

**บทความวิจัย (Research Article)****การดูดซับไอออนตะกั่วด้วยกากมันสำปะหลังดัดแปลง**สุदारัตน์ สมบัติศรี<sup>1\*</sup>, พนิดา ธงกิ่ง<sup>1</sup>, ปวีณัฐ นามสำลี<sup>1</sup>, ณัฐธิดาณิน ศุภเมธานนท์<sup>1</sup>, วิณา รongจะโปะ<sup>2</sup>**Adsorption of lead ion by modified cassava waste**Sudarat Sombatsri<sup>1\*</sup>, Panida Thongking<sup>1</sup>, Prawenut Namsamlee<sup>1</sup>, Natkanin Supamathanon<sup>1</sup>, Wina Rongchapo<sup>2</sup><sup>1</sup> Department of Applied Chemistry, Faculty of Science and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima Province 30000<sup>2</sup> School of Chemistry, Institute of Science, Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima Province 30000

\* Corresponding author, E-mail: ssombatsri@hotmail.com

Naresuan Phayao J. 2015:8(3):166-169.

**บทคัดย่อ**

ดัดแปลงกากมันสำปะหลังด้วยกรดไทโกลโคลิก เพื่อการดูดซับทางชีวภาพของไอออนตะกั่วในสารละลาย, พบว่าเมื่อใช้สารละลายตะกั่วความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 500 มิลลิกรัม (มก.) ต่อลิตร กับตัวดูดซับ 0.5 กรัม ความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.0 และเวลาดูดซับ 60 นาที, วิเคราะห์จลนศาสตร์ของการดูดซับ ได้ค่าการดูดซับตะกั่วสูงสุดเท่ากับ 47.17 มก. ต่อกรัม

**คำสำคัญ:** กากมันสำปะหลังดัดแปลง, การดูดซับทางชีวภาพ, ตะกั่ว**Abstract**

The modification of Cassava waste was carried out by thioglycolic acid for Lead (Pb) biosorption in the aqueous solution. The kinetic of adsorption was determined, and the maximum adsorption capacity was shown at 47.17 mg/g by using 500 mg/L of the initial Pb (II) concentration with 0.5 g of modified cassava waste in 50mL solution, pH 5.0 and 60 min of contact time.

**Keywords:** Modified cassava waste, biosorption, lead**บทนำ**

น้ำเสียจากหลายโรงงานอุตสาหกรรมอาจประกอบด้วยโลหะเช่น โครเมียม, ทองแดง, ตะกั่ว, สังกะสี, โคบอล, นิกเกิล, แมงกานีส รวมถึงน้ำเสียจากอุตสาหกรรมจากการตกแต่งโลหะขั้นสุดท้ายหรือ

กระบวนการผลิตแร่ธาตุ สำหรับโลหะหนักที่ไม่ย่อยสลายทางชีวภาพ แม้ว่าความเข้มข้นต่ำก็ทำให้เกิดมลพิษอันตราย (hazardous pollutant), ดังนั้นจำเป็นต้องลดปริมาณโลหะในน้ำเสียก่อนปล่อยทิ้ง [1]

<sup>1</sup> สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000<sup>2</sup> สาขาวิชาเคมี สำนักวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

รับต้นฉบับวันที่ 16 พฤษภาคม 2558, รับลงตีพิมพ์วันที่ 27 ตุลาคม 2558

วิธีการลดความเข้มข้นของโลหะที่ใช้บ่อย ประกอบด้วยตกตะกอนด้วยสารเคมี (chemical precipitation), แลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้า (ion-exchange), กระบวนการซึมผ่านด้วยการดูดซับหรือออสโมซิสผันกลับ (adsorption and reverse osmosis) วิธีการเหล่านี้มีข้อเสียเปรียบเช่น ต้นทุนและค่าดำเนินการสูง, มีปัญหาการจัดกากโลหะ [1,2] การศึกษาวัสดุดูดซับจากธรรมชาติราคาถูกจึงน่าสนใจ, ใช้สารแข็งทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ ตัวอย่างเช่น เปลือกไม้ (bark), ไคโตซาน (chitosan), แซนเททเทิลของกรดแซนทิก (xanthate), ซีโอไลต์ (zeolite), ดินเหนียว (clay), พีทมอสส์จาก การย่อยสลายของมอส (peat moss), สาหร่ายทะเล (seaweed), มวลชีวภาพไร้ชีวิต (dead biomass) และอื่นๆ [3-8]

ทว่าการใช้กากพืชเป็นวัสดุดูดซับโดยปราศจากกระบวนการบำบัดทางเคมีทำให้เกิดปัญหาเช่น ความสามารถในการดูดซับ (low adsorption capacity) ต่ำ, ต้องการออกซิเจนในปฏิกิริยาเคมี (chemical oxygen demand) สูง, ต้องการปฏิกิริยาเคมีทางชีวภาพ (biological chemical demand) สูง และคาร์บอนอินทรีย์รวม (total organic carbon) สูง เนื่องจากกากพืชที่ใช้ปลดปล่อยสารอินทรีย์ละลายน้ำออกมา [9,10] มีการศึกษาพบว่ากากมันสำปะหลังสามารถดูดซับทองแดงและนิกเกิล [11,12] คณะผู้วิจัยมุ่งหมายทดลองการดูดซับไอออนตะกั่วด้วยกากมันสำปะหลังดัดแปลงในห้องปฏิบัติการ เพื่อลดปริมาณตะกั่วในระบบการทดสอบ

### วัสดุและวิธีการ

กากมันสำปะหลังน้ำหนัก 500 กรัม, อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (องศาซี), นาน 2 วัน, บดละเอียด, แซกกรดไนตริกความเข้มข้น 0.3 โมลาร์ (M) นาน 24 ชั่วโมง (ชม.), กรองและล้างด้วยน้ำปราศจากประจุ จนความเป็นกรดต่างเป็นกลาง

หลังอบแห้งแช่ด้วยกรดไทโอไกลโคลิกในไฮดรอกซีลามีความเข้มข้น 1 โมลาร์ (M) (1g/250mL), ปั่นกวนนาน 6 ชม., ทิ้งไว้หนึ่งวัน จากนั้นล้างด้วยน้ำปราศจากประจุ, ไฮดรอกซีลามี และน้ำตามลำดับ กรอง, อบแห้ง, บด และร่อนให้ได้ขนาด 250 ถึง 500

ไมโครเมตร ( $\mu\text{m}$ ) [13,14] เมื่อได้ตัวดูดซับแล้ว ตรวจสอบลักษณะเฉพาะของมันเป็นสำปะหลังก่อนและหลังดัดแปลง ด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR: PerkinElmer; Spectrum 100) แสดงดังรูป 1. พบการเปลี่ยนแปลงที่  $2366\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันของ S-H stretching จากกรดไทโอไกลโคลิกเกิดขึ้นบนตัวดูดซับ

ใช้ตัวดูดซับ 0.05, 0.1, 0.5 และ 0.60 กรัมในสารละลายตะกั่วความเข้มข้นเริ่มต้น 500 มิลลิกรัม (มก.) ต่อลิตร, ความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.0 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร (มล.) ปั่นกวนนาน 60 นาที, หาความเข้มข้นของตะกั่วคงเหลือด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุด้วย atomic absorption spectroscopy (AAS: Shimadzu; AA-6300) ที่ความยาวคลื่น 283.3 นาโนเมตร (nm)

คำนวณร้อยละการดูดซับ เท้ากับ ความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้น ( $C_0$ ) [มก. ต่อลิตร] ลบด้วย ความเข้มข้นของตะกั่วดูดซับที่เวลาใด ( $C_t$ ) [มก. ต่อลิตร]หารด้วย ความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้น คูณด้วย 100

$$\text{adsorption (\%)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100$$

คำนวณความสามารถดูดซับที่เวลาใด ( $q_t$ ) [มก. ต่อวัน] เท้ากับ ความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้น ( $C_0$ ) ลบด้วย ความเข้มข้นของตะกั่วที่สมดุล ( $C_t$ ) [มก. ต่อลิตร]หารด้วย ปริมาณตัวดูดซับ ( $W$ ) [กรัม] ค่าที่ได้ทั้งหมดคูณด้วย ปริมาตรของสารละลายตะกั่ว ( $V$ ) [มล.]

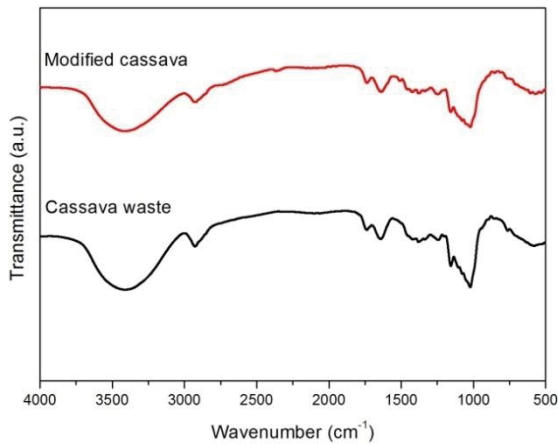
$$q_t = \frac{(C_0 - C_t)V}{W}$$

### ผลการศึกษา

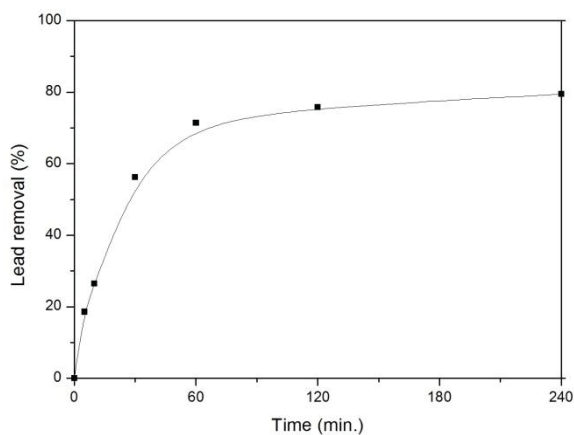
เมื่อใช้ปริมาณสารดูดซับเท่ากับ 0.05, 0.1, 0.5 และ 0.6 กรัม เวลานาน 60 นาที, พบว่ามีค่าร้อยละการดูดซับตะกั่ว (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, standard deviation; SD) เท้ากับ 37.81 (2.05), 48.91 (1.39), 72.22 (1.32) และ 75.61 (1.12) ตามลำดับ

ระยะเวลาดูดซับ 5, 15, 30, 60, 120 และ 240 นาที, ได้ค่าร้อยละการดูดซับตะกั่ว (SD) เท้ากับ 18.59 (2.92), 26.41 (2.37), 56.25 (1.21), 71.47 (1.09), 75.77 (1.35) และ 79.44 (1.11) ตามลำดับ, การดูดซับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 30 นาทีแรก, หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ แสดงดังรูป 2.

แต่ถ้าเมื่อใช้สารดูดซับมวลมากกว่า 0.5 กรัม ระยะเวลาดูดซับมากกว่า 60 นาที และความเป็นกรดต่างมากกว่า 5.0, พบว่ากลับไม่สามารถเพิ่มอัตราเร่งของการดูดซับตะกั่วอย่างชัดเจน



รูป 1. FTIR spectrum ของกากมันสำปะหลังก่อนและหลังการดัดแปลง



รูป 2. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาดูดซับกับสัดส่วนการดูดซับโดยใช้สารดูดซับ 0.5 กรัม

## วิจารณ์

การเพิ่มปริมาณตัวดูดซับขณะปริมาตรสารละลายคงที่, ทำให้มีอัตราการดูดซับเพิ่มขึ้น, เมื่อมีการเพิ่มปริมาณตัวดูดซับ อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณตัวดูดซับมากเกินไปทำให้อัตราส่วนการดูดซับกลับลดลง เพราะน้ำหนักของตะกั่วโลหะหนักต่อน้ำหนักของตัวดูดซับมีค่าลดลง, ทำให้อัตราการดูดซับเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น, ซึ่งตัวดูดซับปริมาณ 0.5 กรัมมีปริมาณเพียงพอสำหรับการดูดซับในระบบ

ระยะเวลาดูดซับเพิ่มในระยะแรกหลังจากนั้นคงที่, สอดคล้องกับการศึกษาหนึ่งของประเทศจีน

กล่าวคือ การดูดซับเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ผ่านไปและคงที่เมื่อเข้าสู่สมดุล [15]

การศึกษาในห้องปฏิบัติการนี้ใช้สารละลายตะกั่วความเข้มข้นเริ่มต้น 500 มก. ต่อลิตร, ถือว่าค่อนข้างสูงมากกว่าการศึกษาอื่น เพื่อกำหนดคุณสมบัติการดูดซับเบื้องต้นของกากมันสำปะหลังดัดแปลง, แนะนำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการคำนวณต้นทุน, ข้อดีข้อเสีย และประสิทธิภาพท่ามกลางสิ่งแวดล้อมของการใช้งานจริง

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ผู้ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการศึกษา

## เอกสารอ้างอิง

1. Kurniawan TA, Chan GYS, Lo WH, Babel S. Physio-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *ChemEng J.* 2006;118(1):83-98.
2. Hui KS, Chao CYH, Kot SC. Removal of mixed heavy metal ions in wastewater by zeolite 4A and residual products from recycled coal fly ash. *J Hazard Mater.* 2005;B127:89-101.
3. Bailey SE, Olin TJ, Bricka RM, Adrian DD. A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals. *Water Res.* 1999;33(11):2469-79.
4. Blais JF, Shen S, Meunier N, Tyagi RD. Comparison of natural adsorbents for metal removal from acidic effluent. *Environ Technol.* 2003;24(2):205-15.
5. Dal Bosco SM, Jimenez RS, Carvalho WA. Removal of toxic metals from wastewater by Brazilian natural scolecite. *J Colloid Interface Sci.* 2005;281(2):424-31.
6. Al-Qunaibit MH, Mekhemer WK, Zaghloul AA. The adsorption of Cu (II) ions on bentonite – a kinetic study. *J Colloid Interface Sci.* 2005;283(2):316-21.

7. Prado AGS, Miranda BS, Zara LF. Adsorption and thermochemical data of divalent cations onto silica gel surface modified with humic acid at solid/liquid interface. *J Hazard Mater.* 2005;B120:243-7.
8. Wingenfelder U, Nowack B, Furrer G, Schulin R. Adsorption of Pb and Cd by amine-modified zeolite. *Water Res.* 2005;39(14):3287-97.
9. Gaballah I, Goy D, Allain E, Kilbertus G, Thauront J. Recovery of copper through decontamination of synthetic solutions using modified barks. *Met Metall Trans B.* 1997;28(1):13-23.
10. Nakajima A, Sakaguchi T, Recovery and removal of uranium by using plant wastes. *Biomass.* 1990;21(1):55-63.
11. Koshashi AN, Febrianto J, Sunarso J, Ju YH, Indraswati N, Ismadji S. Sequestering of Cu(II) from aqueous solution using cassava peel (*Manihotesculenta*). *J Hazard Mater.* 2010;180(1-3):366-74.
12. Kumiawan A, Koshashi AN, Febranto J, Ju YH, Sunarso J, Indraswati, N, et al. Evaluation of cassava peel waste as low cost biosorbent for Ni-sorption: Equilibrium, kinetics, thermodynamics and mechanism. *ChemEng J.* 2011;172(1):158-66.
13. Horsfall Jr M, Abia AA. Sorption of cadmium(II) and zinc(II) ion from aqueous solution by cassava waste biomass (*Manihotesculenta*Cranz). *Water Res.* 2003;37(20):4913-23.
14. Horsfall Jr M, Abia AA, Spiff AI. Kinetic studies on the absorption of  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  and  $Zn^{2+}$  ions from aqueous solutions by cassava (*Manihotesculenta*Cranz) tuber bark waste. *Bioresour Technol.* 2006;97(2):283-91.
15. Feng N, Guo X, Liang S, Zhu Y, Liu J. Biosorption of heavy metals from aqueous solutions by chemically modified orange peel. *J Hazard Mater.* 2011;185(1):49-54.