



ประสิทธิภาพของผงก้านบอนและใบบอนต่อการบำบัดสังกะสีในน้ำเสียจากกระบวนการวิเคราะห์ซัลไฟด์

Efficiency of Colocasia Esculenta (L.) Stem and Colocasia Esculenta (L.) Leaf Powder for Treating Zinc in Wastewater from Sulfide Analysis

รุ่งทิwa บุญสังข์¹, สุดารัตน์ กอเดช², สง่า ทับทิมหิน³, และปวีณา ลิ้มปิทีปการ^{4*}

Roongthiwa Boonsang¹, Sudarat Kodech², Sagna Tubtimhin³ and Pawena Limpiteeprakan^{4*}

^{1,2} นักศึกษา, วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{1,2} Undergraduate student, College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University

^{3,4} ผู้ช่วยศาสตราจารย์, วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3,4} Assistant Professor, College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University

*Corresponding author, E-mail: pawena.l@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผงก้านบอนและใบบอนต่อการบำบัดสังกะสีในน้ำเสียจากกระบวนการวิเคราะห์ซัลไฟด์ โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น ชุดควบคุม ชุดที่ใส่ผงก้านบอน 1 กรัม และ 2 กรัม และชุดที่ใส่ผงใบบอน 1 กรัม และ 2 กรัม ชุดที่ใส่ผงก้านบอนและผงใบบอนผสมกันอย่างละ 0.5 กรัม และ 1 กรัม รวมทั้งหมด 7 ชุดการทดลองเริ่มจากนำก้านบอนและใบบอนมาตัดให้มีขนาดเล็ก และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80-100 °C เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นบดละเอียดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 30 Mesh ทำการชั่งผงก้านบอนและใบบอนใส่ขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซัลไฟด์ปริมาตร 100 มล. ความเข้มข้นตั้งต้นสังกะสีของน้ำเสียอยู่ในช่วงประมาณ 21.44 – 38.52 mg/L นำไปเข้าเครื่องเขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปทำการหมั่นเหวี่ยงจนเกิดการแยกชั้นของสารละลายและส่วนของผงบอน ตวงส่วนใสจำนวน 50 มล. ไปทำการย่อยด้วยวิธี Wet Acid Digestion ก่อนนำไปตรวจหาสังกะสีด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดของแต่ละชุดการทดลอง นำเสนอข้อมูลด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ผลการศึกษาพบว่า การใช้ผงก้านบอนและใบบอนที่ปริมาณ 2 กรัม มีประสิทธิภาพในการบำบัดสังกะสีสูงกว่าการใช้ที่ปริมาณ 1 กรัม โดยชุดผงก้านบอนที่ 2 กรัม ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ร้อยละ 48.27 รองลงมาคือชุดที่ใส่ผงก้านบอนผสมกับใบบอนอย่างละ 0.5 กรัม มีประสิทธิภาพการบำบัดได้ร้อยละ 41.91 สำหรับค่า pH หลังการบำบัดมีค่าสูงขึ้นทุกชุดการทดลอง หากจะนำไปใช้บำบัดจริงควรมีการเพิ่มรอบบำบัดเป็นสองรอบเพื่อจะได้ประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดีเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : โลหะหนัก, น้ำเสีย, ต้นบอน



Abstract

This experimental study investigates the efficiency of *Colocasia esculenta* (L.) stem and *Colocasia esculenta* (L.) leaf powder for treating zinc in wastewater from sulfide analysis. The experiments were divided into control groups and groups treated with *Colocasia esculenta* (L.) stem and *Colocasia esculenta* (L.) leaf powder individually at doses of 1 gram and 2 grams each, and groups treated with a combination of *Colocasia esculenta* (L.) stem and *Colocasia esculenta* (L.) leaf powder at doses of 0.5 grams and 1 gram each. In total, there were seven experimental sets. The process started with cutting *Colocasia esculenta* (L.) stems and leaves into small sizes and then drying them at 80-100 °C for four days. The dried material was then finely ground and sieved through a 30 Mesh sieve. The *Colocasia esculenta* (L.) stem and *Colocasia esculenta* (L.) leaf powder were weighed and added to 100 ml bottles containing wastewater with initial zinc concentrations ranging from 21.44 to 38.52 mg/L, as determined by sulfide analysis. The bottles were then placed in a shaker at a speed of 150 rpm for 5 minutes. Subsequently, the mixtures were centrifuged to separate the solution layer from the *Colocasia esculenta* (L.) powder. A 50 mL portion of the clear solution was taken and subjected to wet acid digestion before analyzing the zinc content using an Atomic Absorption Spectrophotometer. The treatment efficiency of each experimental group was presented as the average value, standard deviation, and percentage. The study found that using 2 grams of *Colocasia esculenta* (L.) stem and *Colocasia esculenta* (L.) leaf powder was more effective in treating zinc than using 1 gram. Specifically, the group with 2 grams of *Colocasia esculenta* (L.) stem powder showed the highest efficiency at 48.27%, followed by a combination of 0.5 grams of *Colocasia esculenta* (L.) stem powder and 0.5 grams of *Colocasia esculenta* (L.) leaf powder with an efficiency of 41.91%. The pH values increased in all experimental groups after treatment. For practical treatment applications, it is recommended that two treatment cycles be conducted for improved efficiency in wastewater treatment.

