



บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้กระทำที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี โดยมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 แผนการทดลอง

3.1.1 การวางแผนการทดลอง (แสดงดังรูปที่ 3.1) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) การเตรียมถ่านกระดุก
- 2) การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
- 3) การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์
- 4) การดำเนินการทดลอง
- 5) การวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองศึกษาการดูดซับโลหะหนัก 3 ชนิดได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม โดยทำการทดลองทั้งแบบแบดซ์และแบบคอลัมน์ โดยได้แบ่งการทดลองเป็น 5 ขั้นตอน คือ (ดังรูปที่ 3.1)

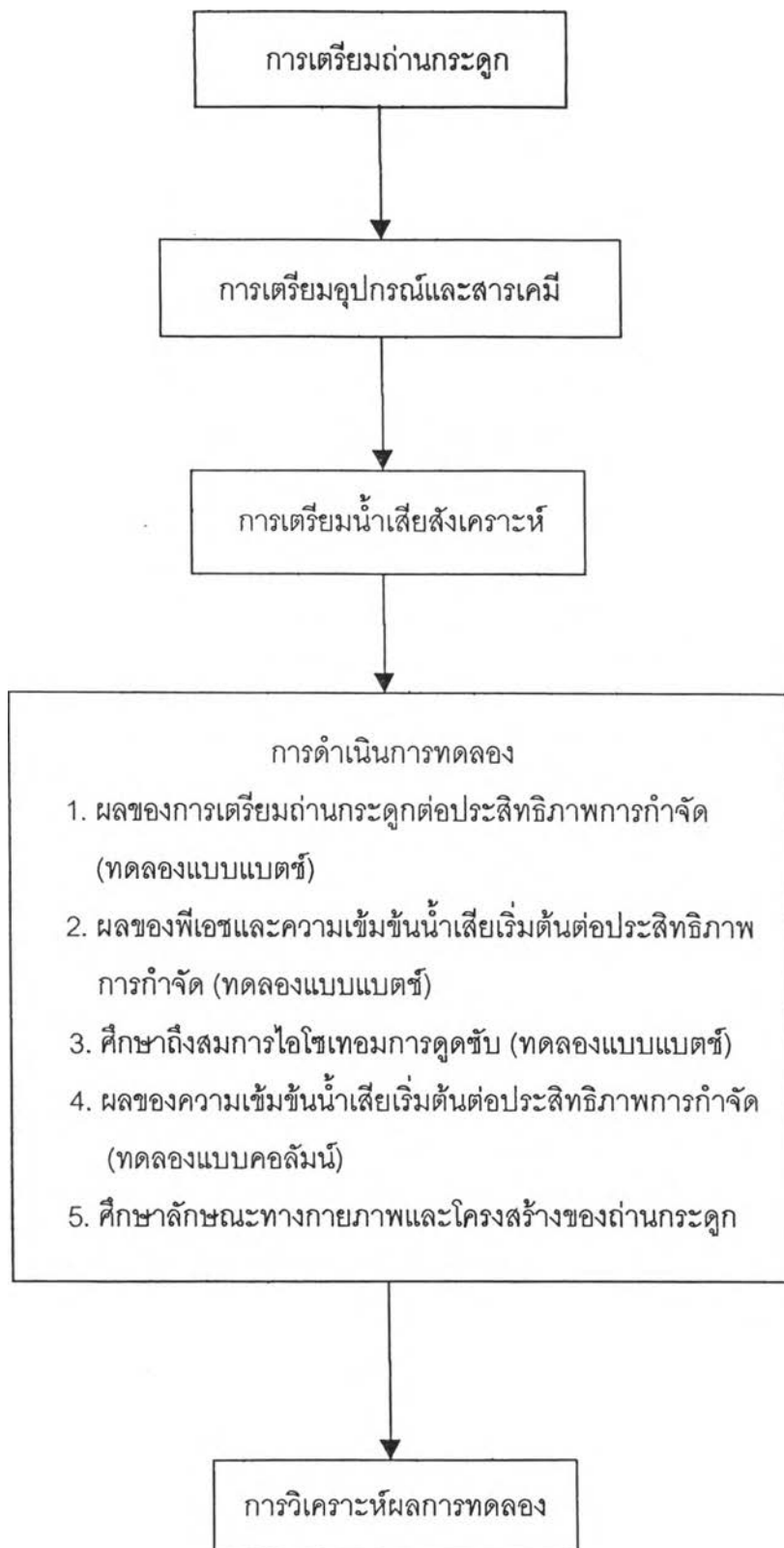
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาผลของสภาวะในการเตรียมถ่านกระดุกที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก โดยทำการทดลองแบบแบดซ์

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาถึงผลของค่าพีเอชและความเข้มข้นของน้ำเสียเริ่มต้นที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนัก โดยทำการทดลองแบบแบดซ์

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาถึงสมการไอโซเทอมการดูดซับ (Adsorption Isotherm) ของการกำจัดโลหะหนักด้วยถ่านกระดุก โดยการทดลองแบบแบดซ์

ขั้นตอนที่ 4 การศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของน้ำเสียเริ่มต้นที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักในการทดลองแบบคอลัมน์

ขั้นตอนที่ 5 การศึกษาลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างของถ่านกระดุก



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงแผนการทดลองและขั้นตอนการทดลอง

3.1.3 ตัวแปรในการทดลอง

ค่าตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆ ในแต่ละขั้นตอน แสดงในตารางที่ 3.1-3.4

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองขั้นตอนที่ 1

ตัวแปรอิสระ	พารามิเตอร์
1. สภาพวะการเตรียมถ่านกระดุก - อุณหภูมิการเผา - ระยะเวลาในการเผา 2. ชนิดของโลหะหนัก	600, 800 และ 1000 องศาเซลเซียส 8, 10 และ 12 ชั่วโมง ตะกั่ว, แคดเมียม, โครเมียม
ตัวแปรที่ควบคุมให้คงที่	
1. ลักษณะของน้ำเสียเริ่มต้น - ความเข้มข้นโลหะหนัก - พีเอช - ปริมาตรน้ำเสียที่ใช้ 2. ปริมาณถ่านกระดุกที่ใช้ 3. ความเร็วในการกวนผสม	10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกั่ว : 5, แคดเมียม : 5, โครเมียม : 3 50 มิลลิลิตร ตะกั่ว : 0.2 กรัมต่อลิตร แคดเมียม : 1 กรัมต่อลิตร โครเมียม : 1 กรัมต่อลิตร 125 รอบต่อนาที
ตัวแปรตาม	
1. ลักษณะของน้ำเสียหลังการทดลอง 2. ความสามารถในการกำจัดโลหะหนัก	- ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ - พีเอช - ร้อยละการกำจัด

ตารางที่ 3.2 แสดงตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองขั้นตอนที่ 2

ตัวแปรอิสระ	พารามิเตอร์
1. ลักษณะของน้ำเสียเริ่มต้น - ความเข้มข้นโลหะหนัก - พีเอช - 2. ชนิดของโลหะหนัก	ตะกั่ว : 10, 20, 50 และ 100 มก./ล. แคดเมียม : 1, 5, 10, 20 และ 40 มก./ล. ตะกั่ว : 2, 3, 4, 5 และ 6 แคดเมียม : 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ตะกั่ว, แคดเมียม
ตัวแปรที่ควบคุมให้คงที่	
1. สภาพการเตรียมถ่านกระดุก - อุณหภูมิการเผา - ระยะเวลาในการเผา 2. ปริมาณน้ำเสียที่ใช้ 3. ปริมาณถ่านกระดุกที่ใช้ 4. ความเร็วในการกวนผสม	(เลือกค่าที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดจาก ขั้นตอนที่ 1) 50 มิลลิลิตร ตะกั่ว : 0.2 กรัมต่อลิตร แคดเมียม : 1 กรัมต่อลิตร 125 รอบต่อนาที
ตัวแปรตาม	
1. ลักษณะของน้ำเสียหลังการทดลอง 2. ความสามารถในการกำจัดโลหะหนัก	- ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ - พีเอช - ร้อยละการกำจัด

