บทที่ 2

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาวิธีการบำบัดน้ำทิ้งที่มีสี ซึ่งการศึกษาจะทำในระดับห้องปฏิบัติการ ดังรายละเอียด

1. วิธีดำเนินการ มีขั้นตอน ดังนี้

1. 1 การเตรียมตัวอย่างน้ำทิ้งสังเคราะห์

เตรียมน้ำทิ้งสังเคราะห์ (น้ำยารักษาเนื้อไม้ยางพารา)โดยใช้

- น้ำ 100 ลิตร
- กรดบอริก (H_3BO_3) 0.4 กิโลกรัม
- สารบอแร็กซ์ ($Na_2B_4O_7.\ 10H_2O$) 0.6 กิโลกรัม
- แคลเซียมไฮโปคลอไรด์ 0.2 กิโลกรัม

กวนผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไม้ยางพาราสดมาแช่ในน้ำยาที่เตรียมไว้ โดยแช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ให้สีที่ได้ใกล้เคียงกับน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ มีค่า COD อยู่ในช่วง 800 – 2,400 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 8 – 9 ดังภาพประกอบที่ 4

ภาพประกอบที่ 4 น้ำทิ้งสังเคราะห์ที่เตรียมได้

1.2 การเก็บน้ำทิ้งจากโรงงาน

1.2.1 ลักษณะน้ำทิ้งจากกระบวนการรักษาเนื้อไม้ยางพาราจากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ซึ่งเก็บจากบ่อเก็บน้ำยารักษาเนื้อไม้ที่มีขนาด 20,000 ลูกบาศก์เมตร และใช้งานมาเป็นเวลา 1 เดือน มีค่า COD อยู่ในช่วง 600 - 800 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 8 – 9 โดยได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานรัตภูมิพาราวูด อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา

ภาพประกอบที่ 5 น้ำยารักษาเนื้อไม้ที่เก็บจากบ่อเก็บน้ำยารักษาเนื้อไม้จากโรงงานรัตภูมิพาราวูด

1.2.2 ลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตกล่องกระดาษ

สำหรับน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตกล่องกระดาษเก็บจากบ่อผึ่งซึ่งเป็นบ่อสุดท้ายหลังการบำบัด โดยเฉลี่ยจะมีปริมาณน้ำทิ้งประมาณ 9 – 12 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ค่า COD 500 – 600 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 4 – 6 โดยได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานเอสแพค อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

ภาพประกอบที่ 6 น้ำทิ้งจากบ่อผึ่งสุดท้ายของการบำบัดจากโรงงานเอสแพค

1.3 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1.3.1 การบำบัดน้ำทิ้งสังเคราะห์ การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์และการบำบัดน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายจากโรงงานผลิตกล่องกระดาษ

1.3.2 การนำน้ำทิ้งหลังการบำบัดมาใช้ในการรักษาเนื้อไม้

รายละเอียดการทดลองดังนี้

1. ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้น

1.1 เตรียมตัวอย่างน้ำทิ้งสังเคราะห์สำหรับการวิเคราะห์ 1000 มิลลิลิตร ใส่บิกเกอร์ วัดค่า pH COD และสีเริ่มต้น

1.2 ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 3 - 3.5 เพื่อให้เหมาะ สำหรับการเกิดปฏิกิริยาเฟนตันด้วยกรด H_2SO_4

1.3 หลังจากนั้นเติม $FeSO_4.7H_2O$ 1 กรัม และ H_2O_2 7.0 มิลลิลิตร

1.4 กวนด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 60 นาที แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่มีการกวนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วแบ่งสารละลายหลังเกิดปฏิกิริยาเฟนตันออกเป็น 2 ส่วน

1.5 ส่วนแรกนำมาวิเคราะห์ pH COD ปริมาณไอออนของซัลเฟต เหล็ก โบรอน และ สี

1.6 นำส่วนที่ 2 มาเติม CaO 0.45 กรัมกวนผสมเป็นเวลา 60 นาที แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่มีการกวนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

