

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพและผลของปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อการบำบัดน้ำเสีย สีย้อมรีแอคทีฟจากการย้อมผ้าบาติกด้วยรีเอเจนต์ของเฟนตอน พร้อมทั้งหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบำบัด ในครั้งนี้ กระทำโดยใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีรายละเอียดและวิธีการทดลองดังนี้

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

เนื่องจากรูปแบบการทดลองสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นแบบที่ละเท่ทั้งหมด ดังนั้น จึงเลือกใช้เครื่องกวน (Jar Test) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการ กวนผสมระหว่างน้ำเสียและสารเคมีต่าง ๆ

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1 รีเอเจนต์ของเฟนตอน ประกอบไปด้วย

ก. สารละลาย H_2O_2 เข้มข้น 50 %

ข. สาร $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

3.2.2 สารละลายที่ใช้ในการปรับพีเอชของน้ำเสีย

ก. สารละลายกรด H_2SO_4 ความเข้มข้น 10 นอร์มัล และ 1 นอร์มัล

ข. สารละลาย $NaOH$ ความเข้มข้น 5 นอร์มัล และ 1 นอร์มัล

3.3 น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา

น้ำเสียสีย้อมรีแอคทีฟที่ใช้ เป็นน้ำเสียที่เก็บได้จากขั้นตอนการย้อมสีผ้าบาติก นั่นคือ น้ำเสีย หมายเลข (1) ตามรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสีสูงที่สุด โดยโทษของน้ำเสียที่เลือกใช้

มี 4 โทนนี คือ แดง เขียว ฟ้า และโทนนีผสมที่ได้จากการผสมน้ำเสียที่เก็บได้ทั้ง 3 โทนนีดังกล่าวเข้าด้วยกัน และเนื่องจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จำเป็นต้องใช้น้ำเสียที่มีลักษณะคงที่ตลอดทั้งโครงการ เพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบผลการทดลอง ดังนั้น การเก็บน้ำเสียแต่ละโทนนีที่จะนำมาใช้ในการศึกษา จึงทำการเก็บเพียงครั้งเดียวโดยให้มีปริมาณมากเพียงพอสำหรับการศึกษาทั้งโครงการ

โดยทั่วไป น้ำเสียสีย้อมรีแอคทีฟที่เกิดจากกระบวนการย้อมผ้าบาติกแต่ละครั้งนั้น จะมีค่าซีโอดีและความเข้มข้นแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณสีที่ใช้และโครงสร้างโมเลกุลของสีแต่ละชนิด ซึ่งจากการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำเสียโทนนีแดง เขียว และฟ้า โทนนีละ 5 ครั้ง จากโรงงานย้อมสีผ้าบาติกแห่งหนึ่ง แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าซีโอดี พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 400-1,300 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้น เพื่อให้ผลการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริงได้ การศึกษาในครั้งนี้จึงทำการศึกษการบำบัดน้ำเสียโดยให้ครอบคลุมช่วงค่าซีโอดีที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างดังกล่าว

น้ำเสียแต่ละโทนนีที่เก็บได้จากโรงงานย้อมผ้าบาติกซึ่งนำมาใช้ในการศึกษานี้มีลักษณะตามตารางที่ 3.1 น้ำเสียดังกล่าวได้ถูกนำมาเจือจางหรือเพิ่มความเข้มข้นโดยให้มีค่าซีโอดี 4 ระดับ คือ 400 700 1,000 และ 1,300 มิลลิกรัมต่อลิตร การเจือจางน้ำเสียเพื่อให้ได้ค่าซีโอดีตามต้องการนั้น ในการศึกษาทำได้ทำโดยการเติมน้ำประปา ส่วนการทำให้มีค่าซีโอดีสูงขึ้น ทำโดยการเติมสีย้อมซึ่งเป็นชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในโรงงานที่ทำการเก็บน้ำเสีย สำหรับการเตรียมน้ำเสียโทนนีผสม ทำโดยการนำน้ำเสียโทนนีแดง เขียว และฟ้า ที่เตรียมให้มีค่าซีโอดีระดับเดียวกัน มาผสมกันในอัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร น้ำเสียทุกโทนนีภายหลังการปรับให้มีค่าซีโอดีต่าง ๆ กันแล้ว มีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะน้ำเสียที่นำมาใช้ศึกษาทดลอง

