

รายงานการวิจัย
เรื่อง
การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีจากโรงงานฟอกย้อม
โดยระบบแอกติเวตเต็ดสลัดจ์และระบบตกตะกอนทางเคมี

Comparative Study of the Efficiencies of Textile Wastewater Treatment :
Activated Sludge and Chemical Precipitation

โดย
นางชนิษฐา เจริญลาภ
นายพริยะ แก่นทับทิม

BTC-Library



3 2000 00055086 5

หน่วยงานที่สังกัด
กระทรวงศึกษาธิการ
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ
คณะวิชาอุตสาหกรรมสิ่งทอ แผนกวิชาเคมีสิ่งทอ
ด้วยทุนสนับสนุนจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
พ.ศ.2544

รายงานการวิจัย
เรื่อง
การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีจากโรงงานฟอกย้อม
โดยระบบแอกติเวตเต็ดสลัดจ์และระบบตกตะกอนทางเคมี

Comparative Study of the Efficiencies of Textile Wastewater Treatment :
Activated Sludge and Chemical Precipitation



โดย

นางชนิษฐา เจริญลาก

นายพริยะ แก่นทับทิม

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

BTC-Library



3 2000 00055086 5

หน่วยงานที่สังกัด

กระทรวงศึกษาธิการ

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

คณะวิชาอุตสาหกรรมสิ่งทอ แผนกวิชาเคมีสิ่งทอ

ด้วยทุนสนับสนุนจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

พ.ศ.2544

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีจากโรงงานฟอกย้อม โดยระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ และระบบตกตะกอนทางเคมี ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดีจนสมบูรณ์ เป็นรายงานการวิจัยฉบับนี้ได้ด้วยความอนุเคราะห์ และความช่วยเหลือด้านตัวอย่างน้ำเสียจากคุณชัชวาลย์ จรุงผลิพัฒน์ บริษัท Thai World Cup Elastic Co.,Ltd. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ และสถานที่ทำการทดลอง ตลอดจนนายสุริยัน อ่ำทุ่งพงศ์ , นางสาวจันทร์ พรเกตุแก้ว , นางสาวปิยะพร อยู่เย็น และ นางสาวรัตนติกรณ์ ช่อเหมือน นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอปีที่ 5 คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้มีส่วนร่วมเป็นผู้ช่วยในการดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความสำเร็จของงานวิจัยนี้

ชนิษฐา เจริญลาภ

พริยะ แก่นทับทิม

๒๕๖. ๑๖๕๓

๗๑๕๓๖

เลขหมู่..... ๕๕๕๔ ค. ๕

เลขทะเบียน..... ๐๑๕๕

รับ เดือน ปี..... ๑ ก.ค. ๕๕

๖. ๕๕๕๖๒

- การศึกษาจากโรงงาน
- อเนกประสงค์
- การผลิตสิ่งทอ

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสื่อน้ำเสียของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา ทำการทดลองโดยใช้ระบบตะกอนเร่ง ระบบตกตะกอนทางเคมี และทั้งสองระบบร่วมกันในลำดับก่อนหลังที่แตกต่างกัน ในระบบตะกอนเร่งทำการทดลองโดยให้ออกซิเจน 1 ชั่วโมง เติมสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เพื่อให้มีอัตราส่วน BOD:N:P เท่ากับ 100:5:1 และปรับค่า MLSS ของระบบมีค่า 3500 มก./ล. ระบบตกตะกอนทางเคมีใช้ 10% อลูมิเนียมซัลเฟต กวนเร็ว 100 รอบ/นาที กวนช้า 10 รอบ/นาที ทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 85 นาที จากนั้นนำส่วนใสมาวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ ผลการทดลองพบว่าระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือประสิทธิภาพในการกำจัดสื่อน้ำเสียในช่วงร้อยละ 86.65-97.68 บีโอดีอยู่ในช่วงร้อยละ 76.15-83.08 และซีโอดีอยู่ในช่วงร้อยละ 48.17-67.50 รองลงมาคือระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง, ระบบตกตะกอนทางเคมี และ ระบบตะกอนเร่ง ตามลำดับ

Abstract

The study of wastewater treatment system was carried out to compare the efficiency of color removal of wastewater from a textile bleaching and dyeing plant. The treatment method use were a coagulation-flocculation system,an activated sludge system and the different series of the combination of these two system. The treatment of activated sludge system was proceeded with aeration for 1 hour followed by addition of some chemicals to obtain the ratio of BOD:N:P at 100:5:1. Then the system was adjusted to reach 3,500 mg/l MLSS. The top layer was decanted to analyse three important parameters: color removal, BOD, and COD . All result were calculated percentages of all parameter efficiency. It was found that the most effective system was the system in the series of activated sludge followed by caogulation-floccolation. The efficiency was 86.65-97.68 % color removal, 76.15-83.08 % BOD and 48.17-67.50 % COD.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ	ii
สารบัญ	ix
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์โครงการ	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ประเภทโรงงานฟอกย้อม	3
2.2 ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม	4
2.3 ประเภทของสิ่งสกปรกเจือปนในน้ำเสีย	5
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะของสมบัติของน้ำเสีย	7
2.5 ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม	7
2.6 วิธีกำจัดสีจากน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม	8
2.7 การวิจัยที่เกี่ยวข้องและคล้ายคลึงกับงานวิจัยที่ทำ	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 อุปกรณ์	14
3.2 สารเคมี	14
3.3 แผนการทดลอง	16
3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	17
3.5 การดำเนินการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงาน	21

4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีจากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม โดยระบบตะกอนเร่งในห้องปฏิบัติการ	22
4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีจากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม โดยระบบตกตะกอนทางเคมีในห้องปฏิบัติการ	29
4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี ตามด้วยระบบตะกอนเร่ง	39
4.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วย ระบบตกตะกอนทางเคมี	40
4.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย	43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	59
ข้อเสนอแนะ	62
เอกสารอ้างอิง	63
ภาคผนวก ก ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสีย	64
ภาคผนวก ข มาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ	74

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมแบ่งตามผลิตภัณฑ์	8
2 วิธีวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ของตัวอย่างน้ำ	17
4.1 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงาน	21
4.2 เวลาในการให้ออกซิเจนที่เหมาะสม (COD Profile แบบเติมตะกอน)	22
4.3 แสดงการวิเคราะห์ค่าบีโอดีของน้ำเสีย เพื่อหาปริมาณอาหารเสริมที่จุลินทรีย์ต้องการ	24
4.4 แสดงการวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนของน้ำเสีย เพื่อหาปริมาณอาหารเสริมที่จุลินทรีย์ต้องการ	24
4.5 แสดงการวิเคราะห์ค่าฟอสเฟตของน้ำเสีย เพื่อหาปริมาณอาหารเสริมที่จุลินทรีย์ต้องการ	24
4.6 แสดงอัตราส่วนระหว่างบีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสเฟต	25
4.7 สมบัติของน้ำเสียก่อนและหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง	27
4.8 ประสิทธิภาพในการกำจัดดี, ซีโอดี และบีโอดีของระบบตะกอนเร่ง	27
4.9 ผลการศึกษาการใช้ 10% Aluminium Sulfate เป็นสารตกตะกอน	29
4.10 ผลการศึกษาการใช้ 10% Ferric Chloride เป็นสารตกตะกอน	30
4.11 ผลการศึกษาการใช้ 10% Polyaluminiumchloride เป็นสารตกตะกอน	31
4.12 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำตัวอย่าง	32
4.13 ผลการศึกษ้อัตราการกวนเร็วที่เหมาะสม	33
4.14 ผลการศึกษavelเวลาการกวนเร็วที่เหมาะสม	33
4.15 ผลการศึกษ้อัตราการกวนช้าที่เหมาะสม	34
4.16 สรุปผลการเลือกอัตราการกวนช้าที่เหมาะสม	35
4.17 ผลการศึกษavelเวลาการกวนช้าที่เหมาะสม	36
4.18 สมบัติของน้ำเสียก่อนและหลังบำบัดด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี	37
4.19 ประสิทธิภาพในการกำจัดดี, ซีโอดี และบีโอดีของระบบตกตะกอนทางเคมี	38
4.20 สมบัติของน้ำเสียก่อนและหลังบำบัดด้วยระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง	39
4.21 ประสิทธิภาพในการกำจัดดี, ซีโอดี และบีโอดีของระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง	39

4.22 สมบัติของน้ำเสียก่อนและหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี	40
4.23 ประสิทธิภาพในการกำจัดสี, ซีไอดี และบีไอดีของระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี	40
4.24 การเปรียบเทียบค่าพีเอชของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	43
4.25 การเปรียบเทียบค่าความขุ่นของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	45
4.26 การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	47
4.27 การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	49
4.28 การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งละลายของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	51
4.29 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	53
4.30 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพบีไอดีของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	59
4.31 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพซีไอดีของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	57

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตกตะกอน	15
4.1 แสดงเวลาในการให้ออกซิเจนที่เหมาะสม (COD Profile)	23
4.2 การเปรียบเทียบค่าพีเอชของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	43
4.3 การเปรียบเทียบความขุ่นของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	45
4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	46
4.5 การเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	47
4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	48
4.7 การเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	49
4.8 การประสิทธิภาพประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	50
4.9 การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งละลายของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	51
4.10 การประสิทธิภาพประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งละลายของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	52
4.11 การเปรียบเทียบค่าการกำจัดสีของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	53
4.12 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	54
4.13 การเปรียบเทียบค่าบีโอดีของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	55
4.14 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพบีโอดีของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	56
4.15 การเปรียบเทียบค่าซีโอดีของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	57
4.16 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพซีโอดีของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ	58

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จากสภาพทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันกันสูงในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการผลิต การตลาด รูปแบบของผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงมาตรการทางด้านการค้า โดยเฉพาะ มาตรการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม การลดมลพิษ และการใช้วัตถุดิบอย่างคุ้มค่า (ISO 14000) นับเป็นปัจจัยหลักที่เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในส่วนของอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมส่งออกที่สำคัญ ของประเทศไทย แต่ปรากฏว่าในปัจจุบัน อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นต้นเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในเรื่องของน้ำเสีย ซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิต โดยเฉพาะจากกระบวนการฟอกย้อมที่ใช้สีย้อมเป็นวัตถุดิบร่วมกับน้ำ และสารเคมีอื่นๆ สีย้อมที่ใช้ในโรงงานฟอกย้อมทั่วไปมักเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ที่มีสูตรโครงสร้างใหญ่ ซับซ้อน และมีความเป็นพิษ จากกระบวนการย้อมเส้นใยหรือผืนผ้า จะมีการดูดซับสีย้อมเป็นบางส่วนเท่านั้น ที่เหลือจะคงอยู่ในน้ำย้อม และถูกปล่อยออกมากับน้ำทิ้ง ทำให้เกิดทัศนียภาพที่ไม่ดีต่อผู้พบเห็น และมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อยู่อาศัยในน้ำ ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยอนุภาคสีย้อมจะไปขัดขวางการกระจายของแสงทำให้สมดุลของระบบนิเวศน์เสียไป และสีย้อมบางตัวมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปแล้วน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมจะมีสิ่งเจือปนที่ประกอบด้วยบีโอดี ซีโอดี แอมโมเนีย กรด ด่าง ฟีนอล สารแขวนลอย สี ความร้อน และอื่น ๆ ขึ้นกับสภาพและ วิธีการในกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน

จากลักษณะของโรงงานฟอกย้อม อาจกล่าวได้ว่าระบบตะกอนเร่งเป็นระบบหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูงในการลดความสกปรกของน้ำเสียที่อยู่ในรูปบีโอดีได้ ส่วนระบบตกตะกอนทางเคมีสามารถกำจัดสีของน้ำทิ้งลงได้ โดยประสิทธิภาพการกำจัด ขึ้นกับชนิดของสีย้อมและสารเคมีที่ใช้ในการสร้างตะกอน

สำหรับการศึกษารวบรวมในครั้งนี้ให้ความสนใจเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการกำจัดสีของระบบตะกอนเร่ง ซึ่งเป็นกระบวนการทางชีวภาพเปรียบเทียบกับระบบการตกตะกอนทางเคมี ซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมีฟิสิกส์ และการใช้ทั้งสองระบบในการบำบัดน้ำทิ้งร่วมกัน โดยศึกษาการจัดเรียงลำดับหน่วย ของกระบวนการทางเคมีฟิสิกส์ และกระบวนการทางชีววิทยา ว่าการจัดเรียงลำดับหน่วยลักษณะใดจะมีประสิทธิภาพดีกว่า

1.2 วัตถุประสงค์โครงการ

- (1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสี จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมโดยระบบตะกอนเร่งในห้องปฏิบัติการ
- (2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสี จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมโดยระบบตกตะกอนทางเคมี ในห้องปฏิบัติการ
- (3) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสี จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมโดยระบบตกตะกอนทางเคมี และตามด้วยระบบตะกอนเร่งในห้องปฏิบัติการ
- (4) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสี จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมโดยระบบตะกอนเร่ง และตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- (1) ผลการวิจัยจะนำไปใช้ เพื่อหารูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ
- (2) ทำให้ทราบประสิทธิภาพและการควบคุมสภาวะของระบบการตกตะกอนทางเคมี และระบบตะกอนเร่ง ในการกำจัดสีของโรงงานฟอกย้อม

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยทั้งหมดจะทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ของแผนกวิชาเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ โดยใช้น้ำเสียจริงจากโรงงาน Thai World Cup Elastic Co.,Ltd.

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทโรงงานฟอกย้อม

ประเภทโรงงานฟอกย้อมสามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภท ได้แก่

- (1) กระบวนการฟอกย้อมเส้นด้าย
- (2) กระบวนการฟอกย้อมผ้าทอ
- (3) กระบวนการฟอกย้อมผ้าถัก

ในแต่ละกระบวนการจะมีการใช้วัตถุดิบ สารเคมีและวิธีซึ่งแตกต่างกัน ดังนั้นของเสียที่เกิดขึ้นจึงอาจมีความแตกต่างกันดังต่อไปนี้

2.1.1 กระบวนการฟอกย้อมเส้นด้าย

กระบวนการนี้เริ่มจากนำเส้นด้ายดิบไปผ่านกระบวนการเตรียม แล้วจึงทำการย้อมสี โดย ถ้าวัตถุดิบเป็นเส้นด้ายฝ้าย 100% หรือฝ้ายและพอลิเอสเตอร์ กระบวนการเตรียมก็จะแตกต่าง เส้นด้ายจากเส้นใยสังเคราะห์ 100% จะผ่านขั้นตอนการทำความสะอาดแล้วทำการย้อมสีได้เลย แต่ถ้ามีฝ้ายเป็นองค์ประกอบ ขั้นตอนมักเริ่มจากทำความสะอาด ฟอกขาว แล้วจึงย้อมสี ในแต่ละขั้นตอนจะเกิดของเสียขึ้น เนื่องจากการใช้สารเคมีในการทำ ความสะอาด ฟอกขาว การชุบมัน หรือสีย้อมประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในการย้อมตลอดถึง ขั้นตอนการซักล้างและอบแห้ง

2.1.2 กระบวนการฟอกย้อมผ้าทอ

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากแต่ละขั้นตอนจะมีการใช้น้ำ พลังงาน สารเคมี และสีย้อม ที่แตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ และทำให้เกิดของเสียที่มีสมบัติ และปริมาณที่แตกต่างกันตลอดเวลา ซึ่งผ้าดิบที่ทำการฟอกย้อม จะเริ่มต้นจากการลอกแป้ง การทำความสะอาด การฟอกขาว การเมอร์เซอร์ไรซ์ แล้วจึงนำมาย้อมสี หรือ พิมพ์สี ก่อนทำการตกแต่งสำเร็จ ปัจจัยหนึ่งในการเลือกใช้สารเคมี การฟอกขาว สีย้อมให้เหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของผ้าดิบที่ใช้ และ สมบัติของผลิตภัณฑ์สำเร็จที่ต้องการ เช่น ถ้าเป็นฝ้าย 100% กระบวนการจะแตกต่างจากผ้าพอลิเอสเตอร์ 100% หรือ T/C หรือ ไนล่อน และถ้าต้องการนำผ้าไปทำเป็นผ้าใบ ผ้านั้นก็ควรทำการตกแต่งกันน้ำ ถ้าเป็นชุดทำงานก็ควรจะตกแต่งนุ่มหรือ ตกแต่งกันยับ เป็นต้น

2.1.3 กระบวนการฟอกย้อมผ้าถัก

กระบวนการนี้จัดเป็นกระบวนการผลิตที่มีความสำคัญมาก และคล้ายคลึงกับผ้าทอ ทั้งขั้นตอนการซักล้าง ฟอก ย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างผ้าทอและผ้าถัก ก็คือการฟอกย้อมผ้าถักจะไม่มีขั้นตอนการลอกแป้ง เนื่องจากในกระบวนการถักผ้า

จะใช้ น้ำมันหล่อลื่นซีเมนต์ และน้ำมันเหล่านี้ก็จะติดอยู่บนผ้าถัก ดังนั้นกระบวนการเตรียมผ้าถักที่สำคัญก็คือ การซักล้างทำความสะอาดก่อนทำขั้นตอนต่อไป

2.2 ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม ส่วนใหญ่เกิดจากการทิ้งน้ำเสีย น้ำเสียจากการฟอกย้อมมีแหล่งกำเนิดในเกือบทุกขั้นตอนของการฟอกย้อม ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมผ้า ขั้นตอนการใช้สี และขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จ โดยเฉพาะในกระบวนการชำระล้างทำความสะอาดของแต่ละขั้นตอนจะมีการใช้น้ำในอัตราที่สูงมาก ซึ่งสิ่งที่สามารถพบได้ในน้ำเสียเสมอ ได้แก่ เศษเส้นใย เศษผ้า สารเคมี กรดด่าง ไขมัน สบู่ สีย้อม และตัวทำละลาย ดังนั้นจึงทำให้ ปริมาณสารมลพิษในน้ำเสียมีปริมาณสูง และเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

สภาพการเกิดและการระบายน้ำเสีย จะเริ่มจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่ถ่ายน้ำเสียลงในรางระบายน้ำภายในโรงงาน หลังจากนั้นน้ำเสียจะไหลเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานก่อนระบายทิ้งออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไป ซึ่งน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมมีที่มาจากแหล่งต่าง ๆ ที่สำคัญ 5 แหล่งด้วยกัน คือ

2.2.1 น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ได้แก่ น้ำที่ใช้ในการดำเนินการฟอกย้อม น้ำในส่วนนี้อาจมีการระเหยไปบ้างในระหว่างขั้นตอนการผลิต แต่ส่วนใหญ่จะถูกปล่อยออกมาเป็นน้ำเสียภายหลังการผลิต น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตนี้ยังอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- น้ำที่ใช้ในขั้นตอนการฟอกย้อม น้ำในส่วนนี้จะมีปริมาณไม่มากนัก แต่มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกเจือปนที่ค่อนข้างสูง

- น้ำที่ใช้ในการซักล้างภายหลังการฟอกย้อม น้ำในส่วนนี้จะมีปริมาณมาก แต่มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกเจือปนโดยส่วนรวมแล้วต่ำกว่าน้ำเสียในประการแรก

2.2.2 น้ำที่ใช้ในหม้อไอน้ำ

ในกระบวนการฟอกย้อม มักจะมีการอาศัยไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อนแก่น้ำที่ใช้ในกระบวนการ และเป็นตัวให้ความร้อนในตู้อบไอน้ำ ถ้าไอน้ำที่ใช้ถูกปล่อยให้เย็นลงและกลั่นตัวในท่อไอน้ำก็จะได้น้ำที่สะอาดนำกลับไปใช้ใหม่ได้ แต่ถ้าไอน้ำถูกส่งเข้าไปให้ความร้อนแก่สารละลายสีย้อมโดยตรง ก็จะเป็นการเพิ่มปริมาตรของสารละลายสีย้อม และจะถูกรวมเป็นน้ำเสียที่สกปรกที่สุด

2.2.3 น้ำที่ใช้ในการหล่อเย็น

ในกระบวนการพอกย้อมมีบ่อยครั้งที่ทางโรงงานจำเป็นต้องลดอุณหภูมิของสารละลายสีย้อมลงในเวลาอันสั้น ซึ่งจะทำให้ได้ก็โดยอาศัยการใช้น้ำหล่อเย็น น้ำหล่อเย็นนี้ส่วนมากจะเป็นน้ำสะอาดสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

2.2.4 น้ำที่ใช้ในการล้างเครื่องจักรและทำความสะอาดโรงงาน

น้ำส่วนนี้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่ง ของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมพอกย้อม และในบางกรณีนั้นเป็นน้ำเสียที่มีความสกปรกสูงมากด้วย เช่น น้ำล้างถังเตรียมสีย้อม เป็นต้น

2.2.5 น้ำจากแหล่งอื่น ๆ

นอกจากน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว โรงงานอุตสาหกรรมพอกย้อมยังอาจมีน้ำเสียจากแหล่งอื่น ๆ อีก เช่น น้ำใช้ของคนงานหรือน้ำฝน เป็นต้น

2.3 ประเภทของสิ่งสกปรกเจือปนในน้ำเสีย

สารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมพอกย้อมนั้น มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ตัวอย่างของสารอนินทรีย์ เช่น ด่าง และ กรดอนินทรีย์ ได้แก่ โซเดียมซัลไฟเกต , โซเดียมซัลไฟด์ , แอมโมเนียซัลเฟต , โซเดียมคลอไรด์ , โซเดียมซัลเฟต และ สารฟอกขาวธรรมชาติ ส่วนสารอินทรีย์นั้นมีการใช้อย่างกว้างขวาง ซึ่งประกอบด้วยกรดอินทรีย์ เช่น ฟอรั่มิก, กรดอะซิติก, กรดไขมัน , พวกสบู่ , แป้ง , สารอินทรีย์ที่ใช้แทนแป้ง , ผงซักฟอก , สารที่ทำให้เกิดความอ่อนนุ่ม, สีย้อม, สารนำพา และสารอื่น ๆ อีก เช่น สารที่ป้องกันการซึมน้ำ, สารกันเชื้อรา และ สารกันไฟ ซึ่งล้วนนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อฝ่ายระหว่างกระบวนการตกแต่งสำเร็จทั้งสิ้น

สารเคมีบางตัวมีค่าบีโอดีสูง ซึ่งในขณะเดียวกันสารเคมีอื่น ๆ ที่มีค่าบีโอดีต่ำ และสมบัติคล้ายกัน ก็สามารถนำมาใช้ทดแทนกันได้ จึงนิยมใช้สารเคมีที่มีค่าบีโอดีต่ำ เช่น การใช้ Carboxylmethyl Cellulose แทนแป้ง ซึ่งมีประโยชน์และไม่เป็นอันตราย หรือ มีวิธีการกำจัดออกไปได้ง่ายโดยวิธีทางเคมีหรือทางฟิสิกส์ แต่ทั้งนี้ก็อาจจะมีสารเคมีบางตัวที่ใช้ทดแทน แล้วทำให้เกิดผลต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลเสียต่อสัตว์น้ำหรือการใช้น้ำในอนาคต และทำให้ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากขึ้น

เมื่อนำน้ำใช้ไปผ่านกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนนั้นจะมีการใช้สารเคมีหลายชนิดและปริมาณต่าง ๆ กัน หลังจากนั้นน้ำใช้ผ่านเข้าไปในกระบวนการผลิตจะกลายเป็นน้ำเสีย ซึ่งจะต้องนำไปปรับปรุงให้มีคุณภาพที่เหมาะสม ก่อนที่จะปล่อย ลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยน้ำเสียที่ได้จากกระบวนการพอกย้อมนั้นมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มากมายหลายประเภท ซึ่งอาจจะจำแนกออกเป็นประเภทที่สำคัญ ๆ ได้ดังนี้ คือ

2.3.1 สีย้อม

ในการย้อมเส้นใยจะมีการดูดซึมสีย้อมจากสารละลายสีย้อมเพียงบางส่วนเท่านั้น สีย้อมที่เหลือจะคงอยู่ในสารละลายสีย้อม และจะถูกปล่อยออกมากับน้ำเสียในที่สุด ปริมาณของสีย้อมที่ยังคงเหลืออยู่ในสารละลายสีย้อม จะแตกต่างกันไปตั้งแต่ร้อยละ 5 – 50 ขึ้นกับประเภทของสีย้อมที่ใช้

2.3.2 สารเคมีที่ใช้ในการฟอกย้อม รวมทั้งสารเคมีที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จ

สารเคมีที่ใช้ในการฟอกย้อมและการตกแต่ง มีอยู่หลายประเภทแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม

- สารช่วยย้อม ได้แก่ สารช่วยจัดสิ่งสกปรก, สารช่วยเปียก และสารที่ช่วยในการย้อมสีที่ให้ความสม่ำเสมอ

- สารเคมีพื้นฐาน เป็นสารเคมีที่ใช้ในการฟอกย้อมโดยตรง ได้แก่ กรด ด่าง บัฟเฟอร์ เกลือ สารฟอกขาว และสารลอกแป้ง

- สารเคมีตกแต่งสำเร็จ ได้แก่ สารป้องกันการซึมของน้ำ สารกันเชื้อรา สารกันไฟ กันยับ และสารเคมีต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นเมื่อนำมาใช้ในกระบวนการฟอกย้อม สารเคมีเหล่านี้ส่วนใหญ่จะคงเหลืออยู่ในรูปของสารละลายสีย้อมหรือน้ำซักล้าง และจะถูกปล่อยปนอยู่ในน้ำเสีย

