

DL
๑/๑/๕๓



วิทยานิพนธ์

V78465

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสีย
จากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

อิสวัต แสงมณี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

วัน เดือน ปี..... 4 ส.ย. 2552

เลขทะเบียน..... ๐๒๒๐๕๘๓

เลขเรียกหนังสือ ๑๗
628.16

๐๗๖๕๗

๒๕๕๑

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเคมี

ปีการศึกษา 2551

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

**Study of Optimal Condition for Wastewater Treatment
of Electronic Factory**

Isawat Sangmanee


**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for The Master Degree of Science in Chemistry**

Academic Year 2008

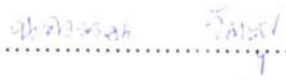
Copyright by Bansomdejchaopraya Rajabhat University

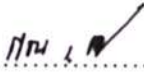
วิทยานิพนธ์เรื่อง การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
โดย นาย อิศวัต แสงมณี
สาขา เคมี
ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ สุชน เสงี่ยมานนท์
กรรมการ อ. กรกฎ เพ็ชรหัตถะ โยธิน
กรรมการ ดร. อัจฉรา แก้วน้อย

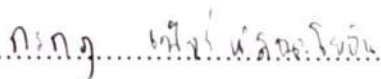
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สราสุทท์ เศรษฐจร)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ดร. นภวรรณ รัตสุข)


..... กรรมการ
(รศ. สุชน เสงี่ยมานนท์)


..... กรรมการ
(อ. กรกฎ เพ็ชรหัตถะ โยธิน)


..... กรรมการ
(ดร. อัจฉรา แก้วน้อย)


..... กรรมการและเลขานุการ
(ดร. ธิดา อมร)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

ชื่อเรื่อง	การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงาน ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
ชื่อผู้วิจัย	นายอิสวัต แสงมณี
สาขาวิชา	เคมี
ประธานกรรมการควบคุม	รศ. สุรชน เสถียรยานนท์
กรรมการควบคุม	นางสาวกรรกฎ เพ็ชรหัสณะโยธิน
กรรมการควบคุม	ดร.อัจฉรา แก้วน้อย
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้กระบวนการทางเคมีและชีวภาพ น้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีน้ำเสียจาก 2 แหล่งคือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่มีอัตราการไหล 240 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานที่มีอัตราการไหล 90 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อนำน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียก่อนการทดลอง และทำการทดลองตกตะกอนทางเคมีด้วยสาร $Al_2(SO_4)_3$ และสาร Bentonite : $Al_2(SO_4)_3$ เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ในอัตราส่วนต่างๆ โดยใช้สาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร เป็นสารช่วยในการตกตะกอน แล้วทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 25 นาที ผลการทดลองปรากฏว่า สาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 9 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อน้ำตัวอย่าง 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร และใช้สาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อน้ำตัวอย่าง 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถลด BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-} , Total Fe และ O/G ได้ลดลงเหลือ 7.81 มิลลิกรัมต่อลิตร, 100.00 มิลลิกรัมต่อลิตร, 2.95 มิลลิกรัมต่อลิตร, 0.31 มิลลิกรัมต่อลิตร, 0.30 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัด BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-} , Total Fe และ O/G ได้ร้อยละ 98.06, 93.67, 65.29, 73.96, 63.21 และ 100.00 ตามลำดับ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้วิเคราะห์ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจึงสามารถปล่อยทิ้งออกนอกโรงงานได้

ส่วนน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน เมื่อนำไปทดลองบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพ โดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR ในถังจำลองขนาด 20 ลิตร โดยกำหนดค่าอาหารต่อ

จุลินทรีย์ (F/M ratio) เท่ากับ 0.15, 0.2, 0.25 ตามลำดับ เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเติมอากาศ จากผลการทดลองพบว่า F/M ratio เท่ากับ 0.2 และระยะเวลาการเติมอากาศ 2 ชั่วโมง เหมาะสมที่สุดสามารถบำบัด BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-} , Total Fe และ O/G ได้ลดลงเหลือ 13.80 มิลลิกรัมต่อลิตร, 39.34 มิลลิกรัมต่อลิตร, 11.00 มิลลิกรัมต่อลิตร, 0.39 มิลลิกรัมต่อลิตร, 0.28 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-} , Total Fe และ O/G ได้ร้อยละ 95.63, 88.51, 30.38, 94.42, 92.61 และ 96.60 ตามลำดับ ซึ่งคุณภาพน้ำหลังการบำบัดมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม สามารถปล่อยทิ้งออกนอกโรงงานได้

Title **Study of Optimal Condition for Wastewater Treatment of Electronic Factory.**

Author **Mr. Isawat Sangmanee**

Program **Chemistry**

Advisor **Assoc. Prof. Suthon Sathienyanon**
Miss Korakoj Pethassanayothin
Dr. Atchara Kaewnoi

Academic Year **2008**

Abstract

The purpose of this research was to study the optimal condition for wastewater treatment of an electronic factory by chemical and biological process. There were two sources of wastewater. The first one was from manufacturing process treated by chemical coagulation with the flow rate of 240 m³/d. In this experiment, 10%w/v Al₂(SO₄)₃ and 10%w/v Bentonite:Al₂(SO₄)₃ were used as coagulants in various ratios and quantities, and 0.05%w/v anionic polymer was used as coagulation aid in various quantities. Time was varied from 0 to 30 minutes in coagulation. The quantity analysis of wastewater composed of BOD, COD, TKN, Total PO₄³⁻, Total Fe, and O/G. The results showed that the best coagulation was 10%w/v Bentonite:Al₂(SO₄)₃ in 1:2 ratio with the amount of 9 ml/400 ml of wastewater and the best coagulation aid was 0.05%w/v anionic polymer with amount of 1 ml/400 ml of wastewater at 25 minutes. BOD, COD, TKN, Total PO₄³⁻, Total Fe, and O/G were reduced to 7.81 mg/l, 100.00 mg/l, 2.95 mg/l, 0.31 mg/l, 0.30 mg/l, and 0.00 mg/l, respectively and removal efficiencies were 98.06%, 93.67%, 65.29%, 73.96%, 63.21%, and 100.00% respectively. The treated wastewater was well below the standard limit, hence, it can be discharged from the factory.

The second source was from the canteen and office treated by Sequencing Batch Reactor (SBR) with the flow rate of 90 m³/d. In the experiment, F/M ratio was investigated at 0.15, 0.20 and 0.25, and the periods of the aeration time were varied to compare the efficiency of wastewater treatment. The results demonstrated that the best condition was F/M ratio at 0.2 and the most efficient aeration time is about 2 hrs. BOD, COD, TKN, Total PO₄³⁻, Total Fe, and O/G were lowered to 13.80 mg/l, 39.34 mg/l, 11.00 mg/l, 0.39 mg/l, 0.28 mg/l, and 0.48 mg/l, respectively

and removal efficiency were 95.63%, 88.51%, 30.38%, 94.42%, 92.61%, and 96.60%, respectively. The treated wastewater was under the standard limit, therefore, the wastewater can be discharged from the factory.

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ เนื่องจากได้รับความร่วมมือและความอนุเคราะห์จากบุคคล และหน่วยงานต่างๆ และขอขอบคุณอาจารย์กรกฎ เพ็ชรหัสณะโยธิน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ ปรึกษา และชี้จุดบกพร่องต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยตลอดจนอาจารย์ และคณะกรรมการทุกท่านที่สละเวลามาควบคุมงานวิจัยและให้ข้อเสนอแนะต่างๆ นอกจากนี้ ขอขอบคุณสาขาวิชาเคมีมหาวิทาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา และเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ บริษัทไทยนิปปอนเคมีภัณฑ์อุตสาหกรรมจำกัด ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จ.อยุธยา ที่กรุณา อนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัย รวมไปถึงบุคคลและหน่วยงานที่มีใจเอื้อนวม และที่ขาดมิได้ คือคุณพ่อคุณแม่ของผู้วิจัยที่เป็นกำลังใจให้ผลงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นาย อิศวัต แสงมณี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
ประกาศศุณูปการ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์	4
2.1.1 CNC Turning	5
2.1.2 งานทำเกลียวใน (Tapping)	5
2.1.3 งานขัดเรียบ งานเจียรระไนและงานคว้านรู (Polishing, Grinding and Boring)	7
2.2 การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	7
2.2.1 ความจำเป็นของการกำจัดน้ำเสีย	7
2.2.2 องค์ประกอบของน้ำเสีย	8
2.2.3 คุณลักษณะของน้ำเสีย	8
2.2.4 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย	14
2.2.5 กระบวนการ โคแอกกูเลชัน	15
2.2.6 ระบบ Sequencing Batch Reactor (SBR)	25

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1	เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงาน	41
3.2	แผนผังการทดลองอย่างง่าย	42
3.3	การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่จกโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ก่อนการบำบัด	42
3.4	ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอน โดยวิธีโคแอกกูเลชัน	43
3.5	ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโดยระบบบำบัดแบบ SBR	45
บทที่ 4	ผลการทดลอง	
4.1	ผลการศึกษาคูณภาพน้ำที่จกโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์	47
4.2	ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี	48
4.3	ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโดยระบบบำบัดแบบ SBR	71
บทที่ 5	สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	
5.1	สภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี	78
5.2	สภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยวิธี SBR	78
	บรรณานุกรม	80
ภาคผนวก	ก	การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย
ภาคผนวก	ข	การคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน
ภาคผนวก	ค	การออกแบบระบบบำบัดแบบ SBR
ภาคผนวก	ง	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สารเคมีที่ใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส	35
4.1	ผลการศึกษาคุณภาพน้ำเสียก่อนทำการทดลอง	47
4.2	ผลการศึกษาค่า pH ที่เหมาะสำหรับการตกตะกอนทางเคมีด้วยสาร $Al_2(SO_4)_3$	49
4.3	ผลการศึกษาค่า pH ที่เหมาะในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 2:1	50
4.4	ผลการศึกษาค่า pH ที่เหมาะในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:1	52
4.5	ผลการศึกษาค่า pH ที่เหมาะในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:2	53
4.6	ผลการศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:3	55
4.7	ผลการศึกษาปริมาณสาร $Al_2(SO_4)_3$ ที่เหมาะในการตกตะกอนทางเคมี	56
4.8	ผลการศึกษาหาปริมาณสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 2:1 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี	58
4.9	ผลการศึกษาหาปริมาณสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:1 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี	60
4.10	ผลการศึกษาหาปริมาณสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:2 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี	62
4.11	ผลการศึกษาหาปริมาณสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:3 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี	64
4.12	ผลการศึกษาปริมาณสาร Anionic Polymer ที่เหมาะสมในการช่วยตกตะกอนเมื่อตกตะกอนด้วยสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร	66
4.13	ผลการศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมีเมื่อดกตะกอนด้วยสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และใช้สาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ช่วยในการตกตะกอนทางเคมี ที่ pH 10.98	68

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.14	การศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการผลิตหลังทำการตกตะกอนทางเคมีด้วยสาร Bentonite:Al ₂ (SO ₄) ₃ ที่อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 9 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร และสารละลาย Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร	70
4.15	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิต	71
4.16	ผลการวิเคราะห์ค่า BOD และ COD ของน้ำเสีย ที่ F/M ratio เท่ากับ 0.15	72
4.17	ผลการวิเคราะห์ค่า BOD และ COD ของน้ำเสีย ที่ F/M ratio เท่ากับ 0.20	73
4.18	ผลการวิเคราะห์ค่า BOD และ COD ของน้ำเสีย ที่ F/M ratio เท่ากับ 0.25	73
4.19	แสดงประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD และ COD ของน้ำเสียจากโรงอาหาร และสำนักงานด้วยวิธี SBR ที่สภาวะต่างๆ กัน	74
4.20	การศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากโรงอาหาร และสำนักงานหลังทำการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบ SBR ที่ F/M Ratio เท่ากับ 0.20 โดยใช้ระยะเวลาเติมอากาศ 2 ชั่วโมง	76
4.21	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน	77

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	4
2.2	5
2.3	5
2.4	5
2.5	6
2.6	21
2.7	24
2.8	28
2.9	29
2.10	33
2.11	37
2.12	38
2.13	39
3.1	41
3.2	46
4.1	49
4.2	51
4.3	52
4.4	54

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.5	การศึกษาหา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al ₂ (SO ₄) ₃ ที่อัตราส่วน 1:3	55
4.6	การศึกษาปริมาณสาร Al ₂ (SO ₄) ₃ ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี	57
4.7	การศึกษาปริมาณสาร Bentonite:Al ₂ (SO ₄) ₃ ที่อัตราส่วน 2:1 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี	58
4.8	การศึกษาปริมาณสาร Bentonite:Al ₂ (SO ₄) ₃ ที่อัตราส่วน 1:1 ที่เหมาะสมในการตกตะกอน	60
4.9	การศึกษาปริมาณสาร Bentonite:Al ₂ (SO ₄) ₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ที่เหมาะสมในการตกตะกอน	62
4.10	การศึกษาปริมาณสาร Bentonite:Al ₂ (SO ₄) ₃ ที่อัตราส่วน 1:3 ที่เหมาะสมในการตกตะกอน	64
4.11	การศึกษาปริมาณสาร Anionic Polymer ที่เหมาะสมในการช่วยตกตะกอน เมื่อตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al ₂ (SO ₄) ₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร	67
4.12	การศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอน เมื่อตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al ₂ (SO ₄) ₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และใช้สาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นสารช่วยในการตกตะกอน	68
4.13	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า BOD และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน ด้วยวิธี SBR เมื่อใช้ระยะเวลาในการเติมอากาศต่างๆ กัน	74
4.14	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า COD และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน ด้วยวิธี SBR เมื่อใช้ระยะเวลาในการเติมอากาศต่างๆ กัน	75

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวสูงมาก เนื่องจากชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันหลายชนิด ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นที่มาของปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะปัญหามลภาวะทางน้ำ น้ำทิ้งจากโรงงานเหล่านี้ มักมีค่าสารอินทรีย์ต่างๆ ของแข็งแขวนลอย ไขมัน เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ฉ.3 พ.ศ. 2539 [2]

น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จะมีน้ำเสียจาก 2 แหล่ง คือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน ซึ่งน้ำเสียจากทั้ง 2 แหล่ง มีสมบัติที่แตกต่างกัน ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียจึงต้องใช้วิธีบำบัดที่แตกต่างกัน โดยน้ำเสียจากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีอัตราส่วน BOD ต่อ COD ต่ำกว่า 0.4 เหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี และน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานมีอัตราส่วน BOD ต่อ COD สูงกว่า 0.8 เหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ (น้ำเสียโดยปกติจะมีค่าอัตราส่วน BOD ต่อ COD ประมาณ 0.4 - 0.8 โดยน้ำเสียที่มีอัตราส่วน BOD ต่อ COD สูงแสดงว่ามีอัตราส่วนของสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายอยู่มาก) [3] จึงได้นำน้ำเสียจากทั้งสองแหล่งมาทำการวิจัย เพื่อทำการบำบัดคุณภาพน้ำเพื่อให้มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ฉ.3 พ.ศ. 2539 [2] ก่อนที่จะปล่อยทิ้งสู่ลงแหล่งน้ำตามธรรมชาติต่อไป

เมื่อนำน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมาทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมีด้วยสาร $Al_2(SO_4)_3$ ซึ่งมีราคาถูกและหาได้ง่ายในประเทศไทย ผลปรากฏว่า น้ำเสียที่ตกตะกอนทางเคมีด้วยสาร $Al_2(SO_4)_3$ นี้ สามารถทำให้สารแขวนลอยในน้ำเสียเกาะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนได้ดี น้ำเสียมีสีใสขึ้น แต่ไม่สามารถตกตะกอนได้ เนื่องจากสารแขวนลอยในน้ำเสียไม่สามารถเกาะรวมตัวกันจนมีน้ำหนักมากพอที่จะตกตะกอน จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน หรือเติมสารช่วยในการตกตะกอนลงไป โดยปกติสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนอื่นๆ เช่น $Fe_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, PAC หรือสารช่วยตกตะกอนจำพวกพอลิเมอร์ มีราคาแพงกว่าสาร $Al_2(SO_4)_3$ มาก และสารบางชนิดยังไม่สามารถตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิต

นี้ได้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาสารที่สามารถตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตได้และมีราคาถูก

จากการศึกษาของ Brian Bolto, David Dixon, Rob Eldridge and Simon King [17] พบว่า สาร Bentonite มีสาร Al_2O_3 เป็นองค์ประกอบ เมื่อละลายน้ำแล้วจะให้ไอออนของ Al^{3+} หรือ $Al(OH)_3$ ขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับสารที่ได้จากการละลายของ $Al_2(SO_4)_3$ โดยที่สาร Bentonite นี้มีน้ำหนักมากกว่า สาร $Al_2(SO_4)_3$ สามารถใช้เป็นสารตกตะกอนได้ และจากการศึกษาของ M.I. Badawy, M.E.M. Ali [18] พบได้สามารถใช้ Bentonite เป็นสารช่วยในการตกตะกอนได้ จึงคาดว่าสาร Bentonite นี้ จะสามารถตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตได้ ผู้วิจัยจึงได้นำสาร Bentonite มาทำการวิจัยเพื่อตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยวิธี โคแอกกูเลชัน

1.2.2 ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยวิธี SBR

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาชนิดและลักษณะน้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

1.3.2 ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยวิธี โคแอกกูเลชัน เช่น พีเอช, ชนิดและปริมาณสารตกตะกอน, ชนิดและปริมาณสารช่วยตกตะกอน, เวลา

1.3.3 ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยวิธี SBR เช่น หา F/M Ratio และระยะเวลาที่เติมอากาศที่เหมาะสม

1.3.4 ศึกษาลักษณะน้ำเสียหลังบำบัดด้วยสถานะที่เหมาะสมที่ได้จากงานวิจัย

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1.4.1 สามารถเข้าใจเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการ โคแอกกูเลชัน

1.4.2 สามารถเข้าใจเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธี SBR

1.4.3 สามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ให้ผ่านมาตรฐาน
คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จ.3 พ.ศ. 2539 [2]

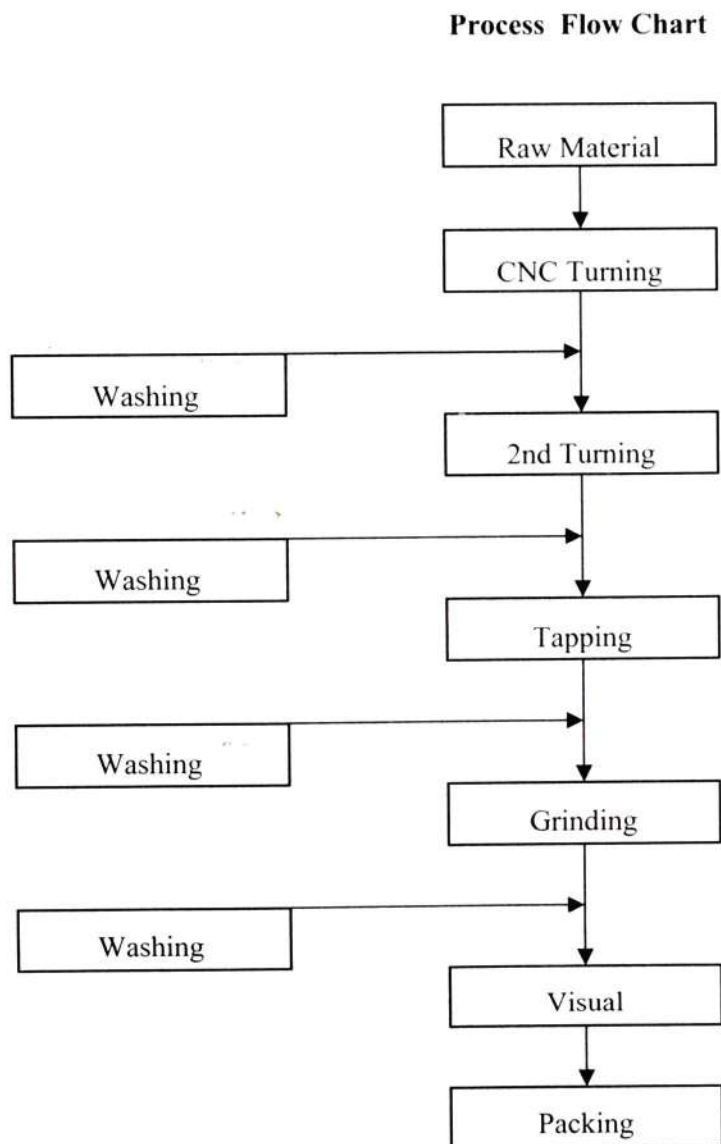
1.4.4 สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีลักษณะน้ำเสียใกล้เคียงกัน

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

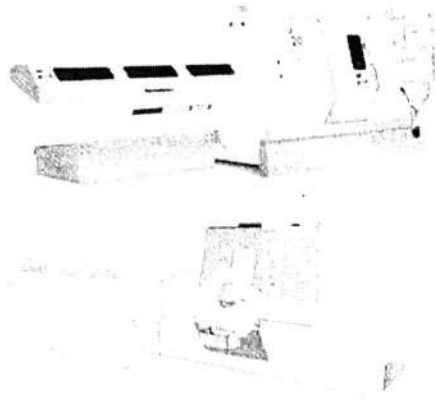
ภาพแบบขั้นตอนในการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่าย (ดูภาพที่ 2.1) ประกอบด้วย การเตรียมชิ้นงาน ซึ่งหมายถึง การตัดตกแต่งชิ้นงานจนได้ขนาด ภาพร่าง และลักษณะตามความต้องการ จากนั้นชิ้นงานจะถูกทำความสะอาดเพื่อขจัดคราบไขมัน โดยใช้สารตริงผิว (Surfactant) แล้วบรรจุส่งขาย [14]



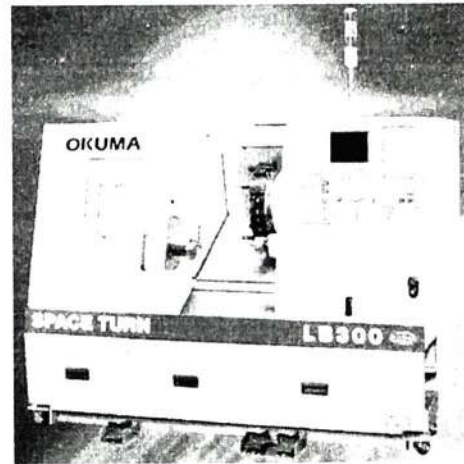
ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่าย
(ของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จ.พระนครศรีอยุธยา)

2.1.1 CNC Turning

เป็นกระบวนการที่ทำการขึ้นภาพชิ้นงาน โดยวิธีการขจัดวัสดุออก (Material Removal) จากชิ้นงาน ซึ่งใช้กรรมวิธีต่างๆ เช่น การกลึง (Turning - เทิร์นนิ่ง) การเจาะ (Drilling - ดริลลิ่ง) การกัด (Milling - มิลลิ่ง) และการตัด (Cutting - คัตติง) โดยอาศัยโปรแกรมเอ็นซี (NC Program) ควบคุมการทำงานของเครื่องเพื่อให้ได้ภาพทรงชิ้นงานตามความต้องการ (ภาพที่ 2.2 - 2.3)



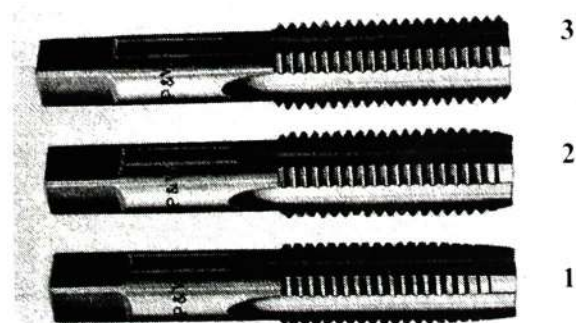
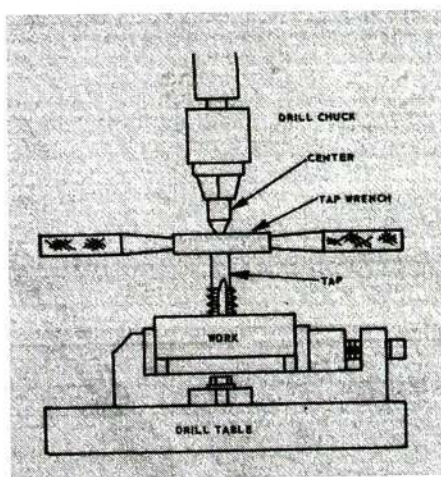
ภาพที่ 2.2 เครื่องจักรกลซีเอ็นซี [14]



ภาพที่ 2.3 เครื่องกลึงซีเอ็นซี [14]

2.1.2 งานทำเกลียวใน (Tapping)

การทำเกลียวใน (Internal Thread) บนเครื่องเจาะสามารถทำได้ด้วยมือและด้วยอุปกรณ์พิเศษทำเกลียวใน (Tapping Attachment) หรือวิธีการอื่นๆ [9] (ดูภาพที่ 2.4)

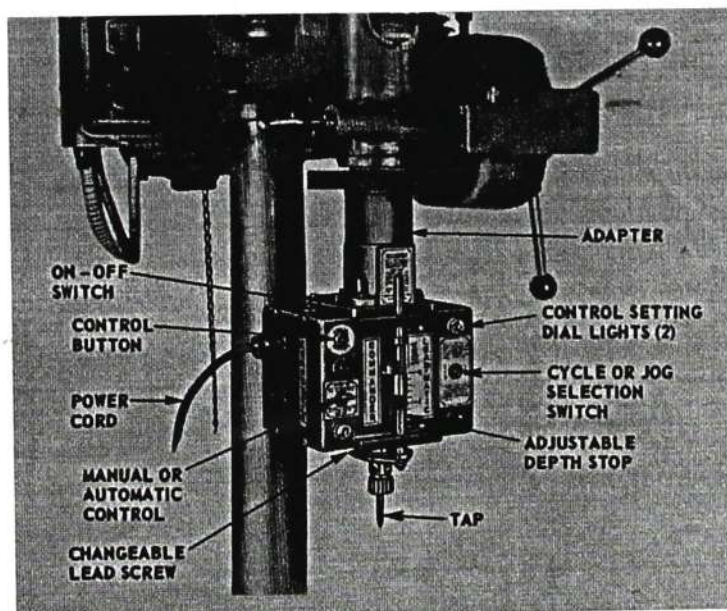


SET OF STANDARD HAND TAPS

ภาพที่ 2.4 การทำเกลียวในด้วยมือบนเครื่องเจาะ [9]

การทำเกลียวในด้วยมือบนเครื่องเจาะมีเทคนิคการปฏิบัติงานดังนี้

1. เจาะรูสำหรับทำเกลียวใน (ค่าประมาณขนาดดอกสว่านเจาะรูเท่ากับระยะพิท (Pitch) ลบด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางโตสุดของเกลียว (Outside Diameter))
2. จับชั้นศูนย์ (Center) ที่มีปลายเรียวเป็นมุม 60 องศา ด้วยหัวจับดอกสว่าน
3. วางดอกทำเกลียวใน (Tap) ดอกที่หนึ่งบนรูเจาะ แล้วให้ชั้นศูนย์กดตรวจจุดศูนย์กลางของดอกทำเกลียวใน ระวังต้องให้ดอกทำเกลียวในตั้งฉากกับงาน
4. การป้อนดอกทำเกลียวใน โดยป้อนแขนกดของเครื่องเจาะพร้อมกับหมุนด้ามจับ (Tap Wrench) ดอกทำเกลียวในเพื่อให้ดอกทำเกลียวในกินงาน ห้ามป้อนดอกทำเกลียวในกินงาน โดยการเปิดสวิตซ์เครื่องเจาะ เพราะดอกทำเกลียวในจะหมุนกินงานอย่างรวดเร็ว ทำให้เกลียวในและดอกทำเกลียวเสียหายได้
5. ขณะหมุนกินงานให้ใช้น้ำมันตัด (Cutting Oil) หล่อลื่นด้วย สำหรับการทำเกลียวใน โดยใช้กำลังจากเครื่องเจาะจะใช้อุปกรณ์พิเศษ (ดูภาพที่ 2.5) โดยที่ดอกทำเกลียวจะหมุนกินงาน ด้วยความเร็วหนึ่งในสามของความเร็วของดอกสว่าน เมื่อป้อนกินไปถึงความลึกที่กำหนดดอกทำเกลียวในจะหมุนกลับและถอยขึ้นเองโดยอัตโนมัติ



ภาพที่ 2.5 อุปกรณ์พิเศษทำเกลียวใน (Tapping Attachment) ติดตั้งบนเครื่องเจาะ [9]

2.1.3 งานขัดเรียบ งานเจียรระไนและงานคว้านรู (Polishing , Grinding and Boring)

งานของเครื่องเจาะนอกจากจะใช้เจาะรูงานตามที่กล่าวมาแล้วยังสามารถใช้อุปกรณ์อื่น ๆ มาประกอบเพื่อทำงานอื่นๆ ได้อีกด้วย เช่น

1. งานขัดเรียบ (Polishing) โดยใช้ล้อขัด (Buffing Wheel) ซึ่งจับด้วยหัวจับและงานที่ต้องขัดจะจับด้วยมือ แล้วเลื่อนไปมาในตำแหน่งที่ต้องการขัดอาจใช้ยาขัดช่วยจะทำให้ผิวงานเรียบและเป็นเงายิ่งขึ้น ทั้งนี้ต้องสวมถุงมือและสวมแว่นตานิรภัยด้วยขณะปฏิบัติงาน
2. งานเจียรระไน (Grinding) โดยใช้ล้อหินเจียรระไน (Grinding Wheel) เช่น แบบถ้วย (Cup) จับด้วยหัวจับ สำหรับชิ้นงานจะจับด้วยปากกาหรือจับยึดบนโต๊ะงาน ล้อหินต้องหมุนด้วยความเร็วรอบสูง ดังนั้นต้องสวมแว่นตานิรภัยและระมัดระวังในการทำงานเป็นอย่างมาก การเจียรระไนบนเครื่องเจาะมักจะทำการเจียรระไนงานง่ายๆ เช่น เจียรระไนผิวราบ (Surface Grinding) หรือเจียรระไนงานเฉพาะ เป็นต้น
3. งานคว้านรู (Boring) การคว้านรูบนเครื่องเจาะเป็นงานคว้านรูเพื่อให้มีขนาดรูโตกว่าขนาดของดอกสว่านหรือตามขนาดรูที่ต้องการ โดยใช้ชุดหัวคว้าน (Offset Boring Head) จับยึดโดยตรงที่เพลาเครื่องเจาะ ส่วนงานจะจับที่ปากกาหรือจับยึดกับโต๊ะงานอย่างมั่นคงใช้ความเร็วรอบตามปกติและมีการหล่อเย็นขณะคว้านรูด้วย

2.2 การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

น้ำเสียจาก โรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater) [2] หมายถึง น้ำเสียจากกระบวนการต่างๆ ของโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงมีความแตกต่างกัน ทั้งในด้านองค์ประกอบและปริมาณ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ จะใช้วัตถุดิบใดในกระบวนการผลิต ตลอดจนกระบวนการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยออกจากโรงงาน

2.2.1 ความจำเป็นของการกำจัดน้ำเสีย

วัตถุประสงค์ในการกำจัดน้ำเสีย มีดังนี้

1. รักษาไว้ซึ่งแหล่งน้ำสำหรับการประปา
2. ป้องกันเชื้อโรค
3. ป้องกันความสกปรกโสโครก
4. รักษาไว้ซึ่งแหล่งน้ำอันเป็นที่อยู่อาศัย และเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ

5. รักษาไว้ซึ่งแหล่งน้ำที่ใช้อาบและพักผ่อนหย่อนใจ
6. สงวนลำน้ำสำหรับอุตสาหกรรมและการเกษตรกรรม
7. ป้องกันการตกตะกอนซึ่งจะส่งผลให้ลำน้ำตื้นเขิน

2.2.2 องค์ประกอบของน้ำเสีย

น้ำเสียจะต้องประกอบไปด้วยมวลสารประเภทใดประเภทหนึ่งหรือหลายประเภทดังต่อไปนี้

1. สารอินทรีย์ซึ่งวัดอยู่ในภาพของ บีโอดี (BOD) หรือซีโอดี (COD)
2. สารอนินทรีย์ เช่น สารประกอบแคลเซียม และแมกนีสิส เป็นต้น
3. โลหะหนักและสารพิษอื่นๆ เช่น สารปรอท ตะกั่ว และยาฆ่าแมลง เป็นต้น
4. น้ำมันและไขมัน รวมทั้งสารลอยน้ำประเภทอื่นๆ
5. ความร้อนในกรณีที่อุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้ระดับออกซิเจนสูงสุดที่มีอยู่ในน้ำลดลง
6. ปริมาณของแข็ง ได้แก่ สิ่งสกปรกต่างๆ ที่อยู่ในภาพของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ และอยู่ในภาพของตะกอนแขวนลอย
7. สีและความขุ่น ทำให้แหล่งน้ำมีสีไม่น่าดูและสกปรก
8. กรดและเบส จะมีอิทธิพลทำให้พีเอชของน้ำเปลี่ยนไป
9. จุลชีพ ซึ่งเป็นพวกแบคทีเรียหรือเชื้อโรค
10. สารประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นปุ๋ยของพืชน้ำ เป็นต้น

