

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 รูปแบบงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้า ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น โดยใช้ตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสถานะที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิลเรดิคอล (OH[•])ที่สามารถย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ และสารประกอบอินทรีย์ในน้ำเสียจากสีย้อมผ้า ซึ่งสามารถนำมาปรับใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าของโรงงานต่าง ๆ เพื่อลดปัญหามลพิษทางน้ำ

3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำแบบจำลองระบบบำบัด

3.2.1.1 กระจกอะคริลิกใสขนาดความกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 17.5 เซนติเมตร สูง 140 เซนติเมตร



ภาพ 3.1 ถังทำปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลอง (Reactor)

3.2.1.2 ฐานวางกระจกบ่อทำปฏิกิริยา และเครื่องมือตรวจวิเคราะห์

3.2.1.3 เหล็กฉาก(Equal Angle)ขนาด 1 นิ้ว

3.2.1.4 บอลวาล์ว (Ball Valve) ขนาด 0.5 นิ้ว

3.2.1.5 ท่อต่อตรงเกลียวนอก (Valve Socket) ขนาด 0.5 นิ้ว

- 3.2.1.6 ท่อต่อตรงเกลียวใน (Faucet Socket) ขนาด 0.5 นิ้ว
- 3.2.1.7 ลูกล้อเลื่อน (Caster Wheel) ขนาด 3 นิ้ว
- 3.2.1.8 กาวซิลิโคนใส
- 3.2.1.9 น้ำยาเชื่อมอะคริลิก
- 3.2.1.10 สายยางซิลิโคน
- 3.2.1.11 หัวทรายจ่ายอากาศ

3.2.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.2.2.1 วัสดุอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ดัชนีปริมาณตะกอน

- 1) กรวยอิมฮอฟฟ์ (Imhoff cone) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
- 2) กระดาษกรอง ขนาด 47 มิลลิเมตร



ภาพ 3.2 กระดาษกรอง ขนาด 47 มิลลิเมตร

- 3) ชุดอุปกรณ์กรองสุญญากาศ (Filtration assembly)
- 4) คีมคีบ (Forcep)

3.2.2.2 วัสดุอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณไอโชน

- 1) ขวดแก้วปิดเก็บปริมาณเก็บไอโชน ขนาด 2 ลิตร



ภาพ 3.3 ขวดแก้วเก็บปริมาณเก็บไอโชน ขนาด 2 ลิตร

2) ชุดบิวเรต (Buret)

3) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร

4) กระบองตวง (Cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.2.2.3 วัสดุอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ซีโอดีแบบปิด (Closed reflux)

1) หลอดทดลองชนิด borosilicate ขนาด 20 x 150 มิลลิเมตร พร้อมจุก TFE

2) ตะแกรงใส่หลอดทดลอง (Test Tube Rack)

3) ปิเปตต์ (Pipette)

4) ชุดบิวเรต (Buret)

5) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

3.2.2.4 วัสดุอุปกรณ์ในการวิเคราะห์บีโอดี ด้วยวิธีเจือจาง (Indirect or Dilution Method)

1) ขวดบีโอดี (BOD Bottle) ขนาด 300 มิลลิลิตร

2) ปิเปตต์ (Pipette)

3) ชุดบิวเรต (Buret)

4) กระบองตวง (Cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

5) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

3.2.2.5 วัสดุอุปกรณ์ในการวิเคราะห์สี

1) ชุดอุปกรณ์กรองสุญญากาศ (Filtration assembly)

2) กระดาษกรอง ขนาด 0.45 μm

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 เครื่องผลิตโอโซน (Ozone generator) รุ่น oz-3G



ภาพ 3.4 เครื่องผลิตโอโซน (Ozone generator)

3.3.5 เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance) ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น ATX 224



ภาพ 3.8 เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance)

3.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไอโอดีน ได้แก่

- 3.4.1.1 สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium iodide : KI)
- 3.4.1.2 สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium thiosulfate : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- 3.4.1.3 น้ำแป้ง (Starch solution)

