

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เครื่องมือ

- 3.1.1.1 เครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง (Horiba pH meter F-13)
- 3.1.1.2 เครื่องวัดศักย์ของปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (Metrohm 744 redox combination)
- 3.1.1.3 เครื่องกวนจาร์ทดสอบ (Panasonic DV US715W1)
- 3.1.1.4 เครื่องยูวีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Shimadzu-1201 UV-visible spectrophotometer)
- 3.1.1.5 เครื่อง Mass Spectrometer (Bruker Biflex MALDI-Tof MS)
- 3.1.1.6 เครื่องชั่งละเอียด (Sartorius Basic EA210S)
- 3.1.1.7 เครื่องแก้ว
- 3.1.1.8 เครื่องกรองบุชเนอร์ (Buchner funnel) และกระดาษกรองใยแก้ว (GF/C) เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร
- 3.1.1.9 หลอดชีโอดี (Digestion vessel) ขนาด 20x150 มิลลิเมตร
- 3.1.1.10 ตู้อบความร้อน (Drying oven)

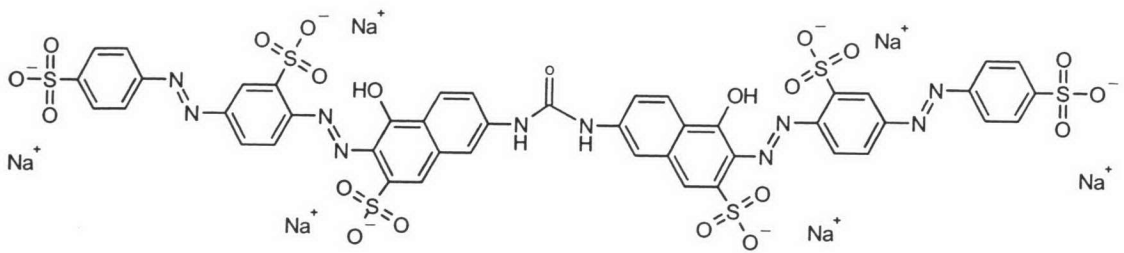
3.1.2 สารเคมี

- 3.1.2.1 สารรีดิวซ์ : สารละลายโซเดียม โบโรไฮไดรด์ (SBH) 1.2 เปอร์เซ็นต์เตรียมโดยละลายโซเดียม โบโรไฮไดรด์ 1.2 กรัมใน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
- 3.1.2.2 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) หรือ สารตัวกลาง (Intermediate) :
 - โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ชนิดผง
- 3.1.2.3 สารปรับพีเอช :
 - สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)
 - สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
- 3.1.2.3 สีย้อม :
 - รีแอคทีฟที่มีหมู่อะโซโทนดำ แดง และน้ำเงิน
 - ไคเรกทีฟที่มีหมู่อะโซโทนดำ แดง และน้ำเงิน

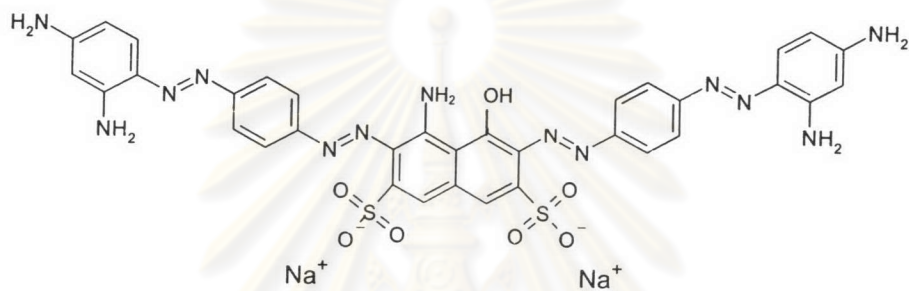
ตารางที่ 3.1 ลักษณะของสีย้อมที่ใช้ในการทดลอง