2.3.3 สิ่งสกปรกเจือปนในเส้นใย

วัสดุสิ่งทอที่ถูกนำมาผ่านกระบวนการฟอกย้อม ล้วนแต่มีสิ่งสกปรกเจือปนมาบ้างไม่มากก็น้อย โดยทั่วไปเส้นใยธรรมชาติมักมีสิ่งสกปรกเจือปนสูงกว่าเส้นใยสังเคราะห์ เพราะนอกจากจะมีสิ่งสกปรกเจือปนจากกระบวนการผลิตมาแล้ว ยังมีสิ่งสกปรกที่ติดมากับธรรมชาติซึ่งมีปริมาณค่อนข้างมาก สิ่งสกปรกเหล่านี้จะถูกขจัดออกจากเส้นใย ในขณะการเตรียมผ้าก่อนการฟอกย้อม และจะหลุดติดมาในน้ำเสียจากขั้นตอนการเตรียมผ้า

2.3.4 เศษเส้นใย

ในน้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมมีองค์ประกอบหนึ่งที่จะหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ เศษเส้นใย ที่หลุดออกมา เศษเส้นใยนี้หากมีจำนวนมากก็อาจทำให้เกิดปัญหาการอุดตัน ของน้ำเสียในเครื่องย้อมได้ นอกจากนี้ในเส้นใยพอลิเอสเตอร์ยังมีสารโอลิโกเมอร์ ที่หลุดออกมาจากเส้นใย และปะปนในน้ำเสียด้วย

2.3.5 สิ่งสกปรกเจือปนอื่น ๆ

นอกจากสิ่งสกปรกเจือปนต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น น้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อม ยังอาจมีสิ่งสกปรกเจือปนชนิดอื่น ๆ อีก สารเคมีบางตัวอาจมีผลอย่างมากต่อลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

จากที่กล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า สิ่งสกปรกเจือปนในการฟอกย้อม มีความหลากหลายอย่างยิ่งในองค์ประกอบทางเคมี แต่น้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทนี้ยังมีข้อดีอยู่บ้าง ที่ง่ายต่อการบำบัด และมีค่าต่อการเป็นพิษต่ำ

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะของสมบัติของน้ำเสีย

น้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ คือ

2.4.1 กระบวนการฟอกย้อมผลิตภัณฑ์

แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการใหญ่ ๆ ดังนี้

- กระบวนการฟอกย้อมเส้นด้าย กระบวนการนี้เริ่มจากนำเส้นด้ายดิบไปผ่านกระบวนการเตรียม แล้วจึงทำการย้อมสี
- กระบวนการฟอกย้อมผ้าทอ กระบวนการนี้เริ่มจากการลอกแป้ง การทำความสะอาด การซักรีด การฟอกขาว แล้วจึงนำมาย้อมสี ก่อนทำการตกแต่งสำเร็จ
- กระบวนการฟอกย้อมผ้าถัก กระบวนการฟอกย้อมผ้าถัก จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับการ ฟอกย้อมผ้าทอ แตกต่างกันที่ การฟอกย้อมผ้าถักจะไม่มีขั้นตอนการลอกแป้ง

2.4.2 ชนิดของสารลงแป้งบนผ้าทอ

ชนิดของสารลงแป้งบนผ้าทอมีผลอย่างมากต่อลักษณะของน้ำเสีย โดยเฉพาะแป้งกับผ้าฝ้าย ส่วนใหญ่จะเป็นแป้งธรรมชาติ ซึ่งมีค่าบีโอดีสูง

2.4.3 ชนิดและความสกปรกของเส้นใย

โดยทั่วไปน้ำเสียจากการฟอกย้อมเส้นใยธรรมชาติ จะมีความสกปรกมากกว่าเส้นใยสังเคราะห์เนื่องจากมีสิ่งสกปรกเจือปนติดมามากกว่า

2.4.4 ชนิดของสีย้อมและกรรมวิธีการย้อม

เส้นใยแต่ละชนิดจะมีสีย้อมให้เลือกใช้ได้หลายประเภท แต่ละประเภทก็มีกรรมวิธีการย้อม และมีความจำเป็นต้องใช้สารเคมีในการช่วยย้อมที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้ในการย้อมสีแต่ละประเภท ก็ยังมีกรรมวิธีการย้อมให้เลือกได้หลายวิธี แต่ละวิธีก็มีการใช้สารเคมีที่แตกต่างกันไปทั้งในแง่ของชนิดและปริมาณ

2.5 ลักษณะสมบัติน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อม

จากการสำรวจโดยการเก็บตัวอย่าง ของโรงงานฟอกย้อมในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 100 ตัวอย่าง(กรมโรงงานอุตสาหกรรม,2542) ซึ่งการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเป็นการเก็บตัวอย่างแบบจ้วงตักที่จุดรวมน้ำเสีย ก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย โดยมีค่าที่ทำการตรวจวัดได้แก่

ความสกปรกในรูปค่าบีโอดี , ซีโอดี,ค่าความเป็นกรดต่าง (pH), ปริมาณของของแข็งแขวนลอย (SS), และปริมาณสี ซึ่งได้ผลสรุป ค่าประเมินต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมแบ่งตามผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ฟอกย้อม	pH	บีโอดี (มก./ล.)	ซีโอดี (มก./ล.)	SS (มก./ล.)	สี หน่วยPt Co	จำนวนข้อมูล
ฟอกย้อมด้าย	8.2	120	300	43	450	13
ฟอกย้อมผ้าถัก	9.0	110	370	50	570	16
ฟอกย้อมผ้าทอ	8.6	400	1200	140	670	41
ฟอกย้อมด้ายและผ้า	9.1	230	713	65	400	30

ที่มา : จากการประเมินผลการสำรวจของบริษัท ช. รุ่งเลิศ แอสโซซิเอท จำกัด
อ้างใน กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2542

2.6 วิธีกำจัดสีจากน้ำเสียโรงฟอกย้อม

การกำจัดสีจากน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมได้มีการพัฒนาต่อเนื่อง จากเดิมซึ่งโรงงานทั่วไปมักใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยในสมัยก่อนสีที่ปล่อยออกมามีปริมาณน้อยทำให้ยังไม่เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่ในปัจจุบันอุตสาหกรรมสิ่งทอได้เพิ่มจำนวนมากขึ้น อีกทั้งยังมีการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการฟอกย้อม ไม่ว่าจะเป็นเครื่องจักรที่ทันสมัย การเติมสารเคมีช่วยเพิ่มคุณภาพของผ้า จนกระทั่งการพัฒนาสีที่ใช้ในการย้อม เพื่อให้สีติดผ้ามากขึ้น ทำให้น้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม ประกอบด้วยสารเคมีและสีย้อมมากมายหลายชนิด จนไม่สามารถใช้ กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพชนิดแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ ในการกำจัดสีให้ลดลงได้ จึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับวิธีการกำจัดสีหลายวิธี การจะเลือกวิธีการกำจัดสีหนึ่งวิธีหรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับขั้นตอนในการฟอกย้อม และชนิดสีที่ใช้ซึ่งพอจะจำแนกวิธีการกำจัดสีเป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

2.61 การกำจัดสีทางเคมี-ฟิสิกส์

การกำจัดสีโดยวิธีทางเคมี-ฟิสิกส์เป็นการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น ก่อนที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองต่อไป หรืออาจใช้ตามหลังกระบวนการชีวภาพ ตัวอย่างของการกำจัดสีโดยวิธีเคมี-ฟิสิกส์ ได้แก่ กระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้สารเคมีซึ่งสามารถกำจัดสีอินทรีย์และสารประกอบอื่นๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ กลไกของกระบวนการดังกล่าว เกิดจากอนุภาค

หรือสิ่งปนเปื้อนถูกดูดติดผิวฟล็อก โรงฟอกย้อมส่วนมากนิยมใช้สารเคมีต่างๆในการทำให้เกิดกระบวนการโคแอกกูเลชัน และฟล็อกกูเลชัน ได้แก่ ปูนขาว สารส้ม เกลือเฟอร์ริก หรือ พอลิอิเล็กโทรไลต์ แล้วตามด้วยกระบวนการตกตะกอน ซึ่งพบว่ามีความเสียหายเนื่องจากใช้สารเคมีปริมาณมากในการกำจัดสี และมีสลดจทางเคมีเกิดขึ้นมากตามมามากด้วย ดังนั้นการที่จะใช้วิธีการโคแอกกูเลชัน และฟล็อกกูเลชัน ในการกำจัดสีจากน้ำเสียโรงฟอกย้อม ข้อสำคัญที่ควรคำนึงถึงคือ การประเมินปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ ให้มีปริมาณพอเหมาะกับลักษณะของน้ำเสีย

จากการศึกษาของสถาบัน ADMI (American Dye Manufacturer Institute, 1976) ใช้กระบวนการทางฟิสิกส์, เคมี และ ชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฟอกย้อม 20 แห่ง (Horning R.H., 1977) พบว่าการใช้พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ ทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูง แต่ต้องใช้พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ในปริมาณมาก ตามความเข้มข้นของสีในน้ำเสีย

2.6.2 กระบวนการทางเคมี

2.6.2.1 การออกซิเดชัน (Oxidation)

(1) การเติมคลอรีน (Chlorination)

สีย้อมหลายชนิดถูกกำจัดได้โดยใช้สารเคมีเป็นตัวออกซิไดซิง สารเคมีที่นิยมใช้มากในการกำจัดสีขั้นต้นคือ คลอรีนในรูปของเหลวหรือก๊าซ อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้คลอรีนในปริมาณมากเกินไปจะทำให้เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (ในรูปสารประกอบ Chlorinated Chemical) จากงานวิจัยของ Ghosh และคณะ (1978) อ้างโดย Reife และ Freeman (1996) ในการกำจัดสีโดยกระบวนการเติมคลอรีน สรุปได้ว่าต้องใช้คลอรีนปริมาณ 150 มก./ลิตร จึงจะให้ประสิทธิภาพ ในการกำจัดสี 77 % แต่จะมีคลอรีนตกค้างในน้ำเสียปริมาณ 110 มก./ลิตร และถ้าใช้คลอรีนต่ำกว่า 100 มก./ลิตร จะไม่มีคลอรีนตกค้างเหลืออยู่ แต่จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลงเหลือ 57 %

(2) การเติมโอโซน (Ozonation)

โอโซนได้ถูกใช้ในการกำจัดกลิ่นในน้ำดื่ม ตลอดจนใช้ในการย่อยสลายสารประกอบสี โอโซนเป็นตัวออกซิไดซิงดีกว่าคลอรีน และพบว่ากลไกที่ได้จากการออกซิไดซิงน้ำเสียที่มีสีโดยใช้โอโซน ไม่ก่อให้เกิดมลพิษจากสารพวก Chlorinated Organics ในการวิจัยของ Horning (1978) พบว่า การใช้โอโซนปริมาณ 1 มก./ลิตร เป็นตัวออกซิไดซิง จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีรีแอคทีฟ และ สีเบสิค แต่ไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีดิสเพอร์ส ส่วนการกำจัดสีไดเรกต์ ต้องใช้โอโซนในปริมาณที่ไม่แน่นอน และนอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสูงในการติดตั้งอุปกรณ์

2.6.2.2 การรีดักชัน (Reduction)

ในการศึกษาเกี่ยวกับการรีดักชันของสีชนิดเอโซ (Azo) พบว่าสีเอโซจะถูกสลายให้กลายเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง เกิดเป็นสารประกอบ อะโรมาติก เอมีน ซึ่งสารประกอบที่เกิดขึ้นดังกล่าว ถูกพบว่า หากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะเป็นพิษมากกว่าตัวของสีที่ย้อมเอง โดยสารเคมีที่ใช้คือ โซเดียมไฮไดรไรต์ (Reife และ Freeman , 1996)

2.6.2.3. กระบวนการดูดติดผิว

กระบวนการดูดติดผิวเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ในการกำจัดสีที่มีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งต่ำ ๆ โดยใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ซึ่งสามารถเตรียมได้จาก ลิกไนท์ ถ่านหิน เศษไม้ เศษฝ้าย กะลามะพร้าว ฯลฯ ซึ่งวัสดุดังกล่าว มีพื้นที่ผิว 500 - 1400 ตารางเมตร/กรัม (Reife และ Freeman , 1996) โดยพบว่า โครงสร้างโมเลกุลของสีย้อม มีผลต่อปริมาณการดูดติดผิวบนผิวน้ำกัมมันต์อย่างมีนัยสำคัญ โดยทั่วไปแล้วความสามารถในการดูดติดผิวของสารประกอบ จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขนาดของโมเลกุล และ Aromaticity , ความมีขั้ว (Polarity) , และการแตกพันธะของลูกโซ่ของคาร์บอน (Carbon Chain Balancing)

2.6.2.4. กระบวนการไฟฟ้าเคมี

สถาบัน ADMI ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสียโรงฟอกย้อม จึงทำให้ทราบต่อมาว่า นอกจากจะสามารถกำจัดโลหะหนักแล้ว ยังสามารถกำจัดสีให้ลดลงได้อีกด้วย จึงทำให้มีการใช้เทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฟอกย้อมเป็นครั้งแรก และมีการจดลิขสิทธิ์โดยใช้ชื่อว่า Andco Environmental Process (Uhrich ,1989)

2.6.3 กระบวนการทางชีวภาพ

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพมีการแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

(1) ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ (Anaerobic Treatment System)

(2) ระบบบำบัดแบบใช้อากาศ (Aerobic Treatment System)

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธี Anaerobic เป็นวิธีที่ไม่ต้องเติมออกซิเจนหรือถังหมัก ระบบนี้ เริ่มนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย มากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะสามารถประหยัดพลังงานในการเติมอากาศ และ ยังได้พลังงานที่เกิดจากระบบไร้ออกซิเจน ได้แก่ ก๊าซมีเทน เป็นต้น ซึ่งเป็นก๊าซที่ใช้ในการหุงต้มทำอาหารได้ และใช้ในการต้มน้ำในหม้อต้มน้ำของ โรงงานอุตสาหกรรมได้ ในอดีตเข้าใจกันว่า การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธี Anaerobic จำเป็นต้องมือน้ำเสียที่มีความสกปรกมาก แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนารูปแบบของถังปฏิกริยาขึ้นมาเรื่อย ๆ จนสามารถบำบัดน้ำเสียที่มีบีโอดีต่ำ ๆ เช่น น้ำเสียจากชุมชน เป็นต้น

การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบแอโรบิค เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฟอกย้อม เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าวิธีอื่น และในสมัยก่อน น้ำเสียจากโรงฟอกย้อมจะถูกปล่อยรวมกับน้ำเสียจากเทศบาล และใช้ระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสีย อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน เนื่องจากมีสีปนมากับน้ำเสียจากโรงฟอกย้อม ในปริมาณมาก จนไม่สามารถที่จะใช้ระบบตะกอนเร่ง กำจัดสีที่เกิดขึ้น แต่ก็ได้มีการวิจัยเกี่ยวกับการกำจัดสี โดยใช้ระบบตะกอนเร่งของ Carliell และคณะ (1996) โดยพบว่า สีย้อมเป็นตัวขัดขวางการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน สาเหตุจากตัวสีย้อมได้มีการเติมสารเคมีที่ช่วยเพิ่มคุณสมบัติของสีย้อม เช่น สารป้องกันไม่ให้สีตก และ ยังพบว่าอัตราการย่อยสลายน้ำเสียของโรงฟอกย้อมช้ากว่าน้ำเสียชุมชน (Reife และ Freeman , 1996)

กระบวนการทางชีวภาพแบบแอโรบิกสามารถแบ่งได้ดังนี้

- (1) ระบบโปรยกรอง (Trickling Filters)
- (2) ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC)
- (3) ระบบบ่อธรรมชาติ (Natural Pond)
- (4) ระบบเอเอส (Activated Sludge) ระบบบำบัดนี้ใช้ในการทดลองครั้งนี้

ระบบ เอเอส เป็นระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพที่นิยมใช้กันมาก โดยอาศัยจุลินทรีย์ที่มีปริมาณมากพอสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จุลชีพเหล่านี้จะลอยอยู่ในน้ำตะกอนของถังเติมอากาศ ซึ่งจุลชีพจะขยายพันธ์เพิ่มปริมาณ ขึ้นในลักษณะที่เรียกว่า การเจริญเติบโตแบบแขวนลอย โดยทั่วไปภายในถังเติมอากาศจะมีระบบกวนซึ่งมักจะใช้เครื่องจักรกล ทำหน้าที่ให้จุลชีพหรือน้ำสลัดจ์แขวนลอยอยู่ในถังเติมอากาศตลอดเวลา เพื่อที่จะสามารถควบคุมจำนวนจุลชีพภายในระบบเอเอสได้เป็นที่ต้องการ ดังนั้นจำเป็นต้องมีระบบแยกน้ำใสออกจากน้ำสลัดจ์ ซึ่งนิยมใช้ถังตกตะกอน ทำหน้าที่แยกน้ำทิ้งออกจากน้ำสลัดจ์ เพื่อปล่อยน้ำทิ้งที่ใสไหลล้นออกจากถังตกตะกอน ส่วนบริเวณก้นถังตกตะกอน จะมีความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์มาก ซึ่งมักจะนำกลับสู่ถังเติมอากาศ เพื่อช่วยในการควบคุมจำนวนจุลชีพในถังเติมอากาศได้ ถ้าพบว่าระบบมีน้ำสลัดจ์มากเกินไปเกินความต้องการ ก็อาจสูบน้ำจากก้นถังตกตะกอน หรือจากถังเติมอากาศโดยตรงก็ได้ และจะนำน้ำสลัดจ์ส่วนเกินนี้กำจัดต่อไป

2.6.4 อื่น ๆ

นอกจากกระบวนการต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นยังมีกระบวนการกำจัดสีโดยอาศัยเทคโนโลยีใหม่ ๆ อีก เช่นกระบวนการออสโมซิสผกกลับ, การกรองโดยผ่านแสงยูวี, การแลกเปลี่ยนไอออน โดยจะใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฟอกย้อมที่มีความเข้มข้นของสีสูง และน้ำที่ได้จากการบำบัดด้วยกระบวนการดังกล่าวสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่ยังไม่เป็นวิธีที่แพร่หลายนักเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาอุปกรณ์สูงมาก

ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีแนวความคิดว่าการบำบัดน้ำเสียจากโรงฟอกย้อม น้ำจะบำบัดด้วยอนุกรมของหน่วยกระบวนการทางเคมีฟิสิกส์ และชีวภาพน่าจะได้ดี โดย พิจารณาการจัดเรียงลำดับหน่วยกระบวนการทางเคมีฟิสิกส์ และชีวภาพ ว่าลักษณะการ จัดเรียงลำดับหน่วย แบบใด จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีมากกว่า

2.7 การวิจัยที่เกี่ยวข้องและคล้ายคลึงกับงานวิจัยที่ทำ (Related Work and Similar Studies)

จินตนา แป้นสุวรรณ (2539) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ และ ประสิทธิภาพในการกำจัดสี และสารอินทรีย์ จากน้ำเสียโรงฟอกย้อมโดยใช้ระบบบำบัด น้ำเสียแบบชีวภาพชนิดเอสปีอาร์แบบธรรมดา กับแบบแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิก (เอทูโอ-เอสปีอาร์) โดยการทดลองแบ่งออกเป็น

ก) ใช้ น้ำเสียจริงที่มีสีต่างกัน 3 ชนิดคือ สีดิสเพอร์ส , ซัลเฟอร์ และรีแอคทีฟ โดยน้ำเสียมีสี ดิสเพอร์สเก็บมาจากบ่อกักน้ำเสียรวมในโรงงานแห่งที่ 1 ส่วนน้ำเสียอีก 2 ชนิด เก็บมาจาก กระบวนการฟอกย้อมอย่างเดียวในโรงงานแห่งที่ 2

ข) ใช้ น้ำเสียจริงชนิดสีรีแอคทีฟที่มีการเติมแหล่งคาร์บอน(น้ำตาลและกรดอะซิติก) เสริมลงไป และ นำมาทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสี โดยใช้ระบบเอทูโอ-เอสปีอาร์ ที่มีการ ทำงานในช่วงแอนนออกซิก + แอนแอโรบิกต่างกัน คือ 8 และ 20 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพ ของการกำจัดสีจากน้ำเสียโรงฟอกย้อมขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้คือ องค์ประกอบของน้ำเสีย, ชนิดและโครงสร้างของโมเลกุลสี, ความเข้มข้นของสี และเวลาการทำงานในช่วงแอนนออกซิก+ แอนแอโรบิก และออกซิก ที่เหมาะสม

เพ็ญประภา สืบศิริ (2539) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสี และ ซีไอดี ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม ด้วยวิธีการตกตะกอนโดยใช้แร่เบนโทไนต์เป็นสารสร้างตะกอน ทำการทดลองโดยการเติมเบนโทไนต์เป็น 6 ระดับ คือ 0, 200, 400, 600, 800 และ 1,000 มก./ล. และปรับค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเป็น 3 ระดับคือ 10, 11 และ 12 พบว่า ประสิทธิภาพ ในการกำจัดสี และซีไอดี ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม ขึ้นอยู่กับปริมาณ เบนโทไนต์ และระดับค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสีย ซึ่งสภาวะที่จะมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม สำหรับการกำจัดสี และ ซีไอดี ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม (90% และ 30% ตามลำดับ) คือ สภาวะที่ใช้ปริมาณแร่เบนโทไนต์ตั้งแต่ 200 มก./ล. ขึ้นไป และมีระดับค่าพีเอชเริ่มต้น ของน้ำเสีย เป็น 12

วุฒิ วิพันธุ์พงษ์ (2540) ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารเคมีเฟนตัน (ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์+เหล็ก) ในการกำจัดสี และสารอินทรีย์ จากน้ำเสียจริงที่มีสีรีแอคทีฟ

จาก โรงงานย้อมผ้าและด้ายฝ้าย การทดลองนี้มี 2 ขั้นตอนคือ การศึกษาการบำบัดน้ำเสียทางเคมี และ การศึกษาการย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพ พบว่าปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และอัตราส่วนโดยโมล ระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเหล็กที่ใช้เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสี ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า การควบคุมการเติมสารเคมีสามารถกระทำได้โดยใช้ค่าไออาร์พีที่เหมาะสม และสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย จะมีราคาประมาณ 6.2, 6.5, 3.6, และ 18 บาท/ ลบ.ม. สำหรับ น้ำเสียโทนดำ, แดง, ม่วง, และน้ำตาลอ่อน ตามลำดับ

สมคิด วงศ์ไชยสุวรรณ (2525) ได้ศึกษา ถึงการกำจัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้า โดยใช้กระบวนการโคแอกกูเลชัน และใช้สารส้ม, ปูนขาว และแมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิก (MCHB) เป็นสารสร้างตะกอน โดยทดลองกับสีย้อม 6 ประเภท ได้แก่ ไตรเรคต์ แวตรีแอกทีฟ ชัลเฟอร์ อะโซอิก เมทิลิก พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีของน้ำเสียขึ้นอยู่กับประเภทของสีย้อม ชนิดของโตนสี และสารเคมีที่ใช้เป็นสารสร้างตะกอน จากผลการทดลองใช้สารเคมีทั้งสามชนิด พบว่าสารส้มและ MCHB สามารถกำจัดสีได้ดีพอควร ส่วนปูนขาวแทบไม่สามารถกำจัดสีได้เลย

พ.ญ. สร้อยดาว วินิจนันทรณ์ ได้ทำการศึกษา เพื่อหาสารตกตะกอนที่เหมาะสมในการตกตะกอนสีจากโรงงานฟอกย้อมเส้นใย พบว่าเฟอร์รัสซัลเฟตสามารถลดค่าซีไอได้ดีมากที่สุด คือ 65.71 % และลดค่า บีไอดี 80.65% พบว่าเฟอร์รัสซัลเฟต และเบนโทไนท์สามารถตกตะกอนสีกับน้ำเสีย จากกระบวนการผลิตที่มีองค์ประกอบของสารเคมีที่ใช้แตกต่างกันได้ทุกกรณี ส่วนในวันที่โรงงานมีการใช้สาร G-10 (Base resin) และ AM (Gathering agent) จะไม่สามารถใช้สารส้ม และ เฟอร์ริคคลอไรด์ ในการตกตะกอนสีได้ และการตกตะกอนสี พบว่าคุณภาพน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดให้ได้มาตรฐานน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสามารถลดค่าบีไอดี ได้โดยเฉลี่ย 75%

Carliell และคณะ (1996) ได้ทำการศึกษา เกี่ยวกับการกำจัดสีโดยใช้ระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ พบว่าสีย้อมเป็นตัวขัดขวางการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน เนื่องจากในตัวสีย้อมได้มีการเติมสารเคมีที่ช่วยเพิ่มคุณสมบัติของสีย้อม เช่นป้องกันไม่ให้สีตก หรือไม่ติดไฟง่าย

Porter และ Snider (1980) ได้ทำการศึกษา พบว่าค่าบีไอดี 30 วันโมเลกุลของสีจะถูกย่อยสลายได้มากกว่าที่การทดสอบค่าบีไอดี 5 วัน (โดยใช้แบคทีเรียชนิดที่ไม่ขึ้นต่อน้ำเสีย) ทั้งนี้ เนื่องจากมีสารเคมีจำนวนมากที่ใช้ในกระบวนการฟอกย้อมถูกย่อยสลายได้ช้ามาก พบว่าสีส่วนมากที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นตัวขัดขวางการย่อยสลาย และหลังจากเวลาผ่านไป 30 วัน สีจะถูกกำจัดอย่างช้าๆ

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

- เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า
- เครื่องวัดค่าความชื้น
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
- เครื่องตกตะกอนสารละลาย (Jar Test)
- ตู้อบ
- ถังปฏิกิริยา เป็นถังขนาด 530 ID x 1000 H วัสดุทำด้วย Polyethylene สีขาว

สามารถมองระดับของเหลวภายในถังจากภายนอกได้ จำนวน 1 ถัง

- เครื่องกวนใช้ในกระบวนการสร้างตะกอนจำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่ผสมน้ำเสียให้มีการสัมผัสกับอนุภาคของสีและสารสร้างตะกอน ใบกวนแบบ PADDEL TYPE สามารถปรับระดับความสูงได้ โดยมีรายละเอียดของใบพัดดังนี้

เส้นผ่าศูนย์กลางใบพัด 280 mm.

