

**การกำจัดตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำ
ด้วยเปลือกหอยแครง เปลือกหอยลาย และเปลือกหอยแมลงภู่
Removal of Lead and Cadmium Contaminated Water
By Cockle Shell, Clams Shell and Mussel Shell**

อาภากรณ์ หมื่นคุ้ม และ ปิยะดา วชิระวงศกร²

Arpaporn Meekum and Piyada Wachirawongsakorn

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วและแคดเมียมจากน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่วและแคดเมียมด้วยเปลือกหอยแครง เปลือกหอยลาย และเปลือกหอยแมลงภู่ โดยในการทดลองใช้ตะกั่วและแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100 ppm ผลการทดลองพบว่าเปลือกหอยลายมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วและแคดเมียมได้ดีกว่าเปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยผลของเปลือกหอยทั้งสามชนิดสามารถกำจัดตะกั่วได้ดีกว่าแคดเมียมอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

คำสำคัญ : เปลือกหอย โลหะหนัก การบำบัดน้ำเสีย

Abstract

This research was comparative study on lead and cadmium removal efficiency of cockle shell, clams shell and mussel shell. The lead and cadmium concentration of 25, 50, 75 and 100 ppm were used for experiments. The results showed that clams shell was significantly higher lead and cadmium removal efficiency than cockle shell and mussel shell ($p \leq 0.05$). All three shells had significantly better lead removal than cadmium removal ($p \leq 0.05$).

Keywords : shell , heavy metal, wastewater treatment

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, e-mail address: Mingky_app@hotmail.com, 0805164354

² คร., คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, e-mail address: piyada333@hotmail.com, 0945366515

บทนำ

น้ำ เป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ปัจจุบันพบว่าแหล่งน้ำหลายแห่งได้ถูกทำลายลงด้วยฝีมือมนุษย์ เช่น การทำโรงงานอุตสาหกรรม การทำการเกษตร การดำรงชีวิตของมนุษย์ ฯลฯ จึงทำให้เกิดน้ำเสียขึ้น ซึ่งน้ำเสียในที่นี้คือน้ำที่มีสารหรือสิ่งปฏิกูลที่ไม่พึงปรารถนาเจือปนอยู่ การปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเหล่านี้จะทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งน้ำเสียดังกล่าวไม่ได้มีกระบวนการบำบัดอย่างเหมาะสมก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักที่เป็นปัญหาสำคัญส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสัตว์ โลหะหนักที่อยู่ในแหล่งน้ำจะไปสะสมอยู่ในฟิล์มที่บริเวณผิวหนังน้ำหรือถูกดูดซับไว้กับสารแขวนลอยแล้วค่อยๆ ตกตะกอนไปสู่เบื้องล่าง ซึ่งการสะสมของตะกอนโลหะหนักอาจมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตได้รับเอาโลหะหนักเข้าไปผสมในเนื้อเยื่อ (กนกฝน, 2536) มนุษย์เมื่อได้รับการสะสมของโลหะหนักในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ ความเป็นพิษของโลหะหนักนั้นเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะส่งผลเสียและอันตรายต่อร่างกายโดยจะทำให้การทำงานของระบบประสาทส่วนกลางผิดปกติ เช่น ทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย เกิดความผิดปกติที่ระบบเลือด ปอด ไต และอวัยวะที่จำเป็นต่างๆ การปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำจึงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ประสบอยู่ทั่วโลกในหลายๆ ประเทศจึงมีความเข้มงวดในการออกกฎหมายเพื่อจะควบคุม โดยกำหนดให้มีการกำจัดโลหะหนักชนิดต่างๆ ออกจากน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ (Palmer, 1995) ปัจจุบันนี้มีหลากหลายวิธีในการบำบัดโลหะหนักออกจากแหล่งน้ำ เช่น การตกตะกอนเคมี การใช้ไฟฟ้าในการบำบัด และการใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับ เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีการเหล่านี้ยังคงมีราคาและต้นทุนที่สูงมาก และมีความเสี่ยงต่อการเกิดสารประกอบอันตรายที่เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งสารประกอบอันตรายที่เกิดขึ้นใหม่นี้น่าจะก่อการกำจัดอีกด้วย และการบำบัดโลหะหนักบางวิธีก็ยังมีข้อจำกัดในการบำบัดและมีปัญหาต่างๆ ในการบำบัดอีก เช่น วิธีการตกตะกอนเคมี และการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางไฟฟ้าเคมี มีข้อจำกัดในเรื่องของความเข้มข้นของโลหะหนัก คือ ไม่สามารถบำบัดได้ในช่วงความเข้มข้นของโลหะหนักในช่วง 1-100 มิลลิกรัมต่อลิตร (Wang & Ghen, 2006) และวิธีการบำบัดโดยใช้จุลินทรีย์เป็นตัวดูดซับทางชีวภาพ ซึ่งพบปัญหาเช่นกัน คือ ไม่สามารถแยกเอาโลหะหนักออกจากจุลินทรีย์ได้ เป็นต้น การดูดซับจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการบำบัดโลหะหนักในน้ำทิ้ง ซึ่งโดยทั่วไปการดูดซับโลหะหนักออกจากน้ำเสียจะใช้ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุดูดซับ เนื่องจากเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามต้นทุนในการผลิตถ่านกัมมันต์นั้นยังราคาสูงและการผลิตมีอยู่อย่างจำกัด จึงมีการศึกษาค้นคว้าวัสดุดูดซับชนิดอื่นที่มีต้นทุนต่ำกว่ามาทดแทน หลายปีที่ผ่านมามีการคิดค้นวัตถุดิบในการนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับที่มีต้นทุนต่ำ มีประสิทธิภาพในการบำบัด

