



การใช้ประโยชน์เปลือกหอยนางรมเพื่อกำจัดแคดเมียม และตะกั่วด้วยกระบวนการดูดซับ

The Utilization of Oyster Shells to Eliminate Cadmium and Lead by Adsorption Process

Nutthida Ninpradupkaew* and Kanita Tungkananuruk

ณัฐธิดา นิลประดับแก้ว* และ คณิดา ตั้งคณานุรักษ์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900

*E-mail: greeny-green@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์นำเปลือกหอยนางรม 2 สายพันธุ์ ซึ่งได้แก่ ตะกรมครามขาว และตะกรมครามดำ ซึ่งเป็นขยะเหลือทิ้งปริมาณมากในจังหวัดสุราษฎร์ธานีมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุดูดซับ เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเปลือกหอยนางรมทั้ง 2 สายพันธุ์ จึงถูกนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับโลหะหนักอันตราย 2 ชนิด (แคดเมียมและตะกั่ว) ผลการทดลองแบบแบตช์แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมและตะกั่ว โดยใช้เปลือกหอยนางรมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 2 มม. ในสารละลายโลหะแต่ละชนิดเข้มข้น 10 มก./ล. มีค่ามากกว่าร้อยละ 90 ที่สภาวะเหมาะสม (เปลือกหอย 4 ก. ความเร็วในการเขย่า 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที) ความสามารถในการดูดซับของเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะกรมครามขาว และสายพันธุ์ตะกรมครามดำ มีค่าเท่ากับ 0.1134 และ 0.1133 มก.-แคดเมียม/ก. ตามลำดับ และ 0.1129 และ 0.1123 มก.-ตะกั่ว/ก. ตามลำดับ ซึ่งกลไกการดูดซับสอดคล้องกับไอโซเทอร์มแบบแลงเมียร์ และฟรุนดิช นอกจากนี้ได้ทำการทดลองอีก 2 แบบ คือ การทดลองแบบคอลัมน์ในคอลัมน์แก้ว (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6.3 ซม. x สูง 41 ซม.) บรรจุด้วยเปลือกหอยนางรมหนัก 500 ก. และการทดลองแบบถังพลาสติก (ขนาดความจุ 10 ล.) บรรจุด้วยเปลือกหอย 5,000 ก. โดยจากการทดลองทั้ง 2 แบบ พบว่าจุดเริ่มหมดสภาพและจุดหมดสภาพของเปลือกหอยสายพันธุ์ตะกรมครามขาว มีค่ามากกว่าเปลือกหอยอีกสายพันธุ์ นอกจากนั้นประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วของเปลือกหอยสายพันธุ์ตะกรมครามขาว ในครั้งแรก มีค่าเท่ากับร้อยละ 99.80 และร้อยละ 100.00 ตามลำดับ จุดเริ่มหมดสภาพและจุดหมดสภาพเท่ากับ 92 ล. และ 148 ล. ตามลำดับ ศึกษาการประยุกต์ใช้เปลือกหอยนางรมอีกลักษณะ คือ ใช้เปลือกหอยนางรมทั้ง 2 สายพันธุ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2 มม. จากผลการทดลองแบบจาร์เรสต์ พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วต่ำกว่าการทดลองแบบแบตช์ ประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วของเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะกรมครามขาว ในน้ำเสียสังเคราะห์ 20 ล. ความเร็วในการกวน 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที และระยะเวลาสัมผัส 90 นาที มีค่าเท่ากับร้อยละ 75.89 และร้อยละ 78.48 ตามลำดับ ดังนั้นเปลือกหอยนางรมทั้ง 2 สายพันธุ์ สามารถถูกพิจารณาไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วในน้ำเสียได้