ขนาดของใบพัดกว้าง x ยาว = 80 x 80 mm.

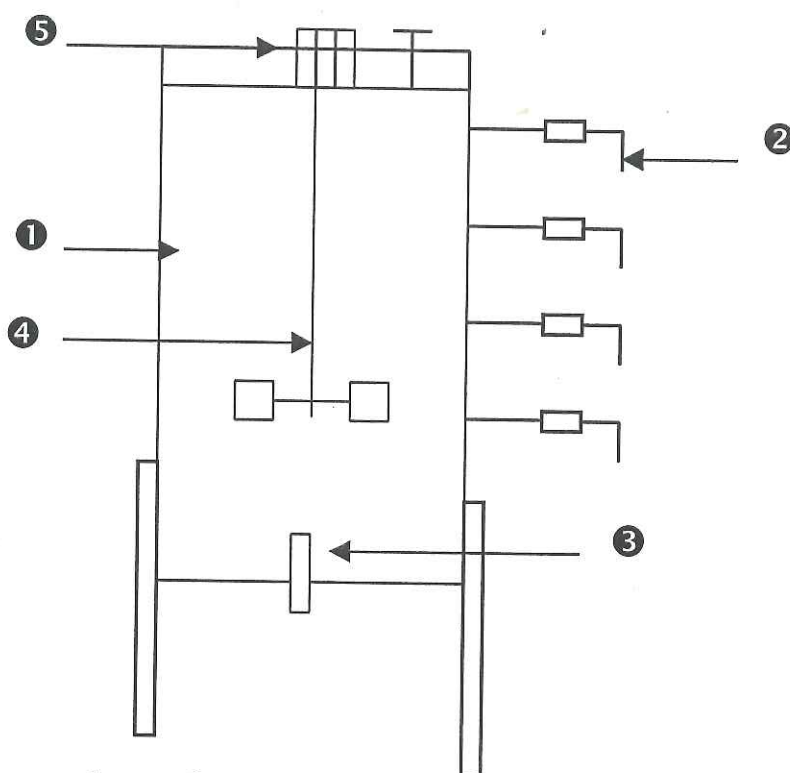
ความสูงของใบพัดปรับระยะได้(max/min) = 80/40 mm.

- อุปกรณ์ในการเติมอากาศ

3.2 สารเคมี

- สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต 0.1 N
- สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.05 N
- สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 N
- สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต 0.025 N
- สารละลายเฟอร์โรซีนอินดิเคเตอร์
- สารละลายแมงกานีสซัลเฟต
- สารละลายโปแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต
- สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.1 N
- กรดซัลฟูริก
- สารละลาย Alkali – Iodide – Azide
- ฟีนอล์ฟธาลีนอินดิเคเตอร์
- ถ่านกัมมันต์

- สารละลายสติกโฟสเฟต
- Ammonium Molybdate
- Ammonium Metavanadate
- น้ำแป้ง

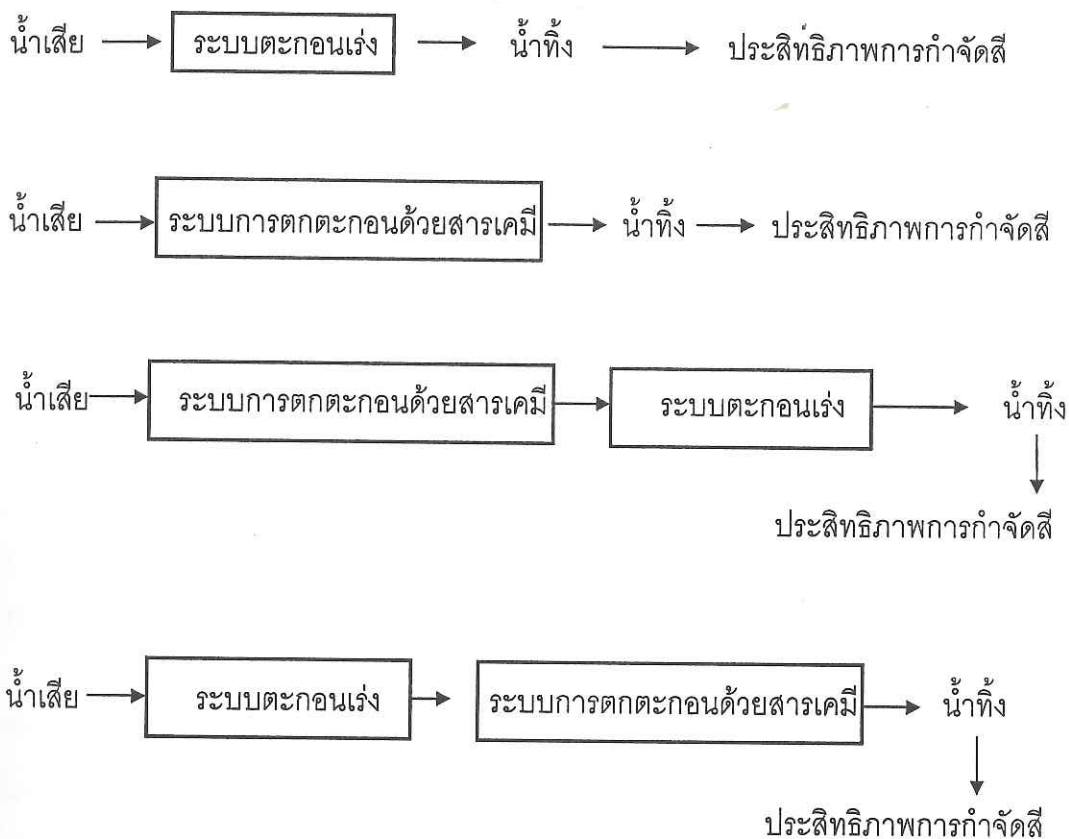


- ❶ ถังขนาด 530ID x 1000H วัสดุ PE สีขาว
- ❷ ท่อพีวีซีสำหรับปล่อยน้ำออก
- ❸ ท่อปล่อยตะกอน
- ❹ ใบพัดกวนแบบแบบ Paddle Type สามารถปรับระดับความสูงได้โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางใบพัด(Center to Center)280mm.
ใบพัดกว้าง x ยาว = 80x80 mm.
ความสูงของใบพัดปรับระยะได้ (max/min) = 80/40
- ❺ มอเตอร์สำหรับขับใบพัดกวนเป็นแบบปรับความเร็วรอบได้ขนาด 40 W

ภาพที่ 3.1 เครื่องกวนที่ใช้ในการสร้างตะกอน

3.3 แผนการทดลอง

การวิจัยนี้ เป็นการศึกษเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีจากน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม ระหว่างระบบตะกอนเร่งกับระบบการตกตะกอนด้วยสารเคมี และระหว่างระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบการตกตะกอนด้วยสารเคมี กับระบบการตกตะกอนด้วยสารเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง



3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

สำหรับวิธีวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ของตัวอย่างน้ำ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิธีวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ของตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
บีโอดี	Azide Modification Method
พีเอช	Electronic pH Meter with Glass Electrode Method
ซีโอดี	Dichromate Open Reflux Method
ค่าความขุ่น	Naphelometric Method
สี	Spectrophotometer Methods

3.5 การดำเนินการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของระบบตะกอนเร่ง และ ศึกษาประสิทธิภาพของระบบในการกำจัดสี ซีโอดี บีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย และความขุ่น

การเตรียมตะกอนจุลินทรีย์เพื่อให้มีปริมาณมากพอ เริ่มจากนำเชื้อมาเพาะเลี้ยงให้คุ้นเคยกับน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อม โดยเพาะเลี้ยงในโหลแก้วขนาด 10 ลิตร เติมน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อม และเติมอากาศตลอดเวลาโดยใช้ Air Pump ให้มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เปลี่ยนน้ำทิ้งในโหลใหม่ทุกวันโดยหยุด Air Pump ปลอ่ยให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอน ดูดน้ำใสส่วนบนทิ้งไป แล้วเติมน้ำทิ้งใหม่ให้มีปริมาตรเท่าเดิม และทำการเติมอากาศต่อ ใช้เวลาเตรียมตะกอนจุลินทรีย์ จนกว่าจะได้ค่า MLSS ประมาณ 3500 มก./ลิตร แล้วจึงเริ่มทำการทดลอง ในขั้นต่อไป

ขั้นเตรียมการทดลอง

เลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์จนกว่าจะได้ MLSS ประมาณ 3500 มก./ลิตร

ขั้นทำการศึกษาและ

ผลการทดลอง

ใส่ถังทดลองสำหรับระบบแอกติเวตเตดสลัดจ์

ควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสม

เติมน้ำทิ้งให้แกระบบ

ควบคุมค่า pH อัตราการเติมอาหารเสริม และการเติมอากาศ

วิเคราะห์ค่า บีโอดี ซีโอดี ปริมาณของแข็งและความขุ่น และค่าสี

ชุดการทดลองที่ 2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบระบบ ตกตะกอนด้วยสารเคมี และศึกษาประสิทธิภาพของระบบในการกำจัดสี ซีโอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย และความขุ่น

1. หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกปริมาณสารเคมีสำหรับสร้างตะกอน และพีเอช ที่เหมาะสม โดยเลือกปริมาณสารเคมีสำหรับสร้างตะกอนที่ใช้น้อยที่สุด และกำจัดสีได้มากที่สุด และถ้าประสิทธิภาพเท่ากัน จะคำนึงถึงความเสี่ยงในการปรับพีเอช หลังผ่านการ ตกตะกอน และราคาของสารเคมี

2. ทำการศึกษ้อัตราการกวนและระยะเวลาที่เหมาะสม รวมทั้งระยะเวลาการทิ้งให้ ตกตะกอนโดยใช้ตัวอย่างน้ำทิ้ง ทำการศึกษาดังนี้

2.1 หาปริมาณสารสร้างตะกอนที่กำจัดสีได้มากที่สุด

โดยทดลองทำจาร์เทสต์ กับตัวอย่างน้ำโดย กวนเร็ว 90 รอบ/นาที นาน 2 นาที กวนช้า 20 รอบ/นาที นาน 15 นาที และ ตั้งทิ้งให้ตกตะกอน นำน้ำใสไปวัดค่าความขุ่นที่เวลา 10-120 นาที เพื่อ หาเวลาการทิ้งให้ตกตะกอนที่เหมาะสม

2.2 ใช้ปริมาณสารสร้างตะกอนจาก ข้อ 2.1 มาทำการทดลองทำจาร์เทสต์กับ ตัวอย่างน้ำ โดยเปลี่ยนอัตราการกวนเป็น 70,90,100,120,140 รอบ/นาที นาน 2 นาที กวนช้า 20 รอบ/นาที นาน 15 นาที ตั้งทิ้งให้ตกตะกอนโดยใช้เวลาตามผลจากข้อ 2.1 นำ น้ำใสไปวัดค่าความขุ่น จะได้ค่าอัตราการกวนที่เหมาะสมที่ให้ค่าความขุ่นต่ำสุด

2.3 ใช้ปริมาณสารสร้างตะกอนจากข้อ2.1 มาทำการทดลองทำจาร์เทสต์กับตัวอย่างน้ำ โดยเปลี่ยนเวลากวนเร็วเป็น 1,2,3,4,5,และ 6 นาที โดยมีอัตราเร็วจากข้อ 2.2 กวนช้า 20 รอบ/นาที นาน 15 นาที ตั้งทิ้งให้ตกตะกอน โดยใช้เวลาตามผลจากข้อ2.1 น้ำเสียไปวัดค่าความขุ่น จะได้ค่าเวลาในการกวนเร็วที่เหมาะสมที่ให้ค่าความขุ่นต่ำสุด

2.4 ใช้ปริมาณสารสร้างตะกอนจากข้อ2.1 มาทำการทดลองทำจาร์เทสต์กับตัวอย่างน้ำ โดยเปลี่ยนอัตราการกวนช้าเป็น 10,20,30,40,50,และ 60รอบ/นาที นาน15นาที ส่วนอัตราการกวนเร็วและเวลากวนเร็ว ใช้ค่าที่เหมาะสมจากข้อ2.2และ2.3ตามลำดับ ตั้งทิ้งให้ตกตะกอนโดยใช้เวลาตามผลที่ได้จากข้อ 2.1 นำน้ำใสไปวัดค่าความขุ่นจะได้ค่าอัตราการกวนช้าที่เหมาะสมที่ให้ค่าความขุ่นต่ำสุด

2.5 ใช้ปริมาณสารสร้างตะกอนจากข้อ2.1 มาทำการทดลองทำจาร์เทสต์ กับตัวอย่างน้ำโดยเปลี่ยนเวลากวนช้าเป็น 5,10,15,20,30 และ 40นาที ส่วนอัตราการกวนเร็ว เวลา กวนเร็ว และอัตราการกวนช้า ใช้ค่าที่เหมาะสมจากข้อ 2.2 , 2.3 และ2.4 ตามลำดับ ตั้งทิ้งให้ตกตะกอน โดยใช้เวลาตามผลที่ได้จากข้อ 2.1จะได้เวลากวนช้าที่เหมาะสมที่ให้ค่าความขุ่นต่ำสุด

2.6 นำชนิดของสารสร้างตะกอนที่เหมาะสม อัตราการกวนเร็ว เวลากวนเร็ว อัตราการกวนช้า เวลากวนช้า และเวลาการทิ้งให้ตกตะกอนที่เหมาะสมไปใช้ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีในถังปฏิกริยา

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ชุดการทดลองที่3 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่มีการจัดเรียงลำดับหน่วย ด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี ตามด้วยระบบแอดดิเวดเตดสลัดจ์ ในการกำจัดสี ซีไอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย และความขุ่น

ศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่มีการทำงานร่วมกันของกระบวนการทางชีวภาพและทางเคมีฟิสิกส์ โดยนำน้ำเสียมาตกตะกอนด้วยสารเคมีโดยใช้สารเคมีและสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จาก ผลการทดลองชุดที่ 2 แล้วนำมาบำบัดต่อด้วยระบบแอดดิเวดเตดสลัดจ์โดยใช้สภาวะของการทดลองที่ได้จากผลการทดลองชุดที่ 1 นำน้ำที่ออกจากระบบมาวิเคราะห์หาค่าสี ซีไอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอยและความขุ่น

เลขที่..... 3556
เลขทะเบียน..... 0146
วัน เดือน ปี..... 9 ก.ค. 52

ชุดการทดลองที่4 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่มีการจัดเรียงลำดับหน่วยด้วยระบบแอคติเวตเตดสไลด์ ตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี ในการกำจัดสี ซีไอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอย และความขุ่น

ศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่มีการทำงานร่วมกันของกระบวนการทางชีวภาพและทางเคมีฟิสิกส์ โดยนำน้ำเสียมาบำบัดด้วยระบบแอคติเวตเตดสไลด์โดยใช้สภาวะของการทดลองที่ได้จากผลการทดลองชุดที่ 1 แล้วนำมาบำบัดต่อด้วยระบบตกตะกอนด้วยสารเคมีโดยใช้สารเคมีและสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากผลการทดลองชุดที่ 2 นำน้ำที่ออกจากระบบมาวิเคราะห์หาค่า สี ซีไอดี ปริมาณของแข็งแขวนลอยและความขุ่น

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล

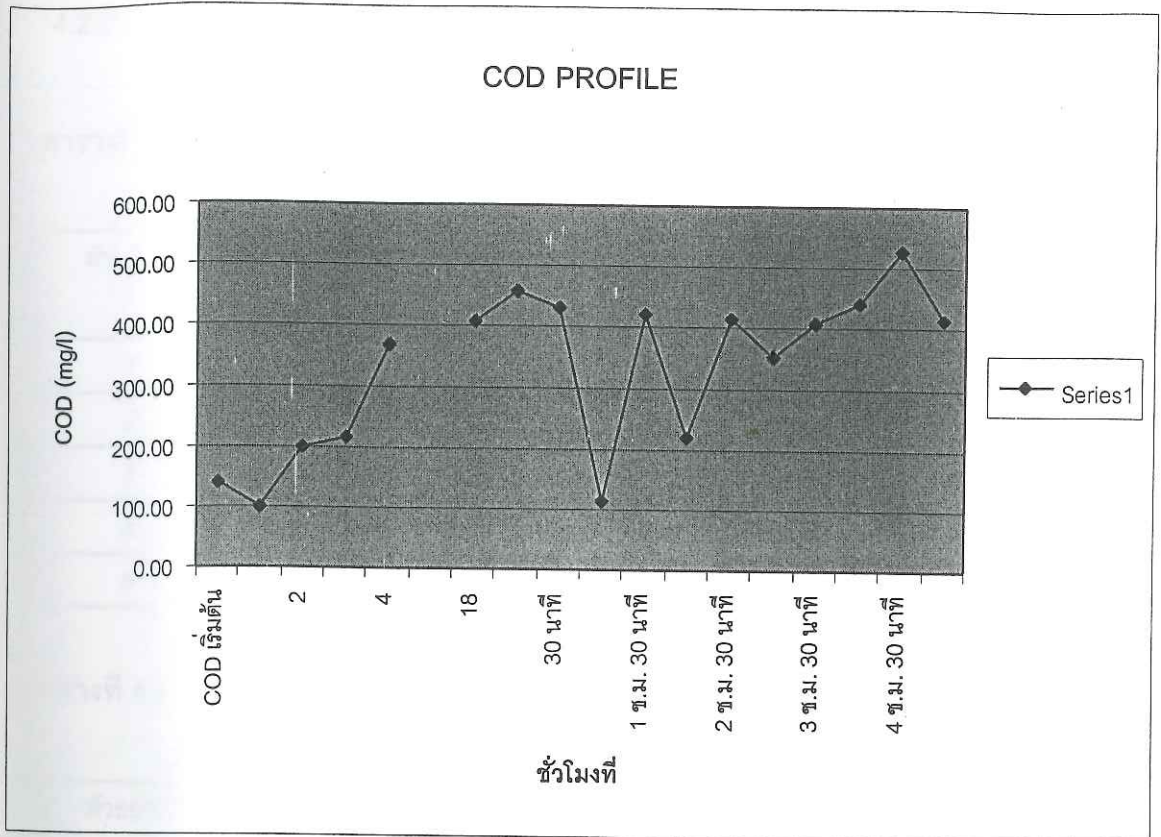
4.1 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงาน

ตารางที่ 4.1 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงาน

วัน เดือน ปี	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	การนำไฟฟ้า (μ s)	บีโอดี (mg/l)	ไนโตรเจน (mg.N/l)	ฟอสเฟต (mg.P/l)	ซีโอดี (mg/l)	ของแข็ง แขวนลอย (mg/l)	ของแข็ง ทั้งหมด (mg/l)	ของแข็ง ละลาย (mg/l)
30 พ.ย. 43	7.97	20.80	764.00	61.20	-	0.09	360.00	53.33	915.00	861.67
7 ธ.ค. 43	8.22	5.60	800.00	34.80	0.12	0.14	387.00	58.33	1593.33	1535.00
12 ธ.ค. 43	8.42	38.20	925.00	48.00	0.12	8.00	325.00	33.33	738.33	705.00
18 ม.ค. 44	7.99	9.60	835.00	33.00	0.12	8.50	371.00	405.00	895.00	490.00
25 ม.ค. 44	7.68	8.69	765.00	57.60	0.12	3.00	589.00	440.00	1108.33	668.33

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า สมบัติของน้ำเสียในแต่ละวันแตกต่างกัน เนื่องจากองค์ประกอบของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการฟอกย้อม จะแตกต่างกันไปในแต่ละวัน และพบว่าน้ำเสียของโรงงานมีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 7.68 – 8.42 (ค่ามาตรฐาน 5.50 – 9.00) , ค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 5.60 – 38.20 NTU, ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 764.00 – 925.00 μ s, ค่า บีโอดีอยู่ในช่วง 33.00 – 61.20 mg/l (ค่ามาตรฐาน 20.00 – 60.00 mg/l), ค่าไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.12 mg.N/l (ค่ามาตรฐาน 100.00– 200.00 mg.N/l), ค่าฟอสเฟต อยู่ในช่วง 0.09 – 8.50 mg.P/l , ค่า ซีโอดี อยู่ในช่วง 325.00 – 589.00 mg/l (ค่ามาตรฐาน 120.00 – 400.00 mg/l), ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในช่วง 33.33 – 440.00 mg/l (ค่ามาตรฐาน 50.00 – 150.00 mg/l), ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด อยู่ในช่วง 738.33 – 1593.33 mg/l, ค่าปริมาณของแข็งละลายอยู่ในช่วง 490.00–1535.00 mg/ l (ค่ามาตรฐาน 300.00 – 5000.00 mg/l)

โดยพบว่าลักษณะน้ำเสียของโรงงานมีค่า พีเอช และ ไนโตรเจนไม่เกินค่า มาตรฐาน น้ำทิ้งอุตสาหกรรมและพบว่าค่าบีโอดี, ซีโอดี และปริมาณของแข็งเกินค่ามาตรฐาน น้ำทิ้งอุตสาหกรรม ส่วนค่าฟอสเฟต, ความขุ่น, การนำไฟฟ้าไม่ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานไว้



รูปที่ 4.1: แสดงเวลาในการให้ออกซิเจนที่เหมาะสม (COD Profile)

จากการทดลองหาเวลาในการเติมอากาศที่เหมาะสมโดยทำการวัดค่า ซีโอดี ที่เวลาต่าง ๆ ในช่วงเติมอากาศ ทำการทดลองโดยใช้ตัวแทนน้ำเสีย 2 วันได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.2 และ รูปที่ 4.1 โดยพบว่าเวลาในการให้ออกซิเจนแก่น้ำเสียแล้วค่าซีโอดี ลดลงต่ำที่สุดที่ 1 ชั่วโมง

4.2.2 ผลการศึกษาการเติมอาหารเสริมที่จุลินทรีย์ต้องการ

ตารางที่ 4.3 แสดงการวิเคราะห์ค่าบีโอดีของน้ำเสีย เพื่อหาปริมาณอาหารเสริมที่จุลินทรีย์ต้องการ

ตัวอย่างที่	Sample 5 (ml ของ Sodiumthiosulfate 0.025 N)						บีโอดี (mg/l)
	D1	D2	B1	B2	f(0.2)	อัตราเจือจาง	
1	8.10	7.10	8.15	7.50	0.20	60.00	52.50
2	7.40	6.60	7.55	6.95	0.20	60.00	40.80
3	7.75	6.50	7.80	6.55	0.20	60.00	60.00
4	7.60	6.50	7.80	5.60	0.20	60.00	39.60
5	7.25	5.50	7.50	6.00	0.20	60.00	87.00

ตารางที่ 4.4 แสดงการวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนของน้ำเสีย เพื่อหาปริมาณอาหารเสริมที่จุลินทรีย์ต้องการ

ตัวอย่างที่	ปริมาตรของ 0.01 M H ₂ SO ₄ (ml)				ไนโตรเจน (mg/l)
	1	2	X	SD	
1	0.18	0.19	0.185	0.007	0.12
2	0.10	0.10	0.100	0.000	0.12
3	0.34	0.34	0.340	0.000	0.12
4	0.12	0.12	0.120	0.000	0.12
5	0.12	0.11	0.115	0.007	0.12

ตารางที่ 4.5 แสดงการวิเคราะห์ค่าฟอสเฟตของน้ำเสีย เพื่อหาปริมาณอาหารเสริมที่จุลินทรีย์ต้องการ

ตัวอย่างที่	Sample (สารตัวอย่าง PO ₄)						Sample(A)					ฟอสเฟต (mg.p/l)
	2(5)	4(10)	6(15)	8(20)	10(25)	12(30)	1	2	3	X	SD	
1	0.028	0.057	0.087	0.124	0.146	0.185	0.007	0.005	0.005	1.50	-	0.0300
2	0.033	0.063	0.090	0.123	0.148	0.182	0.014	0.014	0.015	2.00	-	0.0400
3	0.031	0.062	0.097	0.119	0.148	0.177	0.046	0.049	0.046	8.25	0.3536	0.1650
4	0.033	0.061	0.089	0.116	0.154	0.177	0.011	0.010	0.011	1.52	-	0.0304
5	0.032	0.061	0.087	0.114	0.15	0.186	0.015	0.014	0.015	2.00	-	0.0400

