

การบำบัดน้ำปนเปื้อนโลหะหนักด้วยเปลือกหอยผสมธรรมชาติ (กระช้ำ)
Treatment of Heavy Metal Contaminated Water by Natural Mixed Shell (Krasa)

อนิสา ทรัพย์นิวัตต์¹ มณฑล ฐานุตตมวงศ์¹ และ อรรณพ หอมจันทร์²
Anisa Thapniwat¹, Monthon Thanuttamavong¹ and Unnop Homchan²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการดูดซับโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้เปลือกหอยผสมธรรมชาติ(กระช้ำ) ที่มีอยู่ในจังหวัดสมุทรสาครซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นหอยสองฝาได้แก่ หอยลาย หอยตลับ และหอยแครง มีขนาดประสิทธิภาพ 0.28 มิลลิเมตร และสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ 7.27 เมื่อทำการทดลองแบบแบตช์พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสังกะสี ทองแดง และแคดเมียม คือ พีเอช 5 ระยะเวลาปั่นกววน 60 นาที ระยะเวลาสัมผัส 60 นาที ปริมาณ 0.25 กรัม ขนาด 2 - 4.275 มิลลิเมตร โดยสามารถลดปริมาณโลหะหนักได้ 40- 65 % ไอโซเทอมในการดูดซับมีความสอดคล้องทั้งแบบแลงเมียร์และฟรุนดิช แต่จลนศาสตร์ดูดซับมีความสอดคล้องกับแบบจำลอง Pseudo-second order มากกว่า pseudo-first order

ABSTRACT

The adsorption of heavy metals from synthetic wastewater by using natural mixed shell (Krasa) in Samut Sakhon province was studied. The main elements of Krasa are bivalves such as Carpet shell, Venus shell and Cockle shell. Effective Size was 0.28 mm and uniformity coefficient was 7.27. The adsorption capacities and rates of heavy metal onto Krasa were studied in a batch adsorption system. Maximum zinc, copper and cadmium adsorption was found at pH 5, shaking time 60 minutes, contact time 60 minutes. The amount of 0.25 g. and size 2-4.275 mm. can reduce the 40-65 % of heavy metals. Adsorption isotherm data of the heavy metal could be well explained by both the Langmuir and Freundlich model. The kinetic experimental data properly more correlated with pseudo-second order kinetic model than pseudo-first order.

Key words: Adsorption, Heavy metal, Natural Mixed Shell (Krasa)

E-mail address: anisa_thapniwat@hotmail.com

¹ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Environment Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900

² ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² Department of Earth Science, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ปัจจุบันคุณภาพของแหล่งน้ำต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นแหล่งน้ำผิวดิน หรือน้ำทะเลชายฝั่ง ในจังหวัดที่เป็นเขตอุตสาหกรรม เช่น จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม ได้เสื่อมโทรมลงไปมาก อีกทั้งยังมีปัญหาการปนเปื้อนสารพิษต่างๆที่เป็นอันตรายไม่ว่าจะเป็นสารที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืช สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน และ โลหะหนัก เป็นต้น โดยโลหะหนักที่พบการปนเปื้อนในน้ำมากที่สุดคือ ทองแดง รองลงมาคือสังกะสี และแคดเมียมตามลำดับ(สาโรจน์และคณะ,2552) ซึ่งสาเหตุของการปนเปื้อนนี้นั้นมาจากเกษตรกรรม และโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานชุบโลหะ เป็นต้น ได้มีการศึกษาหาวิธีการต่างๆ เช่น กระบวนการตกตะกอนโดยใช้สารเคมีกระบวนการแยกโดยใช้เยื่อแผ่น กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนและกระบวนการดูดซับ ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป ตัวดูดซับที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ที่ปนเปื้อนโลหะหนักจากอุตสาหกรรมได้แก่ ถ่านกัมมันต์ แต่เนื่องจากมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดในการนำวัสดุเหลือใช้ เช่น เปลือกหอยหลายๆชนิด เช่น เปลือกหอยลาย เปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ มาทำการดูดซับโลหะหนักต่างๆไว้(จรรยาพร,2545) ซึ่งได้ผลที่ดีในระดับหนึ่ง และเมื่อมีการปรับปรุงคุณภาพโดยการล้างด้วยกรด ก็ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับให้ดีขึ้นด้วย ในธรรมชาติเราจะพบเปลือกหอยหลายๆชนิดที่ถูกธรรมชาติทำความสะอาดจนมีสีขาวเหมือนกันหมด ซึ่งสามารถพบได้ตามป่าชายเลนหรือตามแนวชายฝั่งในจังหวัดสมุทรสาครและสมุทรสงคราม โดยมีชื่อที่ชาวบ้านใช้เรียกกันว่า “กระช้ำ”(กรมส่งเสริมวัฒนธรรม,2555) ซึ่งถ้าไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์แล้วปล่อยให้มียาจำนวนมากเกินไป ระบบนิเวศก็จะเปลี่ยนจากระบบนิเวศแบบป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศชายหาดได้ซึ่งชาวบ้านบางส่วนก็นำมาใช้ประโยชน์ในการถมที่ เป็นต้น และเนื่องจากต้องใช้เป็นปริมาณมาก จึงเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้ชายฝั่งถูกกัดเซาะมาเรื่อยๆ