โทนนี	ความเข้มข้น (ADMI)	ซีโอดี (มก./ล.)	พีเอช
แดง	23384	483	10.20
ฟ้า	9671	626	10.23
เขียว	8627	1080	10.36

ตารางที่ 3.2 คุณลักษณะของน้ำเสียหลังจากปรับค่าซีโอดีแล้ว

โทนสี	ค่าซีโอดี โดยประมาณ (มก./ล.)	ค่าซีโอดี ที่เตรียมได้ (มก./ล.)	ความเข้มข้น (ADMI)	พีเอช
แดง	400	412	19540	10.21
	700	693	35489	10.22
	1000	1026	51120	10.20
	1300	1305	67536	10.24
ฟ้า	400	423	6213	10.21
	700	706	10785	10.23
	1000	1018	17224	10.22
	1300	1295	24168	10.25
เขียว	400	394	3140	10.34
	700	688	5530	10.35
	1000	981	8261	10.35
	1300	1317	10724	10.33
สีผสม	400	415	9545	10.27
	700	691	17840	10.28
	1000	997	25440	10.28
	1300	1322	34328	10.26

3.4 การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วยการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของรีเอเจนต์ของเฟนตอนในการบำบัดน้ำเสียสีรีแอกติฟจากการย้อมผ้าบาติกแต่ละโทนสี ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.3 และมีรายละเอียดของการดำเนินการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดการดำเนินการวิจัยโดยรวม

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	วิธีการศึกษา
ก. ผลของพีเอชที่มีต่อการบำบัดน้ำเสีย	แปรผันค่าพีเอชในการบำบัดน้ำเสีย 8 ค่า คือ 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 และ 6.0 โดยใช้ค่าซีโอดีของน้ำเสียแต่ละโหนดเท่ากับ 700 มก./ล. ใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 และ Fe^{2+} เท่ากับ 700 และ 150 มก./ล. ตามลำดับ (รายละเอียดตามหัวข้อ 3.4.1)
ข. ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$	แปรผันค่าอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ 10 ค่า คือ 1:30 1.2:30 1.5:30 2:30 3:30 3.75:30 5:30 7.5:30 15:30 และ 30:30 โดยใช้ค่าซีโอดีของน้ำเสียแต่ละโหนดเท่ากับ 700 มก./ล. ใช้ H_2O_2 เข้มข้น 700 มก./ล. และใช้ค่าพีเอชที่เลือกได้จากข้อ ก. (รายละเอียดตามหัวข้อ 3.4.2)
ค. ผลของความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่ระดับค่าซีโอดีต่าง ๆ ของน้ำเสีย	แปรผันค่าความเข้มข้นของ H_2O_2 6 ค่า คือ 250 500 750 1,000 1,250 และ 1,500 มก./ล. สำหรับแต่ละระดับค่าซีโอดี 4 ค่า คือ 400 700 1,000 และ 1,300 มก./ล. โดยใช้ค่าพีเอชที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ ก. และอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ ข. (รายละเอียดตามหัวข้อ 3.4.3)
ง. ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่ระดับค่าซีโอดีต่าง ๆ ของน้ำเสีย	แปรผันเวลาทำปฏิกิริยา 7 ค่า คือ 5 10 20 35 50 85 และ 120 นาที สำหรับแต่ละระดับค่าซีโอดี 4 ค่า คือ 400 700 1,000 และ 1,300 มก./ล. ต่อลิตร โดยใช้ค่าพีเอช, อัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ และ ความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ ก., ข. และ ค. ตามลำดับ (รายละเอียดตามหัวข้อ 3.4.4)

3.4.1 การศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อการบำบัดน้ำเสียพร้อมทั้งหาค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการบำบัด

การศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อการบำบัดน้ำเสียพร้อมทั้งหาค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดนี้ทำได้โดยการบำบัดน้ำเสียแต่ละโหนดที่มีค่าซีโอดี 700 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 และ Fe^{2+} คงที่เท่ากับ 700 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แล้วแปรผันค่าพีเอชของน้ำเสีย 8 ค่า คือ 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 และ 6.0 โดยใช้เวลาทำปฏิกิริยา 60 นาที เท่ากันทุกการทดลอง หลังจากนั้น จึงนำผลการทดลองมาพิจารณาเพื่อเลือกค่าพีเอชที่เหมาะสมที่สุด แล้วนำค่าพีเอชที่เหมาะสมนี้ไปใช้ในการทดลองในข้อ 3.4.2 - 3.4.4 ต่อไป

สำหรับรายละเอียดของขั้นตอนวิธีการทดลองได้แสดงไว้ในหัวข้อ 3.5

3.4.2 การศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อการบำบัดน้ำเสียพร้อมทั้งหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการบำบัด

การศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ พร้อมทั้งหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียแต่ละโหนดนี้ ได้ทำโดยการบำบัดน้ำเสียที่มีค่าซีโอดี 700 มิลลิกรัมต่อลิตรสำหรับทุกโหนด ที่ค่าพีเอชเหมาะสมซึ่งเลือกจากผลการทดลองในข้อ 3.4.1 โดยใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 คงที่เท่ากับ 700 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วแปรผันค่าความเข้มข้นของ Fe^{2+} 10 ค่า คือ 38 46 57 77 115 144 191 287 574 และ 1,150 มก./ล. ซึ่งคำนวณเป็นค่าอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ได้เท่ากับ 1:30 1.2:30 1.5:30 2:30 3:30 3.75:30 5:30 7.5:30 15:30 และ 30:30 ตามลำดับ โดยใช้เวลาทำปฏิกิริยา 60 นาที เท่ากันทุกการทดลอง หลังจากนั้น จึงนำผลการทดลองมาพิจารณาเพื่อเลือกอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการทดลองในข้อที่ 3.4.3 และ 3.4.4 ต่อไป

สำหรับรายละเอียดของขั้นตอนวิธีการทดลองได้แสดงไว้ในหัวข้อ 3.5

3.4.3 การศึกษาผลของความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่มีต่อการบำบัดน้ำเสียที่ค่าซีโอดีระดับต่างๆ ของแต่ละโหนด

การศึกษาผลของความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่มีต่อการบำบัดน้ำเสียที่ค่าซีโอดีระดับ ต่าง ๆ ของแต่ละโหนดนั้น ได้ทำโดยนำน้ำเสียสี่โหนดแต่ละโหนดซึ่งมีค่าซีโอดี 4 ระดับ คือ 400 700 1,000 และ 1,300 มก./ล. มาบำบัดโดยใช้ค่าพีเอชและอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 ตามลำดับ แล้วแปรผันความเข้มข้นของ H_2O_2 6 ค่า คือ 250 500 750 1,000 1,250

และ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร และใช้เวลาทำปฏิกิริยา เท่ากับ 60 นาทีทุกการทดลอง และจากผลการทดลองในหัวข้อนี้ จะสามารถหาความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละความเข้มข้นของซีโอดีเริ่มต้น เพื่อนำไปใช้ในการทดลองข้อ 3.4.4 ต่อไป

สำหรับรายละเอียดของขั้นตอนวิธีการทดลองได้แสดงไว้ในหัวข้อ 3.5

3.4.4 การศึกษาผลของเวลาทำปฏิกิริยา ที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดพร้อมทั้งหาเวลาทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม

การศึกษาผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดพร้อมทั้งหาเวลาทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม ได้ทำโดยนำน้ำเสียที่ย้อมแต่ละโหลซึ่งมีค่าซีโอดี 4 ระดับ คือ 400 700 1,000 และ 1,300 มก./ล. มาบำบัดโดยใช้ค่าพีเอช, อัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ และความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3.4.1, 3.4.2 และ 3.4.3 ตามลำดับ แล้วแปรผันค่าเวลาทำปฏิกิริยา 7 ค่า ดังนี้คือ 5 10 20 35 50 85 และ 120 นาที

