การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนด้วย
ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลาง
แบบเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน

Treatment Performance of household wastewater in

Fixed Bed Submerged Filter by Polypropylene Media

พัชรี โตสกุล

พัลลภ จริยะปัญญา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2556

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนด้วย
ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลาง
แบบเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน

Treatment Performance of household wastewater in

Fixed Bed Submerged Filter by Polypropylene Media

พัชรี โตสกุล

พัลลภ จริยะปัญญา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนด้วยระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลางแบบเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพิลีน
ชื่อ นามสกุล	นางสาวพัชรี โตสกุล นายพัลลภ จริยะปัญญา
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วรินธร บุญยะโรจน์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

นายกิติยศ ตั้งสัจจวงศ์
ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร
กรรมการ

ดร.วรินธร บุญยะโรจน์
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนด้วยระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลางแบบเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพิลีน
ชื่อ นามสกุล	นางสาวพัชรี โตสกุล นายพัลลภ จริยะปัญญา
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ	วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เส้นใยไส้กรองโพลีโพรพิลีนเป็นวัสดุตัวกลางในระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำเปรียบเทียบกับตัวกลางพลาสติกแบบ Small Pall Ring Bio-media Filter ที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด โดยจัดทำระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย รวบรวมน้ำเสีย ถังเติมอากาศที่มีตัวกลางโพลีโพรพิลีนจำนวน 2 ถัง ถังเติมอากาศที่มีตัวกลางพลาสติกจำนวน 2 ถัง และถังน้ำทิ้งที่ผ่านออกจากระบบบำบัด มีระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 48 ชั่วโมง ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD, COD, SS, TDS และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำเสีย

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำแบบใช้ตัวกลางเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพิลีนและแบบใช้ตัวกลางพลาสติกแบบ Small Pall Ring Bio-media Filter ปรากฏว่าระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำแบบใช้ตัวกลางเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพิลีน มีประสิทธิภาพการบำบัด BOD, COD, SS และ TDS อยู่ที่ 92.78%, 75.90%, 96.75% และ 20.76% ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการบำบัดดังกล่าวจะสูงกว่าแบบใช้ตัวกลางพลาสติก ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัด BOD, COD, SS และ TDS อยู่ที่ 84.20%, 61.66%, 94.12% และ14.80% ตามลำดับ น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่า BOD ต่ำกว่า 20 มก./ล. ส่วนสภาพน้ำเสียที่บำบัด มีสภาพดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัดคือ น้ำใสขึ้น ตะกอนน้อยลง ไม่มีกลิ่นเหม็น ระบบบำบัดถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลางเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพิลีน จึงมีประสิทธิภาพดีเพียงพอในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน

Thesis title	Treatment Performance of household wastewater in Fixed Bed Submerged Filter by Polypropylene Media
Author	Patcharee Tosakul
	Punlop Jariyapanya
Degree	Bachelor of Science
Major program	Environmental Science and Natural Resources
	Faculty of Science and Technology
Academic Year	2013

ABSTRACT

The purposes of the experimental project were to modify polypropylene as a supporting media for Fixed Bed Submerged Filter (FBSF) to compare plastic media form Small Pall Ring Bio-media Filter are commercially available. The model of FBSF consists of Equalization tank (EQ), Aeration tank with polypropylene media 2 tanks, Aeration tank with plastic media 2 tanks and Effluent tank. The corresponding with Hydraulic Retention Time (HRT) 48 hrs. The factors used in the study are the essential parameter such as BOD, COD, SS, TDS and changes in the Physical Characteristics of wastewater.

The result experimental indicated that efficiencies of FBSF with polypropylene media in term of BOD, COD, SS and TDS removal of 92.78%, 75.90%, 96.75% and 20.76% respectively gave the higher effluent values that the FBSF with plastic media the efficiencies of BOD, COD, SS and TDS removal of 84.20%, 61.66%, 94.12% and 14.80% respectively. The effluent BOD_5 was less than 20 mg/l. The wastewater was on clear, less sediment, no foul odor. The Fixed Bed Submerged Filter was effectively for the community household wastewater.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.วรินธร บุญยะโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนช่วยตรวจสอบ แก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความรักและเคารพยิ่ง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์กิติยศ ตั้งสัจจวงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ ที่มีคุณค่า ตลอดจนตรวจสอบ แก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ในทุก ๆ ด้านตลอดมา

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ได้อนุเคราะห์ทุนวิจัยสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณอักษร ใช้บางยาง ที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ และให้ความอนุเคราะห์เส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน สำหรับใช้ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณชูศักดิ์ จริยะปัญญา และ กาญจน์กนก แก้วมาก ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บน้ำตัวอย่าง ณ บ้านเลขที่ 119/9 หมู่ 5 ซอยหนองเตว็ด ถนนบางกรวย-ไทรน้อย ตำบลบางกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000 และสนับสนุนเงินทุนในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณเดือนฉาย โตสกุล และคุณสุวัฒน์ วงศ์ขันธ์ สำหรับการสนับสนุนเงินทุนในการทำปริญญานิพนธ์มาโดยตลอด รวมทั้งกำลังใจดี ๆ ที่มีให้เสมอมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ให้ผู้วิจัย สุดท้ายขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ตลอดจนญาติ ๆ พี่ ๆ เพื่อน ๆ ทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนการศึกษาด้วยดีตลอดมา

พัชรี โตสกุล

พัลลภ จริยะปัญญา

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		(ก)
Abstract		(ข)
กิตติกรรมประกาศ		(ค)
สารบัญ		(ง)
สารบัญตาราง		(ฉ)
สารบัญแผนภูมิ		(ช)
สารบัญภาพ		(ซ)
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย	2
	1.3 สมมติฐานงานวิจัย	2
	1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
	1.5 กรอบแนวคิด	4
	1.6 นิยามศัพท์	5
	1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	2.1 น้ำเสียครัวเรือน (Household Wastewater)	6
	2.2 ทฤษฎีการกำจัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ	14
	2.3 ประเภทของระบบกรองชีวภาพจมน้ำ	18
	2.4 ทฤษฎีฟิล์มชีวภาพ	22
	2.5 ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียแบบจุลินทรีย์เกาะผิวตัวกลาง	34
	2.6 วัสดุตัวกลาง	36
	2.7 โพลีโพรพิลีน	40
	2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3	วิธีการดำเนินการ	49
	3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน	49
	3.2 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย	49
	3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	50
	3.4 ดำเนินการทดลอง	57
	3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	58
บทที่ 4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	62
	4.1 สภาวะแวดล้อมในการทดลอง	62
	4.2 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย	63
	4.3 ประสิทธิภาพในการบำบัด	64
บทที่ 5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	74
	5.1 สรุปผลการวิจัย	74
	5.2 ข้อเสนอแนะ	75
เอกสารอ้างอิง		77
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก ข้อมูลผลการทดลอง	78
	ภาคผนวก ข วิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	83
ประวัติผู้วิจัย		

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ประเภทและปริมาณการใช้น้ำประปาของแต่ละครัวเรือน	8
2.2	ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบกรองชีวภาพจมน้ำ	18
2.3	ประเภทและชนิดของวัสดุตัวกลาง	37
2.4	ตัวอย่างชนิดของวัสดุตัวกลาง	39
3.1	แผนการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	59
4.1	ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากครัวเรือน	64
4.2	ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยตัวกลางพลาสติก ชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter	73
4.3	ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยตัวกลางชนิด เส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน	73
ก-1	แสดงอุณหภูมิ, ความเป็นกรด – ด่าง (pH), ค่าความขุ่น, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของระบบบำบัด	79
ก-2	แสดงผลการวิเคราะห์ BOD, COD, SS และTDS ของระบบบำบัด	82
ข-1	แสดงปริมาตรตัวอย่างที่จะนำมาทำเจือจางโดยใช้ค่าประมาณบีโอดี และเทียบ % เจือจาง	85
ข-2	ข้อดี และ ข้อเสียของซีโอดีเมื่อเปรียบเทียบกับบีโอดี	88

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดในการศึกษา	4
2.1	การแบ่งประเภทของจุลินทรีย์ในน้ำเสีย	13
2.2	หลักการบำบัดน้ำเสียของระบบจุลชีพของผิวตัวกลาง	35
3.1	ขั้นตอนการทดลอง	51
3.2	ขั้นตอนการเตรียมจุลินทรีย์	58

สารบัญภาพ

ภาพ **หน้า**

2.1 กระบวนการเกิดฟิล์มชีวภาพ 23
2.2 เซลล์ของจุลินทรีย์ 24
2.3 ลักษณะการยึดเกาะของจุลินทรีย์ 25
2.4 ลักษณะชั้นของฟิล์มชีวภาพ 27
2.5 การกำจัดสารอินทรีย์ภายในฟิล์มชีวภาพ 28
2.6 สภาพขาดแคลนสารอินทรีย์และออกซิเจนในระบบบำบัดน้ำเสีย แบบฟิล์มชีวภาพ 29
2.7 แสดงลักษณะเมือกจุลินทรีย์ของระบบ TF และระบบ RBC 30
2.8 ฟิล์มจุลชีพบนผิวตัวกลางของระบบใช้อากาศ 35
2.9 การเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์และสารที่ผลิตได้ของ ระบบจุลชีพเกาะผิวตัวกลาง 36
2.10 ชนิดของตัวกลางต่าง ๆ ของระบบถังกรอง 39
3.1 ขนาดถังรวบรวมน้ำเสีย (Equalization Tank: EQ) 52
3.2 ขนาดถังเติมอากาศ (Aeration Tank) 53
3.3 ปั๊มสูบน้ำและชุดวาล์วเปิด – ปิด 53
3.4 ท่อ PVC สำหรับส่งน้ำในระบบบำบัด 54
3.5 ระบบท่ออากาศ 54
3.6 ตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter 55
3.7 ขั้นตอนการทำตัวกลางเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน 56
3.8 การติดตั้งแบบจำลองที่ใช้ในการทดลอง 57
3.9 แผนผังจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 60
4.1 การเปรียบเทียบค่าบีโอดี (BOD) ในน้ำจากระบบบำบัด 65
4.2 ประสิทธิภาพการในการบำบัดบีโอดี (BOD) 66
4.3 การเปรียบเทียบค่าซีโอดี (COD) ในน้ำจากระบบบำบัด 67
4.4 ประสิทธิภาพการในการบำบัดซีโอดี (COD) 68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.5	การเปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ในน้ำจากระบบบำบัด	70
4.6	ประสิทธิภาพการในการบำบัดของแข็งแขวนลอย (SS)	70
4.7	การเปรียบเทียบของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ในน้ำจากระบบบำบัด	72
4.8	ประสิทธิภาพการในการบำบัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)	72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดมลพิษที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ มลพิษที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ล้วนเกิดจากมนุษย์เช่น การตัดต้นไม้ทำลายธรรมชาติ การปล่อยน้ำเน่าเสียลงในแม่น้ำลำคลองซึ่งสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำของแม่น้ำลำคลองและแหล่งน้ำธรรมชาติในชุมชนเขตเมืองมาจากน้ำเสียที่ถูกปล่อยจากบ้านพักอาศัย อาคาร สำนักงานต่างๆน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นมีสาเหตุมาจากการเพิ่มประชากร ย้ายถิ่นจากชนบทเข้าสู่เขตเมือง น้ำเสียจากชุมชนจะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีการบำบัดหรือมีการบำบัดเพียงบางส่วน ทั้งนี้เนื่องมาจากค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียค่อนข้างสูง และทัศนคติของคนที่มีต่อระบบบำบัดน้ำเสีย ส่งผลให้เกิดความเอาใจใส่ในการบำบัดน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งเป็นเหตุสำคัญในการเกิดปัญหาน้ำเสียในแหล่งน้ำผิวดิน

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กับบ้านพักอาศัยมีหลายประเภท แต่ละประเภทมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปและมีความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ซึ่งหลักเกณฑ์การเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียในเบื้องต้นจะพิจารณาที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง การควบคุมการทำงานของระบบ ค่าใช้จ่ายในการควบคุมการทำงานมีความสิ้นเปลืองน้อยที่สุด ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีสลับซับซ้อน ดังนั้นระบบบำบัดชนิดที่ใช้พลังงานน้อย ได้แก่ ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF) ซึ่งเป็นระบบการบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพที่มีชั้นตัวกลางเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ วัสดุตัวกลางที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีลักษณะแตกต่างกันไป ส่วนใหญ่ทำมาจากพลาสติกซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงและยังก่อให้เกิดปัญหาปริมาณขยะมูลฝอยพลาสติกอีกด้วย ทางเลือกในการลดปัญหาขยะ คือการนำวัสดุเหลือใช้นำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมมาใช้เป็นตัวกลางได้แก่ เส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนเป็นเส้นใยที่ใช้กรองน้ำสำหรับการผลิตน้ำ RO (REVERSE OSMOSIS) ใช้ในการฟอกไต

สำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคไต เส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนนี้มีอายุการใช้งานจำกัดเมื่อถึงเวลาที่เหมาะสมจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนอยู่เสมอ ฉะนั้นเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนจึงเป็นขยะที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ทางโรงพยาบาลส่วนใหญ่จึงกำจัดทิ้งอยู่เป็นประจำ

การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ โดยใช้ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ และเนื่องจากยังไม่เคยมีการศึกษาใช้เส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนเป็นวัสดุตัวกลาง เพื่อให้ง่ายต่อปัจจัยที่ศึกษาและสามารถนำผลการศึกษาไปใช้ได้จริงในการบำบัดน้ำเสียสำหรับบ้านพักอาศัย จึงเลือกใช้น้ำเสียที่มาจากบ้านพักอาศัยเป็นน้ำเข้าระบบการทดลอง โดยการทดลองครั้งนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำโดยใช้ตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำโดยใช้ตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนของตัวกลางที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากระบบผลิตน้ำ RO (REVERSE OSMOSIS) ของโรงพยาบาล และตัวกลางที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด

1.2.3 เพื่อศึกษาลักษณะสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำที่มีการใช้ตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนเป็นตัวกลางสามารถช่วยในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ตัวกลางพลาสติกที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดชนิด Small Ring Bio-media Filter

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 สร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำโดยใช้ตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน

1.4.2 ศึกษาความสามารถในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียในการบำบัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยด้วยตัวกลาง 2 ชนิด คือ ตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน และตัวกลางที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาดชนิด Small Ring Bio-media Filter

1.5 กรอบแนวคิด

ตัวแปรอิสระ

วัสดุตัวกลาง

- ตัวกลางที่ทำจากเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน
- ตัวกลางพลาสติกที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด ชนิด Small Ring Bio-media Filter

ตัวแปรควบคุม

- ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ
- pH ของน้ำ
- การทดลองภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้อง

ตัวแปรตาม

1. **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย**
   - BOD
   - COD
   - TDS
   - SS
2. **การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำเสีย**
   - อุณหภูมิ
   - ความเป็นกรด-ด่าง
   - ความขุ่น
   - ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ
   - กลิ่น
3. **การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของตัวกลาง**
   - ลักษณะการเกาะตัวของจุลินทรีย์ที่ผิว

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำระหว่างตัวกลางที่ทำจากเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนและการใช้ตัวกลางพลาสติกที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด

แผนภูมิ 1.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

1.6 นิยามศัพท์

1.6.1 ตัวกลาง (Media) หมายถึง ที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ เมื่อน้ำเสียไหลผ่านผิวตัวกลางไป จุลินทรีย์ที่เกาะติดผิวตัวกลางจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

1.6.2 น้ำเสียครัวเรือน (Household Wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่ปล่อยมาจากบ้านเรือน ที่พักอาศัย เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น ชำระร่างกาย การประกอบอาหาร การซักเสื้อผ้า และการขับถ่าย น้ำเสียส่วนนี้มักปนเปื้อนสิ่งสกปรกจำพวกสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร อุจจาระ ปัสสาวะ นอกจากนี้ ยังมีผงซักฟอก สบู่ และสารลดแรงตึงผิวที่เป็นส่วนประกอบในผงซักฟอก สบู่ ตลอดจนจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งอาจจะมีน้ำที่เป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ทั่วไป

1.6.3 ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF) หมายถึง ระบบการบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพที่มีชั้นตัวกลางเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ โดยระบบจะมีชั้นกรอง (ตัวกลาง) เต็มพื้นที่ผิวหน้าตัดของถังกรอง

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้ทราบถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพและเคมีด้วยการใช้ตัวกลางเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนเป็นวัสดุตัวกลางในระบบบำบัดน้ำเสียถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ

1.7.2 สามารถลดค่าใช้จ่าย เนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียเป็นวัสดุเหลือใช้ของโรงพยาบาล

1.7.3 ทราบถึงสภาวะการเดินระบบที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียประเภทอื่นๆ ต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความรู้เรื่องต่าง ๆ หลายเรื่อง ซึ่งต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ปะกอบการพิจารณาอ้างอิงและวิเคราะห์ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน จึงกำหนดข้อมูลหลักที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 น้ำเสียครัวเรือน
2.2 ทฤษฎีการกำจัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ
2.3 ประเภทของระบบกรองชีวภาพจมน้ำ
2.4 ทฤษฎีฟิล์มชีวภาพ
2.5 ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียแบบจุลินทรีย์เกาะผิวตัวกลาง
2.6 วัสดุตัวกลาง
2.7 โพลีโพรพิลีน
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสียครัวเรือน (Household Wastewater)

2.1.1 นิยามและความหมายของน้ำเสีย

สันทัด (2549) กล่าวว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ แล้ว ตัวอย่างเช่น การใช้ในชีวิตประจำวันของประชากร เช่น ใช้ในการอุปโภคและบริโภค การประกอบอาหาร การชำระล้างร่างกาย ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น การล้างวัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์ การหล่อเย็น ซึ่งทำให้น้ำดังกล่าวมีลักษณะสมบัติต่างไปจากเดิม เนื่องจากปนเปื้อนของสิ่งสกปรก สิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ใช้ประโยชน์จากน้ำนั้น นอกจากนี้แล้วสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจะเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำเสียที่มีลักษณะสมบัติแตกต่างกันออกไป

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2545) ให้ความหมาย น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในปริมาณสูงจนกระทั่งกลายเป็นที่ไม่เป็นที่ต้องการและเป็นที่รังเกียจของคนทั่วไป น้ำเสียก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ แก่ลำน้ำซึ่งเป็นที่รองรับ เช่น ทำให้เกิดการเน่าเหม็นหรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เป็นต้น

น้ำเสีย ความหมายตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ.2535 หมายถึง ของเสียที่อยู่ในในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวทำให้เกิดภาวะมลพิษทางน้ำในแหล่งน้ำที่สำคัญของประเทศต่าง ๆ ซึ่งกำลังทวีความรุนแรงขึ้นทุกขณะโดยเฉพาะแหล่งน้ำที่อยู่ในแหล่งชุมชนขนาดใหญ่รวมทั้งแหล่งอุตสาหกรรมและแหล่งเกษตรกรรม (สุบัณฑิต, 2548)

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ มีการปนเปื้อนมลสาร ทำให้น้ำดังกล่าวมีลักษณะสมบัติต่างไปจากเดิม ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ แก่ลำน้ำซึ่งเป็นที่รองรับก่อให้เกิดภาวะมลพิษทางน้ำในแหล่งน้ำ

2.1.2 น้ำเสียครัวเรือนและแหล่งกำเนิด

น้ำเสียครัวเรือน คือ น้ำเสียที่ปล่อยมาจากบ้านเรือน ที่พักอาศัย เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น ชำระร่างกาย การประกอบอาหาร การซักเสื้อผ้า และการขับถ่าย (ไชยยุทธิ์, 2536) น้ำเสียส่วนนี้มักปนเปื้อนสิ่งสกปรกจำพวกสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร อุจจาระ ปัสสาวะ นอกจากนี้ ยังมีผงซักฟอก สารซักล้าง และสารลดแรงตึงผิวที่เป็นส่วนประกอบในผงซักฟอก สบู่ ตลอดจนจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งอาจจะมีน้ำที่เป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ทั่วไป (สันทัด, 2549)

ตาราง 2.1 ประเภทและปริมาณการใช้น้ำประปาของแต่ละครัวเรือน

ประเภทของการใช้น้ำประปา	ปริมาณการใช้น้ำประปา (%)
โถส้วม	41
อาบน้ำและล้างมือทั่วไป	37
กิจกรรมต่าง ๆ ในครัว	11
ซักผ้า	4
ทำความสะอาดทั่วไปในบ้าน	3
รดน้ำสนามหญ้าและต้นไม้	3
ล้างรถ	1
รวมทั้งสิ้น	100

ที่มา: เกรียงศักดิ์ (2542)

2.1.3 ลักษณะของน้ำเสีย

เกรียงศักดิ์ (2542) อธิบายว่า ลักษณะของน้ำเสียได้แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

2.1.3.1 ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Characteristics of Wastewater)

1) ปริมาณของแข็ง (Solids)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดประกอบด้วย ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solids) และปริมาณของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) ปริมาณของแข็งทั้งหมดจะประกอบไปด้วย ของแข็งที่สามารถระเหยได้ ณ อุณหภูมิ 600 $^{\circ}$C บวกกับของแข็งที่ไม่ระเหย ณ อุณหภูมิ 600 $^{\circ}$C ซึ่งปริมาณของแข็งที่ระเหยไป ณ อุณหภูมิ 600 $^{\circ}$C ก็คือ ค่าปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำเสีย

2) กลิ่น (Odor)

กลิ่นจากน้ำเสียส่วนมากแล้วมาจากก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ก๊าซส่วนใหญ่แล้วจะเป็น H_2S (ก๊าซไข่เน่า) ซึ่งเกิดขึ้นจากจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนได้ทำการเปลี่ยนแปลงสภาพของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์ ส่วนสารอื่น ๆ ที่สามารถทำให้เกิดกลิ่นไม่ดีเนื่องจากอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนในน้ำเสียได้ มีดังนี้

ไข่เน่า	→	H_2S
ผักกะหล่ำปลีเน่า	→	Organic sulfides
กลิ่นของปลาตาย	→	Organic amines
กลิ่นของพวก Worm	→	Phosphorus
กลิ่นอับ	→	Organic acids

สำหรับการกำจัดกลิ่นในน้ำเสีย อาจใช้สารเคมีที่สามารถออกซิไดซ์สารที่ทำให้เกิดกลิ่นได้ เช่น Hypochlorite, Permanganate หรือเครื่องกรองชนิดคาร์บอน (Carbon Filter)

3) อุณหภูมิ (Temperature)

น้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาโดยมากจะมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ และเมื่อปล่อยทิ้งไปยังแม่น้ำ ลำคลอง จะทำให้สภาพแวดล้อมในแม่น้ำลำคลองนั้น ๆ เปลี่ยนแปลงไปได้ ดังนี้

ก) น้ำในแม่น้ำลำคลองนี้จะมีปริมาณของออกซิเจนลดลงกว่าปกติ เนื่องจากค่าอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำจะลดลง เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

ข) เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ปฏิกิริยาชีวเคมีของพวกจุลินทรีย์ก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งหมายความว่า ออกซิเจนในน้ำได้ถูกเพิ่มมากขึ้น เช่น ฤดูร้อน น้ำในแม่น้ำลำคลอง จะมีออกซิเจนน้อยกว่าในฤดูหนาว

ค) เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าปกติ การเจริญเติบโตของพืชที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำมีมากกว่าปกติ และอาจเกิดราขึ้นได้ในแหล่งน้ำนั้น

4) สี (Color)

สีของน้ำเสียเกิดขึ้นได้จาก 2 สาเหตุ คือ สีของน้ำเสียเองอันเนื่องมาจากการปนเปื้อนมาแต่แรกในน้ำเสีย เช่น สีของน้ำเสียจากโรงงานทอผ้า ฟอกย้อม หรือสีของน้ำเสียจากโรงงานกระดาษ เป็นต้น สีที่เกิดขึ้นในน้ำเสียหลังจากการเก็บกักน้ำเสียไว้ระยะหนึ่ง หรือเกิดขึ้นหลังจากผ่านการบำบัดเช่นในกรณีระบบบำบัดแบบบ่อผึ่ง (Oxidation Pond) ที่อาศัยสาหร่าย (Algae) เป็นตัวให้ออกซิเจนกับบ่อบำบัดน้ำเสีย แต่ตัวสาหร่ายเองจะทำให้น้ำเสีย ที่ผ่านการบำบัดแล้วมีสีเขียว (Metcalf and Eddy, 1991) หรืออาจจะเป็นกรณีที่มีการกักเก็บ น้ำในบ่อบำบัดเป็นเวลานาน หรืออยู่ในสภาพกึ่งไร้อากาศจะมีแบคทีเรียในกลุ่ม Purple Sulfur Bacteria (Sirianuntapiboon *et al.*, 2003) นอกจากนี้สีของน้ำ

หรือน้ำเสีย อาจเกิดขึ้นจากการย่อยสลายหรือเน่าเสียของสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น จากการย่อยสลาย หรือเน่าเสียของเศษใบไม้หรือจุลินทรีย์สารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งมักจะเป็นสีชา เป็นต้น ผลเสียของสีในน้ำเสียส่วนใหญ่ จะส่งผลต่อการส่องผ่านของแสงแดดลงใต้น้ำทำให้การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายลดลง เป็นที่น่ารังเกียจ รวมทั้งสีส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ชนิดสารแขวนลอย และสารที่ละลายน้ำ ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียสูงขึ้น

5) ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำเสียส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากสารแขวนลอย (Suspended Solids of Colloid) ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียนั้นเองที่จะกั้นหรือบังไม่ให้แสงแดดส่องลงใต้น้ำเช่นเดียวกับสีที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย

2.1.3.2 ลักษณะน้ำเสียทางเคมี (Chemical Properties of Wastewater)

ลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำเสียที่จำเป็นในการตรวจวิเคราะห์ (APHP, AWWA and WPCF, 1991) จะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ในรูปของของแข็ง ของเหลว และก๊าซ เป็นต้น

1) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

เป็นค่าที่แสดงความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจน [H^+] ในน้ำโดย pH ที่มีค่าสูงกว่า 7 แสดงว่ามีฤทธิ์เป็นด่าง ส่วน pH ที่มีค่าต่ำกว่า 7 แสดงว่ามีฤทธิ์เป็นกรด

2) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)

บีโอดีเป็นการวิเคราะห์หาค่าความสกปรกของน้ำหรือในเทอมของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ โดยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน โดยจุลินทรีย์ส่วยใหญ่จะเป็นแบคทีเรียที่จะใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารในการดำรงชีวิต (Heterotrophic bacteria)

3) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)

ซีโอดีเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำเสีย เพื่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นผลปฏิกิริยาสุดท้าย โดยใช้สารที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์สูง (Strongly Oxidizing Agent) เช่น โพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate : $K_2Cr_2O_7$) หรือโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (Potassium Permanganate) (สันทัด, 2549)

4) ปริมาณสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogenous compounds)

นอกจากนี้ในน้ำเสียครัวเรือนยังมีธาตุอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบที่สำคัญโดยจะอยู่ในรูปของสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen compounds) (ปิยวรรณ, 2543)

สารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสียชุมชนมีอยู่ 4 ชนิด คือ อินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนียโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจน โดยสารอินทรีย์ไนโตรเจน อาจอยู่ในรูปของกรดอะมิโน (Amino Acid) เปปไทด์ (Peptides) หรือยูเรีย (Urea) ซึ่งส่วนใหญ่มาจากขับถ่ายของเสียและเป็นรูปที่รีดิวส์ (Reduce) ได้สูงสุด โดยจะถูกย่อยสลายให้กลายเป็นแอมโมเนียได้ง่ายโดยอาศัยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งปฏิกิริยานี้เรียกว่า แอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) ดังสมการ 2.1 (มั่นสิน, 2538 อ้างจาก Hauser, 1996 quoting Mitsch and Gosselink, 2000)

$$\underset{\text{(ยูเรีย)}}{NH_2CONH_2+H_2O} \longrightarrow \underset{\text{(แอมโมเนีย)}}{2NH_3+CO_2} \qquad (2.1)$$

ดังนั้นในน้ำเสียครัวเรือนทั่วไปจะมีปริมาณแอมโมเนียสูงสุด โดยเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 60 ของไนโตรเจนทั้งหมด (เกรียงศักดิ์, 2542) ส่วน ไนไตรท์ไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจนนั้นปกติจะมีปริมาณต่ำสุดในน้ำเสียที่เพิ่งถูกปล่อยทิ้งในระยะแรก แต่หากมีออกซิเจนเพียงพอ จะมีปริมาณสูงขึ้น เนื่องจากมีการเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียไนโตรเจนอาศัยจุลินทรีย์กลุ่ม *Nitrosomonas* sp. และ *Nitrobactor* sp ซึ่งปฏิกิริยานี้เรียกว่า ไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) ดังสมการ 2.2 และ 2.3 (ชัยพร, 2538)

$$2NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow{\textit{Nitrosomonas}\text{ sp.}} 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ + \text{Energy} \qquad (2.2)$$

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\textit{Nitrobactor}\text{ sp.}} 2NO_3^- + \text{Energy} \qquad (2.3)$$