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยเล็งเห็นประโยชน์ของกระช้ำที่มากกว่าการนำไปถมที่ เพราะกระช้ำเหมือนกับเปลือกหอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยธรรมชาติแล้ว เพื่อนำมาใช้เป็นตัวดูดซับจะทำให้ไม่ต้องนำมาปรับปรุงคุณภาพอีก ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดได้ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาโดยนำกระช้ำมากำจัดโลหะหนักในน้ำ โดยเฉพาะชนิดโลหะหนักที่เป็นปัญหาในจังหวัดที่พบกระช้ำ เช่น จังหวัดสมุทรสาคร และสมุทรสงคราม ซึ่งได้แก่ ทองแดง สังกะสี และแคดเมียม (สาโรจน์และคณะ,2552) เพื่อในท้ายที่สุดแล้วจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานชุบโลหะได้ โดยทำการศึกษาของค์ประกอบของกระช้ำ ผลความเข้มข้นโลหะหนักความเป็นกรด-เบส ระยะเวลาในการดูดซับ ไอโซเทอมและจลนศาสตร์ของการดูดซับของกระช้ำเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง และนำมาศึกษาองค์ประกอบ ขนาดประสิทธิผล (Effective Size: E.S.) และสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniformity coefficient: U.C.)

นำกระช้ำที่ได้นำมาจากศูนย์การเรียนรู้และปฏิบัติการอนุรักษ์ฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมหาชัยฝั่งตะวันออก ตำบลโคกขาม อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น และนำมาตากแดด

จนแห่งสนิท จากนั้นทำการศึกษาองค์ประกอบของเพื่อหาประเภทของเปลือกหอยและปริมาณโดยใช้วิธี Quartering method และร่อนผ่านตะแกรงเพื่อทำการหาขนาดประสิทธิผล (Effective Size: E.S.) และสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniformity coefficient: U.C.) โดยใช้วิธีมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials (ASTM) (Metcalf and Eddy, 1991)

การศึกษาความสามารถในการดูดซับ

การหาปัจจัยที่เหมาะสมที่มีผลต่อการดูดซับของทองแดง สังกะสี และแคดเมียมได้โดยใช้วิธีการดูดซับแบบแบตช์ ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าพีเอช (3,5,7,9) ระยะเวลาบั่นทอน (30,60,90,120 นาที) ระยะเวลาสัมผัส (30,60,90,120 นาที) ปริมาณของตัวดูดซับ (0.25,0.5,0.75,1.00 กรัม) ขนาดของตัวดูดซับ (>4.725,2-4.725,0.425-2 มม.) ชนิดของเปลือกหอยในตัวดูดซับ (หอยลาย,หอยตลับ,หอยแครง)และความเข้มข้นของสารละลาย (25,50,75,100 มก./ล.)

