

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

การจัดการระบบบำบัดน้ำเสียในกระบวนการผลิตไดออกซิลพาทาเลต



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 62346  
วัน,เดือน,ปี 16 ส.ค. 2548

b..... 11621370  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**IMPLEMENTATION OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEM  
IN A DIOCTYL PHTHALATE PROCESS**



**A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT  
FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2005**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

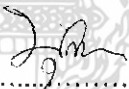
ปริญญานิพนธ์เรื่อง การจัดการระบบบำบัดน้ำเสียในกระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลต  
โดย นางสาวกนกวรรณ สกุลทรัพย์ศิริ  
นางสาวเปรมสิริ อิศวาณิชย์  
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. ศิริพล คุณาธิปพงษ์  
General Manager (Technical & Production) QMR  
บริษัท คอนทิเนนทอล ปีโตรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด

---

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาและอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
(รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ศิริพันธ์ มุรธาธัญลักษณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

# สรุปผลการทดลอง

### 6.1 ส่วนการบำบัดทางกายภาพ

เครื่องอัดกรองสามารถกรองของแข็งได้ดี มีของแข็งปะปนออกมาเล็กน้อย แต่เครื่องแยกไดออกซิลพาทาเลตไม่สามารถแยกไดออกซิลพาทาเลตออกได้อย่างสมบูรณ์ เพราะเครื่องมีความจุไม่เพียงพอที่จะรองรับน้ำเสียปริมาณมาก ดังนั้นจึงต้องใช้การบำบัดทางเคมีต่อกับกระบวนการสร้างตะกอนและกระบวนการรวมตะกอน โดยใช้สารส้มเป็นสารสร้างตะกอนเพื่อช่วยจับน้ำมันให้ตกตะกอนมากขึ้น

### 6.2 ส่วนหอกลิ้น

จากการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส ค่าซีโอดี ค่าการนำไฟฟ้า และคำนวณค่าทีดีเอสของน้ำเสียที่เก็บจากส่วนที่เป็นสารป้อน ยอดหอกลิ้น และก้นหอกลิ้น พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วที่ ยอดหอกลิ้นมีค่าความเป็นกรด-เบส ค่าซีโอดี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอสต่ำที่สุด กล่าวได้ว่าหอกลิ้นนี้สามารถกลั่นแยกไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่มีการปนเปื้อนของโซเดียมไฮดรอกไซด์และของแข็งละลายน้ำได้

### 6.3 ส่วนการบำบัดทางเคมี

จากการทดสอบจาร์เทสต์ทั้ง 4 ชุดการทดสอบ สามารถสรุปสภาวะที่เหมาะสมได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมีมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิห้องและค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.5 เนื่องจากส่วนใหญ่กระบวนการสร้างตะกอนด้วยสารสร้างตะกอนหรือสารละลายสารส้มเป็นแบบห่อหุ้มอนุภาคด้วยผลึกของสารประกอบ ดังนั้นที่อุณหภูมิห้องจึงเกิดผลึก  $Al(OH)_3$  ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูง และผลึก  $Al(OH)_3$  จะเกิดได้ดีเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 6-7.5

2. ความเข้มข้นของสารสร้างตะกอนหรือสารละลายสารส้มที่พอเหมาะในการจับอนุภาคคอลลอยด์ได้หมด และไม่เกิดเป่าสั้มผัสมากเกินไป คือ 2.25 กรัมต่อลิตร

3. สารช่วยสร้างตะกอนที่เหมาะสมในการทดสอบจาร์เทสต์นี้ คือ สารละลายพอลิเมอร์ประจุลบ เนื่องจากพอลิเมอร์ประจุลบมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจึงใช้เป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ได้มากและแข็งแรงกว่าสารละลายพอลิเมอร์ประจุบวก และสามารถต้านทานแรงผลักระหว่างอนุภาคและความปั่นป่วนที่เกิดจากการกวนน้ำได้ดีกว่าพอลิเมอร์ประจุบวกที่มีขนาดเล็กกว่าซึ่งใช้ทำลายประจุลบของอนุภาคคอลลอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบที่เหมาะสม คือ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากพอลิเมอร์สามารถเกาะอยู่บนอนุภาคคอลลอยด์ได้ทุกอนุภาคโดยไม่เหลือปลายอิสระของพอลิเมอร์ ทำให้ได้เป็นฟล็อกขนาดใหญ่และตกตะกอน

ที่สภาวะการทดสอบจาร์เทสต์ดังกล่าว วัดค่าความเป็นกรด-เบสได้ 6.5 สามารถลดค่าซีไอดีจากน้ำเสียในกระบวนการได้สูงสุด 77.64 เปอร์เซ็นต์ และลดค่าการนำไฟฟ้าและทีดีเอสได้สูงสุด 36.06 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เหลือค่าซีไอดี 550 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าการนำไฟฟ้าคงเหลือ 3.05 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และคำนวณค่าทีดีเอสได้ 1,861 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่นิคมอุตสาหกรรมบางพลีกำหนดไว้ดังตารางที่ ง.1 ภาคผนวก ง. ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องบำบัดทางชีวภาพต่อ

ระบบบำบัดทางเคมีของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษาจะใช้ปริมาณสารส้มและพอลิเมอร์ประจุลบต่อวันเท่ากับ 54 กิโลกรัมและ 60 กรัม ตามลำดับ ที่อัตราการไหลของสารส้มและพอลิเมอร์ประจุลบเท่ากับ 50 และ 10 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

#### 6.4 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเปลี่ยนผ้ากรองของเครื่องอัดกรองหลังจากใช้เป็นเวลานาน เนื่องจากผ้ากรองอาจชำรุดหรือมีการสะสมของของแข็งบนผ้ากรองจนกรองแยกไม่ได้และมีของแข็งหลุดปะปนออกมากับน้ำเสียและต้องใช้สารเคมีปริมาณมากในการบำบัดที่ระบบบำบัดทางเคมี

2. ควรทดลองเปลี่ยนสารสร้างตะกอนจากสารส้มเป็นเฟอริกคลอไรด์ เพอร์สซัลเฟต หรือพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ เพราะอาจให้ประสิทธิภาพในการบำบัดทางเคมีเพิ่มขึ้น แต่ค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีเหล่านี้อาจแพงกว่าสารส้มซึ่งมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย

## เอกสารอ้างอิง

- [1] N.F. Gray. 1989. **Biological of Wastewater Treatment** : Oxford Science Publication.
- [2] สมบูรณ์ ลูวิระ. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 3 : สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2539
- [3] การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. ประกาศการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ที่ 45/2541 เรื่องหลักเกณฑ์ทั่วไปในการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรม .
- [4] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงาน อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม  
[Online]. Available: [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_water04.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html)
- [5] มั่นสิน ต้นทุลเวศม์, มั่นรักษ์ ต้นทุลเวศม์. เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2 : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2547.
- [6] เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์. วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย (Wastewater Engineering). เล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1: มิตรนราการพิมพ์. 2533.
- [7] สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. คู่มือการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานท่อผ้นและฟอกย้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. 2544.
- [8] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. การทดลองที่ ANA 2.2 ความต้องการออกซิเจนของน้ำทิ้งโดยวิธีทางเคมี (Chemical Oxygen Demand : COD)  
[Online]. Available: [http://www.eg.mahidol.ac.th/dept/egche/PDF/ANA/ANA02\\_2%20COD.pdf](http://www.eg.mahidol.ac.th/dept/egche/PDF/ANA/ANA02_2%20COD.pdf).
- [9] เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์. วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (Environmental Engineering). พิมพ์ครั้งที่ 2 มิตรนราการพิมพ์. 2539.
- [10] มั่นสิน ต้นทุลเวศม์. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1 : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2542.
- [11] Metcalf and Eddy, Inc. 1982. **Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse**. New Delhi : McGraw-Hill.
- [12] ชีระ เกรอด. วิศวกรรมน้ำเสีย: การบำบัดทางชีวภาพ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13] อธิธิพล สุระพร และปนัดดา โลหะสาร. “การเลี้ยงจุลชีพบนตัวกลางที่มีการเติมอากาศ” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2547.
- [14] กองจัดการคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ. **บ่อปรับเสถียรภาพ**. [Online]. Available : <http://pcdv1.pcd.go.th/WaterQuality/WasteWT/StabilizationPond.htm>
- [15] Remco Engineering. **Ion Exchange**. [Online]. Available : <http://www.remco.com/ix.htm>
- [16] US Filter. **Industrial Wastewater Ion Exchange Services** [Online]. Available : <http://www.usfilter.com/NR/rdonlyres/A5193C46-EF27-4780-9750-99D27EE943E7/0/RSWWIXBR0102.pdf>
- [17] ณรงค์ วุฑฒเสถียร. **การปรับสภาพน้ำสำหรับอุตสาหกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 1 : บริษัท ส.เอเชียเพรส จำกัด. 2540.
- [18] มั่นสิน ตันจุลเวศม์. **วิศวกรรมการประปา**. พิมพ์ครั้งที่ 1: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2547.
- [19] จักรพงษ์ ทรัพย์หิรัญ, ชัยพงษ์ พลະภิญโญ และ สุชาดา เจียวแก้ว. “การหาสภาวะที่เหมาะสมของระบบกำจัดไขมันและน้ำมันด้วยวิธีการทำให้ตะกอนลอย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2545.
- [20] สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. **คณะกรรมการจัดทำคู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. 2540.
- [21] Muhammad H. Al-Malack. **Coagulation of Polymeric Wastewater Discharged by a Chemical Factory**. 1999.
- [22] O.S. Amuda. **Performance Optimization of Coagulant/Flocculant in the Treatment of Wastewater from a Beverage Industry**. 2005.
- [23] M.I. Aguilar. **Improvement of Coagulant/Flocculant Process Using Anionic Polyacrylamide as Coagulant Aid**. 2004.
- [24] อุดมศักดิ์ เจียรวิชัย. “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดขั้นต้นสำหรับน้ำเสียโรงงานผลิตถั่วเหลืองด้วยกระบวนการดีเอเอฟกับกระบวนการโคแอกกูเลชัน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541.

- [25] พิชญ์พล สงวนนวนล. “การศึกษากระบวนการทำให้ลอยตัวด้วยอากาศที่ละลายน้ำเพื่อกำจัดสาหร่ายออกจากน้ำดิบ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.2543.
- [26] บริษัท คอนทีเนนทอล ปีโตรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด. 2005. **Jar Test Chemical Program for Wastewater Treatment**
- [27] บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โซลคิงส์ จำกัด. **วิธีคำนวณค่าทีดีเอสจากเครื่อง pH-Conductivity Meter D-24**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.  
ผลการวิเคราะห์น้ำเสียจากหอคอย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการวิเคราะห์น้ำเสียจากหอกลั่น

ตารางที่ ก.1 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียจากหอกลั่น

วันที่เก็บ น้ำตัวอย่าง	ตำแหน่ง	พีเอช	ค่าซีไอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อ เซนติเมตร)	ค่าทีดีเอส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ลักษณะทางกายภาพ	
						หลังจากเก็บตัวอย่าง	หลังจากตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
23/09/2548 13.00 น.	สารป้อน	11	2,260	2.85	1,767.0	นำขุ่นเล็กน้อย มีไดออกไซด์พาทาเลตปะปน	ตกตะกอนเล็กน้อย สีขาว มีไดออกไซด์พาทาเลตที่ผิวเล็กน้อย
	ยอดหอ	5	3,125	0.14	89.60	”	ตกตะกอนเล็กน้อย สีขาว
	ก้นหอ	12	2,030	4.86	2,964.60	นำเป็นสีขาวขุ่นมาก	มีไดออกไซด์พาทาเลตที่ผิวมาก ขุ่นและตกตะกอนสีขาวมาก มีไดออกไซด์พาทาเลตที่ผิวมาก

หมายเหตุ ค่าทีดีเอส = ค่าการนำไฟฟ้า X ค่าคงที่จากตารางที่ 5.3

ตารางที่ ก.1 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียจากหอถน (ต่อ)

วันที่เก็บ น้ำตัวอย่าง	ตำแหน่ง	พีเอช	ค่าซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อ เซนติเมตร)	ค่าทีดีเอส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ลักษณะทางกายภาพ	
						หลังจากเก็บตัวอย่าง	หลังจากตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
21/12/2548 10.00 น.	สารป้อน	11	1,150	2.59	1,605.80	น้ำขุ่นเล็กน้อย มีไดออกซิดฟอสฟอรัสปน	ตกตะกอนเล็กน้อย สีขาว มีไดออกซิดฟอสฟอรัสที่ผิวเล็กน้อย
	ยอดหอ	6	3,600	0.38	241.92	”	”
	ก้นหอ	12	1,200	3.28	2,000.80	น้ำเป็นสีขาวขุ่นมาก	ขุ่นและตกตะกอนสีขาวมาก มีไดออกซิดฟอสฟอรัสที่ผิวมาก

หมายเหตุ ค่าทีดีเอส = ค่าการนำไฟฟ้า X ค่าคงที่จากตารางที่ 5.3

ตารางที่ ก.1 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียจากหอกลั่น (ต่อ)

วันที่เก็บ น้ำตัวอย่าง	ตำแหน่ง	พีเอช	ค่าซีไอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อ เซนติเมตร)	ค่าทีดีเอส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ลักษณะทางกายภาพ	
						หลังจากเก็บตัวอย่าง	หลังจากตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
10/01/2549 10.00 น.	สารป้อน	12	1,620	4.26	2,598.60	น้ำขุ่นเล็กน้อย มีไดออกซิดฟลูออไรด์ปน	ตกตะกอนเล็กน้อย สีขาว มีไดออกซิดฟลูออไรด์ที่ผิวเล็กน้อย
	ยอดหอ	6	750	0.03	19.50	"	ตกตะกอนเล็กน้อย สีน้ำตาล มีไดออกซิดฟลูออไรด์ที่ผิวมาก
	ก้นหอ	12	1,820	8.23	4,938.00	น้ำขุ่นมากเป็นสีน้ำตาล	พุ่งและตกตะกอนสีขาวมาก มีไดออกซิดฟลูออไรด์ที่ผิวมาก

หมายเหตุ ค่าทีดีเอส = ค่าการนำไฟฟ้า X ค่าคงที่จากตารางที่ 5.3

ตารางที่ ก.1 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียจากหอกลั่น (ต่อ)

วันที่เก็บ น้ำตัวอย่าง	ตำแหน่ง	พีเอช	ค่าซีไอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อ เซนติเมตร)	ค่าทีดีเอส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ลักษณะทางกายภาพ	
						หลังจากเก็บตัวอย่าง	หลังจากตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
10/02/2549 15.00 น.	สารป้อน	11	1,050	1.77	1,096.78	น้ำุ่นมาก มีไดออกซิลพาทา เลตปะปนมาก	ตกตะกอนเล็กน้อย สีขาว มีไดออกซิลพาทาเลตที่ผิวมาก
	ยอดหอ	6	1,585	0.07	46.40	น้ำุ่นเล็กน้อย มีไดออก ซิลพาทาเลตปะปนมาก	"
	ก้นหอ	12	2,460	4.77	2,909.70	น้ำุ่นมาก มีไดออก ซิลพาทาเลตปะปนมาก	ขุ่นและตกตะกอนสีขาวมาก มีไดออกซิลพาทาเลตที่ผิวมาก

หมายเหตุ ค่าทีดีเอส = ค่าการนำไฟฟ้า X ค่าคงที่จากตารางที่ 5.3

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี  
หลังการทดสอบจาร์เทสต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี หลังการทดสอบจาร์เทสต์

จากตารางที่ 5.5 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียจากก้นหม้อกลั่นเท่ากับ 5.5

ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดี

$$= \frac{(\text{ค่าซีไอดีก่อนทดสอบ} - \text{ค่าซีไอดีหลังทดสอบ}) \times 100}{\text{ค่าซีไอดีก่อนทดสอบ}}$$

$$= \frac{(2,110 - 1,105) \times 100}{2,110}$$

$$= 47.63 \%$$

ประสิทธิภาพการลดค่าการนำไฟฟ้า

$$= \frac{(\text{ค่าการนำไฟฟ้าก่อนทดสอบ} - \text{ค่าการนำไฟฟ้าหลังทดสอบ}) \times 100}{\text{ค่าการนำไฟฟ้าก่อนทดสอบ}}$$

$$= \frac{(4.52 - 3.54) \times 100}{4.52}$$

$$= 21.71 \%$$

ประสิทธิภาพการลดค่าทีดีเอส

$$= \frac{(\text{ค่าทีดีเอสก่อนทดสอบ} - \text{ค่าทีดีเอสหลังทดสอบ}) \times 100}{\text{ค่าทีดีเอสก่อนทดสอบ}}$$

$$= \frac{(2,754.15 - 2,156.35) \times 100}{2,754.15}$$

$$= 21.71 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การคำนวณปริมาณและอัตราการไหลของสารเคมีใน ส่วนการบำบัดทางเคมี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การคำนวณปริมาณและอัตราการไหลของสารเคมี ในส่วนการบำบัดทางเคมี

### ค.1 การคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อวัน

#### ค.1.1 สารส้ม

ความเข้มข้นของสารส้มที่เหมาะสมจากการทดสอบจาร์เทสต์ในข้อ (5.4.2)

$$= 2.25 \text{ กรัมต่อลิตร}$$

อัตราการไหลของน้ำเสีย

$$= 24 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน}$$

ปริมาณสารส้มที่ใช้

$$= 2.25 \times 24$$

$$= 54 \text{ กิโลกรัมต่อวัน}$$

#### ค.1.2 พอลิเมอร์ประจุลบ

ความเข้มข้นของพอลิเมอร์ประจุลบที่เหมาะสมจากการทดสอบจาร์เทสต์ในข้อ (5.4.4)

$$= 2.5 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

อัตราการไหลของน้ำเสีย

$$= 24 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน}$$

ปริมาณพอลิเมอร์ประจุลบที่ใช้

$$= 2.5 \times 24$$

$$= 60 \text{ กรัมต่อวัน}$$

### ค.2 การคำนวณอัตราการไหลของสารเคมี

#### ค.2.1 สารส้ม

ความเข้มข้นของสารส้มที่เตรียม

$$= 45 \text{ กรัมต่อลิตร}$$

ปริมาณสารส้มที่ใช้

$$= 54 \text{ กิโลกรัมต่อวัน}$$

อัตราการไหลของสารส้ม

$$= [(54/45) \times 1,000] / 24$$

$$= 50 \text{ ลิตรต่อชั่วโมง}$$

#### ค.2.2 พอลิเมอร์ประจุลบ

ความเข้มข้นของพอลิเมอร์ประจุลบที่เตรียม

$$= 0.25 \text{ กรัมต่อลิตร}$$

ปริมาณพอลิเมอร์ประจุลบที่ใช้

$$= 60 \text{ กรัมต่อวัน}$$

อัตราการไหลของสารส้ม

$$= (60/0.25) / 24$$

$$= 10 \text{ ลิตรต่อชั่วโมง}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.  
มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม [3-4]

ลำดับที่	รายการ	มาตรฐานน้ำทิ้ง นิคมฯ บางพลี	มาตรฐานน้ำทิ้ง นิคมฯ มาบตาพุด	มาตรฐานน้ำทิ้ง นิคมฯ ลาดกระบัง	มาตรฐานน้ำทิ้ง กรมโรงงาน อุตสาหกรรม
1	Biochemical Oxygen Demand (BOD)	< 500 mg/l	< 500 mg/l	< 500 mg/l	< 20 mg/l
2	Chemical Oxygen Demand (COD)	< 750 mg/l	< 750 mg/l	< 750 mg/l	< 120 mg/l
3	Suspended Solid (SS)	< 200 mg/l	< 200 mg/l	< 200 mg/l	< 50 mg/l
4	Total Dissolve Solid (TDS)	< 3,000 mg/l	< 3,000 mg/l	< 3,000 mg/l	< 3,000 mg/l
5	Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	< 100 mg/l	< 100 mg/l	< 100 mg/l	< 100 mg/l
6	pH	5.5-9	5.5-9	5.5-9	5.5-9
7	Mercury (Hg) and Mercury Compound	< 0.005 mg/l	< 0.005 mg/l	< 0.005 mg/l	< 0.005 mg/l
8	Selenium (Se)	< 0.02 mg/l	< 0.02 mg/l	< 0.02 mg/l	< 0.02 mg/l
9	Cadmium (Cd)	< 0.03 mg/l	< 0.03 mg/l	< 0.03 mg/l	< 0.03 mg/l
10	Lead (Pb)	< 0.20 mg/l	< 0.20 mg/l	< 0.20 mg/l	< 0.20 mg/l
11	Arsenic (As)	< 0.25 mg/l	< 0.25 mg/l	< 0.25 mg/l	< 0.25 mg/l
12	Trivalent Chromium (Cr <sup>+3</sup> )	< 0.75 mg/l	< 0.75 mg/l	< 0.75 mg/l	< 0.75 mg/l
13	Hexavalent Chromium (Cr <sup>+6</sup> )	< 0.25 mg/l	< 0.25 mg/l	< 0.25 mg/l	< 0.25 mg/l
14	Barium (Ba)	< 1.0 mg/l	< 1.0 mg/l	< 1.0 mg/l	< 1.0 mg/l
15	Nickel (Ni)	< 1.0 mg/l	< 1.0 mg/l	< 1.0 mg/l	< 1.0 mg/l
16	Copper (Cu)	< 2.0 mg/l	< 2.0 mg/l	< 2.0 mg/l	< 2.0 mg/l
17	Zinc (Zn)	< 5 mg/l	< 5 mg/l	< 5 mg/l	< 5 mg/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	มาตรฐานน้ำทิ้ง นิคมฯ บางพลี	มาตรฐานน้ำทิ้ง นิคมฯ มาบตาพุด	มาตรฐานน้ำทิ้ง นิคมฯ ลาดกระบัง	มาตรฐานน้ำทิ้ง กรมโรงงาน อุตสาหกรรม
18	Soluble Manganese (Mn)	< 5 mg/l	< 5 mg/l	< 5 mg/l	< 5 mg/l
19	Silver (Ag)	< 1 mg/l	< 1 mg/l	< 1 mg/l	ต้องมี
20	Total Iron (Fe)	< 10 mg/l	< 10 mg/l	< 10 mg/l	ต้องมี
21	Fluoride (F)	< 5 mg/l	< 5 mg/l	< 5 mg/l	< 5 mg/l
22	Sulphide (H <sub>2</sub> S)	< 1 mg/l	< 1 mg/l	< 1 mg/l	< 1 mg/l
23	Cyanide as HCN	< 0.20 mg/l	< 0.20 mg/l	< 0.20 mg/l	< 0.20 mg/l
24	Formaldehyde	< 1 mg/l	< 1 mg/l	< 1 mg/l	< 1 mg/l
25	Phenol Compound	< 1 mg/l	< 1 mg/l	< 1 mg/l	< 1 mg/l
26	Chloride as Cl <sub>2</sub>	< 2,000 mg/l	< 2,000 mg/l	< 2,000 mg/l	< 2,000 mg/l
27	Free Chlorine	< 1 mg/l	< 1 mg/l	< 1 mg/l	< 1 mg/l
28	Pesticide	ต้องมี	ต้องมี	ต้องมี	ต้องมี
29	Temperature	< 45 °C	< 45 °C	< 45 °C	< 40 °C
30	Color	ไม่เป็นที่พึง รังเกียจ	ไม่เป็นที่พึง รังเกียจ	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
31	Odour	ไม่เป็นที่พึง รังเกียจ	ไม่เป็นที่พึง รังเกียจ	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
32	Grease & Oil	< 10 mg/l	< 10 mg/l	< 10 mg/l	< 5 mg/l
33	Radioactive Compound	ต้องมี	ต้องมี	ต้องมี	ต้องมี
34	Surfactants	< 30 mg/l	< 30 mg/l	< 30 mg/l	< 30 mg/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง การจัดการระบบบำบัดน้ำเสียในกระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาแลค  
โดย นางสาวกนกวรรณ สกฤตทรัพย์ศิริ  
นางสาวเปรมสิริ อิศวาณิชช์  
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. ศิริพล คุณาธิปพงษ์  
General Manager (Technical & Production) QMR  
บริษัท คอนทิเนนทอล ปีโคโรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด  
ปริญญาบัตร  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี  
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### บทคัดย่อ

โรงงานผลิตพาทาลิกแอนไฮไดรด์และไดออกทิลพาทาแลคที่เป็นกรณีศึกษาในงานนี้มีปัญหาเรื่องคุณภาพของน้ำเสียไม่ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม จึงต้องส่งให้การนิคมอุตสาหกรรมบำบัดทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงมาก โครงการนี้ได้ปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่โดยใช้กระบวนการทางกายภาพแยกของแข็งและไดออกทิลพาทาแลคออกจากน้ำเสีย ใช้พลังงานที่เหลือจากกระบวนการผลิตพาทาลิกแอนไฮไดรด์ในการทำงานของหอกลิ้นเพื่อแยกไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ที่เกิดจากการสลายตัวของตัวเร่งปฏิกิริยา และใช้การบำบัดทางเคมีด้วยกระบวนการสร้างตะกอนและกระบวนการรวมตะกอนในการกำจัดสารปนเปื้อนอื่นๆ และไดออกทิลพาทาแลคที่เหลือ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดทางเคมี คือ อุณหภูมิของน้ำเสียที่อุณหภูมิห้อง ค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.5 ความเข้มข้นของสารละลายสารส้มเท่ากับ 2.25 กรัมต่อลิตร ที่อัตราการไหล 50 ลิตรต่อชั่วโมง และความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบเท่ากับ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อัตราการไหล 10 ลิตรต่อชั่วโมง น้ำเสียหลังการบำบัดมีความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.5 ค่าซีไอดี 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าการนำไฟฟ้า 3.05 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และคำนวณค่าทีซีเอสได้ 1,861 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

คำสำคัญ น้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย ไดออกทิลพาทาแลค กระบวนการสร้างตะกอน  
กระบวนการรวมตะกอน

Report Title                    Implementation of Wastewater Treatment System in a Dioctyl  
Phthalate Process

By                                    Miss Kanokwan Sakulsubsiri  
Miss Premsiri Issavanich

Advisor                         Assoc. Prof. Dr. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum

Co-Advisor                    Dr. Siripon Kunatippapong  
General Manager (Technical & Production) QMR  
Continental Petrochemicals (Thailand) Co., Ltd.

