล่งน้ำไนต์ ซึ่งแบคทีเรียที่ใช้ได้ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 37 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยใช้สารอาหารยีสต์สกัด ที่เวลา 120 ชั่วโมง ซึ่งเชื้อสายพันธุ์นี้พบว่า ไม่เป็นพิษ และไม่อันตรายต่อชีวิตมนุษย์ และ

เอกสารนี้ตีพิมพ์โดยกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ เพื่อเผยแพร่ความรู้และข้อมูลแก่ผู้ประกอบการและผู้สนใจทั่วไป ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจาก 96 ชั่วโมง, ไนไตรตและไนไตรท์ หลังจาก 144 ชั่วโมง, COD หลังจาก 168 ชั่วโมง และ ย่อยสลายคลอรีนได้ 20-30 % หลังจาก 168 ชั่วโมง การลดลงของระบบสารที่ตรวจวัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งผลจากการลดลงนี้เนื่องมาจากผลของการย่อยสลายของ แบคทีเรียจำพวก Nitrogen และ Sulfur Reducing Bacteria เพื่อนำไปใช้เพิ่มมวลของแบคทีเรียในระบบ

Dan และคณะ (2002) ได้ศึกษาถึงการบำบัดน้ำเสียที่มีความเค็มสูงซึ่งมีค่าสารอินทรีย์ 5,000 mg/L และ ใช้ความเค็ม 32 g/L โดยใช้ 2 ระบบเยื่อกรองทางชีววิทยา คือ Yeast Membrane Bioreactor (YMBR) และ Yeast บำบัดก่อนตามด้วย Baterial Membrane Bioreactor (BMBR) โดยในระบบแรกนั้นค่าเนิ่นระบบมีความเข้มข้นเฉลี่ยของเซลล์ยีสต์ 12 g MLSS/L อัตรา COD ที่ได้ลดลงสูงสุด คือ 0.93 g COD /g MLSS day จากที่ F/M 1.5 g COD/g MLSS day ขณะที่ระบบที่ใช้แบคทีเรียดำเนินระบบมีความเข้มข้น 25 g MLSS/L อัตรา COD ที่ลดลงสูงสุด 0.32 kg COD /kg MLSS .day ที่ F/M 0.4 พบว่า YMBR มีอัตราลดCOD ที่ค่าสารอินทรีย์สูง ๆ ได้ดีกว่า สามารถใช้ระบบยีสต์บำบัดน้ำที่มีความเข้มข้นสารอินทรีย์สูง,และความเค็มสูงได้ดีกว่า และยีสต์สามารถลดอัตราการอุดตันของ membrane ได้ดีกว่าแบคทีเรีย ถ้าใช้ยีสต์ในระบบเยื่อกรองทางชีววิทยาจะให้ศักยภาพสูงในการบำบัดและลดค่าใช้จ่ายในการเดินระบบได้อีกด้วย

Dan และคณะ (2003) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียที่มีความเค็มสูงและสารอินทรีย์สูงโดยใช้ยีสต์และแบคทีเรียโดยดูจากค่าสัมประสิทธิ์ biokinetic โดยค่าสัมประสิทธิ์ biokinetic ของทั้ง 2 ระบบ ใช้วิเคราะห์ลักษณะพฤติกรรมของยีสต์ และแบคทีเรีย ทำการศึกษาโดยวัดจากเครื่อง respirometer โดยเปลี่ยนค่าความเข้มข้น 20 , 32 , 45 g NaCl / L เพื่อดูการลดลงของ COD หากค่าอัตราการใช้ ออกซิเจนเพื่อคำนวณอัตราการเติบโต ( $\mu$ ) และคำนวณโดยสมการ monod ผลการทดลองพบว่า ยีสต์มีประสิทธิภาพมากกว่าแบคทีเรียในสถานะที่น้ำมีความเค็มสูง การกำจัดสารอาหารพบว่ายีสต์ดีกว่า เนื่องจากการที่สารอาหารที่อยู่ใน ตะกอนยีสต์สูงกว่าแบคทีเรีย

Lim และคณะ (2003) ได้ศึกษาถึงการบำบัดน้ำเสียจากการแปรรูปปลาโดย เชื้อ 2 สายพันธุ์ คือ *Candida rugopelliculosa* และ *Branchionus plicatilis* ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในการนำไปสู่การพัฒนาอย่างต่อเนื่องและ ในงานวิจัยนี้ยีสต์ *Branchionus plicatilis* ถูกกินโดย rotifer *Branchionus plicatilis* ซึ่งวิธีการนี้เหมาะสมที่จะใช้ในกระบวนการที่มีของเสียจาก Alaska Pollack เป็นอาหารในการเติบโตของ *C .rugopelliculosa* ซึ่งสามารถเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง และการเติบโตของโรติเฟอร์ 18.3% เกินกว่าการกินของ *Saccharomyces cervisiae* ในงานวิจัยที่ผ่านมา อัตราการเติบโตสูงสุดของ *C. rugopelliculosa* และ อัตราการลดค่าความเข้มข้นCOD ที่ละลายน้ำ (SCOD) คือ  $6.09 \pm 0.04 \times 10^6$  cells/ml และ 70% ที่เวลาอยู่ในระบบ (HRT) 6.3 ชั่วโมง วิธีการอันดับ 4 ของ Runge-Kutla ใช้โดยสมการ monod ของ *C. rugopelliculosa* โดยใช้ข้อมูลที่ภาวะไม่คงตัวเป็นการดำเนินระบบแบบ CSTR ที่ HRT คงที่ ค่าอัตราการเติบโตที่สูงที่สุด  $\mu_{max}$  คือ  $0.82 \pm 0.22$  h<sup>-1</sup> และ ค่าสัมประสิทธิ์  $K_s$   $690 \pm 220$  mg/L SCOD/L ค่าสัมประสิทธิ์ผลได้ของจุลินทรีย์ Y

คือ  $1.39 \pm 0.22 \times 10^4$  cell/mg SCOD และสัมประสิทธิ์การสลายของสารอินทรีย์  $K_d$  คือ  $0.06 \pm 0.01 \text{ h}^{-1}$

Obaja และคณะ (2003) ได้ศึกษาถึงการกำจัดสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากฟาร์มหมู โดยใช้ถังปฏิกริยาในระบบเอสบีอาร์ น้ำเสียจากฟาร์มหมูซึ่งมีสารอาหารที่มีสารอินทรีย์ที่สูง มีองค์ประกอบทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งใช้การกำจัดทางชีววิทยาในถังปฏิกริยาแบบ SBR ด้วยภาวะแอนแอโรบิก แอโรบิกและแอนน็อกซิก การดำเนินระบบ SBR ด้วย 3 รอบ/วัน ที่อุณหภูมิ  $30^\circ\text{C}$  อายุตะกอน SRT 11 วัน และเวลาอยู่ในระบบ HRT 1 วัน ด้วยน้ำเสียที่ประกอบด้วย  $\text{NH}_4^+$  1500 mg/L และ ฟอสเฟต 144 mg/L ฟอสเฟต ซึ่งประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนได้ 99.7% และกำจัดฟอสเฟตได้ 97.3% ระบบเอสบีอาร์ พิสูจน์ว่าเป็นอุปกรณ์ที่ยืดหยุ่นมากและเหมาะสมสำหรับจะใช้บำบัดน้ำเสียในภาวะที่มีความเข้มข้นของสารอาหารสูงและมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบย่อยซึ่งเป็นภาวะที่มีผลต่อระบบ เอสบีอาร์

Fongsatitkal และคณะ (2004) ได้ศึกษาถึงการใช้ระบบ เอสบีอาร์และ fenton's reagent ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ การศึกษานี้ได้ศึกษาถึงศักยภาพการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาเดียวกับการบำบัดร่วมกันกับการออกซิเดชันทางเคมี เพื่อบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ การทดลองแบ่งออกเป็น 3 วิธีการ คือ ภาวะที่ 1 การบำบัดโดยใช้วิธีการทางชีววิทยาเท่านั้น ภาวะที่ 2 การใช้การ oxidation ทางเคมีก่อนจะบำบัดทางชีวภาพ ภาวะที่ 3 การใช้การบำบัดทางชีวภาพตามด้วยการบำบัดทางเคมี การย่อยสลายทางชีววิทยาที่ใช้เหมือนกันทั้ง 3 วิธีการคือ ถังปฏิกริยาในระบบ SBR ซึ่งแต่ละถังมีปริมาตร 10 L ขณะที่การบำบัดทางเคมีเกี่ยวข้องกับการเติม Fenton's reagent ในช่วง 25-300 mg/L ในการดำเนินการแบบเบตซ์ ตามด้วยช่วงเวลาการทำให้คืนเคยประมาณ 60 วัน วิธีการทำการบำบัดทางชีววิทยานั้นผลจากการบำบัดทางชีววิทยานั้นมีเปอร์เซ็นต์การลดลงที่สูงของ COD, TKN, TP และลดสีปานกลาง กระบวนการนี้พบว่าเป็นอิสระไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงในเวลาช่วงที่เป็น anoxic อย่างไรก็ตามการเพิ่ม SRT จะเพิ่มการกำจัด COD และ สี ถึงแม้ว่าจะลดประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหารซึ่งคือ TKN และ TP ก็ตาม โดยการเพิ่มการบำบัดมากกว่าหนึ่งขั้นตอนจะให้ประสิทธิภาพในการลดสียอมเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับวิธีการเดียวทั้งนี้การบำบัดด้วยการออกซิเดชันทางเคมีก่อนใช้วิธีการบำบัดทางชีววิทยา ในวิธีการที่ 3 จะเกิดผลดีที่สุดในการบำบัดน้ำเสียทางอุตสาหกรรมสิ่งทอเหมาะสมที่สุดที่จะไปใช้

Rodriquez Mora และ คณะ (2003) ศึกษาประสิทธิภาพของระบบเอสบีอาร์ ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้วิธีการทางชีววิทยา โดยใช้ แบคทีเรีย ในกระบวนการดีไนตริฟิเคชันต่อพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงภาวะสารอินทรีย์ของระบบ โดยใช้ถังปฏิกริยา แบบ Lab Scale 3 ถัง และเดินระบบอย่างต่อเนื่องใกล้เคียงกับการเดินระบบจริง โดยการเดินระบบตลอดรอบการทำงานใช้เวลา 24 ชั่วโมง โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การกำจัดอินทรีย์คาร์บอนใช้เวลา 2 ชั่วโมง และการกำจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำคัญ ทั้งสามถึงปฏิกิริยาเดินระบบโดยใช้เวลาให้อากาศที่แตกต่างกัน คือ 0, 15 และ 30 นาที ตามลำดับ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นสารอินทรีย์ (Sock Loading) โดยการเพิ่มภาระสารอินทรีย์อย่างฉับพลันเป็น 3 เท่าจากความเข้มข้นเดิม พบว่า ถึงปฏิกิริยาในระบบ เอสบีอาร์ นี้สามารถทนภาวะนี้ได้ปานกลาง และสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ และกำจัดไนโตรเจนได้ 80% โดยอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน มีอัตราประมาณ 0.87 มิลลิกรัม ต่อกรัม ต่อชั่วโมง

Sroka และคณะ (2004) ศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อสัตว์ที่มีปริมาณสารอินทรีย์เฉลี่ย 4584 mg/l ในระบบผสมผสานของ วิธีการทางชีวภาพแบบตะกอนเร่งด้วยจุลินทรีย์ในระบบ เอสบีอาร์ โดยใช้เวลาให้อากาศ 12 ชั่วโมง ต่อด้วยระบบ รีเวอร์ส ออสโมซิส ผลการทดลองพบว่า การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพสามารถจัดสารปนเปื้อนออกจากน้ำเสียได้อย่างพอเพียง สามารถปล่อยทิ้งได้ แต่หากต้องการนำน้ำเสียดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอีกครั้ง ควรที่จะผ่านการบำบัดต่อด้วยกระบวนการ รีเวอร์ส ออสโมซิส เพื่อประสิทธิภาพในการบำบัดที่สูงยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1. อุปกรณ์และสารเคมี

##### 3.1.1. อุปกรณ์

1. โหลแก้ว ขนาด 12 ลิตร
2. ถังอะคริลิก ขนาด 10 ลิตร
3. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Small Bench Centrifuge), SANYO Centaurz MSE
4. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด, Denver Instrument tc -254
5. เครื่องเขย่า (Shaker), Gellenkamp Orbital Shaker
6. เครื่องวัดพีเอช (pH meter), Denver Instrument Model 250
7. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง 6405 UV/Vis Spectrophotometer, JENWAY
8. เครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำ (DO meter), YSI 52CE
9. เครื่องสูบน้ำ, Lifetech AP1200
10. เครื่องควบคุมเวลาอัตโนมัติ, Digital timer FDD-60/SB 2
11. ไม้พัดปั่นกวน, Fisher scientific Model JL2400
12. เครื่องให้อากาศ, Sigma 3700
13. เตาให้ความร้อน (heating block), NANOCOLORMN R-2T
14. เครื่องควบคุมอุณหภูมิที่  $20 \pm 2$  องศาเซลเซียส, SETO Thermoset
15. เครื่องให้ความร้อนและปั่นกวน (stirrer and heating)
16. ชุดย่อยสลาย (Digestion apparatus)
17. ชุดกลั่น (Distillation apparatus)
18. ชุดกรองลดความดัน
19. ก๊าซออกซิเจน
20. เทอร์โมมิเตอร์
21. เครื่องแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2 สารเคมี

1. โพแทสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ) Analytical grade ของบริษัท BOH
2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น Analytical grade ของบริษัท Fisher Scientific
3. ไอร์ออน(II)แอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous ammonium sulfate) ( $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ) Analytical grade ของบริษัท Carlo Erba
4. ซิลเวอร์ซัลเฟต ( $Ag_2SO_4$ ), Analytical grade ของบริษัท Carlo Erba
5. เมอร์คิวรี (II) ซัลเฟต, Analytical grade ของบริษัท Baker Analyzed
6. 1,10 ฟีนันโทโรลีนโมโนไฮเดรต ( $C_{20}H_{18}N_2O \cdot 10H_2O$ ), Analytical grade ของบริษัท MERCK
7. ไอร์ออน(II) ซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ), Analytical grade ของบริษัท Fisher Scientific
8. โพแทสเซียมซัลเฟต ( $K_2SO_4$ ), Analytical grade ของบริษัท Carlo Erba
9. กรดซัลฟูริกเข้มข้น, Analytical grade ของบริษัท Fisher Scientific
10. เมอร์คิวรี (II) ซัลเฟต ( $Hg SO_4$ ), Reagent grade ของบริษัท Carlo Erba
10. โซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $NaOH$ ), Analytical grade ของบริษัท LAB –SCAN
11. เมอร์คิวรีออกไซด์ ( $HgO$ ), Analytical grade ของบริษัท Malinokvodt
12. โซเดียมไทโอซัลเฟต ( $Na_2S_2O_3$ ), Analytical grade ของบริษัท Carlo Erba
13. ฟีนอล์ฟทาลีน, Analytical grade ของบริษัท Carlo Erba
14. กรดบอริก ( $H_3BO_3$ ), Analytical grade ของบริษัท Fisher Chemical
15. มอลต์เอกแทรกต์, ยี่ห้อ Himedia RM 004
16. ยีสต์เอกแทรกต์, ยี่ห้อ Himedia RM 027
17. เพปโทน, ยี่ห้อ Himedia RM 001
18. กลูโคส (Glucose), Analytical grade ของบริษัท Carlo Erba

### 3.2 การเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองศึกษาค้างนี้ได้เก็บรวบรวมมาจากบ่อเติมอากาศของโรงงานผลิตและแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง อ.มหาชัย จ.สมุทรสาคร โดยทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เก็บตัวอย่าง วันที่ 9 สิงหาคม 2547 และครั้งที่ 2 เก็บตัวอย่าง วันที่ 20 มกราคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ถูกเลี้ยงในระยะเวลาเริ่มต้นด้วยอาหารเหลว Yeast Malt Extract Broth (YMB) ที่มีส่วนประกอบของอาหารดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast Malt extract Broth (YMB) (สมบูรณ์, 2539)

สารอาหาร	กรัม/ลิตร
Glucose	10
Peptone	5
Yeast Extract	3
Malt Extract	3
ปรับให้มีค่า pH 3.5	

ขั้นตอนการเตรียมสามารถสรุปได้ดังนี้คือ

1. ชั่งสารอาหารแต่ละชนิดตามสูตรอาหารที่แสดงในตารางที่ 3.1
2. ละลายส่วนประกอบต่างๆ ในน้ำกลั่น ปั่นกวนให้ส่วนประกอบของอาหารละลายหมด โดยให้ความร้อน จากนั้นปรับปริมาตรให้ครบตามสูตร
3. วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วย เครื่องวัด pH Meter ปรับ pH ให้ได้ pH ประมาณ 3.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล
4. นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอ (autoclave) ที่อุณหภูมิสูง 121°C เป็นเวลา 15 นาที

### 3.4 การเตรียมน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา

น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้คือ

- 3.4.1 เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าปริมาณสารอินทรีย์ 5,000 mg COD/L ซึ่งมีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ ดัดแปลงจาก (อรสาและอรุณวดี, 2543;

Elmalehwt *et. al.* 1999)

องค์ประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
Glucose	5
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0.833
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	0.310
NaCl	8.5
$\text{CaCl}_2$	0.55
$\text{MnSO}_4$	0.5
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.01
$\text{CoCl}_2$	0.1
ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จนมีปริมาตร 1 ลิตร	

3.4.2 น้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเล แช่แข็ง ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างผ่านเวียร์ ก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน จากนั้นนำมาศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสีย พารามิเตอร์ทางกายภาพที่วิเคราะห์ คือ อุณหภูมิ ความขุ่น และสี และ พารามิเตอร์ทางเคมี คือ TS, TDS, TKN, TKN,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  โดยใช้วิธีวิเคราะห์อ้างอิงตามวิธี Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995)

### 3.5 การดำเนินการทดลอง

#### 3.5.1 การเพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในห้องทดลอง

- นำตัวอย่างจุลินทรีย์ที่เก็บได้จากหัวข้อ 3.2 แยกส่วนใส่ออก เก็บแต่ส่วนตะกอน จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที
- ซั่งตะกอน 20 กรัมที่ได้ผ่านการปั่นเหวี่ยง ใส่ลงในโหลแก้วที่มีปริมาตร 12 ลิตรที่ต่อเครื่องฟั่นอากาศ และใบพัดปั่นกวนไว้
- เติมอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จากการเตรียมดังหัวข้อ 3.3 จำนวน 1,800 มิลลิลิตร ปรับ pH ของระบบให้มีค่า 3.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอล
- หลังจากนั้นทำการเติมอากาศเป็นเวลา 48 ชม.และทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 12 ชม.

