



การศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสีย  
โดยใช้ใบมันสำปะหลังดัดแปร

Feasibility study of heavy metal removal from wastewater  
Using modified cassava leaves

อุษารัตน์ คำทับทิม<sup>1\*</sup> และ อทิตยา ศิริภิญโญนนท์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ  
เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 12110

<sup>2</sup>ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร

\*E-mail: usarat.k@rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดโลหะหนัก(ทองแดง โครเมียม ตะกั่ว) ออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ใบมันสำปะหลังดัดแปร ทดลองโดยการเตรียมตัวดูดซับจากใบมันสำปะหลังชนิดดัดแปร ด้วยกรดซัลฟิวริกและศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก ออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ ได้แก่ ความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะในน้ำเสียสังเคราะห์ ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ น้ำหนักของตัวดูดซับจากใบมันสำปะหลังและเวลาที่ใช้ในการดูดซับ จากผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะทองแดงออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ใบมันสำปะหลังดัดแปร ได้แก่ ความเข้มข้นเริ่มต้นของทองแดง 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 5 น้ำหนักใบมันสำปะหลังดัดแปร 0.3 กรัม เวลาที่ใช้ในการดูดซับ 1 ชั่วโมง สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียม ออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ ได้แก่ ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 5 น้ำหนักใบมันสำปะหลังดัดแปร 0.2 กรัม เวลาที่ใช้ในการดูดซับ 1 ชั่วโมง สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัด ตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ ได้แก่ ความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่ว 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 5 น้ำหนักใบมันสำปะหลังดัดแปร 0.3 กรัม เวลาที่ใช้ในการดูดซับ 1 ชั่วโมง เมื่อทำการทดลองที่

Received: April 17, 2016

Revised: September 01, 2016

Accepted: September 02, 2016



หลายวิธี เช่น การตกตะกอนด้วยสารเคมี การแลกเปลี่ยนไอออน การสกัดด้วยตัวทำละลาย และการใช้ตัวดูดซับ การพิจารณาเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ เช่น คุณสมบัติของน้ำก่อนการบำบัด คุณภาพของน้ำที่ต้องการ พื้นที่ที่ใช้ในการบำบัด ค่าใช้จ่ายและการนำกลับมาใช้ใหม่ ปัจจุบันงานวิจัยส่วนใหญ่ได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำทิ้ง ซึ่งนับเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและราคาถูก เช่น เปลือกข้าวโพด เปลือกข้าว ถ่านข้าวโพด ไม้ไผ่ และขี้เถ้า [3-8] เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้วัสดุที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเช่น กากมะกอกที่เหลือจากการสกัดน้ำมันหรือกากตะกอนที่ได้จากโรงงานมาใช้ในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำทิ้ง [6, 9] แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาเกี่ยวกับการใช้วัสดุทางชีวภาพหรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อการกำจัดโลหะหนัก ก็ยังคงต้องการตัวดูดซับที่ราคาถูกและมีประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะที่ดี

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงศึกษาความเป็นไปได้ของการกำจัดโลหะหนักโดยใช้ใบมันสำปะหลังดัดแปร (Modified cassava leaves) เพื่อเป็นตัวดูดซับชนิดใหม่ที่ใช้ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้ง เนื่องจากการใช้ใบมันสำปะหลังเป็นการเพิ่มมูลค่าและใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้ประโยชน์ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่มีโลหะหนักเจือปน

## 2. วัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการวิจัย

### 2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

- 2.1.1 เตาให้ความร้อนและกวนสาร
- 2.1.2 เทอร์โมมิเตอร์
- 2.1.3 ชุดอุปกรณ์สำหรับการรีฟลักซ์
- 2.1.4 ขวดวัดปริมาตร

- 2.1.5 เครื่องเขย่าสาร
- 2.1.6 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 2.1.7 เครื่องอะตอมมิกแอฟซอพท์ สเปกโตรมิเตอร์ (Flame-AAS)
- 2.1.8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)
- 2.1.9 เครื่องวัดสภาพความเป็นกรดเบส (pH meter)
- 2.1.10 เครื่องฟลูริเยร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (FT-IR)

### 2.2 สารเคมี

- 2.2.1 กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid,  $H_2SO_4$ )
- 2.2.2 กรดไนตริก (Nitric acid,  $HNO_3$ )
- 2.2.3 โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate,  $NaHCO_3$ )
- 2.2.4 สารมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก (Metal standards for AAS: Cu 1000 ppm, Cr 1000 ppm และ Pb 1000 ppm)
- 2.2.5 น้ำปราศจากไอออน (Deionized water, DI water)