3.4.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดี ได้แก่

- 3.4.2.1 โพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate : $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
- 3.4.2.2 กรดซัลฟิวริก (Sulfuric Acid : H_2SO_4)
- 3.4.2.3 ซิลเวอร์ซัลเฟต (Silver Sulfate : Ag_2SO_4)
- 3.4.2.4 เมอร์คิวริกซัลเฟต (Mercuric Sulfate : HgSO_4)
- 3.4.2.4 เฟอโรอินอินดิเคเตอร์ (Ferroin indicator)
- 3.4.2.5 สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียม (Ferrous Ammonium Sulfate : FAS)

3.4.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าบีไอดี ได้แก่

- 3.4.3.1 กรดซัลฟิวริก (Sulfuric Acid : H_2SO_4)
- 3.4.3.2 สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium Sulfate : MgSO_4)
- 3.4.3.3 สารละลายอัลคาไลไอโอไดด์-ไอไซด์ (Alkali-iodide-Azide Regent : AIA)
- 3.4.3.4 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต (Standard Sodium Thiosulfate Tyrant : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- 3.4.3.5 สารละลายแมงกานีสซัลเฟต (Manganese Sulfate Solution : MnSO_4)

3.4.3.6 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (Calciumchloride : CaCl_2)

3.4.3.7 สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (Ferricchloride : FeCl_3)

3.4.3.8 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (PhosphateBufferSolution)

3.4.3.9 น้ำแป้ง (Starchsolution)

3.5 วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ

3.5.1 วิธีการวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

3.5.1.1 อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงทิ้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนักเก็บกระดาษกรองไว้ในเดสิคเคเตอร์จนกว่าจะใช้ทดลอง

3.5.1.2 วางกระดาษกรองลงในกรวยบुकเนอร์ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดสุญญากาศ

3.5.1.3 ตวงปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ผสมเข้ากันดีแล้ว 50 – 100 มิลลิลิตร แล้วเทน้ำตัวอย่างลงในกรวยบुकเนอร์และเปิดเครื่องดูดสุญญากาศจนน้ำแห้ง แล้วล้างเครื่องกรองด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตรเปิดเครื่องทิ้งไว้ 3 นาทีดังแสดงในภาพ 3.9



ภาพ 3.9 ขั้นตอนการตวงปริมาตรน้ำตัวอย่าง

3.5.1.4 เมื่อแห้งแล้วนำกระดาษกรองออกวางในภาชนะเดิม แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 1 นาทีทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ และชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง ดังแสดงในภาพ 3.10



ภาพ 3.10 ขั้นตอนการชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง

3.5.1.5 คำนวณค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

สูตรการคำนวณ

$$\text{ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(A-B) \times 10^6}{\text{Volume (ml)}}$$

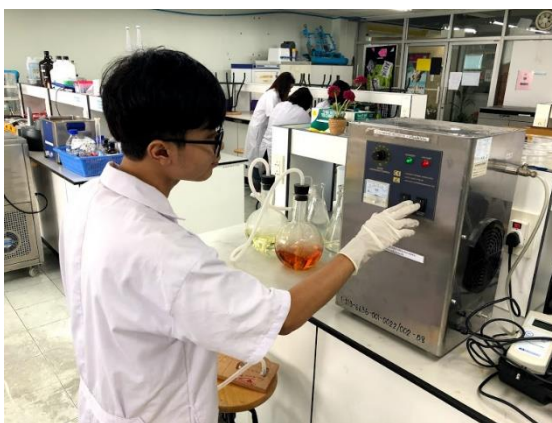
กำหนดให้ A หมายถึง น้ำหนักกระดาษกรองหลังการกรอง

B หมายถึง น้ำหนักกระดาษกรองก่อนการกรอง

3.5.2 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณโอโซน

3.5.2.1 เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 2 เปอร์เซ็นต์ ลงในขวดแก้วปิดอย่างน้อย 500 มิลลิลิตร ต่ออนุกรมกัน 2 ขวด (Trap A, Trap B)

