บทที่ 2
ทบทวนเอกสาร

2.1 น้ำเสียและสาเหตุของการเน่าเสีย

2.1.1 ความหมายของน้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง น้ำซึ่งผ่านการใช้งานแล้วโดยชุมชน โรงงานอุสาหกรรม สถาบัน หรือการใช้งานประเภทอื่นๆ ซึ่งมีมวลสารปะปนอยู่ เมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำแล้วจะก่อให้เกิดการปนเปื้อนกับแหล่งรับน้ำจนถึงระดับที่ทำให้แหล่งรับน้ำนั้นใช้งานได้ไม่ดีดังเดิม น้ำเสียจะต้องประกอบไปด้วยมลสารประเภทใดประเภทหนึ่งหรือหลายประเภท คือ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ โลหะหนักหรือสารพิษอื่นๆ น้ำมันหรือไขมัน ความร้อน ปริมาณของแข็ง สี ความขุ่น กรดและด่าง สารก่อให้เกิดฟอง จุลินทรีย์ สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (เกรียงศักดิ์, 2543) เป็นต้น

2.1.2 สาเหตุของการเน่าเสียของน้ำ

โดยทั่วไปแล้วแบ่งแหล่งกำเนิดของน้ำเสียได้ 3 แหล่ง คือ น้ำเสียจากชุมชน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และน้ำเสียจากการเกษตรกรรม

น้ำเสียจากชุมชน เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันของประชาชนในชุมชน โดยมีแหล่งกำเนิดมาจาก อาคารบ้านเรือน ร้านค้า ตลาดสด ร้านอาหาร สถาบันการศึกษา สถานที่ราชการ โรงแรม โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น ซึ่งความสกปรกที่เกิดขึ้นในชุมชน ส่วนใหญ่เป็นอินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้โดยกระบวนการธรรมชาติ

น้ำเสียจากอุตสาหกรรม เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำล้างในกระบวนการผลิตต่างๆ ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันตามประเภทของอุตสาหกรรม น้ำเสียอุตสาหกรรมบางแห่งอาจปนเปื้อนโลหะหนัก หรือสารประกอบที่ต้องอาศัยกระบวนการบำบัดที่ซับซ้อนกว่าน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียจากการเกษตรกรรม เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร เช่นน้ำเสียจากการล้างคอกสัตว์เลี้ยง เช่น คอกหมู คอกวัว เล้าไก่ น้ำเสียจากนาข้าว จากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง เป็นต้น โดยน้ำเสียจากเกษตรกรรมส่วนใหญ่จะปนเปื้อนสารเคมี ยาฆ่าแมลง หรือปุ๋ย

2.2 ลักษณะของน้ำเสีย

2.2.1 คุณลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ

คุณลักษณะน้ำเสียทางกายภาพแบ่งออกเป็น 4 ประเภท

2.2.1.1 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended solids)

สารที่เหลือตกค้างจากการระเหยที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจเรียกว่า Suspended solid หรือ Non – filterable solids สารดังกล่าวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ไมครอน ของแข็งที่ตกตะกอนเป็นปริมาณสลัดส์ที่จะกำจัดออกโดยการตกตะกอน ใช้พิจารณาในการบำบัดน้ำเสียว่าควรมีบ่อตกตะกอนหรือไม่ และสามารถใช้บ่งบอกประสิทธิภาพสารตกตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสีย ความขุ่นของน้ำเสียเป็นการวัดคุณสมบัติที่แสงส่องผ่านน้ำซึ่งใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงคุณภาพน้ำทิ้ง และน้ำตามธรรมชาติซึ่งเกิดจากสารคอลลอยด์ที่กระจายอยู่และดูดซับแสงหรือป้องกันไม่ให้แสงส่องผ่าน

2.2.1.2 กลิ่น (Odors)

กลิ่นในน้ำเสียโดยทั่วไปเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศและสามารถรีดิวซ์สารซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์ แก๊สที่เกิดส่วนใหญ่เป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สารประกอบที่ให้กลิ่นสังเกตได้จากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สารประกอบและกลิ่นที่พบในน้ำเสีย

สารประกอบ	สูตรโครงสร้าง	ลักษณะของกลิ่น
Amines	CH_3NH_2 ,$(CH_3)N_3$	กลิ่นคาวปลา
Ammonia	NH_3	กลิ่นแอมโมเนีย
Diamines	$NH_2(CH_2)_4NH_2$,$NH_2(CH_2)_5NH_2$	กลิ่นเนื้อเน่า
Hydrogen sulfide	H_3S	กลิ่นไข่เน่า
Mercaptans	CH_3SH, $CH_3(CH_2)_3SH$	กลิ่นสกัง
Organic sulfides	$(CH_3)_2S$,CH_3SSCH_3	กลิ่นกะหล่ำปลีเน่า
Skatole	$C_8H_5NHCH_3$	กลิ่นอุจจาระ

ที่มา ; Tchobanoglous *et la.* (1979)

2.2.1.3 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำเสียเป็นปัจจัยที่สำคัญเนื่องจากมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ อัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีและความเหมาะสมในการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังมีผลต่อการละลายของออกซิเจนซึ่งมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และทำให้เกิดสภาวะที่เร่งการเจริญของพืชหรือเชื้อราในน้ำ

2.2.1.4 สี (Color)

น้ำเสียที่เกิดขึ้นใหม่โดยทั่วไปมีสีเทา แต่เมื่อมีการสลายตัวของสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย และการลดลงของออกซิเจนในน้ำทำให้น้ำเปลี่ยนเป็นสีดำจนเกิดการเน่าเสีย