5) ปริมาณสารฟอสฟอรัส (Phosphorus compounds)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สำคัญอีกธาตุหนึ่งต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นอกเหนือจากไนโตรเจน โดยปกติแล้วในแหล่งน้ำธรรมชาติมักจะมี

ปริมาณฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เนื่องจากมีการปนเปื้อนของน้ำเสียจากครัวเรือนที่มีการใช้ผงซักฟอก ซึ่งฟอสฟอรัสดังกล่าวส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของโพลีฟอสเฟต โดยฟอสฟอรัสจะเป็นตัวที่เร่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายอย่างรวดเร็ว (Algae bloom) และเมื่อสาหร่ายเหล่านั้นตายก็จะเป็นการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ ทำให้เกิดน้ำเน่าเสียได้ ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ดังที่กล่าวแล้วว่าฟอสเฟสเป็นตัวธาตุตัวหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นโดยทั่วไปปริมาณบีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 100 : 5 : 1 ดังนั้น หากน้ำเสียมีปริมาณฟอสฟอรัสไม่เพียงพอจึงต้องมีการเติมฟอสฟอรัสในรูปของสารประกอบต่าง ๆ เช่น แอมโมเนียฟอสเฟส ฟอสฟอริกแอซิด เป็นต้น

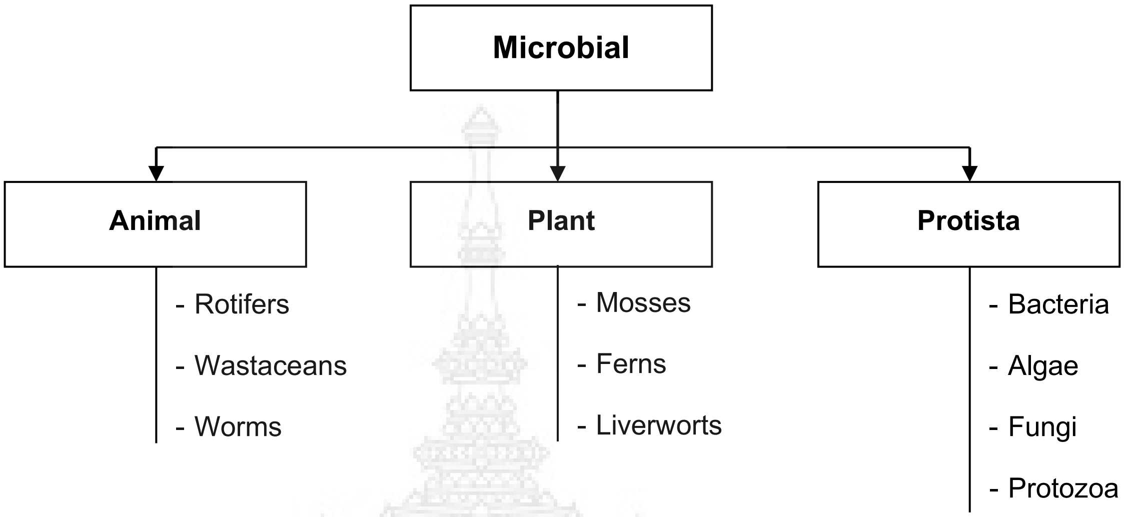
6) ปริมาณไขมันและน้ำมัน (Oil and Grease)

เป็นสารอินทรีย์กลุ่มหนึ่งซึ่งส่วนใหญ่จะไม่ละลายน้ำ เมื่อตั้งไว้จะลอยอยู่ที่ผิวน้ำ และถูกย่อยสลายได้ยากกว่าและใช้เวลาในการย่อยสลายนานกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ เช่น แป้งและน้ำตาล เป็นต้น นอกจากนี้ไขมันและน้ำมันยังเป็นปัญหากับระบบบำบัดน้ำเสียอีกด้วย โดยเฉพาะระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา กล่าวคือจะเป็นปัญหาต่อการเติมอากาศของระบบบำบัด ในกรณีที่ใช้เครื่องเติมอากาศชนิดทุ่นลอย (Floating Aerator) การละลายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำเสียจะถูกไขมันที่ลอยอยู่บนผิวหน้าของน้ำเสียกีดขวาง

2.1.3.3 ลักษณะน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological Properties of Wastewater)

ลักษณะสมบัติทางชีววิทยา (Biological Characteristics) ซึ่งจุลินทรีย์ที่กล่าวถึงจะมีทั้งแบบจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรค (Normal Flora) และจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคในสิ่งมีชีวิต (Pathogenic Bacteria) (สันทัด, 2549) น้ำเสียครัวเรือนที่มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ จากการขับถ่าย ซึ่งบางครั้งอาจมีการปนเปื้อนจากเชื้อโรค ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจหาและทำการทำลายก่อนจะระบายลงสู่แม่น้ำลำคลองหรือลำรางสาธารณะ การแบ่งประเภทของจุลินทรีย์ในน้ำเสียแสดงดังแผนภูมิ 2.1

แผนภูมิ 2.1 การแบ่งประเภทของจุลินทรีย์ในน้ำเสีย



ที่มา: สันทัด (2549)

2.1.4 ผลกระทบน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม

เปี่ยมศักดิ์ (2539) กล่าวว่า การเกิดมลภาวะน้ำเสียหรือมลพิษทางน้ำเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่ง ที่ทำให้เกิดผลกระทบหรือความเสียหายต่อคุณค่าทรัพยากรและคุณภาพสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากรน้ำและย่อมส่งผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งผลกระทบดังกล่าว ได้แก่

2.1.4.1 ผลกระทบต่อการผลิตน้ำเพื่อการบริโภคและการอุตสาหกรรม

เนื่องจากน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่ คือ แม่น้ำ ลำคลอง เมื่อเกิดปัญหาขึ้นในแหล่งน้ำ จะทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาเพื่อการบริโภค และค่าใช้จ่ายเพื่อบำรุงเครื่องจักร

2.1.4.2 ผลกระทบทางด้านสาธารณสุข

น้ำเสียอาจทำให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคและแมลง เนื่องจากมีเชื้อโรคปนเปื้อนติดตามมา แล้วเจริญเพิ่มจำนวนมากขึ้นโดยอาศัยอาหารจากอินทรียสารในน้ำเสีย และเมื่อมีการระบายน้ำ โอกาสที่จะแพร่กระจายก็เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การรวบรวมและการกำจัดน้ำเสียที่ไม่ถูกต้องกับหลักสุขาภิบาล จะก่อให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงและแมลงได้อีกด้วย ในทางสาธารณสุขได้ใช้แบคทีเรียโคลิฟอร์มเป็นดัชนีวัดคุณภาพน้ำ โดยปกติแบคทีเรียชนิดนี้อาศัยอยู่ในลำไส้คนและสัตว์ โดยไม่ก่อให้เกิดโรค แต่ถ้าพบแบคทีเรียชนิดนี้

ในแหล่งน้ำจำนวนมากแล้วแสดงว่าแหล่งน้ำนั้น มีโอกาสะมีเชื้อโรคบางชนิดที่เป็นอันตรายปะปนอยู่

2.1.4.3 ผลกระทบทางกลิ่น

น้ำเสียทำให้เกิดกลิ่นเหม็น และก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียง ซึ่งกลิ่นเหม็นนี้มาจากจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน ได้ทำการเปลี่ยนสภาพของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์เกิดเป็นก๊าซไข่เน่า

2.1.4.4 ผลกระทบทางด้านความสวยงามและการพักผ่อนหย่อนใจ

เป็นผลกระทบทางอ้อมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพแหล่งน้ำในแหล่งรองรับน้ำเสีย แม้ว่าการพักผ่อนหย่อนใจบางประเภทไม่ต้องการน้ำที่สะอาด แต่ก็ต้องเป็นน้ำที่มีคุณภาพที่เหมาะสม การระบายน้ำเสียสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ นั้นเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำลายความสะอาดหรือความสวยงามตามธรรมชาติของแหล่งน้ำ ทำให้ไม่เหมาะสมที่จะเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจหรือทำให้ได้รับความรังเกียจ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของสี ที่แสดงถึงความสกปรกหรือมีกลิ่นเหม็น

2.1.4.5 ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ

น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมในครัวเรือนจำเป็นต้องได้รับการควบคุมดูแลหรือการบำบัดให้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ซึ่งเป็นการควบคุมดูแลหรือการบำบัดน้ำ จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน จึงถือว่าเป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจอีกประการหนึ่ง และยังส่งผลต่อการผลิตน้ำ เพื่ออุปโภคและภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่ คือ แม่น้ำ ลำคลอง เมื่อเกิดปัญหาน้ำเสียขึ้นในแหล่งน้ำนั้น จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำประปา

2.2 ทฤษฎีการกำจัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา

2.2.1 การกำจัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน

การกำจัดน้ำเสียทางชีววิทยา เป็นวิธีที่ใช้กันมากที่สุดในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่อยู่ในรูปของสารละลายและอนุภาคคอลลอยด์โดยใช้จุลินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียไปทำลายสารละลายอินทรีย์ในน้ำทิ้งด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน ดังนี้ การกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีววิทยาจึงแบ่งตามปฏิกิริยาชีวเคมี

ออกได้เป็นการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Treatment) และการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Treatment)

การกำจัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนมีหลายระบบเริ่มตั้งแต่ Oxidation Pond ที่ง่ายที่สุด อาศัยธรรมชาติมากที่สุด และไม่มีเครื่องจักรอุปกรณ์ใด ๆ เลย จนถึงระบบเลี้ยงตะกอนที่ยุ่งยากและใช้เครื่องจักรกลมากที่สุด อย่างไรก็ตามระบบกำจัดต่าง ๆ นี้อาศัยหลักการเดียวกันคือ ใช้แบคทีเรียเป็นตัวกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน ดังนั้นระบบกำจัดแต่ละระบบจึงแตกต่างกันวิธีการให้ออกซิเจน และการควบคุมปฏิกิริยาของแบคทีเรีย

การกำจัดแบบใช้ออกซิเจน น้ำเสียจะต้องมีอาหารเสริมเพียงพออัตราส่วน BOD : N : P สูงสุดประมาณ 100 : 5 : 1 นอกจากนี้น้ำเสียต้องมีคุณสมบัติที่ไม่ขัดต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ที่สำคัญที่สุดคือ ในน้ำเสียจะต้องมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอ มิฉะนั้นปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจนจะกลายเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้น้ำเสียเน่าเหม็น ซึ่งหมายถึงความล้มเหลวของระบบกำจัดนี้

แบคทีเรียที่ใช้สำหรับระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนแบ่งได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

1) พวกแบคทีเรียอยู่ในลักษณะแขวนลอย (Suspension) ได้แก่ ระบบ Oxidation Pond, Aerated Lagoons และระบบเลี้ยงตะกอน

2) พวกแบคทีเรียยึดเกาะตัวกลางอย่างหนึ่ง (Bacteria Bed) ซึ่งอาจเกาะอยู่กับที่ (Fixed Bed) ได้แก่ ระบบ Trickling Filter หรือเคลื่อนที่ (Moving Bed) ได้แก่ ระบบ Biological Disc

2.2.2 ประวัติความเป็นมาของระบบเลี้ยงตะกอน

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนนี้เริ่มใช้เป็นครั้งแรกที่ประเทศอังกฤษ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1900 และมีการปรับปรุงให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้นตามลำดับ ในปี ค.ศ. 1912 คลาร์ค ทำงานอยู่ที่ Lawrence Experimental Station ได้ศึกษาเกี่ยวกับการทำน้ำเสียให้สะอาด (Waste Purification) โดยการผ่าน น้ำเสียเข้าไปในถังเติมอากาศที่มีพวกจุลินทรีย์อยู่ในนั้น พวกจุลินทรีย์จะทำหน้าที่กำจัดน้ำเสียนั้น ต่อมาได้มีการหาวิธีปรับปรุงระบบเดิมทำให้น้ำเสียเมื่อผ่านการบำบัดแล้วมีความสะอาดยิ่งขึ้น โดยทำให้น้ำโสโครกผ่านไปในถังเติมอากาศที่มีจุลินทรีย์ และทำให้ตะกอนที่มีชีวิต (Active Activated Sludge)

ไปตกตะกอนก่อนแล้วเอาตะกอนบางส่วนย้อนกลับ (Recycle) เข้ามาระบบบำบัดอีกซึ่งเป็นการเก็บตัวจุลินทรีย์ไว้ในระบบบำบัดแทนที่จะปล่อยให้รั่วไหลไปกับน้ำทิ้ง

ปี ค.ศ. 1963 แมคคิดนีย์ได้คิดปรับปรุงเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียนี้ โดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ (MatheMatical Model) มาอธิบายทำให้การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบผสมกันตลอดระบบ (Complete Mixed Activated Sludge) ซึ่งได้ตีพิมพ์เผยแพร่ใน ปี ค.ศ. 1968, 1969 และ 1970 ได้มีการนำความรู้นี้ไปใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียกันอย่างแพร่หลาย

ต่อมา เอนเคนเฟลเดอร์ ได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Complete Mix ได้เขียนสมการที่เกี่ยวข้องของตัวต่าง ๆ เข้าด้วยกันโดยใช้ชื่อที่รู้จักในทางวิทยาศาสตร์แทน ทำให้สามารถเข้าใจเรื่องนี้กันอย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น

หลังจากนั้นมามีผู้พยายามศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนอีกมากมายโดยพยายามปรับปรุง ให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดมีมากขึ้น ซึ่งพอสรุปการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแบ่งออกเป็น 2 วิธี

ก) การออกแบบโดยใช้สูตรกำหนด (Empirical Design Method)

ข) การออกแบบโดยใช้เหตุผลต่อเนื่อง (Rational Design Method)

เกี่ยวกับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียทั้งสองวิธีนั้น สเตนเซล และเซลล์ได้ให้ความเห็นไว้ดังนี้

วิธีการออกแบบระบบกำจัดน้ำเสียแบบใช้สูตรกำหนด (Empirical Design Method) เป็นวิธีออกแบบที่อาศัยพื้นฐาน และความรู้จากการเก็บข้อมูลและผลการกำจัดน้ำเสียจากบ้านเรือนที่สร้างขึ้นแล้ว ซึ่งพบว่าถ้าผ่านน้ำเสียเข้าไปในถังเติมอากาศใช้เวลา 4-8 ชั่วโมงแล้วจะสามารถลดความสกปรกได้ถึง 90% การออกแบบโดยอาศัยข้อมูลนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ออกแบบระบบกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงงานอุตสาหกรรมเพราะว่ามีความสกปรกสูงกว่าน้ำทิ้งบ้านเรือนภาระการกำจัด (Organic Loading) คืออัตราส่วนของปริมาณสารอินทรีย์ (Organic Load) ต่อปริมาตรของถังเติมอากาศทั่ว ๆ ไปใช้ Organic Loading ประมาณ 320-800 lb BOD/Day $\bullet$ 1000 m^3 จากการที่ออกแบบโดยใช้ค่าและสูตรสำเร็จเหล่านี้มาออกแบบระบบกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมักไม่ค่อยได้ผล

เพราะระบบกำจัดเหล่านี้มีปัญหา และความซับซ้อนที่ไม่ได้คิดและนำมาใช้ในการออกแบบระบบจำกัด

การออกแบบระบบกำจัดวิธีที่สองคือ การใช้เหตุผลต่อเนื่อง (Rational Design Method) วิธีนี้เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการออกแบบระบบกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เพราะจะต้องใช้เหตุผล และการศึกษาเกี่ยวกับน้ำเสียแต่ละชนิด โดยหาข้อมูลของการกำจัดน้ำเสียใช้รูปจำลองของระบบกำจัด (Pilot Plant) มาหาข้อมูลและคุณลักษณะต่าง ๆ เข้ามาใช้ออกแบบระบบจริง และจะมาประมวลข้อขัดข้อง และปัญหาที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งวิธีแก้ไขเบื้องต้น เมื่อได้ข้อมูลมาเรียบร้อยและนำไปออกแบบระบบกำจัดต่อไป เช่น จะต้องศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างอาหารและจุลินทรีย์ (F/M Ratio) ที่เหมาะสม อัตราการใช้ออกซิเจน ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ (Mixed Liquor Suspended Solid) ที่ยังจะคงอยู่ในระบบบำบัดและความเร็วในการตกตะกอนที่มีความเข้มข้นต่างๆ กันในถังตะตะกอนขั้นสุดท้าย ซึ่งข้อมูลถ้ายิ่งมีความละเอียดมาก ก็จะทำให้ออกแบบระบบกำจัดน้ำเสียมีความผิดพลาดน้อยที่สุดทำให้เลือกออกแบบระบบกำจัดให้มีประสิทธิภาพเท่าใดก็ได้

ในทศวรรษที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยมากมายในการจะนำเอาระบบกำจัดน้ำเสียที่ใช้ออกซิเจนต่าง ๆ มาผสมกับระบบอื่น ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการปฏิบัติ ความสามารถการรองรับ Shock load และเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัด

ระบบเลี้ยงตะกอนเป็นระบบหนึ่งที่ได้มีการพัฒนาโดยการนำไปผสมกับระบบ Aerobic อื่น ๆ มากมายเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียมากยิ่งขึ้น (Metcalf and Eddy, 1991) ตัวอย่างของระบบบำบัดดังกล่าว ได้แก่

1) Activated Biofilter

2) Trickling Filter Followed by Solid Contactor

3) Roughing Filter Followed by an Activated Sludge Process

4) Biofilter Followed by an Activated Sludge Process

5) Trickling Followed by an Activated Sludge Process

2.3 ประเภทของระบบกรองชีวภาพจมน้ำ

ประเภทของระบบกรองชีวภาพจมน้ำ แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.3.1 ถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF)

มีลักษณะของวัสดุตัวกลางจมอยู่ในน้ำ และอยู่ภายในถังบำบัด วัสดุตัวกลางของระบบนี้นิยมใช้แผ่นพลาสติกลูกฟูก พวกหลอดพลาสติกหรืออื่น ๆ โดยมีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางตั้งแต่ 20 ถึงหลายร้อย ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบกรองชีวภาพจมน้ำ (เกรียงศักดิ์, 2543) แสดงในตาราง 2.2

ตาราง 2.2 ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบกรองชีวภาพจมน้ำ

ประเภทของน้ำเสีย	ของแข็งแขวนลอยรวม (มิลลิกรัม /ลิตร)			BOD_5 (มิลลิกรัม /ลิตร)			COD (มิลลิกรัม /ลิตร)		
	น้ำเข้า	น้ำออก	%กำจัด	น้ำเข้า	น้ำออก	%กำจัด	น้ำเข้า	น้ำออก	%กำจัด
1. น้ำเสียจากชุมชน	96-270	1-3	98-100	150-220	1.4-6.3	96-99	59-90	7.7-14	80-87
2. น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่ 2	5.3-8.6	1-1.9	73-92	2.8-6.6	1-2.3	62-85	10-13	7.3-9.3	18-29
3. น้ำเสียจากโรงงานเคมี	52-59	3-5	92-94	45-130	5-17	82-93	27-91	4-20	73-89
4. น้ำทิ้งจากระบบ AS ของโรงเบียร์	13-83	1-12	75-95	4-20	1-4	65-80	14-44	1-17	21-61
5. น้ำทิ้งจากถังลอยโรงงานกระดาษ	5.6-32	1-5.1	75-92	9.4-26	1-5	69-91	17-37	7.9-17	44-64
6. น้ำในแม่น้ำลำคลอง	2.4-12	1-4.6	1-4.6	1.4-3.7	1.1-2.9	7-57	2.1-5.6	2.1-4.7	0-18

ที่มา: เกรียงศักดิ์ (2543)

ก) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ

- ระยะเวลาในการเก็บกักน้ำในถังปฏิกิริยาจะส่งผลถึงความเร็วของน้ำที่ผ่านเข้าสู่ถังปฏิกิริยาและปริมาตรบรรทุก (Volumetric Loading) ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลเกี่ยวกับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบ

วัชระ (2536) กล่าวว่า ระยะเวลาในการเก็บกักน้ำที่นานจะทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเครื่องกรองแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพในการลดค่า COD เพิ่มขึ้น

Costa (1985) กล่าวว่า ระยะเวลาในการเก็บกักน้ำที่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง จะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD ของระบบ AS

- ปริมาตรบรรทุก จากการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัด COD กับปริมาตรบรรทุกที่เปลี่ยนไป (สิทธิชัย, 2525) ดังนี้

$$E = 94.1255^{e-0.0154\,L}$$

เมื่อ E = ประสิทธิภาพในการกำจัดค่า COD คิดเป็นร้อยละ

L = ปริมาตรบรรทุก (Volumetric Loading) กรัม COD/ลูกบาศก์เมตร/วัน

ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบกับปริมาตรบรรทุกที่เปลี่ยนแปลงไป

$$SS = \text{มิลลิลิตร}^{n}$$

เมื่อ SS = ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอย มิลลิกรัม/ลิตร

L = ปริมาตรบรรทุก กิโลกรัม COD/ลูกบาศก์เมตร/วัน

m, n = ค่าคงที่ซึ่งได้จากการทดลอง

- ปริมาตรตัวกลางและพื้นที่ผิวของตัวกลางในถังปฏิกิริยา จากการทดลองพบว่า ระบบ AS ที่เติมตัวกลางพลาสติกแขวนลอย (Plastic Particle) ลงไปร้อยละ 30 ของปริมาตรทั้งหมด ทำให้การเกิดของจำนวนเส้นใยลดลงพบว่าในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ AS นั้นถ้าเติมในตัวกลางลงไปไม่ควรเติมเกินกว่าร้อยละ 40 ของปริมาตรทั้งหมด (Wanner Kueman and Grau, 1998)

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (2530) รายงานว่า บ่อบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD สูงสุด มีปริมาตรของตัวกลางร้อยละ 10 ของปริมาตรบ่อบำบัดน้ำเสียสำหรับพื้นที่ผิวของตัวกลางนั้นยิ่งมีพื้นที่ผิวมากเท่าใดก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์มากขึ้น เนื่องจากมีพื้นที่ในการที่จะให้เมือกจุลินทรีย์มาเกาะมาก แต่ผลที่ตามมาคือทำให้เกิดการอุดตันของถังปฏิกิริยาเร็วทำให้ต้องมีการล้างระบบบ่อย ๆ

- ความหนาของเมือกจุลินทรีย์ (Biofilm Depth) และความหนาแน่นของจุลินทรีย์ เมือกจุลินทรีย์ประกอบด้วยน้ำสูงถึงร้อยละ 87-96 และเซลล์ของจุลินทรีย์เองยังประกอบด้วยน้ำถึงร้อยละ 90 ดังนั้น ค่าความถ่วงจำเพาะของมวลจุลินทรีย์จึงมีค่าใกล้เคียงกับน้ำ

ความหนาแน่นของมวลจุลินทรีย์ในทางวิศวกรรมนิยมวัดเป็นน้ำหนักแห้ง พบว่า ความหนาแน่นของมวลจุลินทรีย์ในชั้นที่อยู่ใกล้ผิวตัวกลางที่เกาะจะมีค่าสูงกว่าชั้นที่อยู่ถัดไป โดยความหนาแน่นและความหนาของมวลจุลินทรีย์ในระบบ SPC เป็น 699 มิลลิกรัมของแข็งแขวนลอยรวม/ มิลลิลิตร และ 26-183 μm ตามลำดับ (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2530)

วรวุฒิ (2532) กล่าวว่า ความหนาของเมือกจุลินทรีย์ในระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor; RBC) จะเพิ่มขึ้นตามค่าภาระการบรรทุกทางน้ำ (Hydraulic Loading)

ศุภมิตร (2532) กล่าวว่า ปริมาตรและความหนาแน่นของเมือกจุลินทรีย์แปรผันตามค่าภาระการบรรทุกสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบไบโอดรัม (เป็นระบบกรองชนิดหนึ่งมีการทำงานคล้ายระบบ Bio-Disc: BD ต่างกันที่เป็นรูปทรงกระบอกภายในบรรจุตัวกลางเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว)

ข) สภาวะที่เหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ

- พีเอช (pH) จะต้องไม่เป็นกรดหรือเป็นด่างมากไป ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย ปกติจะอยู่ในช่วง 6.5-8.5

- อาหารแบคทีเรีย แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ อาหารที่ใช้เป็นพลังงานในการดำรงชีวิตและในการสร้างเซลล์ใหม่ ซึ่งโดยทั่วไปได้แก่ สารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ อาหารอีกชนิดเป็นอาหารเสริมสร้าง ซึ่งใช้เป็นส่วนน้อยสารประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม เป็นต้น (สุรพล, 2529)

- อุณหภูมิ อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งก็จะลดลงและในที่สุดหากอุณหภูมิสูงขึ้นไปอีกแบคทีเรียก็จะตายหมด โดยทั่วไปในการเพิ่มอุณหภูมิทุก 10°C จะทำให้จุลินทรีย์เจริญขึ้นอีกเท่าตัวจนถึงอุณหภูมิโดยประมาณ 37°C อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอยู่ระหว่าง 20-30°C (ขจร, 2538)

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (2530) กล่าวว่า ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge; AS) สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าความสามารถในการรองรับสลัดจ์เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและเกิดปฏิกิริยา Nitrification Denitrification ได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและที่อุณหภูมิที่ 30°C สามารถเกิดปฏิกิริยา Denitrification ในสภาพที่มีอากาศได้ที่ค่าภาระการบรรทุกสารอินทรีย์ BOD Loading F/M (Foot to microorganism ratio อัตราส่วนของสารอินทรีย์ต่อจุลินทรีย์) 0.66-0.75 กรัม BOD/กรัม/วัน

- ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในถังปฏิกิริยาจะต้องมีค่าออกซิเจนละลายน้ำระหว่าง 2-3 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งปริมาณอากาศหรือออกซิเจนที่ใช้รักษาค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำขึ้นกับอุณหภูมิ หากว่าอุณหภูมิสูงจุลินทรีย์สามารถทำงานได้มากก็จะต้องการออกซิเจนมาก นอกจากนี้อุณหภูมิสูงออกซิเจนจะมีค่าการละลายน้ำอิ่มตัว (Saturation Value) ต่ำ จึงทำให้ต้องใช้ออกซิเจนมากเมื่ออุณหภูมิของน้ำในถังปฏิกิริยาสูงขึ้น ในทำนองกลับกันหากอุณหภูมิของน้ำต่ำก็จะทำให้มีความต้องการการเติมอากาศน้อยกว่าอุณหภูมิสูง ในการที่จะรักษาระดับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่ค่าเท่ากัน ไม่ว่าจะเป็นการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์กลุ่มใดก็ตาม จุลินทรีย์จะนำเอาสารอินทรีย์ในน้ำและออกซิเจนในน้ำมาใช้ด้วยเหตุผล 3 ประการ

1)ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยได้ผลิตภัณฑ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ดังสมการ 2.4

$$\text{สารอินทรีย์ + ออกซิเจน} \xrightarrow{\text{จุลินทรีย์ + เอนไซม์}} \text{คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ + พลังงาน} \quad (2.4)$$

2) ใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ ดังสมการ 2.5

$$\text{สารอินทรีย์ + ฟอสฟอรัส + ไนโตรเจน + ออกซิเจน} \xrightarrow{\text{จุลินทรีย์ + พลังงาน}} \text{เซลล์ใหม่ + คาร์บอนไดออกไซด์} \quad (2.5)$$

3) ใช้ในการย่อยสลายสารจุลินทรีย์ตัวอื่นที่ตายแล้ว ดังสมการ 2.6

$$\text{จุลินทรีย์ที่ตายแล้ว + ออกซิเจน} \xrightarrow{\text{จุลินทรีย์ + เอนไซม์}} \text{คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ + (แอมโมเนีย) + พลังงาน} \quad (2.6)$$

โดยจุลินทรีย์ที่ตายแล้วจะถูกใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ตัวอื่น ๆ ที่มีชีวิตอยู่ (ขจร, 2538)

2.3.2 ถังกรองชั้นขยายตัวจมน้ำ (Expansion Bed Submerged Filter: EBSF)

มีลักษณะการไหลของน้ำเสียไหลขึ้นผ่านชั้นวัสดุตัวกลางขยายตัว โดยวัสดุตัวกลางจะถูกยกขึ้นด้วยความเร็วน้ำเสียที่ไหลผ่านวัสดุตัวกลาง และยังคงรักษาการจัดเรียง

วางชั้นวัสดุตัวกลางอยู่ ชั้นวัสดุตัวกลางจะขยายตัว ดังนั้น ปัญหาอุดตันในถังกรองจึงมีน้อย ถังกรองชนิดนี้จึงจำเป็นต้องดูแลเรื่องความเร็วการไหลของน้ำเสีย (เกรียงศักดิ์, 2543)

2.3.3 ถังกรองชั้นฟลูอิดไดซ์จมน้ำ (Fluidized Bed Submerged Filter: FDBSF)

มีลักษณะการไหลของน้ำเสียไหลขึ้นผ่านชั้นตัวกลาง ซึ่งมีความเร็วของน้ำค่อนข้างสูง วัสดุตัวกลางจะลอยวนไปมาในถังกรอง จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรม วัสดุตัวกลางที่นิยมใช้ในถังกรองชั้นขยายตัวจมน้ำและถังกรองชั้นฟลูอิดไดซ์จมน้ำจะมีขนาดเล็กเท่ากับเม็ดทราย เช่น ทราย เม็ดพลาสติก ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด เม็ดแอนทาไซด์ เป็นต้น

