



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาแบคทีเรียหลักในระบบบำบัดน้ำเสียจากการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นของโรงงาน
อาหารทะเลแช่แข็ง

Study of Dominant Bacteria in Primary Wastewater Treatment from Frozen Seafood
Industry

นามผู้วิจัย นางสาวกาญจนา ทวยเวียง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ไพโรจน์ บวรเจดิกิจ, D.Tech.Sc.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สัญญา สิริวิทยาปรัญ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ชาติ เขียมไชยศรี, D.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาแบคทีเรียหลักในระบบบำบัดน้ำเสียจากการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นของโรงงานอาหารทะเล
แช่แข็ง

Study of Dominant Bacteria in Primary Wastewater Treatment from Frozen Seafood Industry

โดย

นางสาวกาญจนา ทูขเวียง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. ๒๕๕๕

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กาญจนา พุขเวียง 2555: การศึกษาแบคทีเรียหลักในระบบบำบัดน้ำเสียจากการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น
ของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) สาขา
วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
อาจารย์ไพรณันท์ บรรเจิดกิจ, D.Tech.Sc. 75 หน้า

การบำบัดน้ำเสียที่มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในรูปของ COD สูง โดยการใช้เชื้อแบคทีเรียในการ
ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้นนับว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและประหยัดต้นทุน ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึง
ได้ศึกษาแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียจากการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น (Primary treatment) ของโรงงานอาหาร
ทะเลแช่แข็งในเขตจังหวัดสมุทรสาคร

กลุ่มแบคทีเรียที่เลือกทำการศึกษาคือ *Pseudomonas* sp., *Nitrosomonas* sp., *Acinetobacter* sp.,
และ *Zoogloea* sp. โดยทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลจากพารามิเตอร์คุณภาพของน้ำเสียบีโอดี, ซีโอดี, ไนโตรเจน
ในรูปที่เคเอ็น , ของแข็งแขวนลอย, ฟอสฟอรัสทั้งหมด, ไขมันและน้ำมัน เทคนิคที่ใช้ในการศึกษาแบคทีเรียใน
ครั้งนี้คือทำการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยเทคนิคการเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง (Spread plate technique) แยกเชื้อ
บริสุทธิ์โดยวิธี (Streak plate method) ศึกษารูปร่างของแบคทีเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยเทคนิคการ
ย้อมสีแกรม (Gram stain) ศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมี (Biochemical test)

ผลการศึกษาปริมาณเชื้อแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 1 พบ *Pseudomonas* sp., เท่ากับ
 5.4×10^8 CFU/ml, *Nitrosomonas* sp., เท่ากับ 1.6×10^6 CFU/ml, *Zoogloea* sp., เท่ากับ 3.6×10^8 CFU/ml , และ
Acinetobacter sp., เท่ากับ 4.0×10^7 CFU/ml, โรงงานที่ 2 พบ *Nitrosomonas* sp., เท่ากับ 1.0×10^6 CFU/ml,
Acinetobacter sp., เท่ากับ 7.3×10^7 CFU/ml , *Zoogloea* sp., เท่ากับ 2.5×10^6 CFU /ml , และ *Pseudomonas* sp.
เท่ากับ 2.2×10^6 CFU /ml , โรงงานที่ 3 พบ *Zoogloea* sp., เท่ากับ 4.0×10^8 CFU /ml , *Pseudomonas* sp., เท่ากับ
 8.3×10^8 CFU /ml , *Nitrosomonas* sp., เท่ากับ 1.3×10^6 CFU /ml , และ *Acinetobacter* sp., เท่ากับ
 5.5×10^7 CFU /ml ตามลำดับ ดังนั้น เชื้อแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้นที่พบเป็นแบคทีเรียหลักของ
โรงงานที่ 1 พบ *Pseudomonas* sp., โรงงานที่ 2 พบ *Acinetobacter* sp. และ โรงงานที่ 3 พบ *Pseudomonas* sp.

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Kanchana Thuyviang 2012: Study of Dominant Bacteria in Primary Wastewater Treatment from Frozen Seafood Industry. Master of Engineering (Environmental Engineering), Major Field: Environmental Engineering, Department of Environmental Engineering. Thesis Advisor: Miss. Peerakarn Banjerdkit, D.Tech.Sc. 75 pages.

Wastewater with high organic composition (High COD) treated by using bacteria to decompose organic substances in wastewater, is the efficient and cost-effective method. In this project, it is the study of bacteria used in the wastewater treatment (Primary treatment) for the frozen food industry in the province of Samutsakorn. The study follows a group of bacteria, *Pseudomonas* sp., *Nitrosomonas* sp., *Acinetobacter* sp., and *Zoogloea* sp., based on information from the wastewater parameters, BOD, COD, TKN, Suspended Solids, Grease & Oil and Total phosphate. The utilized technique was to culture bacteria in Spread plate Isolate pure bacteria by Streak plate method and Biochemical test

The study of morphology with Gram stain is found that identification of bacteria with the most population of bacteria in wastewater treatment at the 1st factory are *Pseudomonas* sp., of 5.4×10^8 CFU/ml, *Nitrosomonas* sp., of 1.6×10^6 CFU/ml, *Zoogloea* sp. of 3.6×10^8 CFU/ml, and *Acinetobacter* sp., of 4.0×10^7 CFU/ml respectively, At the 2nd factory, the most of bacteria are *Nitrosomonas* sp. of 1.0×10^6 CFU/ml, *Acinetobacter* sp., of 7.3×10^7 CFU/ml, *Zoogloea* sp., of 2.5×10^6 CFU /ml, and *Pseudomonas* sp., of 2.2×10^6 CFU /ml respectively. At the 3rd factory, the most of bacteria are *Zoogloea* sp., of 4.0×10^8 CFU /ml, *Pseudomonas* sp., of 8.3×10^8 CFU /ml, *Nitrosomonas* sp., of 1.3×10^6 CFU /ml, and *Acinetobacter* sp., of 5.5×10^7 CFU /ml respectively

According to the result, The bacteria with the majority of the population in Primary Wastewater Treatment at the 1st factory are *Pseudomonas* sp. At the 2nd factory, the most of bacteria are *Acinetobacter* sp., At the 3rd factory, the most of bacteria are *Pseudomonas* sp.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.พริกานต์ บรรเจิดกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ช่วยเหลือให้คำปรึกษาแนะนำ การวางแผนการวิจัย ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนการวิจัยเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งจัดหาแหล่งเงินทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา สิริวิทยาปกรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ขอขอบพระคุณ ประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล คำรงค์ศรี ที่กรุณาให้ คำปรึกษาแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจภรณ์ ประภักดี อาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง ต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อัจฉรา ดวงเดือน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำช่วยเหลือมาโดยตลอด

งานนี้ได้รับทุนสนับสนุนภายใต้โครงการ เรื่อง การควบคุมและตรวจสอบระบบบำบัด น้ำเสียด้วยเทคนิคชีวโมเลกุล จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ขอขอบพระคุณที่ได้ให้การ สนับสนุนเงินทุนงานวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 – 2555

ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ เป็นอย่างยิ่ง ที่ได้ช่วยเหลือเป็นกำลังใจสนับสนุนทั้งการเรียน และการดำเนินชีวิตแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด และขอบคุณน้องสาวนางสาวนิตยา ทูยเวียง ที่ได้ ช่วยเหลือเป็นกำลังใจมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ได้อบรมให้ความรู้แก่ผู้วิจัย จนสำเร็จการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่ได้ ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัย

กาญจนา ทูยเวียง

พฤษภาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	28
ผลและวิจารณ์	37
สรุปและข้อเสนอแนะ	51
สรุป	51
ข้อเสนอแนะ	52
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	53
ภาคผนวก	58
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำเสีย	59
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำเสีย	67
ภาคผนวก ค ภาพแสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	70
ภาคผนวก ง ภาพแสดงผลการวิเคราะห์ชีวเคมีของเชื้อแบคทีเรีย	73
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	75

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น	9
2	ข้อมูลการออกแบบถังตกตะกอนขั้นต้น (Primary Sedimentation Tank)	9
3	ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย	20
4	พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์	32
5	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 1	37
6	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 2	38
7	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 3	39
8	จำนวนแบคทีเรียที่พบบนอาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะ	40
9	ลักษณะโคโลนีเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะ	41
10	ผลการศึกษาการติดสีและรูปร่างของเซลล์แบคทีเรียโดยใช้กล้องจุลทรรศน์	43
11	ผลการศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมี	44
ตารางผนวกที่		
ข1	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียโรงงานที่ 1	68
ข2	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียโรงงานที่ 2	68
ข3	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียโรงงานที่ 3	69

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 Universal phylogenetic tree ของสิ่งมีชีวิต	11
2 แสดงลักษณะของแบคทีเรีย	16
3 อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสัมพันธ์กับเวลา	22
4 แสดงขั้นตอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 1	29
5 แสดงขั้นตอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 2	30
6 แสดงขั้นตอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 3	31
7 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรีย	42
ภาพผนวกที่	
ค1 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ <i>Acinetobacter</i> sp. ที่เจริญบนอาหารแข็งจำเพาะ <i>Acinetobacter</i> Medium โดยวิธี Spread plate technique	71
ค2 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ <i>Pseudomonas</i> sp. ที่เจริญบนอาหารแข็งจำเพาะ <i>Pseudomonas</i> CFC Agar โดยวิธี Spread plate technique	71
ค3 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ <i>Zoogloea</i> sp. ที่เจริญบนอาหารแข็งจำเพาะ <i>Zoogloea</i> Medium โดยวิธี Spread plate technique	72
ค4 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ <i>Nitrosomonas</i> sp. ที่เจริญบนอาหารแข็งจำเพาะ <i>Nitrosomonas</i> Medium โดยวิธี Spread plate technique	72
ง1 แสดงผลการทดสอบการเกิดปฏิกิริยาแคตาเลส (Catalase Test)	74
ง2 แสดงผลการทดสอบการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดส (Oxidase Test)	74
ง3 แสดงผลการทดสอบการเคลื่อนตัวของเชื้อ <i>Nitrosomonas</i> sp. ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดกึ่งเหลว (Semi-solid agar)	74

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

CFU	=	Colony forming unit
BOD	=	Biochemical Oxygen Demand
COD	=	Chemical Oxygen Demand
TP	=	Total phosphorus
TKN	=	Total Kjeldahl nitrogen
O&G	=	Grease and Oil
SS	=	Suspended Solids
d	=	day (วัน)
Q	=	อัตราการไหลของน้ำเสีย (m^3/day)
m^3	=	ลูกบาศก์เมตร
F/M	=	อัตราส่วนของสารอินทรีย์จุลชีพ (Food to Microorganism Ratio)
UASB	=	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
AS	=	Activated Sludge
N	=	Normality
mg/l	=	milligram per lite
H_2O_2	=	Hydrogenperoxide
O_2	=	Gas Oxygen
HCl	=	Hydrochloric Acid

การศึกษาแบคทีเรียหลักในระบบบำบัดน้ำเสียจากการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นของโรงงาน อาหารทะเลแช่แข็ง

Study of Dominant Bacteria in Primary Wastewater Treatment from Frozen Seafood Industry

คำนำ

การผลิตอาหารทะเลแช่แข็งนั้นมีการใช้น้ำในทุกขั้นตอนเป็นจำนวนมาก ทั้งการล้างวัตถุดิบ การล้างภาชนะและเครื่องจักรอุปกรณ์ การล้างผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการผลิต การทำความสะอาดบริเวณพื้นที่ทำงาน และช่วยในการลำเลียงเศษซาก นอกจากนี้น้ำบางส่วนยังถูกนำไปผลิตน้ำเย็นและน้ำแข็ง เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตอีกด้วย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2551) ซึ่ง น้ำหลังจากผ่านการใช้งานต่าง ๆ มาแล้ว กลายเป็นน้ำทิ้งที่ส่วนใหญ่มีคุณภาพเปลี่ยนไปจนไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก ทำให้เกิดน้ำเสียจำนวนมาก และน้ำเสียส่วนใหญ่จากอุตสาหกรรมอาหารส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อคุณภาพน้ำ ก็คือปริมาณของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียมีผลให้น้ำเสียมีค่า BOD ค่าของแข็งแขวนลอย ค่าน้ำมันและไขมันสูง เกิดภาวะน้ำเน่าเสียได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ซึ่งน้ำเหล่านี้ต้องผ่านกระบวนการบำบัดก่อนจะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติหรือแหล่งน้ำสาธารณะเพื่อไม่ให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อม (สุบัณฑิต, 2548)

ทั้งนี้โรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม จึงนับเป็นต้นทุนของโรงงานอีกทางหนึ่งที่ค่อนข้างสูง สำหรับกระบวนการบำบัดทางกายภาพนั้น นับว่าเป็นวิธีที่ต้นทุนไม่สูง ง่าย รวดเร็ว แต่คุณภาพน้ำที่บำบัดได้ไม่ดีนัก จากความรู้พื้นฐานที่ว่าแบคทีเรียสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์บางชนิดในน้ำเสียนั้นให้เปลี่ยนมาอยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและเซลล์ของจุลินทรีย์ (ทวี, 2538) เพื่อการดำรงชีวิต และแบ่งเซลล์

ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษถึงชนิดและจำนวนของแบคทีเรียที่มีในระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้นจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งโดยอาศัยข้อมูลจากพารามิเตอร์ของน้ำเสียคือ บีโอดี (BOD), ซีโอดี (COD), ไนโตรเจนในรูปที่เคเอ็น (TKN), ของแข็งแขวนลอย (SS), ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus), ไขมันและน้ำมัน (Grease&Oil) และจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งต่างๆ เพื่อคัดเลือกชนิดของแบคทีเรียที่สนใจศึกษา และแบคทีเรียที่เลือกศึกษาในครั้งนี้คือ *Pseudomonas* sp.,

Nitrosomonas sp. , *Acinetobacter* sp., และ *Zoogloea* sp., เทคนิคที่ใช้ในการศึกษาคือทำการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยเทคนิคการเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง (Spread plate technique) แยกเชื้อบริสุทธิ์โดยวิธี Streak plate method ศึกษารูปร่างของแบคทีเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยเทคนิคการย้อมสีแกรม (Gram stain) จากนั้นศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมี (Biochemical test) เพื่อยืนยันความถูกต้องของเชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิด



วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิดและจำนวนของแบคทีเรียที่มีในระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้นจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp., *Zoogloea* sp., *Acinetobacter* sp., *Nitrosomonas* sp. ในการช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำเสียจากระบบบำบัดขั้นต้นของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง

ขอบเขตของการศึกษา

1. เลือกตัวอย่างน้ำเสียจากการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นของโรงงานผลิตอาหารทะเลแช่แข็งในเขตจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 3 โรงงาน
2. คัดเลือกคุณลักษณะของเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการ โดยอาศัยข้อมูลจากพารามิเตอร์ของน้ำเสีย คือ บีโอดี, ซีโอดี, ทีเคเอ็น, ฟอสฟอรัสทั้งหมด, ไนโตรเจนและน้ำมัน, ของแข็งแขวนลอย และจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งต่างๆ
3. ทำการทดสอบและคัดแยกเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม *Pseudomonas* sp. *Nitrosomonas* sp. *Acinetobacter* sp. และ *Zoogloea* sp. โดยเฉพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยเทคนิคการเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง (Spread plate technique) แยกเชื้อบริสุทธิ์โดยวิธี Streak plate method ศึกษารูปร่างของแบคทีเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยเทคนิคการย้อมสีแกรม (Gram stain) จากนั้นศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมี (Biochemical test) เพื่อยืนยันความถูกต้องของเชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิด

การตรวจเอกสาร

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. น้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม

หมายถึงน้ำที่เกิดจากการประกอบกิจการ โรงงานอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม รวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงานรวมทั้งจากกิจกรรมอื่น ๆ ในโรงงาน (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2535) น้ำเสียส่วนใหญ่มักเป็นน้ำล้างจากกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น การล้างถังหรือภาชนะที่ใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้น้ำเสียมีสิ่งเจือปนจากวัตถุดิบ มนุษย์มีการนำน้ำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภค ซึ่งเมื่อน้ำผ่านการใช้แล้วจะมีคุณภาพเปลี่ยนไป โดยจะมีมลพิษและสิ่งปนเปื้อนอยู่ในน้ำ เกิดผลกระทบตามมามากมาย เช่น ปัญหาความเน่าเสียของแหล่งน้ำ ผลเสียของสิ่งมีชีวิตในน้ำและห่วงโซ่อาหาร (Food Chain) (สุเทพ, 2551) จึงกล่าวได้ว่าน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม จะมีลักษณะที่ดูได้จากวัตถุดิบของโรงงาน (มันสิน, 2538) ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ แตกต่างกันไปตามประเภทของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต (สุเทพ, 2551) จึงทำให้ปัจจุบันปัญหามลพิษทางน้ำได้ทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะบริเวณแหล่งชุมชนขนาดใหญ่และแหล่งอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพราะของเสียส่วนใหญ่จากกิจกรรมต่างๆ ได้ถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่ผ่านกระบวนการบำบัด (สุบัณฑิต, 2548)

2. การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียเป็นการกำจัดสารต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียให้มีปริมาณลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียขึ้นในแหล่งน้ำที่รับน้ำทิ้งนั้น (เกรียงศักดิ์, 2539) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการบำบัดน้ำเสียเป็นวิธีการที่ทำให้คุณภาพน้ำเสียดีขึ้นจนถึงระดับที่สามารถจะปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแหล่งน้ำ ลดปริมาณสารพิษในน้ำเสียลงหรือแม้กระทั่งให้มีคุณภาพดีขึ้นจนสามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือนำกลับไปใช้ในกิจกรรมอื่นๆ อีก (สันหัต, 2552) เนื่องจากสิ่งสกปรกต่างๆ ในน้ำทิ้งประกอบด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ในรูปของแข็งและสารละลาย (เสริมพล และ ไชยยุทธ, 2524) และวิธีการบำบัดน้ำเสียมีอยู่หลายวิธีอีกทั้งยังประกอบด้วยขั้นตอนหลายขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนจะมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการต่างกันออกไป (สันหัต, 2552) สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมค่อนข้างยุ่งยากกว่าการบำบัดน้ำทิ้งจากชุมชน และต้นทุนในการบำบัดสูงกว่ามาก ทั้งนี้เพราะ

ก. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มีสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ที่กำจัดยากปนอยู่ด้วย

ข. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปมีค่า BOD สูงมาก การลดค่า BOD จนถึง 20 มิลลิกรัม/ลิตร ตามมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก และ
ขบวนการกำจัดยุ่งยากซับซ้อน

ค. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจมีอุณหภูมิสูงมาก ประมาณ 40-60 องศาเซลเซียส ทำให้ต้องมีหอระบายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิ

ง. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมีกรดหรือด่างเจือปนอยู่ ทำให้ค่า pH ต่ำหรือสูงกว่า 7 มาก จำเป็นต้องมีการปรับค่า pH

สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ไม่มีขบวนการแบบแผนแน่นอน ขบวนการบำบัดขึ้นอยู่กับชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปน้ำทิ้งอินทรีย์ที่ต้องบำบัดด้วย ขบวนการชีววิทยานั้น จะมีขบวนการบำบัดที่เลือกใช้ได้หลายแบบ ซึ่งน้ำทิ้งอินทรีย์ที่มีค่า BOD สูง จะต้องบำบัดขั้นต้นด้วยขบวนการชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนก่อน แล้วจึงบำบัดในขั้นต่อไปด้วย ขบวนการชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน (เสริมพล และ ไชยยุทธ, 2524)

2.1 หลักวิธีการที่ใช้ในระบบการบำบัดน้ำทิ้ง

2.1.1 Physical unit operations

เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้วิธีทางกายภาพ วิธีนี้เป็นกระบวนการแรกที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การคัดด้วยตะแกรง (Screening) การกวน (Mixing) การรวมตัวกันของตะกอน (Flocculation) การตกตะกอน (Sedimentation) การทำให้ลอย (Flotation) การกรอง (Filtration) ฯลฯ (เกรียงศักดิ์, 2536)

2.1.2 Chemical unit processes

การบำบัดน้ำเสีย โดยการบำบัด หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารที่ไม่ต้องการในน้ำเสีย โดยการเติมสารเคมีลงไป หรือโดยปฏิกิริยาทางเคมีอื่นๆ ได้แก่

การตกตะกอน (Precipitation) การเติมอากาศ หรือ ก๊าซ (Gas transfer) การดูดซับ (Adsorption) และการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) (เกรียงศักดิ์, 2536)

2.1.3 Biological unit processes

วิธีการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีววิทยา ในทางพื้นฐานแล้ว จะกำจัดพวกสารอินทรีย์ ซึ่งสามารถย่อยสลายได้โดยพวกจุลินทรีย์ พวกสารอินทรีย์จะอยู่ในรูปของ Colloidal หรือ dissolved ในน้ำเสียทั่วไป โดยสารต่างๆ เหล่านี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซซึ่งสามารถถูกขับออกไปในอากาศ และพวกเนื้อเยื่อของเซลล์ทางชีววิทยา ซึ่งสามารถใช้ในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้อีกด้วย ซึ่งไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นตัวการสำคัญในการทำให้สภาพแวดล้อมตามแม่น้ำลำคลองเกิดความเสียหาย (เกรียงศักดิ์, 2536)

2.2 ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary treatment)

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปแล้ว จะแยกออกเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.ระบบบำบัดก่อนขั้นต้น (Preliminary treatment) 2.ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary treatment) 3.ระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary treatment) 4.ระบบบำบัดขั้นสุดท้าย (Tertiary treatment or Advanced treatment) สำหรับระบบบำบัดก่อนขั้นต้น อาจรวมกันกับระบบบำบัดขั้นต้น และเรียกรวมกันว่าระบบบำบัดขั้นต้น ซึ่งควรจะประกอบไปด้วย 1.การตัด (comminutors) 2.การคัดด้วยตะแกรง (screening) 3.การตกตะกอน (sedimentation) 4.การแยกพวกน้ำมันต่างๆ (oil separation) 5.การปรับคุณภาพน้ำเสีย หรือปริมาณน้ำเสียให้คงที่ (equalization) 6.การทำให้เป็นกลาง (neutralization) 7.การแยกพวกกรวดทรายต่างๆ (grit removal) ทั้งนี้สามารถเลือกใช้อย่างวิธีก็ได้ ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของน้ำเสีย (เกรียงศักดิ์, 2536) ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะความสำคัญของระบบบำบัดขั้นต้น (Primary treatment) หรืออาจจะเรียกว่าการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ (Tchobanoglous *et al*, 2003) การบำบัดขั้นต้นมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการปรับสภาพน้ำเสียให้เหมาะสมก่อนที่จะไปสู่ขั้นตอนการบำบัดขั้นต่อไป เพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบต่อไปมีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบบำบัดขั้นต่อไป หรือระบบบำบัดโดยรวม ไม่เน้นการกำจัดสารอินทรีย์ การบำบัดเบื้องต้นได้แก่ การแยกกากของแข็งแขวนลอยด้วยกตะกอน (Precipitation) หรือการสร้างรวมตะกอน (Coagulation-flocculation), การปรับคุณภาพน้ำเสียหรือปริมาณน้ำเสียให้คงที่ (Equalization) ซึ่งจะเป็นการกักเก็บน้ำเสียไว้ในบ่อปรับสภาพน้ำเสีย (Equalization tank) เพื่อให้มีลักษณะสมบัติคงที่ทั้งปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งการเติม

สารอาหาร (Nutrient addition), การกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสีย โดยการนำน้ำทิ้งมาตกตะกอนซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ออกจากน้ำทิ้ง ตะกอนที่แยกออกจากกันถึงตกตะกอน (Primary Sedimentation Tank) เรียกว่า Primary sludge ต้องนำไปกำจัดต่อไป การกำจัดในขั้นนี้จะลดค่าบีโอดีได้ประมาณ 25-40 % แล้วแต่คุณลักษณะของน้ำทิ้ง และประสิทธิภาพของถังตกตะกอน (ศิริพรรณ , 2537) รวมทั้งกระบวนการปรับสภาพความเป็นกรดด่างของน้ำเสียให้เหมาะสม การบดละเอียดของแข็งในน้ำเสียให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนถูกส่งไปบำบัดขั้นต่อไปนั้น กระบวนการที่ใช้ในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการทางเคมี หรืออาจจะถูกนำไปใช้ร่วมกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา หรือกระบวนการทางเคมี รวมกับกระบวนการทางกายภาพ ก็ได้อาจจะกล่าวได้ว่าการบำบัดน้ำเสียในขั้นตอนนี้เป็นการบำบัดเพื่อลดมลพิษให้ต่ำลงด้วยวิธีการที่ประหยัด หรือเป็นการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นให้มีลักษณะสมบัติที่เหมาะสมที่จะถูกนำไปบำบัดขั้นต่อไป เป็นระบบที่อยู่ในขั้นที่ต้องการแยกสารตะกอนขวนลอยออกจากน้ำเสีย (สันทัด , 2552)

2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้น

ก. ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด (Screen) ลักษณะเป็นซี่โลหะวางเอียงทำมุม 45 – 60 องศา ซึ่งตะแกรงหยาบใช้สำหรับดักสิ่งของที่ลอยน้ำ เช่น เศษขยะ, เศษผ้า, ใบไม้, ถูพลาสติก ส่วนตะแกรงละเอียดมีขนาดช่องเล็กกว่าตะแกรงหยาบใช้ดักสิ่งของที่มีขนาดเล็ก ตะแกรงทั้งสองนี้ช่วยป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำอุดตัน ส่วนใหญ่นิยมใช้ตะแกรงหยาบในงานบำบัดน้ำเสีย (มันสิน, 2538)

ข. เครื่องตัดย่อย (Comminutor) ทำหน้าที่ตัดย่อยสารแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่ให้เล็กลง จะใช้ต่อเนื่องจากตะแกรง ซึ่งจะช่วยป้องกันใบพัดของเครื่องสูบน้ำ

ค. ถังดักกรวดทราย (Grit Removal) เป็นถังขนาดเล็กที่ออกแบบให้สามารถดักจับกรวดทรายในน้ำเสียที่ไหลผ่าน ป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำสึกกร่อนและเสียหาย เนื่องจากถูกขัดสีจากกรวดทราย (เกรียงศักดิ์, 2539) มีการออกแบบให้น้ำมีความเร็วอยู่ในช่วง 20 ถึง 30 เซนติเมตรต่อวินาที เพื่อให้กรวดทรายตกตะกอนได้ และต้องมีเวลาพักในถังประมาณ 1-3 นาที (สุเทพ, 2551) มีอยู่ด้วยกันหลายชนิดดังนี้ 1.ถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า 2.ถังสี่เหลี่ยมจัตุรัส 3.ถังที่ใช้ระบบเป่าอากาศ

ง. ถังดักไขมันและน้ำมัน (Oil and Grease Removal) อาศัยหลักการที่ว่าน้ำมันหรือไขมันเบากว่าน้ำ จึงลอยตัวอยู่บนน้ำ (มันสิน, 2538) สำหรับระบบกำจัดไขมันหรือน้ำมันแบบที่นิยมใช้เป็นถังพักที่มีแผ่นกั้นขวางอยู่ในบ่อเพื่อดักไขมันไว้ให้ได้ปริมาณมากๆ หลักในการออกแบบถังดักไขมันคือต้องมีขนาดพื้นที่ผิวของถังเพียงพอกับปริมาณไขมันที่จะลอยขึ้นมา ความเร็วของน้ำไหลภายในถังต้องต่ำที่สุด บริเวณทางออกต้องไม่ให้พวกไขมันหลุดลอยออกไปได้เวลาเก็บกักควรมีมากกว่า 30 นาที (เกรียงศักดิ์, 2539)

จ. ถังปรับเสมอ (Equalization Tank) จะทำหน้าที่ในการปรับอัตราการไหลของน้ำเสียที่ออกจากถังให้คงที่ เพื่อให้กระบวนการในลำดับต่อไปทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ กรณีถังปรับเสมอน้ำเสียที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย ควรใช้เครื่องกวนน้ำเพื่อปรับให้น้ำมีคุณสมบัติเท่ากัน หากน้ำเสียมีปริมาณสารอินทรีย์มากควรมีเครื่องเติมอากาศเพื่อทำหน้าที่กวนน้ำ และเติมอากาศเพื่อป้องกันการเกิดสภาพแอนแอโรบิกเกิดขึ้น (มงคล และคณะ, 2554)

ฉ. ถังตกตะกอน (Primary Sedimentation Tank) การตกตะกอนเป็นการแยกเอาตะกอนแขวนลอยที่มีขนาดเล็กที่ลอดผ่านตะแกรงมาได้ออกจากน้ำเสีย ซึ่งอาศัยหลักการจมตัวของตะกอนแขวนลอยที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำ (เกรียงศักดิ์, 2539) ถังตกตะกอนเป็นถังขนาดใหญ่เป็นที่พักน้ำเสีย มีอัตราการไหล 15 – 20 เซนติเมตรต่อวินาที มีเวลากักเก็บในถังประมาณ 2-4 ชั่วโมง น้ำเสียที่ไหลออกไปจะมีปริมาณตะกอนแขวนลอยน้อยเป็นหน่วยสำคัญในการกำจัดตะกอนแขวนลอยในระบบบำบัดน้ำเสียทุกประเภท และมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีได้ 25 – 40 % ประสิทธิภาพการบำบัดตะกอนแขวนลอยและบีโอดีแสดงตารางที่ 1 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบถังตกตะกอนขั้นแรกคือ พื้นที่ผิวของถังและเวลากักเก็บ ส่วนความลึกของถังมีผลไม่มากนัก ข้อมูลการออกแบบถังตกตะกอนขั้นแรกแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น

ประเภทสารอินทรีย์	ค่าประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย (%)
บีโอดี	30-40
สารอินทรีย์ในโตรเจน	10-20
แอมโมเนียในโตรเจน	0
ฟอสฟอรัส	10-20
ตะกอนแขวนลอย	50-60

ที่มา: เกรียงศักดิ์ (2539)

ตารางที่ 2 ข้อมูลการออกแบบถังตกตะกอนขั้นต้น (Primary Sedimentation Tank)

ข้อมูลการออกแบบ	ค่าการออกแบบ		
	หน่วย	ช่วงขอบเขต	ค่าเฉลี่ย
สำหรับถังตกตะกอนแรกที่มีน้ำเสียไหลเข้าอย่างเดียว			
เวลาเก็บกัก	ชั่วโมง	1.5 – 2.5	2.0
อัตราน้ำล้น			
ที่ $Q_{เฉลี่ย}$	$m^3/m^2.d$	30 – 50	40
ที่ $Q_{สูงสุด}$	$m^3/m^2.d$	80 – 120	100
อัตราการระฟาย (Weir Loading Rate)	$m^3/m.d$	125 – 500	250
สำหรับถังตกตะกอนแรกที่มีน้ำเสียและตะกอนชีวภาพ			
เวลาเก็บกัก	ชั่วโมง	1.5 – 2.5	2.0
อัตราน้ำล้น			
ที่ $Q_{เฉลี่ย}$	$m^3/m^2.d$	24 – 32	28
ที่ $Q_{สูงสุด}$	$m^3/m^2.d$	48 – 70	60
อัตราการระฟาย (Weir Loading Rate)	$m^3/m.d$	125 – 500	250

ที่มา: Tchobanoglous *et al.* (2003)

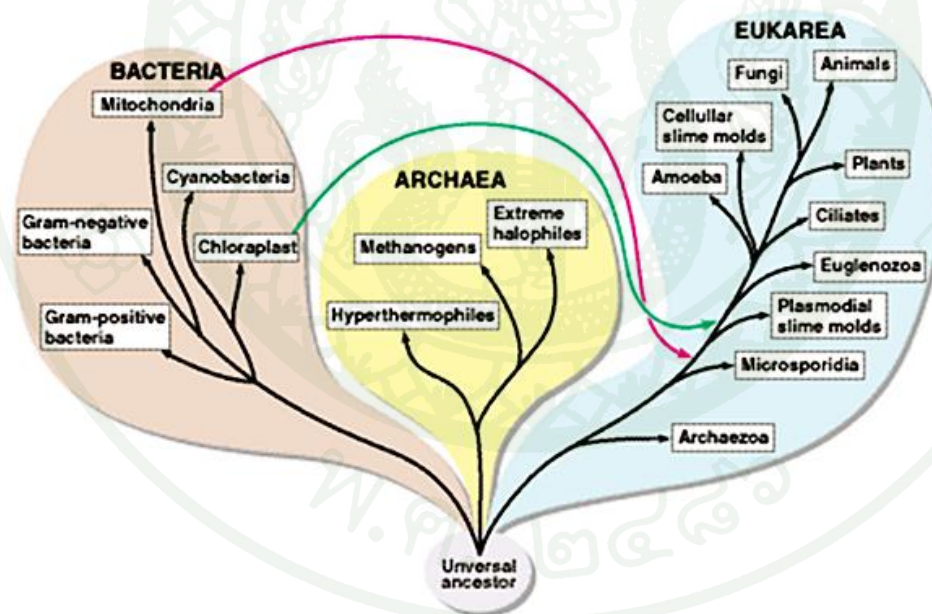
2.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ (Biological Wastewater Treatment)

กระบวนการทางชีววิทยา (Biological Treatment) เกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ เช่น เมื่อปล่อยน้ำเสียหรือของเสีย ซึ่งมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ด้วยวิธีการชีวภาพ ลงในแหล่งน้ำธรรมชาติ จะทำให้ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดต่ำลงและถ้ามีปริมาณสารอินทรีย์มาก อาจทำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจน และอาจพบสภาพการเน่าเหม็น แต่หากไม่มีการทิ้งน้ำเสียลงไปเพิ่มขึ้น จะพบว่าแหล่งน้ำสามารถปรับสภาพตัวเองโดยจะมีการทำความสะอาดมลสาร (Pollutants) ต่างๆ ให้มีความเข้มข้นน้อยลงและกลับมามีออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มมากขึ้น

ตัวการหลักที่ช่วยทำความสะอาดของเสียเหล่านี้ได้แก่ สิ่งมีชีวิตทั้งหลายที่อาศัยอยู่ในน้ำ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ซึ่งจะนำของเสียที่มีอยู่ในน้ำเสียออกมาใช้เป็นอาหาร ถ้าแหล่งน้ำนั้นยังมีออกซิเจนละลายอยู่ ก็จะเป็นจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนอิสระ เพราะสามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็ว แต่ถ้าวแหล่งน้ำนั้นไม่มีออกซิเจนละลายน้ำ ก็จะมีจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจนอิสระในการเจริญเติบโตต่อไป กระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยานี้จะดำเนินต่อไปจนอาหารหรือของเสียที่ทิ้งลงมานั้นหมดลง จุลินทรีย์ก็จะขาดอาหารและตาย กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบต่างๆ ได้อาศัยหลักการการทำงานคล้ายกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เป็นการนำสิ่งมีชีวิตเป็นตัวช่วยในการเปลี่ยนสภาพของของเสียในน้ำ ให้อยู่ในสภาพที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะมลพิษต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นกระบวนการที่เกิดจากจุลินทรีย์ซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ ใช้สารอินทรีย์หรือสิ่งสกปรกที่เจือปนในน้ำเสียเป็นอาหารเมื่อเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็จะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และเซลล์จุลินทรีย์จำนวนมาก ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์หรือความสกปรกในน้ำลดลงหรือหมดไป ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทในการช่วยเปลี่ยนสภาพสิ่งสกปรกในน้ำเสียคือจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว สาหร่าย และรา โดยจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในการบำบัดน้ำเสียคือ แบคทีเรีย กระบวนการเหล่านี้สามารถแยกออกได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆ ตามลักษณะแบคทีเรียที่ใช้ คือ กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) ได้แก่ กระบวนการที่จุลินทรีย์นำเอาออกซิเจนอิสระมาใช้ในการดำรงชีวิต กับอีกแบบหนึ่งคือ กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ (Anaerobic Bacteria) ได้แก่ กระบวนการที่จุลินทรีย์เจริญเติบโตและย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน จึงอาจกล่าวได้ว่าจุลินทรีย์จะมีความสำคัญอย่างมากในขบวนการบำบัดทางชีววิทยา ดังนั้น การศึกษาชนิดประเภทและลักษณะทางสรีรวิทยา (Physiology) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถทำงานในการบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพสูงสุด (สันทัด, 2552)

3. ความสำคัญของจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย

จุลินทรีย์มีบทบาทที่สำคัญในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีการแพร่กระจายทั้งแหล่งที่อยู่บนบก ในอากาศและแหล่งน้ำ มีความสัมพันธ์กับมนุษย์และสัตว์ทั้งโดยตรงและทางอ้อม ซึ่งส่งผลต่อระบบนิเวศและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม (วีรานูช , 2554) ในปี ค.ศ. 1980 Carl Woese มีการศึกษาในระดับโมเลกุล เกี่ยวกับส่วนประกอบทางพันธุกรรม จึงได้เสนอการแบ่งจุลินทรีย์เป็น 3 อาณาจักร โดยคำนึงถึงวิวัฒนาการ ได้แก่ 1. Archaeobacteria 2. Eubacteria 3. Eukaryotes โดยที่สองพวกแรกจัดเป็นพวก Prokaryotic cell เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวไม่มีนิวเคลียสและแยกจากไซโทพลาสซึมชัดเจน ซึ่ง Archaeobacteria นั้นถือว่าเป็นเซลล์เก่าแก่ดึกดำบรรพ์ สำหรับ Eukaryotes ตามทฤษฎีของ Woese ได้ตั้งสมมติฐานว่า Eukaryotes เกิดขึ้นมาทีหลัง และได้กลายเป็น host สำหรับพวก Prokaryotes ซึ่งต่อมา Prokaryotic cell กลายเป็น mitochondria และ chloroplast ของ Eukaryotic cell (นันทนา, 2537) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Universal phylogenetic tree ของสิ่งมีชีวิต

ที่มา: เบญจกรณ์ (2551)

แต่ละเซลล์ในระบบบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปจะมีจุลินทรีย์หลายชนิดทำงานรวมกันในการบำบัดมลพิษหรือสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย โดยมลพิษที่ปนเปื้อนในน้ำเสียที่กล่าวถึงคือสารอินทรีย์

เป็นหลัก จุลินทรีย์ที่อยู่รวมกันก็จะมีการต่อสู้เพื่อปรับตัวที่จะเอาตัวรอดและสามารถดำรงชีพอยู่ได้ สายพันธุ์ใดที่แข็งแรงกว่าและสามารถดำรงชีพอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ ได้ดีกว่า แย่งชิงอาหารได้เก่งกว่า ก็จะมีจำนวนมากกว่าสายพันธุ์ที่ด้อยกว่า จากความรู้พื้นฐานนี้สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียชนิดต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมสำหรับน้ำเสียแต่ละประเภทและคุณภาพของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วตามที่ต้องการ ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ในน้ำเสียจะแปรผันกับลักษณะสมบัติของน้ำเสีย คือ ลักษณะคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ โดยลักษณะสมบัติของน้ำเสียจะเป็นตัวกำหนดชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ในน้ำเสีย จุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียจะมีความสำคัญอย่างมากในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ไม่ว่าจะเป็นน้ำเสียชุมชนหรือน้ำเสียอุตสาหกรรม หลักการที่สำคัญคือจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียจะทำหน้าที่ทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารในการเสริมสร้างเซลล์ใหม่และเป็นแหล่งพลังงานในการดำรงชีวิตของแบคทีเรียนั้น (สันทัด, 2552)

4. แบคทีเรีย

นักชีววิทยาได้จัดแบ่งสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะโครงสร้างต่างกันตามลักษณะเซลล์เป็น 3 อาณาจักร คือ 1.อาณาจักรสัตว์ (Animal Kingdom) 2.อาณาจักรพืช (Plant Kingdom) 3.อาณาจักรโพรทิสตา (Protista Kingdom) แบคทีเรียถูกจัดอยู่ในอาณาจักรโพรทิสตา (Protista Kingdom) ซึ่งแยกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะของเซลล์คือโปรคาริโอตหรือเซลล์ชั้นต่ำ และยูคาริโอตหรือเซลล์ชั้นสูง ซึ่งแบคทีเรียอยู่ในกลุ่มโปรคาริโอต (สุวณิ และ มาลัย, 2536) เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และมีขนาดเล็กมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น มีผนังเซลล์ 2 ชั้นหุ้มเซลล์ แต่ไม่มีเยื่อหุ้มหรือผนังกั้นนิวเคลียส (Nucleus) คือ ไม่มี Nuclear membrane ส่วนใหญ่มีชีวิตอิสระ สร้างพลังงานได้ด้วยตัวเองสังเคราะห์สารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้ การสืบพันธุ์ส่วนใหญ่จึงเป็นการแบ่งตัวแบบทวิคูณ (Binary fission) คือ 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 เรื่อยไป (วรรณศรี, 2528) มีไรโบโซมชนิด 70S และมีโครโมโซมกลม (Nucleoid) 1 เส้น ลักษณะของ DNA เป็นวงกลมและเกลียวที่เรียกว่า Double helix double แบคทีเรียจำพวกโปรคาริโอตสามารถถูกแบ่งตามลักษณะของผนังเซลล์ได้เป็น 4 กลุ่มดังต่อไปนี้ 1.แกรมลบ 2.แกรมบวก 3.พวกไม่มีผนังเซลล์ ได้แก่ ไมโคพลาสมา 4.พวกที่ผนังเซลล์ไม่มีเปปติโดไกลแคน ได้แก่ Archaea แบคทีเรียแกรมลบและแกรมบวกเป็นกลุ่มประชากรเด่นในดิน น้ำ และใต้พื้นผิวดินลงไป (วีรานุช, 2554) รูปร่างของแบคทีเรียมีหลายรูปแบบ มีทั้งแบบเป็นรูปแท่ง (Rod, Bacillus) รูปร่างกลม (Coccus) หรือเป็นรูปเกลียว (Spiral) (สุวิมล, 2546) แบคทีเรียประกอบน้ำ 80% และของแข็ง 20% ซึ่งแบ่งย่อยออกไปอีกเป็นสารอินทรีย์ 90% และสารอนินทรีย์ 10% ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ประกอบด้วยคาร์บอน 53% ออกซิเจน 29%

ไนโตรเจน 12% ดังนั้นแบคทีเรียอาจจะเขียนแทนได้ด้วยสูตร $C_5H_7NO_2$ ในการแบ่งเซลล์นั้น แบคทีเรียจะต้องใช้ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ฯลฯ เพื่อสร้างเซลล์ใหม่ และต้องการพลังงาน ซึ่งได้มาจากการเผาผลาญ (oxidation) สารเคมี สารอินทรีย์ และอนินทรีย์ สำหรับการดำรงชีวิตและแพร่พันธุ์ (วรรณศรี, 2528)

4.1. โครงสร้างของแบคทีเรีย

แบคทีเรียจัดเป็นเซลล์ชั้นต่ำ ซึ่งมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนเหมือนเซลล์ชั้นสูง ยกเว้นผนังเซลล์ที่มีลักษณะซับซ้อนกว่า โดยโครงสร้างเซลล์แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ โครงสร้างภายนอก ได้แก่ แคปซูล ผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ แฟลกเจลลา และพิลไล ส่วนโครงสร้างภายในเป็นองค์ประกอบทั้งหมดของเซลล์ที่ถูกห่อหุ้ม ได้แก่ พลาสมา โรโบโซม โคมาดินกบอดีส์ สปอร์เมดิติ และสารสังเคราะห์แสง

4.1.1 แคปซูล (Capsule)

แบคทีเรียเกือบทุกชนิดจะมีโครงสร้างชั้นนอกสุดของเซลล์มีลักษณะเป็นวุ้นและไม่ติดสีแกรม เรียกว่า แคปซูล เอนเวโลป (Envelope) ชั้นเมือก หรือกลัยโคแคลิกซ์ (Glycocalyx) โดยขนาดแคปซูลจะแตกต่างกันตามชนิดของแบคทีเรีย ซึ่งอาจมีขนาดใหญ่จนเห็นได้ชัดเจนหรืออาจเป็นเพียงชั้นบางมากจนมองไม่เห็น ต้องตรวจสอบโดยเทคนิคทางเคมีและอิมมูโนวิทยาเท่านั้น แคปซูลส่วนใหญ่เป็นโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides) แต่บางชนิดอาจเป็นโพลีเปปไทด์ (Polypeptides) แคปซูลไม่มีอิทธิพลต่อการผ่านเข้าออกของสารละลายภายในเซลล์ และอาจสร้างขึ้นมาใหม่ได้เมื่อมีการสูญเสียไป โดยมีหน้าที่ป้องกันแบคทีเรียจากสิ่งต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อเซลล์ เช่น โลหะที่เป็นพิษ ความแห้ง ไวรัสของแบคทีเรีย (Bacteriophages) รวมทั้งช่วยในการเกาะติดกับพื้นผิวรอบเซลล์

4.1.2 ผนังเซลล์ (Cell wall)

ผนังเซลล์เป็นโครงสร้างที่อยู่ระหว่างแคปซูลและเยื่อหุ้มเซลล์ พบได้ในแบคทีเรียทุกชนิด ยกเว้นไมโครพลาสมา โดยองค์ประกอบของผนังเซลล์ในแบคทีเรียแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน ผนังเซลล์เป็นส่วนที่ทำให้เซลล์คงอยู่ได้ เนื่องจากมีความแข็งแรงและทนทานต่อความดันออสโมติกสูง ผนังเซลล์เป็นโพลิเมอร์ (Polymer) ที่ประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์

และ เปปไทด์ ซึ่งรวมตัวกันเป็นชั้นเปปติโดกลัยแคน (Peptidoglycan) โดยสามารถใช้ในการจำแนกชนิดของแบคทีเรียได้โดยการย้อมสีแบบแกรม ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรียแกรมบวก และ แบคทีเรียแกรมลบ ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวกมีความหนาประมาณ 20-80 นาโนเมตร ประกอบด้วยเปปติโดกลัยแคน (Peptidoglycan) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังอาจพบไลโปิด น้ำตาลแอลกอฮอล์และน้ำตาลที่เป็นกรดบางชนิด ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบมีความหนาประมาณ 10 นาโนเมตร ซึ่งบางกว่าแกรมบวก แต่มีส่วนประกอบทางเคมีและโครงสร้างซับซ้อนมากกว่า คือ ประกอบด้วยเยื่อหุ้มชั้นนอก ซึ่งมักเป็นกลุ่มของไลโปโพลิแซ็กคาไรด์ (Lipopolysaccharide) และชั้นเปปติโดกลัยแคน (Peptidoglycan) ซึ่งอยู่ในช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มชั้นนอกและเยื่อหุ้มเซลล์ที่เรียกว่า Periplasmic space นอกจากผนังเซลล์จะมีหน้าที่ในการป้องกันและรักษาความดันภายในเซลล์แล้ว ยังมีหน้าที่ในการควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่างๆ ภายในเซลล์ และมีบทบาทในการแบ่งตัวอีกด้วย

4.1.3 เยื่อหุ้มเซลล์ (Cytoplasmic membrane)

เยื่อหุ้มเซลล์เป็นส่วนที่ห่อหุ้มไซโทพลาสซึมของเซลล์ มีความหนาประมาณ 5-8 นาโนเมตร ประกอบด้วยโปรตีน 50-70 % ไขมัน 30-40 % และคาร์โบไฮเดรตบางส่วน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชั้น โดยชั้นนอกและชั้นในสุดเป็นฟอสโฟไลโปิด และชั้นกลางเป็นกรดไขมัน โดยทำหน้าที่ในการควบคุมการลำเลียงสารต่างๆ และเป็นเยื่อเลือกผ่านให้สารบางตัวให้ผ่านเข้าออกเยื่อหุ้มเซลล์ได้อย่างจำเพาะ รวมทั้งเป็นที่อยู่ของตัวรับ (Receptors) และ โปรตีนอื่นๆ ของระบบการดึงดูดของสารเคมี (Chemotactic system)

4.1.4 แฟลกเจลลา (Flagella)

แบคทีเรียบางชนิดที่เคลื่อนที่ได้ จะมีมียางค์ ที่เรียกว่า แฟลกเจลลา พบได้ในแบคทีเรียรูปร่างท่อน หรือรูปร่างเป็นเกลียว มีลักษณะเป็นเส้นยาวคล้ายเส้นด้ายภายในกลวง มีขนาดเล็กมาก ซึ่งต้องทำการย้อมสี หรือใช้กล้องจุลทรรศน์แบบ Phase contrast บางทีอาจพบว่า มีแฟลกเจลลาเส้นเดียวหรือหลายเส้นและมีตำแหน่งอยู่ส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ซึ่งจะสามารถใช้แฟลกเจลลาในการจำแนกชนิดของแบคทีเรียได้ อีกทั้งยังทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย และเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่เข้าหาสารเคมีที่เป็นตัวดึงดูด (Chemotaxis) และการรับรู้ (Sensing) แฟลกเจลลาทำให้แบคทีเรียเคลื่อนที่ได้โดยการหมุนรอบตัวเองแบบทวนเข็มนาฬิกาตามแกนยาว เหมือนการหมุนของใบพัด

4.1.5 ไซโตพลาสซึม (Cytoplas) และไรโบโซม (Ribosome)

ไซโตพลาสซึมของแบคทีเรียมีลักษณะเป็นวุ้นประกอบด้วย น้ำ ประจุของสารอินทรีย์ ตัวกลางต่างๆ ของกระบวนการเมตาบอลิซึม สารพันธุกรรม แกรนูลสะสมอาหาร โปรตีน และ ไรโบโซม บางเซลล์อาจจะมีเอนโดสปอร์ตามแต่ละชนิดของแบคทีเรีย ไรโบโซมมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆขนาด 15-20 นาโนเมตร ประกอบด้วย RNA 60-90 % และ 10-40 % จำนวนของไรโบโซมขึ้นอยู่กับความต้องการโปรตีนในเซลล์ที่กำลังเจริญเติบโต

4.1.6 สารพันธุกรรม

สารพันธุกรรมของแบคทีเรียเป็นกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก หรือ ดีเอ็นเอ (Deoxyribonucleic acid) ทำหน้าที่เก็บรักษาข้อความทางพันธุกรรมของเซลล์ ซึ่งจะอยู่ในนิวคลีโอไซด์ (Nucleoids) ซึ่งจะเห็นได้โดยการย้อมด้วยสีจิมซา (Giemsa) หรือใช้ปฏิกิริยา Feulgen เพื่อทดสอบดีเอ็นเอ บางครั้งอาจพบในรูปของโครมาตินิกบอดีส์ และอาจเห็นเป็นสายยาวพันกันไปมา ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันในแต่ละชนิดของแบคทีเรีย นอกจากนี้ยังอาจอยู่ในรูปของวงแหวนขนาดเล็กที่เรียกว่า พลาสมิด (Plasmid) ซึ่งเกิดจากดีเอ็นเอลักษณะเป็นเส้นและปลายทั้งสองข้างมาเชื่อมต่อกัน โดยแบคทีเรียแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนของกวานีน (Guanine หรือ G) และไซโตซีน (Cytosine หรือ C) คงที่ ซึ่งสารพันธุกรรมเหล่านี้ในปัจจุบันนิยมนำมาใช้ในการจำแนกชนิดของแบคทีเรีย โดยอาศัยเทคนิคการหาลำดับเบสของดีเอ็นเอ (DNA Sequencing)

4.1.7 สปอร์ (Spores)

สปอร์หรือเอนโดสปอร์ (Endospore) ของแบคทีเรียเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนคล้ายเซลล์แบคทีเรียปกติ แต่มีสัดส่วนขององค์ประกอบที่แตกต่างจากเซลล์ปกติ ซึ่งอาจมีลักษณะกลมหรืออยู่ภายในเซลล์ตามตำแหน่งต่างๆขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ได้แก่ *Bacillus sp.*, *Clostridium sp.* เป็นต้น และมีตำแหน่งต่างๆกันตามชนิดของแบคทีเรีย สปอร์มีความทนทานต่อความร้อน ความแห้ง ความดัน และสารเคมีได้สูง ซึ่งสามารถเห็นได้โดยการย้อมสีพิเศษหรือดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ Phase contrast หรือกล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน การสร้างสปอร์จะเกิดขึ้นเมื่ออาหารเริ่มขาดแคลน โดยเฉพาะแหล่งคาร์บอน หรือไนโตรเจน สภาวะแวดล้อมมีผลต่อการสร้างสปอร์ซึ่งแตกต่างกัน การงอกเป็นเซลล์ใหม่ (Germination) จะเกิดขึ้นเมื่อ

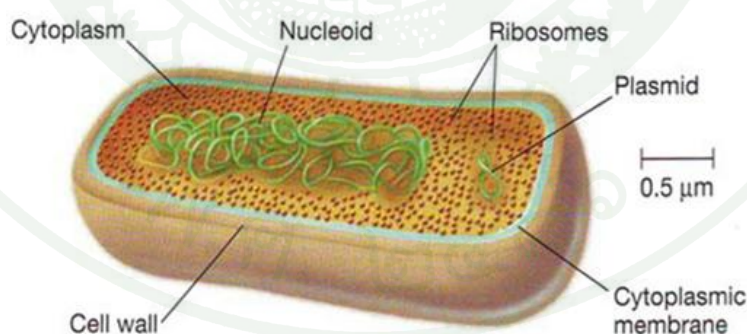
อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม คือ มีน้ำ อาหาร อุณหภูมิ และออกซิเจนในปริมาณที่เหมาะสม สปอร์ จะงอกเป็นเซลล์ใหม่ เรียกว่า Vegetative cell

4.1.8 เม็ดสีหรือรงควัตถุ (Pigments)

แบคทีเรียบางชนิด เช่น *Pseudomonas* sp. จะมีเม็ดสีซึ่งเป็นโครงสร้างหน่วยเล็กๆ อยู่ในไซโตพลาสซึม ซึ่งเม็ดสีของแบคทีเรียที่สังเคราะห์แสงมีความสำคัญและมีความจำเป็นในการสร้างพลังงานจากการสังเคราะห์แสง

4.1.9 สารสังเคราะห์แสง (Photosynthetic apparatus)

แบคทีเรียบางชนิดได้พลังงานจากการสังเคราะห์แสง เช่น แบคทีเรียสีเขียวหรือแบคทีเรียสีม่วงซึ่งมีกำมะถัน (Green-sulphur หรือ Purple-sulphur bacteria) กระบวนการทางเคมีในการสังเคราะห์แสงของแบคทีเรียคล้ายกับพวักยูคาริโอต แต่แตกต่างกันที่โครงสร้างเนื่องจากไม่มีไมโทคอนเดรีย และคลอโรพลาสต์ สารสังเคราะห์แสงของแบคทีเรีย เช่น คลอโรฟิลล์ และเม็ดสี จะรวมกันอยู่เป็นโครมาโตฟอร์ (Chromatophore) บนเยื่อหุ้มเซลล์หรือลอยอยู่ในไซโตพลาสซึม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะแบคทีเรีย

ที่มา: เบญจกรณ์ (2551)

4.2 ส่วนประกอบของแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบบำบัดน้ำเสีย

4.2.1 Slime layer

Slime layer หรือ Exopolysaccharide (EPS) เป็นสารโพลิเมอร์ขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยโปรตีน กรดฮิวมิก กรดยูโรนิก ไขมัน และโพลีแซคคาไรด์ โดยจะอยู่รอบเซลล์ของแบคทีเรียเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของฟล็อกในระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง มีผลกระทบต่อการตกตะกอน และการเกิดฟล็อกของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้ EPS ยังมีส่วนที่ช่วยในการกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ รวมทั้งโลหะหนักโดยทำหน้าที่ในการดูดซับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย (สุบัติต, 2548)

4.2.2 พลาสมิด (Plasmid)

เป็นส่วนของสารพันธุกรรมที่มีอิสระซึ่งควบคุมการผลิตเอนไซม์เข้ามาช่วยในการย่อยสลายของเสียหลายชนิดที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ซึ่งสามารถส่งผ่านจากแบคทีเรียชนิดหนึ่งไปสู่แบคทีเรียชนิดอื่นๆที่อาศัยอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียได้ (สุบัติต, 2548)

4.3 การแบ่งประเภทของแบคทีเรีย

แบคทีเรียจำเป็นต้องมีพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต และแหล่งของพลังงานที่นำมาใช้ในการดำรงชีวิตนี้อาจจะได้อาจมาจากสารเคมีชนิดต่างๆการแบ่งประเภทของแบคทีเรียตามวิธีของ Bergey นั้น สามารถแบ่งได้โดยอาศัยคุณสมบัติตามประเภทของแหล่งพลังงานดังต่อไปนี้

4.3.1 Autotrophic bacteria

เป็นแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอิสระ (Free oxygen) ในการเผาผลาญสารอนินทรีย์เพื่อให้ได้พลังงานและจะนำคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสร้างสารอินทรีย์เพื่อเป็นสารตั้งต้นในการสร้างเซลล์ใหม่ ซึ่งอาจสรุปได้ว่า จุลินทรีย์ในกลุ่ม Autotrophic bacteria จะเป็นแบคทีเรียในกลุ่มที่ทั้งสร้างสารอินทรีย์จากสารอนินทรีย์นั่นเอง และแบคทีเรียที่สำคัญในกลุ่มนี้คือ Nitrification bacteria ซึ่งสามารถเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรตได้ และสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

ก. Chemolithotrophic bacteria เป็นแบคทีเรียในกลุ่มที่ได้พลังงานจากการเผาผลาญสารอนินทรีย์ (Oxidation) เพื่อนำมาใช้ในการสังเคราะห์สารอินทรีย์

ข. Photosynthesis bacteria เป็นแบคทีเรียในกลุ่มที่ได้พลังงานจากแสงอาทิตย์และธาตุคาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์นำมาสังเคราะห์เป็นสารอินทรีย์

4.3.2 Heterotrophic bacteria

แบคทีเรียประเภทนี้จะใช้ธาตุคาร์บอนจากสารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอน จึงมีความสำคัญที่สุดในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา กล่าวคือในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาลิ่งที่เป็นวัตถุประสงค์หลักของระบบบำบัดคือการให้อินทรีย์ในระบบบำบัด หรือใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงานและเป็นสารตั้งต้นในการสร้างเซลล์ใหม่ ดังนั้นแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาส่วนใหญ่มักจะหมายถึงแบคทีเรียในกลุ่ม Heterotrophic bacteria ซึ่งสามารถแบ่งแบคทีเรียในกลุ่มนี้ออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

ก. Aerobic bacteria เป็นแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอิสระในการสลายสารอินทรีย์ให้เกิดพลังงาน

ข. Anaerobic bacteria เป็นแบคทีเรียที่สามารถเผาผลาญสารอินทรีย์โดยไม่ใช้ออกซิเจนอิสระแต่จะใช้ออกซิเจนที่อยู่ในสารประกอบอินทรีย์ หรือ อนินทรีย์ เช่น NO_3^- SO_4^{2-} ในการสลายสารอินทรีย์ให้เกิดพลังงาน

ค. Facultative bacteria เป็นแบคทีเรียที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ทั้งสภาพที่มีออกซิเจนอิสระ (Aerobic) และไม่มีออกซิเจนอิสระ (Anaerobic) ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนในสภาวะแวดล้อมที่แบคทีเรียอาศัยอยู่

4.4 สภาพแวดล้อมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

การเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะขึ้นอยู่กับลักษณะของสภาพแวดล้อมและอาหารดังนี้

4.4.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

แบคทีเรียแต่ละชนิดมีความต้องการสภาพแวดล้อมที่เป็นกรด-ด่างต่างกันออกไป บางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่มีสภาพเป็นกลาง บางชนิดเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกรด นอกจากนี้ บางชนิดแม้ไม่ชอบสภาพที่เป็นกรดก็ยังสามารถทนต่อสภาพเป็นกรดดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตาม pH ที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5-9 และที่เหมาะสมที่สุดคือ 6.8-7.2 ซึ่งจะเป็นสภาพที่เหมาะสมที่ใช้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา โดยเฉพาะระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ

4.4.2 อุณหภูมิ

อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะแปรผันตามอุณหภูมิและความต้องการของแบคทีเรียชนิดนั้น โดยปกติแล้วอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น จนถึงจุดๆหนึ่งที่จุลินทรีย์ชนิดใดชนิดหนึ่งต้องการหรือเหมาะสม และในที่สุดถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจนแบคทีเรียทนไม่ได้ก็จะตาย ดังนั้น การแบ่งชนิดของแบคทีเรียตามอุณหภูมิอาจจะแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต คือ Psychrophilic , Mesophilic และ Thermophilic โดยแต่ละชนิดต้องการสภาพของจุลินทรีย์ในการเจริญเติบโตหรือดำรงชีวิตที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียกลุ่มต่างๆ

ตารางที่ 3 ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

Type	Temperature	Optimum
	Range, °C	Range, °C
Psychophilic	10-30	12-18
Mesophilic	20-50	25-40
Thermophilic	35-75	55-65

ที่มา: Tchobanoglous *et al.* (2003)

4.4.3 ออกซิเจน

ความสำคัญของออกซิเจนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียซึ่งแบ่งตามความต้องการแหล่งออกซิเจนนั้นมีอยู่ 2 กลุ่มใหญ่ๆ โดยแบคทีเรียชนิดที่ใช้ออกซิเจนอิสระในการดำรงชีวิตถูกจัดอยู่ในกลุ่ม Aerobic bacteria และแบคทีเรียชนิดที่ใช้ออกซิเจนในรูปสารประกอบไม่ว่าจะเป็นสารประกอบอินทรีย์ (Organic oxygen compound) หรือสารอนินทรีย์ (Inorganic oxygen compound) ตัวอย่างเช่น NO_3^- หรือ SO_4^{2-} เป็นต้น ดังนั้น หากควบคุมสภาวะแวดล้อมในน้ำหรือน้ำเสียให้ไม่มีออกซิเจน แบคทีเรียในกลุ่ม Aerobic bacteria ก็จะตายหมด ส่วนแบคทีเรียในกลุ่ม Anaerobic bacteria จะเจริญเติบโตได้ดี

4.4.4 อาหาร

อาหารของแบคทีเรียแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คืออาหารที่ใช้เป็นพลังงานและใช้เพื่อสร้างเซลล์ใหม่ อาหารส่วนใหญ่ได้แก่สารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ อาหารอีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่าอาหารเสริมสร้าง (Nutrients) ซึ่งมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย ได้แก่ สารประกอบไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ที่มีความจำเป็นอย่างมากต่อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำเสีย หากขาดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส การใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาในการบำบัดสิ่งสกปรกซึ่งก็คือสารอินทรีย์ (บีโอดี) จะเป็นไปได้ยาก จะต้องมีการเติมสารทั้งสองลงในน้ำเสียเพื่อให้การบำบัดได้ประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้แล้วยังมีสารประกอบแร่ธาตุต่างๆที่มีความจำเป็นสำหรับแบคทีเรียในการเจริญเติบโต เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม เป็นต้น

4.4.5 อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

ถ้าสภาพแวดล้อมต่างๆ ทั้งทางกายภาพ ทางเคมี ไม่ขัดต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแล้ว อัตราเร่งในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารเท่านั้น (สันทัด, 2552) ทั้งนี้อาหารเสริมสร้าง (Nutrients) จะต้องเพียงพอด้วย กล่าวได้ว่าการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอาจวัดได้โดยการหาปริมาณจำนวนแบคทีเรียที่เพิ่มขึ้น หรือน้ำหนักของแบคทีเรียที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะสัมพันธ์กับระยะเวลา ซึ่งหากเราเลี้ยงแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อหรือน้ำเสียก็ตาม สามารถแบ่งช่วงการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ดังนี้

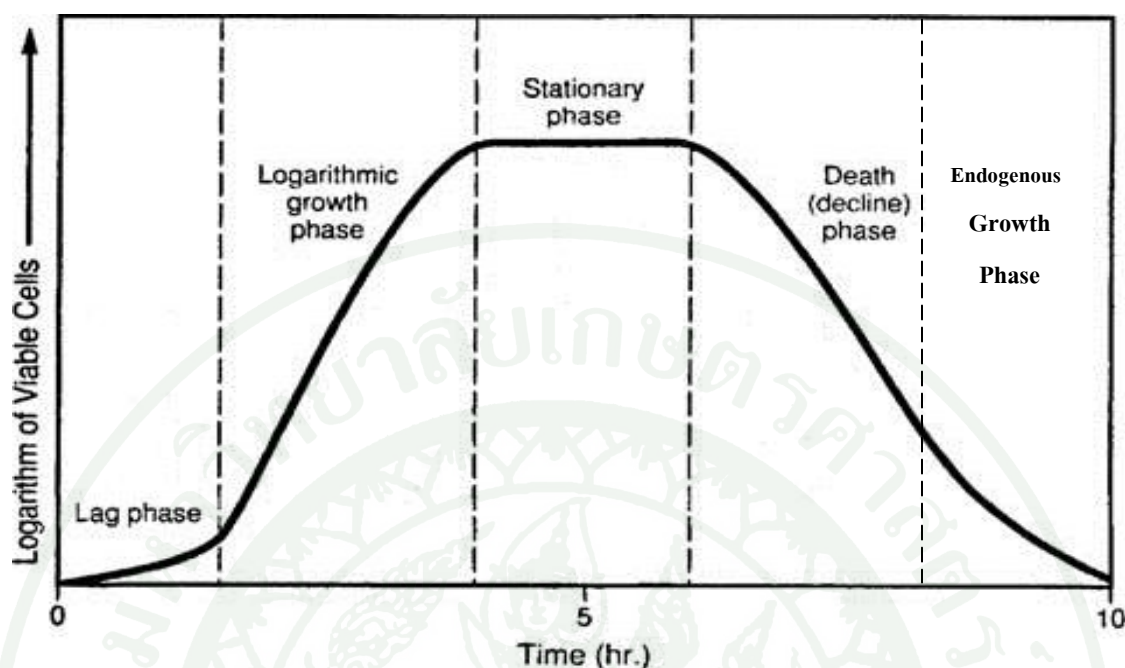
ก. Lag phase เป็นระยะซึ่งแบคทีเรียได้รับสารอาหารเพื่อนำมาสร้างเป็นส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์และกำลังปรับตัวให้เข้ากับสารอาหารที่ได้รับมา ยังไม่มีการแบ่งตัวมากนัก

ข. Log Growth phase เมื่อแบคทีเรียมีการสะสมอาหารและปรับตัวได้แล้ว จะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็วและค่อนข้างสม่ำเสมอ บางครั้งอาจจะเรียกระยะนี้ว่า Steady state อัตราการเจริญเติบโตในระยะนี้จะสูงที่สุด

ค. Stationary phase หลังจากอาหารต่างๆ ในน้ำเสียหรืออาหารเลี้ยงเชื้อเริ่มน้อยลง ของเสียจากแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะถูกจำกัด กล่าวคือแบคทีเรียบางส่วนจะเจริญเติบโตไปได้ และบางส่วนจะตายลง ทำให้ปริมาณแบคทีเรียโดยรวมค่อนข้างคงที่แม้เวลาจะผ่านไป นั่นคือ อัตราการเจริญเติบโตเกือบเป็นศูนย์

ง. Declined growth phase หลังจากระยะ Stationary phase จะพบว่า อาหารยิ่งน้อยลงไปอีก อัตราการตายจะสูงกว่าอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณแบคทีเรียจึงลดลง (ทวี, 2538)