ตารางที่ 4.6 แสดงอัตราส่วนระหว่าง บีโอดี:ไนโตรเจน:ฟอสเฟต

ตัวอย่างที่	บีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสเฟต
	บีโอดี Sample 5 ml
1	52.50: 0.12 : 0.03600
2	40.80 : 0.12 : 0.04090
3	60.00 : 0.12 : 0.27000
4	39.00:0.12 : 0.01500
5	87.00: 0.12 : 0.04280
X	55.98 : 0.12 : 0.08094
SD	19.30 : 0.00 : 0.10600

จะได้อัตราส่วนระหว่าง บีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสเฟต = 55.98 : 0.12 : 0.08094
ทำ บีโอดี ให้เป็น 100 โดยการ $100/55.98 = 1.7863$ (นำ 1.7863 คูณตลอด)
ได้ บีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสเฟต = 100 : 0.21 : 0.14 (อัตราส่วนของอาหารที่อยู่ในน้ำเสีย)
อัตราส่วนของอาหารเสริมที่ต้องการ (100 : 5 : 1) บีโอดี/ไนโตรเจน = $100/5 = 20$
บีโอดี/ฟอสเฟต = $100/1 = 100$

ความต้องการอาหารเสริม บีโอดี (mg/l)/ อัตราส่วนอาหารเสริมที่ต้องการ

ความต้องการ ไนโตรเจน = $55.98/20 = 2.799 \text{ mg/l}$

ความต้องการ ฟอสเฟต = $55.98/100 = 0.5598 \text{ mg/l}$

คำนวณความเข้มข้นของสารอาหารที่ต้องเติม

ต้องเติม ไนโตรเจน = $2.799 - 0.21 = 2.589 \text{ mg/l}$

ต้องเติม ฟอสเฟต = $0.5598 - 0.14 = 0.4198 \text{ mg/l}$

น้ำหนักสารอาหารที่ขาดต่อวัน

น้ำหนักสารอาหารที่ขาด (กก./ วัน)

$$= \frac{(\text{สารอาหารที่ขาด mg/l})(\text{ปริมาณน้ำเสีย ลบ.ม./วัน})}{1000}$$

ขาดไนโตรเจน $= 2.589(10/1000)/1000 = 0.00002589 \text{ กก./ วัน}$
 $= 0.02589 \text{ กรัม/ วัน}$

ขาดฟอสเฟต $= 0.4198(10/1000)/1000 = 0.000004198 \text{ กก./ วัน}$
 $= 0.004198 \text{ กรัม/ วัน}$

ใช้ NH_4OH MW. 35 จะได้ $\text{NH}_4\text{OH}/\text{ไนโตรเจน} = 35/14 = 2.5$ (Atomic weight ratio)

NH_4OH เข้มข้น 30%

$$\text{น้ำหนักสารเคมี (กรัม/ วัน)} = \frac{(\text{น้ำหนักแร่ธาตุ (กรัม/ วัน)}) (\text{Atomic weight ratio}) (100)}{\text{ความเข้มข้นของสาร (\%)}}$$

$$= \frac{0.02589 \times 2.5 \times 100}{30}$$

$$= 0.21575 \text{ กรัม ประมาณ } 0.2 \text{ กรัม ต่อ น้ำเสีย } 10 \text{ ลิตร}$$

ใช้ H_3PO_4 เข้มข้น 85 % จะได้ $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{ฟอสเฟต} = 3.13$

$$\text{น้ำหนักสารเคมี (กรัม/ วัน)} = \frac{0.04198 \times 3.13 \times 100}{85}$$

$$= 0.0154 \text{ ประมาณ } 0.02 \text{ กรัม ต่อ น้ำเสีย } 10 \text{ ลิตร}$$

4.2.3 ประสิทธิภาพของการบำบัดด้วยระบบตะกอนแรง

ตารางที่ 4.7 สมบัติน้ำเสียก่อนและหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนแรง

ตัวอย่าง ที่	พีเอช		ความขุ่น (NTU)		การนำไฟฟ้า (µs)		ปริมาณของแข็ง แขวนลอย (mg/l)		ปริมาณของแข็ง ทั้งหมด (mg/l)		ปริมาณของแข็ง ละลาย (mg/l)		การ ดูดกลืนแสง		บีโอดี (mg/l)		ไนโตรเจน (mg N/l)		ฟอสเฟต (mg P/l)		ซีโอดี (mg/l)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	8.17	8.75	8.70	8.93	1166.00	1107.00	20.00	38.33	1283.33	1213.33	1268.33	1075.00	0.36	0.28	65.40	29.40	0.12	0.11	0.19	1.20	776.00	709.00
2	7.76	8.39	1.86	1.96	1077.00	1101.00	35.00	26.67	1093.33	1043.33	1058.33	1016.67	2.20	1.98	78.00	28.40	0.12	0.11	0.19	1.07	837.00	728.00
3	7.80	8.27	48.5	41.10	869.00	916.00	45.00	26.67	1358.33	1380.33	1313.33	1353.33	0.58	0.51	79.20	30.00	0.12	0.11	0.73	1.46	1368.00	1269.00

ตารางที่ 4.8 ประสิทธิภาพในการกำจัด ซี, ซีโอดี และ บีโอดี ของระบบตะกอนแรง

ตัวอย่างที่	การกำจัดซี (ร้อยละ)	ซีโอดี (ร้อยละ)	บีโอดี (ร้อยละ)
1	21.58	8.63	55.05
2	10.05	13.02	63.59
3	13.41	7.24	62.14

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยระบบตะกอนเร่ง

โดยการเติมไนโตรเจน = 2.589 mg/l และ ฟอสเฟต = 0.4198 mg/l เพื่อให้ได้อัตราส่วน บีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสเฟต = 100 : 5 : 1 ให้อากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และ ตั้งทิ้งไว้ 85 นาที ให้ตกตะกอน พบว่า น้ำหลังการบำบัด มีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 8.27 – 8.75 (ค่ามาตรฐาน 5.50 – 9.00) , ค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 1.96 – 41.10 NTU , ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 916.00 - 1107.00 μ s, ค่าบีโอดี อยู่ในช่วง 28.40 – 30.00 mg/l (ค่ามาตรฐาน 20 – 60 mg/l), ค่าไนโตรเจน อยู่ในช่วง 0.11 mg.N/l (ค่ามาตรฐาน 100.00–200.00 mg.N/l), ค่าฟอสเฟต อยู่ในช่วง 1.07 – 1.46 mg.P/l , ค่าซีโอดี อยู่ในช่วง 709.00–1269.00mg/l (ค่ามาตรฐาน 120.00 – 400.00 mg/l), ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในช่วง 26.67 – 38.33 mg/l (ค่ามาตรฐาน 50.00 – 150.00 mg/l), ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด อยู่ในช่วง 1043.33 – 1380.33 mg/l, ค่าปริมาณของแข็งละลาย อยู่ในช่วง 1016.67 – 1353.33 mg/l (ค่ามาตรฐาน 300 – 5000 mg/l), ค่าการดูดกลืนแสง อยู่ในช่วง 0.28 – 1.98

โดยพารามิเตอร์ที่ลดลงแล้วอยู่ในมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมคือ ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย, ปริมาณของแข็งละลาย, บีโอดี และค่าไนโตรเจน ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมด และค่าการดูดกลืนแสงก็มีค่าลดลงเช่นกัน แต่ค่ามาตรฐานไม่มีกำหนดไว้ ค่าที่ลดลงแล้วแต่ยังเกินมาตรฐานคือค่า ซีโอดี ส่วนค่าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคือ ค่าความขุ่น, การนำไฟฟ้า, ฟอสเฟต และ ค่าพีเอช โดยที่ค่าพีเอช และ ค่าฟอสเฟต ยังอยู่ในมาตรฐาน ส่วนค่าความขุ่นและการนำไฟฟ้า มาตรฐานไม่ได้กำหนดไว้

จากตารางที่ 4.8 เมื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสี, บีโอดี และ ซีโอดี ของระบบตะกอนเร่งแล้ว พบว่าระบบตะกอนเร่ง มีประสิทธิภาพในการกำจัดสี ในช่วง ร้อยละ 10.05 – 21.58 ประสิทธิภาพของบีโอดี อยู่ในช่วงร้อยละ 55.05 – 63.59 ประสิทธิภาพของซีโอดี อยู่ในช่วงร้อยละ 7.24 – 13.02

4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีจากน้ำเสียโรงงานฟอกย้อมโดยการตกตะกอนทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

4.3.1 ผลการศึกษาชนิดและปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมกับน้ำตัวอย่าง

การศึกษาชนิดและปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมกับน้ำตัวอย่าง^๕สำหรับการทดลองโดยใช้น้ำตัวอย่าง 300 ml. แล้วแปรผันปริมาณสารเคมี 3 ชนิดคือ 10% Aluminium Sulfate, 10% Ferric Chloride และ 10% Polyaluminiumchloride ^๕ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.9-4.11

ตารางที่ 4.9 ผลการศึกษาการใช้ 10% ALUM เป็นสารตกตะกอน

ปริมาณสาร (ml)	จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง														
	1			2			3			4			5		
	ความขุ่น	pH	A	ความขุ่น	pH	A	ความขุ่น	pH	A	ความขุ่น	pH	A	ความขุ่น	pH	A
0.4	-0.32	6.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.6	0.10	6.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.7	-0.18	6.33	0.067	0.00	6.47	0.061	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.8	0.60	6.36	-	0.51	6.47	-	-0.40	6.41	0.269	-0.1	7.84	0.279	0	6.58	0.160
1.0	0.50	6.21	-	0.16	6.41	-	0.86	6.34	-	0.20	6.27	-	0.10	6.52	0.119
2.0	0.29	4.58	-	1.10	5.03	0.046	0.33	5.39	0.057	-	-	-	-	-	-
4.0	0.70	6.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.10 ผลการศึกษาการใช้ 10% FeCl₃ เป็นสารตกตะกอน

ปริมาณ สาร (ml)		จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง																	
		1			2			3			4			5			6		
		ความ ขุ่น	pH	A	ความ ขุ่น	pH	A	ความ ขุ่น	pH	A	ความ ขุ่น	pH	A	ความ ขุ่น	pH	A	ความ ขุ่น	pH	A
0.2		1.32	6.96	1.479	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.4		-0.12	-	-	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.6		1.10	5.64	-	0.77	6.08	0.201	1.36	5.69	0.046	1.60	5.92	0.046	0.60	6.14	0.101	-	-	-
0.7		0.30	5.76	0.103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.8		-		-	0.39	4.56		1.24	5.33			3.48		4.20	3.96	-	8.50	4.36	0.047
1.0		8.40	3.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0		1.20	5.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.11 ผลการศึกษา 10% PACเป็นสารตกตะกอน

ปริมาณ สาร (ml)	จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง											
	1			2			3			4		
	ความขุ่น	pH	A	ความขุ่น	pH	A	ความขุ่น	pH	A	ความขุ่น	pH	A
1.0	0.04	6.72	-	-0.47	7.69	-	-	-	-	-	-	-
2.3	0.60	7.87	0.098	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4	0.20	6.66	0.025	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.6	-0.1	6.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.7	0.08	6.94	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.8	0	7.12	0.290	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.9	0.40	7.04	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.0	0.04	6.8	-	0	7.18	0.020	-	-	-	-	-	-
4.0	0.20	6.85	-	0.52	4.40	-	0.38	6.81	-	0.10	6.78	-
5.0	0.10	7.00	-	0.20	6.77	-	0.60	6.94	0.017	-	-	-

จากผลการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 4.9-4.11 พบว่าการใช้ 10%Aluminiumsulfate ปริมาณ 3.33 ml / l ให้ประสิทธิภาพในมากที่สุด ทั้งในด้านของความขุ่นและการกำจัดสี ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้10%Aluminiumsulfate เป็นสารตกตะกอน

4.3.2 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำด้วยวิธีเปรียบเทียบจากค่าความขุ่น
 ตารางที่ 4.12 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำด้วยวิธีเปรียบเทียบจากค่าความขุ่น

ครั้งที่	ระยะเวลาที่คงทิ้งไว้ (นาที)												หมายเหตุ
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
1	6.28	8.06	12.96	5.42	11.48	6.88	3.02	19.09	13.14	4.89	6.72	4.35	-
2	117.70	99.70	107.70	107.60	99.40	104.70	103.70	112.30	114.70	114.30	-	117.90	น้ำมีกลิ่นน้ำมัน
3	13.20	3.50	33.30	12.30	5.70	26.10	7.30	1.60	4.10	3.20	5.30	2.30	น้ำมีสีเทา น้ำเงิน กลิ่นเหม็น
4	31.70	11.90	40.00	8.50	20.20	27.90	3.50	14.70	8.80	13.30	4.70	8.20	น้ำมีสีเทา มีกลิ่นเหม็น
5	5.75	2.75	1.44	0.83	0.53	0.37	0.54	0.39	0.29	0.43	0.43	0.43	น้ำเป็นสีฟ้า ค่อนข้างใส
6	4.12	2.16	1.23	1.47	0.69	0.31	0.56	0.46	3.71	0.42	0.73	0.12	น้ำมีสีดำเหม็น มีคราบน้ำมัน ใช้สาร2 เทา
7	2.81	0.80	0.75	0.61	0.71	0.71	0.53	-	0.52	0.37	0.38	0.38	น้ำมีสีเทาอ่อนค่อนข้างใส
8	2.80	0.95	1.20	0.68	0.77	0.60	0.32	0.32	0.38	0.47	0.46	0.45	น้ำมีสีม่วงอ่อน
9	5.81	2.44	1.81	0.71	0.70	0.58	0.66	0.49	0.71	0.59	0.60	0.37	น้ำมีสีเทาเข้มมีกลิ่นแสบจมูก
10	1.86	0.67	1.05	1.86	1.21	0.54	3.16	0.66	1.07	0.81	0.81	3.90	น้ำมีสีเทาเข้มมีกลิ่นเหม็นแต่ไม่แฉุนแสบจมูก
11	4.00	1.30	0.80	0.70	0.60	0.70	0.40	0.30	0.50	0.40	0.40	0.40	น้ำมีสีเทาเข้มมีกลิ่นเหม็นน้ำ
12	2.10	0.60	0.60	0.38	0.52	0.42	0.42	0.32	0.42	0.42	0.33	0.30	น้ำมีสีม่วงอ่อนไม่มีกลิ่นเหม็น

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอน คือ 85 นาที

4.3.4 แสดงผลการศึกษาอัตราการกวรวเร็วที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบจาก
ค่าความชุ่น

ตารางที่ 4.13 ผลการศึกษาอัตราการกวรวเร็วที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบจากค่าความชุ่น

ชุดที่	อัตราการกวรวเร็ว (รอบ/นาที)					หมายเหตุ
	70	90	100	120	140	
1		0.40	0.30	0.20	0.10	น้ำมีสีม่วง และมีกลิ่นน้ำมัน เล็กน้อย
2	1.00	0.20	0.10	0.20	0.20	
3	0.40	0.40	0.20	0.30	0.30	
4	0.30	0.40	0.30	0.30	0.10	
5	0.80	0.50	0.50	0.40	0.40	
X	0.63	0.38	0.26	0.28	0.25	

จากตารางที่ 4.13 พบว่า อัตราการกวรวเร็วที่เหมาะสม คือ 100 รอบ/นาที

4.3.5 ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในการกวรวเร็วที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบค่าความชุ่น

ตารางที่ 4.14 ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในการกวรวเร็วที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบจาก
ค่าความชุ่น

ชุดที่	ระยะเวลาการกวรวเร็ว (นาที)					หมายเหตุ
	1	2	3	4	5	
1	0.53	0.24	0.28	0.38	0.18	น้ำมีสีม่วงและมีกลิ่นของน้ำมันเล็กน้อย
2	1.15	0.42	0.27	-	0.45	
3	1.82	0.41	0.50	0.70	0.20	
4	1.27	0.53	0.33	1.31	-	
5	-	-	-	1.41	0.21	
X	1.18	0.4	0.35	0.95	0.26	

จากตารางที่ 4.14 พบว่า ระยะเวลาการกวรวเร็วที่เหมาะสม คือ 5 นาที

4.3.6 ผลการศึกษาอัตราการกวนซ้ำที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบจากค่าความขุ่น

ตารางที่ 4.15 ผลการศึกษาอัตราการกวนซ้ำที่เหมาะสมเปรียบเทียบจากค่าความขุ่น

ครั้งที่	ชุดที่	อัตราการกวนซ้ำ (รอบ/นาที)					หมายเหตุ
		10	20	30	40	50	
1	1	-	0.47	0.48	0.55	-	น้ำมีสีม่วงอ่อนค่อนข้างใส
	2	0.36	0.46	0.80	0.49	0.70	
	3	0.35	0.35	0.61	0.75	0.88	
	4	0.34	0.33	-	0.75	1.07	
	5	0.35	-	0.55	-	1.13	
	X	0.35	0.43	0.61	0.64	0.95	
2	1	35.2	37.3	31.4	0.55	36.0	น้ำมีสีน้ำตาลดำ มีกลิ่นเหม็นเน่า
	2	33.5	33.9	31.3	0.49	-	
	3	-	-	29.9	0.75	38.0	
	4	36.4	34.8	-	0.75	37.9	
	5	36.3	34.1	30.0	-	37.1	
	X	35.35	35.03	30.65	0.64	37.25	
3	1	4.77	4.58	4.49	3.97	3.99	น้ำมีสีน้ำเงินม่วง ไม่มีกลิ่นเหม็น
	2	4.83	4.79	4.61	-	-	
	3	-	4.79	4.49	4.26	4.25	
	4	4.77	-	-	3.96	4.05	
	5	4.77	4.61	4.45	4.11	3.93	
	X	4.79	4.69	4.51	4.08	4.06	
4	1	0.15	0.74	0.35	0.90	2.28	น้ำมีสีน้ำเงินม่วง ค่อนข้างใส
	2	0.14	0.50	0.19	0.77	2.11	
	3	0.40	0.67	-	0.77	-	
	4	0.25	0.54	0.37	-	1.34	
	5	-	-	0.37	1.02	1.57	
	X	0.24	0.61	0.32	0.87	2.31	

ตารางที่ 4.16 สรุปการศึกษาอัตรากรวนซ้ำที่เหมาะสมสำหรับการทดลองโดย
เปรียบเทียบความแตกต่าง (%) ระหว่างความชื้นก่อนและหลังการทดลอง

ครั้งที่	ความชื้น ก่อนทดลอง	อัตรากรวนซ้ำ (รอบ/นาที)	ความชื้นหลัง ทดลอง (X)	ความแตกต่าง (%)
1	-3.34	10	4.54	-
		30	4.14	-
		50	3.54	-
2	5.36	10	0.35	93.47
		30	0.61	88.62
		50	0.95	82.28
3	79.4	10	35.35	55.48
		30	30.65	61.40
		50	37.25	53.09
4	2.70	10	4.77	76.67
		30	4.45	64.81
		50	4.05	5.00
5	4.24	10	0.14	96.70
		30	0.19	95.52
		50	1.34	68.40

จากตารางที่ 4.16 พบว่าอัตรากรวนซ้ำที่เหมาะสมในการตกตะกอน คือ 10 รอบ/นาที

4.3.7 ผลการศึกษาระยะเวลาในการกวนข้าวที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบจากค่าความขุ่น

ตารางที่ 4.17 ผลการศึกษาระยะเวลาในการกวนข้าวที่เหมาะสม

ครั้งที่	ชุดที่	ระยะเวลาการกวนข้าว (นาทีก)						หมายเหตุ
		5	10	15	20	30	40	
1	1	0.74	0.83	0.48	0.76	4.70	0.69	น้ำมีสีม่วงน้ำเงิน ค่อนข้างใส
	2	-	0.68	0.93	0.90	3.71	0.40	
	3	0.68	0.43	0.51	-	3.97	-	
	4	0.61	0.83	0.50	0.63	-	0.38	
	5	0.52	-	-	0.70	4.44	0.36	
	X	0.64	0.69	0.51	0.75	4.44	0.64	
2	1	0.41	0.33	0.60	0.80	0.71	-	น้ำมีสีม่วงน้ำเงิน ค่อนข้างใส
	2	-	0.49	0.60	0.58	1.89	0.58	
	3	0.43	-	0.71	0.69	-	0.92	
	4	0.42	0.34	-	-	0.82	1.78	
	5	0.34	0.46	0.81	0.53	1.14	0.81	
	X	0.40	0.41	0.68	0.65	1.14	1.02	
3	1	0.80	0.75	0.53	-	1.06	-	น้ำมีสีม่วงน้ำเงิน ค่อนข้างใส
	2	-	0.74	0.80	0.70	1.35	-	
	3	0.59	-	-	0.69	0.64	-	
	4	0.73	0.70	1.32	0.95	1.54	-	
	5	0.68	0.90	0.49	1.07	1.82	-	
	X	0.70	0.77	0.79	0.85	1.28	-	

จากตารางที่ 4.17 พบว่า ระยะเวลาการกวนข้าวที่เหมาะสม คือ 15 นาที

4.3.8 ผลการศึกษาระดับคุณภาพในการกำจัดสีจากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมโดยระบบตกตะกอนทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาระดับคุณภาพในการกำจัดสีจากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมโดยระบบตกตะกอนทางเคมีในห้องปฏิบัติการทำการทดลองโดยใช้ 10% อลูมิเนียมซัลเฟต 3.33 ml / l กวนเร็ว 100 รอบ/นาที นาน 5 นาที กวนช้า 10 รอบ/นาที นาน 15 นาที ทิ้งให้ตกตะกอน 85 นาที แล้วนำส่วนใสมาวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ ได้ผลการทดลองตาม ตารางที่ 4.18 และ 4.19

ตารางที่ 4.18 แสดงสมบัติของน้ำเสียก่อนและหลังบำบัดด้วยระบบตกตะกอนเคมี

ตัวอย่าง ที่	พีเอช		ความขุ่น (NTU)		การนำไฟฟ้า (µs)		ปริมาณของแข็งแขวนลอย (mg/l)		ปริมาณของแข็งทั้งหมด (mg/l)		ปริมาณของแข็งละลาย (mg/l)		การดูดกลืนแสง		บีโอดี (mg/l)		ไนโตรเจน (mgN/l)		ฟอสเฟต (mgP/l)		ซีโอดี (mg/l)	
	8.17	6.67	8.70	21.70	1166.00	1159.00	20.00	76.67	1283.33	1081.67	1268.33	1005.00	0.36	0.32	65.40	26.40	0.12	0.11	0.19	0.27	776.00	429.00
1	8.17	6.67	8.70	21.70	1166.00	1159.00	20.00	76.67	1283.33	1081.67	1268.33	1005.00	0.36	0.32	65.40	26.40	0.12	0.11	0.19	0.27	776.00	429.00
2	7.76	5.76	1.86	2.55	1077.00	1175.00	35.00	5.00	1093.33	953.33	1058.33	948.33	2.20	0.07	78.00	23.40	0.12	0.11	0.19	0.29	837.00	328.00
3	7.80	5.56	48.50	125.80	869.00	1014.00	45.00	136.67	1358.33	1300.00	1313.33	1163.33	0.58	0.52	79.20	27.60	0.12	0.11	0.73	0.39	1368.00	925.00

ตารางที่ 4.19 ประสิทธิภาพในการกำจัดสี, ซีไอดี และ บีไอดี ของระบบตกตะกอนทางเคมี

ตัวอย่างที่	การกำจัดสี (ร้อยละ)	ซีไอดี (ร้อยละ)	บีไอดี (ร้อยละ)
1	10.65	44.72	59.63
2	96.69	60.81	70.00
3	10.35	32.38	65.15

จากตารางที่ 4.18 พบว่าหลังจากการบำบัดด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี น้ำหลังการบำบัด มีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 5.56 – 6.67 (ค่ามาตรฐาน 5.50– 9.00) , ค่าความขุ่น อยู่ในช่วง 2.55 – 125.80 NTU, ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1014.00 – 1175.00 μs , ค่า บีไอดี อยู่ในช่วง 23.40 – 27.60 mg/l (ค่ามาตรฐาน 20.00 – 60.00 mg/l), ค่าไนโตรเจน อยู่ในช่วง 0.11 mg.N/l (ค่ามาตรฐาน 100.00 – 200.00 mg.N/l), ค่าฟอสเฟต อยู่ในช่วง 0.27 – 0.39 mg.P/l, ค่าซีไอดี อยู่ในช่วง 328.00 – 925.00 mg/l (ค่ามาตรฐาน 120.00 – 400.00 mg/l), ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในช่วง 5 – 136.67 mg/l (ค่ามาตรฐาน 50 – 150 mg/l), ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด อยู่ในช่วง 953.33 – 1300.00 mg/l, ค่าปริมาณของแข็งละลาย อยู่ในช่วง 948.33 – 1163.33 mg/l (ค่ามาตรฐาน 300 – 5000 mg/l), ค่าการดูดกลืนแสง อยู่ในช่วง 0.07 – 0.52

โดยค่าพารามิเตอร์ที่ลดลงแล้วอยู่ในมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม คือ ค่าพีเอช, ปริมาณของแข็งละลาย, บีไอดี และค่าไนโตรเจน ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมด และ ค่าการดูดกลืนแสง ก็มีค่าลดลงเช่นกัน แต่ค่ามาตรฐานไม่มีกำหนดไว้ ค่าที่ลดลงแล้วแต่ยังเกินมาตรฐานคือ ค่าซีไอดี ส่วนค่าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคือ ค่าความขุ่น, การนำไฟฟ้า, ฟอสเฟต และ ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย โดยที่ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย และ ฟอสเฟต ยังอยู่ในมาตรฐาน ส่วนค่าความขุ่นและการนำไฟฟ้า มาตรฐานไม่ได้กำหนดไว้