Report for                      Bachelor Degree in Chemical Engineering  
Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

### Abstract

Wastewater of a company that produces phthalic anhydride and dioctyl phthalate (DOP) in this case study has been sent to the Industrial Estate leading to high treatment cost. Therefore, in this project an existing wastewater treatment system was improved to obtain the wastewater within the industrial effluent standards at the lowest cost. Solid particles and DOP were separated by a physical separation, isopropyl alcohol from the catalytic reaction was separated by a distillation column using recovery energy from phthalic anhydride process, other impurities and the remaining DOP were treated by a chemical unit process using coagulation and flocculation. The optimum conditions of the chemical treatment were as follows: the temperature of wastewater was at room temperature; pH of wastewater was at 6.5; the concentration of alum solution was 2.25 grams per liter at a flow rate of 50 liters per hour; the concentration of anionic polymer was 2.5 milligrams per liter at a flow rate of 10 liters per hour. After the chemical treatment, the quality of wastewater meets the industrial effluent standards with the pH of 6.5, the chemical oxygen demand (COD) of 550 milligrams per liter, the conductivity of 3.05 millisiemen per centimeter, and the calculated total dissolved solid (TDS) of 1,861 milligrams per liter.

**Keywords**                    Wastewater, Wastewater treatment system, Dioctyl phthalate, Coagulation,  
Flocculation

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหารบริษัท คอนทีเนนทอล ปีโตรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัดเป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสทำโครงการที่บริษัท และสนับสนุนอุปกรณ์และสารเคมีในการทำโครงการคุณเอกสิทธิ์ เข้มศรี และพี่ๆ ประจำระบบบำบัดน้ำเสีย ที่ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้โครงการ โครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี (Industrial and Research Projects for Undergraduate Students: IRPUS) ประจำปี 2548 และคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยและทุนการศึกษา

ความเห็นในรายงานผลการวิจัยนี้เป็นของผู้วิจัย หน่วยงานสนับสนุนทุนวิจัยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไปและไม่ต้องรับผิดชอบความเห็นที่เสนอนั้น

ขอขอบคุณบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้อุปกรณ์เพื่อตรวจวัดค่าซีไอดีและค่าการนำไฟฟ้า

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ศิริพล คุณาธิปพงษ์ General Manager (Technical & Production) QMR อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการทำโครงการ การนำเสนอและการตรวจแก้ไขรายงาน ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์บุญชัย โชควิทยาวิเศษย์ อาจารย์ศิริพันธ์ มุรธาชัยลักษณ์ กรรมการสอบปริญญานิพนธ์

ยังมีผู้มีพระคุณอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ คุณความดีที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแต่บิดามารดาผู้เป็นที่รักและเคารพยิ่ง และครูอาจารย์ที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ให้ หากมีสิ่งผิดพลาดประการใดนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้

นางสาวกนกวรรณ สกฤตทรัพย์ศิริ

นางสาวเปรมสิริ อิศสวาณิชย์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	5
1.3 ขอบเขตของโครงการ	5
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	5
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ลักษณะของน้ำและน้ำเสีย	7
2.2 มลพิษทางน้ำที่เกิดจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม	10
2.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย	11
2.4 กระบวนการสร้างตะกอนหรือกระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) และกระบวนการรวมตะกอนหรือกระบวนการฟล็อกกูเลชัน (Flocculation)	17
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการรวมตัวเป็นฟล็อก	25
2.6 การทดสอบจาร์เทสต์	26
บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	30
4.1 ส่วนการบำบัดทางกายภาพ	30
4.2 ส่วนหอกถัน	30
4.3 ส่วนการบำบัดทางเคมี	30

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล	37
5.1 ลักษณะของน้ำเสีย	37
5.2 ส่วนการบำบัดทางกายภาพ	37
5.3 ส่วนหอกลิ้น	38
5.4 ส่วนการบำบัดทางเคมี	40
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	53
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ผลการวิเคราะห์น้ำเสียจากหอกลิ้น	58
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมีหลังการทดสอบจาร์เทสต์	63
ภาคผนวก ค. การคำนวณปริมาณและอัตราการใช้สารเคมีในส่วนการบำบัดทางเคมี	65
ภาคผนวก ง. มวตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	67

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนภาพกระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาแลดอย่างง่าย	2
รูปที่ 1.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทก่อนเริ่มโครงการ	3
รูปที่ 1.3 แผนภาพการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียที่นำเสนอ	4
รูปที่ 2.1 แรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างคอลลอยด์	18
รูปที่ 2.2 กลไกการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วยสารสร้างตะกอน	18
รูปที่ 2.3 กลไกการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์แบบเชื่อมต่อกันด้วยพอลิเมอร์	20
รูปที่ 2.4 Stability Diagram ที่ใช้ควบคุมการสร้างตะกอนด้วยสารส้ม	23
รูปที่ 4.1 ชุดการทดสอบจาร์เทสต์	31
รูปที่ 4.2 ฟล็อกที่เกิด	31
รูปที่ 4.3 วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-เบส ที่เหมาะสม	33
รูปที่ 4.4 การทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายสารส้มที่เหมาะสม	34
รูปที่ 4.5 การทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาชนิดของสารช่วยสร้างตะกอนหรือพอลิเมอร์ที่เหมาะสม	35
รูปที่ 4.6 วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ที่เหมาะสม	36
รูปที่ 5.1 น้ำเสียจากส่วนย่อยคอกลิ้น สารป้อน และก้นคอกลิ้น	40
รูปที่ 5.2 ค่าซีไอดี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส คงเหลือที่อุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-เบสต่างๆ	43
รูปที่ 5.3 ผลของอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-เบสต่อประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี	43
รูปที่ 5.4 ค่าซีไอดี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส คงเหลือเมื่อใช้สารละลายสารส้มที่ความเข้มข้นต่างๆ	45
รูปที่ 5.5 ผลของความเข้มข้นของสารละลายสารส้มต่อประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี	45
รูปที่ 5.6 ค่าซีไอดี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส คงเหลือเมื่อใช้สารละลายพอลิเมอร์ประจุลบและประจุบวก	48
รูปที่ 5.7 ผลของชนิดพอลิเมอร์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี	48

## VII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียตัวอย่างจากหอกลับ (รายงานค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด)	38
ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียตัวอย่างจากหอกลับ (รายงานค่าเฉลี่ย)	38
ตารางที่ 5.3 ค่าการนำไฟฟ้าและค่าคงที่ที่ใช้คำนวณค่าทีดีเอส	39
ตารางที่ 5.4 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม	41
ตารางที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบจาร์เทสต์ที่อุณหภูมิก่อน (30 องศาเซลเซียส)	42
ตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบจาร์เทสต์ที่อุณหภูมิก่อนหอกลับ (100 องศาเซลเซียส)	42
ตารางที่ 5.7 ผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบจาร์เทสต์เมื่อใช้สารละลายสารส้ม ที่ความเข้มข้นต่างๆ	44
ตารางที่ 5.8 ผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบจาร์เทสต์เมื่อใช้สารละลายพอลิเมอร์ประจุลบ	47
ตารางที่ 5.9 ผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบจาร์เทสต์เมื่อใช้สารละลายพอลิเมอร์ประจุบวก	47
ตารางที่ 5.10 ผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบจาร์เทสต์เมื่อใช้สารละลายสารส้มความเข้มข้น 2.25 กรัมต่อลิตรและสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบความเข้มข้นต่างๆ	49
ตารางที่ ก.1 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียจากหอกลับ	59
ตารางที่ ง.1 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	68

## VI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.8 ค่าซีไอดี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส คงเหลือเมื่อใช้สารละลายสารส้ม	50
ความเข้มข้น 2.25 กรัมต่อลิตรและสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบที่ความเข้มข้นต่างๆ	
รูปที่ 5.9 ผลของความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบต่อประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี	50
รูปที่ 5.10 ระบบบำบัดน้ำเสียในส่วนของกรบำบัดทางเคมี	52



## VIII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มกำลังการผลิตของภาคอุตสาหกรรม ของเสียซึ่งอาจอยู่ในรูปของกากแข็ง น้ำเสีย หรือมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2545 ที่กำหนดชนิดและขนาดของโรงงาน วิธีการจัดการและควบคุมการปล่อยของเสีย มลพิษ หรือสิ่งใดๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ภาคอุตสาหกรรมต้องตื่นตัวต่อการจัดการของเสีย เพื่อควบคุมการทำงานของระบบป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ และลดปัญหามลพิษที่เกิดจากการประกอบกิจการ

บริษัท คอนทิเนนทอล ปีโตรเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด เป็นโรงงานอุตสาหกรรมปีโตรเคมี ที่ผลิตพาทาลิกแอนไฮไดรด์ (Phthalic Anhydride: PA) 50,000 ตันต่อปี ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเรซิน พอลิเอสเตอร์ เรซินอัลคิด สีย้อม และพลาสติกไซเซอร ทางบริษัทยังใช้พาทาลิกแอนไฮไดรด์ที่ผลิตได้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไดออกทิลพาทาเลต (Diocetyl Phthalate: DOP) ซึ่งเป็นสารพลาสติกไซเซอร โดยมีกำลังการผลิต 36,000 ตันต่อปี

น้ำเสียของบริษัทเป็นน้ำทิ้งที่มาจากกระบวนการต่างๆ แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการหล่อเย็น
2. น้ำเสียจากกระบวนการชะล้าง
3. น้ำเสียจากการผลิต
4. น้ำเสียจากกิจกรรมอื่นๆ

ปริมาณน้ำเสียของบริษัทส่วนใหญ่มาจากกระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลต มีประมาณ 24 ลูกบาศก์เมตรต่อวันและมีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมจึงต้องส่งให้การนิคมอุตสาหกรรมบำบัดทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงมาก

กระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลตใช้สารตั้งต้น คือ 2-เอทิลเฮกซานอล (2-Ethyl Hexanol) หรือ ออกทิลแอลกอฮอล์ (Octyl Alcohol: OA) และพาทาลิกแอนไฮไดรด์ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ เตตระไอโซโพรพิลไททาเนต (Tetra-iso Propyl Titanate: TIPT) กระบวนการผลิตอย่างง่ายแสดงในรูปที่ 1.1

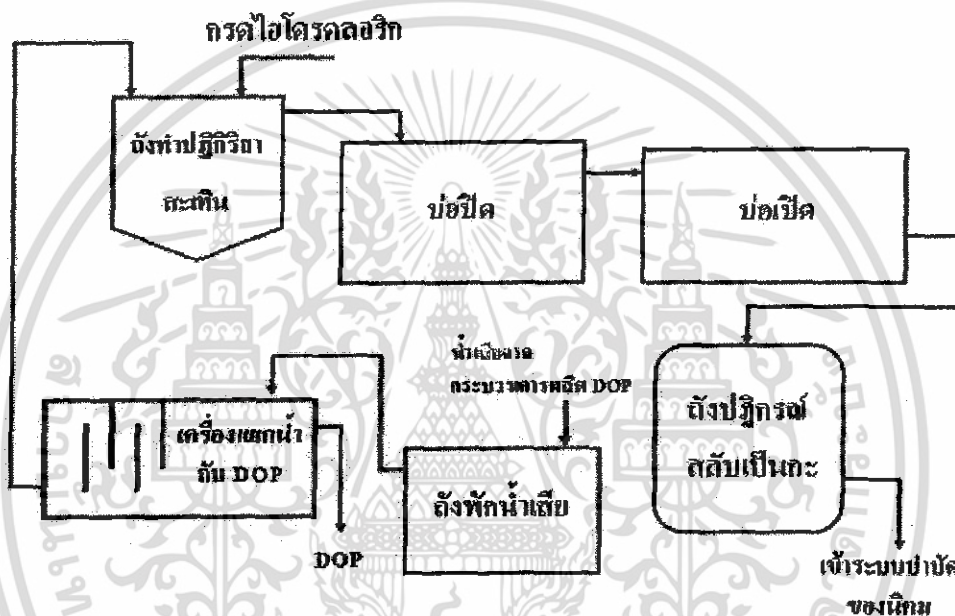


- เกลือของไดออกทิลพาทาเลตที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาสะเทินระหว่างไดออกทิลพาทาเลตที่ยังไม่บริสุทธิ์บางส่วนกับ โซเดียมไฮดรอกไซด์

- ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (Isopropyl Alcohol: IPA) ซึ่งเกิดจากการแตกตัวออกจากเตตระไอโซโพรพิลไททานเนตซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์

3. ส่วนที่เป็นของแข็งคือไททานเนียมไดออกไซด์ (Titanium Oxide: TiO<sub>2</sub>) ซึ่งเกิดจากการตกผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระไอโซโพรพิลไททานเนตเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำภายในเครื่องปฏิกรณ์

รูปที่ 1.2 แสดงระบบบำบัดน้ำเสียเดิมที่บริษัทใช้ก่อนเริ่มโครงการนี้



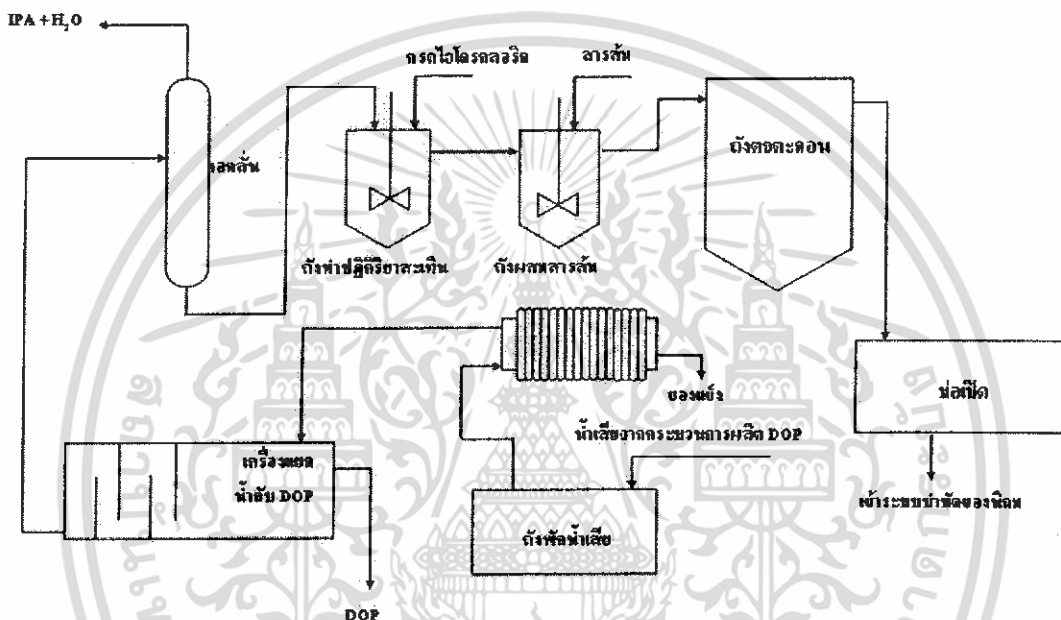
รูปที่ 1.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทก่อนเริ่มโครงการ

น้ำเสียจากกระบวนการผลิต ไดออกทิลพาทาเลตจะถูกส่งเข้าถังพักน้ำเสียและเครื่องแยกน้ำและไดออกทิลพาทาเลตซึ่งภายในเครื่องแยกน้ำและไดออกทิลพาทาเลตจะมีลักษณะเป็นแผ่นกั้นและปล่อยน้ำเสียไปตามแผ่นนี้โดยอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะระหว่างน้ำและไดออกทิลพาทาเลต เมื่อน้ำเสียแยกชั้นจึงกำจัดไดออกทิลพาทาเลตส่วนบนออก หลังจากนั้นน้ำเสียจะถูกส่งเข้าถังทำปฏิกิริยาสะเทิน โดยเติมสารละลายกรด ไฮโดรคลอริกเพื่อทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำเสีย หลังจากนั้นน้ำเสียจะถูกส่งเข้าระบบบำบัดแบบชีวภาพที่เป็นบ่อเปิดเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยระบบบำบัดที่ใช้แบคทีเรียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Treatment) แล้วจึงส่งน้ำเสียเข้าบ่อบำบัดที่เป็นบ่อเปิดเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยระบบบำบัดที่ใช้แบคทีเรียแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Treatment) และส่งน้ำเสียเข้าถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ (Sequence Batch Reactor: SBR) ก่อนที่จะส่งน้ำเสียเข้าระบบบำบัดของนิคมอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่พบในระบบบำบัดน้ำเสีย คือ น้ำเสียที่อยู่ในรูปอิมัลชันจะมีไดออกซิลพาทาเลตซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบบำบัดแบบชีวภาพ เนื่องจาก ไดออกซิลพาทาเลตจะขัดขวางการรับออกซิเจนของแบคทีเรียที่ใช้ ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้แบคทีเรียบางส่วนตายไป ระบบบำบัดน้ำเสียจึงทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ [1] น้ำเสียที่ออกมาจึงไม่ได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งอุตสาหกรรม ทำให้ทางบริษัทต้องเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงในการนำน้ำเสียไปบำบัดต่อที่นิคมอุตสาหกรรมบางพลีดังกล่าวแล้ว

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่ แนวคิดแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.3 แผนภาพการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียที่นำเสนอ

หลักการคือจะนำวิธีการบำบัดทางกายภาพและทางเคมีมาเสริมระบบบำบัดน้ำเสียเดิมที่เป็นแบบชีวภาพอย่างเดียว โดยใช้อุปกรณ์ของบริษัทที่มีอยู่แล้ว คือ เครื่องอัดกรอง (Filter Press) เครื่องแยกน้ำกับ ไดออกซิลพาทาเลต และหอกลับ มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ขั้นตอนแรกน้ำเสียจะถูกบำบัดทางกายภาพแยกของแข็งออกด้วยเครื่องอัดกรอง เพราะบริษัทมีเครื่องอัดกรอง 2 เครื่องที่ใช้สลับกันอยู่ในกระบวนการผลิต ไดออกซิลพาทาเลต ซึ่งสามารถจัดให้ใช้เพียงหนึ่งเครื่องได้ จึงจะนำเครื่องอัดกรองอีกเครื่องมาใช้งานในระบบบำบัดน้ำเสีย หลังจากนั้นจะส่งน้ำเสียเข้าเครื่องแยกน้ำและ ไดออกซิลพาทาเลตเพื่อแยก ไดออกซิลพาทาเลตส่วนบนออก น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการทางกายภาพแล้วจะถูกส่งเข้าหอกลับที่ไม่ได้ใช้แล้วในกระบวนการผลิต ไดออกซิลพาทาเลต เพื่อกลับแยกไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ออกและใช้พลังงานที่เหลือจากกระบวนการผลิตอื่นภายในโรงงานในการทำงานของหอกลับ เดิมหอกลับนี้ใช้สำหรับแยกออกทิลแอลกอฮอล์ออกจาก ไดออกซิลพาทาเลต ปัจจุบันทางบริษัทใช้หอกลับใหม่ที่เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบต่อเนื่อง หลังจากนั้นน้ำเสียจะถูกส่งเข้าระบบบำบัดทางเคมี โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำเสียเพื่อให้น้ำเสียเป็นกลาง แล้วจึงนำไปทำให้ของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำเสียตกตะกอนในถังผสมโดยการเติมสารละลายสารส้ม สุดท้ายน้ำเสียจะถูกส่งไปบำบัดแบบชีวภาพในบ่อเปิดซึ่งย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยแบคทีเรียแบบใช้ออกซิเจน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้การบำบัดทางกายภาพและเคมีร่วมกับระบบบำบัดแบบชีวภาพให้ได้คุณภาพน้ำทิ้งตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมด้วยต้นทุนต่ำ

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

จัดระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้การบำบัดทางกายภาพและทางเคมีก่อนที่จะส่งน้ำเสียเข้าบ่อบำบัดชีวภาพแบบเปิด

- ส่วนหอกลิ้น วิเคราะห์ประสิทธิภาพของหอกลิ้นโดยเก็บน้ำเสียตัวอย่างจากส่วนสารป้อนยอดหอกลิ้น และก้นหอกลิ้น มาตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส ค่าซีโอดี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความค่าทีดีเอส

- ส่วนการบำบัดทางเคมี ศึกษาตัวแปรต่างๆ ภายในถังทำปฏิกิริยาสะเทินและถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) ที่มีผลต่อการเดินระบบบำบัดน้ำเสียอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้คุณภาพน้ำทิ้งตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม คือ อุณหภูมิของน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดทางเคมี ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียที่เข้าระบบ ชนิดและความเข้มข้นของสารสร้างตะกอนหรือโคแอกกูแลนต์ (Coagulant) และสารช่วยสร้างตะกอนหรือโคแอกกูแลนต์เอ็ด (Coagulant Aid) อัตราการไหลของสารเคมี ความเร็วรอบในการกวนที่ระบบบำบัดทางเคมี และระยะเวลาที่น้ำเสียอยู่ในระบบบำบัด หลังจากนั้นจะตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส ค่าความต้องการออกซิเจนเชิงเคมี (Chemical Oxygen Demand: COD) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) และค่าความค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS)

- ส่วนการบำบัดทางชีวภาพ ศึกษาตัวแปรต่างๆ คือ ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียที่เข้าระบบระยะเวลาที่น้ำเสียอยู่ในระบบบำบัด และหลังจากนั้นจะตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส ค่าความต้องการออกซิเจนเชิงเคมี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษากระบวนการผลิตไดออกซิลพาทาเลต เพื่อทราบแหล่งที่มาและองค์ประกอบของน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.4.2 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการบำบัดน้ำเสีย
- 1.4.3 ศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียที่บริษัท ใช้ก่อนเริ่ม ครงงานอย่างละเอียด
- 1.4.4 ปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเดิมโดยนำอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว คือ เครื่องอัดกรอง เครื่องแยกน้ำและไดออกซิลพาทาเลต และหอกลับมาใช้
- 1.4.5 ศึกษาตัวแปรต่างๆ ในส่วนการบำบัดทางเคมีและชีวภาพที่มีผลกระทบต่อระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น อุณหภูมิของน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดทางเคมี ค่าความเป็นกรด-เบส ชนิดและความเข้มข้นของสารสร้างตะกอนและสารช่วยสร้างตะกอน เป็นต้น
- 1.4.6 ออกแบบและวางแผนการทดลอง
- 1.4.7 ทดสอบจาร์เทสต์จากน้ำเสียตัวอย่างของบริษัท วัดค่าความเป็นกรด-เบส ค่าซีไอดี ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความค่าทีดีเอส และบันทึกข้อมูล
- 1.4.8 วิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขระบบบำบัดน้ำเสีย
- 1.4.9 สรุปผลการดำเนินงานและเขียนรายงาน

## 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.5.1 ทราบปัจจัยและสภาวะที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา
- 1.5.2 ระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งด้วยต้นทุนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ลักษณะของน้ำและน้ำเสีย [2-8]

การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมค่อนข้างยุ่งยากกว่าการกำจัดน้ำทิ้งจากชุมชน และมีค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูงกว่ามาก ทั้งนี้เพราะน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจมีลักษณะดังนี้ [2]

- อุณหภูมิสูงมากประมาณ 40-60 องศาเซลเซียส จึงต้องมีระบบการระบายความร้อน
- เป็นกรดหรือเบส จึงต้องปรับค่าความเป็นกรด-เบส
- ไม่มีสารประกอบของไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัส ซึ่งจำเป็นสำหรับการกำจัดน้ำทิ้งด้วยระบบบำบัดแบบชีวภาพ
- มีค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีหรือค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) สูงมาก การลดค่าบีโอดีในน้ำทิ้งให้เหลือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากและกระบวนการกำจัดยุ่งยากซับซ้อน

- มีสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ที่กำจัดยากปะปนอยู่

จึงกล่าวได้ว่าในการศึกษาเกี่ยวกับน้ำเสียจะต้องทราบลักษณะเฉพาะที่สำคัญของน้ำเสีย เช่น

##### 2.1.1 ค่าความเป็นกรด-เบส

ค่าความเป็นกรด-เบสในน้ำเสีย เป็นตัวแปรที่แสดงความเป็นกรดหรือเบสในน้ำเสียว่ามีมากหรือน้อย เช่น ถ้าน้ำเสียมีค่าความเป็นกรด-เบสสูงแสดงว่าในน้ำเสียมีด่างมาก หรือมีไฮดรอกไซด์ ( $\text{OH}^-$ ) ในน้ำเสียมาก ถ้าความเป็นกรด-เบสต่ำแสดงว่าในน้ำเสียมีกรดมากหรือมีไฮโดรเจน ( $\text{H}^+$ ) มาก โดยปกติค่าความเป็นกรด-เบสที่กำหนดในมาตรฐานน้ำทิ้งคือ 5.5-9 [3-4] ถ้าน้ำเสียมีค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วงดังกล่าวก็สามารถทิ้งน้ำเสียออกนอกโรงงานได้เลย ระบบบำบัดส่วนใหญ่จะต้องคำนึงถึงค่าความเป็นกรด-เบสเสมอ เช่น ในระบบบำบัดแบบชีวภาพจะต้องปรับค่าความเป็นกรด-เบสในน้ำเสียเพื่อให้มีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย สำหรับระบบบำบัดทางเคมีจะต้องปรับค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของสารเคมีแต่ละประเภท ดังนั้นการปรับค่าความเป็นกรด-เบส จึงเป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดอื่นๆ