เอกสารนี้เป็นของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถือว่าผิดกฎหมาย

แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่ายออก เติมน้ำระบบจนกระทั่งระบบอยู่ในภาวะคงตัวและมีมวลจุลินทรีย์ประมาณ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

### 3.5.2 ศึกษาความสามารถของเชื้อจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์

#### 1. การสร้างความคุ้นเคยให้เชื้อจุลินทรีย์

เติมเชื้อเริ่มต้นที่เตรียมไว้ในหัวข้อ 3.5.1 ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่บรรจุในถังปฏิกรณ์ โดยให้มีสัดส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อปริมาณเชื้อเริ่มต้น เท่ากับอัตราส่วน F/M ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือ ประมาณ 0.4 โดยค่อยปรับลดปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อพร้อมกับเติมน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มลงไปในส่วน 20%, 50%, 80% ตามลำดับ โดยการบำบัดแบบครั้งจนกระทั่งสัดส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติมลงไปเป็น 100 % ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยวิเคราะห์ค่า COD, TKN,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  และ MLSS

#### 2. การเก็บตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์

ตัวอย่างน้ำเข้า (influent) น้ำออก (effluent) และกากตะกอนที่ระบายออกจากระบบบำบัด SBR ที่เก็บรวบรวมได้ถูกนำมาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ COD, TKN,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  และ MLSS โดยใช้วิธีการอ้างอิงตามวิธี Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995) ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 วิธีวิเคราะห์สำหรับพารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ซีโอดี	รีฟลักซ์แบบปิด
ทีเคเอ็น	การย่อยสลายและการกลั่น
แอมโมเนียม	ไอออนโครมาโทกราฟี
ไนเตรท	ไอออนโครมาโทกราฟี
ไนไตรท์	ไอออนโครมาโทกราฟี
ฟอสเฟต	ไอออนโครมาโทกราฟี
MLSS	การกรองและการชั่งน้ำหนัก

โดย ซีโอดี, ทีเคเอ็น และ MLSS มีการทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.3 ศึกษาอัตราส่วน F/M ที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำเสีย

1. นำเชื้อจุลินทรีย์มาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที
2. ชั่งตะกอนของจุลินทรีย์ในขณะที่เปียกจำนวน 10 กรัม ทั้งหมด 12 ขวด
3. เติมน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง 150 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 300 รอบ/นาที เป็นเวลาต่างๆกันตั้งแต่ 0 ถึง 24 ชั่วโมง
4. ทำการเก็บตัวอย่างทุก 1 ชั่วโมง โดยนำตัวอย่าง 1 ขวดมากรองด้วยกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และคำนวณหาปริมาณมวลจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น (MLSS) นำส่วนใสที่เหลือภายหลังจากกรองมาหาค่า COD
5. ทำการทดลองซ้ำ จากข้อ 1-5 อีกครั้ง

### 3.5.4 ศึกษาผลของ พีเอช ที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำเสีย

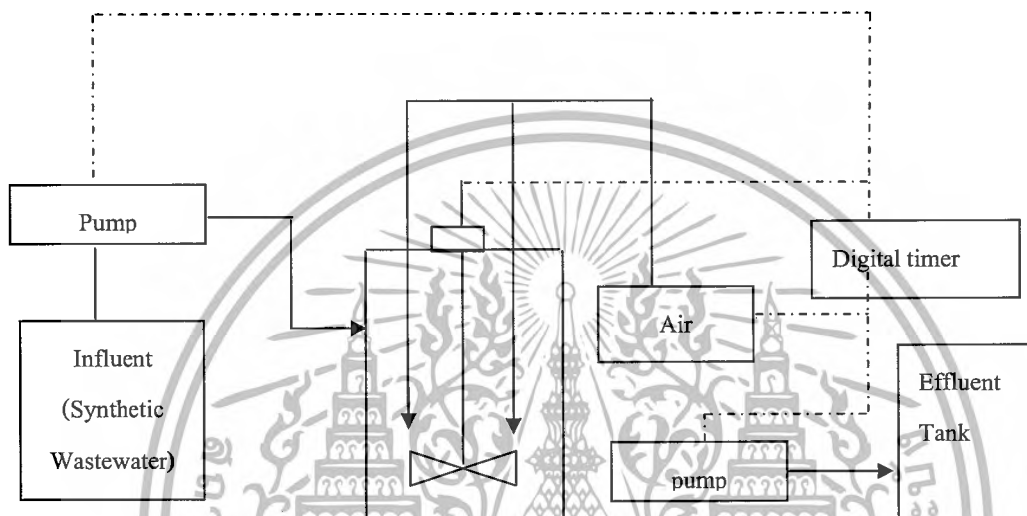
1. ชั่งตะกอนของจุลินทรีย์ในขณะที่เปียกจำนวน 10 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่
2. เติมน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง 150 ml ที่มีการปรับพีเอชเป็น 3.5 5 หรือ 7 ลงในขวดรูปชมพู่แต่ละขวด โดยปรับค่าพีเอชของน้ำเสียเป็น 3.5 ด้วยบัฟเฟอร์ HF/NaF เข้มข้น 0.5 M/10M ปรับค่าพีเอชของน้ำเสียเป็น 5 ด้วยบัฟเฟอร์  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$  เข้มข้น 1M/2M และปรับพีเอชที่ 7 ด้วยบัฟเฟอร์  $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{NaH}_2\text{PO}_4$  เข้มข้น 1M/0.6M จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 300 รอบ/นาที เป็นเวลาต่างๆกันตั้งแต่ 0-24 ชั่วโมง
3. ทำการเก็บตัวอย่างทุก 2 ชั่วโมง โดยนำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และคำนวณหาปริมาณมวลจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น (MLSS) นำส่วนใสที่เหลือภายหลังจากกรองมาหาค่า COD

### 3.5.5 ศึกษาขั้นตอนการทำงานของระบบเอสปีอาร์

1. สร้างระบบ SBR ดังรูปที่ 3.1 โดยใช้ถังปฏิกิริยาขนาด 10 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลางของถัง 0.25 เมตร และมีความสูง 0.30 เมตร ปริมาตรของเหลวที่บำบัดเท่ากับ 8 ลิตร ภายในถังติดตั้งเครื่องพ่นอากาศ ใบพัดปั่นกววน และเครื่องควบคุมเวลาอัตโนมัติ มีการสูบน้ำเข้าและออกจากระบบโดยใช้เครื่องสูบน้ำ
2. ทดสอบการเดินระบบโดยใช้น้ำเปล่าโดยกำหนดให้ขั้นตอนการทำงานดังแสดงในตารางที่ 3.3 โดยใน 1 วัน มี 2 รอบการทำงาน
3. เดินระบบ SBR โดยใช้ F/M ที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.5.2 โดยใช้ปริมาณน้ำเสียในการเดินระบบเอสปีอาร์ จำนวน 8 ลิตร ในแต่ละวันจะสูบน้ำเสียเข้าระบบ 4 ลิตร และน้ำเสียที่

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตัวอย่างน้ำเข้า (influent) ระบบบำบัด เอสบีอาร์ ทุกๆวัน เป็นเวลา 1 สัปดาห์ และ น้ำออก (effluent) มาวิเคราะห์ พารามิเตอร์ คือ COD, TKN,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  และน้ำตัวอย่างในระบบ เพื่อวิเคราะห์ MLSS โดยใช้วิธีวิเคราะห์อ้างอิงตามวิธี Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995) ดังแสดงในตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.1 ถังปฏิกิริยาในระบบ SBR

ตารางที่ 3.4 ขั้นตอนการทำงานของระบบ SBR

ขั้นตอนการบำบัด	ระยะเวลาต่อรอบ
FILL	73 นาที
REACT	8.30 ชั่วโมง
SETTLE	1 ชั่วโมง 30 นาที
DECANT	11 นาที
รวม	12 ชั่วโมง

4. เก็บข้อมูลทางกายภาพ จากการเดินระบบเอสบีอาร์ทุกวัน คือ อุณหภูมิ, สี และ ความสูงของชั้นตะกอน

5. นำตัวอย่างน้ำที่ออกจากระบบเอสบีอาร์เป็นเวลา 1 สัปดาห์แล้ว มาทำการบำบัดซ้ำด้วยระบบเอสบีอาร์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของในการบำบัดน้ำเสียเมื่อจำนวนถังของระบบเอสบีอาร์เพิ่มขึ้น โดยทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ ข้อ 2 ถึง 4

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปแช่แข็งในระบบเอสบีอาร์ โดยแบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็นดังนี้คือ 1) การเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง 2) การเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ 3) การสร้างความคุ้นเคยของเชื้อจุลินทรีย์ต่อการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ 4) ศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปแช่แข็ง 5) การศึกษาอัตราส่วน F/M ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ 6) การศึกษาผลของ pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ 7) ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในระบบเอสบีอาร์ ผลการศึกษาเป็นดังนี้คือ

#### 4.1 การเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

การเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เก็บรวบรวมได้จากบ่อเติมอากาศของโรงงานผลิตและแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง อำเภอมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร โดยจุลินทรีย์ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างมีลักษณะดังรูปที่ 4.1

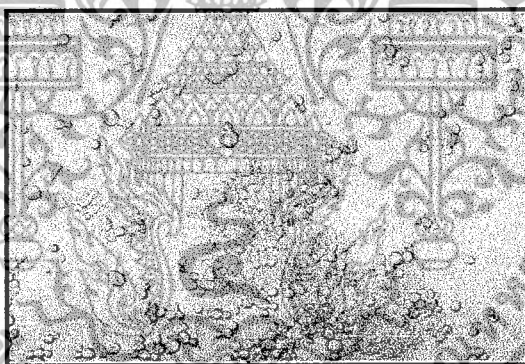


รูปที่ 4.1 ตะกอนจุลินทรีย์ที่เก็บรวบรวมได้

จากรูปที่ 4.1 พบว่าลักษณะทางกายภาพของตะกอนจุลินทรีย์ที่เก็บรวบรวมได้มีลักษณะเป็นสีน้ำตาล กลิ่นคล้ายน้ำจากการล้างปลา และมีการจมตัวของตะกอนอย่างรวดเร็ว จากการสอบถามเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน พบว่าจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดสารอินทรีย์ในบ่อเติมอากาศประกอบด้วยเชื้อยีสต์เป็นส่วนใหญ่

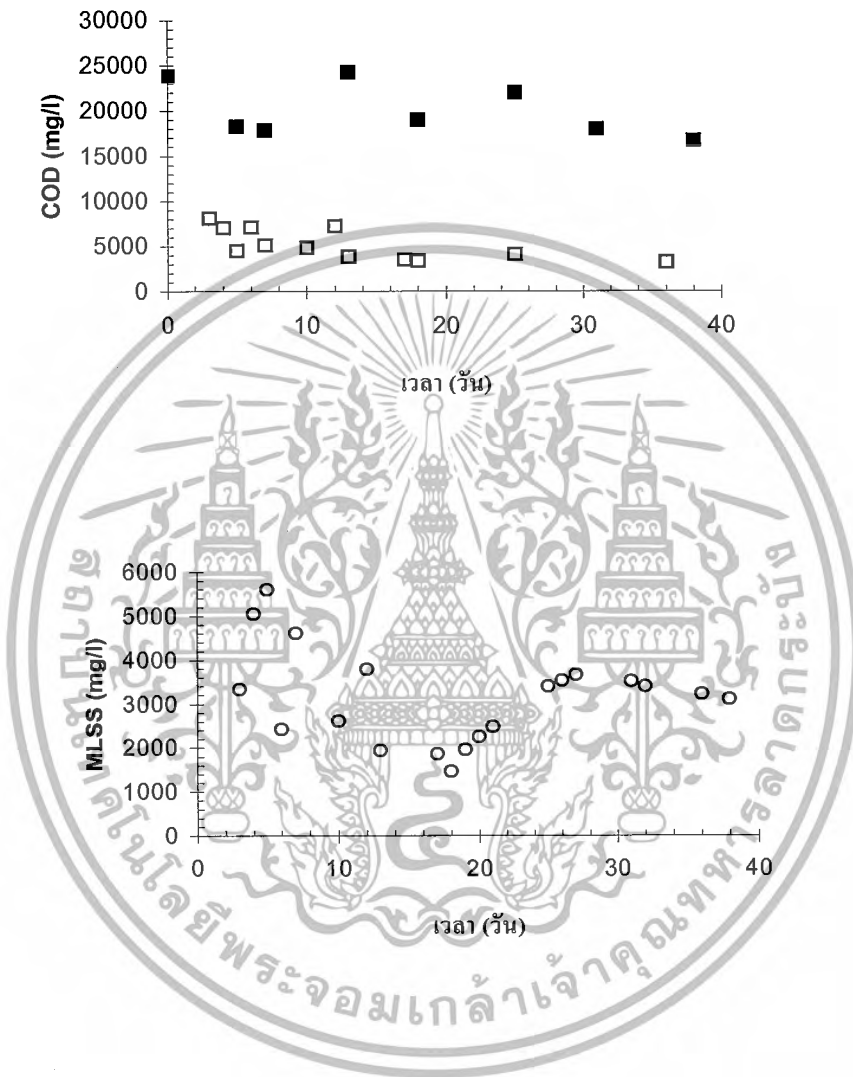
#### 4.2 การเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ

จุลินทรีย์ที่เก็บรวบรวมได้จากบ่อเติมอากาศของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแห้ง จึงถูกนำมาเพิ่มจำนวนในอาหารเลี้ยงเชื้อ YMB (Yeast Malt Broth) ที่ pH 3.5 ในถังปฏิกรณ์แบบ Batch ทำการติดตามลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์และวัดอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อจากปริมาณมวลตะกอนจุลินทรีย์ (Mixed liquor suspended solids, MLSS) และปริมาณสารอินทรีย์ (COD) ที่เปลี่ยนแปลง ณ ระยะเวลาต่างกัน ผลการทดลอง (ภาคผนวก ก) ดังแสดงเป็นรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 เมื่อนำตะกอนจุลินทรีย์ดังกล่าวมาส่องกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า พบลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ ดังรูปที่ 4.2



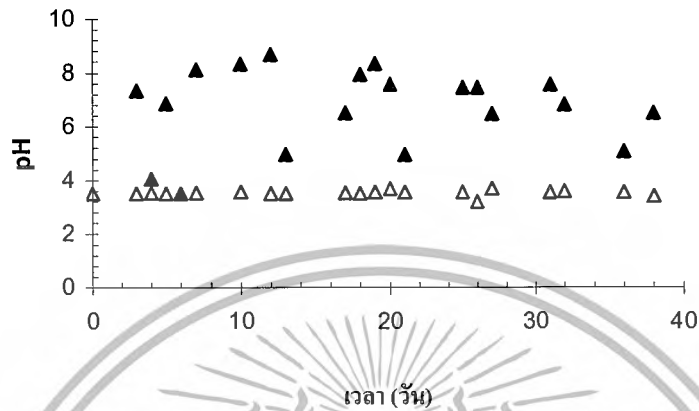
รูปที่ 4.2 ลักษณะของจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ ภายหลังจากการเพิ่มจำนวน 2 อาทิตย์ ที่กำลังขยาย 400 เท่า