2.4 ทฤษฎีฟิล์มชีวภาพ (Biofilms)

ฟิล์มชีวภาพหรือชีวฟิล์ม หมายถึง กลุ่มเซลล์ของจุลินทรีย์ และผลิตภัณฑ์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นแล้วขับออกมานอกเซลล์ โดยยึดเกาะอยู่บนพื้นผิวของของแข็ง (Substratum) ซึ่งของแข็งที่ใช้เป็นวัสดุตัวกลางให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ นอกจากนี้ยังมีหน้าที่กำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยสารอินทรีย์จะผ่านชั้นฟิล์มชีวภาพ ฉะนั้นกลไกการกำจัดสารอินทรีย์ของฟิล์มชีวภาพจำเป็นต้องคำนึงถึงความต้านทานการถ่ายเทมวล ซึ่งแตกต่างจากการกำจัดสารอินทรีย์ด้วยเชื้อจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ วัสดุตัวกลางอาจเป็นสิ่งมีชีวิตหรือไม่มีชีวิตก็ได้ ฟิล์มชีวภาพสามารถที่จะเรียกในชื่อต่าง ๆ เช่น ชีวฟิล์ม, Slim, Biological Deposit, Microbial Mat, Fix Film และ Organic Glue (สิทธิโชค, 2547)

ระบบการตรึงฟิล์มเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพอีกระบบหนึ่งที่ถูกใช้อย่างกว้างขวางในกระบวนการบำบัดชั้นทุติยภูมิและกระบวนการบำบัดขั้นตติยภูมิ ซึ่งประโยชน์ของระบบตรึงฟิล์มเมื่อเทียบกับระบบ AS จะมีการรับภาระน้ำเสียได้มากกว่า ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและการปฏิบัติควบคุมดูแลต่ำ ระบบตรึงฟิล์มจะมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น Trickling Filter (TF), Bio-Disc (BD), Biological Bed Treatment (BBT) และ Packed Bed Reactor (PBR) เป็นต้น (นพดล, 2542)

2.4.1 กระบวนการเกิดฟิล์มชีวภาพ

กระบวนการเกิดฟิล์มชีวภาพบนผิวของวัสดุตัวกลางเป็นผลมาจากกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การขนส่งและการดูดซับของโมเลกุลสารอินทรีย์ไปยังผิว

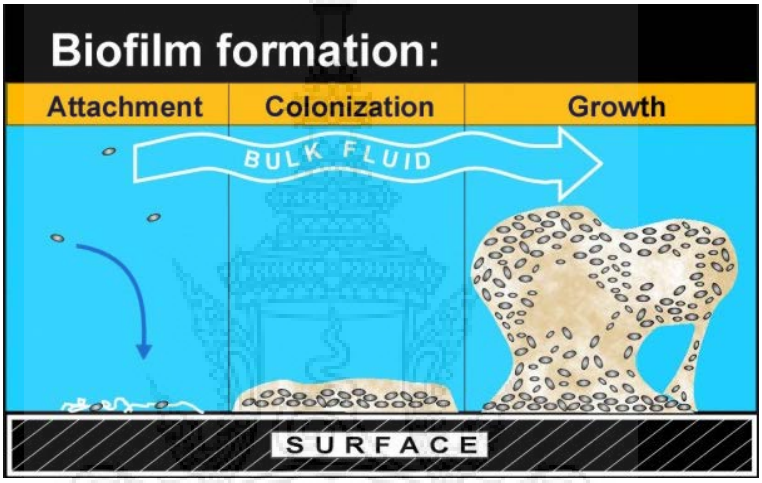
วัสดุตัวกลาง

ขั้นตอนที่ 2 การขนส่งของเซลล์จุลินทรีย์ไปยังผิวของวัสดุตัวกลาง

ขั้นตอนที่ 3 การเกาะยึดของจุลินทรีย์

ขั้นตอนที่ 4 การแปลงรูปของจุลินทรีย์เป็นฟิล์มชีวภาพบริเวณผิวของตัวกลาง

ขั้นตอนที่ 5 การหลุดของฟิล์มชีวภาพบางส่วนเนื่องมาจากแรงเฉือนของน้ำ (Trulear and Characklis, 1982)



ภาพ 2.1 กระบวนการเกิดฟิล์มชีวภาพ

ที่มา: Sarapuk (2010)

2.4.2 ลักษณะและคุณสมบัติของฟิล์มชีวภาพ

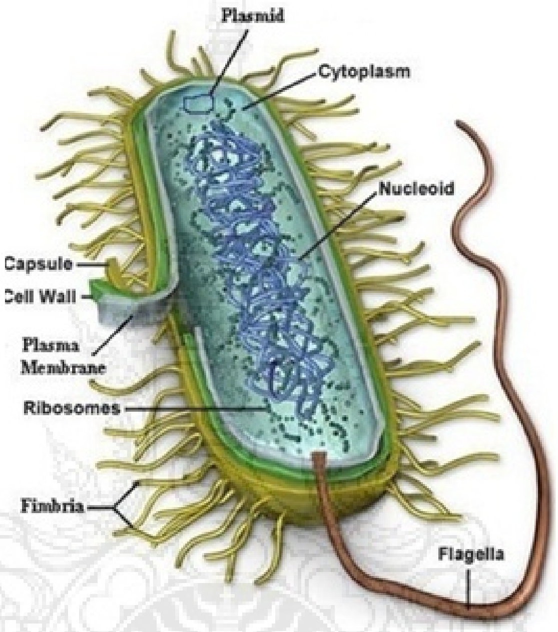
คุณสมบัติของฟิล์มชีวภาพที่เกาะบนผิวของวัสดุต่าง ๆ นั้น ขึ้นกับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ชนิดของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำ ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านผิวของวัสดุตัวกลาง ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ลักษณะผิววัสดุตัวกลางที่ฟิล์มชีวภาพเกาะ เป็นต้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.2.1 การเกาะยึดของจุลินทรีย์ (Microbial Attachment)

กลไกการเกาะยึดของจุลินทรีย์มีด้วยกันมากมายหลายรูปแบบ แต่ส่วนใหญ่เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์จะสร้างเส้นใยขนาดเล็กรอบตัวเซลล์ เส้นใยเหล่านี้จะเกาะจับกันแน่นกับเส้นใยของเซลล์อื่น ๆ ทำให้จุลินทรีย์สามารถเกาะติดหนาเป็นฟิล์มบนผิว

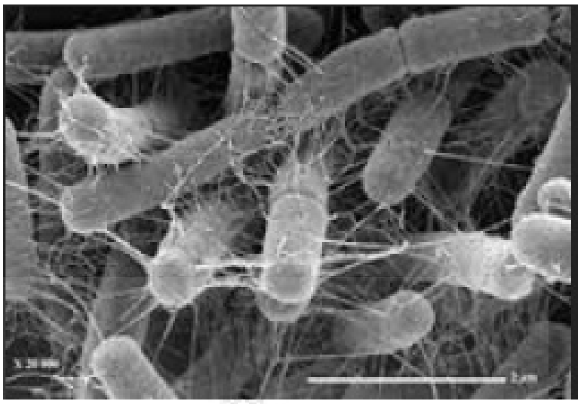
วัสดุตัวกลางได้ เส้นใยเหล่านี้เรียกว่า Glycocolyx เป็นกิ่งก้านโมเลกุลของน้ำตาล ตัวเซลล์ของจุลินทรีย์จะฝังจมอยู่ในกิ่งก้านดังกล่าว ดังภาพ 2.2 และ 2.3

การรับสารอาหารและอากาศจะซึมผ่านเส้นใย โดยที่เส้นใยจะมีเอนไซม์ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ทำให้โมเลกุลเล็กลงก่อนที่จะเข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์ และจุลินทรีย์สามารถเกาะติดกับผิววัสดุที่มีความหยาบได้ดีกว่าผิวที่เรียบ (สิทธิโชค, 2547)



ภาพ 2.2 เซลล์ของจุลินทรีย์

ที่มา: บุษบา (2009)



ภาพ 2.3 ลักษณะการยึดเกาะของจุลินทรีย์

ที่มา: Sootin (2012)

2.4.2.2 การหลุดของฟิล์มชีวภาพ

การหลุดออก (Detachment) ของฟิล์มชีวภาพนั้นเป็นการหลุดออกของเซลล์จุลินทรีย์และสารที่เป็นส่วนประกอบของฟิล์มชีวภาพ ซึ่งกระบวนการจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และขึ้นอยู่กับสภาวะไฮโดรไดนามิก (Hydrodynamic Condition) เช่น ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านแรงเฉือน (Shear Force) และร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ เช่น สัณฐานวิทยาของฟิล์มชีวภาพ และลักษณะของวัสดุรองรับ เมื่อฟิล์มชีวภาพมีความหนาแน่นมากขึ้น ความหนาแน่นของฟิล์มชีวภาพที่เพิ่มขึ้นจะถูกกำหนดด้วยความลึก และความหนาของฟิล์มเอง เมื่อความหนาของฟิล์มชีวภาพถึงจุดหนึ่ง สารอาหารและออกซิเจนจะไม่สามารถแพร่เข้าสู่เซลล์ที่อยู่ด้านในได้ แต่เนื่องจากสารอาหารสามารถแพร่ลงไปได้ลึกกว่าออกซิเจน เซลล์ของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศยังไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่เซลล์ที่อยู่ลึกลงไปจนสารอาหารแพร่ไปไม่ถึง เซลล์บริเวณนั้นก็จะตายและสลายตัวไปพร้อมกับการหลุดออกไป (Sloughing) (Trulear and Characklis, 1982)

2.4.3 โครงสร้างของฟิล์มชีวภาพ

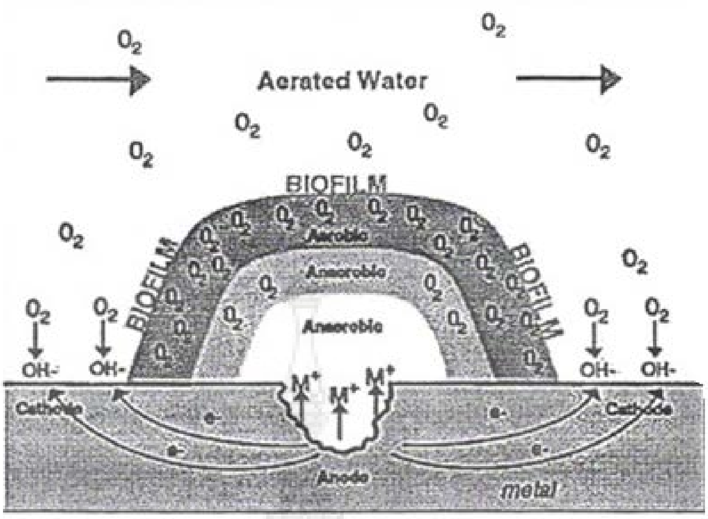
โครงสร้างของฟิล์มชีวภาพประกอบด้วยกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์หนา 150-200 µm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 200-300 µm ปกคลุมชั้นล่างเพียง 50% กลุ่มเชื้อจุลินทรีย์จะอยู่ห่างกันประมาณ 50-100 µm ส่วนช่องว่างต่าง ๆ จะเปิดติดต่อถึงส่วนของของเหลวเซลล์เชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ทั้งเซลล์ที่มีชีวิต เซลล์ที่ตายและซากเซลล์ที่ทับถมรวมตัวเป็นกลุ่มจะฝังตัว

อยู่ในสาร Extracellular Polymeric Substance; EPS โดยใช้กล้อง Confocal Laser Scanning Microscope; CSLM (นพดล, 2542)

องค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มชีวภาพประกอบด้วยน้ำประมาณ 69-87% โดยน้ำหนัก มีค่าของแข็งระเหย (Volatile Solids) ต่ำเพียง 1.9-32% สามารถเขียนสูตรเคมีได้คือ $(C_5H_7O_2N)_n$ และนอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารอินทรีย์ในปริมาณเพียงเล็กน้อย ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และเหล็ก (Fe) ซึ่งด้วยปริมาณสารอินทรีย์จะขึ้นกับความหนาแน่นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (สิทธิโชค, 2547)

ความหนาแน่นของจุลินทรีย์สามารถวัดค่าเป็นจำนวนหรือน้ำหนักแห้ง แต่สำหรับด้านวิศวกรรมศาสตร์มักจะนิยมวัดค่าเป็นน้ำหนักแล้ว แต่ทั้งนี้จะขึ้นกับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน อัตราสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate) อุณหภูมิ และชั้นความหนาของฟิล์มชีวภาพ โดยความหนาแน่นของจุลินทรีย์ในฟิล์มชีวภาพสูงขึ้นเมื่อความเร็วน้ำที่ไหลผ่านสูง และอัตราการรับสารอินทรีย์สูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30°C ความหนาแน่นของจุลินทรีย์จะสูงขึ้นตามอุณหภูมิ ความหนาแน่นของจุลินทรีย์ในชั้นที่อยู่ใกล้ผิวตัวกลางที่เกาะจะมีค่าสูงกว่าชั้นที่อยู่ถัดไป (เกรียงศักดิ์, 2535)

การเกาะติดของฟิล์มชีวภาพเมื่อมีความหนามาก ลักษณะของชั้นฟิล์มชีวภาพแบ่งเป็น 2 ชั้นคือ แบบไม่ใช้ออกซิเจนและใช้ออกซิเจน ดังแสดงในภาพ 2.4 โดยความหนาของชั้นแบบใช้ออกซิเจนประมาณ 250-300μm โดยความหนาของชั้นนี้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ การกำจัดสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นเฉพาะผิวนอกบาง ๆ เท่านั้น ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบกำจัด สามารถทำได้โดยเพิ่มความหนาของชั้นแบบใช้ออกซิเจน (สิทธิโชค, 2547)



ภาพ 2.4 ลักษณะชั้นของฟิล์มชีวภาพ

ที่มา: สิทธิโชค (2547)

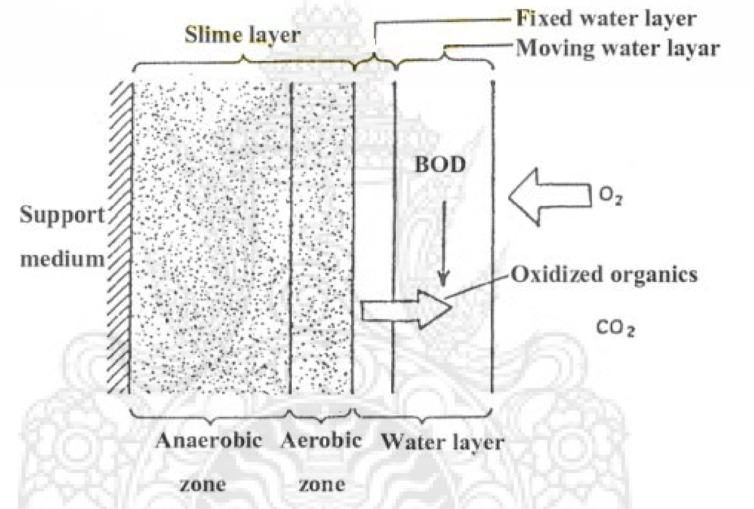
2.4.4 กระบวนการกำจัดสารอินทรีย์

กระบวนการกำจัดสารอินทรีย์หรือสารละลายสับเตรท (Soluble substrate) ในน้ำเสียประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

การเกาะยึด (Attachment) ของอนุภาคสารที่บริเวณผิวของฟิล์มชีวภาพ อนุภาคของสารจะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์อยู่ภายนอกฟิล์มชีวภาพ เมื่ออนุภาคสารถูกย่อยสลายให้กลายเป็นสารละลายสับเตรทแล้วจึงสามารถแพร่เข้าสู่ฟิล์มชีวภาพต่อไป (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2530)

การขนส่ง (Transportation) ของสารละลายสับเตรท ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารที่ให้อิเล็กตรอน (Electron Donor) และออกซิเจนอันเป็นสารรับอิเล็กตรอน (Electron Acceptor) จากของเหลวไปยังเขตร่วมระหว่างชั้นของเหลว (Fluid-biofilm interface) และผิวหน้าของฟิล์มชีวภาพ (เกรียงศักดิ์, 2535) มีการถ่ายเทผลผลิตที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีในฟิล์มชีวภาพ คือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำผ่านเขตร่วมไปยังชั้นของฟิล์มชีวภาพเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นมีการใช้สารอินทรียีและออกซิเจนที่ละลายโดยจุลินทรีย์ในชั้นฟิล์มชีวภาพ (Arrin and Harremose, 1990)

ชั้นนอกของฟิล์มชีวภาพจะเป็นแบบใช้ออกซิเจน ปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียเป็นแบบใช้ออกซิเจน ส่วนชั้นถัดเข้าไปจะเป็นชั้นแบบไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์จึงขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในชั้นแบบใช้ออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2530) น้ำเสียจะมีอนุภาคของสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถแพร่กระจายได้ปะปนอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งอนุภาคของสารอินทรีย์นี้จะถูกจำกัดโดยชั้นแรกจะเข้าไปเกาะที่ผิวของฟิล์มชีวภาพและจะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์อยู่ภายนอกฟิล์มชีวภาพ เมื่อกลายเป็นสารละลายจึงสามารถแพร่เข้าสู่ชั้นของฟิล์มชีวภาพต่อไป (Arrin and Harremoes, 1990) ดังภาพ 2.5



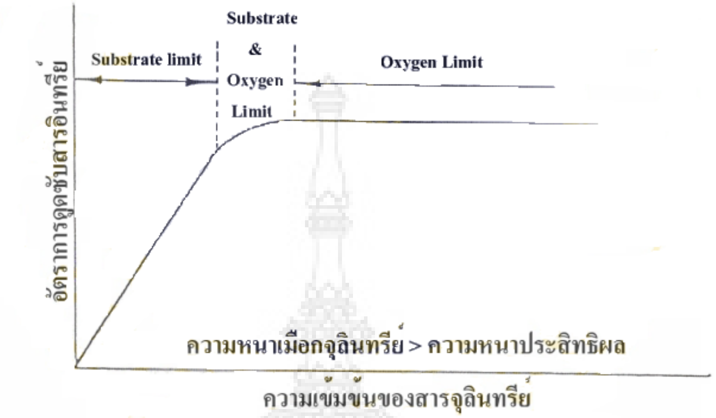
ภาพ 2.5 การกำจัดสารอินทรีย์ภายในฟิล์มชีวภาพ

ที่มา: McGhee (1991)

2.4.5 สภาพขาดแคลนสารอินทรีย์และออกซิเจน

ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์และออกซิเจนโดยแบคทีเรีย ภาพใต้สภาวะมีออกซิเจนอิสระ ปฏิกิริยาชีวเคมีนี้ประกอบด้วย สารให้อิเล็กตรอน ได้แก่ สารอินทรีย์ต่าง ๆ กับสารรับอิเล็กตรอน ได้แก่ ออกซิเจนที่อยู่ในรูปละลายน้ำ อัตราการใช้สารอินทรีย์โดยฟิล์มชีวภาพในระบบบำบัดน้ำเสียนั้นอาจถูกควบคุมโดยใช้สารให้อิเล็กตรอนและสารรับอิเล็กตรอน (ในที่นี้หมายถึง สารอินทรีย์และออกซิเจนที่ละลายน้ำ) ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้น

ของสารอินทรีย์ ความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำในน้ำเสีย อัตราการถ่ายเทมวลของสารทั้งสอง และสัมประสิทธิ์ย่อยสลาย (ขจร, 2538)



ภาพ 2.6 สภาพขาดแคลนสารอินทรีย์และออกซิเจนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบฟิล์มชีวภาพ
ที่มา: ขจร (2538)

จากภาพ 2.6 จะเห็นได้ว่าสภาพขาดแคลนสารอินทรีย์และออกซิเจนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบฟิล์มชีวภาพขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ กล่าวคือ ที่ค่าความเข้มข้นหนึ่งของออกซิเจนละลายน้ำอัตราการใช้สารอินทรีย์อาจแบ่งได้เป็น 3 ช่วงคือ

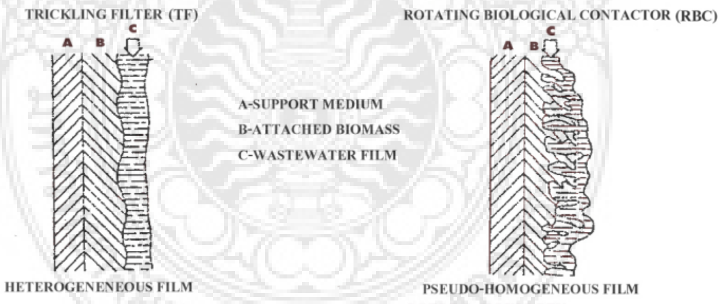
ช่วงแรก อัตราการใช้สารอินทรีย์จะเพิ่มเป็นเส้นตรง เมื่อความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียเพิ่มสูงขึ้น ช่วงนี้อัตราการใช้สารอินทรีย์ จึงถูกควบคุมด้วยความเข้มข้นสารอินทรีย์

ช่วงที่สอง เป็นช่วงอัตราการใช้สารอินทรีย์เพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารเคมีเพิ่มขึ้น แต่อัตราการเพิ่มขึ้นจะลดลง ในช่วงนี้อัตราการใช้สารเคมีถูกควบคุมโดยทั้งสารอินทรีย์และออกซิเจน

ช่วงที่สาม เป็นช่วงที่อัตราการใช้สารอินทรีย์โดยฟิล์มชีวภาพคงที่ไม่ว่าจะเพิ่มความเข้มข้นของสารอินทรีย์มากเท่าใดก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากออกซิเจนละลายน้ำอยู่ถูกใช้หมด ทำให้ไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นในช่วงนี้อัตราการใช้สารอินทรีย์จึงถูกควบคุมและจำกัดโดยออกซิเจน วัดโดยการใช้เครื่องมือวัดออกซิเจนในฟิล์มชีวภาพของระบบ TF สำหรับน้ำเสียชุมชนที่มีค่า BOD ประมาณ 200 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า ฟิล์มชีวะบริเวณ

ส่วนบนของระบบขาดแคลนสารอินทรีย์ แต่สำหรับระบบ (Trickling Filter: TF) ที่รับน้ำเสียในอัตราสูง ระบบจะขาดออกซิเจนโดยตลอดความสูง ดังนั้นถ้าระบบอยู่ภายใต้สภาพขาดแคลนออกซิเจน ในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบจะทำได้โดยใช้ก๊าซออกซิเจนแทนอากาศ เพื่อเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำเสียที่ไหลผ่านฟิล์มชีวภาพ (บรรจง, 2539)

Antonie (1976) กล่าวว่า ความแตกต่างของเมือกจุลินทรีย์ในระบบ TF และระบบ RBC พบว่า จากการที่ระบบ TF มีการบำบัดน้ำทิ้งโดยปล่อยให้น้ำทิ้งไหลหยดผ่านก้อนวัสดุตัวกลางที่มีเมือกจุลินทรีย์ยึดเกาะอยู่ ดังนั้นลักษณะเมือกจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น จึงมีลักษณะเป็นเมือกบางและเรียบ สารอาหารและออกซิเจนเข้าสู่ภายในโดยการแพร่เท่านั้น และเนื่องจากบริเวณผิวนอกของเมือกจุลินทรีย์มีอัตราการใช้ออกซิเจนและสารอาหารได้รวดเร็วกว่าส่วนในจึงทำให้จุลินทรีย์บริเวณดังกล่าวตายส่งกลิ่นเหม็นและหลุดออกมา ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้โดยทั่วไปในระบบแบบนี้ ส่วนในระบบ RBC เนื่องจากมีการหมุนของวัสดุยึดเกาะ ทำให้การยึดเกาะของเมือกจุลินทรีย์กับตัวกลาง และเมือกจุลินทรีย์กับแผ่นฟิล์มของน้ำทิ้ง มีลักษณะที่ซับซ้อนมากขึ้น โดยมีการยึดประสานกันอย่างแข็งแรง ไม่หลุดออกโดยง่าย การซึมผ่านของอาหารและออกซิเจนดีกว่าระบบ TF ดังภาพ 2.7 ซึ่งเป็นลักษณะเมือกจุลินทรีย์ของระบบ TF และ RBC



ภาพ 2.7 แสดงลักษณะเมือกจุลินทรีย์ของระบบ TF และระบบ RBC

ที่มา: สร้อยดาว และ นิตยา (2547)

2.4.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของฟิล์มชีวภาพ

สิทธิโชค (2547) กล่าวว่า ฟิล์มชีวภาพจะพัฒนาขึ้น เซลล์ต่างชนิดกันอยู่รวมกันโดยมีการสร้างทางสรีระร่วมกัน เมื่อฟิล์มชีวภาพมีเซลล์ต่างชนิดรวมกันมากขึ้น ทำให้

มีความแตกต่างกันหลายด้าน ทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ดังนั้นปัจจัยทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพจึงมีผลต่อการเจริญของฟิล์มชีวภาพ โดยปัจจัยทางชีวภาพจะมีผลต่อการยึดเกาะของฟิล์มชีวภาพในตอนแรก ปัจจัยทางเคมีและชีวภาพจะมีความสำคัญในการก่อรูปของฟิล์มชีวภาพในขั้นตอนท้าย ๆ ปัจจัยทั้งสามมีความสัมพันธ์ต่อการเจริญของฟิล์มชีวภาพ ดังต่อไปนี้

2.4.6.1 ปัจจัยทางชีวภาพ

เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการยึดเกาะของจุลินทรีย์และการหลุดลอกของฟิล์มชีวภาพจากผิวสัมผัส ซึ่งประกอบด้วย

ก) การยึดเกาะของจุลินทรีย์ในธรรมชาติ สามารถเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องบนทุกพื้นที่ผิวสัมผัสที่ได้กล่าวมาแล้ว การยึดเกาะของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ มากมาย ได้แก่

- โครงสร้างที่ช่วยในการยึดเกาะ
- คุณลักษณะของผนังเซลล์ ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของผนังเซลล์ เช่น ผนังเซลล์ของแบคทีเรียประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน และพวกพอลิเมอร์ที่ซับซ้อน โดยที่ผนังเซลล์ด้านนอกจะประกอบด้วยชั้น Lipopolysaccharide ที่มีความยาวขนาดต่าง ๆ ทำให้ผิวเซลล์ของแบคทีเรียมีระดับของโมเลกุลที่มีขั้วที่ไม่ชอบน้ำและอัตราการยึดเกาะที่แตกต่างกันด้วย
- สัณฐานวิทยาและโครงสร้างของเซลล์ เช่น รูปร่างของเซลล์แบคทีเรียมีผลต่อการยึดเกาะโดยแบคทีเรียพวกที่เป็นสาย (Filamentous Bacteria) มีพื้นผิวเซลล์หยาบกว่าจึงยึดเกาะกันได้ดีกว่าแบคทีเรียทีมีรูปร่างเป็นท่อน (Rod) หรือแบบกลม (Coccoid)
- วัฏจักรการเจริญเติบโต โดยมีผลกระทบต่อการยึดเกาะ ระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และจำนวนเซลล์ที่ยึดเกาะ อัตราการยึดเกาะเกิดขึ้นสูงสุดในระยะ Log Phase (ระยะที่จุลินทรีย์แบ่งเซลล์อย่างรวดเร็วขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ pH สารอาหาร) และลดลง ในระยะ Stationary Phase (ระยะที่จำนวนเซลล์ของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นสูงสุด อายุมากขึ้น การเติบโตแบบถดถอย เซลล์เริ่มตาย) และ Death Phase (ระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ มีอัตราการตายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว) ตามลำดับ อายุของเชื้อที่มีอิทธิพลต่อการยึดเกาะ เนื่องมาจาก การเปลี่ยนแปลงของ Cell Motility

และคุณภาพกับปริมาณของโพลิเมอร์ที่ผนังเซลล์ยังมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการยึดเกาะ จำนวนเซลล์ที่ยึดเกาะจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเซลล์เพิ่มขึ้น

- สารอาหาร การยึดเกาะของแบคทีเรียเริ่มต้นจากภาวการณ์ขาดแคลนสารอาหารเป็นผลเนื่องมาจากชั้นเซลล์มีพื้นที่ผิวที่ไม่อิ่มตัว ดังนั้นแบคทีเรียจึงสามารถทำปฏิกิริยายึดเกาะบนชั้นเซลล์ได้ ถึงแม้ว่าภาวการณ์ขาดแคลนสารอาหารจะทำให้เกิดการยึดเกาะมากขึ้น แต่ก็ทำให้มีการชักนำให้เซลล์แคระแกรนได้

ข) การหลุดลอกของฟิล์มชีวภาพของจุลินทรีย์เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่

- วัฏจักรของการเจริญเติบโต โดยการหลุดลอกออกอาจเกิดขึ้นในช่วงวัฏจักรการเจริญเติบโตของเซลล์ เช่น Acinetobacter Calcoaceticus ผลิตโพลีแซคคาไรด์เพื่อสร้างแคปซูลห่อหุ้มเซลล์ในระยะ Stationary Phase ทำให้เซลล์มีลักษณะเป็นน้ำมากขึ้น เป็นเหตุให้เซลล์เหล่านั้นหลุดลอกจากพื้นที่ผิวของชั้นเซลล์ และในช่วงที่มีการแบ่งเซลล์ของแบคทีเรีย พบว่าอัตราการหลุดลอกทีสูง ดังนั้นจุลินทรีย์ที่มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วจึงยึดเกาะบนฟิล์มชีวภาพได้ไม่ดี