2.2.3 ลักษณะของน้ำเสีย

ลักษณะของน้ำเสีย [16] แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

- ลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics of Wastewater)
- ลักษณะทางเคมี (Chemical Characteristics of Wastewater)

2.2.3.1 ลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics of Wastewater)

ลักษณะทางกายภาพของน้ำเสีย จะประกอบไปด้วยปริมาณของแข็งทั้งหมด สี กลิ่น อุณหภูมิ ความขุ่น ฯลฯ ซึ่งแต่ละลักษณะจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เพื่อช่วยให้สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำเสียอย่างคร่าวๆ ได้ ลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียมีดังนี้

1. ปริมาณของแข็ง

ของแข็ง คือ สารเจือปนในน้ำที่เหลืออกอยู่ เมื่อระบายออกจนหมด สิ่งเจือปนเหล่านี้เป็นของแข็งที่มีสารอนินทรีย์ และสารอินทรีย์ ซึ่งอาจละลายน้ำได้หรือไม่ก็ตาม ปริมาณของแข็งในน้ำอาจแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทดังนี้

- ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid) ส่วนใหญ่จะใช้ค่านี้เป็นประโยชน์น้อย แต่ก็สามารถนำมาใช้ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียได้ โดยจะใช้ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของน้ำเสียว่าสูงหรือต่ำ ซึ่งจะนำไปใช้ในการเลือกวิธีการกำจัดความกระด้างของน้ำเสีย

- ปริมาณของแข็งที่แขวนลอย (Suspended Solids) เป็นของแข็งที่สามารถมองเห็นได้ และแขวนลอยอยู่ในน้ำ โดยมากใช้เป็นตัวบ่งบอกความสกปรกของน้ำเสีย และยังใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียอีกด้วย

- ของแข็งตกตะกอน (Settleable Solids) ใช้ในการบ่งบอกความสกปรกของน้ำได้อย่างหนึ่ง และใช้ในการบอกปริมาณกากตะกอนที่ถูกจำกัดโดยถังตกตะกอน นอกจากนี้ยังสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของถังตกตะกอนด้วย

- ของแข็งระเหย (Volatile Solids) ใช้ในการบ่งบอกถึงปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้

2. ความขุ่น

ความขุ่นหรือสารแขวนลอยที่ลอยอยู่ในน้ำ จะเป็นตัวกั้นหรือขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงไปได้น้ำได้ร้อยละ 100 ความขุ่นไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยมากนัก แต่จะทำให้ไม่ชวนใช้หรือดื่ม มีผลต่อระบบการกรอง ยิ่งมีความขุ่นมาก ยิ่งจะทำให้ยากต่อการกรองน้ำ ทำให้เครื่องกรองอุดตันและเสียเร็ว และยังมีผลต่อระบบการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน คือ ต้องใช้คลอรีนในปริมาณที่มากกว่าปกติที่เคยใช้

3. สี

สีของน้ำมักเกิดจากสารละลายน้ำตามธรรมชาติ เช่น ถ้าน้ำมีปริมาณเหล็กสูงมาก มักมีสีเหลืองอ่อน บางครั้งมีอินทรีย์วัตถุที่เกิดจากสารละลายของพืช ทำให้น้ำมีสีน้ำตาลปนแดง ผลเสียของสีในน้ำมีดังนี้

- กั้นขวางแสงแดดไม่ให้ส่องถึงได้น้ำ เป็นสาเหตุให้ลดการสังเคราะห์แสง

- สีส่วนใหญ่แล้วเกิดจากสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ (Dissolved) และอนุภาคที่ทำให้เกิดความขุ่น ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้จะให้ออกซิเจนในน้ำ สีของน้ำไม่สามารถบอกผลกระทบต่อสุขภาพได้โดยตรง แต่จะบอกได้ถึงประเภทที่เจือปนอยู่ในน้ำเท่านั้น

4. กลิ่น

กลิ่นจากน้ำเสียส่วนมากมาจากแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย แก๊สส่วนใหญ่แล้วจะเกิดจากจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน ได้ทำการเปลี่ยนสภาพของเสีย ซัลเฟตเป็นซัลไฟด์ ส่วนกลิ่นของน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ก็อาจมีความแตกต่างกัน ออกไปขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต และวัตถุดิบที่ใช้ การกำจัดกลิ่นในน้ำเสีย อาจจะใช้สารเคมี ที่สามารถออกซิไดซ์สารที่ทำให้เกิดกลิ่นได้

5. อุณหภูมิ

น้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ และเมื่อ ปล่อยทิ้งลงไปแม่น้ำ ลำคลอง จะทำให้สิ่งแวดล้อมของแม่น้ำลำคลองนั้นๆ เปลี่ยนไปได้ดังนี้

- น้ำในแหล่งน้ำ จะมีปริมาณของออกซิเจนน้อยลงกว่าปกติ เพราะว่าค่าอิ่มตัวของ ออกซิเจนในน้ำจะลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
- เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปฏิกริยาของพวกจุลินทรีย์ก็จะสูงตามขึ้นด้วย ซึ่งหมายความว่า ออกซิเจนในน้ำถูกนำไปใช้เพิ่มมากขึ้น เช่น ในฤดูร้อน น้ำในแม่น้ำจะมีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่า ในฤดูหนาว
- เมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าปกติ การเจริญเติบโตของพืชที่ไม่ต้องการในน้ำจะมีมากกว่า ปกติหรืออาจเกิดราขึ้นในน้ำ

6. รส

รสชาติของน้ำจะเปลี่ยนไป อันเนื่องมาจากสารละลายในน้ำ เช่น ถ้ามีเบสละลายอยู่สูง หรือมีความกระด้างมาก ก็จะทำให้มีรสฝืด ถ้ามีเกลือคลอไรด์จะทำให้น้ำมีรสกร่อยหรือเค็ม

2.2.3.2 ลักษณะทางเคมีของน้ำเสีย (Chemical Characteristics of Wastewater)

ลักษณะของน้ำเสียทางเคมีจะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งมี รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สารอินทรีย์

ส่วนประกอบที่สำคัญของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน คือ พวกไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ก็อาจจะมีผงซักฟอกและสารต่าง ๆ เหล่านี้ ขึ้นอยู่กับว่า มีปริมาณ มากน้อยเท่าใดในน้ำเสีย ซึ่งอาจจะทำให้น้ำเสียมากขึ้นได้ สารอินทรีย์จะเป็นสารอาหารให้กับจุล ชีพที่ดำรงชีวิตอยู่ในน้ำ ซึ่งมันจะย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยใช้กระบวนการใช้ออกซิเจน ซึ่งแทรก ตัวจากบรรยากาศสู่น้ำ จุลชีพจะขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว จนถึงจุดๆ หนึ่งที่ระดับออกซิเจน

ไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลชีพ ก็จะทำให้น้ำขาดออกซิเจน พวกสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ จะขาดอากาศหายใจตาย ส่งผลเสียแก่ลำน้ำมากขึ้นไปอีก

ออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen ; DO) สารละลายอินทรีย์เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ ที่สำคัญอย่างหนึ่ง เพราะออกซิเจนเป็นธาตุที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และป้องกันไม่ให้น้ำเน่าเหม็น ออกซิเจนละลายในน้ำ จากอากาศที่สัมผัสกับผิวน้ำจนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัวอุณหภูมินั้น อยู่ที่ 0 องศาเซลเซียส จะมีออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ประมาณ 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนนี้ จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และถ้าความดันบรรยากาศสูง ออกซิเจนก็จะละลายน้ำได้มากขึ้น

ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand ; BOD) ค่าบีโอดีแสดงถึงความต้องการออกซิเจนของน้ำ ที่หาได้โดยกระบวนการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องใช้ คือ ปริมาณ บีโอดี นั้นเอง

ประโยชน์ของค่า บีโอดี

- ใช้ในการประมาณค่าออกซิเจนที่ต้องการในการควบคุม และลดปริมาณ หรือบำบัดสารอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดปัญหา
- ใช้ในการกำหนดขนาดระดับของระบบบำบัดน้ำเสีย
- ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย
- ใช้ในการควบคุมความสกปรกของแหล่งน้ำ

ค่า $[BOD]_5^{20}$ คือ จำนวนออกซิเจนที่ถูกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic) โดยจุลินทรีย์ในช่วง 5 วัน ณ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ค่าบีโอดีนี้จะเป็นค่าที่นิยมใช้กันมากในการแสดงถึงความสกปรกมากน้อยเพียงใดของน้ำเสีย

ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand ; COD) ค่าซีโอดีแสดงถึงค่าความต้องการออกซิเจนของน้ำทิ้ง ที่หาได้จากวิธีการทางเคมี ดังนั้นค่าซีโอดีจึงแสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำทิ้ง ทั้งที่เป็นจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายได้และไม่ได้ โดยปกติค่าซีโอดีจะมีค่าสูงกว่าค่าบีโอดีเสมอ ซีโอดีเป็นค่าพารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งที่น่ามาใช้เพื่อบ่งบอกถึงความสกปรกหรือสารอินทรีย์ในน้ำ โดยอาศัยหลักการที่ว่า สารอินทรีย์เกือบทั้งหมดจะสามารถถูกออกซิไดซ์โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรงภายใต้สภาวะที่เป็นกรดและความร้อน

ประโยชน์ของการหาค่าซีโอดีที่มีเหนือกว่าค่าบีโอดี ก็คือ เวลาของการทดลองค่าซีโอดี จะใช้ประมาณ 3 ชั่วโมง แต่สำหรับค่าบีโอดีจะต้องใช้เวลาถึง 5 วันจึงจะทราบผล ดังนั้นการวัดค่าซีโอดีจึงนิยมใช้กันมากในการควบคุมระบบน้ำเสียโดยทั่วไป

น้ำมัน และไขมัน (Fats, Oil and Grease, FOG) เป็นการตรวจวัดกลุ่มน้ำมัน หรือ ไขมันที่มีสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกัน เป็นการตรวจวัดไฮโดรคาร์บอนซึ่งละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic Solvent) เช่น ปิโตรเลียม, อีเทอร์, เฮกเซน และฟริออน (Trichlorotrifluoroethane) และไม่ระเหยที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส และถ้าเป็นน้ำมันที่มีการระเหยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 85 องศาเซลเซียส ก็จะไม่รวมอยู่ในภาพของน้ำมัน และไขมัน ซึ่งการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์น้ำมัน และไขมัน ต้องเก็บด้วยขวดแก้วปากกว้าง ล้างให้สะอาด ควรเก็บแยกไว้เฉพาะของน้ำมัน และไขมัน อย่างเดียว แล้วเติมกรดซัลฟิวริก 1:1 หรือกรดไฮโดรคลอริก 1:1 จนมีพีเอชต่ำกว่า 2

2. สารอินทรีย์

สารอินทรีย์เป็นสารที่มีอยู่ในน้ำเสียโดยทั่วไป ซึ่งจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเสียนั้นๆ สารอินทรีย์บางชนิดก็จำเป็นที่จะต้องมีในน้ำเสียบ้าง เพื่อช่วยให้กระบวนการบำบัดน้ำเสียเป็นไปด้วยดี แต่บางชนิดก็ไม่ควรมีในน้ำเสียเพราะจะทำให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลายได้ สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียมียังต่อไปนี้

ความเป็นกรด - เบส ค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนเป็นค่าที่สำคัญค่าหนึ่งในน้ำเสียทั่วไป ค่านี้จะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำว่าจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือไม่ ค่าพีเอชมีค่าตั้งแต่ 0 - 14 ค่าที่ต่ำกว่า 7 หมายถึง มีความเป็นกรด ถ้าสูงกว่า 7 จนถึง 14 มีค่าเป็นเบส แต่ถ้ามีค่า 7 พอดี แสดงว่ามีความเป็นกลาง การวัดค่าพีเอชนี้ส่วนมากจะนิยมใช้ เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH meter) ในการวัดค่า ซึ่งจะสะดวกและรวดเร็วมาก

คลอไรด์ (Chlorides) น้ำในธรรมชาติจะมีสารคลอไรด์ผสมอยู่ด้วยเสมอ เนื่องจากสารคลอไรด์จะมาตามดิน หินต่างๆ ที่น้ำไหลผ่าน คลอไรด์ไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัย เพียงแต่จะทำให้ น้ำมีรสกร่อยเท่านั้น ค่าความเข้มข้นของคลอไรด์ในน้ำเสียสามารถบ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำเสียได้ว่ามีค่ามากน้อยเพียงใด

ไนโตรเจน (Nitrogen) เป็นธาตุที่มีความจำเป็นและมีความสำคัญต่อระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำ เพราะเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์หลายชนิด ที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของพืชและพวกจุลินทรีย์ต่างๆ ดังนั้นในกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยชีววิทยา จำเป็นจะต้องมีไนโตรเจนพอเพียงในน้ำเสีย แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปในแม่น้ำลำคลอง ก็จะทำให้เกิดปัญหาขึ้นคือ จะมีการเจริญเติบโตของสาหร่ายมากในแม่น้ำ จึงจำเป็นต้องควบคุมปริมาณของไนโตรเจนในน้ำให้เหมาะสม

ฟอสฟอรัส (Phosphorus) เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพวกจุลินทรีย์ เช่นเดียวกับไนโตรเจน และเช่นเดียวกัน ถ้ามีฟอสฟอรัสมากเกินไปในแหล่งน้ำ ก็จะทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตมาก ซึ่งจะทำให้สิ่งแวดล้อมในแม่น้ำนั้นเสื่อมสภาพไปได้ ฟอสฟอรัสที่พบในน้ำมีอยู่

หลายภาพแบบ เช่น สารอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (Inorganic Phosphorus), โพลีฟอสฟอรัส และ สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส (Organic Phosphorus) ในการบำบัดน้ำเสียโดยทั่วๆ ไป ทั้งโพลีฟอสฟอรัส และสารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส (Organic Phosphorus) จะถูกเปลี่ยนสภาพ ไปเป็นสารประกอบอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (Inorganic Phosphorus) ทำให้สารประกอบดังกล่าว มีปริมาณมากกว่าในบรรดาฟอสฟอรัสด้วยกัน

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำ จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

1. ขนาดของแหล่งน้ำ ถ้าแหล่งน้ำมีขนาดใหญ่ มีปริมาณมาก ก็มีโอกาที่ฟอสฟอรัส จะเจือจางก็มีมาก

2. ลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งน้ำ ถ้าแหล่งน้ำตั้งอยู่ในเขตที่มีหินฟอสเฟต ก็จะทำให้ น้ำมีความเข้มข้นปริมาณฟอสเฟตสูง

3. ระยะห่างจากแหล่งน้ำโสโครก ถ้าแหล่งน้ำตั้งอยู่ใกล้แหล่งดังกล่าว น้ำสิ้นผิวดินอาจ นำฟอสฟอรัสลงมาในน้ำในแหล่งน้ำได้มาก ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสก็จะสูงขึ้น

4. ความสามารถในการย่อยสลายฟอสเฟตอินทรีย์ในแหล่งน้ำซึ่งอาจทำให้มีการตกตะกอนของฟอสฟอรัสออกไปจากน้ำได้

ซัลเฟอร์ (Sulfur) เป็นสารที่มีอยู่ในน้ำประปาและน้ำเสียทั่วๆ ไป เกิดจากเกลือในธรรมชาติ ทำให้น้ำกระด้างถาวรเกิดเป็นตะกอนในหม้อต้ม ซัลเฟอร์ไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยแต่อย่างใด

โลหะหนัก (Heavy Metals) เป็นธาตุที่พบได้ในน้ำทั่วๆ ไป ธาตุบางชนิดก็เป็นธาตุที่จำเป็น สำหรับช่วยให้มีการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ซึ่งถ้าหากขาดธาตุเหล่านี้ไป อาจทำให้พวกแบคทีเรีย ไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร แต่ถ้ามีธาตุโลหะหนักมากเกินไป ก็จะทำให้เป็นพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลายได้

โลหะหนักเหล่านี้ อาจเกิดขึ้นจากธรรมชาติ หรือเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ทั่วๆ ที่ เราทราบว่ามันเป็นอันตราย แต่ก็ยังจำเป็นต้องใช้ประโยชน์จากมันในหลายๆ อย่าง ทั้งในการ ดำเนินชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม มีการทดลองพบว่าสารโลหะหนักที่อาจทำให้เกิดมะเร็ง ได้ คือ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล และเซลเนียม ส่วนสารโลหะหนักที่สร้างปัญหาให้แก่ชุมชน และสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ปรอท และตะกั่ว ถัดไปก็คือ แคดเมียม และนิกเกิล

สารโลหะหนักเหล่านี้ ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม นิกเกิล โครเมียม เหล็ก ทองแดง ดีบุก สังกะสี ฯลฯ โลหะเหล่านี้จะถูกขจัดทิ้งทางน้ำเสีย ซึ่งเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหลัก

2.2.4 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย [13, 7] หมายถึง การทำให้น้ำเสียมีคุณภาพดีขึ้น และสามารถที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

การบำบัดน้ำเสีย เป็นการลดมวลสารที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีปริมาณต่ำลงพอที่จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำ การบำบัดน้ำเสียอาจทำได้โดยใช้กระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

ก. กระบวนการบำบัดทางกายภาพหรือทางฟิสิกส์ (Physical Treatment)

กระบวนการบำบัดทางกายภาพส่วนใหญ่จะใช้ร่วมกับกระบวนการอื่นๆ เพราะไม่อาจจะทำให้คุณภาพน้ำที่ผ่านกระบวนการนี้ต่ำจนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งได้ ซึ่งกระบวนการหลักๆ มีดังนี้

การแยกด้วยตะแกรง (Screening) ตะแกรงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แยกของขนาดใหญ่ที่ไหลมากับน้ำเสีย เช่น ถูพลาสติก, เศษกระดาษ, เศษไม้ ฯลฯ เพื่อป้องกันมิให้เศษวัสดุเหล่านั้นไปทำความเสียหายต่อปั๊มน้ำเสีย ระบบกวาดตะกอน หรืออาจไปติดค้างในเวิร์กน้ำล้น ท่อ วาล์วได้

การแยกเศษวัสดุที่มีความถ่วงจำเพาะสูง (Grit Removal) คือ เศษวัสดุที่ไหลปะปนมากับน้ำเสีย และมีความถ่วงจำเพาะสูง เช่น ทราย เศษกระดูก เปลือกไข่ ผงกาแฟ เป็นต้น การแยกเศษวัสดุ จะใช้ถังตกตะกอนแบบหนึ่งที่ออกแบบเพื่อให้เศษวัสดุที่ปะปนมาในน้ำเสีย โดยเฉพาะน้ำเสียชุมชน เศษวัสดุเหล่านั้นจะทำให้เกิดการสึกหรอในปั๊มน้ำและอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสีย ตำแหน่งของถังตกตะกอนนิยมให้อยู่ถัดไปจากบ่อตะกอน

การตกตะกอน (Sedimentation) เป็นกระบวนการทางกายภาพที่ใช้แยกของแข็งโดยการตกตะกอนออกจากน้ำเสีย ถังตกตะกอนนับเป็นหน่วยบำบัดที่ถูกละเลยอย่างแพร่หลายในระบบการบำบัดน้ำเสีย บางครั้งเราจะใช้ถังตกตะกอนร่วมกับกระบวนการทำให้ตกตะกอน (Coagulation) และทำให้ลอย (Flotation) หรือการบำบัดโลหะหนัก เราจะให้ถังตกตะกอนทำร่วมกับกระบวนการทำให้ตกตะกอนด้วยกรรมวิธีทางเคมี

การทำให้ลอย (Flotation) เป็นกระบวนการที่ใช้แยกของแข็งที่แขวนลอย เช่น น้ำมัน ไขมัน ฯลฯ ออกจากน้ำ โดยการผสมน้ำกับฟองอากาศขนาดเล็ก เมื่อฟองอากาศลอยตัวขึ้นจะพาของแข็งแขวนลอยที่สัมผัสกับฟองอากาศนั้นขึ้นสู่ผิวน้ำ ระบบการทำให้ลอยนิยมใช้กับของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก มีความถ่วงจำเพาะต่ำ หรือใช้แยกพวกไขมัน น้ำมันต่างๆ มีใช้ในการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมบางแห่ง เช่น โรงกลั่นน้ำมัน, โรงผลิตน้ำมัน เป็นต้น

การกรอง (Filtration) เป็นกระบวนการที่ใช้แยกความขุ่น และของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำ โดยจะอยู่ที่ท้ายสุดของระบบบำบัดน้ำเสียนิยมใช้ในกรณีที่ต้องการน้ำทิ้งคุณภาพสูง หรือมีการ

หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ สำหรับตัวกลางที่ใช้ในการกรองนิยมใช้ทรายหรือถ่านแอนทราไซต์ (Anthracite) ร่วมกับทราย

การดูดติดผิว (Adsorption) โดยจะผ่านน้ำเข้าไปในถังกรองที่มีตัวกลางเป็นผงถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ซึ่งดูดเอาสารอินทรีย์ สี กลิ่น ฯลฯ ออกจากน้ำ กระบวนการนี้จะต้องใช้ต่อท้ายจากการกรองอีกที น้ำที่ได้จะมีคุณภาพดีมาก

ข. กระบวนการบำบัดทางชีววิทยา (Biological Treatment)

กระบวนการบำบัดทางชีววิทยา เป็นกระบวนการที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน หรือน้ำเสียอุตสาหกรรมที่มีสารอินทรีย์หรือค่าบีโอดีสูง จะต้องใช้กระบวนการเหล่านี้ ถ้าต้องการให้น้ำทิ้งมีคุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม หรือสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาจะอาศัยหลักการให้จุลินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ให้เปลี่ยนไปอยู่ในสภาพของวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายได้อีก และจุลินทรีย์ที่อยู่ในสภาพของแข็งแขวนลอย ดังนั้นต้องมีการใช้ถังตะกอนร่วมด้วย เพื่อแยกของแข็งแขวนลอยออกก่อนระบายน้ำเสียทิ้ง

ค. กระบวนการบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment)

น้ำเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ปกติจะมีสารอินทรีย์อยู่น้อย สิ่งเจือปนส่วนใหญ่จะเป็นสารอนินทรีย์ที่เป็นพวกสารเคมีและโลหะหนักต่างๆ เช่น คลอไรด์ ซัลเฟต ฟอสเฟต โซดาไฟ โซเดียม โครเมียม ฯลฯ สารเคมีบางชนิดในน้ำเสียแม้ว่าจะมีปริมาณเล็กน้อยก็จะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำในแหล่งน้ำที่ระบายน้ำเสียลงไป นอกจากนั้นยังอาจทำให้น้ำมีสี กลิ่น รส ผิดแปลกไปจากเดิม ซึ่งจะทำให้หน้าน้ำนั้นไม่เหมาะในการทำน้ำประปา นอกจากนั้นอาจทำให้เกิดการกัดกร่อน มีความกระด้างเพิ่มขึ้น และมีตะกอนเพิ่มขึ้นก็ได้ วิธีการทางเคมีที่ใช้กันมีอยู่ 3 วิธีใหญ่ๆ คือ

1. การทำให้เป็นกลาง (Neutralization)
2. การตกตะกอน (Precipitation)
3. การเติมและลดออกซิเจน (Oxidation and Reduction)

2.2.5 กระบวนการโคแอกกูเลชัน

โคแอกกูเลชัน หมายถึง การทำให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ รวมตัว และจับกันเป็นฟล็อก มี 2 ขั้นตอน ดังนี้

ก. ต้องทำลายเสถียรภาพ (Destabilization) ของคอลลอยด์ เช่น ลดแรงผลักระหว่างอนุภาค โดยทางใดทางหนึ่ง เป็นต้น

ข. ต้องทำให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ เคลื่อนที่มากระทบ หรือสัมผัสกันให้มากที่สุด (Transport of Colloidal Particles) เมื่ออนุภาคถูกทำลายเสถียรภาพแล้ว การสร้างโอกาสสัมผัสระหว่างอนุภาคย่อมเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าเดิม สิ่งที่เป็นความต้องการอีกอย่างหนึ่ง คือ เมื่ออนุภาคต่างๆ สัมผัสกันแล้ว ควรเกาะติดติดกันแน่นและหลุดออกจากกันได้น้อยที่สุด

ความสำคัญของทั้ง 2 ขั้นตอนมีเท่าเทียมกัน และต้องมีทั้ง 2 ขั้นตอนจึงจะเกิดกระบวนการโคแอกกูเลชันที่สมบูรณ์ ดังนั้นมักต้องอาศัยกระบวนการโคแอกกูเลชันและฟล็อกคูเลชันร่วมกัน

แรงที่กระทำต่ออนุภาค นอกจากแรงดึงดูดของโลกแล้ว ยังมีแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic) และแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกและไอออนลบ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวของอนุภาค ในกรณีที่อนุภาคมีขนาดเล็กมาก ดังนั้นจึงต้องใส่สารสร้างตะกอนลงไป เพื่อทำลายเสถียรภาพ ทำให้อนุภาคสามารถสัมผัส และรวมตัวกันเป็นก้อนขึ้นมาได้

กลไกการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ สามารถกระทำได้โดยอาศัยกลไก 4 แบบ คือ

1. การลดความหนาของชั้นกระจาย (Diffuse Layer) กระทำโดยการเพิ่มจำนวนของไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาค ผลที่เกิดขึ้น คือ ชั้นกระจายมีความหนาลดลง และทำให้ซีตาโพเทนเชียลลดลงตามไปด้วย เนื่องจากมีประจุบวกเข้าไปออกันอยู่ใกล้ผิวของอนุภาค คอลลอยด์เพิ่มขึ้น ทำให้อำนาจของประจุลบของอนุภาค ไม่สามารถส่งออกไปได้ไกลเท่าเดิม

2. การดูดติดและทำลายประจุไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์ (Adsorption Charge Neutralization) กระทำโดยการเติมสารเคมีที่มีประจุไฟฟ้าตรงกันข้ามกับประจุอนุภาคของคอลลอยด์ การดูดติดจะมีผลในการลดอำนาจศักย์ไฟฟ้าและทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์

3. การใช้ผลึกสารอินทรีย์เพิ่มน้ำหนัก และขนาดของอนุภาคคอลลอยด์ (Sweep Coagulation) กระทำโดยการเติมสารประกอบเกลือของโลหะบางชนิดลงไป ในน้ำ ในปริมาณที่พอเพียง จะมีการตกผลึกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อนุภาคคอลลอยด์อาจเป็นแกนในของผลึกดังกล่าว เพื่อทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่หรืออาจจับตัวรวมกับผลึก ลักษณะที่เกิดขึ้นดังกล่าวนี้ อาจถือว่าเป็นการเพิ่มขนาดหรือน้ำหนักให้กับอนุภาคคอลลอยด์นี้ สูญเสียเสถียรภาพ และสามารถตกตะกอนได้

4. การใช้สารพอลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อม (Polymer Bridging) สารประกอบตามธรรมชาติหลายชนิด เช่น แป้ง, เซลลูโลส, น้ำตาลบางชนิด และโปรตีนบางชนิด รวมทั้งสารอินทรีย์พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้น สามารถใช้เป็นโคแอกกูแลนต์ในการกำจัดคอลลอยด์ได้ สารเหล่านี้มักมีขนาดโมเลกุลใหญ่มาก ประจุไฟฟ้าประจำตัวอาจเป็นบวก ลบ หรือไม่มีประจุเลยก็ได้

5. ต้องทำให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ เคลื่อนที่มากระทบหรือสัมผัสกันให้มากที่สุด เมื่ออนุภาคถูกทำลายเสถียรภาพแล้ว การสร้างโอกาสสัมผัสระหว่างอนุภาคย่อมเกิดขึ้นได้ง่าย

กว่าเดิม สิ่งที่เป็นความต้องการอีกอย่างหนึ่ง คือ เมื่ออนุภาคต่างๆ สัมผัสกันแล้ว ควรเกาะติดกันแน่นและหลุดจากกันได้น้อยที่สุด [11, 12]

2.2.5.1 สารสร้างตะกอน (Coagulant)

การสร้างตะกอนที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่

1. สาร $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 630.7 เมื่อใส่สาร $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ ลงในน้ำ จะละลายตัวให้ Al^{3+} ดังสมการ



Al^{3+} จะสามารถดึงเอาประจุลบของอนุภาคคอลลอยด์ออกไปซึ่งจะทำให้อนุภาคอยู่ในสภาพที่ไร้ประจุและสามารถรวมตัวกันเป็นอนุภาคใหญ่ได้



นอกจากนี้เมื่อใส่สาร $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ ลงในน้ำที่มี Alkalinity จะเกิดปฏิกิริยาดังนี้



Aluminum Hydroxide Flocc, $\text{Al}(\text{OH})_3$ มีลักษณะคล้ายวุ้น จะไปรวมตัวกับอนุภาคอื่นที่มีประจุบวก ซึ่งสามารถไปดึงประจุลบของอนุภาคคอลลอยด์ออก ทำให้อนุภาคคอลลอยด์สามารถรวมตัวกันเป็นตะกอนใหญ่ได้ ทำให้น้ำใสได้ ดังสมการ



$\text{Al}(\text{OH})_3$ ที่เหลืออยู่สามารถทำปฏิกิริยากับอนุภาคลบอื่นๆ ได้เช่น ซัลเฟต

2. เบนโทไนต์ เป็นแร่ดินเหนียว (Clay Mineral) ในกลุ่มสเมกไทท์ (Smectie) ที่ประกอบด้วยมอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) เป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมาคือ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ไอร์รอน(III) ออกไซด์ (Fe_2O_3) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) มีสมบัติที่

สำคัญคือ มีความเหนียว และแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลสูง ใน 1 หน่วยประกอบด้วยแผ่นอะลูมินา 1 แผ่น และแผ่นซิลิกา 2 แผ่น ประกอบอยู่ โดยที่แต่ละ 1 หน่วยของมอนต์มอริลโลไนต์ยึดกันหลวม และมีน้ำแทรกระหว่างหน่วย แต่ละหน่วยจะเรียงต่อกันในแนวแกนคาร์บอน ซึ่งแนวแกนนี้สามารถขยายตัวได้ในช่วง 9.6 - 21.14 อังสตรอม ในชั้นออกทระซีดรอลอาจเกิดการแทนที่ของ Mg^{2+} , Fe^{2+} และไอออนอื่นๆ เข้าแทนที่ Al^{3+} และในชั้นซิลิกามี Al^{3+} เข้าแทนที่ Si^{4+} การเกิดการแทนที่ของส่วนประกอบต่างๆ จะทำให้เกิดสารที่แตกต่างกันขึ้นมากมาย จากองค์ประกอบนี้เอง ทำให้ดินเบนโทไนต์มีสมบัติในการดูดซับที่ดีและสามารถเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนได้ อย่างไรก็ตามสมบัติของดินก็ยังคงแตกต่างกันไปในเรื่องของความสามารถในการดูดซับ และความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของมอนต์มอริลโลไนต์ เช่น มอนต์มอริลโลไนต์ ที่มีไอออนโซเดียมแทนที่ อยู่ในโครงสร้างเป็นปริมาณมาก และมีสมบัติในการดูดซับน้ำและเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนกับสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่ามอนต์มอริลโลไนต์ที่มีไอออนแคลเซียมหรือโพแทสเซียมแทนที่ [4]

ในบางครั้งการใช้สารตกตะกอน (Coagulant) เพียงอย่างเดียวอาจได้ผลไม่ดีเท่าไร จึงมีการใช้สารช่วยตกตะกอน (Coagulant Aid) ช่วยในการตกตะกอน ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ หรือ สารอนินทรีย์ ก็ได้ ที่มีสมบัติช่วยในการทำงานของสารตกตะกอน

2.2.5.2 สารช่วยสร้างตะกอน (Coagulation Aid) หรือพอลิเมอร์

สามารถแบ่งได้กว้าง ๆ 2 ชนิด คือ

ก. พอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมีหลายชนิด เช่น เซลลูโลส (Cellulose) เจลาติน (Gelatin) และแป้ง (Starch)

ข. พอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ ในปี ค.ศ. 1979 ได้มีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ขึ้นอย่างสมบูรณ์ และนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง พอลิอะคริลาไมด์ ที่สร้างขึ้นจากมอนอเมอร์ที่รวมกันเป็นสายโซ่ยาว จำนวนโมเลกุลจะประกอบด้วยมวลโมเลกุลในปริมาณเป็นล้านหน่วย

