การกำจัดโลหะหนักโครเมียมและสังกะสีในน้ำเสียตัวอย่างด้วยผักตบชวา โดยเทคนิคอะตอมมิกแอพซอร์พชันสเปกโทรโฟโทเมทรี

อาภัสรา สิงห์ยะบุศย์[1], สมปอง ทองงามดี[1], รุ่งทิวา ชิดทอง[1]*

[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อ.เมือง จ.นครปฐม 73000
[*]E-mail: rungtiwa@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการดูดซับโลหะหนักโครเมียมและสังกะสีในน้ำเสียตัวอย่าง โดยใช้ผักตบชวาซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติเป็นตัวดูดซับและใช้เทคนิคอะตอมมิกแอพซอร์พชันสเปกโทรโฟโทเมทรีเป็นตัวตรวจวัด ผักตบชวาถูกปรับสภาพด้วยเบส ทำให้แห้ง และบดให้มีขนาด 100 500 และ 2000 ไมครอน น้ำเสียตัวอย่างที่ใช้มีโลหะหนักทั้งสองชนิดเข้มข้น 5 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการวิจัยพบว่า สภาวะที่เหมาะสมของขนาดผักตบชวา ระยะเวลาในการดูดซับ และความเข้มข้นของโลหะหนักที่ใช้ในการดูดซับมีค่า 100 ไมครอน 180 นาที และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และความสามารถในการดูดซับโลหะหนักโครเมียมและสังกะสีมีค่าร้อยละ 98.83 และ 97.98 ตามลำดับ

คำสำคัญ: โลหะหนัก, ผักตบชวา, การบำบัดน้ำเสีย, อะตอมมิกแอพซอร์พชันสเปกโทรโฟโทเมทรี

Removal of Chromium and Zinc Heavy Metals in Waste Water Sample by Water Hyacinth using Atomic Absorption Spectrophotometric Technique

Arpatsara Singyabut[1], Sompong Thongngamdee[1], and Rungtiwa Chidthong[1]*
[1]Chemistry Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom, THAILAND, 73000
[*] E-mail: rungtiwa@webmail.npru.ac.th

Abstract

The adsorption of chromium and zinc heavy metals from waste water sample using water hyacinth which is a natural waste material as an adsorbent was studied. Atomic absorption spectrophotometric technique was used to determine the metals. Water hyacinth was conditioned in base solution, dried and crushed into the size of 100, 500 and 2000 micron. Waste water samples that composed of those two metals were prepared at the concentration of 5, 10 and 20 mg L^{-1}. The results showed that the appropriate size of adsorbent, adsorption period and concentration of waste water sample were found to be 100 micron, 180 minutes and 20 mg L^{-1}, respectively. The percentage of absorptive ability for chromium and zinc heavy metals by water hyacinth to be 98.83 and 97.98, respectively, was also indicated.

Keywords: Heavy metal, Water hyacinth, Wastewater treatment, Atomic absorption spectrophotometry

1. บทนำ

โลหะหนักเป็นธาตุที่พบได้ตามธรรมชาติ ทั้งบริเวณผิวของเปลือกโลก ในน้ำ และอากาศ บางธาตุมีประโยชน์ต่อขบวนการเผาผลาญอาหารภายในร่างกายมนุษย์ เช่น ทองแดง (Copper) ซีลีเนียม (Selenium) เหล็ก (Iron) และสังกะสี (Zinc) เป็นต้น แต่ในทางกลับกันบางธาตุทำให้เกิดการเป็นพิษได้เมื่อร่างกายมนุษย์ได้รับในปริมาณที่สูง เช่น สารตะกั่ว (Lead) โครเมียม (Chromium) นิกเกิล (Nickel) สารหนู (Arsenic) สารปรอท Mercury) และโคบอลท์ (Cobalt) เป็นต้น โลหะหนักได้นำมาใช้ประโยชน์เป็นอย่างมากในอุตสาหกรรม การเกษตร ขบวนการผลิต ส่วนประกอบในของใช้ต่าง ๆ และถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น โรงงาน ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ ยาฆ่าแมลง เป็นต้น โดยโลหะหนักมีอนุภาคเล็กมาก สามารถกระจายลงในแหล่งน้ำได้ง่าย จึงสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ทางอาหาร น้ำดื่ม การหายใจ และการสัมผัส

ผักตบชวา มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms และ มีชื่อสามัญว่า Lilac devil หรือ Water hyacinth เป็นวัชพืชน้ำล้มลุก ลำต้นอวบน้ำและมีไหล (stolon) ทอดไปตามผิวน้ำแล้วเจริญเป็นต้นอ่อนที่ปลายไหล ลำต้นลอยอยู่บนผิวน้ำ อาจจะขึ้นอยู่ตามโคลนในที่น้ำตื้นหรือขึ้นบนบกก็ได้ ผิวลำต้นเรียบมีสีเขียวอ่อนและเข้ม ก้านใบจะพองออกตรงช่องกลาง ภายในเป็นรูพรุน ช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ แผ่นใบรูปหัวใจ ฐานใบจะเว้าเข้าหาก้านใบ ช่อดอกคล้ายกับดอกไม้ไฮยาซินธ์ รากมีสีม่วงดำแตกออกมาจากลำต้นบริเวณข้อ ผักตบชวามีความทนทาน สามารถทนต่อความแห้งแล้งได้ดี และสามารถอยู่ในน้ำเค็มได้

ผู้วิจัยได้มองเห็นถึงการใช้ประโยชน์จากผักตบชวาซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ ซึ่งผักตบชวาสามารถดูดซับโลหะหนักได้ดี จึงได้นำมาใช้ในการวิจัยเพื่อดูดซับโลหะหนัก Cr^{3+} และ Zn^{2+} ในน้ำเสียตัวอย่าง และวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักโดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอพซอร์พชันสเปกโทรโฟโทเมทรี

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมวัสดุดูดซับ

1. นำรากผักตบชวาที่เก็บจากคลองชลประทานหลังมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมมาล้างทำความสะอาด และอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง
2. แช่รากผักตบชวาด้วย 0.5 M NaOH เป็นเวลา 20 นาที
3. กรองด้วยผ้าขาวบาง และอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
4. นำรากผักตบชวาที่อบแล้วมาปั่นคัดและคัดขนาดที่ 100 500 และ 2000 ไมครอน เก็บตัวดูดซับไว้ในโถดูดความชื้น

2.2 การจำลองน้ำเสียตัวอย่าง

1. เตรียมน้ำเสียตัวอย่างจากสารละลายมาตรฐาน Cr^{3+}และ Zn^{2+} ที่เข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้มีความเข้มข้นเป็น 5 10 และ20 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย โดยใช้ 0.1 M HCl และ 0.1 M NaOH

2.3 การกำจัดโลหะหนัก Cr^{3+}และ Zn^{2+} โดยใช้ตัวดูดซับขนาดต่าง ๆ

2.3.1 ขนาดของตัวดูดซับ

1. เติมตัวดูดซับ (รากผักตบชวา) ขนาด 100 ไมครอน 1 กรัม ใส่ลงในน้ำเสียตัวอย่าง เข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2. เขย่าด้วยอัตราเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที

3. กรองด้วยกรวยกรองบุชเนอร์

4. ย่อยสารละลายที่กรองได้ ด้วยกรดผสมระหว่าง HCl : H_2SO_4 อัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 6 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

5. เมื่อย่อยน้ำเสียตัวอย่างจนมีปริมาตรลดลง เหลือปริมาตรประมาณ 50 มิลลิลิตร เติม HCl : H_2SO_4 อัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ให้ความร้อนต่อจนเหลือปริมาตรประมาณ 25 มิลลิลิตร หรือประมาณ 1 ใน 4 ของน้ำเสียตัวอย่าง นำออกมาจากเตาให้ความร้อน และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

6. กรองด้วยกรวยกรองบุชเนอร์ โดยใช้กระดาษกรอง เบอร์ 42 ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำปราศจากไอออน

7. นำน้ำเสียตัวอย่างที่ได้ ไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโลหะหนัก ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโทมิเตอร์

8. ทำการทดลองซ้ำ โดยใช้ตัวดูดซับขนาด 500 และ 2000 ไมครอน

2.3.2 ระยะเวลาในการดูดซับ

ทำการทดลอง 2.3.1 โดยเปลี่ยนระยะเวลาที่ใช้ในการเขย่า (ข้อ 2) จาก 60 นาที เป็น 120 และ 180 นาที ตามลำดับ

2.3.3 ความเข้มข้นของน้ำเสียตัวอย่าง

1. เติมตัวดูดซับขนาดที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 2.3.1 หนัก 1 กรัม ลงในน้ำเสียตัวอย่างความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2. เขย่าโดยใช้อัตราการเขย่า 150 รอบต่อนาที โดยเวลาที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 2.3.2

3. กรองด้วยกรวยกรองบุชเนอร์

4. ย่อยน้ำเสียตัวอย่างด้วยกรดผสมระหว่าง HCl : H_2SO_4 อัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 6 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

5. เมื่อย่อยน้ำเสียตัวอย่างจนมีปริมาตรลดลง เหลือปริมาตรประมาณ 50 มิลลิลิตร เติม HCl : H_2SO_4 อัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ให้ความร้อนต่อจนเหลือปริมาตรประมาณ 25 มิลลิลิตร หรือประมาณ 1 ใน 4 ของน้ำเสียตัวอย่าง นำออกมาจากเตาให้ความร้อน และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

6. กรองด้วยกรวยกรองบุชเนอร์ โดยใช้กระดาษกรอง เบอร์ 42 ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำปราศจากไอออน

7. นำน้ำเสียตัวอย่างที่ได้ ไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโลหะหนัก โดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

8. ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนความเข้มข้นน้ำเสียตัวอย่างจาก 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

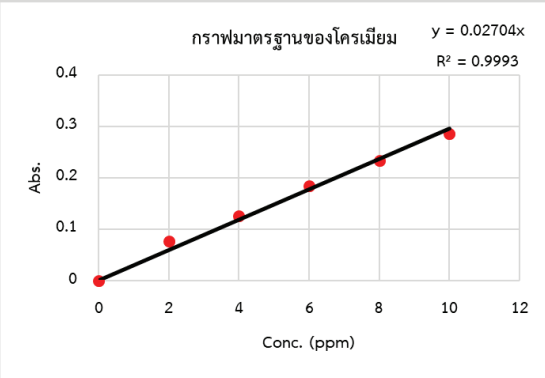
2.4 การสร้างกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cr^{3+} และ Zn^{2+} ความเข้มข้น 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องอะตอมมิกแอพซอร์พชันสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ และเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นกับการดูดกลืนแสงของโลหะนั้น

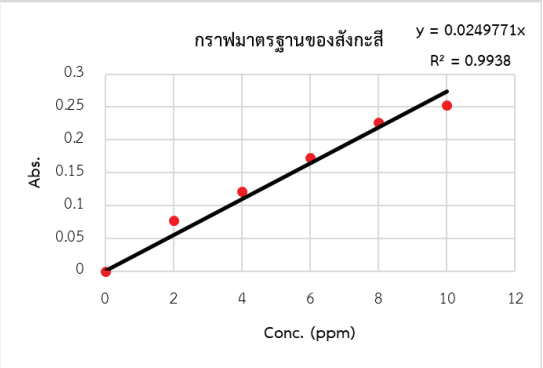
3. ผลการวิจัย

3.1 กราฟมาตรฐาน

เมื่อนำสารละลายมาตรฐาน Cr^{3+} และ Zn^{2+} เข้มข้น 0.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 1



ก) กราฟมาตรฐานของ Cr^{3+}



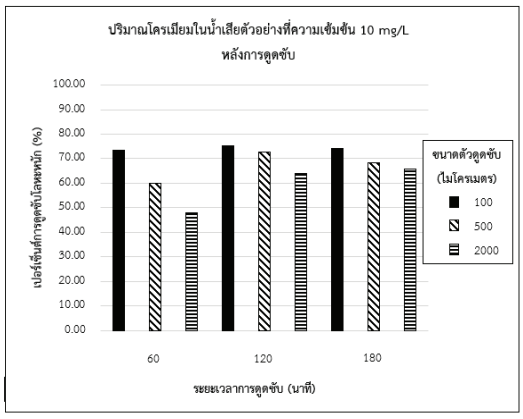
ข) กราฟมาตรฐานของ Zn^{2+}

ภาพที่ 1 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานของโลหะหนัก Cr^{3+} และ Zn^{2+} กับค่าการดูดกลืนแสง

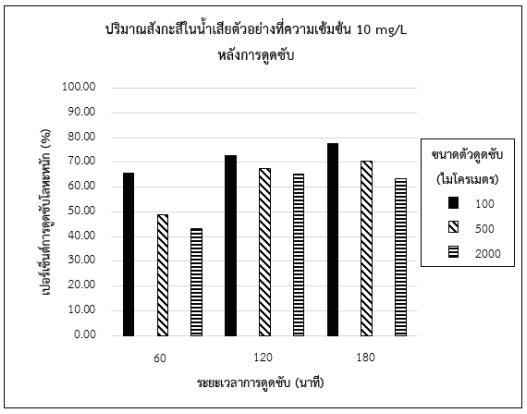
3.2 การศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักในน้ำเสียตัวอย่าง

3.2.1 ประสิทธิภาพของขนาดตัวดูดซับกับระยะเวลาดูดซับที่มีผลต่อการกำจัดโลหะหนัก

เมื่อนำตัวดูดซับขนาด ขนาด 100 500 และ 2000 ไมครอน ไปดูดซับในน้ำเสียโลหะหนัก Cr^{3+} และ Zn^{2+} ตัวอย่าง เข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยระยะเวลาในการดูดซับ คือ 60 120 และ 180 นาที พบว่า ตัวดูดซับขนาด 100 ไมครอน มีประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนัก Cr^{3+} และ Zn^{2+} ในน้ำเสียตัวอย่างได้ดีที่สุด และเวลา 180 นาที เหมาะสมสำหรับการดูดซับมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 2



ก) Cr^{3+}

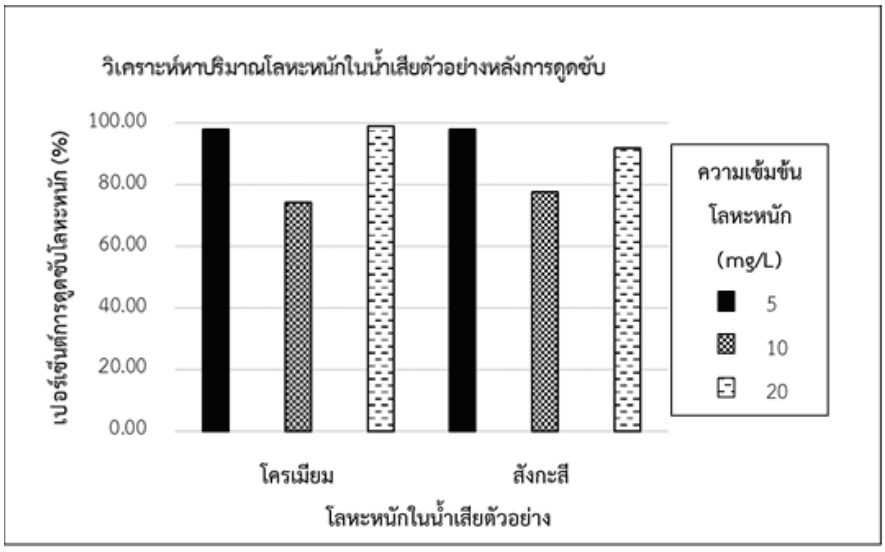


ข) Zn^{2+}

ภาพที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียตัวอย่างความเข้มข้น 10 mg/L หลังผ่านการดูดซับ

3.2.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักกับประสิทธิภาพของตัวดูดซับ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก Cr^{3+} และ Zn^{2+} ในน้ำเสียตัวอย่างโดยใช้ตัวดูดซับขนาด 100 ไมครอน กับเวลาในการดูดซับ 180 นาที พบว่า ความเข้มข้นของโลหะหนัก Cr^{3+} และ Zn^{2+} น้ำเสียตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุด คือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปริมาณโลหะหนัก Cr^{3+} และ Zn^{2+} ที่เหลืออยู่น้อย คือ 0.12 และ 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่าความสามารถของการดูดซับโลหะหนัก Cr^{3+} และ Zn^{2+} เท่ากับ 98.83 และ 97.98 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 98.83 และ 97.98 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนัก Cr^{3+} และ Zn^{2+} ด้วยตัวดูดซับรากผักตบชวา

4. บทสรุป

จากการวิเคราะห์หาความสามารถในการดูดซับโลหะหนัก Cr^{3+} และ Zn^{2+} ในน้ำเสียตัวอย่างโดยใช้ตัวดูดซับคือ รากผักตบชวาซึ่งเป็นวัสดุทางธรรมชาติ และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโทเมทรี พบว่า สภาวะที่เหมาะสมของขนาดตัวดูดซับ ระยะเวลาในการดูดซับ และความเข้มข้นของโลหะหนักที่ในการดูดซับ มีค่าเป็น 100 ไมครอน 180 นาที และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และความสามารถของการดูดซับโลหะหนัก Cr^{3+} และ Zn^{2+} ของรากผักตบชวา มีค่าเป็น 98.83 และ 97.98 % ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมและทุนอุดหนุนการวิจัย โครงการวิจัยบูรณาการนักศึกษาและอาจารย์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นและความเป็นเลิศทางวิชาการ ปีงบประมาณ 2563

6. เอกสารอ้างอิง (References)

ชนัญชิดา สายชุมดี. (2553). **รายงานการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำเสีย โดยการใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรมิเตอร์**. กำแพงเพชร : มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,

ดวงกมล วิรุฬห์อุดมผล และรัชนีกร มิ่งขวัญ. (2548). **โลหะหนัก**. มหาวิทยาลัยมหิดล : คณะเวชศาสตร์เขตร้อน.

เบญจมาศ อุ่นศรี. (2558). **รายงานการวิจัยเรื่อง การดูดซึมโลหะหนักของผักกาดเขียว**. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร. คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,

วนิดา นราวงษ์ และปรีชา ปัญญา. (2560). **รายงานการวิจัยเรื่อง การเตรียมเซลลูโลสจากใบผักตบชวาเพื่อการดูดซับโครเมียม (VI)**.กำแพงเพชร : มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

วันทนา แดง. (2554). **รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาแนวทางการลดพลังงานที่ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยใช้ผักตบชวา**.ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

อุษารัตน์ คำทับทิม และอทิตยา ศิริภิญญานนท์. (2558). **รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียโดยใช้ใบมันสำปะหลังดัดแปร**. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

Gupta and Balomajumder. (2561). **Simultaneous bioremediation of Cr(VI) and phenol from single and binary solution using Bacillus sp. Multicomponent kinetic modeling**. สืบค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2561 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653517309773

M. Sarkar, A.K.M.L. Rahman, N.C. Bhoumik. (2561). **Remediation of chromium and copper on water hyacinth (*E. crassipes*) shoot powder.** สืบค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2561 จาก https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212371716301585