- ชนิดของจุลินทรีย์ที่อยู่ในฟิล์มชีวภาพ ความแตกต่างของชนิดของจุลินทรีย์ที่อยู่รวมกันในฟิล์มชีวภาพมีผลต่อการหลุดออก เช่น ฟิล์มชีวภาพที่มีแบคทีเรียหลายชนิดอยู่รวมกันหลุดลอกออกได้ง่าย ซึ่งเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ ประการที่ 1 แบคทีเรียจะไม่ย่อยสลายเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ แต่อาจย่อยสลายของโมเลกุลขนาดใหญ่เอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ของแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ ทำให้ฟิล์มชีวภาพมีการเสถียรต่ำ ประการที่ 2 อาจเกิดจากการที่ เอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ และผนังของแบคทีเรียเข้ากันไม่ได้จึงทำให้เกิดการหลุดลอกขึ้น การแก่งแย่งกันระหว่างแบคทีเรียต่างชนิดกัน ที่อยู่รวมกันในฟิล์มชีวภาพ เช่น การแก่งแย่งตำแหล่งในการยึดเกาะทำให้การยึดเกาะของแบคทีเรียที่อยู่รวมกันลดลง

2.4.6.2 ปัจจัยทางเคมี

มีผลเกี่ยวข้องกับการยึดเกาะและหลุดลอก ดังนี้

ก) การยึดเกาะ

- อัตราการเกิดฟิล์มชีวภาพขึ้นอยู่กับลักษณะทางเคมีของพื้นที่ผิว

- ชนิดของพันธะของจุลินทรีย์กับชั้นเซลล์มีผลต่อการยึดเกาะ ความสำคัญของแต่ละพันธะต่อการยึดเกาะของแบคทีเรียไม่เท่ากัน ไม่ขึ้นกับพันธะใดชนิดหนึ่ง โดยพันธะใดจะมีบทบาทสำคัญขึ้นกับการดำรงชีพของจุลินทรีย์

- ชนิดของของเหลวที่อยู่ล้อมรอบชั้นเซลล์มีผลต่อการยึดเกาะของแบคทีเรีย เนื่องจากปริมาณสารอาหารที่ละลายอยู่แตกต่างกัน

ข) การหลุดลอก

- การหลุดออกอาจเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีการเติมสารเคมี เช่น EDTA เป็นสารเคมีที่ทำให้แคลเซียมหลุดออกจากฟิล์มชีวภาพ ทำให้การยึดเกาะของจุลินทรีย์ลดลง

- ในภาวะขาดแคลนสารอาหาร เช่น กลูโคส และไนโตรเจน ทำให้เกิดการหลุดออกของเซลล์ในฟิล์มชีวภาพ จำนวนเซลล์ที่ยึดเกาะลดลง จำนวนเซลล์อิสระในมวลของเหลวเพิ่มขึ้นแทน ในภาวะที่มีสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตมากเกินพอไม่เกิดการลดลงของเซลล์ ในทางตรงกันข้ามการยึดเกาะจะถูกชักนำโดยกลูโคสและไนโตรเจน

2.4.6.3 ปัจจัยทางกายภาพ

มีผลต่อการยึดเกาะและหลุดลอก ดังนี้

ก) การยึดเกาะ

- คุณลักษณะของพื้นที่ผิว ของของแข็งมีผลต่อการเกิดฟิล์มชีวภาพ พื้นผิวที่หยาบไม่สม่ำเสมอ ทำให้ฟิล์มชีวภาพเกิดขึ้นได้ดีกว่าพื้นผิวที่มีผิวเรียบ เพราะว่าพื้นที่ผิวที่หยาบมีตำแหน่งสำหรับยึดเกาะมากกว่าและมีการป้องกันฟิล์มชีวภาพที่ดี

- ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม มีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องมากมายในการยึดเกาะของจุลินทรีย์ เช่น ค่าความเป็นกรด- ด่าง อุณหภูมิ ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการยึดเกาะ เป็นต้น

ข) การหลุดลอก

- กระบวนการทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการหลุดลอกของฟิล์มชีวภาพ แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการหลัก ๆ คือ

Shear removal คือ การหลุดลอกของชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของฟิล์มชีวภาพอย่างต่อเนื่อง ขึ้นอยู่กับ Fluid dynamic อย่างมาก ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อความหนาของฟิล์มชีวภาพ และ Fluid shear stress ที่อยู่ระหว่างพื้นที่ผิวของเซลล์กับของเหลวเพิ่มมากขึ้น

Sloughing คือ การสูญเสียเซลล์และส่วนประกอบอื่น ๆ พบได้บ่อยในฟิล์มชีวภาพที่หนาและเจริญในสภาวะอาหารที่สมบูรณ์ โดย sloughing เป็นการหลุดลอกที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวและไม่แน่นอน

Abrasion เป็นกระบวนการหลุดลอกชีวภาพเนื่องมาจากการกระทบกันระหว่างอนุภาคของชั้นเซลล์ ถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญมากที่สุด

- ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และการดูดซับของสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่บนชั้นเซลล์ หรือที่ละลายอยู่ในสารละลาย

2.5 ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียแบบจุลินทรีย์เกาะติดผิวตัวกลาง

จุลชีพเกาะผิวตัวกลางเป็นหลักเพื่อทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และเกิดการเจริญพันธุ์ขึ้นต่อ ๆ กันไปจุลชีพเกาะผิวตัวกลางซึ่งอาศัยสารอินทรีย์จากน้ำเป็นอาหารให้แก่จุลชีพ ตัวกลางอาศัยแผ่นหรือวัสดุติดตั้งอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสีย โดยน้ำเสียได้ไหลผ่านแผ่นหรือวัสดุตัวกลางอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา ทำให้จุลชีพเกาะผิวตัวกลางเริ่มเกิดหรือขยายพันธุ์ขึ้นมากมายจนเกิดเป็นชั้นหนา ลักษณะเป็นฟิล์มจุลชีพ หรือเมือกชีวภาพ ซึ่งเป็นเมือกเหนียวที่เกาะอยู่บนตัวกลาง ดังแผนภูมิ 2.2

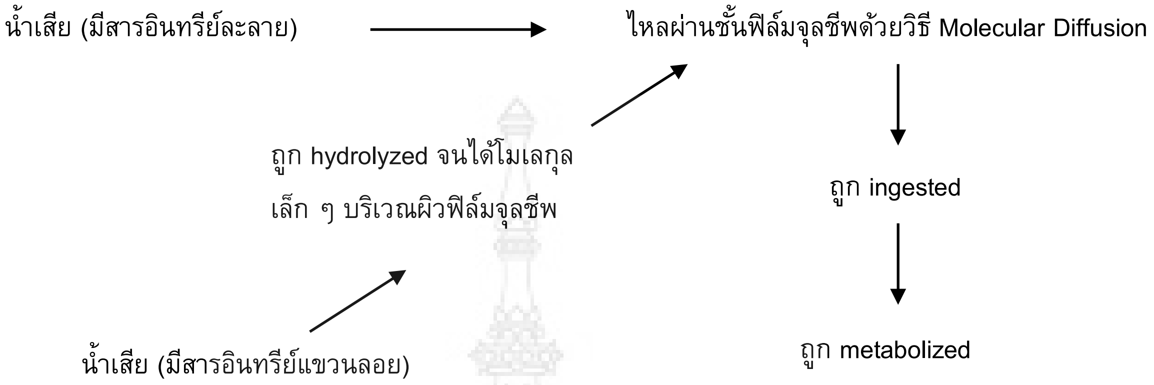
การเจริญเติบโตของฟิล์มจุลชีพบนผิวตัวกลางใช้อากาศย่อยสลายสารอินทรีย์จากน้ำเสีย ดังภาพ 2.8 และขนาดการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์และสารที่ผลิตได้จากกระบวนการทางชีวเคมี ดังภาพ 2.9 ซึ่งมีกระบวนการอยู่ด้วยกัน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) จะแสดงการเจริญเติบโตแบบ Logarithmic เมื่อฟิล์มจุลชีพมีความบางอยู่และบางส่วนยังไม่มีฟิล์มจุลชีพเกาะอยู่

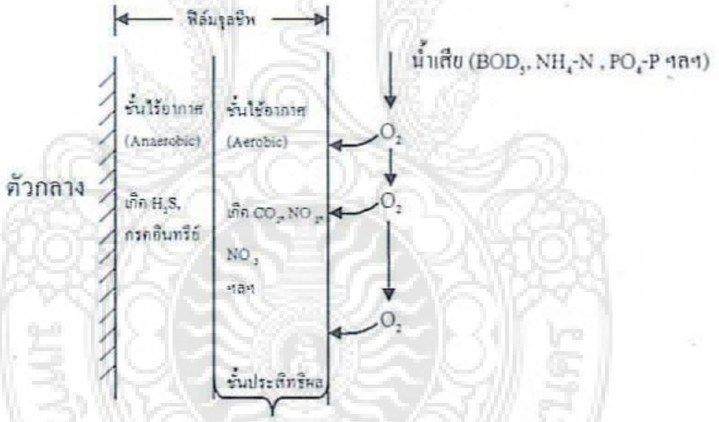
2) เมื่อฟิล์มจุลชีพเริ่มหนาขึ้นจนเกินกว่าความหนาชั้นประสิทธิผล อัตราการเจริญเติบโตชั้นจุลชีพเริ่มคงที่ เนื่องจากชั้นประสิทธิผลคงที่ ถ้าสารอินทรีย์มีปริมาณต่ำจะทำให้ฟิล์มจุลชีพไม่ได้เจริญเติบโต และจะเริ่มบางลง เมื่อปริมาณอาหารมีน้อยกว่าปริมาณต้องการสำหรับซ่อมแซมส่วนสึกหรอของจุลชีพ

3) เมื่อจุลชีพเริ่มหยุดขยายเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราการเจริญเติบโตของฟิล์มจุลชีพมีอัตราเท่า ๆ กับอัตราลดลงของจุลชีพ ณ สภาวะ Endogenous Respition ซึ่งเป็นช่วงที่อาหารถูกใช้หมดไปจนไม่เพียงพอแก่จุลชีพ และเกิดปัญหาวงจรอาหารในระบบชีวเคมี และเกิดการชะล้างโดยแรงเฉือน

แผนภูมิ 2.2 หลักการบำบัดน้ำเสียของระบบจุลชีพของผิวตัวกลาง



ที่มา: เกรียงศักดิ์ (2543)



ภาพ 2.8 ฟิล์มจุลชีพบนผิวตัวกลางของระบบใช้อากาศ
ที่มา: เกรียงศักดิ์ (2543)

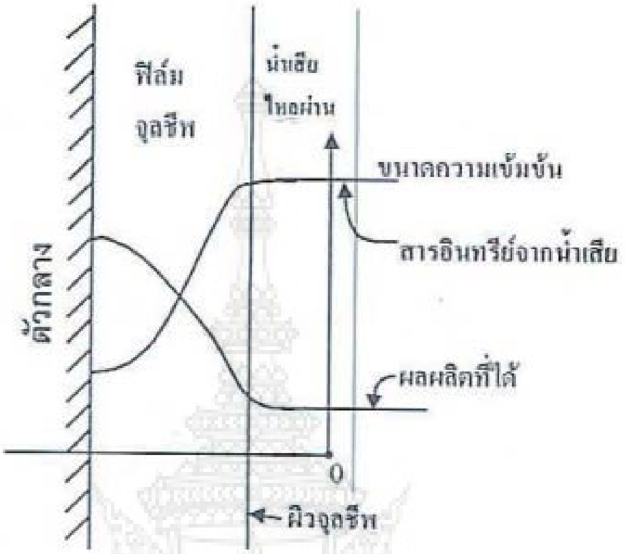
2.5.1 ขั้นตอนการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบจุลชีพเกาะผิวตัวกลาง

ก) สารอินทรีย์ในน้ำเสียสัมผัสกับฟิล์มจุลชีพ

ข) การเคลื่อนตัวของสารอินทรีย์เข้าไปในจุลชีพเป็นการแพร่กระจายเข้าไป

ค) สารอินทรีย์ในน้ำเสียที่อยู่ในฟิล์มจุลชีพถูกใช้ไปโดยวิธีทางชีวเคมี

ง) ผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาชีวเคมีของการกำจัดสารอินทรีย์ไหลออกจากผิวฟิล์มจุลชีพ



ภาพ 2.9 การเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์และสารที่ผลิตได้ของระบบจุลชีพเกาะผิวตัวกลาง
ที่มา: เกรียงศักดิ์ (2543)

2.6 วัสดุตัวกลาง (Media)

วัสดุตัวกลาง คือ วัสดุที่ใส่ลงไปในบ่อบำบัดน้ำเสียเพื่อให้จุลินทรีย์ยึดเกาะและเติบโต วัสดุตัวกลางมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากวัสดุตัวกลางมีส่วนช่วยในการกักเก็บชีวมวลไว้ถ่ายในระบบบำบัด โดยชีวมวลจะเกาะอยู่ที่ผิวของวัสดุตัวกลาง ในการเลือกวัสดุหรือชนิดของวัสดุตัวกลางจึงมีความสำคัญมาก ดังนั้นในการสร้างและออกแบบระบบบำบัดเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานสูงควรต้องคำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุตัวกลางที่จุลินทรีย์สามารถเกาะติดได้ดี อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดปัญหาอุดตันหรือการไหลลัดวงจรภายในระบบซึ่งอาจจะเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ ได้แก่ หิน ถ่านหิน อิฐ แก้ว ดินเหนียว เปลือกหอย และวัสดุสังเคราะห์พลาสติก เป็นต้น

วัสดุตัวกลางที่ใช้อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ สารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ ดังตาราง 2.3 โดยตัวกลางแต่ละชนิดจะมีคุณลักษณะต่างกัน ซึ่งเทคนิคในการตรึงเซลล์

บนตัวกลางนั้นอาจทำได้โดยการตรึงให้เซลล์จุลินทรีย์บนผิวของวัสดุตัวกลางด้วยพันธะหรือแรงตามธรรมชาติหรือทางเคมี การให้จุลินทรีย์ตรึงอยู่ในรูพรุนของวัสดุตัวกลาง (Entrapment) การให้จุลินทรีย์บรรจุอยู่ใน barrier และการทำให้จุลินทรีย์รวมกันเป็นก้อนใหญ่ (Aggregation) (สร้อยดาว และนิตยา, 2547)

ตาราง 2.3 ประเภทและชนิดของวัสดุตัวกลาง

ชนิด	กลุ่ม	ตัวอย่าง
อนินทรีย์เคมี	ธรรมชาติ	อลูมิเนียม, แมกนีเซียม, ซิลิกา, zirconia
	มนุษย์สร้างขึ้น	ถ่านกัมมันต์, อิฐ, ceramic coke, แก้ว
อินทรีย์เคมี	โพลีแซคคาไรด์	agar, agarose, alginate, carrageenan, เซลลูโลส, detran, pectate
	โปรตีน	คลอลาเจน, ไข่ขาว, เจลาติน
	พอลิเมอร์สังเคราะห์	polyacrylamide, phenolic resin, polystyrene, polyurethane

ที่มา: Tampion and Tampion (1987)

2.6.1 หลักการเลือกวัสดุตัวกลาง

1) ควรมีขนาดพื้นที่ผิวจำเพาะมาก
2) จัดให้มีค่ารูพรุนมากและควรจัดวางตัวกลางไว้ในลักษณะทรงกระบอกตั้ง
3) ควรมีผิวตัวกลางที่สามรถให้ฟิล์มจุลชีพเกาะได้ดี
4) ควรมีความต้านทานน้ำไหลผ่านตัวกลางต่ำ
5) วัสดุของตัวกลางที่ใช้ควรมีความคงทนต่อทั้งกายภาพ เคมี และชีวภาพได้ดี
6) สามารถดักหรือจับตะกอนแขวนลอยได้ค่อนข้างสูง
7) ควรจัดให้ตัวกลางอยู่ในรูปแบบที่น้ำสามารถไหลผ่านได้กระจายสม่ำเสมอ
8) พยายามเลือกตัวกลางที่มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับน้ำ เพื่อไม่ให้น้ำหนักในถังมากเกินไป
9) ให้ใช้ตัวกลางที่หาได้ง่ายและมีราคาถูก
10) ต้องสามารถขนส่งง่ายและสะดวกในการติดตั้งในถังได้สะดวก

(เกรียงศักดิ์, 2543)

ทั้ง 10 ข้อที่กล่าวมาข้างต้นมาสามารถกระทำได้หมดสำหรับการเลือกออกแบบตัวกลางและระบบให้ได้ตามทั้ง 10 ข้อ แต่สามารถเลือกให้ได้ระบบที่เหมาะสมที่สุด เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียขนาดพื้นที่ผิวจำเพาะเป็นปัจจัยสำคัญมาก ถ้ามีขนาดพื้นที่ผิวจำเพาะมาก ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียก็จะมากด้วย แต่ระบบจะอุดตันเร็ว (สิทธิโชค, 2547) ปกติขนาดพื้นที่ผิวจำเพาะของระบบถังกรองฟิล์มจมน้ำมีไม่เกิน 100 ตารางเมตร/ลูกบาศก์เมตร โดยมีขนาดอย่างมากที่สุด 200-300 ตารางเมตร/ลูกบาศก์เมตร สำหรับขนาดภาระ BOD_5 ที่ใช้กันทั่วไปมีค่า 0.5 กิโลกรัม BOD_5/ลูกบาศก์เมตร แต่ไม่ควรมากกว่า 1.0 กิโลกรัม BOD_5/ลูกบาศก์เมตร (เกรียงศักดิ์, 2543)

2.6.2 วัสดุตัวกลางสังเคราะห์

ปัจจุบันวัสดุตัวกลางกำลังได้รับความนิยมอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่มีความเข้มข้นสูง วัสดุตัวกลางสังเคราะห์สามารถผลิตได้จากวัสดุต่าง ๆ หลายชนิด (สิทธิโชค, 2547) เช่น ถ่านกัมมันต์ พลาสติก เซรามิค และโลหะ เป็นต้น ขนาดและรูปร่างของวัสดุตัวตัวกลางสังเคราะห์จะมีหลากหลายชนิด เช่น ทรงกระบอก ทรงกลม รูปรังผึ้ง ขนาดตั้งแต่ชิ้นเล็ก ๆ จนถึงขนาดชิ้นใหญ่ ขนาดและรูปร่างอย่างไร ทุกแบบจะมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก มีช่องว่างมาก น้ำหนักเบาและไม่อุดตันง่าย

นอกจากนี้ตัวกลางพลาสติกยังช่วยให้การไหลในลักษณะที่เกิดฟิล์มบาง ๆ เท่านั้น ตัวกลางที่เป็นพลาสติกชิ้นใหญ่ (ประเภทที่เรียกว่า Cross Flow Media) มักเป็นแบบที่ตั้งตัวเองได้ เพื่อประหยัดค่าโครงสร้างอีกด้วย เนื่องจากมีช่องว่างมาก การกรองแบบใช้ตัวกลางพลาสติกสามารถรับภาระชลศาสตร์ได้สูงกว่าตัวกลางหินหลายเท่าและสามารถสร้างได้สูงกว่าหินมาก นอกจากนี้ลักษณะที่มีรูพรุนอย่างมากของตัวกลางพลาสติกช่วยลดความจำเป็นในการกำจัดตะกอนออกจากน้ำเสียก่อนที่จะเข้าระบบกรองในกรณีของหินต้องมีการกำจัดตะกอนออกจากน้ำเสียก่อนเพื่อป้องกันการอุดตัน ยกเว้นในกรณีที่น้ำเสียมีจำนวนมากอาจต้องการกำจัดตะกอนออกจากน้ำเสียก่อนที่จะเข้าระบบการกรองด้วยตัวกลางพลาสติก (Shaw Carliell and Wheatley, 2002)

ภาพ 2.10 ชนิดของตัวกลางต่าง ๆ ของระบบถังกรอง

ที่มา: Young (1991)

ตาราง 2.4 ตัวอย่างชนิดของวัสดุตัวกลาง

ชนิดของตัวกลาง	ความพรุน (%)	พื้นที่ใช้งาน (ตารางเมตร/ลูกบาศก์เมตร)
กล่องพลาสติกลูกฟูก	มากกว่า 95	92
กล่องพีวีซีลูกฟูก 1.16×0.6×0.6 ม.	95	110
วงแหวนโพลีเอทิลีน 70×22 มม.	90	190
วงแหวนพลาสติก ϕ90×90 มม.	95	102
วงแหวนไนลอน ϕ90×90 มม.	95	102
โพลีโพรพิลีนทรงกลม ϕ90 มม.	มากกว่า 95	89

หมายเหตุ: ϕ หมายถึง เส้นผ่าศูนย์กลาง

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2537)

2.6.2 วัสดุตัวกลางธรรมชาติ

นอกจากวัสดุตัวกลางสังเคราะห์แล้วยังสามารถนำวัสดุธรรมชาติที่มีคุณสมบัติของวัสดุตัวกลางที่มีความเหมาะสม มาใช้เป็นวัสดุตัวกลางธรรมชาติ เพื่อทดแทนวัสดุตัวกลางสังเคราะห์ เพราะวัสดุตัวกลางสังเคราะห์ถึงแม้ประสิทธิภาพสูง แต่จะมีปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจตามมา ได้แก่ ปัญหาขยะมูลฝอยพลาสติก และปัญหาการขาดดุลการค้า เป็นต้น หากมีการศึกษาวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศเพื่อนำมาเป็นวัสดุตัวกลางอย่างเป็นระบบจะสามารถลดปัญหาข้างต้นได้ เพราะวัสดุธรรมชาติบางชนิดมีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือ

มากกว่าวัสดุตัวกลางสังเคราะห์ หากนำมาใช้อย่างเป็นระบบจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่าย และยังนำทรัพยากรมาใช้ให้คุ้มค่าและเหมาะสม ตัวอย่างของวัสดุตัวกลางธรรมชาติ ได้แก่ หิน กรวด อิฐหัก ไม้ ไม้ไผ่ ดินเหนียว กระเบื้องเผา เชือก และเปลือกหอย เป็นต้น (สิทธิโชค, 2547)

2.7 โพลีโพรพิลีน

อัจฉรา (2542) กล่าวว่า ศาสตราจารย์กิลิโอ นันทา (Professor Giulio Natta) ผู้ที่ได้รับการคัดเลือกให้เป็นผู้ได้รับรางวัลโนเบลในปี ค.ศ. 1963 และซิลเล่อร์ ได้อธิบายเกี่ยวกับการเกิดโพลิเมอไรเซชันของโพลีโพรพิลีน ทั้งคู่ได้ร่วมกันจดทะเบียนสิทธิบัตรสำหรับการผลิตเส้นใย Polypropylene ในเชิงพาณิชย์ได้เริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2497 ที่ประเทศอิตาลี โดยบริษัทมอนทีคาทินี จำกัด ภายใต้เครื่องหมายการค้า “MERAKLON”

2.7.1 ประวัติความเป็นมา

การผลิตโพลิโพรพิลีนเรซินเชิงพาณิชย์ ในประเทศสหรัฐอเมริกา เริ่มครั้งแรกในปี พ.ศ. 2505 ซึ่งต่อมาได้หาวิธีการผลิตเส้นใยโพลิโพรพิลีนง่ายขึ้น ณ มลรัฐเวอร์จิเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา Herculon Powdel เป็นบริษัทแรกในสหรัฐอเมริกา ที่ค้นพบวิธีการผลิตวัตถุดิบให้เป็นเส้นใยได้

2.7.2 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตเส้นใยโพลิโพรพิลีนนั้น มีความแตกต่างกันไปตามผู้ผลิตแต่ละราย ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ผู้ผลิตแต่ละรายจะมีกระบวนการผลิตที่เป็นของตนเอง เพื่อให้เกิดคุณสมบัติต่าง ๆ ที่แน่นอน เช่น การดูดซับสี, ความมันวาว, การนำความร้อน และภาคตัดขวางใย

2.7.3 ขั้นตอนการผลิตเส้นใยโพลิโพรพิลีน

กระบวนการผลิตขั้นพื้นฐานนั้น คือ การทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันของก๊าซโพรพิลีน และโลหะผสมกันในปริมาณที่เหมาะสมตามขั้นตอนการผลิต เช่น ติตาเนียมคลอไรด์ ที่มีอยู่ใน Diluents โพลิเมอร์จะก่อตัวขณะไหลผ่าน Diluents เกิดปฏิกิริยาให้แยกตัวเร็วขึ้น กรองให้สะอาดและช่วยลดปริมาณโพลิโพรพิลีนที่สูญเสียไป ในทางกลับกันจะทำให้คุณสมบัติในการดูดซับแสงน้อยลง ในขณะเดียวกัน การทนความร้อนจะลดลงในอัตราส่วนที่เท่ากันด้วย

หลอมเรซินให้ละลาย กดผ่านแว่นกดเส้นใยเป็นใยวาว แล้วนำไปผ่านกระบวนการทางเคมี จะทำให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ เช่น ความแข็งแรงของใย การทนต่อการเสียดสี ความอ่อนตัว ความยืดหยุ่น และการหดตัว ดังตัวอย่างในการปั่นปมด้ายจำนวนมาก ๆ นั้นจะทำให้เกิดความแข็งแรงในการต้านทานสูงขึ้น แต่จะทำให้คุณสมบัติในการยืดหดตัวนั้นลดลง และจะใช้ความร้อนทำให้เส้นใยมีคุณสมบัติในการทนทานต่อการหดตัวหรือการบิดงอของเส้นใยเข้าช่วยด้วย

2.7.4 คุณสมบัติทางกายภาพ

เส้นใยโพลิโพรพิลีน เป็นเส้นใยที่มีความเบามากที่สุดในบรรดาทั้งหมด อย่างไรก็ตาม การไวต่อความร้อนหรือการนำความร้อนและการไม่ดูดซับสีย้อม นับได้ว่าเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่ง แม้ว่าผู้ผลิตได้ผลิตเส้นใยโพลิโพรพิลีน ในรูปแบบต่างกัน ความพยายามที่จะขจัด ข้อจำกัดนี้ออกไป และการพัฒนาก็มีมาอย่างต่อเนื่อง แม้จะมีการชี้แจงและกำหนดข้อปฏิบัติไว้ให้กำหนดตาม เพื่อที่จะขจัดอุปสรรคนี้ แต่ในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถทำได้

อย่างไรก็ตาม หลักการทั่วไปอาจบิดเบือนไปจากข้อมูลที่ทางผู้ผลิตให้ไว้อันเป็นผลซึ่งเกิดจากการทดสอบขั้นพื้นฐานในห้องปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง จากการประเมินค่าพื้นฐานของข้อจำกัดซึ่งได้จากการกระทำและปฏิบัติอย่างต่อเนื่องของผู้บริโภคเอง

การประเมินคุณสมบัติของเส้นด้ายนี้สามารประมาณได้จาก

- ความแข็งแรงของด้ายโพลิโพรพิลีน ช่วงความแข็งแรงของด้ายโพลิโพรพิลีนนี้ค่อนข้างกว้าง เพราะโดยทั่วไปแล้วจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับด้ายไนลอน และโพลิเอสเตอร์ ซึ่งแข็งแรงและต้านทานแรงขัดถูดี ทำให้ด้ายโพลิโพรพิลีน มีความคงทนต่อการใช้งาน
- ความยืดหยุ่น ด้ายโพลิโพรพิลีน มีความยืดหยุ่นน้อยกว่าเส้นด้ายไนลอน
- การยืดตัว ด้ายที่จะใช้โพลิโพรพิลีน มีแรงต้านทานดี คุณสมบัตินี้จึงเหมาะกับมาทำด้ายสำหรับผลิตผ้าทำเครื่องนุ่งห่ม อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติทั่วไปนั้น ด้ายจะมีความแข็งแรงเป็นหลักสำคัญ และมีการยืดตัวน้อยที่สุด
- การนำความร้อน ความได้เปรียบอีกข้อหนึ่งของด้ายโพลิโพรพิลีน ก็คือ น้ำหนักเบา ซึ่งคุณลักษณะนี้ เมื่อรวมตัวกันและผ่านกรรมวิธีแล้ว สามารถที่จะจับกลุ่มกันได้ นับว่าเป็นคุณสมบัติที่ดีต่อการนำไปผลิตผ้าห่ม เสื้อกันหนาว เพราะสามารถป้องกันความร้อนมิให้กระจายออกจากกันได้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนโดยระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลางแบบเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