การวัดค่าความเป็นกรด-เบสในน้ำเสีย คือ การวัดปริมาณไฮดรอกไซด์ไอออน โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (2.1)$$

ความเข้มข้นไฮดรอกไซด์ไอออน,  $[\text{H}^+]$  มีหน่วย โมลต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2 สภาพการนำไฟฟ้า (Conductivity)

สภาพการนำไฟฟ้าของสารละลาย หมายถึง ความสามารถในการนำไฟฟ้าซึ่งแปรตรงกับจำนวนและชนิดของ ไอออนที่อยู่ในสารละลาย สารละลายที่มีไอออนมากจะนำไฟฟ้าได้ดีกว่า สารละลายที่มีไอออนน้อย ดังนั้นค่าสภาพนำไฟฟ้าจึงมีความสัมพันธ์กับค่าที่เคเอสของสารละลาย แต่ความสัมพันธ์นี้มีไม่ค่าคงที่ อัตราส่วนระหว่างสภาพนำไฟฟ้าต่อค่าที่เคเอสจะมีค่าสูงสำหรับ สารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-เบสสูงมาก หรือมีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำมาก และมีค่าลดลง สำหรับสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วงเป็นกลาง สภาพนำไฟฟ้านี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายชนิด เช่น ความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในสารละลาย อุณหภูมิของสารละลายขณะทำการตรวจวัด ชนิดและความเข้มข้นของสารที่มีประจุแต่ละชนิดซึ่งส่วนมากจะเกิดจากสารประกอบอินทรีย์มากกว่าสารประกอบอนินทรีย์ เช่น น้ำกลั่นมีสภาพการนำไฟฟ้า 0.2-0.5 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร น้ำจากบ่อกึ่งกลาความีสภาพการนำไฟฟ้าประมาณ 2,500-7,000 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร น้ำที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ มีสภาพการนำไฟฟ้า 355,000 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร [5]

### 2.1.3 ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีหรือค่าบีโอดี

ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี เป็นค่าที่นิยมมากในการแสดงความสกปรกมากน้อยของน้ำเสียจากชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานต่างๆ ค่า BOD<sub>5</sub> เป็นค่าที่สำคัญอย่างมากในการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา และใช้ในการหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย BOD<sub>5</sub> คือ จำนวนของออกซิเจนที่ถูกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic Condition) โดยจุลินทรีย์ ในช่วงเวลา 5 วันที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส การวัดค่าของ BOD<sub>5</sub> มีหลักการดังนี้ [5]

1. นำตัวอย่างน้ำเสียที่ต้องการหาค่า BOD<sub>5</sub> มาเติมอากาศจนแน่ใจว่าอิ่มตัวด้วยอากาศ
2. นำไปใส่ในขวดมาตรฐานบีโอดี 2 ขวด ต้องปิดให้สนิท และใช้ขวดหนึ่งในการวัด

ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen: DO) = DO<sub>0</sub>

3. นำขวดที่เหลือไปเก็บไว้ในตู้มืดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน
4. หลังจากนั้นนำออกมาวัดค่าค่าออกซิเจนละลาย = DO<sub>5</sub>

ค่า BOD<sub>5</sub> ที่ 20 องศาเซลเซียส (มิลลิกรัมต่อลิตร) คำนวณจากสมการ

$$BOD_5 = \frac{(DO_0 - DO_5) (\text{ปริมาตรของขวดบีโอดี})}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างน้ำเสีย}} \quad (2.2)$$

### 2.1.4 ความต้องการออกซิเจนเชิงเคมีหรือค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)

ความต้องการออกซิเจนเชิงเคมี คือ ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยอาศัยหลักการที่สารอินทรีย์เกือบทั้งหมดสามารถถูกออกซิไดส์โดยเติมสารออกซิไดซ์เชิงเอเจนต์อย่างแรงภายใต้สภาวะที่เป็นกรด พวกอะมิโน ไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียและไนโตรเจน สำหรับพวกสารไนโตรเจนอินทรีย์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรต

ค่าซีโอดีใช้มากในการวิเคราะห์น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังใช้ในการสำรวจออกแบบเพื่อพิจารณาและควบคุมเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากผลที่ได้รวดเร็ว ใช้เวลาในการวิเคราะห์เพียง 2-3 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์บีโอดีที่ต้องใช้เวลาถึง 5 วัน จึงสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้ทันที สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าซีโอดีมีหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้มาก คือ โพแทสเซียมไดโครเมต เนื่องจากให้ผลที่น่าเชื่อถือและแน่นอน นอกจากนี้โพแทสเซียมไดโครเมตยังมีราคาถูก และสามารถออกซิไดส์สารอินทรีย์ได้หลายชนิดจนเกือบสมบูรณ์ได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ และการวัดปริมาณของไดโครเมตที่เกินพอทำได้ง่ายและได้ผลแน่นอน ข้อดีอีกอย่างหนึ่ง คือ โพแทสเซียมไดโครเมตเป็นสารที่สามารถเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ (Primary Standard) ได้ง่าย หลักการวิเคราะห์ คือ โพแทสเซียมไดโครเมตจะไปออกซิไดส์ สารอินทรีย์ในสภาวะที่เป็นกรดอย่างแรง ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ถ้าใช้อุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงใช้การรีฟลักซ์เพื่อป้องกันการสูญหายของสารที่ระเหยได้ซึ่งมีอยู่เดิมในตัวอย่าง หรือซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการทำปฏิกิริยา

### 2.1.5 ของแข็งละลายทั้งหมดหรือค่าทีดีเอส (Total Dissolved Solids: TDS)

ค่าทีดีเอส หมายถึง ของแข็งละลายในน้ำที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าซึ่งอาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ น้ำทะเลจากแหล่งต่างกันจะมีค่าทีดีเอสต่างกัน เนื่องจากมีส่วนผสมของเกลือแร่ต่างชนิด หลังจากกระเหยน้ำตัวอย่างจะเหลือของแข็งเป็นผงหรือผลึกซึ่งมองเห็นได้

### 2.1.6 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดหรือค่าทีเอสเอส (Total Suspended Solids: TSS)

ค่าทีเอสเอส หมายถึงของแข็งแขวนลอยในน้ำซึ่งอาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ ความขุ่นในน้ำก็จัดว่าเป็นของแข็งแขวนลอย ค่าทีเอสเอสและความขุ่นมีวิธีวัดหรือวิธีวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน น้ำตัวอย่างเดียวกันจึงมีค่าทีเอสเอสและความขุ่นไม่เท่ากัน น้ำดีหรือน้ำประปามักวิเคราะห์ความขุ่นซึ่งวัดได้ง่าย ส่วนน้ำเสียมักต้องวิเคราะห์ค่าทีเอสเอสมากกว่า อาจเป็นเพราะว่าน้ำเสียมีสี น้ำมัน หรือสารอื่นๆ ที่รบกวนต่อการวัดความขุ่น

### 2.1.7 ของแข็งทั้งหมดหรือค่าทีเอส (Total Solids: TS)

ค่าทีเอส หมายถึง ของแข็งทั้งหมดในน้ำ เป็นตัวแปรที่แสดงถึงสารต่างๆ ทุกชนิดที่ที่มองเห็นและมองไม่เห็นที่มีอยู่ในน้ำ

$$TS = TDS + TSS \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1.8 น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)

โดยทั่วไปจำแนกน้ำมันและไขมันได้ดังนี้

### ก. ไฮโดรคาร์บอนชนิดเบา (Light Hydrocarbons)

ไฮโดรคาร์บอนชนิดเบา ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบา เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด และน้ำมันเครื่องบิน รวมทั้งสารทำละลายต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม เช่น เฮกเซน (Hexane) คลอโรฟอร์ม (Chloroform) เป็นต้น ไฮโดรคาร์บอนชนิดเบาในน้ำเสียอาจทำให้การกำจัดไฮโดรคาร์บอนชนิดหนักทำได้ยากขึ้น

### ข. ไฮโดรคาร์บอนชนิดหนัก (Heavy Hydrocarbons)

ไฮโดรคาร์บอนชนิดหนักประกอบด้วยน้ำมันดิบ น้ำมันดีเซล รวมทั้งยางมะตอยที่ใช้ภาคถนน

### ค. น้ำมันหล่อลื่นและ Cutting Fluid แบ่งได้เป็น

- น้ำมันอิสระ เช่น น้ำมันและไขมันหล่อลื่นชนิดต่างๆ
- น้ำมันที่กลายเป็นอิมัลชันได้ (Emulsiable Oil) เช่น Cutting Oil, Rolling Oil รวมทั้ง

สบู่ และไขมันต่างๆ

### ง. น้ำมันและไขมันจากพืชและสัตว์

น้ำมันและไขมันนี้มักได้จากกระบวนการผลิตอาหารและวัสดุธรรมชาติ

## 2.2 มลพิษทางน้ำที่เกิดจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม [2]

การพิจารณามลพิษทางน้ำที่เกิดจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมมีประโยชน์สำหรับการคำนวณค่าเสียหายที่เกิดขึ้น การประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม การวางมาตรการควบคุมและการแก้ไขปัญหา มลพิษที่อาจเกิดขึ้นได้มี 8 ประเภท คือ

1. ประเภทที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ได้แก่ น้ำทิ้งที่มีสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ จุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านี้ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงเป็นเหตุให้ปลาและสัตว์น้ำในแหล่งน้ำในบริเวณนั้นได้รับผลกระทบ
2. ประเภทที่มีสารพิษปะปน สารพิษในน้ำทิ้ง ได้แก่ โลหะหนักและสารประกอบอื่นๆ บางชนิดที่มีพิษ
3. ประเภทที่สามารถทำลายสภาพของแหล่งน้ำ โรงงานบางประเภทอาจปล่อยของเสียชนิดที่ทำลายสภาพของแหล่งน้ำ เช่น ตะกอน ซึ่งทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน
4. ประเภทที่ทำให้รสและกลิ่นของน้ำเปลี่ยนไป
5. ประเภทที่มีสารอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งละลายอยู่ ได้แก่ โซเดียม โปแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก แร่ธาตุพวกนี้เป็นธาตุอาหารของพืชน้ำ แต่ต้องอยู่ในปริมาณที่พอควร ถ้ามีมากเกินไปก็จะทำให้เกิดพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ประเภทที่ปล่อยแก๊สมีนตภาพรังสีออกมา
7. ประเภทที่ปล่อยสารกัมมันตภาพรังสีออกมา เช่น กรดหรือด่าง
8. ประเภทที่ปล่อยเชื้อโรคลงสู่แหล่งน้ำ

### 2.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย [2, 9-16]

น้ำทิ้งจากกระบวนการอุตสาหกรรมต่างๆ จะมีปริมาณและคุณภาพแตกต่างกัน ดังนั้นระบบการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจึงไม่มีกระบวนการแบบแผนแน่นอน กระบวนการบำบัดน้ำทิ้งที่ใช้กันทั่วไป คือ

1. กำจัดของแข็งแขวนลอยขนาดใหญ่ออกโดยให้ผ่านตะแกรงหรือตกตะกอน
2. กำจัดน้ำมันไขมัน โดยการทำให้ลอยตัว (Flotation) หรือใช้สารเคมี
3. กำจัดคอลลอยด์ (Colloids) ซึ่งโดยทั่วไปมีขนาดของอนุภาคในช่วง  $10^3 - 10^6$  มิลลิเมตร โดยทำให้คอลลอยด์รวมตัวเป็นก้อนและตกตะกอนด้วยสารสร้างตะกอน

4. ใช้สารเคมีทำให้น้ำทิ้งมีสภาพเป็นกลาง

5. กำจัดสีด้วยวิธีทางเคมี

6. เดิมอากาศในน้ำทิ้งด้วยวิธีที่เหมาะสม

7. ลดอุณหภูมิของน้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูง

โดยทั่วไปกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกได้เป็น 4 กระบวนการใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้ [9]

#### 1. กระบวนการทางกายภาพ [9]

ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่

##### ก. การดักด้วยตะแกรง (Screening)

ตะแกรงมีไว้ใช้ในการดักขยะต่างๆ จากน้ำเสีย เช่น เศษกระดาษ เศษพลาสติก เศษไม้ ฯลฯ การดักด้วยตะแกรงมีประโยชน์มากต่อการช่วยเสริมประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัด และป้องกันการเสียหายที่มีต่อเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น เครื่องเติมอากาศ เป็นต้น ตะแกรงมี 2 แบบ คือ

- ตะแกรงหยาบ เพื่อดักสิ่งสกปรกที่มีขนาดใหญ่ หรือเศษขยะที่ลอยมากับน้ำเสีย ถ้าไม่มีการกำจัดออกก่อนจะทำให้เครื่องสูบน้ำและท่อระบายน้ำอุดตันได้

- ตะแกรงละเอียด เพื่อดักสิ่งสกปรกที่มีขนาดเล็ก

##### ข. การบดตัด (Comminution)

เครื่องบดตัดมีหน้าที่บดตัดเศษขยะที่ใหญ่มากับน้ำเสียให้มีขนาดเล็กๆ ก่อนส่งน้ำเสียเข้าขั้นตอนต่อไปในระบบบำบัด

##### ค. การกำจัดตะกอนหนัก (Grit Removal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะกอนหนัก คือ พวกกรวด หิน ทราย หรือตะกอนต่างๆ ที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ตะกอนหนักเหล่านี้จำเป็นต้องถูกกำจัดออกไปจากน้ำเสีย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาต่างๆ ดังนี้

- ความเสียหายแก่เครื่องจักรกลต่างๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ
- การอุดตันในท่อระบายน้ำเสีย
- การจับตัวเป็นก้อนใหญ่ขึ้น ซึ่งทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียเสียหาย

#### ง. การกำจัดน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease Removal)

น้ำเสียหลายประเภทมีน้ำมันหรือไขมันปนอยู่ด้วย ซึ่งพบมากจากน้ำเสียชุมชน สถานที่จำหน่ายน้ำมัน และอู่ซ่อมรถยนต์ น้ำมันหรือไขมันเบาที่น้ำจึงลอยตัวอยู่บนผิวน้ำ ระบบกำจัดน้ำมันหรือไขมันที่นิยมใช้เป็นที่พักที่มีแผ่นกั้นขวางอยู่ในบ่อเพื่อให้ดักไขมันไว้ได้ปริมาณมาก การไหลของน้ำในถังพักควรจะมีความเร็วต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้

#### จ. การตกตะกอน (Sedimentation)

การตกตะกอนเป็นวิธีการแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยการจมตัวของตะกอนแขวนลอยที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำด้วยการกักน้ำเสียในถังตกตะกอนระยะหนึ่งเพื่อลดความเร็วในการไหลของน้ำเสียลง ทำให้สารแขวนลอยต่างๆ จมตัวลงสู่ก้นถังและน้ำมีความใสขึ้น

#### ฉ. การทำให้ตะกอนลอย (Floatation)

หลักการของระบบนี้คือแยกตะกอนออกจากน้ำเสียด้วยวิธีทำให้ตะกอนต่างๆ ในน้ำเสียลอยขึ้นสู่บริเวณชั้นบนของผิวน้ำเพื่อกวาดตะกอนลอยทิ้งออกไป โดยใช้ฟองอากาศไปรวมกับตะกอนในน้ำเสีย ทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของฟองอากาศและตะกอนมีค่าน้อยกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเสีย วิธีนี้นิยมใช้กับตะกอนประเภทที่ยากแก่การตกตะกอน เช่น พวกไขมัน สัตว์ ตะกอนเบาต่างๆ เป็นต้น

### 2. กระบวนการทางเคมี [10]

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีเคมีใช้สำหรับน้ำเสียที่มีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- มีกรดหรือด่างสูงเกินไป
- มีโลหะหนักที่เป็นพิษ เช่น สังกะสี ดีบุก ตะกั่ว เป็นต้น
- มีตะกอนขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก
- มีสารประกอบอินทรีย์ละลายน้ำที่เป็นพิษ เช่น ชัลไฟด์ ไฮยาไนด์ เป็นต้น
- มีไขมันหรือน้ำมันที่ละลายน้ำ

กระบวนการทางเคมีที่ใช้บำบัดน้ำเสียมีดังนี้

### ก. การทำน้ำให้เป็นกลาง (Neutralization)

น้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ปูนขาวหรือสารละลายไฮดรอกไซด์ ส่วนน้ำที่มีสภาพเป็นด่างทำให้เป็นกลางได้โดยใช้กรดชนิดต่างๆ เช่น กรดซัลฟิวริก กรดไฮโดรคลอริก หรือบางครั้งอาจใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

### ข. การกำจัดตะกอนแขวนลอยด้วยกระบวนการสร้างตะกอนหรือ โคลแอกกูเลชัน

การกำจัดตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กหรือคอลลอยด์ ที่ตกตะกอนได้ช้ามากคือ ไม่สามารถตกตะกอนได้ด้วยน้ำหนักของตัวเองในเวลาจำกัดโดยวิธีการตกตะกอนตามธรรมชาติ ทำได้โดยเติมสารเคมีบางชนิด เช่น สารส้มเพื่อให้คอลลอยด์จับตัวกันเป็นกลุ่มเรียกว่า ฟล็อก (Floc) ซึ่งมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้รวดเร็ว ส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการนี้มี 2 ส่วน คือ ด่างควรรเร็วและด่างควรรช้า สารเคมีและน้ำเสียจะผสมกันอย่างรวดเร็วในถังควรรเร็วเพื่อทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ ส่วนด่างควรรช้าเป็นที่สร้างสัมผัสดของฟล็อกที่เกิดจากการรวมตัวของคอลลอยด์ จากนั้นตะกอนจะถูกส่งไปยังถังตกตะกอน

### ค. การกำจัดโลหะหนักด้วยวิธีตกผลึก

โลหะหนักที่พบในน้ำเสียและเป็นปัญหามักอยู่ในรูปของสารละลาย ทำให้ไม่สามารถบำบัดออกจากน้ำได้ด้วยวิธีตกตะกอนธรรมดา หรือด้วยการกรองเพียงอย่างเดียว การกำจัดโลหะหนักจำเป็นต้องทำให้เกิดการตกตะกอนผลึก (Precipitation) เสียก่อน จากนั้นจึงทำให้ผลึกของแข็งรวมกันเป็นกลุ่มก้อนหรือฟล็อก เพื่อให้สามารถแยกออกจากน้ำได้ โดยวิธีตกตะกอนและวิธีกรอง ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าการกำจัดโลหะหนักต้องใช้วิธีการสร้างตะกอนร่วมกับวิธีตกผลึกและตามด้วยวิธีตกตะกอนและวิธีกรอง

### ง. การกำจัดน้ำมันหรือไขมันที่ละลายน้ำ

น้ำมันหรือไขมันที่ละลายในน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่สามารถกำจัดออกจากน้ำเสียได้ด้วยวิธีการกายภาพ จำเป็นต้องทำให้น้ำมันหรือไขมันแยกตัวออกจากน้ำด้วยวิธีเคมีก่อน จากนั้นจึงใช้วิธีการกายภาพกำจัดออก สารเคมีที่ใช้อาจเป็นสารอนินทรีย์ เช่น กรดซัลฟิวริก สารส้ม เป็นต้น หรือสารอินทรีย์สังเคราะห์ กรดซัลฟิวริกเป็นสารเคมีที่นิยมใช้มากที่สุดแต่สารอินทรีย์สังเคราะห์ก็มีประสิทธิภาพสูงกว่า

### จ. การกำจัดสีออกจากน้ำด้วยวิธีเคมี

กระบวนการกำจัดสีออกจากน้ำเสียใช้กระบวนการสร้างตะกอนเช่นเดียวกับการกำจัดตะกอนแขวนลอย สารเคมีที่นิยมใช้ คือ สารส้ม เนื่องจากสามารถทำให้สีตกผลึกและรวมตัวเป็นฟล็อกได้ในเวลาเดียวกัน

### ฉ. กระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน

ในกรณีที่ต้องการกำจัดมลพิษที่ละลายอยู่ในน้ำ แต่ไม่สามารถใช้วิธีตกผลึกได้ อาจใช้กระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชันเปลี่ยนมลพิษให้เป็นสารที่ไม่มีพิษ โดยการเติมสารเคมีที่เป็นตัวออกซิไดส์หรือตัวรีดิวซ์ไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชันกับสารมลพิษ

### 3. กระบวนการทางชีววิทยา [9-16]

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาหรือโดยจุลินทรีย์ เป็นวิธีที่ใช้กำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยเฉพาะสารอินทรีย์ซึ่งมีความสกปรกจะถูกใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยงไว้ในถังเลี้ยงเชื้อ ทำให้น้ำเสียมีความสกปรกลดลง จุลินทรีย์อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนก็ได้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักชีวภาพมีหลายชนิด ดังนี้

#### ก. ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์หรือระบบเอเอส (Activated Sludge: AS) [10-11]

ระบบเอเอสเป็นระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาที่นิยมใช้กันมากโดยอาศัยจุลินทรีย์ที่มีปริมาณมากพอสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จุลินทรีย์เหล่านี้จะลอยผสมกับน้ำเสียในถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และจะขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณขึ้นในลักษณะการเติบโตแบบแขวนลอย (Suspended Growth) ภายในถังเติมอากาศมีระบบกวนที่ใช้เครื่องจักรกลทำให้น้ำสลัดจ์ที่มีจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ภายในถังเติมอากาศตลอดเวลา และเพื่อที่จะสามารถควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ภายในระบบเอเอสได้ตามต้องการ จึงจำเป็นต้องมีระบบแยกตะกอนออกจากน้ำทิ้ง ซึ่งนิยมใช้ถังตกตะกอนทำหน้าที่แยกตะกอนออกจากน้ำทิ้ง โดยปล่อยให้ น้ำทิ้งที่ใสไหลล้นออกจากถังตกตะกอน ส่วนบริเวณก้นถังตกตะกอนจะมีปริมาณตะกอนมาก ซึ่งมักจะนำกลับเข้าสู่ถังเติมอากาศเพื่อช่วยในการควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ ถ้าพบว่าในระบบมีน้ำสลัดจ์มากเกินไป ความต้องการก็อาจสูบล้างจากก้นถังตกตะกอนก่อนหรือถังเติมอากาศโดยตรงและนำน้ำสลัดจ์ส่วนเกินนี้ไปบำบัดและกำจัดทิ้งต่อไป

#### ข. ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) [10, 12-13]

ระบบนี้ประกอบด้วยตัวกลาง (Media) เช่น พลาสติก ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นต้น บรรจุอยู่ในถัง เพื่อให้จุลินทรีย์เกาะอยู่ตามผิวตัวกลางมากๆ โดยนำออกซิเจนจากอากาศผสมกับน้ำเสียก่อนที่ไหลผ่านผิวตัวกลางที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่และมีลักษณะเป็นเมือกหนาพอเพียงที่จะให้ออกซิเจนแทรกซึมเข้าไปได้

ระบบนี้มักจะมีระบบให้น้ำไหลเวียนกลับสู่ระบบอีกครั้ง (Recirculation) เพื่อประโยชน์ต่างๆ ดังนี้

- เพื่อให้ น้ำเสีย ได้ไหลผ่านจุลินทรีย์ที่เกาะบนผิวตัวกลางมากกว่าหนึ่งครั้ง
- เพื่อให้ น้ำ ได้ไหลผ่านจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่ตลอดเวลา แม้ในบางช่วงจะมีน้ำเสีย

ไหลเข้ามาน้อยมากก็ตามเพื่อป้องกันจุลินทรีย์แห้งตาย

- เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพื่อปรับสภาพของน้ำเสียที่อาจมีค่าบีโอดีสูงหรือค่านิกินไปสำหรับระบบ
- ช่วยเสริมประสิทธิภาพในการกระจายของน้ำเสียที่ไหลผ่านผิวดักกลาง ซึ่งมีแนวโน้มช่วยลดปัญหาอุดตันในระบบและลดปัญหาเกี่ยวกับแมลงดอม

ค. ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor: RBC) [10, 12]

ระบบแผ่นหมุนชีวภาพประกอบด้วยแผ่นที่ทำด้วยวัสดุใดๆ ที่แข็งแรงทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ในน้ำได้ โดยมากทำด้วยพลาสติก พีวีซี ยาง เป็นต้น มีรูปร่างเป็นแผ่นกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-3.5 เมตร มีแกนกลางเป็นเหล็กกันสนิมหมุนอย่างช้าๆ ประมาณ 2-5 รอบต่อนาที และมีอัตราการเคลื่อนของขอบนอกของแผ่นกลมเท่ากับ 10-25 เมตรต่อนาที โดยปกติจะมีเวลาเก็บกักน้ำเสียในถังประมาณ 40-250 นาที หลักการบำบัดน้ำเสียจะเหมือนกับระบบไปรยกรอง คือ จุลินทรีย์ประเภทใช้ออกซิเจนเริ่มขยายพันธุ์เกาะตามบริเวณผิวดักกลางของแผ่นกลมที่หมุนอยู่ จนกระทั่งมีจุลินทรีย์ลักษณะคล้ายเมือกปกคลุมแผ่นกลมทั่วทั้งแผ่นกลม ความหนาประมาณ 1 ถึง 3 มิลลิเมตร ขณะที่แผ่นกลมหมุน ออกซิเจนในอากาศจากภายนอกถึงจะถ่ายเทผ่านเข้าไปในผิวเมือกจุลินทรีย์และนำออกซิเจนลงไปสู่น้ำเสีย ทำให้เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีที่ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสียด้วยปริมาณออกซิเจนและจำนวนจุลินทรีย์ที่เหมาะสม โดยทั่วไปเมือกจุลินทรีย์ที่เกาะบนผิวดักกลางจะค่อยๆ หลุดออกบ้างเนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดจากการหมุนของแผ่นกลมซึ่งทำให้มีจุลินทรีย์บางส่วนลอยอยู่ในน้ำเสียภายในถัง และได้จุลินทรีย์อีกประเภท คือ จุลินทรีย์แวนลอย