1.7 กรองด้วยกระดาษกรอง GF/C แล้วนำทั้งตะกอนและสารละลายมาวิเคราะห์ pH COD (เฉพาะสารละลาย) ปริมาณไอออนของซัลเฟต เหล็ก โบรอน แคลเซียม และ สี(เฉพาะสารละลาย)

1.8 ทำการทดลองตามขั้นตอนข้างต้นอีก 2 การทดลอง โดยเปลี่ยนปริมาณเฟน ตันรีเอเจนต์เป็น $FeSO_4.7H_2O$ 0.5 กรัม, H_2O_2 3.5 มิลลิลิตร และ $FeSO_4.7H_2O$ 0.25 กรัม, H_2O_2 1.75 มิลลิลิตร ตามลำดับและ ในข้อ 6 ให้เปลี่ยนมาเติม CaO 0.225 กรัม และ 0.115 กรัม ตามลำดับ

1.9 หลังจากนั้นเปลี่ยนชนิดของกรดที่ใช้ปรับ pH เป็นกรด HNO_3 และทำการทดลองตามขั้นตอนข้างต้น (ข้อ 1.2 –1.8) ดังแสดงในตารางที่ 6

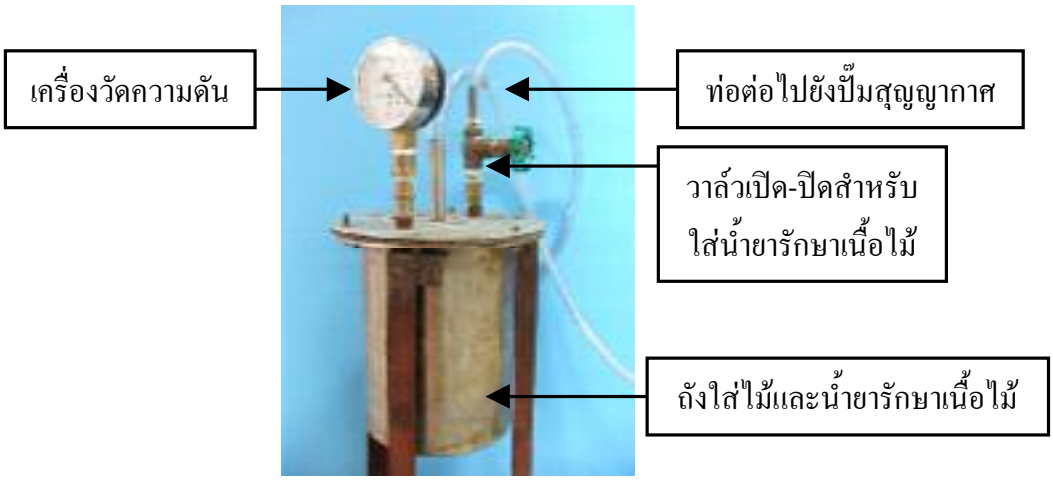
2. ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์
   2.1 เตรียมตัวอย่างน้ำยารักษาเนื้อไม้ยางพาราสำหรับการวิเคราะห์ 1000 มิลลิลิตร ใส่บิกเกอร์ วัดค่า pH COD และสีเริ่มต้น
   2.2 ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 3 - 3.5 เพื่อให้เหมาะ สำหรับการเกิดปฏิกิริยาเฟนตันด้วยกรด H_2SO_4
   2.3 หลังจากนั้นเติม $FeSO_4.7H_2O$ 1 กรัม และ H_2O_2 7.0 มิลลิลิตร
   2.4 กวนด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 60 นาที แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่มีการกวนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วแบ่งสารละลายหลังเกิดปฏิกิริยาเฟนตันออกเป็น 2 ส่วน
   2.5 ส่วนแรกนำมาวิเคราะห์ pH COD ปริมาณไอออนของซัลเฟต เหล็ก โบรอน และ สี
   2.6 นำส่วนที่ 2 มาเติม CaO 0.45 กรัมกวนผสมเป็นเวลา 60 นาที แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่มีการกวนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
   2.7 กรองด้วยกระดาษกรอง GF/C แล้วนำทั้งตะกอนและสารละลายมาวิเคราะห์ pH COD (เฉพาะสารละลาย) ปริมาณไอออนของซัลเฟต เหล็ก โบรอน แคลเซียม และ สี(เฉพาะสารละลาย)
   2.8 ทำการทดลองตามขั้นตอนข้างต้น โดยเปลี่ยนปริมาณเฟนตันรีเอเจนต์เป็น $FeSO_4.7H_2O$ 0.50 กรัม และ H_2O_2 3.5 และ $FeSO_4.7H_2O$ 0.25 กรัม และ H_2O_2 1.75 มิลลิลิตร ตามลำดับ และในข้อ 6 ให้เปลี่ยนมาเติม CaO 0.225 กรัมและ 0.115 กรัม
   2.9 หลังจากนั้นเปลี่ยนชนิดของกรดที่ใช้ปรับ pH เป็นกรด HNO_3 และทำการทดลองตามขั้นตอนข้างต้น (ข้อ 2.2 – 2.8) ดังแสดงในตารางที่ 6

3. ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายจากโรงงานผลิตกล่องกระดาษ
   3.1 เตรียมตัวอย่างน้ำยารักษาเนื้อไม้ยางพาราสำหรับการวิเคราะห์ 1000 มิลลิลิตร ใส่บิกเกอร์ วัดค่า pH COD และสีเริ่มต้น
   3.2 ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 3-3.5 เพื่อให้เหมาะ สำหรับการเกิดปฏิกิริยาเฟนตัน ด้วยกรด H_2SO_4
   3.3 หลังจากนั้นเติม $FeSO_4.7H_2O$ 1 กรัม และ H_2O_2 7.0 มิลลิลิตร
   3.4 กวนด้วยแท่งคนเป็นเวลา 60 นาที แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่มีการกวนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วแบ่งสารละลายหลังเกิดปฏิกิริยาเฟนตันออกเป็น 2 ส่วน
   3.5 ส่วนแรกนำมาวิเคราะห์ pH COD ปริมาณไอออนของซัลเฟต เหล็ก โบรอน และ สี
   3.6 นำส่วนที่ 2 มาเติม CaO 0.45 กรัมกวนผสมเป็นเวลา 60 นาที แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่มีการกวนผสมเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
   3.7 กรองด้วยกระดาษกรอง GF/C แล้วนำทั้งตะกอนและสารละลายมาวิเคราะห์ pH COD (เฉพาะสารละลาย) ปริมาณไอออนของซัลเฟต เหล็ก โบรอน แคลเซียม และ สี(เฉพาะสารละลาย)
   3.8 ทำการทดลองตามขั้นตอนข้างต้นอีก 2 การทดลองโดยเปลี่ยนปริมาณเฟนตันรีเอเจนต์เป็น $FeSO_4.7H_2O$ 0.5 กรัม H_2O_2 3.5 มิลลิลิตร และ $FeSO_4.7H_2O$ 0.25 กรัม H_2O_2 1.75 มิลลิลิตร ตามลำดับและ ในข้อ 6 ให้เปลี่ยนมาเติม CaO 0.225 กรัม และ 0.115 กรัม ตามลำดับ
   3.9 หลังจากนั้นเปลี่ยนชนิดของกรดที่ใช้ปรับ pH เป็นกรด HNO_3 และทำการทดลองตามขั้นตอนข้างต้น (ข้อ3.2 – 3.8) ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงชุดการศึกษาการทดลองทั้งหมด