สีย้อม	บริษัท	มวลโมเลกุล (กรัมต่อโมล)	ประเภท	สูตรโครงสร้าง	ซีไอดี (มก./ล.)
C.I. Direct Red 80 (Sirius Red F3B)	บริษัทไคสตาร์ไทย จำกัด	1,372.55	Polyazo	$C_{45}H_{26}N_{10}O_{21}S_6Na_6$	113
C.I. Direct Black 19 (Sirius Black G)	บริษัทไคสตาร์ไทย จำกัด	839.78	Polyazo	$C_{34}H_{27}N_{13}O_7S_2Na_2$	59
C.I. Direct Blue 71 (Optisal Blue RLP)	บริษัทคลาเรียนท์เคมีคอลซ (ประเทศไทย) จำกัด	1,013.88	Trisazo	$C_{40}H_{23}N_8O_{12}S_4Na_4$	83
C.I. Reactive Red 198 (Remazol Red RB gran 133)	บริษัทไคสตาร์ไทย จำกัด	984.20	Azo	$C_{27}H_{29}N_7O_{16}S_5Na_4Cl$	94
C.I. Reactive Black 5 (Drimarene Black S-BG P)	บริษัทคลาเรียนท์เคมีคอลซ (ประเทศไทย) จำกัด	991.80	Diazo	$C_{26}H_{21}N_5O_{19}S_6Na_4$	248
C.I. Reactive Blue 225	บริษัทคลาเรียนท์เคมีคอลซ (ประเทศไทย) จำกัด	958.28	Azo	$C_{28}H_{20}N_8O_{16}S_5ClF_2$	236
น้ำเสียจริง Direct Black	บริษัทบุญช่วย-อุตสาหกรรม จำกัด	น้ำเสียจากหม้อต้มก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดทาง ชีวภาพ			1,120
น้ำเสียจริง Reactive Red	ห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล ธนไพศาล	น้ำเสียจากหม้อต้มก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดทาง ชีวภาพ			519
น้ำเสียจริง Reactive Black	บริษัทอุตสาหกรรม รามาท็ีกซ์ไทยจำกัด	น้ำเสียจากหม้อต้มก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดทาง ชีวภาพ			660
น้ำเสียจริง Reactive Blue	บริษัทอุตสาหกรรม รามาท็ีกซ์ไทยจำกัด	น้ำเสียจากหม้อต้มก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดทาง ชีวภาพ			566

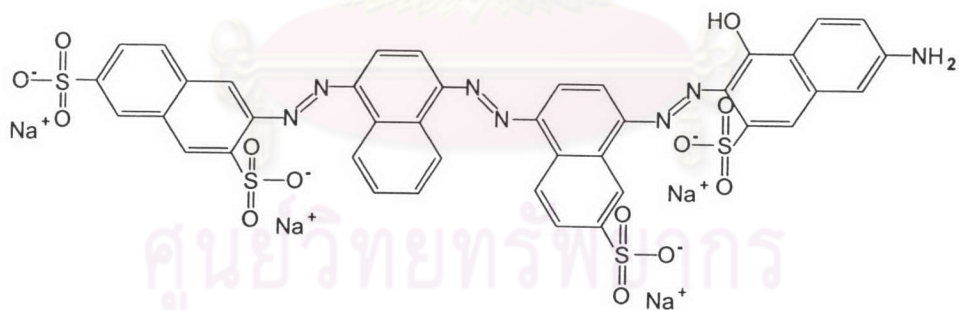
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) โครงสร้างเคมีของ C.I. Direct Red 80 (The Society of Dyers and Colourists, 1971)

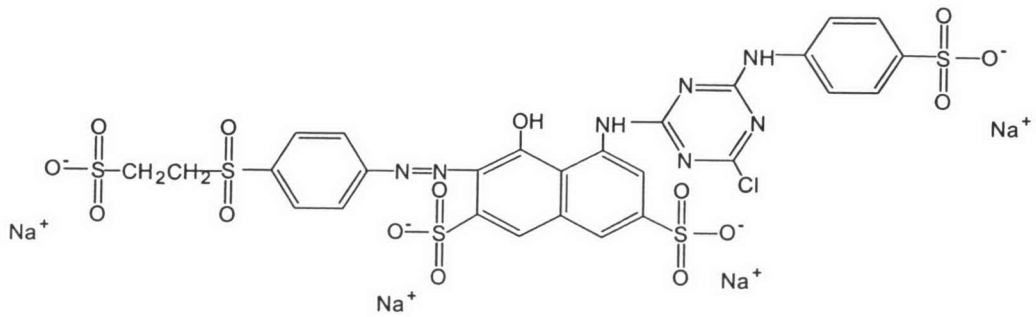


(ข) โครงสร้างเคมีของ C.I. Direct Black 19 (The Society of Dyers and Colourists, 1971)