ง. ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Treatment System) [14]

ระบบบำบัดน้ำเสียไม่ต้องเติมออกซิเจน นิยมเรียกว่า ระบบไร้ออกซิเจนหรือระบบถังหมัก ระบบนี้นิยมใช้แพร่หลายมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะสามารถประหยัดพลังงานในการเติมอากาศ และยังได้พลังงานในรูปก๊าซมีเทนที่เกิดจากระบบไร้ออกซิเจน

จ. ระบบบ่อธรรมชาติ (Pond System) [14]

ระบบบ่อธรรมชาติ หมายถึง บ่อที่รับน้ำเสียเพื่อนำมาบำบัดหรือกำจัดบีโอดีโดยธรรมชาติ ด้วยการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายเพื่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือใช้การหมักเพื่อให้เกิดก๊าซมีเทน ดังนั้นในบ่อธรรมชาติอาจทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียทั้งแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจนภายในบ่อเดียวกันนี้ ระบบบ่อธรรมชาติสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

- บ่อแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Pond)
- บ่อที่ส่วนบนเป็นแบบใช้ออกซิเจนและส่วนล่างเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Facultative Pond)
- บ่อแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Pond)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. กระบวนการทางกายภาพ-เคมี (Physicochemical Unit Process) [9-10, 15-16]

วัตถุประสงค์ของการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการนี้ คือ การกำจัดสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียและได้คุณภาพน้ำทิ้งในมาตรฐานสูง โดยมากกระบวนการนี้จะมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดำเนินการสูง ตัวอย่างกระบวนการนี้ [10] เช่น

##### ก. การดูดซับด้วยคาร์บอน (Carbon Adsorption)

ระบบนี้ใช้หลักการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ เพื่อแยกสารปนเปื้อนที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง เช่น สารอินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่ในน้ำทิ้งหลังจากผ่านการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีแล้ว ถ่านกัมมันต์ที่ใช้มี 2 ลักษณะ คือ แบบเป็นเม็ด (Granular Activated Carbon) และแบบผง (Powdered Activated Carbon)

##### ข. การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) [10, 15-16]

ระบบนี้ใช้หลักการแลกเปลี่ยนประจุของสารปนเปื้อนที่มีอยู่ในน้ำเสีย เช่น แอมโมเนียมไอออน คอปเปอร์ไอออน เป็นต้น โดยอาศัยสารที่เดิมลงไปในถังแลกเปลี่ยนประจุ เช่น โซเดียมคลอไรด์ กรดซัลฟิวริก เป็นต้น

ถังแลกเปลี่ยนประจุจะมีตัวกลาง (Resin) บรรจุเกือบเต็มถัง น้ำเสียจะไหลเข้าผ่านส่วนบนของถังด้วยแรงดันที่เหมาะสม น้ำที่ผ่านการแลกเปลี่ยนประจุแล้วจะไหลออกทางส่วนล่างของถัง ระบบนี้ต้องล้างถังอย่างสม่ำเสมอ เพราะประสิทธิภาพของระบบจะลดลงเมื่อมีตะกอนสะสมภายในถังเกินมาตรฐานซึ่งขึ้นกับขนาดของการออกแบบระบบเบื้องต้น จึงจะต้องทำการรีเจนเนอเรตตัวกลาง หรือทำให้คืนสภาพ (Regeneration) ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของถังที่บรรจุเรซินและปริมาณของโลหะหนักในน้ำเสียที่เรซินจะรับได้ ตัวอย่างเช่น เรซินที่มีความจุ 1 eq/l สามารถแลกเปลี่ยนประจุ  $Zn^{+2}$  37.5 กรัม ก่อนทำการรีเจนเนอเรต [15-16]

##### ค. การกรองแบบอัลตราฟิวเตรชัน (Ultra Filtration)

ระบบนี้คือระบบกรองที่ใช้แผ่นเยื่อกรองแบบเมมเบรนที่มีรูพรุน (Porous Membrane) อัดน้ำเสียเข้าไปด้วยแรงดันพอประมาณ เมมเบรนจะทำหน้าที่แยกสารปนเปื้อนทั้งที่ละลายน้ำและตะกอนเล็กมากๆ ได้ ซึ่งโดยปกติเป็นสารปนเปื้อนที่มีน้ำหนักโมเลกุลไม่เกิน 5,000

##### ง. ออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis : RO)

ระบบนี้อาจเรียกว่าระบบการกรองแบบไฮเพอร์ (Hyper Filtration) นิยมใช้ในการแยกเกลือที่ละลายน้ำได้ด้วยเยื่อกรองแบบกึ่งซึมผ่านได้ (Semipermeable Membrane) ที่ความดันการปฏิบัติงานสูงกว่าความดันออสโมซิส (Osmotic Pressure) วิธีนี้ได้น้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูงทำให้สามารถนำน้ำทิ้งนี้กลับมาใช้ใหม่สำหรับกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด

##### จ. การแยกด้วยไฟฟ้า-เยื่อกรอง (Electrodialysis)

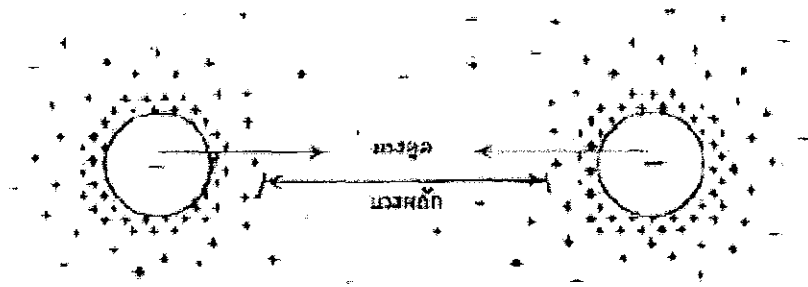
การแยกด้วยไฟฟ้า-เยื่อกรองนิยมใช้แยกเกลือออกจากน้ำทะเลเป็นวิธีที่สามารถกำจัดพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกจากรน้ำเสีย ถ้าใช้ระบบนี้ในโรงบำบัดน้ำเสียก็จะเป็นระบบสุดท้าย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการบำบัดน้ำเสีย ระบบนี้ประกอบด้วยขั้วบวกและลบ และเยื่อกรองแบบซึมผ่านได้ (Permeable Membrane) ซึ่งจะจับสารปนเปื้อนที่มีประจุบวกและปล่อยสารที่มีประจุลบผ่านออกไป ก่อนใช้ระบบนี้จะต้องผ่านระบบกำจัดหรือแยกสารตะกอนเล็กๆ และสารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ๆ ออกจากน้ำแล้ว

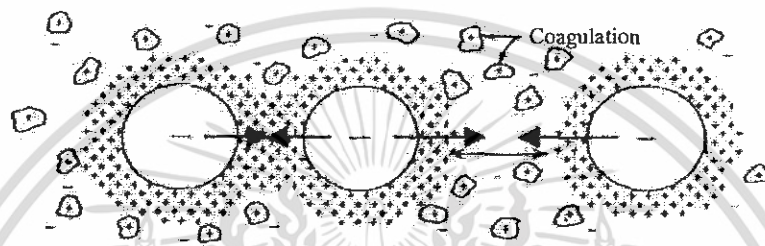
## 2.4 กระบวนการสร้างตะกอนหรือกระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) และ กระบวนการรวมตะกอนหรือกระบวนการฟล็อกกูเลชัน (Flocculation) [17-19]

ลักษณะที่เห็นได้ชัดอย่างหนึ่งที่ทำให้น้ำสกปรก คือ ความขุ่นหรือสารแขวนลอย การกำจัดอาจง่ายหรือยากขึ้นกับขนาดของอนุภาคเป็นสำคัญ อนุภาคขนาดใหญ่จะถูกกำจัดออกจากน้ำได้ง่ายกว่า คอลลอยด์ที่ไม่สามารถตกตะกอนได้ด้วยน้ำหนักของตัวเองในเวลาจำกัด คอลลอยด์มีประจุประจุตัว พวกที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) เช่น สารอินทรีย์ สาร จะ มี ประจุบวก ส่วนพวกที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) เช่น อนุภาคของดินเหนียว จะมีประจุเป็นลบ คอลลอยด์ส่วนใหญ่ก็มีประจุลบ

คอลลอยด์ที่มีประจุชนิดเดียวกันจะเกิดแรงผลักรันและแขวนลอยอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานานโดยไม่ตกตะกอน เรียกได้ว่าเป็นระบบคอลลอยด์ที่มีเสถียรภาพสูง ซึ่งเสถียรภาพนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับประจุไฟฟ้าที่ผิวของคอลลอยด์หรือค่าซีตาโพเทนเชียล (Zeta Potential) ทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าระหว่างผิวคอลลอยด์กับน้ำ ศักย์ไฟฟ้ามีค่าสูงสุดที่ผิวคอลลอยด์และมีค่าลดลงตามระยะทางที่ห่างจากผิว เมื่อคอลลอยด์ที่มีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันแรงผลักรันเนื่องจากประจุไฟฟ้าจะเกิดขึ้น และมีค่ามากขึ้นตามระยะระหว่างคอลลอยด์ที่ลดลง แรงผลักรันนี้จะต้านแรงแวนเดอวาลส์ (Van Der Waals Force) ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างคอลลอยด์ การที่คอลลอยด์จะคงอยู่ในสภาวะที่มีเสถียรภาพจึงขึ้นอยู่กับแรงคูคและแรงผลักรันแสดงดังรูปที่ 2.1 ถ้าแรงผลักรันระหว่างคอลลอยด์มีค่ามากกว่าแรงดึงดูดมาก คอลลอยด์จะไม่สามารถสัมผัสและรวมตัวกัน ทำให้คอลลอยด์กระจายตัวอยู่ในน้ำ จึงต้องเติมสารสร้างตะกอนเพื่อทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ให้เกิดการจับตัวกันเป็นฟล็อก กระบวนการนี้เรียกว่า กระบวนการสร้างตะกอนแสดงดังรูปที่ 2.2 เมื่อคอลลอยด์ที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วเคลื่อนที่มาสัมผัสกันและรวมตัวกันเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการรวมตะกอน กล่าวโดยสรุปการทำให้คอลลอยด์รวมตัวกันและจับกันเป็นตะกอนมี 2 ขั้นตอนคือ การทำลายเสถียรภาพ (Destabilization) และการทำให้คอลลอยด์ที่หมดเสถียรภาพแล้วเคลื่อนที่มากระทบหรือสัมผัสกันมากที่สุด (Transport of Colloidal Particle) รายละเอียดของขั้นตอนทั้งสองคือ



รูปที่ 2.1 แรงดึงดูดและแรงผลักรวมระหว่างคอลลอยด์ [17]



รูปที่ 2.2 กลไกการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วยสารสร้างตะกอน [17]

#### 2.4.1 ขั้นตอนการทำลายเสถียรภาพ (Destabilization)

ขั้นตอนการทำลายเสถียรภาพสามารถทำได้โดยอาศัยกลไก 4 แบบ คือ

ก. โดยการลดความหนาของชั้นกระจาย (Diffuse Layer) กลไกนี้เป็นการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์โดยลดค่าซีตาโพเทนเชียล ทำโดยการเพิ่มจำนวนไอออนที่มีประจุตรงข้ามกับประจุของคอลลอยด์ ผลที่ได้คือชั้นกระจายมีความหนาลดลงทำให้ค่าซีตาโพเทนเชียลลดลงโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงประจุของคอลลอยด์เป็นตรงกันข้าม

ข. โดยการดูดติดผิวและทำลายประจุไฟฟ้าของคอลลอยด์ (Adsorption and Charge Neutralization) กลไกนี้เกิดขึ้น โดยการเติมสารที่มีประจุไฟฟ้าตรงข้ามกับประจุของคอลลอยด์และสามารถดูดติดบนผิวของคอลลอยด์ได้ สารเคมีดังกล่าวจะทำให้ประจุคอลลอยด์เปลี่ยนเป็นประจุตรงกันข้ามได้

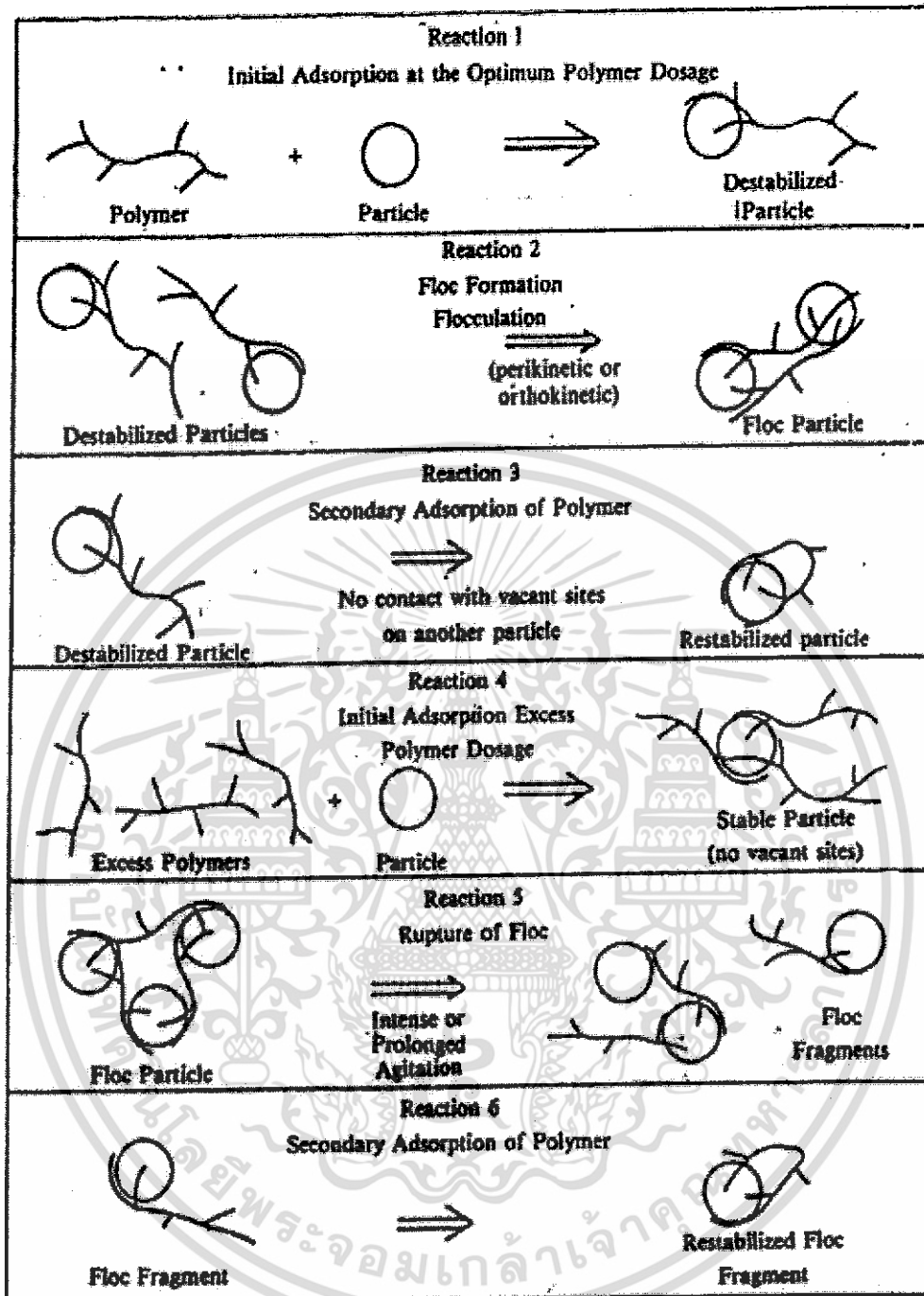
ค. โดยใช้กลไกแบบห่อหุ้มคอลลอยด์ด้วยผลึกหรือกลไกการกวาด (Sweep Coagulation) ถ้าเติมสารประกอบเกลือของโลหะบางชนิดในปริมาณที่พอเพียงจะมีการตกผลึกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว คอลลอยด์จับรวมตัวกันกับผลึกเพื่อเพิ่มน้ำหนักและขนาดสำหรับตกตะกอน สารสร้างตะกอน เช่น สารส้ม เพอริกคลอไรด์ เพอร์สัลเฟต แมกนีเซียมคาร์บอเนต และปูนขาว สามารถทำให้เกิดการสร้างตะกอนได้โดยการสร้าง  $Al(OH)_3$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $Mg(OH)_2$  และ  $CaCO_3$  ซึ่งล้วนแต่เป็นผลึกสารที่ไม่ละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกการใช้ผลึกสารอินทรีย์ในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์มีลักษณะที่แตกต่างจากกลไก 2 แบบแรกคือ ปริมาณสารสร้างตะกอนที่เหมาะสม(Optimum Dosage) แปรผกผันกับความเข้มข้นของคอลลอยด์ กล่าวคือ น้ำที่มีความขุ่นต่ำต้องใช้สารสร้างตะกอนจำนวนมากจึงจะเกิดการสร้างตะกอนได้ดี ในทางตรงกันข้ามน้ำที่มีความขุ่นสูงอาจใช้สารสร้างตะกอนน้อยกว่า เหตุผลคือน้ำที่มีความขุ่นต่ำจะมีโอกาสสัมผัสระหว่างคอลลอยด์น้อย ดังนั้นแม้ว่าการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์จะเกิดขึ้นแล้วก็ตาม การสร้างตะกอนอาจไม่เกิดได้ดีเท่าที่ควร การใช้สารสร้างตะกอนปริมาณสูงก็เพื่อสร้างผลึกจำนวนมากๆ สำหรับเป็นสารเป่าสัมผัสให้กับคอลลอยด์ แต่ในกรณีที่น้ำมีความขุ่นสูง โอกาสสัมผัสย่อมมีมาก จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยเป่าสัมผัสจากภายนอกมากเท่ากับกรณีแรก ค่าความเป็นกรด-เบสมีบทบาทสำคัญมากต่อกลไกแบบนี้ สารสร้างตะกอนแต่ละตัวมีระดับค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมในการตกตะกอนแตกต่างกัน

ง. โดยใช้สารพอลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อมระหว่างคอลลอยด์ (Polymer Bridging) สารประกอบตามธรรมชาติหลายชนิด เช่น แป้ง เซลลูโลส น้ำตาลบางชนิด และโปรตีนบางชนิด รวมทั้งสารอินทรีย์พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้น สามารถใช้เป็นสารสร้างตะกอนในการกำจัดคอลลอยด์ได้ ประจุไฟฟ้าประจำตัวสารเหล่านี้อาจเป็นบวก ลบ หรือไม่มีประจุก็ได้

กลไกแบบนี้สามารถอธิบายโดยโมเดลที่เรียกว่า Polymer Bridging Model ดังรูปที่ 2.3 ตามทฤษฎีนี้ โมเลกุลของพอลิเมอร์สามารถเกาะติดบนคอลลอยด์ได้หลายตำแหน่ง(ปฏิกิริยาที่ 1) คอลลอยด์ที่มีพอลิเมอร์เกาะติดอยู่โดยที่ปลายอิสระของพอลิเมอร์ยังเหลืออยู่สำหรับที่จะเกาะติดคอลลอยด์อื่นคือ ได้ว่าเป็นคอลลอยด์ที่สูญเสียเสถียรภาพแล้ว (Destabilized Particle) และจะไปจับตัวกับคอลลอยด์อื่นๆ โดยมีพอลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อม (ปฏิกิริยาที่ 2) การต่อเชื่อมด้วยพอลิเมอร์จะเกิดขึ้นได้ครบเท่าที่มีพอลิเมอร์และตำแหน่งว่างบนผิวคอลลอยด์ ถ้าปลายอิสระของพอลิเมอร์ไม่มีที่จะเกาะจับบนคอลลอยด์อื่น ปลายอิสระจะเกาะจับบนคอลลอยด์เดิม (ปฏิกิริยาที่ 3) ทำให้คอลลอยด์มีเสถียรภาพกลับคืนมาใหม่ (Restabilized Particle) การใช้พอลิเมอร์มากเกินไปทำให้พอลิเมอร์หลายโมเลกุลไปเกาะบนคอลลอยด์เดียวกัน คอลลอยด์ จึง ไม่มีที่ว่างสำหรับปลายอิสระของพอลิเมอร์ที่เหลืออยู่ (ปฏิกิริยาที่ 4) คอลลอยด์ที่เกิดขึ้นจึงเป็นแบบที่มีเสถียรภาพ การกวนน้ำแรงเกินไปหรือนานเกินไป ทำให้ฟล็อกที่เกิดขึ้นแล้วแตกออกเป็นส่วนๆ (ปฏิกิริยาที่ 5) และอาจทำให้ปลายอิสระของพอลิเมอร์เกาะจับบนคอลลอยด์อันเดิม (ปฏิกิริยาที่ 6) เสถียรภาพของคอลลอยด์จึงกลับขึ้นมาใหม่อีก



รูปที่ 2.3 กลไกการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์แบบเชื่อมต่อกด้วยพอลิเมอร์ [18]

#### 2.4.2 ขั้นตอนการทำให้คอลลอยด์ทั้งหมดเสถียรภาพแล้วเคลื่อนที่มากระทบหรือสัมผัสกันมากที่สุด (Transport of Colloidal Particle)

คอลลอยด์ที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วจะเกิดกระบวนการรวมตะกอนอย่างสมบูรณ์เพียงใด ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการทำให้เกิดสัมผัส ซึ่งมีหลายวิธีดังเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ทำให้ฟล็อกต่างๆ เคลื่อนที่ไปมาในน้ำจนกว่าจะมีการสัมผัสเกิดขึ้น วิธีปฏิบัติที่นิยมมากที่สุด คือ กวนน้ำให้เคลื่อนที่ในลักษณะที่ส่วนต่างๆ ของน้ำมีอัตราเร็วในการไหลแตกต่างกัน เป็นเหตุให้ฟล็อกต่างๆ มีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากันจึงมีการสัมผัสเกิดขึ้น การเคลื่อนที่ของน้ำต้องไม่รวดเร็วเกินไป มิฉะนั้นแล้วฟล็อกที่เกิดขึ้นอาจแตกและหลุดออกจากกันได้ วิธีนี้เป็นวิธีธรรมชาติที่นิยมใช้กันทั่วไป ซึ่งอุปกรณ์ในการสร้างสัมผัสเรียกว่า ถังกวนช้า (ส่วนถังกวนเร็วเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำลายเสถียรภาพ) วิธีสร้างสัมผัสแบบนี้มีชื่อเทคนิคว่า ฟล็อกคูเลชันแบบออร์โทไคเนติก (Orthokinetic Flocculation) มักใช้ในระบบที่คอลลอยด์มีขนาดใหญ่กว่า 0.1-1 ไมครอน และมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข. การสัมผัสของฟล็อก อาจเกิดขึ้นได้เอง โดยอาศัยการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian Motion) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากฟล็อกกระทบกันเองหรือถูกชนโดยโมเลกุลของน้ำ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การสัมผัสแบบนี้จึงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ อาจกล่าวได้ว่าการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนเป็นการเคลื่อนที่แบบอาศัยความร้อน (Thermal Motion) วิธีสร้างสัมผัสแบบนี้มีชื่อเทคนิคว่า ฟล็อกคูเลชันแบบเพอริไคเนติก (Perikinetic Flocculation) ซึ่งอาศัยการเคลื่อนที่ในระดับโมเลกุลในการสร้างสัมผัสให้กับฟล็อกขนาดเล็กกว่า 0.1-1 ไมครอน การสร้างสัมผัสแบบนี้ใช้เวลานานมากแต่ไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก

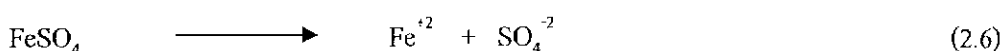
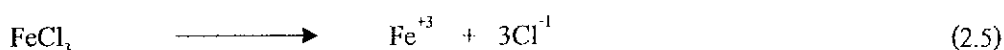
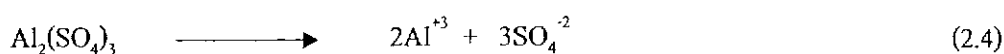
ค. การสัมผัสระหว่างฟล็อกเกิดขึ้นเนื่องจากการตกตะกอนด้วยอัตราที่ไม่เท่ากันของฟล็อกขนาดต่างๆ การรวมตะกอนด้วยวิธีนี้เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการตกตะกอน ทำให้สามารถกำจัดฟล็อกออกจากน้ำได้เลย โดยฟล็อกต้องมีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน และมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทางปฏิบัติฟล็อกที่มีขนาดดังกล่าวอาจเกิดการรวมตะกอนมาบ้างแล้ว เมื่อมาถึงถึงตกตะกอนจึงเกิดการรวมตะกอนอีกในขณะที่มีการตกตะกอน

#### 2.4.3 กระบวนการสร้างตะกอนด้วยสารส้มและสารประกอบเหล็ก

สารสร้างตะกอนที่นิยมใช้มากที่สุด ได้แก่ สารส้ม (Aluminium Sulfate or Alum) มีสูตรโมเลกุล  $Al_2(SO_4)_3 \cdot yH_2O$  โดยปกติ  $y$  มีค่าเท่ากับ 14.3 หรือ 18 สำหรับสารเคมีอื่นที่นิยมใช้เช่น เฟอร์ริกคลอไรด์ ( $FeCl_3$ ) เฟอร์รัสซัลเฟต ( $FeSO_4$ ) แมกนีเซียมคาร์บอเนต ( $MgCO_3$ ) และปูนขาว ( $CaCO_3$ )