2.2.2 ลักษณะน้ำเสียทางเคมี

ในน้ำเสียที่สกปรกไม่มาก สารแขวนลอยและสารที่กรองได้ร้อยละ 75 และ 40 ตามลำดับจะเป็นสารอินทรีย์ตามธรรมชาติซึ่งเกิดจากพืชและสัตว์ และกิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารอินทรีย์ โดยทั่วไปสารอินทรีย์มีคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน น้ำมัน ยูเรีย และมีแร่ธาตุที่สำคัญอื่นๆ เช่น ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัสและเหล็ก นอกจากนี้ยังมีสารอินทรีย์สังเคราะห์ เช่น สารลดแรงตึงผิว ฟีนอล สารฆ่าแมลงทางการเกษตร ฯลฯ ที่ไม่สามารถสลายตัวทางชีวภาพหรือสลายตัวได้ช้า คุณลักษณะน้ำเสียทางเคมีสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.2.2.1 โปรตีน

เป็นองค์ประกอบหลักของเนื้อสัตว์และถั่ว มีโครงสร้างทางเคมีซับซ้อน สามารถสลายตัวให้สารหลายชนิดที่ทำให้เกิดกลิ่นในน้ำเสีย

2.2.2.2 คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตที่พบในน้ำเสียรวมถึงน้ำตาล แป้ง เซลลูโลส เส้นใยและน้ำตาล สามารถย่อยสลายด้วยเอนไซม์จากแบคทีเรียและยีสต์ผลิตแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ แป้งมีความคงตัวมากกว่าแต่สามารถเปลี่ยนเป็นน้ำตาลโดยเชื้อจุลินทรีย์และกรดเจือจาง เซลลูโลสย่อยสลายโดยเชื้อราในสภาวะที่เป็นกรด

2.2.2.3 ไขมัน น้ำมันและสารหล่อลื่น

ไขมันและน้ำมันในน้ำเสียเกิดจากไขมันพืช ไขมันสัตว์ ส่วน Germ ของเมล็ดพืชเป็นสารที่มีความคงตัว และง่ายต่อการย่อยสลาย โดยแบคทีเรียและกรดแร่ได้เป็นกลีเซอรีนและ

กรดไขมัน (สบู่) ในสภาพด่าง สารหล่อลื่นรวมถึงไขมัน น้ำมัน และองค์ประกอบอื่นๆ มาจากสารปิโตรเลียมที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ ลอยอยู่ที่ผิวหน้าน้ำเสีย

2.2.2.4 สารลดแรงตึงผิว

เป็นโมเลกุลของสารอินทรีย์ขนาดใหญ่ที่ละลายน้ำได้น้อยและเป็นสาเหตุของการเกิดฟอง สารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์ประเภท Alkyl benzene sulfonate ก่อให้เกิดปัญหาเนื่องจากการละลายตัวทางชีวภาพได้ยากจึงเปลี่ยนมาใช้สสารประเภท Linear alkyl sulfonate แทนในเวลาต่อมา

2.2.3 คุณลักษณะน้ำเสียทางชีวภาพ

เกี่ยวข้องกับเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในน้ำผิวดินและน้ำเสีย มีความสำคัญต่อการบำบัดทางชีวภาพ ก่อให้เกิดโรคในน้ำเสีย เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นดัชนีในน้ำเสียและวิธีการที่ใช้ในการประเมินความเป็นพิษของระบบบำบัดน้ำเสีย เชื้อจุลินทรีย์สำคัญที่พบในน้ำผิวดินและน้ำเสียแบ่งเป็น Protista พืช และสัตว์กลุ่ม Protista ประกอบด้วย แบคทีเรีย ฟังไจ โปรโตซัว และสาหร่าย กลุ่มพืชประกอบด้วย เฟิร์น มอส และ ลิเวอร์เวิร์ท (Liverworts) ส่วนพวกสัตว์แบ่งเป็นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังและไม่มีกระดูกสันหลัง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ได้ดังนี้

2.2.3.1 Protista

เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญสำหรับวิศวกรด้านการสุขาภิบาลโดยเฉพาะพวกแบคทีเรีย สาหร่ายแล โปรโตซัว

1.) แบคทีเรียชนิดที่ต้องการอากาศที่พบในระบบบำบัดเช่นระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) เป็นแบบเซลล์เดี่ยวที่กระจายตัวอย่างอิสระแบบที่รวมตัวเป็นฟล็อคและแบบเส้นใยแบคทีเรียทุกชนิดมีบทบาทในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ (BOD) ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และสร้างเซลล์แบคทีเรียใหม่ แบบแรกจะไม่ตกตะกอนลงมาด้านล่างจึงทำให้น้ำในระบบบำบัดมีความขุ่น แบบที่สองเมื่อเจริญเติบโตจะรวมตัวเป็นฟล็อคเนื่องจากมีการผลิตสารพอลิเมอร์ (เรียกว่า Glycocalyx) ออกมาภายนอกเซลล์เมื่อย่อยสลายสารอินนทรีย์จึงมีการตกตะกอนลงมาด้านล่างทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดมีความขุ่นน้อย ส่วนแบบที่สามไม่ก่อให้เกิดปัญหาในระบบบำบัดแบบบ่อธรรมชาติและบ่อเติมอากาศ แต่จะเป็นปัญหาสำหรับระบบตะกอนเร่งเนื่องจากทำให้เกิดปัญหาด้านการตกตะกอน

2.) แบคทีเรียประเภท Heterotrophic มีความทนทานต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถลดปริมาณ BOD ลงได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาวะที่มีพีเอชและอุณหภูมิช่วงกว้างชนิดที่ต้องการ