### 2.3 วิธีการทดลอง

#### 2.3.1 การเตรียมใบมันสำปะหลัง

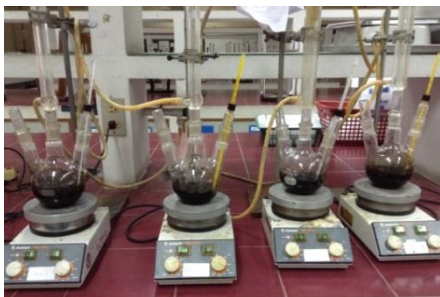
ใบมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นสายพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกในพื้นที่ จังหวัดนครราชสีมา นำใบมันสำปะหลังมาล้างน้ำให้สะอาด แล้วหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 1 เซนติเมตร นำไปตากแดดให้แห้งและอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ใบมันสำปะหลังที่เตรียมได้เก็บไว้ในถุงพลาสติกที่บดแสง

#### 2.3.2 การเตรียมใบมันสำปะหลังดัดแปร

นำไบโอมันสำปะหลังที่เตรียมไว้ประมาณ 10 กรัม ผสมกับสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จำนวน 200 มิลลิลิตร ใส่ในขวดกั้นกลมแล้วรีฟลักซ์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา กรองแยกส่วนที่เป็นสารละลายออก นำไบโอมันสำปะหลังที่ได้มาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮคาร์บอเนตเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร เป็นเวลา 12 ชั่วโมงแล้วกรองตะกอนที่ได้ด้วยกระดาษกรอง ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำตะกอนที่ได้มาอบและบด แล้วทำการคัดแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาดประมาณ 100 ไมโครเมตร หลังจากนั้นนำตัวดูดซับไบโอมันสำปะหลังดัดแปรที่เตรียมได้เก็บไว้ในขวดสีชาเพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

2.3.3 การศึกษาหมู่ฟังก์ชันทางเคมีและลักษณะ โครงสร้างจุลภาคของตัวดูดซับไบโอมันสำปะหลังดัดแปร

นำไบโอมันสำปะหลังชนิดไม่ดัดแปรและไบโอมันสำปะหลังชนิดดัดแปรวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีด้วยเครื่องฟูรีเยร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์และศึกษาลักษณะ โครงสร้างจุลภาคโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่ศูนย์นาโนเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ



รูปที่ 1 ชุดรีฟลักซ์สำหรับเตรียมไบโอมันสำปะหลังดัดแปร

2.3.4 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัด โลหะหนักออกจากน้ำทิ้งโดยใช้ไบโอมันสำปะหลังดัดแปร

ในการทดลองนี้ ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัด โลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์ ชนิดโลหะเตี้ย (ทองแดง โคบอลต์ และตะกั่ว) โดยใช้ไบโอมันสำปะหลังชนิดดัดแปร ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ ความเข้มข้นของโลหะเริ่มต้นที่เอชเริ่มต้นของน้ำเสีย น้ำหนักของตัวดูดซับและเวลาที่ใช้ในการดูดซับ รายละเอียดดังนี้

1. ผลของความเข้มข้นโลหะเริ่มต้นในน้ำเสียต่อการกำจัดโลหะ น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง มีความเข้มข้นของโลหะอยู่ในช่วง 20-200 มิลลิกรัมต่อลิตร (ppm) ขั้นตอนการทดลอง เริ่มต้นจากการชั่งไบโอมันสำปะหลังดัดแปรหนัก 0.2 กรัม ใส่ลงในขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 20 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด หลังจากนั้นทำการเขย่าบนเครื่องเขย่าสาร (อัตราเร็วในการเขย่า 85 รอบต่อ นาที ระยะเวลา 3 ชั่วโมง) เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด ทำการกรองแยกตัวดูดซับออกโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำเฉพาะส่วนที่เป็นสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะโดยเครื่องอะตอมมิกแอฟซอพท์ชันสเปกโตรมิเตอร์ (ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง) หลังจากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาคำนวณหาร้อยละของการกำจัดโลหะ (%Metal removal) ซึ่งคำนวณดังนี้

$$\% \text{Metal removal} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100$$