การหาไอโซเทอมและจลนศาสตร์ดูดซับของกระช้ำเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์

นำผลทดลองที่ได้จากการหาความสามารถในการดูดซับมาทำการหาไอโซเทอมจากสมการฟรุนดลิช และสมการแลงเมียร์ และหาจลนศาสตร์การดูดซับโดยใช้แบบจำลอง Pseudo-first order และ Pseudo-second order เพื่อหาค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยา และพิจารณาความถูกต้องจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) (Wood. J. M, 1975)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาองค์ประกอบ ขนาดประสิทธิผล (Effective Size: E.S.) และสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniformity coefficient: U.C.) ของกระช้ำ

จากการศึกษาพบว่าประเภทของเปลือกหอยในกระช้ำมีทั้งหอยฝาเดียวและหอยสองฝา (Figure 1) โดยเปลือกหอยที่พบปริมาณมากที่สุดจะเป็นกลุ่มหอยสองฝา ได้แก่ เปลือกหอยลาย มากที่สุด รองลงมาเป็นเปลือกหอยตลับและหอยแครงตามลำดับ หอยฝาเดียว ได้แก่ หอยตะกาย เป็นต้น และยังมีเปลือกของเพรียงหินอีกด้วย โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์ ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างนั้นเป็นที่อยู่อาศัยของหอยสองฝามากกว่าหอยฝาเดียว หรือหอยสองฝามีความสามารถในการทนต่อแรงคลื่นได้น้อยกว่าหอยฝาเดียว ทำให้หอยสองฝาเกิดการตายมากกว่าหอยฝาเดียวและถึงพัดพาของรวมกันได้มากกว่า ดังนั้นกระช้ำในบริเวณที่แตกต่างกันอาจจะมีส่วนประกอบของเปลือกหอยที่แตกต่างกันไปด้วย ส่วนสภาพที่ไม่สมบูรณ์ของเปลือกหอยนั้นอาจเกิดจากแรงคลื่นที่มากกระทบ และน้ำทะเลที่มีส่วนขจัดผิวเปลือกหอยให้มีสีที่อ่อนลงและความมันวาวลดลง

การศึกษาขนาดประสิทธิผล (Effective size, ES) มีความสำคัญเนื่องจากเป็นขนาดที่จะแทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดใหญ่ จึงเป็นตัวควบคุมการไหลของน้ำ ซึ่งในการทดลองกระช้ำมีค่าอยู่ 0.28 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่อาจจะส่งผลต่อการไหลของน้ำให้ช้าลงได้ และ สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniformity Coefficient, U.C.)

คือ ค่าที่บอกความแตกต่างของขนาดวัสดุติดติ้ว ซึ่งในกระชามีค่า อยู่ที่ 7.14 ซึ่งถือได้ว่ามีความสม่ำเสมออยู่ในเกณฑ์ที่ดี (Reynolds and Richards,1996)

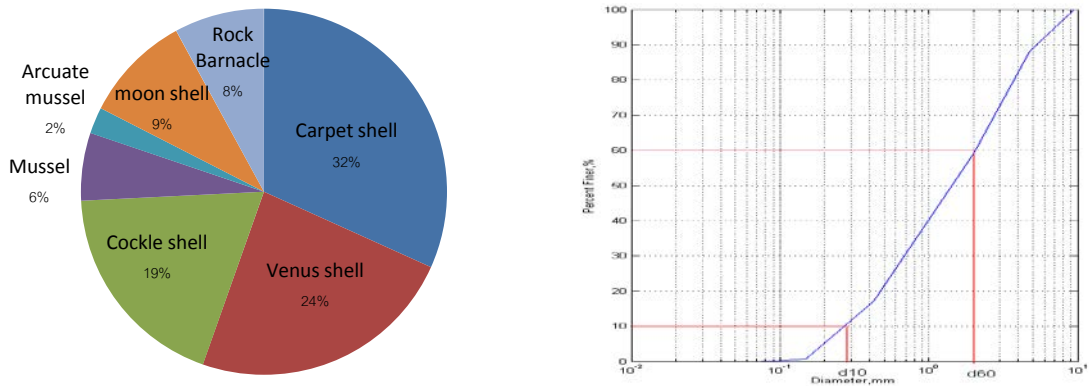


Figure 1 Main elements and size distribution of Natural Mixed Shell (Krasa)