องค์ประกอบและภาพแบบทางด้านกายภาพของพอลิเมอร์มีภาพร่างเป็น โซ่ยาว เป็นสารเคมีชนิดพิเศษ สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้อย่างสมบูรณ์จากมอนอเมอร์หลายๆ อันรวมกัน หรือสามารถทำได้จากการเพิ่มสารเคมีลงไปเพื่อเพิ่มหน้าที่ของมอนอเมอร์ ซึ่งเป็นตัวแบ่งประเภทของพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นมอนอเมอร์จึงเป็นส่วนประกอบหนึ่งของพอลิเมอร์ แขนของมอนอเมอร์ค่อนข้างกว้าง จึงใช้ในการสังเคราะห์สารอินทรีย์พอลิเมอร์ เช่น อะคริลาไมด์

สารอินทรีย์สังเคราะห์พอลิเมอร์สามารถแบ่งเป็นชนิดต่างๆ คือ

1. พอลิเมอร์ชนิดประจุบวก (Cationic Polymer) มีประจุบวกบนส่วนของสารอินทรีย์ระดับของประจุบนพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับจำนวนไอออนของหมู่ในโตรเจน มีประสิทธิภาพสูงในการปรับสภาพตะกอนซึ่งมีประจุลบ ตัวอย่างพอลิเมอร์ชนิดประจุบวก เช่น สารรวมตะกอนพอลิอะคริลาไมด์ชนิดประจุลบเตรียมได้โดยการเปลี่ยนแปลงภาพแบบสารเคมีพอลิเมอร์อะคริลาไมด์ชนิดไม่มีประจุหรือเป็นการรวมมอนอเมอร์ชนิดประจุบวกด้วยพอลิเมอร์อะคริลาไมด์ พอลิเมอร์ชนิดประจุบวก จะนิยมใช้ในงานปรับสภาพตะกอน เนื่องจากของแข็งในน้ำตะกอนสดนั้นมีประจุลบ

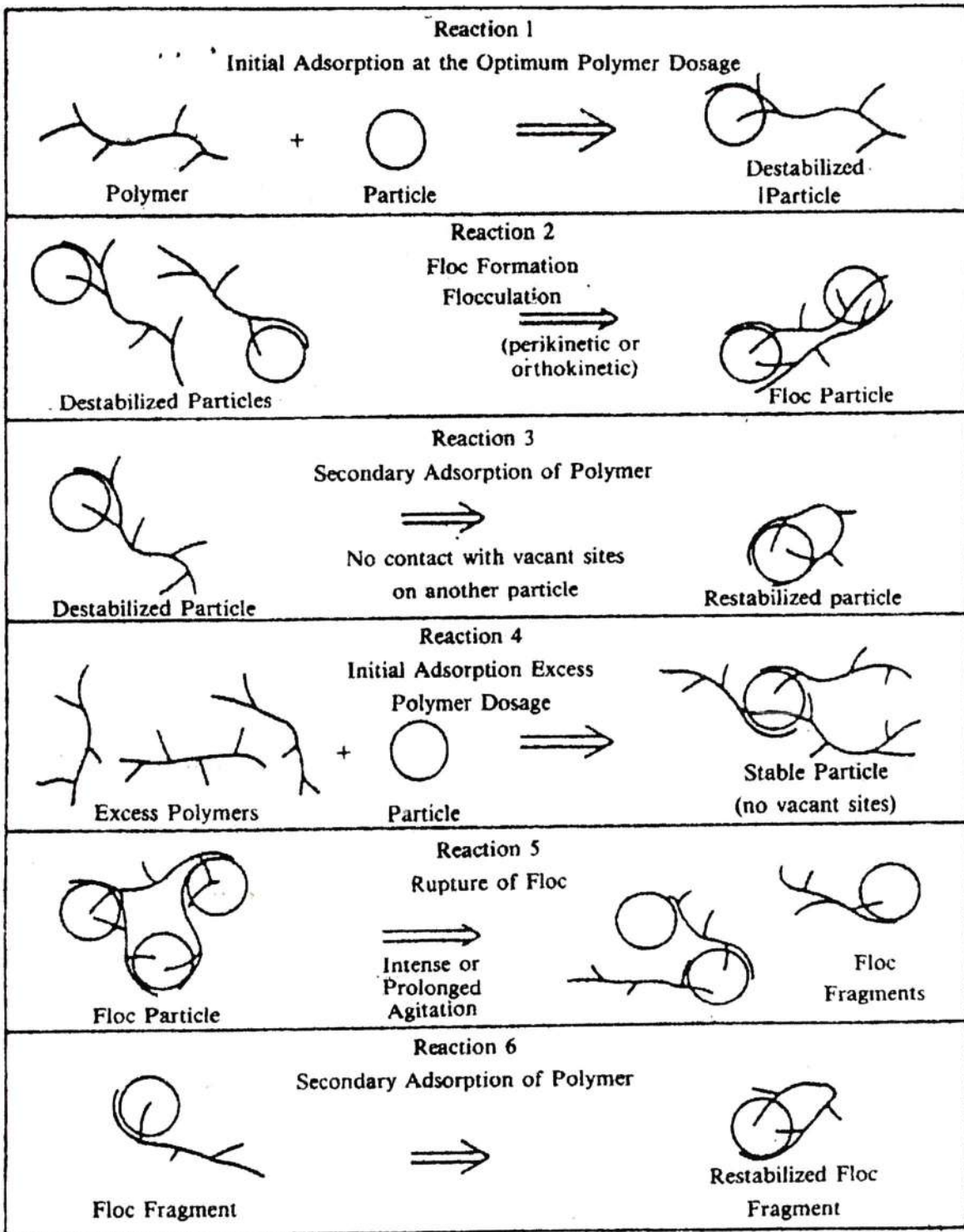
2. พอลิเมอร์ชนิดประจุลบ (Anionic Polymer) มีประจุลบบนส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ จำนวนประจุลบขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มของอะคริลาไมด์ที่ละลายอยู่ในกรดอะคริลิก ชนิดของพอลิเมอร์ชนิดประจุลบ เช่น กรดพอลิอะคริลาไมด์ (Poly Acryl Amide Acid, PAA) พอลิสไตรีนซัลเฟต (Polystyrene Sulfate, PSS) สารรวมตะกอนพอลิอะคริลาไมด์ชนิดประจุลบ มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ เมื่อละลายน้ำและทำให้เกิดหมู่แอมีน ($-NH_2$) หรือเกิดจากการรวมกลุ่มของมอนอเมอร์ชนิดประจุลบจนเป็นพอลิเมอร์อะคริลาไมด์

3. พอลิเมอร์ชนิดไม่มีประจุ (Nonionic Polymer) ไม่ละลายน้ำแต่มีประสิทธิภาพในการเชื่อมอนุภาคของตะกอนให้เกิดการรวมกลุ่มกันได้ดี ในทางปฏิบัติพอลิเมอร์ชนิดไม่มีประจุ อาจเกิดจากการรวมกันของสารอนินทรีย์พอลิเมอร์ (Inorganic Polymer) และสารอินทรีย์พอลิเมอร์ (Organic Polymer) ซึ่งจะเพิ่มความแข็งแรงของฟล็อก

โครงสร้างในภาพสารละลายของสารอินทรีย์พอลิเมอร์ เมื่อละลายน้ำจะเปลี่ยนเป็นสารละลาย ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามความหนืด ค่าความหนืด (Viscosity) ขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลและระดับของประจุไฟฟ้าที่การเจือจางมากๆ โมเลกุลจะยืดแขนออก เพราะว่าผลของการผลัดจึงทำให้เกิดการประชิดตามความยาวของสายพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นปกติ สายโซ่ที่ยาวของพอลิเมอร์ประจุลบ สันนิษฐานว่ามีภาพร่างคล้ายไส้ไก่ (ม้วนเป็นวง) อย่างไรก็ตามเนื่องจากความยาวของสายโมเลกุลของพอลิเมอร์ค่อนข้างยาว ดังนั้นจึงไม่สามารถบอกตัวเลขของสายพอลิเมอร์ได้ทั้งหมดเมื่อพอลิเมอร์ละลายน้ำ ซึ่งประมาณพอลิเมอร์ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีสายพอลิเมอร์ประมาณ 120 ล้านสายต่อน้ำ 1 ลิตร [11, 6]

ตามทฤษฎีในโมเลกุลของสารพอลิเมอร์สามารถเกาะติดบนอนุภาคคอลลอยด์ได้หลายตำแหน่งดังในปฏิกิริยาที่ 1 (รูปภาพที่ 2.6) การเกาะติดอาจเป็นผลเนื่องมาจากประจุที่ต่างกันของพอลิเมอร์และคอลลอยด์ อนุภาคที่มีพอลิเมอร์เกาะติดอยู่โดยมีปลายอิสระสำหรับเกาะบนอนุภาคอื่น ถือได้ว่าเป็นอนุภาคที่สูญเสียเสถียรภาพแล้ว (Destabilized Particle) อนุภาคดังกล่าวนี้สามารถจับตัวกับอนุภาคอื่นๆ โดยมีพอลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อมดังปฏิกิริยาที่ 2 (รูปภาพที่ 2.6) การต่อเชื่อม

พอลิเมอร์จะเกิดขึ้นได้ทราบเท่าที่มีพอลิเมอร์และตำแหน่งว่างบนผิวอนุภาค ถ้าปลายอิสระของพอลิเมอร์ไม่มีที่จะเกาะจับบนอนุภาคอื่น ปลายอิสระก็จะเกาะจับบนอนุภาคเดิมดังปฏิกิริยาที่ 3 (ดูภาพที่ 2.6) ทำให้เสียประโยชน์ 2 ประการ คือ ทำให้ไม่มีปลายอิสระไว้จับกุมอนุภาคอื่น และทำให้มีตำแหน่งว่างบนอนุภาคสำหรับยึดเกาะน้อยลง อนุภาคคอลลอยด์ที่ถูกพอลิเมอร์ยึดเกาะหลายตำแหน่งจนไม่มีปลายอิสระ และไม่มีที่ว่าง เรียกว่า อนุภาคที่มีเสถียรภาพกลับคืนมาใหม่ (Restabilized Particle) การใช้พอลิเมอร์มากเกินไปอาจก่อให้เกิดผลเสียได้ เพราะพอลิเมอร์หลายโมเลกุลจะไปเกาะอยู่บนอนุภาคคอลลอยด์ จนกระทั่งไม่มีที่ว่างบนอนุภาคสำหรับเป็นที่จับของปลายอิสระของพอลิเมอร์ ที่อยู่บนอนุภาคอื่นๆ ดังปฏิกิริยาที่ 4 (ดูภาพที่ 2.6) อนุภาคคอลลอยด์ที่เกิดขึ้นจึงเป็นแบบที่มีเสถียรภาพ การกวนน้ำแรงเกินไปหรือนานเกินไปก็ก่อผลเสียได้ เนื่องจากฟล็อกที่เกิดขึ้นแล้วแตกออกเป็นส่วนๆ ดังปฏิกิริยาที่ 5 (ดูภาพที่ 2.6) และอาจทำให้ปลายอิสระของพอลิเมอร์เกาะจับบนอนุภาคเดิมดังปฏิกิริยาที่ 6 (ดูภาพที่ 2.6) เสถียรภาพของคอลลอยด์จึงกลับคืนมาใหม่อีก



ภาพที่ 2.6 กลไกของการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์แบบต่อเชื่อมด้วยพอลิเมอร์ [11]

2.2.5.3 การสร้างสัมผัสระหว่างอนุภาคคอลลอยด์เพื่อให้เกิดฟล็อกกูเลชัน

ในกระบวนการ โคแอกกูเลชัน ขั้นแรกคือ การทำลายเสถียรภาพ ส่วนขั้นตอนต่อไป คือ การทำฟล็อกกูเลชัน ซึ่งทำให้อนุภาคต่างๆ เคลื่อนที่มาสัมผัสหรือกระทบกัน เรียกว่าการสร้างสัมผัสให้กับอนุภาคต่างๆ อนุภาคที่สัมผัสกันแล้วจะต้องเกาะติดกันจนเป็นกลุ่มหรือฟล็อกจึงถือว่า

เกิดฟล็อกคูเลชัน ถ้ามีการสัมผัสกันระหว่างอนุภาคแต่ไม่จับตัวกัน ก็ไม่ถือว่าเกิดฟล็อกคูเลชัน ซึ่งเป็นผลมาจากการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ยังไม่ได้ผลเท่าที่ควร ดังนั้นอนุภาคคอลลอยด์ที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วจะเกิดกระบวนการ โคแอกกูเลชัน ได้สมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับขั้นตอนในการทำให้อนุภาคเหล่านี้มาสัมผัสหรือกระทบกัน วิธีสร้างสัมผัสให้กระทบกับอนุภาคต่างๆ [11, 12] มีหลายวิธี ดังนี้

ก. ทำให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ เคลื่อนที่ไปมาในน้ำจนกว่าจะมีการสัมผัสกันเกิดขึ้น วิธีที่นิยมที่สุดคือ กวนน้ำให้เคลื่อนที่ในขณะที่ส่วนต่างๆ ของน้ำมีอัตราเร็วในการไหลแตกต่างกัน เป็นเหตุให้อนุภาคต่างๆ มีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากัน จึงมีการสัมผัสเกิดขึ้น การเคลื่อนที่ของน้ำต้องไม่รวดเร็วเกินไป เพราะอาจทำให้ฟล็อกที่เกิดขึ้นแล้วแตกและหลุดจากกันได้ วิธีนี้เป็นวิธีธรรมดาที่นิยมใช้กันทั่วไป ซึ่งอุปกรณ์ในการสร้างสัมผัสหรือฟล็อกคูเลชัน เรียกว่า ถังกวนช้า (อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำลายเสถียรภาพ เรียกว่า ถังกวนเร็ว) วิธีการสร้างสัมผัสแบบนี้มีชื่อทางเทคนิคว่า ออร์โธโคไเนติกฟล็อกคูเลชัน (Orthokinetic Flocculation) อนุภาคคอลลอยด์ที่มีฟล็อกคูเลชันแบบออร์โธโคไเนติกควรมีขนาดใหญ่กว่า 0.1-1 ไมครอน และมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข. การสัมผัสของอนุภาคคอลลอยด์อาจเกิดขึ้นได้เอง จากการเคลื่อนที่แบบอาศัยความร้อน การสัมผัสระหว่างอนุภาคต่างๆ ที่เกิดขึ้นโดยอาศัยความร้อนนี้ เรียกว่า เพอริโคไเนติกฟล็อกคูเลชัน (Perikinetic Flocculation) ในทางปฏิบัติฟล็อกคูเลชันแบบเพอริโคไเนติกไม่เหมาะที่จะใช้ เนื่องจากเสียเวลานานเกินไป นอกจากนี้การเคลื่อนที่ในระดับที่โมเลกุลดังกล่าว ทำให้สร้างสัมผัสให้กับคอลลอยด์ที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 – 1 ไมครอนเท่านั้น ข้อดีของการสร้างสัมผัสแบบนี้ คือ ไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก

ค. การสัมผัสระหว่างอนุภาคเกิดขึ้น เนื่องจากอัตราการตกตะกอนของอนุภาคต่างๆ มีไม่เท่ากัน ฟล็อกคูเลชันด้วยวิธีนี้เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการตกตะกอน ทำให้สามารถกำจัดอนุภาคของคอลลอยด์ออกจากน้ำได้เลย อนุภาคที่สามารถสร้างฟล็อกคูเลชันแบบนี้ได้จะต้องมีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน และมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทางปฏิบัติอนุภาคที่มีขนาดดังกล่าวอาจเกิดฟล็อกคูเลชันมาก่อนแล้วครั้งหนึ่ง เมื่อมาถึงถึงตกตะกอนจึงเกิดฟล็อกคูเลชันอีกครั้งในขณะที่มีการตกตะกอน

กรณีที่อนุภาคคอลลอยด์มีขนาดใหญ่กว่า 0.1 - 1 ไมครอน แต่เล็กกว่า 5 ไมครอน และมีความเข้มข้นน้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟล็อกคูเลชันอาจเกิดขึ้นโดยการสร้างสัมผัสแบบออร์โธโคไเนติก แต่อาจเกิดขึ้นช้า เนื่องจากโอกาสสัมผัสน้อย วิธีแก้ไขอาจทำได้ดังนี้

1. ใช้เครื่องกรองทรายแบบกรองเร็ว หรือเครื่องกรองแบบ 2 ชั้นกรอง เพื่อช่วยเพิ่มอัตราการสัมผัส และยังบังคับให้อนุภาคต่างๆ เคลื่อนที่เข้ามาชิดกันด้วย การใช้เครื่องช่วยกรองในการสร้าง ฟล็อกคูเลชันแบบนี้เรียกว่า การกรองสัมผัส (Contact Filtration) แต่เนื่องจากในชั้นกรองมีจำกัด วิธีนี้จึงใช้ได้กับอนุภาคที่มีความเข้มข้นไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. ใช้อนุภาคที่จับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนหรือฟล็อกแล้วเป็นเป้าหมายให้กับอนุภาคใหม่ ในทางปฏิบัติสามารถทำได้ 2 วิธี คือ ทำให้ฟล็อกจับตัวกันเป็นชั้นสลัดจ์ (Sludge Blanket) และบังคับให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่ผ่านชั้นสลัดจ์ อีกวิธีหนึ่งสามารถทำได้โดยการนำเอาฟล็อกกลับคืนมาผสมกับอนุภาคคอลลอยด์ จากนั้นจึงสร้างสัมผัสตามแบบออร์โธโคเนติกไปตามปกติ

ในกรณีที่อนุภาคคอลลอยด์มีขนาดใหญ่กว่า 3 ไมครอน แต่มีความเข้มข้นต่ำ การสร้างสัมผัสอาจใช้วิธีการกรองได้เช่นกัน แต่สารกรองที่ใช้ควรมีขนาดใหญ่กว่าทราย

ความสำคัญของขั้นตอนการทำลายเสถียรภาพ และขั้นตอนการทำให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ เคลื่อนที่มากระทบหรือสัมผัสกันนั้นมีความสำคัญเท่าเทียมกัน และต้องมีทั้ง 2 ขั้นตอนจึงจะเกิดกระบวนการ โคแอกกูเลชันที่สมบูรณ์ ดังนั้นมักต้องอาศัยกระบวนการ โคแอกกูเลชันและฟล็อกคูเลชันร่วมกัน

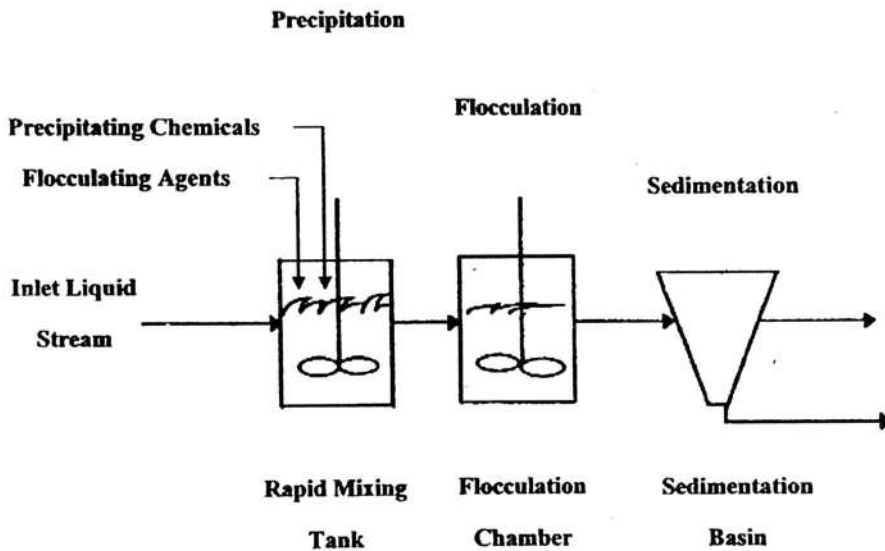
2.2.5.4 การทำงานของกระบวนการโคแอกกูเลชัน และฟล็อกคูเลชัน

การทำงานแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การเติมสารเคมีลงไปของเหลว
2. กวนเร็ว (Rapid Mixing) เพื่อกระจายโคแอกกูแลนต์ให้ผสมในของเหลวอย่างทั่วถึง
3. กวนช้า (Slow mixing) เพื่อให้อนุภาคสัมผัสกัน และรวมตัวมีขนาดใหญ่ขึ้น

จากภาพที่ 2.7 เมื่อนำน้ำเสียเข้าในถังแรก มีการเติมสารสร้างตะกอนลงไปผสมกับน้ำอย่างทั่วถึง โดยมีเครื่องกวนเร็วกวนอยู่ตลอดเวลา ระยะเวลาเก็บกักในถังนี้ประมาณ 1 – 3 นาที จากนั้นน้ำจะถูกส่งเข้าไปในถังสร้างตะกอน โดยมีเครื่องกวนช้าให้หมุนด้วยความเร็วไม่เกิน 0.6 เมตรต่อวินาที มีระยะเวลาอยู่ในถังนี้ประมาณ 1 - 3 นาที เมื่อน้ำผ่านถังที่ 2 ออกไปแล้วจะมีอนุภาคที่รวมตัวกันขนาดใหญ่และตกตะกอนได้ง่ายในถังตกตะกอนเคมี โดยน้ำใสส่วนบนในถังตกตะกอนจะนำไปทิ้ง เป็นน้ำทิ้งออกจากระบบ ส่วนตะกอนที่กั้นถังจะถูกลูบทิ้งต่อไป ปริมาณการสร้างตะกอนที่เหมาะสม สามารถหาได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่เรียกว่า การทำจาร์เทสต์ (Jar Test) โดยนำตัวอย่างของน้ำเสียมาประมาณ 1 ลิตร ใส่สารสร้างตะกอนที่มีความเข้มข้นต่างๆ (ปกติจะมี 6 ตัวอย่าง) จากนั้นใช้เครื่องกวนสารเคมีให้เข้ากับน้ำเสีย และปรับความเร็วให้ช้า เพื่อสร้างตะกอนแล้วจึงหาประสิทธิภาพในการทำงาน เช่น การลดความขุ่น ตะกอนแขวนลอย หรือสารอินทรีย์

ตามที่ต้องการค่าความเข้มข้นของการสร้างตะกอนที่ดีที่สุด สามารถนำมาใช้ในการคำนวณปรับเครื่องใส่สารเคมีตามปริมาณน้ำเสียจริงได้



ภาพที่ 2.7 การทำงานของกระบวนการ โคแอกกูเลชัน และฟล็อกกูเลชัน [11]

2.2.5.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโคแอกกูเลชัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด โคแอกกูเลชัน ได้แก่ ชนิดและปริมาณของสารสร้างตะกอน ความเข้มข้นของเกลือในน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด - เบส อุณหภูมิ ชนิด และขนาดของอนุภาค กล่าวคือ

1. ความเป็นกรด - เบสของน้ำ เนื่องจากสารสร้างตะกอนแต่ละชนิดจะให้ประสิทธิภาพดีที่สุดที่ค่าความเป็นกรด - เบสช่วงหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นจะต้องมีการหาค่าความเป็นกรด - เบสของน้ำก่อน เพื่อปรับสภาพให้น้ำมีค่าความเป็นกรด - เบสที่เหมาะสมในการตกตะกอน
2. เกลือแร่ต่างๆ และการมีอนุโมลซัลเฟตหรือฟอสเฟต จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของการเกิดตะกอนเปลี่ยนไป
3. เปลี่ยนแปลงช่วงค่าความเป็นกรด - เบสดีที่สุดในการตกตะกอน
4. เปลี่ยนแปลงระยะเวลาในการเกิดตะกอน
5. ปริมาณที่เหมาะสมในการเกิดตะกอนจะเปลี่ยนไป
6. ปริมาณสารสร้างตะกอนที่อยู่ในน้ำจะเปลี่ยนแปลงไป
7. สมบัติและชนิดคอลลอยด์ในน้ำ คอลลอยด์ในน้ำเป็นสารอินทรีย์ หรือสารอนินทรีย์ มีสภาพเป็นประจุบวก หรือประจุลบ เพื่อจะได้เลือกใช้สารตกตะกอนได้ถูกต้อง

8. สมบัติและชนิดของสารสร้างตะกอน สารเคมีแต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมกับคอลลอยด์แต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ตลอดจนสมบัติในการตกตะกอน และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในน้ำ ลักษณะของตะกอน ความเร็วของการตกตะกอน ราคา ความยากง่ายในการใช้งาน ดังนั้นจะต้องมีการเลือกใช้งานให้เหมาะสมระหว่างชนิดของคอลลอยด์ และสารสร้างตะกอน

9. ปริมาณของสารสร้างตะกอนมีความสำคัญกับความสามารถในการตกตะกอน เพราะตามธรรมชาติสารใดก็ตาม ถ้าค่าผลคูณการละลาย (Stability Product) ไม่เกินค่าคงที่ผลคูณของการละลาย (Solubility Product Constant, K_{sp}) ของสารนั้นแล้ว สารนั้นจะไม่ตกตะกอนออกมาในน้ำ แต่ถ้าเกิน ค่า K_{sp} จะตกตะกอนทันที

10. ความเข้มข้นของสารเจือปนในน้ำ พบว่าน้ำทิ้งใดที่มีปริมาณคอลลอยด์มาก จะตกตะกอนได้ดีกว่า และใช้สารสร้างตะกอนในปริมาณที่น้อยกว่าน้ำที่มีคอลลอยด์น้อย เพราะน้ำที่มีความเข้มข้นของสารเจือปนสูงๆ อนุภาคจะมีโอกาสสัมผัสกันง่าย ใส่สารเคมีเพียงเล็กน้อยก็จะตกตะกอนแล้ว เพราะมีเป่าสัมผัส ส่วนน้ำที่มีความเข้มข้นของสารเจือปนต่ำๆ เป่าสัมผัสน้อย การตกตะกอนจึงไม่ดี จำเป็นต้องใส่สารเคมีมากขึ้น การแก้ปัญหาคือ การสร้างเป่าสัมผัสให้มัน เช่น ใส่สารช่วยตกตะกอนเข้าไป

11. อุณหภูมิมีผลต่อความหนืดของน้ำ กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิต่ำ ความหนืดก็จะสูง ทำให้อัตราการตกตะกอนเพื่อการรวมตัวตกตะกอนช้าลง เนื่องจากมีแรงเสียดทานเพิ่มขึ้น

12. การกวนเพื่อให้เกิดการปั่นป่วนในน้ำ ต้องมีความเร็วที่เหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า G วิโลซิตีกราเดียนท์ (Velocity Gradient) และเวลาในการกวน โดยการกวนเร็วจะมีค่า G ประมาณ 300 - 1500 นาที⁻¹ การกวนช้าจะมีค่า G ประมาณ 40 - 100 นาที⁻¹ ส่วนเวลาในการกวนเร็วเป็น 30 - 120 วินาที เวลาในการกวนช้าเป็น 15 - 30 นาที ค่าผลคูณระหว่าง วิโลซิตีกราเดียนท์กับเวลาในการกวน ($G \times t$) สำหรับการกวนเร็วควรอยู่ในช่วง 30,000 - 60,000 การกวนช้าควรมีค่าประมาณ 10,000 - 100,000 ซึ่งการกวนเร็วจะทำให้สารเคมีกระจายตัวในน้ำได้อย่างทั่วถึง และช่วยเพิ่มอัตราการชนกันระหว่างอนุภาคคอลลอยด์กับสารเคมีเพื่อทำลายเสถียรภาพให้มากขึ้น ทำให้เกิดการรวมตัวเป็นตะกอนในการกวนช้าได้ง่ายขึ้น

2.2.6 ระบบ Sequencing Batch Reactor (SBR)

ระบบ SBR เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาที่มีจุลินทรีย์อยู่ในระบบ โดยอยู่ในลักษณะของตะกอนแขวนลอย ซึ่งมีลักษณะการทำงานเป็นแบบกะ (Batch) โดยระบบดังกล่าวจะใช้ถังปฏิกรณ์ทำหน้าที่เป็นทั้งถังเติมอากาศและถังตกตะกอนไปในตัว จากลักษณะดังกล่าวทำให้ระบบ SBR มีลักษณะคล้ายระบบแอกทีฟเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge System) ในรุ่นแรก ๆ ซึ่งระบบดังกล่าว

จะมีลักษณะเติมเข้าถ่ายออก (Fill and Draw) โดยการทำงานจะสูบน้ำเสียเข้าถังปฏิกรณ์ ซึ่งมีจุลินทรีย์อยู่จนกระทั่งเต็มถังจึงหยุดสูบ แล้วจึงทำการเติมอากาศเพื่อให้ออกซิเจนแก่จุลินทรีย์ในการกำจัดน้ำเสีย เมื่อทำการเติมอากาศได้ในระยะหนึ่งก็จะหยุด เพื่อให้ตะกอนจุลินทรีย์แยกออกจากน้ำใส จากนั้นจะปล่อยน้ำใสทิ้งไปโดยเหลือไว้เฉพาะตะกอนจุลินทรีย์ หลังจากนั้นจะสูบน้ำเสียเข้ามาในระบบใหม่เพื่อทำการกำจัดต่อไป [8]

จากลักษณะดังกล่าว ระบบเอเอสจะไม่สามารถรับน้ำเสียที่ไหลอย่างต่อเนื่องได้ จึงทำให้มีการพัฒนาระบบเอเอส ให้มีถังเติมอากาศและถังตกตะกอนแยกออกจากกัน ทำให้สามารถหมุนเวียนตะกอนจุลินทรีย์กลับคืนสู่ถังเติมอากาศได้ ซึ่งเป็นแบบฉบับของระบบเอเอสที่ใช้ในปัจจุบัน ระบบเอเอสจะถูกควบคุมโดย ค่าอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M Ratio) หรือค่าอายุตะกอน (Sludge Retention Time, SRT) จึงทำให้บางครั้งต้องมีการระบายตะกอนบางส่วนออกจากระบบเพื่อรักษาความเข้มข้นของตะกอนในถังเติมอากาศให้เหมาะสมซึ่งจะเห็นว่าการควบคุมระบบเอเอสค่อนข้างยุ่งยากพอสมควร ดังนั้นต้องอาศัยบุคลากรที่มีความรู้และความชำนาญสูง มิฉะนั้นระบบดังกล่าวอาจประสบปัญหาน้ำเสียที่ผ่านระบบเอเอสมีคุณภาพต่ำ จากเหตุผลดังกล่าวการใช้ระบบ SBR ซึ่งมีถังเติมอากาศและถังตกตะกอนเป็นถังปฏิกรณ์ใบเดียวกัน ทำให้ไม่ยุ่งยากและซับซ้อนต่อการควบคุม เพราะไม่ต้องมีการหมุนเวียนตะกอนเข้าถังเติมอากาศเหมือนกับระบบเอเอสที่ใช้ในปัจจุบันแต่ด้วยเหตุที่ระบบ SBR เป็นระบบที่มีถังเติมอากาศและถังตกตะกอนเป็นถังปฏิกรณ์ใบเดียวกัน ซึ่งในขั้นตอนของการระบายน้ำใสหลังตกตะกอนเสร็จ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ห้ามมีการรบกวนตะกอน ดังนั้นหากขั้นตอนนี้ยังไม่เสร็จสิ้นก็ยังไม่สามารถเดินระบบในวัฏจักรต่อไปได้ ซึ่งประเด็นนี้เป็นข้อเสียของ SBR

2.2.6.1 หลักการทำงานของระบบ Sequencing Batch Reactor (SBR) โดยทั่วไป

ระบบ SBR เป็นระบบเอเอส (Activated Sludge) ชนิดหนึ่งที่มีถังเติมอากาศ และถังตกตะกอนเป็นถังใบเดียวกัน (ดูภาพที่ 2.8)

ขั้นตอนการเดินระบบบำบัดน้ำทิ้ง

1. ขั้นตอนการเตรียมถังและเติมน้ำเสียเข้าถัง (Fill Phase)

เป็นการเตรียมความพร้อมของถังเพื่อใช้ทำหน้าที่เป็นถังเติมอากาศหรือถังปฏิกริยากกล่าวคือ ภายในถังจะต้องมีจุลินทรีย์ (ตะกอนเชื้อ) ที่พร้อมจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่จะเข้าสู่ถังอย่างเพียงพอ รวมทั้งจะต้องมีเครื่องเติมอากาศที่พร้อมจะให้ ออกซิเจนละลายน้ำ และการกวนอย่างทั่วถึง นอกจากนี้ปริมาตรที่เหลือภายในถังจะต้องเพียงพอที่จะรองรับน้ำเสียที่จะเข้าสู่ถัง จากนั้นจึงทำการเติมน้ำเสียเข้าสู่ถังจนเต็ม

2. ขั้นตอนของการเกิดปฏิกิริยา (React Phase)

เป็นขั้นตอนที่จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนอยู่ในน้ำทิ้ง โดยใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) ช่วยในการย่อยสลาย และอาศัยการกวนเพื่อให้จุลินทรีย์มีโอกาสสัมผัสกับสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำได้อย่างทั่วถึง นอกจากนี้ เวลาในช่วงการเติมอากาศต้องนานพอที่จะทำให้ จุลินทรีย์ดูดซับสารอินทรีย์ได้ตามที่ต้องการ และจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นมีระดับการเติบโตที่สามารถรวมตัวกันเป็นกลุ่มตะกอนที่จะสามารถตกตะกอนได้