จากรูปที่ 4.2 พบว่าตะกอนจุลินทรีย์ภายหลังจากการเพิ่มจำนวน 2 อาทิตย์ ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวเป็นส่วนใหญ่ มีรูปร่างเป็นทรงกลมรี พบการแตกหน่อของเซลล์ (budding) แสดงให้เห็นว่าตะกอนจุลินทรีย์ที่เพิ่มจำนวนได้ประกอบด้วยยีสต์เป็นประชากรของจุลินทรีย์โดยส่วนใหญ่



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของค่า COD ของน้ำเข้า(■)และออก(□) และค่า MLSS (○)ต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.4** ความสัมพันธ์ของค่า pH ก่อน (▲) และหลัง (△) ปรับในถังปฏิบัติการต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในถังปฏิบัติการ

เมื่อพิจารณาค่า COD ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ-ออกจากระบบ (รูปที่ 4.3) พบว่า ในช่วงเริ่มต้น(วันที่ 0) ปริมาณ COD ของน้ำเข้าระบบมีค่าเท่ากับ 23,904 mg/l ในช่วงระยะเวลา 1-5 วันของการเดินระบบพบว่า น้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่า COD ลดลง ซึ่งแนวโน้มของการลดลงสัมพันธ์กับค่า MLSS ที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ในระบบสามารถใช้สารอินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต โดยทำให้ปริมาณการลดลงของ COD มีค่าเท่ากับ 80 % ของปริมาณเริ่มต้น เมื่อจุลินทรีย์อยู่ในระบบนานถึง 14 วัน พบว่าปริมาณการลดลงของ COD ไม่สัมพันธ์กับปริมาณของ MLSS ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการหา MLSS เนื่องจากตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการหาค่า MLSS มีปริมาณมากเกินไป ทำให้เกิดการอุดตันกระดวยกรองและเกิดความดันสูงจนกระดวยกรองขาด ทำให้ผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อน ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการปรับปรุงวิธีการหาค่า MLSS ใหม่โดยนำน้ำเสียที่ได้มาปั่นเหวี่ยงก่อนกรอง ประกอบกับในช่วงระยะเวลาดังกล่าวมีการแบ่งปริมาตรของถังเพิ่มจำนวนออกเป็น 2 ถังย่อย ทำให้ปริมาณ MLSS ในถังเพิ่มจำนวนลดลงในช่วงระยะเวลา 13-18 วัน หลังจากเวลาดังกล่าวพบว่าจุลินทรีย์มีการปรับตัวและเพิ่มจำนวนอีกครั้ง ดังจะเห็นได้จากปริมาณ MLSS ที่มีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าคงที่ประมาณ 3000 mg/L ปริมาณการเพิ่มขึ้นของ MLSS สัมพันธ์กับค่า COD ที่ลดลง

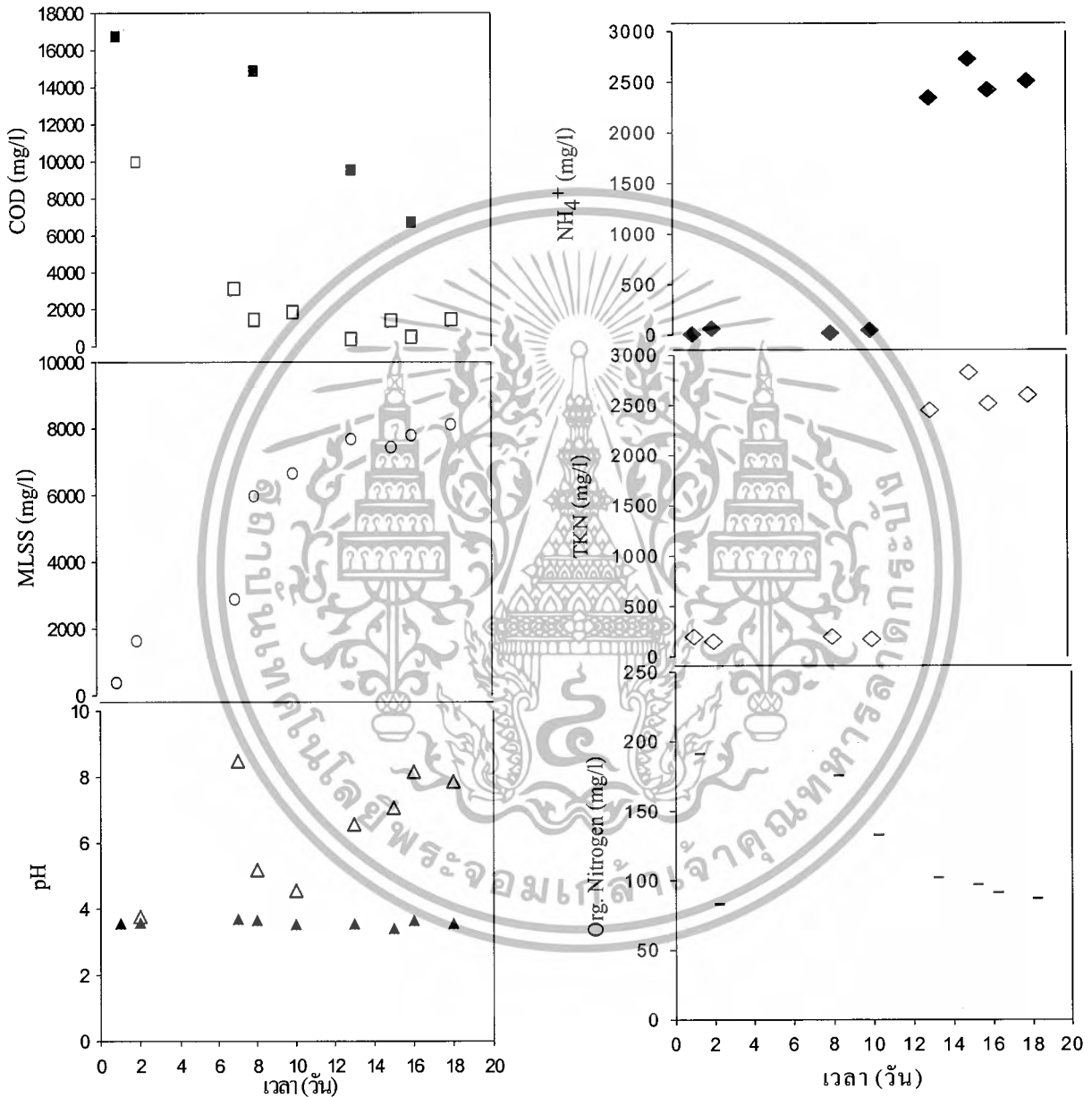
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาค่า pH ของน้ำเสียในถังปฏิกริยา ณ ระยะเวลาต่างๆกัน (รูปที่ 4.4) พบว่าค่า pH ในถังปฏิกริยามีค่าเพิ่มขึ้น แม้ว่าได้ทำการปรับ pH ของระบบให้มีค่าประมาณ 3.5 ในแต่ละวัน การเพิ่มขึ้นของค่าพีเอชในระบบ อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในโตรเจนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แล้วผลิตแอมโมเนียออกมาในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ส่งผลให้ pH มีค่าเพิ่มขึ้น

#### 4.3 การสร้างความคุ้นเคยในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ของเชื้อจุลินทรีย์

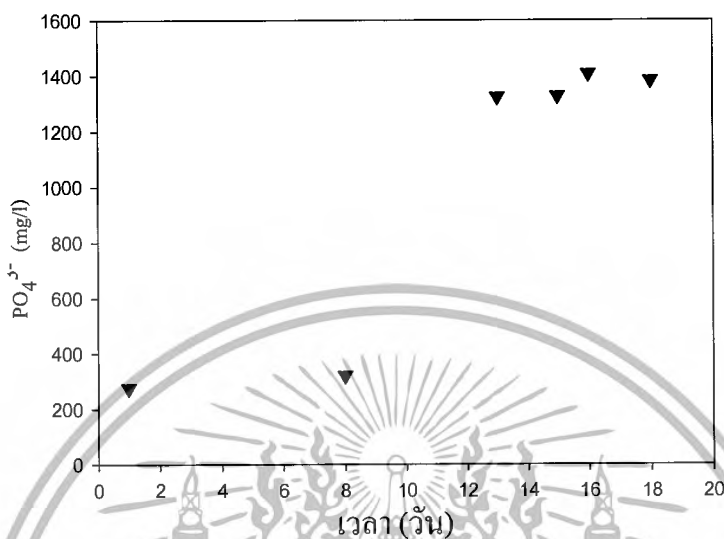
การสร้างความคุ้นเคยของเชื้อจุลินทรีย์ต่อการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ทำได้โดยการนำเชื้อจุลินทรีย์จากถังเพิ่มจำนวนมาใส่ในถังปฏิกริยาที่อัตราส่วน F/M เท่ากับ 33.057 ซึ่งเป็นสัดส่วนของอาหารที่มากเกินไปเพื่อให้จุลินทรีย์นำอาหารไปใช้ในการสร้างเซลล์เพื่อเจริญเติบโตได้อย่างพอเพียง จากนั้นปรับอัตราส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อน้ำเสียสังเคราะห์ในช่วงเริ่มต้นเท่ากับ 100 : 0 เป็น 80:20, 50:50 จนกระทั่งไม่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อเลย หรือใช้น้ำเสียสังเคราะห์ 100% โดยอัตราการปรับลดจะทำต่อเมื่อมีการลดลงของค่าซีโอดีอย่างน้อย 80% ในน้ำเสียออกจากกระบวนเทียบกับน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ผลการทดลอง (ภาคผนวก ข) แสดงในรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6

#### 4.3.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ-เคมีของน้ำเสียในถังปฏิกรณ์



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของค่า COD, MLSS, ฟิเอช, แอมโมเนียม, TKN และสารอินทรีย์ไนโตรเจน ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน (■) หมายถึงค่า COD ก่อนเข้าระบบ, (□) หมายถึงค่า COD ออกจากระบบ (○) หมายถึง MLSS ในระบบ, (◆) หมายถึงแอมโมเนียม, (◇) หมายถึง TKN, (-) หมายถึงสารอินทรีย์ไนโตรเจน, (Δ) หมายถึง pH ก่อนปรับ, (▲) หมายถึงค่าฟิเอชหลังปรับในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงของค่าฟอสเฟตที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน (▼) หมายถึงปริมาณฟอสเฟตในระบบกับเวลา

หมายเหตุ จากการนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาค่า ไนเตรตและไนไตรท์ ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี พบว่า ไม่สามารถตรวจวัดได้

เมื่อพิจารณาค่า COD ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบดังแสดงในรูปที่ 4.5 พบว่าการปรับอัตราส่วนระหว่างอาหารเลี้ยงเชื้อและน้ำเสียสังเคราะห์ ทำให้ค่าซีโอดีในน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีค่าลดลง ซึ่งการลดลงของค่าซีโอดีในน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นส่วนผสม เมื่อมีการลดปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งอุดมไปด้วยอินทรีย์สารที่มาจาก กลูโคส, ยีสต์สกัด, เปปโตน, มอลต์สกัด (ตารางที่ 3.1) ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียพบว่าในช่วงวันที่ 1 ปริมาณค่า COD ของน้ำเสีย (80:20) ก่อนเข้าระบบมีค่าเท่ากับ 16,752 mg/l เมื่อทำการบำบัดเป็นเวลา 6 วันพบว่าปริมาณค่าซีโอดีในน้ำเสียมีค่าลดลงเหลือเท่ากับ 3122.4 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดได้เท่ากับ 81.36% จึงมีการเปลี่ยนสัดส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์ต่ออาหารเลี้ยงเชื้อเป็น 50 : 50 โดยใช้หลักการเดียวกันนี้พบว่ามีการปรับอัตราส่วนอาหารเลี้ยงเชื้อต่อน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 20:80 และ 0:100 เมื่อจุลินทรีย์อยู่ในระบบนานเท่ากับ 6 วัน และ 4 วัน ตามลำดับ และเมื่อเติมน้ำเสียสังเคราะห์ 100% เข้าสู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ พบว่าค่า COD ในน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าลดลง แสดงว่าจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยา มีความคุ้นเคยต่อน้ำเสียสังเคราะห์

เมื่อพิจารณาค่า MLSS ที่เกิดขึ้นในระบบ (รูปที่ 4.5) พบว่า MLSS ของจุลินทรีย์มีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับค่าซีโอดีที่ลดลงในระบบ นอกจากนี้เมื่อมีการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มขึ้น MLSS ในระบบมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเชื้อจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยาสามารถเพิ่มจำนวนในน้ำเสียสังเคราะห์ได้

เมื่อพิจารณาค่า pH (ในรูปที่ 4.5) พบว่าเมื่อทำการปรับ pH ของน้ำเสียในระบบให้มีความเหมาะสม 3.5 ในแต่ละวัน พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป ค่า pH ของน้ำเสียในถังปฏิกริยาเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาชนิดและปริมาณของไนโตรเจนในถังปฏิกริยาพบว่าปริมาณค่า TKN ในน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าประมาณ 200 mg/L เมื่อจุลินทรีย์อยู่ในระบบนานกว่า 10 วันพบว่าค่า TKN จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระบบเรื่อยมาจนถึงในวันที่ 15 ของการเดินระบบ โดยมีค่า TKN สูงสุดเท่ากับ 2,826.4 mg/l ในกรณีค่าแอมโมเนียม พบว่าการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียมในน้ำเสียที่ออกจากระบบมีลักษณะเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของค่าทีเคเอ็น กล่าวคือมีปริมาณค่อนข้างคงที่ในช่วง 1-10 วันแรกของการเดินระบบ หลังจากนั้น ค่าแอมโมเนียมในระบบจะสูงขึ้นเรื่อยๆจนมีค่าเป็น 2,515.28 mg/l ปริมาณแอมโมเนียมที่สูงขึ้นในน้ำเสียที่ออกจากระบบอาจมีสาเหตุเนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ใน ไตรเจนแล้วปล่อยออกมาในรูปแอมโมเนียม ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่า pH ในถังปฏิกริยา เมื่อคำนวณผลต่างระหว่างค่า TKN กับปริมาณแอมโมเนียมในน้ำเสียที่ออกจากระบบพบว่าปริมาณสารอินทรีย์ใน ไตรเจนในน้ำเสียออกจากระบบมีแนวโน้มลดลง ปริมาณการลดลงนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการใช้สารอินทรีย์ใน ไตรเจนในการเจริญเติบโตของสารอินทรีย์ใน ไตรเจนไปใช้ในการสร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการลดสัดส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งมีแหล่งสารอินทรีย์ใน ไตรเจนลง