3.5.2.2 เตรียมอากาศที่ออกมาจากเครื่องผลิตโอโซน ลงในขวดแก้วปิดเก็บปริมาณเก็บโอโซน โดยให้ปลายสายยางจุ่มลงในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ เป็นเวลา 10 นาทีสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองดังแสดงในภาพ 3.11



ภาพ 3.11 ขั้นตอนการทดสอบปริมาณการผลิตโอโซน

3.5.2.3 นำสารละลายที่เปลี่ยนสีด้วยกระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร

3.5.2.4 หยดน้ำแป้ง 2-3 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ความเข้มข้น 1 N จนถึงจุดยุติจะเปลี่ยนเป็นสีใส ดังแสดงในภาพ 3.12



ภาพ 3.12 ขั้นตอนการไทเทรตหาปริมาณไอโชนในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์

3.5.2.5 คำนวณหาปริมาณไอโชน

สูตรการคำนวณ

$$\text{ปริมาณไอโชน (มิลลิกรัมต่อชั่วโมง)} = \frac{(A+B) \times N \times 24}{\text{ระยะเวลาในการเติมไอโชน}} \times 60$$

กำหนดให้ A หมายถึง ปริมาณโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ Trap A

B หมายถึง ปริมาณโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ Trap B

N หมายถึง ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต (นอร์มอล)

3.5.3 วิธีการวิเคราะห์ซีไอดี

การวิเคราะห์ซีไอดีโดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Closed-Reflux)

หลักการการวิเคราะห์ค่าซีไอดีโดยวิธีการรีฟลักซ์แบบปิดจะเหมือนกับวิธีการรีฟลักซ์แบบเปิดแต่มีข้อดีคือสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่ายจะสามารถถูกออกซิไดส์ได้มากกว่าในระบบปิดเมื่อเทียบกับการรีฟลักซ์ในระบบเปิดเพราะมีเวลาสัมผัสกับสารออกซิไดส์ได้นานกว่าก่อนทำการทดลอง ควรตรวจสอบฝาปิดหลอดแก้วว่ามีรอยแตกตรงรอยต่อของ TFE liner หรือไม่การเลือกขนาดของหลอดที่ขึ้นอยู่กับความไว (sensitivity) ที่ต้องการสำหรับตัวอย่างน้ำที่มีค่าซีไอดีต่ำควรใช้หลอดแก้วขนาด 25 x 150 มิลลิเมตร เพราะจะต้องใช้ปริมาตรตัวอย่างน้ำที่มากดังแสดงในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ปริมาณตัวอย่างและรีเอเจนต์ที่ใช้สำหรับขนาดต่าง ๆ ของภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย

ขนาดของภาชนะ ย่อยสลาย	ตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)	สารละลายในการ ย่อยสลาย (มิลลิลิตร)	กรดซัลฟิวริก รีเอเจนต์ (มิลลิลิตร)	ปริมาตร ทั้งหมด (มิลลิลิตร)
<u>หลอดย่อยสลาย</u>				
16 × 100 มม.	2.5	1.5	3.5	7.5
20 × 150 มม.	5.0	3.0	7.0	15.0
25 × 150 มม.	10.	6.0	14.0	30.0
<u>แอมพูลมาตรฐาน</u>				
10 มม.	2.5	1.5	3.5	7.5

3.5.3.1 ดูดน้ำตัวอย่างด้วยปิเปตต์ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดย่อยสลายขนาด 20 × 150 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพ 3.13



ภาพ 3.13 ขั้นตอนการเติมน้ำตัวอย่างลงในหลอดย่อยสลาย

3.5.3.2 เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 3 มิลลิลิตร

3.5.3.3 ค่อยเติมกรดซัลฟิวริกรีเอเจนต์ 7 มิลลิลิตรลงในหลอดโดยให้กรดซัลฟิวริกรีเอเจนต์ไหลลงก้นหลอดแก้วเพื่อให้ชั้นของกรดอยู่ที่ชั้นตัวอย่างน้ำและน้ำย่อยสลาย

