# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลี โดยกระตุ้นด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริกและการเจืออนุภาคของถ่านกัมมันต์ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยมีวิธีดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

## 3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 เครื่องเฟลมอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Flame Atomic Absorption Spectrophotometer) Perkin Elmer, AA 3110, USA

3.1.2 เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer) Thermo Scientific, Genesys 10S, USA

3.1.3 เครื่องฟูเรียทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Fourier Transform Infrared Spectrometer) BRUKER, ALPHA, USA

3.1.4 เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (pH Meter) Hanna Instrument, HI 2211, USA

3.1.5 เตาเผา (Furnace) Carbolite Geru, CWF1300, England

3.1.6 ตู้อบ (Oven) Memmert, D 06061, Germany

3.1.7 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.1.8 ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)

3.1.9 โกร่งบดสาร (Mortar)

3.1.10 กระดาษกรอง เบอร์ 1 (Filter Paper No.1) Whatman, 1001 125

3.1.11 เครื่องแก้วอื่น ๆ (Glasswares)

3.1.12 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance) Sartorius, BP 210 S, Germany

## 3.2 สารเคมี

3.2.1 กรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid, $H_3PO_4$) AR Grade, Ajax Finechem

3.2.2 ไอโอดีน (Iodine, $I_2$) AR Grade, Ajax Finechem

3.2.3 เมทิลีนบลู (Methylene Blue, $C_{12}H_{18}CLN_3S$) Lab Grade, Ajax Finechem

3.2.4 โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide, KI) AR Grade, Ajax Finechem

3.2.5 โพแทสเซียมไอโอเดต (Potassium Iodate, $KIO_3$) AR Grade, Ajax Finechem

3.2.6 โซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium Thiosulfate, $Na_2S_2O_3$) AR Grade, Ajax Finechem

3.2.7 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate, $Na_2CO_3$) AR Grade, Ajax Finechem

3.2.8 โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Sodium Hydrogen Phosphate, $Na_2HPO_4$) AR Grade, Ajax Finechem

3.2.9 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium Dihydrohen Phosphate, $KH_2PO_4$) AR Grade, Ajax Finechem

3.2.10 แป้งมัน (Starch)

3.2.11 โพแทสเซียมไธโอไซยาเนต (Potassium Thiocyanate, KSCN) AR Grade, Ajax Finechem

3.2.12 เลด (II) ไนเตรต (Lead II) Nitrate, $Pb(NO_3)_2$) AR Grade, Carlo Erba

3.2.13 โซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride, NaCl) AR Grade, Ajax Finechem

3.2.14 โพแทสเซียมโบรไมด์ (Potassium Bromide, KBr) AR Grade, Pike Technologies

3.2.15 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric Acid, HCl) Com Grade, Chemikit Limited Partnership

3.2.16 แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium Hydroxide, $Ca(OH)_2$) Lab Grade, Ajax Finechem

## 3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีมาใช้ในการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยมีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

### 3.3.1 การเตรียมตัวอย่างสละ

1) เก็บตัวอย่างเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีจากผู้ผลิตสละลอยแก้วในจังหวัดจันทบุรี

2) ทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด หั่นให้มีขนาดเท่ากัน และผึ่งลมให้แห้ง

3) นำเมล็ดสละที่ผึ่งลมจนแห้งไปชั่งน้ำหนัก นำไปอบไล่ความชื้นในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

4) นำเมล็ดสละที่ผ่านการอบแห้งไปชั่งน้ำหนัก วิเคราะห์ปริมาณความชื้น จากนั้นเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

### 3.3.2 การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลี

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลี โดยวิธีการเผา และกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก ในขั้นตอนเดียว (ณัฐธิดา ชากรแก้ว และ ปรัชญา ฉายาชวลิต, 2563 : 21) ดังนี้

1) ชั่งน้ำหนักเมล็ดสละใส่ชามระเหย เติมสารละลายกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร อัตราส่วนระหว่างเมล็ดสละแห้งต่อสารกระตุ้น 1:1 โดยมวล

2) เผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3) ล้างถ่านกัมมันต์ที่ได้ด้วยน้ำสะอาด จนกระทั่งมีความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 7 (เป็นกลาง)

4) นำถ่านกัมมันต์อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมงทิ้งไว้ให้เย็น นำถ่านกัมมันต์ไปบดโดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 180-212 ไมโครเมตร

5) ชั่งน้ำหนักถ่านกัมมันต์ วิเคราะห์ร้อยละผลผลิตที่ได้ (% Yield) เก็บไว้ในโถดูดความชื้น

### 3.3.3 การปรับปรุงลักษณะสมบัติของถ่านกัมมันต์

การปรับปรุงลักษณะสมบัติของถ่านกัมมันต์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยการนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์เจือบนถ่านกัมมันต์ จากนั้นเปลี่ยนให้เป็นแคลเซียมออกไซด์จากการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เนื่องจากแคลเซียมออกไซด์เคยมีรายงานว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ได้สูงสุดร้อยละ 99.07 ที่ความเข้มข้น 77.46 มิลลิกรัมต่อลิตร (Jalu, Chamada and Kasirajan, 2021 : 100193)