อากาศมีช่วงพีเอชเท่ากับ 6.5 - 9.0 และมีอุณหภูมิ 3 - 4 องศาเซลเซียส 60 - 70 องศาเซลเซียส และจะหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิลดลง 1 - 2 องศาเซลเซียส แบคทีเรียชนิด Nitrifiying bacteria ซึ่งเป็นชนิดที่ต้องการอากาศ และสามารถออกซิไดซ์แอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์และจากไนไตรท์เป็นไนเตรทได้แก่ *Nitrosomonas europaea* และ *Nitrobacter winogradskyi* ตามลำดับ โดยมีค่าพีเอชที่ต้องการเท่ากับ 7 - 8 ปฏิกิริยาจะลดลงที่พีเอช ต่ำกว่า 7 และจะหยุดเมื่อพีเอช เท่ากับ 9 แบคทีเรียประเภท Heterotrophic ที่ไม่ต้องการอากาศและพบมากในบ่อบำบัดน้ำเสียเป็นชนิดที่ผลิตแก๊สมีเทนและรีดิวซ์ซัลเฟต (Sulfate reducing bacteria) ตัวอย่างของเชื้อจุลินทรีย์ได้แก่ กลุ่มที่ย่อยสลายโปรตีน ไขมัน เป็นต้น

3.) สาหร่าย สามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็วและครอบคลุมทั่วผิวน้ำเนื่องจากน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำมีสารอาหารอยู่เป็นจำนวนมาก สามารถสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโตด้วยสารอนินทรีย์ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ไนเทรทและฟอสเฟต มีแสงสว่างเป็นแหล่งพลังงานในบ่อบำบัด สาหร่ายให้ออกซิเจนแก่เชื้อแบคทีเรียเพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ สาหร่ายสามารถแบ่งตามรงควัตถุที่เป็นองค์ประกอบได้หลายชนิดซึ่งได้แก่ สาหร่ายสีน้ำตาล (ไดอะตอม) สาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีแดง และ *Cyanobacteria* หรือ *Blue-green bacteria* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่เกิดกลิ่นและสร้างสารพิษ ตัวอย่างของเชื้อได้แก่ *Aphanothece, Microcystis, Oscillatoria* และ *Anabaena*

4.) โปรโตซัว รวมถึงอะมีบาที่พบในบ่อบำบัดมีมากกว่า 250 สายพันธุ์ มีความสำคัญต่อการบำบัดทางชีวภาพ และการทำให้น้ำมีความบริสุทธิ์ เนื่องจากรักษาสมดุลธรรมชาติของเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มอื่นๆ ส่วนไวรัสเป็นเชื้อที่มีอันตรายต่อสุขภาพ และเชื้อไวรัสสามารถอยู่ในน้ำเสียได้นาน 41 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และ 6 วัน ที่อุณหภูมิปกติ

2.2.3.2 พืชและสัตว์

มีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่พวก Rotifer และ Worms ที่มีขนาดเล็กจนถึงพวก Crustaceans ที่มีขนาดใหญ่ ใช้ในการประเมินสภาวะของน้ำ

2.2.3.3 เชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค

ที่พบในน้ำเสียมาจากทางเดินอาหารของมนุษย์กลุ่มที่เป็นสภาวะ เช่น โรคไทฟอยด์ พาราไทฟอยด์และโรคบิด เป็นสาเหตุทำให้เสียชีวิตหลายพันคนต่อปีในพื้นที่ที่มีการควบคุมไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ได้แก่ *Bacillus anthracis, Brucella* spp.,

Entamoeba histolytica, Mycobacterium tuberculosis,Salmonella typhi, Salmonella paratyphi, Leptospira iceterohaemorrhagiae, Shigella spp, *Vibrio cholerae, Virus* เป็นต้น

2.2.3.4 เชื้อโคลิฟอร์ม

เป็นเชื้อระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ มีรูปร่างเป็นแท่ง ไม่มีอันตรายต่อมนุษย์ ช่วยในการกำจัดสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ การพบเชื้อในน้ำเสียเป็นการบ่งชี้ว่าเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอยู่ในระบบ ของกลุ่มเชื้อประกอบด้วย *Escherichia* และ *Aerobacter* โดยเฉพาะ *E. coli* เป็นเชื้อที่พบเฉพาะในอุจจาระและสิ่งปฏิกูล แต่เชื้อโคลิฟอร์มบางชนิดสามารถเจริญได้ในดิน ดังนั้นจึงต้องแยกระหว่างโคลิฟอร์มที่พบในดินและในอุจจาระมนุษย์

2.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

2.3.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Treatment)

เป็นกระบวนการกำจัดของแข็ง เศษวัสดุ กรวดทรายที่ปนมากับน้ำทิ้งและยังช่วยลดค่า BOD ของน้ำลงได้บางส่วน วิธีการประกอบด้วย การแยกโดยใช้ตะแกรง (Screening) การบดหรือตัด (Comminution) การกวาด (Skimming) การกำจัดกวาดทราย (Grit Chamber) การทำให้ลอย (Flotation) การตกตะกอนของแข็งขนาดเล็ก (Primary Sedimentation)

2.3.1.1 การแยกโดยใช้ตะแกรง (Screening)