3.5.3.4 ใส่ Glass Beads 3 - 4 เม็ด ลงในหลอดแก้ว เพื่อป้องกันการเดือด

3.5.3.5 ปิดจุกหลอดให้แน่น เขย่าสารละลายและตัวอย่างให้เข้ากัน

3.5.3.6 นำหลอดย่อยสลายใส่ในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) อุณหภูมิ 150 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.5.3.7 หลังจากการย่อยสลายแล้วให้นำหลอดย่อยสลายออกจากเตาอบและทิ้งไว้ให้เย็น

3.5.3.8 เทสารจากหลอดย่อยสลายใส่ในขวดรูปชมพู่ หยดเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ 1-2 หยดไทเทรตด้วย FAS ความเข้มข้น 0.25 N จนถึงจุดยุติจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง ดังแสดงในภาพ 3.14



ภาพ 3.14 ขั้นตอนการไทเทรตตัวอย่างด้วยสารละลาย FAS ความเข้มข้น 0.25 N

3.5.3.9 คำนวณหาค่า COD

สูตรการคำนวณ

$$\text{ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(A-B) \times N \times 8,000}{\% \text{Dilution} \times V_{\text{sample}}}$$

กำหนดให้ A หมายถึง ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรต Blank (มิลลิลิตร)

B หมายถึง ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)

C หมายถึง ความเข้มข้นของ FAS (โมลาร์)

3.5.4 วิธีการวิเคราะห์บีโอดี

การวิเคราะห์ที่ใช้โดยทั่วไปมี 2 วิธีคือวิธีโดยตรง (Direct Method) และวิธีเจือจาง (Indirect or Dilution Method) โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีเจือจาง เนื่องจากค่าความสกปรกสูง (มีค่าบีโอดีมากกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร) ทำให้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ค่าบีโอดีได้โดยตรง เนื่องจากออกซิเจนในตัวอย่างน้ำจะมีไม่เพียงพอสำหรับจุลินทรีย์ในการใช้เพื่อย่อยสลายจึงมีความจำเป็นต้องทำให้ตัวอย่างน้ำที่สกปรกเจือจางลงโดยใช้น้ำผสมเจือจาง (dilution water) โดยให้ตัวอย่างที่เจือจางแล้วมีความสกปรกน้อยกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตรและควรทำหลาย ๆ ความเข้มข้น ดังแสดงในตาราง 3.2

ตาราง 3.2 ตารางการเจือจางน้ำตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์บีโอดี

% Dilution	Range of BOD (มิลลิกรัมต่อลิตร)	สัดส่วนการผสมน้ำตัวอย่างในน้ำ 1 ลิตร (มิลลิลิตร)
100	0-7	1,000
70	3-10	700
50	4-14	500
40	5-18	400
30	7-23	300
25	8-28	250
20	10-35	200
15	13-47	150
10	20-70	100
7	29-100	70
5	40-140	50
3	67-230	30
2	100-350	20
1.5	130-470	15
1.0	200-700	10
0.70	290-1,000	7
0.50	400-1,400	5
0.30	670-2,300	3
0.20	1,000-3,500	2
0.15	1,300-4,700	1.5
0.10	2,000-7,000	1
0.07	3,900-10,000	0.7
0.05	4,000-14,000	0.5
0.03	6,700-23,000	0.3
0.02	10,000-35,000	0.2
0.01	20,000-70,000	0.1

จากตารางถ้าเลือก % Dilution = 100% หมายถึง ต้องนำน้ำเสียมาทำการ Dilution 100 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำเจือจางที่เตรียมไว้ 100 มิลลิลิตร ซึ่งถ้าหากเตรียมปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ก็จะต้องใช้น้ำตัวอย่างเท่ากับ 1,000 มิลลิลิตร อย่างไรก็ตามในการเลือก % Dilution ขึ้นอยู่กับการเลือกช่วงของค่าบีโอดีที่คาดว่าจะมีอยู่ในน้ำตัวอย่าง

ตัวอย่างการเลือกช่วงของค่าบีโอดี

ถ้าตัวอย่างน้ำเสียมีค่าซีโอดี = 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

$$\text{ค่าบีโอดีประมาณ} = \frac{\text{ค่า COD}}{2} = \frac{1,000}{2} = 500 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