1) เตรียมสารละลายอิ่มตัวของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.014 โมลต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2) ชั่งถ่านกัมมันต์ จำนวน 10.XXXX กรัม แล้วหยดสารละลายอิ่มตัวของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ลงบนถ่านกัมมันต์ให้ชุ่ม

3) นำถ่านกัมมันต์ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

4) นำถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการอบแห้งไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

5) ล้างถ่านกัมมันต์ด้วยน้ำกลั่น และนำถ่านกัมมันต์ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

**3.3.4 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีที่เตรียมได้**

การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีที่เตรียมได้ก่อนการปรับปรุงลักษณะสมบัติ มีวิธีการดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามมาตรฐาน ASTM-D2867-70

1. อบถ้วยครูซิเบิลที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักของถ้วยครูซิเบิล

2. ชั่งถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการบดแล้วด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง จำนวน 0.5XXX กรัม ใส่ลงในถ้วยครูซิเบิล บันทึกน้ำหนักก่อนอบของถ้วยครูซิเบิลและถ่านกัมมันต์

3. อบถ่านกัมมันต์ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักหลังอบของถ้วยครูซิเบิลและถ่านกัมมันต์ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และคำนวณร้อยละปริมาณความชื้น

2) การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามมาตรฐาน ASTM-D2866-94

1. เผาถ้วยครูซิเบิลพร้อมฝาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักของถ้วยครูซิเบิล

2. ชั่งน้ำหนักถ่านกัมมันต์ จำนวน 1.XXXX กรัม ใส่ลงถ้วยครูซิเบิล บันทึกน้ำหนักก่อนเผาของถ้วยครูซิเบิลและถ่านกัมมันต์

3. เผาถ้วยครูซิเบิลที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักของถ้วยครูซิเบิลที่บรรจุถ่านกัมมันต์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4. คำนวณหาร้อยละของปริมาณเถ้า

3) การวิเคราะห์หาปริมาณสารระเหย ตามมาตรฐาน ASTM-D5832-95

1. นำถ้วยครูซิเบิลพร้อมฝาไปเผา ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักของถ้วยครูซิเบิล

2. ชั่งถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการบดแล้วด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง จำนวน 1.XXXX กรัม ใส่ลงในถ้วยครูซิเบิล บันทึกน้ำหนักก่อนอบของถ้วยครูซิเบิลและถ่านกัมมันต์

3. เผาถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 7 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักหลังอบของถ้วยครูซิเบิลและถ่านกัมมันต์ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และคำนวณร้อยละปริมาณสารระเหย

4) การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนคงตัว

ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว = 100 - ร้อยละความชื้น - ร้อยละปริมาณเถ้า – ร้อยละสารระเหย

**3.3.5 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางเคมีของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีที่เตรียมได้**

การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางเคมีของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีที่เตรียมได้ทั้งก่อน และหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ มีวิธีการดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์การดูดซับไอโอดีน ตามมาตรฐาน ASTM-D4607-94

1. ชั่งถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการบดและวิเคราะห์ความชื้นแล้วจำนวน 0.5XXX กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนของถ่านตัวอย่างใส่ในขวดรูปชมพู่ โดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

2. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน เพื่อให้ผงถ่านกัมมันต์ทุกส่วนชุ่มด้วยสารละลาย

3. เปิดจุกต้มในตู้ดูดควันให้เดือด เป็นเวลา 30 วินาที เพื่อกำจัดเถ้าและกำมะถันออกจากผิวของถ่านกัมมันต์ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

4. ปิเปตต์สารละลายไอโอดีนที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน ความเข้มข้น 1 นอร์มอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ปิดจุกเขย่าอย่างแรงเป็นเวลา 30 วินาที กรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

5. ปิเปตต์สารละลายที่ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

6. ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีชาอ่อน เติมน้ำแป้ง 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายตัวอย่าง ไทเทรตต่อจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเข้มเป็นไม่มีสี บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และคำนวณปริมาตรการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ แสดงดังภาคผนวก ข

2) การวิเคราะห์การดูดซับเมทิลีนบลู ตามมาตรฐาน JIS K 1474-1991

1. เตรียมสารละลายเมทิลีนบลู ความเข้มข้น 0 0.5 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์

2. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเมทิลีนบลู ที่ความเข้มข้น 0 0.5 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 664 นาโนเมตร

3. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายเมทิลีนบลู (แกน X) และค่าการดูดกลืนแสง (แกน Y) เพื่อหาสมการเส้นตรงที่ใช้คำนวณหาความเข้มข้นที่เหลืออยู่ของเมทิลีนบลู