คำสำคัญ : เปลือกหอยนางรม; การกำจัด; ประสิทธิภาพการดูดซับ

Abstract

This research aims to utilize 2 species of oyster shells namely *Crassostrea belcheri* and *Crassostrea lugubris* which are large amount of original waste at Suratthani. Due to the physical and chemical properties, oyster shells 2 species were used as 2 hazardous heavy metals adsorbents (Cd and Pb). Batch experimental results revealed that the adsorption efficiency of the Cd and Pb by oyster shells size > 2 mm. in 10 mg/L of each metal solution were more than 90% at the optimum conditions (4 g of oyster shells, shaking speed 120 rpm at 60 min and contact time 90 min). Adsorption capacity of *Crassostrea belcheri* and *Crassostrea lugubris* were 0.1134 and 0.1133 mg-Cd/g respectively 0.1129 and 0.1123 mg-Pb/g respectively. The mechanism adsorption was conformed to Langmuir and Freundlich isotherm. In addition two group experimental designs, the column experiments were performed in glass column (6.3 cm.i.d x 41 cm.h) packing with 500 g of oyster shells and performed in plastic tank size (10 L) capacity packing with 5,000 g of oyster shells. The result from glass column revealed that the breakthrough point and exhaustion point of *Crassostrea lugubris* were higher than the other species. Moreover, the Cd and Pb removal efficiency in synthetic wastewater, at 1st time of treatment, the Cd and Pb removal efficiency of *Crassostrea belcheri* were 99.80% and 100.00% respectively. The breakthrough point and exhaustion point were 92 L and 148 L respectively. In the other way of application of oyster shells was investigated by using 2 species of oyster shells size < 2 mm. From jar test experimental results, the Cd and Pb removal efficiency were less than the batch experiments. The Cd and Pb removal efficiency of *Crassostrea belcheri* in 20 L of synthetic wastewater of agitating time 120 rpm at 60 min and contact time 90 min were 75.89% and 78.48% respectively. Therefore, the 2 species of oyster shell could be considered to apply for Cd and Pb elimination in wastewater.

Keywords : Oyster Shells; Elimination; Adsorption Efficiency

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความเจริญก้าวหน้าไปสู่การขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว แต่ในขณะเดียวกันก็ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย เพราะเมื่อโรงงานอุตสาหกรรมมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นก็ย่อมมีการลักลอบปล่อยของเสียออกมามากขึ้น ซึ่งไม่ได้มีเพียงแต่ในรูปของก๊าซพิษเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการลักลอบปล่อยสารเคมีจำพวกโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม ลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยตรงอีกด้วย จากประเด็นปัญหาข้างต้นหากน้ำเสียที่มีสารพิษและโลหะหนักยังไม่ได้รับการบำบัดหรือกำจัดออกไปด้วยวิธีการที่เหมาะสม ก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติแล้ว ย่อมก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชนที่ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำในการอุปโภค-

บริโภคได้อย่างแน่นอน [1] ในการวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นศึกษาการกำจัดโลหะหนักที่เป็นอันตราย 2 ชนิด คือ แคดเมียมและตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำเสียที่มีโลหะหนักปนเปื้อนให้อยู่ในระดับที่ไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้อย่างปลอดภัยด้วยกระบวนการดูดซับ โดยใช้เปลือกหอยนางรมที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมากในท้องถิ่นของจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่มีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับเนื่องจากมีรูพรุน และมีพื้นที่ผิวมาก [2] นอกจากนี้เปลือกหอยนางรมยังมีองค์ประกอบเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ 95-99 [3] จึงทำให้มีความสามารถในการดูดซับพวกโลหะหนักได้ดี อีกทั้งยังเป็นการนำวัสดุที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าได้อีกทางหนึ่งด้วย

แผนการวิจัย

การเตรียมเปลือกหอยนางรมเพื่อเป็นตัวดูดซับ

เปลือกหอยนางรมที่ใช้ในการศึกษามี 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ตะกรมกรามขาว และตะกรมกรามดำ ล้างทำความสะอาด ตากแดดให้แห้ง อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง บดพร้อมทั้งคัดขนาดด้วยตะแกรงร่อน ขนาดที่ทำการศึกษาคือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 มม. และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 2 มม.