จ. Endogenous growth phase เป็นระยะที่อาหารเหลือน้อยจนเกือบหมด จะมีการตายมากขึ้น พวกที่ดำรงชีวิตอยู่ได้จำเป็นต้องใช้สารอาหารที่สะสมภายในเซลล์เพื่อดำรงชีวิตที่เรียกว่า Auto oxidation (สันทัด, 2552) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสัมพันธ์กับเวลา

ที่มา: Bitton (1999)

จะเห็นว่าการเจริญของแบคทีเรียจะมีปริมาณสารอาหารเป็นตัวควบคุมที่สำคัญในระยะ Log phase ถ้าวัดปริมาณ F/M จะได้มากกว่า 1 แบคทีเรียจะมีจำนวนมากและกระจายตัวใน ระยะ Declined Growth Phase ช่วงต้นๆ อาจจะมี F/M ประมาณ 0.4 และ 0.1 ในช่วงปลายระยะ Endogenous growth phase F/M จะต่ำกว่า 0.1 (ทวี, 2538)

5. จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสีย

จุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียสามารถถูกแบ่งได้ตามลักษณะการทำงานได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1 Floc Forming Microorganisms เป็นพวกที่สร้าง Floc ได้แก่ Zoogloea Ramigera, แบคทีเรียกลุ่ม Genus Pseudomonas, Flavobacterium และ Alcaligenes และพวกอื่นๆ อีกหลาย Genus ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้ถือว่าเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญมาก

2 Saprophyte เป็นพวกหลักที่ย่อยสลายอินทรีย์สาร ซึ่งบางชนิดอาจจะช่วยในการสร้าง Floc แต่ในบางพวกอาจจะไม่ได้ช่วยในการสร้าง Floc ก็ได้

3 Predator เป็นจุลินทรีย์ที่ทำลายจุลินทรีย์ด้วยกัน พวกนี้มักมีขนาดใหญ่กว่าพวกอื่น เช่น โปรโตซัวกินแบคทีเรีย (Protozoa) อมีบา (Amoeba) โรติเฟอร์ (Rotifer) ทำหน้าที่กินจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นอาหาร และสาหร่ายเซลล์เดียวอาจรวมถึงพวก phage ที่สลายเซลล์ของแบคทีเรียด้วย

4 Nuisance Microorganisms เป็นพวกที่ก่อความการทำงานของระบบ เช่น แบคทีเรียที่เป็นเส้นใย (Filamentous Bacteria) ซึ่งทำให้เกิดปัญหาอาการ Bulking Sludge หรือการไม่จมตัวของ Floc (ทวี, 2538)

5.1 แบคทีเรียที่พบในน้ำเสีย

5.1.1 สกุล Pseudomonas

เป็นเซลล์เดี่ยว เป็นแท่งตรง หรือ โค้งเล็กน้อยแต่ไม่เป็นเกลียว ขนาดกว้าง 0.5 - 1 ไมครอน ยาว 1.5 - 4 ไมครอน เคลื่อนที่โดยใช้ Polar flagella แบบ monotrichous หรือ multitrichous ไม่สร้างสปอร์หรือก้าน ไม่มีระยะพักตัว ดัดสีแกรมลบ ดำรงชีวิตแบบ Chemoorganotroph metabolism เป็นแบบ respiration ไม่มีการหมัก บางชนิดเป็นพวก facultative chemolithotroph โดยสามารถใช้ H_2 หรือ CO เป็นแหล่งพลังงาน มี O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน บางชนิดเป็นพวก denitrify คือ สามารถใช้ในเครตเป็นตัวรับอิเล็กตรอนได้ซึ่งเรียกว่าพวก strict aerobe พบได้ทั่วไปในดิน น้ำจืด น้ำทะเล ที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ บางชนิดเป็นสาเหตุของโรคพืช บางชนิดเป็นสาเหตุของโรคในสัตว์และมนุษย์ สามารถใช้แอซิเครตเป็นอาหารหลักได้ เจริญได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 4 - 43 องศาเซลเซียส แต่ส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เจริญได้ดีที่พีเอชเป็นกลางหรือด่าง (7.0 - 8.5) (ดวงพร, 2537) เป็นแบคทีเรียในกลุ่มของ Facultative bacteria สามารถดำรงชีวิตได้ทั้งที่มีอากาศและไม่มีอากาศ โดยถ้าอยู่ในสภาพที่มีอากาศจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรตถ้าในสภาพที่ไม่มีอากาศจะเป็นแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายไนโตรเจน (Gray, 2004) รูปร่างท่อน และยังพบว่าเป็นแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพรวมตะกอนในระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ จากการศึกษาของ Wagner and Loy (2003) ซึ่งทำการศึกษานิคของเชื้อแบคทีเรียที่พบในตะกอนในระบบบำบัด

แบบแอกติเวเตดสตัคซ์ เชื้อแบคทีเรียที่พบคือ *Pseudomonas* sp. และ *Sphaerotilus* sp. และพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของเชื้อจะขึ้นกับปริมาณออกซิเจน (DO) นอกจากนั้นจากการศึกษาของ Benedict and Carlson (2003) ได้ศึกษาพบแบคทีเรียกลุ่ม *Pseudomonas* sp. ในตัวอย่างตะกอนน้ำเสีย ทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียและจากตะกอนน้ำเสียชุมชนด้วยเช่นกัน และจากการศึกษาของ Sundaram และคณะ (2008) พบว่าเมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดในเตรทโดยใช้ แบคทีเรียกลุ่ม *Pseudomonas* sp. ที่คัดแยกจากตัวอย่างน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ โดยทำการทดลอง แบบกะ ที่อุณหภูมิ 30 °C pH 7 พบว่าสามารถมีประสิทธิภาพลดไนเตรทได้สูงถึง 99.4 %

5.1.2 สกุล Zoogloea

รูปร่างเป็นแท่ง กว้าง 0.5 – 1.0 ไมครอน ยาว 1 – 3 ไมครอน ไม่สร้างสปอร์ หรือ ซิส เซลล์ที่อายุน้อยจะเคลื่อนที่ได้ดี โดยใช้ Polar monoflagella ตามแหล่งน้ำธรรมชาติ และใน อาหารที่เลี้ยงเซลล์ จะมาเกาะเป็นกลุ่มใหญ่ ลอยไปมาได้หรือเกาะติด กับพื้นผิว กลุ่มก้อนที่เกาะ กันคล้ายนี้ว่มีลักษณะต่างจากพวกเมือก เพราะมีการสร้าง fibril มาเชื่อมกันระหว่างเซลล์ รูปร่าง ไม่แน่นอนขึ้นกับอายุ ดิคลีแกรมลบ ตามธรรมชาติจะพบเซลล์อยู่เป็นกลุ่มก้อน แต่ในอาหารเลี้ยง เชื้อขึ้นกับอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีการดำรงชีวิตเป็นแบบ Chemoorganotroph มี กระบวนการ respiration มี O₂ เป็นตัวรับอิเล็กตรอน สามารถออกซิไดส์ กลูโคส เอทานอล กลีเซอรอล และ กรดอะมิโน ไบโไฮโดรไลส์เซลลูโลส และแป้งข้าวโพด ไม่มี proteolytic ไม่สร้าง H₂S ไม่รีดิวส์ ไนเตรตหรือไนโตรเจน ไม่สร้างแอมโมเนีย เปปโดน และกรดอะมิโน oxidase catalase เป็นบวก ไม่สามารถใช้ไซเตรต ไม่มีริงควัตตุ เป็นพวก strict aerobe อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 28 – 30 องศาเซลเซียส พีเอชที่เหมาะสมคือ 7-7.5 ไม่เจริญที่ 4.5 หรือ 9.6 Type species ที่ พบคือ *Zoogloea ramigera* (ดวงพร, 2537) Zhengyao Li และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษา ประสิทธิภาพเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Zoogloea* sp. ในการบำบัดคราบน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำทะเล ใน การทดลองได้ทำการเก็บตัวอย่างคราบน้ำมันมาทำการบำบัด โดยใช้ น้ำทะเลสังเคราะห์ที่ ประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ 23 กรัมต่อลิตร ไนโตรเจน 18.24 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัส 1.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อเป็นอาหารสำหรับ แบคทีเรีย จากนั้นเติมตัวอย่างคราบน้ำมันและเชื้อแบคทีเรียลงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ทำการเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 144 ชั่วโมง จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดสูงถึง 44.50 %

5.1.3 สกุล Acinetobacter

รูปร่างเป็นแท่ง เมื่ออายุมากจะเป็นทรงกลม ไม่สร้างสปอร์ ไม่มีแฟลกเจลลา บางสายพันธุ์เคลื่อนที่แบบ twitching บนพื้นผิวที่แข็ง อาจมีหรือไม่มี capsule และ fimbriae ดำรงชีวิตแบบ Chemoorganotroph ผลิต oxidase เป็นลบ catalase เป็นบวก เป็นพวก strict aerobe ด้านทานต่อยาเพนนิซิลิน อยู่เป็นอิสระหรืออาจจะอยู่เป็นแซโพรไฟต์ (ดวงพร, 2537) เป็นแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติในการบำบัดฟอสฟอรัสได้ดี โดยสามารถสะสมโพลีฟอสเฟตไว้ในเซลล์ได้สูงถึง 25% (Gray, 2004) จากการศึกษาของ Wagner and Loy (2002) ซึ่งได้ทำการศึกษาชนิดของแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายฟอสเฟต ที่อยู่ในระบบบำบัดแบบ Activated Sludge และ Biofilm โดยใช้เทคนิคทางโมเลกุล พบว่าแบคทีเรียในกลุ่ม *Acinetobacter* เป็นกลุ่มที่สามารถย่อยสลายโพลีฟอสเฟตได้ดี วิโรจน์ (2009) ทำการศึกษาดิตตามประชากร *Acinetobacter* sp. ในระบบบำบัด Three-Stage Phoredox ชนิดทนต่อไฮเดียมคลอไรด์ 2% โดยใช้อาหารแข็ง Herellea พบว่าประชากร *Acinetobacter* sp. ลดลงและหมดจากระบบใน 46 ชั่วโมง หลังเลี้ยงเชื้อในระบบ ภายหลังศึกษาภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของ *Acinetobacter* sp. ในขวดเขย่าพบว่าน้ำเสียสังเคราะห์ต้องมีค่ากรดต่างมากกว่า 6.0 ปริมาณไฮเดียมคลอไรด์น้อยกว่า 3% *Acinetobacter* sp. จึงจะเจริญได้และสามารถสะสมฟอสเฟตได้ดีตลอดการเจริญเมื่อน้ำเสียสังเคราะห์มีคาร์บอนและฟอสเฟตสมบูรณ์และความสามารถสะสมฟอสเฟตเฉพาะเซลล์จะลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์ไฮเดียมคลอไรด์สูงขึ้น ภายหลังดิตตามประชากร *Acinetobacter* sp. ในระบบบำบัด Three-Stage Phoredox ชนิดทนต่อไฮเดียมคลอไรด์ 1.5% พบว่า *Acinetobacter* sp. ไม่สามารถจะอยู่ในระบบร่วมกับจุลินทรีย์อื่นได้ และหมดจากระบบใน 46 ชั่วโมง

5.1.4 สกุล Nitrosomonas

เซลล์มีรูปร่างเป็นแท่งสั้น หรือวงรี อาจเคลื่อนที่หรือไม่เคลื่อนที่ อยู่เดี่ยวๆ เป็นคู่ หรือลูกโซ่สั้นๆ ติดสีแกรมลบ มี cytomembrane มีลักษณะเป็นถุงอยู่รวมกันในไซโทพลาสซึม ดำรงชีวิตแบบ obligate chemolithotroph โดยออกซิโดส์แอมโมเนียเป็นไนไตรท์และตรึง CO₂ เป็นแหล่งพลังงานและคาร์บอน เป็นพวก strict aerobe อุณหภูมิที่เจริญคือ 5 – 30°C พีเอชที่เจริญคือ 5.8 – 8.5 พบทั่วไปในดิน น้ำจืด และน้ำทะเล (ดวงพร, 2537) แบคทีเรียกลุ่มที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิโดส์แอมโมเนียเป็นไนไตรท์นี้ เรียกว่า Nitrifying Bacteria มีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า (Wagner and Loy, 2002) ใช้เวลาประมาณ 5-10 วัน และยังมีข้อจำกัดด้านสิ่งแวดล้อมคืออัตราการเจริญเติบโตจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ, ความเข้มข้นของออกซิเจน, ค่าความเป็นกรดและด่าง รวมทั้ง

สารประกอบต่างๆ ที่เป็นตัวยับยั้งการเจริญเติบโตแต่ถ้าในน้ำเสียมีจำนวนของ Nitrifying Bacteria มากอยู่ก่อนแล้ว อาจทำให้ค่าบีโอดีที่วัดได้มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้จะใช้ออกซิเจนที่มี เพื่อออกซิไดซ์แอมโมเนีย (สุเทพ, 2551) ดังเช่น Xie Qing และคณะ(2011) ได้ทำการศึกษาความ หลากหลายของแบคทีเรียสกุล Nitrosobacteria ในระบบ SBR เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกชนิด เชื้อแบคทีเรียสำหรับการบำบัดน้ำเสีย การศึกษาในครั้งนี้ใช้ตัวอย่างน้ำเสียและตะกอนจากระบบ บำบัดน้ำเสียจากสินค้ำปุสส์ตัว โดยใช้เทคนิคทางโมเลกุลในการคัดแยกเชื้อ จากการศึกษาพบว่าเชื้อ แบคทีเรียที่เป็นกลุ่มเด่นคือ *Nitrosospira* sp., *Nitrosomonas* sp. และ *Nitrosococcus* sp. พบที่ 97.40 %, 95.30 % และ 88.56 % ตามลำดับ และการทดลองนี้ได้ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพการ บำบัดชีโอดีพบว่ามีประสิทธิภาพมากถึง 98.20 % ส่วนการบำบัดแอมโมเนียพบว่าสามารถบำบัดได้ เกือบหมด Wang และคณะ (2002) ทำการศึกษาแบคทีเรียกลุ่มที่เป็น ammonia – oxidizing (AOB) ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated sludge จำนวน 8 จุด โดยนำน้ำเสียตัวอย่างมาทำการสกัด DNA และทำการตรวจสอบด้วยวิธี PCR ทำให้ทราบได้ว่าในน้ำเสียที่เก็บจากระบบบำบัดจะมีแบคทีเรีย กลุ่ม AOB อยู่เป็นจำนวนมากกว่าน้ำเสียจากชุมชน และแบคทีเรียที่มีลักษณะเด่นชัดที่สุดคือกลุ่ม *Nitrosomonas* spp. โดยจะพบ Species *Nitrosomonas oligotropha* และ *Nitrosomonas communis* อยู่ ในทุกตัวอย่าง ส่วน *Nitrosomonas europaea*. พบเพียงบางตัวอย่างเท่านั้น และจากการศึกษาของ Wagner and Loy (2002) ได้ทำการศึกษาชนิดของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดตะกอนลอยและ สามารถย่อยสลายไนโตรเจนที่อยู่ในระบบบำบัดแบบ Activated Sludge และ Biofilm โดยใช้ เทคนิคทางชีวโมเลกุลพบแบคทีเรียกลุ่ม *Nitrosomonas europaea* และ *Nitrobacter* spp. เป็น ประชากรส่วนใหญ่

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง
 - 1.1 ขวดพลาสติกเก็บตัวอย่างน้ำ ปริมาตร 1.5 ลิตร สำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
 - 1.2 ขวดพลาสติกเก็บตัวอย่างน้ำ ปริมาตร 300 มิลลิลิตร สำหรับวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา
 - 1.3 ขวดแก้วแบบปากกว้าง ปริมาตร 250 มิลลิลิตร สำหรับวิเคราะห์ไขมันและน้ำมัน
2. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
 - 2.1 อุปกรณ์เครื่องแก้ว
 - 2.2 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ยี่ห้อ Hitachi รุ่น U-2800
 - 2.3 เตาอบที่ให้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Binder
 - 2.4 เตาอบที่ให้อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Gerhard
 - 2.5 ชุดกรองสุญญากาศ
 - 2.6 เครื่องชั่งชนิดละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Denver
 - 2.7 ชุดวิเคราะห์ไนโตรเจน ยี่ห้อ Gerhard
 - 2.8 ตู้ดูดความชื้น
 - 2.9 กระดาษกรองชนิด Cellulose Acetate Filter เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร ขนาดรูกรอง 0.45 ไมโครเมตร ยี่ห้อ Wattman
3. อุปกรณ์เพาะเลี้ยงแบคทีเรียและคัดแยกเชื้อ
 - 3.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วปลอดเชื้อ
 - 3.2 แท่งแก้วเกลี่ยเชื้อ
 - 3.3 จานเพาะเชื้อ
 - 3.4 หม้อนึ่งความดันที่ให้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ยี่ห้อ Tommy รุ่น SX-500
 - 3.5 ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar air flow) ยี่ห้อ Lab service
 - 3.6 ตะเกียงแอลกอฮอล์
 - 3.7 ตู้แช่เย็นที่ให้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4. อุปกรณ์ในการศึกษาเซลล์แบคทีเรียและการย้อมสี

- 4.1 แผ่นแก้วสไลด์
- 4.2 หัวเข็มฉีดยา
- 4.3 ตะเกียงแอลกอฮอล์
- 4.4 กล้องจุลทรรศน์ยี่ห้อ Olympus

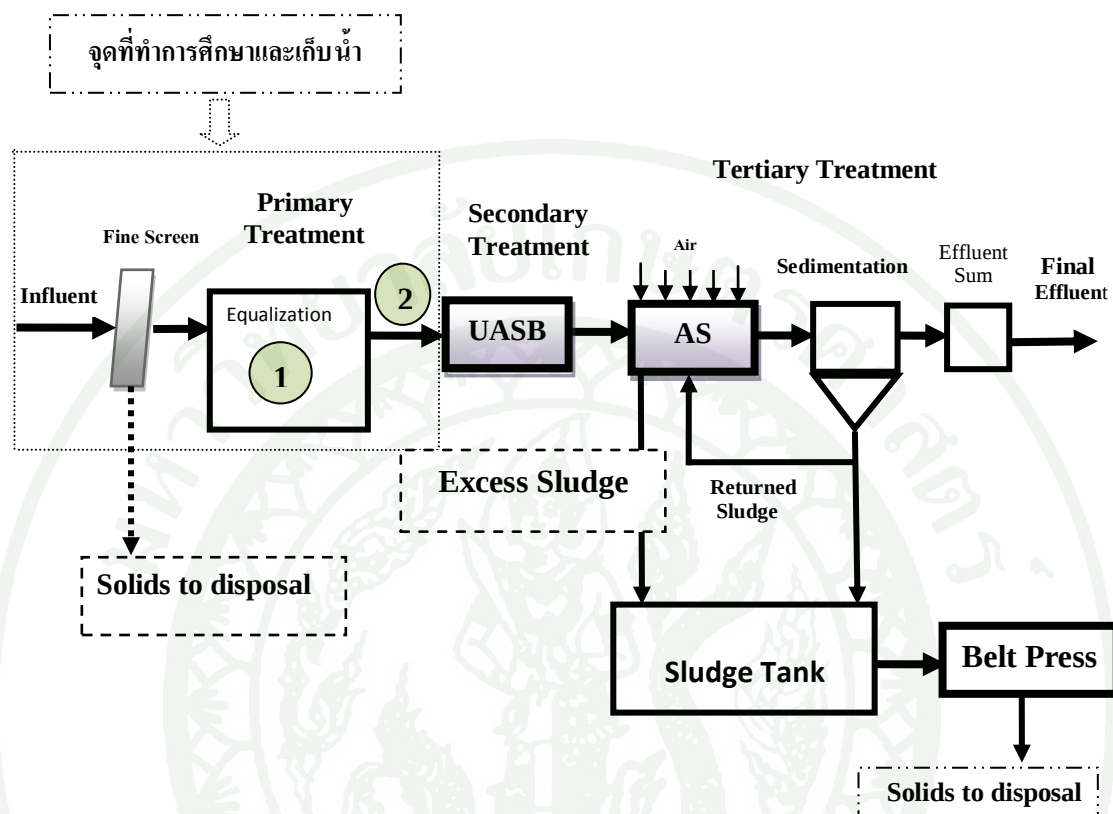
5. สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

- 5.1 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ตามวิธีการของ APHA และ AWWA (1995)
- 5.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ *Acinetobacter* Medium สำหรับเพาะเลี้ยง *Acinetobacter* sp.
- 5.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ *Pseudomonas* CFC Agar สำหรับเพาะเลี้ยง *Pseudomonas* sp.
- 5.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ *Zoogloea* Medium สำหรับเพาะเลี้ยง *Zoogloea* sp.
- 5.5 อาหารเลี้ยงเชื้อ *Nitrosomonas* Medium สำหรับเพาะเลี้ยง *Nitrosomonas* sp.