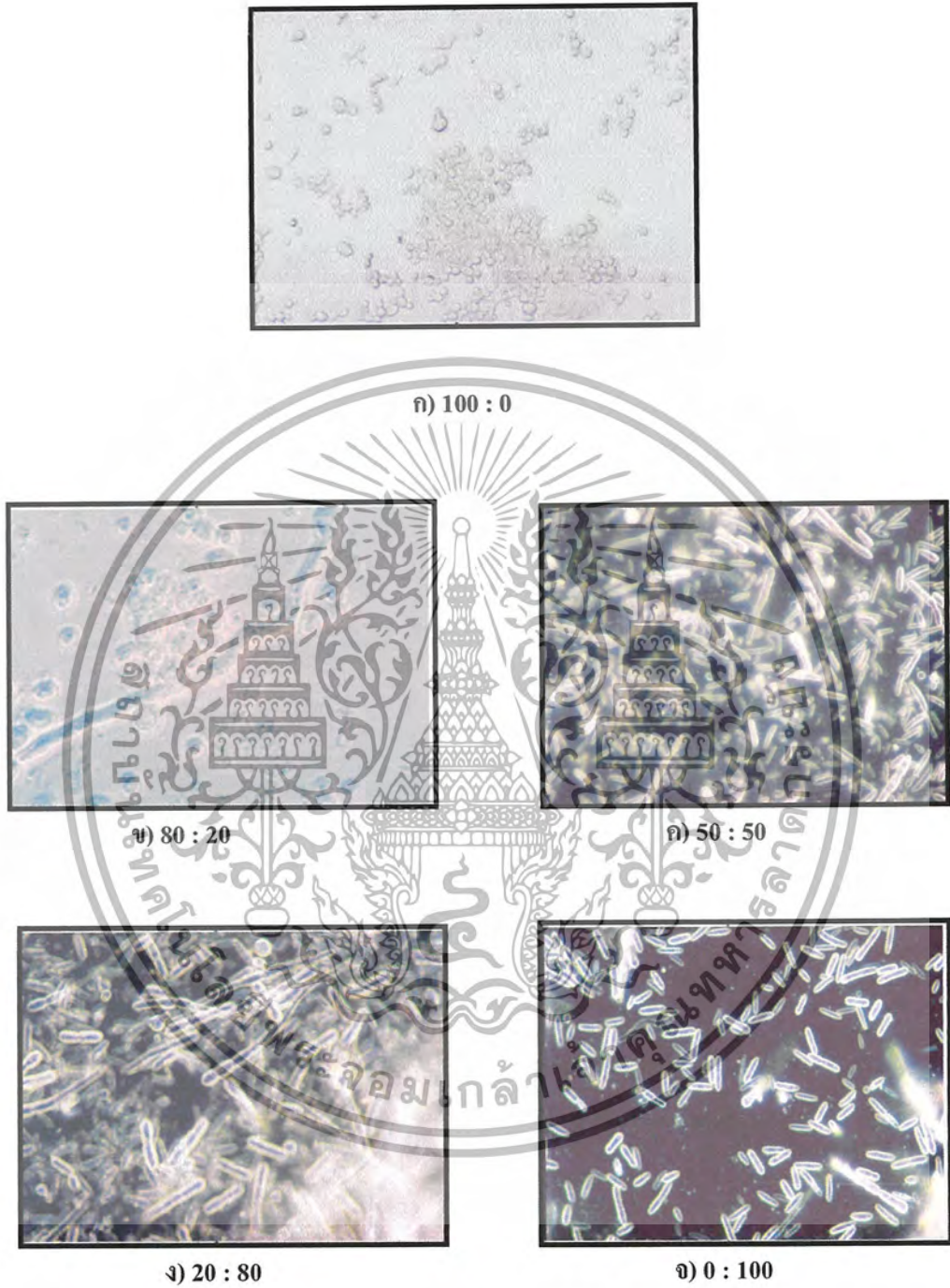
เมื่อพิจารณาค่าฟอสเฟต (รูปที่ 4.6) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นจาก 276.497 mg/l เมื่อเริ่มต้นเดินระบบไปเป็น 1,382.404 mg/l อาจเนื่องมาจากกลุ่มจุลินทรีย์ Phosphate Accumulating organism (PAOs) ที่สามารถใช้ฟอสเฟตในน้ำเสียในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อระบบหยุดพ่นอากาศเพื่อรอให้ตกตะกอน และ นำฟอสเฟตเข้าไปสะสมอยู่ในเซลล์ และเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะที่มีออกซิเจนอีกครั้ง ก็จะเกิดเมตาบอลิซึมเผาผลาญฟอสเฟตส่วนเกินออกมาทำให้น้ำเสียมีปริมาณฟอสเฟตสูงขึ้น เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่อยู่ในระบบนานขึ้นจะยิ่งพบฟอสเฟตสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากระบบมีภาวะที่ไร้ออกซิเจนนานขึ้น เพราะ ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบจมตัวช้า จึงต้องหยุดให้อากาศนานขึ้น ส่งผลให้จุลินทรีย์กลุ่ม PAOs นำฟอสเฟตไปใช้ได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ ณ สัดส่วนน้ำเสียสังเคราะห์ต่างๆ

การติดตามการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์ ณ สัดส่วนน้ำเสียต่างๆ สามารถศึกษาได้โดยนำเชื้อจุลินทรีย์ที่สัดส่วนน้ำเสียต่างๆมาส่งกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า ผลการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4.7

จากรูปที่ 4.7 พบว่าจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยามีลักษณะรูปร่างเปลี่ยนแปลงไป เมื่อมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อน้ำเสียสังเคราะห์ จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นในถังปฏิกริยามีลักษณะประชากรส่วนใหญ่ที่มีรูปร่างเป็นทรงกลมรี มีการแตกหน่อ คล้ายคลึงกับยีสต์ (รูปที่ 4.6ก) เมื่อเปลี่ยนอัตราส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 80:20 พบว่าจุลินทรีย์ส่วนใหญ่มีรูปร่างทรงกลมรี มีการแตกหน่อ นอกจากนี้พบจุลินทรีย์ที่มีรูปร่างเป็นเส้นสาย (รูปที่ 4.6 ข) และเมื่อปรับอัตราส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 50:50 พบว่าจุลินทรีย์รูปร่างเป็นส่วนใหญ่ โดยมีจำนวนประชากรรูปร่างทรงกลมเพียงเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 20:80 พบเชื้อจุลินทรีย์รูปร่างเป็นแท่งคล้ายคลึงกับที่พบในน้ำเสียสังเคราะห์ 50% แต่จะมีลักษณะเป็นเส้นใยคล้ายราชัดเจนกว่า (รูปที่ 4.6ง) และเมื่อใช้น้ำเสียสังเคราะห์ 100% พบว่ารูปร่างประชากรจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นรูปร่างแท่งชัดเจน การเปลี่ยนแปลงลักษณะจุลินทรีย์ในระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงน้ำเสียสังเคราะห์ อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการลดลงของปริมาณสารอินทรีย์ใน โตรเจน ส่งผลให้เกิดการแก่งแย่งอาหารกันของยีสต์และรา เนื่องจาก จุลินทรีย์ทั้งสองชนิดซึ่งจัดอยู่ในคิวซันยูไมโคไฟตาเหมือนกันมีความต้องการอาหารเพื่อการเติบโตคล้ายคลึงกัน นอกจากนี้พบว่าราเจริญได้ดีกว่ายีสต์ในสภาวะที่มีสารอาหารอยู่อย่างจำกัด จึงอาจทำให้รามีอัตราการเติบโตที่สูงกว่า จนทำให้ราเป็นประชากรเด่นในระบบ (ธีระ, 2539)



**รูปที่ 4.7** ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำการศึกษาที่ทำการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ด้วยกำลังขยาย 400 เท่าในอัตราส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อน้ำเสียสังเคราะห์แตกต่างกัน โดยตัวเลขแสดงค่าอัตราส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อน้ำเสียสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 การเก็บตัวอย่างตะกอนจุลินทรีย์ครั้งที่ 2

เนื่องจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ในถังปฏิบัติการจากที่มีลักษณะรูปร่างทรงกลมรีเป็นรูปแท่งเมื่อใช้น้ำเสียสังเคราะห์ 100% คาดว่าน่าจะเป็นรา ทำให้ไม่สามารถใช้เชื้อในการศึกษา F/M ได้เนื่องจากเชื้อราไม่ค่อยมีบทบาทในการกำจัดมลสารอินทรีย์มากนัก (ธีระ, 2539) โครงการพิเศษนี้จึงทำการเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ครั้งที่ 2 จากบ่อเติมอากาศของโรงงานเดิม ซึ่งใช้ยีสต์ในระบบบำบัดน้ำเสีย จุลินทรีย์ที่เก็บรวบรวมใหม่นี้ถูกนำมาใช้ในการศึกษาค่า F/M ผลของค่าพีเอช และศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของยีสต์ในระบบ เอสบีอาร์ ลักษณะของเชื้อที่เก็บได้มีลักษณะดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ที่เก็บรวบรวมได้จากบ่อเติมอากาศของโรงงานอุตสาหกรรม แปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง เมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2548 เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า

จากรูปที่ 4.8 พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เก็บรวบรวมได้มีลักษณะเป็นกลุ่มก้อน ลักษณะรูปร่างจุลินทรีย์ไม่สามารถเห็นได้ชัดเจนเทียบกับจุลินทรีย์ที่เก็บรวบรวมได้ครั้งแรก อย่างไรก็ตามได้นำเชื้อจุลินทรีย์ที่เก็บรวบรวมได้นี้ไปใช้ในการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง

น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาหาค่า F/M ผลของค่าพีเอช และประสิทธิภาพการบำบัดในระบบเอสบีอาร์ ได้ถูกเก็บรวบรวมมาจากน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งซึ่งน้ำเสียมีลักษณะทางกายภาพ และเคมี(ภาคผนวก ค) ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางเคมีและกายภาพของน้ำเสียที่ใช้ในการบำบัดในระบบ SBR

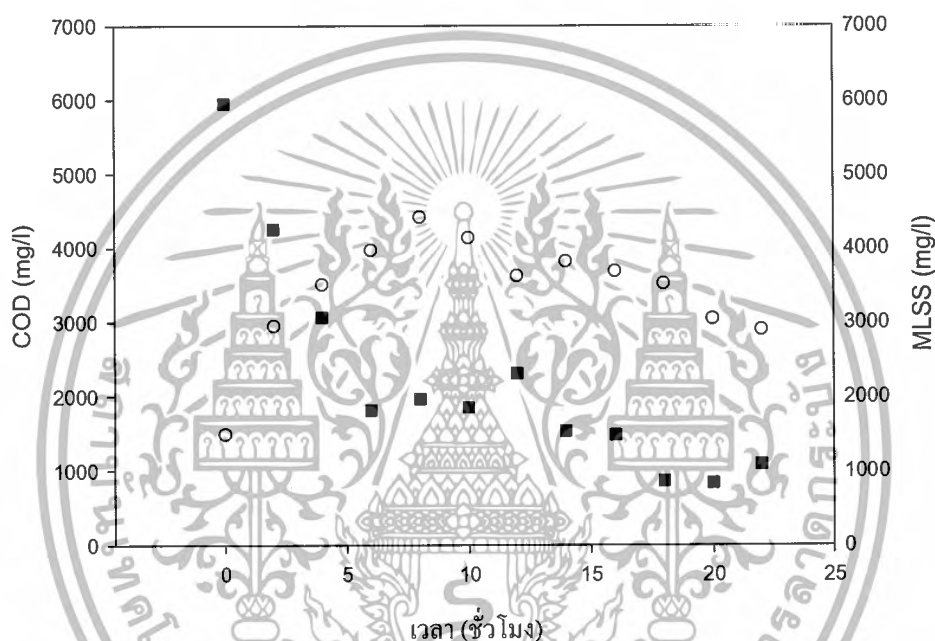
พารามิเตอร์	ลักษณะ
1. อุณหภูมิ (°C)	28
2. สี	สีน้ำตาล
3. pH	7.4
4. COD (mg/l)	5,488
5. TS (mg/l)	4,028.67
6. TSS (mg/l)	1600
7. TKN (mg/l)	437.91
8. NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	157.43
9. PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	209.51
10. NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	N.D. (ตรวจสอบไม่พบ)
11. NO <sub>3</sub> (mg/l)	N.D. (ตรวจสอบไม่พบ)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตและแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งมีอุณหภูมิ 28 °C มีสีน้ำตาล ค่า pH ประมาณ 7.4 โดยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งมีค่า COD สูงถึง 5,488 mg/l มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 4,028.67 mg/l มีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 1,600 mg/l เมื่อนำน้ำเสียที่เก็บรวบรวมได้มาทำการกรองสารแขวนลอยออกพบว่า ค่า COD ในน้ำตัวอย่างภายหลังการกรองมีค่าลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 3,090 mg/l แสดงให้เห็นว่าสารแขวนลอยในน้ำเสีย เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณน้ำเสียจากโรงงานแห่งนี้มีปริมาณค่า COD สูง และจากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสีย พบว่าน้ำเสียมีปริมาณแอมโมเนียม เท่ากับ 157.43 mg/l, ทีเคเอ็น ซึ่งหมายถึงผลรวมของแอมโมเนียมและสารอินทรีย์ไนโตรเจนเท่ากับ 437.91 mg/l ดังนั้นน้ำเสียนี้อาจมีปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนเท่ากับ 280.48 mg/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6. การศึกษา F/M ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

การศึกษา F/M ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำการทดลองโดยชั่งตะกอนจุลินทรีย์ในขณะที่เปียกในปริมาณเท่ากันใส่ลงในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งที่มีปริมาตรเท่ากัน และทำการวัดการเปลี่ยนแปลงของค่า COD และ MLSS ณ ระยะเวลาต่างกัน ผลการทดลอง(ภาคผนวก ง)ดังแสดงในรูปที่ 4.9

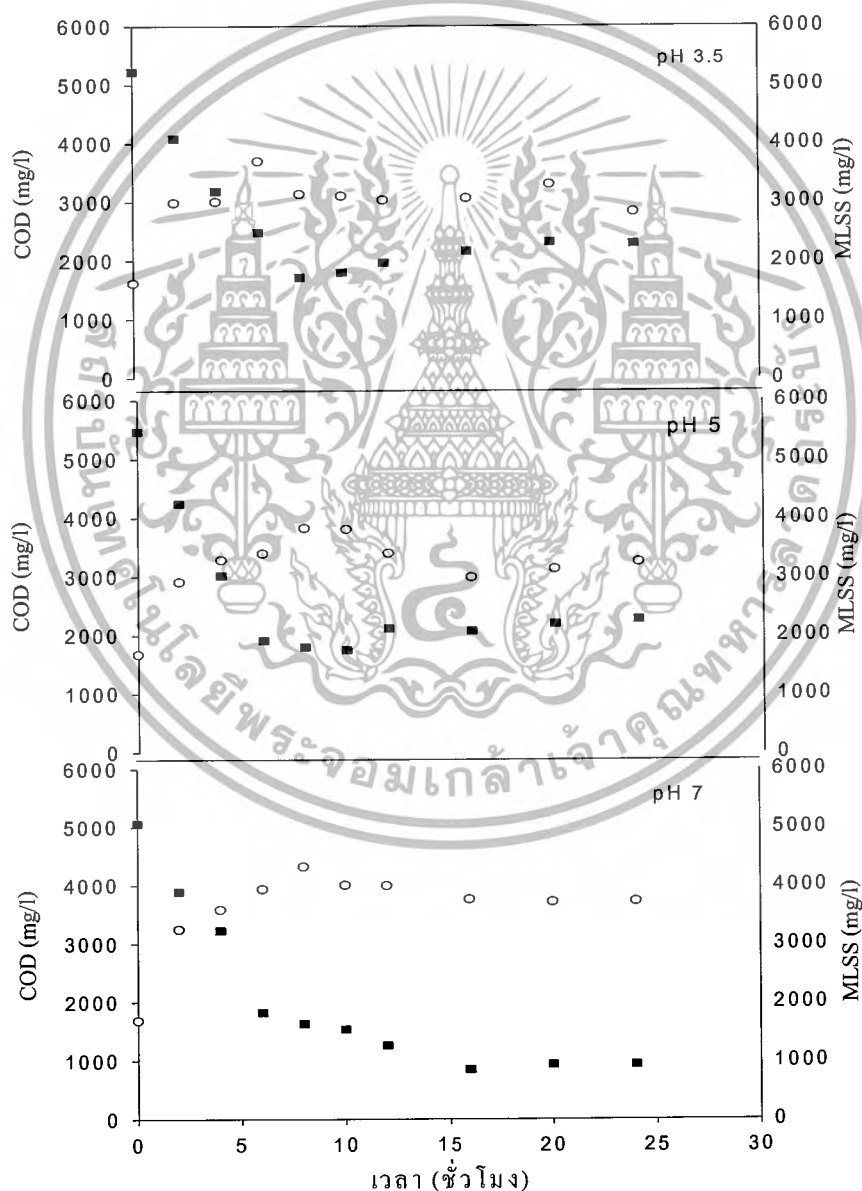


รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของค่า MLSS (○) และ COD (■) ณ ระยะเวลาต่างกัน

จากรูปที่ 4.9 พบว่า ค่าซีโอดีในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 5 ชั่วโมงแรก แสดงให้เห็นว่ามีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ โดยมีค่าซีโอดีลดลงจาก 5,945.96 mg/l เป็น 1,967.57 mg/l ในระยะเวลาเดียวกันพบว่าการเพิ่มขึ้นของ MLSS ในระบบจาก 1,494 mg/l เป็น 3,193 mg/l ซึ่งปริมาณการเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการลดลงของค่า COD หลังจากนั้นการลดลงของค่า COD และการเพิ่มขึ้นของ MLSS มีการดำเนินไปอย่างช้าๆ โดยปริมาณ MLSS มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4,417 mg/l เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 8 ชั่วโมง ณ เวลาดังกล่าว ปริมาณซีโอดี มีค่าเท่ากับ 1,967.57 mg/l เมื่อนำไปคำนวณค่า F/M พบว่าอัตราส่วนของ F/M ที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้คือ 0.4

#### 4.7 การศึกษาผลของ pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

การศึกษาผลของ pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำได้โดยชั่งตะกอนจุลินทรีย์ในปริมาณที่เท่ากันใส่ลงในน้ำเสียที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง ที่มีการปรับค่า pH 3.5, 5, และตามลำดับ จากนั้นวัดการเปลี่ยนแปลง COD และ MLSS ณ เวลาต่างๆกัน ผลการทดลอง (ภาคผนวก จ) แสดงในผังรูปที่ 4.10



