

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 แผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการวิจัยโดยอาศัยห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ทั้งสถานที่และเครื่องมือในการวิจัย โดยมีแผนการวิจัยที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

3.1.1 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ค่าตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปร	
ตัวแปรคงที่ 1. ชนิดของวัสดุ 2. ค่าพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ 3. ปริมาณน้ำเสีย 4. ความเร็วรอบในการกวน 5. ระยะเวลาในการกวน	- เส้นใยปาล์ม - 5 - 400 มิลลิลิตร - 120 รอบต่อนาที - 120 นาที
ตัวแปรอิสระ 1. การปรับสภาพวัสดุ 2. ชนิดของโลหะหนัก	- ไม่ผ่านการปรับสภาพ - ปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มัล (3.65 เปอร์เซ็นต์) - ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ - ทองแดง - นิกเกิล - สังกะสี

ตัวแปร	
3. ความเข้มข้นของโลหะหนัก	- 5 มิลลิกรัมต่อลิตร - 10 มิลลิกรัมต่อลิตร - 20 มิลลิกรัมต่อลิตร - 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. ขนาดของวัสดุ	- ค้างบนตะแกรงเบอร์ 4 (4.76-9.525 มิลลิเมตร) - ค้างบนตะแกรงเบอร์ 10 (2-4.76 มิลลิเมตร) - ค้างบนตะแกรงเบอร์ 20 (0.85-2.00 มิลลิเมตร) - ผ่านตะแกรงเบอร์ 80 (< 0.18มิลลิเมตร)
5. ปริมาณของเส้นใยปาล์ม	- 0.25 กรัม - 0.50 กรัม - 0.75 กรัม - 1.00 กรัม - 1.25 กรัม - 1.50 กรัม - 1.75 กรัม - 2.00 กรัม - 2.25 กรัม - 2.50 กรัม - 2.75 กรัม - 3.00 กรัม
ตัวแปรตาม	
1. ลักษณะน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด	- ปริมาณโลหะหนัก
2. ความสามารถในการกำจัดโลหะหนัก	- ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก

3.1.2 ลำดับขั้นการวิจัย

การวิจัยแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1.) การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

- การเตรียมเส้นใยปาล์มและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

- การปรับสภาพเส้นใยปาล์มด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ ไม่ผ่านการปรับสภาพ ปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก และปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

2.) การศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีการต่างๆ

- 3.) การศึกษาหาวิธีการปรับสภาพที่เหมาะสม
- 4.) การศึกษาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก
- 5.) การศึกษาถึงผลของขนาดของเส้นใยปาล์มต่อการกำจัดโลหะหนัก
- 6.) การศึกษาถึงผลของความเข้มข้นที่มีต่อการกำจัดโลหะหนัก
- 7.) ประเมินค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการกำจัดน้ำเสีย

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- บีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร
- ขวดรูปชมพู่
- ขวดเก็บตัวอย่าง
- เครื่องบดวัสดุ
- เครื่องเขย่าคัดขนาด (Sieve Shaker) ซึ่งประกอบด้วยตะแกรงขนาดต่างๆ ได้แก่ ขนาด 1/2 นิ้ว ขนาด 3/8 นิ้ว ขนาดเบอร์ 4 เบอร์ 10 เบอร์ 20 เบอร์ 40 เบอร์ 80 และถาดรอง (pan)

- เครื่องชั่งวัสดุ
- เตาความร้อน (Hot Plate Stirrer)
- เครื่องจาร์เทสต์ (Jar test)
- เครื่องวัดพีเอช
- เตาอบวัสดุ
- ชุดเครื่องกรอง
- กระดาษกรองใยแก้ว
- เครื่องอะตอมมิกแอฟซอบซันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer: AAS)

- เครื่องอินฟราเรดสเปคโตรมิเตอร์ (FT-IR)
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (SEM)
- เครื่องวัดพื้นที่ผิว (BET Surface Area Analyzer)

3.1.4 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- 1.) สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์
 - นิกเกิล (II) ซัลเฟต (Nickel (II) sulphate: $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

- คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (Copper (II) sulphate: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- ซิงค์ (II) ซัลเฟต (Zinc (II) sulphate: $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