การศึกษาความสามารถในการดูดซับ

ผลการศึกษาอิทธิพลต่างๆ ต่อการดูดซับของกระช้ำ ใช้วิธีการดูดซับแบบแบดซ์ ที่อุณหภูมิห้อง (26.0 ± 0.5 °C) โลหะหนักที่ทำการศึกษา คือ ทองแดง สังกะสี และแคดเมียม (Figure 2) ดังนี้

ค่าพีเอช ในการทดลองพบว่าที่ pH เท่ากับ 5 จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงสุด ทั้งเนื่องจาก พีเอชที่ต่ำหรือเป็นกรด จะมีการจับกันระหว่างไฮโดรเนียมไอออนกับ active site ที่เป็นประจุลบบริเวณผิวเซลล์ จึงทำให้เกิดแรงผลักเพิ่มขึ้น จึงทำให้โลหะหนักถูกดูดซับได้น้อยและเมื่อพีเอชสูงขึ้นจนเป็นด่าง เกิดจากการตกตะกอนในรูปโลหะหนักไฮดรอกไซด์ (Reynolds and Richards,1996)

ระยะเวลาบั่นทวน ประสิทธิภาพการกำจัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาการบั่นทวนมากขึ้น จนกระทั่งเข้าสู่สมดุล จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งในการทดลองพบว่าระยะเวลาประมาณ 60 นาที เป็นระยะเข้าสู่สมดุล

ระยะเวลาล้างล้าง ประสิทธิภาพการกำจัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาการล้างล้างมากขึ้น จนกระทั่งเข้าสู่สมดุล จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เช่นเดียวกับระยะเวลาบั่นทวน ซึ่งในการทดลองพบว่าระยะเวลาประมาณ 60 นาที เป็นระยะเข้าสู่สมดุล

ปริมาณตัวดูดซับที่มากขึ้นทำให้มีพื้นที่ผิวการดูดซับมากขึ้น แต่จากการทดลองพบว่า มีการเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง ดังนั้นปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมคือ 0.25 กรัม เพราะมีค่าความสามารถในการกำจัดโลหะหนักต่อกรัมสูงสุด

ในปริมาณเท่าๆกัน ตัวดูดซับที่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับมากกว่าดูดซับที่มีขนาดใหญ่ ผลจากการทดลองพบว่า ที่ขนาด 0.425 – 2.0 มิลลิเมตรมากกว่าขนาด 2.0 - 4.275 มิลลิเมตรเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่เนื่องจากในกระช้ำมีปริมาณตัวดูดซับขนาด 2.0 - 4.275 มิลลิเมตร มากกว่า ขนาด 0.425 – 2.0 มิลลิเมตร กว่า 2-3 เท่า จึงควรใช้ขนาด 2.0 - 4.275 มิลลิเมตร

องค์ประกอบของชนิดเปลือกหอยหลักในกระช้ำมีผลต่อการดูดซับโลหะหนัก โดย เปลือกหอยลายจะดูดซับแคดเมียมได้ดี เปลือกหอยแครงจะดูดซับสังกะสีได้ดี และเปลือกหอยดัลดูดซับทองแดงได้ดี ดังนั้นหากจะต้องการกำจัดโลหะทั้งสาม กระช้ำควรที่จะมีองค์ประกอบของเปลือกหอยทั้งสาม

การหาไอโซเทอมและจลนศาสตร์ดูดซับของกระช้ำเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์

แบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับของแลงเมียร์ ดังสมการที่ 1

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{K_L q_m C_e} \quad (1)$$

เมื่อ q_e หมายถึงความสามารถในการดูดซับโลหะหนักต่อมวลตัวดูดซับ ณ จุดสมดุล (มก./ก) C_e หมายถึงความเข้มข้นของโลหะหนัก ณ จุดสมดุล (มก./ล) q_m หมายถึงความสามารถในการดูดซับโลหะหนักได้มากที่สุดต่อมวลตัวดูดซับ(มก./ก) และ K_L หมายถึง ค่าคงที่การดูดซับแบบแลงเมียร์(ล./มก.)

แบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับของฟรุนดิช ดังสมการที่ 2

$$\log q = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2)$$

เมื่อ K_F หมายถึงค่าคงที่ในการดูดซับแบบฟรุนดิช(มก./ก)(ล./มก.)^{1/n} และ n หมายถึงค่าแฟกเตอร์ความแตกต่างของพื้นที่ผิวตัวดูดซับ

ไอโซเทอมในการดูดซับ สังกะสี ทองแดง แคดเมียม (Table 1) มีความสอดคล้องทั้งแบบแลงเมียร์และฟรุนดิช ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Correlation coefficient, R^2)แล้วพบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทั้งสองแบบ จากไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ จะเห็นได้ว่ากระช้ำมีความสามารถในการดูดซับสังกะสีสูงสุดมากกว่าถ่านกัมมันต์ แต่ มีความสามารถในการดูดซับทองแดง และแคดเมียมสูงสุดน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ และจากไอโซเทอมแบบฟรุนดิช จะได้ค่า $1/n$ ที่อธิบายถึงบริเวณพื้นผิวของตัวดูดซับซึ่งถ้ามากกว่า 1 จะมีปริมาณพื้นที่ผิวมาก แต่ถ้าน้อยกว่า 1 จะมีปริมาณพื้นผิวจำกัด จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่แล้วจะมีปริมาณพื้นที่ผิวมาก เหมาะแก่การเป็นนำมาเป็นตัวดูดซับ

สมการ Pseudo-first order ดังสมการที่ 3

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1 t}{2.303} \quad (3)$$

เมื่อ q_t หมายถึงความสามารถในการดูดซับโลหะหนัก ณ เวลาต่างๆ (มก./ก.) k_1 หมายถึงค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาอันดับที่หนึ่ง (นาที่⁻¹) และ t หมายถึงเวลาที่ใช้ในการดูดซับ (นาที่)

สมการ Pseudo-second order ดังสมการที่ 4

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (4)$$

เมื่อ k_2 หมายถึง ค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาอันดับที่สอง (ก./มก.-นาที่)

อัตราเร็วของการดูดซับในช่วงเริ่มต้น (h)เมื่อ qt/t เข้าใกล้ ศูนย์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$h = k_2 q_e^2 \quad (5)$$

จลนศาสตร์ดูดซับของกระช้ำมีความสอดคล้องกับแบบจำลอง Pseudo-second order มากกว่า pseudo-first order เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แล้วพบว่า Pseudo-second order อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ pseudo-first order ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Table 2) และค่าความสามารถในการดูดซับที่ได้จากการทดลอง q_e (exp) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง Pseudo-second order q_e (cal) มีค่าที่ใกล้เคียงกันมากกว่าค่าที่ได้จาก pseudo-first order ในส่วนของถ่านกัมมันต์ จลนศาสตร์ดูดซับมีความสอดคล้องกับแบบจำลอง Pseudo-second order เช่นเดียวกับกับกระช้ำ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า อัตราเร็วของการดูดซับสังกะสี ทองแดง และแคดเมียม จะขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของกลไกการดูดซับทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบ และขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำเสียขุปลินะยกกำลังสอง(Sag and Aktay,2002)