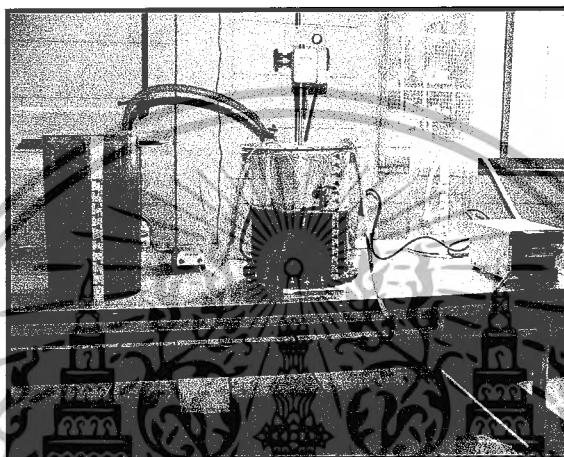
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า MLSS (○) และ COD (■) ที่ pH 3.5, 5 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.10 พบว่าค่า COD มีการลดลงโดยปริมาณการลดลงของ COD มีความสัมพันธ์กับปริมาณ MLSS ที่เพิ่มขึ้นในทุกค่า pH ของน้ำเสียที่ใช้ โดยปริมาณการลดลงของค่า COD เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 8 ชั่วโมงแรกของทุกค่า pH โดยที่ pH เท่ากับ 3.5 ปริมาณการลดลงของ COD ลดลงจาก 5,222 เป็น 1,713.6 mg/l และมี MLSS เพิ่มขึ้นจาก 1,616 เป็น 3,188 mg/l และเมื่อพิจารณาการลดลงของ COD ตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าค่า COD มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็น 2284 mg/l คิดเป็นการลดลง 56.24 % ที่ pH 5 ค่า COD ลดลงจาก 5,467.2 mg/l เป็น 1,800 mg/l และมี MLSS เพิ่มจาก 1,674 เป็น 3,394 mg/l และเมื่อพิจารณาการลดลงของ COD ตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าค่า COD มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็น 2268 mg/l คิดเป็นการลดลง 58.51 % และที่ pH 7 ค่า COD ลดลงจาก 5,059.2 เป็น 1,632 mg/l และมี MLSS เพิ่มจาก 1,688 เป็น 3,938 mg/l และเมื่อพิจารณาการลดลงของ COD ตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าค่า COD มีแนวโน้มลดลงเหลือ 930 mg/l คิดเป็นการลดลง 81.62 % เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดลงของค่า COD หลังจาก 8 ชั่วโมงเป็นต้นไป พบว่าที่ pH 3.5 และ 5 ปริมาณ COD มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากจุลินทรีย์ไม่สามารถทนต่อสภาวะ pH ที่ไม่เหมาะสมได้ทำให้เกิดการตายของจุลินทรีย์เป็นผลทำให้ค่า COD สูงขึ้น เมื่อพิจารณาที่ pH 7 พบว่า COD สามารถลดลงได้อีกหลังจาก 8 ชั่วโมง แสดงว่าจุลินทรีย์สามารถทนต่อสภาวะที่ pH 7 ได้ดีที่สุด และจากผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยการลดลงของค่า COD ทางสถิติ (ภาคผนวก จ) ที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าทั้งสาม pH ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และเมื่อพิจารณาจากผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยการลดลงของค่า COD ทางสถิติ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าที่ pH 3.5 และ 5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ที่ pH 3.5 และ 5 เทียบกับ 7 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าที่ pH 7 มีการลดลงของค่า COD อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับ pH 3.5 และ 5 ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่า pH 7 เป็น pH ที่เหมาะสมต่อการเดินระบบ

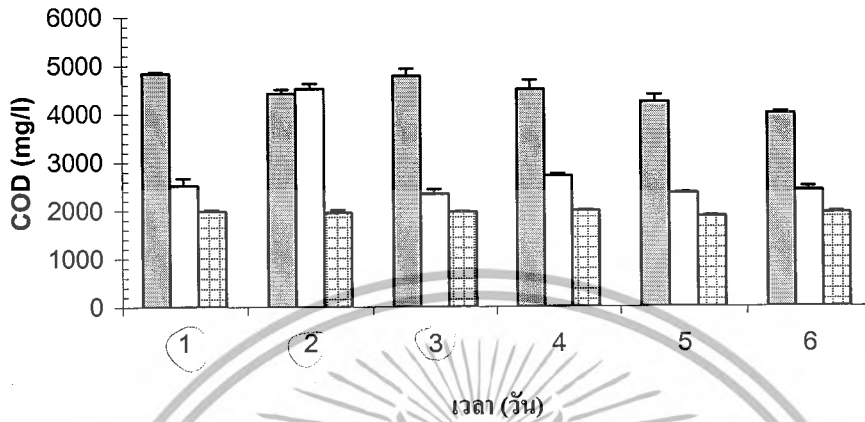
#### 4.8 ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในระบบเอสบีอาร์

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง ที่ได้ทำการศึกษาคูณลักษณะทางกายภาพ และ เคมีในหัวข้อที่ 4.5 มาทำการเดินระบบเอสบีอาร์ ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.11



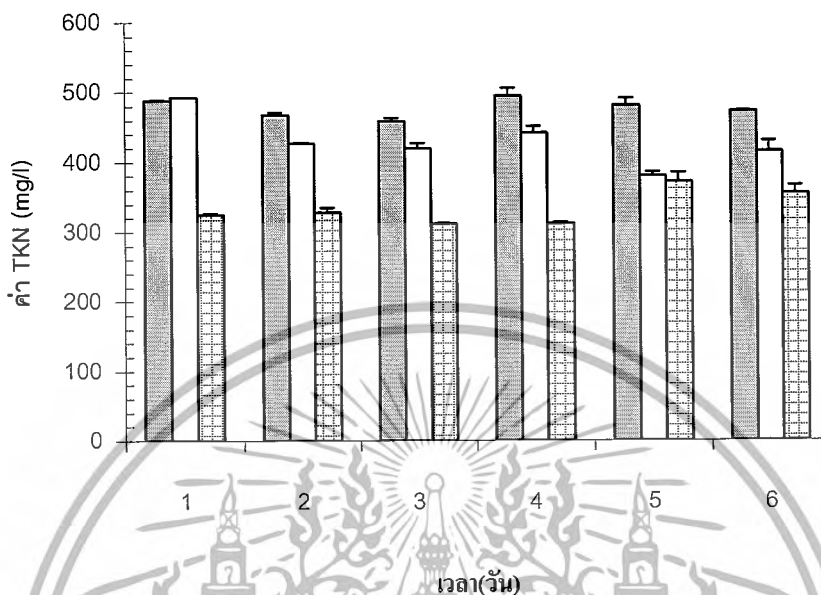
รูปที่ 4.11 ระบบเอสบีอาร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (lab scale)

จากรูปที่ 4.11 เป็นการจำลองระบบเอสบีอาร์ประกอบด้วยน้ำเข้า ถึงปฏิกรณ์และถึงน้ำออก โดยมีการเดินระบบ 2 ครั้งต่อวัน จากการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยนำน้ำเข้าระบบ 2 รอบเพื่อศึกษาการทำงานของระบบเอสบีอาร์ โดยการเดินระบบครั้งที่ 2 จะนำมาจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดครั้งที่ 1 แล้ววนกลับเข้ามาสู่ระบบเอสบีอาร์เพื่อทำการบำบัดอีกครั้งและวัดประสิทธิภาพการบำบัดจากพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องคือ COD, TKN, แอมโมเนีย, ฟอสเฟต และค่าพีเอช ผลการบำบัดดังแสดงในรูปที่ 4.12-4.16



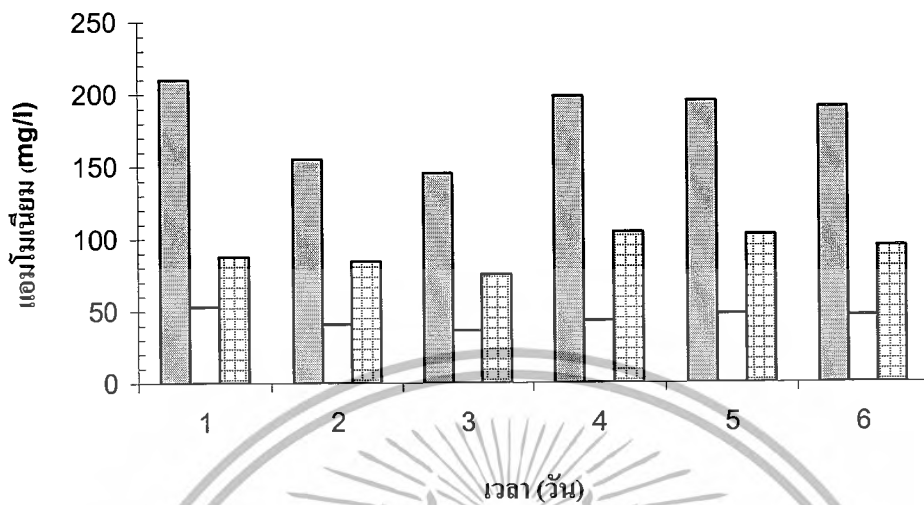
รูปที่ 4.12 ปริมาณ COD ในน้ำเสียการก่อนบำบัด (■) หลังบำบัดครั้งที่ 1 (□) และหลังการบำบัดครั้งที่ 2 (▨)

จากรูปที่ 4.12 พบว่าค่า COD ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งเมื่อผ่านการบำบัดด้วยระบบเอสบีอาร์มีค่าลดลงจาก  $4435 \pm 336.2$  mg/l เป็น  $2428.5 \pm 170.72$  mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ในช่วงระหว่าง  $45.06 \pm 4.92\%$  เมื่อพิจารณาค่า COD ของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดครั้งที่ 1 พบว่ามีค่าเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดให้มีมาตรฐานของซีโอดีในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดไม่เกิน 120 mg/l สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม) เมื่อนำน้ำที่ผ่านการบำบัดครั้งที่ 1 ไปผ่านกระบวนการบำบัดซ้ำโดยระบบเอสบีอาร์ พบว่าน้ำที่ออกจากระบบมีปริมาณ COD ลดลงเป็น  $1970 \pm 21.20$  mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดโดยรวมเป็น 69.74 % อย่างไรก็ตามปริมาณค่าซีโอดีในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดยังคงมีค่าที่เกินมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารแช่แข็งแสดงให้เห็นว่าระบบเอสบีอาร์เพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอต่อการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแห่งนี้



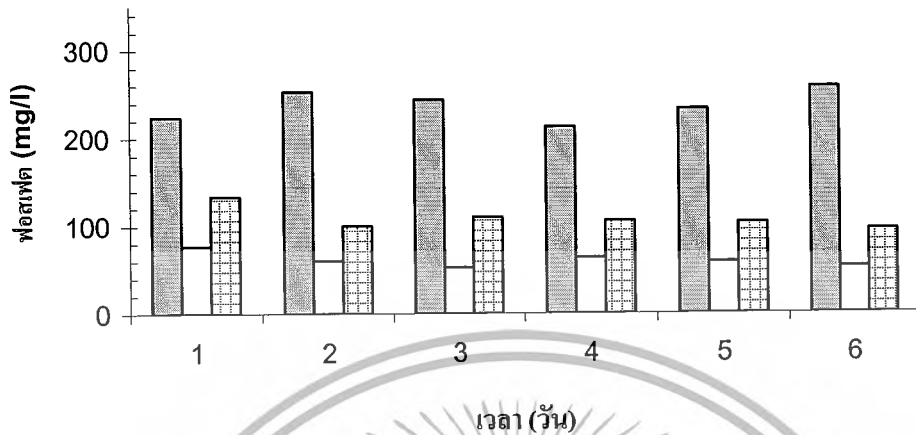
รูปที่ 4.13 ปริมาณ TKN ในน้ำเสีย ก่อนบำบัด(■), หลังบำบัดครั้งที่ 1 (□) และหลังการบำบัดครั้งที่ 2 (▨)

จากรูปที่ 4.13 พบว่าปริมาณค่า TKN ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งเมื่อผ่านการบำบัดด้วยระบบเอสบีอาร์มีค่าลดลงจาก  $477.3 \pm 13.42$  mg/l เป็น  $413.14 \pm 22.75$  mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดอยู่ในช่วง  $13.37 \pm 5.47\%$  เมื่อนำน้ำที่ผ่านการบำบัดครั้งที่ 1 ไปทำการบำบัดซ้ำโดยใช้ระบบเอสบีอาร์ พบว่าปริมาณ TKN ลดลงเป็น  $336.03 \pm 21.90$  ประสิทธิภาพการบำบัดโดยรวมเป็น  $26.90 \%$  จากการลดลงของ TKN แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์นำผลรวมไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมไปใช้ในการเจริญเติบโต



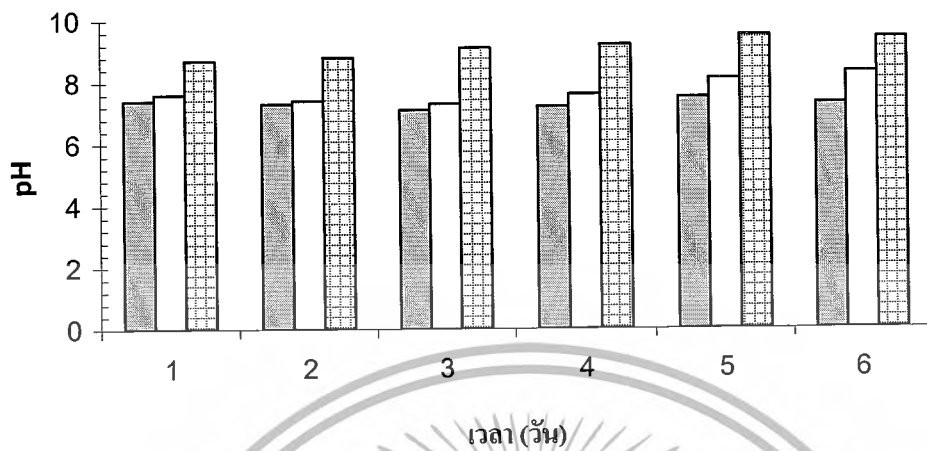
รูปที่ 4.14 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำเสียก่อนบำบัด (■) หลังบำบัดครั้งที่ 1 (□) และหลังการบำบัดครั้งที่ 2 (▨)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.14 พบว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบเอสปีอาร์มีค่าลดลงจาก  $182.55 \pm 25.99$  mg/l เป็น  $44.74 \pm 5.76$  mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ในช่วงระหว่าง  $75.40 \pm 1.54\%$  การลดลงของแอมโมเนียในน้ำที่ผ่านการบำบัด แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์มีการนำแอมโมเนียไปใช้ในการสร้างเซลล์โดยผ่านกระบวนการแอมมิเนชัน (amination) ของกรดคีโต (keto acid) (ธีระ, 2539) เมื่อนำน้ำที่ผ่านการบำบัดครั้งที่ 1 ไปทำการบำบัดซ้ำโดยใช้ระบบเอสปีอาร์พบว่าปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้นในน้ำที่ออกจากระบบเป็น  $91.64 \pm 11.27$  mg/l สาเหตุของการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการพักน้ำทิ้งไว้ก่อนเข้าระบบบำบัดครั้งที่ 2 ในช่วงเวลาดังกล่าวอาจมีการย่อยสลายของสารอินทรีย์ไนโตรเจนและปล่อยแอมโมเนีย



รูปที่ 4.15 ปริมาณ  $\text{PO}_4^{3-}$  ในน้ำเสียก่อนบำบัด (■) หลังบำบัดครั้งที่ 1 (□) และหลังการบำบัดครั้งที่ 2 (▨)

จากรูปที่ 4.15 พบว่าฟอสเฟตในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดครั้งที่ 1 ด้วยระบบเอสบีอาร์มีค่าลดลงจาก  $237.3 \pm 17.31 \text{ mg/l}$  เป็น  $60.94 \pm 9.04 \text{ mg/l}$  ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสเฟตอยู่ในช่วง  $74.05 \pm 5.31\%$  ปริมาณการลดลงอาจมีสาเหตุเนื่องจากจุลินทรีย์ใช้ฟอสเฟตที่เป็นองค์ประกอบในน้ำเสียไปในการสร้างเซลล์เพื่อการเจริญเติบโตจึงทำให้ปริมาณฟอสเฟตลดลงในการบำบัดครั้งแรก เมื่อนำน้ำที่ผ่านการบำบัดครั้งที่ 1 ใช้ทำการบำบัดซ้ำโดยใช้ระบบเอสบีอาร์พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสเฟตจากเป็น  $108.26 \pm 13.43 \text{ mg/l}$  ทั้งนี้เนื่องมาจากการพักน้ำที่ผ่านการบำบัดครั้งแรกก่อนเข้าระบบบำบัดครั้งที่ 2 มีความเป็นไปได้ว่าเกิดสภาวะขาดออกซิเจนขึ้นจึงทำให้ฟอสเฟตมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีจุลินทรีย์กลุ่ม PAOs อยู่ในระบบ จุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถทำการปลดปล่อยฟอสเฟตที่อยู่ในเซลล์ออกมาในน้ำเสียได้ทำให้มีค่าฟอสเฟตในน้ำเสียเพิ่มขึ้น (Grady *et al*, 1999)