2.) สารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพเส้นใยปาล์ม

- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ (Hydrogen peroxide: H_2O_2)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ (Sodium hydroxide: NaOH)
- ไฮโดรคลอริก 1 นอร์มัล (Hydrochloric: HCl)

3.) สารเคมีอื่นๆ ที่ใช้ในการวิจัย

- กรดไนตริก (Nitric acid: HNO_3)

3.2 การดำเนินการวิจัย

3.2.1 การเตรียมเส้นใยปาล์ม

- นำเส้นใยปาล์มมาตากแดดให้แห้ง
- นำเส้นใยปาล์มมาตัดขนาดโดยผ่านเครื่องตัดขนาด 1/2 นิ้ว, ขนาด 3/8 นิ้ว, ขนาด 4 (4.76 มิลลิกรัม), เบอร์ 10 (2.00 มิลลิกรัม), เบอร์ 20 (0.85 มิลลิกรัม), เบอร์ 40 (0.45 มิลลิกรัม), เบอร์ 80 (0.18 มิลลิกรัม) และถาดรอง (pan)

3.2.2 การเตรียมเส้นใยปาล์มสำหรับปรับสภาพ

การปรับสภาพของเส้นใยปาล์มนั้น เป็นการนำเอาเส้นใยปาล์มธรรมชาติมาแช่ในสารเคมีที่กำหนด เพื่อเปลี่ยนแปลงสภาพของพื้นผิวและ โครงสร้างของเส้นใยปาล์ม โดยมีวิธีการปรับสภาพดังนี้

1.) การเตรียมเส้นใยปาล์มชนิดไม่ปรับสภาพ (เกศสุชา พูลคำ, 2537)

- นำวัสดุที่เตรียมไว้ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน จนที่เอชน้ำทิ้งประมาณ 6-7

- นำไปอบในเตาอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

2.) การเตรียมเส้นใยปาล์มชนิดปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก (Maranon , 1991)

- นำวัสดุที่เตรียมไว้ใส่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 นอร์มัล
- ทำการกวนนาน 30 นาที
- เมื่อครบ 30 นาทีนำไปกรอง
- ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน จนที่เอชน้ำทิ้งประมาณ 4-5
- นำไปอบให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

3.) การเตรียมเส้นใยปาล์มชนิดปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

(Shukla และคณะ, 2005)

- นำเส้นใยปาล์ม 100 กรัม มาใส่ในสารละลาย 2 ลิตร ซึ่งมีส่วนประกอบของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 15 กรัมและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง
- โดยอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นจนถึง 85 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง
- ทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

3.2.3 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

น้ำเสียสังเคราะห์ สามารถเตรียมได้จาก นิกเกิล (II) ซัลเฟต (Nickel (II) sulphate: $NiSO_4 \cdot 6H_2O$), คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (Copper (II) sulphate: $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) และ ซิงค์ (II) ซัลเฟต (Zinc (II) sulphate: $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) โดยเตรียมที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 5, 10, 20 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และให้มีค่าพีเอชเท่ากับ 5

3.2.4 การหาประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย (ชัชฎาพร งามอาจ, 2545)

- 1) ใส่เส้นใยปาล์มปริมาณ 2.0 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร
- 2) ใส่น้ำเสียสังเคราะห์ปริมาณ 0.4 ลิตร ลงในบีกเกอร์
- 3) กวนด้วยความเร็ว 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง
- 4) เมื่อครบ 2 ชั่วโมง นำมากรองแยกเส้นใยปาล์มออกจากริ่่น้ำเสีย
- 5) นำน้ำเสียที่เหลือไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ โดยใช้เครื่องอะตอมมิค-แอฟซอบชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และบันทึกผล
- 6) ทำการวิจัยโดยการเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ

3.2.5 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นใยปาล์ม

1) ลักษณะพื้นที่ผิว

- นำเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ทั้ง 3 วิธี ไปตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสแกน (SEM) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ผิวของการปรับสภาพแต่ละวิธี เช่น ความลึกของรอยบนผิว ปริมาตรร่องบนพื้นที่ผิว เป็นต้น

2) การหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific density) โดยใช้ขวดพิคโนมิเตอร์

- นำขวดพิคโนมิเตอร์มาชั่งน้ำหนักขวดเปล่าพร้อมฝาขวด (A)
- ใส่เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆลงในขวดพิคโนมิเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักขวดและวัสดุ (B)
- ใส่น้ำจนเต็มขวดแล้วปิดฝา น้ำที่เกินจะล้นออกด้านบนฝาขวด เช็ดขวดให้แห้งแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (C)