$C_0$  คือ ความเข้มข้นของโลหะเริ่มต้น

$C_1$  คือ ความเข้มข้นของโลหะหลังการดูดซับ

2. ผลของพีเอชเริ่มต้นในน้ำเสียต่อการกำจัดโลหะ ในการทดลองได้ทำการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นของ

สารละลายให้เท่ากับ 1, 3, 5, 7 และ 9 หลังจากนั้น ซึ่งตัวดูดซับไบมันสำปะหลังดัดแปรหนัก 0.2 กรัม ลงในขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำเสียที่ปรับค่าพีเอชปริมาณ 20 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด หลังจากนั้นทำการเขย่าบนเครื่องเขย่าสาร (อัตราเร็วในการเขย่า 85 รอบต่อนาที เวลา 1 ชั่วโมง) เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด ทำการกรองแยกตัวดูดซับออกจากสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำเฉพาะส่วนที่เป็นสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ (ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง) และคำนวณร้อยละการกำจัดโลหะ

**3. ผลของน้ำหนักตัวดูดซับต่อการกำจัดโลหะ** น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองมีการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นให้เท่ากับค่าพีเอชที่เหมาะสม (ตามผลการทดลองข้อ 2) น้ำหนักของไบมันสำปะหลังดัดแปรที่ใช้ได้แก่ 0.05, 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 กรัม โดยซึ่งตัวดูดซับลงในขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำเสียที่ปรับค่าพีเอชแล้วปริมาณ 20 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด แล้วทำการเขย่าบนเครื่องเขย่าสาร (อัตราเร็วในการเขย่า 85 รอบต่อนาที เวลา 3 ชั่วโมง) เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด ทำการกรองแยกตัวดูดซับออก โดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำเฉพาะส่วนที่เป็นสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ (ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง) และคำนวณร้อยละการกำจัดโลหะ

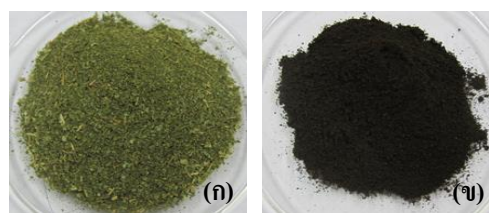
**4. ผลของเวลาที่ใช้ต่อการดูดซับโลหะ** ในการทดลองส่วนนี้ น้ำเสียสังเคราะห์มีการปรับค่า พีเอชเริ่มต้นให้เหมาะสม (ตามผลทดลองข้อ 2) น้ำหนักตัวดูดซับไบมันสำปะหลังดัดแปรที่ใช้คือน้ำหนักของตัวดูดซับที่เหมาะสม (ตามผลการทดลองข้อ 3) ในการทดลองซึ่งตัวดูดซับไบมันสำปะหลังดัดแปรลงในขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร เติมน้ำเสียที่ปรับพีเอชแล้วปริมาณ 20 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด

หลังจากนั้นทำการเขย่าบนเครื่องเขย่าสาร (อัตราเร็วในการเขย่า 85 รอบต่อนาที) เวลาที่ใช้ในการทดลองคือ 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด กรองแยกตัวดูดซับออก โดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำเฉพาะส่วนที่เป็นสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ (ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง) และคำนวณร้อยละการกำจัดโลหะ

### 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

#### 3.1 การเตรียมตัวดูดซับจากไบมันสำปะหลัง

จากการทดลอง ไบมันสำปะหลังชนิดไม่ดัดแปร มีลักษณะเป็นของแข็งสีเขียว ส่วนตัวดูดซับไบมันสำปะหลังดัดแปร มีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลดำ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ไบมันสำปะหลังชนิดไม่ดัดแปร(ก)

ไบมันสำปะหลังชนิดดัดแปรด้วยกรด(ข)