จากตารางที่ 4.19 เมื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสี, บีไอดี และ ซีไอดี ของระบบ การตกตะกอนทางเคมีแล้ว พบว่าระบบตกตะกอนทางเคมี มีประสิทธิภาพในการกำจัดสี ในช่วงร้อยละ 10.35 – 96.69 ประสิทธิภาพของบีไอดี อยู่ในช่วง ร้อยละ 59.63 – 70.00 ประสิทธิภาพของซีไอดี อยู่ในช่วงร้อยละ 32.38 – 60.81

4.4 ผลการศึกษาระดับประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

การศึกษาระดับประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.20 และ 4.21

ตารางที่ 4.20 สมบัติของน้ำเสียก่อนและหลังบำบัดด้วยระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

ตัวอย่าง ที่	พีเอช		ความขุ่น (NTU)		การนำไฟฟ้า (µs)		ปริมาณของแข็ง แขวนลอย (mg/l)		ปริมาณ ของแข็งละลาย (mg/l)		การ ดูดกลืนแสง		บีโอดี (mg/l)		ไนโตรเจน (mgN/l)		ฟอสเฟต (mgP/l)		ซีโอดี (mg/l)	
	8.17	7.17	8.70	16.60	1166.00	1180.00	20.00	55.67	1283.33	1036.67	1268.33	980.00	0.36	0.06	0.12	0.11	0.19	2.01	776.00	445.00
1	8.17	7.17	8.70	16.60	1166.00	1180.00	20.00	55.67	1283.33	1036.67	1268.33	980.00	0.36	0.06	0.12	0.11	0.19	2.01	776.00	445.00
2	7.76	7.19	1.86	8.39	1077.00	1187.00	35.00	195.00	1093.33	915.00	1058.33	720.00	2.20	0.18	0.12	0.11	0.19	1.83	837.00	240.00
3	7.80	6.85	48.50	99.70	869.00	1034.00	45.00	48.33	1358.33	1235.00	1313.33	1185.67	0.58	0.14	0.12	0.11	0.73	1.33	1368.00	873.00

ตารางที่ 4.21 ประสิทธิภาพในการกำจัด ซี, บีโอดี และ บีโอดี ของระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

ตัวอย่างที่	การกำจัด (ร้อยละ)		ซีโอดี (ร้อยละ)		บีโอดี (ร้อยละ)	
1	81.69		42.65		70.64	
2	91.48		71.33		77.69	
3	29.02		36.18		74.24	

4.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนเคมี

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.22 และ 4.23

ตารางที่ 4.22 แสดงสมบัติของน้ำเสียก่อนและหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี

ตัวอย่าง ที่	พีเอช		ความขุ่น (NTU)		การนำไฟฟ้า (µs)		ปริมาณของแข็ง แขวนลอย (mg/l)		ปริมาณ ของแข็งละลาย (mg/l)		การ ดูดกลืนแสง		บีโอดี (mg/l)		ไนโตรเจน (mgN/l)		ฟอสเฟต (mgP/l)		ซีโอดี (mg/l)	
	8.17	6.59	8.70	6.42	1166.00	1225.00	20.00	21.67	1283.33	1053.33	1268.33	1031.67	65.40	15.60	0.12	0.11	0.19	0.11	776.00	405.00
1																				
2	7.76	5.22	1.86	5.57	1077.00	1193.00	35.00	26.67	1093.33	850.00	1058.33	823.33	78.00	13.20	0.12	0.11	0.19	0.31	837.00	272.00
3	7.80	5.37	48.50	48.10	869.00	1058.00	45.00	56.67	1358.33	1161.67	1313.33	1105.00	79.20	19.20	0.12	0.11	0.73	0.28	1368.00	709.00

ตารางที่ 4.23 ประสิทธิภาพในการกำจัด ซี, ซีโอดี และ บีโอดี ของระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี

ตัวอย่างที่	การกำจัดซี (ร้อยละ)		ซีโอดี (ร้อยละ)		บีโอดี (ร้อยละ)	
1	86.65		47.81		76.15	
2	97.68		67.50		83.08	
3	68.59		48.17		75.76	

จากตารางที่ 4.20 พบว่าหลังจากการบำบัดด้วยระบบเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง พบว่าน้ำหลังการบำบัดมีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 6.85 – 7.19 (ค่ามาตรฐาน 5.50 – 9.00) , ค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 8.39 – 99.70 NTU, ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1034.00 – 1187.00 μs , ค่าบีโอดี อยู่ในช่วง 17.40 – 20.40 mg/l (ค่ามาตรฐาน 20.00– 60.00 mg/l), ค่าไนโตรเจน อยู่ในช่วง 0.11 mg.N/l (ค่ามาตรฐาน 100.00 – 200.00 mg.N/l), ค่าฟอสเฟต อยู่ในช่วง 1.33 – 2.01 mg.P/l, ค่าซีโอดี อยู่ในช่วง 240.00 – 873.00 mg/l (ค่ามาตรฐาน 120.00 – 400.00 mg/l), ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในช่วง 48.33 – 195.00 mg/l (ค่ามาตรฐาน 50.00 – 150.00 mg/l), ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด อยู่ในช่วง 915.00 – 1235.00 mg/l, ค่าปริมาณของแข็งละลาย อยู่ในช่วง 720.00 – 1185.67 mg/l (ค่ามาตรฐาน 300.00 – 5000.00 mg/l), ค่าการดูดกลืนแสง อยู่ในช่วง 0.06 – 0.18

โดยค่าพารามิเตอร์ที่ลดลงแล้วอยู่ในมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมคือ ค่าพีเอช, ปริมาณของแข็งละลาย, บีโอดี และค่าไนโตรเจน ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมด และการดูดกลืนแสง ก็มีค่าลดลงเช่นกัน แต่ค่ามาตรฐานไม่มีกำหนดไว้ ค่าที่ลดลงแล้วแต่ยังเกินมาตรฐาน คือ ค่าซีโอดี ส่วนค่าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคือ ค่าความขุ่น, การนำไฟฟ้า, ฟอสเฟต และ ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย โดยที่ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย และฟอสเฟต ยังอยู่ในมาตรฐาน ส่วน ค่าความขุ่นและการนำไฟฟ้า มาตรฐานไม่ได้กำหนดไว้

จากตารางที่ 4.21 เมื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสี, บีโอดี และ ซีโอดีของระบบการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่งแล้ว พบว่าระบบตกตะกอนเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง มีประสิทธิภาพในการกำจัดสี อยู่ในช่วง ร้อยละ 29.02 – 91.48 ประสิทธิภาพของบีโอดี อยู่ในช่วง ร้อยละ 70.64 – 77.69 ประสิทธิภาพของซีโอดี อยู่ในช่วง ร้อยละ 36.18 – 71.33

จากตารางที่ 4.22 พบว่าหลังจากการบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนเคมี พบว่าน้ำหลังการบำบัดมีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 5.22 – 6.59 (ค่ามาตรฐาน 5.50 – 9.00) , ค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 5.57 – 48.10 NTU, ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1058.00 – 1225.00 μ s, ค่าบีโอดี อยู่ในช่วง 13.20 – 19.20 mg/l (ค่ามาตรฐาน 20.00 – 60.00 mg/l), ค่าไนโตรเจน อยู่ในช่วง 0.11 mg.N/l (ค่ามาตรฐาน 100.00 – 200.00 mg.N/l), ค่าฟอสเฟต อยู่ในช่วง 0.11 – 0.31 mg.P/l , ค่าซีโอดี อยู่ในช่วง 272.00 – 709.00 mg/l (ค่ามาตรฐาน 120.00 – 400.00 mg/l), ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ในช่วง 21.67 – 56.67 mg/l (ค่ามาตรฐาน 50.00 – 150.00 mg/l), ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด อยู่ในช่วง 850.00 – 1161.67 mg/l, ค่าปริมาณของแข็งละลาย อยู่ในช่วง 823.00 – 1105.00 mg/l (ค่ามาตรฐาน 300 – 5000 mg/l), ค่าการดูดกลืนแสง อยู่ในช่วง 0.05 – 0.18

โดยค่าพารามิเตอร์ที่ลดลงแล้วอยู่ในมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมคือ ค่าพีเอช, ปริมาณของแข็งละลาย, ฟอสเฟต, บีโอดี และ ค่าไนโตรเจน ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมด และ ค่าการดูดกลืนแสง ก็มีค่าลดลงเช่นกัน แต่ค่ามาตรฐานไม่มีกำหนดไว้ ค่าที่ลดลงแล้ว แต่ยังเกินมาตรฐาน คือ ค่าซีโอดี ส่วนค่าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคือ ค่าความขุ่น, การนำไฟฟ้า และ ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย โดยที่ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย ยังอยู่ในมาตรฐาน ส่วนค่าความขุ่น และการนำไฟฟ้า มาตรฐานไม่ได้กำหนดไว้

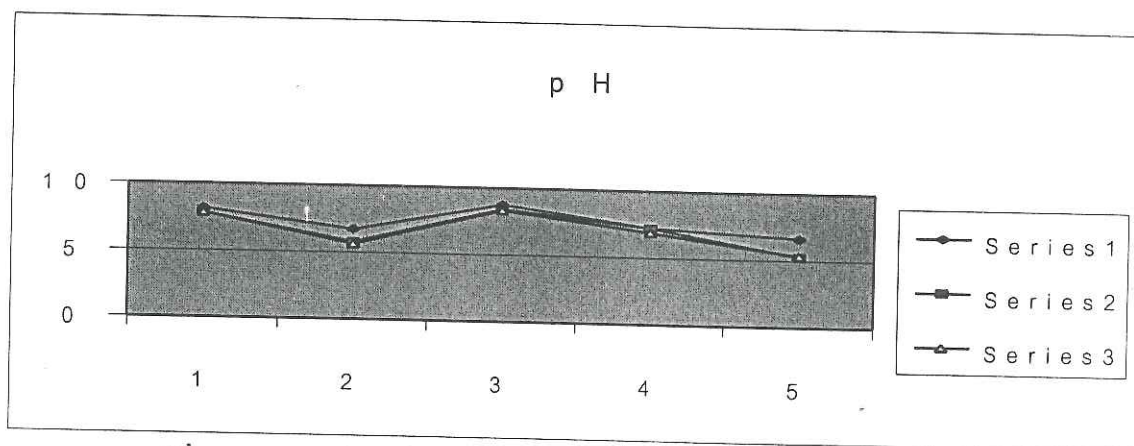
จากตารางที่ 4.23 เมื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสี, บีโอดี และ ซีโอดี ของระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนเคมีแล้ว พบว่าระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนเคมี มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีในช่วงร้อยละ 68.59 – 97.68 ประสิทธิภาพของบีโอดี อยู่ในช่วง ร้อยละ 75.76 – 83.08 ประสิทธิภาพของซีโอดี อยู่ในช่วง ร้อยละ 47.81 – 67.50

4.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

4.6.1 การเปรียบเทียบค่าพีเอช

ตารางที่ 4.24 การเปรียบเทียบค่าพีเอช ของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่างๆ

ครั้งที่	พีเอช				
	น้ำก่อนบำบัด	หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมี	หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง	หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง	หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง
1	8.17	6.67	8.75	7.17	6.59
2	7.76	5.76	8.39	7.19	5.22
3	7.80	5.56	8.27	6.85	5.37



รูปที่ 4.2 : การเปรียบเทียบค่า พีเอช ของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่างๆ

หมายเลข 1 คือ น้ำก่อนบำบัด

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 5 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี

จากตารางที่ 4.24 และจากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าน้ำหลังจากผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการต่าง ๆ แล้ว พบว่าระบบตะกอนเร่งจะมีค่าพีเอชของน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ ระบบตกตะกอน

ทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนแร่, ระบบตกตะกอนทางเคมี และระบบตะกอนแร่ตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี ตามลำดับ น้ำหลังผ่านการบำบัดที่มีกระบวนการทางเคมี จะมีค่าพีเอชต่ำลง เนื่องจากการตกตะกอนทางเคมีใช้อลูมิเนียมซัลเฟต ซึ่งเมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนบวก Al^{3+} , SO_4^{2-} และจะเกิดปฏิกิริยาดังนี้

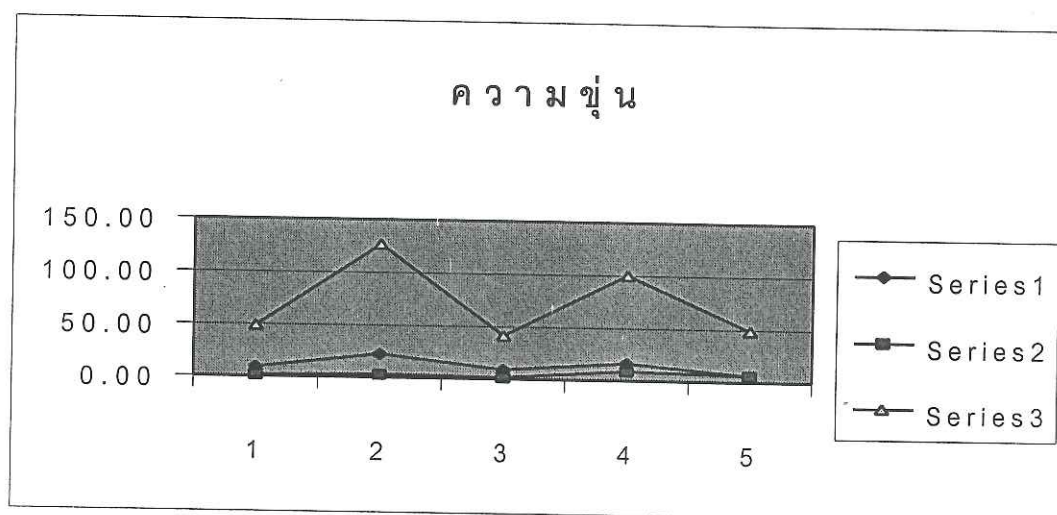


จากปฏิกิริยาจะเห็นได้ว่า ค่าพีเอชจะลดลง หลังจากการตกตะกอนโดยใช้อลูมิเนียมซัลเฟต ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้

4.6.2 การเปรียบเทียบค่าความขุ่น

ตารางที่ 4.25 การเปรียบเทียบค่าความขุ่นของน้ำก่อน และหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

ครั้งที่	ความขุ่น (NTU)								
	น้ำก่อนบำบัด	หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมี		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนเคมี	
		ค่าความขุ่น	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่าความขุ่น	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่าความขุ่น	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่าความขุ่น	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
1	8.70	21.70	-149.43	8.93	-2.64	16.60	-90.80	6.42	26.21
2	1.86	2.55	-37.10	1.96	-5.38	8.39	-351.08	5.57	-199.46
3	48.50	125.80	-159.38	41.10	15.26	99.70	-105.37	48.10	0.82



รูปที่ 4.3 : การเปรียบเทียบค่าความขุ่น ของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

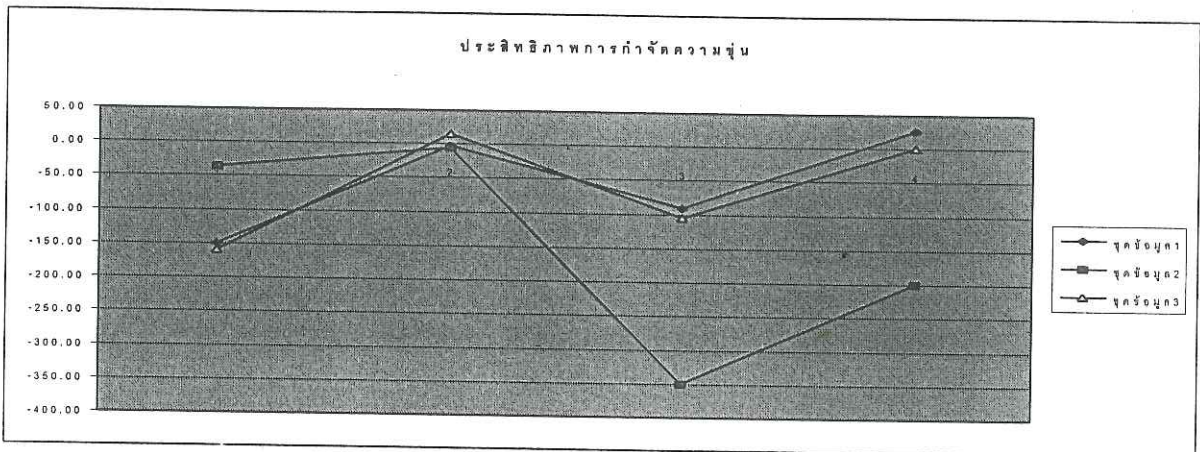
หมายเลข 1 คือ น้ำก่อนบำบัด

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบ

หมายเลข 5 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี



รูปที่ 4.4 : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

หมายเลข 1 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี

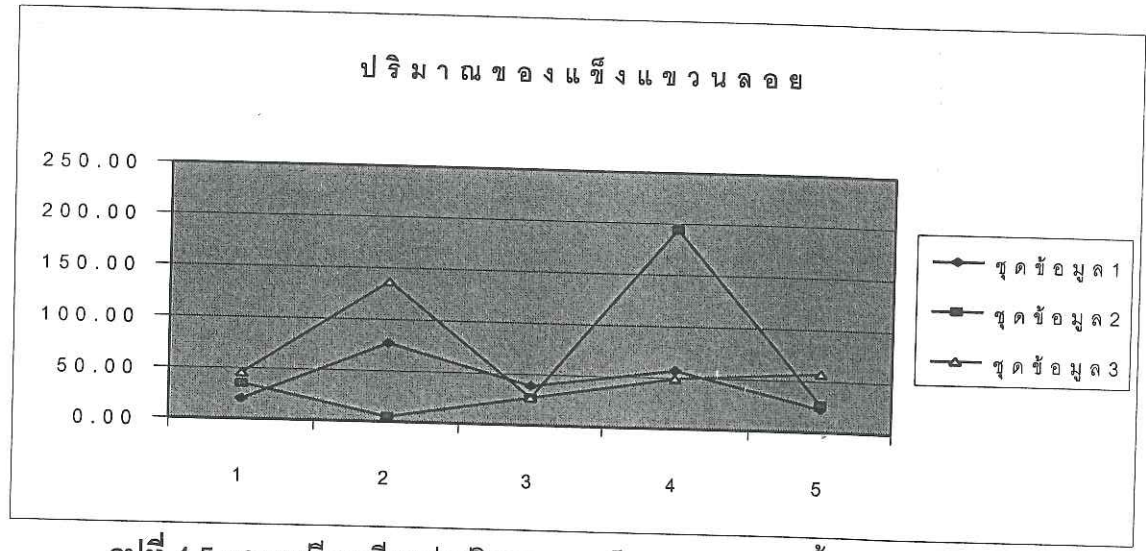
จากตารางที่ 4.25 จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 จะเห็นได้ว่าน้ำหลังจากผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการต่างๆแล้ว พบว่าระบบตกตะกอนทางเคมีจะมีค่าความขุ่นสูงที่สุด รองลงมาคือระบบ ตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง, ระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี และระบบตะกอนเร่ง ตามลำดับ เนื่องจากการเติมสารเคมีลงในน้ำเสีย ปริมาณสารเคมีที่ผสมอยู่ใน น้ำเสียนั้น จะช่วยสร้างตะกอนเล็ก ๆ ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นจึงสามารถตกตะกอนได้ง่ายขึ้น แต่จากผลที่ได้จะเห็นว่า ประสิทธิภาพที่ทำให้ค่าความขุ่นลดลงมีค่าติดลบ อาจเนื่องมาจากเวลาที่ใช้ในการทดลองอาจ ไม่พอเพียงกับการทำให้ตะกอนเล็ก ๆ ใหญ่ขึ้น ตะกอนเล็ก ๆ เหล่านั้นจึงยังแขวนลอยอยู่ในน้ำ จึงทำให้ค่าความขุ่นของน้ำเสียที่นำมาบำบัดมีค่าความขุ่นเพิ่มมากขึ้นกว่าน้ำก่อนบำบัดมาก

จากผลการทดลอง พอสรุปได้ว่าเวลาที่ต้องการใช้ในการตกตะกอนของระบบตกตะกอนทางเคมีต้องใช้เวลาสูงที่สุด รองลงมาเป็นระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง, ระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี และระบบตะกอนเร่งตามลำดับ

4.6.3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็ง

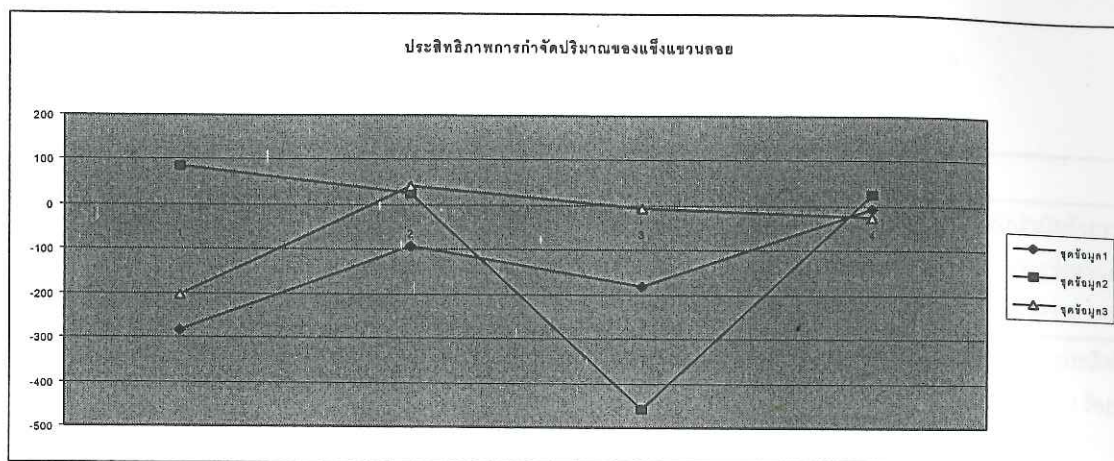
ตารางที่ 4.26 การเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย ของน้ำก่อนและหลังบำบัด ด้วยวิธีการต่าง ๆ

ครั้งที่	ปริมาณของแข็งแขวนลอย								
	น้ำก่อนบำบัด	หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมี		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนเคมี	
		ปริมาณของแข็งแขวนลอย	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งแขวนลอย	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งแขวนลอย	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งแขวนลอย	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
1	20.00	76.67	-283.35	38.33	-91.65	56.67	-183.35	21.67	-8.35
2	35.00	5.00	-85.71	26.67	23.8	195.00	-457.14	26.67	23.8
3	45.00	136.67	-203.71	26.67	40.73	48.33	-7.40	48.10	-25.93



รูปที่ 4.5 : การเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย ของน้ำก่อนและหลังบำบัด ด้วยวิธีการต่าง ๆ

- หมายเลข 1 คือ น้ำก่อนบำบัด
- หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี
- หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง
- หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง
- หมายเลข 5 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี



รูปที่ 4.6: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอย
ของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

หมายเลข 1 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

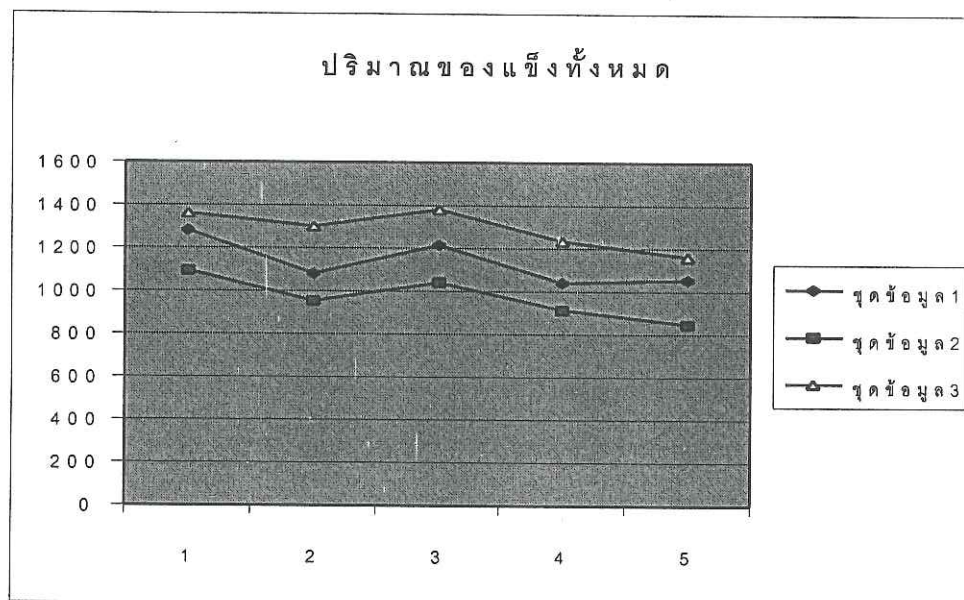
หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี

จากตารางที่ 4.26 และจากรูปที่ 4.5 และ 4.6 จะเห็นได้ว่าน้ำหลังจากผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการต่าง ๆ แล้ว พบว่าระบบตกตะกอนทางเคมี จะมีปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือในน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ ระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง, ระบบตะกอนเร่ง ตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี และ ระบบตะกอนเร่ง ตามลำดับ ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการเติมสารเคมีลงไป สารเคมีจะเข้าทำปฏิกิริยากับคอลลอยด์ และสารต่าง ๆ ในน้ำเสีย ทำให้ตะกอนเกิดการรวมตัวกันเข้า ซึ่งของแข็งที่ไม่ละลายน้ำตะกอนมีขนาดใหญ่ และมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำ เมื่อตั้งทิ้งไว้จะสามารถตกลงมาอนที่ก้นภาชนะได้ จากผลที่ได้ตะกอนอาจมีขนาดเล็กและเบาจึงทำให้ยังแขวนลอยอยู่ในน้ำ และเวลาที่ใช้อาจไม่พอเพียงกับการตกตะกอน การที่ปริมาณของแข็งแขวนลอย หลังการตกตะกอนทางเคมีมีปริมาณมากกว่าน้ำเสียก่อนการตกตะกอน เนื่องจากการตกตะกอนทางเคมี จะทำให้มีปริมาณของแข็งในน้ำเพิ่มขึ้น อันเกิดขึ้นเนื่องจากตะกอนของสารตกตะกอนที่ไปเกาะกับมลสารในน้ำ

ตารางที่ 4.27 การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งทั้งหมด ของน้ำก่อนและหลังบำบัด
ด้วยวิธีการ ต่าง ๆ

ครั้งที่	ปริมาณของแข็งทั้งหมด								
	น้ำก่อนบำบัด	หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมี		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนเคมี	
		ปริมาณของแข็งทั้งหมด	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
1	1283.33	1081.67	16.04	1213.33	5.82	1036.67	19.53	1053.33	18.20
2	1093.33	953.33	12.80	1043.33	4.57	915.00	16.31	850.00	22.26
3	1358.33	1300.33	4.29	1380.00	-1.59	1235.00	9.08	1161.67	14.48



รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ของน้ำก่อน
และหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

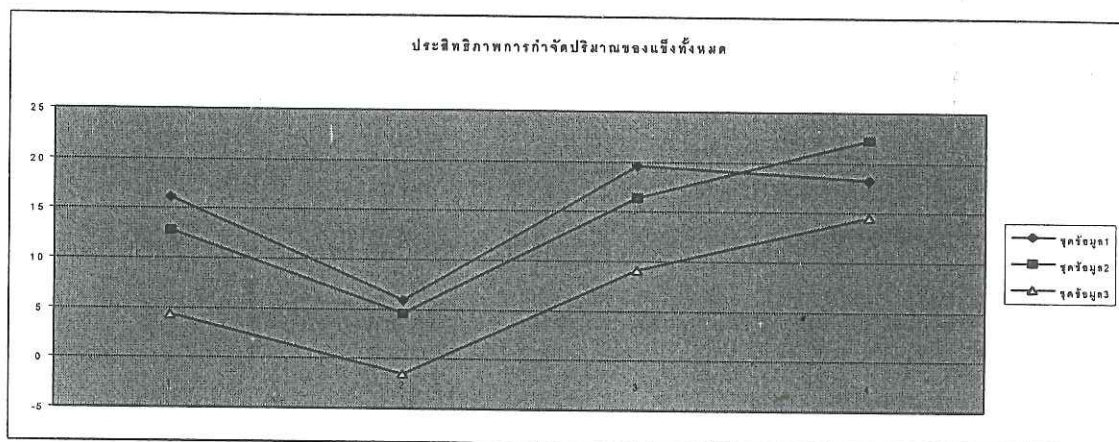
หมายเลข 1 คือ น้ำก่อนบำบัด

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 5 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี



รูปที่ 4.8: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด
ของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

หมายเลข 1 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

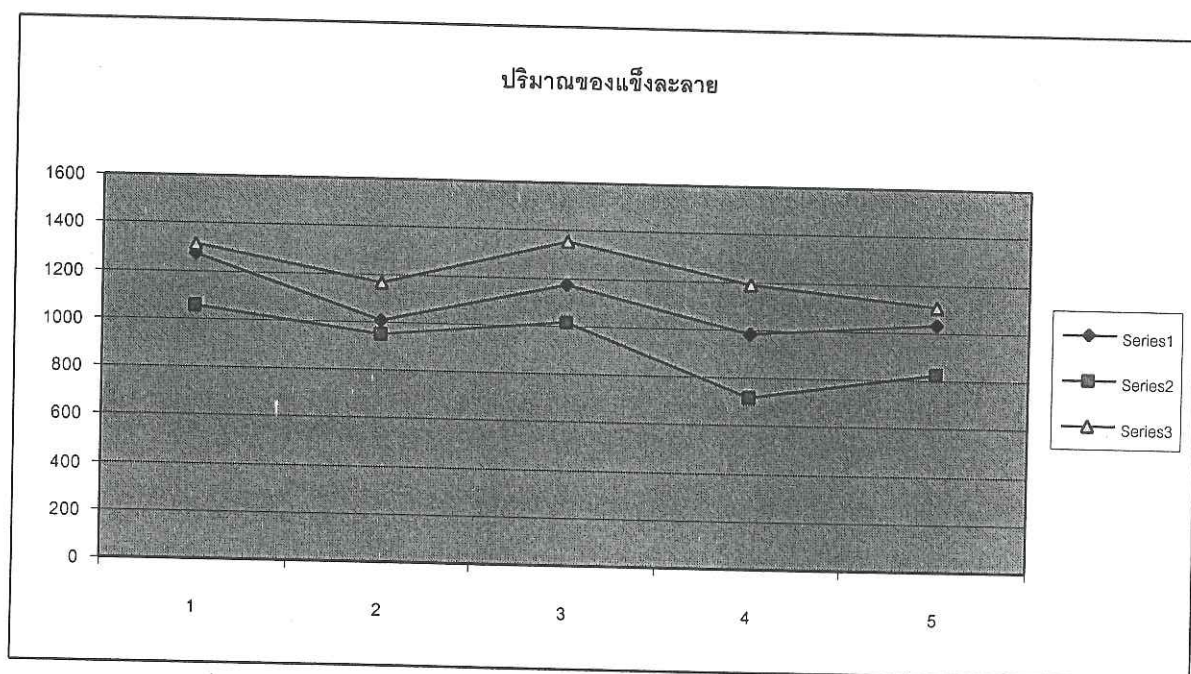
หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี

จากตารางที่ 4.27 และจากรูปที่ 4.7 และ 4.8 จะเห็นได้ว่า น้ำหลังจากผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการต่าง ๆ แล้ว พบว่าระบบตะกอนเร่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือ ระบบตกตะกอนทางเคมี, ระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง และ ระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี ตามลำดับ โดยพบว่าการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยการใช้การทำงานทั้งสองระบบร่วมกัน จะมีความสามารถลดระดับ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ที่ดีกว่าการใช้เพียงระบบเดียว และเมื่อเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับหน่วยแล้ว พบว่าระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี มีประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงที่สุด ซึ่งสูงกว่าระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

ตารางที่ 4.28 การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งละลาย ของน้ำก่อนและหลังบำบัด

ครั้งที่	ปริมาณของแข็งละลาย								
	น้ำก่อนบำบัด	หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมี		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนเคมี	
		ปริมาณของแข็งละลาย	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งละลาย	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งละลาย	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งละลาย	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
1	1268.33	1005.00	20.76	1175.00	7.36	980.00	22.73	1031.67	18.66
2	1058.33	948.33	10.39	1016.67	3.94	720.00	31.97	823.33	22.20
3	1313.33	1163.33	11.42	1353.33	-3.05	1185.67	9.72	1105.00	15.86



รูปที่ 4.9 : การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งละลาย ของน้ำก่อนและหลังบำบัด

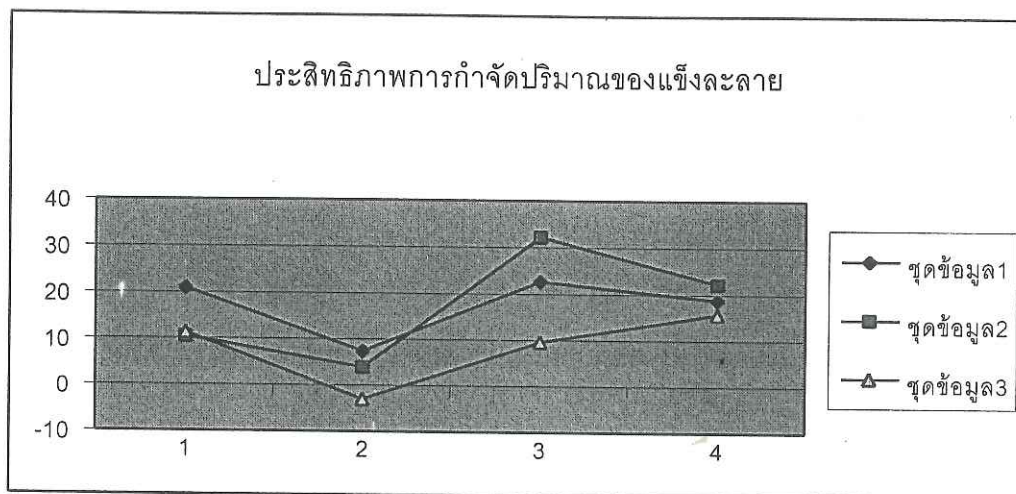
หมายเลข 1 คือ น้ำก่อนบำบัด

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 5 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี



รูปที่ 4.10: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งละลาย
ของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

หมายเลข 1 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

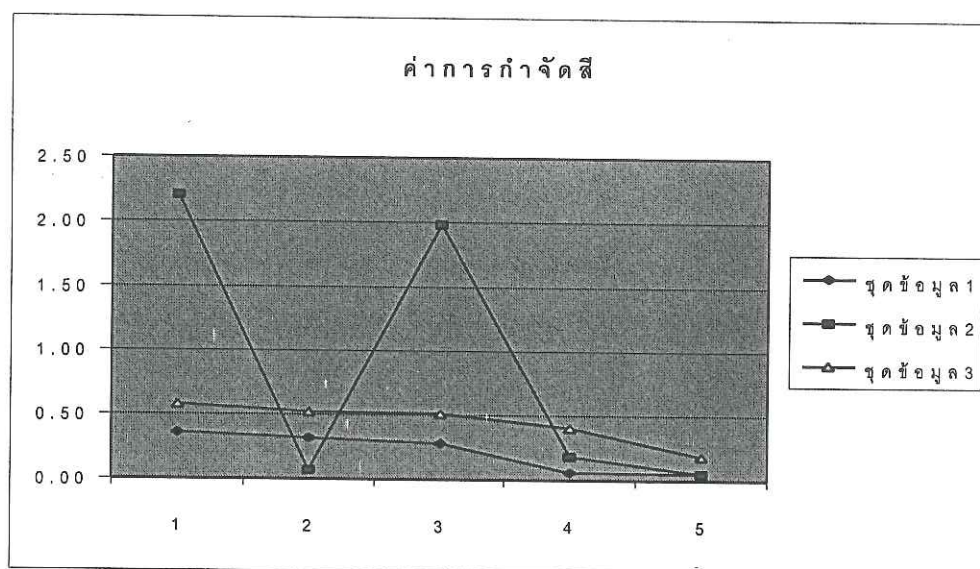
หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี

จากตารางที่ 4.28 และจากรูปที่ 4.9 และ 4.10 จะเห็นได้ว่าน้ำหลังจากผ่านการบำบัดด้วย กระบวนการต่าง ๆ แล้ว พบว่าระบบตะกอนเร่งมีปริมาณของแข็งละลายสูงที่สุด รองลงมาคือ ระบบตกตะกอนทางเคมี , ระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี และ ระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง ตามลำดับ โดยพบว่าการกำจัดปริมาณของแข็งละลายโดยใช้การทำงานของทั้งสองระบบร่วมกัน จะมีความสามารถในการลดปริมาณของแข็งละลายได้ดีกว่าการใช้เพียงระบบเดียว และเมื่อเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับหน่วยแล้ว พบว่าระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง มีประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณของแข็งละลายสูงที่สุด ซึ่งสูงกว่าระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี การที่ปริมาณของแข็งละลาย หลังการตกตะกอนทางเคมีมีปริมาณมากกว่าน้ำเสียก่อนการตกตะกอน เนื่องจากในการตกตะกอนทางเคมี จะทำให้มีปริมาณของแข็งในน้ำเพิ่มขึ้น อันเกิดขึ้นเนื่องจากตะกอนของสารตกตะกอนที่ไปเกาะกับมลสารในน้ำ

4.6.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสี

ตารางที่ 4.29 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

ครั้งที่	ประสิทธิภาพในการกำจัดสี								
	น้ำก่อนบำบัด	หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมี		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยการตกตะกอนเคมี	
		ค่าการกำจัดสี	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่าการกำจัดสี	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่าการกำจัดสี	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่าการกำจัดสี	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
1	0.36	0.32	10.65	0.28	21.58	0.06	81.69	0.05	86.65
2	2.20	0.07	96.69	1.98	10.05	0.18	91.48	0.05	97.68
3	0.58	0.52	10.35	0.51	13.41	0.41	29.02	0.18	68.59



รูปที่ 4.11 : การเปรียบเทียบค่า การกำจัดสี ของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

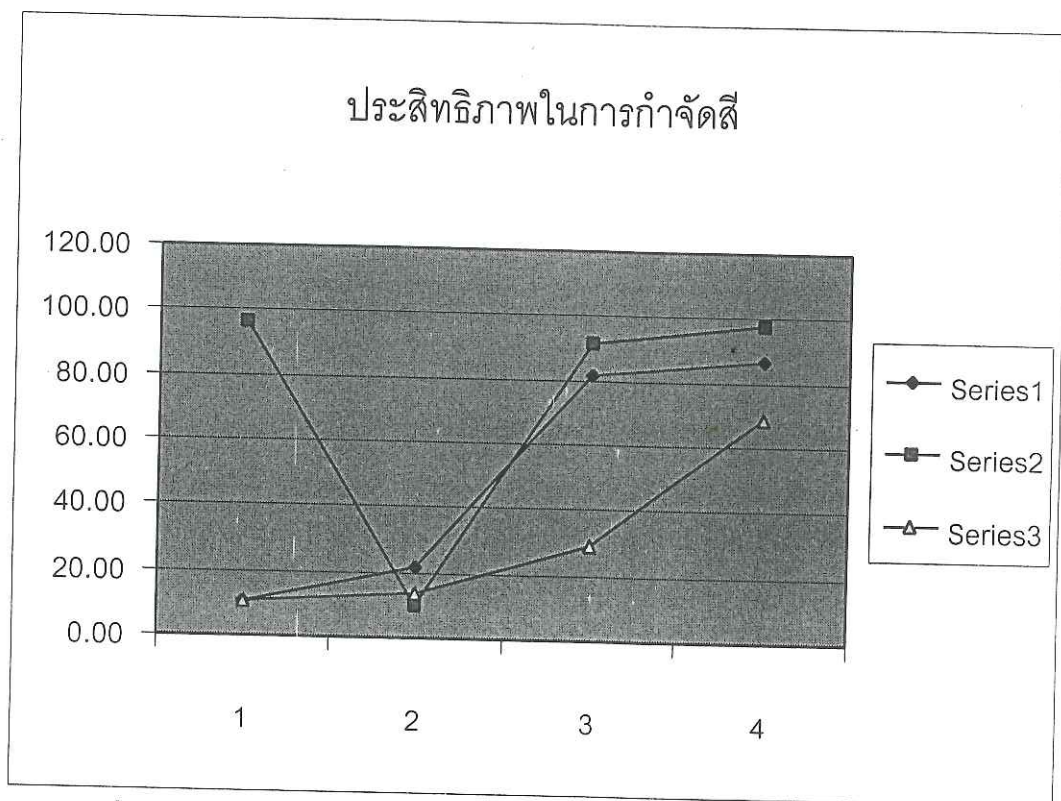
หมายเลข 1 คือ น้ำก่อนบำบัด

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 5 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยการตกตะกอนทางเคมี



รูปที่ 4.12: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

หมายเลข 1 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

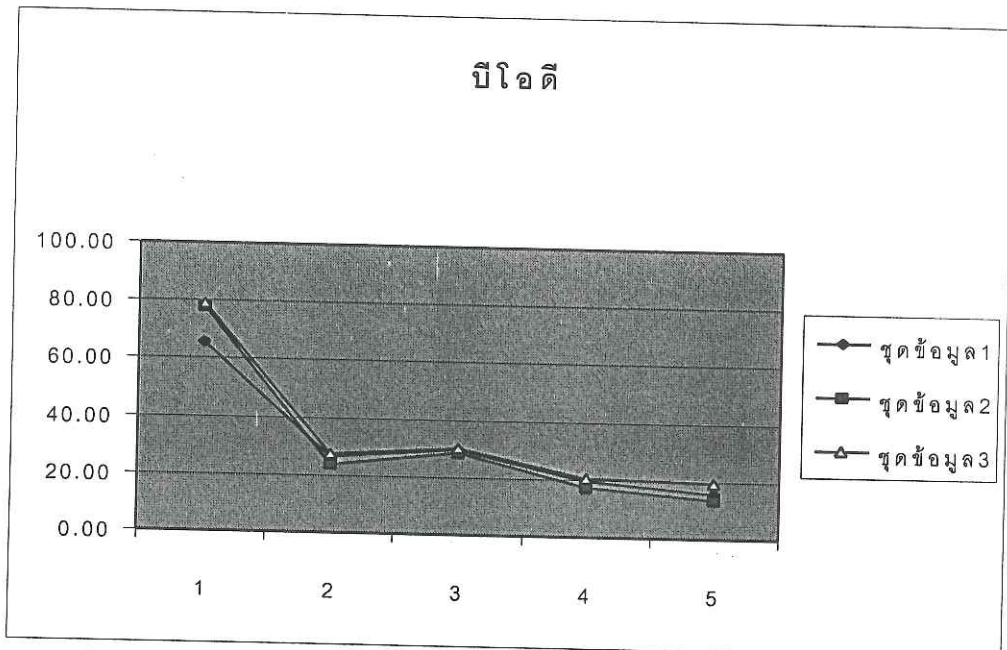
หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี

จากตารางที่ 4.29 และจากรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าน้ำหลังผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการต่าง ๆ แล้ว พบว่า ระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมีมีประสิทธิภาพ ในการกำจัดสีสูงสุด รองลงมาคือ ระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง, ระบบตะกอนเร่ง และระบบตกตะกอนทางเคมี ตามลำดับ โดยพบว่าการกำจัดสีโดยใช้การทำงานของทั้งสองระบบร่วมกันจะมีความสามารถในการกำจัดสีได้ดีกว่าการใช้เพียงระบบเดียว

4.6.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพบีโอดี

ตารางที่ 4.30 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพบีโอดี ของน้ำก่อนและหลังบำบัด
ด้วยวิธีการต่าง ๆ

ครั้งที่	ประสิทธิภาพ บีโอดี								
	น้ำก่อนบำบัด	หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมี		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนเคมี	
		ค่า บีโอดี	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่า บีโอดี	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่า บีโอดี	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่า บีโอดี	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
1	65.4	26.40	59.63	29.40	55.05	19.20	70.64	15.60	76.15
2	78.00	23.40	70.00	28.40	63.59	17.40	77.69	13.20	83.08
3	79.2	27.60	65.15	30.00	62.14	20.40	70.24	19.20	75.76



รูปที่ 4.13 : การเปรียบเทียบค่าบีโอดี ของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

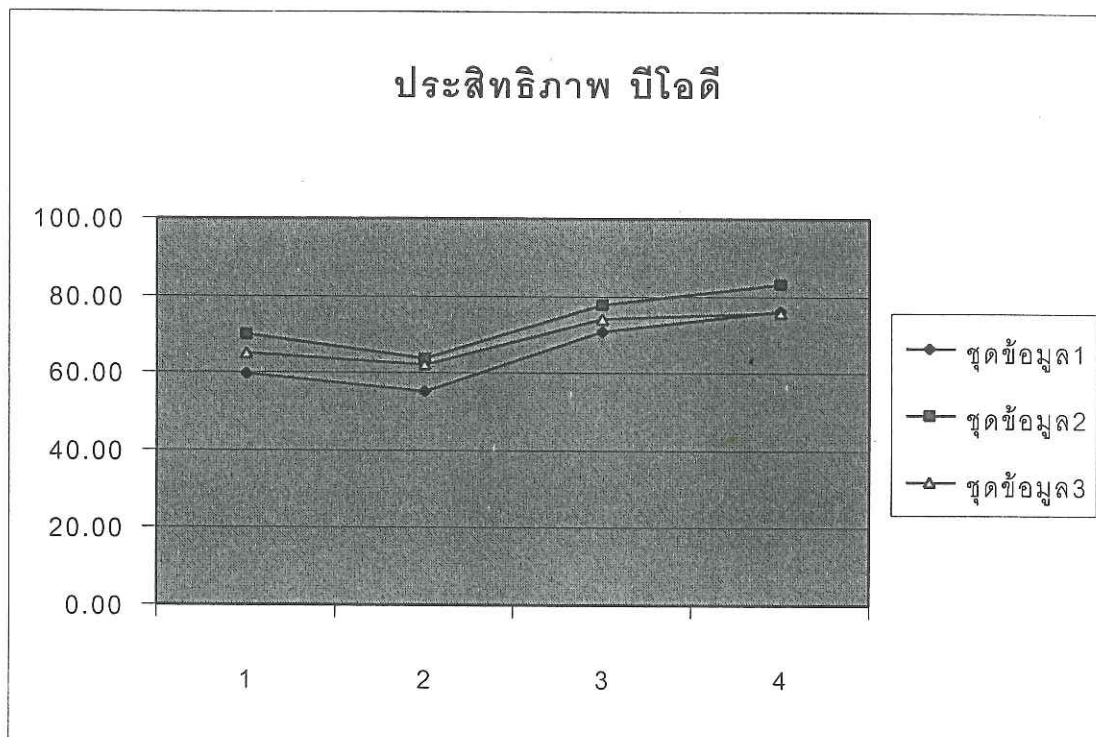
หมายเลข 1 คือ น้ำก่อนบำบัด

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 5 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี



รูปที่ 4.14 : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพบีโอดี ของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

หมายเลข 1 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

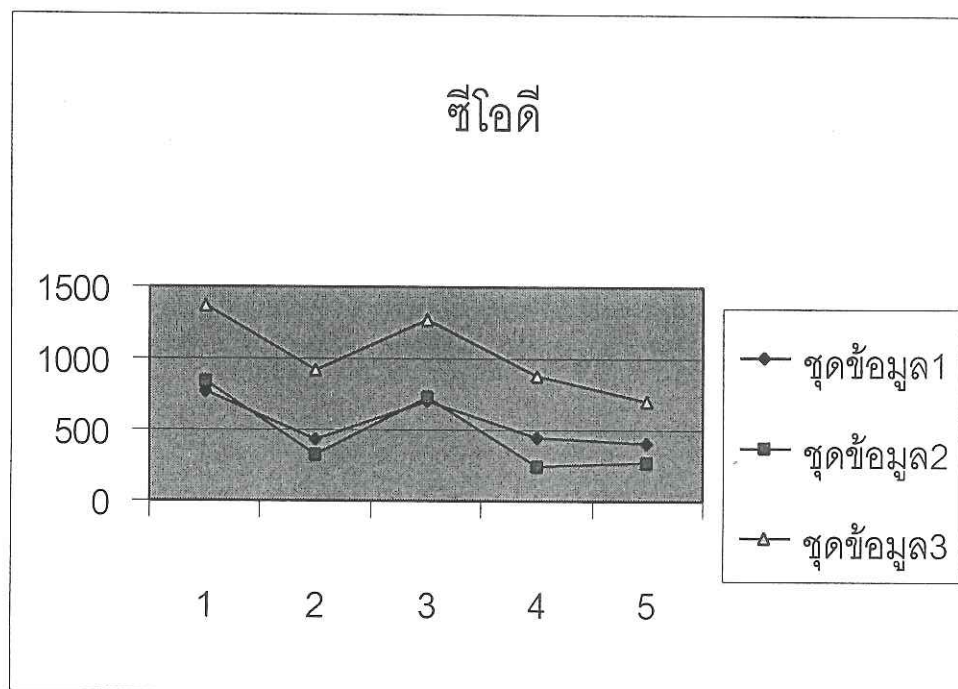
หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี

จากตารางที่ 4.30 จากรูปที่ 4.13 และ 4.14 จะเห็นได้ว่าน้ำหลังจากผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการต่าง ๆ แล้ว พบว่าระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี มีประสิทธิภาพ ในการลดค่าบีโอดีสูงที่สุด รองลงมาคือระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง, ระบบตกตะกอนทางเคมี และระบบตะกอนเร่ง ตามลำดับ

4.6.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพซีโอดี

ตารางที่ 4.31 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพซีโอดี ของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

ครั้งที่	ประสิทธิภาพ ซีโอดี								
	น้ำก่อนบำบัด	หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมี		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง		หลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนเคมี	
		ค่าซีโอดี	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่าซีโอดี	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่าซีโอดี	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)	ค่าซีโอดี	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
1	776.00	429.00	44.72	709.00	8.63	445.00	42.65	405.00	47.81
2	837.00	328.00	60.81	728.00	13.02	240.00	71.33	272.00	67.50
3	1368.00	925.00	32.38	1269.00	7.24	873.00	36.18	709.00	48.17



รูปที่ 4.15 : การเปรียบเทียบค่าซีโอดี ของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

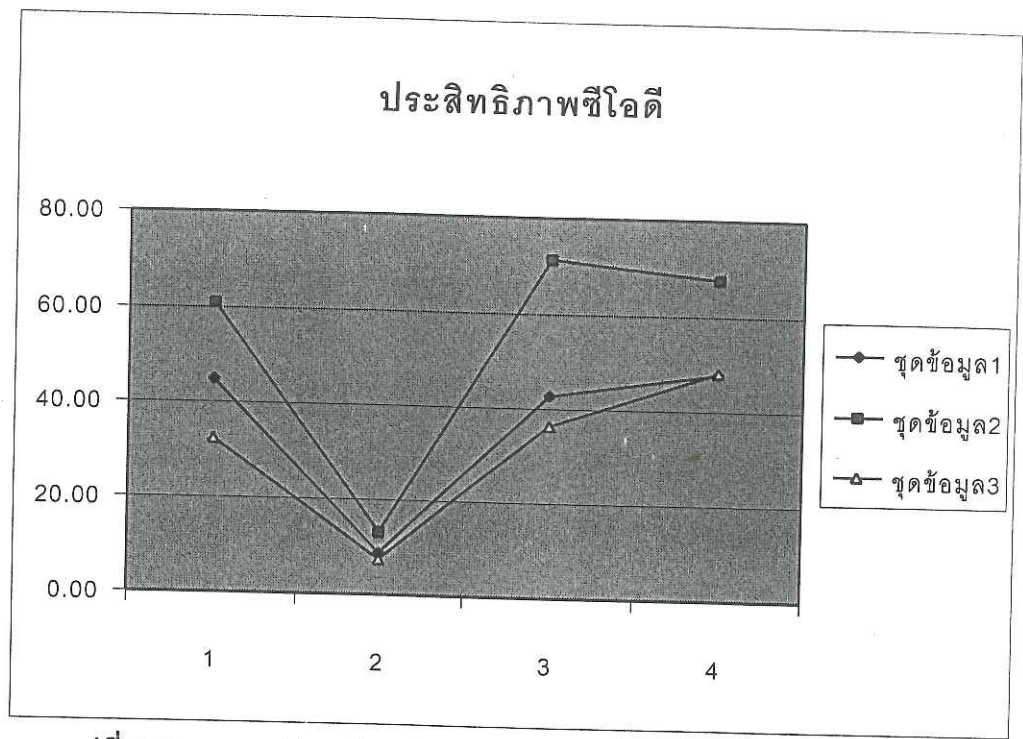
หมายเลข 1 คือ น้ำก่อนบำบัด

หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี

หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

หมายเลข 5 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี



รูปที่ 4.16 : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพซีไอดี ของน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ

- หมายเลข 1 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมี
- หมายเลข 2 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง
- หมายเลข 3 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง
- หมายเลข 4 คือ น้ำหลังบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยตกตะกอนทางเคมี

จากตารางที่ 4.31 จากรูปที่ 4.15 และ 4.16 จะเห็นได้ว่าน้ำหลังจากผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการต่างๆแล้ว พบว่าระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี มีประสิทธิภาพในการลดค่าซีไอดีสูงที่สุด รองลงมาคือ ระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง, ระบบตกตะกอนทางเคมี และระบบตะกอนเร่งตามลำดับ

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 ลักษณะน้ำเสียของโรงงาน Thai World Cup Elastic Co., Ltd.