- ล้างเส้นใยปาล์มออกแล้วใส่น้ำให้เต็ม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (D)

- ค่าความถ่วงจำเพาะเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ = $\frac{(B-A)}{(D-C)}$

3) การหาพื้นที่ผิว

- นำเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ นั้น ไปทำการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณพื้นที่ผิวด้วยเครื่อง BET Surface Area Analyzer

4) การศึกษาลักษณะ โครงสร้าง

- นำเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ไปวิเคราะห์หาโครงสร้างโดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปคโตรมิเตอร์ (FTIR)

5) การหาการบวมน้ำ

- นำเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ นั้น มาตรวจหาปริมาตร แล้วนำไปแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้วบันทึกปริมาตรอีกครั้ง การบวมน้ำจะเท่ากับปริมาตรที่เปลี่ยนไป

3.2.6 การศึกษาไอโซเทอม

3.2.6.1 การศึกษาโดยแปรเปลี่ยนปริมาณของเส้นใย

1) ชั่งเส้นใยปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพให้ได้ปริมาณ 0.2 กรัม, 0.4 กรัม, 0.6 กรัม, 0.8 กรัม, 1.0 กรัม, 2.0 กรัม นำมาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร

2) ใส่น้ำเสียสังเคราะห์ของโลหะหนักทองแดงที่มีความเข้มข้นของโลหะหนัก 5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ปริมาตร 0.4 ลิตร

3) กวนด้วยความเร็ว 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

4) เมื่อครบ 2 ชั่วโมง นำมากรองแยกเส้นใยปาล์มออกจากน้ำเสีย

5) นำน้ำเสียที่เหลือไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดง โดยใช้เครื่องอะตอมมิค แอปซอบชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และบันทึกผล

6) เปลี่ยนชนิดของโลหะหนักจากทองแดงเป็น นิกเกิล และสังกะสี ที่มีความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1-6

7) หาไอโซเทอมโดยใช้สมการของ Langmuir และ Freundlich

3.2.6.1 การศึกษาโดยแปรเปลี่ยนความเข้มข้น

1) ชั่งเส้นใยปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพให้ได้ปริมาณ 0.2 กรัม นำมาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร

2) ใส่น้ำเสียสังเคราะห์ของโลหะหนักทองแดงที่มีความเข้มข้นของโลหะหนัก 5, 10, 20 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ปริมาตร 0.4 ลิตร

3) กวนด้วยความเร็ว 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

4) เมื่อครบ 2 ชั่วโมง นำมากรองแยกเส้นใยปาล์มออกจากน้ำเสีย

- 5) นำน้ำเสียที่เหลือไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดง โดยใช้เครื่องอะตอมมิก แอปซอบชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และบันทึกผล
- 6) เปลี่ยนชนิดของโลหะหนักจากทองแดงเป็น นิกเกิล และสังกะสี ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1-6
- 7) หาไอโซเทอมโดยใช้สมการของ Langmuir และ Freundlich