##### 2.4.3.1 เคมีของสารส้มและสารประกอบเหล็กในน้ำ

เมื่อสารส้ม เฟอร์ริกคลอไรด์ หรือเฟอร์รัสซัลเฟต ละลายน้ำจะแตกตัวให้อิออนบวกและลบ ดังปฏิกิริยา ดังนี้



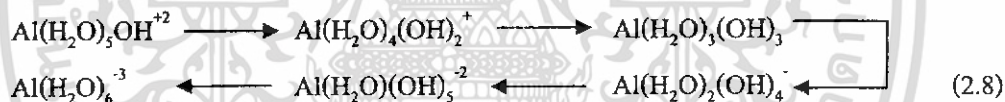
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ 2.4 ถึง 2.6 อาจทำให้เข้าใจผิดถึงสถานะของไอออนบวกซึ่งเป็นโลหะของอะลูมิเนียมและเหล็ก ทั้งนี้เพราะไอออนของโลหะทุกชนิดจะอยู่รวมกับน้ำและไม่สามารถอยู่ในรูปอิสระได้ ยกตัวอย่างเช่น ไอออนของอะลูมิเนียมและเหล็กจะอยู่รวมกับน้ำ 6 โมเลกุล ดังนั้นการเขียนสูตรที่ถูกต้องควรเป็นดังนี้  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}$  และ  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}$  ตามลำดับ ไอออนที่ประกอบด้วยโลหะและน้ำ เรียกว่า Aqua Metal Ion โมเลกุลของน้ำเรียกว่า ลิแกนด์ (Ligand) เพื่อความสะดวกในการเขียนบางครั้งมักตัดโมเลกุลของน้ำออก โดยถือว่าเป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไป ดังนั้น  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}$  และ  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}$  จึงเหลือเพียง  $\text{Al}^{+3}$  และ  $\text{Fe}^{+3}$  ตามลำดับ

เนื่องจาก  $\text{Al}^{+3}$  และ  $\text{Fe}^{+3}$  มีฤทธิ์เป็นกรด ซึ่งสามารถให้  $\text{H}^+$  และพร้อมที่จะไฮโดรไลซ์ (Hydrolyze) ให้เป็นไอออนต่างๆ ของอะลูมิเนียมและเหล็กซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิล ( $\text{OH}^-$ ) เป็นลิแกนด์ ตัวอย่างเช่นการแตกตัวของสารส้ม ดังสมการที่ 2.7



จากสมการเป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสขั้นแรกสุด ซึ่งน้ำ 1 โมเลกุลใน  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}$  ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสสามารถเกิดขึ้นได้ต่อไปอีก ทำให้โมเลกุลของน้ำถูกแทนที่เพิ่มขึ้น ประจุบวกจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนหมดและกลายเป็นประจุลบ การเปลี่ยนแปลงข้างต้นเป็นไปตามสมการที่ 2.8

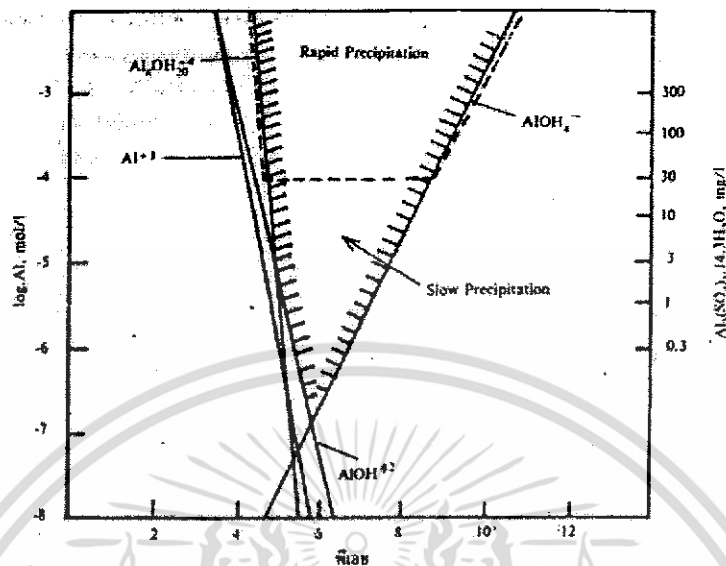


ในกรณีของสารประกอบเหล็ก รูปแบบของการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเช่นเดียวกับสารส้ม จากสมการที่ 2.8 ไอออนเชิงซ้อนซึ่งเป็นไอออนที่มีอะลูมิเนียมเพียงอะตอมเดียว เรียกว่า Monomeric Hydroxo Complex ส่วนไอออนเชิงซ้อนที่มีอะลูมิเนียมมากกว่า 1 อะตอม เรียกว่า Polymeric Hydroxo Complex งานวิจัยเกี่ยวกับเคมีของสารส้มในน้ำ ทำให้ได้ข้อมูลที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. ไอออนเชิงซ้อนที่มีหมู่ไฮดรอกซิล พร้อมทั้งจะคิดถึงผิวของคอลลอยด์ และหักล้างประจุคอลลอยด์ได้ ถ้าไอออนที่มีประจุตรงข้ามและมากกว่าคอลลอยด์ คอลลอยด์จะแสดงประจุเป็นตรงกันข้ามกับของเดิม (Charge Reversal)

2. ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ เป็นปัจจัยกำหนดความเข้มข้นและชนิดของไอออนเชิงซ้อนต่างๆ โดยเป็นผลมาจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ดังรูป 2.4 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-เบสและความเข้มข้นของไอออนเชิงซ้อนชนิดต่างๆ ด้วยแผนภาพ Stability Diagram บนรูปเดียวกันนี้ยังแสดงขอบเขตการตกผลึก  $\text{Al}(\text{OH})_3$

3. ฟลોકสารส้มที่ค่าความเป็นกรด-เบสเป็นกลางจะมีประจุบวก แต่จะกลายเป็นประจุลบเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสสูง



รูปที่ 2.4 Stability Diagram ที่ใช้ควบคุมการสร้างตะกอนด้วยสารส้ม [18]

จากรูปที่ 2.4 น้ำที่มีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำ จะมี  $Al^{3+}$  มากที่สุด เมื่อค่าความเป็นกรด-เบสเพิ่มขึ้นจะได้ไฮดรอกไซด์ที่มีประจุบวกน้อยลงตามลำดับปฏิกิริยาในสมการที่ 2.8 เมื่อค่าความเป็นกรด-เบสเข้าใกล้ความเป็นกลาง ผลึก  $Al(OH)_3$  ซึ่งเป็นของแข็งจะเกิดขึ้นมากกว่าไฮดรอกไซด์อื่นๆ พื้นที่ในเขตที่แรเงาไว้แสดงบริเวณที่มีการตกผลึกของ  $Al(OH)_3$  ตามทฤษฎี อย่างไรก็ตามการตกผลึกอาจเกิดขึ้นในอัตราช้ามากเมื่อใช้สารส้มน้อย เนื่องจากไม่มีสารที่เป็นเป่าสัมผัส ดังนั้นในทางปฏิบัติเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วงความเป็นเบส ไฮดรอกไซด์จะมีประจุลบ ด้วยเหตุนี้กระบวนการสร้างตะกอนด้วยสารส้มควรมีค่าความเป็นกรด-เบสเป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อย น้ำไม่ควรมีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำ เนื่องจาก  $Al^{3+}$  ไม่ดูดซับของคอลลอยด์ ดังนั้นแม้ว่าจะมีประจุบวกมากก็ไม่ดีเหมือนไฮดรอกไซด์ที่มีประจุบวกน้อยกว่าแต่ดูดซับได้ น้ำไม่ควรมีค่าความเป็นกรด-เบสสูงเนื่องจากจะได้ไฮดรอกไซด์ที่มีประจุลบซึ่งไม่มีประโยชน์ในการสร้างตะกอนกับคอลลอยด์ที่มีประจุลบเช่นกัน

#### 2.4.3.2 กลไกการสร้างตะกอนด้วยสารส้มและสารประกอบเหล็ก

สารส้มหรือสารประกอบเหล็กสามารถทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์จนเกิดกระบวนการสร้างตะกอนด้วยกลไก 2 ประการ คือ กลไกการดูดซับและทำลายประจุ และกลไกแบบห่อหุ้มคอลลอยด์ด้วยผลึก โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. การดูดซับและทำลายประจุไฟฟ้าของคอลลอยด์ สารส้มและสารประกอบเหล็กจะแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ชนิดต่างๆ ซึ่งสามารถดูดซับของคอลลอยด์และทำลายประจุลบของคอลลอยด์ ทำให้คอลลอยด์สูญเสียเสถียรภาพและพร้อมที่จะรวมตัวกันเป็นฟลอค กลไกนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผลคูณของ  $(Al^{3+})$  และ  $(OH^{-})$  ต่ำกว่าค่าคงที่ผลคูณของการละลาย (Solubility Product Constant:  $K_{sp}$ ) ของสารส้มซึ่งเท่ากับ  $3 \times 10^{-34}$  และค่าความเป็นกรด-เบสต้องไม่สูงหรือต่ำเกินไป แต่ในทางปฏิบัติการออกแบบและควบคุมให้ได้กระบวนการสร้างตะกอนให้มีกลไกแบบนี้มักไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากกลไกการดูดติดและทำลายประจุนี้ต้องเกิดขึ้นภายใน  $10^{-4} - 1$  วินาที มิฉะนั้นแล้วไอออนเชิงซ้อนจะไฮโดรไลซ์ต่อไปจนเกิดผลึก  $Al(OH)_3$  ทำให้เกิดกลไกแบบห่อหุ้มแทน

ข. กลไกแบบห่อหุ้มคอลลอยด์ด้วยผลึก สารส้มและสารประกอบเหล็กจะสร้างผลึกขึ้น เมื่อคอลลอยด์สัมผัสกับผลึก  $Al(OH)_3$  จะเกาะตัวจับอยู่บนผลึกนั้น เมื่อเกิดขึ้นมากๆ จะได้ผลึกขนาดใหญ่ที่ตกตะกอนได้ง่าย สารส้มที่ใช้ต้องมีปริมาณสูงพอจนทำให้ผลคูณของ  $(Al^{3+})$  และ  $(OH^{-})$  มีค่าเกินกว่า  $K_{sp}$  นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด-เบสควรอยู่ในช่วง 6-7.5 จึงจะได้ผลดีที่สุด

#### 2.4.4 กระบวนการสร้างตะกอนด้วยสารช่วยสร้างตะกอนหรือโคแอกกูเลชันเอ็ด (Coagulation Aid)

สารช่วยสร้างตะกอน หมายถึง สารที่ช่วยให้สารสร้างตะกอนเกิดกระบวนการสร้างตะกอนได้ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างของสารช่วยสร้างตะกอน ได้แก่ สารอินทรีย์ธรรมชาติ หรือสารอินทรีย์สังเคราะห์ แอกทิเวตเต็ดซิลิกา (Activated Silica) ดินเหนียวชนิดต่างๆ ปูนขาว สารสร้างตะกอนที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ สารอินทรีย์สังเคราะห์แบบต่างๆ ประเภทสารพอลิเมอร์ หรือพอลิอิเล็กโตรไลต์ (Polyelectrolyte) สารอินทรีย์พอลิเมอร์สังเคราะห์มักใช้ในการทำลายเสถียรภาพของฟล็อกสารส้ม ดังนั้นจึงควรเติมพอลิเมอร์ภายหลังการเติมสารส้มเสมอ ที่จริงแล้วพอลิเมอร์อาจนำมาใช้เป็นสารสร้างตะกอนได้เลย แต่เนื่องจากพอลิเมอร์มีราคาแพงกว่าสารส้มหรือสารสร้างตะกอนอื่นๆ ในทางปฏิบัติจึงใช้พอลิเมอร์เป็นตัวช่วยสารส้มหรือสารสร้างตะกอนอื่น

พอลิเมอร์สร้างกระบวนการสร้างตะกอนได้ 2 วิธี ซึ่งล้วนต้องอาศัยคุณสมบัติในการเกาะจับกับคอลลอยด์ วิธีแรกเป็นการทำลายประจุลบของคอลลอยด์ด้วยพอลิเมอร์ที่มีประจุบวก ทำให้เสถียรภาพคอลลอยด์หมดไป กรณีนี้สามารถใช้พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำได้ เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลไม่ได้เป็นปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการสร้างตะกอน วิธีที่สองเป็นการสร้างตะกอน โดยมีพอลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างคอลลอยด์หลายๆ ตัว ประจุของพอลิเมอร์ในกรณีนี้ไม่ใช่เรื่องสำคัญ เพราะไม่จำเป็นต้องทำให้คอลลอยด์เป็นกลาง แต่สิ่งที่สำคัญคือพอลิเมอร์ต้องมีขนาดใหญ่เพื่อสามารถใช้เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างอนุภาคต่างๆ ได้มาก สะพานดังกล่าวต้องแข็งแรง และสามารถต้านทานแรงผลักระหว่างอนุภาคและความปั่นป่วนที่เกิดจากการกวนน้ำ ด้วยเหตุนี้กระบวนการสร้างตะกอนที่เกิดจากวิธีสร้างสะพานนี้จึงต้องการพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงซึ่งมักเป็นชนิดลบหรือไม่มีประจุ

ชนิดของพอลิเมอร์ประเภทพอลิเล็กโทรไลต์มีดังนี้ [19]

- พอลิเมอร์ประจุบวก (Cationic Polymer) สารประเภทนี้มีประจุบวกบนส่วนของสารอินทรีย์ รัศมีของประจุบนพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับจำนวนไอออนของกลุ่มไนโตรเจน พอลิเมอร์ประจุบวกมีประสิทธิภาพสูงในการปรับสภาพตะกอนซึ่งมีประจุลบ ตัวอย่างพอลิเมอร์ประจุบวก เช่น Polydiallyldimethyl Ammonium (PDADMA, Cat-Floc), Polyacrylamide ประเภทประจุบวก พอลิเมอร์ประจุบวกเตรียมได้โดยการเปลี่ยนแปลงรูปแบบสารเคมีชนิด Non-Ionic Polyacrylamide หรือเป็นการรวมมอนอเมอร์ประจุบวก ด้วย Acrylamide Polymer ชนิดพอลิเมอร์ประจุบวก

- พอลิเมอร์ประจุลบ (Anionic Polymer) สารประเภทนี้มีประจุลบบนส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ จำนวนประจุลบขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มของ Acrylamide ที่ละลายอยู่ใน Acrylic Acid ชนิดของพอลิเมอร์ประจุลบ เช่น Polyacrylamide Acid (PAA), Hydrolyzed Polyacrylamide (HPAM) และ Polystyrene Sulfate (PSS), Polyacrylamide ประเภทประจุลบ พอลิเมอร์ประจุลบมีประจุไฟฟ้าเป็นลบเมื่อละลายน้ำและทำให้เกิดกลุ่มเอไมด์ ( $\text{NH}_2$ ) หรือเกิดจากการรวมกลุ่มของมอนอเมอร์ประจุลบจนเป็น Acrylamide Polymer

- พอลิเมอร์แบบไม่มีประจุ (Nonionic Polymer) ไม่ละลายน้ำแต่มีประสิทธิภาพในการเชื่อมอนุภาคของตะกอนให้เกิดการรวมกลุ่มกันได้ดีและเพิ่มความแข็งแรงของฟล็อก ในทางปฏิบัติ พอลิเมอร์แบบไม่มีประจุอาจเกิดจากการรวมกันของสารพอลิเมอร์อนินทรีย์ (Inorganic Polymer) และสารพอลิเมอร์อินทรีย์ (Organic Polymer)

## 2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการรวมตัวเป็นฟล็อก [18-19]

### 2.5.1 ความเป็นกรด-เบส

น้ำเสียแต่ละตัวอย่างจะมีช่วงความเป็นกรด-เบสเฉพาะตัวที่จะเกิดกระบวนการสร้างตะกอนและการตกตะกอนได้ดี การเติมสารสร้างตะกอนลงไป ในน้ำเสียที่มีค่าความเป็นกรด-เบสที่ไม่เหมาะสมนอกจากจะเปลืองสารเคมีแล้วยังไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพดีเท่าที่ควร เช่น การใช้สารส้มเป็นสารสร้างตะกอนจะได้ผลดีเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 6.0-7.5 และที่ค่าความเป็นกรด-เบสใดจะให้ผลการบำบัดที่ดีที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับสภาพน้ำเสียแต่ละชนิดซึ่งต้องทดสอบจึงจะทราบแน่ชัด ในการบำบัดน้ำเสียที่ไม่ใช่พอเนื่องจากเหตุใดก็ตาม หากมีการใส่สารส้มลงไปมากๆ เพื่อพยายามเร่งให้เกิดตะกอนมากๆ ก็ยังทำให้น้ำเสียเป็นกรดมากขึ้น ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียจึงไม่อยู่ในช่วงที่ดีที่สุดสำหรับการตกตะกอน

### 2.5.2 ชนิดและปริมาณของสารสร้างตะกอน

สารเคมีประเภทนี้จะช่วยให้คอลลอยด์รวมกันและมีขนาดใหญ่ ซึ่งควรเลือกชนิด ปริมาณ สารเคมี และวิธีการผสมสารเคมีที่ใช้ในการรวมตะกอนให้เหมาะสมกับน้ำเสียที่จะบำบัด โดยปกติ

มักนิยมใช้สารส้ม เพราะมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย แต่ก็มีข้อจำกัดบางประการ เช่น ถ้าน้ำเสียมีสภาพค่อนข้างเป็นเบส สารส้มจะแตกตัวเกิดเป็น ไอออนเชิงซ้อนประจุลบจึงไม่มีผลช่วยจับตัวเป็นฟล็อก

### 2.5.3 ชนิดและปริมาณของสารช่วยสร้างตะกอน

ถ้าความเข้มข้นของสารช่วยสร้างตะกอนเหมาะสมจะทำให้เกิดการตกตะกอนได้มาก ในกรณีที่ความเข้มข้นของสารช่วยสร้างตะกอนมากเกินไปจะทำให้ไม่สามารถตกตะกอนได้หมด เนื่องจากโมเลกุลของสารช่วยสร้างตะกอนหลายโมเลกุล ไปเกาะอยู่บนคอลลอยด์จนไม่มีที่ว่างบนอนุภาคสำหรับเป็นที่จับของปลายอิสระของพอลิเมอร์หรือสารช่วยสร้างตะกอนที่อยู่บนคอลลอยด์อื่นๆ

### 2.5.4 อุณหภูมิ

เมื่ออุณหภูมิลดลง ความหนืดของน้ำเสียจะเพิ่มขึ้น อัตราการตกตะกอนของฟล็อกย่อยจะช้าลง เพราะมีแรงเสียดทานเพิ่มขึ้นเนื่องจากความหนืดของน้ำเสียที่เพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิลดลง อัตราการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ของสารเคมีในน้ำเสียนั้นจะลดลง และทำให้ค่าการละลายของสารเคมีลดลงด้วย

### 2.5.5 คุณสมบัติความขุ่น

ความขุ่นในน้ำเกิดจากเศษดินและแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 0.002-0.005 มิลลิเมตร อนุภาคเหล่านี้จะตกตะกอนได้เองถ้ามีเวลามากพอ การใส่สารช่วยสร้างตะกอนจะทำให้เกิดฟล็อกได้ง่ายและรวดเร็ว เพียงแต่ปรับค่าความเป็นกรด-เบสให้เหมาะสม ถ้ามีความขุ่นมากควรใส่สารช่วยสร้างตะกอนเพียงเล็กน้อย เพราะ โอกาสที่อนุภาคต่างๆ จะมาชนกันและจับตัวกันมีมาก ในกรณีน้ำที่มีความขุ่นต่ำคอลลอยด์จะจับตัว และตกตะกอนได้ยากกว่าจึงต้องใส่สารช่วยสร้างตะกอน

## 2.6 การทดสอบจาร์เทสต์ [20]

จาร์เทสต์เป็นวิธีที่ใช้มาตั้งแต่ดั้งเดิม และยังใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน สำหรับการทดสอบอย่างง่ายเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมเบื้องต้นสำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย โดยทำการทดลองในบีกเกอร์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสามารถปรับความเร็วรอบได้ ส่วนมากมักมีใบพัดกวนน้ำ 6 ใบ ในการทดลองแต่ละครั้งจะเลือกชนิดของสารสร้างตะกอนและกำหนดสภาวะต่างๆ ได้แก่ ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง ความเร็วรอบของใบกวน ระยะเวลาการกวนน้ำ และระยะเวลาในการตกตะกอนไว้ค่าหนึ่ง แล้วทดลองโดยเปลี่ยนปริมาณสารสร้างตะกอน ส่วนค่าความเป็นกรด-เบส อาจปรับเปลี่ยนหรือคงที่ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ จากนั้นก็จะได้ค่าประมาณของชนิดของสารสร้างตะกอนและค่าความเป็นกรด-เบส ที่เหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการสร้างตะกอน ในการทดลองควรทำหลายๆ ครั้งเพื่อให้ได้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

### บทที่ 3

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการสร้างตะกอนสำหรับน้ำเสียจากกระบวนการผลิตพอลิเมอร์ [21]

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีบำบัดน้ำเสียที่ออกจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตพอลิเมอร์ที่มีลักษณะขุ่นและมีค่าซีโอดีสูง 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเติมน้ำปริมาณมากลงในน้ำเสียเพื่อให้น้ำเสียมีความเข้มข้นลดลง และใช้กระบวนการสร้างตะกอน หลังจากการทดสอบจาร์เทสต์พบว่าเมื่อใช้สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร บำบัดน้ำเสียชนิดที่หนึ่งโดยปรับค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 8.5 สามารถลดค่าซีโอดีจาก 7,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการลดค่าซีโอดี 99 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้สารละลายสารส้ม ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร บำบัดน้ำเสียชนิดที่สอง โดยปรับค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 9 สามารถลดค่าซีโอดีจาก 13,500 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการลดค่าซีโอดี 96 เปอร์เซ็นต์

การหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการสร้างตะกอนและกระบวนการรวมตะกอนในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเครื่องคั่ว [22]

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีบำบัดน้ำเสียที่ออกจากโรงงานผลิตเครื่องคั่วในประเทศไทยซึ่งมีค่าซีโอดี 1,700 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าทีเอสเอส 1,600 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้กระบวนการสร้างตะกอนและกระบวนการรวมตะกอน และหาความเข้มข้นของสารสร้างตะกอน สารช่วยสร้างตะกอน และค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสม พบว่าเมื่อทดสอบน้ำเสียตัวอย่างปริมาตร 1 ลิตร โดยใช้สารละลายเฟอร์ริซัลเฟต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสารสร้างตะกอน และปรับค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7 สามารถลดค่าซีโอดีได้ 78 เปอร์เซ็นต์ และค่าทีเอสเอสได้ 74 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้สารละลายเฟอร์ริซัลเฟตร่วมกับสารช่วยสร้างตะกอน คือ สารละลายพอลิเมอร์ชนิดไม่มีประจุ ความเข้มข้น 500 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และปรับค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7 สามารถลดค่าซีโอดีได้ 93 เปอร์เซ็นต์ และค่าทีเอสเอสได้ 94 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวัดค่าความเป็นกรด-เบส หลังจากเติมสารละลายพอลิเมอร์แล้ว พบว่าค่าความเป็นกรด-เบสเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

การปรับปรุงกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอนโดยใช้พอลิอะไครลาไมด์ประจุลบเป็นสารช่วยสร้างตะกอน [23]

งานวิจัยนี้ใช้กระบวนการสร้างตะกอนและกระบวนการรวมตะกอนในการบำบัดน้ำเสียที่ออกจากโรงฆ่าสัตว์ โดยเติมสารช่วยสร้างตะกอน คือ พอลิอะไครลาไมด์ประจุลบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอน ซึ่งน้ำเสียที่ออกมาจะมีสีน้ำตาลอมแดง ประกอบด้วยสารอินทรีย์ไขมัน ของแข็งแขวนลอย และสารอนินทรีย์ เช่น ฟอสเฟต ไนเตรต เป็นต้น มีค่าซีไอดี 5,400 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าทีเอสเอส 1,270 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการทดสอบเพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายพอลิอะไครลาไมด์ประจุลบที่เหมาะสมร่วมกับการใช้สารสร้างตะกอน 3 ชนิด คือ เฟอรัสซัลเฟต สารส้ม และพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride) ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7, 5 และ 6 ตามลำดับ พบว่าความเข้มข้นของสารละลายพอลิอะไครลาไมด์ประจุลบที่เหมาะสม เท่ากับ 25, 75 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แล้วนำความเข้มข้นพอลิอะไครลาไมด์ประจุลบที่เหมาะสมนี้ไปหาความเข้มข้นของสารสร้างตะกอนแต่ละชนิด พบว่าความเข้มข้นของสารละลายเฟอรัสซัลเฟต สารส้ม และพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสม คือ 500, 600 และ 857 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

**การหาสภาวะที่เหมาะสมของระบบกำจัดไขมันและน้ำมันด้วยวิธีการทำให้ตะกอนลอย [19]**

งานวิจัยนี้หาสภาวะที่เหมาะสมของระบบกำจัดไขมันและน้ำมันจากน้ำเสียด้วยวิธีการทำให้ตะกอนลอย (Dissolved Air Floatation: DAF) ในโรงงานไทยเพอร์ซิเคนท์ฟู้ดส์ ศรีราชา ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย คือ ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ดีเอเอฟ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของสารละลายสารส้มและสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ ผลการทดสอบจาร์เจสต์โดยใช้น้ำเสียที่มีค่าความขุ่นก่อนทดลองเท่ากับ 302.66 NTU และมีปริมาตร 0.8 ลิตร พบว่าตัวแปรที่เหมาะสม คือ ค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 5 ปริมาตรของสารละลายสารส้มที่มีความเข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร เท่ากับ 3.5 มิลลิลิตร และปริมาตรของสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่มีความเข้มข้น 0.4 กรัมต่อลิตร เท่ากับ 4 มิลลิลิตร พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 88.43 เปอร์เซ็นต์ และได้นำค่าเหล่านี้ไปทดลองในระบบบำบัดน้ำเสียจริงเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของระบบดีเอเอฟของโรงงาน

**การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดขั้นต้นสำหรับน้ำเสียโรงงานผลิตถั่วเหลืองด้วยกระบวนการดีเอเอฟกับกระบวนการโคแอกกูเลชัน [24]**

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตถั่วเหลืองในขั้นตอนการแช่ถั่วเหลืองโดยกระบวนการสร้างตะกอน น้ำเสียมีลักษณะขาวขุ่นและมีกลิ่นฉุน มีค่าซีไอดี เท่ากับ 9,200 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าทีเอสเอสเท่ากับ 4,300 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการทดสอบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสม คือ 4.5 มีประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีเท่ากับ 37 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการลดค่าทีเอสเอสเท่ากับ 47.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ค่าความเป็นกรด-เบสที่ 4.5 ในการทดสอบเพื่อหาชนิดและความเข้มข้นของสารสร้างตะกอนที่เหมาะสม โดยสารสร้างตะกอนที่ใช้ทดสอบ คือ สารละลายสารส้ม และเฟอริกคลอไรด์ พบว่าเมื่อใช้สารละลายเฟอริกคลอไรด์ ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีเท่ากับ 78.5 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการลดค่าทีเอสเอสเท่ากับ 86.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการใช้สารละลายสารส้ม ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีและค่าทีเอสเอสเท่ากับ 70.6 และ 84.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังจากนั้นใช้สารละลายเฟอริกคลอไรด์ ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร หาชนิดและความเข้มข้นของสารช่วยสร้างตะกอนที่เหมาะสม ซึ่งสารช่วยสร้างตะกอนที่ใช้ทดสอบ คือ สารละลายพอลิเมอร์ประจุบวกและลบ ปรับค่าความเป็นกรด-เบสเป็น 4.5 พบว่าเมื่อใช้สารละลายพอลิเมอร์ประจุบวก ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดค่าซีไอดีได้ 92.4 เปอร์เซ็นต์ และค่าทีเอสเอสได้ 95.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบ ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดค่าซีไอดีและค่าทีเอสเอสได้เท่ากัน คือ 92.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบการใช้สารละลายพอลิเมอร์ทั้ง 2 ประเภท พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียใกล้เคียงกันเมื่อความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ประจุบวกสูงกว่าสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบถึง 7.5 เท่า

#### การศึกษากระบวนการทำให้ลอยตัวด้วยอากาศที่ละลายน้ำเพื่อกำจัดสาหร่ายออกจากริมน้ำ [25]

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมของการกำจัดสาหร่ายออกจากริมน้ำ โดยใช้กระบวนการทำให้ลอยหรือดีเอเอฟ โดยศึกษาในกรณีที่ใช้กระบวนการดีเอเอฟ อย่างเดียวและกรณีที่ใช้กระบวนการสร้างตะกอนในการปรับสภาพน้ำเบื้องต้นก่อนใช้กระบวนการดีเอเอฟ จากการทดลองเมื่อใช้ปริมาณสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella*)  $10^7$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบว่ากรณีที่ใช้กระบวนการดีเอเอฟอย่างเดียว มีประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายเท่ากับ 28.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรณีที่ใช้กระบวนการสร้างตะกอนในการปรับสภาพน้ำเบื้องต้นก่อนใช้กระบวนการดีเอเอฟ และใช้สารละลายสารส้ม ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสารสร้างตะกอน โดยปรับค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7 พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่ายเท่ากับ 82.4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้สารละลายเฟอริกคลอไรด์ ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสารสร้างตะกอน โดยมีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 5 ได้ประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่ายเท่ากับ 78 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า มีความจำเป็นต้องปรับสภาพน้ำเบื้องต้นโดยใช้กระบวนการสร้างตะกอนก่อนที่จะบำบัดโดยใช้กระบวนการดีเอเอฟ ซึ่งสารสร้างตะกอนที่เหมาะสม คือ สารละลายสารส้ม เนื่องจากให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่าและมีราคาถูกกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# ขั้นตอนการดำเนินงาน

### 4.1 ส่วนการบำบัดทางกายภาพ

ติดตั้งเครื่องอัดกรอง และเครื่องแยก ไดออกซิลพาทาเลตจากน้ำเสีย

### 4.2 ส่วนหอกลิ้น

เก็บน้ำเสียตัวอย่างจากส่วนสารป้อน ขอดหอกลิ้น และกั้นหอกลิ้น และตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส ค่าซีไอดี ค่าการนำไฟฟ้า และคำนวณค่าทีดีเอส เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหอกลิ้น

### 4.3 ส่วนการบำบัดทางเคมี

หาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการสร้างตะกอนและกระบวนการรวมตะกอนเพื่อลดค่าซีไอดี ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และคำนวณค่าทีดีเอส ให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

#### 4.3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง [20, 26]

1. น้ำเสียตัวอย่างจากหอกลิ้น
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
  - 2.1 เครื่องปั่นกวนและให้ความร้อน
  - 2.2 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบสและค่าการนำไฟฟ้า
  - 2.3 เทอร์โมมิเตอร์
  - 2.4 นาฬิกาจับเวลา
  - 2.5 เครื่องเหยียงแยก
  - 2.6 บีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร
  - 2.7 ปีเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
  - 2.8 บิวเรต
  - 2.9 แท่งแก้วคน
  - 2.10 หลอดหยดสาร
  - 2.11 กระดาษทดสอบค่าความเป็นกรด-เบส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1 สารละลายมาตรฐานที่ใช้ปรับค่าความเป็นกรด-เบส ได้แก่ สารละลายกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร

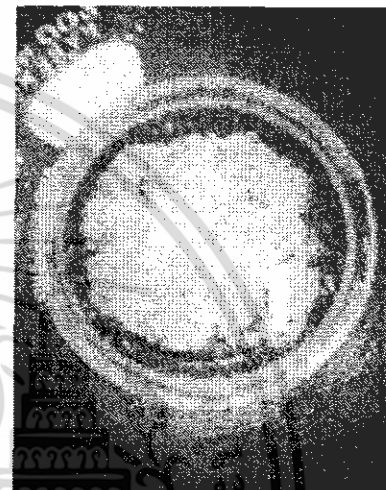
3.2 สารสร้างตะกอนที่ใช้ คือ สารละลายสารส้ม

3.3 สารช่วยสร้างตะกอนที่ใช้ คือ สารละลายพอลิเมอร์ประจุบวกและประจุลบ

รูปที่ 4.1 แสดงชุดทดสอบจาร์เทสต์ และรูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของฟล็อกที่เกิดขึ้นหลังทดสอบจาร์เทสต์



รูปที่ 4.1 ชุดการทดสอบจาร์เทสต์



รูปที่ 4.2 ฟล็อกที่เกิดขึ้น

#### 4.3.2 วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสม

1. วิเคราะห์น้ำตัวอย่างเพื่อหาค่าซีโอดี ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความค่าทีดีเอส
2. ใส่น้ำตัวอย่างปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
3. ต้มน้ำตัวอย่างให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่กั้นหอกถัน คือ ประมาณ 100 องศาเซลเซียส
4. ปรับค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำตัวอย่างที่ค่า 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5 และ 8 ตามลำดับด้วยสารละลายมาตรฐานที่ใช้ปรับค่าความเป็นกรด-เบส
5. ใส่น้ำสารละลายสารส้ม ความเข้มข้น 2.25 กรัมต่อลิตร
6. กวนน้ำและสารเคมีด้วยความเร็วรอบ 750 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที
7. ลดความเร็วของเครื่องปั่นกวนลงเหลือ 50 รอบต่อนาที กวนอย่างช้าเป็นเวลา 15 นาที
8. หยุดเครื่องปั่นกวน แล้วตั้งน้ำตัวอย่างทิ้งไว้ให้ตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เหวี่ยงแยกน้ำตัวอย่าง คุณน้ำใส่ข้างบนโดยไม่ให้กระเทือนถึงตะกอนที่จมอยู่ และนำไปวิเคราะห์หาค่าซีไอดี ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และคำนวณค่าทีดีเอส บันทึกผลการทดลอง

10. ทำการทดสอบน้ำตัวอย่างซ้ำตั้งแต่ข้อ 3-9 โดยเปลี่ยนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสในขั้นตอนที่ 3 เป็นอุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส)

วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมแสดงดังรูปที่ 4.3

#### 4.3.3 วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายสารส้มที่เหมาะสม

ทำการทดสอบเหมือนการทดสอบที่ 4.3.2 โดยปรับอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-เบสที่ ให้ประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมีสูงสุด แต่เปลี่ยนค่าความเข้มข้นสารละลายสารส้มเป็น 0.45, 0.90, 1.35, 1.80, 2.25, 2.70, 3.15 และ 3.60 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ คูผลที่ ให้ประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมีสูงสุดเพื่อเลือกความเข้มข้นสารละลายสารส้มที่จะใช้ในการทดสอบต่อไป วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายสารส้มที่เหมาะสมแสดงดังรูปที่ 4.4

#### 4.3.4 วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาชนิดของสารช่วยสร้างตะกอนหรือพอลิเมอร์ที่เหมาะสม

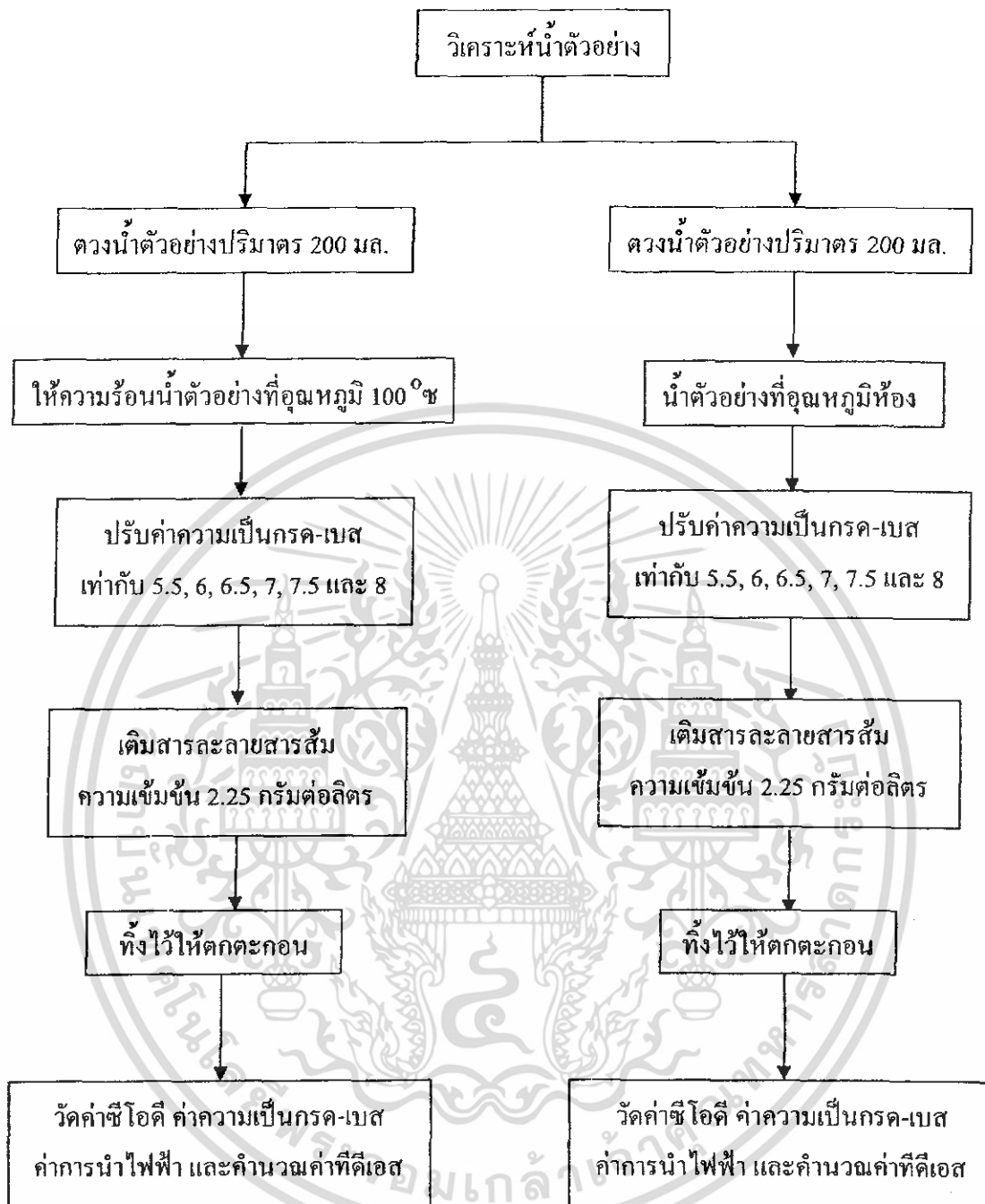
ทำการทดสอบเหมือนการทดสอบที่ 4.3.2 โดยปรับอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-เบสที่ ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดทางเคมีสูงสุด ใช้ความเข้มข้นของสารละลายสารส้ม 0.45, 0.90 และ 1.35 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ใส่สารละลายพอลิเมอร์ประจุบวก ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่อจากขั้นตอนที่ 6 และทดสอบเช่นเดียวกันกับสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบ ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตรจดบันทึกชนิดของพอลิเมอร์ที่ ให้ประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมีสูงสุดเพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาชนิดของสารช่วยสร้างตะกอนหรือพอลิเมอร์ที่เหมาะสมแสดงดังรูปที่ 4.5

#### 4.3.5 วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ที่เหมาะสม

ทำการทดสอบเหมือนการทดสอบที่ 4.3.2 โดยใช้อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-เบส ความเข้มข้นของสารละลายสารส้ม และชนิดของสารละลายพอลิเมอร์ที่ ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดทางเคมีสูงสุด โดยเปลี่ยนความเข้มข้นสารละลายพอลิเมอร์เป็น 1.25, 2.5, 3.75, 5.00, 6.25, 7.50 และ 8.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ที่เหมาะสมแสดงดังรูปที่ 4.6

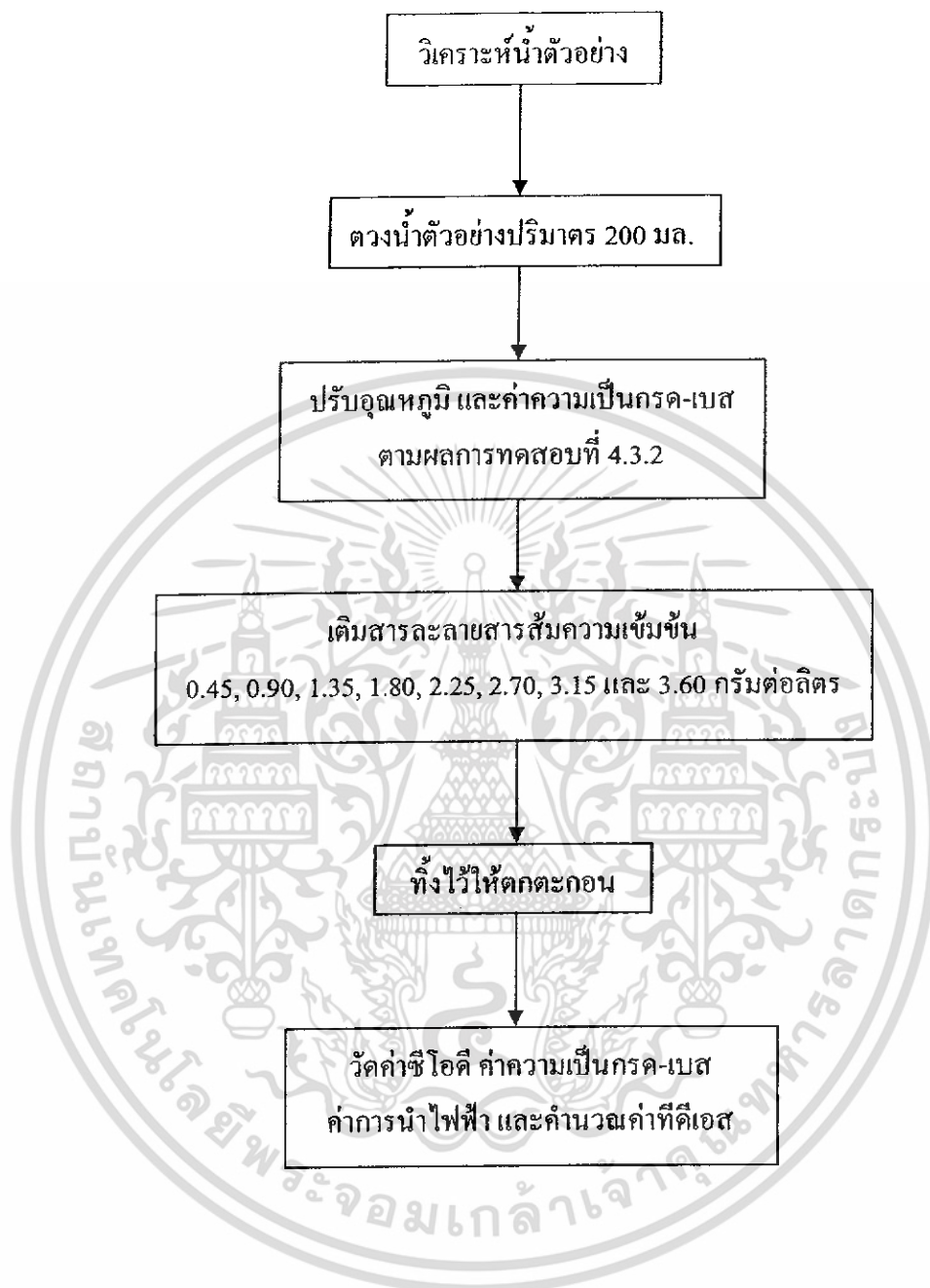
#### 4.3.6 การประยุกต์ค่าที่ได้จากการทดสอบจาร์เทสต์ในระบบการบำบัดน้ำเสียจริง

นำสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดสอบจาร์เทสต์ 4.3.2 – 4.3.5 มาคำนวณปริมาณและ อัตราการไหลของสารเคมี สำหรับใช้งานจริงในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา ดังแสดงในภาคผนวก ค.



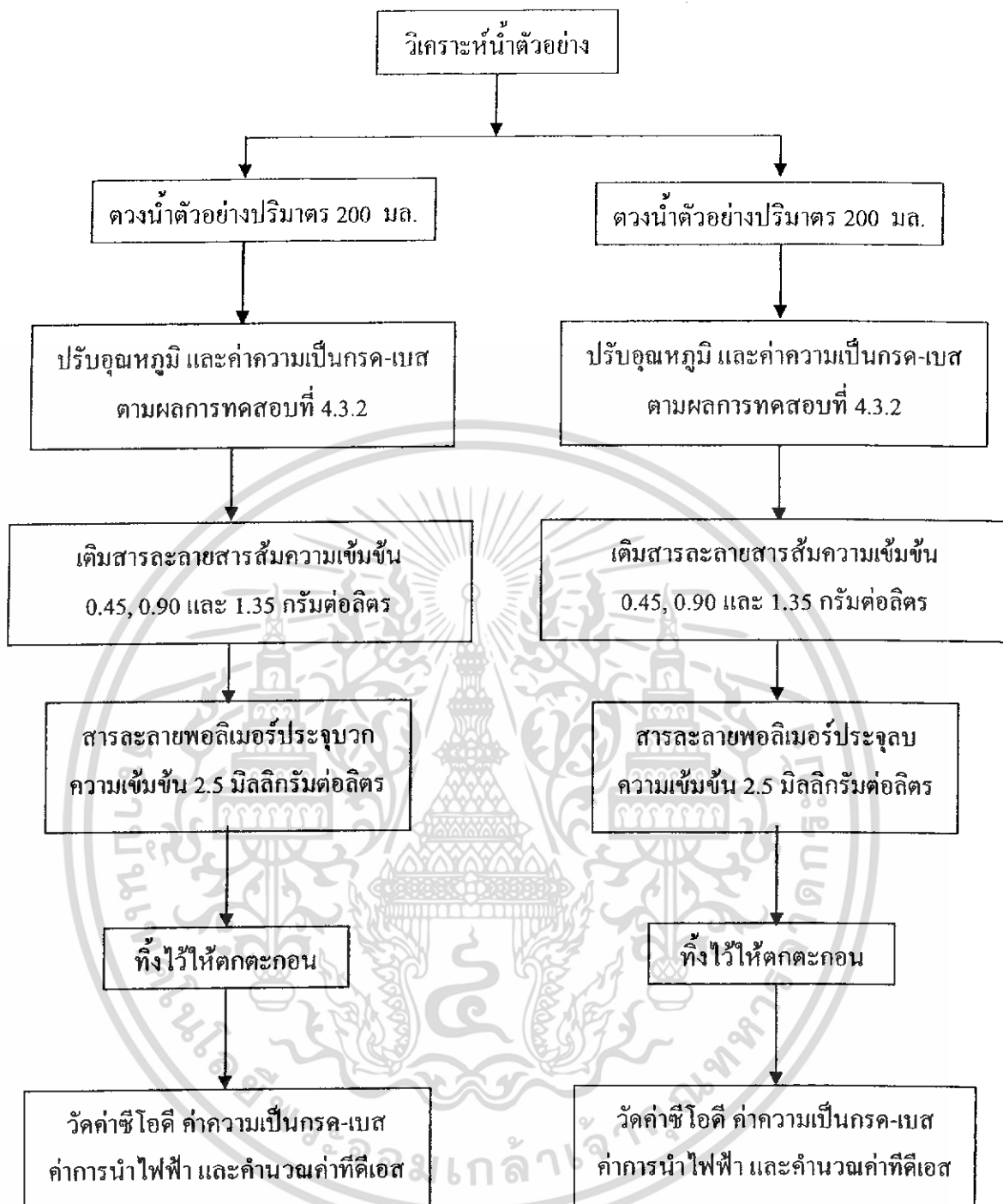
รูปที่ 4.3 วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



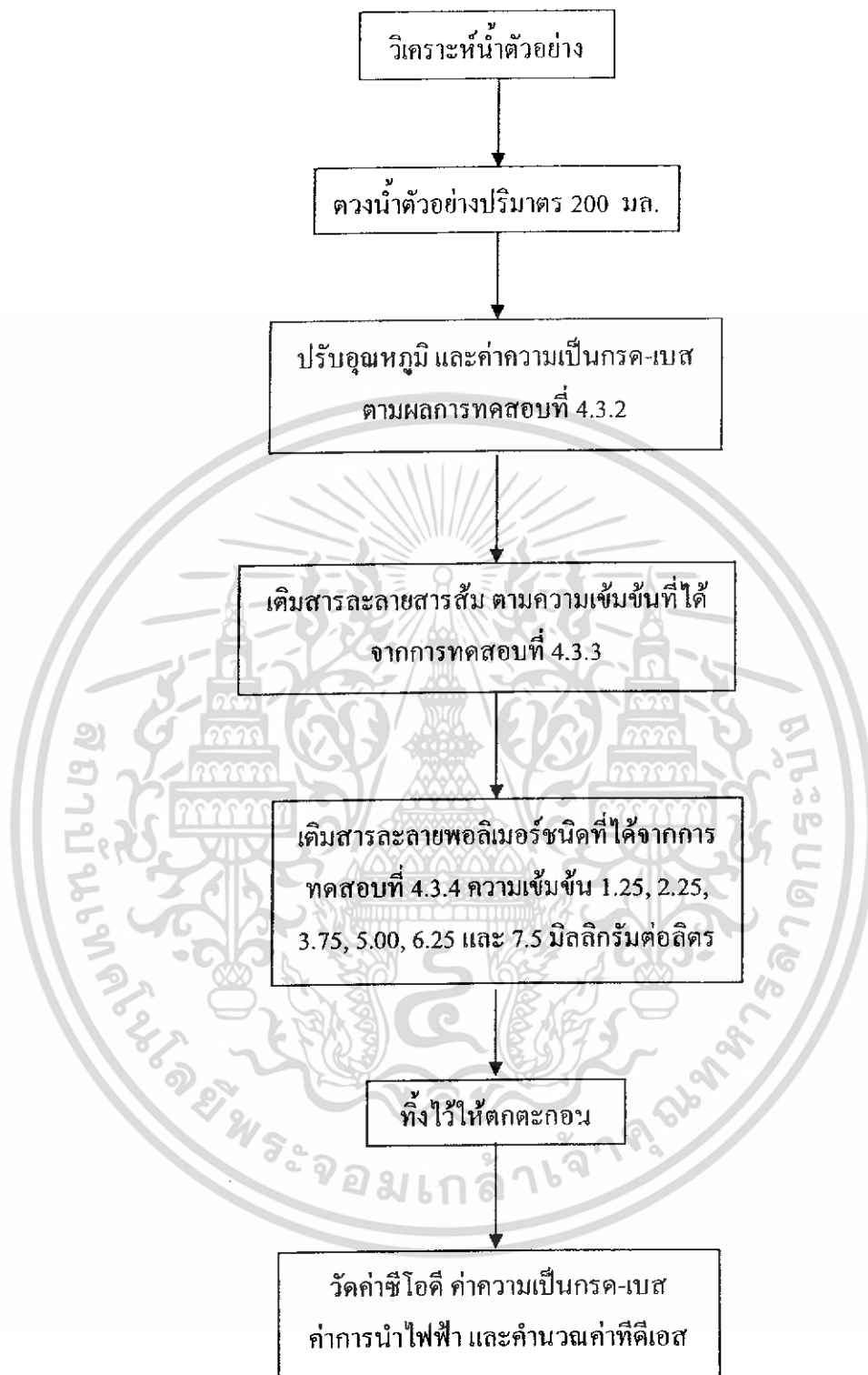
รูปที่ 4.4 การทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายสารสั้ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาชนิดของสารช่วยสร้างตะกอนหรือพอลิเมอร์ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 วิธีการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

### 5.1 ลักษณะของน้ำเสีย

น้ำเสียจากระบวนการผลิตไดออกซิดไททาเนต มีประมาณ 24 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะอยู่ในรูปอิมัลชัน และมีองค์ประกอบดังนี้

1. ส่วนที่เป็น ไดออกซิดไททาเนตซึ่งยังไม่ผ่านการกลั่นแยกและไม่สามารถแยกตัวออกจากชั้นน้ำได้อย่างสมบูรณ์
2. ส่วนที่เป็นชั้นน้ำ ซึ่งมีปริมาณมากประกอบด้วย
  - โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาสะเทิน
  - น้ำซึ่งมาจากการล้าง โซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารปนเปื้อนอื่นๆ ออกจากไดออกซิดไททาเนตที่ยังไม่บริสุทธิ์ หลังจากการทำปฏิกิริยาสะเทิน
  - เกลลี่ของไดออกซิดไททาเนตที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาสะเทินระหว่างไดออกซิดไททาเนตที่ยังไม่บริสุทธิ์บางส่วนกับ โซเดียมไฮดรอกไซด์
  - ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ซึ่งเกิดจากการแตกตัวออกจากเตตระไอโซโพรพิลไททานเนตซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายในเครื่องปฏิกรณ์
3. ส่วนที่เป็นของแข็ง คือ ไททาเนียมไดออกไซด์ซึ่งเกิดจากการตกผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระไอโซโพรพิลไททานเนตเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำภายในเครื่องปฏิกรณ์

### 5.2 ส่วนการบำบัดทางกายภาพ

#### 5.2.1 เครื่องอัดกรอง (Filter Press)

ใช้สำหรับกรองแยกของแข็งออกก่อน บริษัทมีเครื่องอัดกรอง 2 เครื่องที่ใช้สลับกันอยู่ในกระบวนการผลิต ไดออกซิดไททาเนต จึงนำเครื่องอัดกรองอีกเครื่องมาใช้งานในระบบบำบัดน้ำเสีย และสามารถกรองแยกของแข็งได้ดี มีของแข็งปะปนออกมาเล็กน้อย

#### 5.2.2 เครื่องแยกน้ำและไดออกซิดไททาเนต

เนื่องจากน้ำเสียมีปริมาณมาก ไม่สามารถปรับอัตราการไหลได้ทำให้แยกไดออกซิดไททาเนตออกจากน้ำเสียได้ไม่สมบูรณ์ มีไดออกซิดไททาเนตปนเปื้อนออกมากับน้ำเสียในปริมาณเล็กน้อย จึงจะใช้การบำบัดทางเคมีต่อไปด้วยกระบวนการสร้างตะกอนหรือกระบวนการโคแอกกูเลชัน และกระบวนการรวมตะกอนหรือกระบวนการฟล็อกกูเลชัน โดยใช้สารส้มเป็นสารสร้างตะกอน (Coagulant) สังเกตได้ว่ามีปริมาณน้ำมันลดลงจากเดิมอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าน้ำมัน

ถูกจับให้ตกตะกอนมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 ส่วนหอกลับ

เดิมหอกลับนี้ใช้สำหรับแยกออกทิลแอลกอฮอล์ออกจากไดออกทิลพาทาเลต ปัจจุบันทางบริษัทใช้หอกลับใหม่ที่เป็นแบบต่อเนื่อง จึงนำหอกลับนี้มาใช้ที่ระบบบำบัดน้ำเสีย และใช้พลังงานที่เหลือจากกระบวนการผลิตพาทาลิกแอนไฮไดรด์ในการทำงานของหอกลับ เพื่อกลั่นแยกไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ออกจากหอกลับและจะถูกส่งไปหน่วยฟอกก๊าซเสีย (Waste gas scrubber) ผลจากการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของหอกลับ โดยเก็บน้ำเสียตัวอย่างทั้งหมด 4 ครั้งจาก 3 ส่วนของหอกลับ คือ ส่วนสารป้อน ยอดหอกลับ และก้นหอกลับ และตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส ค่าซีไอดี ค่าการนำไฟฟ้า และคำนวณค่าทีดีเอส ซึ่งรายงานค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดในตารางที่ 5.1 และค่าเฉลี่ยในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียตัวอย่างจากหอกลับ (รายงานค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด)

สารตัวอย่าง	พีเอช	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าซีไอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)		ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร)		ค่าทีดีเอส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
สารป้อน	11-12	35	1,050	2,260	1.77	4.26	1,096.78	2,598.6
ยอดหอ	5-6	100	750	3,600	0.03	0.38	19.50	241.92
ก้นหอ	12	110	1,200	2,420	3.28	8.23	2,000.80	4,938.00

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียตัวอย่างจากหอกลับ (รายงานค่าเฉลี่ย)

สารตัวอย่าง	พีเอช	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าซีไอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร)	ค่าทีดีเอส (มิลลิกรัมต่อลิตร)
สารป้อน	11.25	35	1,520.00	2.87	1,767.05
ยอดหอ	5.75	100	2,265.00	0.16	99.36
ก้นหอ	12.00	110	1,867.50	5.29	3,203.08

ค่าทีดีเอสคำนวณได้จากผลคูณของค่าการนำไฟฟ้ากับค่าคงที่ ในตารางที่ 5.3 [27]

ตารางที่ 5.3 ค่าการนำไฟฟ้าและค่าคงที่ที่ใช้คำนวณค่าทีดีเอส

ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร)	ค่าคงที่
น้อยกว่า 0.05	650
0.05 – 0.5	640
0.5 – 1.0	630
1.0 – 3.0	620
3.0 – 5.0	610
มากกว่า 5	600

การวิเคราะห์ผลจากตารางที่ 5.2 สรุปได้ดังนี้

1. จากค่าความเป็นกรด-เบส พบว่าน้ำเสียจากขอดหอกลั่นมีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำ ทั้งนี้เพราะมีการกลั่นแยกไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนออกไป และส่วนนี้ไม่มีการปนเปื้อนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นเบสแก่ที่สามารถแตกตัวให้อิออนและมีค่าความเป็นกรด-เบสสูงสำหรับน้ำเสียจากส่วนที่เป็นสารป้อนและส่วนก้นหอกลั่นจะมีค่าความเป็นกรด-เบสสูง เนื่องจากมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือจากปฏิกิริยาสะเทินในกระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลตเป็นจำนวนมาก
2. จากค่าการนำไฟฟ้า พบว่าน้ำเสียจากขอดหอกลั่นจะมีค่าการนำไฟฟ้าน้อยที่สุด เนื่องจากส่วนขอดของหอกลั่นมีการกลั่นแยกไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนออกไป จึงไม่มีอิออนจากการแตกตัวของกรดอ่อนเพื่อการนำไฟฟ้า สำหรับน้ำเสียจากส่วนก้นหอกลั่นจะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าน้ำเสียจากส่วนที่เป็นสารป้อนเล็กน้อย เพราะมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งมีฤทธิ์เป็นเบสแก่และมีการแตกตัวเป็นอิออนมากเป็นส่วนประกอบหลัก
3. จากค่าทีดีเอสที่คำนวณได้ พบว่าน้ำเสียจากส่วนขอดหอกลั่นจะมีค่าทีดีเอสน้อยที่สุด และน้ำเสียจากส่วนก้นหอกลั่นจะมีค่าทีดีเอสมากที่สุด น้ำเสียจากส่วนขอดหอกลั่นจึงมีของแข็งละลายน้ำน้อยที่สุดและใสกว่าน้ำเสียจากส่วนสารป้อนและส่วนก้นหอกลั่น ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 น้ำเสียจากส่วนยอดหอกลั่น สารป้อน และก้นหอกลั่น

#### 5.4 ส่วนการบำบัดทางเคมี

ผลการทดลองส่วนนี้พิจารณาจากน้ำเสียตัวอย่างที่เก็บจากก้นหอกลั่นเท่านั้น เพราะน้ำเสียจากส่วนยอดหอกลั่นนำไปใช้ประโยชน์ในหน่วยฟอกก๊าซเสียแล้ว สำหรับน้ำเสียส่วนสารป้อนบางส่วนกลับแยกออกไปทางยอดหอ และบางส่วนรวมมากับน้ำเสียจากก้นหอกลั่น

พบว่าลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียตัวอย่างที่เก็บจากก้นหอกลั่นมีลักษณะขาวขุ่นและมีไคออกทิลพาทาเลตซึ่งเป็นสภาพน้ำมันลอยปะปนอยู่ เมื่อตั้งทิ้งไว้ค้างคืนจะมีของแข็งตกตะกอน และมีไคออกทิลพาทาเลตซึ่งเป็นส่วนเบาแยกชั้นอยู่ที่ผิวของน้ำเสีย และบางส่วนยังคงละลายเป็นอิมัลชันอยู่ในน้ำเสียตัวอย่าง

ผลทดสอบเมื่อใช้น้ำเสียตัวอย่างจากก้นหอกลั่นมาทำการทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาค่าตัวแปรเบื้องต้นที่เหมาะสมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี จะต้องมีค่าซีไอดี ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส ตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

จากภาคผนวก ก. ส่วนใหญ่คุณภาพน้ำเสียตัวอย่างจากส่วนก้นหอกลั่นก่อนทำจาร์เทสต์ไม่ได้ตามค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของนิคมอุตสาหกรรมบางพลีที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 5.4

ภาคผนวก ข. แสดงตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม [3-4]

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของ นิคมอุตสาหกรรมบางพลี	ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของ กรมโรงงานอุตสาหกรรม
อุณหภูมิ	< 45 องศาเซลเซียส	< 40 องศาเซลเซียส
ค่าความเป็นกรด-เบส	5.5-9	5.5-9
ค่าซีโอดี	< 750 มิลลิกรัมต่อลิตร	< 120 มิลลิกรัมต่อลิตร
ค่าการนำไฟฟ้า	< 5 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร	< 5 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร
ค่าทีดีเอส	< 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	< 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

#### 5.4.1 การทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสม

ทดสอบจาร์เทสต์ 2 ชุดที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิก่อนน้ำเสียจากกันหอกถัน (100 องศาเซลเซียส) โดยแต่ละชุดการทดสอบจะปรับค่าความเป็นกรด-เบสให้อยู่ระหว่าง 5.5-8 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ทดสอบด้วยอุปกรณ์จาร์เทสต์ ตั้งตัวอย่างน้ำทดสอบทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาทีแล้วแยกน้ำส่วนบนมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และคำนวณค่าทีดีเอส แสดงดังตารางที่ 5.5 - 5.6 และรูปที่ 5.2 - 5.3

พบว่าที่อุณหภูมิห้องและที่ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียเท่ากับ 6.5 มีค่าซีโอดีและค่าการนำไฟฟ้าคงเหลือ และค่าทีดีเอสที่คำนวณได้ต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แสดงว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมีดีกว่า ดังนั้นจึงใช้อุณหภูมิห้องและค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.5 สำหรับการทดสอบต่อไป

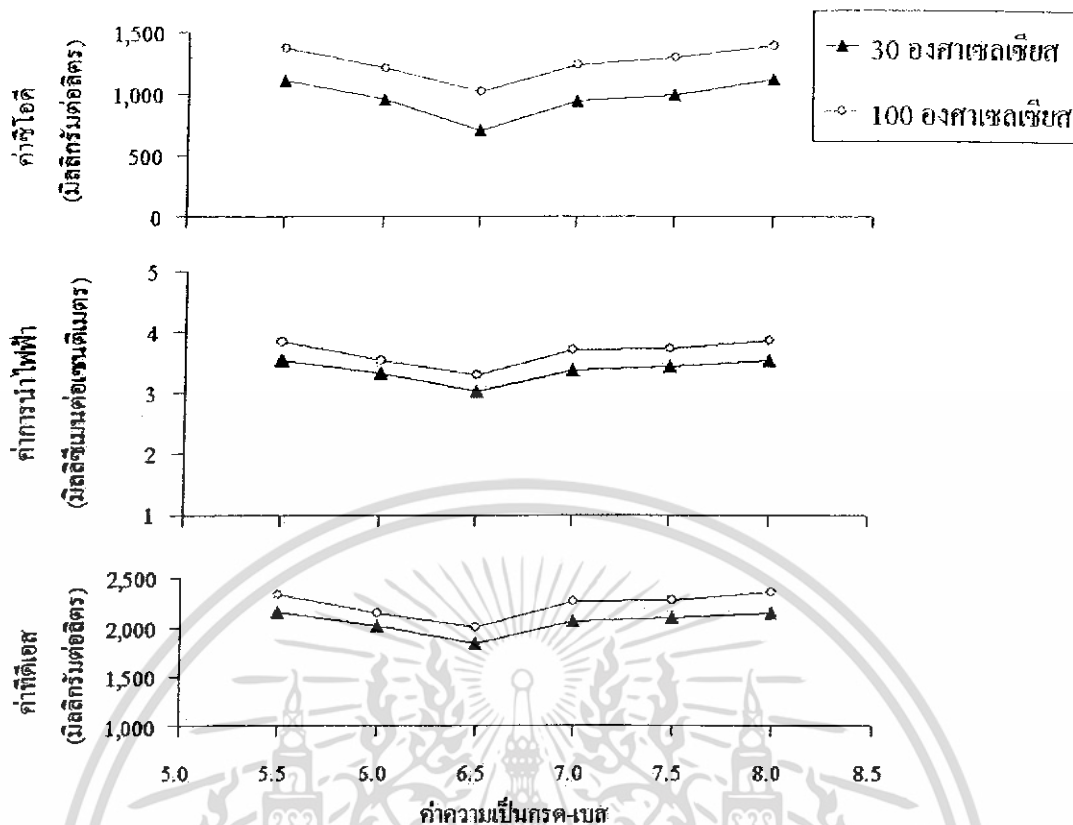
ตารางที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบจาร์เทสต์ที่อุณหภูมิต้อง (30 องศาเซลเซียส)

พีเอช ที่ใช้	ค่าคงเหลือหลังการทดสอบจาร์เทสต์			ประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี (%)	
	ค่าซีไอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อ เซนติเมตร)	ค่าทีดีเอส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าซีไอดี	ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส
5.5	1,105	3.54	2,156	47.63	21.71
6.0	950	3.32	2,022	54.98	26.58
6.5	710	3.03	1,845	66.35	33.00
7.0	940	3.38	2,062	55.45	25.14
7.5	995	3.44	2,098	52.84	23.81
8.0	1,120	3.53	2,153	46.92	21.82

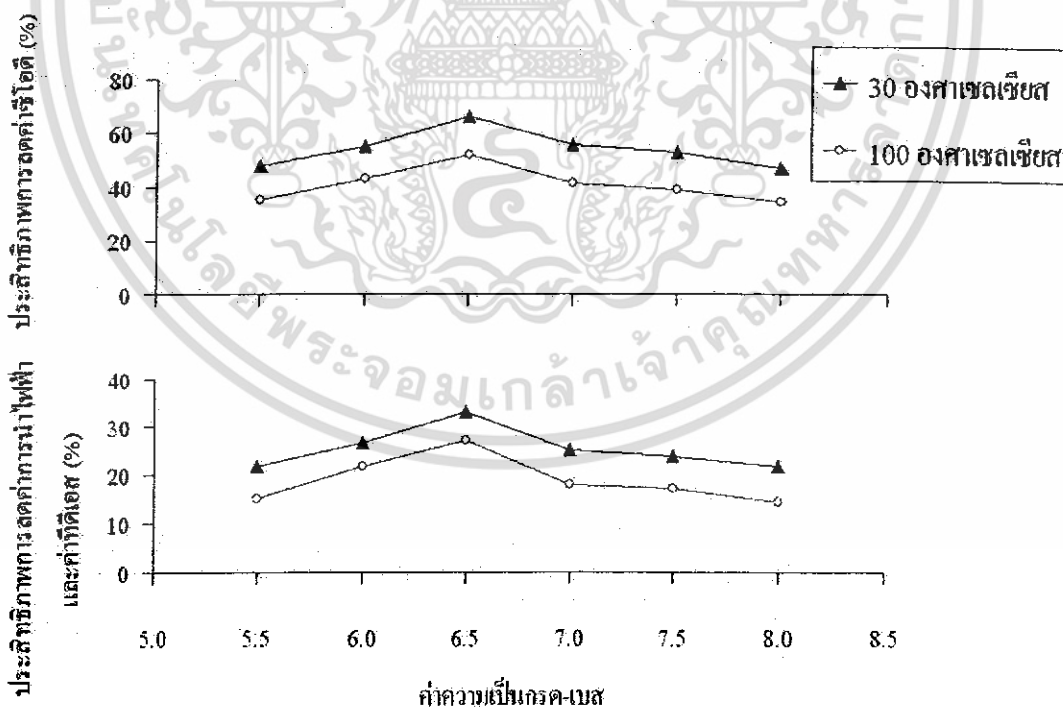
ตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบจาร์เทสต์ที่อุณหภูมิกันหอกถัน (100 องศาเซลเซียส)

พีเอช ที่ใช้	ค่าคงเหลือหลังการทดสอบจาร์เทสต์			ประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี (%)	
	ค่าซีไอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อ เซนติเมตร)	ค่าทีดีเอส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าซีไอดี	ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส
5.5	1,370	3.84	2,339	35.07	15.06
6.0	1,205	3.53	2,153	42.89	21.82
6.5	1,020	3.29	2,007	51.66	27.13
7.0	1,240	3.71	2,260	41.23	17.94
7.5	1,295	3.74	2,278	38.63	17.28
8.0	1,390	3.87	2,358	34.12	14.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ค่าคลอรีนตกค้าง ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส คงเหลือที่อุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-เบสต่างๆ



รูปที่ 5.3 ผลของอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-เบสต่อประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากกระบวนการสร้างตะกอนด้วยสารสร้างตะกอนหรือสารละลายสารส้ม ประกอบด้วย 2 กลไก คือ กลไกการดูดติดผิวและทำลายประจุไฟฟ้าของคอลลอยด์ และกลไกแบบห่อหุ้มคอลลอยด์ด้วยผลึก ไอออนเชิงซ้อนประจุบวกที่ใช้ในกลไกการดูดติดและทำลายประจุนี้จะเกิดขึ้นภายใน  $10^{-4}$  - 1 วินาที หลังจากนั้นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจะดำเนินต่อไปจนเกิดผลึก  $Al(OH)_3$  ซึ่งใช้ในกลไกแบบห่อหุ้มคอลลอยด์ด้วยผลึกหรือกลไกการกวาด ในทางปฏิบัติกลไกการดูดติดและทำลายประจุจึงเกิดขึ้นได้ยากมาก กระบวนการสร้างตะกอนด้วยสารสร้างตะกอนส่วนใหญ่จึงใช้กลไกแบบห่อหุ้มคอลลอยด์ด้วยผลึก และเนื่องจากค่าการละลายที่อุณหภูมิห้องจะมีค่าต่ำกว่าที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นที่อุณหภูมิห้องจึงเกิดผลึก  $Al(OH)_3$  ได้ดีกว่า

นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด-เบสที่ใช้สำหรับกลไกแบบห่อหุ้มคอลลอยด์ด้วยผลึก ควรอยู่ในช่วง 6-7.5 จึงจะได้ผลดีที่สุด ซึ่งทำให้เกิด  $Al(OH)_3$  ที่สามารถห่อหุ้มคอลลอยด์เกิดฟล็อกขนาดใหญ่ที่ตกตะกอนง่าย ที่การทดสอบจาร์เทสต์นี้จึงได้ค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมคือ 6.5

#### 5.4.2 การทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายสารส้มที่เหมาะสม

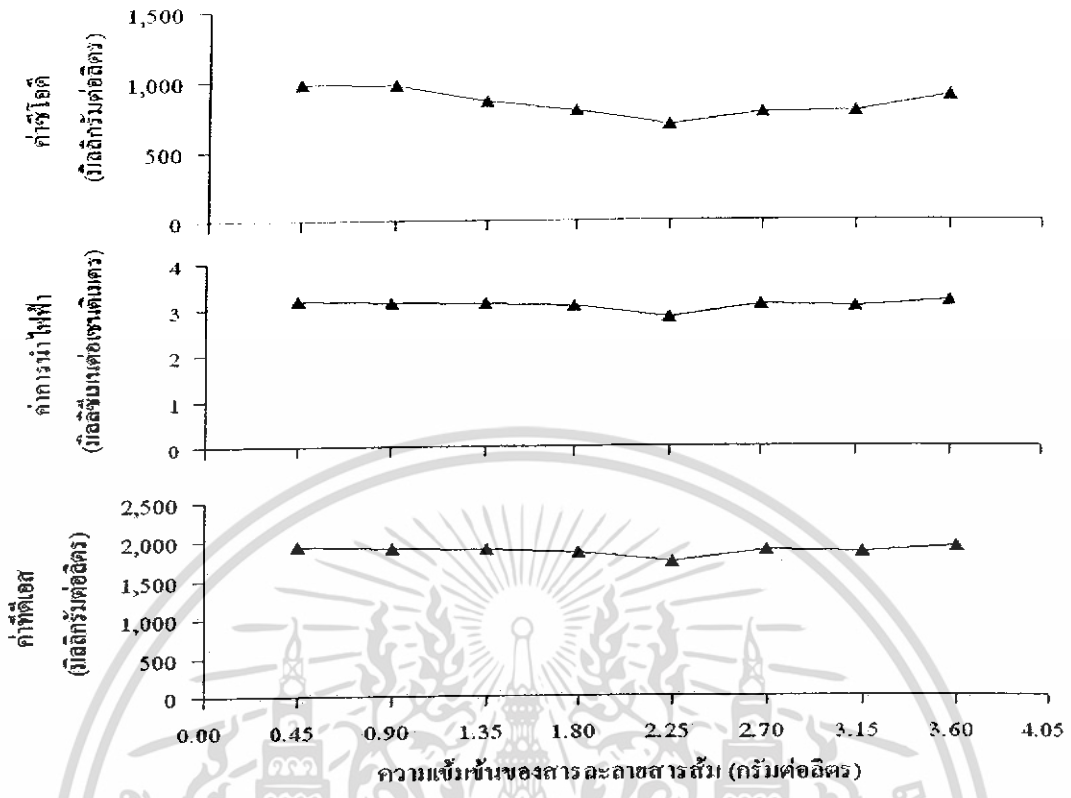
ทดสอบจาร์เทสต์โดยเติมสารละลายสารส้มที่มีความเข้มข้นระหว่าง 0.45 - 3.60 กรัมต่อลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาทีแล้วแยกน้ำส่วนบนมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และค่าที่ติเอส แสดงดังตารางที่ 5.7 และรูปที่ 5.4 - 5.5

พบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายสารส้มเท่ากับ 2.25 กรัมต่อลิตร มีค่าซีไอดีและค่าการนำไฟฟ้าคงเหลือ และค่าที่ติเอสที่คำนวณได้ต่ำที่สุด ดังนั้นจึงใช้ความเข้มข้นค่านี้สำหรับการทดสอบต่อไป

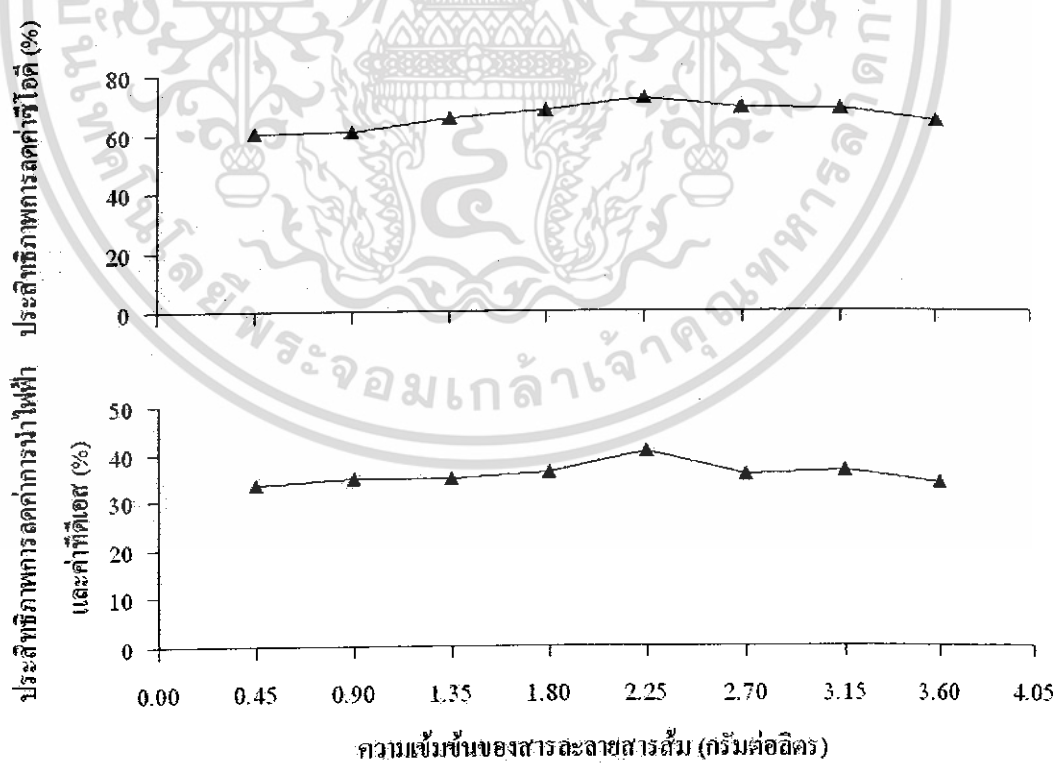
ตารางที่ 5.7 ผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบจาร์เทสต์เมื่อใช้สารละลายสารส้มที่มีความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสารส้ม (กรัมต่อลิตร)	พีเอช	ค่าคงเหลือหลังการทดสอบจาร์เทสต์			ประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี (%)	
		ค่าซีไอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร)	ค่าที่ติเอส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าซีไอดี	ค่าการนำไฟฟ้าและค่าที่ติเอส
0.45	6.5	980	3.18	1,940	60.16	33.33
0.90	6.5	970	3.12	1,903	60.57	34.59
1.35	6.5	850	3.11	1,897	65.45	34.80
1.80	6.5	790	3.05	1,861	67.89	36.06
2.25	6.5	690	2.80	1,736	71.95	40.34
2.70	6.5	770	3.08	1,879	68.70	35.43
3.15	6.5	785	3.04	1,854	68.09	36.27
3.60	6.5	890	3.16	1,928	63.82	33.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้มาเผยแพร่บนเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัย  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 ค่าซีโอดี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีเอส คงเหลือเมื่อใช้สารละลายสารส้ม ที่ความเข้มข้นต่างๆ