ตารางที่ 3.3 แสดงตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองขั้นตอนที่ 3

ตัวแปรอิสระ	พารามิเตอร์
<ol style="list-style-type: none"> 1. ปริมาณถ่านกระดุกที่ใช้ 2. ชนิดของโลหะหนัก 	ตะกั่ว : 0.04, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3 ก./ล. แคดเมียม : 0.1, 0.2, 0.5, 1, 1.5, 2 ก./ล. ตะกั่ว, แคดเมียม
ตัวแปรที่ควบคุมให้คงที่	
<ol style="list-style-type: none"> 1. สภาพการเตรียมถ่านกระดุก <ul style="list-style-type: none"> - อุณหภูมิการเผา - ระยะเวลาในการเผา 2. ลักษณะของน้ำเสียเริ่มต้น <ul style="list-style-type: none"> - ความเข้มข้นโลหะหนัก - พีเอช - ปริมาณน้ำเสียที่ใช้ 3. ความเร็วในการกวนผสม 	(เลือกค่าที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดจาก ขั้นตอนที่ 1) (เลือกค่าที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดจาก ขั้นตอนที่ 2) 50 มิลลิลิตร 125 รอบต่อนาที
ตัวแปรตาม	
<ol style="list-style-type: none"> 1. ลักษณะของน้ำเสียหลังการทดลอง 2. ความสามารถในการกำจัดโลหะหนัก 	<ul style="list-style-type: none"> - ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ - พีเอช - ร้อยละการกำจัด

ตารางที่ 3.4 แสดงตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองขั้นตอนที่ 4

ตัวแปรอิสระ	พารามิเตอร์
1. ความเข้มข้นของโลหะหนักเริ่มต้น 2. ชนิดของโลหะหนัก	ตะกั่ว : 10, 20 มก./ล. แคดเมียม : 5, 10 มก./ล. ตะกั่ว, แคดเมียม
ตัวแปรที่ควบคุมให้คงที่	
1. เส้นผ่าศูนย์กลางคอลัมน์ 2. ความสูงของถ่านกระดูก 3. อัตราการไหลของน้ำเสีย 4. พีเอชของน้ำเสียเริ่มต้น	0.75 ซม. ประมาณ 10 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง (ถ่านกระดูกปริมาณ 2 กรัม) 60 มล./ชม. (เลือกค่าที่เหมาะสมจากขั้นตอนที่ 3)
ตัวแปรตาม	
1. ลักษณะของน้ำเสียที่ผ่านการกรอง 2. ความสามารถในการกำจัดโลหะหนัก	- ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ - ร้อยละการกำจัด

3.2 การเตรียมถ่านกระดูก

ในการทดลองนี้ใช้ตัวดูดซับเป็นถ่านกระดูก เตรียมโดยนำกระดูกป่นมาเผาด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 600, 800 และ 1000 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8, 10 และ 12 ชั่วโมง (ซึ่งจะได้ถ่านกระดูกทั้งหมด 9 สภาวะการเตรียม) ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปบดและคัดขนาดให้มีขนาดระหว่างตะแกรงเบอร์ 20 และ 40 (0.42-0.84 มิลลิเมตร) หลังจากนั้นนำไปเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น จนกระทั่งจะนำมาใช้งาน

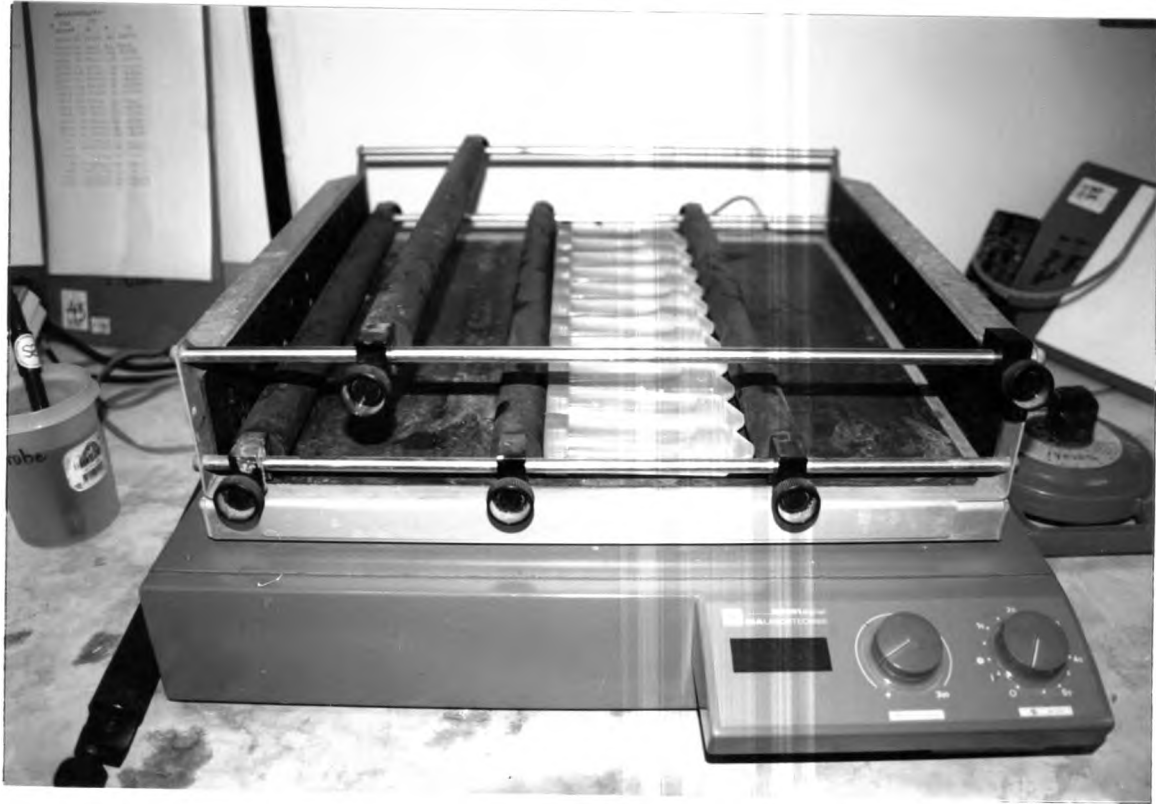
3.3 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

