วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 กุมภาพันธ์ –พฤษภาคม 2551

การศึกษาประสิทธิภาพเซลลูโลสฟอสเฟตจากฟางข้าวและชานอ้อยเพื่อใช้ดูดซับตะกั่วและแคดเมียมในน้ำเสีย

EFFICIENCY OF CELLULOSE PHOSPHATE FROM STRAW AND BAGASSE FOR ADSORPTION LEAD AND CADMIUM IN WASTE WATER

[1)]จิตตรา ดอกบัว [2)]ผศ.ดร.ศิริกานต์ ผาสุข [3)]รศ.ดร.ยงยุทธ ตัณฑุลเวสส
[1)]Jittra Dokbua [2)] Asst.Dr.Sirikarn Phasuk [3)]Assoc.Prof.Dr.Yongyuth Tundulawessa

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในฟางข้าวและชานอ้อยที่ผ่านปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชัน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมได้จากฟางข้าวและชานอ้อยในการดูดซับโลหะหนัก และเพื่อจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการให้ความรู้แก่นักศึกษาในเรื่อง การบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียด้วยเซลลูโลสฟอสเฟต

ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณฟอสเฟตในฟางข้าวและชานอ้อยเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้นในการทำปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชัน และเมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมในน้ำเสียที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการและน้ำเสียจากโรงงาน พบว่าเซลลูโลสฟอสเฟตจากฟางข้าวและชานอ้อยมีความสามารถในการดูดซับ ตะกั่วได้ดีกว่าแคดเมียม และเซลลูโลสฟอสเฟตจากฟางข้าวมีความสามารถในการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมได้ดีกว่าเซลลูโลสฟอสเฟตจากชานอ้อย ผลการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบวัดความรู้ก่อนและหลังการอบรม ของผู้เข้ารับการอบรม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าการอบรมทำให้ผู้เข้าอบรมมีความรู้เกี่ยวกับการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียเพิ่มขึ้น และมีความพึงพอใจในการอบรมอยู่ในระดับมาก และทักษะพฤติกรรมการทดลองอยู่ในระดับมาก

[1)] นักศึกษาหลักสูตร ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

[2), 3)] อาจารย์ประจำหลักสูตร ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ABSTRACT

The objectives of this research were to study the optimum condition for increasing the amount of phosphate from the phosphorylation of straw and bagasse, to study the heavy metal absorption efficiency of cellulose phosphate obtained from straw and bagasse and to provide the knowledge and train students in the heavy metal treatment from waste water by using cellulose phosphate.

From the phosphorylation the results show that the amount of phosphate in straw and bagasse increase with temperature and time. When tested the absorption efficiency with the prepared waste water and the waste water from industry contaminated with lead and cadmium, we found that the cellulose phosphate obtained from both straw and bagasse can absorb lead better than cadmium. In addition, cellulose phosphate obtained from straw shows higher absorption efficiency than cellulose phosphate obtained from bagasse. From the training, the average scores from the test before and after training are significantly different at 0.05 levels. It means the trainees earn the knowledge in the heavy metal waste water treatment and they highly satisfy this training.

ความสำคัญของปัญหา

ส่วนประกอบในน้ำเสียที่จำเป็นต้องจัดการควบคุมอย่างเข้มงวดประเภทหนึ่งได้แก่ สารประกอบของโลหะหนักเช่น แคดเมียม ปรอท โครเมียม และโลหะหนักอื่นๆ นั้น หากปล่อยลงแหล่งน้ำจะเกิดการสะสมในสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทั้งพืชและสัตว์น้ำที่มนุษย์ใช้บริโภค ซึ่งเมื่อมนุษย์บริโภคปลาที่มีโลหะหนักอยู่ โลหะหนักก็จะถูกสะสมในตัวมนุษย์แทน ก่อให้เกิดโรคต่างๆ การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย ปัจจุบันมีวิธีการแยกโลหะหนักออกจากน้ำเสียหลายวิธี เช่น การตกตะกอนทางเคมี กระบวนการออสโมซีสแบบผันกลับ กระบวนการทางไฟฟ้าเคมี การทำให้ลอยตัว เป็นต้น(วรรณภา นิติมงคลชัย. 2546**.)** ซึ่งวิธีการดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญในการควบคุมระบบ รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมีและเครื่องมือที่มีราคาแพง

การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย มีวิธีหนึ่งที่ทำได้ไม่ยุ่งยากมากนักก็คือ การใช้วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน(Ion exchange) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กำจัดโลหะหนักในน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ สารเรซินแลกเปลี่ยนไอออนสามารถเตรียมได้โดยการนำโพลิเมอร์ เช่น โพลีสไตลีน มาทำการเติมหมู่กรดซัลโฟนิค กรดคาร์บอกซีลิก ก็จะทำให้ได้สารเรซินที่มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนแคทไอออนออกมา แต่สารแลกเปลี่ยนไอออนเหล่านี้ โดยส่วนใหญ่จะใช้ในงานวิเคราะห์หรือการทำน้ำให้บริสุทธิ์ ซึ่งทำให้ต้องใช้วัตถุดิบที่มีความบริสุทธิ์สูงในการเตรียม ทำให้มีราคาสูงเกินกว่าจะเอามาใช้กำจัดโลหะหนักได้ ฟางข้าวและชานอ้อย ซึ่งเป็นแหล่งเซลลูโลสตามธรรมชาติ สามารถนำมา

เปลี่ยนแปลงเป็นเซลลูโลสฟอสเฟต โดยการทำปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชัน เพื่อเพิ่มเติมหมู่ฟอสฟอรัสให้มากขึ้นและเป็นการเพิ่มความสามารถในการดูดซับไอออน

คำสำคัญ

ฟางข้าว ชานอ้อย เซลลูโลสฟอสเฟต ปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชัน การดูดซับตะกั่วและแคดเมียม

โจทย์วิจัย/ปัญหาวิจัย

ฟางข้าวและชานอ้อยที่นำมาทำปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชันในสภาวะที่เหมาะสม จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมได้ดีมากน้อยเพียงใด

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในฟางข้าวและชานอ้อยที่ผ่านปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชัน

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมได้จากฟางข้าวและชานอ้อยในการดูดซับโลหะหนัก

3. เพื่อจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการให้ความรู้แก่นักศึกษาในเรื่อง การบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียด้วยเซลลูโลสฟอสเฟต

วิธีดำเนินการวิจัย

1 การสำรวจข้อมูลพื้นฐาน โดยศึกษาคุณสมบัติของเซลลูโลส ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสีย ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการนำเซลลูโลสมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

2. ขั้นตอนนี้เป็นการวางแผนการทดลอง โดยศึกษาวิธีการเตรียมเซลลูโลสจากฟางข้าวและชานอ้อยเพื่อให้ได้เซลลูโลสที่มีสิ่งปนเปื้อนน้อย ศึกษาวิธีการสังเคราะห์เซลลูโลสฟอสเฟตด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการทดลอง

3. ทำการทดลองเตรียมเซลลูโลสจากฟางข้าวและชานอ้อย เพื่อให้ได้เซลลูโลสที่มีสิ่งปนเปื้อนน้อย ทำการสังเคราะห์เซลลูโลสฟอสเฟตที่สภาวะต่างๆ ได้เซลลูโลสฟอสเฟตสำหรับนำไปทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วและแคดเมียม

4. การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมของเซลลูโลสฟอสเฟตที่สังเคราะห์ได้ โดยทดสอบกับน้ำเสียที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการและน้ำเสียจากโรงงาน

5. การจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่นักศึกษา จำนวน 30 คน เรื่องการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียด้วยเซลลูโลสฟอสเฟต การจัดกิจกรรมมีการบรรยาย การอภิปรายซักถามความเข้าใจ

ระหว่างการอภิปราย การสังเกตการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เข้าอบรมได้รับความรู้ ทักษะพฤติกรรมการทดลอง และความพึงพอใจในการเข้าร่วมอบรม

6. ประเมินผลการอบรมโดยการทดสอบวัดความรู้ก่อนและหลังการอบรม สำรวจความพึงพอใจในการอบรม และประเมินทักษะพฤติกรรมการทดลอง

ผลการวิจัย

1. การทดลองหาปริมาณฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นในฟางข้าว ที่ผ่านการทำปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชันที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 60, 90 และ 120 นาที พบว่ามีปริมาณฟอสเฟตร้อยละ 1.52, 1.72 และ 1.85 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณฟอสเฟตร้อยละ 2.42, 2.62 และ 3.27 ตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นในชานอ้อย ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณฟอสเฟตร้อยละ 1.45, 1.53 และ 1.71 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณฟอสเฟตร้อยละ 1.93, 2.11 และ 3.16 ตามลำดับ

2. การทดสอบหาประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสีย ที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการของเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมจากฟางข้าว โดยเตรียมจากปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชันที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 60, 90 และ 120 นาที พบว่า สามารถดูดซับตะกั่วได้ร้อยละ 90.40, 91.80 และ 92 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถดูดซับตะกั่วได้ร้อยละ 90.80, 91.80 และ 94 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วของเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมจากชานอ้อย ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถดูดซับตะกั่วได้ร้อยละ 87.60, 88.00 และ 91.40 ตามลำดับที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถดูดซับตะกั่วได้ร้อยละ 88.20, 90.20 และ 92 ตามลำดับ

3. การทดสอบหาประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมในน้ำเสีย ที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการของเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมจากฟางข้าว โดยเตรียมจากปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชันที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 60, 90 และ 120 นาที พบว่า สามารถดูดซับแคดเมียมได้ร้อยละ 75.60, 81.60 และ 86.40 ตามลำดับที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถดูดซับแคดเมียมได้ร้อยละ 86.60, 87 และ 88.40 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมของเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมจากชานอ้อย ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถดูดซับแคดเมียมได้ร้อยละ 71.40, 74 และ 77.60 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถดูดซับแคดเมียมได้ร้อยละ 83.80, 84 และ 85.60 ตามลำดับ

4. การทดสอบหาประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียจากโรงงาน ของเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมจากฟางข้าว โดยเตรียมจากปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชันที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 60, 90 และ 120 นาที พบว่า สามารถดูดซับตะกั่วได้ร้อยละ 54.72, 46.23

และ 47.17 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถดูดซับตะกั่วได้ร้อยละ 58.49, 50.94 และ 50. 94 ตามลำดับ ประสิทธภาพของเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมจากชานอ้อย ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถดูดซับตะกั่วได้ร้อยละ 35.85, 33.96 และ 39.62 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถดูดซับตะกั่วได้ร้อยละ 33.02, 26.43 และ 16.93 ตามลำดับ

5. การทดสอบหาประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมในน้ำเสียจากโรงงาน ที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการของเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมจากฟางข้าว โดยเตรียมจากปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชันที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 60, 90 และ 120 นาที พบว่า สามารถดูดซับแคดเมียมได้ร้อยละ 68.95, 63.93 และ 78.08 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถดูดซับแคดเมียมได้ร้อยละ 77.63, 69.86 และ 73.97 ตามลำดับ ประสิทธิภาพของเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมจากชานอ้อย ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถดูดซับแคดเมียมได้ร้อยละ 61.19, 68.95 และ 65.75 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถดูดซับแคดเมียมได้ร้อยละ 70.78, 68.95 และ 67.12 ตามลำดับ

6. การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่นักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูประถัมภ์ ผลการอบรมพบว่า ผู้เข้ารับการอบรมความรู้เพิ่มขึ้นกว่าก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผู้เข้าอบรมมีทักษะพฤติกรรมการทดลอง อยู่ในระดับมาก และผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจในการเข้ารับการอบรมอยู่ในระดับมาก

อภิปรายผล

1. การสังเคราะห์สารด้วยวิธีฟอสฟอรีเลชัน โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา โดยทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส และ 150 องศาเซลเซียส จากการทดลอง พบว่า ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างฟางข้าวสูงที่สุดคือร้อยละ 1.85 และในชานอ้อยร้อยละ 1.71 ส่วนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสเฟตในฟางข้าวสูงที่สุดคือร้อยละ 3.27 และในชานอ้อยร้อยละ 3.16 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาจะทำให้ปริมาณฟอสเฟตในฟางข้าวและชานอ้อยเพิ่มมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนาโอโต และคณะ (Naoto S. et al.; 1991) ที่ทำปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชันในขี้เลื่อยไม้ แต่ในสภาวะการทดลองนี้ไม่สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงเกินกว่า 150 องศาเซลเซียส เพราะเมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากกว่า 150 องศาเซลเซียส ฟางข้าวละชานอ้อยจะไหม้เป็นสีดำ และเมื่อนำตัวอย่างที่ไหม้ไปทดสอบหาค่าปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่าง จะไม่พบว่ามีค่าปริมาณฟอสเฟต

2. การสังเคราะห์สารด้วยวิธีฟอสฟอไรเลชัน โดยการเปลี่ยนแปลงเวลาในการทำปฏิกิริยา ทำการทดลองที่ 3 เวลา คือ 60, 90, และ120 นาที จากการทดลองพบว่าที่เวลา 120 นาที เป็นเวลาที่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสเฟตสูงที่สุด ในตัวอย่างฟางข้าวและชานอ้อย แสดงว่าการเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยาให้มากขึ้นก็ทำให้ปริมาณฟอสเฟตในเซลลูโลสเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกับการเพิ่มอุณหภูมิ

3. เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับของโลหะหนักทั้งสองชนิด พบว่าเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมได้จากฟางข้าวและชานอ้อยมีความสามารถในการดูดซับตะกั่วได้ดีกว่าแคดเมียม ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างไอออนกับการเลือกจับไอออนของเรซิน ไอออนที่มีประจุเท่ากัน ไอออนที่มีน้ำหนักอะตอมสูงกว่าจะสามารถแลกเปลี่ยนไอออนกับเรซินได้ดีกว่าไอออนที่มีน้ำหนักต่ำกว่า

4. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมในน้ำเสียที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการและตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงาน พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมในน้ำเสียจากโรงงานของเซลลูโลสฟอสเฟต ที่เตรียมจากฟางข้าวและชานอ้อยมีประสิทธิภาพการดูดซับลดลง เพราะในตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานมีปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนหลายชนิด

5. จากการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมในน้ำเสียทั้งสองแบบ คือ น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการและน้ำเสียจากโรงงาน พบว่าเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมจากฟางข้าวมีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมได้ดีกว่าเซลลูโลสฟอสเฟตที่เตรียมได้จากชานอ้อย เนื่องจากเซลลูโลสในฟางข้าวเมื่อทำปฏิกิริยาฟอสฟอไรเลชันแล้ว สามารถเปลี่ยนเป็นเซลลูโลสฟอสเฟตได้ดีกว่าชานอ้อย

6. การจัดการอบรม ให้แก่นักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูประถัมภ์ ผู้เข้าอบรมมีความรู้เพิ่มขึ้นกว่าก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผู้เข้าอบรมมีทักษะ พฤติกรรมการทดลองอยู่ในระดับมาก และผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก กับการได้เข้าอบรมในครั้งนี้ เพราะว่าการอบรมในครั้งนี้เป็นการอบรมเชิงปฏิบัติการทำให้ผู้เข้าอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริง จึงได้รับความรู้และเกิดทักษะในการปฏิบัติจริง ซึ่งผู้เข้าอบรมจะได้นำความรู้และทักษะที่ได้รับ ไปใช้ประโยชน์ในการเรียน การทำงานในอนาคตต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองสังเคราะห์เซลลูโลสฟอสเฟตจากฟางข้าวและชานอ้อยแล้ว ทำให้มีคุณสมบัติการดูดซับดีขึ้น ดังนั้น เราอาจจะนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดอื่นๆมาเปลี่ยนเป็นเซลลูโลสฟอสเฟตได้โดยกระบวนการเดียวกัน

2. ในการสังเคราะห์สาร เพื่อเป็นการลดเวลาในการให้ความร้อนแก่ปฏิกิริยา อาจจะสามารถเปลี่ยนวิธีการในการให้ความร้อน ด้วยวิธีการใช้คลื่นไมโครเวฟเข้ามาช่วยในการทำปฏิกิริยาเพื่อลดเวลา อาจจะทำให้ได้สารเซลลูโลสที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น

3. การทดสอบการดูดซับโลหะหนัก เซลลูโลสฟอสเฟตสามารถดูดซับโลหะนักได้ดี แต่ในการดูดซับได้มีทดสอบที่ช่วง pH เดียวคือที่ pH 5 ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลง pH หลายๆ ช่วง อาจจะทำให้พบว่าเซลลูโลสฟอสเฟตที่ได้ดูดซับโลหะหนักได้ดีที่สุดที่ช่วง pH ใด

4. การทดสอบการดูดซับโลหะหนักทดสอบโลหะหนักเพียง 2 ชนิดเท่านั้นคือ ตะกั่วและแคดเมียม ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าสารที่สังเคราะห์ได้น่าจะสามารถนำไปดูดซับโลหะหนักชนิดอื่นได้เหมือนกัน

บรรณานุกรม

วรรณภา นิติมงคลชัย. 2546. **การลดปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียโรงงานชุบโครเมียมด้วยเรซินชานอ้อย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Naoto S., Masakazu A.1991. Adsorption of heavy metal ions by Phosphorylated woods. **J. Hokkaido For. Prod. Res. Inst.** vol.5 pp. 15-18.