รูปที่ 5.5 ผลของความเข้มข้นของสารละลายสารส้มต่อประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้สารละลายสารส้มมากเกินไปจะทำให้มีเป่าส้มฝัสมากเกินไป คอลลอยด์จึงไม่รวมตัวกันเป็นฟล็อกขนาดใหญ่และมีน้ำหนักที่เหมาะสมกับการตกตะกอนได้ อย่างไรก็ตามถ้าใช้สารละลายสารส้มน้อยเกินไปจะทำให้สารส้มไม่สามารถจับคอลลอยด์ได้หมดและอัตราการตกตะกอนจะเกิดขึ้นช้า ดังนั้นต้องใช้ความเข้มข้นของสารละลายสารส้มที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการสร้างตะกอน

#### 5.4.3 การทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาชนิดของสารช่วยสร้างตะกอนหรือพอลิเมอร์ที่เหมาะสม

ทดสอบจาร์เทสต์ 2 ชุด โดยใช้สารละลายพอลิเมอร์ประจุลบและประจุบวกที่มีความเข้มข้นคงที่เท่ากับ 2.25 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ละชุดการทดสอบจะเติมสารละลายสารส้มความเข้มข้น 1.80, 2.25 และ 2.70 กรัมต่อลิตร ทดสอบด้วยอุปกรณ์จาร์เทสต์ ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาที แล้วแยกน้ำส่วนบนมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และคำนวณค่าทีดีเอส แสดงดังตารางที่ 5.8 - 5.9 และรูปที่ 5.6 - 5.7

พบว่าเมื่อใช้พอลิเมอร์ประจุลบ ค่าซีโอดีและค่าการนำไฟฟ้าคงเหลือ และค่าทีดีเอสที่คำนวณได้ต่ำกว่าผลของพอลิเมอร์ประจุบวก ดังนั้นจึงใช้พอลิเมอร์ประจุลบสำหรับการทดสอบต่อไป

ประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมีในการทดสอบจาร์เทสต์ในชุดนี้มีค่าต่ำกว่าผลของกลุ่มการทดสอบอื่น เนื่องจากผ้ากรองที่ใช้ในเครื่องอัดกรองซารุคจึงมีของแข็งปะปนในน้ำเสียมาก เมื่อน้ำเสียจึงมีความขุ่นมากขึ้นทำให้ต้องใช้สารละลายสารส้มและพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นอื่น ดังนั้นควรเปลี่ยนผ้ากรองเพื่อลดความขุ่นของน้ำเสียก่อนที่จะส่งเข้าส่วนการบำบัดทางเคมี

จากการทดสอบนี้พบว่าพอลิเมอร์ประจุลบให้ประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมีดีกว่าพอลิเมอร์ประจุบวก เนื่องจากกระบวนการสร้างตะกอนด้วยสารช่วยสร้างตะกอนใช้กลไกได้ 2 กลไก โดยกลไกแรกเป็นการทำลายประจุลบของคอลลอยด์ด้วยพอลิเมอร์ที่มีประจุบวก ทำให้เสถียรภาพคอลลอยด์หมดไปและรวมตัวตกตะกอนได้ กลไกนี้สามารถใช้พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำได้ กลไกที่สองจะใช้พอลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างคอลลอยด์หลายๆ ตัว ประจุของพอลิเมอร์ในกลไกนี้ไม่ใช่เรื่องสำคัญ เพราะไม่จำเป็นต้องทำให้คอลลอยด์เป็นกลาง แต่สิ่งที่สำคัญคือ พอลิเมอร์ต้องมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักโมเลกุลสูงซึ่งมักเป็นพอลิเมอร์ชนิดลบหรือไม่มีประจุ เพื่อให้สามารถใช้เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างคอลลอยด์ต่างๆ ได้มาก สะพานดังกล่าวต้องแข็งแรง สามารถต้านทานแรงผลักระหว่างอนุภาคและความปั่นป่วนที่เกิดจากการกวนน้ำ

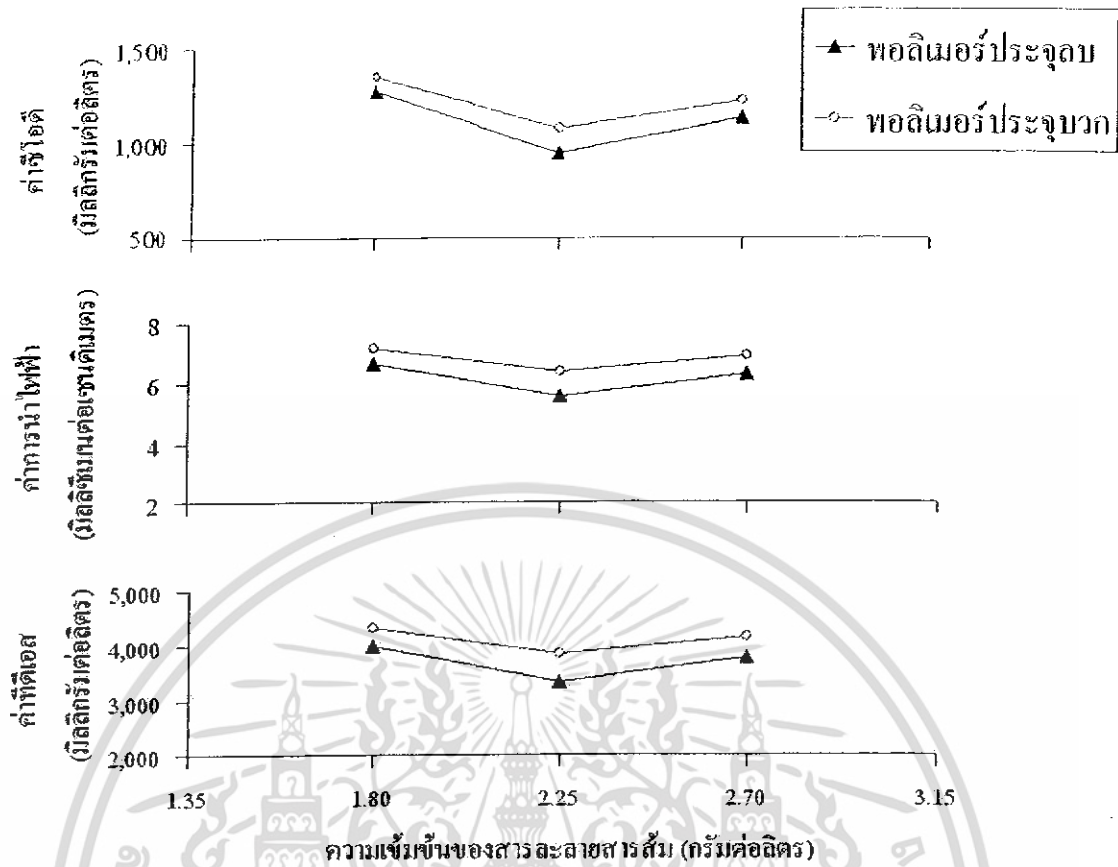
ตารางที่ 5.8 ผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบจาร์เทสต์เมื่อใช้สารละลายพอลิเมอร์ประจุลบ

ความเข้มข้น ของสารส้ม (กรัมต่อ ลิตร)	ความเข้มข้น ของพอลิเมอร์ ประจุลบ (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	พีเอช	ค่าคงเหลือหลังการทดสอบจาร์เทสต์			ประสิทธิภาพ การบำบัดทางเคมี (%)	
			ค่าซีไอดี (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อ เซนติเมตร)	ค่าทีดีเอส (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	ค่าซีไอดี	ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส
1.80	2.5	6.5	1,267	6.65	3,990	30.40	19.20
2.25	2.5	6.5	940	5.56	3,336	48.35	32.44
2.70	2.5	6.5	1,133	6.32	3,792	37.77	23.21

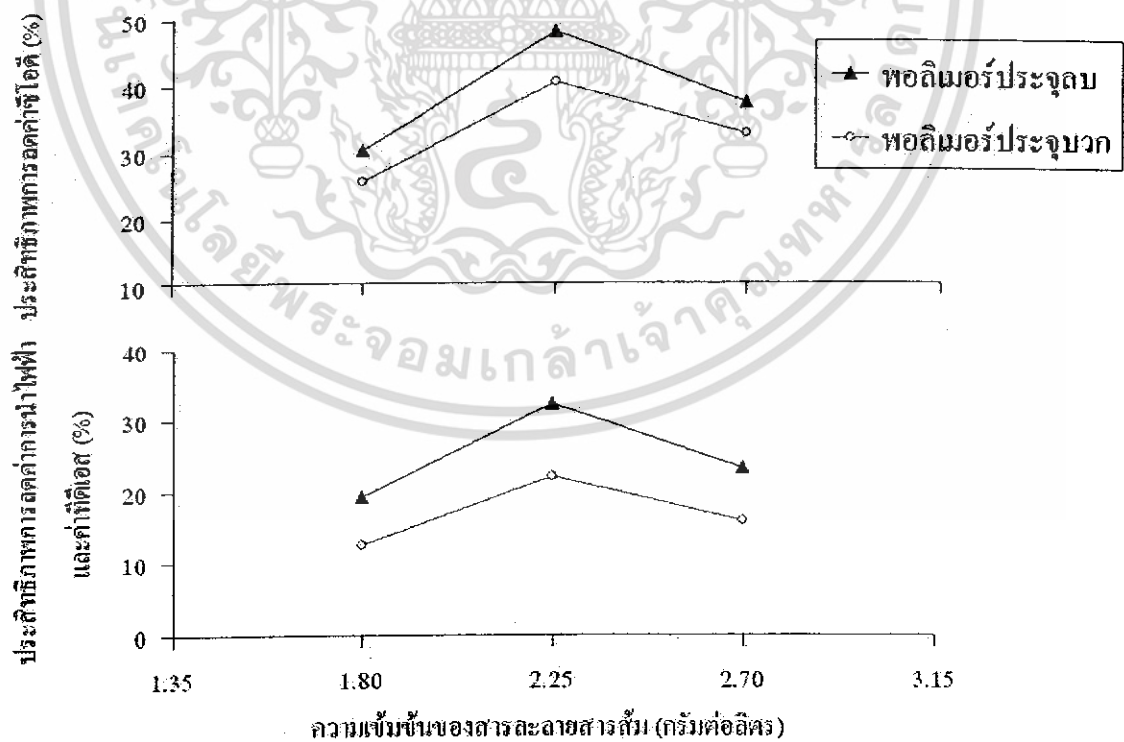
ตารางที่ 5.9 ผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบจาร์เทสต์เมื่อใช้สารละลายพอลิเมอร์ประจุบวก

ความเข้มข้น ของสารส้ม (กรัม ต่อลิตร)	ความเข้มข้น ของพอลิเมอร์ ประจุบวก (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	พีเอช	ค่าคงเหลือหลังการทดสอบจาร์เทสต์			ประสิทธิภาพ การบำบัดทางเคมี (%)	
			ค่าซีไอดี (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อ เซนติเมตร)	ค่าทีดีเอส (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	ค่าซีไอดี	ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส
1.80	2.5	6.5	1,350	7.20	4,320	25.82	12.52
2.25	2.5	6.5	1,077	6.41	3,846	40.84	22.11
2.70	2.5	6.5	1,220	6.92	4,152	32.97	15.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 ค่าซีไอดี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าที่ตีเอส คงเหลือเมื่อใช้สารละลายทอติเมอร์ประจุลบ และประจุบวก



รูปที่ 5.7 ผลของชนิดทอติเมอร์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.4.4 การทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ที่เหมาะสม

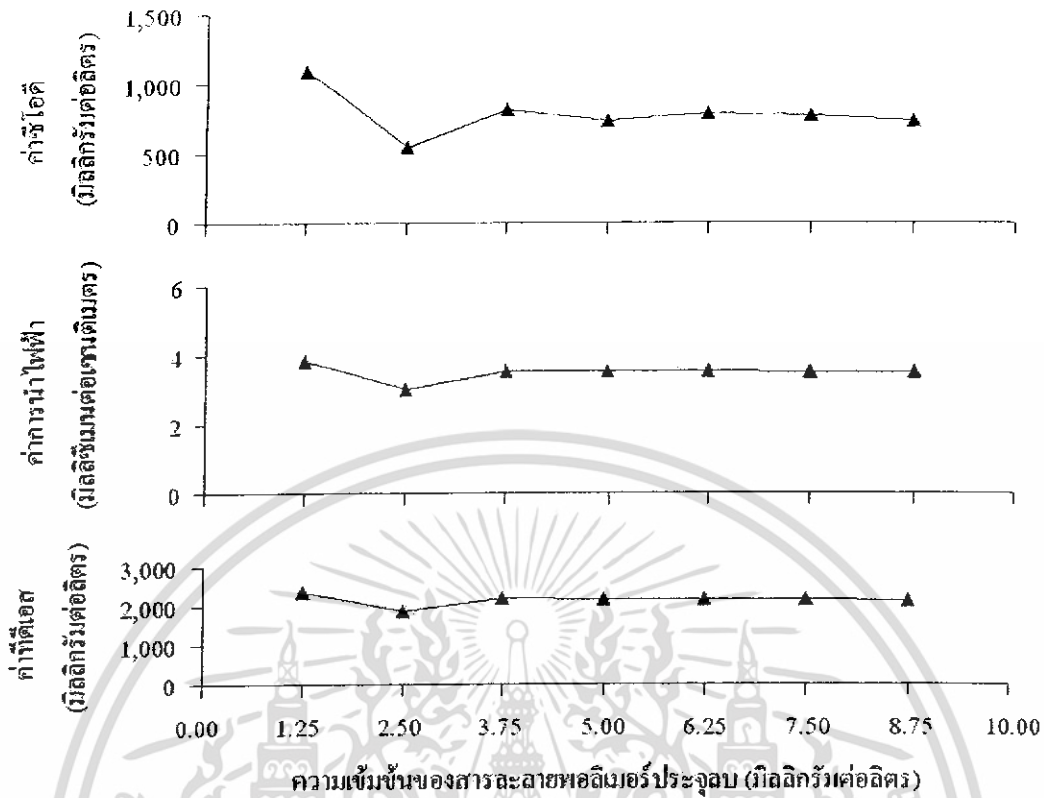
ทดสอบจาร์เทสต์โดยเติมสารละลายพอลิเมอร์ที่ระบุความเข้มข้น 1.25-8.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยอุปกรณ์จาร์เทสต์ ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาที แล้วแยกน้ำส่วนบนมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และคำนวณค่าทีดีเอส แสดงดังตารางที่ 5.10 และรูปที่ 5.8-5.9

จากการทดสอบพบว่าเมื่อใช้สารละลายพอลิเมอร์ที่ระบุความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดค่าซีไอดี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอสได้ต่ำสุด

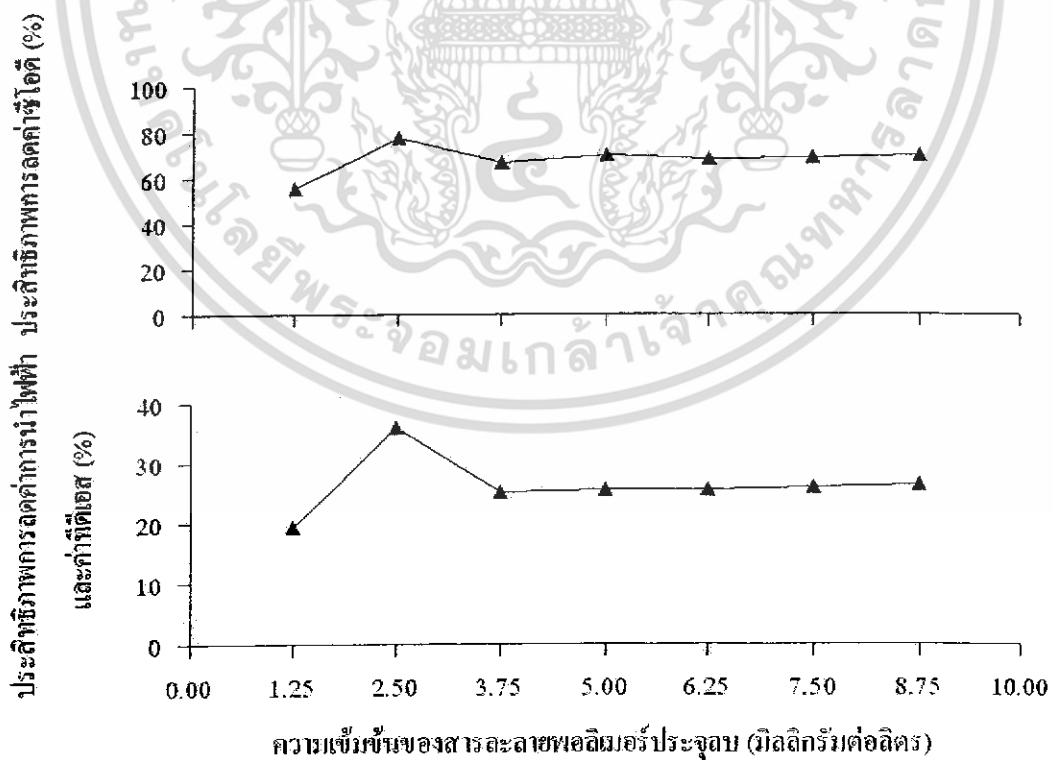
ตารางที่ 5.10 ผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบจาร์เทสต์เมื่อใช้สารละลายสารส้มความเข้มข้น 2.25 กรัมต่อลิตรและสารละลายพอลิเมอร์ที่ระบุความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น ของพอลิเมอร์ ระบุ (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	พีเอช	ค่าคงเหลือหลังการทดสอบจาร์เทสต์			ประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมี (%)	
		ค่าซีไอดี (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อ เซนติเมตร)	ค่าทีดีเอส (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	ค่าซีไอดี	ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส
1.25	6.5	1,090	3.85	2,349	55.69	19.29
2.50	6.5	550	3.05	1,861	77.64	36.06
3.75	6.5	815	3.57	2,178	66.87	25.16
5.00	6.5	735	3.55	2,166	70.12	25.58
6.25	6.5	785	3.55	2,166	68.09	25.58
7.50	6.5	765	3.53	2,153	68.90	26.00
8.75	6.5	735	3.51	2,141	70.12	26.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 ค่าซีโอดี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส คงเหลือเมื่อใช้สารละลายสารส้มที่มีความเข้มข้น 2.25 กรัมต่อลิตรและสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบที่มีความเข้มข้นต่างๆ



รูปที่ 5.9 ผลของความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบต่อประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมีของสารน้ำเสีย โดยพิจารณาจากค่าซีโอดี ค่าการนำไฟฟ้า และค่าทีดีเอส เมื่ออยู่ใต้เงื่อนไขการบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีการเติมสารเคมีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

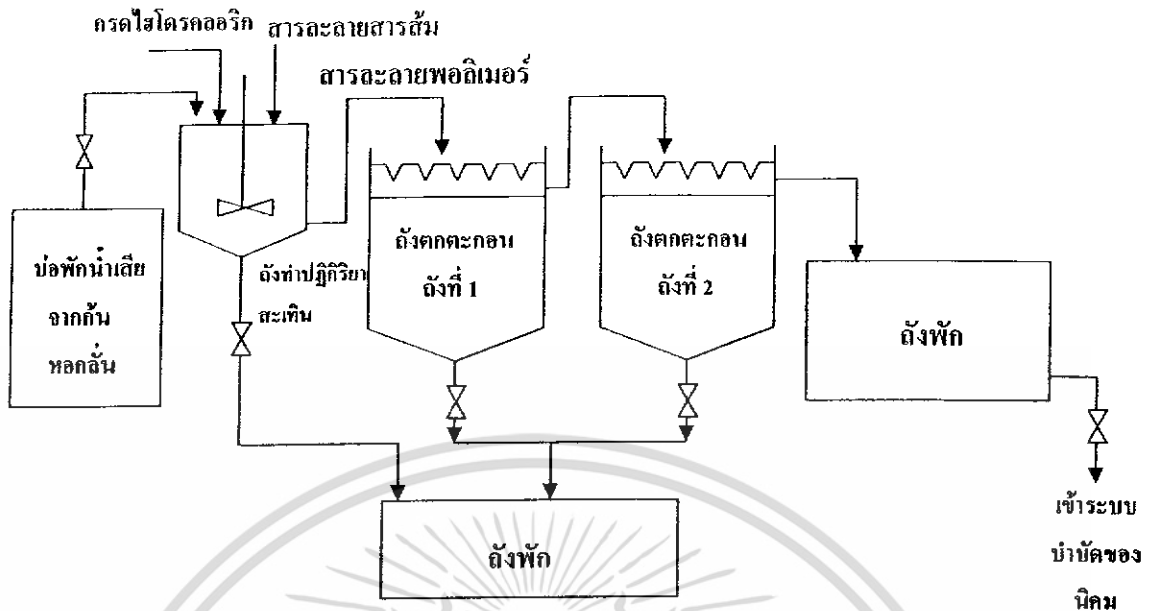
เมื่อใช้พอลิเมอร์มากเกินไปทำให้ไม่สามารถตกตะกอนได้หมด เนื่องจากพอลิเมอร์หลายโมเลกุลไปเกาะบนคอลลอยด์เดียวกันจนไม่มีที่ว่างบนคอลลอยด์ สำหรับเป็นที่จับของปลายอิสระของพอลิเมอร์ที่เหลืออยู่ แต่ถ้าใช้พอลิเมอร์น้อยเกินไป จะไม่สามารถจับคอลลอยด์ได้หมด ดังนั้นต้องใช้ความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการสร้างตะกอน ซึ่งจากการทดสอบนี้ความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบที่เหมาะสมเท่ากับ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

#### 5.4.5 สรุปผลการทดสอบจาร์เทสต์

เมื่อวิเคราะห์ผลโดยรวมของการทดสอบจาร์เทสต์จากทุกชุดทดลอง สามารถสรุปสถานะที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดทางเคมี คือ อุณหภูมิของน้ำเสียที่อุณหภูมิห้อง ค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.5 ความเข้มข้นของสารละลายสารส้มเท่ากับ 2.25 กรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบเท่ากับ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่สภาวะดังกล่าวสามารถลดค่าซีไอดีได้สูงสุด 77.64 เปอร์เซ็นต์ และลดค่าการนำไฟฟ้าและค่าทีดีเอสได้สูงสุด 36.06 เปอร์เซ็นต์ น้ำเสียมีอุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิห้อง มีค่าความเป็นกรด-เบสที่ 6.5 ค่าซีไอดีคงเหลือเท่ากับ 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าการนำไฟฟ้าคงเหลือเท่ากับ 3.05 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และคำนวณค่าทีดีเอสได้ 1,861 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ทุกค่าตรงตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่นิคมอุตสาหกรรมบางพลีกำหนดไว้ดังภาคผนวก ง. ดังนั้นจึงไม่ต้องผ่านส่วนการบำบัดทางชีวภาพอีก

#### 5.4.6 การประยุกต์ค่าที่ได้จากการทดสอบจาร์เทสต์ในระบบการบำบัดน้ำเสียจริง

ระบบการบำบัดน้ำเสียจริงในส่วนการบำบัดทางเคมีแสดงดังรูปที่ 5.10 น้ำเสียจากกันหอกลับถูกส่งเข้าบ่อพักน้ำเสีย และดังทำปฏิกิริยาสะเทินซึ่งใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารละลายมาตรฐานเพื่อปรับค่าความเป็นกรด-เบสให้อยู่ที่ 6.5 และเติมสารละลายสารส้ม บั่นกวนด้วยความเร็วรอบ 750 รอบต่อนาที หลังจากนั้นจึงเติมสารละลายพอลิเมอร์ประจุลบ ก่อนที่จะส่งน้ำเสียเข้าถังตกตะกอน ภายในถังตกตะกอนเกิดการผสมสถิต (Static Mixing) ซึ่งถือเป็นการกวนช้าของกระบวนการรวมตะกอน



รูปที่ 5.10 ระบบบำบัดน้ำเสียในส่วนของ การบำบัดทางเคมี

จากการทดสอบจาร์เทสต์ ความเข้มข้นของสารละลายสารส้มและสารละลายพอลิเมอร์ที่เหมาะสม คือ 2.25 กรัมต่อลิตรและ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ นำมาคำนวณปริมาณการใช้สารส้มและพอลิเมอร์ประจุลบต่อวัน คือ 54 กิโลกรัมและ 60 กรัม ตามลำดับ สำหรับใช้ในการบำบัดน้ำเสีย 24 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ได้อัตราการใช้ของสารส้มและพอลิเมอร์ประจุลบ 50 และ 10 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้