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพการดูดซับ แคดเมียมและตะกั่วด้วยเปลือกหอยนางรมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 2 มม. ในสารละลายมาตรฐาน แคดเมียมหรือตะกั่วเข้มข้น 10 มก./ล. โดยการทดลองแบบแบตช์ (Batch method)

ในการศึกษาแต่ละปัจจัย ใช้เปลือกหอยนางรมแต่ละสายพันธุ์ 1.00 กรัม ต่อสารละลายมาตรฐาน แคดเมียมหรือตะกั่ว ปริมาตร 50 มล. และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักโดยการย่อยด้วยกรดด้วยเครื่อง Microwave Digester ตามวิธีมาตรฐาน US. EPA method 3051a [4] และเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความเร็วรอบการเขย่า (30-150 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 60 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที ระยะเวลาเขย่า (15-120 นาที) ระยะเวลาสัมผัส (15-120 นาที) ความเข้มข้นของแคดเมียมและตะกั่ว (2-15 มก./ล.) และปริมาณตัวดูดซับ (1.00-5.00 กรัม)

ศึกษาไอโซเทอร์มของการดูดซับแบบแลงเมียร์ หรือ ไอโซเทอร์มแบบฟรุนดิช

นำผลการทดลองมาคำนวณและเขียนไอโซเทอร์มของการดูดซับแบบแลงเมียร์ หรือไอโซเทอร์มแบบฟรุนดิช

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพการกำจัด แคดเมียมและตะกั่ว ด้วยเปลือกหอยนางรมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2 มม. โดยการทดลองแบบ จาร์เทสต์ (Jar Test)

โดยใช้ปริมาณเปลือกหอยนางรม 2 สายพันธุ์ที่ ศึกษาได้จากการทดลองแบบแบตช์ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ ปริมาตร 500 มล. และนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณ โลหะหนัก

ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วของ เปลือกหอยนางรม โดยการทดลองแบบคอลัมน์

ทำการทดลองโดยเติมน้ำเสียสังเคราะห์ครั้งละ 300 มล. (ประกอบด้วย Pb และ Cd ความเข้มข้นอย่างละ 10 มก./ล.) ลงในคอลัมน์แก้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.3 ซม. ความสูง 41 ซม. ที่บรรจุเปลือกหอยนางรม แต่ละชนิด 500 กรัม ใช้ระยะเวลาบำบัดที่เหมาะสมที่สุด ที่ได้จากวิธีการทดลองแบบแบตช์ คือ แข็งเป็นระยะเวลา 90 นาที ปล่อยน้ำเสียที่ผ่านคอลัมน์ นำตัวอย่างที่ได้ไป วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักตามวิธีมาตรฐาน ทำการ ทดลองจนประสิทธิภาพการบำบัดลดลงหรือเกินค่า มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและ นิคมอุตสาหกรรม คือ แคดเมียมและตะกั่วไม่เกิน 0.03 และ 0.20 มก./ล. ตามลำดับ [5] นำผลที่ได้มาสร้างกราฟ เบรคทรูจ์

ศึกษารูปแบบการนำไปใช้เพื่อกำจัดแคดเมียมและตะกั่ว ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย โดยทดลองเพื่อการนำไปใช้ 2 แบบ คือ แบบถังกวน และแบบถังกรองประติษฐ์

1. ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมและ ตะกั่วของเปลือกหอยนางรมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เล็กกว่า 2 มม. โดยการทดลองแบบถังกวน

โดยใช้ปริมาณเปลือกหอยนางรม 2 สายพันธุ์ ที่ศึกษา 3.2 กก. ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ ปริมาตร 20 ล. ทำการทดลองเช่นเดียวกับแบบจาร์เทสต์ และนำไป วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก

2. ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมและ ตะกั่วของเปลือกหอยนางรมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ใหญ่กว่า 2 มม. โดยการทดลองแบบถังกรองประติษฐ์

นำถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม. สูง 36 ซม. ความจุ 10 ล. จำนวน 2 ถัง นำมาเจาะต่อท่อ PVC และ วาล์วปิด-เปิด ภายในบรรจุตัวดูดซับที่ขยายสเกลจาก คอลัมน์ ลงในถังกรองประติษฐ์ โดยใส่เปลือกหอยนางรม 2 สายพันธุ์ อย่างละถัง ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัด น้ำเสียสังเคราะห์โดยเติมน้ำเสียสังเคราะห์ 4,000 มล. แข็งเป็นระยะเวลา 90 นาที ปล่อยน้ำเสียที่แข็งผ่าน ถังกรองประติษฐ์ นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณ โลหะหนักตามวิธีมาตรฐาน ทำการทดลองซ้ำจน ประสิทธิภาพการบำบัดลดลงหรือเกินค่ามาตรฐานคุณภาพ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และ สร้างกราฟเบรคทรูจ์