รูปที่ 4.16 ค่า pH ในน้ำเสียก่อนบำบัด (■) หลังบำบัดครั้งที่ 1 (□) และหลังการบำบัดครั้งที่ 2 (▨)

จากรูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มการเพิ่มของพีเอชในน้ำเสียออกจากระบบเทียบกับน้ำเสียก่อนเข้าระบบ คาดว่ามีการสร้างสารจำพวกเบสเกิดขึ้นในระบบ ส่งผลทำให้ pH เพิ่มขึ้น

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการพิเศษนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงและน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง โดยเชื้อจุลินทรีย์ในระบบเอสปีอาร์ ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

เชื้อจุลินทรีย์ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจากบ่อเดิมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง เมื่อนำมาเพิ่มจำนวนในอาหารเลี้ยงเชื้อ YMB พบว่าจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์สามารถเพิ่มจำนวนได้โดยพิจารณาจากการเพิ่มขึ้นของค่า MLSS และการลดลงของค่า COD จากการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า พบว่าจุลินทรีย์ที่ใช้ในระบบบำบัดมีลักษณะรูปร่างทรงกลมรี มีการแตกหน่อแสดงว่าเป็นเชื้อยีสต์

เมื่อนำเชื้อยีสต์จากถังเพิ่มจำนวนไปสร้างความคุ้นเคยกับน้ำเสียสังเคราะห์โดยการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนอาหารเลี้ยงเชื้อและอัตราส่วนน้ำเสียสังเคราะห์จากอาหารเลี้ยงเชื้อ 100 % เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ 100 % พบว่าเชื้อยีสต์สามารถสร้างความคุ้นเคยกับน้ำเสียสังเคราะห์ โดยมีค่า COD ที่ลดลงถึง 78.44% จากค่าเริ่มต้นและ MLSS ที่เพิ่มขึ้นจาก 7,803 ไปเป็น 8,126 mg/l นอกจากนี้ยังพบว่าพารามิเตอร์อื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงคือ พีเอช, TKN, แอม โมเนียม และฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้น

เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ในระบบด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่า เมื่อปรับอัตราส่วนน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มขึ้น ลักษณะประชากรที่พบในถังปฏิบัติการเปลี่ยนจากทรงกลมรีเป็นเส้นใยและแท่ง สันนิษฐานว่ามีการเปลี่ยนแปลงของประชากรจากยีสต์เป็นรา เนื่องจากการแก่งแย่งอาหารกันทำให้ราเป็นประชากรเด่น

การศึกษา F/M ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์จากบ่อเดิมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งใส่ลงในน้ำเสียจากโรงงานดังกล่าวแล้ววัดค่า COD ของน้ำเสียและ MLSS ที่เปลี่ยนแปลงพบว่า ค่า F/M ที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์กลุ่มนี้คือ 0.4 ที่ 8 ชั่วโมง

การศึกษาพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยชั่งตะกอนจุลินทรีย์ น้ำหนักเปียกปริมาณที่เท่ากันใส่ลงในน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งที่มีการปรับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีเอชเป็น 3.5 ,5 และ7 พบว่า พีเอชมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยที่พีเอช 7 มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงที่สุดคือ 81.62 %

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเอสบิโอาร์โดยนำน้ำเสียเข้าระบบ 2 ครั้ง การบำบัดครั้งที่ 2 จะวนน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดครั้งแรกแล้วเข้าสู่ระบบบำบัดอีกครั้ง พบว่าในการบำบัดครั้งแรกประสิทธิภาพการบำบัด COD อยู่ในช่วง  $45.06 \pm 4.92$  % และประสิทธิภาพรวมของระบบมีค่า 69.74 % แสดงว่าการเพิ่มจำนวนถังในระบบเอสบิโอาร์ทำให้ค่า COD ลดลงแต่ประสิทธิภาพในการบำบัดยังไม่สามารถลดค่าCODของน้ำเสียให้ได้ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมคือ 120 mg/l (กรมโรงงานอุตสาหกรรม) ประสิทธิภาพในการบำบัดTKN อยู่ในช่วง  $13.37 \pm 5.47$ % และประสิทธิภาพการบำบัด TKN โดยรวมมีค่า 26.90 % ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดของแอมโมเนียมอยู่ในช่วงระหว่าง  $75.40 \pm 1.54$ % และประสิทธิภาพการบำบัดฟอสเฟตอยู่ในช่วง  $74.05 \pm 5.31$  % ทั้งTKN และแอมโมเนียมแสดงผลในการบำบัดครั้งที่ 2 ว่าการเพิ่มจำนวนถังในระบบเอสบิโอาร์ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด และพีเอชในน้ำเสียของระบบเอสบิโอาร์ด้วยจุลินทรีย์จากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งนี้มีค่าสูงขึ้น

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียด้วยเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มอื่นที่มีความไวสูงขึ้น
2. ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่ออกจากระบบเอสบิโอาร์โดยกระบวนการอื่นต่อไป
3. ควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียระหว่างเชื้อยีสต์กับแบคทีเรีย
4. ควรศึกษาการบำบัดด้วย ระบบแอโรบิกเอสบิโอาร์นี้ ต่อกับ ระบบ แอนแอโรบิกเพื่อก่อให้เกิด VFA เนื่องจากน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งมีปริมาณไนโตรเจนสูงทำให้เกิดการเมตาโบไลต์ สภาวะเบสสูง ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการควบคุม พีเอช

## เอกสารอ้างอิง

กรมการเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. ข้อมูลการส่งออกอาหารแปรรูปทะเลแช่แข็ง [ออนไลน์]  
เข้าถึงได้จาก : [http://www.thaifita.com/ascn\\_foodindus.doc](http://www.thaifita.com/ascn_foodindus.doc) (วันที่ค้นข้อมูล: 18 ตุลาคม  
2547)

กรมควบคุมมลพิษ. ข้อมูลสารอินทรีย์(บีโอดีในน้ำทิ้งชุมชน) [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :  
[http://www.pcd.go.th/info\\_serv/water\\_wt.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html) (วันที่ค้นข้อมูล : 10 ตุลาคม 2547)

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ข้อมูลมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและ  
นิคมอุตสาหกรรม [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : [http://pcdv1.pcd.go.th/Information/  
Regulations/WaterQuality/EffluentsThai.htm](http://pcdv1.pcd.go.th/Information/Regulations/WaterQuality/EffluentsThai.htm) (วันที่ค้นข้อมูล : 20 มีนาคม 2548)

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. 2537. การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ:  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จินตนา แจ่มจันทร์ และมณีรัตน์ ปาณะปุ่นง. 2546. การบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนดีออกซิเจนกลุ่มรีแอก  
ทีฟด้วยระบบ SBR. โครงการพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะ  
วิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธีระ แกรอด. 2539. วิศวกรรมน้ำเสีย การบำบัดทางชีวภาพ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2539. จุลชีววิทยาทั่วไป. กรุงเทพฯ:  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นวลพรรณ ณ ระนอง และมณฑล เพ็ญสายใจ. น้ำและการบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีววิทยา  
ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .

บริษัทนิชิฮาระประเทศไทย. ข้อมูลทางบำบัดน้ำเสียด้วยยีสต์ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :  
[http://www.nishihara.co.jp/english/wtp/frame3\\_wtp.html](http://www.nishihara.co.jp/english/wtp/frame3_wtp.html) (วันที่ค้นข้อมูล: 20 มีนาคม  
2548)

บริษัท ลักซ์แคร์. ข้อมูลการบำบัดในระบบเอสบีอาร์ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
[http://www.luxcare.co.th/prod\\_sbrmod\\_pop\\_thai.htm](http://www.luxcare.co.th/prod_sbrmod_pop_thai.htm) (วันที่ค้นข้อมูล: 20 มีนาคม  
2548)

บัญญัติ สุขศรีงาม . 2534. จุลชีววิทยาทั่วไป . พิมพ์ครั้งที่ 3 .กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีชัย เรื่องนิคม.2545. ผลของการกวนในช่วงAnoxic ของระบบบำบัดSBR ต่อการกำจัดไนโตรเจน.

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เยาวลักษณ์ ดิสระ และวิลาวัณย์ อัจจิมากุล.2529. ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ในน้ำทิ้ง  
จากการทำยางแผ่น.Songklanakar Journal Science Technology. 8(4): 435-443.

สมบูรณ์ ธนาศุภวัฒน์.2539. เทคนิคการเก็บรักษาจุลินทรีย์.กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุพา ต้นทวี .2547. การควบคุมมลพิษทางน้ำ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .

สุมาลี จิรชนกิจ และ เยาวลักษณ์ ดิสระ. 2526. การเจริญของยีสต์ในน้ำทิ้งจากการทำยางแผ่น.  
Songklanakar Journal Science Technology. 7(2) : 155-158.

อรษา อยู่บัว และอรุณวดี ธนวิภารัตน์.2543. การศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย  
ของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Bacillus Subtilis* .โครงการพิเศษปริญญาวิทยา  
ศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง.

American Public Health Association ,1995 .**Standard methods for the examination of  
water and wastewater**. 19<sup>th</sup> edition .APHA .Wasington,Dc.

Awadallah, R.M., Soltan, M.E., Shabeb, S.A. and Moalla, S.M.N.1998. Bacteria removal of  
nitrate, nitrite and phosphate in wastewater. **Water Research**.32(11):3080-3084.

Chigusa , K., Hasegaw, T., Yamamoto,N. and Watanabe,N.1996.Treatment of wastewater from  
oil manufacturing plant by yeast. **Water Science and Technology**. 34(11): 51-58.

Chin, H., Elefsiniotis, P. and Singhal, N.2002.Effect of Accalimatization. **Proceeding of 44<sup>th</sup>  
New Zealand Water and Wastes Association Conference**. 38:8.

Dan, N.P., Visvannathan, C., Polprasert, C. and Ben Aim, R.2002.High Salinity wastewater  
treatment Using yeast and bacterial membrane bioreactor. **Water Science and  
Technology** 46 (9): 201- 209.

Dan, N.P., Visvannathan, C. and Basu, Biswadeep. 2003. Comparative evaluation of yeast and  
bacterial of high Salinity wastewater based on biokinetic coefficients.**Bioresource  
Technology** 87: 51-56.

Elmaleh , S., Defrance, M.B. and Ghommidh,C. .1999.Organic acids oxidation by *Candida utilis*  
application to industrial wastewater treatment.**Process Biochemistry** 35 :441-449

- Fongsatitkul, P., Elefsiniotis, P., Yamasmit, A. and Yamasmit, N. .2004. Use of sequencing batch reactor and Fenton's reagent to treat a wastewater from a textile industry. **Biochemical Engineering Journal** 21: 212-219.
- Grady, C.P., Lesliem, Daigger, Glen T. and Henry, C. Lim . **Biological wastewater treatment** .1999. 2<sup>nd</sup> .edition , New York : Marcel Dekker Inc .
- Kurth, E.F. An Cheldelin .1946. Feeding Yeast from wood sugar stillage .**Ind. and Eng. Chemistry**:38 (6).617
- Lim, J., Kim, T. and Hwang, S. 2003. Treatment of fish-processing wastewater by co-culture of *Candida rugopelliculosa* and *Brachionus plicatilis*. **Water Research** 37:2228-2232.
- Moreno, G. and Buitron, G.2004. Influence of origin of inoculum and acclimation strategy on degradation of 4-chlorophenol. **Bioresource Technology**.94:215-218.
- Obaja, D., Mace, S., Costa J., Sans, C. and Mata-Alvarez, J. 2003. Nitrification, Denitrification and biological phosphorus removal in piggery wastewater using a sequencing batch reactor . **Bioresource Technology** 87 :103-111.
- Pelczar, M.J and Reid, R.D. 1972. **Microbiology**: New York. McGraw-Hill.
- Peterson, W.H., Snell, J.F. and Frazier, W.C.1945. Food Yeast from wood sugar, **Ind. and Eng. Chemistry**.37(1).30
- Rose, H. Anthony and Stuart, J. Harrison .1993. **The Yeast volume 2**. London : Academic Press.
- Rodriguez, F.M., Ferrara de Giner, G., Rodriguez Andara, A. and Lomas Esteban, J.2003. Effect of organic carbon shock loading on endogenous denitrification in sequential batch reactors. **Bioresource Technology**.88:251-219.
- Sroka, E., Kaminski, W. and Bohdziewicz, J.2003. Biological treatment of meat industry wastewater. **Desalination**.162:85-91
- Yang, Q., Yang, M., Hei, L. and S. zheng.2002. Using Ammonium-Tolerant Yeast Isolates: *Candida Halophila* and *Rhodotorula Glotinis* to treat high strength Fermentative wastewater. **Environmental Technology**. 24 :383-390.
- Zheng, S., Yang, M., Hee Park, Y. and Liu, F.2003. Washout of a yeast population during continuous treatment of salad-oil-manufacturing wastewater. **Bioresource Technology**.86:235-237.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ

**ตาราง ก1.1** ค่า COD ของน้ำอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนเข้าระบบ

วันที่ เดินระบบ	ครั้งที่	ปริมาตร FAS ก่อน	ปริมาตร FAS หลัง	ปริมาตร FAS	เฉลี่ย	COD
0	1	0	1.25	1.25		
	2	1.25	2.53	1.28		
	3	2.53	3.7	1.17	1.23	23904
5	1	0	2.1	2.1		
	2	2.1	3.95	1.85		
	3	3.95	4.45	1.3	1.98	18304
7	1	8.05	9.5	1.45		
	2	9.5	11.25	1.75		
	3	11.25	13.1	1.85	1.68	17802.4
13	1	8.1	9.85	1.75		
	2	9.85	11.15	1.3		
	3	11.15	12.5	1.35	1.47	24294.4
18	1	16.4	17.85	1.45		
	2	17.85	18.95	1.1		
	3	18.95	20.23	1.26	1.39	19045.3
25	1	0	1.54	1.54		
	2	1.54	3.25	1.71		
	3	3.25	5.07	1.82	1.69	22045.9
31	1	0	2.41	2.41		
	2	2.41	4.54	2.13		
	3	4.54	6.58	2.04	2.19	18025.7
37	1	0	1.96	1.96		
	2	1.96	3.78	1.82		
	3	3.78	5.43	1.65	1.81	16694.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.2 ค่า COD ของน้ำอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนออกระบบ

วันที่ เดินระบบ	ครั้งที่	ปริมาตร FAS ก่อน	ปริมาตร FAS หลัง	ปริมาตร FAS	ปริมาตร เฉลี่ย	COD
0	Blank	0	26.80	26.80		
		0	25.00	25.00		
		25	48.50	23.50	25.1	0.0498
3	1	3.7	6.25	2.55		
	2	6.25	8.20	1.95		
	3	8.2	10.35	2.15	2.22	8127
4	Blank	0	26.60	26.60		
		0	26.80	26.80		
		0	26.40	26.40	26.6	0.047
	1	8.65	11.10	2.45		
	2	13.6	15.90	2.30		
	3	16.1	18.60	2.50	2.42	7069
5	Blank	0	28.90	28.90		
		0	27.90	27.90		
		11.4	40.20	28.80	28.53	0.044
	1	4.95	7.95	3.00		
	2	7.45	10.40	2.95		
	3	10.4	13.35	2.95	2.96	4505
6	Blank	0	30.70	30.70		
		0	31.00	31.00		
		0	30.30	30.30	3067	0.041
	1	8.85	11.50	2.65		
	2	11.5	13.95	2.45		
	3	13.95	16.10	2.15	2.41	7085

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.2 ค่า COD ของน้ำอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนออกระบบ(ต่อ)

วันที่ เดินระบบ	ครั้งที่	ปริมาตร FAS ก่อน	ปริมาตร FAS หลัง	ปริมาตร FAS	ปริมาตร เฉลี่ย	COD
	Blank	0	32.90	32.90		
		0	32.10	32.10		
		0	32.40	32.40	32.4	0.0385
7	1	13.10	15.85	2.75		
	2	15.85	18.75	2.90		
	3	18.75	21.25	2.50	2.71	5112.8
	Blank	9.40	12.95	3.55		
		12.95	16.60	3.65		
		0.00	3.65	3.65	3.62	0.041
10	1	14.25	18.35	4.10		
	2	18.35	18.35	3.10		
	3	0.00	0.00	3.30	3.25	4859.4
	Blank	0.00	3.45	3.45		
		3.45	6.40	2.95		
		6.40	9.45	3.05	3.15	0.048
12	1	0.00	2.65	2.65		
	2	2.65	5.20	2.55		
	3	5.20	7.75	2.58	2.58	7219.2
	Blank	0.00	2.90	2.90		
		2.90	5.85	2.95		
		5.85	8.80	2.95	2.93	0.052
13	1	12.50	15.30	2.80		
	2	15.30	17.90	2.60		
	3	17.90	20.60	2.70	2.70	3827.2
	Blank	0.00	2.50	2.50		
		2.50	3.90	1.40		
		3.90	6.80	2.90	2.70	0.055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.2 ค่า COD ของน้ำอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนออกระบบ(ต่อ)