ดังนั้นสามารถเลือก % Dilution ที่ต้องใช้เจือจางน้ำเสียจากตารางที่ 3.2 เพื่อใช้ทดสอบค่าบีโอดี ได้ 3 ความเข้มข้น คือ 1%, 0.7% และ 0.5%

3.5.4.1 เตรียมน้ำเจือจางโดยใช้น้ำ Softening เดิมอากาศก่อนประมาณ 1 ชั่วโมง

3.5.4.2 ทิ้งไว้ 15-30 นาที เพื่อไล่ฟองอากาศ

3.5.4.3 เติมฟอสเฟตบัพเฟอร์, แมกนีเซียมซัลเฟต, แคลเซียมคลอไรด์ และ เฟอร์ริกคลอไรด์ อย่างละ 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร

3.5.4.4 ใช้ปิเปตตึงน้ำตัวอย่างในปริมาณที่คำนวณได้จากตาราง % Dilution ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 1 ลิตร เติมน้ำเจือจางที่เตรียมไว้ผสมในขวดปรับปริมาตรจนได้ 1 ลิตร โดยพยายามอย่าให้มีฟองอากาศดังแสดงในภาพ 3.15



ภาพ 3.15 ขั้นตอนการเติมน้ำตัวอย่างลงในขวด BOD

3.5.4.5 เขย่าให้เข้ากัน แล้วเทลงในขวด BOD จำนวน 3 ขวด นำ 1 ขวดไปหาค่า DO_0

3.5.4.6 เติมสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตและสารละลายอัลคาไลโอไดไฮดรอกไซด์ อย่างละ 1 มิลลิลิตรลงใน ขวด Bod

3.5.4.7 ปิดจุกแล้วเทส่วนที่เกินออก พร้อมทั้งเขย่าขวดขึ้น - ลงดังแสดงในภาพ 3.16

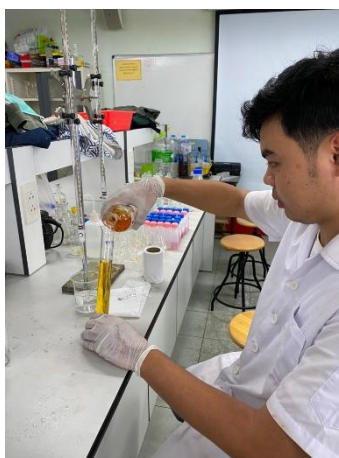


ภาพ 3.16 ขั้นตอนการขยำขวด BOD

3.5.4.8 ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณครึ่งขวด เติมนกรดซัลฟิวริก 1 มิลลิลิตร

3.5.4.9 ปิดจุกแล้วเทส่วนที่เกินออก พร้อมทั้งเขย่าขวดขึ้น - ลง

3.5.4.10 ตวงปริมาตรน้ำออก 100 มิลลิลิตร เหลือ 200 มิลลิลิตร หยดน้ำแบ่งแล้วไทเทรต ด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.025 N สารละลายจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสีดังแสดงในภาพ 3.17



ภาพ 3.17 ขั้นตอนการตวงปริมาตรน้ำออก

3.5.4.11 ขวด BOD ส่วนที่เหลือปิดด้วยกระดาษอะลูมิเนียมฟอยด์ แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำมาหาค่า DO_5

3.5.4.12 คำนวณหาค่า BOD

สูตรการคำนวณ

$$DO \text{ (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = 40 \times M \times V$$

กำหนดให้ V หมายถึง ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)

M หมายถึง ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต(นอร์มอล)

$$BOD_5 \text{ (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{DO_0 - DO_5 \times 100}{\% \text{ Dilution}}$$

3.5.5 วิธีการวิเคราะห์สี

3.5.5.1 ปรับ pH น้ำตัวอย่างให้ได้ค่าประมาณ 7.0 ด้วยกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3.5.5.2 กรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง 0.45 ไมครอน หรือใช้การเซ็นทริฟิวจ์เพื่อกำจัดความขุ่นดังแสดงในภาพ 3.18