เป็นการใช้ตะแกรงดักสิ่งสกปรกชิ้นใหญ่ๆที่ปนมากับน้ำเสีย เช่น เศษขยะ เศษผ้า พลาสติก ฯลฯ ซึ่งอาจทำให้เครื่องสูบน้ำหรือท่อระบายน้ำอุดตันหรือเกิดการเน่าเหม็นได้ สิ่งสกปรกที่ติดอยู่กับตะแกรงจะถูกกวาดออกไป ตะแกรงที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1.) ตะแกรงชนิดหยาบ (Coarse Screen) ที่ใช้กันมากเป็นแบบลูกกรงเหล็ก ซึ่งเป็นแท่งเหล็กกลมหรือเหลี่ยม เชื่อมเป็นแผ่นตะแกรง ทำมุม 30 - 80 องศา กับแนวระดับเพื่อใช้ดักวัสดุที่มีขนาดใหญ่ที่ลอยมากับน้ำเสียป้องกันมิให้เข้าไปทำความเสียหาย เครื่องสูบน้ำและทำให้ท่อระบายน้ำอุดตัน ต้องคอยตักหรือกวาดสิ่งสกปรกที่ติดอยู่กับซี่ลูกกรงออก เพราะจะทำให้ตะแกรงอุดตันและเกิดการเน่าเหม็นได้

2.) ตะแกรงละเอียด (Fine screen) ใช้กำจัดสิ่งสกปรกที่มีขนาดเล็ก ตะแกรงมีขนาดกว้าง 1/8 นิ้ว จะติดตั้งก่อนเข้าเครื่องบำบัดแบบ Trickling Filter หรือ Final Sedimentation

2.3.1.2 การบดหรือการตัด (Comminution)

เป็นการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ เรียกว่า "Comminutors" ในการตัดสิ่งสกปรกขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง

2.3.1.3 การตัดหรือการกวาด (Skimming)

ใช้แยกสิ่งสกปรกที่ลอยมากับน้ำเสีย เช่น น้ำมัน ไขมัน โดยใช้กระดานกวาดหน้าวางขวางทางน้ำไหลในถังตกตะกอน สิ่งที่ลอยมาจะติดค้างอยู่ที่หน้ากระดานส่วนน้ำเสียจะไหลลงด้านล่างของกระดานออกไป

2.3.1.4 การกำจัดกวาดทราย (Grit Chamber)

เป็นการกำจัดกวาดทราย โลหะหนัก เม็ดดิน เศษอาหาร เช่น กระดูก เปลือกไข่ เมล็ดกาแฟ เมล็ดพืชที่มีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าสารอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายในน้ำเสีย เป็นการช่วยป้องกันเครื่องมือจากการขัดข่วน ลดการอุดตันในท่อและส่วนต่างๆของเครื่องมือ

2.3.1.5 การทำให้ลอย (Flotation)

ใช้ในการแยกสิ่งสกปรกแขวนลอยที่เป็นอนุภาคขนาดเล็กและตกตะกอนได้ยาก หรือพวกไขมันที่อาจอยู่ในรูปของคอลลอยด์ สามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 3 วิธี ดังนี้

1.) Aeration Type ใช้เครื่องเป่าอากาศหรือเครื่องอัดลมเป่าอากาศให้เป็นฟองเล็กๆ ผ่าน Diffuser ที่ความดันบรรยากาศจะเกิดฟองอากาศขนาดเล็กพาตะกอนต่างๆลอยขึ้นสู่ผิวน้ำและถูกกวาดออกไปวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธีอื่นๆ

2.) Pressure Type เป็นการอัดอากาศลงในน้ำเสียภายใต้ความดันสูงกว่าบรรยากาศประมาณ 3 เท่า จากนั้นปล่อยความดันเข้าสู่สภาวะความดันบรรยากาศ ทำให้อากาศละลายน้ำได้น้อยลง จนเกิดเป็นฟองอากาศขนาดเล็กและพาตะกอนลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ

3.) Vacuum Type วิธีการนี้จะทำให้ถังปิดโดยการเป่าอากาศลงในน้ำเสียจนถึงจุดอิ่มตัว ทำให้ภายในถังมีสภาพเป็นสุญญากาศ เมื่อเปิดฝาถังออกอากาศที่ละลายอยู่ในน้ำจะแยกตัวออกมาเป็นฟองอากาศเล็กๆ และพาไขมันและตะกอนต่างๆ ในน้ำเสียลอยตัวขึ้นมาที่ผิวน้ำรวมตัวกันมากพอที่จะกวาดหรือสูบออก

การทำให้ลอยทั้งสามระบบอาจเติมสารเคมีเพื่อช่วยให้ตะกอนเล็กๆ เกาะติดกันและทำให้ได้โครงสร้างที่สามารถเกาะติดกับฟองอากาศได้ดียิ่งขึ้น จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการแยกตะกอน สารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่ เฟอริคซัลเฟต $Fe_2(SO_4)_3$ แคลเซียมฟอสเฟต $Ca_3(PO_4)_2$

สารส้ม (Alum) เฟอริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) เป็นต้น

2.3.1.6 การตกตะกอน (Sedimentation)

เป็นกระบวนการแยกสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำโดยการกักไว้ในถังหรือบ่อตกตะกอนเป็นระยะเวลาหนึ่งเพื่อลดความเร็วในการไหลของน้ำลงตะกอนต่างๆ จะจมลงสู่ก้นถัง วิธีการนี้ใช้ได้ดีกับตะกอนหนัก เช่น ดิน ทราย หรือ ตะกอนแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอน ส่วนอนุภาคเบาไม่ค่อยได้ผลด้วยวิธีนี้ แต่ควรใช้แบบการทำให้ลอยจะมีประสิทธิภาพมากกว่า การตกตะกอนเป็นการลดค่า BOD ของน้ำเสียลงได้ แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสีย ดังนั้นจึงจัดเป็นการบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) ส่วนการบำบัดโดยใช้ตะแกรงหรือเครื่องบดจัดเป็นการบำบัดขั้นเตรียมการ (Preliminary Treatment)