จุฑานัฐ แรมลี และคณะ (2555) ได้ศึกษาการเลี้ยงเชื้อสำหรับถังกรองไร้อากาศที่ใช้ซังข้าวโพดเผา ถ่านไม้ และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแป้งมันสำปะหลังได้ทำการทดลองกำหนดให้น้ำเสียเข้าระบบมีค่า COD ประมาณ 10,000 มก./ล. และค่า pH อยู่ระหว่าง 7.4 ถึง 7.6 เพื่อสร้างสภาพที่เหมาะสมสำหรับการสร้าง CH_4 ในสภาพแวดล้อมแบบไร้อากาศ อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบเท่ากับ 3.3 ลิตร/วัน ระยะเวลากักเก็บน้ำ/ของถังเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 6 วัน ดำเนินการที่อุณหภูมิห้อง (21 ถึง 30 ^{o}C) ในช่วงแรกระบบในถังเลี้ยงเชื้อซึ่งบรรจุตัวกลางต่างชนิดกันนั้นยัง ทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควร แสดงให้เห็นได้จากค่า VFA, ALK และ VFA : ALK ที่ไม่คงที่ในระยะเวลาต่อมาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ นั้นมีแนวโน้มคงที่มากขึ้น แสดงว่าระบบในถังเลี้ยงเชื้อเริ่มดำเนินการได้ดีขึ้น และถังยังมีแนวโน้มที่มีสภาพที่เหมาะสมสำหรับการสร้าง CH_4 โดยพิจารณาจากค่า ALK, VFA และ VFA : ALK ของน้ำเสียออกระบบใกล้เคียงหรืออยู่ในช่วงค่าที่เหมาะสมสำหรับการสร้าง CH_4 ในสภาพแวดล้อมแบบไร้อากาศ น้ำเสียออกระบบของถังที่บรรจุถ่านไม้แสดงให้เห็นว่ามีสภาพที่เหมาะสมสำหรับการสร้าง CH_4 มากที่สุดคือ มีค่า ALK เฉลี่ย 1,289.6 มก./ล. ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต VFA เฉลี่ย 405 mg/l ในรูปของกรดอะซิติก และ ALK : VFA เฉลี่ย 0.34 นอกจากนี้ถังบรรจุถ่านไม้ยังมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD และ TSS สูงที่สุด คือร้องละ 85 และ 76 ตามลำดับ

ณัฏฐ์ ภู่เกิดสิน และคณะ (ม.ป.ป.) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของตัวกลางรูปร่างต่าง ๆ ได้ทำการสังเคราะห์ตัวกลางในการดูดซับฟอสฟอรัสและเป็นแหล่งยึดเกาะของจุลินทรีย์ กลุ่มไนตริฟายอิงเพื่อการกำจัดไนโตรเจน ตัวกลางถูกสังเคราะห์ขึ้นจากเปลือกหอยแครงและดินตะกอนประปา ให้มีรูปร่างเป็นเม็ดยา ทรงกระบอกและทรงกลม จากนั้นทำการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้ไอโซเทอมการดูดซับ ซึ่งสมการของของแลงเมียร์ถูกนำมาใช้อธิบายลักษณะของการดูดซับนี้ ตัวกลาง

เม็ดยา ทรงกระบอก และทรงกลม มีความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัสสูงสุดเท่ากับ 4.85, 7.63 และ 4.95 มก.ฟอสฟอรัส/ก. และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.931, 0.868 และ 0.973 ตามลำดับ รูพรุนของตัวกลางที่สังเคราะห์ขึ้นถูกนำมาใช้ในการเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์กลุ่มไนตริฟายอิง เพื่อให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน ทำการศึกษาภายในคอลัมน์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 mm. สูง 150 mm. หยดน้ำเสียสังเคราะห์ในอัตราภาระบรรทุกแอมโมเนียต่อพื้นที่ผิวเท่ากับ 0.23 kg. N/M.^{2} -Day ผ่านชั้นตัวกลางที่บรรจุภายในคอลัมน์พบว่าหลังจากเดินระบบเป็นเวลา 47 วัน ตัวกลางเม็ดยา ทรงกระบอก และทรงกลม มีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียเท่ากับร้อยละ 48.4, 53.1 และ 53.1 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในตัวกลางแต่ละรูปร่างพบว่า มีประสิทธิภาพไม่ต่างกัน แต่ตัวกลางทรงกระบอกมีความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัสที่ดีที่สุด

วิชชากร อดุลทิฐิพัชร (2550) การประยุกต์ใยบวบเพื่อใช้เป็นวัสดุตัวกลางในระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใยบวบเป็นวัสดุตัวกลางในระบบบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์แบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำเปรียบเทียบกับวัสดุตัวกลางวงแหวนพลาสติก โดยศึกษาใยบวบ 2 ขนาดคือ ขนาดเล็กมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-4 เซนติเมตร และขนาดใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8-9 เซนติเมตร ซึ่งทั้งสองขนาด มีความสูง 2-3 เซนติเมตร ปัจจัยในการศึกษาคือ ระยะการกักพักชลศาสตร์ (HRT) 24 และ 48 ชั่วโมง ประสิทธิภาพการบำบัดค่า COD,SS การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำเสียและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของใยบวบ ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดค่า COD ที่ HRT 24 ชั่วโมง ถังกรองที่บรรจุวงแหวนพลาสติกมีค่าเฉลี่ย (45.75%) สูงกว่าถังกรองที่บรรจุใยบวบขนาดใหญ่ (33.53%) และถังกรองที่บรรจุใยบวบขนาดเล็ก (23.97%) ตามลำดับที่ HRT 48 ชั่วโมง ถังกรองที่บรรจุวงแหวนพลาสติกมีค่าเฉลี่ย (51.31%) สูงกว่าถังกรองที่บรรจุใยบวบขนาดใหญ่ (42.83%) และถังกรองที่บรรจุใยบวบขนาดเล็ก (29.91%) โดยประสิทธิภาพสูงขึ้นตามการเพิ่ม HRT ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดค่า SS ที่ HRT 24 ชั่วโมง ถังกรองที่บรรจุวงแหวนพลาสติกมีค่าเฉลี่ย (-22.22%) สูงกว่าถังกรองที่บรรจุใยบวบขนาดใหญ่ (-318.65%) และถังกรองที่บรรจุใยบวบขนาดเล็ก (-386.77%) ตามลำดับ ที่ HRT 48 ชั่วโมง ถังกรองที่บรรจุวงแหวนพลาสติกมีค่าเฉลี่ย (-199.60%) สูงกว่าถังกรองที่บรรจุใบบวบขนาดใหญ่ (-268.12%) ถังกรองที่บรรจุใยบวบขนาดเล็ก (-407.41%) ตามลำดับ โดยแสดงค่า SS ภายหลังการบำบัดสูงกว่าก่อนบำบัด จากข้อมูลข้างต้นพบว่าการใช้ใยบวบเป็นวัสดุ

ตัวกลางในระบบถังกรองมีประสิทธิภาพในการ บำบัดน้ำเสียต่ำกว่าการใช้วงแหวนพลาสติก ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน เนื่องจากการเกาะตัวของจุลินทรีย์บน เส้นใยบวบ จึงทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้อยกว่าการใช้วงแหวนพลาสติก การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำเสียพบว่าความเข้มสีของน้ำเสียที่ HRT 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง ถังกรองที่บรรจุวงแหวนพลาสติกมีเฉลี่ยความเข้มสีของน้ำเสียต่ำกว่าถังกรองที่บรรจุใยบวบขนาดใหญ่ และถังกรองที่บรรจุใยบวบขนาดเล็ก ตามลำดับ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน เนื่องจากใยบวบเป็นอินทรีย์วัตถุ และมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบเมื่อใยบวบถูกย่อยสลายจะทำให้สารอินทรีย์ละลายลงในน้ำเสียจึงทำให้น้ำเสียมีความเข้มสีมากกว่า การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของใยบวบพบว่าความต้านทานแรงดึงของใยบวบและก่อนและหลังทำการทดลองที่ HRT 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าใยบวบขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดึงต่ำกว่าใยบวบขนาดใหญ่ ภายหลังจากการเดินระบบ น้ำหนักแห้งของใยบวบก่อนและหลังทำการทดลองที่ HRT 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าใยบวบขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต่ำกว่าใยบวบขนาดใหญ่ ภายหลังจากการเดินระบบเช่นกัน จากข้อมูลพบว่าขนาดของใยบวบที่ต่างกันมีผลต่อความต้านทานแรงดึงและน้ำหนักแห้งของใยบวบที่แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน

สุดา อิทธิสุภรณ์รัตน์ และคณะ (ม.ป.ป.) การทดลองประสิทธิภาพของถังกรองไร้อากาศ ขนาด 5 ลิตร เพื่อเปรียบเทียบตัวกลางที่ใช้ 3 ชนิด คือ เปลือกหอยแครง แท่งไม้ไผ่ และลูกบอลพลาสติก โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีนมและน้ำตาลเป็นแหล่งอาหาร ทำการปรับเพิ่มอัตราภาวะบรรทุกอินทรีย์ จาก 0.8-6.0 กรัมต่อลิตร-วัน ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์คงที่ เท่ากับ 2.7 วัน และเดินระบบอย่างต่อเนื่องเป็นเวลามากกว่า 100 วัน พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีมากกว่าร้อยละ 90 ค่ายิลด์ของก๊าซชีวภาพ และมีเทนยิลด์ อยู่ในช่วง 0.38-0.57 ลิตรต่อกรัมซีโอดี และ 0.20-0.29 ลิตรมีเทนต่อกรัมซีโอดี ตามลำดับ ร้อยละของมีเทนเป็นองค์ประกอบในก๊าซชีวภาพอยู่ในช่วง 40-60

สำหรับการปรับลดค่าระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ลงจาก 61.4 ชั่วโมง เป็น 15.9 ชั่วโมง โดยให้ความเข้มข้นของซีโอดีเริ่มต้นที่ 16,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าอัตราภาระบรรทุกอินทรีย์ เพิ่มขึ้นจาก 4.05 กรัมต่อลิตร-วัน เป็น 21.33 กรัมต่อลิตร-วัน ถังที่ 1 ที่ใช้เปลือกหอยแครงเป็นตัวกลางจะมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด สามารถรองรับค่าอัตราภาระบรรทุกอินทรีย์ ได้สูงถึง 21.04 กรัมต่อลิตร-วัน ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 16.1 ชั่วโมง บำบัดซีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 90 โดยมีการผลิตก๊าซมีเทนเฉลี่ยร้อยละ 46.1 รองลงมาคือ

ถังที่ 2 ที่ใช้ตัวกลางเป็นแท่งไม้ไผ่ สามารถเฉลี่ยรองรับค่าอัตราภาระบรรทุกอินทรีย์ได้ 13.7 กรัมต่อลิตร-วัน ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21.5 ชั่วโมง บำบัดซีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 90 โดยมีการผลิตก๊าซมีเทนเฉลี่ยร้อยละ 49.5 ในขณะที่ถังที่ 3 ที่ใช้ตัวกลางเป็นลูกบอลพลาสติก สามารถรองรับค่าอัตราภาระบรรทุกอินทรีย์ ได้เพียง 3.33 กรัมต่อลิตร-วัน ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ถึง 75 ชั่วโมง บำบัดซีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 90 และการทดสอบค่าคงที่ทางจลนพลศาสตร์ของ μ_{max} และ K_s พบว่าค่า μ_{max} ในถังที่ 1 และ 2 เป็น 5 และ 50 ต่อวัน ตามลำดับ ส่วนค่า K_s ในถังที่ 1 และ 2 เป็น 20,135 และ 182,250 กรัมซีโอดีต่อลิตร ตามลำดับ

อรุณวรรณ หวังกอบเกียรติ และ นุกูล อินทระสังขา (ม.ป.ป.) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งแป้งมันสำปะหลัง โดยเปรียบเทียบใช้ตัวกลางแบบต่าง ๆ กัน และได้ศึกษาผลกระทบของปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัด (Organic loading) ด้วยระบบฟิกส์เบคแอเรชัน ระบบฟิกส์เบคแอเรชันเป็นระบบบำบัดน้ำทิ้งที่มีตัวกลางให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ และมีการเติมอากาศอย่างพอเพียงเพื่อให้สามารถบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจน

ในการทดลองนี้ใช้ถังให้อากาศขนาด 5.1 ลิตร มีตัวกลางวางเรียงขนานกันในแนวดิ่ง กำหนดให้มีอัตราการไหลของน้ำทิ้งเข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่อง 15 L/Day ใช้เวลาเก็บกัก 0.34 วัน ด้วยค่าซีโอดี 500 mg/l. ในการศึกษาผลกระทบของตัวกลางชนิดต่าง ๆ และด้วยค่าซีโอดีระหว่าง 175-750 mg/l. ในการศึกษาผลกระทบของปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้ง

พบว่าตัวกลางแบบที่ 1 (มีลักษณะเป็นตาข่ายไนลอนชั้นเดียว) และตัวกลางแบบที่ 2 (เป็นตาข่ายไนลอน 2 ชั้นประกบกัน และใส่วัสดุช่วยเพิ่มพื้นที่ในการยึดเกาะของจุลินทรีย์โดยใส่ท่อ PVC สั้น ๆ) มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด ถึงร้อยละ 93 ทั้งสองแบบ รองลงมาคือตัวกลางแบบที่ 3 (เหมือนแบบที่ 2 แต่ใช้ลูกแก้วแทนท่อ PVC) และแบบที่ 4 (เป็นแผ่นพลาสติกเจาะรู) มีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 91 และ 87 ตามลำดับ แต่น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดของแบบที่ 1 และ 2 มีสภาพใส ส่วนของแบบที่ 3 และ 4 จะมีค่าสารแขวนลอยสูง

ได้ใช้ตัวกลางแบบที่ 1 ในการศึกษาผลกระทบของปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัด พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดมีค่าร้อยละ 87-94 ค่าเฉลี่ยซีโอดีของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไม่เกิน 30 mg/l. เมื่อป้อนน้ำทิ้งเข้าสู่ระบบ 0.51-1.47 Kg./m^3/Day น้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าซีโอดีและสารแขวนลอยสูงมากประมาณ 100 และ 90 mg/l. ตามลำดับ

ชันวานี จิใจ (2549) การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบยึดเกาะตัวกลางชนิดเส้นใยไนล่อนโดยระบบถังกรองไร้อากาศ เปรียบเทียบกับระบบไร้อากาศแบบไหลขึ้นที่ไม่มีตัวกลางในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยถังปฏิกิริยามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm. สูง 100 cm. ปริมาตร 6.35 L. และชุดทดลองถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางมีปริมาตรช่องว่างตัวกลาง 96.85% ตัวกลางที่ใช้ในการศึกษาเป็นเชือกเส้นใยไนล่อนมีพื้นที่ผิวสัมผัสประมาณ 152.76 m^2/m^3 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 kg-COD/m^3-d โดยมีสภาวะทดลองที่อุณหภูมิห้องและควบคุมค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบโดยเฉลี่ยประมาณ 200 mg/l

ผลการทดลองพบว่าระบบถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางประเภทเชือกเส้นใยไนล่อนมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่าระบบไร้อากาศแบบไหลขึ้นที่ไม่มีตัวกลาง คือที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 kg-COD/m^3-d มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดี, ซีโอดี และของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 82.79-96.25, 74.91-96.13 และ 66.51-95.79 ตามลำดับ ในขณะที่ระบบไร้อากาศแบบไหลขึ้นที่ไม่มีตัวกลางมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 74.93-88.96, 69.06-88.32 และ 44.47-91.04 ตามลำดับ โดยเมื่ออัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดมีแนวโน้มลดลงทั้ง 2 ระบบ ในขณะที่ปริมาณของฟิล์มชีวภาพที่เกาะติดบนตัวกลางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.3, 0.5 และ 0.7 kg-COD/m^3-d ทั้ง 2 ระบบมีค่าบีโอดีในน้ำทิ้งไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง คือ 20 mg/l และระบบทั้ง 2 ยังมีเสถียรภาพสูงในการบำบัดน้ำเสีย กล่าวคือมีค่ากรดไขมันระเหยต□อสภาพด□างทั้งหมด (VFA/ALK) หรือกำลังบัฟเฟอร์ และพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการย่อยแบบไร้อากาศโดยไม่จำเป็นต้องเติมสารเคมีใด ๆ ในการปรับสภาพด่าง

นิฮุสนา บินนิมะ (2549) การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบเลี้ยงตะกอนแบบมีและไม่มีตัวกลางเชือกไนล่อน โดยใช้น้ำเสียชุมชนที่มี BOD เข้าระบบเฉลี่ย 120 mg/l และอัตราส่วน BOD:COD ในน้ำทิ้งเฉลี่ยเท่ากับ 0.603 โดยทำการศึกษาในการควบคุมค่า F/M ratio 0.2-0.9 kg BOD/kg MLSS • day และค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์อยู่ระหว่าง 0.6-2.7 kg BOD/m^3 • day

ผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเลี้ยงตะกอนแบบมีและไม่มีตัวกลางเชือกไนล่อนปรากฏว่าที่ค่า F/M ratio 0.2, 0.5, 0.6 และ 0.9 kg BOD/kg MLSS • day ระบบเลี้ยงตะกอนแบบมีตัวกลางเชือกไนล่อนมีประสิทธิภาพในการบำบัด BOD, COD และ SS อยู่ระหว่าง 76.18-96.90%, 75.76-92.85% และ 64.32-95.98% ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการบำบัดดังกล่าวจะสูงกว่าระบบเลี้ยงตะกอนแบบไม่มีตัวกลางเชือกไนล่อน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัด BOD, COD และ SS อยู่ระหว่าง 68.67-94.96%, 68.11-89.57% และ 56.66-90.33% ตามลำดับ

ประสิทธิภาพการลดค่า BOD, COD และ SS ในระบบเลี้ยงตะกอนแบบมีและไม่มีตัวกลางจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ โดยค่าประสิทธิภาพการกำจัดจะแปรผกผันกับค่า F/M ratio และค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ที่เพิ่มขึ้น คุณภาพน้ำเสียที่ออกจากระบบจะมีค่า BOD ไม่เกิน 20 mg/l จะต้องควบคุมค่า F/M ratio ไม่เกิน 0.4 kg BOD/kg MLSS • day ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ ไม่เกิน 1.2 kg BOD/m^3 • day และ ระยะเวลาเก็บกักไม่น้อยกว่า 4.4 ชั่วโมง

Kishimoto (1991) ได้ทำการทดลองในประเทศญี่ปุ่นโดยได้ทำการศึกษาถึงหลักการของการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้ฟิล์มชีวภาพ เพื่อลดค่าของ BOD และสารประกอบ Nitrogen โดยใช้แผ่นแก้วขนาด 10×25 cm^2 เป็นแผ่นตัวกลางบรรจุในถังปฏิกิริยา ขนาด 25×35×11 cm^2 ทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ มีค่า COD ประมาณ 300 kg/m^3 Total Nitrogen ประมาณ 0.049 kg/m^3 Residence time 8-12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า

1) MLSS < 0.7 mm. ฟิล์มชีวจะมีความหนาเป็นสัดส่วนกับปริมาณ MLSS และลักษณะของฟิล์มที่จะเป็น Homogeneous Film

2) ความหนาของฟิล์มชีวที่ออกซิเจนสามารถผ่านเข้าไปได้มีค่าประมาณ 0.08-0.3 mm. ซึ่งความหนานี้จะมีค่าลดลงถ้ามี COD เพิ่มมากขึ้นและจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราการเพิ่มอากาศมากขึ้น

3) ความหนาของฟิล์มชีวที่มากเกินพอที่จะ Oxidize COD ได้คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 mm. ซึ่ง Nitration Zone จะยังมีออกซิเจนเหลืออยู่

4) ความหนาในส่วนของ Aerobic Zone ในฟิล์มชีวนั้นประมาณได้จาก อัตราการหายใจ คือ ประมาณ 0.2 mm.

5) อัตราการออกซิเดชั่นของ COD เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อย่างคงที่ด้วยอัตราการเพิ่มขึ้นของอากาศในขณะที่อัตราการ Reduction ของ Nitrogen ลดลงอย่างคงที่ด้วยการเพิ่มขึ้นอัตราการเพิ่มของอากาศ

6) สามารถใช้ Support Biofilm เป็นพื้นฐานสำหรับการตรวจค่า COD

Seo (1986) ได้ทำการทดลองโดยใช้การผสมระหว่างระบบ AS กับตัวกลางเพื่อมาทำเป็นตัวยึดเกาะของฟิล์มชีว ซึ่งเรียกว่าระบบ Attached Growth Activated Sludge Process (AGASP) โดยใช้ตัวกลางทำด้วย Polyvinyl Chloride มี SRT 10 วัน โดยเปลี่ยนปริมาตรตัวกลางเป็น 5%, 10% และ 20% ของปริมาตรถังปฏิกิริยา และเปรียบเทียบผลการใช้ Organic Loading ต่าง ๆ กันดังนี้ 0.81, 1.44, 2.01 และ 3.18 kg COD/m^3 พบว่า

1) AGASP มีประสิทธิภาพในการกำจัด Organic Substrate มากกว่าที่ไม่มีตัวกลางและคุณสมบัติของถังปฏิกิริยาจะสามารถรับ Organic Loading ที่สูงขึ้นได้ดี

2) AGASP สามารถจะเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนได้ดี

3) ตัวกลางที่ใช้ในการยึดเกาะใน AGASP ประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุดคือ 10% ของปริมาตรของถังปฏิกิริยา

Hegamam (1987) ได้ทำการทดลองในการผสมระบบ AS กับ Fixed Film เพื่อจะเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยใช้ชิ้นพลาสติกที่มีรูพรุนเป็นตัวกลาง ลงในถังเติมอากาศ เพื่อให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ วิธีนี้พบว่า มีมวลจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็นสองถึงสามเท่าในเวลาเดียวกัน ค่า SVI ของ AS จะมีมาก เพราะว่าในส่วนเล็ก ๆ นั้นจะผ่านออกไปในถังตกตะกอน

สิทธิโชค บัวดี (2547) ได้ทำการศึกษาตัวกรองชีวภาพจากวัสดุธรรมชาติเพื่อกำจัดแอมโมเนียในระบบบำบัดน้ำเสีย โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ วัสดุตัวกลางที่ใช้คือ Bioball, ไม้ไผ่ทรงกระบอกสูง 4 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร, ไม้ไผ่เพิ่มพื้นที่ผิวทรงกระบอก 30 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ผ่าปลายด้านหนึ่งออกเป็นซี่เล็ก ๆ 200-300 เส้น พบว่า ไม้ไผ่ที่เพิ่มพื้นที่ผิวจะมีจำนวนเชื้อ Nitrifying Bacteria (แบคทีเรียที่สามารถย่อยแอมโมเนียแล้วเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ (NO_2)) และไนเตรท (NO_3) รองลงมาคือไม้ไผ่ทรงกระบอก และ Bioball ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนด้วยระบบบำบัดน้ำเสีย แบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำโดยใช้ตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน โดยมีรายละเอียดในการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

3.2 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.4 ดำเนินการทดลอง

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ คือ ข้อมูลด้านลักษณะและคุณภาพน้ำเสียครัวเรือน ทฤษฎีการกำจัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ ประเภทของระบบกรองชีวภาพจมน้ำ ทฤษฎีฟิล์มชีวภาพ ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียแบบจุลินทรีย์เกาะผิวตัวกลาง ความหมายของวัสดุตัวกลาง คุณสมบัติของโพลีโพรพิลีน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยการรวบรวมจากเอกสาร รายงานการวิจัยต่าง ๆ และข้อมูลทุติยภูมิอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

3.2.1 สถานที่ทำการทดลอง

สถานที่ตั้งแบบจำลอง ห้องปฏิบัติการของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนยีราชมงคลพระนคร

3.2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

3.2.2.1 เตรียมระบบบำบัดน้ำเสียและเตรียมตัวกลางที่ใช้สำหรับทดลอง ตั้งแต่ ตุลาคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2556

3.2.2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนด้วยระบบบำบัดน้ำเสีย แบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำโดยใช้ตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน ตั้งแต่ ธันวาคม พ.ศ. 2556 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 ขั้นเตรียมการ

3.3.1.1 ศึกษาความเป็นไปได้และรวบรวมความคิดของเรื่องที่จะทำการศึกษา โดยการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร ตลอดจนปรึกษาสอบถามกับบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.3.1.2 เขียนแนวคิด ตั้งกรอบแนวคิดตามแผนภูมิที่ 1.1 ซึ่งการเขียนแสดงแนวคิดดังกล่าว เป็นการช่วยนำทางสู่การศึกษา ในขั้นต่อ ๆ ไปได้ชัดเจนขึ้น

3.3.2 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.2.1 ข้อมูลเบื้องต้น

ก) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียครัวเรือน

ข) ทฤษฎีการกำจัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ

ค) ประเภทของระบบกรองชีวภาพจมน้ำ

ง) ทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียแบบจุลินทรีย์เกาะผิวตัวกลาง

จ) ทฤษฎีฟิล์มชีวภาพ

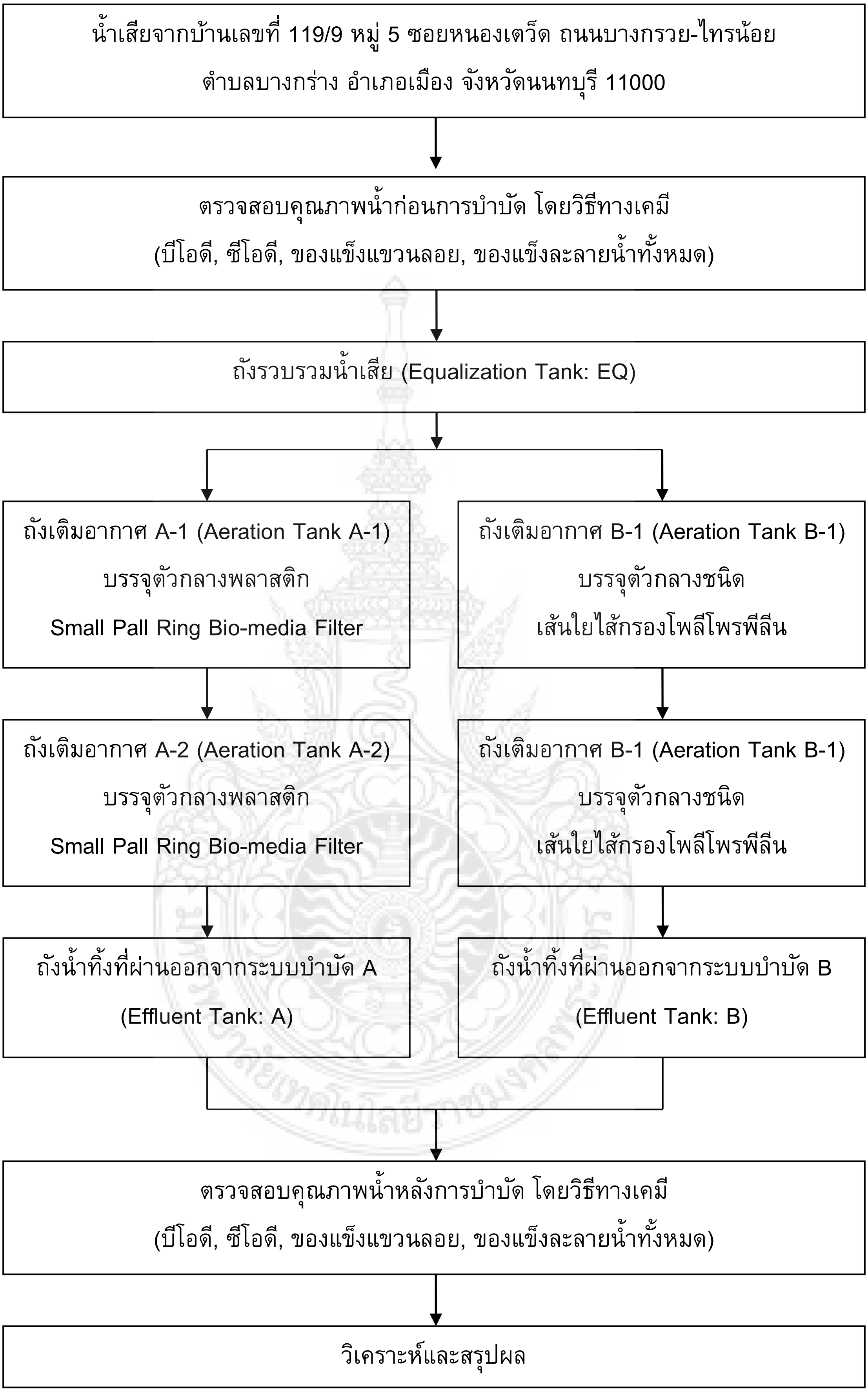
ฉ) ความหมายของวัสดุตัวกลาง

ช) คุณสมบัติของโพลีโพรพิลีน

ซ) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.3.2.2 ข้อมูลภาคสนาม

ข้อมูลลักษณะน้ำเสียครัวเรือน และพฤติกรรมการการใช้น้ำของบ้านเลขที่ 119/9 หมู่ 5 ซอยหนองเตว็ด ถนนบางกรวย-ไทรน้อย ตำบลบางกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 1100



แผนภูมิ 3.1 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.3.1 การสร้างระบบบำบัด มีวัสดุ และอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

ก) ตู้อะคริลิค ขนาด 20×30×40 cm. จำนวน 1 ตู้

ข) ตู้อะคริลิค ขนาด 20×20×40 cm. จำนวน 4 ตู้

ค) ปั๊มอากาศสำหรับตู้ปลา จำนวน 1 เครื่อง

ง) ปั๊มสูบน้ำขนาดเล็ก กำลังสูบ 150 L/hr. จำนวน 1 เครื่อง

จ) ถังน้ำพลาสติก จำนวน 2 ถัง

ฉ) Twin Timer จำนวน 1 เครื่อง

ช) ท่อ PVC และข้อต่อ PVC

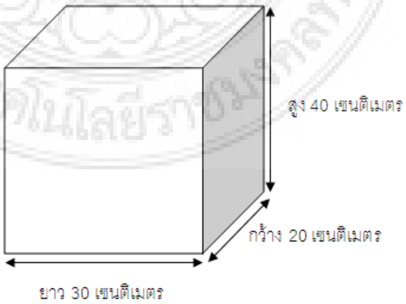
ซ) สายยาง และท่ออากาศ

ฌ) หัวทราย (หัวฟู่)