ภาพ 3.18 ขั้นตอนการกรองตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์สี

3.5.5.3 เทตัวอย่างปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร ลงในคิวเวต (cuvette) แล้วเช็ดภายนอกให้สะอาด

3.5.5.4 บรรจุคิวเวตลงในเครื่องตรวจวิเคราะห์สี โดยให้ด้านใสตรงกับจุดที่คลื่นแสงผ่าน ปิดฝาแล้ววัดเริ่มวิเคราะห์ความเข้มของสีในน้ำตัวอย่าง ดังแสดงในภาพ 3.19



ภาพ 3.19 ขั้นตอนการบรรจุตัวอย่างและการอ่านค่าสีด้วยเครื่องวิเคราะห์สี

3.5.5.5 นำข้อมูลที่เครื่องตรวจวิเคราะห์ที่ได้ไปคำนวณอัตราการลดลงของสีที่ละลายในน้ำโดยคำนวณจากหน่วยมิลลิกรัมแพลตตินัมโคบอลต์ต่อลิตร (Platinum-cobalt) เป็นหน่วย ADMI ได้จากสูตรการคำนวณ ดังแสดงในภาคผนวก

สูตรการคำนวณ

$$F_n \text{ (mg/L Pt Co)} = \frac{(APHA)_n \times b}{(DE)_n}$$

แปลงค่า Color unit เป็น ADMI ดังสมการ

$$ADMI = \frac{F \times DE}{b}$$

เมื่อ $(APHA)_n$ = ค่าสีมาตรฐานของ n
 $(DE)_n$ = ค่ากลางที่ใช้สำหรับการคำนวณ n
 b = ขนาดของเซลล์วัดแสง (cm)

3.6 ขั้นตอนการเตรียมงานวิจัย

3.6.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.6.2 กำหนดขอบเขตของการศึกษา

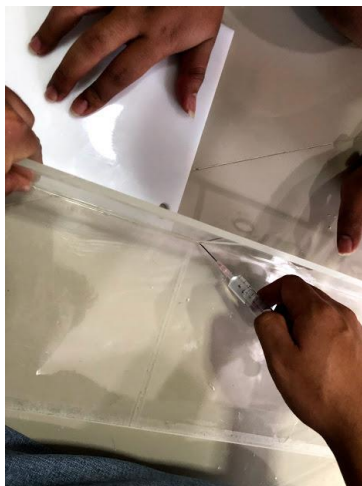
3.6.3 วิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียสังเคราะห์จากแม่สีชนิดเดียวกับที่โรงฟอกย้อมใช้งาน

3.6.4 ออกแบบและจัดทำแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียดังนี้

3.6.4.1 ตัดแผ่นอะคริลิกใสให้ได้ความยาว 140 เซนติเมตร กว้าง 17.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ชั้น และขนาดยาว 140 เซนติเมตร กว้าง 10 เซนติเมตร จำนวน 2 ชั้น

3.6.4.2 นำมาเชื่อมติดกันด้วยน้ำยาเชื่อมอะคริลิกและกาวซิลิโคนใส ขึ้นดังแสดงใน

ภาพ 3.20



ภาพ 3.20 การประกอบกระบอกทำปฏิกิริยาด้วยน้ำยาเชื่อมอะคริลิก

3.6.4.3 ทำการเชื่อมเหล็กฉาก (Equal Angle) ขนาด 1 นิ้ว ประกบด้านข้างกระบอกทำปฏิกิริยา

3.6.4.4 ทำการประกอบกระบอกทำปฏิกิริยา และฐานวางกระบอกทำปฏิกิริยาเข้าด้วยกัน ดังแสดงในภาพ 3.21

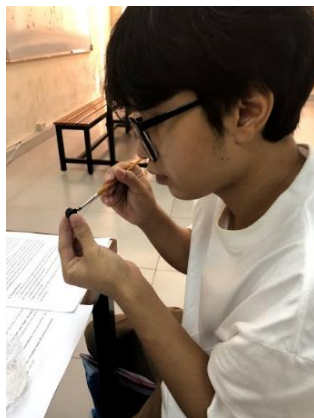


ภาพ 3.21 ชุดจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย

3.6.5 เคลือบผิวตัวกลางพลาสติกด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ดังนี้

3.6.5.1 ทำความสะอาดตัวกลางพลาสติกด้วยน้ำสะอาด ทิ้งไว้ให้แห้งสนิท

3.6.5.2 นำตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวด้วยเรซินใสและไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดรูโพล์ดังแสดงในภาพ 3.22 และ 3.23



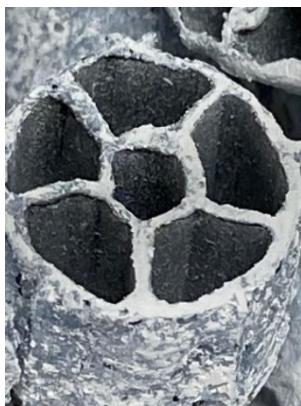
ภาพ 3.22 การเคลือบผิวตัวกลางพลาสติกด้วยเรซินใส



ภาพ 3.23 การเคลือบผิวตัวกลางพลาสติกด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์

3.6.5.3 นำมาไว้ในบริเวณที่อากาศถ่ายเทสะดวก เป็นเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง เพื่อให้เรซินแข็งตัวเป็นเนื้อเดียวกับตัวกลางพลาสติก

3.6.5.4 จากนั้นนำตัวกลางที่เคลือบผิวแล้วไปล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อกำจัดเศษไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ไม่ยึดเกาะพื้นผิว ตากในที่ร่มให้แห้งสนิทพร้อมนำมาใช้งาน ดังแสดงในภาพ 3.24



ภาพ 3.24 ลักษณะพื้นผิวของตัวกลางพลาสติกที่เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์

3.7 ขั้นตอนการศึกษา

3.7.1 การทดสอบการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น

3.7.1.1 ทำการประกอบชุดถังทำปฏิกิริยากับชุดอุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์โดยใช้สายยางซิลิโคนต่อจากเครื่องผลิตโอโซนไปยังหัวทรายจ่ายอากาศที่อยู่ภายในถังทำปฏิกิริยา แล้วนำปลายสายอีกเส้นที่เป็นทางออกของโอโซนที่ไม่เข้าทำปฏิกิริยาต่อกับชุดขวดแก้วปิดเก็บปริมาณโอโซนจำนวน 2 Trap ซึ่งต่ออนุกรมกันโดยให้ปลายสายยางจุ่มลงในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 2% ดังแสดงในภาพ 3.25



ภาพ 3.25 การต่อระบบดักจับโอโซนที่ไม่เข้าทำปฏิกิริยากับชุดถังทำปฏิกิริยา

3.7.1.2 นำน้ำเสียจากสีย้อมผ้าที่มีสถานะค่า pH ตามที่กำหนดได้แก่ pH 3, pH 7 และ pH 11 ซึ่งกำจัดสีปรากฏด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีปริมาตร 10.5 ลิตร เติมนลงในถังทำปฏิกิริยา

3.7.1.3 เติมโอโซนลงในน้ำเสียเป็นระยะเวลา 120 นาที โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุก ๆ 30 นาที คือ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที ตามลำดับ

3.7.1.4 นำค่า pH ที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ได้มากที่สุด มาทำการศึกษาปัจจัยของความเข้มข้นของค่า COD เริ่มต้นที่ 1,000 mg/l , 500 mg/l และ 250 mg/l ตามลำดับ

3.7.1.5 ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในทุกช่วงเวลา

3.7.1.6 บันทึกผล และหาค่า COD เริ่มต้น และ pH ที่เหมาะสมร่วมกับระยะเวลาในการเติมโอโซน

3.7.2 การทดสอบการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

3.7.2.1 ทำการประกอบชุดถังทำปฏิกิริยากับชุดอุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์โดยใช้สายยางซิลิโคนต่อจากเครื่องผลิตโอโซนไปยังหัวทรายจ่ายอากาศที่อยู่ภายในถังทำปฏิกิริยา แล้วนำปลายสายอีกเส้นที่เป็นทางออกของโอโซนที่ไม่เข้าทำปฏิกิริยาต่อกับชุดขวดแก้วปิดเก็บปริมาณโอโซนจำนวน 2 Trap ซึ่งต่ออนุกรมกันโดยให้ปลายสายยางจุ่มลงในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 2%

3.7.2.2 นำน้ำเสียจากสีย้อมผ้าที่มีสภาวะค่า pH ตามที่กำหนดได้แก่ pH 3, pH 7 และ pH 11 ซึ่งกำจัดสีปรากฏด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมีปริมาตร 10.5 ลิตร เติมลงในถังทำปฏิกิริยา

3.7.2.3 เติมไทเทเนียมไดออกไซด์ ในปริมาตร 0.5, 1 และ 2 กรัมต่อน้ำเสีย 1 ลิตร ลงในถังทำปฏิกิริยาในทุกสภาวะ pH ตามที่กำหนด

3.7.2.4 เติมโอโซนลงในน้ำเสียเป็นระยะเวลา 120 นาที โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ทุก ๆ 30 นาที คือ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที ตามลำดับ

3.7.2.5 นำค่า pH ที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ได้มากที่สุด มาทำการศึกษา ปัจจัยของความเข้มข้นของค่า COD เริ่มต้นที่ 1,000 mg/l , 500 mg/l และ 250 mg/l ตามลำดับ

3.7.2.6 ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในทุกช่วงเวลา

3.7.2.7 บันทึกผล และหาค่า COD เริ่มต้น และ pH ที่เหมาะสมร่วมกับระยะเวลา ในการเติมโอโซน

3.8 การกำหนดตัวแปร

ตาราง 3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปรต้น	-ระยะเวลาในการเติมโอโซน -ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์
ตัวแปรตาม	-คุณภาพน้ำ • ซีไอดี • บีไอดี • สี
ตัวแปรควบคุม	- พีเอช - ปริมาณน้ำ - อัตราการผลิตโอโซนของเครื่อง - ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำในกระบอกทำปฏิกิริยา

การกำหนดตัวแปรในการทดลองนี้ ได้แก่ ปริมาณตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวไทเทเนียมไดออกไซด์ และระยะเวลาในการเติมโอโซนลงในชุดกระบอกทำปฏิกิริยาที่ทำจากอะคริลิกใสขนาดความกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 17.5 เซนติเมตร สูง 140 เซนติเมตรซึ่งใช้น้ำเสียจากสีย้อมผ้าที่สังเคราะห์ขึ้นด้วยแม่สีชนิดเดียวโรงฟอกย้อม ปริมาตร 10.5 ลิตร ต่อการบำบัดน้ำเสียแต่ละครั้งดังแสดงในตาราง 3.4

ตาราง 3.4 อัตราส่วนการเติมตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ใช้ในการทดลอง

อัตราส่วนการเติม ไทเทเนียมไดออกไซด์ (กรัม)	ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ เติมลงในถังทำปฏิกิริยา (กรัม)	จำนวนตัวกลางพลาสติก (ชิ้น)
0	0	0
0.5	5.25	336
1	10.5	683
2	21	1365

3.9 ขั้นตอนการบันทึกและรายงานผล

3.9.1 เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากสีย้อมผ้าที่สังเคราะห์ขึ้นก่อนเข้าสู่กระบวนการทำปฏิกิริยา

3.9.2 นำน้ำเสียจากสีจากสีย้อมผ้าที่กำจัดสีปรากฏออกแล้วด้วยวิธีการตกตะกอน เติมในชุดกระบวนการทำปฏิกิริยาปริมาตร 10.5 ลิตร เก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 1 ลิตร เมื่อทำการเปิดเครื่องผลิตโอโซนทุกช่วงเวลา 0 ,30, 60 ,90 และ 120 นาที ตามลำดับ เพื่อนำน้ำที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ค่า ซีโอดี และสี

3.9.3 บันทึกผลประสิทธิภาพการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์