วันที่	ครั้งที่	ปริมาตร FAS ก่อน	ปริมาตร FAS หลัง	ปริมาตร FAS	เฉลี่ย	COD
17	1	0.00	2.65	2.65		
	2	2.65	5.50	2.85		
	3	5.50	8.65	2.55	2.68	3520
	Blank	0.00	2.85	2.85		
		2.85	5.85	3.00		
		5.85	8.50	2.65	2.83	0.053
18	1	8.50	10.95	2.45		
	2	10.95	13.75	2.8		
	3	13.75	16.40	2.65	2.63	3392
	Blank	0.00	3.15	3.15		
		3.15	6.23	3.08		
		6.23	3.15	3.08	3.16	0.047
25	1	0.00	2.71	2.71		
	2	2.71	5.53	2.82		
	3	5.53	8.64	3.11	2.88	4152.7
	Blank	0	3.05	3.05		
		3.05	6.23	3.18		
		6.23	9.38	3.15	3.13	0.048
37	1	0	2.82	2.82		
	2	2.82	5.83	3.01		
	3	5.73	8.63	2.90	2.91	3247.5
	Blank	0	3.09	3.09		
		3.09	6.07	2.98		
		6.07	8.83	2.76	2.94	0.051
42	1	0	2.61	2.61		
	2	2.61	5.39	2.78		
	3	5.39	8.09	2.70	2.70	4325.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ค่า MLSS ของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ

วันที่ เดินระบบ	ครั้งที่	น้ำหนักกระดวย กรองก่อน	น้ำหนักกระดวย กรองหลัง	น้ำหนักตะกอน	น้ำหนักเฉลี่ย	MLSS
3	1	0.4816	0.646	0.1644		
	2	0.477	0.6467	0.1697		
	3	0.4823	0.6494	0.1671	0.1671	3341
4	1	0.5405	0.8144	0.2739		
	2	0.4931	0.7243	0.2312		
	3	0.4342	0.6869	0.2527	0.2526	
5	1	0.365	0.6645	0.2895		
	2	0.355	0.6288	0.2738		
	3	0.3559	0.6273	0.2714	0.2817	5624
6	1	0.3584		0.0000		
	2	0.3548	0.4763	0.1215		
	3	0.372	0.4937	0.1217	0.1216	2432
7	1	0.3556	0.5618	0.2062		
	2	0.3556	0.6122	0.2566		
	3	0.3573	0.5872	0.2299	0.2309	4618
10	1	0.3509	0.4893	0.1384		
	2	0.3681	0.5106	0.1425		
	3	0.3547	0.4668	0.1121	0.131	2620
12	1	0.3498	0.5423	0.1925		
	2	0.3527	0.5403	0.1876		
	3	0.4944	0.6843	0.1899	0.19	3800
13	1	0.4859	0.5810	0.0951		
	2	0.4774	0.5646	0.0872		
	3	0.4834	0.5921	0.1087	0.097	1940

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ค่า MLSS ของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (ต่อ)

วันที่	ครั้งที่	น้ำหนักกระดวย กรอกก่อน	น้ำหนักกระดวย กรอกหลัง	น้ำหนักตะกอน	น้ำหนักเฉลี่ย	MLSS
17	1	0.493	0.5872	0.0942		
	2	0.4927	0.5845	0.0918		
	3	0.4793	0.5723	0.093	0.093	1860
18	1	0.492	0.5548	0.0628		
	2	0.4887	0.5599	0.0712		
	3	0.4859	0.5708	0.0849	0.073	1460
19	1	0.4948	0.5899	0.0951		
	2	0.452	0.5419	0.0899		
	3	0.4997	0.6087	0.109	0.098	1960
20	1	0.4812	0.5982	0.117		
	2	0.3877	0.5009	0.1132		
	3	0.312	0.4193	0.1073	0.1125	2250
21	1	0.4855	0.6096	0.1241		
	2	0.4712	0.5969	0.1257		
	3	0.4682	0.5904	0.1222	0.124	2480
25	1	0.3972	0.5737	0.1765		
	2	0.3687	0.5413	0.1726		
	3	0.4248	0.5947	0.1699	0.173	3960
26	1	0.4216	0.5978	0.1762		
	2	0.4718	0.6498	0.178		
	3	0.4523	0.6276	0.1753	0.1765	3530
27	1	0.3127	0.4954	0.1827		
	2	0.3482	0.5358	0.1876		
	3	0.3677	0.5479	0.1802	0.1835	3670

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ค่า MLSSของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (ต่อ)

วันที่	ครั้งที่	น้ำหนักกระดวย	น้ำหนักกระดวย	น้ำหนักตะกอน	น้ำหนักเฉลี่ย	MLSS
		กรองก่อน	กรองหลัง			
31	1	0.3423	0.5158	0.1735		
	2	0.3578	0.5321	0.1743		
	3	0.3672	0.5474	0.1802	0.176	3520
33	1	0.4128	0.5823	0.1695		
	2	0.4275	0.5974	0.1699		
	3	0.4518	0.6224	0.1706	0.17	3400
37	1	6.3721	6.5344	0.1623		
	2	0.4215	0.5884	0.1669		
	3	0.4827	0.6380	0.1553	0.1615	3230
39	1	0.4551	0.6137	0.1586		
	2	0.5872	0.7382	0.151		
	3	0.5259	0.6828	0.1569	0.1555	3110
42	1	0.4176	0.5821	0.1645		
	2	0.482	0.6502	0.1682		
	3	0.5105	0.6698	0.1593	0.164	3280
59	1	0.3978	0.5550	0.1572		
	2	0.3876	0.5427	0.1551		
	3	0.3952	0.5461	0.1509	0.1544	3088

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

การสร้างความคุ้นเคยของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์สัดส่วนต่างๆ

ตารางที่ ข.1 การหาค่า COD

วันที่เดินระบบ	ครั้งที่	ปริมาตร FAS ก่อน	ปริมาตร FAS หลัง	ปริมาตรที่ใช้	ปริมาตรที่เหลือ	ค่า COD
Blank	1	0	2.5	2.5		
	2	2.5	5.2	2.7		
	3	5.2	7.9	2.7	2.70	0.055
1 COD สังเคราะห์ 20%	1	7.9	9.88	1.98		
	2	10	11.89	1.89		
	3	11.89	13.84	1.95	1.94	16752
Blank	1	0	2.85	2.85		
	2	3	5.85	2.85		
	3	6	9	3	2.9	
2	1	9.8	12.2	2.4		
	2	12.2	14.6	2.4		
	3	14.6	17.05	2.45	2.42	9984
Blank	1	0	2.87	2.87		
	2	2.87	5.82	2.95		
	3	5.82	8.82	3	2.94	0.051
7	1	8.82	11.63	2.81		
	2	11.63	14.42	2.79		
Blank	3	14.42	17.07	2.65	2.75	3122.4
	1	0	2.65	2.65		
	2	2.65	5.5	2.85		
	3	6.5	9.45	2.95	2.90	0.052
8	1	8.45	10.25	1.8		
	2	10.25	11	0.75		
	3	11	13.25	2.25	2.03	1447.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 การหาค่า COD (ต่อ)

วันที่เดินระบบ	ครั้งที่	ปริมาตร FAS ก่อน	ปริมาตร FAS หลัง	ปริมาตรที่ใช้	ปริมาตรที่เหลือ	ค่า COD
COD สังเคราะห์ 50%	1	0	2.21	2.21		
	2	2.21	4.46	2.25		
	3	4.46	6.54	2.08	2.18	14880
Blank	1	10	12.8	2.8		
	2	12.8	15.55	2.75		
	3	15.55	17.85	2.3	2.78	0.054
10	1	17.85	20.85	3		
	2	20.85	22.95	2.1		
	3	22.95	25.55	2.6	2.57	1865.837
Blank	1	10	13.05	3.05		
	2	13.05	15.75	2.7		
	3	15.75	17.65	1.9	2.88	0.052
13	1	17.65	20.15	2.5		
	2	20.15	23.15	3		
	3	12	15.05	3.05	2.85	416
COD สังเคราะห์ 80%	1	15.05	17.35	2.3		
	2	17.35	19.6	2.25		
	3	19.6	22.08	2.48	2.34	9539
Blank	1	0	3	3		
	2	3	6.1	3.1		
	3	6.1	9.1	3	3.03	0.0495
15	1	9.1	11.23	2.13		
	2	11.23	13.55	2.32		
	3	13.55	15.55	2	2.15	1393.9
Blank	1	0	3.01	3.01		
	2	3.01	6.06	3.05		
	3	6.06	9.18	3.12	3.06	0.049

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 การหาค่า COD (ต่อ)

วันที่เดินระบบ	ครั้งที่	ปริมาตร FAS ก่อน	ปริมาตร FAS หลัง	ปริมาตรที่ใช้	ปริมาตรที่เหลือ	ค่า COD
16	1	15	17.98	2.98		
	2	17.98	20.85	2.87		
	3	20.9	24.02	3.12	2.99	520
COD สังเคราะห์ 100%	1	0	2.55	2.55		
	2	2.55	5.25	2.7		
	3	5.25	7.9	2.65	2.63	6725
Blank	1	0	2.98	2.98		
	2	3	5.95	2.95		
	3	5.95	8.84	2.89	2.94	0.051
18	1	8.85	11.6	2.75		
	2	11.6	14.25	2.65		
	3	1425	1427.88	2.88	2.76	1450

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 การหาค่า MLSS

วันที่เดินระบบ	ครั้งที่	น.น.ตะกอนบนกระดาษ กรองก่อนอบ	น.น.ตะกอนบน กระดาษ กรองหลังอบ	น.น. ตะกอน	น.น.ตะกอนเฉลี่ย	MLSS
1	1	0.4797	0.4994	0.0197		
	2	0.4783	0.4987	0.0204		
	3	0.4551	0.4729	0.0178	0.0193	386
2	1	0.499	0.583	0.084		
	2	0.4792	0.5575	0.0783		
	3	0.4825	0.5672	0.0847	0.0817	1633
7	1	0.4127	0.5725	0.1598		
	2	0.4255	0.5581	0.1326		
	3	0.4978	0.6368	0.139	0.1438	2876.2
8	1	0.4846	0.7224	0.2378		
	2	0.4815	0.7126	0.2311		
	3	0.485	0.7282	0.2432	0.2374	5967.5
10	1	0.4776	0.7154	0.2378		
	2	0.4901	0.7633	0.2732		
	3	0.4988	0.7588	0.26	0.2570	6655.83
13	1	0.4816	0.7993	0.3177		
	2	0.472	0.7793	0.3073		
	3	0.4639	0.7613	0.2974	0.3075	7686.67
15	1	0.4749	0.7822	0.3073		
	2	0.4742	0.767	0.2928		
	3	0.474	0.7668	0.2928	0.2974	7439
16	1	0.4621	0.8561	0.394		
	2	0.4321	0.8089	0.3768		
	3	0.5766	0.9763	0.3997	0.3902	7803
18	1	0.4825	0.8882	0.4057		
	2	0.4826	0.8964	0.4138		
	3	0.4849	0.8843	0.3994	0.4063	8126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรในหน่วยงานเพื่อการสืบค้นเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.3 แสดงการหาค่า TKN

วันที่เดินระบบ	ครั้งที่	ปริมาตรซัลฟูริกเริ่มต้น	ปริมาตรซัลฟูริกหลังใช้	ปริมาตรซัลฟูริกที่ใช้	ปริมาตรซัลฟูริกเฉลี่ย	TKN
1	1	0	16.9	16.9		
	2	0	17.5	17.5		
	3	0	19.87	19.87	17.89	200.368
2	1	0	13.6	13.6		
	2	0	14.2	14.2		
	3	0	12.6	12.6	13.46	150.752
8	1	0.1	17.8	17.7		
	2	0	17.65	17.65		
	3	0.1	17.52	17.42	17.74	198.688
10	1	0	15.8	15.8		
	2	0	16.1	16.1		
	3	0	15.95	15.95	15.95	178.64
13	1	0.2	250	249.8		
	2	0.1	220	219.9		
	3	0.2	186.5	186.3	219	2452.8
15	1	0	260	260		
	2	0	275	275		
	3	0	221	221	252	2822.4
16	1	0.1	250	249.9		
	2	0.1	225	224.9		
	3	0.1	199.7	199.6	225	2520
18	1	0.2	240	239.8		
	2	0.2	206.6	206.4		
	3	0.2	250	249.8	232.4	2602.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ

ทั้งหมดหน่วย: (mg/l)

ครั้งที่ / parameter	TS	TDS	TKN	$NH_4^+$	$NO_2^-$	$NO_3^-$	$PO_4^{3-}$
1	4032	1656	425.6	157.433	N.D.	N.D.	209.59
2	4072	1496	473.76		N.D.	N.D.	
3	3982	1648	450.53		N.D.	N.D.	
total	4028.67	1600	437.91	157.433	N.D.	N.D.	209.59

หมายเหตุ

$NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  และ  $PO_4^{3-}$  การวิเคราะห์ด้วยเครื่องไฮออนโครมาโทกราฟี  
ส่วนพารามิเตอร์อื่น ๆ อ้างอิง standard Method



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา F/M ที่เหมาะสม

ตาราง ง.1 การหาค่าCOD

ชั่วโมงที่	ชุดที่	ครั้งที่	V FAS ก่อน	V FAS หลัง	V FAS ที่ใช้	ค่าเฉลี่ย	COD	COD เฉลี่ย
	Blank	1	0	2.7	2.7			
		2	2.7	5.55	2.85			
		3	5.55	7.9	2.35	2.7750	0.054054	
0	1	1	6.8	8.8	2			
		2	8.8	10.85	2.05			
		3	0	1.9	1.9	2.0250	129.730	
	2	1	0	2.15	2.15			
		2	2.15	4.3	2.15			
		3	4.3	6.3	2	2.1500	108.108	5945.946
2	1	1	1.9	4.05	2.15			
		2	4.05	6.45	2.4			
		3	6.45	8.6	2.15	2.2333	93.69369	
	2	1	8.6	10.95	2.35			
		2	10.95	13.45	2.5			
		3	13.45	15.6	2.15	2.3333	76.3964	4252.252
4	1	1	10.25	12.1	1.85			
		2	12.1	14.4	2.3			
		3	14.4	16.75	2.35	2.3250	77.83784	
	2	1	16.75	19.25	2.5			
		2	0	2.55	2.55			
		3	2.55	5.05	2.5	2.5167	44.68468	3063.063
6	1	1	0	1.1	1.1			
		2	1.1	2.75	1.65			
		3	2.75	4.45	1.7	1.6750	190.270	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.1 การหาค่าCOD (ต่อ)

ชั่วโมงที่	ชุดที่	ครั้งที่	V FAS ก่อน	V FAS หลัง	V FAS ที่ใช้	ค่าเฉลี่ย	COD	COD เฉลี่ย
6	2	1	4.45	5.7	1.25			
		2	5.7	7.45	1.75			
		3	7.45	9.25	1.8	1.7750	172.973	1816.216
8	1	1	9.25	11.05	1.8			
		2	11.05	12.05	1			
		3	12.05	14.2	2.15	1.9750	138.378	
	2	1	14.2	15.5	1.3			
		2	15.5	16.8	1.3			
		3	16.8	18.55	1.75	1.3000	255.135	1967.568
10	1	1	0	1.85	1.85			
		2	1.85	2.8	0.95			
		3	2.8	4.2	1.4	1.6250	198.919	
	2	1	4.2	6	1.8			
		2	6	7.45	1.45			
		3	7.45	9.55	2.1	1.7833	171.532	1852.252
12	1	1	9.6	11.15	1.55			
		2	11.15	13.15	2			
		3	14.05	16.45	2.4	1.9833	136.937	
	2	1	13.15	14.05	0.9			
		2	16.15	18.15	2			
		3	18.15	19.05	0.9	0.9000	324.324	2306.306
14	1	1	0	2.1	2.1			
		2	2.1	4.2	2.1			
		3	4.2	6.3	2.1	2.1000	116.757	
	2	1	6.3	7.8	1.5			
		2	7.8	9.4	1.6			
		3	9.4	11.35	1.95	1.6833	188.829	1527.928

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.1 การหาค่าCOD (ต่อ)