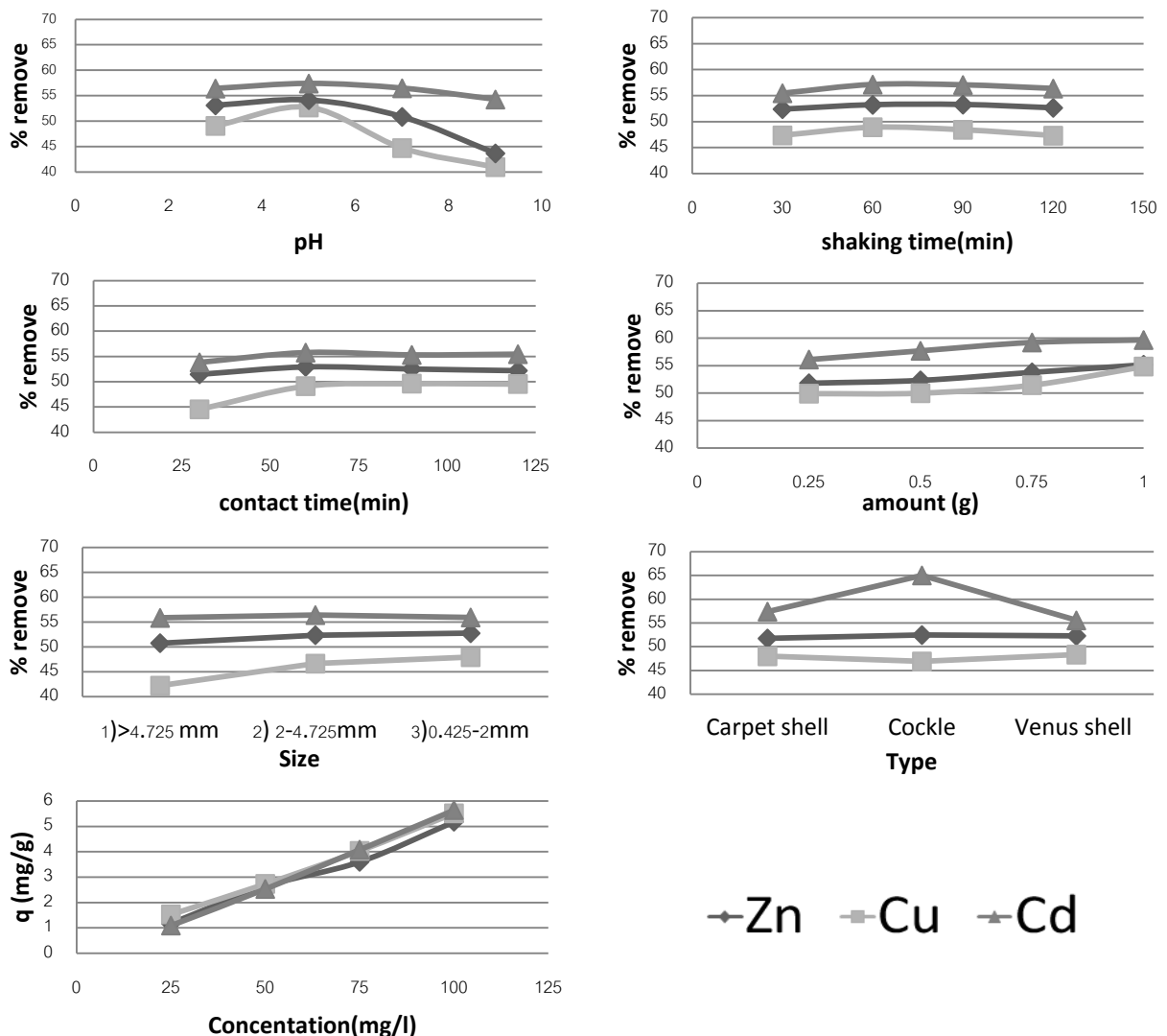


Figure 3 The effects of various factors on adsorption by Natural Mixed Shell (Krasa)

Table 1 Adsorption isotherm data by the Langmuir and Freundlich model of Krasa and Activated Carbon (AC).

Adsorption isotherm	Zinc		Copper		Cadmium		
	Krasa	AC	Krasa	AC	Krasa	AC	
Langmuir	q_m (mg/g)	16.13	10.86	12.05	41.66	4.81	30.3
	K_L (L/mg)	0.737	0.738	0.467	0.152	3.257	0.304
	R^2	0.976	0.957	0.984	0.988	0.994	0.993
Freundlich	$1/n$	1.091	1.190	0.818	0.951	1.464	1.148
	K_F (mg/g)(L/mg) ^{1/n}	0.054	0.045	0.193	0.109	0.215	0.049
	R^2	0.971	0.962	0.985	0.983	0.999	0.98

Table 2 Kinetic experimental data by pseudo-first order and pseudo-second order kinetic model of Krasa and Activated Carbon (AC).

Adsorption kinetic	Zinc		Copper		Cadmium		
	Krasa	AC	Krasa	AC	Krasa	AC	
Pseudo-first order	q_e (cal) (mg/g)	2.569	2.745	2.337	2.456	1.292	1.854
	q_e (exp) (mg/g)	2.640	3.292	2.730	2.840	2.530	2.620
	k_1 (min ⁻¹)	0.002	0.001	0.003	0.003	0.005	0.001
	R^2	0.594	0.103	0.367	0.203	0.617	0.018
Pseudo-second order	q_e (cal) (mg/g)	2.451	3.086	3.012	2.732	2.584	2.725
	q_e (exp) (mg/g)	2.640	3.292	2.730	2.840	2.530	2.620
	k_2 (g/mg-min)	0.821	0.345	1.698	0.262	0.053	0.140
	R^2	0.983	0.981	0.991	0.991	0.998	0.980
	h (mg/g-min)	4.932	3.286	15.405	1.956	0.354	1.039

สรุป

เปลือกหอยผสมธรรมชาติ(กระช้ำ) ในจังหวัดสมุทรสาคร มีองค์ประกอบหลักเป็นหอยสองฝา มีขนาดประสิทธิภาพ 0.28 มิลลิเมตร และสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ เท่ากับ 7.27 สามารถนำมาดูดซับโลหะหนักได้ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสังกะสี ทองแดง และแคดเมียม เพราะมีความสามารถในการกำจัดสูงสุด คือ พีเอช 5 ระยะเวลาบั่นทอน 60 นาที ระยะเวลาสัมผัส 60 นาที ปริมาณ 0.25 กรัม ขนาด 2 - 4.275 มิลลิเมตร ลดปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ 40- 65 % ไอโซเทอมในการดูดซับของกระช้ำและถ่านกัมมันต์มีความสอดคล้องทั้งแบบแลงเมียร์และฟรุนดิช และ จลนศาสตร์ดูดซับมีความสอดคล้องกับแบบจำลอง Pseudo-second order มากกว่า Pseudo-first order ดังนั้นจึงควรนำไปศึกษาต่อถึงประสิทธิภาพในการนำเสียจากโรงงานชุบโลหะ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณศูนย์การเรียนรู้และปฏิบัติการอนุรักษ์ฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมหาชัยฝั่งตะวันออก สำหรับตัวอย่างกระช้ำที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมวัฒนธรรม .2555. **กระช้ำ**.แหล่งที่มา<http://kanchanapisek.culture.go.th/> เข้าถึงข้อมูลวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2555

จรรยาพร พุ่มงาม.2545.**การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาโรจน์ เริ่มดำรง,สาวิตรี แก้วเรียส และเกริก วงศ์สอนธรรม.2552.**การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและตะกอนดินบริเวณชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนบน**.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Metcalf and Eddy. 1991. **Wastewater Engineering: Treatment Disposal and Reuse**.3 rd ed. McGraw-Hill, Inc., New York.

Reynolds,T and P.Richards.1996. **Unit operations and processes in environmental engineering**.2nd ed. PWS Publishing Company. Boston, Massachusetts

Sag,Y. and Y.Aktay.2002.Kinetic Studied on Sorption of Cr(VI) and Cu(II) Ions by Chitin,Chitosan and Rhizopus arrhizus. **Biochemical Engineering Journal** 12:143-153

Wood, J. M. 1975. **Metabolic Cycles for Toxic Elements in the Environment**. A study of Kinetic and Machanism.In P.Q.Krenel (ed). Heavy metals in the Aquatic Environment.Pergaman Press. Oxford.