วิธีการ

การเลือกพื้นที่ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง ภายในเขตจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 3 โรงงาน โดยทำการศึกษาและ เก็บตัวอย่างน้ำจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นของแต่ละโรงงาน เป็นระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพที่ 4 – 6

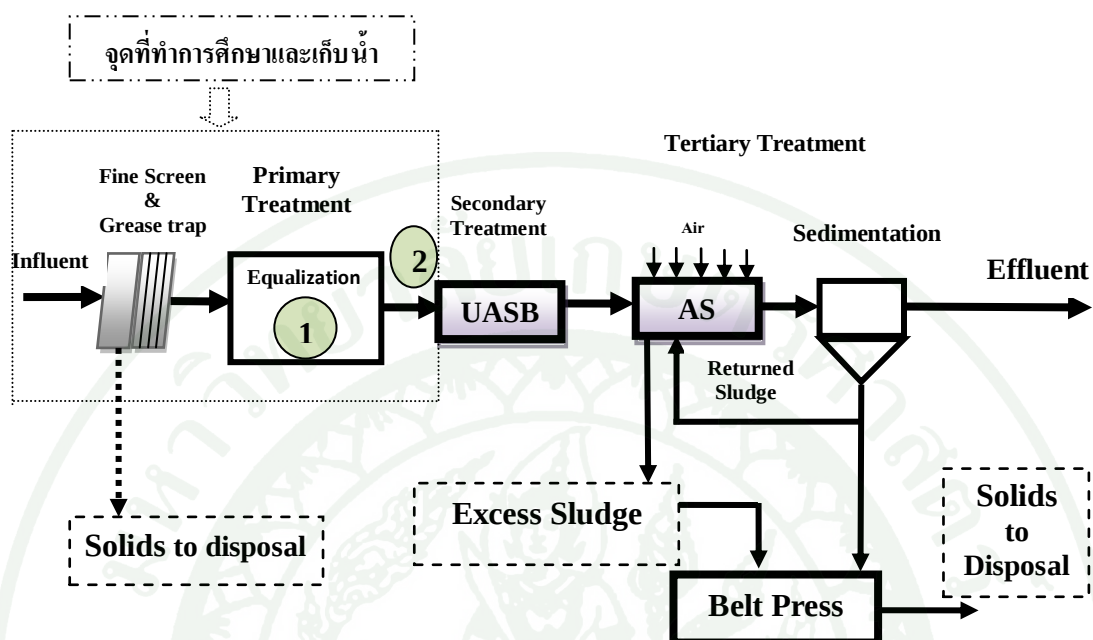
โรงงานที่ 1



- หมายเหตุ ① คือ บ่อปรับสภาพน้ำเสีย (Equalization Tank) เก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา
- ② คือ น้ำเสียผ่านการบำบัดขั้นต้น สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 1

โรงงานที่ 2

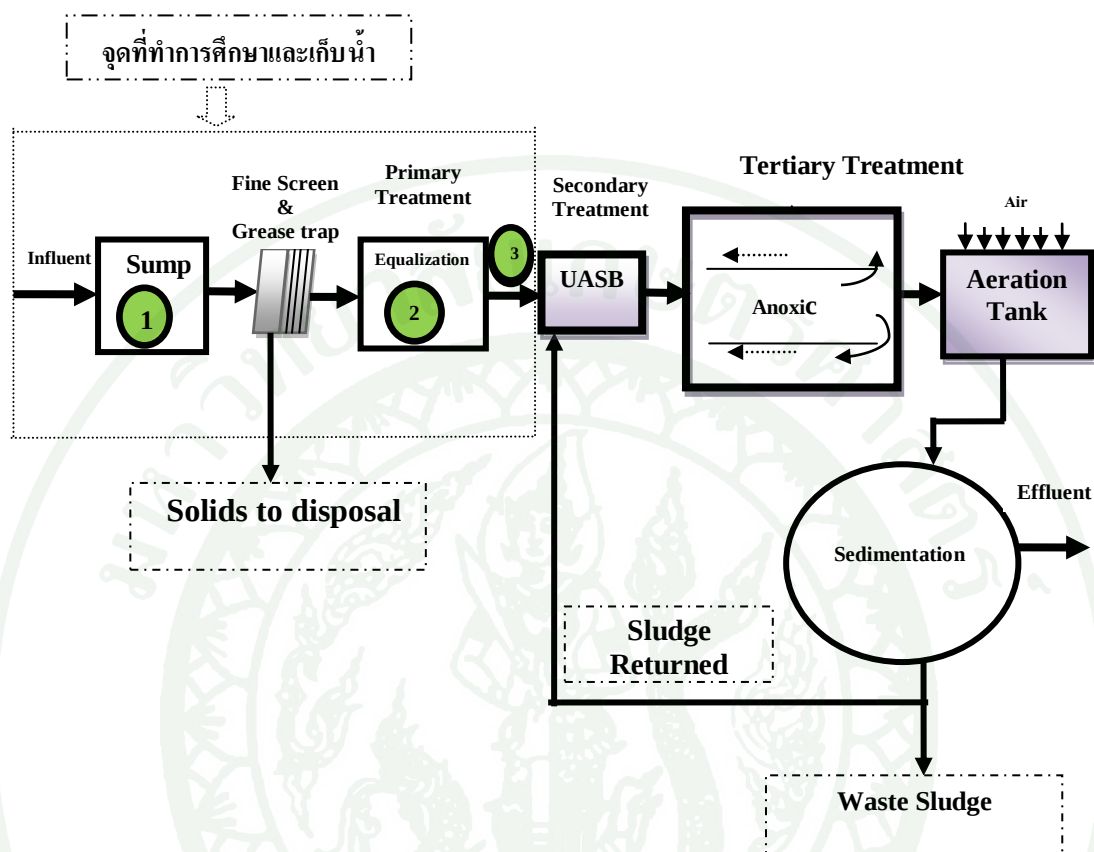


หมายเหตุ (1) คือ บ่อปรับสภาพน้ำเสีย (Equalization Tank) เก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

(2) คือ น้ำเสียผ่านการบำบัดขั้นต้น สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 2

โรงงานที่ 3



- หมายเหตุ ① คือ บ่อรวบรวมน้ำเสีย สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี
- ② คือ บ่อปรับสภาพน้ำเสีย(Equalization Tank) สำหรับวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยา
- ③ คือ น้ำเสียผ่านการบำบัดขั้นต้น สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ภาพที่ 6 แสดงขั้นตอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 3

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสีย

ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำตาม Standard Method for the Examination of Water and Wastewater 20th (APHA *et al.*, 1998) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์

ตัวอย่าง	พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
น้ำเสียจากจุดเก็บ ที่ 1 และ 3	pH	pH meter
	SS	Gravimetric Method
	COD	Closed Reflux Method
	BOD	Azide Modification Method
	TKN	Macro-Kjeldahl Method
	Total phosphorus	Ascorbic Acid Method
	Grease & Oil	Gravimetric Method

ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2539)

2. การวิเคราะห์ทางชีววิทยา

2.1 การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค Spread plate technique

วิธีนี้เป็นวิธีที่เพาะเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อนับจำนวนที่สามารถเจริญบนผิวหน้าอาหารเท่านั้น โดยไปเปิดตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บจากบ่อ Pretreatment ที่ต้องการนับจำนวนจุลินทรีย์มาทำ dilution plate count ในปริมาณ 0.1-0.2 มิลลิลิตร ลงบนผิวของอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะของแบคทีเรียแต่ละชนิด จำนวน 4 ชนิด คือ *Acinetobacter* Medium, *Pseudomonas* CFC Agar, *Zoogloea* Medium, *Nitrosomonas* Medium จากนั้นทำการเกลี่ยตัวอย่างด้วยแท่งแก้ว (glass spreader) พร้อมกับหมุนจานอาหารไปพร้อมๆกัน อาหารวุ้นที่นำมาใช้วิธีนี้จะต้องค่อนข้างแห้งเพื่อให้ตัวอย่างที่เกลี่ยบนอาหารวุ้นซึมเข้าไปในวุ้นเร็วและไม่ตกค้างอยู่บนบนพื้นผิววุ้น จากนั้นนำจานอาหารไปบ่มที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมโดยคำนวณลง เชื้อจะเจริญเป็น

โคโลนีเดี่ยว ซึ่งจะพบโคโลนีบนผิวหน้าอาหาร (ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553)

2.2 การคัดแยกเชื้อบริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการ Streak plate technique

คือการนำเชื้อที่เป็นโคโลนีเดี่ยวมาลากบนผิวอาหารแข็งซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะของแบคทีเรียแต่ละชนิด ด้วยลวดเขี่ยเชื้อโดยลากวนไปวนมาให้ยาวที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้ในตอนท้ายๆเชื้อหลุดแยกออกจากกัน และเรียงตัวอยู่ห่างๆกัน ซึ่งเชื้อเหล่านี้จะเจริญเป็นโคโลนีที่มาจากเซลล์เดี่ยว จึงนับว่าเป็นเชื้อบริสุทธิ์ (ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553)

2.3 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

2.3.1 การศึกษาคุณสมบัติการติดสีแกรม

เป็นวิธีการเบื้องต้นในการจำแนกแบคทีเรียออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ การย้อมนี้จัดเป็นการย้อมแบบ differential staining ซึ่งหมายถึงการใช้สีย้อมตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป สีย้อมแรกเรียกว่า primary stain ซึ่งได้แก่สี crystal violet ส่วนสีที่สองเรียกว่า counter stain หรือ secondary stain สีที่ใช้คือ safranin O แบคทีเรียที่ย้อมติดสีแรก เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ส่วนแบคทีเรียที่ติดสีที่สองเป็นแบคทีเรียแกรมลบ ระหว่างการย้อมสีแรก กับสีที่สอง จะมีการใช้สารละลายไอโอดีน ซึ่งทำหน้าที่เป็น mordant ช่วยให้ crystal violet จับกับพวกแบคทีเรียแกรมบวก (ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553)

2.3.2 การศึกษารูปร่างของเซลล์แบคทีเรียโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

เป็นการศึกษารูปร่างของเซลล์โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า ซึ่งตัวอย่างที่จะนำมาศึกษาต้องทำการสเมียร์ตัวอย่างลงไปบนแผ่นสไลด์ รอให้แห้ง แล้วตรึงตัวอย่างติดแน่นบนสไลด์โดยการลนผ่านเปลวไฟ จากนั้นทำการย้อมสีแกรมเพื่อให้เห็นรูปร่างของเซลล์ชัดเจน (สาวิตรี, 2552)

2.4 การศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมี (Biochemical Test)

เป็นการทดสอบเพื่อแยกชนิดของแบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียแต่ละชนิดมีความสามารถในการย่อยสลายอาหารแตกต่างกัน ดังนั้นการทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีจึงสามารถวินิจฉัยเชื้อแต่ละชนิดได้ ซึ่งในการทดลองได้ทำการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี ดังนี้

2.4.1 การทดสอบแคตาเลส (Catalase Test)

เป็นการดูความสามารถของแบคทีเรียในการสลาย H_2O_2 โดยเอนไซม์ catalase ผลบวกจะเกิดฟองแก๊ส O_2 (ดวงพร, 2537)

วิธีการทดสอบ

1. ปูกลูเชื้อลงในอาหารร่วนที่เอียง บ่มที่อุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นเวลา 18 – 24 ชั่วโมง
2. หยด 3 % H_2O_2 1 หยด ลงบน slide
3. ใช้สวด Nichrome เชี่ยเชื้อลงไปบน slide และผสมให้เข้ากันดี (Harley and Prescott, 2002)

ผลบวก เกิดฟองแก๊ส

ผลลบ ไม่เกิดฟองแก๊ส

2.4.2 การทดสอบออกซิเดส (Oxidase Test)

ใช้ในการจัดจำแนกสกุลต่างๆ ของแบคทีเรียแกรมลบ การพบเอนไซม์ Oxidase Test เกิดจากการนิ่ดสารละลายผสมของ α -naphthol และ p-phenylene diamine เข้าไปในสัตว์ จะเกิดสีน้ำเงินขึ้น ซึ่งเป็นสีของ indophenols blue ปฏิกิริยานี้เรียกว่า nadi reaction ซึ่งพบได้ใน aerobic respiration bacteria รวมทั้งพวก enterobacteriaceae (ดวงพร, 2537)

วิธีการทดสอบ

Kovacs' method

1. หยด 0.5% tetramethyl-p-phenylenediamine HCl ลงในกระดาศกรอง
2. ใช้ลวด Nichrome เขี่ยโคโลนีออกมาทดสอบ โดยลากโคโลนีไปบนกระดาศกรอง (Harley and Prescott, 2002)

ผลบวก เกิดสีม่วงเข้มภายใน 10 วินาที

ผลลบ ไม่เกิดสีม่วงเข้มภายใน 10 วินาที

2.4.3 การศึกษาการเคลื่อนตัว (Motility Test)

เป็นการทดสอบการเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์โดยการเลี้ยงเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดกึ่งเหลว (Semi-solid agar) โดยเทคนิคการแทงเชื้อ (stab) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ (งามนิจ, 2547)

วิธีการทดสอบ

1. Inoculate เชื้อโดยใช้ Inoculating needle ที่เผาไฟจนร้อนแดง แล้วแทง (stab) ลงในหลอดอาหารวุ้นกึ่งเหลวให้ลึกประมาณ 1 / 2 นิ้ว และอีกหลอดไม่ Inoculate เก็บไว้เป็น Control
 2. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง
- ตรวจสอบผลการทดลองโดยเปรียบเทียบกับหลอดที่เป็น Control

Positive (motile) = แบคทีเรียจะเจริญกระจายไปทั่วหลอด จึงทำให้อาหาร เลี้ยงเชื้อขุ่นไปทั่วทั้งหลอด

Negative (non-motile) = แบคทีเรียจะเจริญตามแนว stab เท่านั้น

Control = ใส ไม่มีแบคทีเรียเจริญ

7. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม 1 (อาคารชำนาญพิเศษ) และ ห้องปฏิบัติการ
วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม 2 (อาคารปฏิบัติการและวิจัย) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. ระยะเวลาทำการวิจัย

เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 - เดือนมีนาคม พ.ศ. 2555

ผลและวิจารณ์

1. การศึกษาคุณภาพทางเคมีของน้ำเสีย

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสียจากระบบบำบัดขั้นต้น (Primary treatment) สำหรับโรงงานที่ 1 และ 2 ใช้ตัวอย่างน้ำเข้าและออกบ่อปรับสภาพน้ำเสีย (Equalization tank) โรงงานที่ 3 ใช้ตัวอย่างน้ำจากบ่อรวบรวมน้ำเสีย (Sum) และทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางกายภาพและทางเคมีดังนี้ บีโอดี, ซีโอดี, ฟอสฟอรัสทั้งหมด, ทีเคเอ็น, ไนมันและน้ำมัน, ของแข็งแขวนลอย, พีเอช โดยทำการวิเคราะห์ตาม Standard Method for the Examination of Water and Wastewater 20th (APHA *et al.*, 1998) ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงานทั้งสามแห่งแสดงดังตารางที่ 5-7

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 1

ครั้งที่	ประสิทธิภาพ (%)						
	บีโอดี	ซีโอดี	ฟอสฟอรัส ทั้งหมด	ทีเคเอ็น	ไนมัน และ น้ำมัน	ของแข็ง แขวนลอย	พีเอช
1	21.90	15.38	-1.46	13.71	91.86	6.17	6.78
2	22.58	57.14	-3.96	18.56	29.63	10.11	7.01
3	27.93	50.00	4.28	30.87	-5.99	44.09	7.27
4	3.03	25.00	-8.40	15.94	43.94	14.13	7.01

จากผลการทดลองตารางที่ 5 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย (SS) ของครั้งที่ 1, 2 และ 4 มีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำคือ 6.17, 10.11 และ 14.13 % ตามลำดับ ยกเว้นในครั้งที่ 3 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างดีคือสามารถบำบัดได้สูงถึง 44.09 % สอดคล้องกับประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีในครั้งที่ 3 พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดได้ 27.93 % เป็นไปตามเกณฑ์การบำบัดขั้นต้นซึ่งสามารถบำบัดบีโอดีได้ 25-40 % (Tchobanoglous *et al.*, 2003) แต่ครั้งที่ 1, 2 และ 4 พบว่า ต่ำกว่าเกณฑ์การบำบัดคือสามารถบำบัดได้เฉลี่ยเพียง 24.14 % เนื่องจากประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยค่อนข้างต่ำ สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส

ของครั้งที่ 1, 2 และ 4 พบว่าเป็นลบคือ -1.46 %, -3.96 % และ -8.40 % ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์การบำบัดขั้นต้นที่สามารถบำบัดฟอสฟอรัสได้ 10-20 % (เกรียงศักดิ์, 2535) ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีโดยรวมพบว่าค่อนข้างดีคือสามารถบำบัดได้เฉลี่ย 44.05 % ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นพบว่าสามารถบำบัดได้เฉลี่ย 19.77 % เป็นไปตามเกณฑ์การบำบัดขั้นต้นที่สามารถบำบัดไนโตรเจนได้ 10-20 % (เกรียงศักดิ์, 2535) และประสิทธิภาพการบำบัดไขมันและน้ำมัน(Grease&oil) ในครั้งที่1,2 และ 4 พบว่าค่อนข้างสูงคือสามารถบำบัดได้เฉลี่ยถึง 55.14 % ยกเว้นในครั้งที่ 3 พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดเป็นลบคือ -5.99 %

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 2

ครั้งที่	ประสิทธิภาพ (%)						
	บีโอดี	ซีโอดี	ฟอสฟอรัส ทั้งหมด	ทีเคเอ็น	ไขมัน และ น้ำมัน	ของแข็ง แขวนลอย	พีเอช
1	-13.18	33.34	8.48	-37.00	-4.17	7.23	6.42
2	-6.62	4.53	10.95	6.13	9.09	-4.68	6.63
3	82.79	70.00	5.33	16.92	91.89	65.54	6.49
4	62.65	46.15	15.98	3.92	84.74	62.46	6.30

จากตารางที่ 6 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของครั้งที่ 1 และ 2 มีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำในทุกพารามิเตอร์ โดยประสิทธิภาพการบำบัดตะกอนแขวนลอยของโรงงานพบว่าสามารถบำบัดได้เพียง 7.23 % และ -4.68 % ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์การบำบัดของระบบบำบัดขั้นต้นที่ควรบำบัดตะกอนแขวนลอยได้ประมาณ 50-60 % (เกรียงศักดิ์, 2535) ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ต่ำลงด้วยเช่นกัน ดังเช่น ประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี ครั้งที่ 1 และ 2 พบว่าเป็นลบ คือ -13.18 % และ -6.62 % ตามลำดับ เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นพบว่าต่ำเช่นกันคือเฉลี่ย -37.00 และ 6.13 % การบำบัดไขมันในครั้งที่ 1 และ 2 พบว่ามีประสิทธิภาพต่ำคือ -4.17 % และ 9.09 % ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในครั้งที่ 3 และ 4 พบว่าประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดีในทุกพารามิเตอร์ ดังเช่นประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีพบว่าโดยเฉลี่ยสูงถึง 72.72 % เป็นไปตามเกณฑ์การบำบัดขั้นต้นที่ควรบำบัดได้ 25-40 % (Tchobanoglous *et al.*, 2003) ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยพบสูงถึง

64.00 % เป็นไปตามเกณฑ์การบำบัดของระบบบำบัดขั้นต้นที่ควรบำบัดตะกอนแขวนลอยได้ประมาณ 50-60 % (เกรียงศักดิ์, 2535) และทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 3 ลดลง ประสิทธิภาพการบำบัดชีโอดีโดยเฉลี่ยบำบัดได้สูงถึง 58.08 % ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสพบเฉลี่ย 10.66 % อยู่ในเกณฑ์การบำบัดขั้นต้นที่สามารถบำบัดฟอสฟอรัสได้ 10-20 % (เกรียงศักดิ์, 2535) ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปที่เคเอ็นโดยเฉลี่ยพบ 10.42 % เป็นไปตามเกณฑ์การบำบัดขั้นต้นคือ 10-20 % (เกรียงศักดิ์, 2535) สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดไขมันและน้ำมันพบว่าสามารถบำบัดได้สูงถึง 88.32%

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 3

ครั้งที่	ประสิทธิภาพ (%)						พีเอช
	บีโอดี	ซีโอดี	ฟอสฟอรัส ทั้งหมด	ทีเคเอ็น	ไขมัน และ น้ำมัน	ตะกอน แขวนลอย	
1	41.33	23.53	42.56	37.69	7.14	71.96	6.42
2	43.19	58.74	31.10	42.07	-20.00	-31.60	6.82
3	34.44	76.93	43.64	36.68	60.92	79.07	6.29
4	50.76	25.00	17.76	31.19	17.13	64.12	6.17

จากผลการทดลองตารางที่ 7 พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 3 มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดีในทุกพารามิเตอร์ สามารถบำบัดบีโอดีเฉลี่ยสูงถึง 42.43 % เป็นไปตามเกณฑ์การบำบัดขั้นต้นที่ควรบำบัดได้ 25-40 % (Tchobanoglous *et al.*, 2003) ประสิทธิภาพการบำบัดชีโอดีเฉลี่ย 46.05 % ประสิทธิภาพการบำบัดตะกอนแขวนลอยพบสูงถึง 71.72 % ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์การบำบัดตะกอนแขวนลอยของระบบบำบัดขั้นต้นที่ควรบำบัดได้ 50-60 % (เกรียงศักดิ์, 2535) ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสและไนโตรเจนในรูปที่เคเอ็นสามารถบำบัดได้สูงถึง 33.77 และ 36.91 % ตามลำดับ สูงกว่าเกณฑ์การบำบัดขั้นต้นที่สามารถบำบัดฟอสฟอรัสและไนโตรเจนได้ประมาณ 10-20 % (เกรียงศักดิ์, 2535) ประสิทธิภาพการบำบัดไขมันและน้ำมันสามารถบำบัดได้เฉลี่ย 28.40 % ยกเว้นในครั้งที่ 2 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดต่ำลงคือสามารถบำบัดได้เพียง -20.00 %

2. การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

ทำการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาโดยใช้ตัวอย่างน้ำเสียในบ่อปรับสภาพน้ำเสีย (Equalization tank) ของระบบบำบัดขั้นต้น (Primary treatment) และทำการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค Spread plate เพื่อบันทึกจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียแต่ละชนิดที่พบในอาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะ, คัดแยกเชื้อบริสุทธิ์ด้วยเทคนิค Streak plate เพื่อให้ได้กลุ่มเซลล์ที่เป็นชนิดเดียวกัน หรือที่เรียกว่า โคโลนี (Colony) ซึ่งเจริญมาจากเซลล์เดียวและเป็นเชื้อบริสุทธิ์, ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา โดยใช้วิธีย้อมสีแกรม แล้วนำไปตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 1000 เท่า) ทำให้เห็นการติดสี รูปร่างลักษณะ และการเรียงตัวของแบคทีเรีย (เบญจภรณ์, 2550), ศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมี (Biochemical Test) เพื่อแยกและวินิจฉัยเชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิด โดยทดสอบการเกิดปฏิกิริยา แคตาเลส (Catalase test) ปฏิกิริยาออกซิเดส (Oxidase test) และคุณสมบัติการเคลื่อนตัว (Motility Test) (ดวงพร, 2537) ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 8-11 และภาพที่ 7

2.1 การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค Spread plate

ผลการนับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียแต่ละชนิดที่พบในอาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะ จากตัวอย่างน้ำของแต่ละโรงงาน พบว่าทั้ง 3 โรงงานแบคทีเรียในกลุ่ม *Pseudomonas* sp. เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่พบเป็นส่วนใหญ่ โดยจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณแบคทีเรียที่พบบนอาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะ

แบคทีเรีย	ชนิดอาหารเลี้ยงเชื้อ	จำนวนแบคทีเรีย (CFU /ml)		
		โรงงาน 1	โรงงาน 2	โรงงาน 3
<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Pseudomonas</i> CFC Agar	5.4×10^8	2.2×10^6	8.3×10^8
<i>Acinetobacter</i> sp.	<i>Acinetobacter</i> Medium	4.0×10^7	7.3×10^7	5.5×10^7
<i>Zoogloea</i> sp.	<i>Zoogloea</i> Medium	3.6×10^8	2.5×10^6	4.0×10^8
<i>Nitrosomonas</i> sp.	<i>Nitrosomonas</i> Medium	1.6×10^6	1.0×10^6	1.3×10^6