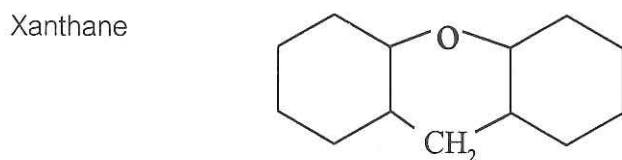
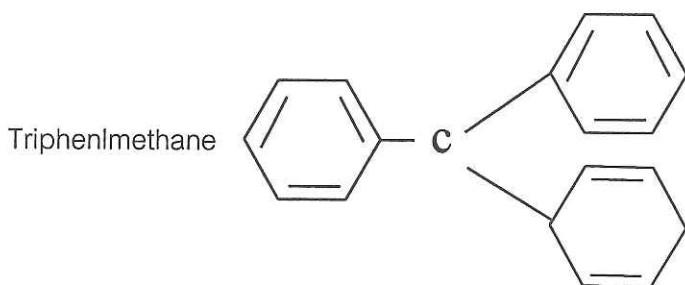
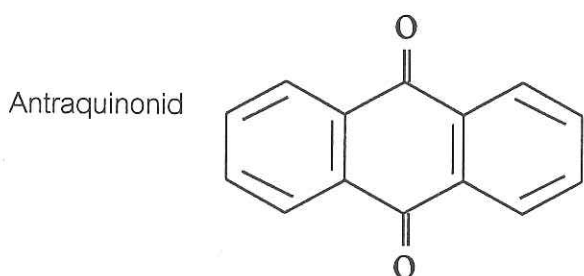
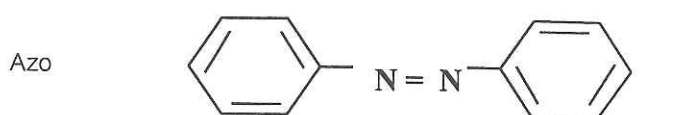
โรงงาน Thai World Cup Elastic Co., Ltd. เป็นโรงงานผลิต Elastic ย้อม Nylon และ polyester โดยใช้สีแอซิด และ ดิสเพอร์ส โดยกระบวนการย้อมแบบต่อเนื่อง และทำการตกแต่งสำเร็จ (Finishing) ด้วยกระบวนการอบด้วยไฟฟ้า (Dry Roller) และใช้สารเคมีในการตกแต่งสำเร็จด้วย Melamine - formaldehyde โดยน้ำเสียจะเกิดได้จากเกือบทุกขั้นตอนของการฟอกย้อมตั้งแต่ ขั้นตอนการเตรียมผ้า ขั้นตอนการให้สี และขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จ โดยเฉพาะในกระบวนการชะล้างทำความสะอาด ของแต่ละขั้นตอนจะมีการใช้น้ำในอัตราสูงมาก โดยลักษณะน้ำเสียของโรงงาน Thai World Cup Elastic Co., Ltd. มีค่าบีโอดี แต่ไม่จัดว่าสูงมากนักน่าจะมาจาก การใช้สารซักฟอก ส่วนค่าซีโอดี เกิดจากการใช้สีย้อม สารช่วยย้อมของสีดิสเพอร์ส ประกอบด้วย สารกันฟอง, โซเดียมอะซิเตต, กรดอะซิติก และ สารบัพเฟอร์ สารเคมีที่ใช้ในการทำ Reduction Clear (R.C.) ประกอบด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์, โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ และ ดิสเพอร์สซิงเอเจนท์ ส่วนสารช่วยย้อมของสีแอซิด ประกอบด้วย Gluaber's Salt , กรดซัลฟูริก หรือ กรดฟอร์มิก สารเคมีที่ใช้ในการทำ Reduction Clear ประกอบด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์, โซเดียมไดไฮโอไนท์ และ ดิสเพอร์สซิงเอเจนท์ นอกจากสารช่วยย้อมข้างต้นแล้วยังประกอบด้วยสารตกแต่ง และ สารซักฟอก โดยสารตกแต่งที่ใช้คือ Melamine - formaldehyde

5.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพจากโรงงาน Thai World Cup Elastic โดยระบบตะกอนเร่งในห้องปฏิบัติการ

พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดสี อยู่ในช่วงร้อยละ 13.41-21.58 กำจัดบีโอดี อยู่ในช่วงร้อยละ 62.14-63.59 และ กำจัดซีโอดี อยู่ในช่วงร้อยละ 8.36-13.02 โดยสามารถลดค่าบีโอดี ของน้ำทิ้งลงได้ แต่ประสิทธิภาพยังไม่สูงมากนัก เนื่องจากลักษณะของน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนด้วยสีย้อม พวงสีแอซิด และ สีดิสเพอร์ส รวมไปถึงสารช่วยย้อมต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์ที่จุลินทรีย์ ไม่สามารถย่อยสลายได้ หรือย่อยสลายได้ยาก จึงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีต่ำมาก ตรงกับรายงานของ Carliell และคณะ, (1996) ซึ่งรายงานว่า สีย้อมเป็นตัวขัดขวางการย่อยแบบใช้ออกซิเจน เนื่องจากตัวสีย้อมได้มีการเติมสารเคมีต่าง ๆ ที่ช่วยเพิ่มคุณสมบัติของสีย้อม เช่น สารป้องกันไม่ให้สีตก เป็นต้น

5.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพจากโรงงาน Thai World Cup Elastic โดยระบบตกตะกอน ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

จากการทดลองใช้ 10% อลูมิเนียมซัลเฟต เป็นสารตกตะกอน พบว่า มีประสิทธิภาพในการกำจัดสี อยู่ในช่วงร้อยละ 10.65 - 96.69 กำจัดบีโอดี อยู่ในช่วงร้อยละ 65.15 - 70.00 และกำจัดซีโอดี อยู่ในช่วงร้อยละ 44.72 - 60.81 ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าระบบตะกอนเร่งในทุกพารามิเตอร์ เนื่องจากอลูมิเนียมซัลเฟต ซึ่งเมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวให้ Al^{3+} จะทำปฏิกิริยากับสีแอสิด ซึ่งโครงสร้างทั่วไปของ สีแอสิด ประกอบด้วยกลุ่ม Azo, Antraquinonid , Triphenlmethane และ กลุ่ม Xanthane ซึ่งแสดงโครงสร้างทั่วไป ดังนี้



สีแอสิดเป็นสีที่ละลายน้ำได้ดี แต่เพราะจากโครงสร้างที่มีประจุลบ จะทำปฏิกิริยากับ Al^{3+} เกิดเป็นตะกอนตกลงมา ส่วนสีดิสเพอร์สมีโครงสร้าง ทั่วไปเป็นพวก Azo, Antraquinonid และ Dipheylamine Compounds สีดิสเพอร์สเป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ อยู่ในน้ำจะมีลักษณะเป็นคอลลอยด์เมื่อเติมอลูมิเนียมซัลเฟต ลงไป ทำให้อนุภาคคอลลอยด์โตขึ้นจน

เกิดการตกตะกอนได้ นอกจากสามารถตกตะกอนสีได้แล้ว ยังสามารถตกตะกอนสารอินทรีย์ และ สารอนินทรีย์อื่น ๆ เช่น โซเดียมอะซิเตต, กรดอะซิติก, สารบัพเฟอร์, สารเคมีที่ใช้ในการทำ Reduction Clear และ Melamine – formaldehyde ได้ จึงทำให้สามารถลดค่า บีโอดี และ ซีโอดี ของน้ำทิ้งลงได้

5.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพจากโรงงาน Thai World, Cup Elastic โดยระบบตกตะกอน ทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่งในห้องปฏิบัติการ

เมื่อนำระบบตกตะกอนทางเคมีและระบบตะกอนเร่งมาใช้ร่วมกัน โดยเรียงลำดับกระบวนการ โดยนำน้ำเสียมาตกตะกอนด้วย 10% อลูมิเนียมซัลเฟต แล้วตามด้วยการเติมอากาศ พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดสี อยู่ในช่วงร้อยละ 81.69 - 91.48 กำจัดบีโอดี อยู่ในช่วงร้อยละ 70.64 - 77.69 และกำจัดซีโอดี อยู่ในช่วงร้อยละ 42.65 - 71.33 ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสี บีโอดี และ ซีโอดี จะสูงขึ้นกว่าการใช้เพียงระบบเดียว

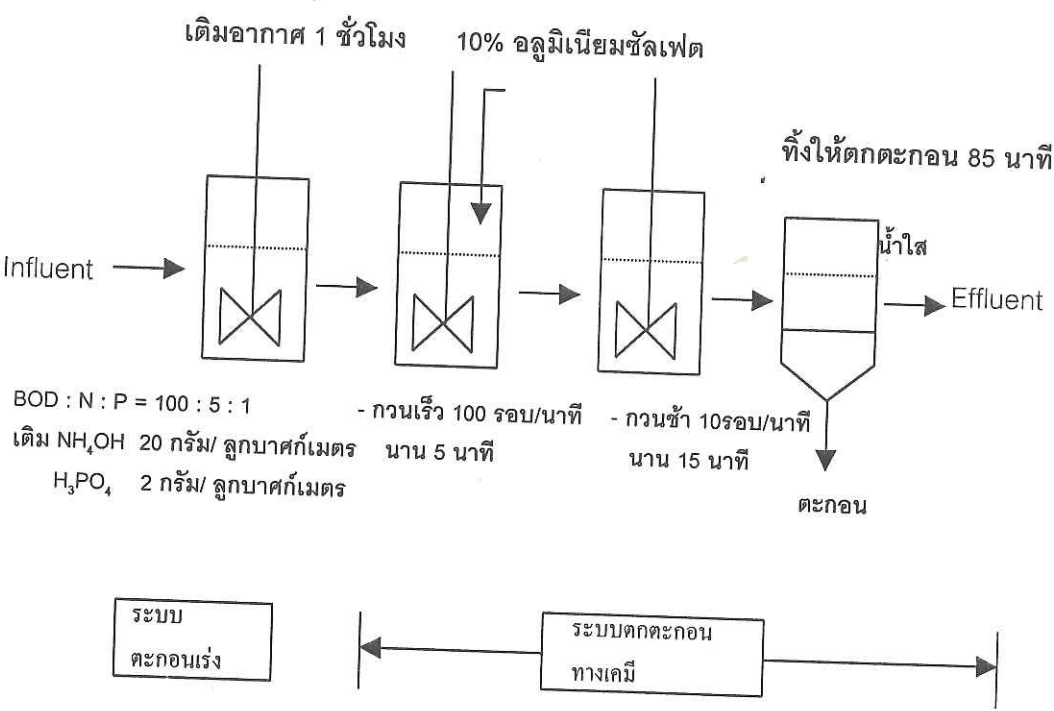
5.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพจากโรงงาน Thai World Cup Elastic โดยระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

เมื่อนำระบบตะกอนเร่งและระบบตกตะกอนทางเคมีมาใช้ร่วมกันโดย เรียงลำดับกระบวนการโดยนำน้ำเสียมาเติมอากาศแล้วตามด้วยการตกตะกอน พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดสี อยู่ในช่วงร้อยละ 86.65 - 97.68 กำจัดบีโอดี อยู่ในช่วงร้อยละ 76.15 - 83.08 และกำจัดซีโอดี อยู่ในช่วงร้อยละ 48.18 - 67.50 ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดสี บีโอดี และ ซีโอดี จะสูงขึ้นกว่าการใช้ระบบอื่น ๆ

5.6 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทุกระบบ

ระบบที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสี บีโอดี และซีโอดี ได้ดีที่สุดคือระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี รองลงมาคือ ระบบตกตะกอนทางเคมีตามด้วยระบบตะกอนเร่ง, ระบบตกตะกอนทางเคมี และ ระบบตะกอนเร่ง ตามลำดับ

5.7 รูปแบบระบบบำบัดที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียจากโรงงานตัวอย่าง



ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในโรงงานที่มีลักษณะน้ำเสีย ที่ใช้สีย้อมชนิดอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง (Reference)

- จินตนา แป้นสุวรรณ. 2539. "การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของการกำจัดสีจากน้ำเสียโรงฟอกย้อม ระหว่างกระบวนการเอสปีอาร์แบบธรรมดา กับแบบแอนนออกซิก + แอนแอโรบิก/ออกซิก". วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต.
- เพ็ญประภา ลิบศิริ. 2539. "การกำจัดสีในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมโดยวิธีการตกตะกอนด้วยเบนโทไนต์". วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต.
- วุฒิ วิพันธ์พงษ์. 2540. "การใช้สารเคมีเฟ้นต้นกำจัดสีและสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงงานย้อม". วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต.
- สมคิด วงศ์ไชยสุวรรณ. 2525. "การกำจัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าฝ้าย โดยใช้แมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค". วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ ฯ.
- สร้อยดาว วินิจนันท์รัตน์. "การบำบัดน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมเส้นใยโดยวิธีทางเคมี". วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต.
- อำพล เตโชวานิชย์. 2441. "ประสิทธิภาพการกำจัดสีของสรีแอกทีฟชนิดอะซิโดระบบเอสปีอาร์แบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก-แอโรบิกภายใต้ภาวะการปฏิบัติการที่ต่างกัน". วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต.
- Boe, R.W. Pilot Scale Study on Anaerobic/Aerobic Treatment of A Textile Dye Wastewater. Thesis submitted in partial fulfillment of the M.S. Degree, VIP&SU, October, 1993
- Carliell, C.M. , Barclay, S.J., and Buckley, C.A. Treatment of Exhausted Reactive Dyebath Effluent Using Anaerobic Digestion : Laboratory and Full-scale Trials. Water SA. 22(3): 225-233, 1996
- Ghosh, M.M., Woodard, F.E., Sproul, O.J., Knowlton, P.B., and Guertin, P.D. J.WPCE, 50:1776, 1978
- Horning, R.H. Crompton and Knowles Corporation for the American Dye Manufactures Institue (ADMI). Textile Chem. Color 9(3):24, 1977
- Porter, J.J. and, E.H. Long-term Biodegradability of Textile Chemicals. J.WPCE, 48 (9): 2198-2210, 1976

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก-1 การวิเคราะห์ค่า ซีไอดี ของน้ำเสียจากโรงงาน

วัน เดือน ปี	Blank (ml ของ FAS 0.05 N)					Sample (ml ของ FAS 0.05 N)							ซีไอดี (mg/l)
	1	2	3	X	SD	1	2	3	4	5	X	SD	
30 พ.ย. 43	3.90	3.90	3.90	3.90	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00	360.00
7 ธ.ค. 43	4.00	3.90	4.00	3.97	0.06	3.00	3.10	3.00	2.90	3.00	3.00	0.06	386.67
12 ธ.ค. 43	3.70	3.80	3.70	3.73	0.06	3.10	3.20	2.50	2.70	3.10	2.92	0.30	325.33
18 ม.ค. 44	4.10	4.10	4.00	4.07	0.06	3.20	3.10	3.10	3.20	3.10	3.14	0.06	370.67
25 ม.ค. 44	5.70	5.70	5.50	5.63	0.06	4.00	4.20	4.20	4.20	4.20	4.16	0.09	589.33
1 ก.พ. 44	4.50	4.50	4.50	4.50	0.00	4.30	4.30	4.20	4.20	4.20	4.24	0.06	104.00
15 ก.พ. 44	4.60	4.70	4.60	4.63	0.06	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	0.00	13.33

ตารางที่ ก-2 การวิเคราะห์ค่า ซีไอดี ของน้ำเสียก่อนการบำบัด

ตัวอย่างที่	Blank (ml ของ FAS 0.05 N)					Sample (ml ของ FAS 0.05 N)							ซีไอดี (mg/l)
	1	2	3	X	SD	1	2	3	4	5	X	SD	
1	5.70	5.70	5.70	5.70	0.00	3.70	3.80	3.80	3.80	3.70	3.76	0.06	776.00
2	6.00	6.10	6.00	6.03	0.06	3.90	3.90	4.00	4.00	3.90	3.94	0.06	837.33
3	5.70	5.80	5.60	5.70	0.10	2.30	2.10	2.40	2.30	2.30	2.28	0.11	1368.00

ตารางที่ ก-3 การวิเคราะห์ค่า ซีไอดี ของน้ำเสียที่นำมาบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมี

ตัวอย่างที่	Blank (ml ของ FAS 0.05 N)					Sample (ml ของ FAS 0.05 N)							ซีไอดี (mg/l)
	1	2	3	X	SD	1	2	3	4	5	X	SD	
1	6.00	6.10	6.00	6.03	0.06	4.70	5.10	5.00	5.00	5.00	4.96	0.15	429.33
2	5.60	5.60	5.60	5.60	0.00	4.80	4.80	4.80	4.70	4.80	4.78	0.05	328.00
3	6.00	6.00	6.10	6.03	0.06	3.70	3.70	3.90	3.60	3.70	3.72	0.11	925.33

ตารางที่ ก-4 การวิเคราะห์ค่า ซีไอดี ของน้ำเสียที่นำมาบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีตามด้วย
ระบบตะกอนเร่ง

ตัวอย่างที่	Blank (ml ของ FAS 0.05 N)					Sample (ml ของ FAS 0.05 N)							ซีไอดี (mg/l)
	1	2	3	X	SD	1	2	3	4	5	X	SD	
1	6.00	6.10	6.00	6.03	0.06	4.90	4.90	4.80	5.00	5.00	4.92	0.12	445.33
2	5.70	5.80	5.60	5.70	0.10	5.00	5.10	5.20	5.10	5.10	5.10	0.06	240.00
3	6.00	6.00	6.10	6.03	0.06	3.80	3.80	3.90	3.90	-	3.85	0.06	873.33

ตารางที่ ก-5 การวิเคราะห์ค่า ซีโอดี ของน้ำเสียที่นำมาบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

ตัวอย่างที่	Blank (ml ของ FAS 0.05 N)					Sample (ml ของ FAS 0.05 N)							ซีโอดี (mg/l)
	1	2	3	X	SD	1	2	3	4	5	X	SD	
1	5.70	5.80	6.00	5.83	0.15	4.10	4.10	4.20	3.80	4.10	4.06	0.15	709.33
2	5.60	5.60	5.60	5.60	0.00	3.80	3.80	3.70	3.80	3.80	3.78	0.05	728.00
3	6.00	6.00	6.10	6.03	0.06	2.90	2.80	2.80	2.90	2.90	2.86	0.06	1269.33

ตารางที่ ก-6 การวิเคราะห์ค่า ซีโอดี ของน้ำเสียที่นำมาบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วย
ระบบตกตะกอนเคมี

ตัวอย่างที่	Blank (ml ของ FAS 0.05 N)					Sample (ml ของ FAS 0.05 N)							ซีโอดี (mg/l)
	1	2	3	X	SD	1	2	3	4	5	X	SD	
1	5.70	5.80	6.00	5.83	0.15	4.80	4.90	4.80	4.80	4.80	4.82	0.05	405.33
2	5.60	5.60	5.60	5.60	0.00	5.00	4.90	4.90	4.90	4.90	4.92	0.05	272.00
3	6.00	6.00	6.10	6.03	0.06	4.40	4.20	4.30	4.10	4.30	4.26	0.11	709.33

หมายเหตุ : $COD (mg/l) = (A-B) * N * 8000 / ml \text{ ของน้ำตัวอย่าง } (1 ml)$

เมื่อ A = ml ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรท Blank

B = ml ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรท Sample

N = ความเข้มข้นของ FAS (0.05 N)

ตารางที่ ก -13 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งของน้ำเสียจากโรงงาน

วัน เดือน ปี	SS												TS										DS (mg/l)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	1			2			3			X	SD	SS (mg/l)	1			2			3			X		SD	TS (mg/l)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)				A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

ตารางที่ ก-14 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งของน้ำเสียก่อนบำบัด

ตัวอย่าง น้ำ	SS										TS										DS (mg/l)							
	1			2			3				X	SD	SS (mg/l)	1			2			3			X	SD	TS (mg/l)			
	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)				B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)										
1	19.45	19.45	0.00	31.38	31.38	0.00	27.45	27.45	0.00	27.45	27.45	0.00	0.00	0.00	20.00	20.51	20.54	0.02	22.35	22.38	0.02	22.25	22.28	0.02	0.02	0.00	1288.33	1268.33
2	43.36	43.36	0.00	26.46	26.46	0.00	27.39	27.39	0.00	27.39	27.39	0.00	0.00	0.00	35.00	21.25	21.27	0.02	16.99	17.01	0.02	17.52	17.54	0.02	0.02	0.00	1093.33	1058.33
3	26.54	26.54	0.00	26.46	26.46	0.00	27.45	27.45	0.00	27.45	27.45	0.00	0.00	0.00	45.00	21.26	21.29	0.02	20.86	20.89	0.02	16.69	16.72	0.02	0.0272	0.0010	1358.33	1313.33

ตารางที่ ก-15 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งของน้ำเสียที่นำมาบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมี

SS													TS										DS (mg/l)		
ตัวอย่าง ที่	1			2			3			X	SD	SS (mg/l)	1			2			3			X		SD	TS (mg/l)
	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)				A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)							
1	48.63	48.63	0.00	26.42	26.43	0.00	26.54	26.54	0.00	0.00	0.00	76.66	19.56	19.58	0.02	23.38	23.40	0.02	20.55	20.58	0.02	0.02	0.00	1081.66	1005.00
2	26.92	26.92	0.00	17.82	17.82	0.00	23.30	23.30	0.00	0.00	0.00	5.00	25.69	25.71	0.02	22.75	22.77	0.01	25.69	25.71	0.01	0.01	0.00	953.33	948.33
3	26.57	26.58	0.00	26.86	26.86	0.00	23.28	23.28	0.00	0.00	0.00	136.66	17.01	17.03	0.02	16.70	16.73	0.02	20.88	20.90	0.02	0.02	0.00	1300.00	1163.33