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพการดูดซับ แคลเซียมและตะกั่ว โดยวิธีการทดลองแบบแบตช์

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพการดูดซับแคลเซียมและตะกั่วด้วยเปลือกหอยนางรมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 2 มม. พบว่าเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรกรมขาว และเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรดำ มีความสามารถในการดูดซับ (adsorption capacity) แคลเซียมและตะกั่วเท่ากับ 0.1134 และ 0.1133 มก.-แคลเซียม/ก. ตามลำดับ และ 0.1129 และ 0.1123 มก.-ตะกั่ว/ก. ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับแคลเซียมและตะกั่ว คือ เปลือกหอยนางรม 4.00 กรัม ต่อสารละลายมาตรฐาน แคลเซียมและตะกั่วเข้มข้น 10 มก./ล. ปริมาตร 50 มล. โดยใช้ความเร็วรอบการเขย่า 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที ที่ระยะเวลาการสัมผัส 90 นาที ดังรูปที่ 1-2 พบว่าประสิทธิภาพการดูดซับแคลเซียมและตะกั่วด้วยเปลือกหอยนางรมทั้ง 2 สายพันธุ์ ในสารละลายมาตรฐาน แคลเซียมและตะกั่วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณเปลือกหอยนางรมเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณเปลือกหอยนางรมเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว และองค์ประกอบของแคลเซียมออกไซด์ในการดูดซับมลสารต่างๆ จนเมื่อได้ปริมาณที่เหมาะสม หรือถึงจุดอิ่มตัวจะเริ่มคงที่และเข้าสู่สภาวะสมดุล นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพหรือร้อยละการกำจัดของโลหะหนักแต่ละชนิดของเปลือกหอยนางรมทั้ง 2 สายพันธุ์ใกล้เคียงกันและมีค่ามากกว่าร้อยละ 90 เนื่องจากโครงสร้างของเปลือกหอยนางรมมีความเป็นรูพรุนและมีองค์ประกอบของแคลเซียม

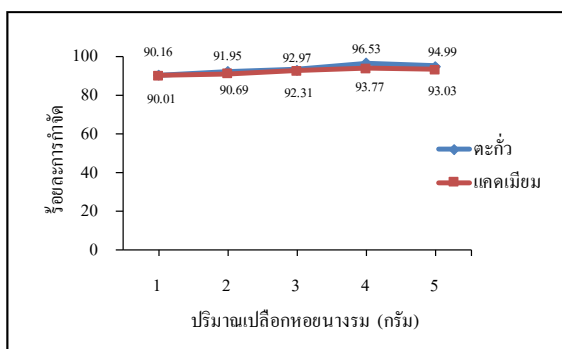
คาร์บอเนต ทำให้โลหะหนักสามารถเกิดเป็นสารประกอบคาร์บอเนตแลกเปลี่ยนไอออนกับแคลเซียม และอาจเกิดตะกอนออกไซด์และไฮดรอกไซด์ได้ [6]

ผลการศึกษาไอโซเทอร์ม

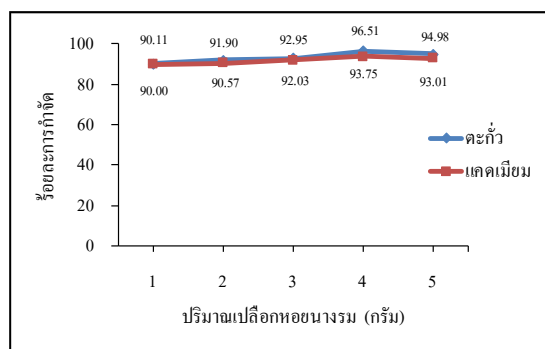
เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ดังตารางที่ 1 พบว่ากลไกการดูดซับของเปลือกหอยนางรมทั้ง 2 สายพันธุ์ สอดคล้องทั้งไอโซเทอร์มแบบแลงเมียร์ และฟรุนดลิช โดยกลไกการดูดซับแบบแลงเมียร์เป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว แต่ในขณะเดียวกันเปลือกหอยนางรมก็มีกลไกการดูดซับแบบฟรุนดลิชด้วย คือ มีการดูดซับแบบซ้อนทับกันหลายชั้น [7] เนื่องจากการดูดซับเกิดได้ทั้งที่พื้นผิวและภายในรูพรุน