ชุดที่	ชนิดน้ำตัวอย่าง	ปริมาตร (mL)	ชนิดกรด	ปริมาณสารเคมีเฟนตัน (อัตราส่วน Fe: H_2O_2:CaO = 1:11.7:4.5)		
				$FeSO_4.7H_2O$ (g)	H_2O_2 (mL)	CaO (g)
1	น้ำทิ้งสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้น	1000	H_2SO_4	1.00	7.00	0.90
2				0.50	3.50	0.45
3				0.25	1.75	0.23
4	น้ำทิ้งสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้น	1000	HNO_3	1.00	7.00	0.9
5				0.50	3.50	0.45
6				0.25	1.75	0.23
7	น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์	1000	H_2SO_4	1.00	7.00	0.90
8				0.50	3.50	0.45
9				0.25	1.75	0.23
10	น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์	1000	HNO_3	1.00	7.00	0.90
11				0.50	3.50	0.45
12				0.25	1.75	0.23
13	น้ำทิ้งบ่อสุดท้ายจากโรงงานผลิตกล่องกระดาษ	1000	H_2SO_4	1.00	7.00	0.90
14				0.50	3.50	0.45
15				0.25	1.75	0.23
16	น้ำทิ้งบ่อสุดท้ายจากโรงงานผลิตกล่องกระดาษ	1000	HNO_3	1.00	7.00	0.90
17				0.50	3.50	0.45
18				0.25	1.75	0.23

4. ศึกษาประสิทธิภาพของการนำน้ำทิ้งหลังการบำบัดมาใช้ในการรักษาเนื้อไม้
   4.1 เตรียมเครื่องอัดน้ำยาไม้ยางพาราดังภาพที่ 7
   4.2 เตรียมน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว 2 ลิตรต่อไม้ยางพาราน้ำหนัก 350 กรัม
   4.3 นำไม้ยางพาราสดขนาด 2x2x2 นิ้ว 3 ท่อนดังภาพประกอบที่ 8 (จะได้น้ำหนักประมาณ 350 กรัม) ใส่ในถังอัดน้ำยา
   4.4 อัดน้ำยา (น้ำทิ้ง) เข้าสู่ไม้ยางพาราโดยใช้ สภาวะสุญญากาศที่ความดัน 60 - 65 cm Hg ณ อุณหภูมิห้อง แช่ทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง
   4.5 อบไม้ให้แห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส
   4.6 วิเคราะห์ปริมาณโบรอนที่คงอยู่ในเนื้อไม้โดยการวิเคราะห์ด้วย Modified method AOAC 985.01 (B in plants; ICP-AES)
   4.7 หลังจากนั้น เปลี่ยนเป็นน้ำยารักษาเนื้อไม้ที่ผสมด้วยอัตราส่วนข้างต้น ทำการทดลองตามขั้นตอนข้างต้น (ข้อ 4.1 – 4.5)



ภาพประกอบที่ 7 เครื่องอัดน้ำยาไม้ยางพารา

ภาพประกอบที่ 8 ไม้ยางพาราสดขนาด 2x2x2 นิ้ว

5. รายละเอียดการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รายละเอียดการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
COD	Dichromate open reflux method
pH	Glass Electrode method
Calcium	EDTA method
Iron	Phenanthroline Method
Sulfate	Turbidimetric Method
Boron, Lead, Chromium And Calcium in plant	ICP-AES

2. วัสดุและอุปกรณ์ การวิจัยนี้ใช้วัสดุและอุปกรณ์ ดังนี้

2.1 สารเคมี สารเคมีที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

2.1.1 กรดบอริก (H_3BO_3)

2.1.1 สารบอแร็กซ์ ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)

2.1.2 แคลเซียมไฮโปคลอไรด์ 65% w/w

2.1.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) (Reagent grade)

2.1.4 เฟอรัสซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต($FeSO_4.7H_2O$) (AR grade)

2.1.5 แคลเซียมออกไซด์(CaO)(Lab grade)

2.1.6 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ค่า COD

2.1.7 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ซัลเฟต

2.1.8 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์เหล็ก

2.1.9 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์แคลเซียม

2.1.10 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ไนเตรท

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ มีดังนี้

2.2.1 กระดาษกรอง GF/C

2.2.2 magnetic bar and stirrer

2.2.3 pH meter

2.2.4 เครื่องมือวิเคราะห์ COD

2.2.5 UV-Visible Spectrophotometer รุ่น HEWLETT PACKARD 8453