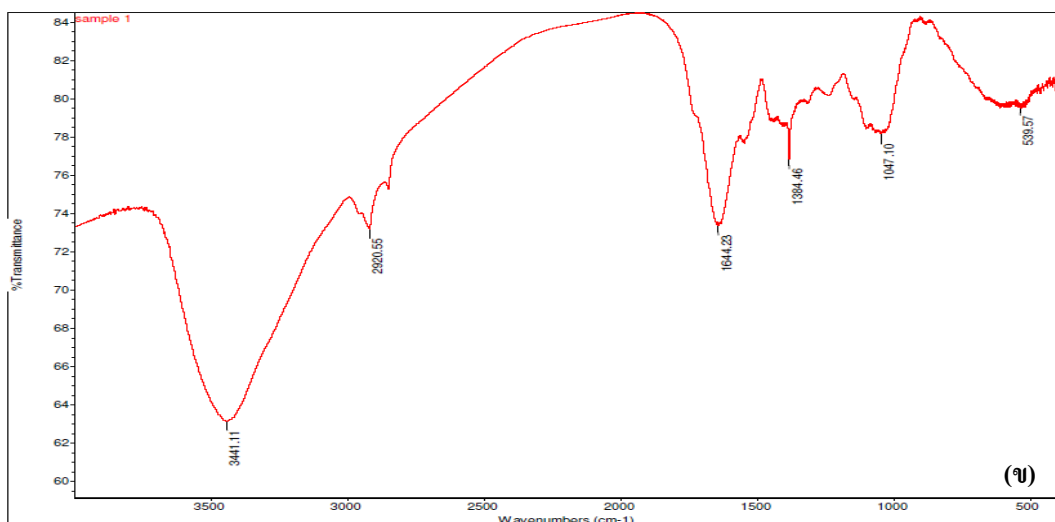
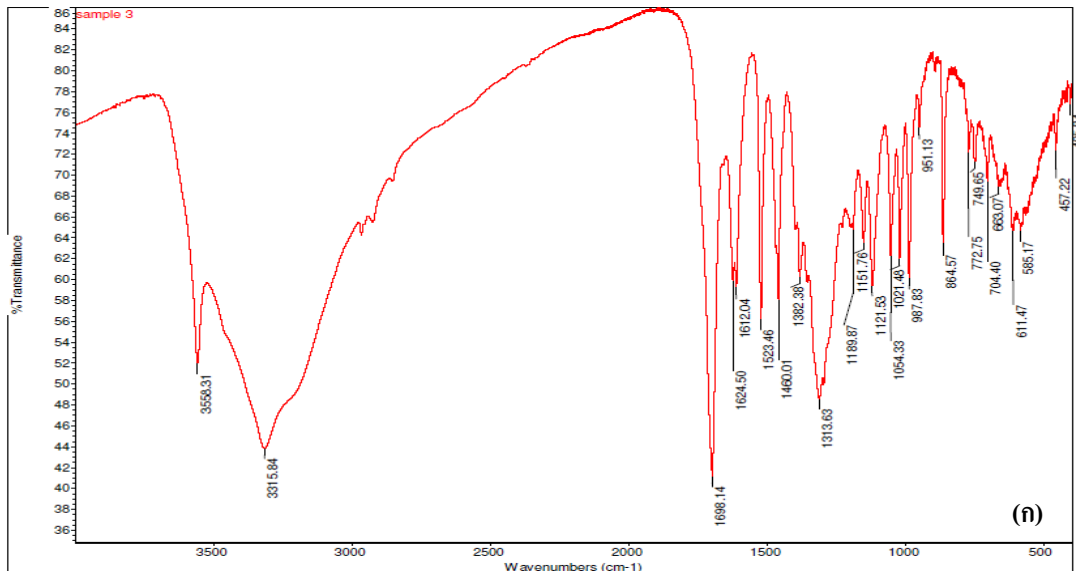
**3.2 การศึกษาหมู่ฟังก์ชันทางเคมีและลักษณะโครงสร้างจุลภาคของตัวดูดซับไบมันสำปะหลังดัดแปร**

ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของตัวดูดซับไบมันสำปะหลังชนิดดัดแปรและไม่ดัดแปรแสดงดังรูปที่ 3 พบว่าไบมันสำปะหลังชนิดไม่ดัดแปรและชนิดดัดแปรประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชัน O-H ซึ่งพบสเปกตรัมในช่วง  $3000 - 3600 \text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นแถบสเปกตรัมที่กว้างและชัดเจน นอกจากนี้ยังพบหมู่ฟังก์ชัน C=C, C=O และ C-H ในช่วงสเปกตรัม  $1000 - 1700, 1000 - 1710, 1000 - 1710$  และ  $1000$