2.3.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี (Chemical Treatment)

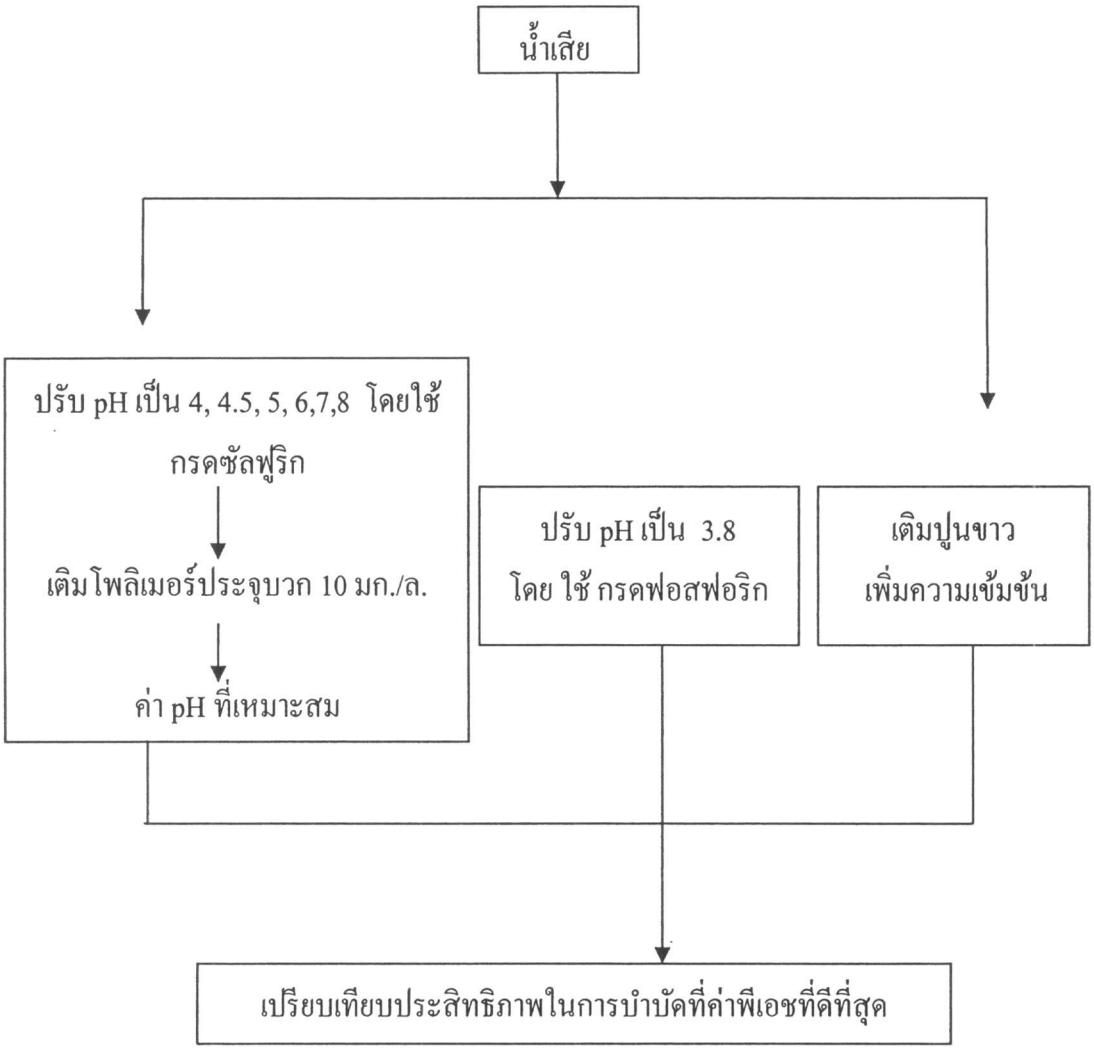
เป็นการแยกสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย เช่น คลอไรด์ซัลเฟต โซเดียมไซยาไนต์ เนื่องจากมีความเป็นพิษต่อสัตว์ในแหล่งน้ำที่ระบายน้ำเสียลงไป ทำให้น้ำมีสี กลิ่น รส ที่ผิดปกติเกิดขึ้นหรือเป็นอันตรายไม่เหมาะกับการนำไปใช้อุปโภคและบริโภค หรืออาจทำให้น้ำมีคุณสมบัติในการกัดกร่อน มีความกระด้างและตะกอนเพิ่มขึ้น

2.3.2.1 การสร้างตะกอนทางเคมี (Chemical coagulation)

เป็นการเติมสารเคมีเพื่อสร้างตะกอนของสารแขวนลอยในน้ำเสียที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจนสามารถเกิดตะกอนได้ สารเคมีที่นิยมใช้ได้แก่ สารส้ม ปูนขาว เกลือของเหล็ก ฯลฯ และอาจต้องเพิ่มสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอน

2.3.2.2 การตกตะกอน (Precipitation)

เป็นขั้นตอนพื้นฐานทางกายภาพเคมีในการบำบัดน้ำเสียและเพื่อกำจัดฟอสฟอรัส วิธีการคือ เติมสารเคมีลงไปเพื่อทำให้สารเคมีในน้ำตกตะกอน

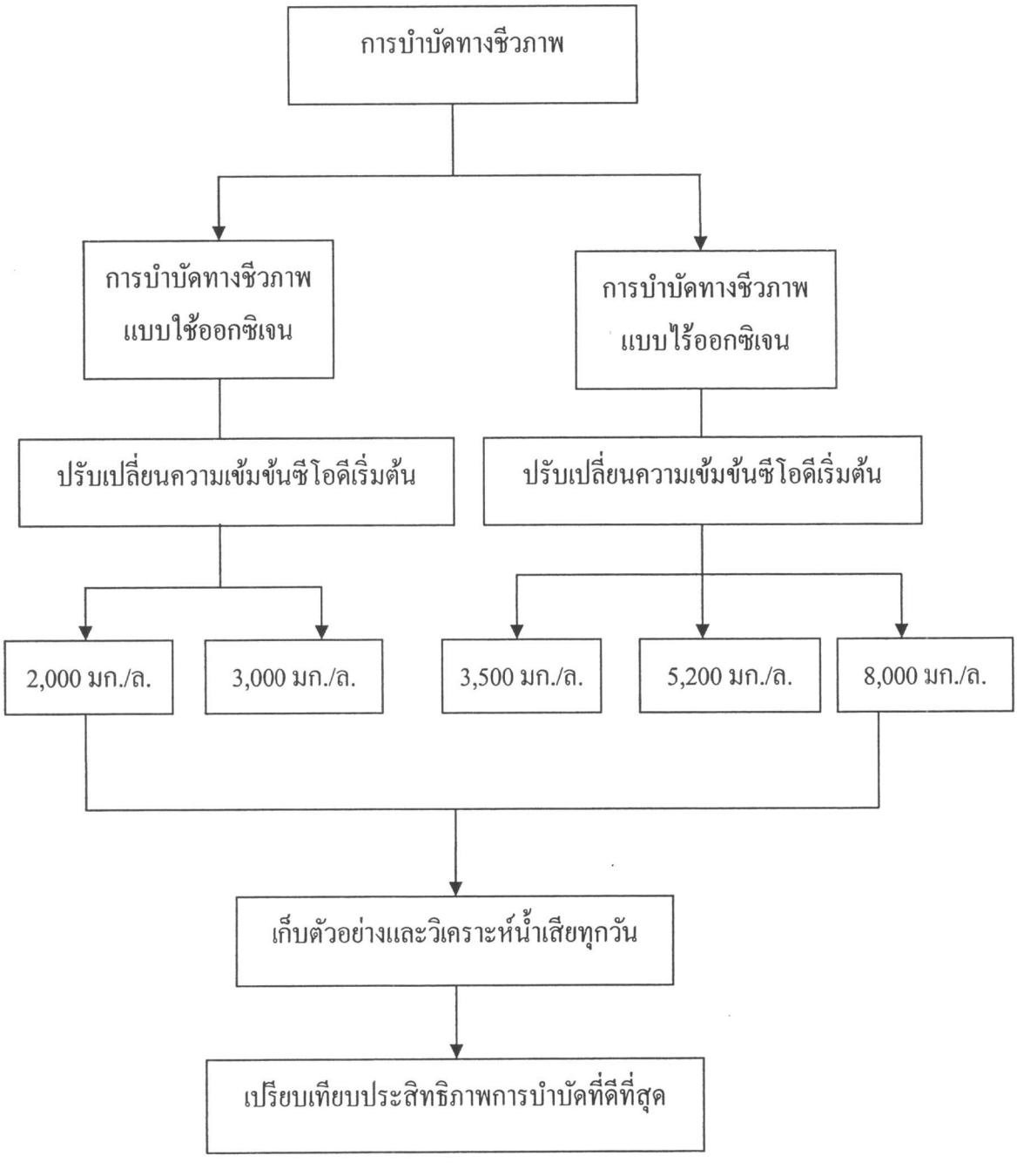


ภาพที่ 1 กระบวนการตกตะกอนทางเคมี

ที่มา : ปัณภัทร (2549)

2.3.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological Treatment)

เป็นการใช้จุลินทรีย์โดยเฉพาะแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียเพื่อเป็นอาหารโดยมีสภาวะที่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียตามอุณหภูมิอาหาร ออกซิเจนและพีเอชของน้ำเสีย วัตถุประสงค์ของการบำบัดน้ำเสียตามบ้านเรือนเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์และสารอาหาร เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เป็นต้น



ภาพที่ 2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

ที่มา : ปัณภัทร (2549)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.4 เชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

2.4.1 แบคทีเรีย

เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวในกลุ่ม Protista อุณหภูมิและพีเอชมีความสำคัญในการดำรงชีวิตและการตายของแบคทีเรีย โดยเมื่ออุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมเพิ่มขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นจากเดิม 2 เท่า จึงสามารถแบ่งเชื้อตามอุณหภูมิได้เป็นพวกที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิต่ำ (Psychrophile) พวกที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิปานกลาง (Mesophile) และพวกที่ชอบอุณหภูมิสูง (Thermophile) สามารถแบ่งเชื้อจุลินทรีย์ตามลักษณะการเมแทบอไลต์ได้เป็น Autotrophic และ Heterophic ในระบบบำบัดทางชีวภาพกลุ่ม Heterophic เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญมากเนื่องจากต้องการสารอินทรีย์สำหรับการผลิตคาร์บอนในเซลล์

2.4.2 สาหร่าย (Algae)

เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ จัดเป็นพวก Autotrophic สามารถสังเคราะห์แสงได้ถ้าพบในน้ำจะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ไม่ดี ทำให้เครื่องกรองอุดตัน สาหร่ายมีความสำคัญในการผลิตออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยในตอนกลางคืนจะใช้ออกซิเจนในการหายใจ ส่วนตอนกลางวันจะผลิตออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.4.3 โปรโตซัว

ช่วยในการบำบัดน้ำทิ้งจากการบำบัดทางชีวภาพโดยการกินแบคทีเรียและสารอินทรีย์บางชนิด ดังนั้นการพบโปรโตซัวในน้ำเสียแสดงว่าน้ำเสียมีคุณภาพค่อนข้างดีและ มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนสูง

2.4.4 ครัสเตเซียน (Crustaceans)

เป็นสัตว์หลายเซลล์ การพบในบ่อน้ำบำบัดทางชีวภาพชี้ให้เห็นว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีปริมาณสารอินทรีย์น้อยและมีออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูง

2.5 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ฟิล์มชีวภาพ

2.5.1 ฟิล์มชีวภาพ (Biofilm)

คือ กลุ่มเซลล์ของจุลินทรีย์และผลิตภัณฑ์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นและขับออกมานอกเซลล์ (Extracellular polymer) ที่ยึดเกาะกับพื้นผิวของแข็ง (Subtratum) ที่มีความเปียกชื้นหรือพื้นผิวที่อยู่ในน้ำ (วรชัย 2546)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 28 ก.พ. 2555
244126

การเกิดฟิล์มชีวภาพ จะมีการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพ จำนวนเซลล์หรือความหนาของฟิล์ม โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับเวลา (รุ่งโรจน์ 2540) ดังนี้

1.) ระยะเริ่มต้น (Log growth phase) จุลินทรีย์จะมีอัตราที่เพิ่มจำนวนอย่างช้าๆ เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องใช้เวลาในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม

2.) ระยะสะสมแบบทวีคูณ (Log Accomulation) จุลินทรีย์มีการเพิ่มจำนวนขึ้น อย่างรวดเร็ว สารอาหารมีมากเพียงพอ

3.) ระยะคงที่ (Plateau) เป็นระยะที่จุลินทรีย์ไม่มีการเพิ่มจำนวนเนื่องจากมีอาหารเหลืออยู่จำกัด จากนั้นจุลินทรีย์จะตาย เนื่องจากขาดอาหาร (Endogeneous growth phase) จุลินทรีย์ต้องใช้อาหารที่สะสมไว้ ภายในเซลล์จนหมดในที่สุดเซลล์จุลินทรีย์จะตาย

2.5.2 ข้อดีของการใช้ระบบฟิล์มชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย

1.) ทำให้จุลินทรีย์มีเวลาสัมผัสกับน้ำเสียได้นานยิ่งขึ้น การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะเกิดได้ดี

2.) ลดขั้นตอนการเวียนสลัดส์กลับมาใช้ใหม่ ภายในระบบ เนื่องจากการเจริญเติบโตแบบเกาะติดบนวัสดุตัวกลางช่วยทำให้จุลินทรีย์ในระบบมีความหนาแน่นมาก ดังนั้นโอกาสที่จะถูกชะล้างออกนอกระบบจะน้อยกว่าในระบบที่มีเซลล์จุลินทรีย์อยู่ในระบบแบบแขวนลอย

3.) เป็นระบบที่กักเก็บตะกอนเซลล์ได้ดีทำให้สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างที่เกดขึ้นอย่างรวดเร็วได้เป็นอย่างดี

4.) การทำความสะอาดระบบบำบัดและตัวกลางสามารถทำได้ง่ายและไม่สิ้นเปลือง

5.) ความต้องการสารอาหารเสริมปริมาณน้อย

6.) ค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาน้อย ควบคุมระบบง่าย ไม่ซับซ้อน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิสุสนา (2549) ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบเลี้ยงตะกอนแบบมีและไม่มีตัวกลางของน้ำเสียจากอาคารต่างๆของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้เชือกไนล่อนเป็นตัวกลาง ไม่มีการปนเปื้อนของน้ำเสียโลหะหนักจากการล้างเครื่องแก้วและเจือจางให้บีโอดีเฉลี่ยประมาณ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆให้เหมือนกัน เช่น อุณหภูมิ และ pH เป็นต้น พบว่า การกำจัดค่าบีโอดีของระบบเลี้ยงตะกอนแบบมีและไม่มีตัวกลางมีค่า F/M ratio มากกว่า 0.4 ระบบเลี้ยงตะกอนแบบมีตัวกลางจะมีประสิทธิภาพ

การบำบัดสูงกว่า แต่ในขณะที่ เมื่อ F/M ratio มีค่าต่ำ ประสิทธิภาพของทั้งสองระบบไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อมี F/M ratio ที่เหมาะสมประสิทธิภาพของระบบจะใกล้เคียงกัน

อรพิน (2543) ได้เปรียบเทียบผลการย่อยสลายในชุดการทดลองที่มีการเติมเชื้อ กับไม่มีการเติมเชื้อ พบว่าการย่อยสลายในชุดการทดลองที่มีการเติมเชื้อมีประสิทธิภาพดีกว่าชุดที่ไม่เติมเชื้อ ดังนั้น ผลการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม จากการศึกษาพบว่าเชื้อแบคทีเรีย KUL8, KUL39, KLB1, และ KLB2 มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส และโปรติเอสได้ ส่วนเชื้อยีสต์ KLY1 สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลส และโปรติเอสได้และเชื้อยีสต์ KLY2 สามารถผลิตเอนไซม์ได้ทั้งสามชนิด

ซันวานี (2549) เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) ที่มีตัวกลาง (Media) ประเภทเชือกเส้นใยไนล่อน และระบบไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Upflow Anaerobic) ที่ไม่มีตัวกลาง (No Media) ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนที่มีความเข้มข้นต่ำและมีปริมาณของแข็งแขวนลอยน้อย โดยเก็บตัวอย่างจากบ่อรวมน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มาควบคุมค่า COD ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบให้มีค่าเฉลี่ยประมาณ 200 มิลิกรัมต่อลิตร

ดำรงศักดิ์ (2549) มีการศึกษาตัวอย่างน้ำเสียในคลองแสนแสบเพื่อศึกษาการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตขึ้นเองกับน้ำสกัดชีวภาพที่ซื้อมาและการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลาในการบำบัด 3, 6 และ 9 วัน จะเห็นได้ว่า การใช้น้ำสกัดชีวภาพไม่สามารถบำบัดน้ำเสียในคลองแสนแสบได้ ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำสกัดชีวภาพเป็นกลุ่มจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนไม่สามารถเจริญแข่งขันกับจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำตามธรรมชาติซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนได้เพราะจุลินทรีย์เหล่านั้นสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดีกว่า ส่วนระยะเวลาการบำบัดที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการบำบัดน้ำเสียในคลองแสนแสบให้ดีขึ้นได้ยกเว้นค่าบีโอดีที่ระยะ 6 วัน จะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการขาดแคลนอาหารทำให้เกิดการตายของจุลินทรีย์ ดังนั้นก็พอจะสรุปได้ว่า น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตขึ้นเองและที่ซื้อมา สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียในคลองแสนแสบได้ไม่แตกต่างกันกับการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพ

สุรชัยและคณะ (2551) มีการศึกษาระบบบำบัดแบบโปรยกรองเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาน้ำคลองข้างโรงอาหารเซนต์จอห์น ซึ่งมีตะกอนสีเขียวโดยได้มีการจัดสร้างเครื่องบำบัดน้ำโดยอาศัยหลักการ การสูบน้ำขึ้นไปแล้วปล่อยลงมาในลักษณะเป็นฝอยให้น้ำไหลผ่านตัวกลางในการดักจับจุลินทรีย์โดยตัวกลางจะเป็นการผสมผสานระหว่างใยสังเคราะห์ไบโอบอล ผลการ

ทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด- ด่าง (pH) มีค่าเท่ากับ 8.51 ค่าสภาวะของเหลวที่ต้องการออกซิเจน มีค่า เท่ากับ 73 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ ความขุ่นในน้ำมีค่าเท่ากับ 15 NTU สารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าเท่ากับ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสเฟตมีค่าเท่ากับ 0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่พบปริมาณน้ำมันและไขมันทุกชนิด ซึ่งจากค่าที่ได้ถือว่าน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของน้ำดี

Seo (1986) ได้ทำการทดลองโดยใช้การผสมระหว่างระบบ AS กับตัวกลางเพื่อมาทำเป็นตัวยึดเกาะของฟิล์มชีวภาพ ซึ่งเรียกว่าระบบ Attached Growth sludge Process (AGASP) โดยใช้ตัวกลางทำด้วย Polyvinyl Chloride มี SRT 10 วัน โดยเปลี่ยนปริมาตรตัวกลางเป็น 5%, 10% และ 20% ของปริมาตรถังปฏิกิริยา และเปรียบเทียบผลการใช้ Organic Loading ต่างกันดังนี้ 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 เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยใช้ชิ้นพลาสติกที่มีรูพรุนเป็นตัวกลาง ลงในถังเติมอากาศเพื่อให้จุลินทรีย์มายึดเกาะ วิธีนี้พบว่า มีมวลจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นเป็นสองถึงสามเท่าในเวลาเดียวกัน ค่า SVI ของ AS จะมีมาก เพราะว่าในส่วนเล็กๆ นั้นจะผ่านออกไปในถังตกตะกอน

Shin (1984) ทำการทดลองระบบ Attached Growth โดยตัวกลางที่ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะทำจาก Polyvinylidene Chloride มีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ และถูกนำมาทอเป็นเส้นคล้ายสาหร่ายญี่ปุ่น โดยตัวกลางแต่ละเส้นจะมีค่า Modulus เท่ากับ 0.9 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของเกลียวเท่ากับ 2 เซนติเมตร มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific Surface Area) เท่ากับ 0.3 การทดลองนี้ มีทั้ง Lab Scale และ Pilot Scale พบว่า

1) ในการกำจัด COD ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ปริมาตรของ Attached Growth ที่เหมาะสมคือ 10% ของปริมาตรของบ่อ

2) Retention time เท่ากับ 5 วัน Organic Loading เท่ากับ 100 kg COD / m 3 สามารถกำจัด COD ได้ 82 % ซึ่งมากกว่าที่ไม่มีการเติม Attachad Growth Media 8 %

3) ผลการทดลองนี้พบว่า AGWP มีประสิทธิภาพมากกว่า WSP ในการกำจัด COD ออกจากน้ำเสีย

Shin and Polprasert ได้รายงานว่าในระบบ AGWP นั้น สามารถกำจัด SS ได้ 40 -50 % ซึ่งมากกว่าชุดควบคุม 10% ซึ่งค่าการกำจัด SS จะมีปัจจัยหลายๆ อย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความลึกของระบบ และคุณสมบัติของน้ำที่เข้ามาสู่ระบบ

Rule (1986) ได้รายงานว่า ตัวกลางที่ดีควรจะมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงเพื่อให้มีพื้นที่ยึดเกาะแก่จุลินทรีย์ และสาหร่ายมากขึ้น ควรมีค่าสัมประสิทธ์และปริมาตรจำเพาะต่ำเพื่อจะได้ไม่กินเนื้อที่ของบ่อเติมอากาศมากนัก