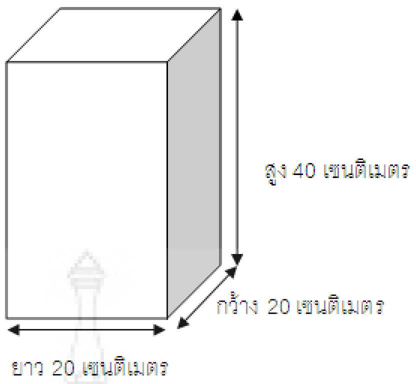
ญ) วาล์วน้ำ และวาล์วท่ออากาศ

3.3.3.1 การสร้างระบบบำบัด มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก) สร้างถังรวบรวมน้ำเสีย (Equalization Tank: EQ) ถังเติมอากาศ A-1 (Aeration Tank A-1) ถังเติมอากาศ A-2 (Aeration Tank A-2) ถังน้ำทิ้งที่ผ่านออกจากระบบบำบัด A (Effluent Tank: A) ถังเติมอากาศ B-1 (Aeration Tank B-1) และถังเติมอากาศ B-1 (Aeration Tank B-1) ที่ทำจากแผ่นอะคริลิคที่มีความหนา 2 เซนติเมตรให้มีขนาดตามที่ออกแบบไว้ (ภาพ 3.1 และภาพ 3.2)



ภาพ 3.1 ขนาดถังรวบรวมน้ำเสีย (Equalization Tank: EQ)

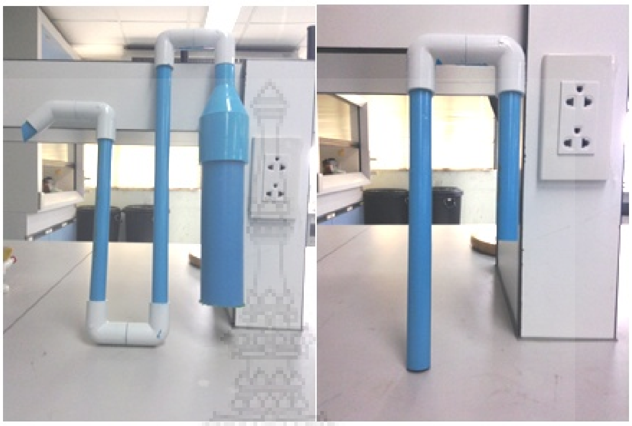


ภาพ 3.2 ขนาดถังเติมอากาศ (Aeration Tank)

ข) ต่อสายลำเลียงน้ำเข้าระบบบำบัด โดยใช้สายยางใส ต่อเข้ากับปั๊มสูบน้ำ ต่อข้อต่อ 3 ทาง เพื่อแบ่งทางสายยางออกเป็น 2 เส้นทาง จากนั้นต่อสายยางเข้ากับชุดวาล์วเปิด – ปิด (ภาพ 3.3)

ภาพ 3.3 ปั๊มสูบน้ำและชุดวาล์วเปิด – ปิด

ค) ต่อระบบท่อส่งน้ำ ระบบนี้ใช้วิธีการกาลักน้ำเป็นตัวส่งน้ำไปตามถังต่างๆ โดยใช้ท่อ PVC ประกอบเข้าด้วยกัน (ภาพ 3.4) แล้วนำไปวางตามที่ออกแบบไว้



ภาพ 3.4 ท่อ PVC สำหรับส่งน้ำในระบบบำบัด

ง) ต่อระบบท่ออากาศ โดยการต่อสายยางอากาศเข้ากับเครื่องเติมอากาศสำหรับเลี้ยงปลา และต่อปลายสายยางอีกด้านเข้ากับหัวทราย (หัวฟู่) ให้ครบทั้ง 4 ถัง (ภาพ 3.5)

ภาพ 3.5 ระบบท่ออากาศ

3.3.3.2 การเตรียมวัสดุตัวกลาง (Media)

การศึกษาทดลองครั้งนี้จะใช้วัสดุตัวกลาง 2 ชนิดได้แก่

ก) วัสดุตัวกลางวงแหวนพลาสติกซึ่งเป็นวัสดุตัวกลางที่มีการใช้ในระบบบำบัดและมีจำหน่ายโดยทั่วไปชนิดที่นำมาทดลองคือ Small Pall Ring Bio-media Filter มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ความสูง 4 เซนติเมตร (ภาพ 3.6) มีพื้นที่ผิวสัมผัส 180 m^2/m^3 ต่อชิ้น โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้ตัวกลางทั้งสิ้น 100 ชิ้นต่อ 1 ถังเติมอากาศ

ภาพ 3.6 ตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter

ข) วัสดุตัวกลางเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน โดยทำจากตาข่ายพลาสติกยึดด้วยสายรัดเคเบิลไทร์ ให้มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ความสูง 4 เซนติเมตร จากนั้นนำเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนที่มีความยาว 30 เซนติเมตร มาผูกเข้ากับตาข่ายพลาสติกทรงกระบอกที่เตรียมไว้ (ภาพ 3.7) โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้ตัวกลางทั้งสิ้น 100 ชิ้นต่อ 1 ถังเติมอากาศ

ภาพ 3.7 ขั้นตอนการทำตัวกลางเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน

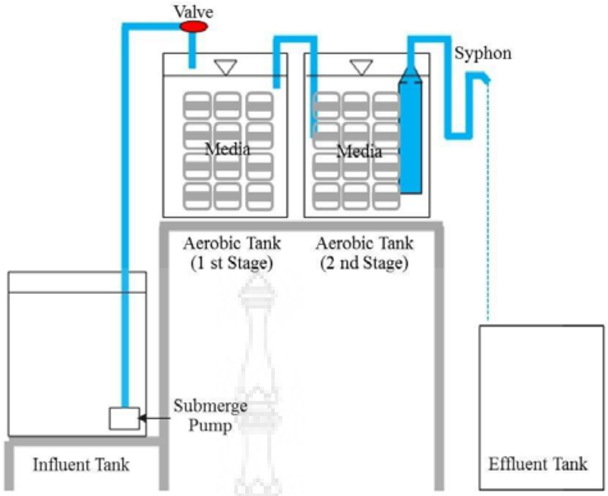
3.3.3.2 การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียประกอบด้วยถังบำบัดน้ำเสียจำนวน 4 ถัง คือ ถังเติมอากาศที่มีตัวกลาง (Media) พลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter บรรจุลงในถังจำนวน 100 ชิ้น ทั้งหมด 2 ถัง และถังเติมอากาศที่ตัวกลาง (Media) ที่ทำจากเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน บรรจุลงในถังจำนวน 100 ชิ้น ทั้งหมด 2 ถัง มีรายละเอียดการออกแบบดังนี้

ก) อัตราการไหลของน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตัวกลาง (Media) พลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter อยู่ที่ 10 L./day และสำหรับถังเติมอากาศที่ตัวกลาง (Media) ที่ทำจากเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนอยู่ที่ 10 L./day

ข) F/M ratio เท่ากับ 0.007 kg BOD/kg MLSS • day

ค) ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT) เท่ากับ 48 ชั่วโมง



ภาพ 3.8 การติดตั้งแบบจำลองที่ใช้ในการทดลอง

3.4 ดำเนินการทดลอง

3.4.1 ขั้นเตรียมตะกอนจุลินทรีย์

การศึกษาครั้งนี้จะใช้ตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) ของเทศบาลนครนนทบุรี วัดปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในเชิงของปริมาตร (SV_{30}) ได้ประมาณ 980 mg/l นำมาใส่ถังเติมอากาศที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter และตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนอยู่ ปริมาณ 4 ลิตร ทำการเติมอากาศและเติมน้ำเสีย 6 ลิตร ทิ้งให้จุลินทรีย์ปรับสภาวะให้เข้ากับน้ำเสียเป็นเวลา 7 วัน

ตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) ของเทศบาลนครนนทบุรี

↓

นำมาใส่ถังเติมอากาศที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter และตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนอยู่ ปริมาณ 4 L

↓

เติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศสำหรับตู้ปลา เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

↓

เติมน้ำเสียจากครัวเรือนปริมาณ 6 L แล้วเติมอากาศตลอด 24 ชั่วโมง

↓

ทิ้งให้จุลินทรีย์ปรับสภาวะให้เข้ากับน้ำเสียเป็นเวลา 7 วัน

แผนภูมิ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมจุลินทรีย์

3.4.2 น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา เป็นน้ำเสียจากครัวเรือนของบ้านเลขที่ 119/9 หมู่ 5 ซอยหนองเตว็ด ถนนบางกรวย-ไทรน้อย ตำบลบางกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000 โดยน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียที่ผ่านตะแกรงดักขยะ และบ่อดักไขมันมาก่อน มีค่าบีโอดี (BOD) อยู่ในช่วง 60-127 mg/l

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเสียและการตรวจวิเคราะห์

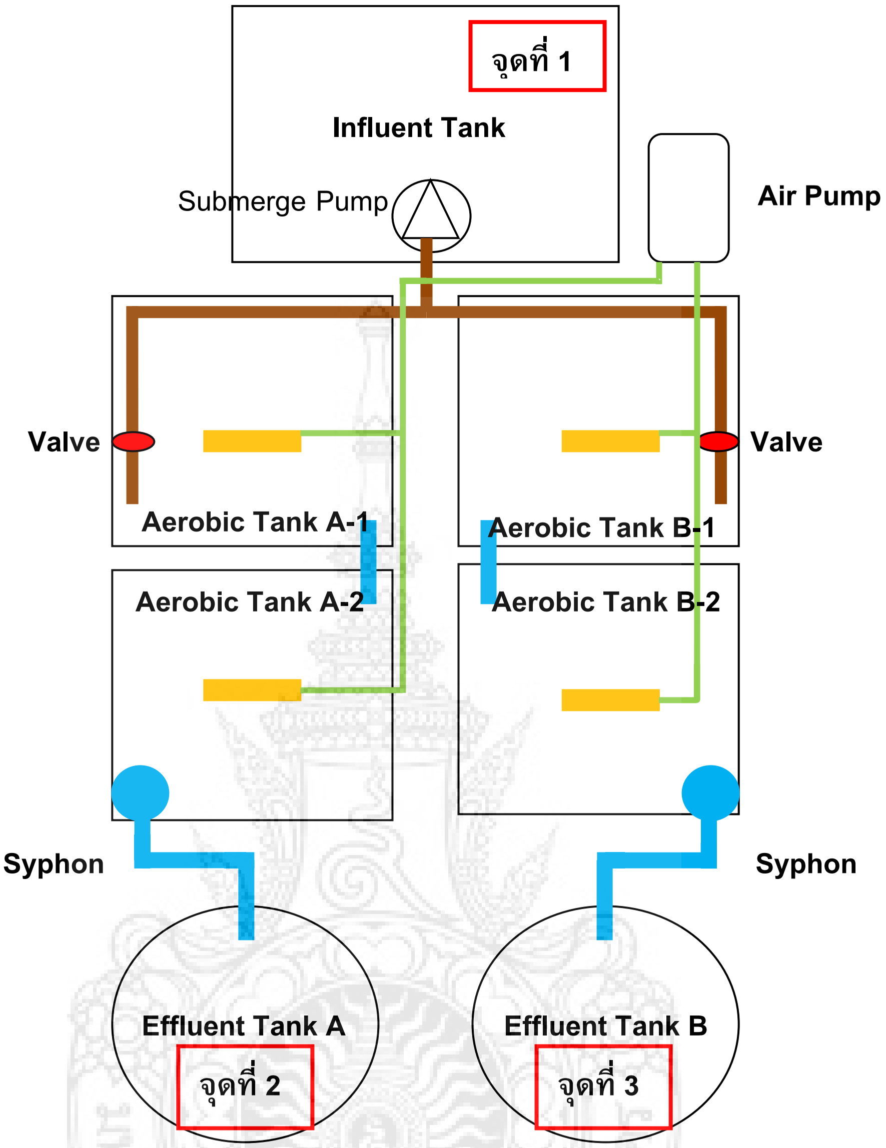
จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียมีด้วยกัน 3 จุด คือ น้ำเสียก่อนเข้าระบบในถังรวบรวมน้ำเสีย (Influent: Inf) ถังน้ำทิ้งที่ผ่านออกจากระบบบำบัดที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter (Effluent A: Eff A) และถังน้ำทิ้งที่ผ่านออกจากระบบบำบัดที่มีตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน (Effluent B: Eff B) จะทำการ

เก็บตัวอย่างน้ำต่อเนื่องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวิเคราะห์สัปดาห์ละ 1 ครั้ง แผนการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำได้แสดงไว้ในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 แผนการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	หน่วย	Inf	Eff A	Eff B	วิธีวิเคราะห์
อุณหภูมิ	^{o}C	D	D	D	pH Meter
ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	-	D	D	D	pH Meter
ค่าความขุ่น (Turbidity)	NTU.	D	D	D	Turbidity Meter
ออกซิเจนละลายน้ำ	mg/l.	D	D	D	DO Meter
บีโอดี (BOD))	mg/l.	W	W	W	Dilution method
ซีโอดี (COD)	mg/l.	W	W	W	Close Reflux
ของแข็งแขวนลอย (SS)	mg/l.	W	W	W	Gravimatric method/ Total Solids Dried at 103-105 ^{o}C
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)	mg/l.	W	W	W	TS-SS

หมายเหตุ : D = วิเคราะห์ทุกวัน W = วิเคราะห์สัปดาห์ละ 1 ครั้ง



ภาพ 3.9 แผนผังจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

3.5.2 อภิปรายผล

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของตัวกลางที่ทำจากเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน และตัวกลางพลาสติกที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาดชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter

3.5.2.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าบีโอดี (BOD)

3.5.2.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD)

3.5.2.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งแขวนลอย (SS)

3.5.2.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)

3.5.3 สรุปและนำเสนอ

3.5.3.1 สรุปผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ในบทที่ 1

3.5.3.2 นำเสนอ

ก) เสนอแนะที่เป็นข้อจำกัดหรือส่วนที่จะทำให้การศึกษาครั้งนี้เป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากขึ้น

ข) ข้อเสนอแนะแนวทางการศึกษาครั้งต่อไป เพื่อพัฒนางานทางด้านการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องให้เกิดผลประโยชน์ในอนาคต

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของตัวกลางที่ทำจากเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน และตัวกลางพลาสติกที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาดชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter ในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการศึกษาเป็น 4 ส่วนดังนี้

4.1 สภาวะแวดล้อมในการทดลอง

4.2 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

4.3 ประสิทธิภาพในการบำบัด

4.1 สภาวะแวดล้อมในการทดลอง

การศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ครั้งนี้ ได้ทำการทดลองภายใต้อุณหภูมิห้อง โดยน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบการทดลองเป็นน้ำเสียจากครัวเรือนจากบ้านเลขที่ 119/9 หมู่ 5 ซอยหนองเตว็ด ถนนบางกรวย-ไทรน้อย ตำบลบางกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000 ที่ผ่านตะแกรงดักขยะ และบ่อดักไขมันมาก่อนแล้วซึ่งได้เก็บรวบรวมน้ำเสียจากปลายท่อรวม น้ำเสียของหมู่บ้าน ก่อนไหลลงคลองบางใหญ่แล้วไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาต่อไป มีค่าบีโอดี (BOD) เริ่มต้น 110 mg/l จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียพบว่า ตลอดระยะเวลาการทดลองน้ำเสียเข้าสู่ระบบการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก (HRT) 48 ชั่วโมง ค่าบีโอดีที่เข้าสู่ระบบ อยู่ในช่วง 60-127 mg/l มีค่าซีโอดี (COD) อยู่ในช่วง 108-480 mg/l ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 0.12-3.64 mg/l ค่าของแข็งแขวนลอย (SS) อยู่ในช่วง 42-81.6 mg/l ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) อยู่ในช่วง 1,075-1,380 mg/l ค่าความขุ่น (Turbidity)อยู่ในช่วง 115-368 NTU. และอุณหภูมิของน้ำเสียอยู่ในช่วง 25-26.9 $^{\circ}$C ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเสียที่เข้าระบบพบว่า มีลักษณะเป็นสีเหลืองขุ่น มีตะกอนสีน้ำตาล-ดำ

และมีกลิ่นเล็กน้อย ระยะเวลาที่ทำการทดลองอยู่ในช่วงฤดูหนาว คือช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์

4.2 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

4.2.1 การเริ่มต้นเดินระบบ (Start period)

การเริ่มต้นเดินระบบได้นำตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) ของเทศบาลนครนนทบุรี วัดปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในเชิงของปริมาตร (SV_{30}) ได้ประมาณ 980 mg/l และวัดปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในเชิงของน้ำหนัก (MLSS) ได้ประมาณ 6,740 mg./l. นำมาใส่ถังเติมอากาศที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter และตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนอยู่ ปริมาณ 4 L. ทำการเติมอากาศและเติมน้ำเสีย 6 L. ทิ้งให้จุลินทรีย์ปรับสภาวะให้เข้ากับน้ำเสียเป็นเวลา 7 วัน

ช่วงเริ่มต้นให้ความสนใจการยึดเกาะตัวกลางของจุลินทรีย์ในระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF) พบว่าในช่วงเริ่มต้นการทดลองนั้นไม่มีจุลินทรีย์เกาะติดตัวกลางแต่เมื่อเวลาผ่านไป 7 วันเริ่มมีจุลินทรีย์เกาะตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนมากกว่าตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter และเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้นปริมาณจุลินทรีย์มาเกาะตัวกลางมากขึ้น

4.2.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียจากครัวเรือน

ช่วงเริ่มต้นการทดลองได้ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียจากครัวเรือน โดยน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียที่ผ่านตะแกรงดังขยะ และบ่อดักไขมันมาก่อน นำมาวิเคราะห์หาอุณหภูมิ, ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH), ค่าความขุ่น (Turbidity), ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO), บีโอดี (BOD), ซีโอดี (COD), ของแข็งแขวนลอย (SS), ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สามารถสรุปลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากครัวเรือน ได้ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากครัวเรือน

ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากครัวเรือน	หน่วย	Range	Avg. ± SD
อุณหภูมิ	^{o}C	25-26.9	27 ± 0.7
ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	-	7.12-8.40	7.89 ± 0.30
ค่าความขุ่น (Turbidity)	NTU.	115-368	275 ± 55
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	mg/l.	0.12-3.64	0.82 ± 0.90
บีโอดี (BOD)	mg/l.	60-127	98 ± 24
ซีโอดี (COD)	mg/l.	108-480	194 ± 132
ของแข็งแขวนลอย (SS)	mg/l.	42-81.6	58 ± 11
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)	mg/l.	1,075-1,380	1,265 ± 101

4.3 ประสิทธิภาพในการบำบัด

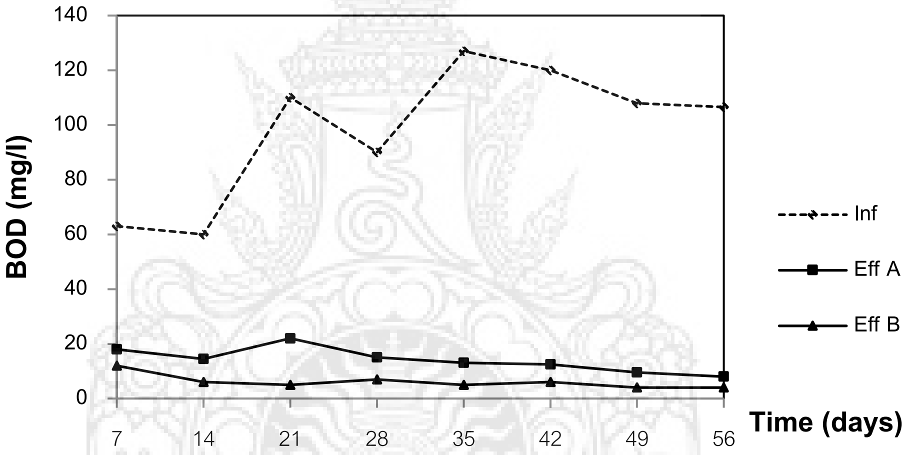
4.3.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าบีโอดี (BOD)

ในการบำบัดน้ำเสียส่วนมากจะพิจารณาบีโอดีเป็นพารามิเตอร์สำคัญ เนื่องจากค่าบีโอดี (BOD) เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความสกปรกของน้ำเสีย และเป็นตัวแปรสำคัญในการก่อให้เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำ ตามมาตรฐานน้ำทิ้งได้ควบคุมค่าบีโอดี (BOD) ในน้ำทิ้งให้มีค่าได้ไม่เกิน 20 mg/l จากผลการศึกษาพบว่าระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF) ที่มีตัวกลาง (Media) ชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าบีโอดี (BOD) สูงกว่าระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนสำหรับ ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าบีโอดี (BOD) เฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 92 และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าบีโอดี (BOD) เฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 6.13 mg/l ส่วนระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าบีโอดี (BOD) เฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 84 และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าบีโอดี (BOD) ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 14.06 mg/l

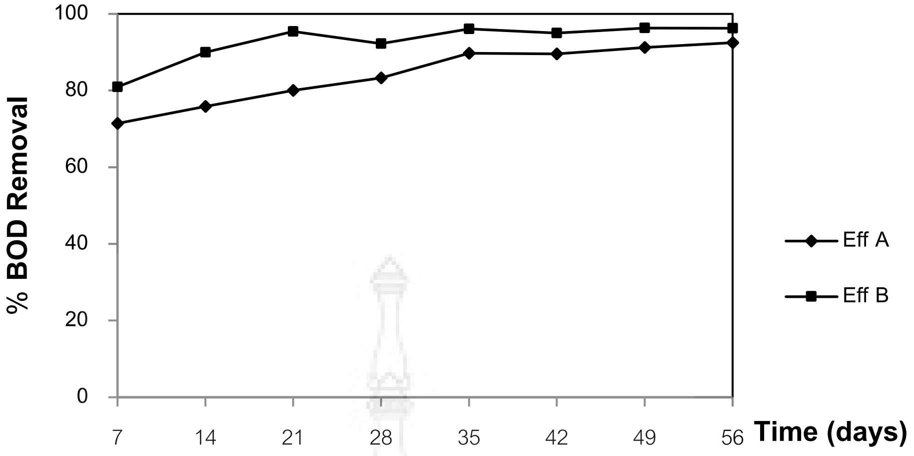
การเปรียบเทียบค่าบีโอดี (BOD) ในน้ำจากระบบบำบัดที่มีตัวกลาง 2 ชนิดกับค่ามาตรฐานทั้ง 2 ชนิดพบว่ามีค่าค่าบีโอดี (BOD) ต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดไว้คือ

20 mg/l โดยมีค่าบีโอดี (BOD) ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF) ที่มีตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.13 mg/l และในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter มีค่าบีโอดี (BOD) เฉลี่ย 14.06 mg/l

ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าบีโอดี (BOD) ของตัวกลางทั้ง 2 ชนิด แสดงได้ดังแผนภูมิ 4.2 จากผลการศึกษาจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดค่าบีโอดี (BOD) ของระบบ ถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF) ที่มีตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าบีโอดี (BOD) สูงกว่าประสิทธิภาพในการกำจัดค่าบีโอดี (BOD) ของระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำที่มีตัวกลางพลาสติก



ภาพ 4.1 การเปรียบเทียบค่าบีโอดี (BOD) ในน้ำจากระบบบำบัด



ภาพ 4.2 ประสิทธิภาพการในการบำบัดบีโอดี (BOD)

4.3.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD)

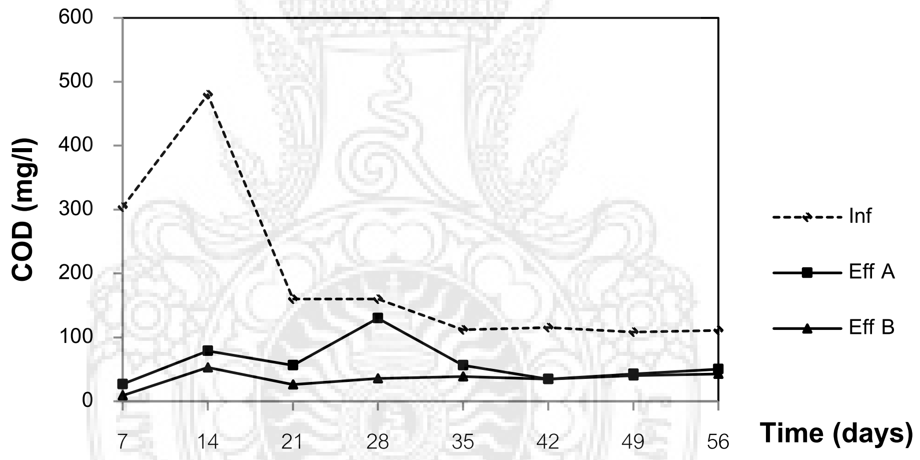
การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD) ได้ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter กับตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน

จากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่า ประสิทธิภาพ ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF) ที่มีตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD) สูงกว่าระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนสำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD) ค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 75 และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าซีโอดี (COD) ค่าเฉลี่ยอยู่ใน ช่วงระหว่าง 34.98 mg/l ส่วนระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD) ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 61 และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าซีโอดี (COD) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.46 mg/l

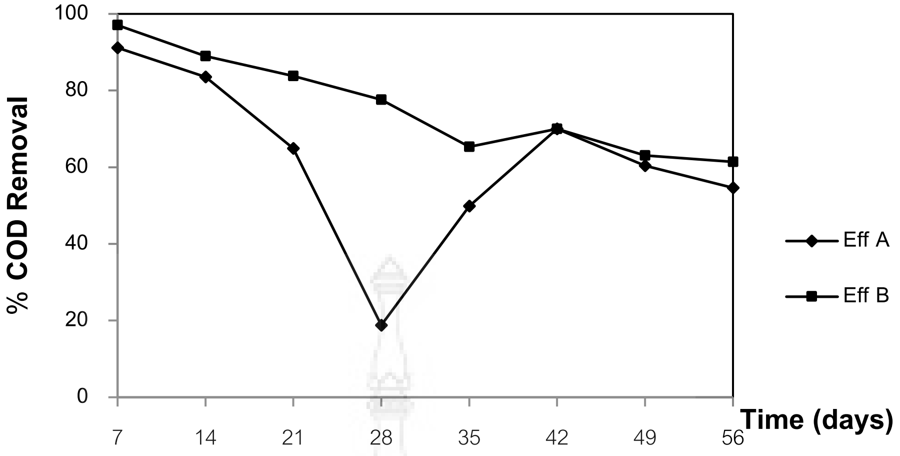
การเปรียบเทียบค่าซีโอดี (COD) ในน้ำจากระบบบำบัดที่มีตัวกลาง 2 ชนิดกับค่ามาตรฐานทั้ง 2 ชนิดพบว่ามีค่าค่าซีโอดี (COD) โดยมีค่าซีโอดี (COD) ในน้ำทิ้งที่ออกจาก

ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF) ที่มีตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.98 mg/l และในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter มีค่าซีโอดี (COD) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.46 mg/l

ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD) ของตัวกลางทั้ง 2 ชนิด แสดงได้ดังแผนภูมิ 4.4 จากผลการศึกษาจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD) ของระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF) ที่มีตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD) สูงกว่าประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดี (COD) ของระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter



ภาพ 4.3 การเปรียบเทียบค่าซีโอดี (COD) ในน้ำจากระบบบำบัด



ภาพ 4.4 ประสิทธิภาพการในการบำบัดซีโอดี (COD)

อัตราส่วนระหว่างค่าบีโอดีต่อซีโอดี (BOD: COD) ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบ และในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบที่มีตัวกลางทั้ง 2 ชนิด พบว่า ในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.13-1.13 ซึ่งหมายถึงสารอินทรีย์สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้มาก (Biodegradable) และในน้ำทิ้งที่ผ่านออกจากระบบบำบัดที่บรรจุตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter (Effluent Tank: A) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.12-0.67 ซึ่งหมายถึงสารอินทรีย์สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้น้อย ในน้ำทิ้งที่ผ่านออกจากระบบบำบัด ที่บรรจุตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.09 0.20 ซึ่งหมายถึงสารอินทรีย์สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้น้อยถึงไม่ได้เลย ซึ่งการที่อัตราส่วนระหว่างค่าบีโอดีต่อซีโอดี (BOD: COD) ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบที่มีตัวกลางทั้ง 2 ชนิด มีค่าต่ำกว่าในน้ำเสีย ก่อนเข้าระบบนี้แสดงถึงความมีเสถียรภาพของระบบที่เกิดขึ้นในการบำบัดน้ำเสียทั้งในระบบที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter และตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน

4.3.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งแขวนลอย (SS)

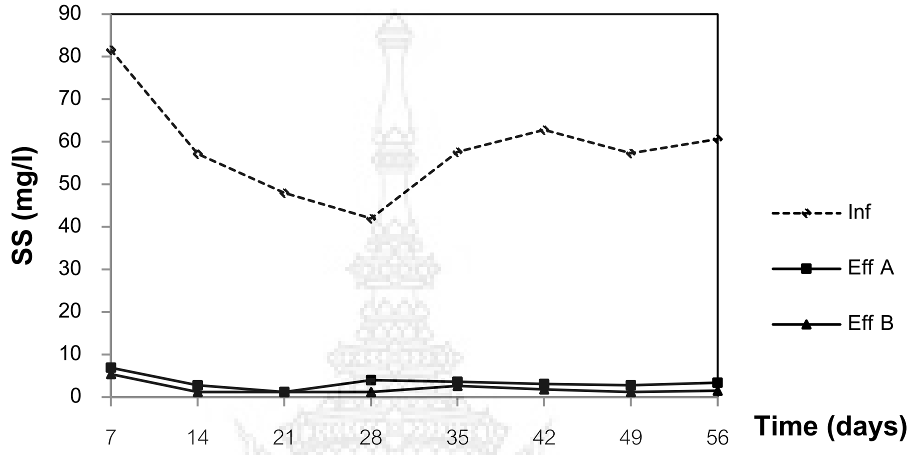
การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ได้ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter กับตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน

จากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่า ประสิทธิภาพ ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF) ที่มีตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งแขวนลอย (SS) สูงกว่าระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนสำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งแขวนลอย (SS) เฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 96 และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าของแข็งแขวนลอย (SS) เฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 2.01 mg/l ส่วนระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งแขวนลอย (SS) เฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 94 และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าของแข็งแขวนลอย (SS) เฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 3.48 mg/l

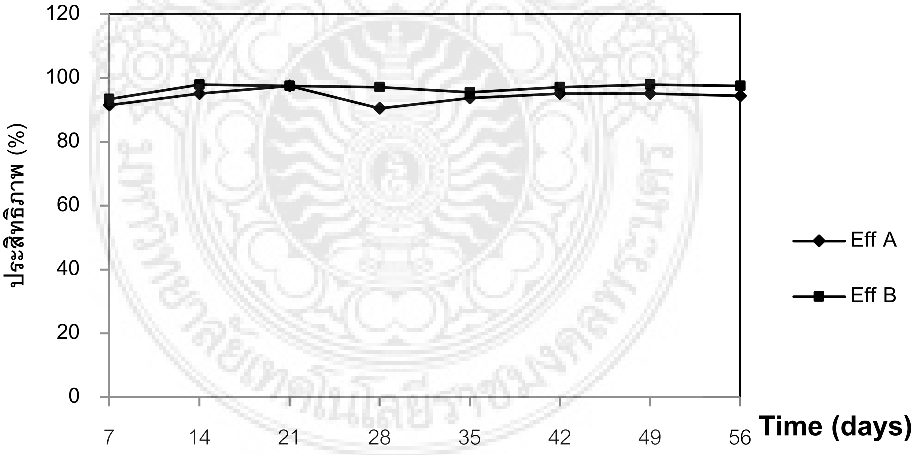
ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ในน้ำทิ้งจากตัวกลางทั้ง 2 ชนิด มีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้ง โดยมาตรฐานน้ำทิ้งได้กำหนดปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ในน้ำทิ้งให้มีได้ไม่เกิน 30 mg/l การที่ระบบบำบัดน้ำเสียมีปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ในน้ำทิ้งไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนดไว้ อาจเนื่องมาจากน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณของแข็งแขวนลอยในปริมาณที่ต่ำอยู่แล้ว โดยมีค่าอยู่ในช่วง 42-81.6 mg/l เนื่องจากมีการปล่อยให้ตะกอนในน้ำเสียตกตะกอนก่อนสูบส่งเข้าระบบบำบัด เพื่อเป็นการป้องกันการอุดตันของปั๊มสูบส่งน้ำเสีย จึงทำให้ลักษณะของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณของแข็งแขวนลอยในปริมาณค่อนข้างต่ำ

จากผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ระหว่างตัวกลาง 2 ชนิด พบว่าระบบบำบัดที่ใช้ตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งแขวนลอยโดยรวมสูงกว่า ระบบบำบัดที่ใช้ตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter เนื่องจากในน้ำทิ้งจากระบบมีปริมาณของแข็งแขวนลอยและเซลล์จุลินทรีย์หลุดออกไปกับน้ำทิ้ง เพราะตัวกลางมีลักษณะเป็นผิวพลาสติกมีความลื่นอาจทำให้จุลินทรีย์เกาะได้ไม่ดีจึงหลุดออกจากระบบได้ง่าย ซึ่งต่างจาก

ตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน ที่มีลักษณะเป็นเส้นใยโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบมีทั้งจุลินทรีย์ประเภทที่แขวนลอยและจุลินทรีย์ประเภทเกาะติดผิวตัวกลาง จึงทำให้จุลินทรีย์สามารถยึดเกาะเส้นใยได้แน่นกว่าตัวกลางพลาสติก



ภาพ 4.5 การเปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ในน้ำจากระบบบำบัด



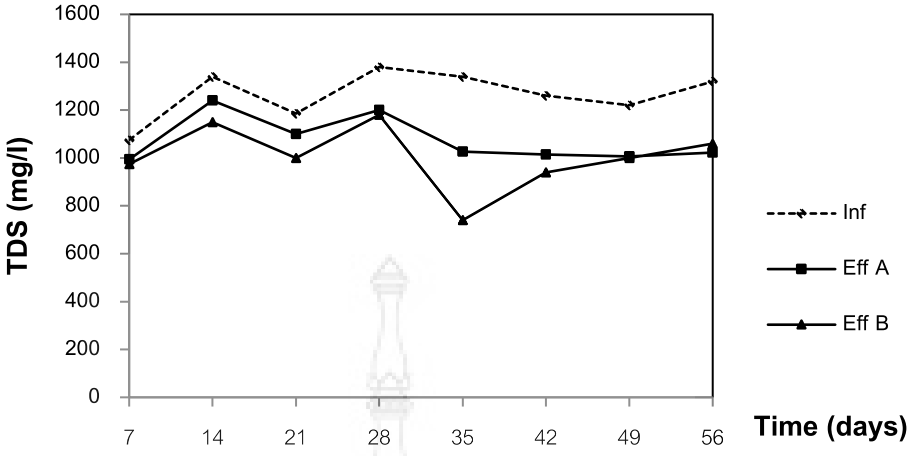
ภาพ 4.6 ประสิทธิภาพการในการบำบัดของแข็งแขวนลอย (SS)

4.3.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)

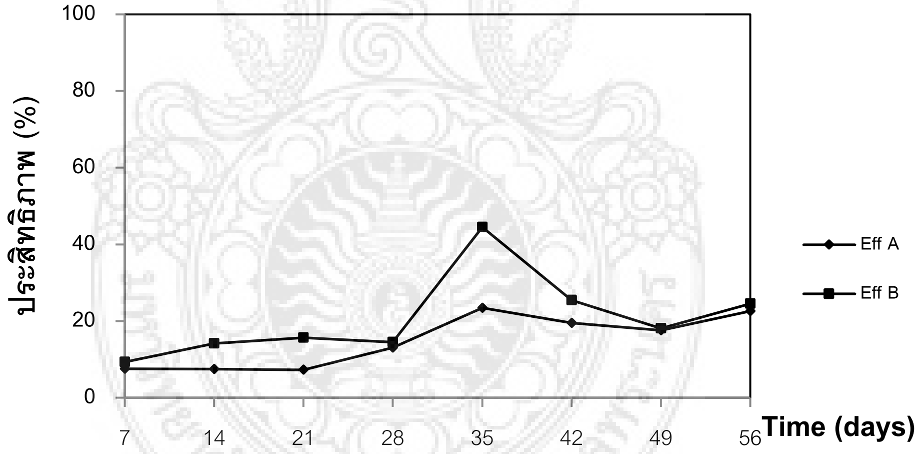
การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ได้ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter กับตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน

จากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่า ประสิทธิภาพ ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF) ที่มีตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) สูงกว่าระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนสำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) เฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 20 และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) เฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 1028.13 mg/l ส่วนระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) เฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 14 และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) เฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 1100.25 mg/l

ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ของตัวกลางทั้ง 2 ชนิด แสดงได้ดังแผนภูมิ 4.8 จากผลการศึกษาจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ของระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ (Fixed Bed Submerged Filter: FBSF) ที่มีตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) สูงกว่าประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ของระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำที่มีตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter



ภาพ 4.7 การเปรียบเทียบของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ในน้ำจากระบบบำบัด



ภาพ 4.8 ประสิทธิภาพการในการบำบัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)

ตาราง 4.2 ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter

ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยตัวกลางพลาสติก	หน่วย	Range	Avg. ± SD	% Removal
อุณหภูมิ	^{o}C	22.2-26.4	25 ± 0.8	-
ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	-	7.12-8.23	7.78 ± 0.29	-
ค่าความขุ่น (Turbidity)	NTU.	0.69-2.88	2.12 ± 0.55	-
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	mg/l.	5.14-8.09	7.38 ± 0.48	-
บีโอดี (BOD))	mg/l.	8-22	14 ± 4	84
ซีโอดี (COD)	mg/l.	26.88-129.92	59 ± 32	61
ของแข็งแขวนลอย (SS)	mg/l.	1.2-6.9	3.5 ± 1	94
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)	mg/l.	994-1,240	1,075 ± 95	14

ตาราง 4.3 ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน

ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยตัวกลางชนิดเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน	หน่วย	Range	Avg. ± SD	% Removal
อุณหภูมิ	^{o}C	23.0-26.4	25 ± 0.7	-
ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	-	7.18-8.33	7.78 ± 0.28	-
ค่าความขุ่น (Turbidity)	NTU.	0.42-1.89	1.24 ± 0.30	-
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	mg/l.	5.85-8.31	7.56 ± 0.49	-
บีโอดี (BOD))	mg/l.	4-12	6 ± 2	92
ซีโอดี (COD)	mg/l.	8.96-52.95	35 ± 13	75
ของแข็งแขวนลอย (SS)	mg/l.	1.2-5.4	2 ± 1	96
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)	mg/l.	740-1,180	1,006 ± 136	20

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนด้วยระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลางแบบเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน ซึ่งการบำบัดค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผลการปฏิบัติ และการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลางแบบเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน เปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียด้วยระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลางพลาสติกที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาดชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter ในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน โดยมีค่า F/M ratio เท่ากับ 0.007 kg BOD/kg MLSS•day ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ (HRT) เท่ากับ 48 ชั่วโมง และอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสียอยู่ที่ 10 l/day ในระดับห้องปฏิบัติการภายใต้อุณหภูมิห้อง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบ โดยน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดค่าบีโอดี (BOD) เฉลี่ยประมาณ 98 mg/l ค่าซีโอดี (COD) เท่ากับ 194 mg/l ค่าของแข็งแขวนลอย (SS) เท่ากับ 58 mg/l และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) เท่ากับ 1,265 mg/l การดำเนินระบบเป็นไปอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) วิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธีมาตรฐาน ผลการวิจัยทดลองพบว่า ระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลางแบบเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนสามรถบำบัดค่าบีโอดี (BOD) เฉลี่ยอยู่ที่ 6 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการในการบำบัดค่าบีโอดี (BOD) อยู่ที่ร้อยละ 92 สามรถบำบัดค่าซีโอดี (COD) เฉลี่ยอยู่ที่ 35 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการในการบำบัดค่าซีโอดี (COD) อยู่ที่ร้อยละ 75 สามารถบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย (SS) เฉลี่ยอยู่ที่ 2 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย (SS) อยู่ที่ร้อยละ 96 สามารถบำบัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) เฉลี่ยอยู่ที่ 1,006 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพ

ในการบำบัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)อยู่ที่ร้อยละ 20 ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการบำบัดดีกว่าระบบบำบัดน้ำเสียด้วยระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลางที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาดชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter ที่สามารถบำบัดค่าบีโอดี (BOD) เฉลี่ยอยู่ที่ 14 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพการในการบำบัดค่าบีโอดี (BOD) อยู่ที่ร้อยละ 84 สามารถบำบัดค่าซีโอดี (COD) เฉลี่ยอยู่ที่ 59 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดี (COD) อยู่ที่ร้อยละ 61 สามารถบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย (SS) เฉลี่ยอยู่ที่ 3.5 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย (SS) อยู่ที่ร้อยละ 94 สามารถบำบัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) เฉลี่ยอยู่ที่ 1,075 mg/l คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) อยู่ที่ร้อยละ 14 ในส่วนสภาพทางกายภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดของตัวกลางทั้ง 2 ชนิด มีสภาพดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด คือ น้ำใสขึ้น ตะกอนน้อยลง ไม่มีกลิ่นเหม็น ส่วนการยึดเกาะของจุลินทรีย์จะเห็นได้ชัดว่าตัวกลางแบบเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนมีการยึดเกาะของจุลินทรีย์มากกว่าตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter ที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด

ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียด้วยระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลางแบบเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน สามรถนำมาบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนได้ โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลายน้ำทั้งหมดได้ดีกว่าระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter ที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ อาจเป็นเพราะตัวกลางแบบเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีนมีพื้นผิวให้จุลินทรีย์เกาะได้ดีกว่าตัวกลางพลาสติกที่มีพื้นผิวที่ลื่นทำให้จุลินทรีย์ยึดเกาะได้ไม่ดีเท่าที่ควร ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ต่ำลงตามไปด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับในการวิจัยครั้งนี้

5.2.1.1 จากการวิจัยพบว่า หากมีการเพิ่มขนาดถังบำบัดให้มีพื้นที่มากขึ้นจะช่วยให้ประสิทธิภาพการบำบัดดียิ่งขึ้น

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับในการวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 ควรศึกษาชนิดของจุลินทรีย์ที่เกาะติดบนผิวตัวกลางว่าเป็นชนิดใด และมีผลต่อการบำบัดน้ำเสียอย่างไร

5.2.2.2 ศึกษาเพิ่มเติมในด้านประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจน และฟอสเฟตของระบบ

5.2.2.3 ศึกษาเพิ่มเติมในด้านประสิทธิภาพของระบบโดยการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาเก็บกักเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน

5.2.2.4 เปรียบเทียบราคา การลงทุนและความเป็นไปได้ของระบบบำบัดถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำด้วยตัวกลางแบบเส้นใยไส้กรองโพลีโพรพีลีน และตัวกลางพลาสติกชนิด Small Pall Ring Bio-media Filter ที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด สำหรับการบำบัดน้ำเสียในระดับครัวเรือน

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2537. **คู่มือเล่มที่ 2 ผู้ออกแบบและผู้ผลิตระบบบำบัดน้ำเสียติดกับที่.** เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2545. **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ.** สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2535. **วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2542. **การบำบัดน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สยามสเตชั่นเนอรี่ซัพพลายส์, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักด์ อุดมสินโรจน์. 2543. **วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย. ม.ป.ท.**

ขจร สมสาย. 2538. **การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ถังปฏิกิริยาแบบตัวกลางพลาสติกจมน้ำใช้ออกซิเจน-น้ำไหลขึ้น.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.

จุฑานัฐ แรมลี, จุฑามาศ โคตรสมบูรณ์ และ ผาณิต อินทรสิทธิ์. 2555. **การศึกษาการเลี้ยงเชื้อสำหรับถังกรองไร้อากาศที่ใช้ซังข้าวโพดเผา ถ่านไม้ และลูกบอลพลาสติกเป็นตัวกลาง สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. (บัณฑิตศึกษา). คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น

ชัยพร ภู่ประเสริฐ. 2538. **ผลของค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนที่มีต่อเอ็กทิเวดเต็ดสลัดจ์ที่ใช้ในการกำจัดไนโตรเจนออกจากน้ำเสียชุมชนที่มีความเข้มข้นต่ำ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ไชยยุทธิ์ กลิ่นสุคนธ์. 2536. **ข้อพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย การประชุมวิชาการระดับชาติ สวสท 36 เรื่องเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ.** สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้องแห่งประเทศไทย, ม.ป.ท.

ซันวานี จิใจ. 2549. **การบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบยึดเกาะติดตัวกลางชนิดเส้นใยไนล่อนโดยระบบถังกรองไร้อากาศ.** บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ม.ป.ท.

ณัฏฐ์ ภู่เกิดสิน. ม.ป.ป. **การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของตัวกลางรูปร่างต่าง ๆ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. (บัณฑิตศึกษา). คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ม.ป.ท.

นพดล เจียมสวัสดิ์. 2542. **การใช้ระบบเติมอากาศแบบตรึงฟิล์มสำเร็จรูปสำหรับบำบัดน้ำในบ่อปลาแบบหนาแน่นเพื่อเสริมเศรษฐกิจครัวเรือน.** สำนักงานวิจัยแห่งชาติ, ม.ป.ท.

นิฮุสนา บินนิมะ. 2549. **การบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบยึดเกาะตัวกลางชนิดเส้นใยไนล่อนโดยระบบเลี้ยงตะกอน.** บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ม.ป.ท.

บรรจง เด่นกำจรโชคชัย. 2539. **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบแผ่นฟิล์มชีวภาพร่วมกับระบบตะกอนเร่ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ

บุษบา. 2009. **โครงสร้างของแบคทีเรีย.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : micro.md.chula.as.th/service/detail.php?topic_id=97, 19 มกราคม 2557.

ปิยวรรณ สายมโนพันธ์. 2543. **ความสามารถของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata Lamk.* และแสมทะเล *Avicennia marina* (Forsk) Vierh. ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในดินป่าชายเลนที่มีโครงสร้างต่างกัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2539. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ.** พิมพ์ครั้งที่ 7. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. 2538. **การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสีย.** เอกสารประกอบการอบรมการจัดการโครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย วันที่ 15-25 สิงหาคม 2538. ฝ่ายการศึกษาต่อเนื่องจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยกรุงเทพฯ.

วรวุฒิ ชัยศิริรัตน์. 2532. **การกำจัดน้ำเสียของโรงพยาบาลราชวิถีด้วยระบบจานหมุนชีวภาพ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.

วัชระ แก่นสุข. 2536. **การใช้เครื่องกรองแอนแอโรบิคที่ใช้พลาสติกเป็นตัวกรองเพื่อกำจัดน้ำทิ้ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

วิชชากร อดุลทิฐิพัชร. 2550. **การประยุกต์ใยบวบเพื่อใช้เป็นวัสดุตัวกลางในระบบถังกรองชั้นตรึงฟิล์มจมน้ำ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชุมชนและชนบท. (บัณฑิตศึกษา). คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล,ม.ป.ท.

ศุภมิตร จันทร์คำอ้าย. 2532. **การกำจัดน้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำโดยไบโอดรัม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัทภ์. **สัมมนาทางวิชาการระดับชาติเทคโนโลยีน้ำและน้ำเสีย.** โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ม.ป.ท.

สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์ และ นิตยา ผาสุรพันธุ์. 2547. **การนำกากตะกรันจากเตาหลอมเหล็กมาใช้เป็นตัวกลางในระบบบำบัดถังเทเพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงฟอกย้อมสิ่งทอ.** มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2549. **ระบบบำบัดน้ำเสีย.** สำนักพิมพ์ท้อป, กรุงเทพฯ.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สิทธิชัย เชี่ยวยืนยง. 2525. **การศึกษากรรมวิธี แอร์เรด ซับเมร์ค ฟิลเตอร์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสุขาภิบาล. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬากรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สิทธิโชค บัวดี. 2547. **แบคทีเรียไนตริฟายอิงและตัวกรองชีวภาพจากวัสดุธรรมชาติเพื่อกำจัดแอมโมเนียในระบบบำบัด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยาประยุกต์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

สุดา อิทธิสุภรณ์รัตน์. ม.ป.ป. **โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศโดยใช้ตัวกลางจากวัสดุเหลือใช้ธรรมชาติ.** ม.ป.ท.

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์. 2548. **จุลชีววิทยาของน้ำเสีย.** แอคทีฟพรินท์, ม.ป.ท.

สุรพล สายพานิช. 2529. **หลักการทำงานของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน.** ศูนย์เพิ่มผลผลิตแห่งประเทศไทย, ม.ป.ท.

อักษร ใช้บางยาง. 2556. “ระบบบำบัดน้ำเสียครัวเรือน” คณะแพทย์ศาสตร์ ศิริราชพยาบาล, กรุงเทพฯ. (จุลสาร)

อัฉรา ไศละตสูต. 2542. **ความรู้เรื่องผ้า.** บริษัทต้นทรการพิมพ์จำกัด, กรุงเทพฯ.

อรุณวรรณ หวังกอบเกียรติ และ นุกูล อินทระสังขา. ม.ป.ป. **การบำบัดน้ำทิ้งแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้ตัวกลางต่างชนิดกันในระบบฟิกส์เบคแอเรชัน.** ม.ป.ท.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Antonie RL. 1976. **Fixed Biological Surfaces Wastewater treatment.** CRC. Press, Ohio.

APHA, AWWA and WPCF. 1992. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** APHA Inc. n.p.

Arrin E. and Harremose. 1990. **Concepts and Models for biofilm Reactor performance.** Wat. Sci. Tech, n.p.

Costa Reis GL and Sant' Anna Jr GL. 1985. **Aerobic Treatment of Concentrated Wastewater in a Submerged Bed Reactor.** Journal Water Res. n.p.

Hegemann, W. 1987. **A Combination of the Activated Sludge Process with Fixed Film Biomass to Increase the capacity of Wastewater Treatment Plants.** Wat. Sci. Technol, n.p.

Huser, B. A. 1996. **Practical manual of wastewater chemistry.** Ann Arbor press, Chelsea, Mich.

Kishimoto T. 1991. **A fundamental study of wastewater treatment by a biofilm.** International chemical engineering. n.p.

Mc Ghee TJ. 1991. **Water Supply and sewerad.** 6th ed. Mc Graw Hill Inc, Singapore.

Metcalf and Eddy. 1991. **Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse.** McGraw-Hill Book Company, New York.

Mitsch, W. J. and Gosselink, J. G. 2000. **Wetland.** 3rd Edition. John Wiley & sons, New York.

Sarapuk. 2010. **นักวิจัยส่งแบคทีเรียขึ้นอวกาศเพื่อศึกษาการสร้างไบโอฟิล์ม.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : www.biomed.in.th/study-biofilm-formation-on-spaec, 19 มกราคม 2557.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Seo, G.T. 1986. **Interaction between Dispersed-Groeth and Attash-Growth in Activated Sludge.** Reactor, M.S. thesis, AIT, Bangkok.

Shaw C.B., Carliell C.M. and Wheatley A.D.. 2002. **Annerobic Aerobic Treatment of Coloured Textile Effiuents Using Sequencing Batch Ractors.** n.p.

Sirianuntapiboon, S. and Saengow, W. 2004. **Removal of Vat Dye form Textile Wastewater Using Bio-sludge.** Water Qual. Res. J., Canada

Sootin C. 2012. **โครงการหลวงที่ปางตะ.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : soclaimon.wordpress.com/category/กรมวิชาการเกษตร-กสิกรรม/จดหมายข่าวผลิใบ/, 19 มกราคม 2557.

Tampion J. and Tampion M.D.. 1987. **Immobilized Cell: Principles and applications.** Cambridge University Press, Cambridge.

Tulear MG and Characklis MG. 1982. **Dynamics of biofilm processes.** JWPCF**.** n.p.

Wanner J., Kueman K. and Grau P. 1988. **Activated Sludge Process combined with Biofilm Cultivation.** Journal Water Res. n.p.

Young J.C.. 1991. **Factors Affecting The Desing and Performance of Upflow Anaerrobic Filters Anaerrobic Tresdment Technology for Municipal and Industial Wastewater.** Wat. Sci. Tech, n.p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลการทดลอง

ตาราง ก-1 แสดงอุณหภูมิ, ความเป็นกรด – ด่าง (pH), ค่าความขุ่น, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของระบบบำบัด

Date	อุณหภูมิ (°C)			pH			ความขุ่น (NTU)			DO (mg/l)		
	Inf	Eff A	Eff B	Inf	Eff A	Eff B	Inf	Eff A	Eff B	Inf	Eff A	Eff B
1/1/57	25.4	25.2	25.3	7.75	7.45	7.59	324	2.22	1.21	0.13	7.08	7.22
2/1/57	25.2	25.0	25.0	7.52	7.55	7.64	287	2.53	1.31	0.14	7.12	7.23
3/1/57	25.0	24.8	24.9	7.61	7.68	7.69	306	2.31	1.54	0.42	7.21	7.42
4/1/57	25.4	24.5	25.1	7.44	7.61	7.85	289	2.40	0.98	0.15	7.34	7.54
5/1/57	25.8	24.9	25.0	7.12	7.29	7.60	315	2.50	1.02	0.15	7.10	7.14
6/1/57	25.0	25.0	25.0	7.79	7.86	7.55	302	2.43	1.12	0.13	7.11	7.19
7/1/57	25.3	24.3	24.6	7.84	7.56	7.62	305	2.42	1.21	0.16	7.30	7.66
8/1/57	25.9	24.3	24.4	7.71	7.46	7.51	368	2.57	1.29	0.13	5.14	5.85
9/1/57	25.0	24.2	24.3	8.04	7.96	7.76	352	2.75	1.30	0.15	8.00	7.77
10/1/57	26.3	24.0	24.1	8.40	8.23	8.00	367	1.23	1.24	0.15	7.99	8.31
11/1/57	25.2	25.0	24.9	8.13	7.73	7.99	274	1.89	1.12	0.12	7.81	8.02
12/1/57	23.3	23.2	23.3	8.37	8.23	8.32	245	2.01	0.98	0.80	7.93	8.11
13/1/57	26.8	26.2	26.2	8.21	8.09	8.20	236	2.36	1.01	1.39	7.49	7.43
14/1/57	26.9	26.4	26.1	8.08	8.14	8.21	202	1.55	1.13	0.27	7.85	8.24
15/1/57	26.4	25.9	25.9	7.96	7.71	7.84	115	0.69	0.89	3.64	7.57	7.93
16/1/57	26.0	25.7	25.8	7.95	7.57	7.64	204	0.89	0.77	1.94	7.27	7.61
17/1/57	25.9	25.4	25.4	7.86	8.01	7.82	251	1.02	0.85	1.16	6.39	7.00
18/1/57	25.6	25.2	25.4	7.79	7.45	7.96	246	2.23	1.22	0.34	7.33	7.45
19/1/57	26.0	25.5	25.6	7.74	7.84	7.43	287	1.84	1.06	0.34	7.52	7.63
20/1/57	26.2	25.7	25.9	7.99	7.63	7.56	263	1.78	0.87	0.26	7.18	7.21

ตาราง ก-1 แสดงอุณหภูมิ, ความเป็นกรด – ด่าง (pH), ค่าความขุ่น, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของระบบบำบัด (ต่อ)

Date	อุณหภูมิ (^{o}C)			pH			ความขุ่น (NTU)			DO (mg/l)		
	Inf	Eff A	Eff B	Inf	Eff A	Eff B	Inf	Eff A	Eff B	Inf	Eff A	Eff B
21/1/57	25.2	24.9	25.0	7.33	7.99	7.54	242	2.58	1.11	0.34	7.54	7.61
22/1/57	25.0	24.7	24.7	7.58	7.77	7.51	255	2.75	1.36	0.12	7.01	7.09
23/1/57	25.3	25.0	25.0	7.42	7.63	7.64	268	2.40	1.42	0.42	6.89	7.02
24/1/57	25.7	25.2	25.4	7.56	7.51	7.84	232	2.38	1.75	0.18	6.94	7.09
25/1/57	25.5	25.3	25.4	7.46	7.33	7.32	248	2.27	1.64	0.24	7.12	7.15
26/1/57	25.1	24.8	24.9	8.20	8.10	7.89	259	2.31	0.98	1.21	7.78	8.19
27/1/57	25.3	24.3	24.6	7.84	7.56	7.62	305	2.42	1.21	0.16	7.30	7.66
28/1/57	25.6	25.1	25.0	8.01	7.98	8.02	298	2.66	1.36	2.61	8.09	8.17
29/1/57	25.9	25.2	25.3	8.11	8.01	8.09	294	2.35	1.87	1.54	8.01	8.13
30/1/57	25.8	25.1	25.3	8.03	7.92	7.98	301	2.84	1.49	1.23	7.56	7.84
31/1/57	26.2	25.9	25.9	7.94	7.88	7.86	320	1.84	1.51	1.12	7.63	7.77
1/2/57	26.4	25.8	26.0	8.03	8.23	8.32	311	1.96	1.31	0.80	7.93	8.11
2/2/57	26.8	26.2	26.2	8.00	8.09	8.20	302	2.33	1.45	1.39	7.10	7.43
3/2/57	26.9	26.4	26.4	8.08	8.14	8.21	211	2.44	1.41	1.77	7.85	8.24
4/2/57	26.4	25.8	25.9	7.96	7.71	7.84	115	2.67	0.89	3.64	7.57	7.93
5/2/57	26.0	25.7	25.8	7.95	7.32	7.64	215	2.11	0.71	1.94	7.27	7.61
6/2/57	25.8	24.5	25.0	7.84	7.52	7.88	263	1.97	1.11	0.89	7.28	7.38
7/2/57	25.9	24.6	25.1	7.89	7.38	8.01	301	2.88	1.62	0.24	7.36	7.49
8/2/57	25.5	24.3	24.9	8.10	8.03	8.07	277	2.47	1.23	1.13	7.38	7.63
9/2/57	25.1	24.0	24.7	8.07	8.00	7.89	306	1.58	0.89	0.45	7.42	7.54
10/2/57	25.3	24.1	25.0	7.91	7.69	7.63	303	1.59	1.03	0.31	7.45	7.59
11/2/57	25.0	24.2	24.4	7.88	7.48	7.45	241	2.64	1.89	0.19	6.99	7.05
12/2/57	25.0	24.3	24.4	8.01	7.54	7.82	366	2.55	1.56	1.84	7.05	7.17
13/2/57	25.6	24.7	24.9	8.04	7.45	7.91	224	2.12	1.34	2.50	7.11	7.28
14/2/57	26.0	25.0	25.0	7.45	7.12	7.18	236	2.11	1.12	1.77	7.28	7.39
15/2/57	25.2	24.6	25.1	7.86	7.36	7.25	250	2.02	1.87	1.56	7.38	7.48

ตาราง ก-1 แสดงอุณหภูมิ, ความเป็นกรด – ด่าง (pH), ค่าความขุ่น, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของระบบบำบัด (ต่อ)

Date	อุณหภูมิ (°C)			pH			ความขุ่น (NTU)			DO (mg/l)		
	Inf	Eff A	Eff B	Inf	Eff A	Eff B	Inf	Eff A	Eff B	Inf	Eff A	Eff B
16/2/57	25.0	24.1	24.3	7.61	7.54	7.34	261	1.77	1.65	0.42	7.63	7.78
17/2/57	25.0	24.3	24.3	7.94	7.93	7.48	271	1.84	1.43	0.17	7.44	7.52
18/2/57	25.1	24.2	24.7	7.92	7.99	7.59	289	2.10	1.47	0.15	7.24	7.44
19/2/57	25.0	25.0	25.0	7.79	7.86	7.67	291	2.22	0.86	0.13	7.02	7.19
20/2/57	25.3	24.9	24.6	7.84	7.92	7.62	305	2.42	1.21	0.16	7.30	7.35
21/2/57	25.9	24.3	24.4	7.71	7.46	7.51	368	2.57	1.29	0.13	6.33	5.85
22/2/57	26.0	24.2	24.3	8.04	7.96	7.76	354	2.63	1.22	0.15	8.00	7.77
23/2/57	26.3	24.0	24.1	8.40	8.23	8.00	312	2.74	1.66	0.18	7.99	8.31
24/2/57	25.2	24.8	24.9	8.13	8.10	7.99	275	2.62	1.51	0.13	7.81	7.88
25/2/57	23.3	22.2	23.0	8.37	8.23	8.32	325	1.81	1.41	0.80	7.93	8.11
26/2/57	26.6	26.2	26.2	8.21	8.09	8.20	285	1.02	0.98	0.35	7.49	7.43
27/2/57	26.9	26.4	26.1	8.08	8.10	8.21	301	0.84	0.42	0.27	7.85	8.24
28/2/57	26.4	25.9	25.9	7.96	7.81	7.84	115	0.69	0.89	3.64	7.62	7.93
ค่าเฉลี่ย	25.6	24.9	25.1	7.90	7.51	7.80	275	2.12	1.27	0.82	7.38	7.56

ตาราง ก-2 แสดงผลการวิเคราะห์ BOD, COD, SS และTDS ของระบบบำบัด

Date	BOD (mg/l)			COD (mg/l)			SS (mg/l)			TDS (mg/l)		
	Inf	Eff A	Eff B	Inf	Eff A	Eff B	Inf	Eff A	Eff B	Inf	Eff A	Eff B
1/1/57	63	18	12	304	26.88	8.96	81.6	6.9	5.4	1,075	994	975
8/1/57	60	14.5	6	480	78.88	52.95	57.2	2.8	1.2	1,340	1,240	1,150
15/1/57	110	22	5	160	56.16	25.92	48	1.2	1.2	1,186	1,100	1,000
22/1/57	90	15	7	160	129.9	35.84	42	4	1.2	1,380	1,200	1,180
29/2/57	127	13	5	112	56.16	38.88	57.6	3.6	2.6	1,340	1,026	740
5/2/57	120	12.5	6	115.2	34.56	34.56	62.8	3.1	1.8	1,260	1,014	940
12/2/57	108	9.5	4	108.3	42.87	39.98	57.3	2.8	1.2	1,220	1,006	1,000
19/2/57	106.5	8	4	110.7	50.27	42.72	60.6	3.4	1.5	1,320	1,022	1,060
ค่าเฉลี่ย	98.0	14.06	6.12	193.7	59.46	34.97	58.38	3.475	2.01	1265	1075	1005

ภาคผนวก ข

วิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. วิธีตรวจวิเคราะห์บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

บีโอดี (BOD) เป็นปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ดังนั้นค่าบีโอดีนี้จึงสามารถบอกถึงลักษณะของน้ำว่ามีความสกปรกมากน้อยแค่ไหน ถ้าตัวอย่างน้ำมีสารอินทรีย์มากจะทำให้แบคทีเรียมีความต้องการใช้ปริมาณออกซิเจนมากค่าบีโอดีก็สูงและในทำนองเดียวกันถ้าน้ำมีสารอินทรีย์อยู่น้อยค่าบีโอดีก็จะต่ำน้ำเสียเมื่อมีค่าบีโอดีสูงเมื่อถูกทิ้งลงในแหล่งน้ำจะทำให้ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลงจนเกิดสภาพไร้ออกซิเจนน้ำเน่าเสียและทำให้ปลาตาย นอกจากนี้ ค่าบีโอดีสามารถนำไปใช้คำนวณการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียได้

1.1 วิธีการวิเคราะห์บีโอดีโดยการเจือจางตัวอย่างน้ำ

สำหรับตัวอย่างน้ำที่มีค่าบีโอดีสูงกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจำเป็นต้องเจือจางน้ำตัวอย่างด้วยน้ำเจือจาง เพื่อให้น้ำมีความสกปรกลดลงและใช้ออกซิเจนในขวดบีโอดีไม่เกิน 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งต้องเตรียมเจือจางหลาย ๆ ความเข้มข้น เนื่องจากยังไม่ทราบค่าบีโอดีที่แน่นอน การประมาณค่าบีโอดีสามารถทำได้โดยวิธีวิเคราะห์หาค่าซีโอดีของน้ำแล้วมาประเมินค่าบีโอดี โดยการคำนวณจากค่าประมาณบีโอดีเท่ากับ 60 % ของค่าซีโอดี เช่นน้ำเสียมีค่าซีโอดีประมาณ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะประมาณค่าบีโอดีได้เท่ากับ $(60 \times 1,000)/100 = 600$ มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วนำค่าประมาณบีโอดีนี้ไปเทียบกับตารางที่ 1 ว่าจะต้องเจือจางที่กี่เปอร์เซ็นต์

ตาราง ข-1 แสดงปริมาตรตัวอย่างที่จะนำมาทำเจือจางโดยใช้ค่าประมาณบีโอดีและเทียบ % เจือจาง

ช่วงบีโอดีที่ประมาณได้ ของน้ำเสีย	% เจือจาง ที่นำมาเจือจางเป็น 1 ลิตร	ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)
20,000 - 70,000	0.01	0.1
10,000 - 35,000	0.02	0.2
4,000 - 14,000	0.05	0.5
2,000 - 7,000	0.10	1.0
1,000 - 3,500	0.20	2.0
400 - 1,400	0.50	5.0
200 - 700	1.00	10.0
100 - 350	2.00	20.0
40 - 140	5.00	50.0
20 - 70	10.00	100.0
10 - 35	20.00	200.0
4 - 14	50.00	500.0
0 - 7	100.00	1,000.0

1.2 การเจือจางโดยใช้เปอร์เซ็นต์ของน้ำเสีย

วิธีนี้เหมาะกับการวัด DO โดยวิธีไตเตรท ซึ่งจะต้องเจือจางตัวอย่างน้ำเป็น 1 ลิตร ในกระบอกตวงและไซฟอน ใส่ขวดบีโอดี 4 ขวด ซึ่งมีตัวอย่างการเตรียมคำนวณดังนี้คือ ตัวอย่างน้ำมีค่าซีโอดี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งประมาณค่าบีโอดีได้ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร และเช็คจากตารางพบว่าที่ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ในช่วงบีโอดี 200 – 700 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งต้องเจือจางตัวอย่างน้ำที่ 1 % โดยตวงตัวอย่างน้ำมา 10 มิลลิกรัมใส่ลงในกระบอกตวง แล้วเจือจางด้วยน้ำเจือจางจนครบ 1 ลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วไซฟอนใส่ขวดบีโอดี 4 ขวด (ใช้ปริมาตรตัวอย่างน้ำ + น้ำเจือจาง รวมกันประมาณ 1,200 มิลลิลิตร) และทำเจือจางเพิ่มอีก 2 ความเข้มข้นที่สูงกว่าและต่ำกว่า 1 % อย่างละ 1 ค่า คือที่ 2 % และ 0.5 % ดังนั้นน้ำเสียจะต้องทำ 3 ความเข้มข้นคือที่ 0.5 % , 1 % และ 2 %

1.3 การเตรียมน้ำสำหรับใช้เจือจาง

1. คำนวณปริมาตรน้ำกลั่นที่ใช้เพื่อเจือจางใส่ลงในขวดที่สะอาดนำไปปรับปรุงอุณหภูมิให้ได้ประมาณ 20 องศาเซลเซียส

2. เติมออกซิเจนละลายลงในน้ำให้อิ่มตัวโดยใช้ปั๊มอากาศ นานประมาณ 1 ชั่วโมง

3. เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์, สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต, สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ อย่างละ 1 มิลลิกรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร ผสมให้เข้ากัน

1.4 การเจือจางน้ำตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์บีโอดี

1. เลือกเปอร์เซ็นต์ในการทำการเจือจางที่คาดว่าจะให้ค่าบีโอดีอยู่ในช่วงที่กำหนด (ตามตาราง ข-1)

2. ตวงปริมาตรตัวอย่างน้ำตามเปอร์เซ็นต์ที่เจือจางลงในกระบอกตวงขนาด 1.5 ลิตร

3. เติมน้ำสำหรับใช้เจือจางลงในกระบอกตวงจนครบ 1.5 ลิตร

4. ใช้แท่งแก้วกวนเบา ๆ ให้น้ำผสมกัน

5. ใช้สายยางดูดน้ำจากกระบอกตวงใส่ขวดบีโอดี 4 ขวด โดยให้ปลายสายยางอยู่ที่ก้นขวดบีโอดีปิดจุกให้มีน้ำหล่อไว้ที่ปากขวด

6. นำขวดหนึ่งนำไปวิเคราะห์หาค่าดีโอทันที (DO_0) อีก 3 ขวด นำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 องสาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบ 5 วัน นำมาวิเคราะห์หาค่าดีโอที่เหลือ (DO_5)

7. เตรียมความเข้มข้นบีโอดีอีก 2 ความเข้มข้น คือที่สูงกว่าและต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์เจือจางในข้อ 1. แล้วทำเช่นเดียวกับข้อ 1 ถึงข้อ 6

1.5 การคำนวณ

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

หมายเหตุ

1. ผลที่น่าเชื่อถือและจะใช้คำนวณต่อไป ขวดที่เก็บไว้ครบ 5 วัน จะต้องมีค่าดีโอเหลืออยู่อย่างน้อง 1 มิลลิกรัม (DO_5 > 1 มิลลิกรัมต่อลิตร) ต่อลิตร และต้องมีดีโอลดลงอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงจะทำให้ค่าบีโอดีที่คำนวณออกมาได้นั้นถูกต้อง

2. ค่าบีโอดีคำนวณได้จากสูตรในทุกความเข้มข้นที่ทำเจือจางควรมีค่าใกล้เคียงกัน ถ้าค่าบีโอดีที่ได้แตกต่างกันเกินกว่า 20 % ให้ตัดค่านั้นทิ้ง นำเฉพาะค่าที่แตกต่างกันไม่เกิน 20 % มาเฉลี่ยกันเท่านั้น

2. วิธีตรวจวิเคราะห์ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

การวิเคราะห์หาค่าซีโอดี เป็นการวัดความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์โดยใช้สารเคมีซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดซ์ ในสารละลายที่เป็นกรด

ตาราง ข-2 ข้อดี และ ข้อเสียของซีโอดีเมื่อเปรียบเทียบกับบีโอดี

ข้อดีของซีโอดี	ข้อเสียของซีโอดี
1. รวดเร็ว ใช้เวลาในการหาเพียง 3 ชั่วโมง ก็ทราบผลในขณะที่การหาค่าบีโอดี ต้องใช้เวลาถึง 5 วัน 2. มีตัวแปรผันน้อย เมื่อเทียบกับการหาบีโอดี และ ค่าที่ได้มีความแน่นอนเชื่อถือ 3. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยกว่าตอนหาค่าบีโอดีสำหรับงานประจำ 4. สารมีพิษไม่ขัดขวางการหาค่าซีโอดี	1. ไม่สามารถแสดงความแตกต่างของสารอินทรีย์ที่สามารถออกซิไดซ์ทางชีวภาพกับสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถออกซิไดซ์ทางชีวภาพได้ 2. ไม่สามารถบ่งบอกถึงอัตราการย่อยสลายของอินทรีย์ทางชีวภาพ ภายใต้สภาวะทางธรรมชาติ

2.1 การวิเคราะห์ซีโอดีโดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด/เปรียบเทียบสี (Closed Reflux, Colorimetric Method)

หลักการ

สารอินทรีย์ส่วนใหญ่สามารถถูกออกซิไดซ์ ได้ด้วยตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรง ในการวิเคราะห์หาค่าซีโอดีจะใช้ โปแตสเซียมไดโครเมต (Potassium dichromate, $K_2Cr_2O_7$) เป็นตัวออกซิไดซ์ (Oxidizing agent) ในสารละลายกรดซัลฟิวริก โดยใช้ซิลเวอร์ลซัลเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในสภาพที่ร้อนและมีความเป็นกรดสูง สามารถผสมระหว่างกรดโครมิก และกรดซัลฟิวริก จะออดซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์ในสารละลาย ซึ่งสารละลายผสมนี้มีความสามารถในการออดซิไดซ์สูงมากในสภาวะที่ร้อน

$$K_2Cr_2O_7 + \text{excess } H_2SO_4 \longrightarrow K_2Cr_2O_7/K_2SO_4/H_2SO_4$$

การวิเคราะห์ค่าซีโอดีทำได้โดยการหาปริมาณของโปแตสเซียมไดโครเมตที่ใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างแล้วคำนวณปริมาณออกซิเจน

สารละลายโปแตสเซียมไดโครเมทที่ทราบปริมาณและความเข้มข้นที่แน่นอนและถูกเติมลงในน้ำตัวอย่างในปริมาณที่มากเกินพอ ทำการย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงในสภาวะปิดในสารละลายที่มีสภาพเป็นกรดเข้มข้น ซึ่งสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมทมากพอที่จะทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์

$$C_aH_aO_bN_c + dCr_2O_7^{2-} + (8d+c)H^+ \xrightarrow{\triangle} nCO_2 + (a+8d-3c)/2H_2O + cNH_4^+ + 2dCr^{3+}$$

หลังจากการย่อยสลายแล้ว ปริมาณของสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมตที่เหลือ (ยังไม่ถูกรีดิวส์) จะถูกไทเทรตกับสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous ammonium sulfate standard solution) โดยใช้เฟอโรอีนเป็นอินดิเคเตอร์เพื่อหาปริมาณของสารละลายโปรแตสเซียมไดโครเมทที่ถูกใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์

$$6Fe^{2-} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

การเก็บและรักษาตัวอย่าง

ควรเก็บตัวอย่างในในขวดแก้วหรือขนาด Polyethylene หรือเทียบเท่า แล้วทำการวิเคราะห์ในทันที หากไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทันทีให้เก็บรักษาตัวอย่าง โดยการทำตัวอย่างเป็นกรดด้วยกรดซัลฟูริคเข้มข้น โดยให้ตัวอย่างมีค่า pH ไม่เกิน 2 แล้วนำตัวอย่างแช่เย็นไว้ โดยให้วิเคราะห์ตัวอย่างภายใน 28 วัน

ก่อนทำการวิเคราะห์ควรผสมตัวอย่างให้ตะกอนและน้ำผสมกันดี ถ้าหากตัวอย่างมีตะกอนขนาดใหญ่ปะปนอยู่ ให้ปั่นตัวอย่าง เพื่อให้ตะกอนมีขนาดเล็กลงเป็นเนื้อเดียวกันก่อน โดยใช้เครื่องกวนผสม (Homogenizer) ทั้งนี้เพื่อให้การปิเปตน้ำตัวอย่างจากขวดเก็บตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์เป็นตัวแทนของตัวอย่างน้ำที่เก็บมา และในกรณีที่น้ำตัวอย่างมีค่าซีโอดีสูงควรทำการเจือจางตัวอย่าง ก่อนนำมาวิเคราะห์ทั้งนี้เพื่อลดความผิดพลาดในการปิเปตตัวอย่าง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย (Digestion Vessel) ควรใช้หลอดทดสอบที่เป็นบอโรซิลิเคตซึ่งมีขนาด 16×100 มม. 20×150 มม.หรือ 25×150 มม. พร้อมทั้งฝาจุกเกลียวที่ทำด้วย TFE (Tetrafluoroethylene)

2. เครื่องให้ความร้อน (Block Heater) ที่สามารถให้ความร้อนและควบคุมให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 150 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส

3. ฮีติ้งบล็อค (Heating Block) เป็นอลูมิเนียมหล่อ (Cast Aluminum) มีช่องหลาย ๆ ช่องที่มีความลึก 45 ถึง 50 มิลลิเมตร เป็นช่องที่จะให้หลอดตั้งอยู่ได้พอดีและให้ความร้อนแก่สารละลายได้ทั่วถึง

4. ที่วางหลอดทดลอง (test tube rack)

5. Micropipette & pipette tips

6. Spectrophotometer

สารเคมี

1. Standard Potassium Digestion Solution 0.0167 M

ชั่งสารโปแตสเซียมไดโครเมท ($K_2Cr_2O_7$) (อบแห้งที่ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถอบ) 4.913 กรัม ใส่ลงในน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตร ค่อยๆ เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 167 มิลลิลิตร และสารเมอคิวรีซัลเฟต ($HgSO_4$) 33.3 กรัม คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

2. กรดซัลฟูริครีเอเจนท์ (Sulfuric Acid Reagent)

เตรียมสารละลายผสมระหว่างซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) และกรดซัลฟิวริกเข้มข้นในอัตราส่วน 5.5 กรัมของสาร Ag_2SO_4 ต่อ 1 กิโลกรัมของกรด ซัลฟูริกเข้มข้น ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วันเพื่อให้สาร Ag_2SO_4 ละลายจนหมด แต่ถ้าต้องการละลายให้เร็วขึ้นก็อาจจะใช้วิธีการกวนอย่างต่อเนื่องซึ่งจะละลายสาร Ag_2SO_4 ได้ภายในเวลา 30 นาที

3. Ferroin Indicator Solution

ละลาย 1,10 – phenanthroline monohydrate ($C_{12}H_8N_2H_2O$) 1.485 กรัม และสารเฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_2 \bullet 7H_2O$) 695 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิกรัม

4. กรดซัลฟามิค (Sulfamic acid)

เพื่อใช้ในการกำจัดไนไตรท์ในตัวอย่าง น้ำ โดยใส่กรดซัลฟามิค 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 มิลลิกรัม ของ ไนไตรท์ไนโตรเจน โดยใส่ในภาชนะย่อยสลายก่อนนำไปย่อย

5. Potassium Hydrogen phthalate ($HCOOC_6H_4COOK$) (อบแห้งจนน้ำหนักคงที่แล้วที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นในโถอบ) จำนวน 425 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นและเจือจางจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารมาตรฐานที่มีค่าซีโอดี เท่ากับ 500 มิลลิกรัม O_2 ต่อลิตร ในทางทฤษฎี Potassium hydrogen phthalate มีค่าซีโอดี 1.176 มิลลิกรัม O_2 ต่อมิลลิกรัม สารละลายนี้สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้ 3 เดือน

การวิเคราะห์

1. ล้างหลอดย่อยสลายและฝาจุกด้วยกรดซัลฟูริค 20 % ก่อนนำไปใช้ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์

2. ล้างหลอดย่อยสลายและฝาจุกด้วยกรดซัลฟูริค 20 % ก่อนนำไปใช้ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์

3. นำตัวอย่างน้ำมาใส่หลอดย่อยสลายที่เตรียมไว้ เติมสารละลายที่ใช้ในการย่อยสลาย (Standard Potassium Digestion Solution 0.0167 M)

4. ค่อย ๆ ใส่กรดซัลฟูริครีเอเจนท์ลงไปในหลอดย่อย โดยให้กรดซัลฟูริครีเอเจนท์ไหลลงตามข้างหลอดย่อย เพื่อให้ชั้นของกรดอยู่ใต้ชั้นตัวอย่างน้ำและสารละลายที่ใช้ในการย่อยสลาย

5. ปิดจุกหลอดย่อยให้สนิท แล้วคว่ำหลอดย่อยไปมาหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้สารผสมกันอย่างทั่วถึง

6. นำหลอดย่อยเหล่านี้ไปใส่เครื่องย่อยสลาย ซึ่งทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส แล้วทำการย่อยเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตั้งทิ้งให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง โดยนำหลอดย่อยมาวางไว้ใน test tube rack

7. ทำแบลงค์ (Blank) เหมือนกับตัวอย่างทุกขั้นตอน โดยใช้น้ำกลั่น

8. ใช้สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 20 ถึง 900 ไมโครกรัมต่อลิตร อย่างน้อย 5 ความเข้มข้น โดยใช้ปริมาตรของด้วยวิธีทำเช่นเดียวกับในข้อ 1 ถึงข้อ 6 แต่สารละลายมาตรฐานเท่ากับตัวอย่างที่ใช้ สำหรับทำกราฟมาตรฐาน (Standard or calibration curve)

9. วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

10. ทำกราฟมาตรฐานและหาค่าซีโอดีของตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน

คำนวณ

COD = 1,000 A/B

COD = ค่าซีโอดี หน่วยเป็นมิลลิกรัม O_2 ต่อลิตร

A = ปริมาณออกซิเจนของตัวอย่างที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

3. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ (Suspended Solids, SS)

3.1 วิธีการหาปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ โดยใช้วิธี Gravimetric method

เป็นการหาส่วนของของแข็งแขวนลอยที่เหลืออยู่บนกระดาษกรองใยแก้ว หลังจากการกรองตัวอย่าง แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส

ของแข็งแขวนลอย หาได้โดยการกรองตัวอย่างโดยใช้ Gooch Crucible การหาค่าปริมาณของแข็งที่แขวนลอยได้นั้น เกิดข้อผิดพลาดง่ายถ้าใช้ตัวอย่างน้อย ดังนั้นควรใช้ตัวอย่างในการกรองให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ สำหรับน้ำที่ผ่านการกำจัดสารแขวนลอยหรือมีความสกปรกน้อย อาจต้องใช้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ของแข็งแขวนลอยมีประโยชน์มากสำหรับการวิเคราะห์น้ำโสโครก เป็นค่าหนึ่งที่จะบอกถึงความสกปรกของน้ำเสียนั้น ตลอดจนบอกถึงประสิทธิภาพของหน่วยกำจัดน้ำเสียต่าง ๆ ค่าของของแข็งแขวนลอยจะเพิ่มขึ้นตามความสกปรกของน้ำนั้น

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อบ (Oven) ควบคุมอุณหภูมิได้ 103-105 องศาเซลเซียส
2. เดสสิเคเตอร์ (Desiccator)
3. เครื่องชั่งละเอียด (Analytical balance) ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. คีมหนีบ (forceps)
5. กระดาษกรอง Whatman GF/C ϕ 4.7 cm.
6. อุปกรณ์ชุดกรอง
7. เครื่องดูดอากาศ (Suction pump)
8. ครูซิเบิล (Crucible dish)
9. กระบอกตวง (Cylinder)

การวิเคราะห์

1. อบกระดาษกรอง (วางบนถ้วย Crucible dish ที่ทำรหัสไว้) ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมงแล้วทิ้งให้เย็นใน Desiccator ประมาณ 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก จดค่าน้ำหนักที่ได้ (B กรัม) และนำไปเก็บใน Desiccator จนกว่าจะนำไปใช้

2. วางกระดาษกรองบนกรวยในชุดกรอง ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศโดยใช้คีมหนีบ โดยให้ด้านขรุขระของกระดาษกรองอยู่ด้านบน

3. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกแล้วเปิดเครื่องดูดอากาศเพื่อให้กระดาษกรองติดแน่นกับกรวยในชุดกรอง

4. เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดี แล้วเทตัวอย่างน้ำลงกระบอกตวงให้ได้ตามปริมาตรที่ต้องการ แล้วจดบันทึกปริมาตรที่เทได้

5. กรองตัวอย่างน้ำที่เทไว้ โดยให้เครื่องดูดอากาศแล้วล้างเครื่องกรองด้วยน้ำกลั่นประมาณ 10 มิลลิลิตร เปิดเครื่อง ใช้น้ำกลั่นชีดล้างของแข็งที่อาจติดอยู่ข้างกระบอกตวงและชุดกรองจนหมด รอจนกว่ากระดาษกรองแห้ง แล้วจึงปิดเครื่องดูดอากาศ

6. นำกระดาษกรองวางบนถ้วย Crucible dish อันเดิมโดยใช้คีมหนีบ แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมห้องใน Desiccator และชั่งน้ำหนัก จนได้น้ำหนักคงที่ (A กรัม)

การคำนวณ

$$\text{Suspended Solids (ml/L)} = \frac{(A\text{-}B)\times 10^{6}}{\text{mL of sample}}$$

Suspended Solids (ml/L) คือ ปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

A คือ น้ำหนักของ Crucible dish และน้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

B คือ น้ำหนักของ Crucible dish (กรัม)

mL of sample คือ ปริมาณของตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)

4. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Dissolved Solids, TDS)

4.1 วิธีการหาของแข็งที่ละลายน้ำโดยวิธี Gravimetric method

เป็นการหาค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และไหลผ่านกระดาษกรองใยแก้ว เมื่อกรองปริมาณการแขวนลอยออก แล้วเอาน้ำใสที่ผ่านกระดาษกรองใยแก้วไปประเหย จะหาปริมาณสารละลาย

ของแข็งละลายน้ำ หาได้โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการกรองจากการหาของแข็งแขวนลอยแล้ว โดยใช้หลักการเดียวกันกับการหาค่าของแข็งทั้งหมด ของแข็งที่ละลายน้ำมีความสำคัญที่จะสามารถบอกปริมาณของธาตุเกลือในน้ำเสีย เช่น คลอไรด์ อย่างคร่าว ๆ ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. บีกเกอร์แก้ว (beaker) ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. ตู้อบ (Oven) ควบคุมอุณหภูมิได้ 103-105 องศาเซลเซียส
4. เดสสิเคเตอร์ (Desiccator)
5. เครื่องชั่งละเอียด (Analytical balance) ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีวิเคราะห์

1. เตรียมบีกเกอร์ที่ทำรหัสไว้ จะต้องสะอาดและนำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน Desiccator แล้วนำมาชั่งน้ำหนักคงที่แล้วจดน้ำหนักที่ได้ (B กรัม) และนำไปเก็บใน Desiccator จนกว่าจะนำไปใช้
2. ตวงปริมาณตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิลิตร
3. เทตัวอย่างน้ำลงในบีกเกอร์ แล้วนำไปเข้าตู้อบจนระเหยแห้งแล้วนำไปอบที่อุณหภุมิ103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง
4. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน Desiccator แล้วนำมาชั่งน้ำหนักคงที่แล้วจดน้ำหนักที่ได้ (A กรัม)

การคำนวณ

$$\text{Dissolved Solids (mg/L)} = \frac{(A-B)\times 10^{6}}{\text{mL of sample}}$$

Dissolved Solids (mg/L) คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

A คือ น้ำหนักของบีกเกอร์และน้ำตัวอย่าง (กรัม)

B คือ น้ำหนักของบีกเกอร์ (กรัม)

mL of sample คือ ปริมาณของตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาวพัชรี โตสกุล

วัน เดือน ปีเกิด 19 มกราคม พ.ศ. 2535

ภูมิลำเนา กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

2547	ประถมศึกษา	โรงเรียนพิมลวิทย์ กรุงเทพมหานคร
2550	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนวิมุตยารามพิทยากร กรุงเทพมหานคร
2553	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนวิมุตยารามพิทยากร กรุงเทพมหานคร
2556	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นายพัลลภ จริยะปัญญา

วัน เดือน ปีเกิด 14 สิงหาคม พ.ศ. 2534

ภูมิลำเนา กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

2547	ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดเฉลิมพระเกียรติ นนทบุรี
2550	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนรัตนาธิเบศร์ นนทบุรี
2553	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนรัตนาธิเบศร์ นนทบุรี
2556	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร