

บทที่ 3

การดำเนินการศึกษา

3.1 รูปแบบการดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลอง (Experimental research) ทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ (Laboratory scale) โดยทำการศึกษา ณ ห้องปฏิบัติการมูลฝอย (Solid waste laboratory) หน่วยวิจัยการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. ตู้อบความร้อน : WTB Binder.Germany
2. เตาเผา : Valcan box furnace, Model 3-1750.USA.
3. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง : AND HM-300 Japan.
4. ตะแกรงคัดขนาดเบอร์ 8, 30, 100 และ 325 เมช
5. เครื่องวัดความเป็นกรด – ด่าง : Desktop pH meter PHL – 20, DKK Corporation. Japan.
6. กระดาษกรอง Whatman No.42
7. เครื่องเขย่า (shaker)
8. ภาชนะดินเผาพร้อมฝาปิด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว
9. คอลัมน์อะคริลิกใส เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร
10. สายยางพลาสติก
11. ถังน้ำพลาสติก
12. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ความเข้มข้น 0.2 นอร์มัล
13. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1, 0.1, 0.05 โมล/ลิตร
14. สารละลายไนตริกเข้มข้น 65%
15. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 5%

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม

- เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ : Varian, SpectrAA-300. Australia.

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์

- Scanning Electron Microscope (SEM) : JEOL, JSM-6400 Scanning Microscope.

- เครื่องวัดพื้นที่ผิว Surface Area Analyzer : Thermofinnigan, Sorptomatic 1990

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมโดยวิธีการดูดติดผิวของถ่านไม้และถ่านไม้หลังผ่านการกระตุ้นด้วยเกลือแกง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ด้วยกัน คือ 1. ขั้นตอนการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์โดยการแปรผันอุณหภูมิและอัตราส่วนโดยน้ำหนักของถ่านและตัวกระตุ้นเกลือแกง 2. ขั้นตอนการหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้โดยการทดลองแบบแบทช์ และ 3. ขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ในถังดูดติดผิวแบบแท่งซึ่งเป็นการทดลองแบบต่อเนื่อง ซึ่งมีขั้นตอนการวิจัยโดยละเอียด ดังนี้

3.3.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์ การคัดเลือกถ่านกัมมันต์ในสภาวะของอุณหภูมิและอัตราส่วนของตัวกระตุ้นที่เหมาะสม และการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ในขั้นตอนการเตรียมถ่านกัมมันต์นี้จะทำการศึกษาสภาวะของอุณหภูมิที่เหมาะสม 3 อุณหภูมิ ได้แก่ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยน้ำหนักของถ่านต่อตัวกระตุ้นที่เหมาะสม 4 ค่าด้วยกัน ได้แก่ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 จากนั้นจะทำการคัดเลือกถ่านกัมมันต์ตัวที่ดีที่สุด โดยการหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ และนำถ่านกัมมันต์นั้นไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพต่อไป

3.3.1.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์

- 1) นำถ่านไม้มาตัดให้มีขนาดเล็กประมาณ 0.5-1 ซม. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น
- 2) นำถ่านแช่ในสารละลายเกลือแกงอิ่มตัว เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 3) กรองถ่านที่ได้ จากนั้นนำมาอบให้แห้ง
- 4) นำถ่านใส่ภาชนะดินเผาและปิดฝา จากนั้นใส่เตาอบ ทำการแปรผันค่าอุณหภูมิที่ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 5) ถ่านกัมมันต์มาล้างสารกระตุ้นออกโดยการแช่น้ำค้างคืนทิ้งไว้ 1 คืน หลังจากนั้นล้างถ่านด้วยน้ำเดือดหลายๆ ครั้ง จนมีค่าพีเอชเป็นกลาง
- 6) นำไปอบแห้ง บดให้ละเอียดจนสามารถผ่านตะแกรงคัดขนาดเบอร์ 325 เมช แล้วนำไปเก็บไว้ในโถสุญญากาศ
- 7) ตัวอย่างถ่านที่ผ่านการเผาไปวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ตาม Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated carbon, ASTM D 4607 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของถ่านที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ กันและทำการคัดเลือกตัวที่เหมาะสมไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

3.3.1.2 การศึกษาผลของอัตราส่วนโดยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ต่อเกลือแกง ต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์

- 1) ถ่านไม้มาตัดให้มีขนาดเล็กประมาณ 0.5-1 ซม. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น
- 2) นำถ่านแช่ในสารละลายเกลือแกงอิ่มตัว เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 3) กรองถ่านที่ได้ จากนั้นนำมาอบให้แห้ง
- 4) นำถ่านมาผสมกับตัวกระตุ้นเกลือแกง โดยแปรผันอัตราส่วนโดยน้ำหนักของถ่านต่อเกลือแกงที่ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 จากนั้นใส่ภาชนะดินเผาและปิดฝา ใส่เตาอบและทำการเผากระตุ้นที่อุณหภูมิที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.1.1.1 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ตารางที่ 3.1)
- 5) นำถ่านกัมมันต์มาล้างสารกระตุ้นออกโดยการแช่น้ำค้างคืนทิ้งไว้ 1 คืน หลังจากนั้นล้างถ่านด้วยน้ำเดือดหลายๆ ครั้ง จนมีค่าพีเอชเป็นกลาง
- 6) นำไปอบแห้ง บดให้ละเอียดจนสามารถผ่านตะแกรงคัดขนาดเบอร์ 325 เมช แล้วนำไปเก็บไว้ในโถสุญญากาศ

7) นำตัวอย่างถ่านที่ผ่านการเผาไปวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ตาม Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated carbon, ASTM D 4607 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของถ่านที่ผ่านการเผาโดยตัวกระตุ้นที่อัตราส่วนต่างๆ กัน และทำการคัดเลือกตัวที่เหมาะสมไปใช้ในการศึกษาการดูดซับผิวแคดเมียมแบบแบทช์ต่อไป

8) นำถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการคัดเลือกค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุดและถ่านไม้ที่ไม่ผ่านการกระตุ้น ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ ได้แก่ ค่าพื้นที่ผิว, ค่าปริมาตรพรองขนาดโพรงเฉลี่ย, รวมทั้งศึกษาลักษณะโครงสร้าง พื้นผิว และความเป็นรูพรุน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope)

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อตัวกระตุ้นเกลือแกง

ชนิดของวัตถุดิบ	อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อเกลือแกง	จำนวนวัตถุดิบที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแกง (ส่วน)	จำนวนวัตถุดิบที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแกง (ส่วน)	จำนวนเกลือแกงที่เติมลงในวัตถุดิบในขั้นตอนการเผาและกระตุ้น (ส่วน)
ถ่านไม้แดง	Control	1	-	-
	1:0	-	1	-
	1:1	-	1	1
	1:2	-	1	2
	1:3	-	1	3
	1:4	-	1	4

สรุปพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์หรือเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์

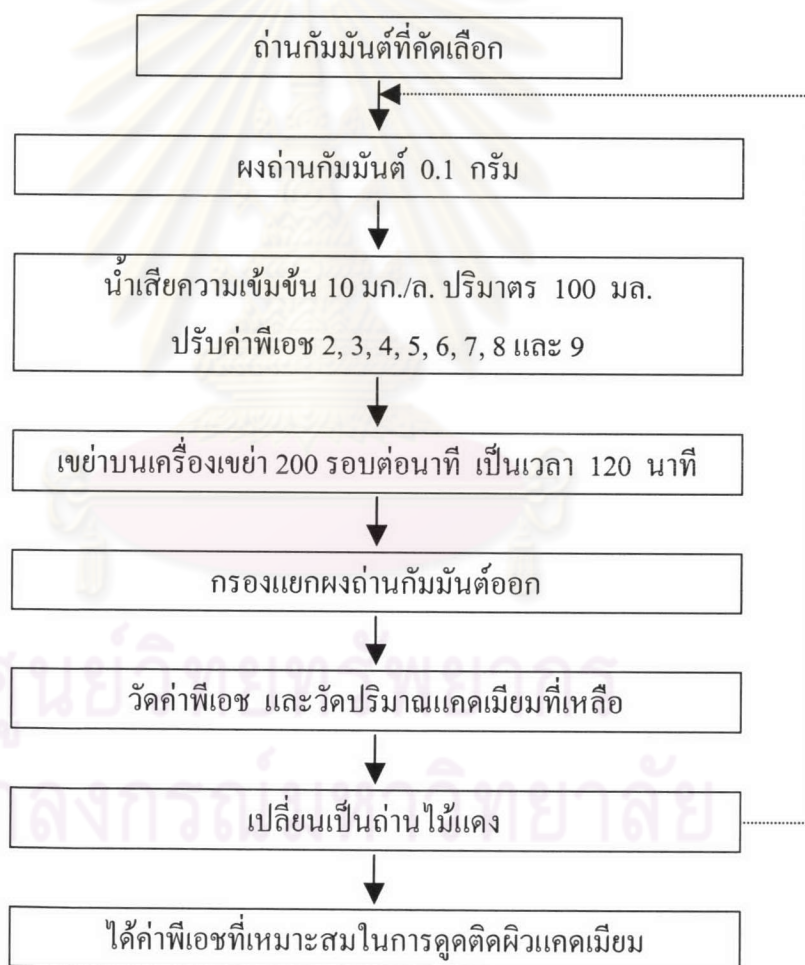
พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์
pH	pH meter
อุณหภูมิ	เทอร์โมมิเตอร์
แคดเมียม	Atomic Adsorption Spectrophotometry

3.3.2 การศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวแคดเมียม

ศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านไม้แดงและถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้แดงที่เตรียมได้โดยการทดลองแบบแบทช์ โดยการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการดูดติดผิว ได้แก่ อิทธิพลของพีเอช อิทธิพลของเวลาสัมผัส และอิทธิพลของปริมาณถ่าน และนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิช

3.3.2.1 อิทธิพลของพีเอชต่อการดูดติดผิว

ขั้นตอนการดำเนินการดังแสดงในรูปที่ 3.1 ที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของพีเอชต่อการดูดติดผิว

1) นำน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ลบ.ซม. โดยปรับค่าพีเอชให้เท่ากับ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาทีกรองตะกอนออก นำส่วนใสที่ได้ไปหาปริมาณแคดเมียมที่เหลือ

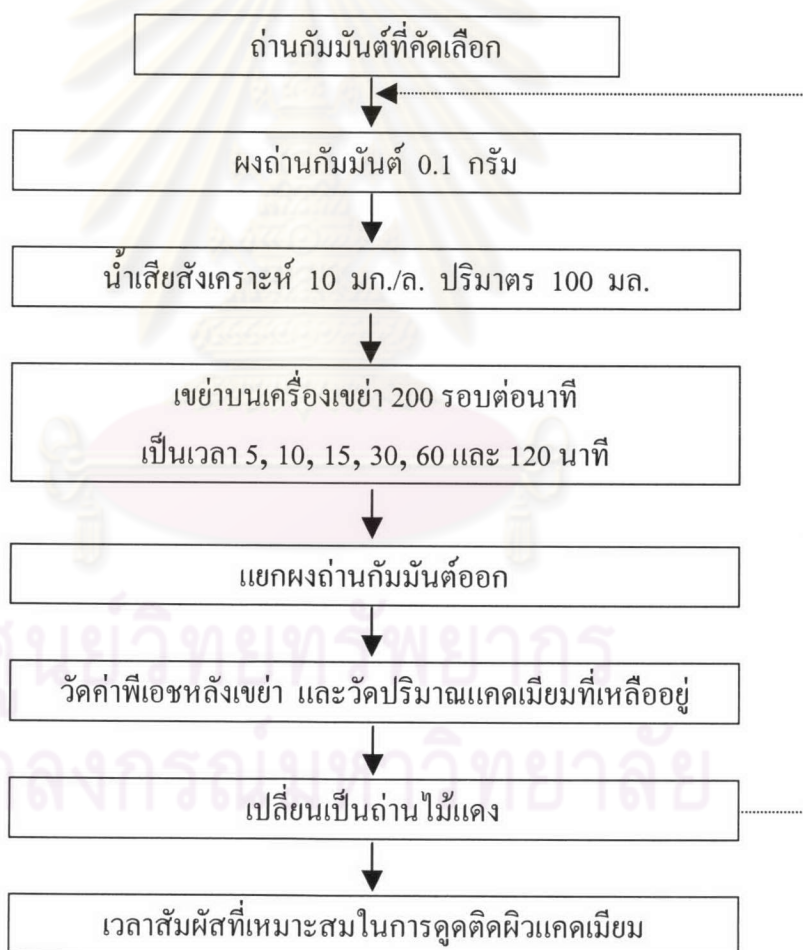
2) นำน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปรับค่าพีเอชให้เท่ากับ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ปริมาตร 100 ลบ.ซม. ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ลบ.ซม. เติมผงถ่านกัมมันต์ปริมาณ 0.1 กรัม ลงในขวดแต่ละใบ นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 120 นาที