Keywords : Heavy metals, Wastewater, *Colocasia esculenta* (L.)

บทนำ

ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมของวิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง มีภารกิจหลักในการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และยังมีการให้บริการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งจากโรงพยาบาลและสถานประกอบการ ซึ่งมีการให้บริการตรวจวิเคราะห์



ในหลากหลายพารามิเตอร์ ยกตัวอย่างเช่น ค่าบีโอดี (Biological Oxygen Demand; BOD) ค่าไนโตรเจน (Nitrogen) ในรูป ที เค เอ็น (TKN) และ ค่าซัลไฟด์ (Sulfide) เป็นต้น โดยในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียตามพารามิเตอร์เหล่านี้ จะทำให้เกิดน้ำเสียที่มีโลหะปนเปื้อน เช่น สารแมงกานีส (Mn) ที่เป็นส่วนประกอบของแมงกานีสซัลเฟตจากขั้นตอนการวิเคราะห์ BOD สารคอปเปอร์ (Cu) ที่เป็นส่วนประกอบของคอปเปอร์ซัลเฟต จากขั้นตอนการวิเคราะห์ TKN และ สารสังกะสี (Zn) เป็นส่วนประกอบของซิงค์อะซิเตตจากขั้นตอนการวิเคราะห์ซัลไฟด์โดยพบว่าในแต่ละปีมีปริมาณของเสียที่ปนเปื้อนโลหะหนักเหล่านี้เกิดขึ้นจำนวนมากทางวิทยาลัยฯ ต้องแบกรับค่าใช้จ่ายในการส่งของเสียไปกำจัดที่บริษัทเอกชนในราคาที่สูง ดังนั้นหากสามารถทำการบำบัดปริมาณโลหะหนักเหล่านี้ในเบื้องต้นก็จะสามารถลดความเป็นพิษของน้ำเสียลงได้ก่อนนำส่งไปบำบัดหรือกำจัดต่อไป

การบำบัดน้ำเสียที่มีองค์ประกอบของโลหะหนักปนเปื้อนอยู่นั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สารดูดซับต่างๆ การตกตะกอนทางเคมี ซึ่งเป็นกระบวนการทางเคมี และเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อน ควบคุมง่าย (สุชาติดา ไชยสวัสดิ์, กิตติศักดิ์ หนูสุรา, วราภรณ์ เมธาวิริยะศิลป์, สรเสกข์ กุลมัย, ชาญชัย จิตติพันธ์พรณี, 2544) นอกจากนั้นยังสามารถบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เช่น การใช้พืชบำบัด (Phytoremediation) จัดเป็นการลดความเป็นพิษทางชีวภาพที่ไม่ต้องมีกระบวนการเติมสารเคมีลงในน้ำเสีย จึงไม่มีสารเคมีตกค้างหลังการบำบัด ซึ่งวิธีการใช้พืชในการบำบัดพืชจะทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายสารพิษออกจากสิ่งแวดล้อมทั้งในสภาพมีชีวิตและสภาพไม่มีชีวิต จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ได้ได้รับความสนใจในการนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Eccles, 1999; Alkorta, Hernandez-Allica, & Garbisu, 2004) หนึ่งในพืชที่มีความน่าสนใจ คือ ต้นบอน โดยมีงานวิจัยพบว่า ส่วนของก้านบอนและใบบอนสามารถดูดซับสารอาหารและตกตะกอนแขวนลอยที่มากับน้ำได้ และมีความทนทานต่อน้ำเสีย โดย ใบบอนสามารถดูดซับสารอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการดูดซับโลหะหนักด้วยต้นบอนมาก่อนแล้ว โดยนำส่วนก้านใบและส่วนใบของต้นบอนมาใช้ดูดซับโลหะหนักตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ พบว่าประสิทธิภาพการดูดซับโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ของก้านบอนอยู่ที่ ร้อยละ 90.72 ซึ่งมากกว่าใบบอน ซึ่งอยู่ที่ร้อยละ 79.27 โดยค่าการดูดซับโลหะบนตัวดูดซับจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโลหะตะกั่ว (วรรณกษมาฮารณ, 2563) แต่ยังไม่มีการศึกษาในการดูดซับสังกะสี

งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการดูดซับแคดเมียม (Cd) และ สังกะสี (Zn) จากตะกอนที่ปนเปื้อนของพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำ 2 ชนิด คือ ต้นธูปฤๅษี (Typha Angustifolia) และ ต้นบอน (Colocasia Esculenta) พบว่าพืชทั้งสองชนิดมีความเข้มข้นของโลหะ (Cd, Zn) สูงกว่าในส่วนที่อยู่ใต้ดิน ต้นบอนมีการดูดซึมสูงสุดของทั้ง Cd และ Zn (Chayapan, Kruatrachue, Meetam, & Pokethitiyook, 2015) ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการบำบัดโลหะหนักที่เป็นสังกะสี (Zn) ที่เกิดขึ้นจากการตรวจวิเคราะห์ซัลไฟด์ โดยความเป็นพิษของสังกะสี (Zn) ที่เกิดจากการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เช่น ในแหล่งน้ำ ดินตะกอน อาหารพืช จะมีการสะสมในห่วงโซ่อาหาร ทำให้มนุษย์มีโอกาสได้รับสังกะสี (Zn) ปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกายผ่านทางสัตว์น้ำและพืชน้ำ หากร่างกายเกิดการสะสมเป็นจำนวนมากเกินกว่าที่ร่างกายต้องการจะรับจะส่งผล



กระทบทำให้ร่างกายเกิดการทํางานผิดปกติและรบกวนระบบการทํางานต่างๆ เกิดการสะสมที่บริเวณตับและไต จนทําให้เกิดการทําลายอวัยวะภายในตับและไต ทํางานล้มเหลวเกิดโรคโลหิตจาง โคมโมโซมผิดปกติ เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง ร่างกายขาดธาตุทองแดง เนื่องจากถูกยับยั้งการดูดซึม (ธีรนาถ สุวรรณเรือง, 2563) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความสามารถของก้านบอน ใบบอนในรูปแบบของผงในการดูดซับโลหะหนักที่เป็นสังกะสีในน้ำเสียที่ผ่านการวิเคราะห์ซัลไฟด์ เนื่องจากต้นบอนเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ อุ่นน้ำได้ดี เพาะปลูกได้ง่าย สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น พบได้ทุกภาค มักขึ้นเองตามที่ลุ่ม บนดินโคลน บริเวณริมลำธาร หรือบริเวณที่มีน้ำขังตื้นๆ หากนำมาใช้บำบัดจะมีวิธีการที่ไม่ซับซ้อน มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างน้อย ไม่ก่อให้เกิดสารเคมีตกค้างในสิ่งแวดล้อม และในงานวิจัยที่ผ่านมาพบประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักตัวอื่น ๆ ได้ดี ผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ต่อยอดในการประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสาร Zn เกิดจากการวิเคราะห์ซัลไฟด์ของห้องปฏิบัติการได้แนวทางในการลดปริมาณโลหะหนัก ในน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซัลไฟด์ และได้แนวทางในการบำบัดโลหะหนักโดยใช้ตัวดูดซับที่ทำจากพืช

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับโลหะสังกะสีของผงก้านบอนและใบบอนในตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการวิเคราะห์ซัลไฟด์

แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

การบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำ

หลักการทำงานแต่ละส่วนของพืชน้ำแยกเป็นส่วนหนึ่งของพืชที่อยู่ในน้ำและส่วนของพืชที่อยู่เหนือน้ำ ดังนี้

1. ราก ก้าน หรือลำต้นที่อยู่ในน้ำ จะทำหน้าที่ดูดซับสารพิษและดูดซับ (Absorption) ตะกอนและของแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำ นอกจากนี้ยังช่วยลดความเข้มข้นของแสงแดดที่ส่องตรงสู่ผิวน้ำเป็นการป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่ายในน้ำ

2. ก้าน ลำต้น หรือใบที่อยู่เหนือน้ำจะช่วยลดผลกระทบของลมที่มีต่อน้ำ เช่น การพัดและทำให้ตะกอนที่จมอยู่ขุ่นขึ้นมา และทำการส่งผ่านของก๊าซและความร้อนระหว่างบรรยากาศและน้ำลดลง

คุณสมบัติของพืชน้ำที่เหมาะสมในการนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย มีข้อสังเกตในการเลือกใช้พืชน้ำในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ดังนี้

1. สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ในท้องถิ่นนั้น ๆ นอกจากนี้ยังสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป และต้องเป็นพืชที่ทนต่ออากาศเย็นได้ดี

2. มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงและเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งปริมาณสารอาหารในน้ำที่พืชนำไปใช้นั้นจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเจริญเติบโตของพืช และองค์ประกอบภายในเนื้อเยื่อพืช



3. มีความสามารถในการส่งผ่านออกซิเจนได้สูง
4. สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษได้ค่อนข้างกว้าง
5. มีความสามารถในการดูดซึมและเก็บสะสมสารต่างๆ ได้
6. มีความทนทานต่อโรคและแมลงต่าง ๆ ได้ดี
7. ต้องง่ายต่อการจัดการโดยเฉพาะการนำพืชนี้ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียเนื่องจากพืชน้ำจืดสามารถลดปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำให้ได้ผลดีที่สุดนั้น จะต้องมีการนำพืชน้ำนี้ออกจากระบบบ้างเพื่อไม่ให้พืชน้ำอยู่กันหนาแน่นเกินไป (วิศัลย์ ธรรมประสิทธิ์, 2549)

กลไกการดูดซับ

การดูดซับหรือการดูดติดผิว (Adsorption) เป็นกระบวนการกักสารละลายหรือสารแขวนลอยขนาดเล็กซึ่งละลายอยู่ในน้ำให้อยู่บนผิวของสารอีกชนิดหนึ่ง โดยที่สารละลายหรือสารแขวนลอยขนาดเล็กนี้เรียกว่า สารที่ถูกดูดซับ (Adsorbate) ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของสารที่ถูกดูดซับเรียกว่า วัสดุดูดซับ (Adsorbent) การดูดติดผิวนี้จะเป็นการดูดติดแบบระหว่างสถานะ (Phase) ต่าง ๆ ทั้งสามสถานะคือ ของเหลว (Liquid) ก๊าซ (Gas) และของแข็ง (Solid) ซึ่งมีได้ทั้งแบบของเหลวกับของเหลว ก๊าซกับของเหลว ก๊าซกับของแข็ง และของเหลวกับของแข็ง โดยในที่นี้จะพิจารณาถึงเฉพาะแบบของเหลวกับของแข็ง (Liquid-Solid Interface) ในการดูดติดผิวโมเลกุลของสารละลายหรือสารแขวนลอยถูกกำจัดออกจากน้ำและไปเกาะติดอยู่บนวัสดุดูดซับโมเลกุลของสารส่วนใหญ่จะเกาะจับอยู่กับผิวภายในโพรงของวัสดุดูดซับและมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เกาะอยู่ที่ผิวภายนอก การถ่ายเทโมเลกุลจากน้ำไปหาวัสดุดูดซับเกิดขึ้นได้จนถึงสมดุลจึงหยุด ณ จุดสมดุล ความเข้มข้นของโมเลกุลในน้ำจะเหลือน้อยเพราะโมเลกุลส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไปเกาะจับอยู่กับวัสดุดูดซับ โดยในการเกาะติดจะมี Driving Force อยู่ 2 แบบ คือ การดูดซับทางกายภาพ และการดูดซับทางเคมี (เดชา ฉัตรศิริเวช, 2552)

องค์ประกอบของการดูดซับประกอบด้วย

- 1) ตัวดูดซับ (Adsorbent) เป็นวัตถุที่จัดเก็บสารที่จะถูกดูดซับเอาไว้ที่พื้นผิวของสารที่ทำการดูดซับซึ่งส่วนใหญ่เป็นวัตถุที่มีลักษณะของรูพรุนปกติมีอยู่ตามธรรมชาติแต่ปัจจุบันสามารถสังเคราะห์ตัวดูดซับตามคุณสมบัติที่ต้องการได้
- 2) สารที่ถูกดูดซับ (Adsorbate) เป็นสารที่จะเข้าไปยึดติดบนพื้นผิวดูดซับ มีคุณสมบัติเป็นได้ทั้งของแข็งของเหลวและก๊าซโดยมีขนาดของอนุภาคเล็กกว่าขนาดของรูพรุนในตัวดูดซับ
- 3) สารผสมระหว่างที่ถูกดูดซับสารอื่นๆ (Mixture) เป็นสารผสมที่มีสารที่จะถูกดูดซับผสมรวมอยู่กับสารอื่น (เดชา ฉัตรศิริเวช, 2552)

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เริ่มจากการประสานงานกับเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการในการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซัลไฟด์ (Sulfide) เพื่อใช้ในการทดลองการบำบัดสังกะสี (Zn) ทำการ

เตรียมผงก้านบอนและใบบอน โดยเริ่มจากการเอาส่วนก้านบอน และใบบอนมาล้างให้สะอาด จากนั้นตัดแบ่งส่วนก้านบอนและใบบอนออกจากกัน นำแต่ละส่วนมาตัดให้มีขนาดเล็ก และนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80–100 °C เป็นเวลา 4 วัน จะได้ตัวอย่างที่เป็นส่วนก้านใบและใบบอนที่แห้งสนิท จากนั้นนำตัวอย่างแต่ละส่วนมาบดให้ละเอียดอีกครั้งด้วย เครื่องบดไฟฟ้าจนได้ตัวอย่างที่เป็นผงละเอียด นำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 30 Mesh (0.595 มิลลิเมตร) ดังภาพที่ 1

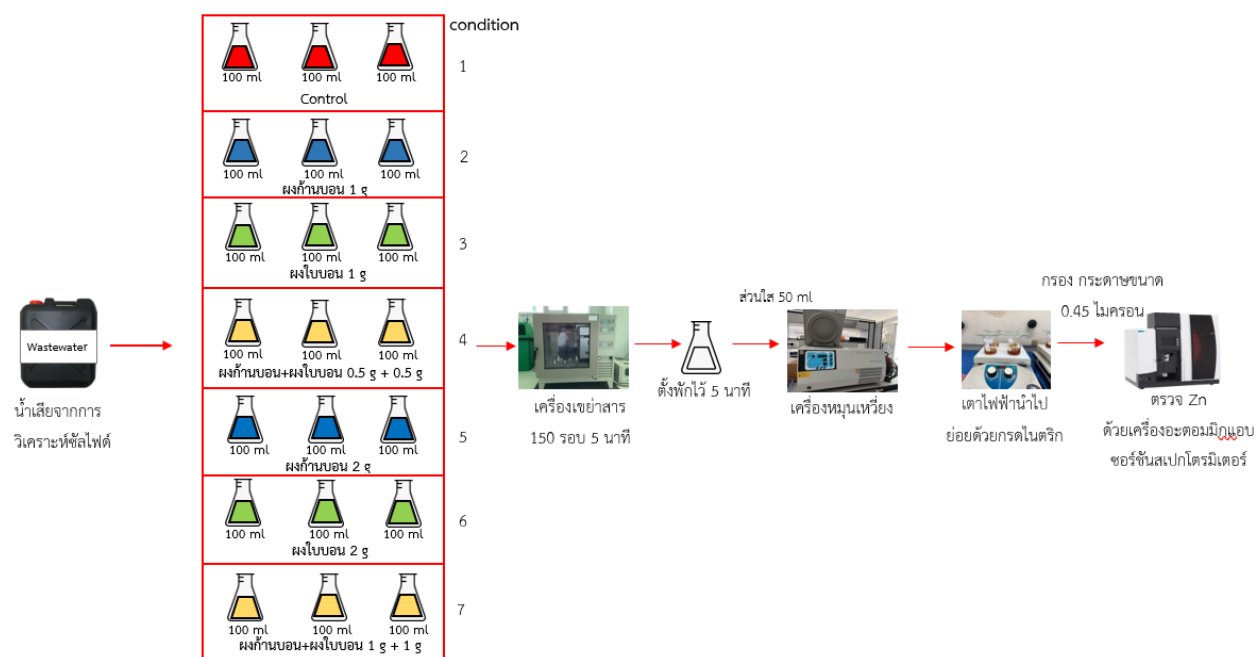


ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมผงก้านบอนและใบบอน

การวิจัยแบ่งเป็น 7 ชุดการทดลองได้แก่ 1) ชุดควบคุม 2) ชุดที่ใส่ผงก้านบอน 1 กรัม 3) ชุดที่ใส่ผงก้านบอน 2 กรัม 4) ชุดที่ใส่ผงใบบอน 1 กรัม 5) ชุดที่ใส่ผงใบบอน 2 กรัม 6) ชุดที่ใส่ผงก้านบอนและผงใบบอนผสมกันอย่างละ 0.5 กรัม และ 7) ชุดที่ใส่ผงก้านบอนและผงใบบอนผสมกันอย่างละ 1 กรัม เริ่มจากเตรียมขวดรูปชมพู่และใส่ผงตัวดูดซับทั้งสองชนิดตามปริมาณข้างต้น จากนั้นเติมน้ำเสียปริมาตร 100 มิลลิลิตร (หากมีเศษกระดาษให้ทำการกรองออกก่อน) แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องออร์บิทัลเชกเกอร์ด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที ภายหลังเขย่าแล้วให้เก็บตัวอย่างส่วนใสในหลอดทดลอง ปริมาณ 50 มิลลิลิตร และนำไปทำการหมุนเหวี่ยงจนเกิดการแยกชั้นของสารละลายใสและผงตัวอย่าง เลือกเฉพาะส่วนสารละลายใสไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำ โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) โดยทำการย่อยตัวอย่างก่อนด้วยวิธี Wet Acid Digestion สำหรับชุดควบคุมทำทุกขั้นตอนเหมือนกับตัวอย่าง โดยไม่เติมผงก้านบอนหรือผงใบบอน ขั้นตอนดังแสดงดังภาพที่ 2 การคำนวณหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นร้อยละ จากสูตรดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการบำบัด(\%)} = \frac{\text{ค่าความเข้มข้นของสังกะสี (Zn) ก่อนบำบัด} - \text{ค่าความเข้มข้นของสังกะสี (Zn) หลังบำบัด}}{\text{ค่าความเข้มข้นของสังกะสี (Zn) ก่อนบำบัด}} \times 100$$

ทำการศึกษาลักษณะพื้นผิวของผงไบบอน และผงกำถ่านบอน โดยใช้ เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-6010 ส่องที่ขนาด 100 เท่า 1,000 เท่า และ 3,000 เท่า



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทดลองประสิทธิภาพในบำบัดสังกะสีด้วยผงกำถ่านบอนและไบบอน

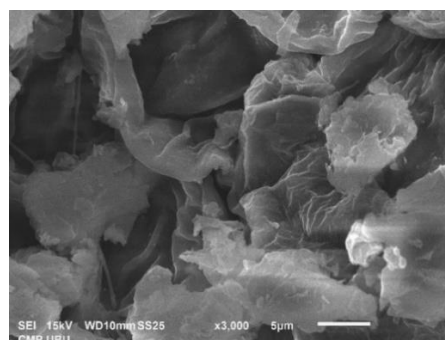
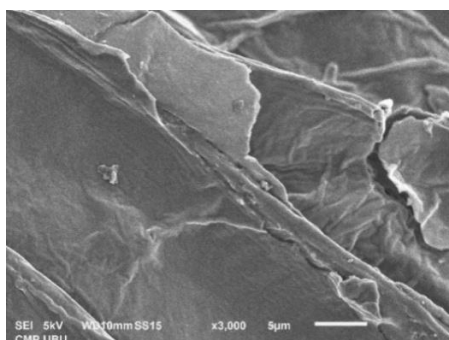
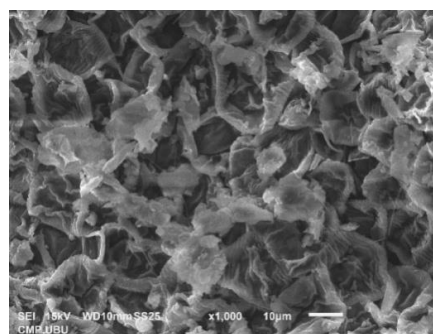
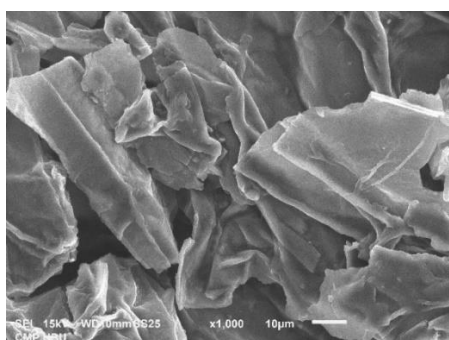
ผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยผงกำถ่านบอนและไบบอน พบว่าตัวอย่างน้ำเสียจากการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสภายในห้องปฏิบัติการ มีลักษณะสีใสน้ำเล็กน้อย ไม่มีเศษกระดาษตกค้างเนื่องจากได้ทำการกรองแล้ว มีค่าความเข้มข้นตั้งต้นของสังกะสีอยู่ที่ประมาณ 30 ppm. ภายหลังการบำบัด พบว่าตัวอย่างน้ำเสียมีลักษณะสีใสและมีปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีที่ลดลงทุกชุดการทดลอง โดยชุดผงกำถ่านบอนที่ปริมาณ 2 กรัม มีค่าส่วนต่างความเข้มข้นลดลงมากที่สุด คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 48.27 รองลงมาคือชุดผงกำถ่านบอนผสมผงไบบอนอย่างละ 0.5 กรัม มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 41.91 นอกจากนั้นยังพบว่า ทุกชุดการทดลองสามารถเพิ่ม pH ให้สูงขึ้น ก่อนบำบัดมีค่าอยู่ระหว่าง 2.27-2.40 และหลังบำบัดอยู่ระหว่าง 4.03-4.90 โดยในชุดการทดลองผงกำถ่านบอน ปริมาณ 2 กรัม สามารถเพิ่ม pH ได้ขึ้นมากที่สุดหลังการบำบัด เป็น 4.90 อย่างไรก็ตามแม้จะไม่มีสารใส่ผงบอนหรือกำถ่านบอน (ชุดควบคุม) ขบวนการที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ การเขย่า และการปั่นเหวี่ยงก็สามารถทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีลดลงได้ถึงร้อยละ 23.37 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยผงกำมะถันและไบโอบน

ชุดการทดลอง	ก่อนบำบัด		หลังบำบัด		ประสิทธิภาพการบำบัด
	Zn (mg/L)Mean (S.D.)	pH	Zn (mg/L)Mean (S.D.)	pH	
ชุดควบคุม	21.44±4.95	2.36	16.43±12.73	4.03	23.37
ชุดผงกำมะถัน 1 g	19.15±0.42	2.37	15.65±1.77	4.42	18.27
ชุดผงไบโอบน 1 g	14.35±2.62	2.34	12.62±0.21	4.19	22.83
ชุดผงกำมะถันผสมผงไบโอบนอย่างละ 0.5 g	36.98±0.39	2.27	21.48±1.45	4.29	41.91
ชุดผงกำมะถัน 2g	33.25±0.07	2.40	17.20±0.99	4.90	48.27
ชุดผงไบโอบน 2 g	21.85±2.19	2.29	16.65±0.00	4.32	23.80
ชุดผงกำมะถันผสมผงไบโอบนอย่างละ 1 g	28.03±1.24	2.35	20.28±1.31	4.11	27.64

เมื่อนำผงกำมะถันและไบโอบนมาศึกษาลักษณะพื้นผิวของเส้นใยโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) ส่องที่ขนาด 1,000 เท่า และ 3,000 เท่า พบว่าลักษณะพื้นผิวเส้นใยของกำมะถันและไบโอบนมีความแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะพื้นผิวเส้นใยของกำมะถันมีพื้นผิวที่เรียบ ไม้หนูน มีช่องว่างหรือรูพรุนมีปริมาตรที่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับไบโอบน ในขณะที่ลักษณะพื้นผิวเส้นใยของไบโอบนมีช่องว่างหรือรูพรุนมีปริมาตรที่สูงกว่ากำมะถันและมีโพรงที่กว้างกว่าดังแสดงในภาพที่ 3



a. พื้นผิวผงกำมะถัน

b. พื้นผิวผงไบโอบน

ภาพที่ 3 เปรียบเทียบพื้นผิวของผงกำมะถันและไบโอบนด้วยภาพกำลังขยายจาก SEM



สรุปและอภิปรายผล

แหล่งกำเนิดน้ำเสียที่ก่อให้เกิดสารโลหะหนักมากที่สุดในสถานศึกษาคือ ห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีน้ำเสียที่เกิดจากปฏิบัติการต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ซัลไฟด์ โดยการศึกษาครั้งนี้เป็นการนำตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการวิเคราะห์ซัลไฟด์ภายในห้องปฏิบัติการมาทำการทดลองบำบัดด้วยวัสดุดูดซับที่ทำจากต้นบอนจากผลการทดลองสังเกตเห็นได้ว่า น้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นตั้งต้นของสังกะสีสูง ก่อนบำบัดมีประสิทธิภาพการบำบัดได้ดีกว่าน้ำเสียที่มีความเข้มข้นตั้งต้นต่ำ ซึ่งเป็นไปตามหลักการดูดซับโดยชุดผังก้านบอนที่ปริมาณ 2 กรัม และชุดผังก้านบอนผสมผงบอนอย่างละ 0.5 กรัมมีความเข้มข้นตั้งต้นที่ 33.25 และ 36.98 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ วรณกษมา ฮารณ (2563) ที่พบว่า ในส่วนของก้านบอนสามารถดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ได้มากกว่าใบบอน โดยค่าการดูดซับโลหะบนตัวดูดซับจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโลหะตะกั่ว นอกจากนี้ยังพบว่า ส่วนลำต้นของบอน (*Colocasia Esculenta*) มีประสิทธิภาพการดูดซับโลหะโดยบำบัดที่ pH 7.0-4.5 และความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 30 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดโลหะหนัก (Maity, Nanda, & Sarkar, 2021)

เมื่อนำผังก้านบอนและใบบอนมาศึกษาลักษณะพื้นผิวของเส้นใยพบว่า ผังก้านบอนมีรูพรุนน้อย แต่ปากของรูพรุนและโครงสร้างรูพรุนมีขนาดใหญ่ ในส่วนผงบอนมีรูพรุนมากแต่ปากรูพรุนและโครงสร้างรูพรุนมีขนาดเล็ก ซึ่งโครงสร้างรูพรุนของตัวกลางดูดซับช่วยให้พื้นที่ผิวสามารถดูดซับสารได้เพิ่มขึ้น หากรูพรุนมีมากแต่มีขนาดเล็กปากรูพรุนมีขนาดเล็กก็ไม่ทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นการดูดซับจะเกิดได้ดี เมื่อโมเลกุลเล็กกว่ารูพรุนเล็กน้อย ทั้งนี้ลักษณะของสารที่ถูกดูดซับยังเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการดูดซับ เช่น ขนาดโมเลกุลของสาร หากสารที่ถูกดูดซับมีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่กว่ารูพรุนของตัวกลางดูดซับ ทำให้การดูดซับที่เกิดขึ้นเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว เนื่องจากโมเลกุลของสารไม่สามารถเข้าไปเกาะติดภายในรูพรุนของตัวกลางดูดซับได้ จึงมีประสิทธิภาพดูดซับสารจึงลดลง สภาวะในการดูดซับก็มีผลต่อการดูดซับได้ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ซึ่งเป็นผลมาจากไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของโมเลกุล และอุณหภูมิ (Temperature) อัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยานั้นจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและจะลดลงเมื่อทำการลดอุณหภูมิลง เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ความสามารถในการละลายสูงขึ้น จึงส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับลดลงด้วยเหตุนี้ทั้งผังก้านบอนและผงบอนจึงสามารถดูดซับสังกะสีได้

สาเหตุที่ทำให้ผลการทดลองในชุดการทดลองที่มีการใช้ปริมาณของตัวดูดซับจำนวนน้อยกว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดมากกว่าชุดที่มีการใช้ปริมาณตัวดูดซับที่มากกว่าส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะความเข้มข้นตั้งต้นของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่าง เนื่องจากน้ำเสียที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ในครั้งนี้เป็นน้ำเสียที่มาจากกระบวนการวิเคราะห์ซัลไฟด์ในห้องปฏิบัติการจริง ดังนั้นเมื่อมีการทดสอบความเข้มข้นตั้งต้นของแต่ละชุดการทดลองจึงมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด เนื่องจากหากน้ำเสียมีความเข้มข้นของโลหะตั้งต้นสูงตัวดูดซับจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าน้ำเสีย



ที่มีความเข้มข้นต่ำ (วรรณกัษมา ฮารณ, 2563) ทั้งนี้แม้จะไม่ใส่ผงกำมะถันบอ หรือผงไบบอในการทดลอง (ชุดควบคุม) แต่ขบวนการทางกายภาพ เช่น การเขย่าและการปั่นเหวี่ยงก็สามารถบำบัดสิ่งสกปรกได้ถึงร้อยละ 23.37 ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ก่อนบำบัด มีค่าอยู่ระหว่าง 2.27-2.40 และหลังบำบัดอยู่ระหว่าง 4.03-4.90 ซึ่งมีค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในทุกชุดการทดลอง ดังนั้นจึงควรนำการบำบัดด้วยขบวนการทางกายภาพด้วยการเขย่าและการปั่นเหวี่ยงไปใช้ในกระบวนการ Pre-treatment น้ำเสียในห้องปฏิบัติการเพื่อลดความเข้มข้นของโลหะหนักออกจากน้ำเสียได้ในเบื้องต้นได้

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้ผงกำมะถันบอและไบบอมาเป็นตัวบำบัดโลหะหนัก แต่อาจต้องมีการปรับสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสม เช่น ปริมาณความเข้มข้นตั้งต้น และค่า pH และอาจจะต้องมีการปั่นผงกำมะถันบอและไบบอให้ละเอียดกว่าเดิม หรือนำมาร่อนด้วยตะแกรงที่มีขนาดมากกว่า 30 Mesh (0.595 มิลลิเมตร) เพื่อให้มีประสิทธิภาพบำบัดที่ดีขึ้น เนื่องจากหากผงกำมะถันบอและไบบอมีขนาดเล็กจะทำให้การเคลื่อนที่ของสารที่ถูกดูดซับได้มากขึ้นแทรกตัวผ่านชั้นฟิล์มที่ห่อหุ้มตัวกลางดูดซับแพร่เข้าสู่รูพรุนของตัวดูดซับ (Pore Diffusion) เกิดเป็นการดูดซับชั้นภายใน

ในงานวิจัยครั้งต่อไปอาจเพิ่มรอบการบำบัดในส่วนน้ำใส เพิ่มเป็น 2-3 รอบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัด เพราะในการทดลองครั้งนี้เป็นการบำบัดแค่รอบเดียว อย่างไรก็ตามน้ำที่ผ่านการบำบัดยังมีสีค่อนข้างเยอะ ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นสีที่มาจากไอโอดีนอาจจะต้องมีการบำบัดสีโดยผ่านตัวกรองหรือด้วยวิธีอื่นๆ ก่อนที่จะปล่อยออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ธีรนาถ สุวรรณเรือง. (2563). โลหะหนักปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพ. วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ, 13(1), 76-82.
- เดชา ฉัตรศิริเวช. (2552). กระบวนการดูดซับ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิศัลย์ ธรรมประสิทธิ์. (2549). ประสิทธิภาพของการใช้ผงกระเจดบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนน้ำกากส่า (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วรรณกัษมา ฮารณ. (2563). การกำจัดตะกั่วในน้ำโดยใช้กำมะถันบอและไบบอของต้นบอ (Colocasia esculenta (L.) Schott) เป็นตัวดูดซับ. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 31(1), 201-16.
- สุชาติ ไชยสวัสดิ์, กิตติศักดิ์ หนูสุรา, วราภรณ์ เมธาวิริยะศิลป์, สรเสกข์ กุลมัย และชาญชัย จิตติพันธ์พรณี. (2544). การพัฒนาวิธีการบำบัดของเสียจากการวิเคราะห์ COD ภายในห้องปฏิบัติการ. ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27, 16-18 ตุลาคม 2544, หาดใหญ่, จ.สงขลา, หน้า 667.



- Alkorta, I., Hernandez-Allica, J., & Garbisu, C. (2004). Plants against the global epidemic of arsenic poisoning. *Environment international*, 30(7), 949-951 .
- Chayapan P, Kruatrachue M, Meetam M, & Pokethitiyook P. (2015). Effects of mendments on growth and uptake of Cd and Zn by wetland plants, *Typha angustifolia* and *Colocasia esculenta* from contaminated sediments. *Int J Phytoremediat*, 17(9), 900-906.
- Eccles H. (1999). Treatment of metal-contaminated wastes: why select a biological process. *Trends in Biotechnology*, 17, 462-465.
- Maity S, Nanda S, and Sarkar A. (2021). *Colocasia esculenta* stem as novel biosorbent for potentially toxic metals removal from aqueous system. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(42), 58885–58901.