3. ขั้นตอนการตกตะกอน (Settle Phase)

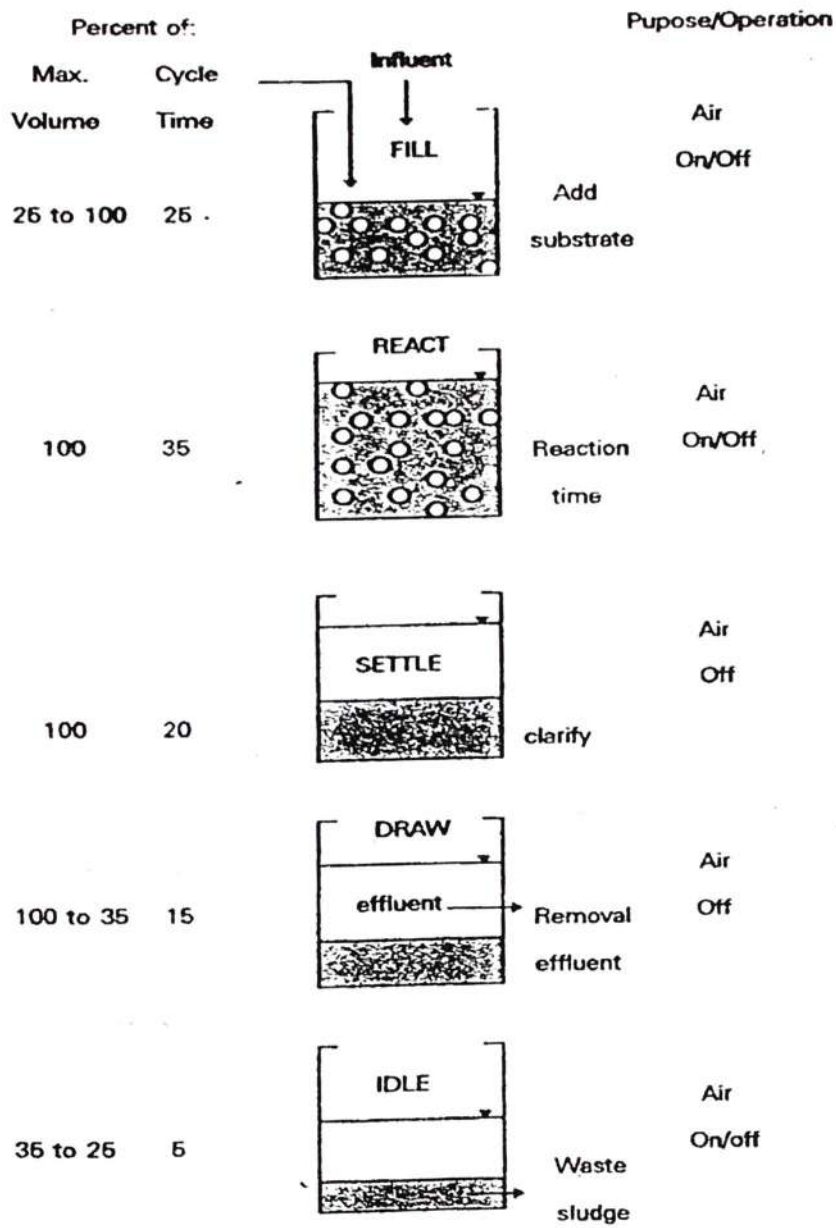
เป็นขั้นตอนที่ใช้แยกตะกอน (จุลินทรีย์) ออกจากส่วนที่เป็นน้ำ ซึ่งมีคุณภาพดีแล้ว โดยการหยุดเครื่องเติมอากาศเพื่อให้เกิดสภาพนิ่งและให้ตะกอนตกลงสู่ก้นถัง ส่วนประสิทธิภาพการตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับลักษณะของกลุ่มตะกอนที่เกิดขึ้น ความนิ่งของน้ำในถังและระยะเวลาการตกตะกอน

4. ขั้นตอนระบายน้ำใสและตะกอนส่วนเกิน (Decant Phase)

เป็นขั้นตอนการระบายน้ำส่วนใสหรือน้ำที่มีคุณภาพดีแล้ว ซึ่งอยู่ด้านบนของชั้นตะกอน การระบายน้ำส่วนใสนี้ จะใช้วิธีใดก็ได้ที่จะไม่ทำให้ตะกอนฟุ้งกระจายและหลุดออกไปกับน้ำส่วนใส นอกจากนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการระบายก็ไม่ควรจะนานเกินไป เพราะจะทำให้ระยะเวลาการหยุดเครื่องเติมอากาศนานจนทำให้ DO ต่ำลงถึงศูนย์ ซึ่งจะเป็นผลเสียต่อจุลินทรีย์ในถังและหากในน้ำตะกอนมีสารไนเตรทปริมาณมากก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยา Denitrification ในอัตราสูงจนเป็นสาเหตุของตะกอนลอยได้ สำหรับการระบายตะกอนส่วนเกินไปกำจัดนั้น ควรทำหลังจากการระบายน้ำส่วนใสเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้เนื่องจากการระบายตะกอนอาจทำให้ตะกอนฟุ้ง ซึ่งหากมีการระบายน้ำใสในขณะนั้น อาจทำให้ตะกอนที่ฟุ้งหลุดออกไปกับน้ำส่วนใสด้วย ส่วนอัตราการกำจัดตะกอนส่วนเกิน ก็ใช้วิธีการควบคุมเช่นเดียวกับการควบคุมในระบบ Activated Sludge คือจะระบายออก หรือจะเก็บกักไว้ให้สลายตัวไปเองเหมือน Extended Aeration ก็ได้

5. ขั้นตอนการพัก (Idle Phase)

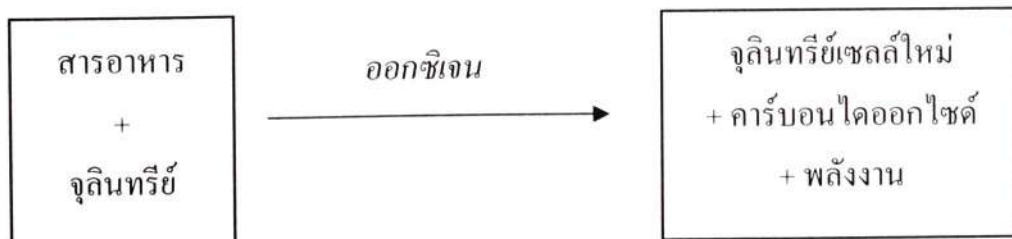
ช่วงเวลาหลังจากที่ระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วออกจากถังปฏิกรณ์ และก่อนที่จะเติมน้ำเสียเข้าถังใหม่อีกครั้ง เป็นช่วงที่ระบบอยู่นิ่ง ๆ จุดประสงค์ของขั้นตอนการพักในระบบหลายถังคือ เพื่อเตรียมเวลาสำหรับถังปฏิกิริยาแรก ให้มีช่วงเติมน้ำเสียที่สมบูรณ์ ก่อนที่น้ำเสียเข้าสู่ถังอื่น เนื่องจากช่วงขั้นตอนการพักไม่ใช่ช่วงจำเป็น บางครั้งจึงถูกละเว้น



ภาพที่ 2.8 แสดงการทำงานของระบบ SBR โดยทั่วไป [8]

2.2.6.2 ปฏิกิริยาทางชีวเคมี

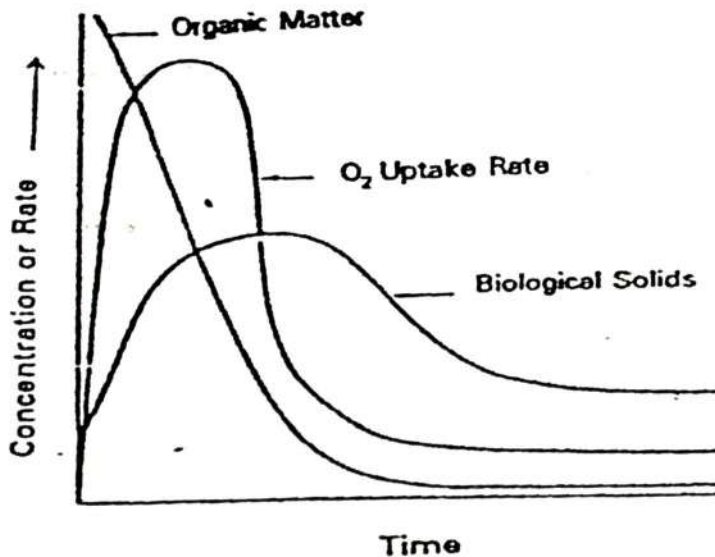
ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นสามารถเขียนได้ ดังนี้ [8]



สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารในการเจริญเติบโต โดยผลที่ได้คือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งจะลอยขึ้นไปในอากาศ ส่วนน้ำจะผสมออกไปกับน้ำที่ทำการบำบัดแล้วและพลังงานก็จะถูกจุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีวิตต่อไป สรุปแล้วสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนมาเป็นมวลจุลินทรีย์ที่หนักกว่าน้ำ สามารถแยกออกได้ง่ายด้วยการตกตะกอน น้ำเสียที่จุลินทรีย์นำสารอินทรีย์ต่าง ๆ มาใช้จนเหลือน้อยลงแล้วก็จะจะเป็นน้ำที่มีความสกปรกน้อยเพียงพอที่จะปล่อยทิ้งได้โดยไม่มีการเน่าเหม็น

ในการใช้สารอาหารหรือการย่อยสลาย (Break Down) สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ อาจจะมีการทำงานของจุลินทรีย์หลายชนิดก็ได้ โดยจุลินทรีย์บางชนิดเริ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ซับซ้อน (Complex Organics) ก่อน จากนั้นก็จะมีจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ย่อยสลายส่วนที่เหลือ หรือมีฉะนั้นก็อาจจะเป็นการนำเอาผลหรือของเสียที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ มาทำการย่อยสลายต่อจนเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยได้อีกต่อไป (End Product)

การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในการทำงานของกระบวนการ SBR สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.9

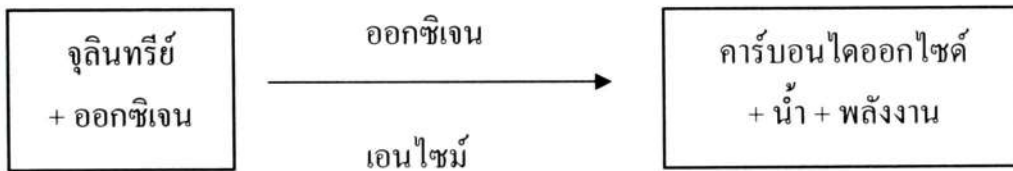


ภาพที่ 2.9 ปฏิกริยา และการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ SBR [8]

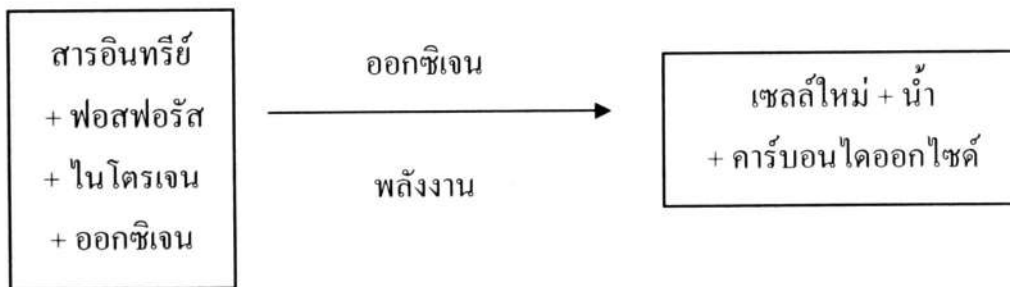
เมื่อเริ่มการทำงาน ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะมีค่าสูง ส่วนปริมาณของจุลินทรีย์ในระบบจะมีค่าความเข้มข้นต่ำ ทำให้มีอัตราการใช้ออกซิเจนมากขึ้นและเจริญเติบโต เป็นผลให้มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนเมื่ออาหารเริ่มขาดแคลนจนไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ปริมาณจุลินทรีย์และอัตราการใช้ออกซิเจนก็จะลดลงตามลำดับ

จุลินทรีย์ต้องนำออกซิเจนมาใช้ด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

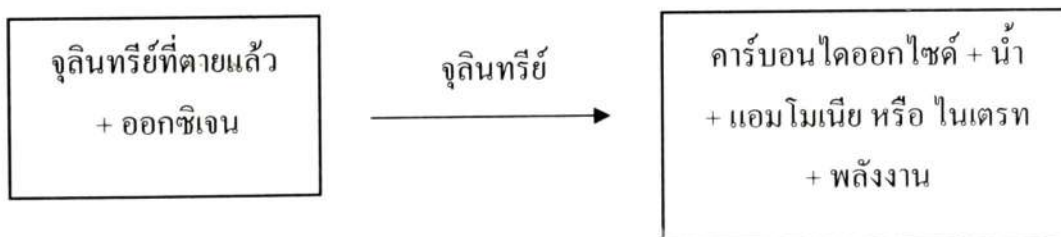
1. ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ตามสมการ



2. ใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ ตามสมการ



3. ใช้ในการย่อยสลายจุลินทรีย์ตัวอื่นที่ตายแล้ว ตามสมการ



โดยจุลินทรีย์ที่ตายแล้วจะถูกใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ของตัวอื่นๆ ที่ยังมีชีวิตอยู่

2.2.6.3 การแบ่งประเภทของจุลินทรีย์

สามารถแบ่งได้ 4 ประเภท คือ

1. จุลินทรีย์ที่สร้างฟล็อก (Floc Former) เป็นแบคทีเรียที่สามารถจับตัวกันเป็นกลุ่ม ฟล็อกและตกตะกอนได้ดี
2. แซฟโพรไฟท์ (Saprophyte) เป็นแบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งบางชนิดก็จะสร้างฟล็อกได้ด้วย

3. จุลินทรีย์ตัวทำลาย (Predator) ได้แก่ พวกที่กินจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นอาหาร ประกอบด้วย โปรโตซัว (Protozoa) โรติเฟอร์ (Rotifer) เป็นต้น ซึ่งพวกนี้จะกินจุลินทรีย์ที่ลอยกระจายอยู่ในน้ำทำให้น้ำที่ออกจากระบบบำบัดใส และยังสามารถใช้เป็นตัวบอกร่องการดำเนินงานของระบบโดยรวมได้อีกด้วย
4. จุลินทรีย์ก่อกวน (Nuisance Microorganisms) เป็นพวกที่ก่อกวนการทำงานของระบบ เช่น จุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใย (Filamentous Microorganisms) ซึ่งทำให้เกิดตะกอนไม่จมตัว (Bulking Sludge)

ระบบบำบัดจะทำงานได้ดีก็ต่อเมื่อมีจุลินทรีย์ทั้ง 4 ประเภทในปริมาณที่เหมาะสม โดยการอาศัยอยู่ร่วมกันซึ่งมีทั้ง พึ่งพาอาศัยกัน , แย่งชิงอาหารกัน หรือกินกันเอง

2.2.6.4 ลักษณะของจุลินทรีย์ที่สำคัญในระบบ SBR

1. แบคทีเรีย (Bacteria)

เป็นจุลินทรีย์ที่มีเซลล์เดี่ยว มีอยู่ทั่วไปทุกหนแห่งในน้ำใต้ดิน ในดิน และในอากาศ แต่ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำหรือที่มีความชื้นสูง แบคทีเรียอาจมีภาพร่างเป็น แท่งทรงกลมหรือโซ่ ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียหลายตัวเกาะกัน แบคทีเรียมีขนาดตั้งแต่ 0.0003 ถึง 0.05 มิลลิเมตร แต่โดยทั่วไปจะมีขนาดตั้งแต่ 0.0005 ถึง 0.003 มิลลิเมตร

เซลล์ของแบคทีเรียประกอบด้วยน้ำร้อยละ 80 และของแข็งร้อยละ 20 แบ่งออกได้เป็น สารอินทรีย์ร้อยละ 90 และสารอนินทรีย์ร้อยละ 10 ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ประกอบด้วยคาร์บอน ร้อยละ 53 ออกซิเจนร้อยละ 29 ไนโตรเจนร้อยละ 12 และไฮโดรเจนร้อยละ 6 ดังนั้นส่วนของแบคทีเรียที่เป็นสารอนินทรีย์นั้นประกอบด้วย P_2O_5 ร้อยละ 50, SO_3 ร้อยละ 15, Na_2O ร้อยละ 11, CaO ร้อยละ 9, MgO ร้อยละ 8, K_2O ร้อยละ 6 และ Fe_2O_3 ร้อยละ 1 ด้วยเหตุนี้ แบคทีเรียจึงต้องเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่มีแร่ธาตุ และสารประกอบเหล่านี้เพียงพอ

แบคทีเรียแพร่พันธุ์ได้ด้วยการแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนแบบทวีคูณ ในการสร้างเซลล์ใหม่จะใช้คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และพลังงาน แบคทีเรียส่วนมากจะใช้พลังงานที่ได้จากการออกซิไดซ์สารเคมีต่างๆ ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์

แบคทีเรียอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทของสารที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการสร้างเซลล์

- 1) Autotrophic Bacteria แบคทีเรียชนิดนี้จะสามารถสังเคราะห์สารอินทรีย์ในเซลล์ได้จากสารอนินทรีย์ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์หรือคาร์บอนเนต Autotrophic Bacteria ที่สำคัญที่สุดในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ Nitrifying Bacteria ซึ่งสามารถเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรท

2) Heterotrophic Bacteria แบคทีเรียชนิดนี้ใช้ธาตุคาร์บอนจากสารอินทรีย์ในการสร้างเซลล์โดยแบคทีเรียที่มีความสำคัญที่สุดในการบำบัดน้ำเสีย แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

- 2.1 Aerobic Bacteria เป็นแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอิสระไปเผาผลาญสารอินทรีย์เพื่อให้ได้พลังงาน
- 2.2 Anaerobic Bacteria เป็นแบคทีเรียที่สามารถเผาผลาญสารอินทรีย์ได้โดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจนอิสระ แต่จะใช้ออกซิเจนที่อยู่ในภาพสารประกอบอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เช่น NO_3^- , SO_4^{2-} เป็นต้น
- 2.3 Facultative Bacteria เป็นแบคทีเรียที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ทั้งแบบ Aerobic และ Anaerobic ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนในภาวะแวดล้อมที่แบคทีเรียอาศัยอยู่

2. โปรโตซัว (Protozoa)

เป็นพวกสัตว์ชั้นต่ำเซลล์เดียวที่ต้องอาศัยอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจน โปรโตซัวกินแบคทีเรีย ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเป็นอาหาร ดังนั้น จึงช่วยทำให้น้ำทิ้ง ในระบบบำบัดเสียขึ้น และช่วยควบคุมจำนวนแบคทีเรียไม่ให้มากเกินไป ในที่นี้จะกล่าวถึง โปรโตซัวที่สำคัญในระบบบำบัดแบบชีวภาพ 3 จำพวก คือ

- 1) *Sarcodina* ใช้ Pseudopodium ในการเคลื่อนไหว เช่น *Amoeba Spp.* อาศัยในน้ำที่มีค่า BOD ต่ำ
- 2) *Flagellata* ใช้ Flagella ในการเคลื่อนไหว เช่น *Paranema Spp.*, *Gonium Spp.*
- 3) *Ciliata* ใช้ Cilia ในการเคลื่อนไหว เช่น *Paramoecium Spp.*, *Coleps Spp.* และ *Colpidium Spp.*

3. โรติเฟอร์ (Rotifers)

เป็นสัตว์หลายเซลล์และเป็น Aerobic Heterothophs มีชีวิตไว้สำหรับการเคลื่อนที่และจับอาหาร เป็นตัวที่แสดงถึงประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดน้ำเสียว่าดีหรือไม่ ถ้าพบ โรติเฟอร์อยู่ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว ก็แสดงว่า กระบวนการบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจ

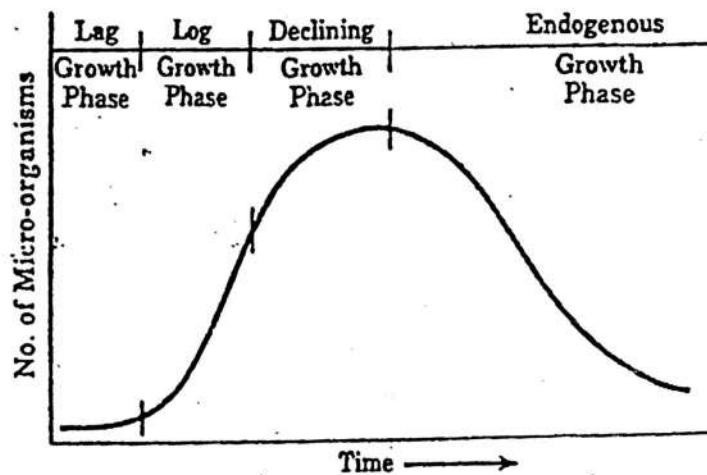
4. รา (Fungi)

เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีหลายเซลล์ ส่วนประกอบของเซลล์เป็นทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์มีสูตรต่างๆ ไป คือ $\text{C}_{10}\text{H}_{17}\text{O}_6\text{N}$ เมื่อเทียบกับสูตรแบคทีเรีย $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ แล้ว จะเห็นว่าราต้องการไนโตรเจนน้อยกว่าแบคทีเรีย จึงเจริญเติบโตได้ดีกว่าในสภาวะแวดล้อมที่

ขาดในโตรเจน เนื่องจากมีลักษณะเป็นเส้นยาว จึงทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ไม่สามารถรวมตัว ตกตะกอนได้ดี ซึ่งส่งผลทำให้เกิดปัญหาในการแยกมวลจุลินทรีย์ออกจากน้ำที่บำบัดแล้ว

2.2.6.5 การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ SBR

โดยทั่วไปเมื่อจุลินทรีย์ได้รับอาหารเป็นกะ(Batch)จะมีสภาพการเจริญเติบโต [15] ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แสดงภาพการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่าง ๆ เมื่อได้รับอาหารเป็นกะ [15]

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อยู่ในกระบวนการแบบกะ โดยมีระยะในการเจริญเติบโตดังนี้

- ก. Lag Phase เป็นระยะที่จุลินทรีย์ได้รับสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่ยังไม่คุ้นเคย จึงจำเป็นต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับอาหารที่เข้ามาใหม่ โดยจะต้องผลิตเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายสารอาหารนั้นๆ ให้ได้เสียก่อนจึงจะมีการเจริญในระยะอื่นต่อไป
- ข. Log Phase เป็นระยะที่จุลินทรีย์สามารถผลิตเอนไซม์ ซึ่งสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ในน้ำเสียได้แล้วจึงเริ่มมีการเจริญเติบโต แบ่งเซลล์ได้อย่างรวดเร็วแบบ Binary Fission ทำให้จุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งในระยะนี้จะมีอัตราเพิ่มของจุลินทรีย์สูงสุด
- ค. Stationary Phase เป็นระยะที่จำนวนของประชากรแบคทีเรียมีจำนวนสูงสุด และจะคงที่เนื่องจากเกิดสภาวะสมดุลระหว่างการเพิ่มจำนวนและการตาย
- ง. Death Phase ในระยะนี้อัตราการตายของแบคทีเรียจะมีสูงกว่าอัตราการผลิตเซลล์ใหม่ เนื่องจากการขาดแคลนสารอาหารและมีปริมาณสารพิษเพิ่มมากขึ้นจนแบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้

2.2.6.6 การเติมอาหารเสริมสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา

ทฤษฎีและหลักการทำงาน

ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยานั้น จุลินทรีย์จำเป็นต้องมีอาหารเพียงพอในการสร้างเซลล์ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 จำพวก คือ

1. สารประกอบซึ่งให้คาร์บอนและไนโตรเจน
2. สารประกอบซึ่งให้เป็นแหล่งพลังงานในการดำรงชีวิต
3. สารอนินทรีย์
4. สารที่ต้องการเพียงเล็กน้อย

โดยทั่วไปจุลินทรีย์ต้องการแร่ธาตุหลัก ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ ส่วนแร่ธาตุรอง ได้แก่ โพแทสเซียม แคลเซียม สังกะสี แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และโคบอลต์ สารอาหารทั้งหลายเหล่านี้มีปริมาณเพียงพอที่จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสียชุมชน แต่หากเป็นน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจจะขาดแร่ธาตุบางอย่าง จึงจำเป็นต้องเติมลงไปเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบเอาไว้ [15]

การวิเคราะห์จุลินทรีย์ในระบบแอโรบิก พบว่า มีองค์ประกอบซึ่งสามารถเขียนสูตรได้เป็น $C_5H_7O_2NP_{0.2}$ ซึ่งจะมีไนโตรเจนร้อยละ 11.8 และฟอสฟอรัสร้อยละ 5.2 โดยน้ำหนัก ดังนั้นปริมาณของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่จำเป็นต้องใช้ต่อวัน จึงต้องมีค่าไม่น้อยไปกว่าปริมาณสารนั้นๆ ที่เกิดขึ้นและนำไปทิ้งต่อวัน แบคทีเรียสามารถนำเอาไนโตรเจนจากแอมโมเนียมาใช้ได้ แต่ถ้ามีไนโตรเจนในภาพอื่นก็สามารถนำมาใช้ได้เช่นกัน เช่น จากไนไตรท์ ไนเตรท และแก๊สไนโตรเจน ในกรณีที่ไม่สามารถได้จากภาพแอมโมเนีย ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้ง่ายที่สุด ส่วนฟอสฟอรัสนั้นแบคทีเรียที่ใช้จะอยู่ในภาพของออร์โธฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (Soluble Orthophosphate) แต่ถ้าไม่สามารถหาได้แบคทีเรียก็สามารถนำสารอนินทรีย์พอลิฟอสเฟต (Inorganic Polyphosphate) มาใช้ได้เช่นกัน แต่จะทำให้อุณหภูมิต่ำลงและค่าพีเอชลดลง

ปริมาณความต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัส อาจจะสามารถคำนวณได้จากความเข้มข้นของบีโอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบทางชีววิทยา ในการทำงานของกระบวนการทั่วไปมักจะถือว่าต้องมีอัตราส่วนของ $BOD : N : P = 100 : 5 : 1$ ดังนั้นหากคำนวณตามปริมาณการใช้ตามน้ำหนักของมวลจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะมีความแน่นอนมากกว่า

หากน้ำเสียมีปริมาณสารอาหารน้อยเกินไปจะทำให้เกิดแบคทีเรียชนิดเส้นใย (Filamentous Bacteria) ทำให้มีปัญหาในการตกตะกอน แต่ถ้าเติมสารอาหารลงไปมากเกินไป นอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองแล้วยังก่อให้เกิดปัญหาด้านการควบคุมการทำงานอีกด้วย

ตารางที่ 2.1 สารเคมีที่ใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส [5]

แหล่งไนโตรเจน			แหล่งฟอสฟอรัส		
ชื่อสารเคมี	สูตร	%N	ชื่อสารเคมี	สูตร	%P
Ammonia	NH ₃	82	Orthophosphate :		
Ammonium Hydroxide	NH ₄ OH	40	Sodium Phosphate	Na ₃ PO ₄	19
Ammonium Hydrogen Carbonate	NH ₄ HCO ₃	17.7	Sodium Hydrogen Phosphate	Na ₂ HPO ₄	22
Ammonium Carbonate	(NH ₄) ₂ CO ₃	30	Sodium Dihydrogen Phosphate	NaH ₂ PO ₄	26
Ammonium Chloride	NH ₄ Cl	26	Ammonium Dihydrogen Phosphate	NH ₄ H ₂ PO ₄	27
Ammonium Dihydrogen Phosphate	NH ₄ H ₂ PO ₄	12	Polyphosphate :		
Ammonium Sulfate	(NH ₄) ₂ SO ₄	32	Sodium Hexametaphosphate	Na ₃ (PO ₃) ₆	34
			Sodium Tripolyphosphate	Na ₅ P ₂ O ₁₀	25
			Tetrasodium Pyrophosphate	Na ₄ P ₂ O ₇	23.3
			Phosphoric Acid :	H ₃ PO ₄	32

2.2.6.7 การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเดินระบบ

การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเดินระบบบำบัดน้ำเสีย อาจดำเนินการได้โดยวิธีที่หนึ่ง นำหัวเชื้อจากถังตะกอนซึ่งเป็นส่วนสลัดจ์ ไปใส่ถังเติมอากาศให้มีปริมาณพอเพียงกับความต้องการ หรือวิธีที่สองนำหัวเชื้อจากถังตกตะกอนซึ่งเป็นส่วนของสลัดจ์ไปใส่ในถังเติมอากาศให้มีปริมาณหนึ่งแล้วเติมมูลสัตว์ เลี้ยงเชื้อให้ได้จุลินทรีย์ปริมาณพอเพียงกับความต้องการซึ่งต้องใช้เวลา มากกว่าวิธีแรก สำหรับวิธีที่สามใช้หัวเชื้อเป็นมูลสัตว์อย่างเดียว ซึ่งต้องใช้เวลามากกว่าทั้งสองวิธีที่จะสามารถให้เดินระบบได้ [19]

2.2.6.8 การใช้หัวเชื้อจากสลัดจ์

การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเดินระบบบำบัดน้ำเสีย โดยการใช้หัวเชื้อจากถังตกตะกอนซึ่งเป็นส่วนของสลัดจ์ ซึ่งจะมีความเข้มข้นของค่า MLVSS ประมาณ 8,000 - 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อนำไปใส่ในถังเติมอากาศที่ต้องการเดินระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา

2.2.6.9 การเดินระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา

ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยจุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังเติมอากาศ มีการหมุนเวียนสลัดจ์จากถังตกตะกอนกลับคืนสู่ถังเติมอากาศ เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างสารอาหารต่อจุลินทรีย์ที่เหมาะสม

ขั้นตอนเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาประกอบด้วย

1. กำหนดปริมาตรถังเติมอากาศ
2. เติมมูลสัตว์ประมาณ 1 - 2 กิโลกรัม ต่อปริมาตรน้ำที่เติม 1 ลูกบาศก์เมตร โดยคิดจากปริมาตรเป็นครึ่งหนึ่งของถังเติมอากาศ
3. เติมน้ำเปล่าให้ได้ปริมาตรประมาณครึ่งหนึ่งของถังเติมอากาศ
4. เติมสลัดจ์ที่ใช้เป็นหัวเชื้อ ซึ่งนำมาจากสลัดจ์เข้มข้น(จากถังตกตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาในบริเวณใกล้เคียง) เติกลงในถังเติมอากาศ เพื่อเพิ่มระดับ MLSS ประมาณ 1000 - 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยคิดปริมาตรน้ำเป็นครึ่งหนึ่งของถังเติมอากาศ
5. ปรับเครื่องเติมอากาศให้สามารถเติมอากาศได้ตลอดเวลา
6. เมื่อเดินเครื่องเติมอากาศได้ 3 วัน จึงเติมน้ำเสียวันละร้อยละ 5 ของน้ำเสียที่จะบำบัด
7. ในระหว่างเริ่มเดินระบบและยังรับน้ำเสียไม่เต็มที่ยังไม่ต้องระบายสลัดจ์ทิ้ง แต่เพื่อการควบคุมการทำงานแบบต่อเนื่องต้องเดินเครื่องสูบสลัดจ์เข้าสู่ถังเติมอากาศ

2.2.6.10 ตรวจสอบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา

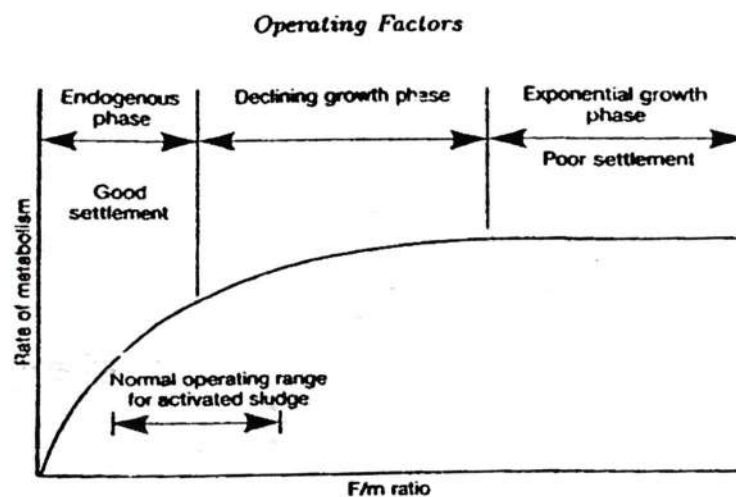
ผู้ควบคุมควรทำการวิเคราะห์ลักษณะของน้ำเสีย เพื่อติดตามผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาเป็นประจำทุกวัน อย่างน้อยเป็นเวลา 1 เดือน นับจากระบบการทำงานครั้งที่ หลังจากนั้นควรทำการวิเคราะห์อย่างน้อยสัปดาห์ละ 2 - 3 ครั้ง เป็นเวลาอีกประมาณ 1 เดือน เมื่อทุกอย่างเข้าที่และผู้ควบคุมมีความชำนาญในการควบคุมประสิทธิภาพแล้ว ก็สามารถลดการวิเคราะห์เหลือสัปดาห์ละครั้ง

