การดูดซับโลหะหนักของเซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพด

Adsorption of Heavy Metals by Cellulose Phosphate from Corn Husks

สุธิดา ทองคำ* วิโรจน์ สามสี อรนุช พงศากสิกร และศศิมาภรณ์ หมื่นสุข

Suthida Thongkam*, Wirot Samsee ,Oranuch Pongsakasikorn and Sasimaporn Muansuk

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Division of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University

Received : 23 August 2016

Accepted : 26 January 2017

Published online : 22 February 2017

บทคัดย่อ

การศึกษาการสังเคราะห์เซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดและการดูดซับโลหะหนัก 2ชนิด ประกอบด้วยตะกั่วและแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ทำได้โดยการสกัดเซลลูโลสและสังเคราะห์เซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดผ่านปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชัน จากนั้นทดสอบความสามารถในการดูดซับโลหะหนัก พบว่าปริมาณเซลลูโลสที่ได้คิดเป็นร้อยละ 21.13 โดยน้ำหนัก เมื่อสังเคราะห์เป็นเซลลูโลสฟอสเฟตและนำมาวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตพบว่ามีฟอสเฟตร้อยละ 0.415 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำเซลลูโลสฟอสเฟตที่สังเคราะห์ขึ้นมาทดสอบการดูดซับปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์และเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะหนักทั้งสองชนิด พบว่าสามารถดูดซับตะกั่วได้ดีกว่าแคดเมียมที่ทุกสภาวะที่ทำการทดลองและประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักทั้งสองขึ้นอยู่กับเวลาและปริมาณของเซลลูโลสฟอสเฟตที่ใช้ในการดูดซับ

คำสำคัญ : เซลลูโลสฟอสเฟตเปลือกข้าวโพด การดูดซับโลหะหนัก

Abstract

The present study investigates the synthesis of cellulose phosphate (CP) from corn hulks as an adsorption material for the removal of two heavy metals, lead and cadmium, from synthesis wastewater. The CP was synthesized by the cellulose extraction from corn husks and following the phosphorylation reaction. Then, the heavy metals adsorption ability of cellulose phosphate were tested. The results reveal that yield of cellulose was 21.13 percent by weight and synthesis of CP found that yield of phosphate was 0.415 percent by weight. The efficiencies of CP for removal different heavy metals from synthesis wastewater were tested. The heavy metals adsorption ability was observed that the efficiency of CP for adsorption of lead is higher than efficiency for adsorption of cadmium. In addition, the efficiency of adsorption also depend on the incubation time and amount of CP.

Keywords : cellulose phosphate, corn husks, heavy metals absorption

***Corresponding author. E-mail** :suthida_chem@hotmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันน้ำเสียที่ถูกทิ้งออกจากห้องปฏิบัติการในสถานศึกษาและในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆยังไม่มีการจัดการที่ถูกต้องเนื่องจากการขาดความรู้เบื้องต้นและขาดงบประมาณในการจัดการน้ำก่อนจะทิ้งลงสู่แหล่งน้ำซึ่งจะทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม ไม่ว่าจะเป็นน้ำเสีย หรือส่งผลให้สิ่งมีชีวิตในน้ำตายลงเป็นจำนวนมาก ซึ่งน้ำที่มีส่วนประกอบที่จำเป็นต้องจัดการควบคุมอย่างเข้มงวดประเภทหนึ่งได้แก่สารประกอบของโลหะหนัก เช่น แคดเมียม(Cd) ตะกั่ว(Pb) โครเมียม (Cr) และโลหะหนักอื่นๆหากปล่อยลงแหล่งน้ำจะเกิดการสะสมในสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งพืชและสัตว์น้ำ ที่มนุษย์ใช้บริโภคซึ่งเมื่อมนุษย์บริโภคพืชหรือสัตว์น้ำที่มีโลหะหนักอยู่โลหะหนักก็จะสะสมอยู่ในมนุษย์แทน ซึ่งก็จะก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคพิษปรอท และ โรคพิษแคดเมียม (Dokbua *et al*, 2008)

การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียปัจจุบันมีอยู่หลายวิธี ซึ่งวิธีการส่วนใหญ่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการควบคุมระบบ รวมถึงค่าใช้จ่ายที่มีราคาสูง เช่น การตกตะกอนทางเคมี กระบวนการทางไฟฟ้าเคมี การออสโมซิสแบบผันกลับ เป็นต้น (Nitimongkolchai, 2003) การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียมีวิธีที่ทำได้ไม่ยุ่งยากมากนักคือการใช้วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กำจัดโลหะหนักในน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพเรซิน (resin) เป็นสารสำคัญที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้ซึ่งเตรียมได้โดยการนำโพลิเมอร์เช่นโพลีสไตรีนมาทำการเติมหมู่กรดซัลโฟนิคกรดคาร์บอกซิลิกก็จะทำให้ได้เรซินที่มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออนแต่สารแลกเปลี่ยนไอออนเหล่านี้ส่วนใหญ่จะใช้ในงานวิเคราะห์หรือการทำน้ำให้บริสุทธิ์ซึ่งต้องใช้วัตถุดิบที่มีความบริสุทธิ์สูงในการเตรียมทำให้มีราคาสูงเกินกว่าจะนำมาจำกัดโลหะได้จากการศึกษาพบว่านักวิจัยได้พยายามศึกษา ค้นคว้าเพื่อที่จะนำวัสดุทางการเกษตรต่างๆมาใช้เพื่อแลกเปลี่ยนไอออนและดูดซับไอออนของโลหะ เช่น เซลลูโลสซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายเรซินโครงสร้างของเซลลูโลสสามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้เทียบเท่ากับเรซิน ดังนั้นการเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนให้กับเซลลูโลสทำได้โดยเพิ่มหมู่ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนไอออน เช่น หมู่ฟอสเฟต (Dokbua*et al*, 2008)

เปลือกข้าวโพดเป็นวัสดุที่เหลือจากการเกษตรที่ไม่ค่อยถูกนำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งเปลือกข้าวโพดมีปริมาณเซลลูโลสอยู่มากสามารถนำมาเปลี่ยนเป็นเซลลูโลสฟอสเฟต (cellulose phosphate) ด้วยวิธีฟอสโฟไรเลชั่น(Phosphorylation) เพื่อเพิ่มหมู่ฟอสฟอริกแอซิด (phosphoric acid) ให้มากขึ้นและเป็นการเพิ่มความสามารถในการดูดซับไอออนแต่เนื่องจากประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักขึ้นอยู่กับปริมาณความจุไอออนของวัสดุที่สังเคราะห์ได้ ความสำคัญจึงอยู่ที่การสังเคราะห์ให้ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการจับโลหะหนักได้มาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์และศึกษาประสิทธิภาพของเซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดในการดูดซับโลหะหนักในน้ำเสีย

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การเตรียมตัวอย่างและการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกข้าวโพด(Reddy *et al*., 2005; Dokbua *et al*., 2008)

เตรียมตัวอย่างโดยการต้มเปลือกข้าวโพด 100 กรัม ในสารละลาย 16% โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นแล้วกรอง และนำมาล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง เพื่อกำจัดโซเดียมไฮดรอกไซด์จากนั้นนำเปลือกข้าวโพด

ที่ได้มาบดให้ละเอียดและอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปสกัดเซลลูโลสโดยการชั่งเปลือกข้าวโพดที่เตรียมได้3.00 กรัม เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น 0.255 นอร์มอลปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปต้มนาน30 นาที จากนั้นกรองและนำตะกอนที่ได้มาต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.313 นอร์มอล ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นาน 30 นาที กรองแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักและคำนวณหาร้อยละของเซลลูโลสที่ได้ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ตอนที่ 2 การสังเคราะห์เซลลูโลสฟอสเฟตและการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต

2.1 การสังเคราะห์เซลลูโลสฟอสเฟต(Lim, 2011)

นำเซลลูโลสที่สกัดได้จำนวน 3 กรัม เติมยูเรียและกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 22.4 กรัม และ 16.8 มิลลิลิตร ตามลำดับ ให้ความร้อนในอ่างน้ำมันที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ทิ้งให้เย็นแล้วนำไปกรอง จากนั้นล้างด้วยน้ำอุ่นและแอซีโตน นำไปอบแบบลดความดันที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตด้วยเครื่องยูวี – วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV – Visible Spectrophotometer) ต่อไปทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต (Lim, 2011)

การวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตทำโดยใช้แอนไฮดรัสโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนออโทฟอสเฟต (anh.KH_2PO_4) เป็นสารละลายมาตรฐานโดยเตรียมสารละลายวานาเดตโมลิบเดต (Vanadate-molybdate reagent) จากแอมโมเนียมโมลิบเดต ($(NH_4)_2MoO_4$) 2.5กรัมละลายในน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร และแอมโมเนียมเมตะวานาเดต(NH_4VO_3)0.125 กรัมละลายในน้ำเดือด 30มิลลิลิตรทิ้งให้เย็น จากนั้นนำสารละลายทั้งสองมาผสมกันและปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรเตรียมสารละลายมาตรฐานเป็น stock solution ที่ความเข้มข้น 100 ppm. จากนั้นนำมาเจือจางต่อให้ได้ความเข้มข้นเป็น 10, 25, 50, และ 75 ppmนำสารละลายวานาเดตโมลิบเดตที่เตรียมได้เติมลงในสารละลายมาตรฐานแต่ละเข้มข้น ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรครบ 50 มิลลิลิตรเตรียมแบลงค์(blank) โดยใช้สารละลายวานาเดตโมลิบเดต5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นย่อยตัวอย่างเซลลูโลสฟอตเฟต0.1 กรัม ด้วยกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) เข้มข้น จำนวน 5 มิลลิลิตร เติมสารละลายวานาเดตโมลิบเดต 5 มิลลิลิตรและเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 นาทีหรือจนกว่าจะมีสีเหลืองเกิดขึ้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตรทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ตอนที่ 3 การศึกษาการดูดซับโลหะหนักของเซลลูโลสฟอสเฟต

3.1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ (Dokbua *et al*, 2008)

เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งประกอบด้วยตะกั่วและแคดเมียมเข้มข้น5.0และ 0.7ppmตามลำดับ ปรับค่า pH ของน้ำเสียที่เตรียมขึ้นเป็น 5 โดยใช้สารละลายกรดไนตริก 0.5 โมลาร์

3.2การศึกษาการดูดซับโลหะหนักของเซลลูโลสและเซลลูโลสฟอสเฟต(Castro *et al*, 2003)

ทำโดยชั่งเซลลูโลสและเซลลูโลสฟอสเฟต ชนิดละ 100 มิลลิกรัมลงในบกเกอร์อย่างละ1 ใบเติมลงในน้ำเสียสังเคราะห์ 100 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ทั้งสองนำไปตั้งบนเครื่องกวนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตั้งของผสมทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาที เก็บตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ส่วนใสไปย่อยให้มีปริมาตรเหลือเพียง 20 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ นำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณของตะกั่วและแคดเมียมที่เหลืออยู่ใน

สารละลายโดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer ; AAS) เทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานตะกั่วและแคดเมียม

ในการศึกษาความสามารถในการดูดซับโลหะหนักของเซลลูโลสฟอตเฟตจากเปลือกข้าวโพดในงานวิจัยนี้ศึกษาผลของเวลาและปริมาณของเซลลูโลสฟอสเฟตที่ใช้ในการดูดซับโดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้ การศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการดูดซับตะกั่วและแคดเมียม เข้มข้น 5.0 และ 0.7 ppm ตามลำดับ โดยศึกษาที่เวลา 60, 120, 180 และ 240 นาที ตามลำดับ โดยใช้เซลลูโลสฟอสเฟต 100 มิลลิกรัมและทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ศึกษาผลของปริมาณเซลลูโลสฟอสเฟตที่ใช้ในการดูดซับตะกั่วและแคดเมียม เข้มข้น 5.0 และ 0.7 ppm ตามลำดับ โดยศึกษาที่ปริมาณของเซลลูโลสฟอสเฟตที่ใช้ 100, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัม เวลาที่ใช้ในการดูดซับ120 นาทีและทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ตอนที่ 1 ผลการเตรียมตัวอย่างและการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกข้าวโพด

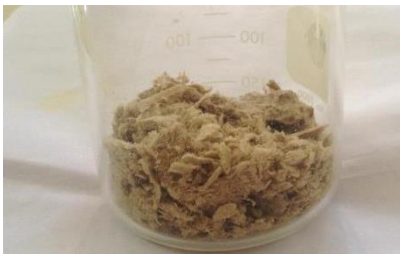
เตรียมตัวอย่างเปลือกข้าวโพดโดยการต้มเปลือกข้าวโพดจำนวน 100 กรัม ในสารละลาย16% โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำมาสกัดเซลลูโลส พบว่าได้เซลลูโลสจากเปลือกข้าวโพดคิดเป็นร้อยละเซลลูโลส 21.13 โดยน้ำหนัก และเซลลูโลสที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ มีสีขาวอมเหลืองดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 เซลลูโลสที่สกัดจากเปลือกข้าวโพด

ตอนที่ 2 ผลการสังเคราะห์เซลลูโลสฟอสเฟตและการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต

2.1 ผลการสังเคราะห์เซลลูโลสฟอสเฟต

ในการทำปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชัน ทำได้โดยการนำเซลลูโลสที่สกัดได้จำนวน 3 กรัมมาทำปฏิกิริยากับยูเรีย (NH_2CONH_2) และกรดฟอสฟอริก(H_3PO_4)ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ150องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาทีพบว่าเซลลูโลสฟอสเฟตที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นคล้ายกระดาษสาและบางส่วนเป็นผงละเอียดมีสีน้ำตาลอ่อน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดที่สังเคราะห์ขึ้น

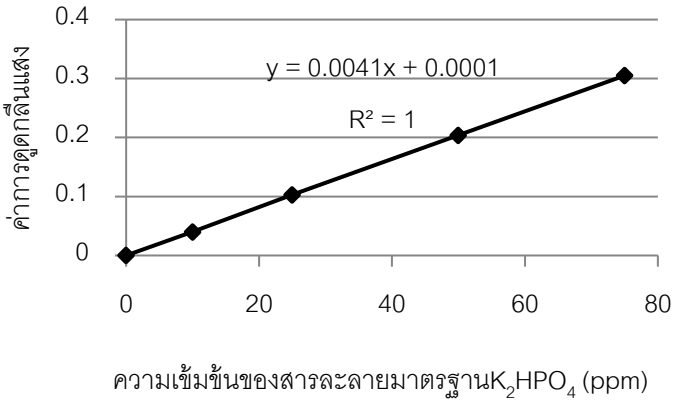
2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตของเซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดโดยใช้แอนไฮดรัสโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนออโทฟอสเฟต (anh.KH_2PO_4) เป็นสารละลายมาตรฐานพบว่ามีปริมาณฟอสเฟตร้อยละ0.415โดยน้ำหนักของเซลลูโลสฟอสเฟตที่สังเคราะห์ได้ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานแอนไฮดรัสโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนออโทฟอสเฟตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (ppm)	**ค่าการดูดกลืนแสง**
0	0
10	0.040
25	0.103
50	0.204
75	0.305

และเมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานมาสร้างกราฟมาตรฐาน แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟมาตรฐานของสารละลายแอนไฮดรัสโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนออโทฟอสเฟต

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาการดูดซับโลหะหนักของเซลลูโลสและเซลลูโลสฟอสเฟต

3.1 ผลการดูดซับโลหะหนักของเซลลูโลสและเซลลูโลสฟอสเฟต

จากการศึกษาผลการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมของเซลลูโลสและเซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพด โดยนำเซลลูโลสและเซลลูโลสฟอสเฟตจำนวน 100 มิลลิกรัม กวนในน้ำเสียสังเคราะห์ 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ของเซลลูโลสและเซลลูโลสฟอสเฟต

ตัวดูดซับ	**ความเข้มข้นที่เหลือของโลหะหนัก**(ppm)		**ประสิทธิภาพในการดูดซับ**(mg/g)	
	ตะกั่ว	**แคดเมียม**	**ตะกั่ว**	**แคดเมียม**
เซลลูโลส	4.996	0.692	0.26	0.10
เซลลูโลสฟอสเฟต	2.834	0.041	21.88	6.61

ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วและแคดเมียม 5.022และ 0.702 ppm ตามลำดับ

จากตารางที่ 2 พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมของเซลลูโลสเป็น 0.26 และ 0.10 mg/g ตามลำดับ และประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมของเซลลูโลสฟอสเฟตเป็น 21.88 และ 6.61 mg/g ตามลำดับ และจากผลการศึกษาประสิทธิในการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมของเซลลูโลสฟอสเฟตพบว่า เซลลูโลสฟอสเฟตมีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วได้ดีกว่าแคดเมียม

3.2 ผลของเวลาในการดูดซับโลหะหนักของเซลลูโลสฟอสเฟต

จากผลการศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมของเซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดโดยนำเซลลูโลสฟอสเฟต จำนวน 100มิลลิกรัม กวนในน้ำเสียสังเคราะห์เป็นเวลา 60 , 120, 180และ 240 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมที่เหลืออยู่ในน้ำเสียสังเคราะห์ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วของเซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดที่เวลาต่าง ๆที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานตะกั่วเริ่มต้น 5.022 ppm

เวลาที่ใช้ในการดูดซับ (นาที)	**ความเข้มข้นที่เหลือ** (ppm)	**ประสิทธิภาพในการดูดซับ** (mg/g)
0	5.022	0.00
60	3.417	16.05[a]
120	3.164	18.58[b]
180	2.949	20.73[c]
240	2.834	21.88[d]

a, b, c และ d หมายถึงประสิทธิภาพในการดูดซับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 3 พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วของเซลลูโลสฟอสเฟตที่เวลา 60,120,180 และ 240 นาที คิดเป็น16.05, 18.58, 20.73 และ21.88 mg/g ตามลำดับ และพบว่าที่เวลาต่าง ๆ ประสิทธิภาพในการดูดซับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมของเซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดที่เวลาต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแคดเมียมเริ่มต้น 0.702 ppm

เวลาที่ใช้ในการดูดซับ (นาที)	**ความเข้มข้นที่เหลือ** (ppm)	**ประสิทธิภาพในการดูดซับ** (mg/g)
0	0.702	0.000
60	0.109	5.93[a]
120	0.048	6.54[b]
180	0.042	6.60[b]
240	0.041	6.61[b]

aและb หมายถึงประสิทธิภาพในการดูดซับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมที่เวลา 60, 120, 180 และ 240 นาที คิดเป็น5.93, 6.54, 6.60 และ 6.61 mg/g ตามลำดับ และพบว่าเซลลูโลสฟอสเฟตสามารถดูดซับแคดเมียมได้ดีที่สุดที่เวลา 120 – 240 นาที หรือเวลาตั้งแต่ 120 นาที ขึ้นไปไม่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับแคดเมียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.05

3.3 ผลของปริมาณเซลลูโลสฟอสเฟตที่ใช้

ปริมาณของเซลลูโลสฟอสเฟตที่ศึกษาประกอบด้วย100, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัม ตามลำดับ ที่เวลาในการดูดซับ 120 นาทีผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วของเซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดที่ปริมาณแตกต่างกันที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานตะกั่วเริ่มต้น 5.022 ppm

ปริมาณเซลลูโลสฟอสเฟต (มิลลิกรัม)	**ความเข้มข้นที่เหลือ** (ppm)	**ประสิทธิภาพในการดูดซับ** (mg/g)
0	5.022	0.000
100	3.164	18.58[a]
200	2.015	30.07[b]
400	1.433	35.89[c]
800	0.000	50.22[d]

a, b, c และ d หมายถึง ประสิทธิภาพในการดูดซับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 พบว่า การดูดซับตะกั่วโดยใช้เซลลูโลสฟอสเฟตจำนวน 100, 200 , 400 และ800 มิลลิกรัม กวนในสารละลายตะกั่วมาตรฐานเข้มข้น 5.002 ppmเป็นเวลา 120 นาที ประสิทธิภาพในการดูดซับเท่ากับ 18.58, 30.07, 35.89 และ 50.22 ตามลำดับ และปริมาณของเซลลูโลสที่ใช้มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05โดยเซลลูโลสฟอสเฟตสามารถดูดซับตะกั่วได้หมดเมื่อใช้เซลลูโลสฟอสเฟต 800 มิลลิกรัม

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมของเซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดที่ปริมาณแตกต่างกัน ที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแคดเมียมเริ่มต้น 0.702 ppm

ปริมาณเซลลูโลสฟอสเฟต (มิลลิกรัม)	**ความเข้มข้นที่เหลือ (ppm)**	**ประสิทธิภาพในการดูดซับ (mg/g)**
0	0.702	0.000
100	0.048	6.54[a]
200	0.032	6.70[a]
400	0.000	7.02[b]
800	0.000	7.02[b]

aและb หมายถึง ประสิทธิภาพในการดูดซับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 6 พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมโดยใช้เซลลูโลสฟอสเฟต 100, 200 , 400 และ800 มิลลิกรัม กวนในสารละลายแคดเมียมมาตรฐานเข้มข้น 0.702 ppm เป็นเวลา 120 นาที มีประสิทธิภาพในการดูดซับเท่ากับ 6.54, 6.70, 7.02 และ 7.02 ตามลำดับ และปริมาณของเซลลูโลสที่ใช้มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05และสามารถดูดซับแคดเมียมได้หมดเมื่อใช้เซลลูโลสฟอสเฟต 400 – 800 มิลลิกรัม

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะทั้งสองชนิดของเซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดดังตารางที่ 3 ถึงตารางที่ 6 พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วของเซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดดีกว่าการดูดซับแคดเมียมที่สภาวะการศึกษาเดียวกัน

สรุปผลการวิจัย

เซลลูโลสจากเปลือกข้าวโพดสามารถนำมาสังเคราะห์เป็นเซลลูโลสฟอสเฟตได้โดยผ่านปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชัน และเมื่อนำเซลลูโลสและเซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดมาศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนัก 2 ชนิด ประกอบด้วย ตะกั่วและแคดเมียม พบว่า เซลลูโลสฟอสเฟตจากเปลือกข้าวโพดสามารถดูดซับโลหะหนักทั้ง 2 ชนิดได้ โดยสามารถดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีกว่าแคดเมียมในทุกสภาวะการทดลองและประสิทธิภาพในการดูดซับนี้ขึ้นอยู่กับเวลาและปริมาณของเซลลูโลสที่ใช้ในการดูดซับ

เอกสารอ้างอิง

Dokbua. J, Phasuk. S and Tundulawessa. Y.(2008).Efficeincy of Cellulose Phosphate from Straw and Bagasse for Adsorption Lead and Cadmium in Waste Water.MasterofScienceThesis in Science Education. ValayaAlongkornRajabhat University.(In Thai)

Castro,Gustavo Rocha de,Ilton Luiz de Alcântara, Paulo dos Santos Roldan,Dorotéia de FátimaBozano, Pedro deMagalhãesPadilha, Ariovaldo de Oliveira Florentino and Julio Cesar Rocha. (2004). Synthesis, Characterizationand Determination of Cellulose Modified with p-Aminobenzoic Group. Materials Research, vol.7, 329-334.

Lim, S.; Seib, P.A. (2011) Preparation and pasting properties of wheat and corn starch phosphates. Cereal Chem. 1993, *70*, 137–144.

Nitimongkolchai.W.(2003). Removal of Chromium Industrial Wasewater by Bagasse Rasin.A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Public Health Graduate School KhonKaen University.(In Thai)

Reddy, N., & Yang, Y. (2005). Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. TRENDS in Biotechnology, *23*(1), 22–27.