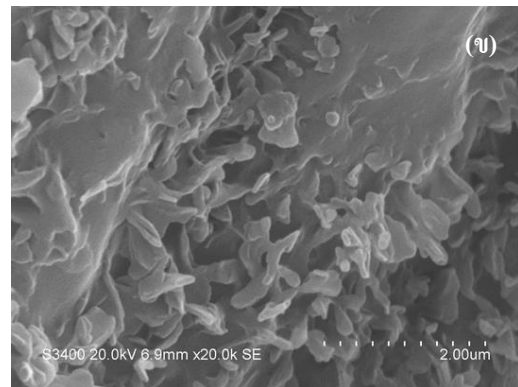
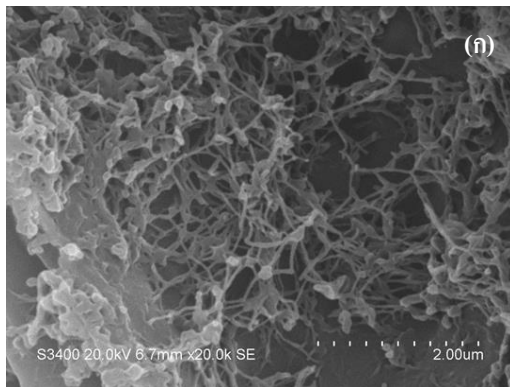
- 1750  $\text{cm}^{-1}$  ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอนสำหรับโครงสร้างที่เป็นแบบโซ่ตรง (Aliphatic) โครงสร้างแบบวง (Alicyclic) และแบบวงแหวน (Aromatic) ซึ่งพบแถบของสเปกตรัมในช่วง 1047-1384  $\text{cm}^{-1}$  โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารแทนนินที่สกัดได้จากพืชบางชนิดซึ่งหมู่ฟังก์ชัน -OH ในแทนนินมีความสามารถในการเชื่อมต่อกับโลหะได้หลายชนิด [10] เมื่อเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันของไบมันสำปะหลังชนิดไม่ตัดแปรและชนิดตัดแปรพบว่าสเปกตรัม

ของตัวดูดซับไบมันสำปะหลังชนิดตัดแปรจะมีความซับซ้อนมากกว่าในช่วง 457-1689  $\text{cm}^{-1}$  โดยสเปกตรัมในช่วงเลขคลื่น 1054-1021  $\text{cm}^{-1}$  และแบนด์เข้มที่ 1310  $\text{cm}^{-1}$  เป็นหมู่ฟังก์ชันของ -S=O stretching ที่มาจากการตัดแปรไบมันสำปะหลังด้วยกรดซัลฟิวริก ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

สำหรับผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดดังรูปที่ 4 พบว่าไบมันสำปะหลังชนิดไม่ตัดแปรจะมีรูพรุนน้อยกว่าไบมันสำปะหลังที่ผ่านการตัดแปรด้วยกรดซัลฟิวริก



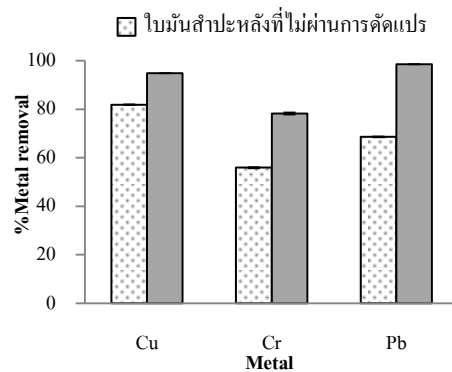
รูปที่ 3 อินฟราเรดสเปกตรัมที่ได้จากไบมันสำปะหลังตัดแปร (ก) และไม่ตัดแปร (ข)



รูปที่ 4 โครงสร้างทางจุลภาคของไบมันสำปะหลังดัดแปร (ก) และไม่ดัดแปร (ข)

**3.3 การเปรียบเทียบร้อยละของการกำจัดโลหะโดยใช้ไบมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการดัดแปรและดัดแปร**

เมื่อเปรียบเทียบผลการดูดซับโลหะโดยใช้ไบมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการดัดแปรและดัดแปรพบว่า ร้อยละของการกำจัดโลหะโดยใช้ไบมันสำปะหลังดัดแปรมีค่าสูงกว่าการใช้ไบมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการดัดแปรดังแสดงในรูปที่ 5 เนื่องจากไบมันสำปะหลังดัดแปรมีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถดูดซับโลหะได้มากกว่าไบมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการดัดแปร นอกจากนี้เมื่อพิจารณาโครงสร้างทางจุลภาคยังพบว่าไบมันสำปะหลังดัดแปรมีความพรุนมากกว่าไบมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการดัดแปร



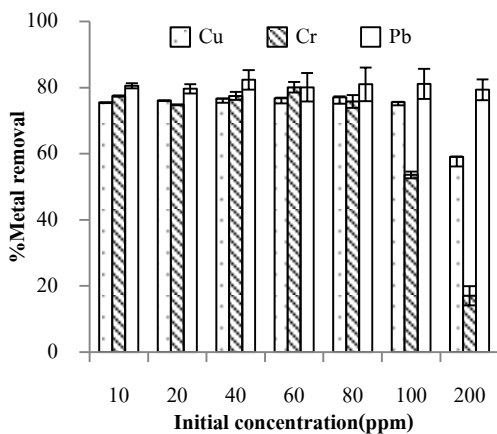
รูปที่ 5 ร้อยละของการกำจัดโลหะโดยใช้ไบมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการดัดแปรและดัดแปร

**3.4 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักออกจากรน้ำทิ้งโดยใช้ไบมันสำปะหลังดัดแปร**

**1. ผลของความเข้มข้นของโลหะเริ่มต้นในน้ำเสียต่อการกำจัดโลหะ**

ในการทดลองนี้ได้ศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 10, 20, 40, 60, 80, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตรจากผลการทดลองในรูปที่ 6 พบว่า เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะในน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มขึ้น ร้อยละของการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียด้วยตัวดูดซับไบมันสำปะหลังชนิดดัดแปรจะเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองที่ได้จากการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับผลการทดลองของ ธนิก ภัทรกิติ ซึ่งได้ทำการศึกษาการ

กำจัดหนักโดยกระบวนการดูดซับด้วยเปลือก ถั่วเหลือง พบว่าเมื่อปริมาณโลหะหนักเพิ่มมากขึ้น เปลือกถั่วเหลืองจะสามารถดูดซับโลหะได้ดีขึ้น จนถึงจุดสมดุล [11] จากผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของทองแดงในน้ำเสียเท่ากับ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีร้อยละในการกำจัดทองแดงได้มากที่สุด ประมาณ ร้อยละ 77 ดังนั้นในการทดลองนี้ความเข้มข้นของสารละลายทองแดงเริ่มต้นเท่ากับ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม และตะกั่วเท่ากับ 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



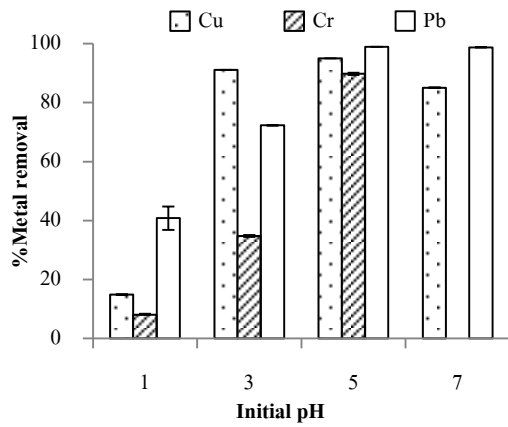
**รูปที่ 6** ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโลหะเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์และร้อยละของการกำจัดโลหะออกจากน้ำเสีย (ตัวดูดซับ 0.2 กรัม น้ำเสียสังเคราะห์ 20 มิลลิลิตร ระยะเวลา 3 ชั่วโมง)

## 2. ผลของพีเอชเริ่มต้นในน้ำเสียต่อการดูดซับโลหะ

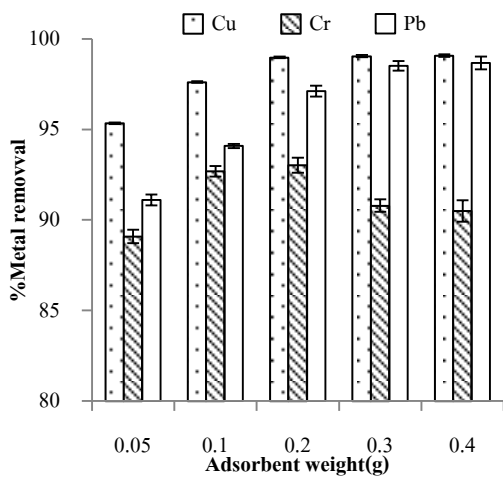
การทดลองนี้ศึกษาพีเอชเริ่มต้นในสารละลายเท่ากับ 1, 3, 5, 7 และ 9 (น้ำหนักของตัวดูดซับ 0.2 กรัม น้ำเสียสังเคราะห์ 20 มิลลิลิตร เวลาในการดูดซับ 1 ชั่วโมง) จากผลการทดลองในรูปที่ 7 พบว่า ตัวดูดซับไบมันสำปะหลังดัดแปรสามารถ

กำจัดโลหะทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่พีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเท่ากับ 5 และเมื่อค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าที่แตกต่างกันจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะ สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปรับค่า pH เริ่มต้นให้เท่ากับ 9 พบว่า ในขั้นตอนการเตรียมได้สารละลายเกิดการตกตะกอน ดังนั้นค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะทองแดงเท่ากับ 5 โดยผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดโครเมียมออกจากน้ำเสียด้วยวัสดุชีวภาพ [12] สำหรับการกำจัดโลหะโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์เกิดขึ้นได้ดีที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 5 ร้อยละของการกำจัดโลหะโครเมียมออกจากน้ำเสียเท่ากับ 90 โดยเมื่อค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าเท่ากับ 1 และ 3 พบว่าประสิทธิภาพของการกำจัดโลหะโครเมียมต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่า pH เริ่มต้นเท่ากับ 7 และ 9 พบว่าเกิดการตกตะกอนในขณะเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ ดังนั้นค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะโครเมียมเท่ากับ 5 โดยผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยเรื่องการดูดซับโลหะโครเมียมโดยใช้ถ่านเบาสีน้ำตาล [13] ซึ่งพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับโลหะโครเมียมโดยใช้ถ่านเบาสีน้ำตาล (Brown coals) คือพีเอชของสารละลายประมาณ 4.5 สำหรับผลการทดลองพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะตะกั่วเท่ากับ 5 ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ศึกษาการดูดซับโลหะตะกั่วโดยใช้เปลือกไม้ [14] ที่พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่ว คือ พีเอชของสารละลายประมาณ 4





**รูปที่ 7** ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์และร้อยละของการกำจัดโลหะออกจากน้ำเสีย (ตัวดูดซับ 0.2 กรัม น้ำเสียสังเคราะห์ 20 มิลลิลิตร ระยะเวลา 1 ชั่วโมง)



**รูปที่ 8** ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของไบมันสำปะหลังคัดแปรและร้อยละของการกำจัดโลหะออกจากน้ำเสีย

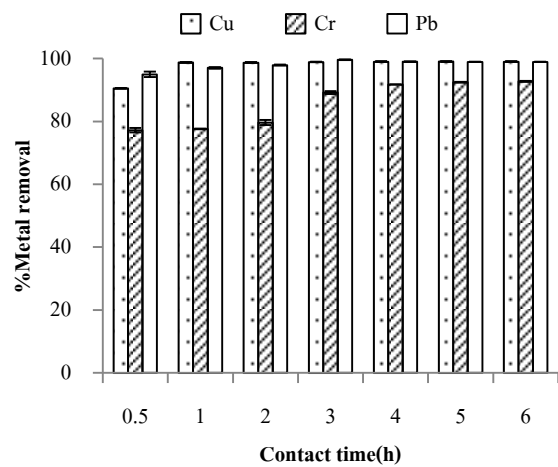
**3. ผลของน้ำหนักตัวดูดซับต่อการกำจัดโลหะ**

จากผลการทดลองดังรูปที่ 8 การกำจัดโลหะทองแดงออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยการใช้ตัวดูดซับไบมันสำปะหลังคัดแปร พบว่าเมื่อน้ำหนักตัวดูดซับเพิ่มมากขึ้น ร้อยละของการกำจัด

โลหะทองแดงจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้น้ำหนักของตัวดูดซับ เท่ากับ 0.3 กรัม ร้อยละของการกำจัดโลหะทองแดงมากที่สุดเท่ากับ 95 สำหรับการกำจัดโลหะโครเมียมและตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยการใช้ตัวดูดซับไบมันสำปะหลังคัดแปร น้ำหนักของตัวดูดซับที่เหมาะสมเท่ากับ 0.2 และ 0.3 กรัม ร้อยละของการกำจัดโครเมียมและตะกั่วเท่ากับ 93 และ 98 ตามลำดับ

**4. ผลของเวลาที่ใช้ต่อการกำจัดโลหะ**

จากผลการทดลองในรูปที่ 9 พบว่าการกำจัดโลหะหนัก (ทองแดง โครเมียม ตะกั่ว) ออกจากน้ำเสียสังเคราะห์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในเวลา 1 - 2 ชั่วโมง และเมื่อระยะเวลาในการดูดซับเพิ่มมากขึ้นพบว่า ร้อยละในการกำจัดโลหะออกจากน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ไบมันสำปะหลังคัดแปรเท่ากับ 1 ชั่วโมง ผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยเรื่องการดูดซับโลหะโครเมียมโดยใช้ถ้ำเบาสีน้ำตาล [13] ซึ่งพบว่าการดูดซับโลหะโครเมียมเกิดขึ้นภายในเวลาประมาณ 30 นาที



**รูปที่ 9** ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้และร้อยละของการกำจัดโลหะออกจากน้ำเสีย

#### 4. สรุปผลการวิจัย

ไบมันสำปะหลังคัดแปรที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้สามารถกำจัดโลหะหนักเช่นทองแดง โครเมียมและตะกั่ว ออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักแต่ละชนิดแตกต่างกันได้แก่ ความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะในน้ำเสียสังเคราะห์ ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ น้ำหนักของตัวดูดซับไบมันสำปะหลังคัดแปร และเวลาที่ใช้ในการดูดซับ เมื่อทำการทดลองภายใต้สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักโดยใช้ไบมันสำปะหลังคัดแปร พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะทองแดง โครเมียมและตะกั่ว เป็น 98, 97 และ 95 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย (งบรายได้ปี 2557) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการสนับสนุนด้านอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และเครื่องมือในการวิเคราะห์จาก สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] T. A. Kurniawan, G. Y. S. Chan, W.-h. Lo, S. Babel, Comparisons of low-cost adsorbents for treating wastewaters laden with heavy metals. *Science of The Total Environment* **366** (2006):409-426.
- [2] A. Demirbas, Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review. *Journal of Hazardous Materials* **157** (2008): 220-229.
- [3] M. S. Masri, F. W. Reuter , M. Friedman, Binding of metal cations by natural substances. *Journal of Applied Polymer Science* **18** (1974): 675-681.
- [4] J. M. Randall, E. Hautala, G. McDonald, Binding of heavy metal ions by formaldehyde-polymerized peanut skins. *Journal of Applied Polymer Science* **22** (1978): 379-387.
- [5] A. M. Deshicar, S. S. Bokade, S. S. Dara, Modified hardwickia binata bark for adsorption of mercury (II) from water. *Water Research* **24** (1990): 1011-1016.
- [6] H. A. Hegazi, Removal of heavy metals from wastewater using agricultural and industrial wastes as adsorbents. *HBRC Journal* **9** (2013): 276-282.
- [7] S. Vafakhah, M. E. Bahrololoom, R. Bazarganlari, M. Saeedikhani, Removal of copper ions from electroplating effluent solutions with native corn cob and corn stalk and chemically modified corn stalk. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. **2** (2014): 356-361.
- [8] M. S. Mansour, M. E. Ossman, H. A. Farag, Removal of Cd (II) ion from waste water by adsorption onto polyaniline coated on sawdust. *Desalination*. **272** (2011): 301-305.
- [9] S. Patel, Potential of fruit and vegetable wastes as novel biosorbents: summarizing the recent studies. *Reviews in*

- Environmental Science and Bio/Technology* **11** (2012): 365-380.
- [10] T. Ogata and Y. Nakano, Mechanisms of gold recovery from aqueous solutions using a novel tannin gel adsorbent synthesized from natural condensed tannin. *Water Research*. **39** (2005): 4281-4286.
- [11] ช. ภัทรกิตติ "การดูดซับโลหะหนักโดยใช้เปลือกถั่วเหลือง" วิทยุญตรี สาขาวิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ. 2545.
- [12] Q.-Q. Zhong, Q.-Y. Yue, Q. Li, B.-Y. Gao, X. Xu, Removal of Cu(II) and Cr(VI) from wastewater by an amphoteric sorbent based on cellulose-rich biomass. *Carbohydrate Polymers* **111** (2014): 788-796.
- [13] F. Gode and E. Pehlivan, Adsorption of Cr(III) ions by Turkish brown coals. *Fuel Processing Technology*. **86** (2005): 86, 875-884.
- [14] A. Gundogdu, D. Ozdes, C. Duran, V. N. Bulut, M. Soylak and H. B. Senturk, Biosorption of Pb(II) ions from aqueous solution by pine bark (*Pinus brutia* Ten.). *Chemical Engineering Journal*. **153** (2009):62-69.