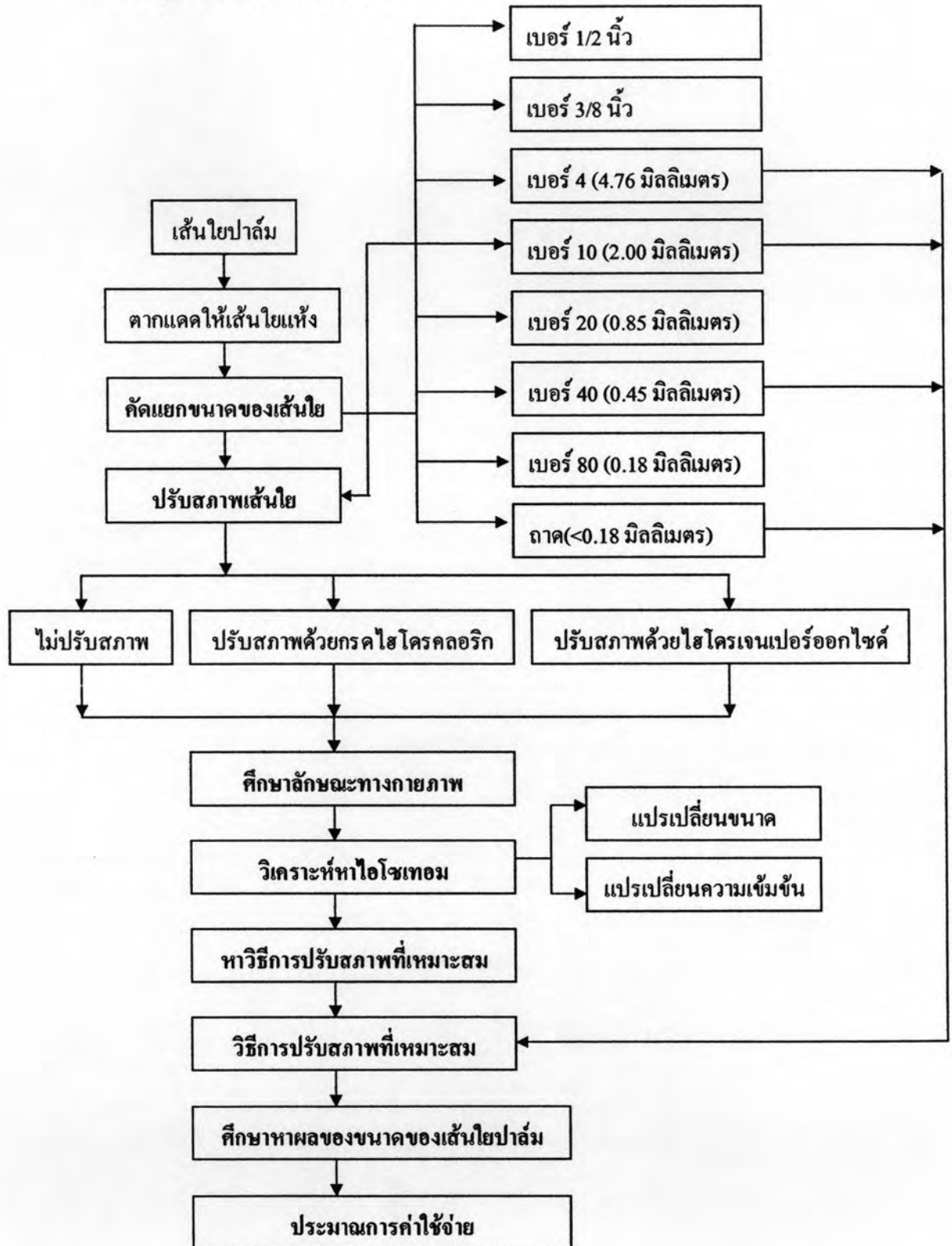
3.2.7 การศึกษาผลของขนาดเส้นใยปาล์ม

- 1) ชั่งเส้นใยขนาดที่ค้ำบนตะแกรงเบอร์ 4 (4.76-9.525 มิลลิเมตร) ค้ำบนตะแกรงเบอร์ 10 (2-4.76 มิลลิเมตร) ค้ำบนตะแกรงเบอร์ 40 (0.45-0.85 มิลลิเมตร) และผ่านตะแกรงเบอร์ 80 (< 0.18 มิลลิเมตร) ปริมาณ 2.00 กรัม แล้วนำมาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร
- 2) ใส่น้ำเสียสังเคราะห์ของโลหะหนักทองแดงที่มีความเข้มข้นของโลหะหนัก 5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ปริมาตร 0.4 ลิตร
- 3) กวนด้วยความเร็ว 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง
- 4) เมื่อครบ 2 ชั่วโมง นำมากรองแยกเส้นใยปาล์มออกจากร้าน้ำเสีย
- 5) นำน้ำเสียที่เหลือไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดง โดยใช้เครื่องอะตอมมิก แอปซอบชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และบันทึกผล
- 6) เปลี่ยนชนิดของโลหะหนักจากทองแดงเป็น นิกเกิล และสังกะสี ที่มีความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1-6

3.2.8 ประมาณการค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการกำจัดโลหะหนัก

คำนวณค่าใช้จ่ายในการเตรียมเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพ ในหน่วยของราคาต่อกรัมของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพ

3.2.8 สรุปแผนการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3.1 สรุปแผนการดำเนินการวิจัย