สำหรับรายละเอียดของขั้นตอนวิธีการทดลองได้แสดงไว้ในหัวข้อ 3.5

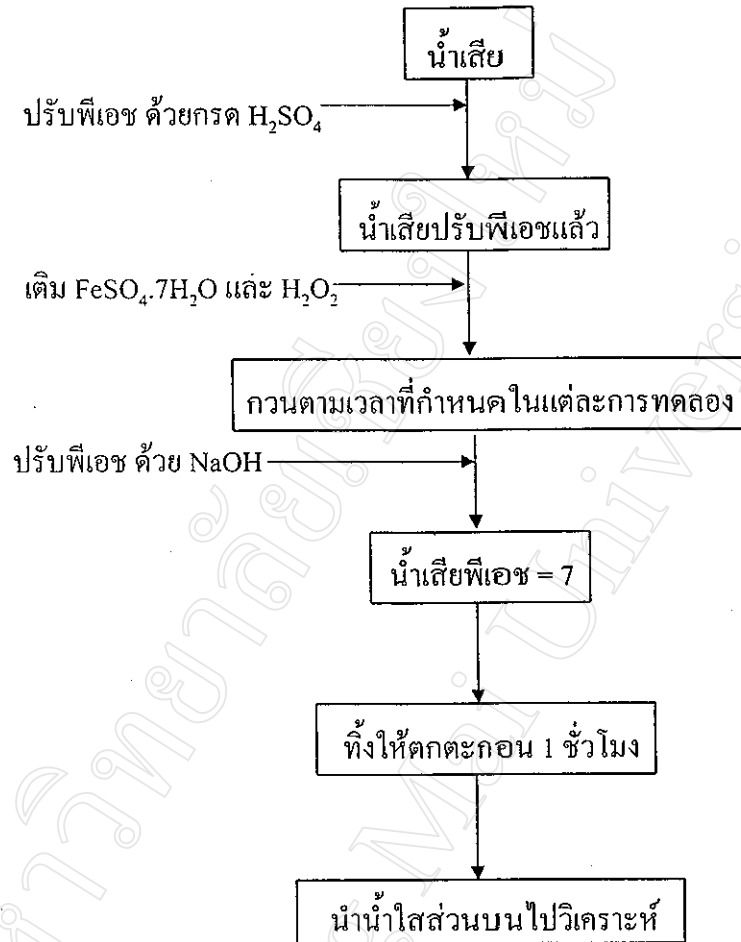
3.5 รายละเอียดวิธีการทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 การทดลองบำบัดน้ำเสีย เริ่มต้นด้วยการนำน้ำเสียมาทวนด้วยเครื่องทวน แล้วปรับพีเอชของน้ำเสียด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ให้มีพีเอชตามต้องการ

3.5.2 เติม Fe^{2+} ในรูปของ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ และ H_2O_2 ตามปริมาณที่กำหนดในแต่ละการทดลอง เริ่มจับเวลาและทวนน้ำเสียต่อไปจนครบตามเวลาที่กำหนดในแต่ละการทดลอง ระยะเวลาทวนน้ำเสียหลังจากเติม $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ และ H_2O_2 นี้เรียกว่า “เวลาทำปฏิกิริยา” หรือ “Reaction Time”

3.5.3 เมื่อครบตามเวลาแล้ววัดพีเอชของน้ำเสีย หลังจากนั้น เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อปรับพีเอชให้เท่ากับ 7 แล้วทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง นำน้ำใสส่วนบนไปวิเคราะห์ความเข้มข้นและค่าซีโอดี ทันที



รูปที่ 3.1 รายละเอียดขั้นตอนการทดลอง

3.6 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสีย

รายละเอียดของดัชนีคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ วิธีการวิเคราะห์ และการเก็บรักษาน้ำตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.4 โดยที่วิธีการวิเคราะห์แต่ละดัชนีจะเป็นไปตาม Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater ของ APHA, AWWA and WEF (1995)

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดดัชนีคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ วิธีการวิเคราะห์ และการเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง

ดัชนีคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่าง	วิธีการวิเคราะห์	วิธีการเก็บรักษา
1. ซีไอดี	ก่อนและหลังบำบัด	Open Reflux Method	วิเคราะห์ทันที
2. ความขุ่นสี	ก่อนและหลังบำบัด	ADMI Tristimulus Filter Method	วิเคราะห์ทันที
3. พีเอช	ก่อนและหลังบำบัด	ใช้เครื่องวัดพีเอช	วิเคราะห์ทันที