4. ชั่งน้ำหนักถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการบดและการวิเคราะห์ความชื้นแล้ว ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง จำนวน 0.5XXX กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ปิเปตต์สารละลายเมทิลีนบลู ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปิดจุก กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 120 วินาที สังเกตสีของสารละลายที่จางหายไป กรองแยกสารละลายและถ่านกัมมันต์ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

5. นำสารละลายที่กรองได้ไปหาความเข้มข้นที่เหลือโดยวิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง ยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 664 นาโนเมตร

6. นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปแทนค่า Y ในสมการเส้นตรงเพื่อหาความเข้มข้นที่เหลือของสารละลายเมทิลีนบลู ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าความเข้มข้นที่ได้มาคำนวณหาร้อยละประสิทธิภาพการดูดซับเมทิลีนบลู แสดงดังภาคผนวก ข

**3.3.6 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธ์สุมาลีที่เตรียมได้**

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีที่เตรียมได้ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ มีวิธีดังต่อไปนี้

1) บดถ่านกัมมันต์ก่อนปรับปรุงลักษณะสมบัติให้ละเอียด จำนวน 0.1XXX กรัม

2) ผสมตัวอย่างเข้ากับโพแทสเซียมโบรไมด์ 10.XXXX กรัม ในโกร่งบดสาร โดยให้ตัวอย่างมีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 0.01 โดยมวล และบดสารให้ละเอียดโดยให้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

3) ใส่ตัวอย่างที่บดแล้วลงในแม่พิมพ์ และนำไปอัดด้วยเครื่องปีบอัดพิเศษ

4) ถอดตัวประกบแม่พิมพ์ออก ตัวอย่างจะติดอยู่ที่แม่พิมพ์ มีลักษณะเป็นวงกลมใส และตัวอย่างจะกระจายอยู่บนโพแทสเซียมโบรไมด์แล้วนำตัวอย่างเข้าเครื่อง ฟูเรียทรานฟอร์ม-อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

5) ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนจากถ่านกัมมันต์ก่อนการปรับปรุงลักษณะสมบัติเป็นถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติ

**3.3.7 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดสละพันธุ์สุมาลีที่เตรียมได้**

1) การสร้างกราฟมาตรฐานไอออนตะกั่ว (II)

1. เตรียมสารละลายไอออนตะกั่ว (II) ที่ความเข้มข้น 0 25 50 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายไอออนตะกั่ว (II) ที่ความเข้มข้น 0 25 50 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 283.3 นาโนเมตร

3. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายไอออนตะกั่ว (II) (แกน X) และค่าการดูดกลืนแสง แกน (Y) เพื่อหาสมการเส้นตรง

2) การศึกษาการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ของถ่านกัมมันต์ก่อนและหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติในน้ำเสียสังเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักถ่านกัมมันต์ที่อบแล้ว 0.1XXX กรัม ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ลงในขวดรูปชมพู่

2. ปิเปตต์สารละลายไอออนตะกั่ว (II) ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มีถ่านกัมมันต์อยู่ โดยให้มีอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์ต่อสารละลายไอออนตะกั่ว (II) เท่ากับ 1:400 กรัมต่อมิลลิลิตร (กิตติพัฒน์ รัตนวิจิตร และ จิณณวัตร สุขเกษม, 2560 : 23)

3. นำไปกวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความเร็วรอบ 240 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1-10 15 20 25 และ 30 นาที

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

4. กรองแยกถ่านกัมมันต์ออกจากสารละลายไอออนตะกั่ว (II) ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

5. นำสารละลายก่อนและหลังการดูดซับไปวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 283.3 นาโนเมตร

6. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้แทนค่า Y ในสมการเส้นตรง เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นที่เหลือของสารละลายไอออนตะกั่ว (II) โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวเปรียบเทียบ

7. ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

8. นำค่าความเข้มข้นที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพการดูดซับไอออนตะกั่ว (II)

9. ทำการทดลองเช่นเดียวกัน โดยเปลี่ยนความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทำการทดลองซ้ำชุดละ 3 ครั้ง

3) การศึกษาการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) ของถ่านกัมมันต์ก่อนและหลังการปรับปรุงลักษณะสมบัติในน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการเคมี

ทำการทดลองซ้ำในข้อ 2) แต่ใช้น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีแทนสารละลายไอออนตะกั่ว (II) และกวนเป็นเวลา 10 นาที

**3.3.8 การศึกษาจลนพลศาสตร์ และแบบจำลองจลนพลศาสตร์การดูดซับไอออนตะกั่ว (II)**

ศึกษาจลนพลศาสตร์และไอโซเทอร์มการดูดซับ โดยนำค่าการดูดซับไอออนตะกั่ว (II) มาสร้างกราฟจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม และปฏิกิริยาอันดับสองเทียม รวมถึงแบบจำลองไอโซเทอร์มการดูดซับของแลงเมียร์และแบบจำลองไอโซเทอร์มการดูดซับของฟรุนดลิช เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ($R^2$)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี