



การศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสีย

โดยใช้ใบมันสำปะหลังดัดแปร

**Feasibility Study of Heavy Metal Removal from Wastewater
using Modified Cassava Leaves**

อุษารัตน์ คำทับทิม^{1*} และ อติศยา ศิริภิญญานนท์²

¹สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 12110

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร

*E-mail: usarat.k@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

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

Received: April 17, 2016

Revised: September 01, 2016

Accepted: September 02, 2016

สภาวะที่เหมาะสมพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะทองแดง โครเมียม และตะกั่วเท่ากับ 98, 97 และ 95 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ใบมันสำปะหลังดัดแปรที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีด้วยเครื่องฟลูอริสเซนซ์ตามลำดับ ใบมันสำปะหลังดัดแปรที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีด้วยเครื่องฟลูอริสเซนซ์ตามลำดับ ใบมันสำปะหลังดัดแปรที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีด้วยเครื่องฟลูอริสเซนซ์ตามลำดับ ใบมันสำปะหลังดัดแปรที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีด้วยเครื่องฟลูอริสเซนซ์ตามลำดับ

คำสำคัญ: ใบมันสำปะหลังดัดแปร การกำจัดโลหะหนัก การบำบัดน้ำเสีย

Abstract

The aim of this work is to study the feasibility of heavy metal removal (Cu, Cr, and Pb) from wastewater using modified cassava leaves. In this study, the modified cassava leaves adsorbent was treated with sulfuric acid. The optimum conditions for heavy metal removal from synthetic waste water were investigated. The parameters that effect on heavy metal removal from waste water consists of initial metal concentration, initial pH of waste water, weight of modified cassava leaves adsorbent and contact time were studies. The optimum condition for Cu removal consists of initial concentration 80 ppm, initial pH 5, weight of adsorbent 0.3 g, and contact time 1 h. The optimum condition for Cr removal was also study including initial concentration 80 ppm, initial pH 5, weight of adsorbent 0.2 g, and contact time 1 h. The optimum condition for Pb removal were initial concentration 150 ppm, initial pH 5, weight of adsorbent 0.3 g, and contact time 1 h. With optimum condition for metal removal using modified cassava adsorbent, the metal removal efficiency is 98, 97 and 95 percent for Cu Cr and Pb, respectively. The FT-IR spectra of the modified cassava leave was investigated to explore the position of functional groups available for the binding of metal onto adsorbent. SEMs of the adsorbents were determined to study the morphology of the studied adsorbents. The results show that the modified cassava leaves can be effectively used for the removal of heavy metal from waste water

Keywords: Modified cassava leaves, metal removal, waste water treatment

1. บทนำ

การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำทิ้งที่มาจากกิจกรรมต่างๆ เช่น น้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการ การเกษตรหรือโรงงานอุตสาหกรรม อาจก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการปล่อยโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อม เช่น ทองแดง โครเมียม และตะกั่ว ซึ่งปริมาณโลหะหนักในน้ำเป็นดัชนีชี้วัดตัวหนึ่งที่ใช้ในการควบคุม

มาตรฐานคุณภาพน้ำ[1]โลหะหนักที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำสามารถถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตได้โดยผ่านทางห่วงโซ่อาหารและมีผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์ [2] ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการกำจัดโลหะต่าง ๆ ในน้ำทิ้งมิให้คุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก่อนที่จะปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปวิธีการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะเจือปนมี

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 เครื่องอะตอมมิกแอฟซอพ्ट์
สเปกโตรมิเตอร์ (Flame-AAS)
- 2.1.8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ
ส่องกราด (SEM)
- 2.1.9 เครื่องวัดสภาพความเป็นกรดเบส
(pH meter)
- 2.1.10 เครื่องฟลูอิดเรย์ทรานส์ฟอรั่ม
อินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (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 สารมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์
โลหะหนัก (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 จังหวัด นครราชสีมา นำใบมันสำปะหลังมาล้างน้ำให้สะอาด แล้วหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 1 เซนติเมตร นำไปตากแดดให้แห้งและอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ใบมันสำปะหลังที่เตรียมได้เก็บไว้ในถุงพลาสติกทึบแสง

2.3.2 การเตรียมใบมันสำปะหลังดัดแปร

นำใบมันสำปะหลังที่เตรียมไว้ประมาณ 10 กรัม ผสมกับสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 50

เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จำนวน 200 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลมแล้วรีฟลักซ์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลากรองแยกส่วนที่เป็นสารละลายออก นำไบมันสำปะหลังที่ได้มาแช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร เป็นเวลา 12 ชั่วโมงแล้วกรองตะกอนที่ได้ด้วยกระดาษกรอง ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำตะกอนที่ได้มาอบและบด แล้วทำการคัดแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาดประมาณ 100 ไมโครเมตร หลังจากนั้นนำตัวดูดซับไบมันสำปะหลังคัดแปรที่เตรียมได้เก็บไว้ในขวดสีชาเพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

2.3.3 การศึกษาหมู่ฟังก์ชันทางเคมีและลักษณะโครงสร้างจุลภาคของตัวดูดซับไบมันสำปะหลังคัดแปร

นำไบมันสำปะหลังชนิดไม่คัดแปรและไบมันสำปะหลังชนิดคัดแปรวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีด้วยเครื่องฟลูอิดรีทรานฟอรัมอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์และศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาคโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่ศูนย์นาโนเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ



รูปที่ 1 ชุดรีฟลักซ์สำหรับเตรียมไบมันสำปะหลังคัดแปร

2.3.4 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำทิ้งโดยใช้ไบมันสำปะหลังคัดแปร

ในการทดลองนี้ ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์ชนิดโลหะเดี่ยว (ทองแดง โคบอลต์ และตะกั่ว) โดยใช้ไบมันสำปะหลังชนิดคัดแปร ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ ความเข้มข้นของโลหะเริ่มต้นพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสีย น้ำหนักของตัวดูดซับและเวลาที่ใช้ในการดูดซับ รายละเอียดดังนี้

1. ผลของความเข้มข้นโลหะเริ่มต้นในน้ำเสียต่อการกำจัดโลหะ น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง มีความเข้มข้นของโลหะอยู่ในช่วง 20-200 มิลลิกรัมต่อลิตร (ppm) ขั้นตอนการทดลอง เริ่มต้นจากการชั่งไบมันสำปะหลังคัดแปรหนัก 0.2 กรัม ใส่ลงในขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 20 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด หลังจากนั้นทำการเขย่าบนเครื่องเขย่าสาร (อัตราเร็วในการเขย่า 85 รอบต่อวินาที ระยะเวลา 3 ชั่วโมง) เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดทำการกรองแยกตัวดูดซับออกโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำเฉพาะส่วนที่เป็นสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะโดยเครื่องอะตอมมิกแอพซอพต์ซินสเปกโตรมิเตอร์ (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 ในการทดลองได้ทำการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นของสารละลายให้เท่ากับ 1, 3, 5, 7 และ 9 หลังจากนั้นชั่งตัวดูดซับไบมันสำปะหลังคัดแปรหนัก 0.2 กรัมลงในขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร แล้วเติม

น้ำเสียที่ปรับค่าพีเอชปริมาณ 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 โดยชั่งตัวดูดซับลงในขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำเสียที่ปรับค่าพีเอชแล้วปริมาณ 20 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด แล้วทำการเขย่าบนเครื่องเขย่าสาร (อัตราเร็วในการเขย่า 85 รอบต่อนาที เวลา 3 ชั่วโมง) เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด ทำการกรองแยกตัวดูดซับออก โดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำเฉพาะส่วนที่เป็นสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ (ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง) และคำนวณร้อยละการกำจัดโลหะ

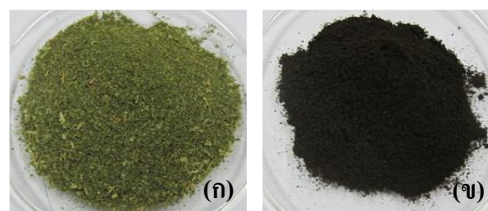
4. ผลของเวลาที่ใช้ต่อการดูดซับโลหะ ในการทดลองส่วนนี้ น้ำเสียสังเคราะห์มีการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นให้เหมาะสม (ตามผลทดลองข้อ 2) น้ำหนักตัวดูดซับไบมันสำปะหลังดัดแปรที่ใช้คือน้ำหนักของตัวดูดซับที่เหมาะสม (ตามผลการทดลองข้อ 3) ในการทดลองชั่งตัวดูดซับไบมันสำปะหลังดัดแปรลงในขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร เติมน้ำเสียที่ปรับค่าพีเอชแล้วปริมาณ 20 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด หลังจากนั้นทำการเขย่าบนเครื่องเขย่าสาร (อัตราเร็วในการเขย่า 85 รอบต่อ

นาที) 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 มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว ส่วนตัวดูดซับไบมันสำปะหลังดัดแปร มีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลดำ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ไบมันสำปะหลังชนิดไม่ดัดแปร (ก)

ไบมันสำปะหลังชนิดดัดแปรด้วยกรด (ข)

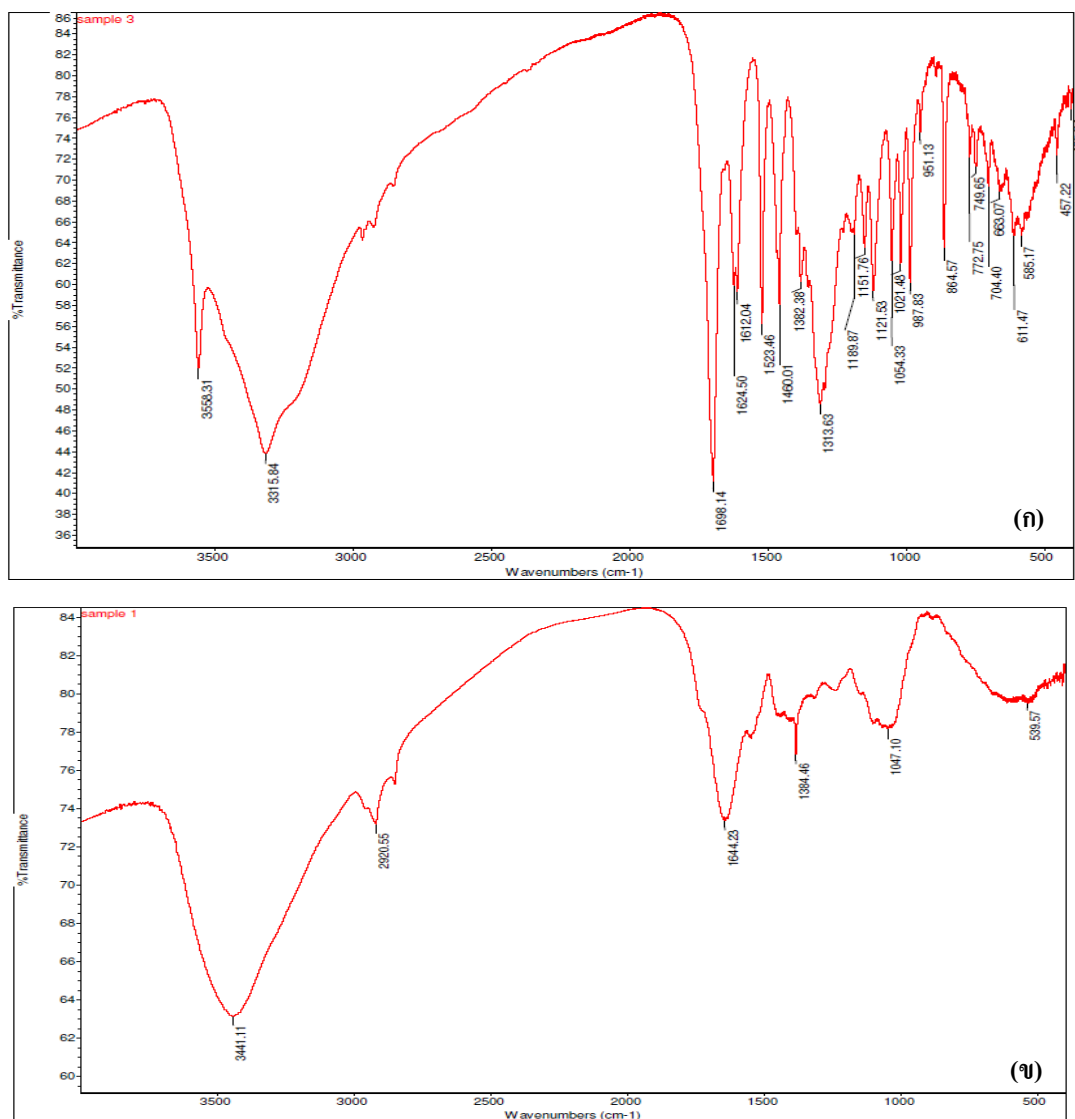
3.2 การศึกษาหมู่ฟังก์ชันทางเคมีและลักษณะโครงสร้างจุลภาคของตัวดูดซับไบมันสำปะหลังดัดแปร

ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของตัวดูดซับไบมันสำปะหลังชนิดดัดแปรและไม่ดัดแปรแสดงดังรูปที่ 3 พบว่าไบมันสำปะหลังชนิดไม่ดัดแปรและชนิดดัดแปรประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชัน O-H ซึ่งพบสเปกตรัมในช่วง $3000 - 3600 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นแถบสเปกตรัมที่กว้างและชัดเจน นอกจากนั้นยังพบหมู่ฟังก์ชัน C=C, C=O และ C-H ในช่วงสเปกตรัม $1000 - 1700$, $1000 - 1710$, $1000 - 1710$ และ $1000 - 1750 \text{ cm}^{-1}$ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอนสำหรับโครงสร้างที่เป็นแบบโซ่ตรง

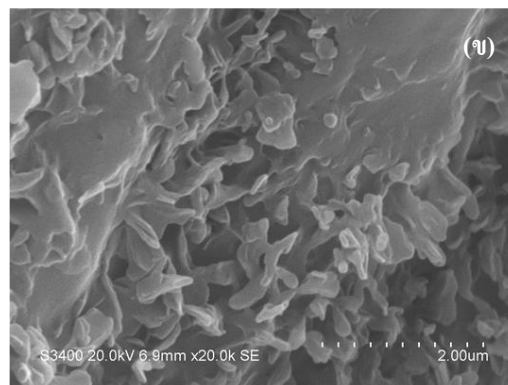
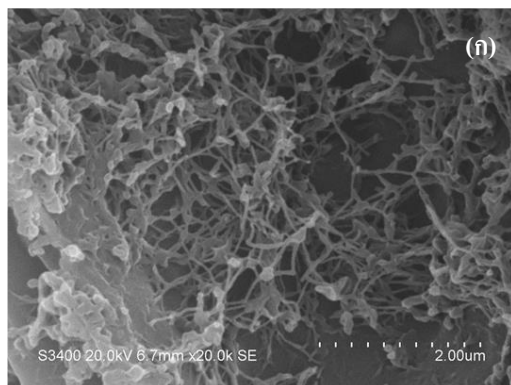
(Aliphatic) โครงสร้างแบบวง (Alicyclic) และแบบวงแหวน (Aromatic) ซึ่งพบแถบของสเปกตรัมในช่วง $1047-1384\text{ cm}^{-1}$ โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของสารแทนนินที่สกัดได้จากพืชบางชนิดซึ่งหมู่ฟังก์ชัน $-\text{OH}$ ในแทนนินมีความสามารถในการเชื่อมต่อกับโลหะได้หลายชนิด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

ซับซ้อนมากกว่าในช่วง $457-1689\text{ cm}^{-1}$ โดยสเปกตรัมในช่วงเลขคลื่น $1054-1021\text{ cm}^{-1}$ และแบนด์เข้มที่ 1310 cm^{-1} เป็นหมู่ฟังก์ชันของ $-\text{S}=\text{O}$ stretching ที่มาจากการดัดแปรไบมันสำปะหลังด้วยกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)

สำหรับผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดดังรูปที่ 4 พบว่าไบมันสำปะหลังชนิดไม่ดัดแปรจะมีรูพรุนน้อยกว่าไบมันสำปะหลังที่ผ่านการดัดแปรด้วยกรดซัลฟิวริก



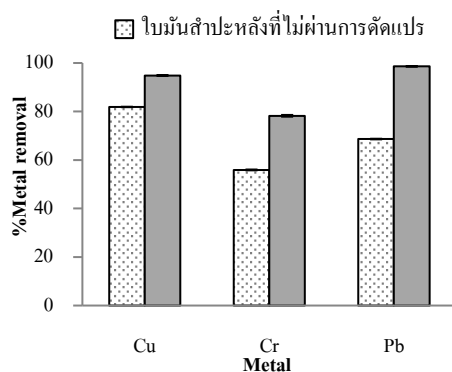
รูปที่ 3 อินฟราเรดสเปกตรัมที่ได้จากไบมันสำปะหลังดัดแปร (ก) และไม่ดัดแปร (ข)



รูปที่ 4 โครงสร้างทางจุลภาคของไบมันสำปะหลังดัดแปร (ก) และไม่ได้ดัดแปร (ข)

3.3 การเปรียบเทียบร้อยละของการกำจัดโลหะโดยใช้ไบมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการดัดแปรและดัดแปร

เมื่อเปรียบเทียบผลการดูดซับโลหะโดยใช้ไบมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการดัดแปรและดัดแปรพบว่า ร้อยละของการกำจัดโลหะโดยใช้ไบมันสำปะหลังดัดแปรมีค่าสูงกว่าการใช้ไบมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการดัดแปรดังแสดงในรูปที่ 5 เนื่องจากไบมันสำปะหลังดัดแปรมีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถดูดซับโลหะได้มากกว่าไบมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการดัดแปร นอกจากนี้เมื่อพิจารณาโครงสร้างทางจุลภาคยังพบว่าไบมันสำปะหลังดัดแปรมีความพรุนมากกว่าไบมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการดัดแปร

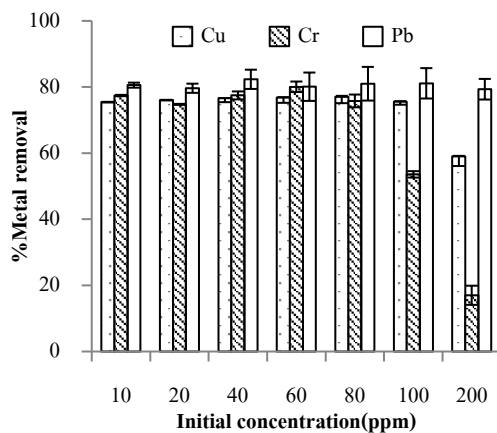


รูปที่ 5 ร้อยละของการกำจัดโลหะโดยใช้ไบมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการดัดแปรและดัดแปร

3.4 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำทิ้งโดยใช้ไบมันสำปะหลังดัดแปร

1. ผลของความเข้มข้นของโลหะเริ่มต้นในน้ำเสียต่อการกำจัดโลหะ

ในการทดลองนี้ได้ศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 10, 20, 40, 60, 80, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตรจากผลการทดลองในรูปที่ 6 พบว่า เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะในน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มขึ้น ร้อยละของการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียด้วยตัวดูดซับไบมันสำปะหลังชนิดดัดแปรจะเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองที่ได้จากการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับผลการทดลองของ ธนิก ภัทรกิตติ ซึ่งได้ทำการศึกษาการกำจัดหนักโดยกระบวนการดูดซับด้วยเปลือก ถั่วเหลือง พบว่าเมื่อปริมาณโลหะหนักเพิ่มมากขึ้น เปลือกถั่วเหลืองจะสามารถดูดซับโลหะได้ดีขึ้นจนถึงจุดสมดุล [11] จากผลการทดลองเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของทองแดงในน้ำเสียเท่ากับ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีร้อยละในการกำจัดทองแดงได้มากที่สุด ประมาณ ร้อยละ 77 ดังนั้นในการทดลองนี้ความเข้มข้นของสารละลายทองแดงเริ่มต้นเท่ากับ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม และตะกั่วเท่ากับ 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

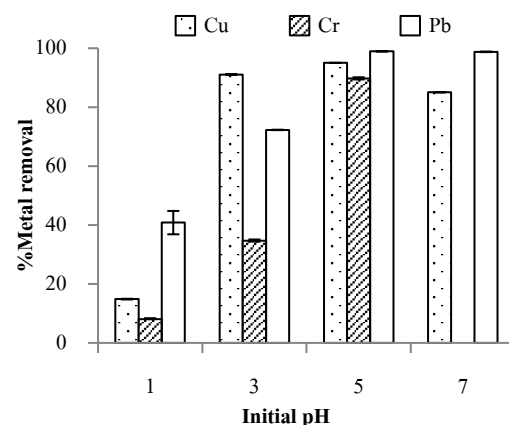


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโลหะเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์และร้อยละของการกำจัดโลหะออกจากน้ำเสีย (ตัวดูดซับ 0.2 กรัม น้ำเสียสังเคราะห์ 20 มิลลิลิตร ระยะเวลา 3 ชั่วโมง)

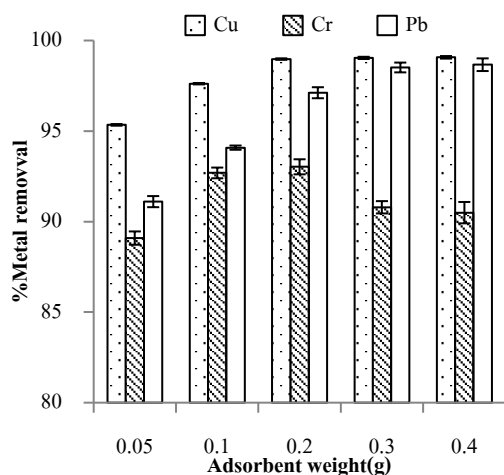
2. ผลของพีเอชเริ่มต้นในน้ำเสียต่อการดูดซับโลหะ

การทดลองนี้ศึกษาพีเอชเริ่มต้นในสารละลายเท่ากับ 1, 3, 5, 7 และ 9 (น้ำหนักของตัวดูดซับ 0.2 กรัม น้ำเสียสังเคราะห์ 20 มิลลิลิตร เวลาในการดูดซับ 1 ชั่วโมง) จากผลการทดลองในรูปที่ 7 พบว่า ตัวดูดซับไบมันสำปะหลังดัดแปรสามารถกำจัดโลหะทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่พีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเท่ากับ 5 และเมื่อค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะ สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปรับค่า pH เริ่มต้นให้เท่ากับ 9 พบว่าในขั้นตอนการเตรียมได้สารละลายเกิดการตกตะกอน ดังนั้นค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะทองแดงเท่ากับ 5 โดยผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดโครเมียมออกจากน้ำเสียด้วยวัสดุชีวภาพ [12] สำหรับการกำจัดโลหะโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์เกิดขึ้นได้ดีที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 5 ร้อยละของการกำจัดโลหะ

โครเมียมออกจากน้ำเสียเท่ากับ 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

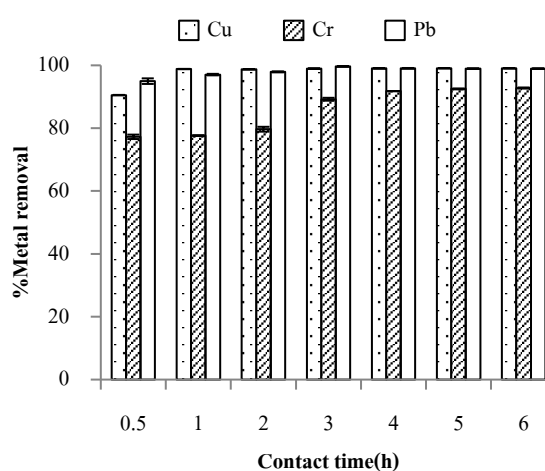
3. ผลของน้ำหนักตัวดูดซับต่อการกำจัดโลหะ

จากผลการทดลองดังรูปที่ 8 การกำจัดโลหะทองแดงออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ตัวดูดซับไบมันสำปะหลังคัดแปร พบว่าเมื่อน้ำหนักตัวดูดซับเพิ่มมากขึ้น ร้อยละของการกำจัดโลหะทองแดงจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้น้ำหนักของตัวดูดซับ เท่ากับ 0.3 กรัม ร้อยละของการกำจัดทองแดงมากที่สุดเท่ากับ 95 สำหรับการกำจัดโลหะโครเมียมและตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ตัวดูดซับไบมันสำปะหลังคัดแปร 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 ร้อยละในการกำจัดโลหะออกจากน้ำเสีย

สังเคราะห์มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ไบมันสำปะหลังคัดแปรเท่ากับ 1 ชั่วโมง ผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยเรื่องการดูดซับโลหะโครเมียมโดยใช้ถ่านเบาสีน้ำตาล [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" วิทยานิพนธ์ 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.