ชั่วโมงที่	ชุดที่	ครั้งที่	V FAS ก่อน	V FAS หลัง	V FAS ที่ใช้	ค่าเฉลี่ย	COD	COD เฉลี่ย
16	1	1	0	1.3	1.3			
		2	1.3	2.6	1.3			
		3	2.6	3.75	1.15	1.2500	263.784	
	2	1	3.75	4.45	0.7			
		2	4.45	5.4	0.95			
		3	5.4	6.45	1.05	0.8750	328.649	1481.081
18	1	1	11.35	13.35	2			
		2	13.35	15.3	1.95			
		3	15.3	17.25	1.95	1.9750	138.378	
	2	1	17.25	19.2	1.95			
		2	19.2	20.3	1.1			
		3			0	1.5250	216.216	886.486486
20	1	1	6.45	8.15	1.7			
		2	8.15	9.95	1.8			
		3	9.95	11.8	1.85	1.7833	171.532	
	2	1	11.8	13.75	1.95			
		2	13.75	15.6	1.85			
		3	15.6	17.3	1.7	1.8333	162.883	836.036
22	1	1	0	1.6	1.6			
		2	1.6	3.15	1.55			
		3	3.15	4.85	1.7	1.6167	200.360	
	2	1	4.85	6.35	1.5			
		2	6.35	7.75	1.4			
		3	7.75	9.1	1.35	1.4167	234.955	1088.288
24	1	1	9.1	10.7	1.6			
		2	10.7	12.2	1.5			
		3	12.2	13.3	1.1	1.5500	211.892	
	2	1	13.3	14.65	1.35			
		2	14.65	16.45	1.8			
		3	16.45	18.2	1.75	1.7750	172.973	962.162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ความสัมพันธ์ของการเพิ่มมวลจุลินทรีย์ต่อเวลา

ชั่วโมงที่	น้ำหนักบนกระดาด กรองก่อนอบแห้ง	น้ำหนักบนกระดาด กรองหลังอบแห้ง	น้ำหนักเฉลี่ย	MLSS
0	0.5010	0.7251	0.2241	1494
2	0.4935	0.9365	0.4430	2953
4	0.4902	0.6656	0.1755	1170
6	0.4934	0.6922	0.1988	1325
8	0.4849	0.7058	0.2209	1472
10	0.4880	0.6951	0.2072	1381
12	0.4952	0.6766	0.1815	1210
14	0.4839	0.6750	0.1912	1274
16	0.4955	0.6799	0.1844	1229
18	0.4947	0.6706	0.1759	1173
20	0.4911	0.6436	0.1525	1017
22	0.4879	0.6330	0.1451	967
24	0.4854	0.6590	0.1736	1157

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก จ

ตารางที่ จ.1 ข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่า พีเอช และค่าซีไอดีกับเวลา

<i>pH</i>	ชั่วโมงที่	ครั้งที่	<i>VFAS</i> ก่อน	<i>VFAS</i> หลัง	<i>VFAS</i> ที่ใช้	ปริมาตรเฉลี่ย	<i>COD</i>
3.5	0	1	8.75	11.05	2.3		
		2	11.05	13.4	2.35		
		3	13.4	15.6	2.2	2.28	5222.4
2		1	15.6	18	2.4		
		2	18	20.3	2.3		
		3	20.3	22.85	2.55	2.42	4080
4		1	0	2.5	2.5		
		2	2.5	5.05	2.55		
		3	3.05	7.15	2.1	2.53	3182.4
6		1	7.15	8.55	1.4		
		2	8.55	10.15	1.6		
		3	10.15	11.5	1.35	1.45	2480
8		1	11.53	13.43	1.9		
		2	13.43	15.53	2.1		
		3	15.53	17.13	1.6	1.87	1713.6
10		1	10.5	12.55	2.05		
		2	12.55	14.3	1.75		
		3	14.3	15.95	1.65	1.82	1795.2
12		1	15.95	17.77	1.82		
		2	17.77	19.42	1.65		
		3	19.42	21.12	1.7	1.72	1958.4
16		1	0	1.65	1.65		
		2	1.65	3.35	1.8		
		3	3.35	4.8	1.45	1.6	2154.2
20		1	4.8	6.25	1.45		
		2	6.25	7.9	1.65		
		3	7.9	9.3	1.4	1.51	2317.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 ข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่า พีเอช และค่าซีไอดีกับเวลา (ต่อ)

PH	ชั่วโมงที่	ครั้งที่	VFAS ก่อน	VFAS หลัง	VFAS ที่ใช้	ปริมาตรเฉลี่ย	COD
3.5	24	1	9.3	10.85	1.55		
		2	10.85	12.25	1.4		
		3	12.25	13.85	1.6	1.52	2284
5	0	1	0	2.25	2.25		
		2	2.25	4.55	2.3		
		3	4.55	6.75	2.2	2.25	5467.2
	2	1	6.7	9.15	2.4		
		2	9.15	11.65	2.5		
		3	11.65	13.95	2.3	2.4	4243.2
	4	1	13.95	16.5	2.55		
		2	16.5	18.5	2		
		3	18.5	21.05	2.55	2.55	3016
	6	1	0	1.8	1.8		
		2	1.8	3.2	1.4		
		3	3.2	4.9	1.7	1.75	1909
	8	1	4.9	6.75	1.85		
		2	6.75	8.55	1.8		
		3	8.55	10.2	1.65	1.83	1800
	10	1	10.2	11.8	1.6		
		2	11.8	13.65	1.85		
		3	13.65	15.5	1.85	1.85	1746
	12	1	15.5	16.9	1.4		
		2	16.9	18.5	1.6		
		3	18.5	20.15	1.65	1.625	2113
	16	1	20.15	21.75	1.6		
		2	21.75	23.45	1.7		
		3	0	1.3	1.3	1.65	2072

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำเป็นต้นแบบหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 ข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่า พีเอช และค่าซีไอดีกับเวลา (ต่อ)

PH	ชั่วโมงที่	ครั้งที่	VFAS ก่อน	VFAS หลัง	VFAS ที่ใช้	ปริมาตรเฉลี่ย	COD
5	20	1	1.3	2.62	1.32		
		2	2.62	4.22	1.6		
		3	4.22	5.77	1.55	1.575	2195
	24	1	5.77	7.22	1.45		
		2	7.22	8.82	1.6		
		3	8.82	10.37	1.55	1.53	2268
7	0	1	10.37	12.67	2.3		
		2	12.67	14.97	2.3		
		3	14.97	16.97	2.0	2.3	5059.2
	2	1	2416.97	19.35	2.38		
		2	2.55	21.9	2.55		
		3	0	2.4	2.4	2.44	3889.6
	4	1	2.4	4.9	2.5		
		2	4.9	7.45	2.55		
		3	7.45	9.8	2.35	2.525	3223.2
	6	1	9.8	11.4	1.6		
		2	11.4	13.2	1.8		
		3	13.2	15.01	1.81	1.8	1827.8
	8	1	15.01	16.71	1.7		
		2	16.71	18.61	1.9		
		3	18.61	20.77	2.16	1.92	1632
	10	1	0	1.95	1.95		
		2	1.95	4	2.05		
		3	4	5.94	1.94	1.98	1534
	12	1	5.94	8.04	2.1		
		2	8.04	10.44	2.4		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น 2.55 อนุญาตให้ 2.475 ใช้นับประ 1256.6 ด้านการค่า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 ข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่า พีเอช และค่าซีโอดีกับเวลา (ต่อ)

PH	ชั่วโมงที่	ครั้งที่	VFAS ก่อน	VFAS หลัง	VFAS ที่ใช้	ปริมาตรเฉลี่ย	COD
7	16	1	13	15.3	2.3		
		2	15.3	17.7	2.4		
		3	17.7	20.2	2.5	2.4	848
	20	1	0	2.35	2.35		
		2	2.35	4.7	2.35		
		3	4.7	6.85	2.15	2.35	930
	24	1	6.85	9.15	2.3		
		2	9.15	11.55	2.4		
		3	11.55	13.9	2.35	2.35	930

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 การหาค่า MLSS

PH	ชั่วโมงที่	น้ำหนักบนกระดวย กรองก่อนอบ	น้ำหนักบนกระดวย กรองหลังอบ	น้ำหนักตะกอน เฉลี่ย	MLSS
3.5	0	0.4814	0.5622	0.0808	1616
	2	0.4838	0.6333	0.1495	2990
	4	0.4981	0.6485	0.1504	3008
	6	0.4709	0.6558	0.1849	3698
	8	0.5116	0.6685	0.1569	3138
	10	0.4833	0.6384	0.1551	3102
	12	0.4955	0.6469	0.1514	3028
	16	0.4922	0.6455	0.1533	3066
	20	0.4922	0.6572	0.165	3300
	24	0.4752	0.6166	0.1414	2828
5	0	0.5123	0.596	0.0837	1674
	2	0.488	0.6334	0.1454	2908
	4	0.474	0.638	0.164	3280
	6	0.4738	0.6435	0.1697	3394
	8	0.4931	0.6843	0.1912	3824
	10	0.4751	0.6653	0.1902	3804
	12	0.5009	0.6707	0.1698	3396
	16	0.5054	0.6545	0.1491	2982
	20	0.4201	0.5763	0.1562	3124
	24	0.4884	0.6509	0.1625	3250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 การหาค่า MLSS (ต่อ)

pH	ชั่วโมงที่	น้ำหนักบนกระดาศ กรองก่อนอบ	น้ำหนักบนกระดาศ กรองหลังอบ	น้ำหนักตะกอน เฉลี่ย	MLSS
7	0	0.4061	0.4905	0.0844	1688
	2	0.4905	0.6527	0.1622	3244
	4	0.4878	0.6669	0.1791	3582
	6	0.4992	0.6961	0.1969	3938
	8	0.4876	0.7037	0.2161	4322
	10	0.4231	0.6232	0.2001	4002
	12	0.4949	0.6944	0.1995	3990
	16	0.4803	0.6681	0.1878	3756
	20	0.5139	0.6997	0.1858	3716
24	0.478	0.6643	0.1863	3726	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก จ

### การคำนวณหาความแตกต่างโดยใช้ T-test

$H_0: \mu_A = \mu_B$  (ข้อมูลสองชุดไม่มีความแตกต่างกัน)

$H_A: \mu_A \neq \mu_B$  (ข้อมูลสองชุดมีความแตกต่างกัน)

$$t = \frac{(\bar{x}_A - \bar{x}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{\sqrt{\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}}}$$

$$v = \frac{(S_1^2/n_1) + (S_2^2/n_2)}{\frac{(S_1^2/n_1)^2 + (S_2^2/n_2)^2}{n_1 - 1 + n_2 - 1}}$$

เมื่อ

$\bar{x}_A$  = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างชุด A

$\bar{x}_B$  = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างชุด B

$\mu_A$  = ค่าเฉลี่ยของประชากรชุด A

$\mu_B$  = ค่าเฉลี่ยของประชากรชุด B

$S_A^2$  = ความแปรปรวนของตัวอย่างชุด A

$S_B^2$  = ความแปรปรวนของตัวอย่างชุด B

$n_A$  = จำนวนประชากรชุด A

$n_B$  = จำนวนประชากรชุด B

$v$  = degree of freedom

ตารางที่ จ ค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณความแตกต่าง โดยใช้ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ชั่วโมง	ค่าพีเอชที่ใช้ในการเปรียบเทียบ								
	3.5			5			7		
	ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	จำนวนประชากร	ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	จำนวนประชากร	ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	จำนวนประชากร
8	1713.6	402.08	3	1800	46.57	3	1632	376.42	3
24	2284	159.43	3	2268	132.79	3	930	81.84	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก่อนนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเดินระบบเอสบีอาร์

ตาราง ข.1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่า COD

รอบ	วัน	น้ำในระบบ	COD1	COD2	COD3	ค่า COD เฉลี่ย (mg/l)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	1	เข้า	4846	4830	4862	4846	16.0000
		ออก	2435	2687	2423	2515	149.0772
	2	เข้า	4325	4489	4458	4424	87.1263
		ออก	2230	2258	2752	2216	293.6279
	3	เข้า	4632	4784	4930	4782	149.0101
		ออก	2398	2245	2413	2352	92.9677
	4	เข้า	4325	4689	4525	4513	182.2965
		ออก	2748	2741	2656	2715	51.2152
	5	เข้า	4390	4105	4240	4245	142.5658
		ออก	2369	2364	2341	2358	14.9332
	6	เข้า	3980	3971	4052	4001	44.3959
		ออก	2465	2451	2329	2415	74.8064
2	1	เข้า	2799	2710	2768.9	2759	45.2700
		ออก	2016	1970	1976.8	1988	24.8290
	2	เข้า	2931	2988	3018	2979	44.1928
		ออก	1967	2013	1900	1960	56.8243
	3	เข้า	2517	2468	2560	2515	46.0326
		ออก	1965	1983	1980	1976	9.6437
	4	เข้า	2789	2874	2794	2819	47.6970
		ออก	1993	1973	2016.6	1994	21.8248
	5	เข้า	2569	2512	2548	2543	28.8271
		ออก	1899	1863	1860	1874	21.7025
	6	เข้า	2232	2198	2212	2214	17.0880
		ออก	1941	1922	1972	1945	25.2389

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.2 การหา MLSS

รอบที่	วันที่	ครั้งที่	น้ำหนักบนกระดวย กรองก่อนอบแห้ง	น้ำหนักบนกระดวย กรองหลังอบแห้ง	น้ำหนัก เฉลี่ย	MLSS
1	1	1	04816	0.5696		
		2	0.4822	0.5701		
		3	0.4815	0.5696	0.8797	1759.3
	2	1	0.5212	0.6120		
		2	0.4621	0.5159		
		3	0.4844	0.5750	0.09072	1814.3
	3	1	0.3586	0.4405		
		2	0.3617	0.4442		
		3	0.3714	0.4527	0.0819	1814.3
	4	1	0.3636	0.4424		
		2	0.3813	0.4679		
		3	0.3918	0.4633	0.0790	1579.3
	5	1	0.4733	0.5791		
		2	0.4721	0.5793		
		3	0.4663	0.5722	0.1063	2125.5
	6	1	0.3557	0.4797		
		2	0.3556	0.4922		
		3	0.3575	0.4744	0.1258	2516.6
2	1	1	0.3508	0.3618		
		2	0.3521	0.3616		
		3	0.3624	0.3747	0.109	281.7
	2	1	0.4811	0.6496		
		2	0.4769	0.6238		
		3	0.4818	0.6203	0.1513	3026.5
	3	1	0.3554	0.5141		
		2	0.3557	0.5279		
		3	0.3606	0.5115	0.1606	3212.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.2 การหา MLSS (ต่อ)

รอบที่	วันที่	ครั้งที่	น้ำหนักบนกระดาด กรองก่อนอบเฉลี่ย	น้ำหนักบนกระดาด กรองหลังอบเฉลี่ย	น้ำหนัก เฉลี่ย	MLSS
2	4	1	0.4755	0.653		
		2	0.4821	0.6375		
		3	0.4271	0.6408	0.1658	3315.7
	5	1	0.4520	0.6383		
		2	0.4921	0.6768		
		3	0.4945	0.06704	0.1823	3645
	6	1	0.3913	0.6174		
		2	0.3961	0.5916		
		3	0.3822	0.5501	0.1965	3929

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 แสดงค่า TKN

รอบ	วัน	น้ำในระบบ	ตัวอย่าง			ค่า TKN เฉลี่ย (mg/l)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
			1	2	3		
1	1	เข้า	487.57	488.69	488.69	488.32	0.6466
		ออก	492.27	492.83	492.72	492.61	0.2967
	2	เข้า	464.16	469.65	470.77	468.19	3.5376
		ออก	427.09	426.53	428.21	427.28	0.8554
	3	เข้า	458.45	453.97	463.38	458.60	4.7068
		ออก	414.21	418.69	428.4	420.43	7.2539
	4	เข้า	483.84	506.24	494.7	494.93	11.2017
		ออก	450.24	444.64	432.32	442.40	9.1676
	5	เข้า	478.24	472.08	491.68	480.67	10.0228
		ออก	375.76	385.28	381.02	380.69	4.7687
	6	เข้า	473.2	472.42	472.64	472.75	0.4022
		ออก	426.16	422.24	398.832	415.74	14.7768
2	1	เข้า	388.45	387.78	381.06	385.76	4.0870
		ออก	324.05	326.85	324.61	325.17	1.4816
	2	เข้า	366.05	369.97	375.23	370.42	4.6063
		ออก	324.61	323.49	336.48	328.19	7.1983
	3	เข้า	346.11	349.25	362.47	352.61	8.6821
		ออก	312.29	312.51	310.61	311.80	1.0393
	4	เข้า	359.15	352.32	346.49	352.65	6.3366
		ออก	311.33	312.67	313.34	312.45	1.0234
	5	เข้า	400.59	401.37	399.47	400.48	0.9551
		ออก	379.87	379.08	356.57	371.84	13.2301
	6	เข้า	411.12	410.45	414.48	412.02	2.1595
		ออก	343.92	353.55	367.55	355.01	11.8822

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้