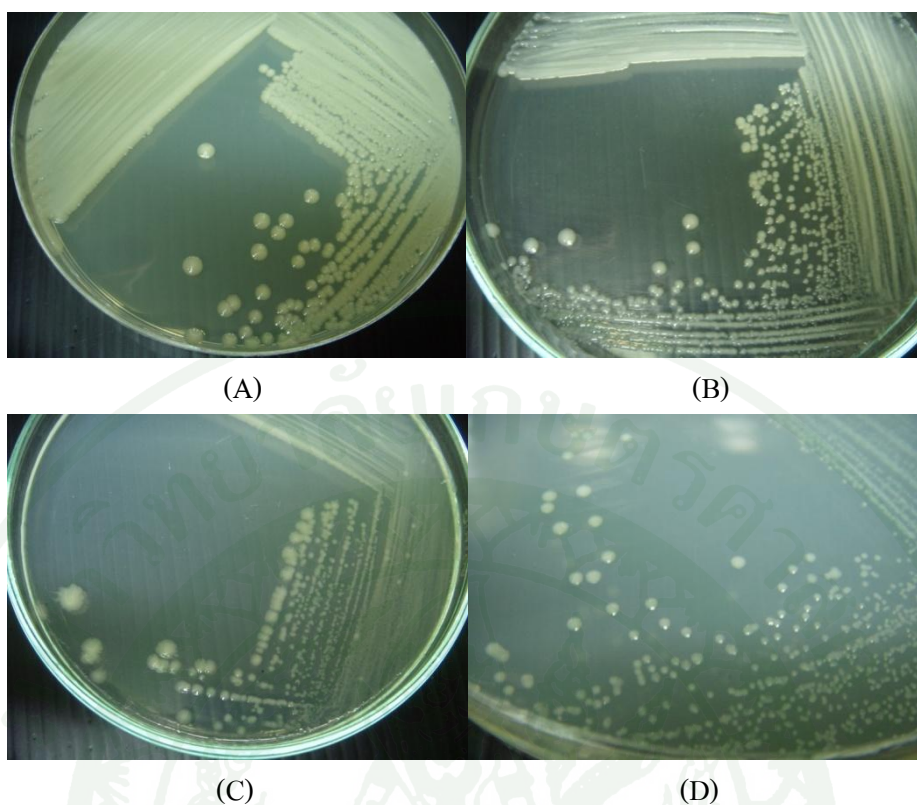
จากตารางที่ 8 พบว่าโรงงานที่ 1 เชื้อแบคทีเรียที่พบเป็นส่วนใหญ่คือ *Pseudomonas* sp. มีจำนวน 5.4×10^8 CFU /ml รองลงมาคือแบคทีเรียในกลุ่ม *Zoogloea* sp.พบว่ามีจำนวน 3.6×10^8 CFU /ml , *Acinetobacter* sp.พบ 4.0×10^7 CFU /ml และ *Nitrosomonas* sp.พบว่ามีจำนวนน้อยที่สุดคือ 1.6×10^6 สำหรับโรงงานที่ 2 แบคทีเรียที่พบเป็นส่วนใหญ่คือ *Acinetobacter* sp. มีจำนวน 7.3×10^7 CFU /ml รองลงมาคือแบคทีเรียในกลุ่ม *Zoogloea* sp.พบว่ามีจำนวน 2.5×10^6 CFU /ml , *Pseudomonas* sp. พบ 2.2×10^6 CFU /ml และ *Nitrosomonas* sp.พบว่ามีจำนวนน้อยที่สุดคือ 1.0×10^6 CFU /ml และโรงงานที่ 3 แบคทีเรียที่พบเป็นส่วนใหญ่คือ *Pseudomonas* sp. มีจำนวน 8.3×10^8 CFU /ml รองลงมาคือแบคทีเรียในกลุ่ม *Zoogloea* sp.พบว่ามีจำนวน 4.0×10^8 CFU /ml , *Acinetobacter* sp. พบ 5.5×10^7 CFU /ml และ *Nitrosomonas* sp.พบว่ามีจำนวนน้อยที่สุดคือ 1.3×10^6 CFU /ml

2.2 ผลการคัดแยกเชื้อบริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการ Streak plate technique

ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียแต่ละชนิดที่พบในอาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะ จากตัวอย่างน้ำของแต่ละโรงงานพบว่ามีลักษณะคล้ายกัน โดยโคโลนีที่พบส่วนมากมีรูปร่างกลมมน สีขาวขุ่น เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 – 5 มิลลิเมตร ส่วน *Zoogloea* sp.มีลักษณะแผ่ชั้นเล็กน้อย ผิวโคโลนีมีเมือกเคลือบ ในขณะที่แบคทีเรีย *Nitrosomonas* sp.บนอาหารเลี้ยงเชื้อ *Nitrosomonas* Medium โคโลนีมีรูปร่างเล็กบาง เส้นผ่านศูนย์กลาง 1-2 มิลลิเมตร สีขาวใส สังเกตเห็นได้ยาก และเจริญเติบโตช้า คือใช้เวลาสำหรับการเพาะเลี้ยงประมาณ 3 วัน แสดงดังตารางที่ 9 และภาพที่ 7

ตารางที่ 9 ลักษณะโคโลนีเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะ

แบคทีเรีย	ชนิดอาหารเลี้ยงเชื้อ จำเพาะ	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ลักษณะโคโลนี
<i>Acinetobacter</i> sp.	<i>Acinetobacter</i> Medium	2-5	กลม นูน ขอบเรียบ
<i>Pseudomonas</i> sp	<i>Pseudomonas</i> CFC Agar	2-5	กลม นูน ขอบเรียบ
<i>Zoogloea</i> sp.	<i>Zoogloea</i> Medium	2-5	กลม นูน ขอบ ไม่เรียบ
<i>Nitrosomonas</i> sp.	<i>Nitrosomonas</i> Medium	1-2	กลม แบน ขอบเรียบ

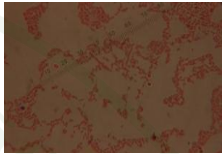
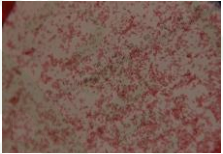


ภาพที่ 7 แสดงลักษณะโคโลนีของเชื้อ *Acinetobacter* sp. (A) พบว่ามีสีขาวขุ่น รูปร่างกลมมน , *Pseudomonas* sp.(B) มีสีขาวขุ่น รูปร่างกลมมน, *Zoogloea* sp. (C) มีสีขาวขุ่น รูปร่างก้างเผือกด้านข้าง ขอบมีลักษณะคล้ายเมือกเคลือบ , *Nitrosomonas* sp. (D) โคโลนีมีรูปร่างกลมแบน สีขาวใส

2.3 ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ทำการศึกษาการติดสีแกรมของแบคทีเรียที่เรียกด้วยเทคนิค Gram Stain โดยการนำแบคทีเรียที่ได้จากการคัดแยกเชื้อมาทำการย้อมสีแกรม จากนั้นทำการศึกษารูปร่างของเซลล์แบคทีเรียโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1000 เท่า ทำให้ทราบถึงลักษณะรูปร่างของเซลล์แบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียส่วนใหญ่ที่พบในน้ำเสียจะเป็นแบคทีเรียที่ติดสีในแกรมลบ รูปร่างท่อน ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการศึกษาการติดสีและรูปร่างของเซลล์แบคทีเรียโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

แบคทีเรีย	การติดสีแกรม	รูปร่าง	รูปร่างของเซลล์แบคทีเรีย
<i>Acinetobacter</i> sp.	แกรมลบ	ท่อน	
<i>Pseudomonas</i> sp.	แกรมลบ	ท่อน	
<i>Zoogloea</i> sp.	แกรมลบ	ท่อน	
<i>Nitrosomonas</i> sp.	แกรมลบ	ท่อน	

จากผลการทดลอง ตารางที่ 10 เมื่อทำการทดสอบการติดสีแกรมและศึกษารูปร่างของเซลล์แบคทีเรียภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าแบคทีเรียทุกชนิดให้ผลการทดสอบการติดสีและมีรูปร่างของเซลล์ที่เหมือนกันคือ สามารถติดสีแกรมลบ และมีรูปร่างท่อน ซึ่งตรงตามคุณสมบัติของแบคทีเรียที่พบในน้ำเสียส่วนใหญ่พบว่าเป็นแบคทีเรียแกรมลบ มีรูปร่างท่อน (Buchanan, 1957)

2.4 การศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมี (Biochemical Test)

เมื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีของเชื้อแบคทีเรียโดยทดสอบคุณสมบัติการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดสและแคตาเลส สำหรับเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Pseudomonas* sp., *Zoogloea* sp. และ *Acinetobacter* sp. ทดสอบคุณสมบัติการเคลื่อนตัวสำหรับแบคทีเรียกลุ่ม *Nitrosomonas* sp. จากนั้นทำการทดสอบตามวิธีของ Bergey's manual of determinative bacteriology 8th ให้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมี

แบคทีเรีย	การทดสอบทางชีวเคมี (Biochem Test)		
	ออกซิเดส	แคตาเลส	การเคลื่อนตัว
<i>Pseudomonas</i> sp.	+	+	n
<i>Nitrosomonas</i> sp.	n	n	+
<i>Zoogloea</i> sp.	+	+	n
<i>Acinetobacter</i> sp.	-	+	n

หมายเหตุ (+) คือ เกิดปฏิกิริยาแคตาเลสเกิดฟองแก๊ส/ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดสเกิดสีม่วงเข้มภายใน 10 วินาที / มีการเคลื่อนตัวในอาหารเลี้ยงเชื้อ
 (-) คือ ไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดส ไม่เกิดสีม่วงเข้มภายใน 10 วินาที
 (n) คือ ไม่ทำการทดสอบ

จากตารางพบว่าแบคทีเรียกลุ่ม *Pseudomonas* sp. เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีทั้งใน Oxidase Test และ Catalase Test ส่วน *Nitrosomonas* sp. ทำการทดสอบคุณสมบัติการเคลื่อน (Motility) พบว่าสามารถเคลื่อนตัวได้โดยจะสังเกตเห็นแบคทีเรียเจริญกระจายไปทั่วหลอดทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อขุ่นไปทั่วทั้งหลอด, *Zoogloea* sp. เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีทั้งใน Oxidase Test และ Catalase Test และ *Acinetobacter* sp. เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีกับ Catalase Test แต่ไม่เกิดปฏิกิริยากับ Oxidase Test (แสดงตามภาคผนวก ง)

3. การศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการลดค่าความสกปรกในน้ำเสีย

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 1 (ตารางที่ 5) พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของถังแขวนลอยครั้งที่ 1, 2 และ 4 มีประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างต่ำ และเนื่องจากของแข็งแขวนลอยประมาณ 70 % นั้นเป็นสารอินทรีย์ร่วมกับไนโตรเจน ชัลเฟอร์ และฟอสฟอรัส ซึ่งตัวอย่างสารอินทรีย์กลุ่มนี้คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต (วิทยา, 2525) ดังนั้นจึงเป็นผลให้น้ำเสียนี้อาจมีปริมาณสารอินทรีย์มากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี พบว่ามีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์การบำบัดคือเฉลี่ย 24.14 % โดยทั่วไปแล้วระบบบำบัดขั้นต้นจะสามารถบำบัดบีโอดี ได้ถึง 25-40 % (Tchobanoglous *et al.*, 2003) ทั้งนี้เนื่องจากในระบบบำบัดขั้นต้นของโรงงานที่ 1 มีอัตราการเติมออกซิเจนค่อนข้างต่ำเพราะน้ำเสียผ่านเฉพาะ

ตะแกรงหยาบและละเอียดเท่านั้น ดังนั้น จึงส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียถูกจำกัด ด้วยปริมาณออกซิเจน ทำให้อัตราการลดปริมาณบีโอดีค่อนข้างต่ำ (เสริมพล และ ไชยยุทธ, 2536) อีกทั้งการมีปริมาณสารอินทรีย์ในรูปต่างๆอยู่มาก เช่น สารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของแข็งแขวนลอย, ปริมาณไนโตรเจน รวมทั้งฟอสฟอรัส ซึ่งเหล่านี้นับว่าเป็นธาตุอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ถ้ามี ปริมาณมากจะทำให้ออกซิเจนของแหล่งน้ำนั้นลดลง เมื่อพิจารณาถึงค่า F/M ratio คือ BOD:N:P ควรมีอัตราส่วนที่ 100:5:1 (Tchobanoglous *et al.*, 2003) จึงจะทำให้มีประสิทธิภาพการบำบัดได้ดี แต่จากการพบว่า F/M ratio มีอัตราส่วนที่ไม่สัมพันธ์กัน ยกตัวอย่างเช่น จากการที่ 5 พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น มีประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างต่ำ ซึ่งจะมีผลต่อ ประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีและซีโอดี เนื่องจากถ้าน้ำทิ้งที่มีปริมาณสารประกอบไนโตรเจนอยู่ใน แหล่งน้ำจะส่งผลต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนเพราะจะเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันที่ทำให้ ไนโตรเจน ที่อยู่ในรูปแอมโมเนียถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรท์และไนเตรต ในสภาพที่มีออกซิเจน โดย Autotrophic Bacteria กลุ่ม *Nitrosomonas* และ *Nitrobacter* การออกซิไดซ์แอมโมเนียเป็น ไนไตรท์นั้นต้องการใช้ออกซิเจน 4.6 kg/แอมโมเนีย 1 kg (สุธา, 2545) และถ้าในน้ำเสียมีจำนวน ของ Nitrifying Bacteria มากอาจทำให้ค่าบีโอดีที่วัดได้มีค่าสูงขึ้น (สุเทพ, 2551) และเมื่อพิจารณา จากเกณฑ์การบำบัดของระบบบำบัดขั้นต้นพบว่าไม่สามารถบำบัดไนโตรเจนที่อยู่ในรูปแอมโมเนีย ได้ (เกรียงศักดิ์, 2535) จึงเป็นผลให้ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นมีปริมาณมาก และทำให้ ประสิทธิภาพการบำบัดต่ำลงตามไปด้วย ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสครั้งที่ 1, 2 และ 4 พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดเป็นลบคือ -1.46 %, -3.96 % และ -8.40 % ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการ บำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียนั้นกระบวนการที่นิยมคือ การตกตะกอนด้วยสารเคมีหรือใช้ กระบวนการบำบัดแบบเอสปีอาร์โดยใช้ถังแบบไม่ใช้ออกซิเจนและต่อด้วยถังแบบใช้ออกซิเจน จากนั้นทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 0.5 – 1.0 ชั่วโมง และมีการหมุนเวียนตะกอนกลับไปยังถังไม่เติม อากาศอีกครั้ง (Tchobanoglous *et al.*, 2003) เป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถบำบัดฟอสฟอรัสได้ และ เนื่องจากระบบบำบัดขั้นต้นนี้ไม่ได้มุ่งเน้นในการบำบัดฟอสฟอรัส จึงเป็นไปได้ที่พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดต่ำ นอกจากนั้นการนำแบคทีเรียบางชนิด เช่น แบคทีเรียกลุ่ม *Acinetobacter* พบว่ามีคุณสมบัติในการบำบัดฟอสฟอรัสได้ดีโดยสามารถสะสมโพลีฟอสเฟตไว้ในเซลล์ได้สูงถึง 25 % (Gray, 2004) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดได้สูงขึ้น สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดโดยรวมของครั้งที่ 3 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ทุกพารามิเตอร์ เนื่องจากสามารถบำบัดตะกอนแขวนลอยได้สูงถึง 44.09 % ทำให้ปริมาณ สารอินทรีย์ลดลง เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบดีขึ้น โดยเฉพาะบีโอดี และซีโอดี มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงถึง 27.93 % และ 50.00 % ตามลำดับ ยกเว้นประสิทธิภาพการบำบัด ไขมันและน้ำมัน (Grease&oil) พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดเป็นลบ เนื่องจากกระบวนการกำจัด

ไขมันของโรงงานเป็นเพียงการกวาดคราบไขมันออกจากผิวน้ำเท่านั้น ไม่สามารถดักไขมันได้เต็มที่ ซึ่งไขมันบางส่วนสามารถหลุดออกมาได้ถ้าไม่มีการจัดการที่ดีพอ และถ้าไขมันและน้ำมันละลาย เป็นเนื้อเดียวกันจะไม่สามารถกำจัดด้วยวิธีทางกายภาพ จึงจำเป็นต้องทำการบำบัดด้วยวิธีทางเคมี โดยการใส่กรดกำมะถัน หรือ สารส้ม แยกไขมันและน้ำมัน ก่อนที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดทางกายภาพ ต่อไป (มันสิน, 2538)

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 2 (ตารางที่ 6) พบว่าประสิทธิภาพ การบำบัดของครั้งที่ 1 และ 2 มีประสิทธิภาพการบำบัดค่าในทุกพารามิเตอร์เนื่องจากการบำบัด ของแ่งแวนลอยของโรงงานอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ คือ 7.23 % และ -4.68 % ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่า เกณฑ์การบำบัดตะกอนแ่งแวนลอยของระบบบำบัดขั้นต้นที่ควรบำบัดได้ประมาณ 40-60 % (เกรียงศักดิ์, 2535) เนื่องจากกระบวนการหลักของการบำบัดขั้นต้นนั้นคือการแยกตะกอน สารอินทรีย์ส่วนที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย (มันสิน, 2538) เมื่อพิจารณาจากแผนผังระบบบำบัด ของโรงงานจะเห็นว่าจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีคือทำการเก็บจากบ่อปรับ สภาพน้ำเสีย (Equalization Tank) ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดตะกอนค่อนข้างต่ำเนื่องจากไม่ได้ถูก ออกแบบมาสำหรับการตกตะกอนแ่งแวนลอยแต่เป็นเพียงการทำให้ น้ำเสียมีลักษณะสมบัติที่คงที่ทั้ง ปริมาณและคุณภาพ ก่อนนำไปบำบัดขั้นต่อไป (Hammer, 1986) ดังนั้นเมื่อระบบมี ประสิทธิภาพการบำบัดตะกอนได้ต่ำจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ต่ำลงด้วยเช่นกัน ดังเช่นเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี ครั้งที่ 1 และ 2 ก็พบว่าเป็น ลบ คือ -13.18 % และ -6.62 % ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเนื่องจากระบบบำบัดขั้นต้นนั้นไม่ มีการเติมอากาศจึงไม่ได้เร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เท่าที่ควร และระบบบำบัดน้ำเสียต้องการ ในโตรเจนที่เพียงพอเพื่อบำบัดบีโอดี โดยอัตราส่วนไนโตรเจนต่อบีโอดีที่เหมาะสมคือ 4.3 kg ไนโตรเจน/100 kg บีโอดี ซึ่งจะทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีได้ สูงขึ้น (Wesley, 1989) สำหรับการบำบัดไนโตรเจนในรูปที่เคเอ็นพบว่าต่ำด้วยเช่นกันคือ -37.00 % ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ซึ่งอยู่ในรูปตะกอนแ่งแวนลอยซึ่งจากผล การวิเคราะห์พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำ อีกทั้งเมื่อพิจารณาเกณฑ์การบำบัดของระบบบำบัด ขั้นต้นพบว่าไม่สามารถบำบัดไนโตรเจนที่อยู่ในรูปแอมโมเนียได้ (เกรียงศักดิ์, 2535) เนื่องจาก ที่เคเอ็นคือผลรวมของแอมโมเนียไนโตรเจนและอินทรีย์สารไนโตรเจน ดังนั้นจึงเป็นผลให้พบ ปริมาณไนโตรเจนในรูปที่เคเอ็นมาก (กรรณิการ์, 2538) สำหรับการบำบัดไขมันในครั้งที่ 1 และ 2 พบว่ามีประสิทธิภาพต่ำคือ -4.17 % และ 9.09 % ตามลำดับ เนื่องจากโดยปกติแล้วไขมันจาก โรงงานอาหารทะเลแช่แข็งนั้นมีปริมาณค่อนข้างมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) และวิธีการบำบัด ไขมันของโรงงานที่ 2 คือการกวาดคราบไขมันออกจากถัง ซึ่งข้อควรระวังในการกวาดไขมันคือ

บริเวณทางออกของไขมันต้องไม่ให้มีพวกไขมันหลุดลอยออกไปได้ และเวลาเก็บกักต้องไม่นานเกินไป (เกรียงศักดิ์, 2539) ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจเช็คระบบตลอดเวลาเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดี และเนื่องจากตัวอย่างน้ำเสียของโรงงานที่ 2 ที่นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีทำการเก็บจากบ่อปรับสภาพน้ำเสีย (Equalization Tank) ซึ่งไม่มีการบำบัดไขมันในขั้นตอนนี้จึงพบว่ามีประสิทธิภาพเป็นลบ สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยพบสูงถึง 65.54 % และ 62.46 % จึงทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในระบบบำบัดลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีในครั้งที่ 3 และ 4 สูงขึ้นคือสามารถบำบัดได้ 82.79 % และ 62.65 % ตามลำดับซึ่งสูงกว่าเกณฑ์การบำบัดขั้นต้นที่ควรบำบัดได้ 25-40 % (Tchobanoglous *et al.*, 2003)

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 3 (ตารางที่ 7) พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 3 มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถบำบัดบีโอดี, ซีโอดี, ของแข็งแขวนลอย และ ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ได้สูงเนื่องจากโรงงานที่ 3 มีการปรับสภาพของน้ำเสียในขั้นตอนการบำบัดขั้นต้นโดยการเติมสารเคมีและสารส้มเพื่อสร้างตะกอนให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้สามารถตกตะกอนได้ง่ายจึงสามารถบำบัดสารอินทรีย์ได้สูงโดยเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการบำบัดตะกอนแขวนลอยพบว่ามีความมีประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยสูงถึง 71.72 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ประสิทธิภาพการบำบัดขั้นต้นที่สามารถบำบัดตะกอนแขวนลอยได้ 70 % (Bitton, 1999) สอดคล้องกับประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีที่สามารถบำบัดได้เฉลี่ย 42.43 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพการบำบัดขั้นต้นที่สามารถบำบัดบีโอดีได้ 25-40 % (Tchobanoglous *et al.*, 2003) สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดตะกอนแขวนลอยในครั้งที่ 2 พบว่ามีค่าเป็นลบ เนื่องจาก ระบบบำบัดขั้นต้นของโรงงานที่ 3 ไม่มีถังตกตะกอนขั้นต้น (Primary sedimentation tank) มีเพียงถังปรับสภาพน้ำเสีย (Equalization tank) (จากภาพที่ 6) ทำให้ตะกอนบางส่วนไม่เกิดการตกตะกอนเช่นเดียวกับประสิทธิภาพการบำบัดไขมันและน้ำมันในครั้งที่ 2 พบว่ามีบางส่วนที่หลุดลอยปนออกมา ซึ่งเห็นได้ชัดจากตัวอย่างน้ำที่เก็บมาทดสอบและสามารถบำบัดได้เพียง -31.60 %

