บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 รูปแบบการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยกระบวนการอิเล็กโตรเฟนตอน

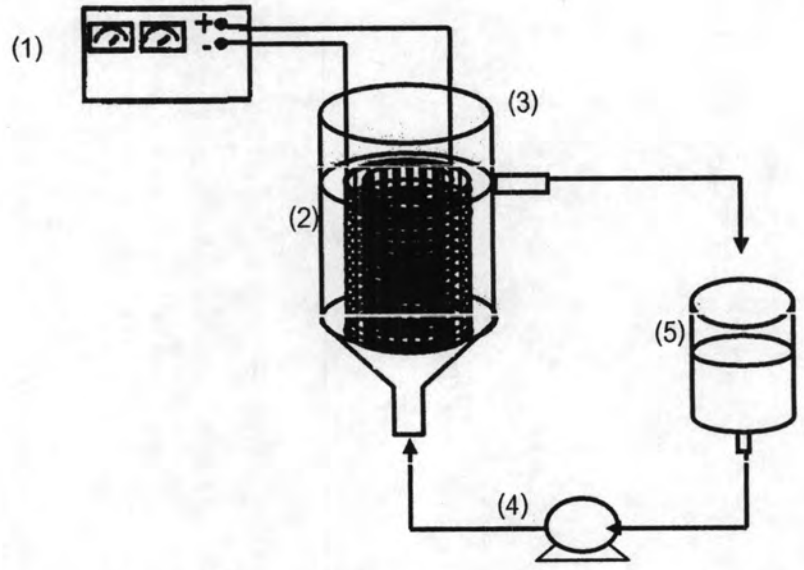
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส ยี่ห้อ Horiba รุ่น F-22
2. ขั้วไฟฟ้า ได้แก่ เหล็ก เหล็กกล้าไร้สนิม
3. เครื่องกวนแม่เหล็ก
4. เครื่องชั่งละเอียด
5. ตู้อบ (Oven)
6. นาฬิกาจับเวลา
7. กระดาษกรองเบอร์ 1
8. กระดาษกรอง GF/C
9. เครื่องตู้ดสุญญากาศพร้อมขวดตู้ดสุญญากาศ
10. หลอดย่อย (Digestion Vessels) เป็นหลอดแก้วบอโรซิลิเคท (Borosilicate) ขนาด 20x 150 หรือ 25x150 มิลลิเมตร มีฝาสลักเกลียวซึ่งทำด้วยทีเอฟอี (Tetrafluoroethylene, TFE)
11. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 150 ± 2 องศาเซลเซียส
12. ขวดบีโอดี (BOD Bottle) ขนาด 250 - 300 มิลลิลิตร พร้อมจุกปิด
13. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 20 ± 1 องศาเซลเซียส
14. เครื่องอังไอน้ำ
15. เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ

I23600780

3.2.1. เครื่องปฏิกรณ์สำหรับกระบวนการรวมตัวด้วยกระแสไฟฟ้าและกระบวนการอิเล็กโตรเฟนตอนในระบบกะ แสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วย

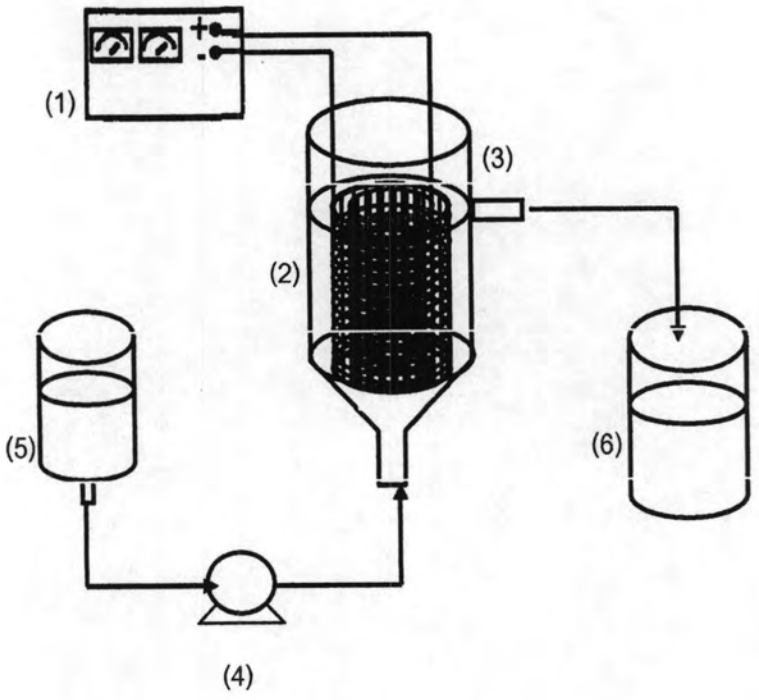
1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รุ่น ZS 3205-2X
2. ขั้วไฟฟ้าแอโนดและแคโทด ทำจากเหล็กมีลักษณะเป็นตะแกรง
   - ขั้วแคโทดมีพื้นที่ผิว 1073.5 ตารางเซนติเมตร
   - ขั้วแอโนดมีพื้นที่ผิว 968.7 ตารางเซนติเมตร
3. เครื่องปฏิกรณ์มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.15 เมตร สูง 0.4 เมตร
4. ปั๊ม 1 ตัว รุ่น NH-5PX บริษัท Pan World Co., Ltd.
5. ถังพักมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.17 เมตร สูง 0.3 เมตร มีปริมาตรประมาณ 2 ลิตร



รูปที่ 3.1 เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลองในระบบกะ (1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (2) ขั้วไฟฟ้า (3) เครื่องปฏิกรณ์ (4) ปั๊ม (5) ถังพัก

3.2.2. เครื่องปฏิกรณ์สำหรับกระบวนการรวมตัวด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบต่อเนื่อง

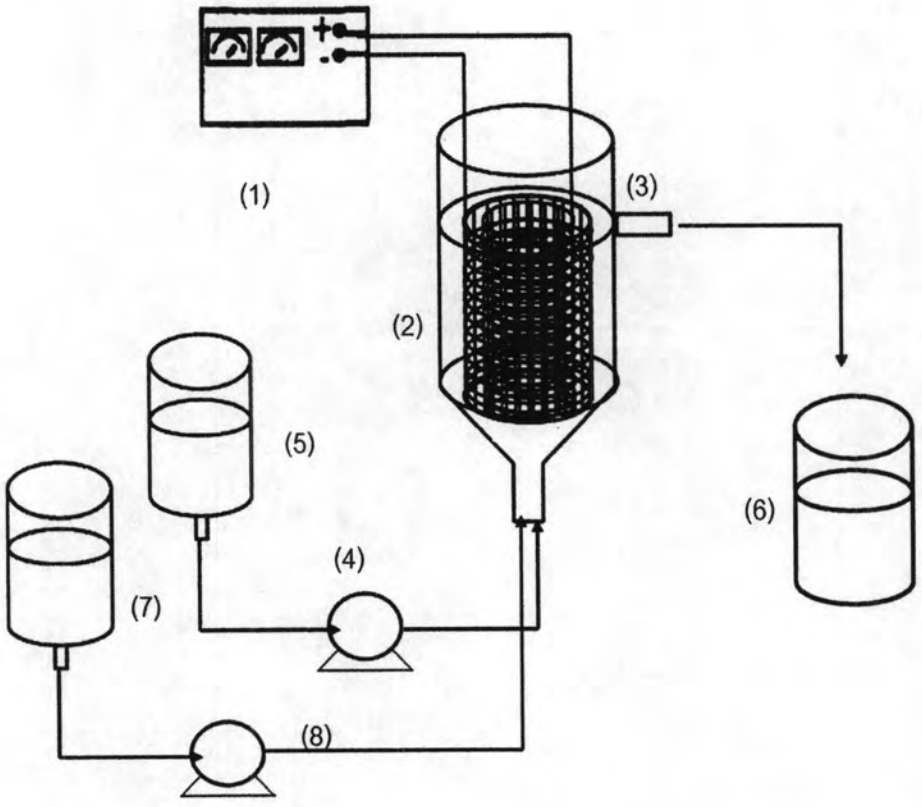
เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลองจะคล้ายกับที่ใช้ในระบบกะแต่มีส่วนที่ต่างคือ ถังพักน้ำเสียก่อนบำบัดปริมาตร 40 ลิตร และถังพักน้ำเสียหลังบำบัดปริมาตร 40 ลิตรดังแสดงในหมายเลข 5 และ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลองกระบวนการรวมตัวด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบต่อเนื่อง
(1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (2) ขั้วไฟฟ้า (3) เครื่องปฏิกรณ์ (4) ปั๊ม
(5) ถังพักน้ำเสียก่อนบำบัด (6) ถังพักน้ำเสียหลังบำบัด