ตารางที่ ก-16 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งของน้ำเสียที่นำมาบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีตามด้วย
 ระบบตะกอนแรง

SS															TS										DS (mg/l)
ตัวอย่าง ที่	1			2			3			X	SD	SS (mg/l)	1			2			3			X	SD	TS (mg/l)	
	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)				A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)							
1	28.70	28.71	0.00	27.58	27.58	0.00	23.79	23.79	0.00	0.00	0.00	56.66	21.36	21.39	0.02	22.15	22.17	0.01	20.51	20.53	0.02	0.02	0.00	1036.66	980.00
2	31.72	31.39	0.00	26.58	26.59	0.01	19.46	19.46	0.00	0.00	0.00	195.00	20.91	20.93	0.01	21.04	21.06	0.01	19.78	19.80	0.01	0.01	0.00	915.00	720.00
3	19.43	19.43	0.00	29.10	29.10	0.00	17.82	17.82	0.00	0.00	0.00	48.33	21.28	20.30	-0.97	20.85	20.88	0.02	21.30	21.32	0.02	-0.30	0.57	-15450.00	-15498.33

ตารางที่ ก-17 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งของน้ำเสียที่นำมาบำบัดด้วยระบบตะกอนแรง

SS														TS								DS (mg/l)			
ตัวอย่าง ที่	1			2			3			X	SD	SS (mg/l)	1			2			3				X	SD	TS (mg/l)
	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)				A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)							
1	26.62	26.62	0.00	53.11	53.11	0.00	27.04	27.05	0.00	0.00	0.00	38.33	16.67	16.69	0.02	19.10	19.12	0.02	21.37	21.39	0.02	0.02	0.00	1213.33	1175.00
2	27.18	27.18	0.00	27.32	27.33	0.00	26.56	26.56	0.00	0.00	0.00	26.66	21.29	21.31	0.02	16.68	16.70	0.02	20.85	20.87	0.02	0.02	0.00	1043.33	1016.67
3	27.18	27.18	0.00	26.63	26.63	0.00	53.11	53.11	0.00	0.00	0.00	26.66	21.42	21.45	0.02	20.28	20.31	0.02	20.84	20.87	0.02	0.02	0.00	1380.00	1353.33

ตารางที่ ก-18 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งของน้ำเสียที่นำมาบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งตามด้วยระบบตะกอนเคมี

SS										TS										DS (mg/l)					
ตัวอย่าง ที่	1			2			3			X	SD	SS (mg/l)	1			2			3			X	SD	TS (mg/l)	
	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)	A (g)	B (g)	B-A (g)	X	SD		
1	23.29	23.29	0.00	55.87	55.87	0.00	43.34	43.34	0.00	0.00	0.00	21.66	20.83	20.85	0.02	20.98	21.00	0.02	20.26	20.28	0.02	0.02	0.00	1053.33	1031.66
2	26.86	26.86	0.00	55.88	55.88	0.00	41.71	41.71	0.00	0.00	0.00	26.66	20.54	20.55	0.01	22.08	22.10	0.01	17.89	17.91	0.01	0.01	0.00	850.00	823.33
3	26.92	26.92	0.00	41.71	41.71	0.00	55.86	55.86	0.00	0.00	0.00	56.66	21.92	21.94	0.02	16.62	16.64	0.02	22.35	22.38	0.02	0.02	0.00	1161.66	1105.00

หมายเหตุ : SS = ปริมาณของแข็งแขวนลอย

DS = ปริมาณของแข็งละลาย (TS-SS)

TS = ปริมาณของแข็งทั้งหมด

A = น้ำหนักถ้วยเปิดเปล่า

B = น้ำหนักถ้วยเปิดหลังทดสอบ

B-A = น้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่บนถ้วยถ้วยเปิด

ตารางที่ ก-7 แสดงการวิเคราะห์ค่า บีไอดี ของน้ำเสียจากโรงงาน

วัน เดือน ปี	Sample 5 (ml ของ Sodiumthiosulfate 0.025 N)						บีไอดี (mg/l)	Sample 10 (ml ของ Sodiumthiosulfate 0.025 N)					
	D1	D2	B1	B2	f(0.2)	อัตราเจือจาง		D1	D2	B1	B2	f(0.2)	อัตราเจือจาง
30 พ.ย. 43	6.70	5.40	6.60	5.20	0.20	60.00	61.20	6.70	5.50	6.60	5.20	0.20	30.00
7 ธ.ค. 43	6.50	5.10	6.40	2.30	0.20	60.00	34.80	6.40	3.50	6.40	2.30	0.20	30.00
12 ธ.ค. 43	6.40	5.20	6.40	4.40	0.20	60.00	48.00	6.40	4.50	6.40	4.40	0.20	30.00
18 ม.ค. 44	5.50	4.50	5.70	3.50	0.20	60.00	33.60	5.30	2.50	5.70	3.50	0.20	30.00
25 ม.ค. 44	5.30	4.10	5.30	4.10	0.20	60.00	57.60	5.30	4.20	5.30	4.10	0.20	30.00
1 ก.พ. 44	7.50	6.40	7.50	6.40	0.20	60.00	52.80	7.40	6.50	7.50	6.40	0.20	30.00
15 ก.พ. 44	6.45	5.25	5.50	5.10	0.20	60.00	67.20	6.00	5.20	5.50	5.10	0.20	30.00
X	6.34	5.14	6.20	4.43	0.20	60.00	50.74	6.21	4.56	6.20	4.43	0.20	30.00
SD	0.74	0.73	0.76	1.31	0.00	0.00	12.82	0.75	1.32	0.76	1.32	0.00	0.00

ตารางที่ ก-8 แสดงการวิเคราะห์ค่า บีไอดี ของน้ำเสียก่อนบำบัด

ตัวอย่างที่	Sample 5 (ml ของ Sodiumthiosulfate 0.025 N)						บีไอดี (mg/l)
	D1	D2	B1	B2	f(0.2)	อัตราเจือจาง	
1	7.05	5.60	7.40	5.60	0.20	60.00	65.40
2	7.20	5.50	7.50	5.50	0.20	60.00	78.00
3	7.00	5.40	6.80	5.40	0.20	60.00	79.20
X	7.08	5.50	7.23	5.50	0.20	60.00	74.20
SD	0.10	0.10	0.38	0.10	0.00	0.00	7.65

ตารางที่ ก-9 แสดงการวิเคราะห์ค่า บีไอดี ของ น้ำเสียที่นำมาบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมี

ตัวอย่างที่	Sample 5 (ml ของ Sodiumthiosulfate 0.025 N)						บีไอดี (mg/l)
	D1	D2	B1	B2	f(0.2)	อัตราเจือจาง	
1	6.80	6.30	7.00	6.70	0.20	60.00	26.40
2	7.00	6.55	6.80	6.50	0.20	60.00	23.40
3	6.70	6.20	6.50	6.30	0.20	60.00	27.60
X	6.83	6.35	6.77	6.50	0.20	60.00	25.80
SD	0.15	0.18	0.25	0.20	0.00	0.00	2.16

ตารางที่ ก-10 แสดงการวิเคราะห์ค่า บีไอดี ของน้ำเสียที่นำมาบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมี
ตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

ตัวอย่างที่	Sample 5 (ml ของ Sodiumthiosulfate 0.025 N)						บีไอดี (mg/l)
	D1	D2	B1	B2	f(0.2)	อัตราเจือจาง	
1	7.00	6.60	7.00	6.60	0.20	60.00	19.2
2	6.95	6.60	7.00	6.70	0.20	60.00	17.4
3	6.60	6.20	6.70	6.30	0.20	60.00	20.4
X	6.85	6.47	6.90	6.53	0.20	60.00	19.00
SD	0.22	0.23	0.17	0.21	0.00	0.00	1.51

ตารางที่ ก-11 แสดงการวิเคราะห์ค่า บีไอดี ของน้ำเสียที่นำมาบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง

ตัวอย่างที่	Sample 5 (ml ของ Sodiumthiosulfate 0.025 N)						บีไอดี (mg/l)
	D1	D2	B1	B2	f(0.2)	อัตราเจือจาง	
1	6.95	6.40	6.80	6.50	0.20	60.00	29.40
2	7.05	6.50	6.75	6.40	0.20	60.00	28.80
3	7.00	6.40	6.80	6.30	0.20	60.00	30.00
X	7.00	6.43	6.78	6.40	0.20	60.00	29.40
SD	0.05	0.06	0.03	0.10	0.00	0.00	0.60

ตารางที่ ก-12 แสดงการวิเคราะห์ค่า บีไอดี ของน้ำเสียที่นำมาบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่ง
ตามด้วยตกตะกอนเคมี

ตัวอย่างที่	Sample 5 (ml ของ Sodiumthiosulfate 0.025 N)						บีไอดี (mg/l)
	D1	D2	B1	B2	f(0.2)	อัตราเจือจาง	
1	6.90	6.60	6.80	6.40	0.20	60.00	15.60
2	7.00	6.70	6.80	6.40	0.20	60.00	13.20
3	6.90	6.50	6.80	6.40	0.20	60.00	19.20
X	6.93	6.60	6.80	6.40	0.20	60.00	16.00
SD	0.06	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	3.02

หมายเหตุ : D_1 = ค่าออกซิเจนละลายเริ่มต้นของตัวอย่างที่มีการเติมหัวเชื้อ

D_2 = ค่าออกซิเจนละลายที่เวลา 5 วัน ของตัวอย่างที่มีการเติมหัวเชื้อ

B_1 = ค่าออกซิเจนละลายเริ่มต้น ของหัวเชื้อ

B_2 = ค่าออกซิเจนละลายที่เวลา 5 วัน ของหัวเชื้อ

f = ปริมาตรของหัวเชื้อที่เติมในขวดบีโอดีตัวอย่าง / ปริมาตรของหัวเชื้อที่ใช้ในการ
ทำ Seed Correction

อัตราเจือจาง = ปริมาตรน้ำเต็มขวดบีโอดี (300 ml) / ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ (5 ml)

$$\text{BOD (mg/l)} = ((D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) f) * \text{อัตราเจือจาง}$$

ภาคผนวก ข

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539)

ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 14 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ที่ระบุว่า "ห้ามระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน เว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างจนน้ำทิ้งนั้นมีลักษณะเป็นไปตามที่รัฐมนตรีกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา แต่ทั้งนี้ต้องไม่ใช้วิธีทำให้เจือจาง (Dilution)" รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม จึงออกประกาศกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ดังนี้

ข้อ 1 คำจำกัดความ

น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรม โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

ข้อ 2 น้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- (1) ความเป็นกรดและด่าง (pH) มีค่าไม่น้อยกว่า 5.5 และไม่มากกว่า 9.0
- (2) ทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids) ต้องมีค่าดังนี้

2.1 ค่าทีดีเอส ไม่มากกว่า 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2 น้ำทิ้งซึ่งระบายออกจากโรงงานลงสู่แหล่งน้ำที่มีค่าความเค็ม (Salinity) มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าทีดีเอส ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่า ทีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

(3) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ไม่มากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4) โลหะหนักมีค่าดังนี้

4.1	ปรอท (Mercury)	ไม่มากกว่า 0.005	มิลลิกรัมต่อลิตร
4.2	เซเลเนียม (Selenium)	ไม่มากกว่า 0.02	มิลลิกรัมต่อลิตร
4.3	แคดเมียม (Cadmium)	ไม่มากกว่า 0.03	มิลลิกรัมต่อลิตร
4.4	ตะกั่ว (Lead)	ไม่มากกว่า 0.2	มิลลิกรัมต่อลิตร
4.5	อาร์เซนิก (Arsenic)	ไม่มากกว่า 0.25	มิลลิกรัมต่อลิตร
4.6	โครเมียม (Chromium)		
4.6.1	Hexavalent Chromium	ไม่มากกว่า 0.25	มิลลิกรัมต่อลิตร
4.6.2	Trivalent Chromium	ไม่มากกว่า 0.75	มิลลิกรัมต่อลิตร
4.7	บาเรียม (Barium)	ไม่มากกว่า 1.0	มิลลิกรัมต่อลิตร
4.8	นิกเกิล (Nickel)	ไม่มากกว่า 1.0	มิลลิกรัมต่อลิตร
4.9	ทองแดง (Copper)	ไม่มากกว่า 2.0	มิลลิกรัมต่อลิตร
4.10	สังกะสี (Zinc)	ไม่มากกว่า 5.0	มิลลิกรัมต่อลิตร
4.11	แมงกานีส (Manganese)	ไม่มากกว่า 5.0	มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) ซัลไฟด์ (Sulphide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(6) ไซยาไนด์ (Cyanide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

(7)	ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่มากกว่า 1	มิลลิกรัมต่อลิตร
(8)	สารประกอบฟีนอล (Phenols Compound)	ไม่มากกว่า 1	มิลลิกรัมต่อลิตร
(9)	คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่มากกว่า 1	มิลลิกรัมต่อลิตร
(10)	เพสตีไซด์ (Pesticide)	ต้องไม่มี	
(11)	อุณหภูมิ	ไม่มากกว่า 40 องศาเซลเซียส	
(12)	สี	ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	
(13)	กลิ่น	ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	

(14) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

(15) ค่า บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เวลา 5 วัน ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

(16) ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

(17) ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ไม่มากกว่า 120 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม แต่ต้องไม่มากกว่า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ 3 การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตามข้อ 2 ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำทิ้ง ให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter)

(2) การตรวจสอบค่า ทีดีเอส ให้ใช้วิธีการระเหยแห้ง ระหว่างอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง

(3) การตรวจค่าสารแขวนลอย ให้ใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)

(4) การตรวจสอบค่าโลหะหนัก ให้ใช้วิธีการดังนี้

4.1 การตรวจสอบค่าสังกะสี โครเมียม ทองแดง แคดเมียม แบเรียม ตะกั่ว นิเกิล และแมงกานีส ให้ใช้วิธีอะตอมมิก แอปซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตเมตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไดเรกต์แอสไพเรชัน (Direct Aspiration) หรือวิธีพลาสมา อีมิสชัน สเปกโตรสโคปี (Plasma Emission Spectroscopy) ชนิดอินดักทีฟลี คัพเพิล พลาสมา (Inductively Coupled Plasma : ICP)

4.2 การตรวจสอบค่าอาร์เซนิกและเซเลเนียมให้ใช้วิธีอะตอมมิกแอปซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตเมตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไฮไดรด์ เจเนอเรชัน (Hydride Generation) หรือวิธีพลาสมา อีมิสชัน สเปกโตรสโคปี (Plasma Emission Spectroscopy) ชนิดอินดักทีฟลี คัพเพิล พลาสมา (Inductively Coupled Plasma : ICP)

4.3 การตรวจสอบค่าปรอท ให้ใช้วิธีอะตอมมิกแอ็บซอร์พชัน โคลด์ เวปอร์ เทคนิค (Atomic Absorption Cold Vapour Technique)

(5) การตรวจสอบค่าซัลไฟด์ ให้ใช้วิธีการไตเตรท (Titrate)

(6) การตรวจสอบค่าไซยาไนด์ให้ใช้วิธีกลั่นและตามด้วยวิธีไพรีดีน บาร์บิทูริกแอซิด (Pyridine-Barbituric Acid)

(7) การตรวจสอบค่าฟอร์มาลดีไฮด์ ให้ใช้วิธีเทียบสี (Spectrophotometry)

(8) การตรวจสอบค่าสารประกอบฟีนอล ให้ใช้วิธีกลั่น และตามด้วยวิธี 4-อะมิโนแอนติไพรีน (Distillation, 4-Aminoantipyrine)

(9) การตรวจสอบค่าคลอรีนอิสระ ให้ใช้วิธีไอโอดิเมตริก (Iodometric Method)

(10) การตรวจสอบค่าสารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ ให้ใช้วิธี ก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas-Chromatography)

(11) การตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำ ให้ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บ ตัวอย่างน้ำ

(12) การตรวจสอบค่าน้ำมันและไขมัน ให้ใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

(13) การตรวจสอบค่าบีโอดี ให้ใช้วิธีอะไซด์ โมดิฟิเคชัน (Azide Modification) ที่ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกัน หรือวิธีการอื่นที่กรมโรงงานอุตสาหกรรม ให้ความเห็นชอบ

(14) การตรวจสอบค่าที่เคเอ็น ให้ใช้วิธีเจลดาล์ (Kjeldahl)

(15) การตรวจสอบค่าซีโอดี ให้ใช้วิธีย่อยสลาย โดยโปตัสเซียม ไดโครเมต (Potassium Dichromate Digestion)

ข้อ 4 การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ตามข้อ 3 จะต้องเป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย ของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย หรือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่ง American Public Health Association, American Water Work Association และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนดไว้ด้วย

ประกาศ ณ วันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2539

ไชยวัฒน์ สิ้นสุวงศ์

(นายไชยวัฒน์ สิ้นสุวงศ์)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ประกาศราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 113 ตอนที่ 52 ง วันที่ 27 มิถุนายน 2539

ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม

เรื่อง กำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงานให้มีค่าแตกต่างจาก
ที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539)
เรื่อง การกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

ด้วยประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะ
ของ น้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ข้อ 2 (15).(16).(17) ได้ระบุให้กรมโรงงานอุตสาหกรรม
ที่จะกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ซึ่งได้แก่ ค่า บีโอดี (Biochemical
Oxygen Demand) ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) และค่าซีโอดี
(Chemical Oxygen Demand) ให้แตกต่างจากที่กำหนดไว้ในประกาศฉบับดังกล่าวได้
ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม

ฉะนั้น กรมโรงงานอุตสาหกรรมจึงออกประกาศกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบาย
ออกนอกโรงงานให้มีค่าแตกต่างจากที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2
(พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เวลา 5 วัน
ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามบัญชีท้ายกฎ
กระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 คือ

1.1 ลำดับที่ 4 (1) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ ซึ่งมีสัตว์น้ำประเภทการ
ฆ่าสัตว์

1.2 ลำดับที่ 9 (2) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเมล็ดพืช หรือหัวพืชประเภทการ
ทำแป้ง

1.3 ลำดับที่ 10 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารจากแป้ง อย่างใดอย่างหนึ่ง
หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

(1) การทำขนมปัง หรือขนมเค้ก

(2) การทำขนมปังกรอบ หรือขนมอบแห้ง

(3) การทำผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้ง เป็นเส้น เม็ด หรือชิ้น

1.4 ลำดับที่ 15 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือ
หลายอย่าง ดังต่อไปนี้

(1) การทำอาหารผสม หรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์

(2) การปั่นหรือบด ฟีช เมล็ดฟิช กากฟิช เนื้อสัตว์ กระดูกสัตว์ ขนสัตว์ หรือ เปลือกหอยสำหรับทำหรือผสม เป็นอาหารสัตว์

1.5 ลำดับที่ 22 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้าย หรือเส้นใยซึ่งมิใช่ใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างดังต่อไปนี้

(1) การหมัก คาร์บอนไนซ์ สาง หวี ริด บั่น อบ ควบ บิดเกลียว กรอ เท็กเจอร์ไรซ์ ฟลอกหรือย้อมสีเส้นใย

(2) การทอ หรือการเตรียมเส้นด้ายยืนสำหรับการทอ

(3) การฟลอก ย้อมสี หรือแต่งสำเร็จด้ายหรือสิ่งทอ

(4) การพิมพ์สิ่งทอ

1.6 ลำดับที่ 29 โรงงานหมัก ขำแหละ อบ ปั่นหรือบด ฟлок ขัดและแต่ง แต่งสำเร็จอัดให้เป็นลายนูน หรือเคลือบสีหนังสัตว์

1.7 ลำดับที่ 38 โรงงานผลิตเยื่อ หรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างดังต่อไปนี้

(1) การทำเยื่อจากไม้ หรือวัสดุอื่น

(2) การทำกระดาษ กระดาษแข็ง หรือกระดาษที่ใช้ในการก่อสร้างชนิดที่ทำจากเส้นใย (Fibre) หรือแผ่นกระดาษไฟเบอร์ (Fibreboard)

1.8 ลำดับที่ 42 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุเคมีซึ่งมิใช่ปุ๋ยอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

(1) การทำเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุเคมี

(2) การเก็บรักษา ลำเลียง แยก คัดเลือก หรือแบ่งบรรจุเฉพาะเคมีภัณฑ์อันตราย

1.9 ลำดับที่ 46 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยา อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

(1) การผลิตวัตถุที่รับรองไว้ในตำรายา ที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขประกาศ

(2) การผลิตวัตถุที่มีมุ่งหมายสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ บำบัด บรรเทา รักษา หรือ ป้องกันโรค หรือความเจ็บป่วยของมนุษย์ หรือสัตว์

(3) การผลิตวัตถุที่มีมุ่งหมายสำหรับให้เกิดผลแก่สุขภาพ โครงสร้างหรือการกระทำหน้าที่ใด ๆ ของร่างกายมนุษย์หรือสัตว์ ที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขประกาศ

แต่วัตถุดตาม (1) หรือ (2) ไม่รวมถึงวัตถุที่มุ่งหมายสำหรับใช้เป็นอาหาร เครื่องกีฬา เครื่องสำอาง เครื่องมือที่ใช้ในการประกอบโรคศิลปะ และส่วนประกอบของเครื่องมือที่ใช้ในการนั้น

1.10 ลำดับที่ 92 โรงงานห้องเย็น

ข้อ 2 ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 คือ

2.1 ลำดับที่ 13(2) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุง หรือเครื่องประกอบอาหารประเภทการทำเครื่องปรุงกลิ่น รสหรือสีของอาหาร

2.2 ลำดับที่ 15(1) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภทการทำอาหารผสม หรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์

ข้อ 3 ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ไม่มากกว่า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 คือ

3.1 ลำดับที่ 13(2) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุง หรือเครื่องประกอบอาหารประเภทการทำเครื่องปรุงกลิ่น รส หรือสีของอาหาร

3.2 ลำดับที่ 15(1) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภทการทำอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์

3.3 ลำดับที่ 22 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้าย และเส้นใยซึ่งมิใช่ใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

(1) การหมัก คาร์บอนไนซ์ สาง หวี รีด ปั่น อบ ควบ ปิดเกลียว กรอ เท็กเจอร์ไรซ์ ฟอก หรือย้อมสีเส้นใย

(2) การทอ หรือการเตรียมเส้นด้ายยืนสำหรับการทอ

(3) การฟอก ย้อมสี หรือแต่งสำเร็จด้ายหรือสิ่งทอ

(4) การพิมพ์สิ่งทอ

3.4 ลำดับที่ 29 โรงงานหมัก ขำแหละ อบ ปั่น หรือบด ฟอก ขัด และแต่งสำเร็จอัดให้ เป็นลายนูน หรือเคลือบสีหนังสือ

3.5 ลำดับที่ 38 โรงงานผลิตเยื่อ หรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

(1) การทำเยื่อจากไม้ หรือวัสดุอื่น

(2) การทำกระดาษ กระดาษแข็ง หรือกระดาษที่ใช้ในการก่อสร้างชนิดที่ทำจากเส้นใย (Fibre) หรือแผ่นกระดาษไฟเบอร์ (Fibreboard)

ประกาศ ณ วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540

เทียร เมฆานนท์ชัย

(นายเทียร เมฆานนท์ชัย)

อธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ วันที่ 20 สิงหาคม 2539

เรื่อง กำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมที่อนุญาตให้ระบายน้ำทิ้งให้มีค่ามาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

1. ให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีไม่เกิน 60 มิลลิกรัม

➤ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ ซึ่งมีใช้สัตว์น้ำ ประเภทการฆ่าสัตว์ ตามลำดับที่ 4(1)

➤ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเมล็ดพืชหรือหัวพืช ประเภทการทำแบ่ง ตามลำดับที่ 9(2)

➤ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารจากแบ่งอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 10

➤ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 15

➤ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอด้ายหรือเส้นใย ซึ่งมีใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 22

➤ โรงงานหมัก ข้าแกละ อบ ปั่น หรือบด ฟอก ชัด และแต่งสำเร็จ จัดให้เป็นลาย ฐานหรือเคลือบสีหนังสัตว์ ตามลำดับที่ 29

➤ โรงงานผลิตเยื่อหรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 38

➤ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุซึ่งมีโซลูมอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 42

➤ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 46

➤ โรงงานห้องเย็น ตามลำดับที่ 92

2. ภายใน 1 ปี นับแต่วันที่ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2539) มีผลใช้บังคับให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ตามบัญชีท้ายประกาศข้างต้น

ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าที่เคเอ็น ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เว้นแต่โรงงานอุตสาหกรรมตามข้อ 3

3. ภายใน 2 ปี นับแต่วันที่ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2539) มีผลใช้บังคับให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าที่เคเอ็นไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหารประเภทการทำเครื่องปรุงกลิ่น รสหรือสีของอาหารตามลำดับที่ 13(2)

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภทการทำอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูป สำหรับเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับที่ 15(1)

4. ให้โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าซีโอดี ไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหารประเภทการทำเครื่องปรุงกลิ่น รสหรือสีของอาหารตามลำดับที่ 13(2)

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภทการทำอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูป สำหรับเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับที่ 15(1)

- โรงงานหมัก ข้าแหวะ อบ ปั่น หรือบด ฟอก ขัดและแต่ง แต่งสำเร็จ อัดให้เป็นลาย นูนหรือเคลือบสีหนังสัตว์ ตามลำดับที่ 29

- โรงงานผลิตเยื่อกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 38