ผลการศึกษาจำนวนเชื้อแบคทีเรีย ดังตารางที่ 8 พบว่า เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Pseudomonas* sp. เป็นแบคทีเรียที่พบเป็นส่วนใหญ่ในโรงงานที่ 1 และ 3 แบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. เป็นแบคทีเรียในกลุ่มของ Facultative bacteria สามารถดำรงชีวิตได้ทั้งที่มีอากาศและไม่มีอากาศ โดยถ้าอยู่ในสภาพที่มีอากาศจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรต (Gray, 2004) เป็นกลุ่มแบคทีเรียหลักที่พบเป็นจำนวนมากที่สุดในระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไป ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้

มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ประเภทต่างๆ ได้หลากหลายชนิด และยังมีคุณสมบัติพิเศษในการบำบัดสารพิษจำพวกสารประกอบฟีนอล (Gerardi, 2006) นอกจากนั้นแบคทีเรียกลุ่ม *Pseudomonas* sp. ยังสามารถพบในตัวอย่างตะกอนน้ำเสีย ทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียและจากตะกอนน้ำเสียชุมชน (Benedict and Carlson, 2003) สอดคล้องกับการศึกษาของ Wagner and Loy (2003) พบว่าเป็นแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพรวมตะกอนในระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ และจากการศึกษาของจากการศึกษาของ Sundaram และคณะ (2008) พบว่าแบคทีเรียกลุ่ม *Pseudomonas* sp. ที่คัดแยกจากตัวอย่างน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดในเตรทที่อุณหภูมิ 30 °C pH 7 พบว่ามีประสิทธิภาพลดไนเตรทได้สูงถึง 99.4 % ส่วนโรงงานที่ 2 พบแบคทีเรีย *Acinetobacter* sp. เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้เป็นแบคทีเรียที่อาศัยออกซิเจนในการเจริญเติบโตมีคุณสมบัติในการบำบัดฟอสฟอรัสได้ดี โดยสามารถสะสมโพลีฟอสเฟตไว้ในเซลล์ได้สูงถึง 25% (Gray, 2004) จากการศึกษาของ Wagner and Loy (2002) ซึ่งได้ศึกษาชนิดของแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายฟอสเฟต ที่อยู่ในระบบบำบัดแบบ Activated Sludge และ Biofilm พบว่าแบคทีเรียในกลุ่ม *Acinetobacter* เป็นกลุ่มที่สามารถย่อยสลายโพลีฟอสเฟตได้ดี สอดคล้องกับการศึกษาของวิโรจ (2009) ที่กล่าวว่าประชากร *Acinetobacter* sp. ในระบบบำบัด Three-Stage Phoredox ชนิดทนต่อไฮเดียมคลอไรด์ 2% สามารถสะสมฟอสเฟตได้ดีตลอดการเจริญเมื่อน้ำเสียสังเคราะห์มีคาร์บอนและฟอสเฟตสมบูรณ์ และความสามารถสะสมฟอสเฟตเฉพาะเซลล์จะลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์ไฮเดียมคลอไรด์สูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่า *Acinetobacter* sp. สามารถบำบัดไขมันและน้ำมันจากน้ำทิ้งของกลุ่มตัวอย่างร้านอาหารที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากถึง 65% (Wakelin and Forster, 1997)

จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 1 (ตารางที่ 5) สามารถบำบัดสารอินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ดี โดยเฉพาะการบำบัดซีโอดีพบว่าสามารถบำบัดได้สูงถึง 44.05 % สอดคล้องกับจำนวนแบคทีเรียที่พบเป็นแบคทีเรียหลักคือ *Pseudomonas* sp. (ตารางที่ 8) ซึ่งมีคุณสมบัติสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้หลากหลายชนิด และยังมีคุณสมบัติพิเศษในการบำบัดสารพิษจำพวกสารประกอบฟีนอล (Gerardi, 2006) อีกทั้งเป็นแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพรวมตะกอนในระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ (Wagner and Loy, 2003) อีกทั้งยังพบแบคทีเรียในกลุ่ม *Zoogloea* sp. มากด้วยเช่นกันคือพบจำนวน 3.6×10^8 CFU/ml ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้เป็นกลุ่มที่สามารถบำบัดสารอินทรีย์ได้ดี เนื่องจาก *Zoogloea* sp. เป็นแบคทีเรียในกลุ่ม Flocc Forming Microorganisms สร้าง Floc และดูดซับสารอื่นๆ เพื่อให้แบคทีเรียพวกอื่นๆ สามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายต่อไปได้ (ทวี, 2538) พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำธรรมชาติ สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่

อุณหภูมิ 28 – 30 °C พีเอช 7 – 7.5 (Buchanan, 1957) จึงทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ โดยเฉพาะซีโอดีของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานที่ 1 อยู่ในเกณฑ์ที่ดี สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 2 พบว่าค่อนข้างต่ำในครั้งที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 6) โดยเฉพาะประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำคือค่า คือ -13.18 และ -6.62 % ดังนั้นจึงส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในระบบบำบัดน้ำเสียน้อยเกินไป แบคทีเรียไม่มีออกซิเจนเพียงพอสำหรับใช้ในการดำรงชีพและย่อยสลายสารอินทรีย์ สอดคล้องกับจำนวนแบคทีเรียที่ตรวจพบจะเห็นว่าแบคทีเรียในกลุ่มที่สามารถบำบัดสารอินทรีย์ เช่น *Pseudomonas* sp. และ *Zoogloea* sp. มีจำนวนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับแบคทีเรียชนิดอื่น สำหรับแบคทีเรียที่พบเป็นส่วนใหญ่ของโรงงานที่ 2 คือ *Acinetobacter* sp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติในการบำบัดฟอสฟอรัสได้ดี (Gray, 2004) และสามารถย่อยสลายฟอสเฟต ที่อยู่ในระบบบำบัดแบบ Activated Sludge และ Biofilm ได้ดี (Wagner and Loy, 2002) จากประสิทธิภาพการบำบัดฟอสเฟต (ตารางที่ 6) พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดเป็นไปตามเกณฑ์การบำบัดขั้นต้นคือ 10-20 % (Tchobanoglous *et al.*, 2003) สอดคล้องกับจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบ (ตารางที่ 8) คือ 7.3×10^7 CFU/ml โรงงานที่ 3 ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ได้สูงในทุกพารามิเตอร์ (ตารางที่ 7) โดยเฉพาะประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี, ซีโอดี และของแข็งแขวนลอย พบว่าสามารถบำบัดเฉลี่ยได้สูงถึง 42.43 %, 46.05 %, 71.72 % ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนแบคทีเรียที่พบเป็นแบคทีเรียหลักของโรงงานที่ 3 (ดังตารางที่ 8) คือ *Pseudomonas* sp. พบ 8.3×10^8 CFU/ml และแบคทีเรียที่พบรองลงมาคือ *Zoogloea* sp. พบ 4.0×10^8 CFU/ml ซึ่งเป็นแบคทีเรียกลุ่มหลักที่พบมากในระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารสูง (สุบัตินิต, 2548) รวมทั้งเป็นแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติในการรวมตะกอนสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (Buchanan, 1957) สำหรับแบคทีเรียในกลุ่ม *Nitrosomonas* sp. ของทุกโรงงานพบว่ามีจำนวนน้อยกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น เป็นแบคทีเรียประเภท

Autotrophic bacteria เจริญเติบโตค่อนข้างช้า และเนื่องจากสภาพแวดล้อมของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียเท่าที่ควร ดังเช่นโรงงานที่ 2 เมื่อพิจารณาพีเอชของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน (ดังตารางที่ 6) อยู่ในช่วง 6.3 – 6.6 ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้เกิด ภาวะที่เรียกว่า สลัดจ์จืด (Gerardi, 2006) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน และ ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยรวมของระบบค่อนข้างต่ำซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ 2 (ดังตารางที่ 6) พบว่าในครั้งที่ 1 และ 2 มีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีต่ำ คือ -13.18 และ -6.62 % ทำให้ปริมาณออกซิเจนในระบบบำบัดน้ำเสียน้อยเกินไป แบคทีเรียไม่มีออกซิเจนเพียงพอสำหรับใช้ในการดำรงชีพและย่อยสลายสารอินทรีย์ และอัตราส่วนระหว่าง C/N พบว่าไม่อยู่ในช่วง 100 : 5 (Hammer, 1986) ทำให้แบคทีเรียไม่มีแหล่งพลังงานเพียงพอสำหรับใช้ในการสร้างเซลล์ นอกจากนี้การที่มีปริมาณแอมโมเนียในระบบบำบัดมากจะไปขัดขวางการ

เจริญเติบโตของไนตริฟายเออร์ (มงคลและคณะ, 2554) และเนื่องจาก *Nitrosomonas* sp. เป็นแบคทีเรียกลุ่มที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิไดส์แอมโมเนียเป็นไนไตรท์ หรือ เรียกว่า

Nitrifying Bacteria (Wagner and Loy, 2002) แต่ถ้ามีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ, พีเอช รวมทั้งปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสม แบคทีเรียจะสามารถเจริญเติบโตได้มากขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 30 °C พีเอช 6.8 – 8.5 และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำคือ 3 mg/l (Gerardi, 2006) จากสถานะเหล่านี้จะส่งผลให้แบคทีเรียในกลุ่ม *Nitrosomonas* sp. สามารถเจริญเติบโตได้มากขึ้น



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาชนิดและประเภทของแบคทีเรีย โดยการคัดเลือกชนิดเชื้อแบคทีเรียที่สนใจ ทำการศึกษา เปรียบเทียบกับข้อมูลจากพารามิเตอร์คุณภาพของน้ำเสียบีโอดี, ซีโอดี, ทีเคเอ็น, ฟอสฟอรัสทั้งหมด, ไนมันและน้ำมัน, ของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียที่ทำการศึกษา คือ *Pseudomonas* sp., *Zoogloea* sp. *Nitrosomonas* sp. *Acinetobacter* sp. ผลการศึกษาแบคทีเรียที่พบ เป็นส่วนใหญ่ของโรงงานที่ 1 คือ *Pseudomonas* sp. มีจำนวน 5.4×10^8 CFU /ml โรงงานที่ 2 แบคทีเรียที่พบเป็นส่วนใหญ่คือ *Acinetobacter* sp. มีจำนวน 7.3×10^7 CFU /ml และ โรงงานที่ 3 แบคทีเรียที่พบเป็นส่วนใหญ่คือ *Pseudomonas* sp. มีจำนวน 8.3×10^8 CFU /ml

การศึกษาประสิทธิภาพในการช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำเสียโรงงานที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย (SS) มีประสิทธิภาพการบำบัดน้อยมากเฉลี่ยเป็น 10.13 % ยกเว้นในเดือนที่ 3 พบว่าสูงถึง 44.09 % ซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพการบำบัดของ พารามิเตอร์ตัวอื่นๆที่สามารถบำบัดได้สูงด้วยเช่นกัน เช่น ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีสามารถ บำบัดได้ถึง 27.93% ,ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีบำบัดได้สูงถึง 50.00 % ส่วนประสิทธิภาพการ บำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น อยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การบำบัดไนโตรเจนของ ระบบบำบัดขั้นต้นที่สามารถบำบัดได้ 15 % (Hammer, 1986) โรงงานที่ 2 จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดของเดือนที่ 1 และ 2 มีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำในทุกพารามิเตอร์โดย บำบัดตะกอนแขวนลอยได้เพียง 7.23 % ซึ่งเกณฑ์การบำบัดตะกอนแขวนลอยของระบบบำบัด ขั้นต้นนั้นควรบำบัดได้ประมาณ 40-60 % (Hammer, 1986) ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี , ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นเป็นลบทั้งสองครั้ง ยกเว้นครั้งที่ 3 และ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดในทุก พารามิเตอร์อยู่ในเกณฑ์ที่ดีโดยเฉพาะบีโอดี สามารถบำบัดได้สูงเฉลี่ยเป็น 72.72% เนื่องจาก สามารถบำบัดตะกอนแขวนลอยได้สูงถึง 65.54 % และ 62.46 % จึงทำให้มีปริมาณสารอินทรีย์ ลดลง โรงงานที่ 3 พบว่าระบบบำบัดของโรงงานมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดี สามารถบำบัดบีโอดี, ซีโอดี, ของแข็งแขวนลอย, ทีเคเอ็น และ ฟอสเฟตทั้งหมด ได้สูงโดยมีประสิทธิภาพในการบำบัด เฉลี่ยเป็น 42.43, 46.05, 71.72, 36.90, 39.1% ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดไขมันและ น้ำมันสามารถบำบัดได้สูงในครั้งที่ 3 เป็น 60.92 % ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อ ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยสูงทำให้สามารถบำบัดสารอินทรีย์ประเภทอื่น ได้ดีตาม

ไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากตะกอนแขวนลอย 70 % นั้นเป็นสารอินทรีย์ร่วมกับ ไนโตรเจน ชัลเฟอร์ และ ฟอสฟอรัส (วิทยา, 2525)

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่พบในระบบบำบัดน้ำเสียพบว่าโรงงานที่ 1 และ 3 มีประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ดี (ตารางที่ 5 และ 7) ซึ่งสอดคล้องกับ จำนวนแบคทีเรียที่พบ (ตารางที่ 8) เป็นแบคทีเรียหลักในระบบบำบัดน้ำเสียของทั้ง 2 โรงงาน คือ *Pseudomonas* sp. เป็นกลุ่มแบคทีเรียหลักที่พบเป็นจำนวนมากที่สุดในระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไป มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ประเภทต่างๆ ได้หลากหลายชนิด (Gerardi, 2006) และ มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรต (Gray, 2004) นอกจากนั้นทั้ง 2 โรงงานยังพบแบคทีเรียกลุ่ม *Zoogloea* sp. อยู่มากด้วยเช่นกัน และเป็นแบคทีเรียกลุ่มหลักที่พบมาก ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูง (สุบัณฑิต, 2548) รวมทั้งเป็นแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติในการรวมตะกอนสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (Buchanan, 1957) จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สำหรับ โรงงานที่ 2 พบว่าจำนวนแบคทีเรียในกลุ่มที่บำบัดสารอินทรีย์ เช่น *Pseudomonas* sp. น้อยกว่าทุก โรงงาน (ตารางที่ 8) จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานค่อนข้างต่ำ ดังเช่น ใน ครั้งที่ 1 และ 2 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีเป็นลบทั้ง 2 เดือน คือ -13.18 และ -6.62 ดังนั้นจึง สรุปได้ว่า *Pseudomonas* sp. และ *Zoogloea* sp. เป็นแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาชนิดและจำนวนแบคทีเรีย ทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab scale) ต่อไป
2. ควรใช้เทคนิคที่มีความสามารถในการจำแนกแบคทีเรียในระดับสกุล (Genus) หรือชนิด (Species) เพื่อจำแนกแบคทีเรียให้มีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้น เช่น เทคนิคทางชีวโมเลกุล

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กัณห์กริช ศรีพงษ์พันธุ์. 2540. **มลพิษทางน้ำ**. ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์, นครปฐม.
- กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2538. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และ การบำบัด**. ครั้งที่ 2. บริษัทสารมวลชน จำกัด, กรุงเทพฯ.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2548. **แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมอาหารทะเล**
แช่เยือกแข็ง:ประเภทปลา. ครั้งที่ 1. กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2536. **วิศวกรรมกรรมการกำจัดน้ำเสีย**. ครั้งที่ 3. บริษัท มิตรนราการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- _____. 2539. **การบำบัดน้ำเสีย**. ครั้งที่ 1. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- งามนิจ นนทโส. 2547. **Systematic bacteriology laboratory**. ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ดวงพร คันทโชติ. 2537. **อนุกรมวิธานของแบคทีเรียและปฏิบัติการ**. ครั้งที่ 1. โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ.
- ทวี ชวาลภาฤทธิ์. 2538. จุลชีววิทยาของระบบบำบัดน้ำเสีย, น. 115-120. ใน เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ, บรรณาธิการ. **การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย**. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- นันทนา อรุณฤกษ์. 2537. **การจำแนกแบคทีเรียกลุ่มแอโรบ**. ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร, กรุงเทพฯ.
- นริรัตน์ คำกล่อมใจ. 2552. **การคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์เพื่อผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำเสียเศษอาหาร**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เบญจภรณ์ ประภักดี. 2551. จุลชีววิทยาสังแวดล้อม. ครั้งที่ 1. มิสเตอร์ก๊อปปี้(ประเทศไทย)จำกัด, กรุงเทพฯ.

_____. 2550. บทปฏิบัติการ จุลชีววิทยาสังแวดล้อม . ครั้งที่ 1. คณะสิ่งแวดล้อมและ
ทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. 2539. กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน
ฉบับที่ 2.

พนาลี ชี วศิกการ . 2552. ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ . ครั้งที่ 1. คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2553. คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยา
ทั่วไป. ครั้งที่ 1. ขอนแก่นการพิมพ์, ขอนแก่น.

ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 2538. จุลชีววิทยาปฏิบัติการ .
ครั้งที่ 2. เอส.เค.07 จำกัด, กรุงเทพฯ.

มันสิน ตันทุลเวศม์. 2538. เทคนิคการบำบัดน้ำเสียเบตาต่างๆ, น. 39. ใน เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ,
บรรณาธิการ. การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

มงคล ดำรงค์ศรี, สุธา ขาวเขียว และ ศุทธวดี ศิริยานนท์. 2554. การบำบัดน้ำเสีย, น. 5.11-5.89.
ใน มงคล ดำรงค์ศรี, บรรณาธิการ. ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ. บริษัท บุญศิริการพิมพ์
จำกัด, กรุงเทพฯ.

เสริมพล รัตสุข และ, ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2536. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและ
แหล่งชุมชน. ครั้งที่ 1. หน่วยวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่ง
ประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

วรรณศรี บุญยรัตนพันธุ์. 2528. เทคนิคการจัดการน้ำสกปรกจากอุตสาหกรรม. ครั้งที่ 1. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

วิโรจน์ ประเทืองสวัสดิ์. 2541. ประชากรและประสิทธิภาพของ *Acinetobacter* sp ในการกำจัดฟอสเฟตในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดทวนเค็ม . วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีรานุช หลาง. 2554. จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม. ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริพรรณ สาริน. 2550. จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม. ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา, กรุงเทพฯ.

สันทนต์ ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2552. ระบบบำบัดน้ำเสีย. ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ท็อป, กรุงเทพฯ.

สมบูรณ์ ธนาสุวัฒน์. 2553. เทคนิคการเก็บรักษาจุลินทรีย์. ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุเทพ สิริวิทย์ปกรณ์. 2551. เทคโนโลยีน้ำเสีย. ครั้งที่ 2. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุธา ขาวเขียว. 2545. การบำบัดน้ำเสีย, น. 5.58-5.59. ใน ปราณี พันธุมสินชัย, บรรณาธิการ. ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

สุรพล สายพานิช. 2538. หลักการทำงานของกระบวนการตะกอนเร่ง, น. 158-159. ใน เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ, บรรณาธิการ. การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อรทัย ขวาลภาฤทธิ์, ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ ธรรมบุญ พรหมภิบาล. 2538. เคมีวิทยาของน้ำเสีย, น. 62-101. ใน เพ็ชรพร เชวากิจเจริญ, บรรณาธิการ. **การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย**. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

APHA, AWWA and WPCF. 1995. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 19 ed. APHA Inc, USA.

Atlas, R.M. 2005. **Media for environmental Microbiology**. 1 ed. John Wiley & Sons, Inc., USA.

Benedict, R.G and D.A. Carlson. 2003. Aerobic heterotrophic bacteria in activated sludge. **Journal of Water Research** 5 (11): 1023-1030.

Bitton, G. 1999. **Wastewater Microbiology**. 2 ed. Wiley-Liss, Inc., America.

Buchanan, R.E. and N.E. Gibbons. 1957. **Bergey's manual of determinative bacteriology**. 8 ed. The Waverly Press, USA.

Gray, N.F. 2004. **Biology of Wastewater Treatment**. 2 ed. Imperial College Press, London.

Harley-Prescott. 2002. **Laboratory Exercises in Microbiology**. 5 ed. The McGraw-Hill Companies, New York.

Mark, J.H. 1986. **Water and Wastewater Technology**. 2 ed. John Wiley & Sons, Singapore.

Michael, H.G. 2006. **Wastewater bacteria**. 2 ed. John Wiley & Sons, Singapore.

Moussa, M.S., D.U. Sumanasekera, S.H. Ibrahim, H.J. Lubberding, C.M. Hooijmas, H.J. Gijzen and M. Loosdrecht. 2006. Long term effects of salt on activity, population structure and floc characteristics in enriched bacterial cultures of nitrifiers. **Journal of Water Research** 40: 1377-1388.

- Qing, X.D., W.Y. Dezhong and D.Shihuai. 2011. Community Diversity of Nitrosobacteria in SBR Denitrified System for Treating the Livestock Wastewater. **International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmentl Monitoring** : 690-693.
- Tanaka, H., N. Kurano, S. Ueda, S. Ueda, M. Okazaki and Y. Miura. 2003. Model sytem of bulking and flocculation in mised culture of Sphaerotilus sp. and Pseudomonas sp.for dissolved oxigen deficiency and high loading. **Journal of Water Research** 19 (5): 563-571.
- Tchobanoglous, G.F., L. Burton and H.D. Stensel. 2003. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**. 4 ed. Metcalf & Eddy, Inc., New York.
- Wakelin,N.G and C.F.Forster. 1997.An Investigation into Microbial Removal of Fat,Oils and Greases. **Journal of Bioresource Technology**,59 : 37-43.
- Xiaohui, W., X. Wen, C. Criddle, G. Wells and J. Zhang. 2010. Community analysis of ammonia-oxidizing bacteria in activated sludge of eight wastewater treatment systems. **Journal of Environmental Sciences** 22(4): 627-634.
- Zhengyao, L., L. Wang, C. Sun and C. Song. 2009. Reserch on Biodegradation of Daqing Crude Oil in Seawater by Zoogloea sp.Strain SY1. **Journal of University of Science and Technology Beijing** : 1-4.