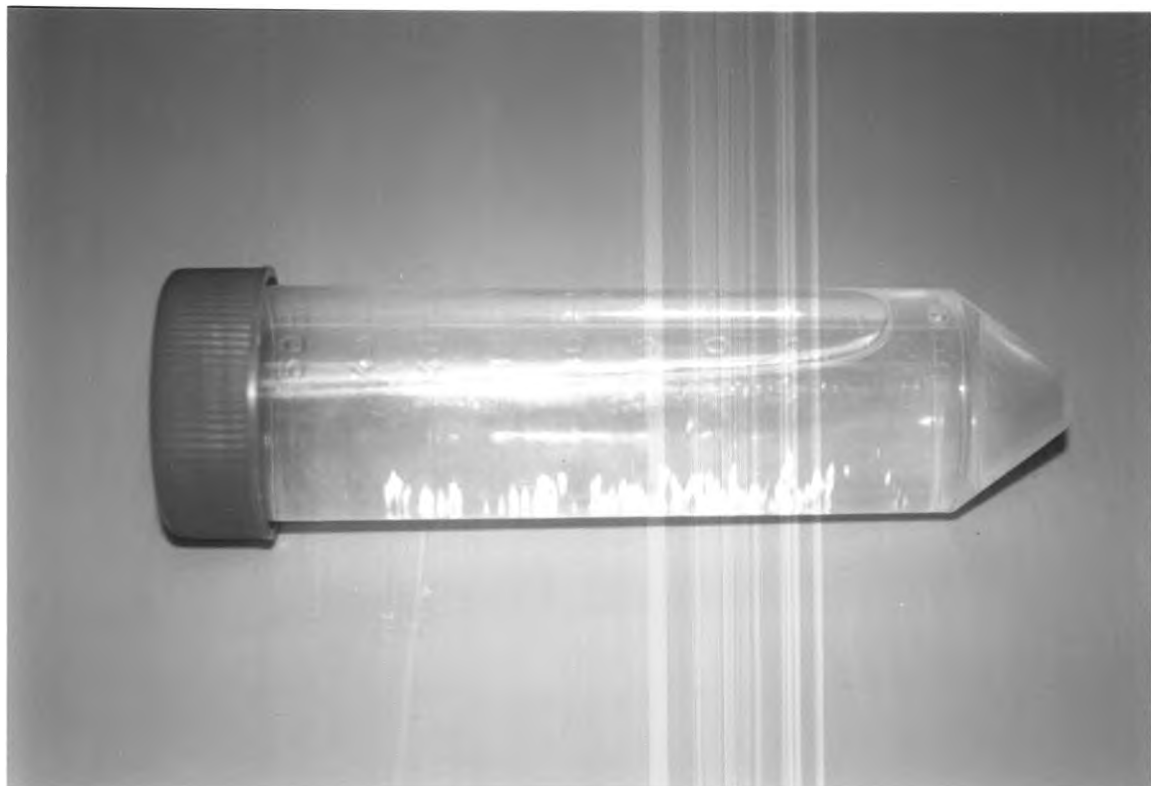
- เครื่องวัดพีเอช
- เครื่องบดวัสดุ
- เครื่องคัดแยกขนาด
- เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด
- เครื่องเขย่า ดังรูปที่ 3.2
- เครื่องอะตอมมิคแอบซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
- ชุดเครื่องกรองสูญญากาศ
- หลอดทดลองผสมสารขนาด 50 มิลลิลิตร ดังรูปที่ 3.3
- เต้าเผา
- เต้าอบวัสดุ
- ขวดยาพลาสติกสำหรับเก็บน้ำเสียขนาด 60 มิลลิลิตร
- ชุดคอลัมน์อะคริลิค ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 ซม. สูง 30 ซม.
- กระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.42 ไมครอน
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบแสงน, SEM
(ณ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
- เครื่อง BET Surface Area Analyzer
(ณ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
- เครื่อง เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน, XRD
(ณ สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

3.3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ ได้แก่ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, CdO , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- สารเคมีที่ใช้ในการปรับพีเอช ได้แก่ NaOH , HNO_3
- สารเคมีที่ใช้เป็นบัฟเฟอร์ ได้แก่ NaCH_2COOH



รูปที่ 3.2 เครื่องเขย่า (Shaker) ที่ใช้ทำการทดลอง



รูปที่ 3.3 หลอดเขย่าสารขนาด 50 มิลลิลิตร

3.4 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์โลหะหนัก

3.4.1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่ว

ในกรณีของน้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่ว เริ่มจากการเตรียมสารละลายตะกั่วเข้มข้น จากการชั่งเลด(II)ไนเตรต ($Pb(NO_3)_2$) ซึ่งมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 331.20 ปริมาณ 1.5999 กรัมผสมกับกรดไนตริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตรและน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 1000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายตะกั่วเข้มข้นโดยในสารละลายตะกั่ว 1 มิลลิลิตรจะมีตะกั่วเท่ากับ 1 มิลลิกรัม สำหรับเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นตามต้องการต่อไป

3.4.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์แคดเมียม

ในกรณีของน้ำเสียสังเคราะห์แคดเมียม เริ่มจากการเตรียมสารละลายแคดเมียมเข้มข้น จากการชั่งแคดเมียมออกไซด์ (CdO) ซึ่งมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 128.4094 ปริมาณ 1.1422 กรัมผสมกับกรดไนตริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตรและน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 1000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายแคดเมียมเข้มข้นโดยในสารละลายแคดเมียม 1 มิลลิลิตรจะมีแคดเมียมเท่ากับ 1 มิลลิกรัม สำหรับเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นตามต้องการต่อไป

3.4.3 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์โครเมียม

ในกรณีของน้ำเสียสังเคราะห์โครเมียม เริ่มจากการเตรียมสารละลายโครเมียมเข้มข้น จากการชั่งโซเดียมไดโครเมต ($Na_2Cr_2O_7$) ซึ่งมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 262 ปริมาณ 2.519 กรัมผสมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 1000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโครเมียมเข้มข้นโดยในสารละลายโครเมียม 1 มิลลิลิตรจะมีโครเมียมเท่ากับ 1 มิลลิกรัม สำหรับเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นตามต้องการต่อไป

หลังจากเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์โลหะหนักให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการแล้ว ทำการเติมโซเดียมอะซิเตทเพื่อใช้เป็นบัฟเฟอร์ปริมาณ 0.01 โมลต่อลิตร จากนั้นจึงทำการปรับค่าพีเอชของน้ำเสียให้ได้ตามต้องการด้วยกรดไนตริกหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ ก่อนที่จะทำการทดลองต่อไป

3.5 การดำเนินการทดลอง

3.5.1 การหาสภาวะการเตรียมถ่านกระดูกที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนัก โดยทำการทดลองแบบแบตช์

ทำการทดลองโดยแปรเปลี่ยนถ่านกระดูกที่เตรียมที่อุณหภูมิการเผา 600, 800 และ 1000 องศาเซลเซียส และเวลาในการเผา 8, 10 และ 12 ชั่วโมง

1) การหาสภาวะการเตรียมถ่านกระดูกที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่ว

ทำการทดลองโดยชั่งถ่านกระดูกปริมาณ 1 กรัม/ลิตรน้ำตัวอย่าง และเติมน้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่วความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอช 5 ปริมาตร 50 มิลลิลิตรในหลอดพลาสติกสำหรับเขย่า จำนวน 16 หลอด นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 125 รอบต่อนาที หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างโดยสองชั่วโมงแรกเก็บตัวอย่างทุก 15 นาที หลังจากนั้นเก็บทุกครึ่งชั่วโมงจนครบหกชั่วโมง แล้วนำน้ำตัวอย่างไปกรองผ่านกระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน

และทำการทดลองอีกครั้งโดยชั่งถ่านกระดูกปริมาณ 0.2 กรัม/ลิตรน้ำตัวอย่าง และเติมน้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่วความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอช 5 ปริมาตร 50 มิลลิลิตรในหลอดพลาสติกสำหรับเขย่า จำนวน 13 หลอด นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 125 รอบต่อนาที หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างโดยชั่วโมงแรกเก็บตัวอย่างทุก 15 นาที หลังจาก 1 ชั่วโมงจะเก็บตัวอย่างทุกครึ่งชั่วโมงจนครบ 2 ชั่วโมง และหลังจากนั้นเก็บตัวอย่างที่ 3, 4, 6, 8, 12, 24, 48 ชั่วโมง แล้วนำน้ำตัวอย่างไปกรองผ่านกระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน

2) การหาสภาวะการเตรียมถ่านกระดูกที่เหมาะสมในการกำจัดแคดเมียม

ทำการทดลองโดยชั่งถ่านกระดูกปริมาณ 1 กรัม/ลิตรน้ำตัวอย่าง และเติมน้ำเสียสังเคราะห์แคดเมียมความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอช 5 ปริมาตร 50 มิลลิลิตรในหลอดพลาสติกสำหรับเขย่า จำนวน 13 หลอด นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 125 รอบต่อนาที หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างโดยชั่วโมงแรกเก็บตัวอย่างทุก 15 นาที หลังจาก 1 ชั่วโมงจะเก็บตัว

อย่างทุกครึ่งชั่วโมงจนครบ 2 ชั่วโมง และหลังจากนั้นเก็บตัวอย่างที่ 3, 4, 6, 8, 12, 24, 48 ชั่วโมง แล้วนำน้ำตัวอย่างไปกรองผ่านกระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน

3) การหาสภาวะการเตรียมถ่านกระดูกที่เหมาะสมในการกำจัด โครเมียม

ทำการทดลองโดยซึ่งถ่านกระดูกปริมาณ 1 กรัม/ลิตรน้ำตัวอย่าง และเติมน้ำเสียสังเคราะห์โครเมียมความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอช 3 ปริมาตร 50 มิลลิตรในหลอดพลาสติกสำหรับเขย่า จำนวน 18 หลอด นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 125 รอบต่อนาที หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างโดยสองชั่วโมงแรกเก็บตัวอย่างทุก 15 นาที หลังจากนั้นเก็บทุกครึ่งชั่วโมงจนครบหกชั่วโมง และหลังจากนั้นเก็บที่ 12 และ 24 ชั่วโมง แล้วนำน้ำตัวอย่างไปกรองผ่านกระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน

3.5.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นและพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียที่มีผลต่อการกำจัดโลหะหนัก โดยทำการทดลองแบบแบดซ์

1) การศึกษาผลของความเข้มข้นและพีเอชเริ่มต้นที่มีผลต่อการกำจัด ตะกั่ว

ทำการทดลองโดยซึ่งถ่านกระดูกที่สภาวะการเตรียมที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง 3.5.1 ปริมาณ 0.2 กรัมต่อลิตรน้ำตัวอย่าง และเติมน้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่วที่ความเข้มข้น 10, 20, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอช 2, 3, 4, 5 และ 6 จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 125 รอบต่อนาทีตามเวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง 3.5.1 เมื่อครบตามเวลานำไปกรองด้วยกระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน วัดค่าพีเอช และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน

2) การศึกษาผลของความเข้มข้นและพีเอชเริ่มต้นที่มีผลต่อการกำจัดแคดเมียม

ทำการทดลองโดยซึ่งผ่านกระดูกที่สภาวะการเตรียมที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง 3.5.1 ปริมาณ 1 กรัมต่อลิตรน้ำตัวอย่าง และเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 1, 5, 10, 20 และ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอช 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 125 รอบต่อนาทีตามเวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง 3.5.1 เมื่อครบตามเวลานำไปกรองด้วยกระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน วัดค่าพีเอช และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน

3.5.3 การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทดลองศึกษาไอโซเทอมการดูดซับ (Adsorption Isotherm) โดยทำการทดลองแบบแบดซ์

1) การหาเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่ว

ทำการทดลองโดยซึ่งผ่านกระดูกปริมาณ 0.2 กรัม/ลิตรน้ำตัวอย่าง และเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นและพีเอชที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดที่ได้จากการทดลอง 3.5.2 ปริมาตร 50 มิลลิตรในหลอดพลาสติกสำหรับเขย่า จำนวน 16 หลอด นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 125 รอบต่อนาที หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างโดยชั่วโมงแรกเก็บตัวอย่างทุก 15 นาที หลังจาก 1 ชั่วโมงจะเก็บตัวอย่างทุกครึ่งชั่วโมงจนครบ 2 ชั่วโมง และหลังจากนั้นเก็บตัวอย่างที่ 3, 4, 6, 8, 12, 24, 30, 36 และ 48 ชั่วโมง แล้วนำน้ำตัวอย่างไปกรองผ่านกระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน

2) การหาเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดแคดเมียม

ทำการทดลองโดยซึ่งผ่านกระดูกปริมาณ 1 กรัม/ลิตรน้ำตัวอย่าง และเติมน้ำเสียสังเคราะห์แคดเมียมที่ความเข้มข้นและพีเอชที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดที่ได้จากการทดลอง 3.5.2 ปริมาตร 50 มิลลิตรในหลอดพลาสติกสำหรับเขย่า จำนวน 16 หลอด นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 125 รอบต่อนาที หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างโดยชั่วโมงแรกเก็บตัวอย่างทุก 15 นาที หลังจาก 1 ชั่วโมงจะเก็บตัวอย่างทุกครึ่งชั่วโมงจนครบ 2 ชั่วโมง และหลังจากนั้นเก็บตัวอย่างที่ 3, 4, 6, 8, 12, 24, 30, 36 และ 48 ชั่วโมง แล้วนำน้ำตัวอย่างไปกรองผ่านกระดาษ

กรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมด้วยเครื่องอะตอมมิก แอบซอร์บชัน

3.5.4 การศึกษาไอโซเทอมการดูดซับในการกำจัดโลหะหนัก โดยทำการทดลองแบบแบตช์

1) การศึกษาไอโซเทอมการดูดซับในการกำจัดตะกั่ว

ทำการทดลองโดยซึ่งถ่านกระดูกที่สภาวะการเตรียมที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง 3.5.1 ปริมาณ 0.04, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25 และ 0.3 กรัมต่อลิตรน้ำตัวอย่าง และเติมน้ำเสียสังเคราะห์ ตะกั่วที่ความเข้มข้นและพีเอชที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดที่ได้จากการทดลอง 3.5.2 จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 125 รอบต่อนาทีตามเวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง 3.5.3 เมื่อครบตามเวลานำไปกรองด้วยกระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน

2) การศึกษาไอโซเทอมการดูดซับในการกำจัดแคดเมียม

ทำการทดลองโดยซึ่งถ่านกระดูกที่สภาวะการเตรียมที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง 3.5.1 ปริมาณ 0.1, 0.2, 0.5, 1, 1.5 และ 2 กรัมต่อลิตรน้ำตัวอย่าง และเติมน้ำเสียสังเคราะห์แคดเมียมที่ความเข้มข้นและพีเอชที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดที่ได้จากการทดลอง 3.5.2 จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 125 รอบต่อนาทีตามเวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง 3.5.3 เมื่อครบตามเวลานำไปกรองด้วยกระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน

หมายเหตุ ; ทำการเขย่าน้ำเสียสังเคราะห์โดยไม่เติมถ่านกระดูก (blank) ร่วมด้วยในแต่ละการทดลอง เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำเสียขณะทำการทดลอง

3.5.5 การศึกษาผลของความเข้มข้นที่มีต่อการกำจัดโลหะหนัก โดยทำการทดลองแบบคอลัมน์

1) การศึกษาผลของความเข้มข้นที่มีต่อการกำจัดตะกั่ว

ทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอชที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง 3.5.3 ไหลผ่านคอลัมน์อะครีลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.75 เซนติเมตร ซึ่งบรรจุถ่านกระดูกปริมาณ 2 กรัม (ความสูงถ่านกระดูกประมาณ 10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์) และทำการทดลองที่อัตราการไหล 60 มิลลิตรต่อชั่วโมง เก็บน้ำเสียที่ผ่านคอลัมน์ทุก 12 ชั่วโมงและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันเก็บตัวอย่างจนกระทั่งน้ำเสียที่ผ่านคอลัมน์มีปริมาณตะกั่วสูงกว่าค่าในมาตรฐานน้ำทิ้ง

2) การศึกษาผลของความเข้มข้นที่มีต่อการกำจัดแคดเมียม

ทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอชที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง 3.5.3 ไหลผ่านคอลัมน์อะครีลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.75 เซนติเมตร ซึ่งบรรจุถ่านกระดูกปริมาณ 2 กรัม (ความสูงถ่านกระดูกประมาณ 10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์) และทำการทดลองที่อัตราการไหล 60 มิลลิตรต่อชั่วโมง เก็บน้ำเสียที่ผ่านคอลัมน์ทุก 2 ชั่วโมงและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันเก็บตัวอย่างจนกระทั่งน้ำเสียที่ผ่านคอลัมน์มีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าค่าในมาตรฐานน้ำทิ้ง

3.5.6 การศึกษาลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างวัสดุของถ่านกระดูก

ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างวัสดุของถ่านกระดูกโดยใช้เครื่องมือ ดัง

- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบแสง, SEM
(ณ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
- เครื่อง BET Surface Area Analyzer
(ณ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
- เครื่อง เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน, XRD
(ณ สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)