1. ค่าพีเอช ควรอยู่ระหว่าง 6.8 - 8.2
2. สีของสลัดจ์ในถังเติมอากาศควรมีสีน้ำตาล
3. ไม่มีกลิ่นเหม็นของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์
4. ค่าดีโอไม่ควรต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร
5. ค่า SV30 ควรอยู่ระหว่าง 400 - 600 มิลลิลิตรต่อลิตร
6. ค่า MLSS ควรอยู่ระหว่าง 1500 - 3000 มิลลิกรัมต่อลิตร (โดยที่ $\frac{MLVSS}{MLSS} > 0.8$)

7. ค่า SVI ควรอยู่ระหว่าง 80 -120 มิลลิลิตรต่อกรัม
8. ไม่ควรเกิดฟองแก๊ส หรือสลัดจ์ลอยในถังตกตะกอน

2.2.6.11 การควบคุมค่าอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M)

ถ้าอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์มีค่าสูงเกินไป จุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วไม่รวมตัวกัน (เป็น Flocc) เป็นผลให้ตกตะกอนไม่ดี น้ำขุ่น เนื่องจากสารอินทรีย์ซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ตกค้างมากถ้าอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์มีค่าต่ำเกินไป จุลินทรีย์เจริญเติบโตน้อยลง จุลินทรีย์จะตกตะกอนเร็วไม่สามารถจับตัวกันได้ทั่วถึง ทำให้น้ำออกจากถังตกตะกอนขุ่นดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 อัตราปฏิกิริยาของจุลชีพในถังเติมอากาศซึ่งถูกควบคุมโดยอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M) [19]

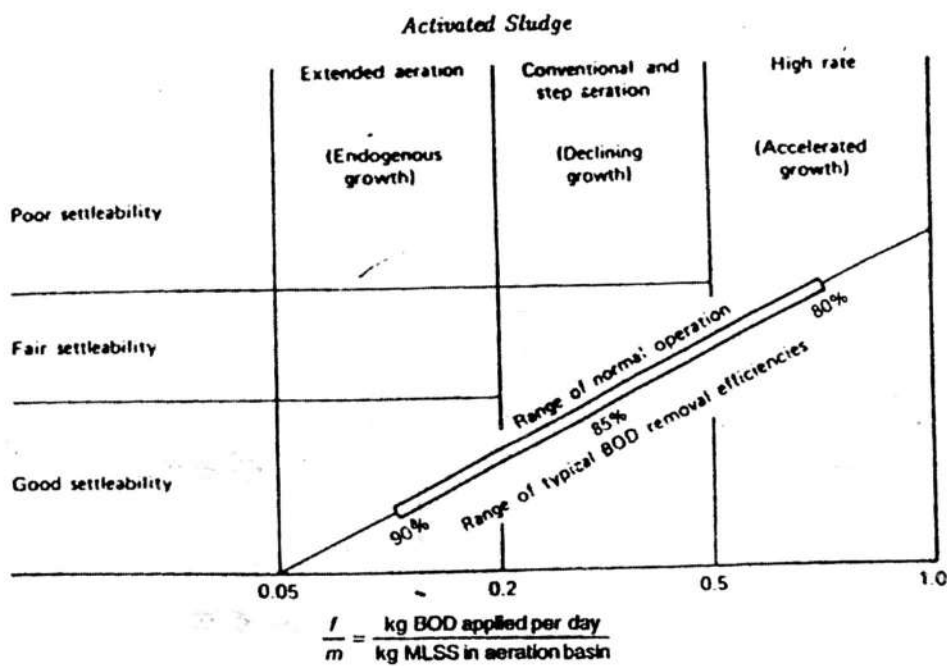
2.2.6.12 การคำนวณค่าอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์

ค่าอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M) คืออัตราส่วนน้ำหนักสารอินทรีย์หรือน้ำหนักของบีโอดี (F) ต่อน้ำหนักของจุลินทรีย์ (M) ในถังเติมอากาศดังภาพที่ 2.12 โดยปกติค่า (F/M) ของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาควรควบคุมเป็น $0.20 - 0.40$ กิโลกรัมบีโอดี สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F/M = \frac{\text{BOD (มิลลิกรัมต่อลิตร)} \times \text{อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร)}}{\text{MLSS (มิลลิกรัมต่อลิตร)} \times V \text{ (ลูกบาศก์เมตร)}}$$

โดยที่

BOD	=	ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)
อัตราการไหล	=	อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าระบบ (ลูกบาศก์เมตร)
MLSS	=	ของแข็งแขวนลอยในสลัดจ์ที่อยู่ในถังเดิมอากาศ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
V	=	ปริมาตรถังเดิมอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)



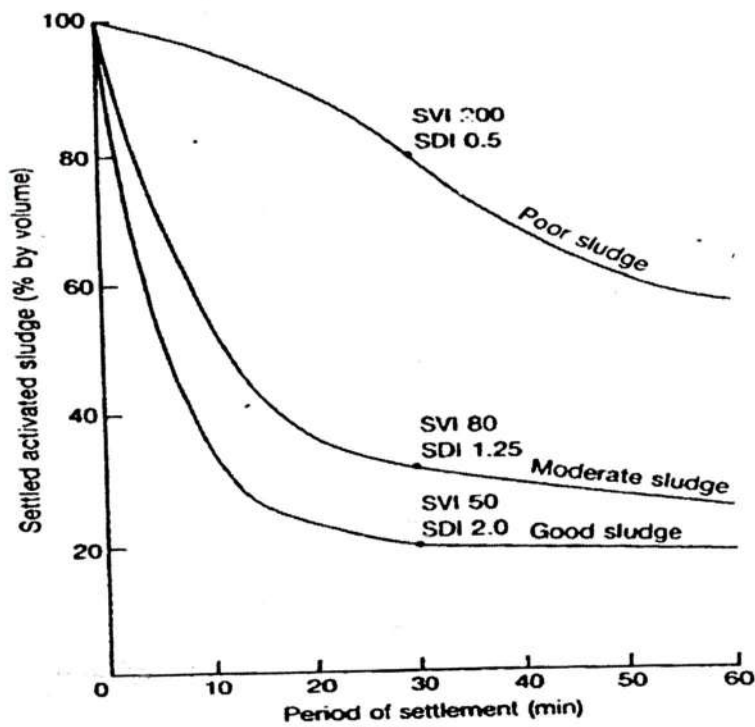
ภาพที่ 2.12 ประสิทธิภาพการตกตะกอนของตะกอนเร่งสัมพันธ์กับ
ค่าอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M) [19]

2.2.6.13 ดัชนีปริมาตรสลัดจ์ (Sludge Volume Index, SVI)

เป็นค่าที่ใช้วัดลักษณะของการตกตะกอนในระบบเอเอสดัง ภาพที่ 2.13 คำนวณได้จากอัตราส่วนของปริมาตรสลัดจ์ซึ่งตกตะกอนจากตัวอย่าง 1000 มิลลิลิตร ในเวลา 30 นาที หารด้วยความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอย โดยมีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อกรัม สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ดัชนีปริมาณสลัดจ์} = \frac{\text{ปริมาณสลัดจ์ที่ตกตะกอนใน 30 นาที (มิลลิลิตรต่อลิตร)}}{\text{ความเข้มข้นของตะกอน (กรัมต่อลิตร)}}$$

Operating Factors



ภาพที่ 2.13 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการตกตะกอนที่แตกต่างกัน โดยใช้ค่าดัชนีปริมาณสลัดจ์ (SVI) และดัชนีความหนาแน่นสลัดจ์ (SDI) [19]

2.2.6.14 ข้อดีของระบบ SBR [10]

1. ระบบ SBR ทำหน้าที่เปรียบเสมือนถังปรับสภาพในการปรับคุณภาพน้ำเสีย ซึ่งระบบสามารถรับน้ำเสียที่มีอัตราไหลแบบไม่ต่อเนื่อง หรือน้ำเสียที่มีคุณภาพเปลี่ยนแปลง
2. มีความสามารถรับการเปลี่ยนแปลงภาระอินทรีย์ (Organic Loading) โดยน้ำเสียที่เข้าระบบจะถูกเจือจางลงโดยน้ำในถังปฏิกรณ์ ซึ่งทำการบำบัดแล้วในรอบการทำงานที่ผ่านมา
3. ระบบสามารถกำหนดช่วงเวลาในการปล่อยน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วได้ ทำให้น้ำทิ้งสามารถถูกกักจนกระทั่งได้คุณภาพที่ต้องการ แล้วจึงปล่อยทิ้ง
4. มีความสามารถในการแยกตะกอนออกได้สูง เมื่อเปรียบเทียบกับถังตกตะกอนขนาดเดียวกันที่น้ำไหลออกตลอดเวลา
5. การเดินระบบและควบคุมดูแลระบบง่าย เพราะไม่ต้องการหมุนเวียนตะกอน

6. ระบบ SBR ใช้ถังปฏิกิริยาเพียงถังเดียว เป็นทั้งถังเติมอากาศและถังตกตะกอนในถังเดียวกัน จึงประหยัดพื้นที่

7. สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใย โดยการปรับเปลี่ยนแผนการดำเนินงานในช่วงเวลาการเติมน้ำเสีย

8. ระบบ SBR สามารถกำหนดสภาพแบบดำเนินการเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) หรือการกำจัดฟอสฟอรัสโดยปราศจากการเติมสารเคมี

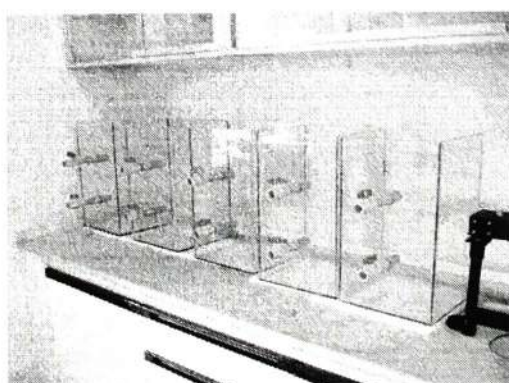
9. สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ เช่น ลดการสร้างถังตกตะกอน การติดตั้ง Pump ในการสูบล้างถัง และยังคงลดพื้นที่และพลังงานในการเดินระบบ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องมือวัดความเป็นกรดเป็นเบส (pH Meter)
2. ตู้เพาะเลี้ยงควบคุมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (BOD Incubator)
3. เครื่องชั่งสารความละเอียด 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance)
4. ตู้อบ (Drying Oven)
5. เตาให้ความร้อน (Hot Plate)
6. เครื่องกวนสารละลาย (Jar Test)
7. โถดูดความชื้น (Desicators)
8. เครื่องวัดความขุ่น หน่วยที่ได้เป็น NTU
9. เครื่องเติมอากาศ (Electromagnetic Air Pump)
10. กระดาษกรองใยแก้ว (Whatman GF/C) ขนาด 47 มิลลิเมตร
11. กระดาษกรอง (Whatman No.40) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร
12. ถ้วยระเหย (Porcelain Crucible)
13. ปัมสุญญากาศ (Vacuum Pump)
14. เครื่องแก้ว เช่น ขวดบี้ออดี, บิวเรตต์, กรวยแยก, ปิเปตต์, ชุดรีฟลักซ์ เป็นต้น
15. ถังปฏิบัติการจำลองระบบบำบัดแบบ SBR (ภาพที่ 3.1)

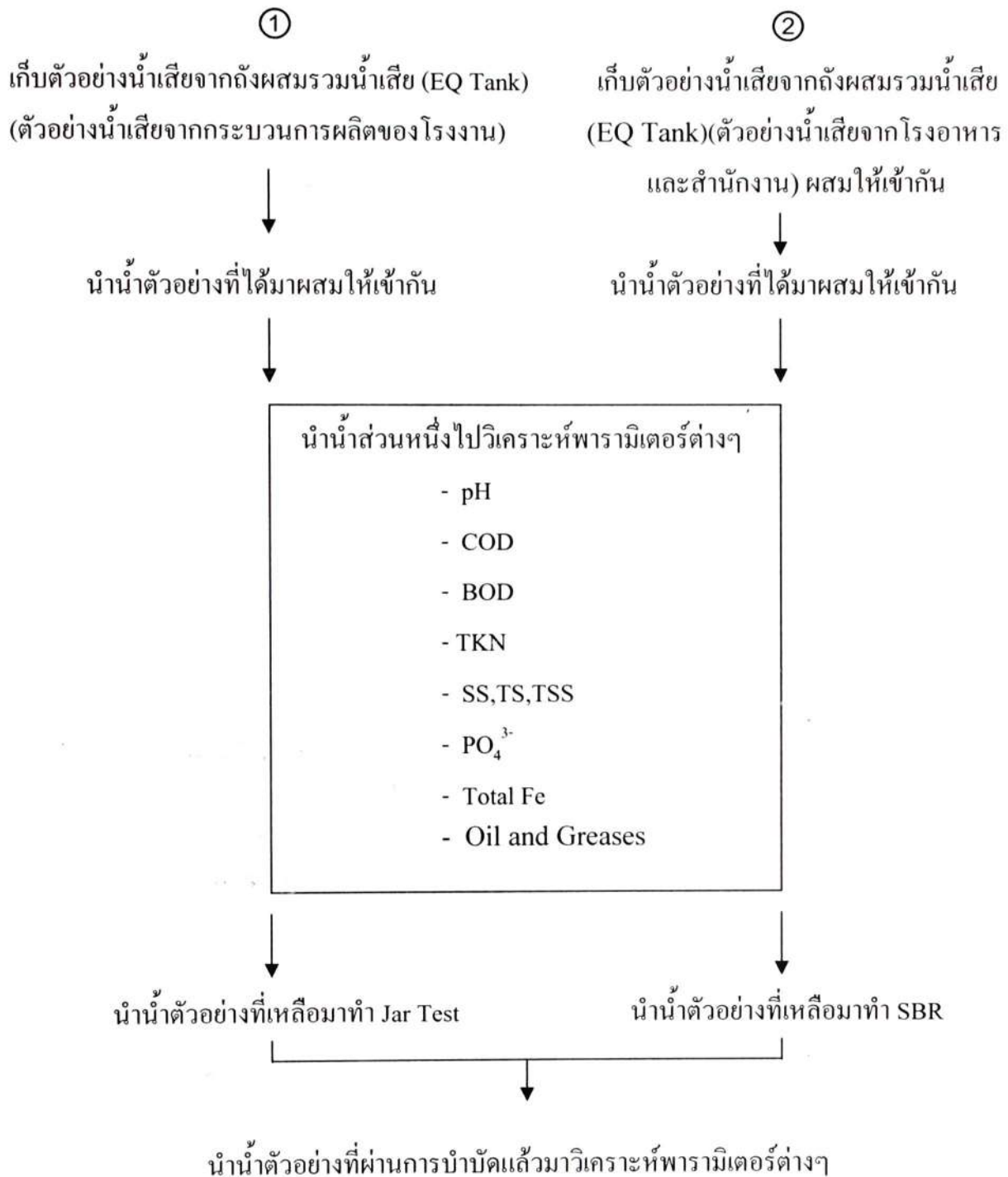


ขนาดของถังบำบัดจำลอง

กว้าง	25	เซนติเมตร
ยาว	25	เซนติเมตร
สูง	45	เซนติเมตร

ภาพที่ 3.1 ถังปฏิบัติการจำลองระบบบำบัดแบบ SBR

3.2 แผนผังการทดลองอย่างง่าย



3.3 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ก่อนการบำบัด

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยวิธีจ้วง (Grab Sample) มาวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำเสีย และเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จ.3 พ.ศ. 2539 [2] โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

- ความเป็นกรด-เบส (pH)

- Biochemical Oxygen Demand (BOD)
- Chemical Oxygen Demand (COD)
- ทีเคเอ็น ใน โตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)
- ฟอสเฟต (PO_4^{3-})
- ไขมันและน้ำมัน (Oil and Grease)
- เหล็กทั้งหมด (Total Fe)

3.4 ศึกษาสถานะที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนโดยวิธีโคแอกกูเลชัน ได้แก่

3.4.1 การศึกษาหาค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอน

1. นำน้ำเสียตัวอย่างปริมาณ 400 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 6 ใบ จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริก และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 4 ถึง 10
2. เติมสาร โคแอกกูแลนต์ในปริมาณที่ทำให้เกิดตะกอนมากที่สุด (ได้จากการทดสอบเบื้องต้น โดยทำการทำสอบในบีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตรที่มีน้ำเสียปริมาณ 400 มิลลิลิตร โดยทำการเติมสารโคแอกกูแลนต์ลงในน้ำเสียทีละน้อยจนกระทั่งเกิดตะกอนมากที่สุด จึงทำการบันทึกไว้)
3. ทำการกวนเร็วด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที
4. ทำการกวนช้าด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
5. ทิ้งให้ตกตะกอนนาน 30 นาที
6. ดูดน้ำใสมาวิเคราะห์หาค่าความขุ่น

3.4.2 การศึกษาหาชนิดและปริมาณของสาร โคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม สำหรับการตกตะกอน

1. นำน้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ปริมาณ 400 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 6 ใบ ทำการปรับ pH ของน้ำเสียให้อยู่ในสถานะที่เหมาะสม จากการทดลองที่ 3.5.1
2. เติมสาร โคแอกกูแลนต์(อะลูมิเนียมซัลเฟต) ปริมาตร 6 - 11 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ลงไปในบีกเกอร์แต่ละใบ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ครอบคลุมปริมาตรที่ทำให้เกิดการตกตะกอนมากที่สุด
3. ทำการกวนเร็วด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที
4. ทำการกวนช้าด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
5. ทิ้งให้ตกตะกอนนาน 30 นาที
6. ดูดน้ำใสมาวิเคราะห์หาค่าความขุ่น

* ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นเปลี่ยนชนิดสาร โคลอแอกกูแลนด์จากอะลูมิเนียมซัลเฟต เป็นสารผสมอะลูมิเนียมซัลเฟต:เบนโทไนด์ ในอัตราส่วนต่างๆกัน ตามลำดับ

3.4.3 การศึกษาหาชนิดและปริมาณของสาร โคลอแอกกูแลนด์เอ็ด (พอลิเมอร์) ที่เหมาะสม สำหรับการตกตะกอน

1. นำน้ำเสียตัวอย่างปริมาณ 400 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 6 ใบ จากนั้นปรับค่า pH ให้เหมาะสม จากผลการทดลอง ที่ 3.4.1
2. เติมสาร โคลอแอกกูแลนด์ในปริมาณที่เหมาะสม จากผลการทดลอง ที่ 3.4.2
3. ทำการกวนเร็วด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที
4. เติมสาร โคลอแอกกูแลนด์เอ็ด (Anionic Polymer) ปริมาตร 0 - 5 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ลงไปในบีกเกอร์แต่ละใบ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ครอบคลุมปริมาตรที่ทำให้เกิดการตกตะกอนมากที่สุด
5. ทำการกวนช้าด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
6. ทิ้งให้ตกตะกอนนาน 30 นาที
7. ดูดน้ำใสมาวิเคราะห์ค่าความขุ่น

* ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นทำการทดลองโดยเปลี่ยนชนิดสาร โคลอแอกกูแลนด์เอ็ดเป็น Cationic Polymer

3.4.4 การศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอน

1. นำน้ำเสียตัวอย่างปริมาณ 400 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 6 ใบ จากนั้นปรับค่า pH ที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 3.4.1
 2. เติมสาร โคลอแอกกูแลนด์ในปริมาณที่เหมาะสม จากผลการทดลอง 3.4.2
 3. ทำการกวนเร็วด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที
 4. เติมสาร โคลอแอกกูแลนด์เอ็ดในปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 3.4.3
- ทำการกวนช้าด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
5. ทิ้งให้ตกตะกอนในเวลาที่แตกต่างกัน ได้แก่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที
 6. ดูดน้ำใสมาวิเคราะห์ค่าความขุ่น

3.4.5 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตหลังการบำบัดด้วยวิธีโคลอแอกกูแลนซ์ วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการบำบัด เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้ง และเปรียบเทียบตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ฉ.3 พ.ศ. 2539 [2] โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

- ความเป็นกรด-เบส (pH)
- Biochemical Oxygen Demand (BOD)
- Chemical Oxygen Demand (COD)

- ทีเคเอ็นไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)
- ฟอสเฟต (PO_4^{3-})
- ไขมันและน้ำมัน (Oil and Grease)
- เหล็กทั้งหมด (Total Fe)

3.5 ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโดยระบบบำบัดแบบ SBR

3.5.1 ศึกษาหาปริมาณอาหารเสริมที่ต้องการ

ในการทำงานของระบบบำบัดทั่วไปมักจะมีอัตราส่วนของ BOD:N:P:Fe เท่ากับ 100:5:1:0.5 ดังนั้นในการศึกษาอัตราส่วน BOD:N:P:Fe ของน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัด จะทำการศึกษาโดยนำน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด มาทำการวิเคราะห์หาค่าและเพื่อนำมาคำนวณหาค่า BOD:N:P:Fe (ดูวิธีคำนวณในภาคผนวก ก)

3.5.2 ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงค่า F/M ratio ที่มีผลต่อระยะเวลาในการเติมอากาศ

ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร และสำนักงานโดยระบบบำบัดแบบ SBR จะทำการหาระยะเวลาในการเติมอากาศที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณซีโอไซด์และบีโอไซด์ให้ได้ตามที่มาตรฐานกำหนด โดยกำหนด ค่า F/M ratio เป็น 0.15 , 0.20 และ 0.25 เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่จะบำบัดน้ำให้ได้ตามมาตรฐาน คือ น้ำที่มีปริมาณบีโอไซด์น้อยกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร และให้เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (ดูภาพที่ 3.2)

3.5.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงอาหารและสำนักงานหลังการบำบัดด้วยวิธี SBR

วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการบำบัด เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้ง และเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จ.3 พ.ศ. 2539 [2] โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

- ความเป็นกรด-เบส (pH)
- Biochemical Oxygen Demand (BOD)
- Chemical Oxygen Demand (COD)
- ทีเคเอ็น ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)
- ฟอสเฟต (PO_4^{3-})
- ไขมันและน้ำมัน (Oil and Grease)
- เหล็กทั้งหมด (Total Fe)

นำน้ำเสียจากโรงอาหาร และสำนักงานมาทำการทดลอง

บำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการ SBR

นำค่า BOD ที่ได้มาคำนวณหาค่า F/M Ratio 3 ค่า (0.15 , 0.20 , 0.25)

(คำนวณหาปริมาณน้ำ สลัดจ์และปริมาณอาหารเสริมที่ต้องใช้)

ทดลองเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR โดย
นำสลัดจ์ที่เตรียมไว้ใส่ในชุดทดลองบำบัดน้ำเสีย

โดยแต่ละชุด ทดสอบคนละ F/M Ratio

เติมน้ำเสียจากโรงอาหาร และสำนักงาน

ในปริมาณที่คำนวณไว้

เปิดเติมอากาศเพื่อเดินระบบ

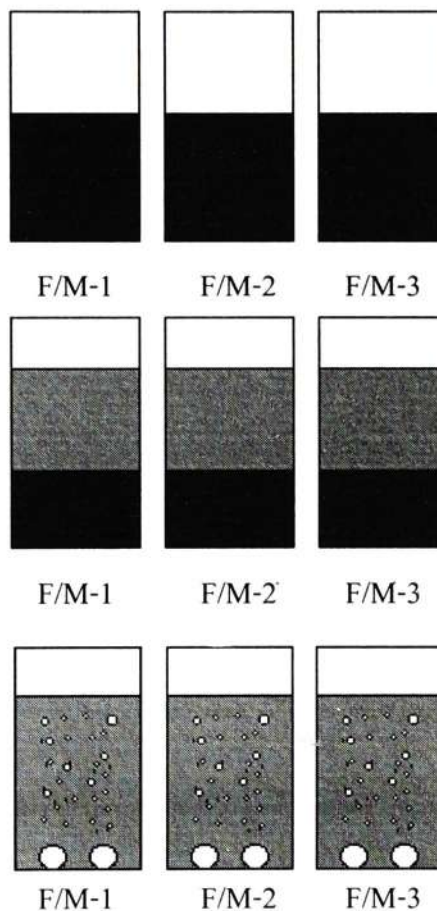
เก็บตัวอย่างน้ำเสียไปวัดค่า COD และ BOD ทุกชั่วโมง

จนกว่าค่า COD และ BOD จะผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

เมื่อค่า COD และ BOD ผ่านมาตรฐานแล้ว

เก็บน้ำตัวอย่างไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

เพื่อบอกคุณภาพน้ำหลังการบำบัด



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโดยระบบบำบัดแบบ SBR

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บมาจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จะมีน้ำเสียจาก 2 แหล่ง คือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน ซึ่งผู้วิจัย ได้วิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.3 ได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

พารามิเตอร์	น้ำทิ้งจาก กระบวนการผลิต	น้ำทิ้งจากโรงอาหาร และสำนักงาน	มาตรฐานน้ำทิ้ง อุตสาหกรรม
pH	7.06	7.01	5.5-9.0
BOD (mg/L)	402	298.97	< 20
COD (mg/L)	1,580	342.31	< 120
TKN as N (mg/L)	8.50	15.8	< 100
Total PO ₄ ³⁻ -P as P(mg/L)	1.20	6.99	No Std.
Total Fe as Fe (mg/L)	0.824	3.79	No Std.
O/G (mg/L)	12.8	14.24	< 5

*** หมายถึง No Std. หมายถึง ไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีค่าอัตราส่วน BOD:COD เท่ากับ 0.254 ซึ่งต่ำกว่าปกติ (น้ำเสียโดยปกติจะมีค่าอัตราส่วน BOD:COD ประมาณ 0.4 - 0.8) [8] แสดงว่าในตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้หรือย่อยสลายได้ช้าในอัตราส่วนที่สูง จึงเหมาะแก่การบำบัดน้ำเสียทางเคมี ซึ่งจะสามารถบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตได้ดีกว่าการบำบัดด้วยวิธีทางชีววิทยา จากนั้นนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมี มาทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังบำบัด ถ้าคุณภาพน้ำเสียมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จ.3 พ.ศ. 2539 [2] ให้ปล่อยน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการทางเคมีทิ้งออกนอกโรงงานได้โดยส่วนน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานที่มีอัตราส่วน BOD:COD เท่ากับ 0.873 ซึ่งค่อนข้างสูงมาก แสดงว่าในตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานมีสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ดี

ในอัตราส่วนที่สูง จึงสามารถนำไปศึกษาหาวิธีบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีววิทยาด้วยระบบบำบัดแบบ SBR ได้ ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 2 ส่วน จะต้องทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดต่อไป

4.2 ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียตามหัวข้อที่ 3.3 ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ห่อออกมา ตามหัวข้อที่ 4.1 ได้ผลปรากฏว่า น้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ สมควรบำบัดด้วยวิธีทางเคมี ผู้วิจัยจึงนำตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์นี้มาทำการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมีด้วยวิธี Jar Test ตามหัวข้อที่ 3.4 โดยใช้สารตกตะกอน ดังต่อไปนี้ คือ $Al_2(SO_4)_3$, Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 2:1, 1:1, 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ

4.2.1 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนทางเคมี

การศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิต โดยการใส่สาร $Al_2(SO_4)_3$, Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 2:1, 1:1, 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ ดังการทดลองในหัวข้อที่ 3.5.1 ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

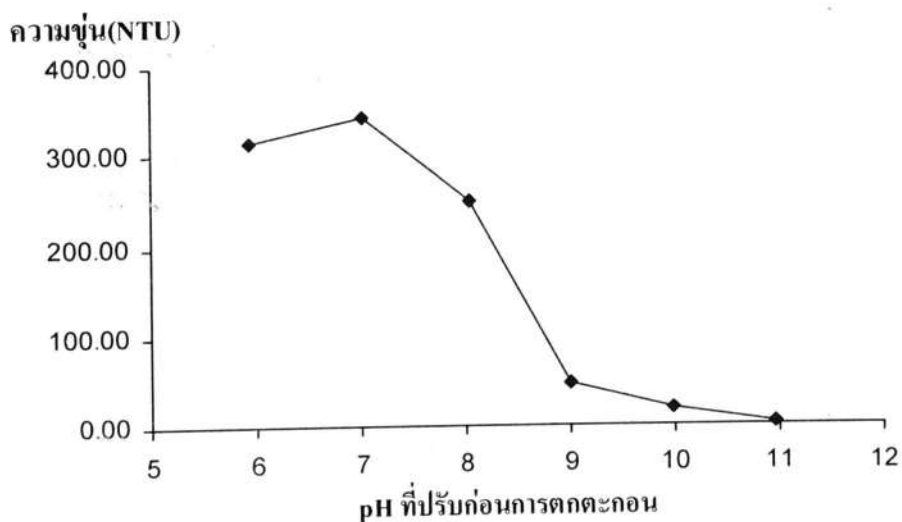
4.2.1.1 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร $Al_2(SO_4)_3$

จากการทดลองหา pH ที่เหมาะสมตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.1 ในการตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยน้ำเสียก่อนการทดลองมี pH 7.06 และค่าความขุ่น 428 NTU ปรับ pH โดยใช้สารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร โดยทำการเติมที่ปริมาตรต่างๆ กัน และใส่สาร $Al_2(SO_4)_3$ เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 7 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสำหรับการตกตะกอนทางเคมีด้วยสาร $Al_2(SO_4)_3$

pH ที่ปรับ ก่อน ตกตะกอน	ปริมาตรสาร Coagulant เข้มข้น 10% w/v (มิลลิลิตร)	ปริมาตรสาร Coagulant Aid เข้มข้น 0.05% w/v (มิลลิลิตร)	ระยะเวลาที่ ใช้ตกตะกอน (นาที)	ความขุ่นหลัง ตกตะกอน (NTU)	pH หลัง ตกตะกอน
5.94	7	-	30	314.00	4.43
7.02	7	-	30	344.00	4.47
8.04	7	-	30	251.00	4.70
8.99	7	-	30	47.30	5.02
9.98	7	-	30	19.40	5.57
10.96	7	-	30	2.62	7.75

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.2 มาเขียนกราฟระหว่าง pH ที่ใช้และความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอนได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การศึกษาหา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมีด้วยสาร $Al_2(SO_4)_3$

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อ pH มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 7.02 - 10.96 จะทำให้ค่าความขุ่นมีค่าลดลงจนมีความขุ่นเหลือน้อยที่สุดที่ pH 10.96 คือ 2.62 NTU เนื่องจากเมื่อ pH สูงขึ้นปริมาณ OH^- ที่อยู่ในน้ำจะเพิ่มขึ้นและเข้าทำปฏิกิริยากับ Al^{3+} ที่ได้จากการละลายของสาร $Al_2(SO_4)_3$ และ Bentonite ทำให้เกิดสาร $Al(OH)_3$ ซึ่งสามารถไปเกาะเป็นผลึกล้อมรอบสารแขวนลอย ทำให้สารแขวนลอยมีน้ำหนักมากขึ้นจนสามารถตกตะกอนได้ดีขึ้น ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจะปรับ pH ก่อนบำบัด

ด้วยสารละลาย NaOH ให้มี pH เท่ากับ 10.96 ซึ่งเป็น pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร $Al_2(SO_4)_3$ เพื่อทดสอบหาปริมาณ สาร $Al_2(SO_4)_3$ ที่เหมาะสมต่อไป

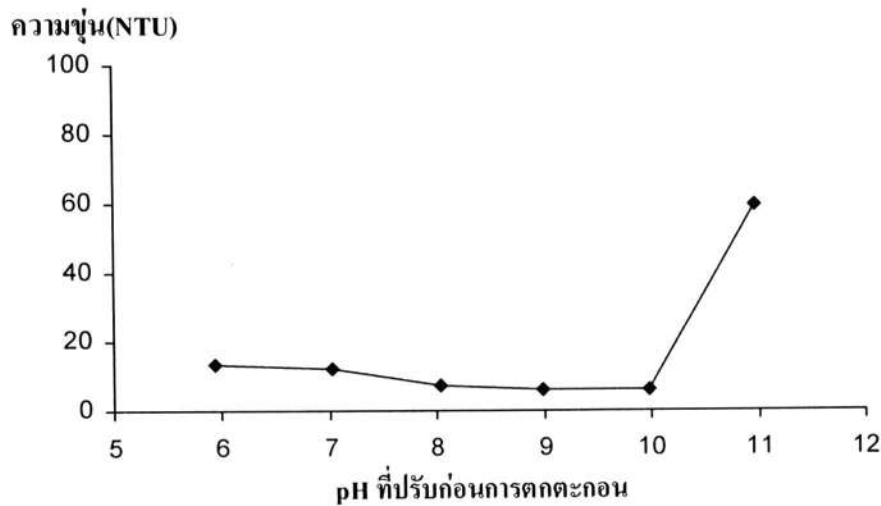
4.2.1.2 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 2:1

จากการทดลองหา pH ที่เหมาะสมตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.1 ในการตกตะกอนน้ำเสีย จากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยน้ำเสียก่อนการทดลองมี pH 7.06 และค่าความขุ่น 428 NTU ปรับ pH โดยใช้สารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร โดยทำการเติมที่ปริมาตรต่างๆ กัน และใช้สาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 2:1 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 11 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 2:1

pH ที่ปรับ ก่อน ตกตะกอน	ปริมาณสาร Coagulant เข้มข้น 10% w/v (มิลลิลิตร)	ปริมาณสาร Coagulant Aid เข้มข้น 0.05% w/v (มิลลิลิตร)	ระยะเวลาที่ใช้ตกตะกอน (นาที)	ความขุ่นหลังตกตะกอน (NTU)	pH หลังตกตะกอน
5.94	11	-	30	13.48	4.43
7.02	11	-	30	12.08	4.47
8.04	11	-	30	7.42	4.7
8.99	11	-	30	5.86	5.02
9.98	11	-	30	6.13	5.57
10.96	11	-	30	60.00	7.75

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.3 มาเขียนกราฟระหว่าง pH ที่ใช้และความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอนได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การศึกษาหา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 2:1

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อ pH มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 5.94 - 8.04 จะทำให้ค่าความขุ่นมีค่าลดลงจนกระทั่งถึง pH 8.99 จะมีค่าความขุ่นเหลือน้อยที่สุดที่ คือ 5.86 NTU เนื่องจากเมื่อ pH สูงขึ้นปริมาณ OH⁻ ที่อยู่ในน้ำจะเพิ่มขึ้นและเข้าทำปฏิกิริยากับ Al³⁺ ที่ได้จากการละลายของสาร Al₂(SO₄)₃ และ Bentonite ทำให้เกิดสาร Al(OH)₃ ซึ่งสามารถไปเกาะเป็นผลึกล้อมรอบสารแขวนลอย ทำให้สารแขวนลอยมีน้ำหนักมากขึ้นจนสามารถตกตะกอนได้ดีขึ้น หลังจากนั้นค่าความขุ่นจะเพิ่มมากขึ้นตาม pH ที่สูงขึ้น เนื่องจาก pH ที่สูงขึ้นทำให้มีประจุลบของ OH⁻ มากขึ้น จนเกินพอดีกับ Al³⁺ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ทำให้ประจุลบที่เกินพอไปจับกับคอลลอยด์จนทำให้คอลลอยด์กลับมามีประจุอีกครั้ง ทำให้เกิดการผลักกันของคอลลอยด์จนฟุ้งกระจายเป็นสารแขวนลอยอยู่ในน้ำเสียอีกครั้ง (เนื่องจากสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 2:1 มีอัตราส่วนของ Al³⁺ น้อย) น้ำเสียจึงมีความขุ่นมากขึ้น ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจะปรับ pH ก่อนบำบัดด้วยสารละลาย NaOH ให้มี pH เท่ากับ 8.99 ซึ่งเป็น pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 2:1 เพื่อทดลองหาปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 2:1 ที่เหมาะสมต่อไป

4.2.1.3 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃

ที่อัตราส่วน 1:1

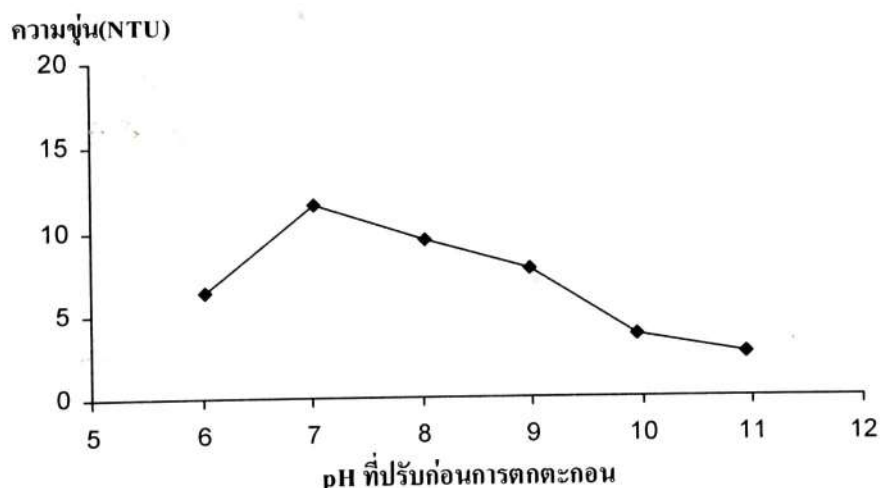
จากการทดลองหา pH ที่เหมาะสมตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.1 ในการตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยน้ำเสียก่อนการทดลองมี pH 7.06 และค่าความขุ่น 428 NTU ปรับ pH โดยใช้สารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร โดยทำการเติมที่ปริมาตรต่างๆ กัน และใช้สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4

วช
624.16
07657
2551
อ.2

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1

pH ที่ปรับ ก่อน ตกตะกอน	ปริมาตรสาร Coagulant เข้มข้น 10% w/v (มิลลิลิตร)	ปริมาตรสาร Coagulant Aid เข้มข้น 0.05% w/v (มิลลิลิตร)	ระยะเวลาที่ ใช้ตกตะกอน (นาที)	ความขุ่นหลัง ตกตะกอน (NTU)	pH หลัง ตกตะกอน
6.03	9	-	30	6.34	4.18
7.02	9	-	30	11.54	4.21
8.02	9	-	30	9.42	4.25
8.98	9	-	30	7.66	4.26
9.94	9	-	30	3.77	4.40
10.94	9	-	30	2.57	6.10

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.4 มาเขียนกราฟระหว่าง pH ที่ใช้และความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอนได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 การศึกษาหา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อ pH มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 6.03 - 7.02 จะทำให้ค่าความขุ่นมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ pH สูงขึ้นจาก 7.02 - 9.94 จะทำให้ค่าความขุ่นมีค่าลดลง จนกระทั่งถึง pH 10.94 จะมีค่าความขุ่นเหลือน้อยที่สุดที่ คือ 2.57 NTU เนื่องจากเมื่อ pH สูงขึ้นปริมาณ OH⁻ ที่อยู่ในน้ำจะเพิ่มขึ้นและเข้าทำปฏิกิริยากับ Al³⁺ ที่ได้จากการละลายของสาร Al₂(SO₄)₃ และ Bentonite ทำให้เกิดสาร Al(OH)₃ ซึ่งสามารถไปเกาะเป็นผลึกล้อมรอบสารแขวนลอย จึงสามารถตกตะกอนได้ดี เมื่อมีปริมาณ OH⁻ ที่

สูงขึ้น ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจะปรับ pH ก่อนบำบัดด้วยสารละลาย NaOH ให้มี pH เท่ากับ 10.94 ซึ่งเป็น pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1 เพื่อทดลองหาปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1 ที่เหมาะสมต่อไป

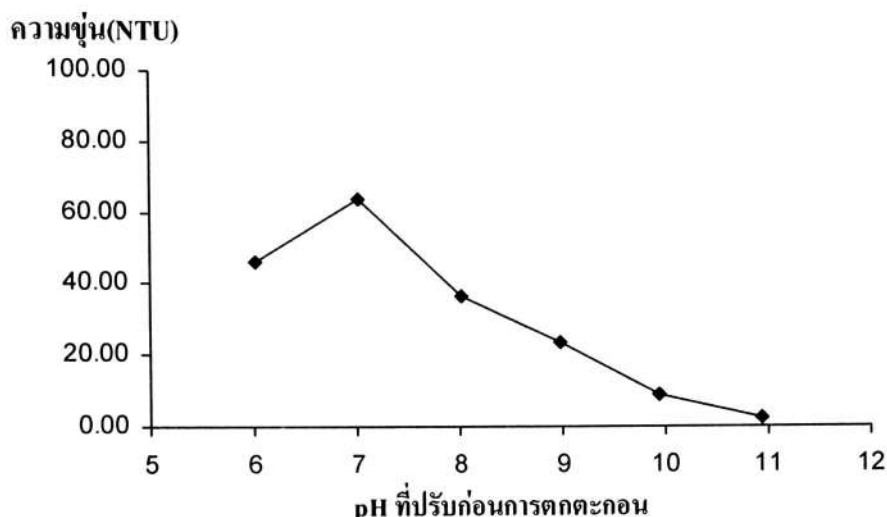
4.2.1.4 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2

จากการทดลองหา pH ที่เหมาะสมตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.1 ในการตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยน้ำเสียก่อนการทดลองมี pH 7.06 และค่าความขุ่น 428 NTU ปรับ pH โดยใช้สารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร โดยทำการเติมที่ปริมาตรต่างๆ กัน และใช้สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 9 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2

pH ที่ปรับก่อนตกตะกอน	ปริมาณสาร Coagulant เข้มข้น 10% w/v (มิลลิลิตร)	ปริมาณสาร Coagulant Aid เข้มข้น 0.05% w/v (มิลลิลิตร)	ระยะเวลาที่ใช้ตกตะกอน (นาที)	ความขุ่นหลังตกตะกอน (NTU)	pH หลังตกตะกอน
6.03	9	-	30	46.40	4.04
7.02	9	-	30	64.20	4.15
8.02	9	-	30	36.40	4.37
8.98	9	-	30	23.60	4.51
9.94	9	-	30	8.92	4.85
10.94	9	-	30	2.63	5.69

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.5 มาเขียนกราฟระหว่าง pH ที่ใช้และความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอนได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 การศึกษาหา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อ pH มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 6.03 - 7.02 จะทำให้ค่าความขุ่นมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ pH สูงขึ้นจาก 7.02 - 9.94 จะทำให้ค่าความขุ่นมีค่าลดลง จนกระทั่งถึง pH 10.94 จะมีค่าความขุ่นเหลือน้อยที่สุดที่ คือ 2.13 NTU เนื่องจากเมื่อ pH สูงขึ้นปริมาณ OH⁻ ที่อยู่ในน้ำจะเพิ่มขึ้นและเข้าทำปฏิกิริยากับ Al³⁺ ที่ได้จากการละลายของสาร Al₂(SO₄)₃ และ Bentonite ทำให้เกิดสาร Al(OH)₃ ซึ่งสามารถไปเกาะเป็นผลึกล้อมรอบสารแขวนลอย ประกอบกับสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ละลายน้ำแล้วมีอัตราส่วนของ Al³⁺ มากกว่าสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1 จึงสามารถตกตะกอนได้ดี เมื่อมีปริมาณ OH⁻ ที่สูงขึ้น ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจะปรับ pH ก่อนบำบัดด้วยสารละลาย NaOH ให้มี pH เท่ากับ 10.94 ซึ่งเป็น pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 เพื่อทดลองหาปริมาณ สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ที่เหมาะสมต่อไป

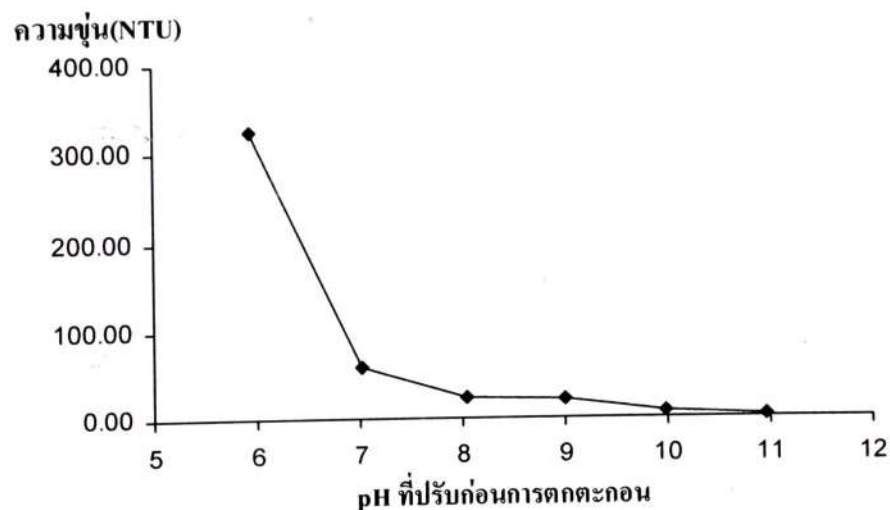
4.2.1.5 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3

จากการทดลองหา pH ที่เหมาะสมตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.1 ในการตกตะกอนน้ำเสีย จากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยน้ำเสียก่อนการทดลองมี pH 7.06 และค่าความขุ่น 428 NTU ปรับ pH โดยใช้สารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร โดยทำการเติมที่ปริมาตรต่างๆ กัน และใช้สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 9 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3

pH ที่ปรับก่อนตกตะกอน	ปริมาตรสาร Coagulant เข้มข้น 10% w/v (มิลลิลิตร)	ปริมาตรสาร Coagulant Aid เข้มข้น 0.05% w/v (มิลลิลิตร)	ระยะเวลาที่ใช้ตกตะกอน (นาที)	ความขุ่นหลังตกตะกอน (NTU)	pH หลังตกตะกอน
5.94	9	-	30	325.00	4.02
7.02	9	-	30	60.00	4.06
8.04	9	-	30	22.60	4.08
8.99	9	-	30	20.30	4.10
9.98	9	-	30	7.53	4.18
10.96	9	-	30	3.29	4.70

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.6 มาเขียนกราฟระหว่าง pH ที่ใช้และความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอนได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 การศึกษาหา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ อัตราส่วน 1:3

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อ pH มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 5.94 - 9.98 จะทำให้ค่าความขุ่นมีค่าลดลงจนกระทั่งถึง pH 10.96 จะมีค่าความขุ่นเหลือน้อยที่สุดที่ คือ 3.29 NTU เนื่องจากเมื่อ pH สูงขึ้น ปริมาณ OH⁻ ที่อยู่ในน้ำจะเพิ่มขึ้นและเข้าทำปฏิกิริยากับ Al³⁺ ที่ได้จากการละลายของสาร Al₂(SO₄)₃ และ Bentonite ทำให้เกิดสาร Al(OH)₃ ซึ่งสามารถไปเกาะเป็นผลึกล้อมรอบสารแขวนลอย

ทำให้สารแขวนลอยสามารถตกตะกอนได้ดีขึ้น ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจะปรับ pH ก่อนบำบัดด้วยสารละลาย NaOH ให้มี pH เท่ากับ 10.96 ซึ่งเป็น pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3 เพื่อทดลองหาปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3 ที่เหมาะสมต่อไป

4.2.2 ผลการศึกษาหาปริมาณของสาร Coagulant ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.2.1 เมื่อได้ pH ที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการศึกษาหาปริมาณสาร Coagulant ที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตต่อ โดยใช้สาร Al₂(SO₄)₃, Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 2:1, 1:1, 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ เป็นสาร Coagulant ตามการทดลองในหัวข้อที่ 3.5.2 ปรากฏผล การทดลองดังตารางที่ 4.7 - 4.11 และนำมาเขียนกราฟระหว่างปริมาณสาร Coagulant ที่ใช้ และความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอน แสดงผลเป็นกราฟดังภาพที่ 4.6 - 4.10

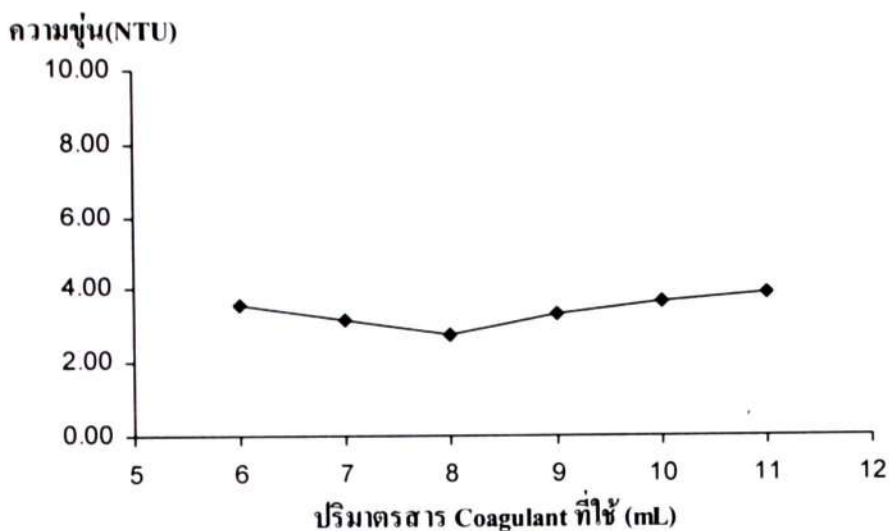
4.2.2.1 ผลการศึกษาปริมาณสาร Al₂(SO₄)₃ ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี

จากการทดลองหา pH ที่เหมาะสมโดยใช้สาร Al₂(SO₄)₃ ในการตกตะกอน ตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 4.2.1.1 พบว่าที่ pH 10.96 เป็น pH ที่เหมาะสม สำหรับการตกตะกอนทางเคมีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นจึงเลือกที่ pH 10.96 มาทำการทดลองหาปริมาณสาร Al₂(SO₄)₃ ที่เหมาะสม ตามการทดลองในหัวข้อที่ 3.4.2 โดยน้ำก่อนทำการทดลองมี pH 7.02 และค่าความขุ่น 394 NTU ปรับ pH โดยเติมสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตรลงไป 2.2 มิลลิลิตร ต่อปริมาตรน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการศึกษาปริมาณสาร Al₂(SO₄)₃ ที่เหมาะในการตกตะกอนทางเคมี

pH ที่ปรับก่อนตกตะกอน	ปริมาณสาร Coagulant เข้มข้น 10% w/v (มิลลิลิตร)	ปริมาณสาร Coagulant Aid เข้มข้น 0.05% w/v (มิลลิลิตร)	ระยะเวลาที่ใช้ตกตะกอน (นาที)	ความขุ่นหลังตกตะกอน (NTU)	pH หลังตกตะกอน
10.94	6	-	30	3.54	4.38
10.94	7	-	30	3.16	4.22
10.94	8	-	30	2.73	4.13
10.94	9	-	30	3.36	4.08
10.94	10	-	30	3.70	4.06
10.94	11	-	30	3.91	4.04

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.7 มาเขียนกราฟระหว่างปริมาณสาร Coagulant ที่ใช้และความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอนได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 การศึกษาปริมาณสาร $Al_2(SO_4)_3$ ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณสาร $Al_2(SO_4)_3$ ที่ใช้ในการตกตะกอนทางเคมีเพิ่มขึ้นจาก 6 - 7 มิลลิลิตร ต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร จะทำให้ความขุ่นมีค่าลดลง จนกระทั่งถึงจุดที่มีปริมาณ 8 มิลลิลิตร ต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร จะมีค่าความขุ่นเหลือน้อยที่สุด คือ 2.73 NTU เนื่องจาก Al^{3+} ที่เติมลงไปเข้าไปทำปฏิกิริยากับ OH^- ที่ละลายอยู่ในน้ำเกิดเป็นผลึก $Al(OH)_3$ ซึ่งสามารถไปเกาะล้อมรอบสารแขวนลอยในน้ำเสียจนมีขนาดใหญ่ขึ้น มีน้ำหนักมากขึ้น แต่ยังไม่สามารถตกตะกอนสารแขวนลอยได้ ทำให้น้ำเสียมืดสี แต่ยังมีสารแขวนลอยกระจายอยู่ในน้ำ หลังจากนั้นค่าความขุ่นจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของสาร $Al_2(SO_4)_3$ ที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปริมาณ Al^{3+} ที่เพิ่มขึ้นมีมากเกินไป ทำให้คอลลอยด์กลับมามีประจุ จนเกิดการผลักกันของคอลลอยด์ทำให้คอลลอยด์เกิดการฟุ้งกระจายขึ้นมาในน้ำเสียอีกครั้ง ดังนั้นจะใช้ปริมาณของสาร $Al_2(SO_4)_3$ เท่ากับ 8 มิลลิลิตร ต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาณของสาร $Al_2(SO_4)_3$ ที่เหมาะสมในการตกตะกอนเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.2.2.2 ผลการศึกษาปริมาณสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 2:1 ที่เหมาะสม

ในการตกตะกอนทางเคมี

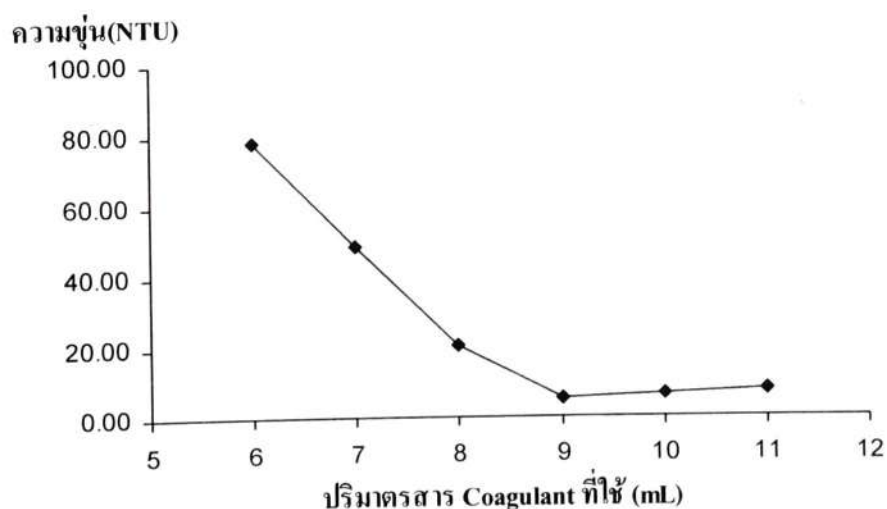
จากการทดลองหา pH ที่เหมาะสมโดยใช้สาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 2:1 ในการตกตะกอน พบว่าที่ pH 8.99 เป็น pH ที่เหมาะสม สำหรับการตกตะกอนทางเคมีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นจึงเลือกที่ pH 8.99 มาทำการทดลองหาปริมาณสาร Bentonite: $Al_2(SO_4)_3$ ที่อัตราส่วน 2:1 ที่เหมาะสม ตามการทดลองในหัวข้อที่ 3.4.2 โดย

นำก่อนทำการทดลองมี pH 7.02 และค่าความขุ่น 394 NTU ปรับ pH โดยเติมสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตรลงไป 0.25 มิลลิลิตรต่อปริมาตรน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการศึกษาหาปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 2:1 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี

pH ที่ปรับก่อนตกตะกอน	ปริมาณสาร Coagulant เข้มข้น 10% w/v (มิลลิลิตร)	ปริมาณสาร Coagulant Aid เข้มข้น 0.05% w/v (มิลลิลิตร)	ระยะเวลาที่ใช้ตกตะกอน (นาที)	ความขุ่นหลังตกตะกอน (NTU)	pH หลังตกตะกอน
9.02	6	-	30	78.46	6.21
9.02	7	-	30	48.56	5.20
9.02	8	-	30	20.76	5.10
9.02	9	-	30	5.45	4.98
9.02	10	-	30	6.42	4.82
9.02	11	-	30	7.54	4.73

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.8 มาเขียนกราฟระหว่างปริมาณสาร Coagulant ที่ใช้และความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอนได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 การศึกษาปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 2:1 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 2:1 ที่ใช้ในการตกตะกอนทางเคมีเพิ่มขึ้น จาก 6 - 8 มิลลิลิตร ต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร จะทำให้ความขุ่นมีค่าลดลง จนกระทั่งถึงจุดที่มีปริมาตร 9 มิลลิลิตรต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร จะมีค่าความขุ่นเหลือ น้อยที่สุด คือ 5.45 NTU เนื่องจากสาร Al³⁺ ที่ละลายจากสาร Al₂(SO₄)₃ และ Bentonite ที่เติมลงไปได้ เข้าทำปฏิกิริยากับ OH⁻ ที่อยู่ในน้ำเกิดสาร Al(OH)₃ ซึ่งสามารถไปเกาะเป็นผลึกล้อมรอบสารแขวนลอยในน้ำเสีย ทำให้สารแขวนลอยมีน้ำหนักมากขึ้นจนสามารถตกตะกอนลงมาได้ หลังจากนั้น ค่าความขุ่นจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาตรของสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 2:1 ที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารที่เติมลงไปมีอัตราส่วนของ Bentonite อยู่มาก ซึ่งสารเบนโทไนท์ที่เกินพอดี ไม่สามารถ เกาะติดกับสารแขวนลอยจนมีขนาดใหญ่หรือมีน้ำหนักมากพอที่จะตกตะกอนลงมาได้ จึงเกิดเป็นสารแขวนลอยสีน้ำตาลละลายอยู่ในน้ำเสีย ดังนั้นจะใช้ปริมาตรของสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 2:1 เท่ากับ 9 มิลลิลิตรต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาตรของสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 2:1 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.2.2.3 ผลการศึกษาปริมาตรสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1 ที่เหมาะสม

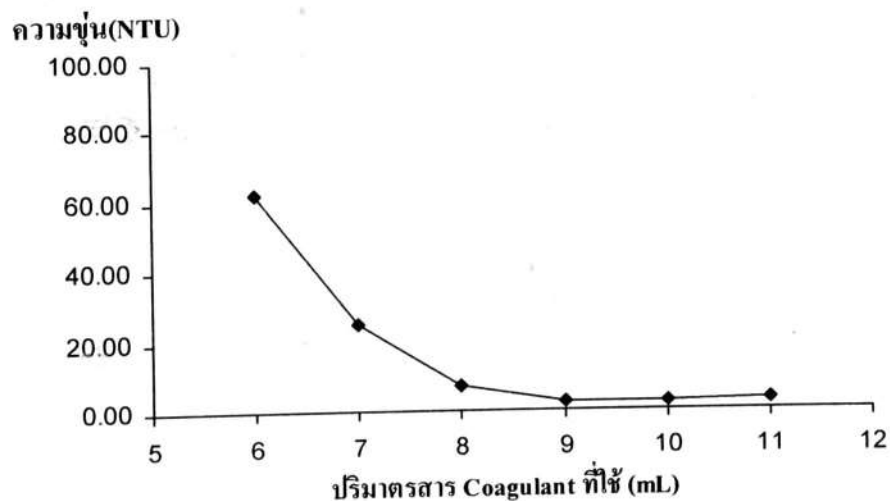
ในการตกตะกอนทางเคมี

จากการทดลองหา pH ที่เหมาะสมโดยใช้สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1 ในการตกตะกอน พบว่าที่ pH 11.02 เป็น pH ที่เหมาะสม สำหรับการตกตะกอนทางเคมีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นจึงเลือกที่ pH 11.02 มาทำการทดลองหาปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1 ที่เหมาะสม ตามการทดลองในหัวข้อที่ 3.4.2 โดยน้ำก่อนทำการทดลองมี pH 7.02 และค่าความขุ่น 394 NTU ปรับ pH โดยเติมสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตรลงไป 2.2 มิลลิลิตรต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการศึกษาหาปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี

pH ที่ปรับก่อนตกตะกอน	ปริมาณสาร Coagulant เข้มข้น 10% w/v (มิลลิลิตร)	ปริมาณสาร Coagulant Aid เข้มข้น 0.05% w/v (มิลลิลิตร)	ระยะเวลาที่ใช้ตกตะกอน (นาที)	ความขุ่นหลังตกตะกอน (NTU)	pH หลังตกตะกอน
11.02	6	-	30	62.50	7.53
11.02	7	-	30	25.00	6.98
11.02	8	-	30	7.34	6.62
11.02	9	-	30	2.66	6.56
11.02	10	-	30	2.64	6.53
11.02	11	-	30	3.07	6.50

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.9 มาเขียนกราฟระหว่างปริมาณสาร Coagulant ที่ใช้และความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอน ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 การศึกษาปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1 ที่เหมาะสมในการตกตะกอน

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1 ที่ใช้ในการตกตะกอนทางเคมีเพิ่มขึ้น จาก 6 - 9 มิลลิลิตร ต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร จะทำให้ความขุ่นมีค่าลดลง จนกระทั่งถึงจุดที่มีปริมาตร 10 มิลลิลิตรต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร จะมีค่าความขุ่นเหลือน้อยที่สุด คือ 2.64 NTU เนื่องจากสาร Al³⁺ ที่ละลายจากสาร Al₂(SO₄)₃ และ Bentonite ที่เติมลงไปได้

เข้าทำปฏิกิริยากับ OH^- ที่อยู่ในน้ำเกิดสาร $\text{Al}(\text{OH})_3$ ซึ่งสามารถไปเกาะเป็นผลึกล้อมรอบสารแขวนลอยในน้ำเสีย ทำให้สารแขวนลอยมีน้ำหนักมากขึ้น จนสามารถตกตะกอนลงมาได้ (ตะกอนมีสีขาวปนน้ำตาลขนาดใหญ่กว่าการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 2:1 เนื่องจากมีอัตราส่วนของ Al^{3+} มากกว่าจึงมีสาร $\text{Al}(\text{OH})_3$ ไปเกาะเป็นผลึกล้อมรอบสารแขวนลอยมากกว่า) หลังจากนั้นค่าความขุ่นจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาตรของสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:1 ที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารที่เติมลงไปมี Bentonite มากเกินพอ ซึ่งสาร Bentonite ที่มากเกินพอนี้ไม่สามารถเกาะติดกับสารแขวนลอยจนมีขนาดใหญ่หรือมีน้ำหนักมากพอที่จะตกตะกอนลงมาได้ จึงเกิดเป็นสารแขวนลอยสีน้ำตาลละลายอยู่ในน้ำเสียเพียงเล็กน้อย (เนื่องจากอัตราส่วน Bentonite ที่เติมลงไป มีอัตราส่วนที่น้อยกว่าสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 2:1) ดังนั้นจะใช้ปริมาตรของสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:1 เท่ากับ 10 มิลลิลิตรต่อปริมาตรน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาตรของสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:1 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.2.2.4 ผลการศึกษาปริมาตรสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1 :2 ที่เหมาะสม

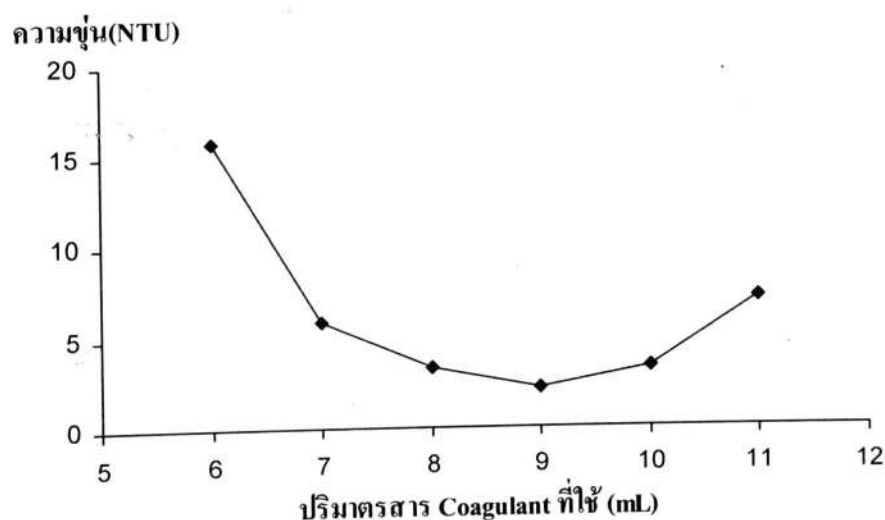
ในการตกตะกอนทางเคมี

จากการทดลองหา pH ที่เหมาะสมโดยใช้สาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:2 ในการตกตะกอน พบว่าที่ pH 11.02 เป็น pH ที่เหมาะสม สำหรับการตกตะกอนทางเคมีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นจึงเลือกที่ pH 11.02 มาทำการทดลองหาปริมาตรสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:2 ที่เหมาะสม ตามการทดลองในหัวข้อที่ 3.4.2 โดยน้ำก่อนทำการทดลองมี pH 7.02 และค่าความขุ่น 394 NTU ปรับ pH โดยเติมสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตรลงไป 2.2 มิลลิลิตรต่อปริมาตรน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการศึกษาหาปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี

pH ที่ปรับก่อนตกตะกอน	ปริมาณสาร Coagulant เข้มข้น 10% w/v (มิลลิลิตร)	ปริมาณสาร Coagulant Aid เข้มข้น 0.05% w/v (มิลลิลิตร)	ระยะเวลาที่ใช้ตกตะกอน (นาที)	ความขุ่นหลังตกตะกอน (NTU)	pH หลังตกตะกอน
11.02	6	-	30	15.77	6.51
11.02	7	-	30	5.87	6.38
11.02	8	-	30	3.32	5.93
11.02	9	-	30	2.15	5.68
11.02	10	-	30	3.33	4.52
11.02	11	-	30	7.09	4.35

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.10 มาเขียนกราฟระหว่างปริมาณสาร Coagulant ที่ใช้และความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอนได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 การศึกษาปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ที่เหมาะสมในการตกตะกอน

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ที่ใช้ในการตกตะกอนทางเคมีเพิ่มขึ้น จาก 6 - 8 มิลลิลิตร ต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร จะทำให้ความขุ่นมีค่าลดลง จนกระทั่งถึงจุดที่มีปริมาณ 9 มิลลิลิตรต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร จะมีค่าความขุ่นเหลือน้อยที่สุด คือ 2.15 NTU เนื่องจากสาร Al³⁺ ที่ละลายจากสาร Al₂(SO₄)₃ และ Bentonite ที่เติมลงไปได้

เข้าทำปฏิกิริยากับ OH^- ที่อยู่ในน้ำเกิดสาร $\text{Al}(\text{OH})_3$ ซึ่งสามารถไปเกาะเป็นผลึกล้อมรอบสารแขวนลอยในน้ำเสีย ทำให้สารแขวนลอยมีน้ำหนักมากขึ้น จนสามารถตกตะกอนลงมาได้ (ตะกอนมีสีขาวเหลืองขนาดใหญ่กว่าการตกตะกอนด้วยสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:1 เนื่องจากมีอัตราส่วนของ Al^{3+} มากกว่าจึงมีสาร $\text{Al}(\text{OH})_3$ ไปเกาะเป็นผลึกล้อมรอบสารแขวนลอยมากกว่า) หลังจากนั้นค่าความขุ่นจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:2 ที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารที่เติมลงไป มีปริมาณ Al^{3+} ที่มากเกินไป ทำให้สารแขวนลอยกลับมามีประจุเกิดการผลักกันจนฟุ้งกระจายในน้ำเสีย (สังเกตจากตะกอนที่ฟุ้งขึ้นมา มีลักษณะเป็นตะกอนสีขาวขุ่น มีตะกอนสีเหลืองน้ำตาลปนเพียงเล็กน้อย) ดังนั้นจะใช้ปริมาณของสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:2 เท่ากับ 9 มิลลิลิตร ต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาณของสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:2 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.2.2.5 ผลการศึกษาปริมาณสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:3 ที่เหมาะสม

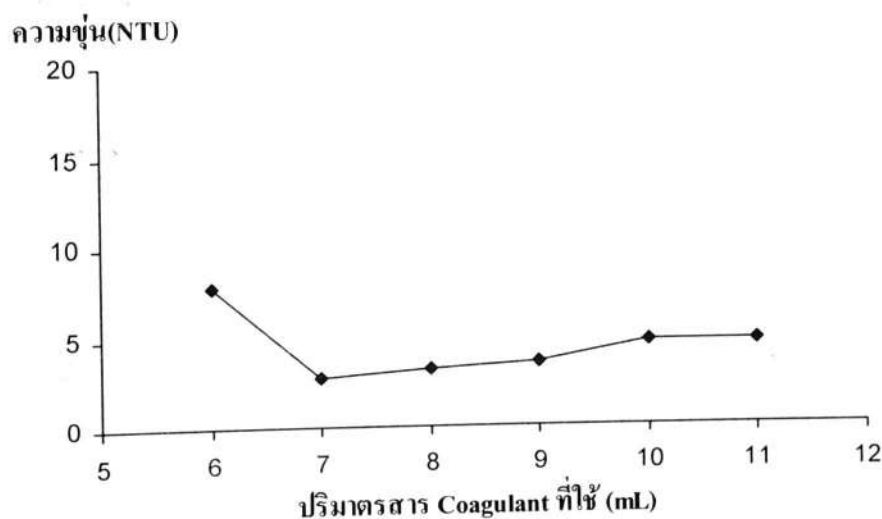
ในการตกตะกอนทางเคมี

จากการทดลองหา pH ที่เหมาะสมโดยใช้สาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:3 ในการตกตะกอน พบว่าที่ pH 11.02 เป็น pH ที่เหมาะสม สำหรับการตกตะกอนทางเคมีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นจึงเลือกที่ pH 11.02 มาทำการทดลองหาปริมาณสาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:3 ที่เหมาะสม ตามการทดลองในหัวข้อที่ 3.4.2 โดยน้ำก่อนทำการทดลองมี pH 7.02 และค่าความขุ่น 394 NTU ปรับ pH โดยเติมสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตรลงไป 2.2 มิลลิลิตรต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการศึกษาหาปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี

pH ที่ปรับก่อนตกตะกอน	ปริมาณสาร Coagulant เข้มข้น 10% w/v (มิลลิลิตร)	ปริมาณสาร Coagulant Aid เข้มข้น 0.05% w/v (มิลลิลิตร)	ระยะเวลาที่ใช้ตกตะกอน (นาที)	ความขุ่นหลังตกตะกอน (NTU)	pH หลังตกตะกอน
10.98	6	-	30	7.78	5.67
10.98	7	-	30	2.80	5.41
10.98	8	-	30	3.25	4.45
10.98	9	-	30	3.51	4.36
10.98	10	-	30	4.75	4.24
10.98	11	-	30	4.76	4.18

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.11 มาเขียนกราฟระหว่างปริมาณสาร Coagulant ที่ใช้และความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอนได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 การศึกษาปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3 ที่เหมาะสมในการตกตะกอน

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3 ที่ใช้ในการตกตะกอนทางเคมีมีค่าเท่ากับ 6 มิลลิลิตร ต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร จะทำให้มีความขุ่นสูงที่สุด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3 ขึ้นเป็น 7 มิลลิลิตรต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร จะทำให้ความขุ่นมีค่าลดลงต่ำที่สุด คือ 2.80 NTU หลังจากนั้นค่าความขุ่นจะ

เพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3 ที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสาร Al³⁺ ที่ละลายจากสาร Al₂(SO₄)₃ และ Bentonite ที่เติมลงไปได้เข้าทำปฏิกิริยากับ OH⁻ ที่อยู่ในน้ำเกิดสาร Al(OH)₃ ซึ่งสามารถไปเกาะเป็นผลึกล้อมรอบสารแขวนลอยในน้ำเสีย ทำให้สารแขวนลอยมีน้ำหนักมากขึ้น จนสามารถตกตะกอนลงมาได้ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3 ที่เติมลงไป ในน้ำเสีย ทำให้มีอัตราส่วนของสาร Al³⁺ อยู่มากเกินไป ทำให้คอลลอยด์กลับมามีประจุเกิดการผลัดกันจนฟุ้งกระจาย น้ำเสียจึงเกิดตะกอนสีขาวฟุ้งกลับขึ้นมาอีกครั้ง ดังนั้นจะใช้ปริมาณของสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3 เท่ากับ 7 มิลลิลิตรต่อปริมาณน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาณของสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3 ที่เหมาะสมในการตกตะกอนเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

จากผลการทดลองศึกษาหาปริมาณของสาร Coagulant ที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี ซึ่งปรากฏผลการทดลองดังข้อที่ 4.2.2.1 - 4.2.2.5 สามารถสรุปได้ว่า

สาร Al₂(SO₄)₃ สามารถตกตะกอนทางเคมีได้ดีที่สุด ที่ pH 10.94 เมื่อใช้ปริมาตร 8 มิลลิลิตรต่อปริมาตรน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ทำให้ความขุ่นมีค่าลดลงต่ำที่สุด คือ 2.73 NTU

สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 2:1 สามารถตกตะกอนทางเคมีได้ดีที่สุด ที่ pH 9.02 เมื่อใช้ปริมาตร 9 มิลลิลิตรต่อปริมาตรน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ทำให้ความขุ่นมีค่าลดลงต่ำที่สุด คือ 5.45 NTU

สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:1 สามารถตกตะกอนทางเคมีได้ดีที่สุดที่ pH 11.02 เมื่อใช้ปริมาตร 10 มิลลิลิตรต่อปริมาตรน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ทำให้ความขุ่นมีค่าลดลงต่ำที่สุด คือ 2.64 NTU

สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 สามารถตกตะกอนทางเคมีได้ดีที่สุด ที่ pH 10.94 เมื่อใช้ปริมาตร 9 มิลลิลิตรต่อปริมาตรน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ทำให้ความขุ่นมีค่าลดลงต่ำที่สุด คือ 2.15 NTU

สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:3 สามารถตกตะกอนทางเคมีได้ดีที่สุด ที่ pH 10.98 เมื่อใช้ปริมาตร 7 มิลลิลิตรต่อปริมาตรน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ทำให้ความขุ่นมีค่าลดลงต่ำที่สุด คือ 2.80 NTU

เนื่องจากสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 สามารถตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ได้ดีที่สุด คือ 2.15 NTU ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำสถานะนี้ไปทำการศึกษาต่อเพื่อหาปริมาณสาร Coagulation Aid ที่เหมาะสมต่อไป

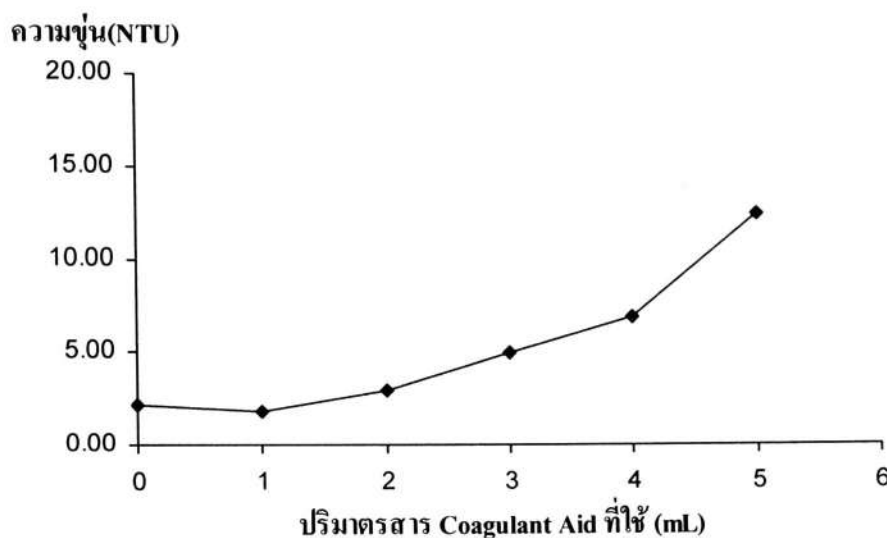
4.2.3 ผลการศึกษาปริมาณสาร Coagulant Aid ที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนทางเคมี

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.2.2 เมื่อได้ pH ชนิดและปริมาณสาร Coagulant ที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการศึกษาหาปริมาณสาร Coagulant Aid ที่เหมาะสมในการช่วยตกตะกอน น้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เป็น Coagulant ที่ pH 10.94 และใช้สาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ในปริมาณต่างๆ กัน เป็นสาร Coagulant Aid ตามการทดลองในหัวข้อที่ 3.4.3 ปรากฏผลการทดลองดังตาราง ที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการศึกษาปริมาณสาร Anionic Polymer ที่เหมาะสมในการช่วยตกตะกอน เมื่อตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร

pH ที่ปรับก่อนตกตะกอน	ปริมาณสาร Coagulant เข้มข้น 10% w/v (มิลลิลิตร)	ปริมาณสาร Coagulant Aid เข้มข้น 0.05% w/v (มิลลิลิตร)	ระยะเวลาที่ใช้ตกตะกอน (นาที)	ความขุ่นหลังตกตะกอน (NTU)	pH หลังตกตะกอน
10.98	9	0	30	2.12	5.69
10.98	9	1	30	1.83	5.64
10.98	9	2	30	3.02	5.61
10.98	9	3	30	4.98	5.60
10.98	9	4	30	6.97	5.57
10.98	9	5	30	12.52	5.58

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.12 มาเขียนกราฟระหว่างปริมาณสาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ที่ใช้และความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอนได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 การศึกษาปริมาณสาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตรที่เหมาะสมในการช่วยตกตะกอน

เมื่อตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้สาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตรช่วยในการตกตะกอนสามารถตกตะกอน น้ำเสียได้ดีที่สุดเมื่อใช้สาร Anionic Polymer ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อปริมาตรน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร คือเหลือความขุ่นเพียง 1.83 NTU หลังจากนั้นค่าความขุ่นจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตรที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการใช้การใช้ปริมาณพอลิเมอร์ที่มากเกินไปจะทำให้พอลิเมอร์หลายโมเลกุลจะไปเกาะอยู่บนอนุภาคของคอลลอยด์จนกระทั่งไม่มีที่ว่าง บนอนุภาคสำหรับเป็นที่จับของปลายอิสระของพอลิเมอร์ทำให้พอลิเมอร์บางส่วนเกิดการจับกันเองภายในสายโมเลกุลก่อน ทำให้ไม่มีที่ว่างสำหรับจับอนุภาคของคอลลอยด์ในน้ำเสีย อนุภาคคอลลอยด์ที่เกิดขึ้นจึงเป็นแบบที่ไม่มีเสถียรภาพ ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจะเลือกใช้ปริมาณสาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อปริมาตรน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร เป็นสารช่วยในการตกตะกอน

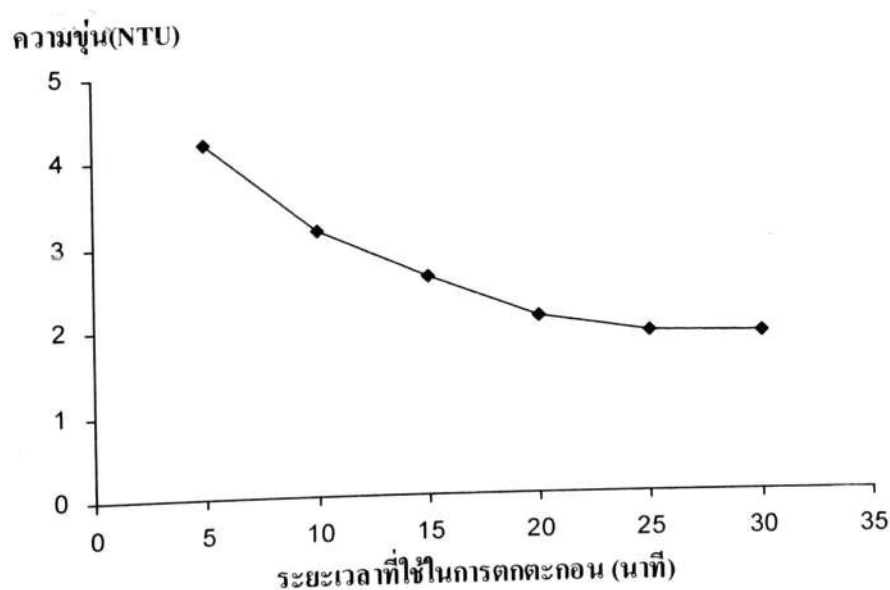
4.2.4 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนทางเคมี

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.2.3 เมื่อได้ pH ปริมาตรสาร Coagulant และปริมาณสาร Coagulant Aid ที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิต โดยใช้ pH เท่ากับ 10.98 และสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เป็นสาร Coagulant และใช้สาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นสาร Coagulant Aid ตามการทดลองในหัวข้อที่ 3.4.4 ปรากฏผลการทดลองดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี เมื่อตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 9 มิลลิลิตรและใช้สาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ช่วยในการตกตะกอนทางเคมี ที่ pH 10.98

pH ที่ปรับก่อนตกตะกอน	ปริมาณสาร Coagulant เข้มข้น 10% w/v (มิลลิลิตร)	ปริมาณสาร Coagulant Aid เข้มข้น 0.05% w/v (มิลลิลิตร)	ระยะเวลาที่ใช้ตกตะกอน (นาที)	ความขุ่นหลังตกตะกอน (NTU)	pH หลังตกตะกอน
10.98	9	1	5	4.2	5.82
10.98	9	1	10	3.18	5.80
10.98	9	1	15	2.60	5.81
10.98	9	1	20	2.10	5.81
10.98	9	1	25	1.90	5.80
10.98	9	1	30	1.89	5.78

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.13 มาเขียนกราฟระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการตกตะกอนและความขุ่นที่ได้หลังตกตะกอนได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 การศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอน เมื่อตกตะกอนด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และใช้สาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นสารช่วยในการตกตะกอน

จากผลการทดลองตกตะกอนทางเคมีเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอน ตามหัวข้อที่ 3.4.4 ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าในการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตรที่ pH 10.98 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และสาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อน้ำตัวอย่าง 400 มิลลิลิตร ในการตกตะกอน พบว่าความขุ่นจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 20 นาทีแรก จนถึงระยะเวลา 25 นาที ความขุ่นจะเริ่มคงที่ ดังภาพที่ 4.12 ในการทดลองนี้จึงเลือกระยะเวลาในการตกตะกอนที่ 25 นาที เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอน

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมมากที่สุดในการตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของ โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ คือ ใช้สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และสาร Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อ ปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำตัวอย่าง 400 มิลลิลิตร ที่ pH 10.98 และใช้ระยะเวลาในการ ตกตะกอน 25 นาที จึงนำสภาวะนี้ไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัด ตามหัวข้อที่ 3.4.5 ต่อไป

4.2.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตหลังการบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี
จากการทดลองบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของ โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี ตามหัวข้อที่ 3.4 ผลปรากฏว่าได้สภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย จากกระบวนการผลิตด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี คือ ใช้สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 9 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร และใช้สารละลาย Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร และใช้ระยะเวลาในการตกตะกอน 25 นาที ช่วยในการตกตะกอน ที่ pH 10.98 เมื่อนำน้ำที่ผ่านการ บำบัดทางเคมีแล้วมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการทดลอง ตามหัวข้อ 3.4.5 ผลปรากฏดังตารางที่ 4.14 ซึ่งค่าที่ได้ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.14 การศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการผลิตหลังทำการตกตะกอนทางเคมี ด้วยสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 9 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร และสารละลาย Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร

พารามิเตอร์	น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต หลังผ่านการตกตะกอนทางเคมี	มาตรฐานน้ำทิ้ง อุตสาหกรรม
pH	5.68	5.5-9.0
BOD (mg/L)	7.81	< 20
COD (mg/L)	100.00	< 120
TKN as N (mg/L)	2.95	< 100
Total PO ₄ ³⁻ -P as P(mg/L)	0.31	No Std.
Total Fe as Fe (mg/L)	0.30	No Std.
O/G (mg/L)	0.00	< 5

จากผลการทดลองวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี ดังตารางที่ 4.14 เมื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพในการบำบัดจากสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพในการบำบัด (\%)} = \frac{(\text{คุณภาพน้ำเสียก่อนบำบัด} - \text{คุณภาพน้ำเสียหลังบำบัด}) \times 100}{\text{คุณภาพน้ำเสียก่อนบำบัด}}$$

ปรากฏผลดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต	น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตหลังผ่านการตกตะกอนทางเคมี	ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย (%)
pH	7.06	5.68	-
BOD (mg/L)	402	7.81	98.06
COD (mg/L)	1,580	100.00	93.67
TKN as N (mg/L)	8.50	2.95	65.29
Total PO ₄ ³⁻ -P as P(mg/L)	1.20	0.31	73.96
Total Fe as Fe (mg/L)	0.824	0.30	63.21
O/G (mg/L)	12.8	0.00	100.00

จากตารางที่ 4.15 ผลการทดลองบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีที่ได้ มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียได้ร้อยละ 63.21 - 100.00 ซึ่งมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงสามารถปล่อยน้ำทิ้งออกนอกโรงงานอุตสาหกรรมได้เลย

4.3 ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโดยระบบบำบัดแบบ SBR

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียตามหัวข้อที่ 3.3 ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ที่ออกมาตามหัวข้อที่ 4.1 ได้ผลปรากฏว่า น้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานสมควรบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ ผู้วิจัยจึงนำตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานมาศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโดยระบบบำบัดแบบ SBR ตามหัวข้อที่ 3.5 โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาปริมาณอาหารเสริมที่ต้องเติมลงไป ในน้ำเสีย ตามหัวข้อที่ 3.5.2 และศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงค่า F/M ratio ที่มีผลต่อระยะเวลาในการเติมอากาศ ตามหัวข้อที่ 3.5.3

4.3.1 ผลการศึกษาหาปริมาณอาหารเสริมที่ต้องการ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียตามหัวข้อที่ 3.4 ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ที่ออกมาตามหัวข้อที่ 4.1 ได้ผลปรากฏว่า น้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานมีค่า BOD = 298.97 มิลลิกรัมต่อลิตร, TKN = 15.8 มิลลิกรัมต่อลิตร, ฟอสเฟต = 6.99 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Fe = 3.79 มิลลิกรัมต่อลิตร การคำนวณอัตราส่วน BOD : N : P : Fe = 100:5:1:0.5 ตามการทดลองที่ 3.6.1 จะได้

$$\begin{aligned} \text{อัตราส่วน BOD : N : P : Fe ในน้ำเสีย} &= 298.97 : 15.8 : 6.99 : 3.79 \\ &= 100 : 5.28 : 2.34 : 1.27 \\ \text{อัตราส่วน BOD : N : P : Fe ที่ต้องการ} &= 100 : 5 : 1 : 0.5 \end{aligned}$$

จากผลการคำนวณ อัตราส่วน BOD : N : P : Fe ที่ได้ ปรากฏว่าน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานมีปริมาณสารอาหารเพียงพอต่อความต้องการ จึงไม่ต้องมีการเติมอาหารเสริมเพิ่มเติม

4.3.2 ผลการศึกษาหาระยะเวลาเติมอากาศที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงอาหาร และสำนักงาน ที่ F/M Ratio ต่างๆ กัน

ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงอาหารและสำนักงาน ที่ F/M Ratio ต่างๆ กัน 3 ค่า คือที่ F/M Ratio เท่ากับ 0.15 , 0.20 และ 0.25 เมื่อทำการเติมอากาศอย่างต่อเนื่องพร้อมทั้งติดตามค่า BOD และ COD ทุกชั่วโมง ตามการทดลองในหัวข้อที่ 3.5.2 เพื่อหาระยะเวลาในการเติมอากาศ จนกระทั่งค่า BOD และ COD ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง โดยกำหนดให้มีค่า BOD Loading เท่ากับ 214.76 มิลลิกรัมต่อลิตร และ MLSS เท่ากับ 7,633.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองปรากฏดังตารางที่ 4.16 - 4.18 และแสดงการเปรียบเทียบเป็นกราฟ ได้ดังภาพที่ 4.13 - 4.14

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ค่า BOD และ COD ของน้ำเสีย ที่ F/M ratio = 0.15

ระยะเวลาที่ใช้ในการเติมอากาศ(ชม.)	ค่า Chemical Oxygen Demand (COD) (mg/L)	ค่า Biochemical Oxygen Demand (BOD) (mg/L)
0	342.31	298.97
1	55.08	35.88
2	70.82	33.12
3	62.95	46.92
4	59.02	44.16
5	55.08	44.16

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.16 พบว่าเมื่อเติมอากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สามารถลดค่า BOD และ COD ลง จนกระทั่งเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง ค่า BOD และ COD จะลดลงต่ำที่สุด และค่อยๆ สูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป เนื่องมาจากการบำบัดในชั่วโมงที่ 1 และ 2 จุลินทรีย์ได้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจนหมด ทำให้จุลินทรีย์เกิดการกินกันเองในชั่วโมงที่ 3 จนเกิดซากจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย ทำให้ค่า BOD และ COD สูงขึ้น

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ค่า BOD และ COD ของน้ำเสีย ที่ F/M ratio = 0.20

ระยะเวลาที่ใช้ในการเติมอากาศ(ชม.)	ค่า Chemical Oxygen Demand (COD) (mg/L)	ค่า Biochemical Oxygen Demand (BOD) (mg/L)
0	342.31	298.97
1	70.82	46.92
2	39.34	13.80
3	51.15	16.56
4	66.89	24.84
5	47.21	38.64

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.17 พบว่าเมื่อเติมอากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สามารถลดค่า BOD และ COD ลง จนกระทั่งเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง ค่า BOD และ COD จะลดลงต่ำที่สุด และค่อยๆ สูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป เนื่องมาจากการบำบัดในชั่วโมงที่ 1 และ 2 จุลินทรีย์ได้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจนหมด ทำให้จุลินทรีย์เกิดการกินกันเองในชั่วโมงที่ 3 จนเกิดซากจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย ทำให้ค่า BOD และ COD สูงขึ้น

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ค่า BOD และ COD ของน้ำเสีย ที่ F/M ratio = 0.25

ระยะเวลาที่ใช้ในการเติมอากาศ(ชม.)	ค่า Chemical Oxygen Demand (COD) (mg/L)	ค่า Biochemical Oxygen Demand (BOD) (mg/L)
0	342.31	298.97
1	78.69	55.20
2	55.08	24.84
3	43.28	16.56
4	31.48	13.80
5	47.21	33.12

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.18 พบว่าเมื่อเติมอากาศเป็นเวลา 3 ชั่วโมง สามารถลดค่า BOD และ COD ลง จนกระทั่งเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ค่า BOD และ COD จะลดลงต่ำที่สุด และค่อยๆ สูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป เนื่องมาจากการบำบัดใน 4 ชั่วโมงแรก จุลินทรีย์ได้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจนหมด ทำให้จุลินทรีย์เกิดการกินกันเองในชั่วโมงที่ 4 - 5 จนเกิดซากจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย ทำให้ค่า BOD และ COD สูงขึ้น

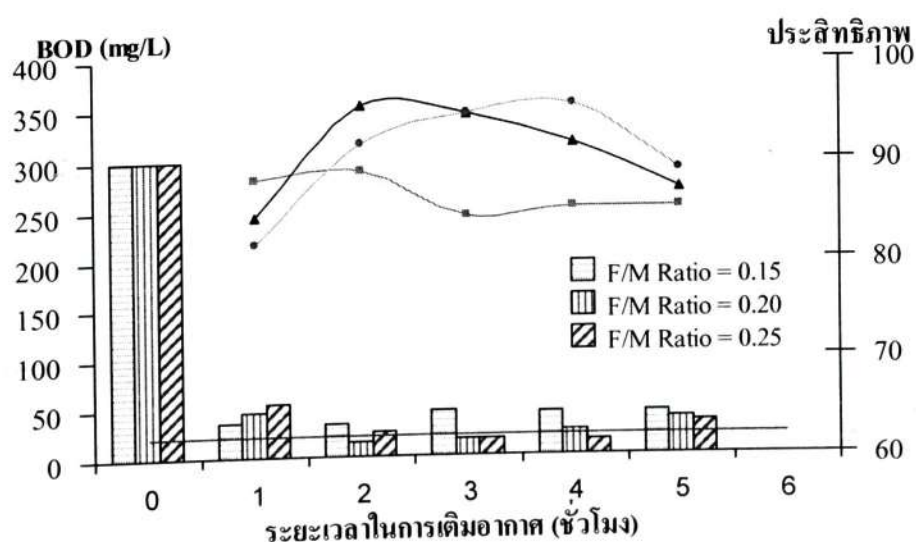
จากผลการทดลองในตารางที่ 4.16 - 4.18 ผู้วิจัยได้นำค่า BOD และ COD ที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานด้วยวิธี SBR จากสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพในการบำบัด (\%)} = \frac{(\text{คุณภาพน้ำเสียก่อนบำบัด} - \text{คุณภาพน้ำเสียหลังบำบัด}) \times 100}{\text{คุณภาพน้ำเสียก่อนบำบัด}}$$

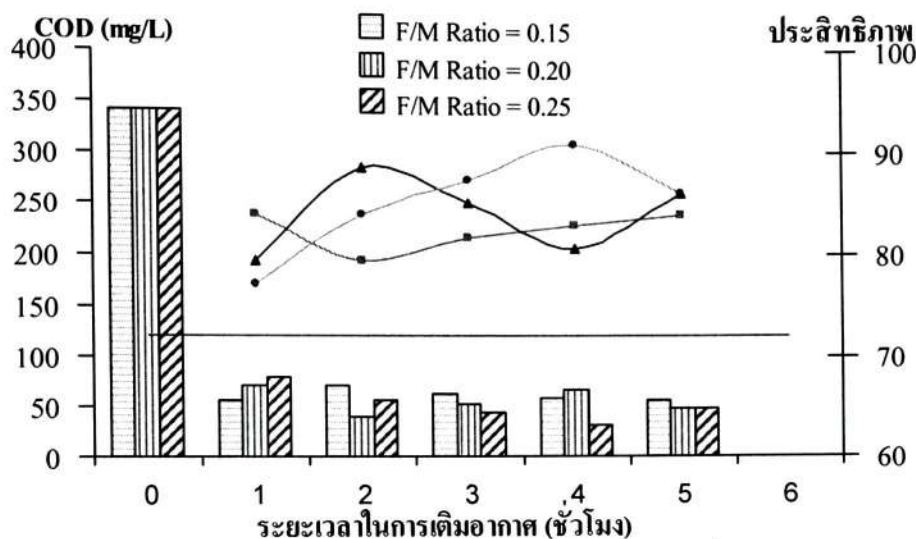
ปรากฏผลดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 แสดงประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD และ COD ของน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานด้วยวิธี SBR ที่สภาวะต่างๆ กัน

ระยะเวลาที่ใช้ในการเติมอากาศ (ชม.)	ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD (%)			ประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD (%)		
	F/M=0.15	F/M=0.20	F/M=0.25	F/M=0.15	F/M=0.20	F/M=0.25
1	83.29	78.15	74.3	83.91	79.31	77.01
2	84.58	93.57	88.43	79.31	88.51	83.91
3	78.15	92.29	92.29	81.61	85.06	87.36
4	79.44	88.43	93.57	82.76	80.46	90.80
5	79.44	82.01	84.58	83.91	86.21	86.21



ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า BOD และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน ด้วยวิธี SBR เมื่อใช้ระยะเวลาในการเติมอากาศต่างๆ กัน



ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า COD และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงาน ด้วยวิธี SBR เมื่อใช้ระยะเวลาในการเติมอากาศต่างๆ กัน

ผลการทดลองในตารางที่ 4.19 ผลปรากฏว่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานด้วยวิธี SBR ที่ F/M Ratio เท่ากับ 0.20 โดยใช้ระยะเวลาในการเติมอากาศ 2 ชั่วโมง และที่ F/M Ratio เท่ากับ 0.25 โดยใช้ระยะเวลาในการเติมอากาศ 3 ชั่วโมง สามารถบำบัดน้ำเสียให้ค่า BOD และ COD ผ่านค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมได้ ผู้วิจัยจึงเลือกสถานะที่ F/M Ratio เท่ากับ 0.20 โดยใช้ระยะเวลาในการเติมอากาศ 2 ชั่วโมง ไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการบำบัดตามหัวข้อที่ 3.5.3 ต่อไป เนื่องจากใช้เวลาในการเติมอากาศน้อยกว่าที่ F/M เท่ากับ 0.25

4.3.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงอาหารและสำนักงานโรงงานหลังการบำบัดด้วยวิธี SBR

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียจาก โรงอาหารและสำนักงานของ โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยวิธี SBR ตามหัวข้อที่ 3.5 ผลปรากฏว่าได้สถานะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานสามารถบำบัดได้ดีที่สุดเมื่อใช้ F/M Ratio เท่ากับ 0.20 และเติมอากาศเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งตามหัวข้อที่ 3.5.3 ได้ผลปรากฏดังตารางที่ 4.20 ซึ่งค่าที่ได้ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.20 การศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากโรงอาหาร และสำนักงานหลังทำการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบ SBR ที่ F/M Ratio = 0.20 โดยใช้ระยะเวลาเต็มอากาศ 2 ชั่วโมง

พารามิเตอร์	น้ำทิ้งจากโรงอาหารและสำนักงาน หลังผ่านระบบ SBR ที่ F/M = 0.20 โดยใช้ระยะเวลาเต็มอากาศ 2 ชั่วโมง	มาตรฐานน้ำทิ้ง อุตสาหกรรม
pH	7.15	5.5-9.0
BOD (mg/L)	13.80	< 20
COD (mg/L)	39.34	< 120
TKN as N (mg/L)	11.00	< 100
Total PO ₄ ³⁻ P as P (mg/L)	0.39	No Std.
Total Fe as Fe (mg/L)	0.28	No Std.
O/G (mg/L)	0.484	< 5

*** หมายถึง No Std. หมายถึง ไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้

จากผลการทดลองวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัดจากโรงอาหาร และสำนักงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยวิธี SBR ดังตารางที่ 4.20 เมื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพในการบำบัดจากสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพในการบำบัด (\%)} = \frac{(\text{คุณภาพน้ำเสียก่อนบำบัด} - \text{คุณภาพน้ำเสียหลังบำบัด}) \times 100}{\text{คุณภาพน้ำเสียก่อนบำบัด}}$$

ปรากฏผลดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร และสำนักงานโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงอาหาร และสำนักงาน	น้ำทิ้งจากโรงอาหารและสำนักงานหลังผ่านระบบ SBR	ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย (%)
pH	7.01	7.15	-
BOD (mg/L)	298.97	13.80	95.38
COD (mg/L)	342.31	39.34	88.51
TKN as N (mg/L)	15.80	11.00	30.38
Total PO ₄ ³⁻ -P as P(mg/L)	6.99	0.39	94.42
Total Fe as Fe (mg/L)	3.79	0.28	92.61
O/G (mg/L)	14.24	0.48	96.60

จากตารางที่ 4.21 ผลการทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานที่ได้มีค่าร้อยละ 88.51 - 96.60 ยกเว้นค่า TKN บำบัดได้เพียงร้อยละ 30.38 แต่ทุกพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์มีคุณภาพน้ำทิ้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงสามารถปล่อยน้ำทิ้งออกนอกโรงงานอุตสาหกรรมได้เลย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี

จากผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีอัตราการไหล 240 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีค่า BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-} , Total Fe และ O/G ก่อนการตกตะกอนเท่ากับ 402 มิลลิกรัมต่อลิตร, 1,580 มิลลิกรัมต่อลิตร, 8.50 มิลลิกรัมต่อลิตร, 1.20 มิลลิกรัมต่อลิตร, 0.824 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 12.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอน คือ ที่ pH 10.98 โดยปรับ pH ด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 2.2 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร และใช้สาร Bentonite: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ที่อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 9 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร และสารละลาย Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อน้ำเสีย 400 มิลลิลิตร ในการตกตะกอน และใช้เวลาในการตกตะกอน 25 นาที คุณภาพของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง โดยมีค่า BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-} , Total Fe และ O/G หลังการตกตะกอนเท่ากับ 7.81 มิลลิกรัมต่อลิตร, 100.00 มิลลิกรัมต่อลิตร 2.95 มิลลิกรัมต่อลิตร, 0.31 มิลลิกรัมต่อลิตร, 0.30 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัด BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-} , Total Fe และ O/G คิดเป็นร้อยละ 98.06, 93.67, 65.29, 73.96, 63.21 และ 100.00 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าคุณภาพน้ำหลังบำบัดที่วิเคราะห์ได้ มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม สามารถปล่อยทิ้งออกนอกโรงงานได้ และเมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมไปคำนวณค่าใช้จ่ายค่าสารเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการตกตะกอนทางเคมี พบว่ามีค่าใช้จ่าย 15.38 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

5.2 สภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยระบบบำบัดแบบ SBR

จากผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยวิธี SBR ที่มีอัตราการไหล 110 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีค่า BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-} , Total Fe และ O/G ก่อนบำบัดเท่ากับ 298.97 มิลลิกรัมต่อลิตร, 342.31 มิลลิกรัมต่อลิตร, 15.80 มิลลิกรัมต่อลิตร, 6.99 มิลลิกรัมต่อลิตร, 3.79 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 14.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารและสำนักงานด้วยระบบบำบัดแบบ SBR คือ สามารถบำบัดได้ดีที่สุดเมื่อใช้ F/M Ratio เท่ากับ 0.20 และ

เดิมอากาศเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอาหารและสำนักงานแล้วค่า BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-} , Total Fe และ O/G หลังการบำบัดเท่ากับ 13.80 มิลลิกรัมต่อลิตร, 39.34 มิลลิกรัมต่อลิตร, 11.00 มิลลิกรัมต่อลิตร, 0.39 มิลลิกรัมต่อลิตร, 0.28 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดค่า BOD, COD, TKN, Total PO_4^{3-} , Total Fe และ O/G คิดเป็นร้อยละ 95.63, 88.51, 30.38, 94.42, 92.61 และ 96.60 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม สามารถปล่อยทิ้งออกนอกโรงงานได้ หลังจากนั้นได้นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟฟ้าสำหรับเดิมอากาศ พบว่ามีค่าใช้จ่าย 7.65 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

บรรณานุกรม

- การไฟฟ้านครหลวง. อัตราค่าไฟฟ้าจำแนกตามกิจการไฟฟ้า. <http://www.mea.or.th/tariffbywork.htm>. Access on 2 February 2008.
- เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์, 2540. วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 1, พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์หจก.สยามสเตชันเนอรีซ์พพลายส์. หน้า 78-109.
- เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์, 2542. การบำบัดน้ำเสีย, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์หจก.สยามสเตชันเนอรีซ์พพลายส์. หน้า 41.
- คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**, พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538. **การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย**. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 151 – 161.
- คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538. **การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย**, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 286 – 293.
- ธีระ เกรอด, 2539. **วิศวกรรมน้ำเสีย การบำบัดทางชีวภาพ**. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 286 – 353.
- นภคต เจริญวัฒนชัย และคณะ, 2540. **การปรับปรุงการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบSBR**. งานวิจัยปริญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 3 – 24.
- นายประเวศ ยอดยิ่ง. **การปฏิบัติงานบนเครื่องเจาะ (Operation on the Drilling Machine)**. www.hyper-ballad.com/yodying/pdf/work-on-drilling-machine.pdf Access on 19 June 2007.

ปิยาภรณ์ สงค์ประเสริฐ, พีระยุทธ วีรศิริกุล, ขงยศ ทวีไมตรี, สมพิศ ดีบุญโญ, 2542. การใช้กระบวนการ Sequencing Batch Reactor ในการหาพารามิเตอร์ การควบคุมที่เหมาะสม สำหรับการกำจัดบีโอดี และฟอสฟอรัส สำหรับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมเบียร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 29.

มันสิน ดัฒกุลเวศน์, 2542. วิศวกรรมประปา เล่มที่ 1, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มันสิน ดัฒกุลเวศน์, 2542. วิศวกรรมประปา เล่มที่ 2, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัฒนชัย บุตรกันหา และคณะ, 2537. การสร้างต้นแบบระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานชุบเคลือบผิวโลหะด้วยโครเมียม สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง วิทยาเขตเทเวศน์.

วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ. องค์ประกอบของเครื่องซีเอ็นซี. app.eng.ubu.ac.th/~edocs/f20080605Charoen0.doc. Access on 19 june 2007.

ศิริประภา ดิทะโกศล, 2546. การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเส้นไหม และบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปโดยใช้วิธีตะกอนเร่งกึ่งต่อเนื่อง. งานวิจัยปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 5 – 20.

สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดลำปาง. คู่มือการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม, มปท, มปป.

Brain Bolto, David Dixon, Rob Eldridge and Simon King. **Cationic polymer and clay or metal oxide combinations for natural organic matter removal**. CSIRO Molecular Science, Bag 10, Clayton South, Vic 3169, Australia. Available online 1 March 2000.

M.I. Badawy, M.E.M. Ali. **Fenton's peroxidation and coagulation processes for the treatment of combined industrial and domestic wastewater.** National Research Center, Water Pollution Department, Dokki, Cairo, Egypt. Available online 15 March 2006.

Metcalf & Eddy, 1991. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, 3rd ed.,** Singapore. McGraw-Hill. P 400 – 720.

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. การเตรียมสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

รายชื่อสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

ลำดับ	สารเคมี	สูตรโมเลกุล	เกรด	บริษัท
1	แป้ง (Soluble Starch)	$(C_6H_{10}O_5)_n$		
2	กรดซัลฟิวริกเข้มข้น	H_2SO_4	Lab.	
3	โซเดียมไฮดรอกไซด์	NaOH	Lab.	Ajax
4	โซเดียมไอโอดด์	NaI	Lab.	Ajax
5	โซเดียมเอไซด์	NaN_3	Lab.	Ajax
6	โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	KH_2PO_4	Lab.	Ajax
7	โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต	K_2HPO_4	Lab.	Ajax
8	ไอร่อน(II)คลอไรด์เฮกซะไฮเดรต	$FeCl_2 \cdot 6H_2O$	Lab.	Ajax
9	แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Lab.	Ajax
10	โพแทสเซียมไดโครเมต	$K_2Cr_2O_7$	Lab.	Ajax
11	เมอร์คิวรี(II)ซัลเฟต	$HgSO_4$	Lab.	Ajax
12	ไอร่อน(II)ซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Lab.	Ajax
13	ฟีแนนโทลีน โมโนไฮเดรต	$C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$	Lab.	Ajax
14	ไอร่อน(II)แอมโมเนียมซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต	$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	Lab.	Ajax
15	โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต	KHP	Lab.	Ajax
16	โซเดียมเททระบอเรต	$Na_2B_4O_7$	Lab.	Ajax
17	แอนไฮไดรต์ โซเดียมซัลไฟด์	$Anh \cdot Na_2SO_3$	Lab.	Ajax
18	กรดบอริก	H_3BO_3	Lab.	Ajax
19	ซิงค์(II)ซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	Lab.	Ajax
20	ไดโซเดียมเอทิลีนไดเอมีน เททระแอะซิเตตไดไฮเดรต	$(CH_2COOH)_2NCH_2-$ $CH_2N(CH_2COONa)_2 \cdot 2H_2O$	Lab.	Ajax
21	เมอร์คิวรี(II)ไอโอดด์	HgI_2	Lab.	Ajax
22	โพแทสเซียมซัลเฟต	K_2SO_4	Lab.	Ajax

รายชื่อสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย (ต่อ)

ลำดับ	สารเคมี	สูตรโมเลกุล	เกรด	บริษัท
23	เมอร์คิวรี(II)ออกไซด์โมโนไฮเดรต	$\text{HgO}\cdot\text{H}_2\text{O}$	Lab.	Ajax
24	โซเดียมโซโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3\cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Lab.	Ajax
25	อะลูมิเนียมซัลเฟตเดคาเฮกซะไฮเดรต	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3\cdot 16\text{H}_2\text{O}$	Lab.	Ajax
26	โพแทสเซียมคลอไรด์	KCl	Lab.	Ajax
27	กรดไนตริกเข้มข้น	HNO_3	Lab.	Ajax
28	กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น	HCl	Lab.	Ajax
29	สารละลายฟีนอล์ฟทาไลน์อินดิเคเตอร์			
30	พอลิเมอร์ประจุลบ		Lab.	
31	พอลิเมอร์ประจุบวก		Lab.	
32	เบนโทไนท์		Com.	

*** หมายถึง Lab. หมายถึง Laboratory Grade

Com. หมายถึง Commercial Grade

วิธีการเตรียมสารเคมี

1. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต

ละลายแมงกานีสซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($\text{MnSO}_4\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 480 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตไดไฮเดรต ($\text{MnSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 400 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต ($\text{MnSO}_4\cdot \text{H}_2\text{O}$) 364 กรัม ในน้ำกลั่นกรองแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

2. สารละลายแอลคาไล - ไอโอไดด์ - เอไซด์

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 กรัม (หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 700 กรัม) และโซเดียมไอโอไดด์ (NaI) 135 กรัม (หรือโพแทสเซียมไอโอไดด์ 150 กรัม) ในน้ำกลั่นเจือจางเป็น 1 ลิตร และละลายโซเดียมเอไซด์ (NaN_3) 10 กรัม ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น

3. น้ำแป้ง

ละลายแป้งมันสำปะหลัง 5 กรัม ในน้ำต้ม 800 มิลลิลิตร เติมน้ำให้ได้ 1 ลิตร ต้มให้เดือด 2 - 3 นาที ตั้งค้ำก้น ใช้แต่น้ำใส เติมกรดซาลิซิลิก (Salicylic Acid) 1.25 กรัม ต่อน้ำแป้ง 1 ลิตร

4. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล

ละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) จำนวน 24.82 กรัม ในน้ำต้มที่เย็นแล้ว เติมน้ำได้ปริมาตร 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการเติมคลอโรฟอร์ม 5 มิลลิลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม ต่อสารละลาย 1 ลิตร

5. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.0250 นอร์มัล

เตรียมโดยเจือจางสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล จำนวน 250 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการเติมคลอโรฟอร์ม 5 มิลลิลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กรัม สารละลายนี้ต้องนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardization) ด้วยสารละลายมาตรฐานไดโครเมต

6. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.0250 นอร์มัล

ละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จำนวน 1.226 กรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต

โดยละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ประมาณ 2 กรัม ในน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปกรวย เติมกรดซัลฟิวริก (1 + 9) 10 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มัล จำนวน 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาที เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตโดยใช้น้ำแอมโมเนียอินดิเคเตอร์ (จากสีน้ำเงินจนไม่มีสี) ซึ่งปกติจะปรับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต เท่ากับ 0.0250 นอร์มัลพอดี เพื่อสะดวกในการคำนวณ ถ้าสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต มีความเข้มข้น 0.0250 นอร์มัลพอดี ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตจะเท่ากับ 20.0 มิลลิลิตรพอดี

$$\text{ความเข้มข้นของโซเดียมไธโอซัลเฟต (นอร์มัลลิตี, N)} = 0.0250 \times A / 20$$

ในเมื่อ A = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไทเทรต , มิลลิลิตร

7. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

ละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) ซึ่งอบแห้งที่ 103°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงหนัก 4.913 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 167 มิลลิลิตร และเมอร์คิวรี(II)ซัลเฟต 33.3 กรัม คนให้ละลาย ปล่อยให้เย็น แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

8. กรดซัลฟิวริกและซิลเวอร์ซัลเฟต

ซังซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 8.8 กรัม ใส่ลงในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1 - 2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายได้ทั้งหมด ก่อนนำไปใช้ต่อไป

9. สารละลายมาตรฐานไอร์ออน(II)แอมโมเนียมซัลเฟต (Standard FAS) 0.05 นอร์มัล

ละลายไอร์ออน(II)แอมโมเนียมซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 19.6 กรัม ในน้ำกลั่นเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร แล้วเจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

10. สารละลายเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ (Ferroin Indicator Solution)

ละลายไอร์ออน(II) ซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต (Ferrous Sulfate, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 695 มิลลิกรัม และ 1,10 - ฟีนแอนโทรีน โมโนไฮเดรต (1,10-Phenanthroline Monohydrate, $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 1.485 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร

วิธีการตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลาย FAS

ปิเปตต์สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.1 นอร์มัล 5.0 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปกรวย เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็น เติมเฟอโรอิน 2-3 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน FAS จนได้สีน้ำตาลเป็นจุดยุติ

ความเข้มข้นของ FAS , นอร์มัล (N) = $(5.0 \times 0.1) / \text{มิลลิลิตร FAS ที่ใช้}$

11. กรดซัลฟามิก (Sulfamic Acid)

ใช้สำหรับป้องกันการรบกวนของไนไตรต์ (NO_2^-) ปริมาณที่ใช้ คือ 10 มิลลิกรัมต่อทุกๆ 1 มิลลิกรัม ของไนไตรต์

12. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (Potassium Hydrogen Phthalate, KHP)

บดเคเอชพี (KHP) เพื่อลดขนาดลง และนำไปอบที่อุณหภูมิ 103°C จนแห้ง และมีน้ำหนักคงที่ แล้วละลาย KHP ที่บดและอบแห้งแล้ว 425 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น เจือจางให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีซีไอดีเท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเก็บรักษาในตู้เย็นได้นานไม่เกิน 3 เดือน

13. สารละลายปรอทซัลเฟต

ละลายเมอร์คิวรี(II)ออกไซด์ (HgO , Red) 8 กรัม ในกรดซัลฟิวริก 6 นอร์มัล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

14. น้ำยาสำหรับย่อยสลาย (Digestion Reagent)

ละลายโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 134 กรัม ในน้ำกลั่น 650 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 200 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน และเติมสารละลายเมอร์คิวรี(II)ซัลเฟต 25 มิลลิลิตรเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้สารละลายมีปริมาตร 1 ลิตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $20^\circ C$ เพื่อป้องกันการตกผลึก

15. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium Hydroxide-Sodium Thiosulfate Reagent)

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 กรัม และโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) 25 กรัม ในน้ำและเจือจางเป็น 1 ลิตร

16. สารละลายแวนนาเดต - โมลิบเดต

เทสารละลาย A ลงในสารละลาย B ผสมให้เข้ากันและเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

21.1 สารละลาย A ละลาย Ammonium Molybdate, $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ จำนวน 25 กรัม ในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร

21.2 สารละลาย B ละลาย Ammonium Metavanadate, NH_4VO_3 จำนวน 1.25 กรัม โดย

ต้มให้เดือดในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็น และเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 330 มิลลิลิตรทิ้งให้เย็นก่อนนำไปใช้

17. สารละลายสต็อกฟอสเฟต

ละลาย Anhydrous KH_2PO_4 219.5 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นและเจือจางให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

สารละลายนี้ 1 มล. = ฟอสเฟต $50.0 \mu g P$

18. เฮกเซน (n - Hexane) หรือฟริออน

19. โซเดียมซัลเฟต ปราศจากน้ำ (Sodium Sulfate Anhydrous)

20. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น เข้มข้น 36 N

21. สารละลายไฮดรอกซิลามีน (Hydroxylamine Solution)

ละลายไฮดรอกซิลามีน ($NH_2OH \cdot HCl$) 10 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

22. สารละลายแอมโมเนียมแอสिटเตตบัฟเฟอร์ (Ammonium Acetate Buffer Solution)

ละลายแอมโมเนียมแอสिटเตต ($NH_4C_2H_3O_2$) 250 กรัม ในน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตรเติมกรดแอสिटติก ชนิด Glacial 700 มิลลิลิตร ถึงแม้จะใช้แอมโมเนียมแอสिटเตตเกรดดี แต่ก็ยังมีเหล็กเจือปนอยู่ ดังนั้นควรจะทำกราฟมาตรฐานใหม่ทุกครั้งเมื่อเตรียมสารละลายแอมโมเนียมแอสिटเตตบัฟเฟอร์ใหม่

23. สารละลายฟีแนนโทรีน (Phenanthroline Solution)

ละลาย 1,10 ฟีแนนโทรีนมอนอไฮเดรต ($C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$) 100 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร คนและอุ่นให้ร้อนมีอุณหภูมิ $80^{\circ}C$ อย่างน้อยให้เดือด ถ้าสารละลายมีสีเข้มให้เตรียมใหม่ ถ้าเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2 หยดแทนก็ไม่จำเป็นต้องทำให้ร้อนก็ได้ (สารละลายนี้ 1 มิลลิลิตร เพียงพอสำหรับเหล็กไม่เกิน 100 ไมโครกรัม)

24. สารละลายสต็อกเหล็ก (Stock Iron Solution) เลือกใช้ข้อใดข้อหนึ่ง

เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร อย่างช้าๆ แล้วนำไปใช้ละลายไอร์ออน(II)แอมโมเนียมซัลเฟต (Iron Ammonium Sulfate, $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) จำนวน 1.404 กรัม เติมโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) 0.1 นอร์มัล ที่ละหยดจนกระทั่งเกิดสีชมพูอ่อนๆ เติมน้ำกลั่นจนได้ 1,000 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน

สารละลายนี้ 1.00 มิลลิลิตร = Fe 200 ไมโครกรัม

25. สารละลายมาตรฐานเหล็ก (Standard Iron Solution) เตรียมใช้ทันที

ปิเปตต์สารละลายสต็อกเหล็ก 50.0 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนครบปริมาตร

สารละลายนี้ 1.00 มิลลิลิตร = Fe 10.0 ไมโครกรัม

ปิเปตต์สารละลายสต็อกเหล็ก 5.0 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนครบปริมาตร

สารละลายนี้ 1.00 มิลลิลิตร = Fe 1.00 ไมโครกรัม

26. สารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร

ละลาย $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ 100 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

27. สารละลายผสมอะลูมิเนียมซัลเฟต และเบนโทไนต์ อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร

ละลาย $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ 33.3 กรัม ผสมกับ Bentonite 66.7 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

28. สารละลายผสมอะลูมิเนียมซัลเฟต และเบนโทไนต์ อัตราส่วน 1:1 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร

ละลาย $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ 50 กรัม ผสมกับ Bentonite 50 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

29. สารละลายผสมอะลูมิเนียมซัลเฟต และเบนโทไนต์ อัตราส่วน 2:1 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร

ละลาย $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ 66.7 กรัม ผสมกับ Bentonite 33.3 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

30. สารละลายผสมอะลูมิเนียมซัลเฟต และเบนโทไนต์ อัตราส่วน 3:1 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร

ละลาย $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ 75 กรัม ผสมกับ Bentonite 25 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

31. สารช่วยตกตะกอนพอลิเมอร์ประจุลบ เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร

ละลายพอลิเมอร์ประจุลบ 0.5 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

ภาคผนวก ข

การคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน

1. ค่าใช้จ่ายสำหรับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ใช้สารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ประมาณ 2.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร
ต่อน้ำเสีย 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในการปรับ pH จาก pH ปกติจนมี pH 10.98

อัตราการไหลของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีค่า = 240 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สารเคมี NaOH ราคา = 7.5 บาทต่อกิโลกรัม

วิธีคำนวณ

ใช้สารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ประมาณ 2.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร
ต่อน้ำเสีย 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

คิดเป็นน้ำหนักของ NaOH ได้

$$= \frac{2.2 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \times 10 \text{ กรัม} \times 10^1 \text{ ลูกบาศก์เดซิเมตร} \times 10^1 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}}{1,000 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \times 100 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \times 1 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \times 1 \text{ ลูกบาศก์เดซิเมตร}}$$

$$= 220 \text{ กรัมต่อลูกบาศก์เมตร}$$

โซเดียมไฮดรอกไซด์ราคา 25 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าใช้จ่ายได้

$$= \frac{220 \text{ กรัม}}{1 \text{ ลูกบาศก์เมตร}} \times \frac{1 \text{ กิโลกรัม}}{1000 \text{ กรัม}} \times \frac{7.5 \text{ บาท}}{1 \text{ กิโลกรัม}}$$

$$= 1.65 \text{ บาทต่อลูกบาศก์เมตร}$$

2. ค่าใช้จ่ายสำหรับสาร Coagulant

ใช้สารละลาย Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร
ปริมาตร 9 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อน้ำเสีย 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

อัตราการไหลของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีค่า = 240 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

สาร Bentonite ราคา = 5 บาทต่อกิโลกรัม

สาร Al₂(SO₄)₃·16H₂O = 6.5 บาทต่อกิโลกรัม

วิธีคำนวณ

2.1 คำนวณราคาสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 (บาทต่อกิโลกรัม)

ในสาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาณ 1 กิโลกรัม จะมีสาร Bentonite ผสมอยู่ 333.33 กรัม และมีสาร Al₂(SO₄)₃ ผสมอยู่ 666.67 กรัม

$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้นสาร Bentonite:Al}_2\text{(SO}_4\text{)}_3 \text{ ที่อัตราส่วน 1:2} &= \frac{(5 \times 333.33) + (6.5 \times 666.67)}{1,000} \\ &= 6 \text{ บาทต่อกิโลกรัม} \end{aligned}$$

2.2 คำนวณค่าใช้จ่ายในการตกตะกอน

ใช้สารละลาย Bentonite:Al₂(SO₄)₃ ที่อัตราส่วน 1:2 เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร ประมาณ 9 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อน้ำเสีย 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

คิดเป็นน้ำหนักของ Coagulant ได้

$$\begin{aligned} &= \frac{9 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \times 10 \text{ กรัม} \times 10^3 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \times 10^3 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}}{400 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \times 100 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \times 1 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \times 1 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}} \\ &= 2,250 \text{ กรัมต่อลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$

สาร Bentonite:Al₂(SO₄)₃ อัตราส่วน 1:2 ราคาประมาณ 6.00 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าใช้จ่ายได้

$$\begin{aligned} &= \frac{2,250 \text{ กรัม} \times 1 \text{ กิโลกรัม}}{1 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \times 1000 \text{ กรัม}} \times \frac{6.00 \text{ บาท}}{1 \text{ กิโลกรัม}} \\ &= 13.50 \text{ บาทต่อลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$

3. ค่าใช้จ่ายสำหรับสาร Coagulant Aid

ใช้สารละลาย Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อน้ำเสีย 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$\begin{aligned} \text{อัตราการไหลของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีค่า} &= 240 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน} \\ \text{สาร Anionic Polymer ราคา} &= 180 \text{ บาทต่อกิโลกรัม} \end{aligned}$$

วิธีคำนวณ

ใช้สารละลาย Anionic Polymer เข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อน้ำเสีย 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

คิดเป็นน้ำหนักของ Anionic Polymer ได้

$$\begin{aligned} &= \frac{1 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \times 0.05 \text{ กรัม} \times 10^3 \text{ ลูกบาศก์เดซิเมตร} \times 10^3 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}}{400 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \times 100 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \times 1 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \times 1 \text{ ลูกบาศก์เดซิเมตร}} \\ &= 1.25 \text{ กรัมต่อลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$

สาร Anionic Polymer ราคาประมาณ 180 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าใช้จ่ายได้

$$\begin{aligned} &= \frac{1.25 \text{ กรัม}}{1 \text{ ลูกบาศก์เมตร}} \times \frac{1 \text{ กิโลกรัม}}{1000 \text{ กรัม}} \times \frac{180 \text{ บาท}}{1 \text{ กิโลกรัม}} \\ &= 0.225 \text{ บาทต่อลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$

4. คำนวณค่าใช้จ่ายในการตกตะกอนทั้งหมด

คำนวณค่าใช้จ่ายในการตกตะกอนทั้งหมด

$$\begin{aligned} &= \text{ค่าใช้จ่ายสำหรับ NaOH} + \text{ค่าใช้จ่ายสำหรับสาร Coagulant} + \text{ค่าใช้จ่ายสำหรับสาร Coagulant Aid} \\ &= 1.65 \text{ บาทต่อลูกบาศก์เมตร} + 13.50 \text{ บาทต่อลูกบาศก์เมตร} + 0.225 \text{ บาทต่อลูกบาศก์เมตร} \\ &= 15.38 \text{ บาทต่อลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$

ภาคผนวก ค

การคำนวณสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR

1. การคำนวณหาปริมาณอาหารเสริมที่ต้องการ

วิธีที่ 1 คำนวณตามอัตราส่วน BOD : N : P : Fe มีขั้นตอนการคำนวณ และวิธีการ โดยแบ่งเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. คำนวณอัตราส่วนของสารอาหารเสริมที่มีในน้ำเสีย
2. คำนวณอัตราส่วนของสารอาหารเสริมที่ต้องการ

$$\text{กำหนดให้} \quad \frac{\text{BOD}}{\text{N}} = \frac{100}{5}$$

$$\frac{\text{BOD}}{\text{P}} = \frac{100}{1}$$

$$\frac{\text{BOD}}{\text{Fe}} = \frac{100}{0.5}$$

3. คำนวณปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ต้องใช้จากสูตร

$$\text{ความต้องการอาหารเสริม} = \frac{\text{บีโอดี (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)}}{\text{อัตราส่วนอาหารเสริมที่ต้องการ}}$$

4. คำนวณความเข้มข้นของอาหารเสริมที่ต้องการเติม

$$\begin{aligned} & \text{ความเข้มข้นของอาหารเสริมที่ต้องการ} \\ & = \text{ความต้องการอาหารเสริม} - \text{อัตราส่วนอาหารเสริมที่มีในน้ำเสีย} \\ & \quad (\text{มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร}) \quad (\text{มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร}) \end{aligned}$$

5. คำนวณน้ำหนักของสารอาหารที่ขาดต่อวัน

น้ำหนักสารอาหารที่ขาด (กก.ต่อวัน)

$$= \frac{(\text{สารที่ขาด มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร})(\text{ปริมาณน้ำเสีย ลูกบาศก์เมตรต่อวัน})}{1,000}$$

6. เลือกสารเคมีที่ใช้เป็นแหล่งของอาหารเสริม พร้อมคำนวณอัตราส่วนของน้ำหนักอะตอม (Atomic Weight Ratio) เพื่อหาว่าต้องใช้สารเคมีกี่กรัม จึงให้แร่ธาตุตามที่ต้องการ นอกจากนั้นยังต้องทราบความเข้มข้นจากผู้ผลิตอีกด้วย
7. คำนวณน้ำหนักของสารเคมีที่ขาดตามท้องตลาดว่าต้องใช้ปริมาณเท่าไรต่อวัน

น้ำหนักสารเคมี (กิโลกรัมต่อวัน)

$$= \frac{(\text{สารที่ขาด มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร})(\text{ปริมาณน้ำเสีย ลูกบาศก์เมตรต่อวัน})}{1,000}$$

8. ผสมสารเคมีกับน้ำให้เป็นสารละลาย และเติมลงในน้ำเสียก่อนเข้าถังเติมอากาศ จากนั้นทำการเติมอากาศอย่างสม่ำเสมอ

วิธีที่ 2 คำนวณตามความเจริญเติบโตของจุลชีพมีขั้นตอนการคำนวณ และวิธีการ โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. จำเป็นต้องทราบพลังงานศักย์ (Kinetic Einergy) ของสมการการเจริญเติบโตของจุลชีพ จึงจะสามารถคำนวณน้ำหนักของจุลชีพที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องตามสมการ

$$Y_{\text{obs}} = \frac{Y}{1 + \theta_c k_d}$$

Y_{obs} = สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลชีพตามที่พบ

Y = สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลชีพตามจริง

θ_c = ค่าอายุตะกอนที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน (วัน)

k_d = อัตราการตาย (วัน⁻¹)

2. คำนวณน้ำหนักของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในเซลล์ตามสูตร $C_5H_7O_2NP_{0.2}$ ซึ่งมีไนโตรเจนร้อยละ 11.8, ฟอสฟอรัสร้อยละ 5.2
3. คำนวณน้ำหนักสารเคมีที่ใช้ตามวิธีที่ 1

ข้อสังเกต

1. ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีที่ 2 ขึ้นกับอายุตะกอน
2. ในทางปฏิบัติการหาสูตรจุลชีพในน้ำเสียแต่ละชนิดค่าพลังงานศักย์ต่างๆ ทำได้ยากวิธีที่ 2 จึงไม่นิยมใช้กัน
3. วิธีที่ 1 ให้ค่ามากกว่าความต้องการของจุลชีพเล็กน้อย ผู้ควบคุมสามารถประหยัดการใช้สารเคมีได้ โดยการค่อย ๆ ลดปริมาณการเติมสารเคมีลง และสังเกตการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบจนถึงครั้งที่ หากลดลงมากกว่านั้นระบบจะเกิดปัญหาในการควบคุม หรือทำให้ประสิทธิภาพลดลง

2. การคำนวณค่าไฟในการเดินระบบบำบัดแบบ SBR

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟที่ใช้} &= \frac{\text{ขนาดเครื่องเติมอากาศ (วัตต์)} \times \text{เวลาเติมอากาศ (ชั่วโมง)}}{\text{ปริมาตรน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัด}} \times \\ &\frac{\text{ค่าไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)} \times 1 \text{ (กิโลวัตต์)} \times 100 \text{ (สตางค์)}}{1,000 \text{ (วัตต์)} \times 1 \text{ (บาท)}} \\ &= \frac{[45 \text{ (วัตต์)} \times 2 \text{ (ชั่วโมง)}]}{20 \text{ (ลิตร)}} \times \frac{[2.6950 \text{ (บาทต่อกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)} \times 1 \text{ (กิโลวัตต์)} \times 100 \text{ (สตางค์)}]}{1,000 \text{ (วัตต์)} \times 1 \text{ (บาท)}} \\ &= 0.765 \text{ สตางค์ต่อลิตร} \\ &= 7.65 \text{ บาทต่อลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้น ถ้าบำบัดน้ำเสีย 20 ลูกบาศก์เมตร จะเสียค่าไฟฟ้า = 153 บาทต่อครั้ง

*** หมายเหตุ อ้างอิงราคาไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง [1]

ภาคผนวก ง

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)
เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม
และนิคมอุตสาหกรรม ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113
ตอนที่ 13ง ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดและเบส (pH value)	5.5-9.0	pH Meter
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	<ul style="list-style-type: none"> · ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร · น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลงสู่ทะเลค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร 	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บ ตัวอย่างน้ำ
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H ₂ S)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	Titrate
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid
8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจ แตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่ง รองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงาน อุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุม มลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มิลลิกรัม ต่อลิตร	สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของ น้ำมันและไขมัน
9. ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	Spectrophotometry
10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	กลั่นและตามด้วยวิธี 4-Aminoantipyrine
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	Iodometric Method
12. สารที่ใช้ป้องกัน หรือกำจัดศัตรูพืชหรือ สัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่ กำหนด	Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี (5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C (Biochemical Oxygen Demand, BOD)	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือแตกต่างกัน แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควรแต่ไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
14. ค่าทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร	Kjeldahl
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)	ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร	Potassium Dichromate Digestion
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
16.1 สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
16.2 โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร	
16.3 โครเมียมชนิดไตรวาเลนต์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร	
16.4 ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	
16.5 แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร	
16.6 แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	
16.7 ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร	
16.8 นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	
16.9 แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
16.10 อาร์เซนิก (As)	ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Hydride Generation หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
16.11 เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร	
16.12 ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร	Atomic Absorption Cold Vapour Technique