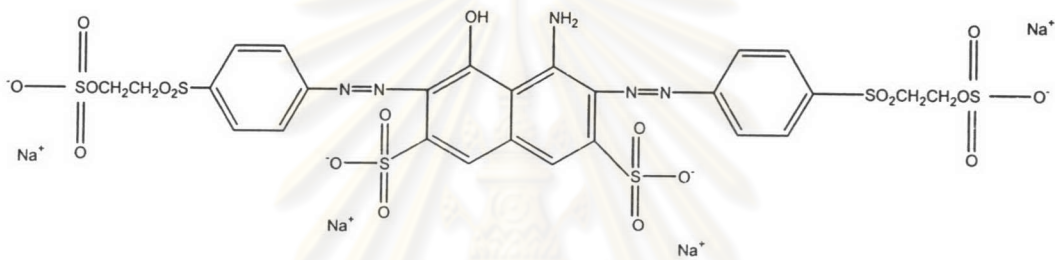


(ค) โครงสร้างทางเคมีของ C.I. Direct Blue 71 (The Society of Dyers and Colourists, 1971)

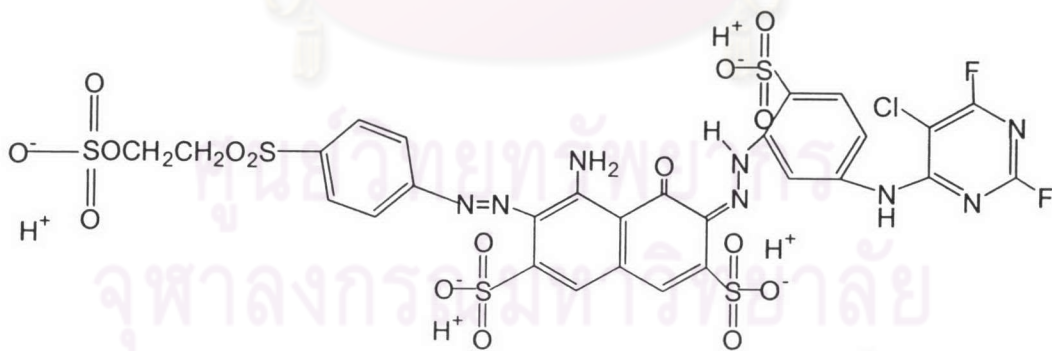
รูปที่ 3.1 โครงสร้างทางเคมีของสียไครเรกที่ใช้ในการวิจัย



(ก) โครงสร้างเคมีของ C.I. Reactive Red 198 (Karcher และคณะ, 2001)



(ข) โครงสร้างเคมีของ C.I. Reactive Black 5 (The Society of Dyers and Colourists, 1971)



(ค) โครงสร้างเคมีของ C.I. Reactive Blue 225 (The Society of Dyers and Colourists, 1971)

รูปที่ 3.2 โครงสร้างทางเคมีของสียแอคทีฟที่ใช้ในการวิจัย

3.1.3 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียสังเคราะห์ ที่ใช้ในการทดลองเตรียมจากการละลายสีย้อม 3 โทนสี คือ ดำ แดง และน้ำเงิน ของสีไครเร็กซ์ และสีรีแอคทีฟ ได้แก่ C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Black 5, C.I. Reactive Red 198 และ C.I. Reactive Blue 225 โดยใช้ความเข้มข้น 50 70 90 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

น้ำเสียจริงเป็นน้ำเสียที่ออกจากหม้อต้มก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดทางชีวภาพของแต่ละโตนสีโดยน้ำเสีย สี Direct Black ได้รับจากโรงฟอกย้อมบริเวณจังหวัดนครปฐม และ สี Reactive Black และ Reactive Blue และ Reactive Red จากโรงฟอกย้อมบริเวณจังหวัดสมุทรปราการ

3.2 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

การทดลองทำการวัดความเข้มข้นของสีย้อม ค่าโออาร์พี และ ค่าพีเอช ที่ระยะเวลาต่าง ๆ และค่าซีไอของสีย้อมก่อนและหลังการรีดิวซ์โดยมีวิธีวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อม	ใช้เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (เอซีเอ็มไอ)
โออาร์พี	ใช้เครื่องโออาร์พีมิเตอร์ (มิลลิโวลท์)
พีเอช	พีเอชมิเตอร์
ซีไอ	รีฟลักซ์ปิด แบบไตเตรชัน

การวัดความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมด้วย ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ในหน่วยเอซีเอ็มไอนั้นทำได้โดยการนำน้ำที่กรองผ่านกระดาษกรองแล้ว ไปเข้าเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 400 ถึง 700 นาโนเมตร โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงทุก 10 นาโนเมตรจากนั้นค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ในทุกความยาวคลื่นจะถูกคูณด้วยแฟกเตอร์ในช่วงที่สนใจ เปลี่ยนค่าการดูดกลืนแสงในช่วงดังกล่าวเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การยอมให้แสงผ่าน โดยการคำนวณค่าดังกล่าวทำได้ ตามสมการ

$$\text{ค่าการดูดกลืนแสง} = -\log(\% \text{ค่าการยอมให้แสงผ่าน}/100)$$

แล้วนำค่าเปอร์เซ็นต์การยอมให้แสงผ่านในช่วงดังกล่าวมาแปลงเป็นค่าเอซีเอ็มไอ ซึ่งขั้นตอนในการแปลงค่าสีให้อยู่ในหน่วย เอซีเอ็มไอในการทดลองนี้ทำโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.3 วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นที่ 1 หาระยะเวลาผสม และความเข้มข้นที่เหมาะสมของสี ด้วยจาร์เทสต์ เดิม โซเดียม โบโรไฮไดรด์ และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ มากเกินไป

ขั้นที่ 2 หาปริมาณ โซเดียม โบโรไฮไดรด์ และค่าพีเอชที่เหมาะสม (ใช้เวลา และความเข้มข้นจากขั้นที่ 1) เดิม โซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ ปริมาณมากเกินไป

ขั้นที่ 3 หาอัตราส่วนโดยโมลของ โซเดียม โบโรไฮไดรด์ต่อโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ (ใช้เวลา และความเข้มข้นจากขั้นที่ 1 และใช้ปริมาณ SBH จากขั้นที่ 2) แปรค่า โซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ เป็น 0.5 2 3 และ 4 เท่าของ โซเดียม โบโรไฮไดรด์

ขั้นที่ 4 ศึกษาการกำจัดสีข้อมในน้ำเสียจริงโดยใช้เวลา ปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ และปริมาณโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ จากผลการทดลองน้ำเสียสังเคราะห์ ทำการเจือจางน้ำเสียจริง ให้มีค่าสีใกล้เคียงกับน้ำเสียสังเคราะห์ และทดลองหาปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ ที่เหมาะสมกับน้ำเสียจริงของสีแต่ละตัว และวิเคราะห์ค่าซีไอดีก่อนและหลังจากการรีดิวซ์

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์ตัวอย่างสีที่ผ่านการรีดิวซ์แล้วด้วยเครื่องแมสสเปกโตรเมตริก

ขั้นที่ 6 คำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

การทดลองที่ 3.3.1 ศึกษาระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยารีดักชันโดยสมบูรณ์ของสีข้อมกับโซเดียม โบโรไฮไดรด์ และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ และความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมของสีข้อม

หาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของสีข้อมกับ โซเดียม โบโรไฮไดรด์และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ โดยศึกษาในรูปความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการ กวนเร็วกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น รวมทั้งปริมาณสีข้อมที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ ณ เวลาต่าง ๆ และความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ เพื่อหาระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ และความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้เป็นเวลากวนเร็วและความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียในการทดลอง โดยมี ขั้นตอนการศึกษาดังนี้

3.3.1.1 เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของสารละลายสีข้อมประเภทต่าง ๆ จากข้อ 3.1.3 ปริมาตร 1,000 .มิลลิลิตร อย่างละ 1 ตัวอย่าง โดยบรรจุในบีกเกอร์ จากนั้นทำการวัดพีเอชเริ่มต้น

3.3.1.2 เดิมโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ในรูปผง (เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยากับอากาศ หากเตรียมในรูปของสารละลาย) คนจนละลายหมด แล้วจึงเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ โดยใช้ ปริมาณสารเคมีทั้งสองชนิดมากเกินไป ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาระยะเวลาและความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมของสีย้อม

สี	โซเดียม โบโรไฮไดรด์ (เท่าของสตอยชิโอเมตริก)	โซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ (เท่าของสตอยชิโอเมตริก)
Direct dyes		
C.I. Direct Red 80	20	20
C.I. Direct Black 19	20	20
C.I. Direct Blue 71	20	20
Reactive dyes		
C.I. Reactive Red 198	10	10
C.I. Reactive Black 5	10	10
C.I. Reactive Blue 225	20	20

3.3.1.3. นำเข้าเครื่องจาร์เทสต์ กวนเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิห้อง (27 ถึง 29 องศาเซลเซียส) หลังจากหยุดกวนเร็วแล้วจึงทิ้งไว้จนครบ 120 นาที (2 ชั่วโมง) เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย

3.3.1.4 วัดค่าพีเอช โออาร์พี และปริมาณสีย้อมที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยทำการวัดค่าพีเอช และโออาร์พีทุก 1 นาทีภายใน 10 นาทีแรก หลังจากนั้นวัดค่าทุก ๆ 10 นาทีจนครบ 120 นาที และวัดปริมาณสีย้อมที่เหลือ โดยเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวัดค่าสีทุก 5 นาทีภายใน 10 นาทีแรก หลังจากนั้นวัดทุก ๆ 20 นาทีจนครบ 120 นาที ปริมาตรของแต่ละตัวอย่างเป็น 5 มิลลิลิตร กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (GF/C) แล้วนำไปวัดค่าสีทันทีเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่อง

3.3.1.5 หาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการกวนเร็วกับพีเอช โออาร์พี และค่าสีที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ในหน่วย เอดีเอ็มไอ เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นระยะเวลาการกวนเร็วของการทดลองต่อไป

การทดลองที่ 3.3.2 ศึกษาค่าฟิเอช และปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสมในการกำจัดสี

ทำการศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการกำจัดสีข้อมจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยโซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่มีไบซัลไฟต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยทดลองใน 3 องค์ประกอบ คือ ฟิเอช ปริมาณสารเคมีที่ใช้ เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์

3.3.2.1 เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของสารละลายสีข้อมแต่ละประเภท ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมจาก ผลการทดลองที่ 3.3.1 ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตรบรรจุในบีกเกอร์ วัดค่าฟิเอช โออาร์พี และค่าสีเริ่มต้นในหน่วย เอดีเอ็มไอ

3.3.2.2 เติมโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ และโซเดียม โบโรไฮไดรด์ โดยแปรค่าปริมาณสารเคมี และค่าฟิเอชของน้ำเสียเริ่มต้นดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์

และค่าฟิเอชที่เหมาะสมในการกำจัดสีข้อม

โทนสี	โซเดียม โบโรไฮไดรด์ (เท่าของสตอยชิโอเมตริก)	โซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ (เท่าของสตอยชิโอเมตริก)	ฟิเอช
Direct dyes			
C.I. Direct Red 80	10, 15, 20	20	4, ปกติ, 8.5, 10
C.I. Direct Black 19	10, 15, 20	20	4, ปกติ, 8.5, 10
C.I. Direct Blue 71	10, 15, 20	20	4, ปกติ, 8.5, 10
Reactive dyes			
C.I. Reactive Red 198	3, 5, 7	20	4, ปกติ, 8.5, 10
C.I. Reactive Black 5	3, 5, 7	20	4, ปกติ, 8.5, 10
C.I. Reactive Blue 225	3, 5, 7	20	4, ปกติ, 8.5, 10

หมายเหตุ : ฟิเอชปกติหมายถึง ฟิเอชเริ่มต้นของน้ำเสียที่ไม่ได้ทำการปรับค่าฟิเอช

3.3.2.3 วัดค่าฟิเอช และค่าสีของน้ำเสียในหน่วยเอดีเอ็มไอ

- การวัดค่าฟิเอช วัดค่าทุก 10 นาที กระทั่งหยุดควนเร็วหลังจากนั้นวัดทุก 20 นาที จนครบ 120 นาที

- การวัดค่าสีในหน่วยเอดีเอ็มไอ โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 5 มิลลิลิตร ในนาทีที่ 0 5 20 40 60 90 และ 120 มากรองด้วยกระดาษกรองใยแก้ว แล้ววัดค่าสีสุดท้ายในหน่วย เอดีเอ็มไอ

3.3.2.4.หาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียกับเวลาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีที่อัตราส่วนโดยโมลของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ต่อโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์

การทดลองที่ 3.3.3 แปรค่าอัตราส่วนโดยโมลของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ต่อโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ โดยใช้โซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ 0.5 2 3 และ 4 เท่าของปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสม

เมื่อได้ค่าพีเอช และปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.3.2 แล้วนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ต่อโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ โดยแปรค่าปริมาณโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์เท่ากับ 0.5 2 3 และ 4 เท่าของปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสม

3.3.3.1 เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ของเสียทั้งหมด 6 ชนิดที่ความเข้มข้นจากการทดลองที่ 3.3.1 ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์

3.3.3.2 เติมโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์จำนวน เท่ากับ 0.5 2 3 และ 4 เท่าของปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 3.3.2

3.3.3.3 เติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ตามปริมาณที่ได้จากการทดลองที่ 3.3.2

3.3.3.4 กวนเร็วโดยใช้เวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 3.3.1

3.3.3.5 วัดค่าสีของน้ำเสียในหน่วยเอซีเอ็มไอ

- การวัดค่าสีหน่วยเอซีเอ็มไอ โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 5 มิลลิลิตร ในนาฬิกาที่ 0 5 20 40 60 90 และ 120 กรองด้วยกระดาษกรองใยแก้ว แล้ววัดค่าสีสุดท้ายในหน่วยเอซีเอ็มไอ

เมื่อได้ค่าพีเอช และปริมาณสารรีดิวซ์ที่เหมาะสมสำหรับการรีดิวซ์น้ำเสียสังเคราะห์ของเสียทั้งหมด 6 สีแล้วนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการเตรียมน้ำเสียเพื่อศึกษาค่าซีไอดี

3.3.3.6 วิเคราะห์ซีไอดีของน้ำเสียก่อนและหลังการรีดิวซ์ด้วยวิธีฟลักซ์ปิด แบบ ไตรเตรชันดังแสดงในภาคผนวก ฉ

การทดลองที่ 3.3.4 ศึกษาการกำจัดสีขุ่นในน้ำเสียจริง

นำผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์มาทดลองกับน้ำเสียจริงซึ่งเป็นน้ำเสียที่ออกจากหม้อต้มของแต่ละสีโดยตรง ยังไม่ได้ผ่านการบำบัดด้วยระบบบำบัดของโรงงาน และทดลองแปรค่าปริมาณสารรีดิวซ์ที่เหมาะสม

3.3.4.1 วัดค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียจริงในหน่วย เอซีเอ็มไอ

3.3.4.2 แปรปริมาณสารรีดิวซ์เป็นจำนวนเท่าของค่าที่ได้จากน้ำเสียสังเคราะห์จากการทดลองที่ 3.3.3 โดยมีปริมาณสารรีดิวซ์ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาการกำจัดสีข้อมนํ้าเสียจริง

สี	โซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ (เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสมจากนํ้าเสียสังเคราะห์)
Direct Black	3, 5, 7, 10
Reactive Red	3, 5, 7, 10 (เจือจาง 1 ต่อ 4)
Reactive Black	10, 20, 30, 50
Reactive Blue	10, 20, 30, 50

3.3.4.3 วัดค่าพีเอช โออาร์พี และค่าสี ก่อนและหลังการรีดิวซ์

3.3.4.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างผลการรีดิวซ์นํ้าเสียสังเคราะห์ กับนํ้าเสียจริง เมื่อได้ค่าพีเอช และปริมาณสารรีดิวซ์ที่เหมาะสมสำหรับการรีดิวซ์นํ้าเสียจริงแล้ว นำค่าดังกล่าวมาใช้ในการเตรียมนํ้าเสียจริงเพื่อศึกษาค่าซีโอดี

3.3.4.5 วิเคราะห์ซีโอดีของนํ้าเสียจริงก่อนและหลังการรีดิวซ์และด้วยวิธีฟลักซ์ปิดแบบไครเตรชันดังแสดงในภาคผนวก ฉ

3.3.5 วิเคราะห์ตัวอย่างสีที่ผ่านการรีดิวซ์แล้วด้วย เครื่องแมสสเปกโตรเมตริก

นำตัวอย่างนํ้าเสียที่ผ่านการรีดิวซ์แล้วจากการทดลองที่ 3.3.3 มาทำการวิเคราะห์ด้วย เครื่อง MALDI-TOF MS เพื่อตรวจสอบสารเคมีที่คงเหลืออยู่ในนํ้าเสีย และเพื่อทำนายผลการทำลายพันธะอะโซในโครงสร้างของสีข้อม

3.3.6 กำหนดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

กำหนดค่าสารเคมีที่ใช้ในการรีดิวซ์นํ้าเสียโดยคำนึงถึง ค่าสารเคมีดังต่อไปนี้ สารที่ใช้รีดิวซ์

- โซเดียม โบโรไฮไดรด์
- โซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ (ตัวเร่งปฏิกิริยา)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (เพื่อใช้ในการรักษาสมดุลของโซเดียม โบโรไฮไดรด์)

สารที่ใช้ปรับค่าพีเอช

- สารละลายไฮโดรคลอริก
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์