1. การวิเคราะห์ Suspended Solid

วิธีวิเคราะห์

- 1.1 อบกระดาศกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนัก
- 1.2 วางกระดาศกรองลงในกรวยบุชเนอร์แล้วต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ
- 1.3 ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาศกรองให้เปียกแล้วเปิดเครื่องดูดอากาศเพื่อให้กระดาศกรองติดกับกรวย
- 1.4 กรองตัวอย่างน้ำ 50-100 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่องดูดอากาศ
- 1.5 นำกระดาศกรองมาวางในถ้วยเดิม แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{mg / l Suspended Solid} = \frac{(A - B) \times 1,000}{\text{ml Sample}}$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} A &= \text{น้ำหนักของกระดาศและสารแขวนลอย (mg)} \\ B &= \text{น้ำหนักของกระดาศ (mg)} \end{aligned}$$

2. การวิเคราะห์ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)

สารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกออกซิไดซ์ โดยสารละลายผสมของ Chromic และ Sulfuric acid ที่ต้มเดือด ตัวอย่างจะถูกย่อยในสารละลายกรดแก่ที่รู้ปริมาณของ Potassium dichromate หลังจากย่อยสลายแล้ว ทำการรีดิวซ์ $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลืออยู่ด้วยการไทเทรตกับ Ferrous Ammonium Sulfate (FAS) เพื่อหาปริมาณของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ถูกใช้ไป แล้วจึงนำมาคำนวณหาสารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์ โดยเปรียบเทียบกับปริมาณ O_2

วิธีวิเคราะห์ (Closed Reflux Method)

2.1. ใช้ตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร เติมลงในหลอด digest และค่อยๆเติม 14 มิลลิลิตร Sulfuric acid Reagent เติม 6 มิลลิลิตร 0.1 N $K_2Cr_2O_7$ Solution และผสมให้เข้ากัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น

2.2. ทำการไทเทรตด้วย 0.1 N Ferrous Ammonium Sulfate (FAS) โดยใช้ Ferroin เป็น indicator ไทเทรตจนได้สีน้ำตาลแดง

การคำนวณ

$$\text{ซีไอดี, มิลลิกรัม/ลิตร} = \frac{A - B \times N \times 8,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ, มล}}$$

เมื่อ

A = ของ FAS ที่ใช้ไทเทรตแบบลงค์
 B = ของ FAS ที่ใช้ไทเทรตน้ำตัวอย่าง
 N = นอร์มัลลิตี ของ FAS

3. การวิเคราะห์บีไอดี (Biochemical Oxygen Demand)

Dilution Method

ใช้ในกรณีที่น้ำตัวอย่างมีความสกปรกสูง(มีค่าบีไอดีมากกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร) จึงต้องมีการทำให้ตัวอย่างมีความสกปรกเจือจางลง โดยใช้น้ำผสมเจือจาง (Dilution water) และทำการหลายๆ ความเข้มข้น อย่างน้อย 3 ความเข้มข้น

Preparation of Dilution Water : ใช้ Phosphate Buffer , $MgSO_4$, $CaCl_2$ และ $FeCl_3$ Solution อย่างละ 1 มิลลิลิตรต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร เตรียมไว้ในปริมาณที่เหมาะสม

วิธีวิเคราะห์

3.1 เลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำที่คาดว่าจะให้ค่าบีไอดีอยู่ในช่วงบีไอดีที่กำหนด

3.2 ตวงปริมาตรตัวอย่างน้ำที่ได้ในข้อ 3.1 เติมลงในขวดบีโอดี

3.3 เติมน้ำเจือจางลงในขวดบีโอดีจนครบ 300 มิลลิลิตร เตรียมอย่างน้อย 3 ขวด โดยขวดบีโอดี 2 ขวด นำไป Incubate 5 วัน ที่ 20°C อีก 1 ขวดนำมาหาค่า DO เริ่มต้น

การหาค่า DO (Azide Modification Method)

3.4 เติมสารละลาย $MnSO_4$ และ AIA อย่างละ 1 มิลลิลิตร ลงในขวดบีโอดี เขย่าขวดโดยการกลับขวดไปมา ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดตะกอนประมาณครึ่งขวด

3.5 เติมกรด H_2SO_4 1 มิลลิลิตร โดยให้ปลายปิเปตอยู่ตรงปากขวด เขย่าขวดโดยการกลับขวดไปมา

3.6 แบ่งน้ำตัวอย่างมา 201 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 N โดยใช้สีน้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ไทเทรตจากสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นใส

การคำนวณ

$$\text{บีโอดี, มิลลิกรัม/ลิตร} = \frac{(DO_0 - DO_5) \times 100}{\text{เปอร์เซ็นต์เจือจาง}}$$

เมื่อ

$$DO_0 = \text{DO เริ่มต้น, มิลลิกรัม/ลิตร}$$

$$DO_5 = \text{DO หลังจาก Incubate 5 วัน ที่ 20°C, มิลลิกรัม/ลิตร}$$

4. วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปทีเคเอ็น(TKN)(Macro-Kjeldahl Method)

การวิเคราะห์ อินทรีย์สารไนโตรเจนเป็นการเปลี่ยนไนโตรเจนที่มีอยู่ในสารประกอบอินทรีย์ให้อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนีย โดยทำการย่อยสลายตัวอย่างน้ำกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่มี K_2SO_4 และ $CuSO_4$ เป็นตะกอน ซึ่งถูกเติมไปเพื่อเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอินทรีย์บางตัวที่ถูกย่อยสลายได้ยาก หลังจากย่อยสลายแล้วเจือจางส่วนที่เหลือด้วยน้ำกลั่น แล้วทำให้เป็นด่างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นโดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ นำไปกลั่นโดยเก็บแอมโมเนียที่กลั่นได้ในสารละลายกรดบอริก ต่อจากนั้นหาปริมาณแอมโมเนียในสารละลายที่กลั่นได้โดยวิธีการไทเทรตด้วยกรดมาตรฐานซัลฟิวริก 0.02 นอร์มัล การวิเคราะห์โดยวิธีนี้ ผลที่ได้จะเป็นผลรวมของแอมโมเนีย - ไนโตรเจน และอินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งเรียกรวมกันว่าเจตาห์ลไนโตรเจนทั้งหมด

วิธีวิเคราะห์

4.1 การเลือกใช้ปริมาตรน้ำตัวอย่าง : ปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณที่มีสารประกอบไนโตรเจนสูงของอินทรีย์ไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำนั้นๆ

4.2 ตวงตัวอย่างน้ำปริมาตรที่ต้องการใส่ลงในขวดเจลาห์ล ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร และทำให้เป็นกลางที่พีเอช 7

4.3 เติมน้ำย่าย่อยสลาย 20 มิลลิลิตร ลงในขวดกลั่น

4.4 ใส่เม็ดแก้ว 2-3 เม็ดแล้วนำไปต้มในเครื่องย่อยสลาย จนกระทั่งสารละลายใส จากนั้นทำการย่อยสลายต่ออีก 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็น (ถ้าสารละลายไม่ใสให้เติมน้ำย่าย่อยสลายต่ออีก 20 มิลลิลิตรแล้วต้มต่ออีกจนกระทั่งสารละลายใส)

4.5 เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เติมนิโตรัสฟอสฟอรัสอินดิเคเตอร์ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

4.6 เติมน้ำยาล้างขวดด้วยน้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไฮโอซัลเฟต (ใช้ 20 มิลลิลิตร ต่อ 20 มิลลิลิตร สารย่อยสลาย) เพื่อให้เกิดชั้นของด่างที่กั้นขวดแล้วนำขวดเจลาห์ลไปต่อเข้ากับเครื่องกลั่น เขย่าขวดเพื่อให้สารเข้ากันอย่างดี

4.7 กลั่นและเก็บส่วนที่กลั่นออกมา 100 มิลลิลิตร ภายใต้อากาศของกรดบอริก 50 มิลลิลิตร (รวม 150 มิลลิลิตร) ให้ปลายหลอดท่ต่อจากเครื่องควบแน่นจุ่มใต้ผิวของกรดบอริก

4.8 ทำการไทเทรตน้ำที่กลั่นได้ด้วย 0.02 N H_2SO_4 จนกระทั่งสีเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อน ต้องทำแบบลบล้างโดยใช้ น้ำกลั่นแล้วทำทุกขั้นตอนเหมือนตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{อินทรีย์ไนโตรเจน, มิลลิกรัม/ลิตร} = \frac{(D - E) \times 280}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง}}$$

เมื่อ

D = มิลลิลิตรของ 0.02 N H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง

E = มิลลิลิตรของ 0.02 N H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรตแบบลบล้าง

5. การวิเคราะห์ไขมันและน้ำมันโดยวิธีการสกัดด้วยกรวยแยก

ไขมันและน้ำมันที่อยู่ในรูปสารละลายหรือไม่ละลายจะถูกสกัดแยกจากน้ำโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ น้ำตัวอย่างถูกทำให้เป็นกรด (พีเอช < 2) แล้วใช้ตัวทำละลายสกัดแยกน้ำมันและ

ไขมันที่ละลายน้ำหรือรวมตัวอยู่กับน้ำ ซึ่งในที่นี้ใช้เฮกเซน และระเหยตัวทำละลายจนแห้ง จะเหลือ น้ำมันและไขมันบนภาชนะ ซึ่งน้ำหนักของภาชนะที่เพิ่มขึ้นก็คือน้ำหนักของไขมันและน้ำมันนั่นเอง

วิธีวิเคราะห์

5.1 นำน้ำตัวอย่างมาทำให้เป็นกรดที่พีเอช 2 หรือต่ำกว่า (ใช้กรดไฮโดรคลอริก 5 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร)

5.2 นำตัวอย่างน้ำเสีย 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในกรวยแยก จากนั้นล้างภาชนะใส่ตัวอย่างน้ำด้วย เฮกเซน 20 มิลลิลิตร แล้วเทลงในกรวยแยก ปิดและเขย่าอย่างแรง 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น ปล่อยให้ชั้นน้ำลงในบีกเกอร์ที่สะอาด แล้วจึงปล่อยให้ชั้นเฮกเซนลงในขวดกลั่นที่ชั่งน้ำหนักแล้ว โดยปล่อยให้ไหลผ่านกระดาษกรองที่อยู่บนกรวยที่มี Na_2SO_4 1 กรัม หรือมากกว่าใส่อยู่

5.3 นำน้ำตัวอย่างเดิมสกัดแยกตามวิธีข้างต้นอย่างน้อย 3 ครั้งด้วยเฮกเซน 20 มิลลิลิตร ต่อ 1 ครั้ง แล้วเทรวมกันในขวดกลั่นที่ชั่งน้ำหนักแล้วขวดเดิม และล้างกระดาษกรองด้วยเฮกเซน 10-20 มิลลิลิตร

5.4 ระเหยเฮกเซนจากขวดกลั่นในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส แล้วนำขวดกลั่นไปเข้าตู้อบ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ 30 นาทีและชั่งน้ำหนัก ซึ่งน้ำหนักของขวดกลั่นที่เพิ่มขึ้นคือปริมาณน้ำมันและไขมัน

การคำนวณ

$$\text{น้ำมันและไขมัน, มิลลิกรัม/ลิตร} = \frac{(A - B) \times 1,000}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง, มิลลิลิตร}}$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} A &= \text{น้ำหนักของขวดกลั่นหลังการทดลอง, มิลลิกรัม} \\ B &= \text{น้ำหนักของขวดกลั่นก่อนการทดลอง, มิลลิกรัม} \end{aligned}$$

6. การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสีย

ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของตัวอย่างน้ำ หมายถึง ออร์โธฟอสเฟต, คอนเดนต์ฟอสเฟต ทั้งละลายและไม่ละลายน้ำ ทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ เพื่อจะจับฟอสเฟตที่รวมอยู่กับสารอินทรีย์ให้เป็นอิสระ ต้องนำตัวอย่างมาย่อยสลาย หรือออกซิไดส์ก่อน

วิธีวิเคราะห์

6.1 นำตัวอย่างมา 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร เติม $\text{Conc. H}_2\text{SO}_4$ 0.5 มิลลิลิตร และ Conc. HNO_3 2.5 มิลลิลิตร

6.2 นำตัวอย่างไปต้มบน Hot Plate ที่ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 220 องศาเซลเซียส ใส่ Glass bead 5 เม็ด ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา

6.3 ย่อยตัวอย่างจนได้ปริมาตรเหลือ 10 มิลลิลิตร และย่อยสลายตัวอย่างต่อจนกระทั่งได้สารละลายที่ใสไม่มีสี

6.3 ทิ้งให้เย็น จากนั้นเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ทำการปรับพีเอชให้เป็นกลางโดยการเติมฟีนอร์ฟทาไลน์ 1 หยด เขย่าให้เข้ากัน เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 N จนได้สีชมพู เทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรจนได้ 50 มิลลิลิตร เทใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร

6.4 นำไปหาค่าฟอสฟอรัสโดยใช้วิธี Colorimetric Method ต่อไป ซึ่งในที่นี้ใช้วิธี Ascorbic Acid Method

วิธี Ascorbic Acid Method

6.5 นำตัวอย่างจากข้อ 6.3 เติมน้ำยารวม 8 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที เพื่อให้เกิดสี แล้วอ่านค่า Absorbance โดยใช้ Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร

6.6 การทำ Correction สำหรับสีหรือความขุ่น กรณีที่น้ำขุ่นหรือมีสีมาก ให้ทำ Blank โดยเติมน้ำยาเคมีทุกอย่างยกเว้นกรด Ascorbic และ Potassium Antimonyl Tartrate ลงในตัวอย่าง ลบค่า Absorbance ของ Blank จากค่า Absorbance ของตัวอย่างทุกอัน

6.7 การเตรียม Calibration Curve เตรียมอนุกรมของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต แล้วอ่านค่า Absorbance โดยใช้ Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร จากนั้นพล็อตค่า Absorbance กับค่าความเข้มข้น จะได้เป็นเส้นตรงผ่านจุดเริ่มต้น

การคำนวณ

$$\text{ฟอสฟอรัส, มิลลิกรัม/ลิตร} = \text{มก.ฟอสฟอรัส} \times \frac{1,000}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง, มิลลิลิตร}}$$

7. การคำนวณประสิทธิภาพของระบบ (Efficiency)

ประสิทธิภาพของระบบหาได้จากค่า COD ของน้ำเสียก่อนการบำบัด เทียบกับค่าดังกล่าวของน้ำเสียที่บำบัดแล้ว (มณฑล, 2553)

การคำนวณ

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{(S_o - S_e) \times 100\%}{S_o}$$



ตารางผนวกที่ ข1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียโรงงานที่ 1

โรงงานที่ 1		พารามิเตอร์ (มิลลิกรัม/ลิตร)					
		BOD	COD	TP	TKN	Oil	SS
เดือนที่ 1	Influent	1575	2600	2262	175	860	360.56
	Effluent	1230	2200	2295	151	70	338.33
เดือนที่ 2	Influent	1395	2800	1441	167	135	263.89
	Effluent	1080	1200	1498	136	175	237.22
เดือนที่ 3	Influent	1665	2400	2241	298	327.5	533
	Effluent	1200	1200	2145	206	347.125	298
เดือนที่ 4	Influent	1485	3200	2096	169.87	171.25	552
	Effluent	1440	2400	2272	142.8	96	474

ตารางผนวกที่ ข2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียโรงงานที่ 2

โรงงานที่ 2		พารามิเตอร์ (มิลลิกรัม/ลิตร)					
		BOD	COD	TP	TKN	Oil	SS
เดือนที่ 1	Influent	1935	3200	2075	200	240	921
	Effluent	2190	2133	1899	274	250	854.44
เดือนที่ 2	Influent	2040	2933	2146	326	110	06.67
	Effluent	2175	2800	1911	306	100	844.45
เดือนที่ 3	Influent	3660	4000	2175	455	493	1097
	Effluent	630	1200	2059	378	40	378
เดือนที่ 4	Influent	2490	5200	1978	285.6	365.83	1292
	Effluent	930	2800	1662	274.4	55.83	485

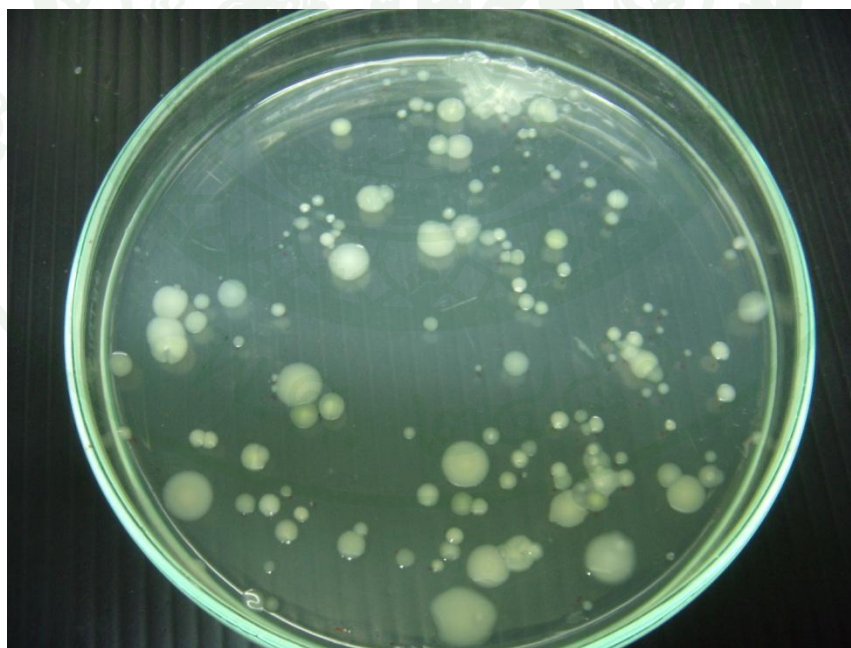
ตารางผนวกที่ ข3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียโรงงานที่ 3

โรงงานที่ 3		พารามิเตอร์ (มิลลิกรัม/ลิตร)					
		BOD	COD	TP	TKN	Oil	SS
เดือนที่ 1	Influent	2250	3400	2542	329	280	642
	Effluent	1320	2600	1460	205	260	180
เดือนที่ 2	Influent	2100	4200	2003	309	50	298.89
	Effluent	1193	1733	1380	179	60	393.33
เดือนที่ 3	Influent	1980	3467	2115	259	355	903
	Effluent	1298	800	1192	164	138.75	189
เดือนที่ 4	Influent	2910	4800	1976	242.7	256.875	1087
	Effluent	1433	3600	1625	167	212.86	390





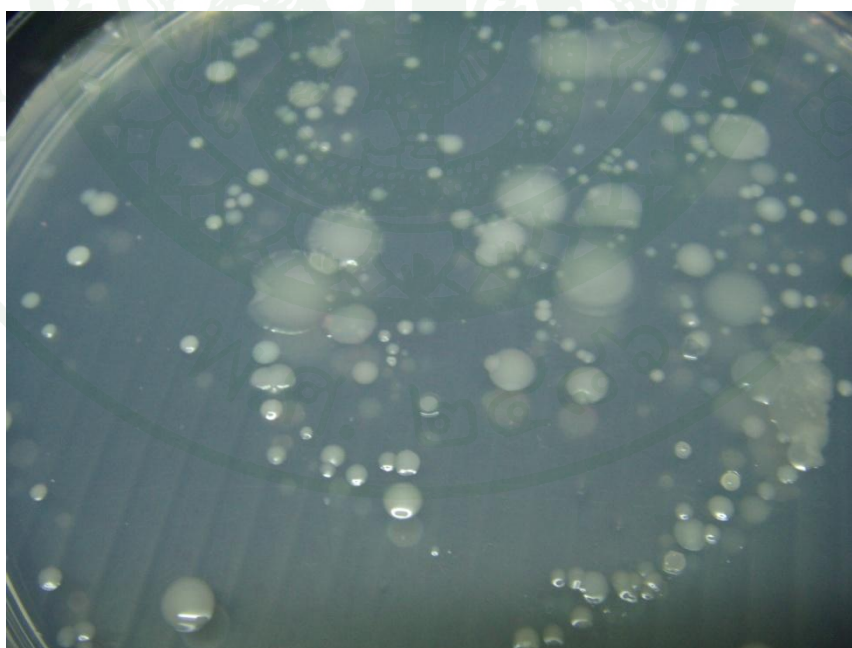
ภาพผนวกที่ ค1 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ *Acinetobacter* sp. ที่เจริญบนอาหารแข็งจำเพาะ
Acinetobacter Medium โดยวิธี Spread plate technique



ภาพผนวกที่ ค2 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ *Pseudomonas* sp. ที่เจริญบนอาหารแข็งจำเพาะ
Pseudomonas CFC Agar โดยวิธี Spread plate technique



ภาพผนวกที่ ค3 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ *Zoogloea* sp. ที่เจริญบนอาหารแข็งจำเพาะ
Zoogloea Medium โดยวิธี Spread plate technique



ภาพผนวกที่ ค4 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ *Nitrosomonas* sp. ที่เจริญบนอาหารแข็งจำเพาะ
Nitrosomonas Medium โดยวิธี Spread plate technique

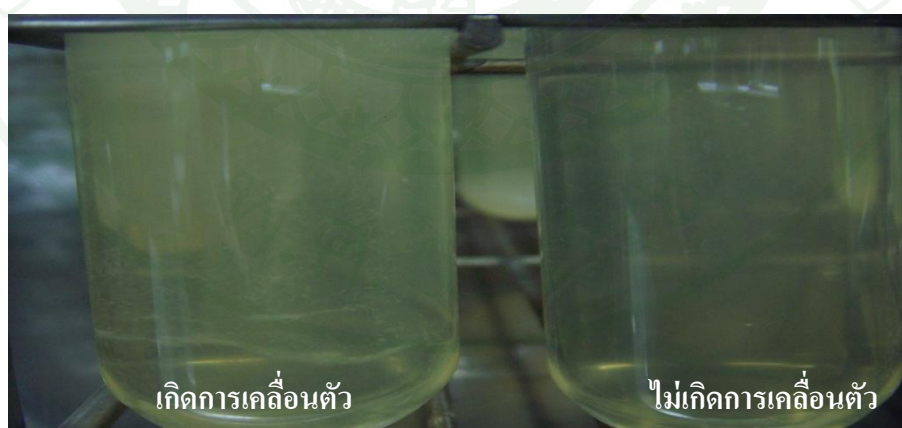




ภาพผนวกที่ ง1 แสดงผลการทดสอบการเกิดปฏิกิริยาแคตาเลส (Catalase Test)



ภาพผนวกที่ ง2 แสดงผลการทดสอบการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดส (Oxidase Test)



ภาพผนวกที่ ง3 แสดงผลการทดสอบการเคลื่อนตัวของเชื้อ *Nitrosomonas* sp. ที่เจริญบนอาหาร
เลี้ยงเชื้อชนิดกึ่งเหลว (Semi-solid agar)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวกาญจนา พุยเวียง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	22 กุมภาพันธ์ 2522
สถานที่เกิด	ขอนแก่น
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์เคมี) สถาบันราชภัฏเลย นักวิทยาศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	ทุนพัฒนานุเคราะห์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	