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพการกำจัดแคลเซียมและตะกั่ว โดยการทดลองแบบจาร์เทสต์

เมื่อนำเปลือกหอยนางรม 80.00 กรัม ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ ปริมาตร 500 มล. โดยใช้สภาวะที่เหมาะสม เช่นเดียวกับการทดลองแบบแบตช์ พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดแคลเซียมและตะกั่วด้วยเปลือกหอยนางรมทั้ง 2 สายพันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จนกระทั่งความเข้มข้นที่ 10 มก./ล. มีค่าการกำจัดแคลเซียมและตะกั่วสูงสุด จากนั้นจะเริ่มคงที่และเข้าสู่สภาวะสมดุล ดังรูปที่ 3-4 จะเห็นได้ว่าร้อยละการกำจัดของโลหะหนัก แต่ละชนิดของเปลือกหอยนางรมทั้ง 2 สายพันธุ์ มีค่ามากกว่าร้อยละ 70 และสายพันธุ์ตะไกรกรมขาวมีความสามารถในการกำจัดโลหะหนักทั้ง 2 ชนิดได้มากกว่าสายพันธุ์ตะไกรดำเพียงเล็กน้อย



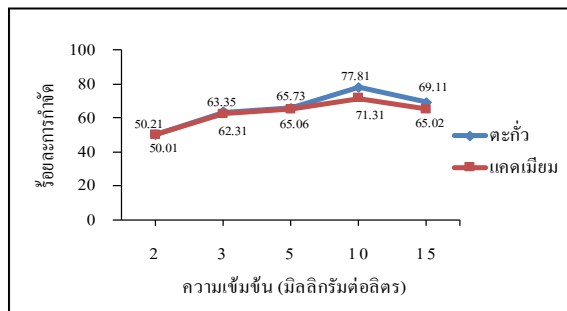
รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเปลือกหอยนางรมกับร้อยละการกำจัดแคลเซียมและตะกั่วของเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรดำ



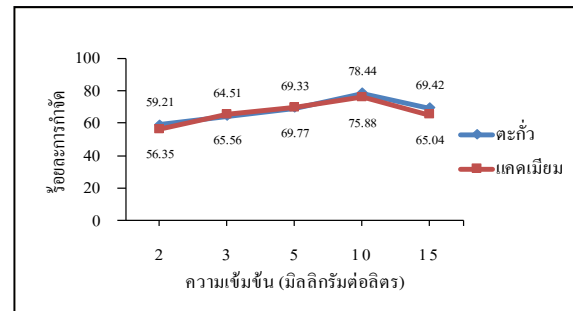
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเปลือกหอยนางรมกับร้อยละการกำจัดแคลเซียมและตะกั่วเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรกรมขาว

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของไอโซเทอร์มแบบแลงเมียร์และฟรุนดิชของการดูดซับแคดเมียมและตะกั่ว

เปลือกหอยนางรม	ไอโซเทอร์มแบบแลงเมียร์	ไอโซเทอร์มแบบฟรุนดิช
สายพันธุ์ตะกรรรมดำ		
แคดเมียม	0.9231	0.9475
ตะกั่ว	0.9057	0.9140
สายพันธุ์ตะกรรรมขาว		
แคดเมียม	0.9230	0.9180
ตะกั่ว	0.9107	0.9232



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับร้อยละการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วของเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะกรรรมดำ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับร้อยละการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วของเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะกรรรมขาว

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วของเปลือกหอยนางรม โดยการทดลองแบบคอลัมน์

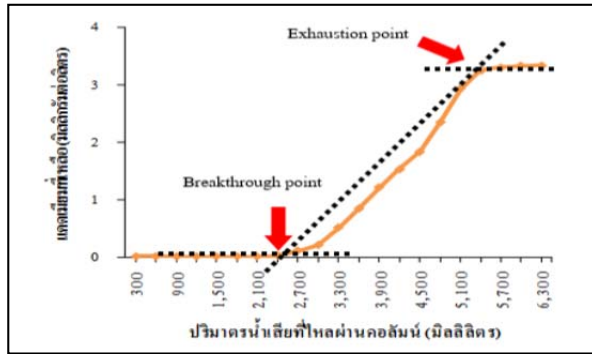
จากการทดลองพบว่าเปลือกหอยนางรมทั้ง 2 สายพันธุ์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วได้ดีกว่าแคดเมียม เนื่องจากประจุของไอออนตะกั่วและแคดเมียมมีความหนาแน่นแตกต่างกัน โดยแคดเมียมและตะกั่วจะมีประจุ +2 เท่ากัน แต่รัศมีไอออนมีค่าต่างกัน รัศมีของไอออนแคดเมียมเท่ากับ 0.97 อังสตรอม ส่วนไอออนตะกั่วเท่ากับ 1.20 อังสตรอม [8] ดังนั้นแคดเมียมจึงมีความหนาแน่นของประจุมากกว่าตะกั่ว จึงส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันและเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนกับโมเลกุลน้ำได้มากกว่า ดังนั้นแคดเมียมจึงถูกดูดซับลงไปในพื้นผิวของเปลือกหอยนางรมได้ยากกว่าตะกั่วนั่นเอง นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะกรรรมดำมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วและแคดเมียมได้ดีที่สุดในครั้งแรก และเริ่มหมดสภาพและจุดหมดสภาพอยู่ที่ปริมาตรน้ำเสีย 2,400 และ 5,100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์

ตะกรรรมขาวมีจุดเริ่มหมดสภาพและจุดหมดสภาพอยู่ที่ปริมาตรน้ำเสีย 3,600 และ 5,700 มิลลิลิตร ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะกรรรมขาวมีประสิทธิภาพการบำบัดที่และสามารถปล่อยน้ำเสียได้จำนวนครั้งมากกว่าเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะกรรรมดำ ดังรูปที่ 5-6

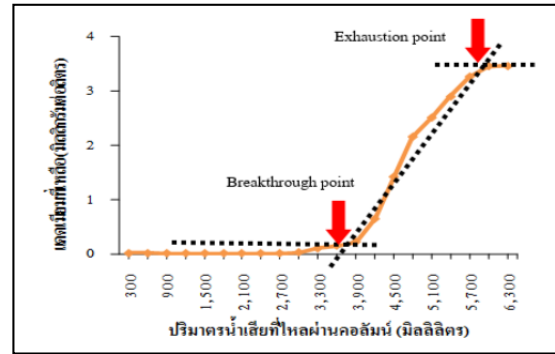
ผลการศึกษาแบบการนำไปใช้เพื่อกำจัดแคดเมียมและตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำเสียสังเคราะห์

1. ผลการศึกษาศักยภาพแบบถักถนอม

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วด้วยเปลือกหอยนางรมทั้ง 2 สายพันธุ์ ในน้ำเสียสังเคราะห์ 20 ล. โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองแบบจลน์ จากตารางที่ 2 พบว่าเปลือกหอยนางรมทั้ง 2 สายพันธุ์ มีประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วมีค่ามากกว่าร้อยละ 70 โดยสายพันธุ์ตะกรรรมขาวมีความสามารถในการกำจัดโลหะหนักทั้ง 2 ชนิดได้มากกว่าสายพันธุ์ตะกรรรมดำเล็กน้อย



รูปที่ 5 กราฟเบรคทวร์จของการกำจัดแคดเมียมด้วย
เลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรกรมดำ



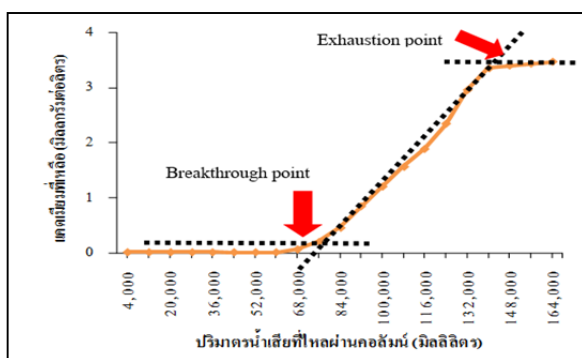
รูปที่ 6 กราฟเบรคทวร์จของการกำจัดแคดเมียมด้วย
เลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรกรมขาว

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการกำจัดแคดเมียมและตะกั่วของเปลือกหอยนางรม 2 สายพันธุ์

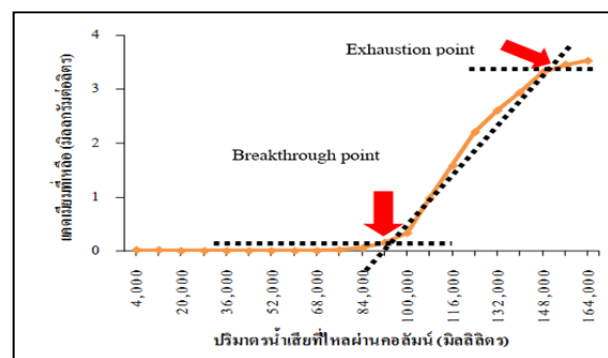
เปลือกหอยนางรม	ร้อยละการกำจัด	
	แคดเมียม	ตะกั่ว
สายพันธุ์ตะไกรกรมดำ	71.33	77.85
สายพันธุ์ตะไกรกรมขาว	75.89	78.48

2. ผลการศึกษาแบบถังกรองประดิษฐ์
จากการทดลองพบว่าถังกรองประดิษฐ์ทั้ง 2 ถัง
มีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วได้ร้อยละ 100.00 ตลอด
การทดลอง เปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรกรมขาว
มีประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมได้ยาวนานกว่าเปลือก
หอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรกรมดำ โดยประสิทธิภาพ
ลดลงช้ากว่า และเมื่อพิจารณากราฟเบรคทวร์จ จาก

รูปที่ 7-8 พบว่าเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรกรม
ดำ มีจุดเริ่มหมดสภาพและจุดหมดสภาพที่ปริมาตรน้ำเสีย
เท่ากับ 76 ล. และ 132 ล. ตามลำดับ ส่วนเปลือกหอย
นางรมสายพันธุ์ตะไกรกรมขาวมีจุดเริ่มหมดสภาพและ
จุดหมดสภาพที่ปริมาตรน้ำเสียเท่ากับ 92 ล. และ 148 ล.
ตามลำดับ



รูปที่ 7 กราฟเบรคทวร์จของการกำจัดแคดเมียมด้วย
เลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรกรมดำ



รูปที่ 8 กราฟเบรคทวร์จของการกำจัดแคดเมียมด้วย
เลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรกรมขาว

สรุปผล

1. ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ แคลเซียมและตะกั่ว ได้แก่ ความเร็วรอบของการเขย่า ระยะเวลาเขย่า ระยะเวลาสัมผัส ความเข้มข้นของ แคลเซียมและตะกั่ว ปริมาณของตัวดูดซับ และจากการทดลองพบว่า สายพันธุ์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ แคลเซียมและตะกั่วเพียงเล็กน้อย โดยเปลือกหอยนางรม สายพันธุ์ตะไกรทระกูลกรามขาวมีประสิทธิภาพการดูดซับ แคลเซียมและตะกั่วสูงกว่าเล็กน้อย อาจเป็นเพราะเปลือก หอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรทระกูลกรามขาวมีปริมาณแคลเซียม คาร์บอเนตที่มากกว่าเปลือกหอยนางรมสายพันธุ์ตะไกรทระกูลดำ

2. การนำไปใช้แบบถังกวนมีประสิทธิภาพการ กำจัดแคลเซียมและตะกั่วต่ำกว่าแบบถังกรองประติษฐ์ เพราะการกวนมีโอกาสทำให้แคลเซียมและตะกั่วที่ถูก ดูดซับหลุดออกมาได้ แต่การทดลองแบบถังกรองประติษฐ์ มีการแช่แข็ง จึงทำให้เปลือกหอยนางรมที่อยู่ในถังกรอง ประติษฐ์สัมผัสและดูดซับมลสารในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ มากกว่า อีกทั้งถ้าคิดในแง่ของความคุ้มค่า ถังกวน มีข้อเสีย คือ ต้องใช้พลังงาน และมีต้นทุนที่สูงกว่า

3. ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกที่จะนำเอาเปลือก หอยนางรมมาอบเพื่อไล่ความชื้นออกเท่านั้นที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชม. แทนการเผาโดยใช้ ความร้อนที่สูง ซึ่งจากการทดลองพบว่าเปลือกหอยนางรม ที่ไม่ได้ผ่านการเผา มีประสิทธิภาพการดูดซับแคลเซียม และตะกั่ว ในสารละลายโลหะหนักแต่ละชนิดเข้มข้น 10 มก./ล. มีค่ามากกว่าร้อยละ 90 ซึ่งมีประสิทธิภาพ การดูดซับแคลเซียมและตะกั่วได้ดีกว่างานวิจัยของ ดวงกมล [9] ที่ได้ทำการทดลองในสภาวะเช่นเดียวกัน แต่ใช้เปลือกหอยนางรมที่ผ่านการเผาภายใต้สภาวะที่มี อากาศไหลผ่านที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถกำจัดแคลเซียม และตะกั่วได้ร้อยละ 90.62 และ 72.06 ตามลำดับ

4. เปลือกหอยนางรมทั้ง 2 สายพันธุ์ เหมาะสม กับการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัสดุดูดซับโลหะหนัก ในน้ำเสียที่มีแคลเซียมและตะกั่วปนเปื้อนไม่เกิน 10 มก./ล. เนื่องจากมีความปลอดภัยต่อมนุษย์และ สิ่งแวดล้อม

5. ข้อมูลการเกิด breakthrough point ใน ระบบถังกับท่อหรือคอลัมน์แตกต่างกัน เนื่องจากถังมี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าแบบท่อหรือแบบคอลัมน์ มาก จึงทำให้การไหลไม่คงที่สม่ำเสมอตลอดทั้งถัง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Palmer, K. 1995. An Overview of Potential Environmental Impact from Industrial Activity, Industrial Pollution Hand Book. New York: McGraw Hill.
- [2] Chaipetch, W. 2013. Size of the Shells Optimal in Efficiency of Total Kjeldahl Nitrogen and Phosphorus Removal from Shrimp Farming Effluent. A Thesis for Degree of Master of Science and Technology in Environmental Science. Surattthani Rajabhat University. (in Thai)
- [3] Srikittichai, P. 2009. Efficiency of Oyster Shell Media to Treat Acidic Wastewater in Anaerobic Filter Tank. A Thesis for Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering. Chulalongkorn University. (in Thai)
- [4] US EPA. 1992. Standard method 1331 Toxicity Characteristic Leaching Procedure (pdf file). Available Source: www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/1311.pdf, December 25, 2015.
- [5] Pollution Control Department. 2004. Set standards for Controlling the Discharge of Industrial and Industrial Wastewater No. 3 (1996). http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html, August 12, 2016. (in Thai)
- [6] Jung, J.H., Shon, B.H., Yoo, K.S. *et al.* 2000. Physicochemical Characteristics of Waste Sea Shells for Acid gas Cleaning Absorbent, Korean Journal of Chemical Engineering, 17: 585-592.

- [7] Tungkananuruk, N. and Tungkananuruk, K. 2007. Principle of Chemical Water Quality Analysis. 1st ed. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- [8] Jadamara, B., Chaiyam, N. and Phadungsap, L. 1997. General Chemistry 2. Aksorncharoentat, Bangkok. (in Thai)
- [9] Naranong, D. and Chandraambhorn, W. 2012. Utilization of the Chemicals Derived from Oyster Shells in the Reduction of Heavy Metal and Phosphate Contents in Waste water. The Thailand Research Fund, Bangkok. (in Thai)