3.2.3. เครื่องปฏิกรณ์สำหรับกระบวนการอิเล็กโตรเฟ่นตอนในระบบต่อเนื่อง

เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลองจะคล้ายกับที่ใช้ในกระบวนการรวมตัวด้วยกระแสไฟฟ้าในระบบต่อเนื่องแต่มีส่วนที่ต่างคือ ถังเก็บสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ขนาด 1 ลิตร และปั๊มที่ใช้ในการปั๊มสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้าสู่ระบบ ดังแสดงในหมายเลข 7 และ 8 ตามลำดับ



รูปที่ 3.3 เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลองด้วยกระบวนการอิเล็กโตรเฟ่นตอนในระบบต่อเนื่อง
(1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (2) ขั้วไฟฟ้า (3) เครื่องปฏิกรณ์ (4) ปั๊ม
(5) ถังพักน้ำเสียก่อนบำบัด (6) ถังพักน้ำเสียหลังบำบัด
(7) ถังเก็บสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (8) ปั๊ม

3.3 สารเคมี

1. โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) (Merck, AR grade)
2. กรดซัลฟิวริก (cone.H_2SO_4) (Fisher, 98%)
3. ซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) (POCh. S.A., AR grade)
4. ไอร์ออน (II) แอมโมเนียซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \bullet 6H_2O$) (Unilab, AR grade)
5. สารละลายเฟอโรอีนอินดิเคเตอร์ (Ferroin Indicator) (Labchem, AR grade)
6. โปตัสเซียมไฮโดรเจนพะทาเลต (KHP) (Merck, AR grade)
7. โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) (Univer, AR grade)
8. ไดโปแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4) (Univer, AR grade)
9. ไดโซเดียมฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต ($Na_2PO_4 \bullet 7H_2O$) (Univer, AR grade)
10. แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) (Univer, AR grade)
11. แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ($MgSO_4 \bullet 7H_2O$) (Univer, AR grade)
12. แคลเซียมคลอไรด์ปราศจากน้ำ (Anhydrous $CaCl_2$) (Univer, AR grade)
13. เฟอร์ริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ($FeCl_3 \bullet 6H_2O$) (Univer, AR grade)
14. แมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต ($MnSO_4 \bullet H_2O$) (Univer, AR grade)
15. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (Univer, AR grade)
16. โซเดียมไอโอไดด์ (NaI) (Labchem, AR grade)
17. โซเดียมเอไซด์ (NaN_3) (Labchem, AR grade)
18. โซเดียมไธโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($Na_2S_2O_3 \bullet 5H_2O$) (Univer, AR grade)
19. เฮกเซน (n-Hexane) (Unilab, AR grade)
20. โซเดียมซัลเฟต ปราศจากน้ำ (Anhydrous Na_2SO_4) (Labchem, AR grade)
21. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogenperoxide) (Univer, AR grade)

3.4 น้ำตัวอย่าง

น้ำตัวอย่างที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ได้รับอนุเคราะห์จากบริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด (มหาชน) จ.สมุทรปราการ โดยน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยเป็นน้ำเสียก่อนทำการบำบัด ซึ่งมีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นซึ่งเกิดจากมีน้ำมันและไขมันปนอยู่ในปริมาณมาก มีค่าความเป็นกรด - เบส ในช่วง 7 - 8

3.5 ขั้นตอนการวิจัย

3.5.1 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ ที่ใช้ในงานวิจัย คือ

- ค่าความเป็นกรด - เบส
- อุณหภูมิ
- ค่าการนำไฟฟ้า
- ของแข็งแขวนลอยในน้ำ
- ของแข็งละลายน้ำ
- น้ำมันและไขมัน
- ค่าบีโอดี
- ค่าซีโอดี

3.5.2 ศึกษาการกำจัดปริมาณสารมลพิษจากน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยกระบวนการรวมอิเล็กโตรเฟนตอน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

3.5.2.1 ศึกษาการกำจัดปริมาณสารมลพิษจากน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโตรเฟนตอนในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ

1. ใช้น้ำตัวอย่างจากอุตสาหกรรมทอผ้าปริมาตร 6 ลิตร และทำการปรับปริมาณน้ำมันและไขมันเริ่มต้นให้อยู่ที่ 150 300 450 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. ชั่งน้ำหนักของขั้วไฟฟ้าที่ใช้เป็นขั้วแอโนดและแคโทดก่อนการทดลอง
3. ผ่านกระแสไฟฟ้า 2.12 แอมแปร์ (ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 22 แอมแปร์ต่อตารางเมตร) ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 6 ลิตรต่อนาที เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที
4. เก็บตัวอย่างปริมาตร 100 มิลลิลิตร ทุกๆ 15 นาที เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที
5. ชั่งน้ำหนักของขั้วไฟฟ้าที่ใช้เป็นขั้วแอโนดและแคโทดหลังการทดลอง
6. วิเคราะห์หาปริมาณสารมลพิษที่ผ่านการบำบัดในรูปของปริมาณน้ำมันและไขมัน ค่าซีโอดี และบีโอดี ตามวิธีมาตรฐาน (กรองแก้ว, 2541 และ Clescerl, 1998)

7. ทำการทดลองซ้ำโดยใช้ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำมันและไขมัน 450 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ทำที่ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 14-24 แอมแปร์ต่อตารางเมตร
8. ทำการทดลองซ้ำโดยใช้ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำมันและไขมัน 450 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ดีที่สุดจากข้อ (7) แต่ปรับค่าอัตราการไหลวน 1.5 – 6 ลิตรต่อนาที
9. ทำการทดลองซ้ำโดยใช้ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำมันและไขมัน 450 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ดีที่สุดจากข้อ (/) อัตราการไหลวนที่เหมาะสมจากข้อ (8) แต่ทำการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงในน้ำเสียก่อนทำการทดลองโดยให้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0-0.6 โมลต่อลิตร

3.5.2.2 ศึกษาการกำจัดสารมลพิษจากน้ำเสียโดยกระบวนการอิเล็กโตรเฟนตอนในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง โดยจะใช้ภาวะที่เหมาะสมของการทดลองในหัวข้อ 3.5.2.1 ในการทดลองตอนนี้จะศึกษาอัตราการไหลของน้ำเสียและอัตราการไหลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ก. ศึกษาผลของอัตราการไหลของน้ำเสียในระบบต่อเนื่อง

1. ทำการปรับความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำมันและไขมันให้อยู่ 450 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. ชั่งน้ำหนักของขั้วไฟฟ้าที่ใช้เป็นขั้วแอโนดและแคโทดก่อนการทดลอง
3. ผ่านกระแสไฟฟ้า 2.12 แอมแปร์ (ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 22 แอมแปร์ต่อตารางเมตร) ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 0.1 0.2 และ 0.3 ลิตรต่อนาที
4. เก็บตัวอย่างปริมาตร 100 มิลลิลิตร ทุกๆ 15 นาที ในช่วงระยะเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ทุกๆ 1 ชั่วโมงจนครบ 10 ชั่วโมง
5. ชั่งน้ำหนักของขั้วไฟฟ้าที่ใช้เป็นขั้วแอโนดและแคโทดหลังการทดลอง
6. วิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ผ่านการบำบัดด้วยโดยวิธีการ ตกตะกอนด้วยไฟฟ้าตามวิธีมาตรฐาน ในรูปของปริมาณน้ำมันและไขมัน ค่าซีโอดี และบีโอดี

ข. ศึกษาผลของอัตราการไหลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในระบบต่อเนื่อง

ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ ก. โดยทำการทดลองที่ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำมันและไขมัน 450 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านกระแสไฟฟ้า 2.12 แอมแปร์ (ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 22 แอมแปร์ต่อตารางเมตร) และอัตราการไหลของน้ำตัวอย่าง 0.1 ลิตรต่อนาที ทำการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการไหลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 0 1 และ 2 ลิตรต่อนาที