3) แยกผงถ่านกัมมันต์ออกโดยกรองผ่านกระดาษกรอง วัดค่าพีเอชหลังเขย่า แล้วนำน้ำเสียไปวัดปริมาณแคะเมียมที่เหลืออยู่ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ

4) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนแรก โดยเปลี่ยนเป็นถ่านไม้แดง แล้วเปรียบเทียบเลือกค่าพีเอชที่ดีที่สุด

3.3.2.2 อิทธิพลของเวลาสัมผัสต่อการดูดติดผิว

มีขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 3.2



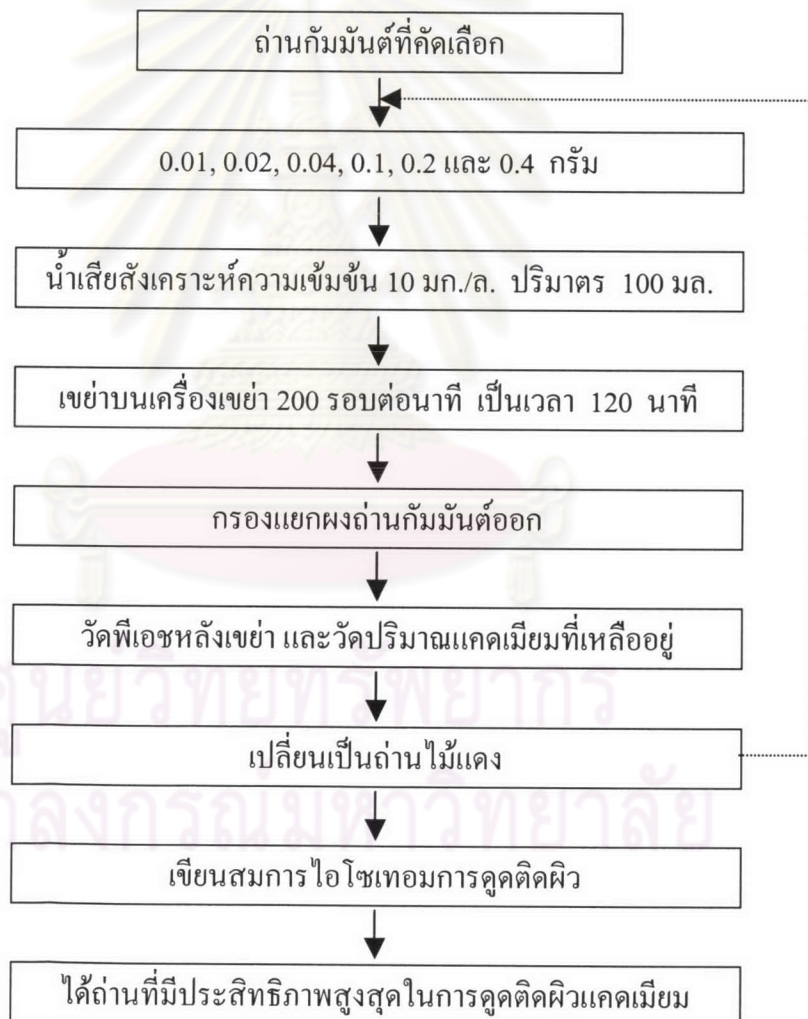
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของเวลาสัมผัสต่อการดูดติดผิว

1) นำน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ลบ.ซม. โดยปรับพีเอชให้ได้เท่ากับที่ได้จากการศึกษาที่ 3.3.2.1 ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ลบ.ซม. เติมผงถ่านกัมมันต์ปริมาณ 0.1 กรัม ลงในขวดแต่ละใบ

- 2) นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่า เป็นเวลา 5, 10, 15, 30, 60 และ 120 นาที
- 3) แยกผงถ่านกัมมันต์ออกโดยกรองผ่านกระดาษกรอง วัดค่าพีเอชหลังเขย่า แล้วนำน้ำเสียไปวัดปริมาณแคลเซียมที่เหลืออยู่ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ
- 4) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนแรก โดยเปลี่ยนเป็นถ่านไม้แดง แล้วเปรียบเทียบ เลือกเวลาสัมผัสที่ดีที่สุด

