ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในน้ำตัวอย่างจริงโดยใช้เกล็ดปลาทับทิม

Adsorption Efficiency of Lead in Real Water Samples by *Red Tilapia* Fish Scale

สิรีธร ลุ้งกี่[1] วรากร วิศพันธ์[2*]
E-mail: warakorn@tsu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโลหะตะกั่วโดยใช้เกล็ดปลาทับทิมเป็นวัสดุดูดซับ ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับประกอบด้วยค่าพีเอช น้ำหนักเกล็ดปลา เวลาในการเขย่าและความเข้มข้นที่เหมาะสมในการดูดซับ วัดปริมาณความเข้มข้นหลังการดูดซับโดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรเมตรีแบบเปลวไฟ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซับ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับที่ดีที่สุดคือ ค่าพีเอชเท่ากับ 5.00 น้ำหนักเกล็ดปลาที่ใช้ 0.50 กรัม เวลาที่ใช้เขย่า 30 นาที ความเข้มข้นของตะกั่วเท่ากับ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าสภาวะที่เหมาะสมนี้เมื่อนำไปทดสอบกับน้ำตัวอย่างจริงที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วเฉลี่ยเท่ากับ 0.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการนำตัวอย่างมาทดสอบการดูดซับพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยหลังการดูดซับเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 86.48 และเมื่อนำน้ำตัวอย่างจริงมาเติมสารละลายมาตรฐานตะกั่วให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร นำมาทดสอบการดูดซับพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยหลังการดูดซับเท่ากับ 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 82.00 ซึ่งถือว่ามีเปอร์เซ็นต์การดูดซับที่สามารถดูดซับได้ดี แสดงว่าวิธีการที่ศึกษาสามารถนำมาใช้ในการดูดซับตะกั่วในน้ำตัวอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพการดูดซับ ตะกั่ว น้ำตัวอย่างจริง เกล็ดปลาทับทิม

Abstract

This work is aimed to study the efficiency on the adsorption of lead by using *Red Tilapia* fish scale. The optimum adsorption conditions consist of the pH, fish scale dosage, shaking time and the initial lead concentration. The final concentration was obtained by flame atomic absorption spectrometry for order to find the percentage of adsorption. The result for maximum percentage of adsorption were observed at pH 5.0, weight of the fish scales used was 0.50 grams, shaking time 30 minutes and concentration of lead was 0.5 milligrams per liter (mg/L). The optimum condition when using the real water samples to test was found that the average lead initial concentration was 0.37 mg/L. The average concentration after adsorption was 0.07 mg/L and the percentage of adsorption was 86.48. The real water samples were added by the standard solution of lead to 0.5 mg/L the average concentration after adsorption was 0.09 mg/L and the adsorption percentage was 82.00, studied were observed with satisfactory results.

Keywords: adsorption efficiency, real water samples, lead, *Red Tilapia* fish scale

ความเป็นมาของปัญหา

จากสภาพปัญหาในปัจจุบันที่เกี่ยวกับมลภาวะของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมมีผลกระทบต่อมนุษย์ในการทำให้เกิดโรคต่างๆ ตะกั่วเป็นธาตุที่พบได้ในสิ่งแวดล้อมทั่วไป เช่น ดิน น้ำ พืช อากาศ เป็นต้น ซึ่งมักเป็นผลมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ตะกั่วเป็นส่วนประกอบในการผลิต ตะกั่วได้รับความสนใจมากในแง่ของความเป็นอันตรายที่มีต่อมนุษย์ ซึ่งบางครั้งอาจนำไปสู่การเสียชีวิตจากพิษของตะกั่ว (Christensen M.J., 1995) เนื่องด้วยความเป็นพิษที่รุนแรงของตะกั่วที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

สีย้อมผ้าเป็นสีที่มีสารพิษ เช่น โครเมียม ตะกั่ว ปรอทและสารหนูเจือปนอยู่ ใช้รับประทานไม่ได้ ถูกห้ามนำมาประกอบอาหารหรือเครื่องดื่ม สีประเภทนี้กระทรวงสาธารณสุขบังคับไว้ว่าห้ามใช้รับประทาน (สุวรรณี โชติพนัง, 2562) และเป็นสีที่นำมาใช้ในการย้อมกระจูดให้ได้สีสวยงามก่อนที่จะนำไปจักสานเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในกระบวนการย้อมจะมีน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนสีปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและเป็นที่มาของการปนเปื้อนโลหะหนักที่สำคัญในแหล่งน้ำ ได้มีข้อมูลการปนเปื้อนของตะกั่วในแหล่งน้ำบริเวณที่ทำการย้อมกระจูด บ้านทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง พบค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.05 – 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐาน

[1] นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
[2] อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

ของแหล่งน้ำผิวดิน (อานอบ คันทะชา, 2542) และจากการศึกษาปริมาณตะกั่วในน้ำดินตะกอนและพืชน้ำบางชนิด พบว่าปริมาณสูงสุดในน้ำเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ในดินตะกอนและในพืชบางชนิดเท่ากับ 22.38 และ 2.87 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (พจนลักษณ์ ตรีอุดม, 2558)

การแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนโลหะหนักมีวิธีการหลายวิธีด้วยกัน ทั้งการใช้สารเคมีในการตกตะกอนหรือการดูดซับโดยใช้วัสดุสังเคราะห์หรือวัสดุธรรมชาติ วัสดุทางธรรมชาติหลายชนิดได้ถูกนำมาใช้เนื่องจากมีความคงตัวสูงและมีประสิทธิภาพสูง หาได้ง่าย เช่น การใช้ขี้เลื่อยและขี้เลื่อยปรับสภาพดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ พบว่าที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 50.00 มิลลิกรัมต่อลิตรและอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส การดูดซับของขี้เลื่อยและขี้เลื่อยปรับสภาพเท่ากับ 43.60 % และ 56.24 % ตามลำดับ (พลวัฒน์ พาพรมพึก และคณะ, 2560) หรือการใช้ฝักไมยราบยักษ์ทดสอบการดูดซับตะกั่ว พบว่าการปรับสภาพตัวดูดซับช่วยลดปริมาณตัวดูดซับลงและเพิ่มความสามารถในการดูดซับตะกั่วความเข้มข้นเริ่มต้นสูงได้ที่ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และแม้ว่าฝักไมยราบยักษ์จะเป็นตัวดูดซับตะกั่วที่มีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับตัวดูดซับชนิดอื่น แต่ก็ถือว่าเป็นตัวดูดซับที่อยู่ในธรรมชาติที่ช่วยดูดซับตะกั่วที่ปนเปื้อนในธรรมชาติได้ (ปิยนุช คะเณมา, 2559) ในการศึกษาการใช้เกล็ดปลามาดูดซับโลหะหนักได้มีการนำเกล็ดปลานิลมาศึกษาการดูดซับโลหะเหล็ก สังกะสีและตะกั่ว จากการศึกษาชนิดของสารที่เป็นโครงสร้างทางเคมีในเกล็ดปลาด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence (XRF) พบว่ามี CaO ในปริมาณสูงสุด 63.80 % รองลงมาคือ P_2O_5 ที่ 32.00 % จากโครงสร้างทางเคมีของ CaO ที่มีอยู่ในเกล็ดปลา สามารถยืนยันได้ว่าเกล็ดปลามีศักยภาพสูงในการดูดซับโลหะหนัก และพบว่าที่โลหะหนักแต่ละชนิดถูกดูดซับได้ดีที่พีเอชที่เหมาะสมสำหรับสังกะสี เหล็กและตะกั่วเท่ากับ 6.00, 4.50 และ 5.50 ตามลำดับ ปริมาณเกล็ดปลาที่ใช้สำหรับสังกะสี เหล็กและตะกั่วเท่ากับ 0.020, 0.800 และ 0.001 กรัม ตามลำดับ เวลาที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับสังกะสีและเหล็กเท่ากับ 3 ชั่วโมง ส่วนตะกั่วจะใช้เวลาในการดูดซับ 2 ชั่วโมง สภาวะความเข้มข้นเริ่มต้นสำหรับสังกะสี เหล็กและตะกั่วเท่ากับ 0.01, 0.30 และ 0.30 ไมโครกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพการดูดซับสังกะสี ตะกั่วและเหล็กเท่ากับ 92.30, 89.33 และ 64.20 % ตามลำดับ (Nabilah Zayadi and Norzila Othman. 2013)

ฉะนั้นเพื่อเป็นการลดปริมาณตะกั่วที่จะลงสู่สิ่งแวดล้อม ในงานวิจัยนี้ได้เล็งเห็นว่าเกล็ดปลาทับทิมที่เหลือทิ้งจากการนำมาทำอาหารนั้นมีอยู่เป็นจำนวนมากและหาได้ง่ายเพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุทางชีวภาพเพื่อดูดซับโลหะตะกั่ว โดยการศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการดูดซับตะกั่วและหาประสิทธิภาพการใช้เกล็ดปลาทับทิมดูดซับโลหะตะกั่วจากน้ำตัวอย่างจริง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพการใช้เกล็ดปลาทับทิมเป็นวัสดุเพื่อการดูดซับโลหะตะกั่ว
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้เกล็ดปลาทับทิมจากน้ำตัวอย่างจริง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมอุปกรณ์ สารเคมีและเครื่องมือ

1.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองนำมาแช่ในสารละลายกรดไนตริก (HNO_3) ความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ (v/v) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนล้างอีกครั้งด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนก่อนใช้ในการทดลอง

1.2 สารเคมีทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองเป็นเกรดวิเคราะห์

1.3 การตรวจวัดความเข้มข้นของตะกั่วทำการตรวจวัดโดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรมิเตอร์แบบเปลวไฟ (Flame atomic absorption spectrophotometer; FAAS) รุ่น Perkin Elmer Aanalyst 800

2. การเตรียมเกล็ดปลา

2.1 นำเกล็ดปลาทับทิมแช่ด้วยน้ำกลั่น 24 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น 3-5 ครั้ง จากนั้นผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องก่อนนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.2 นำเกล็ดปลามาปั่นด้วยเครื่องปั่นแห้งให้เป็นผงละเอียดแล้วนำมาร่อนด้วยตะแกรงร่อน ขนาด 100 เมรช เก็บเกล็ดปลาที่ร่อนแล้วไว้ในที่แห้ง

3. การเตรียมน้ำตัวอย่างจริง

ทำการเก็บน้ำตัวอย่างจากคลองป่าพะยอม บริเวณแหล่งชุมชน อ. ป่าพะยอม จ. พัทลุง

4. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการดูดซับ

4.1 การศึกษาหาค่าพีเอชที่เหมาะสม

4.1.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่วความเข้มข้น 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร จำนวน 5 ใบ

4.1.2 ปรับพีเอชของสารละลายในแต่ละขวดให้ได้พีเอชเท่ากับ 2.00, 4.00, 5.00 และ 6.00

4.1.3 ชั่งเกล็ดปลา 2.0 กรัม ใส่ลงในสารละลายตะกั่ว นำไปวางบนเครื่องเขย่าที่ 125 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4.1.4 นำมากรองและเก็บสารละลายไปวัดค่าความเข้มข้นและคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับในแต่ละค่าพีเอช เพื่อหาพีเอชที่ให้ค่าการดูดซับที่ดีที่สุด ค่าพีเอชที่ดีที่สุดจะถูกนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

5. การศึกษาหาน้ำหนักเกล็ดปลาที่เหมาะสม

5.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่วความเข้มข้น 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร จำนวน 6 ใบ และปรับพีเอชของสารละลายในแต่ละขวดให้ได้พีเอชที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 1

5.2 ชั่งเกล็ดปลา 0.50, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 และ 5.00 กรัม ใส่ลงในขวดสารละลายมาตรฐาน จำนวน 6 ใบนำไปวางบนเครื่องเขย่าที่ 125 รอบต่อนาที เป็นเวลา2 ชั่วโมง ก่อนนำมากรองและเก็บสารละลายไปวัดค่าความเข้มข้น

5.3 คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับในแต่ละน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักที่ได้ให้ค่าการดูดซับที่ดีที่สุด น้ำหนักของเกล็ดปลาที่ดีที่สุดจะถูกนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

6. การศึกษาหาเวลาการดูดซับที่เหมาะสม

6.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่วความเข้มข้น 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร จำนวน 7 ใบ ปรับพีเอชของสารละลายในแต่ละขวดให้ได้พีเอชที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 1

6.2 ชั่งเกล็ดปลาน้ำหนักที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 2 ใส่ลงในสารละลายข้อ 3.1

6.3 นำขวดทั้งหมดไปวางบนเครื่องเขย่าที่ 125 รอบต่อนาที โดยขวดที่ 1-7 เขย่าที่เวลา 15, 30, 60, 120, 150, 180 และ 240 นาที ตามลำดับ ก่อนนำมากรองและเก็บสารละลายไปวัดค่าความเข้มข้น

6.4 คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับแต่ละเวลาที่ดีที่สุดในการดูดซับ เวลาที่ดีที่สุดนี้จะถูกนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

7. การศึกษาหาความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วที่เหมาะสม

7.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ให้มีความเข้มข้น 0.10, 0.50, 1.00 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

7.2 ปรับพีเอชของสารละลายในแต่ละขวดให้ได้พีเอชที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 1

7.3 ชั่งเกล็ดปลาให้ได้น้ำหนักที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 2 ใส่ลงในขวดแต่ละใบ แล้วนำขวดทั้ง 5 ใบ ไปวางบนเครื่องเขย่าที่ 125 รอบต่อนาที เป็นเวลาที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 3 ก่อนนำมากรองและนำไปวัดค่าความเข้มข้น

7.4 คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับในแต่ละค่าความเข้มข้นที่ศึกษาเพื่อหาความเข้มข้นที่ให้ค่าการดูดซับที่ดีที่สุด ความเข้มข้นที่ได้จะถูกนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

8. ศึกษาการใช้เกล็ดปลาดูดซับตะกั่วในน้ำตัวอย่างจริง

8.1 หาความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำตัวอย่าง

นำน้ำตัวอย่างมากรองแล้วนำไปหาความเข้มข้นของโลหะตะกั่ว

8.2 ทดสอบความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำตัวอย่างเมื่อเติมสารละลายมาตรฐานตะกั่ว

8.2.1 นำน้ำตัวอย่างมาเติมสารละลายมาตรฐานตะกั่วให้ได้ความเข้มข้น 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

8.2.2 นำตัวอย่างไปปรับพีเอชให้ได้ 5.00 แล้วนำไปวางบนเครื่องเขย่าที่ 125 รอบต่อนาที

8.2.3 นำตัวอย่างไปกรองแล้วหาความเข้มข้นตะกั่วในตัวอย่างและคำนวณหาร้อยละการกลับคืน

8.3 ทดสอบการดูดซับตะกั่วในน้ำตัวอย่าง

นำน้ำตัวอย่างมาทดสอบการดูดซับตะกั่วด้วยเกล็ดปลาในสภาวะที่เหมาะสมที่หาได้จากการทดลองข้างต้น ก่อนนำไปหาความเข้มข้นของตะกั่วหลังดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับ

8.4 ทดสอบหาความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำตัวอย่างเมื่อเติมสารละลายมาตรฐานตะกั่ว

8.4.1 นำน้ำตัวอย่างมาเติมสารละลายมาตรฐานตะกั่ว

8.4.2 นำตัวอย่างไปปรับพีเอช ใส่เกล็ดปลาและนำไปวางบนเครื่องเขย่าตามสภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองในตอนต้นแล้วหาความเข้มข้นตะกั่วที่เหลือและเปอร์เซ็นต์การดูดซับ

ผลการวิจัย

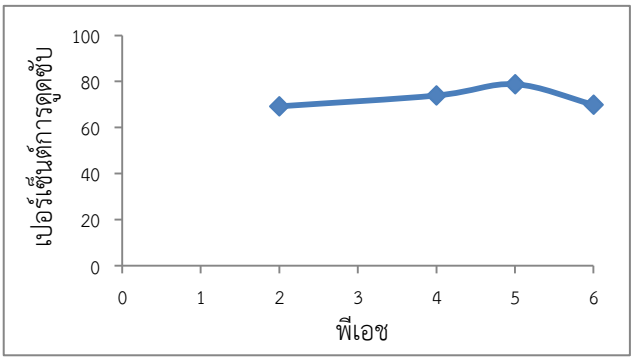
1. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการดูดซับ

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับโลหะตะกั่วด้วยเกล็ดปลาทับทิม ประกอบด้วยค่าพีเอช น้ำหนักเกล็ดปลา เวลาในการเขย่าและความเข้มข้นของตะกั่ว ได้ผลดังตารางที่ 1

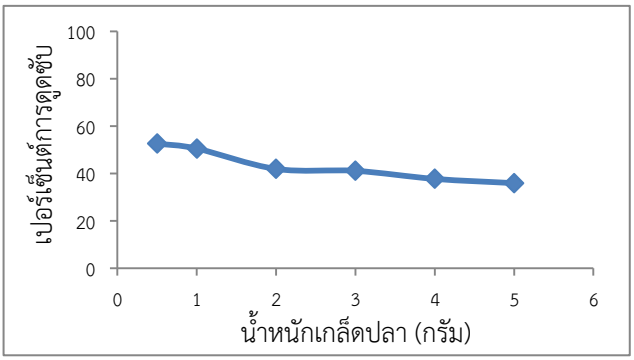
ตารางที่ 1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการดูดซับโลหะตะกั่วด้วยเกล็ดปลานิล

สภาวะ		ความเข้มข้นของตะกั่ว เริ่มต้น (mg/L)	ความเข้มข้นของตะกั่ว หลังการดูดซับ (mg/L)	เปอร์เซ็นต์การดูดซับ
พีเอช	2.00	1.00	0.31	69.00
	4.00	1.00	0.26	74.00
	5.00	1.00	0.21	79.00
	6.00	1.00	0.30	70.00
น้ำหนักเกล็ดปลา (กรัม)	0.50	1.00	0.47	53.00
	1.00	1.00	0.50	50.00
	2.00	1.00	0.58	42.00
	3.00	1.00	0.59	41.00
	4.00	1.00	0.62	38.00
	5.00	1.00	0.64	36.00
เวลาที่เขย่า (นาที)	15	1.00	0.25	75.00
	30	1.00	0.19	81.00
	60	1.00	0.17	83.00
	120	1.00	0.16	84.00
	150	1.00	0.15	85.00
	180	1.00	0.13	87.00
	240	1.00	0.13	87.00
ความเข้มข้น (mg/L)		0.10	0.03	70.00
		0.50	0.23	54.00
		1.00	0.66	34.00
		5.00	3.87	22.00

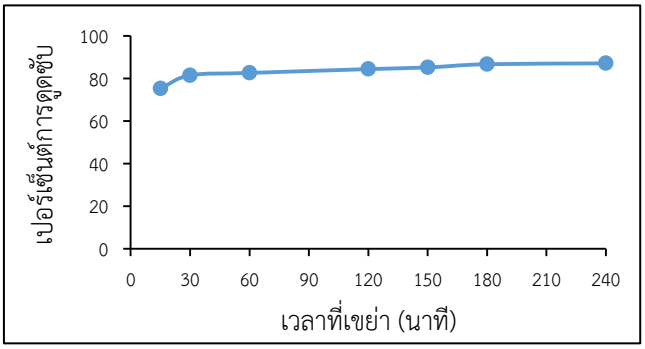
เมื่อนำผลการศึกษาสภาวะการทดลองกับเปอร์เซ็นต์การดูดซับ สามารถเขียนกราฟได้ดังภาพที่ 1-4



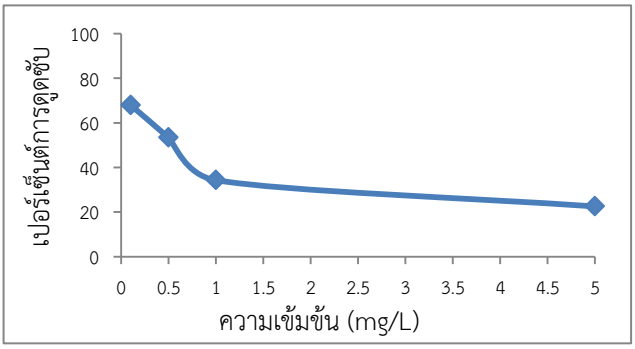
ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชกับเปอร์เซ็นต์การดูดซับ



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเกล็ดปลากับเปอร์เซ็นต์การดูดซับ



ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเขย่ากับ เปอร์เซ็นต์การดูดซับ



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นตะกั่วกับเปอร์เซ็นต์การดูดซับ

จากตารางที่ 1 และภาพที่ 1-4 พบว่าที่ค่าพีเอชเท่ากับ 5.00 มีปริมาณโลหะตะกั่วหลังการดูดซับมีเปอร์เซ็นต์ การดูดซับเหมาะสมที่สุดเท่ากับ 79.00 % น้ำหนักเกล็ดปลาที่ 0.50 กรัม มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับดีที่สุดเท่ากับ 53.00 % เวลาที่ใช้ในการเขย่า พบว่าที่เวลา 60 – 240 นาที มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับที่ใกล้เคียงกันแม้ว่าที่เวลา 240 นาทีจะดีที่สุด ที่ความเข้มข้นของตะกั่ว 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับเหมาะสมที่สุดเท่ากับ 54.00 % จากการทดลองหาสภาวะที่ปริมาณโลหะมีการดูดซับมากที่สุดหลังจากการใช้เกล็ดปลาดูดซับ การเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่สุดจึงเลือกใช้พีเอชเท่ากับ 5.00 แม้ว่าที่พีเอชเท่ากับ 6.00 จะมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับดีที่สุดเพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนของไฮดรอกไซด์ เลือกที่น้ำหนักเกล็ดปลา 0.50 กรัม เวลาที่ใช้ในการเขย่า 30 นาที และความเข้มข้นตะกั่ว 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นค่าที่ใช้ในการทดลองกับน้ำตัวอย่างจริงต่อไป

2. ศึกษาการใช้เกล็ดปลาดูดซับตะกั่วในน้ำตัวอย่างจริง

ผลการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณโลหะตะกั่วในน้ำตัวอย่างจริงในรูปแบบต่างๆ กันทั้งปริมาณในตัวอย่างโดยตรง ปริมาณเมื่อใส่เกล็ดปลาลงไปดูดซับ และปริมาณเมื่อมีการเติมสารละลายมาตรฐานตะกั่วลงไปให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโลหะตะกั่วในน้ำตัวอย่างจริง

ตัวอย่างในการวิเคราะห์	ความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้น (mg/L)	ความเข้มข้นของตะกั่วหลังดูดซับ (mg/L)	ร้อยละกลับคืน	เปอร์เซ็นต์การดูดซับ
น้ำตัวอย่าง	0.37	-	-	-
น้ำตัวอย่าง+เกล็ดปลา	0.37	007	-	86.48
น้ำตัวอย่าง+สารละลายมาตรฐาน	1.00	0.89	82.53	-
น้ำตัวอย่าง+สารละลายมาตรฐาน+เกล็ดปลา	0.50	0.09	-	82.00

จากการทดสอบด้วยน้ำตัวอย่างจริงพบว่ามีความเข้มข้นเท่ากับ 0.37 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าร้อยละกลับคืนเท่ากับ 82.53 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ เมื่อนำเกล็ดปลาทับทิมไปดูดซับโลหะตะกั่วในน้ำตัวอย่างพบว่ามีปริมาณความเข้มข้นหลังการดูดซับเฉลี่ยเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีเปอร์เซ็นต์ของการดูดซับเท่ากับ 86.48 % และเปอร์เซ็นต์การดูดซับเมื่อมีการเติมสารละลายมาตรฐานลงไปมีค่าเท่ากับ 82.00 %

อภิปรายผล

จากการศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการดูดซับโลหะตะกั่วด้วยเกล็ดปลาทับทิม ซึ่งความสามารถในการดูดซับจะขึ้นอยู่กับค่าพีเอช พบว่าค่าพีเอชเท่ากับ 5.00 จะมีความเหมาะสมที่สุดซึ่งให้เปอร์เซ็นต์การดูดซับดีที่สุดเท่ากับ 79.00 % สำหรับกรณีใช้พีเอช 2.00 และ 4.00 จะเกิดปรากฏการณ์ที่ไฮโดรเจนไอออนจะถูกดูดซับได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับปริมาณของไอออนตะกั่วทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับลดลงและในกรณีที่พีเอช 6.00 จะเกิดการตกตะกอนของโลหะตะกั่วในรูปไฮดรอกไซด์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการใช้เกล็ดปลานิลในการดูดซับตะกั่วที่พีเอช 5.50 (Nabilah Zayadi and Norzila Othman. 2013) และงานวิจัยจากการใช้ขี้เลื่อยและขี้เลื่อยปรับสภาพเป็นวัสดุดูดซับมีค่าพีเอชที่เหมาะสมเท่ากับ 5.00 และมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับที่ 55.40 และ 40.50 % ตามลำดับ (พลวัฒน์ พาพรมพึก และคณะ, 2560) และจากข้อมูลการศึกษาค่าพีเอชสำหรับการดูดซับตะกั่วด้วยฝักไมยราบยักษ์ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ค่าพีเอชเท่ากับ 5.00 ด้วยเช่นกัน (ปิยนุช คะเณมา, 2559)

จากการศึกษาน้ำหนักเกล็ดปลาทับทิมที่เหมาะสมต่อการดูดซับโลหะตะกั่ว ซึ่งความสามารถในการดูดซับโลหะนอกจากค่าพีเอชแล้วน่าจะขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวดูดซับที่ใช้ด้วย พบว่าน้ำหนักเกล็ดปลาเท่ากับ 0.50 กรัม จะมีความเหมาะสมที่สุดซึ่งให้เปอร์เซ็นต์การดูดซับสูงที่สุดเท่ากับ 53.00 % สำหรับกรณีใช้น้ำหนักที่น้อยกว่า 0.50 กรัม จะมีไอออนที่ไม่สามารถเข้าจับกับตัวดูดซับได้หมด ทำให้ไอออนเหล่านี้ยังอยู่ในสารละลายจำนวนมากแต่เมื่อปริมาณตัวดูดซับเพิ่มขึ้นเป็น 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 และ 5.00 กรัม จนถึงระดับเข้าสู่สมดุลแล้วการเพิ่มจำนวนตัวดูดซับก็ไม่มีผลให้การดูดซับเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการใช้น้ำหนักเกล็ดปลานิล 0.001 กรัม สำหรับการดูดซับตะกั่วที่ความเข้มข้น 0.30 ไมโครกรัมต่อลิตร (Nabilah Zayadi and Norzila Othman. 2013) และจากงานวิจัยการดูดซับตะกั่วโดยใช้ฝักไมยราบยักษ์โดยใช้ฝักไมยราบยักษ์น้ำหนัก 0.10 กรัม มีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วดีที่สุดและมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 88.95 % ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับมากกว่าเกล็ดปลาที่ศึกษา (ปิยนุช คะเณมา, 2559)

จากการศึกษาเวลาในการเขย่าหรือเวลาที่มีผลต่อการดูดซับโลหะตะกั่วด้วยเกล็ดปลาทับทิมที่เวลา 15, 30, 60, 120, 150, 180 และ 240 นาที เลือกเวลาที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 30 นาที ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 81.00 % เป็นเวลาที่ใช้ในการเข้าสู่สภาวะสมดุลที่โลหะตะกั่วใช้ในการเคลื่อนย้ายจากสารละลายไปเกาะอยู่กับเกล็ดปลาได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับเวลาที่เพิ่มขึ้นแล้วให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นแค่เล็กน้อยเท่านั้น คงเนื่องมาจากเมื่อเวลาเลย 30 นาที แล้วการเข้าสู่สมดุลก็มีโอกาสที่โลหะตะกั่วจะถูกปลดปล่อยออกมาอีกครั้งทำให้เปอร์เซ็นต์การดูดซับลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการใช้เกล็ดปลานิลในการดูดซับตะกั่วที่ให้ผลการดูดซับเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปและดีที่สุดที่ 120 นาที (Nabilah Zayadi and Norzila Othman. 2013) และงานวิจัยการใช้ขี้เลื่อยและขี้เลื่อยปรับสภาพเป็นวัสดุดูดซับใช้เวลา 120 นาที และมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับที่ 50.32 และ 68.29 % ตามลำดับ (พลวัฒน์ พาพรมพึก และคณะ, 2560) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเวลาที่ใช้ยังมากกว่าการศึกษาการดูดซับตะกั่วด้วยฝักไมยราบยักษ์ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เวลาในการดูดซับ 15 นาที (ปิยนุช คะเณมา, 2559)

จากการทดลองการดูดซับโลหะตะกั่วที่ความเข้มข้น 0.10, 0.50, 1.00 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยเกล็ดปลาทับทิมจะดีที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และจะมีแนวโน้มเริ่มลดลงเล็กน้อยเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นแสดงว่าไอออนส่วนที่ไม่ถูกดูดซับจะยังอยู่ในส่วนที่เป็นสารละลายมากขึ้น ที่ความเข้มข้นที่ศึกษา 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับ 54.00 % น่าจะเหมาะสมที่สุดที่ๆ จะนำมาใช้ในการดูดซับตะกั่ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการใช้เกล็ดปลานิล 0.0001 กรัม สำหรับการดูดซับตะกั่วที่ความเข้มข้น 0.30 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่มีการดูดซับดีที่สุดและมีแนวโน้มการลดลงในลักษณะเดียวกัน (Nabilah Zayadi and Norzila Othman. 2013) และจากแนวโน้มการลดลงหากความเข้มข้นสูงขึ้นก็ยังมีการดูดซับที่ยังลดลงไม่มากหากเปรียบเทียบกับตัวดูดซับอื่นๆ แล้วพบว่ายังมีประสิทธิภาพต่ำ เช่นการใช้ขี้เลื่อยและขี้เลื่อยปรับสภาพเป็นวัสดุดูดซับความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 5.00 และ 50.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับที่ 89.63 และ 43.60 % ตามลำดับ (พลวัฒน์ พาพรมพึก และคณะ, 2560) และการดูดซับตะกั่วด้วยฝักไมยราบยักษ์ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 50.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับที่ 56.40 % (ปิยนุช คะเณมา, 2559)

เมื่อนำน้ำตัวอย่างจริงไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วพบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ยืนยันความถูกต้องของความเข้มข้นด้วยการหาร้อยละกลับคืนพบว่ามีค่าเท่ากับ 87.00 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ ไม่มีผลจากสารรบกวนอื่นที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดไป เมื่อนำเกล็ดปลาทับทิมไปดูดซับโลหะตะกั่วในน้ำตัวอย่างพบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วหลังการดูดซับเฉลี่ยเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีเปอร์เซ็นต์ของการดูดซับเท่ากับ 86.48 % เป็นค่าที่ยังถือว่าให้ประสิทธิภาพดีที่ความเข้มข้นนี้ เมื่อนำน้ำตัวอย่างเติมสารละลายมาตรฐานตะกั่วให้มีความเข้มข้น 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามความเข้มข้นที่ทดสอบก่อนนี้และนำไปผ่านกระบวนการดูดซับด้วยเกล็ดปลาในสภาวะที่เหมาะสม พบว่าความเข้มข้นของตะกั่วหลังการดูดซับเท่ากับ 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 82.00 % จะเห็นว่าน้ำตัวอย่างที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นก็ยังมีการดูดซับที่ยังให้ผลประสิทธิภาพตามแนวโน้มในการทดสอบความเข้มข้นก่อนหน้านี้

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโลหะตะกั่วโดยใช้เกล็ดปลาทับทิมเป็นวัสดุดูดซับ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการให้ประสิทธิภาพดูดซับที่ดีที่สุดคือ ค่าพีเอชเท่ากับ 5.00 น้ำหนักเกล็ดปลาที่ใช้ 0.50 กรัม เวลาที่ใช้เขย่า 30 นาที ที่ 125 รอบต่อนาทีและความเข้มข้นของตะกั่วเท่ากับ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำไปทดสอบกับตัวอย่างน้ำจริงที่ความเข้มข้นเฉลี่ยก่อนดูดซับเท่ากับ 0.37 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยหลังการดูดซับเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร เปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 86.48 และเมื่อทดสอบน้ำตัวอย่างจริงที่ทำให้ความเข้มข้นเท่ากับ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยหลังการดูดซับเท่ากับ 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร เปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 82.00 แสดงได้ว่าวิธีการที่ศึกษานี้สามารถนำมาใช้ในการดูดซับตะกั่วในน้ำตัวอย่างจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นวิธีการใช้เกล็ดปลาทับทิมดูดซับโลหะตะกั่วที่ศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่สามารถนำไปใช้ได้กับน้ำตัวอย่างจริงและมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ ให้มีความเข้มข้นตามที่กำหนดโดยเฉพาะน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560 ให้มีความเข้มข้นของตะกั่วไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เมื่อเทียบกับกรณีการใช้วัสดุหรือตัวดูดซับชนิดอื่นๆ เช่น การใช้เปลือกไข่ (ประสิทธิ์ แผ้วบาง และอรไท สุขเจริญ, 2542) การใช้ใยมะพร้าว ถ่าน และเปลือกหอยแครง (ชินวัฒน์ ศาสนนันทน์, 2554) ในการดูดซับโลหะหนักแล้วมีข้อดีในแง่ของการเตรียมวัสดุที่ไม่ยุ่งยาก หากนำมาใช้อย่างเหมาะสมจะเกิดประโยชน์ในการนำไปลดผลกระทบที่เกิดจากการปนเปื้อนโลหะตะกั่วหรือโลหะหนักชนิดอื่นๆ ได้ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

เกล็ดปลาทับทิมสามารถนำมาใช้เป็นตัวดูดซับถือว่าเป็นของเหลือทิ้งที่สามารถหาได้ง่ายในตลาดขายปลาทั่วไปและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ทดสอบการดูดซับเพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากการปนเปื้อนโลหะตะกั่วหรือโลหะหนักชนิดอื่นๆ ที่จะได้ทำการศึกษาต่อไป เช่น แคดเมียม เหล็ก สังกะสี เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ชินวัฒน์ ศาสนนันทน์. (2554). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักโดยใช้วัสดุธรรมชาติในชุมชน** (รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ประสิทธิ์ แผ้วบาง และอรไท สุขเจริญ. (2542). การเปรียบเทียบการดูดซับตะกั่ว (+2) โดยใช้เปลือกไข่และเกล็ดปลา. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 7**(2):51–57.

ปิยนุช คะเณมา. (2559). การดูดซับตะกั่วในสารละลายด้วยฝักไมยราบยักษ์ที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์. **วารสารวิจัย มสด สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 9**(3):15–34.

พจนลักษณ์ ตรีอุดม, (2558). **ปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำบางชนิดบริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา

พลวัฒน์ พาพรมพึก ปานใจ สื่อประเสริฐสิทธิ์ และธายุกร พระบำรุง. (2560). การดูดซับตะกั่ว (Pb^{2+}) โดยใช้ขี้เลื่อยและขี้เลื่อยปรับสภาพ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 36**(3): 348 – 59.

สุวรรณี โชติพนัง. **สีผสมอาหารและการปนเปื้อนสีย้อมผ้าในอาหาร**. สนง.อาชีวเวชศาสตร์และสิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลราชวิถี. ได้จาก http://www.healthcarethai.com/สีผสมอาหาร/2562. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2564.

อานอบ คันทะชา. (2542). **การปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในน้ำทิ้งจากการย้อมสีกระจูดที่ทะเลน้อย** (รายงานผลการวิจัย). สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

Christensen M.J. (1995). Human exposure to toxic metals: factors influencing interpretation of biomonitoring results. Sci. Total Environ, (166), 89-135.

Nabilah Zayadi, Norzila Othman. (2013). Characterization and Optimization of Heavy Metals Biosorption by Fish Scales. Advanced Materials Research. 795:260-65.