สูง และมีความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเปลือกหอยนับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับทางธรรมชาติ เนื่องจากการนำวัสดุที่เหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สามารถหาได้ทั่วไปตามชายฝั่ง ตลาด และโรงงานอุตสาหกรรมการแปรรูปหอย ซึ่งมีข้อมูลว่าในหนึ่งปีมีปริมาณเปลือกหอยเหลือทิ้งมากถึง 7 ตัน และยังมีการศึกษาแล้วว่าสามารถนำเปลือกหอยมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุดูดซับโลหะหนักได้ (นิสารัตน์, 2556) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการนำเปลือกหอยแครง เปลือกหอยลาย เปลือกหอยแมลงภู่มาใช้ในบำบัดน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียม เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียและเป็นการนำเปลือกหอยที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเปลือกหอยแครง เปลือกหอยลาย และเปลือกหอยแมลงภู่ ในการบำบัดตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำ

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จรรยาพร พุ่มงาม (2545) ได้ทำการศึกษาการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่ โดยทำการทดสอบแบบไม่ต่อเนื่องหรือแบบแบตช์ ผลการทดลองพบว่าเปลือกหอยแครงซึ่งมีพื้นที่ผิวจำเพาะและรูพรุนรวมทั้งปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตมากกว่าเปลือกหอยแมลงภู่สามารถกำจัดตะกั่วได้ดีกว่าเปลือกหอยแมลงภู่ ซึ่งการกำจัดตะกั่วได้ดีในช่วงพีเอช 6.3-8.8 และประสิทธิภาพลดลงเมื่อพีเอชลดลง

วิธีการดำเนินวิจัย

การเตรียมตัวดูดซับจากเปลือกหอย

ขั้นตอนแรกนำเปลือกหอยแครง เปลือกหอยลาย เปลือกหอยแมลงภู่ มาทำความสะอาดโดยการล้างน้ำและต้มในน้ำเดือดเพื่อให้เนื้อเยื่อที่ติดค้างหลุดออก หลังจากนั้นนำเปลือกหอยไปผึ่งให้แห้งและบดให้ละเอียดแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 จะได้ผงเปลือกหอยขนาด ≤ 425 ไมโครเมตรจากนั้นนำผงเปลือกหอยไปล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสแล้วเก็บรักษาไว้ในถุงซิปล็อคที่อุณหภูมิห้อง

การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่วจาก Lead solution ของบริษัท Fisher Scientific และ น้ำเสียสังเคราะห์แคดเมียมจาก Cadmium AAS standard ของบริษัท Ajax Finechem Pty Ltd ที่มีความเข้มข้น

ของโลหะหนักดังกล่าว 1000 ppm จากนั้นปีเปตสารละลายดังกล่าวมา 25.50, 75 และ 100 มิลลิลิตรแล้ว
ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตรจะได้สารละลายตะกั่ว และ แคดเมียม ที่ความเข้มข้น 25, 50, 75 และ
100 ppm ตามลำดับจากนั้นเก็บน้ำเสียสังเคราะห์ของตะกั่วและแคดเมียมที่มีความเข้มข้นต่างๆ ที่ได้ไว้
ในขวดโพลีเอทิลีน

การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักของเปลือกหอย

เติมน้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่ว แคดเมียม ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 75, และ 100 ppm ปริมาตร
100 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ ทำการปรับค่า pH ให้มีค่าเท่ากับ 9 โดยปรับค่า pH ด้วยสารละลาย
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.1 M และ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 0.1 M จากนั้นใส่
ผงเปลือกหอยแครง เปลือกหอยลาย เปลือกหอยแมลงภู่ ปริมาณ 1 กรัมต่อตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์
100 มิลลิลิตร (นิสาร์ตัน, 2556) นำไปกวนด้วยเครื่อง Stirrer hot plate เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ที่
ความเร็วรอบประมาณ 350 รอบ/นาที จากนั้นนำผงเปลือกหอยมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1
เพื่อนำน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อนตะกั่วไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic
Absorption Spectrophotometer (AAS) ของ Shimadzu รุ่น AA-6200 Wizaard Software ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
แล้วจึงนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนัก

ผลการวิจัย

ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่เหลืออยู่ในน้ำหลังจากบำบัดด้วยผงเปลือกหอย

หลังจากการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยผงของเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิด พบว่า
ในน้ำเสียสังเคราะห์มีความเข้มข้นของตะกั่วหลังการดูดซับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
0.05 โดยความเข้มข้นหลังการดูดซับที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 75, และ 100 ppm ผงเปลือกหอยลาย
สามารถกำจัดตะกั่วได้ดีที่สุด ทำให้มีตะกั่วเหลืออยู่ในน้ำเพียง 1.14 ± 0.83 , 8.70 ± 0.99 , 22.86 ± 0.51 และ
 40.11 ± 0.19 ppm ตามลำดับ รองลงมา คือ ผงเปลือกหอยแครง 1.55 ± 0.63 , 11.30 ± 1.63 , 24.29 ± 0.47 และ
 51.39 ± 1.06 ppm ตามลำดับ และผงเปลือกหอยแมลงภู่ 6.35 ± 2.12 , 28.95 ± 0.55 , 53.19 ± 0.34 และ 80.80 ± 0.99
ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จรรยาพร (2545) ได้ทดลองกำจัดตะกั่วโดย
ใช้เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่ ซึ่งทำการศึกษาแบบไม่ต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง ผล
การศึกษาพบว่าในการกำจัดตะกั่วเปลือกหอยแครงสามารถกำจัดตะกั่วได้ดีกว่าเปลือกหอยแมลงภู่
สำหรับผลการกำจัดแคดเมียมออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยผงของเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิด พบว่าใน
น้ำเสียสังเคราะห์มีความเข้มข้นของแคดเมียมหลังการดูดซับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่
ระดับ 0.05 โดยความเข้มข้นหลังการดูดซับที่ระดับความเข้มข้น 75 และ 100 ppm ผงเปลือกหอยลาย

สามารถกำจัดแคดเมียมได้ดีที่สุด คือทำให้มีแคดเมียมเหลืออยู่ในน้ำเพียง 7.40 ± 0.52 และ 8.23 ± 0.14 ppm ตามลำดับ รองลงมา คือ พงเปลือกหอยแครง และพงเปลือกหอยแมลงภู่ ตามลำดับ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 50 ppm พบว่าความเข้มข้นของแคดเมียมหลังการดูดซับด้วยพงเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิดไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนิสา (2555) ได้ทดลองการบำบัดน้ำปนเปื้อนแคดเมียมด้วยเปลือกหอยผสมธรรมชาติ (กระช้ำ) โดยใช้เปลือกหอยลาย หอยดัลลัส และหอยแครง ทำการทดลองแบบแบบดักซ์สังเกตได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของโลหะหนักเริ่มต้นสูงขึ้นประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดโลหะหนักจะลดลง สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มขึ้น ในขณะที่ใส่ปริมาณเปลือกหอยเท่าเดิม ทำให้ความสามารถในการดูดซับลดลง

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในน้ำหลังจากดูดซับด้วยพงเปลือกหอย

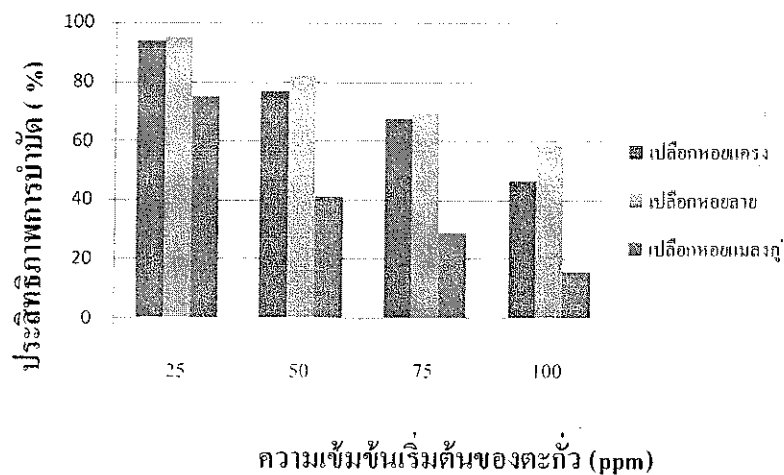
ความเข้มข้นเริ่มต้น	ตะกั่ว			แคดเมียม		
	เปลือกหอยแครง	เปลือกหอยลาย	เปลือกหอยแมลงภู่	เปลือกหอยแครง	เปลือกหอยลาย	เปลือกหอยแมลงภู่
25 ppm	$1.15 \pm 0.63b$	$1.14 \pm 0.83c$	$6.35 \pm 2.12a$	$2.30 \pm 0.16a$	$1.91 \pm 1.15a$	$2.83 \pm 0.44a$
50 ppm	$11.30 \pm 1.63b$	$8.70 \pm 0.98c$	$28.95 \pm 0.55a$	$3.69 \pm 0.66a$	$3.37 \pm 1.70a$	$4.86 \pm 0.35a$
75 ppm	$24.29 \pm 0.47b$	$22.86 \pm 0.51c$	$53.19 \pm 0.34a$	$10.49 \pm 2.20b$	$7.40 \pm 0.52c$	$11.86 \pm 0.15a$
100 ppm	$51.39 \pm 1.06b$	$40.11 \pm 0.19c$	$80.80 \pm 0.99a$	$8.61 \pm 0.07b$	$8.23 \pm 0.14c$	$12.92 \pm 0.04a$

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษขนาดเล็กระบุค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเปรียบเทียบความแตกต่างแยกกันระหว่างตะกั่วกับแคดเมียมในแต่ละความเข้มข้น

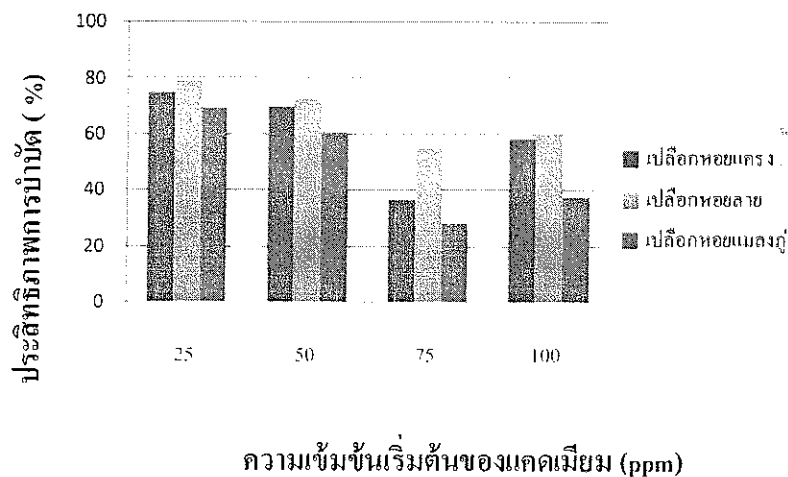
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพงเปลือกหอยในการกำจัดตะกั่วและแคดเมียม

จากการทดลองพบว่าพงเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ในทุกระดับความเข้มข้น โดยพงเปลือกหอยลายมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วสูงที่สุด คือ 76.51% รองลงมา คือ พงเปลือกหอยแครง และพงเปลือกหอยแมลงภู่ 71.39% และ 40.60% ตามลำดับ (ภาพที่ 1) และมีประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยในระดับความเข้มข้น 75 ppm และ 100 ppm พงเปลือกหอยลายมีประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมสูงที่สุด คือ 55.53% และ 60.47% ตามลำดับ รองลงมา คือ พงเปลือกหอยแครง และพงเปลือกหอยแมลงภู่ 36.96%, 58.64% และ 28.74%, 37.93% ตามลำดับ แต่ในความเข้มข้น 25 ppm และ 50 ppm พงเปลือกหอยทั้งสามชนิดมีประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมไม่

แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (ภาพที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอนิสา (2555) ที่ได้ทดลองการบำบัดน้ำปนเปื้อนแคดเมียมด้วยเปลือกหอยผสมธรรมชาติ (กระช้ำ) โดยใช้เปลือกหอยลาย หอยตลับ และหอยแครง ซึ่งพบว่าสามารถลดปริมาณโลหะหนักได้ 40-65%



ภาพที่ 1 ประสิทธิภาพของเปลือกหอย 3 ชนิดในการบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนตะกั่ว



ภาพที่ 2 ประสิทธิภาพของเปลือกหอย 3 ชนิดในการบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนแคดเมียม
สรุปและวิจารณ์ผล

ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วและแคดเมียมที่มีการใช้ปริมาณผงเปลือกหอยเท่ากันที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำสุดคือ 25 ppm สามารถกำจัดตะกั่วได้มากที่สุด รองลงมาคือ 50, 75 และ 100 ppm ตามลำดับ และผงเปลือกหอยที่สามารถกำจัดตะกั่วได้ดีที่สุดคือผงเปลือกหอยลายรองลงมาคือผงเปลือกหอยแครง และผงเปลือกหอยเมลงกู ตามลำดับ และจะเห็นได้ว่าผงของเปลือกหอยทั้งสามชนิดสามารถกำจัดตะกั่วได้ดีกว่าแคดเมียมซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สยามและสันท์ชัย (2545) ที่

ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักของ ไคโตซานจากเปลือกหอยเชอรี่ 2 สายพันธุ์ผลการศึกษาพบว่าไคโตซานจากเปลือกหอยเชอรี่พันธุ์สีเหลืองปนน้ำตาลและพันธุ์สีเขียวปนดำมีร้อยละในการกำจัดตะกั่วสูงกว่าแคลเซียม และประสิทธิภาพของชนิดเปลือกหอยต่างชนิดกัน มีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันทั้งนี้อาจเป็นเพราะในเปลือกหอยแต่ละชนิดจะมีพื้นที่ผิวจำเพาะและรูพรุนรวมทั้งปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่ไม่เท่ากัน ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้มีผลต่อการดูดซับ โดยจะเกิดปฏิกิริยาการดูดซับที่บนพื้นผิวของวัสดุดูดซับ ซึ่งสันทัด (2549) กล่าวว่า เปลือกหอยลายมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบหลัก มีผลึกเป็นแบบออรากอนไนต์ โดยมีออรากอนไนต์เป็นส่วนประกอบ 100% ซึ่งในเปลือกหอยแต่ละชนิดจะมีชนิดและปริมาณผลึกของแคลไซต์และออรากอนไนต์ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีรูพรุนและพื้นที่ผิวที่ขรุขระ ซึ่งการที่มีรูพรุนจำนวนมากและมีผิวขรุขระนี้จะทำให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้นทำให้สารดูดซับ มีความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้นด้วย โดยจรรยาพร (2545) กล่าวว่าพื้นที่ผิวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับรูพรุน หากมีรูพรุนมากจะทำให้พื้นที่ผิวดูดซับได้มาก ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น การดูดซับจะเกิดได้ดีเมื่อโมเลกุลตัวถูกดูดซับมีขนาดเล็กกว่ารูพรุนเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือกหอยแครงมีพื้นที่ผิวจำเพาะและรูพรุนรวมทั้งปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตมากกว่าเปลือกหอยแมลงภู่สามารถกำจัดตะกั่วได้ดีกว่าเปลือกหอยแมลงภู่ ดังนั้นการเลือกเปลือกหอยมาใช้ในการบำบัด ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการใช้เพื่อกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนโลหะหนัก

เอกสารอ้างอิง

- กนกฝน ทศานนท์. 2536. การหาปริมาณโลหะหนักใน Bottom water และใน pore water บริเวณแม่น้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- จรรยาพร พุ่มงาม. (2545). การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่. “วิทยานิพนธ์”(วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม). วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมบัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิสารัตน์ จุนเจริญวงศา. 2556. การกำจัด Cu Mn และ Zn โดยกระบวนการดูดซับด้วยเปลือกหอย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. (2549). ระบบบำบัดน้ำเสีย การเลือกใช้ การออกแบบ การควบคุม และแก้ไขปัญหา. กรุงเทพฯ:กรุงเทพฯ.ป.
- สยามโกหั่นและสันทัญชัยนัยคืบ. (2545). การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักของไคโตซานจากเปลือกหอยเชอรี่ 2 สายพันธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
- อนิสาทรรพณ์นิวัตต์. (2555). การบำบัดน้ำปนเปื้อนโลหะหนักด้วยเปลือกหอยผสมธรรมชาติ (กระชัง). วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Palmer, K. 1995. **An Overview of Potential Environmental Impact from Industrial Activity, Industrial Pollution Hand Book**. New York: McGraw Hill.

Wang, J., &Ghen. C. 2006. **Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces cerevisiae*: a review**. BiotechnolAdv, 24: 427-451.