3.3.2.3 อิทธิพลของปริมาณถ่านต่อการดูดติดผิว

มีขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 3.3



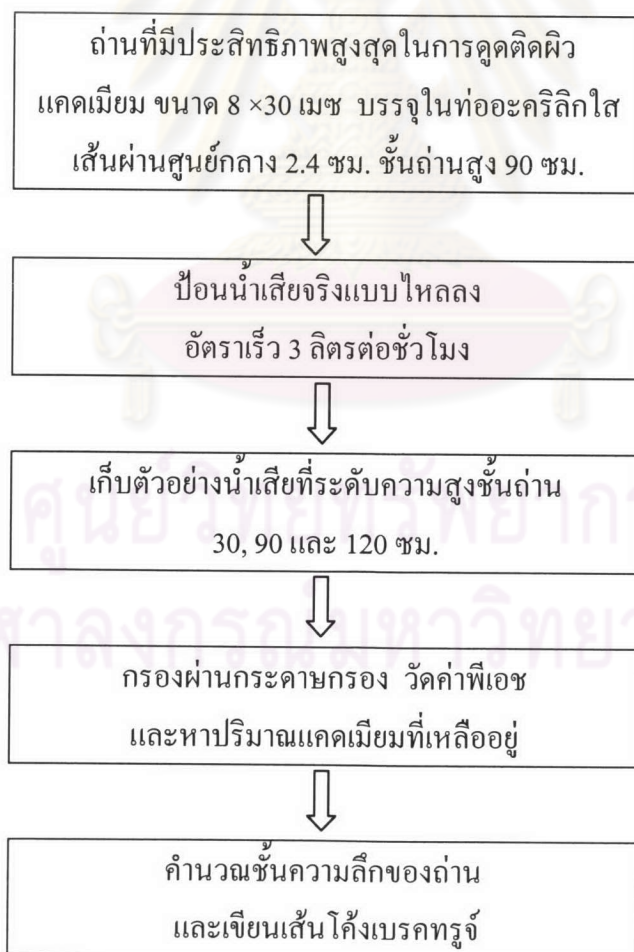
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทดลองอิทธิพลของปริมาณถ่านต่อการดูดติดผิว

- 1) นำน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ลบ.ซม. โดยปรับพีเอชให้ได้เท่ากับที่ได้จากการศึกษาที่ 3.3.2.1 ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ลบ.ซม.

- 2) เติมผงถ่านกัมมันต์ปริมาณ 0.01, 0.02, 0.04, 0.1, 0.2 และ 0.4 กรัม ลงในขวดแต่ละใบนำไปเขย่าบนเครื่องเขย่า เป็นเวลา 120 นาที
- 3) แยกผงถ่านกัมมันต์ออกโดยกรองผ่านกระดาษกรอง วัดค่าพีเอชหลังเขย่าแล้วนำน้ำเสียไปวัดปริมาณแคลเซียมที่เหลืออยู่ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ
- 4) นำผลการทดลองที่ได้ไปเขียนสมการไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิช
- 5) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนแรก โดยเปลี่ยนเป็นถ่านไม้แดง ตามขั้นตอนการทดลอง

3.3.3 ทดสอบประสิทธิภาพการดูดติดผิวของถ่านโดยการทดลองแบบต่อเนื่อง

การทดสอบประสิทธิภาพการดูดติดผิวของถ่าน โดยการทดลองแบบต่อเนื่อง (Column test) โดยนำถ่านที่ให้ผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจากผลการทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชมาบรรจุในถังดูดติดผิวแบบแท่ง (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพถ่านโดยการทดลองแบบต่อเนื่อง

- 1) นำถ่านที่เหมาะสมในการดูดซับผิวแคดเมียมมาทำการคัดขนาดโดยการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 8 เมช และค้ำบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30 เมช
- 2) บรรจุถ่านลงในท่ออะคริลิกใสที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 เซนติเมตร โดยให้ชั้นถ่านสูง 90 เซนติเมตร
- 3) ทำการป้อนน้ำเสียจริงแบบไหลลง เก็บน้ำเสียที่ระดับความสูงของชั้นถ่าน 30, 60 และ 90 เซนติเมตร โดยกรองผ่านกระดาษกรอง แล้วนำน้ำเสียมาวัดค่าพีเอชและหาปริมาณแคดเมียมที่เหลืออยู่
- 4) คำนวณชั้นความลึกของถ่านที่เหมาะสม แล้วสร้าง Breakthrough curve ของถ่านตามขั้นตอนการทดลอง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย