สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษเรื่อง

เรื่อง
การใช้เปลือกปูในการบำบัดสารแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์
Cadmium (Cd^{2+}) removal from synthetic wastewater by crab shell

T104559

โดย

นายทรงพล วงศ์กิระปราชญ์

ปพ.
ท141 ก
2550
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....104559
วัน.เดือน.ปี.....- 5 พ.ย. 2562

b.12159165
i.....

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้เปลือกปูในการบำบัดสารแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์

Cadmium (Cd^{2+}) removal from synthetic wastewater by crab shell

จากการทดลองนำเปลือกปูมาใช้ดูดซับสารแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ พบว่าเปลือกปูที่ไม่ผ่านกระบวนการสกัดไคโตซานมีความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมได้ดีกว่าเปลือกปูที่ผ่านการสกัดไคโตซาน และระดับ pH ที่เหมาะสมต่อการดูดการดูดซับอยู่ที่ระดับ pH 7 มีค่าการดูดซับสูงสุดเท่ากับ 98.8 ± 0.1 เปอร์เซ็นต์ และขนาดเปลือกปูที่เหมาะสมในการดูดซับสารแคดเมียม คือ ขนาด 0.25 มิลลิเมตร มีค่าความสามารถในการดูดซับเท่ากับ 37.98 ± 1.76 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณเปลือกปูที่เหมาะสมในการดูดซับอยู่ที่ 0.01 กรัม มีค่าการดูดซับเท่ากับ 33.2 ± 1.15 มิลลิกรัมต่อกรัม การใช้ความเข้มข้นตั้งต้นที่ 20 มิลลิกรัมต่อกรัม พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ทำให้มีค่าการดูดซับแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ดีขึ้น ระยะเวลาที่เข้าสู่จุดสมดุลในการดูดซับ คือ 96 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าความสามารถในการดูดซับเท่ากับ 98.29±1.36 มิลลิกรัมต่อกรัม สารแคดเมียมที่ถูกดูดซับด้วยเปลือกปูสามารถล้างแคดเมียมออกได้โดยใช้สาร EDTA ซึ่ง EDTA มีประสิทธิภาพในการล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกปูได้ 32.96% จากประสิทธิภาพการดูดซับของเปลือกปูสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียจริงและเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดต้นทุนในการกำจัดสารแคดเมียมได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาในการทดลองปัญหาพิเศษในครั้งนี้มาโดยตลอด

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ทางด้านวิชาการ ความรู้ทางด้านประสบการณ์ การแก้ไขปัญหา การปรับตัวอยู่ในสังคม ให้ความรู้ทางด้านศิลธรรมอันดีงาม ซึ่งเป็นความรู้ที่คอยช่วยปลุกจิตสำนึกและเป็นแรงกระตุ้นต่อการดำเนินชีวิตของข้าพเจ้ามาโดยตลอด และขอขอบคุณ คุณบุบผา จงพัฒน์ และ คุณนภดล เผ่ามนัส ที่ค่อยให้ความช่วยเหลือในส่วนของอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ค่อยให้ความช่วยเหลือ แบ่งบันความรู้และคอยให้กำลังใจข้าพเจ้ามาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ปัญหาพิเศษในครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ ถ้าขาดแรงผลักดันจากกำลังทุนและกำลังใจจากบิดาและมารดา ข้าพเจ้าจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

นายทรงพล วงศ์กิระปราชญ์

พฤษภาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
ตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	15
ผลการทดลองและวิจารณ์	21
สรุป	26
เอกสารอ้างอิง	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติและลักษณะเด่นของไคติน-ไคโตซาน	5
2	ผลของสารเคมีที่แตกต่างกันในการนำมาใช้ในการล้างโลหะทองแดงและโคบอล์ตออกจากเปลือกปู	14
3	การดูดซับแคดเมียมจากเปลือกปูที่ไม่ที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีและเปลือกปูที่ผ่านกระบวนการทางเคมีโดยใช้ pH ที่แตกต่างกัน	21
4	ผลของการใช้ขนาดเปลือกปูที่แตกต่างกันในการดูดซับแคดเมียม	22
5	ผลของการใช้ปริมาณเปลือกปูที่แตกต่างกันในการดูดซับแคดเมียม	23
6	ผลของการใช้สารที่แตกต่างกันในการล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกปู	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผลของ pH ที่แตกต่างกันในการดูดซับโลหะทองแดงและโคบอล์ต	10
2	ผลของการใช้ปริมาณเปลือกปูที่แตกต่างกันในการดูดซับโลหะทองแดงและโคบอล์ต	11
3	ผลของการใช้เปลือกปูในขนาดที่แตกต่างกันในการดูดซับโลหะทองแดงและโคบอล์ต	12
4	ผลของความเข้มข้นตั้งต้นที่แตกต่างกันของโลหะทองแดงและโคบอล์ต	13
5	แสดงค่าการดูดซับของสารแคดเมียมที่เวลาแตกต่างกัน	23
6	แสดงค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมที่ความเข้มข้นต่างๆ	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในปัจจุบันการดำเนินงานไม่ว่าจะเป็นงานทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การทำเหมืองแร่ หรืออุตสาหกรรมประมง มักจะมีการปล่อยของเสียที่เหลือใช้จากการดำเนินงานเหล่านี้สู่แหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ ส่งผลเสียต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและผู้คนที่บริเวณแหล่งน้ำนั้นๆ ส่วนของเสียที่เป็นอันตรายส่วนใหญ่เป็นสารพิษจำพวกโลหะหนัก ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะกำจัดออกจากแหล่งน้ำ ปัจจุบันได้มีการนำวิธีการต่างๆมาใช้ในการกำจัดอยู่หลายวิธี เช่น กระบวนการเร่งให้เกิดการตกตะกอนทางเคมี วิธีการกรอง และ วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน พบว่าวิธีเหล่านี้ส่วนใหญ่ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองค่าจ่าย ไม่สามารถกำจัดโลหะหนักได้ทั้งหมด และยังส่งผลให้เกิดตะกอนตกค้างเป็นจำนวนมากไม่คุ้มกับต้นทุนในการกำจัด จากการศึกษาและค้นคว้า พบว่า มีวิธีการดูดซับ เป็นวิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพที่จะนำมาใช้ในการกำจัดโลหะหนักมีพิษเหล่านี้มากที่สุด โดยการใช้ ไคติน-ไคโตซาน ที่พบทั่วไปในเปลือกของสัตว์จำพวก Arthropods เปลือกกุ้ง เปลือกปู ซึ่งมีลักษณะมีโครงสร้างเป็นเส้นตรงสานกันคล้ายร่างแห มีคุณสมบัติเฉพาะตัวตามธรรมชาติ สามารถสร้างพันธะกับธาตุโลหะหนักได้ดี เหมาะสมในการช่วยดูดซับธาตุโลหะหนัก อีกทั้งเป็นวัสดุที่หาง่ายและที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักสูงรวมถึงยังช่วยลดค่าใช้จ่ายอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของเปลือกปูในการบำบัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์
2. เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ของเปลือกปู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ไคตินและไคโตซาน

ไคติน จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตประเภทโครงสร้างที่เป็นเส้นใย คล้ายคลึงกับเซลลูโลสจากพืช ไคตินพบได้ในเปลือกของสัตว์ เช่น กุ้ง ปู แกนหมึก แมลง ตัวไหม หอยมุก และผนังเซลล์ของพวกรา ยีสต์ และจุลินทรีย์อีกหลายชนิด ไคตินในธรรมชาติมีโครงสร้างของผลึกที่แข็งแรง 3 ลักษณะ ได้แก่ แอลฟาไคติน เกิดจากเปลือกกุ้งและเปลือกปู เบต้าไคติน เกิดในแกนหรือกระดองหมึก และแกมม่าไคติน (http://www.thailabonline.com/chitin-chitosan.htm)

ไคโตซาน คือ สารโพลิเมอร์ชีวภาพที่สกัดจากไคติน ซึ่งเป็นโครงสร้างของเปลือกกุ้ง กระดองปู แกนปลาหมึก และผนังเซลของเห็ด ราบางชนิด ไคติน-ไคโตซาน จัดเป็นโคโพลิเมอร์ที่อยู่ร่วมกันในธรรมชาติ มีปริมาณของไคตินมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส ไคติน-ไคโตซานมีสมบัติพื้นฐานที่เข้ากับธรรมชาติได้ดี ย่อยสลายง่าย ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งไคติน-ไคโตซาน มีหมู่อะมิโนที่แสดงสมบัติพิเศษหลายประการที่ต่างจากเซลลูโลส เช่น การละลายได้ในกรดอินทรีย์เจือจาง การจับกับอิออนของโลหะได้ดี และการมีฤทธิ์ทางชีวภาพ ปัจจุบันมีการนำสารไคติน-ไคโตซาน มาประยุกต์ใช้จริงทั้งในภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ทางการแพทย์และเภสัชกรรม เช่น สารตกตะกอนในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมเส้นใยสิ่งทอ เพื่อป้องกันแบคทีเรียและเชื้อรา ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อคุณภาพในการลดไขมันและคอเลสเตอรอล เรื่องความสวยความงามที่เป็นที่สนใจของคุณสุภาพสตรีทั้งหลาย สารเร่งการเจริญเติบโตในพืชและสัตว์แลกเนื้อต่าง ๆ เช่น สุกร กุ้ง เป็ด ไก่ สารเคลือบผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา สารถนอมอาหาร และแผ่นฟิล์มปิดแผล ช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น (http://www.thailabonline.com/chitin-chitosan.htm)

ไคติน/ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพซึ่งผลิตจากสิ่งเหลือจากอุตสาหกรรมสัตว์น้ำแช่แข็ง (เช่น เปลือกกุ้งและเปลือกปู) และเป็นพอลิเมอร์ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจโลกมากขึ้นเรื่อย ๆ ไคติน/ไคโตซานมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatible) และ สามารถสลายตัวได้ทางชีวภาพ (biodegradable) จึงถือได้ว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมทั้งไคติน (chitin) และไคโตซาน (chitosan) มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายเซลลูโลส ต่างกันตรงที่ไคตินจะมีหมู่อะเซตาไมด์และอะเซตามิโด แต่ไคโตซานจะมีหมู่เอมีน (amine group) แทนที่จะเป็นหมู่ไฮดรอกซิลที่ C-2 ของวงแหวนน้ำตาล (sugar ring) ตามปกติจะพบทั้งวงแหวนน้ำตาลของไคตินและไคโตซานในสายโซ่เดียวกัน จึงมักจะรวมเรียกสารเคมีพวกไคติน/ไคโตซาน การแบ่งแยกไคตินกับไคโตซานจะอาศัยจำนวนหมู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอมีน ถ้ามีหมู่เอมีนมากกว่า 70% จะเรียกว่าไคโตซานในแง่ของวัสดุแล้วไคติน/ไคโตซานถือว่ามีสมบัติโดดเด่น ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกกุ้งและเปลือกปูซึ่งเป็นแหล่งไคติน/ไคโตซานนั้นเป็นวัสดุเชิงประกอบที่นอกจากจะเหนียวฉีกขาดยาก ยังสามารถรับแรงได้สูง และไม่เปลี่ยนรูปร่างได้ง่าย ๆ ถ้าหากพิจารณาในเชิงโครงสร้าง ไคตินจะจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างผลึกเหลวแบบคลอเลสเทอริก (cholesteric liquid crystal structure) โดยมีโปรตีนและปูนขาวแทรก ทำให้วัสดุนี้ทนแรงได้ทุกทิศทางไคติน/ไคโตซานมีความเป็นวัสดุพิเศษ คือ ตัววัสดุสามารถทำหน้าที่ทางเคมีหรือทางชีวภาพบางอย่างได้ด้วยตัวเอง(ภาษาอังกฤษเรียกว่าเป็น functional materials) ตัวอย่างเช่น เป็นแผ่นโพลาร์เมมเบรน (polar membrane) ซึ่งสามารถใช้ในการแยกแอลกอฮอล์ (เจือจาง) โดยกระบวนการเพอร์วาพอเรชัน (pervaporation) เป็นต้น ในทางการแพทย์และเภสัชกรรม ได้มีการศึกษาแล้วว่าเมื่อรับประทานเข้าไปแล้วนั้นนอกจากที่จะไม่ดูดซึมเข้าไปในร่างกายและช่วยในการเคลื่อนตัวของอาหารในลำไส้ดังเช่นอาหารจำพวกไฟเบอร์โดยทั่วไปแล้ว ยังจะมีความสามารถในการจับคลอเลสเตอรอลและไขมันในอาหารที่รับประทานเข้าไปก่อนที่จะเกิดการดูดซึมสารเหล่านั้น ในปัจจุบันได้มีการนำไคโตซานบริสุทธิ์มาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพในการประกอบการลดความอ้วน นอกจากนี้ ยังสามารถใช้ทำผิวหนังเทียมรักษาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก ใช้ปลดปล่อยยารักษาเหงือกและฟัน นอกจากนี้ สารไคติน/ไคโตซานยังสามารถประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์และอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เช่น ใช้หุ้มเมล็ดพันธ์พืชเพื่อยืดอายุการเก็บและป้องกันราและจุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมการเกษตร ใช้เป็นสารต่อต้าน ราและจุลินทรีย์ ใช้เป็นสารกันบูดเคลือบอาหาร ผัก และผลไม้ ในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้เติมแต่งและเป็นสารพื้นฐานของแป้งทาหน้า แชมพู ครีม และสบู่ โลชันเคลือบป้องกันผิวและผม เนื่องจากไคติน/ไคโตซานสามารถ อุ้มน้ำและเป็นตาข่ายคลุมผิวหนัง ใช้ผสมเส้นใย เช่น สิ่งทอและกระดาษ เพื่อป้องกันและต้านทานเชื้อโรค และยังทำให้เยื่อเหนียวและแข็งแรงเพิ่มขึ้น เป็นต้น (http://www.thailabonline.com/chitin-chitosan.htm)

ไคติน หรือ Poly (N-acetylcosamine) มีปริมาณมากเป็นที่สองรองจากเซลลูโลส ซึ่งสามารถแยกสกัดออกมาจากเปลือกของพวกสัตว์ที่มีปล้อง เช่น กุ้ง, ปู, เปลือกของตัวไหม แกนปลาหมึกและแมลง เป็นต้น ในเปลือกเหล่านี้จะมีปริมาณของไคตินต่ำตั้งแต่ 0.01% จนสูงถึง 40% ของน้ำหนักแห้งของมัน นอกจากนี้ไคตินยังเป็นองค์ประกอบในแมลง, รา และยีสต์อีกด้วย โครงสร้างทางเคมีของไคตินมีความคล้ายคลึงกับเซลลูโลส ต่างกันแต่เพียงว่าหน่วยย่อยของเซลลูโลสเป็น D-glucose ส่วนหน่วยย่อยของไคตินเป็นอนุพันธ์ของกลูโคส คือ N-acetly-glucosamine (ภาวดี, 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไคโตซานเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติที่เกิดจากการกำจัดหมู่อะมิโนอิสระออกจากโครงสร้างของไคตินแล้ว ได้อนุพันธุ์ที่สามารถมีประจุบวกบนหมู่อะมิโนอิสระและสามารถละลายได้ในสารละลายหลายชนิดที่มี pH น้อยกว่า 5.5 สารละลายไคโตซานมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่หลายประการ เช่น ก่อให้เกิดความคงตัวให้ความข้นหนืด และการเกิดแผ่นฟิล์ม นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นสารช่วยตกตะกอนในน้ำเสีย การทำให้น้ำผลไม้ใส การกำจัดโลหะหนัก การตรึงเอนไซม์และการกักเซลล์ แม้กระทั่งในอุตสาหกรรมการผลิตยาปฏิชีวนะด้วย (ภาวดี, 2544)

ไคโตซานได้จากปฏิกิริยา deacetylaition ของไคติน ซึ่งก็คือพอลิเมอร์ (1-4)-2 amino-2 deoxy-Beta-D-glucan นั่นเอง หรือเรียกง่าย ๆ ว่า พอลิเมอร์ของ glucosamine การเกิดไคโตซานนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของการเกิด deacetylation ซึ่งวัดจากค่า degree of deacetylation คิดเป็นร้อยละ หรือ percent of deacetylation หรือกล่าวได้ว่า การลดหมู่ acetyl ลงจากไคติน ผลที่ได้คือ การเพิ่มหมู่ amine ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณสมบัติการเป็น polycationic activity บนพอลิเมอร์ทำให้เกิดสภาพของการเป็นไคโตซานเพิ่มขึ้น ฉะนั้นโครงสร้างของไคโตซานต่างจากไคตินตรงหน่วยย่อยที่เป็น glucoamine ในสายพอลิเมอร์เพิ่มมาเกินกว่า 50% ขึ้นไปนั่นเอง (ภาวดี, 2544)

ไคโตซาน เป็นพอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูง และเป็นพอลิเมอร์สายตรงที่เป็นของแข็งที่ไม่มีรูปร่างแน่นอน (amorphous solid) มีหมู่ อะมิโน ที่พร้อมจะละลายในกรดแร่เข้มข้น เช่น HCl เป็นต้น การละลายของไคโตซานมีคุณสมบัติหลายอย่าง เช่น ในรูป Free amine จะไม่ละลายน้ำที่ pH เป็นกลาง แต่ที่ pH เป็นของ free amine group ($-NH_2$) จะถูก protonated ได้เป็น cationic amine group ($-NH_3$) (ภาวดี, 2544)

อัธยา และคณะ (2536) ใช้วิธีสกัดไคโตซานจากเปลือกสัตว์น้ำโดยต้มเปลือกกุ้งหรือกระดองหมึกและกระดองปูด้วย NaOH 3% นาน 2 ชั่วโมง แล้วกำจัดแคลเซี่ยมด้วย 1N HCl นาน 2 ชั่วโมง จะได้ไคติน หลังจากนั้นจึงนำมาแช่ใน NaOH เข้มข้น 50% เพื่อดึง acetyl group ออกจากไคตินจะได้ไคโตซาน จากผลการทดลองพบว่ากระดองหมึกกล้วย (เศษเหลือจากโรงงาน) ให้ปริมาณไคตซานสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ คือได้ 30% (ของน้ำหนักแห้ง) ส่วนกระดองหมึกหอมให้ไคโตซาน 28% เปลือกกุ้งให้ไคโตซาน 22.5% หัวกุ้งให้ไคโตซาน 14% ส่วนเปลือกปูทั้งปูทะเลและปูม้า (เศษเหลือจากภัตตาคาร) จะให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 13% ไคโตซานที่ผลิตได้มีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 10% ปริมาณเถ้า 0.1-0.4% deacetylation number 50-65%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศักดา (2539) ทดสอบความสามารถในการดูดจับโลหะไอออนของไคโตซานพบว่าขึ้นอยู่กับชนิดไอออนโลหะและชนิดของไคโตซาน ไคโตซานที่มีการกำจัดหมู่อะซิติลสูงจะสามารถดูดซับโลหะไอออนดี และ ค่าความจุการแลกเปลี่ยนไอออนสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับความสามารถของไคโตซานทางการค้า ผลการวิเคราะห์การดูดซับโลหะไอออนในสารละลายแต่ละชนิดที่มีความเข้มข้น 20 ส่วนต่อล้านส่วน พบว่าไคโตซานทางการค้าที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมีความสามารถในการดูดซับไอออนโลหะดีกว่าไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติและลักษณะเด่น (http://www.thailabonline.com/chitin-chitosan.htm)

*สมบัติและหน้าที่	**การประยุกต์ใช้และผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปใช้แล้ว
1. โพลีอิเลกโตรไลท์และคีเลต (B)	1. ตัวรวมตะกอนและตัวตกตะกอน และการทำหน้าที่แคทอิออนิกสำหรับบำบัดน้ำเสีย
	2. ตัวตกตะกอนโปรตีนที่เป็นกรด และตัวตกตะกอนเพื่อแยกยูเรเนียมและโลหะจำเพาะบางชนิดตลอดจนโลหะกัมมันตภาพรังสี
2. การขึ้นรูปเป็นลักษณะต่างๆ (A, B)	1. ขึ้นรูปเป็นเส้นใย สิ่งทอ
	2. ขึ้นรูปเป็นแผ่นเยื่อบาง เพื่อใช้ในการกรองแยก เช่น แยกน้ำออกจากแอลกอฮอล์
	3. ขึ้นรูปเป็นเม็ด เป็นแคปซูลเพื่อการเพาะเซลล์
3. การเป็นเจลที่อุ้มน้ำ (B)	1. การใช้หุ้มเซลล์ และหุ้มเอนไซม์
	2. เป็นตัวกลางสำหรับการแยกด้วยวิธีโครมาโตกราฟฟีแบบเจล
	3. การขึ้นรูปเป็นรูพรุนแบบฟองน้ำ
	4. เซอโรเจล
4. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (A, B)	1. ตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ
	2. การทำวัสดุผสมกับคาร์บอนไดออกไซด์
5. การย่อยสลายด้วยน้ำ (A, B)	ผลิตสารกลูโคซามีนและโอลิโกเมอร์ของน้ำตาลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สารเหนียวและอุ้มน้ำ (B)	เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง สำหรับบำรุงรักษาผิวและผม
7. การดูดซับโมเลกุลต่างๆ (A, B, C)	ใช้เป็นตัวกลางเพื่อทำโครมาโตกราฟฟีแบบต่างๆ เช่น แบบดูดซับและแบบแลกเปลี่ยน เพื่อแยกเลกติน, ไคติเนส และไลโซไซม์
8. ปฏิกิริยาเคมี (A, B)	1. การสร้างกลิ่น รส 2. การขจัดกลิ่นของฟอร์มาลดีไฮด์ 3. การสังเคราะห์สารอนุพันธ์ต่างๆ เป็นสารต่อเนื่อง
9. การนำไฟฟ้า (B)	การนำแผ่นเยื่อบางไคโตซานผสมลิเธียม ไตรเฟลท ที่ใช้เป็นอีเลกโตรไลท์ในแบตเตอรี่ ที่ปราศจากมลพิษ
10. การเคลือบ (B)	1. การทำสีในการพิมพ์ การย้อมและสารเติมแต่งต่างๆ 2. การทำสีทา 3. การทำลำโพง ทำเครื่องดนตรี 4. เป็นสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมกระดาษ 5. เคลือบผิวผลไม้ ผัก เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา 6. เคลือบรักษาเมล็ดพันธุ์พืช
11. ตัวดึงออกมา (A, B, C)	1. เป็นตัวเหนี่ยวนำของโปรตีนที่ก่อให้เกิดโรคได้ 2. สารที่ใช้ในการเกษตร เช่น การเคลือบเมล็ด การพ่นเคลือบใบ
12. ตัวต้านจุลินทรีย์ (B)	ใช้ในการเก็บรักษาอาหารและผลไม้
13. ส่งเสริมพวกจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (A, B)	ช่วยในการปรับปรุงจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เช่น 1. ในดินและในน้ำ 2. ในสัตว์และในลำไส้คน
14. สารที่ปราศจากพิษ	เป็นมิตรต่อสิ่งมีชีวิต จึงใช้ได้ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. สร้างภูมิต้านทานได้ (A, B, C)	1. เป็นตัวเหนี่ยวนำไลโซไซม์ และ LPL activities ในเนื้อเยื่อและในเลือด 2. ต่อต้านสารก่อมะเร็ง
16. สมานแผล (A, B, C)	1. ใช้เป็นตัวรักษาแผล โดยเฉพาะไฟไหม้ และแผลที่ผิวหนังสำหรับคน สัตว์ และต้นไม้ (ทำผิวหนังเทียม) 2. รักษากระดูก เอ็น และซ่อมแซมพวกเอ็นยึดอวัยวะต่างๆ
17. ย่อยสลายได้ในธรรมชาติ (A, B, C)	1. ทำไหมเย็บแผลที่ละลายได้ 2. สารปลดปล่อยยาอย่างช้าๆ 3. ควบคุมการย่อยสลายของเอ็นไซม์
18. ลดโคเลสเตอรอล (B)	1. ใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ และใช้เติมแต่งในอาหารสัตว์ 2. ลดความดันเลือด
19. ห้ามเลือดต่อต้านการเกิดลิ่มเลือด (C)	1. ทำยาห้ามเลือด 2. ใช้ทำเส้นเลือด ใช้ทำคอนแทคเลนซ์ตา
20. ใช้เป็นฟิล์มเคลือบผลไม้ (B)	ช่วยให้ผลไม้ และผักสดอยู่นาน
21. เข้ากันได้กับอวัยวะร่างกาย (A, B, C)	1. รักษาแผล 2. ไหมเย็บแผล

หมายเหตุ * A คือ สารไคติน B คือ สารไคโตซาน C คือ อนุพันธ์ของสารไคตินและ สาร ไคโตซาน

** ที่ขีดเส้นใต้ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจำหน่ายแล้วในตลาด

แคดเมียม (Cd)

แคดเมียม จัดเป็นธาตุโลหะหนัก ที่ได้รับความสนใจธาตุหนึ่ง ทั้งในแง่การใช้ประโยชน์และความเป็นพิษจากการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมีงานศึกษาวิจัย พบปริมาณแคดเมียมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้นทั้งทางอากาศ ทางน้ำ และดิน เนื่องจากมีความเป็นไปได้ ที่แคดเมียมจะปนเปื้อนผ่านห่วงโซ่อาหาร จากดินสู่พืช และจากพืชสู่มนุษย์ได้ในที่สุด (คนึงนิจ และ คณะ 2548)

แคดเมียมพบได้ในดินโดยทั่วไป เกิดจากการผุพังของแร่ในหินชนิดต่างๆ ในบริเวณนั้น หรือเกิดจากการทับถมของดินตะกอนที่ถูกพัดพามา โดยกระแสน้ำ หรือถูกพัดพาโดยลม หรือดินเพื่อการเพาะปลูกโดยทั่วไป มักมีปริมาณแคดเมียมปนอยู่ต่ำกว่า 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (WHO, 1975) ปริมาณแคดเมียมในดินแต่ละพื้นที่ มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะธรณีวิทยา และองค์ประกอบของหิน แคดเมียมเป็นสารที่คงตัว และสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน พืชชนิดต่างๆ จึงมีโอกาสดูดซึมแคดเมียมเข้าไปสะสมในส่วนต่างๆ ได้ และมีโอกาสที่จะแพร่กระจายสู่สิ่งมีชีวิต ได้ทุกชนิด รวมถึงมนุษย์ (คนึงนิจ และ คณะ 2548)

การปนเปื้อนของแคดเมียมในดิน มักเกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์เป็นหลัก เช่น จากกิจกรรมการทำเหมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสังกะสี ตะกั่ว และทองแดง จากควัน หรือไอระเหย จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง จากการเผาไหม้กากของเสีย หรือขยะจากโรงถลุงโลหะ จากการใช้ปุ๋ยฟอสเฟสที่มีแคดเมียมเจือปน จากพื้นที่ฝังกลบขยะที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีการใช้โลหะแคดเมียม และจากการใช้กากอุตสาหกรรมดังกล่าว ผสมลงในดินเพาะปลูก เมื่อปริมาณแคดเมียมในดินเพิ่มขึ้น จะทำให้พืชมีโอกาสดูดซึมได้มากขึ้นด้วยในใบยาสูบจะมีปริมาณแคดเมียมค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 0.5-3.0 ไมโครกรัม/กรัม ของใบยาสูบ พบว่า การสูบบุหรี่หนึ่งซองต่อวัน อาจมีแคดเมียมดูดซึมเข้าสู่ร่างกายประมาณ 1-4 ไมโครกรัม (คนึงนิจ และ คณะ 2548)

ประโยชน์ของแคดเมียม (คนึงนิจ และ คณะ 2548)

1. ด้านอุตสาหกรรม แคดเมียมเป็นสารที่ใช้แพร่หลายในอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยส่วนใหญ่จะผสมกับโลหะชนิดอื่น

2. ด้านเกษตรกรรม แคดเมียมเป็นส่วนผสมของสารเคมีปราบวัชพืช สารเคมีฆ่าเชื้อรา และ เป็นส่วนผสมในปุ๋ยบางชนิด

ความเป็นพิษของแคดเมียม

เริ่มแรก ผู้ป่วยจะปวดบริเวณสะโพก แขน ขา อาการนี้จะหาย เมื่อประคบ หรือแช่น้ำร้อน บริเวณฟันติดกับเหงือก จะมีสีเหลือง เรียกว่า วงแหวนแคดเมียม ต่อมาจะปวดกระดูกตามข้อ โดยเฉพาะกระดูกเชิงกราน และหัวหน่าว คล้ายมีวัตถุแหลมมาทิ่มแทงทั่วร่างกาย แคลเซียมจะ

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สลายตัวออกจากกระดูก ผู้ป่วยเดินถ่างขาคล้ายเป็ด ระยะหลังผู้ป่วยจะเจ็บปวดมาก จนเดินไม่ไหว ร่างกายเตี้ยค่อม กระดูกหักมากขึ้น กระดูกสะโพกขาดความแข็งแกร่ง ระยะนี้กินเวลานาน 20-30 ปี นับตั้งแต่เริ่มได้รับแคดเมียม ระยะสุดท้ายผู้ป่วยจะกินไม่ได้ นอนไม่หลับ เบื่ออาหาร น้ำหนักลด อ่อนเพลียหมดแรง และเสียชีวิตในที่สุด (คนึงนิจ และ คณะ 2548)

พิษเฉียบพลัน การรับสัมผัสแคดเมียมโดยทางหายใจ มีผลทำให้เกิดอาการเจ็บใต้อกเหนื่อย อ่อนเพลีย เกิดภาวะหัวใจล้มเหลวได้ การรับสัมผัสโดยการกิน ถ้ามีการปนเปื้อนในน้ำดื่มที่มีปริมาณแคดเมียมมากกว่า 15 ไมโครกรัมเข้าไป หรือกินอาหารที่มีแคดเมียม 30 ไมโครกรัมเข้าไป จะเกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเดินรุนแรง และหมดสติ ถ้าได้รับแคดเมียมในปริมาณ 350 มิลลิกรัม - 1 กรัม อาจจะทำให้เกิดอาหารช็อค อาจจะเสียชีวิตภายใน 24 ชั่วโมง หรือภายใน 1-2 สัปดาห์ (คนึงนิจ และ คณะ 2548)

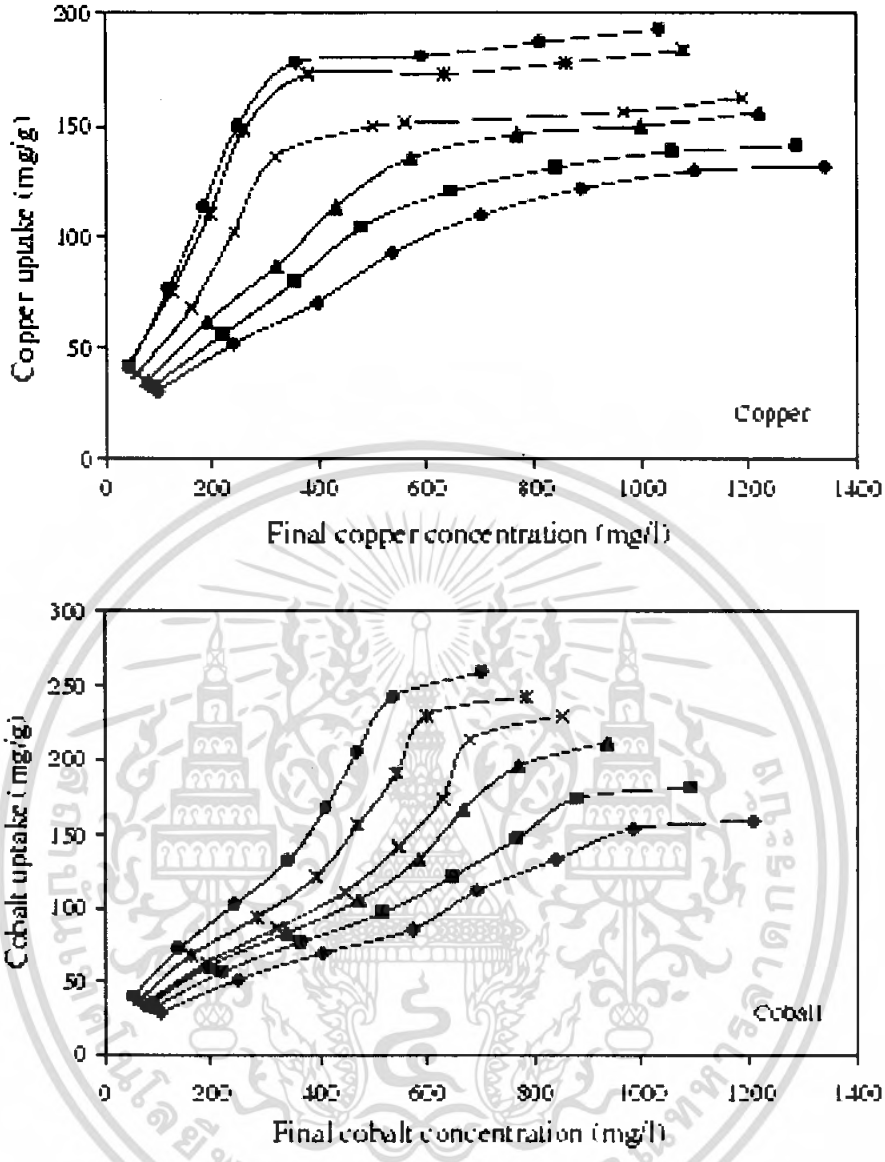
โรคอิไต-อิไต (Itai Itai disease) ในประเทศญี่ปุ่น หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 มีรายงานผู้ป่วยโรคไต และมีความผิดปกติที่กระดูก และมีอาการปวดกระดูกมาก ทำให้มีชื่อเรียกโรคนี้ในภาษาญี่ปุ่นว่า Itai Itai แปลว่า โอย-โอย (ouch-ouch) ซึ่งเกิดจากพิษของแคดเมียม จะมีอาการกรวยไตผิดปกติ ท่อไตไม่ทำงาน มีโปรตีนในปัสสาวะ เป็นโรคกระดูกอ่อน มีอาการเหมือนคนกระดูกหัก มักพบได้ในผู้หญิงที่มีบุตรหลายคน ที่อาศัยอยู่บริเวณแม่น้ำจินจุ เขตโตฮามา และมีจำนวนมากขึ้น เมื่อมีการพัฒนาอุตสาหกรรมมากขึ้น ผู้ป่วยจะมีอาการเจ็บปวดมากบริเวณเอวหลัง และเกิดความผิดปกติของกระดูกสันหลัง เมื่อดูจากฟิล์มเอกซเรย์ พบว่า ผู้ป่วยมีความผิดปกติของกระดูกแขน และขี่โครง สาเหตุเนื่องจากร่างกายได้รับแคลเซียมน้อย และแคดเมียมมากเกินไป (คนึงนิจ และ คณะ 2548)

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับโลหะหนักของเปลือกปู

1. ค่า pH ที่มีผลต่อการดูดซับไอออนทองแดงและโคบอล์ต

จากการทดลองโดยใช้ pH 5 ระดับ จาก 3.5-6 โดยใช้ขนาดของเปลือกปู 0.767 มิลลิเมตร ปริมาณเปลือกปู 5 กรัมต่อลิตร ความเร็วในการปั่นเหวี่ยง 150 รอบต่อนาที พบว่าทั้งทองแดงและโคบอล์ต มีค่าการดูดซับดีที่สุดที่ระดับ pH 6 (ภาพที่ 3) (Vijayaraghavan. et al. , 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



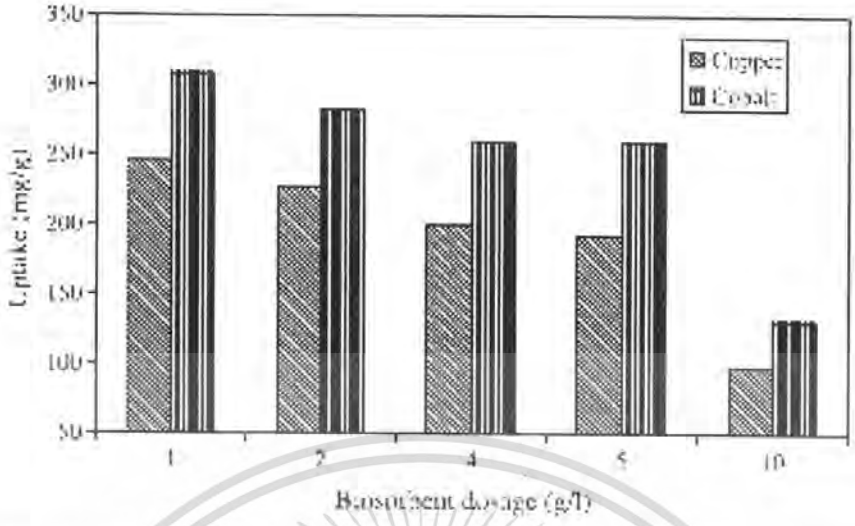
ภาพที่ 1 ผลของ pH ที่แตกต่างกันในการดูดซับโลหะทองแดงและโคบอล์ต โดยใช้สัญลักษณ์แสดงระดับ pH ต่างๆ คือ (♦)= pH 3.5 (■) = pH 4.0 (▲)= pH 4.5 (×) = pH 5.0 (✱) = pH 5.5 (●) = pH 6.0

ที่มา : Vijayaraghavan. et al. (2006)

2. ปริมาณเปลือกปูที่แตกต่างกันในการดูดซับไอออนทองแดงและโคบอล์ต

จากการทดลองโดยใช้เปลือกปูปริมาณแตกต่างกัน 5 ปริมาณ คือ 1, 2, 4, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร ใช้เปลือกปูขนาด 0.767 มิลลิเมตร ค่า pH 6.0 ความเข้มข้นของโลหะหนัก 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเร็วในการปั่นเหวี่ยง 150 รอบต่อนาที ใช้ระยะเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าการทดลองโดยใช้เปลือกปูปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร ทำให้มีค่าการดูดซับสูงที่สุด (ภาพที่ 4) (Vijayaraghavan. et al., 2006)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



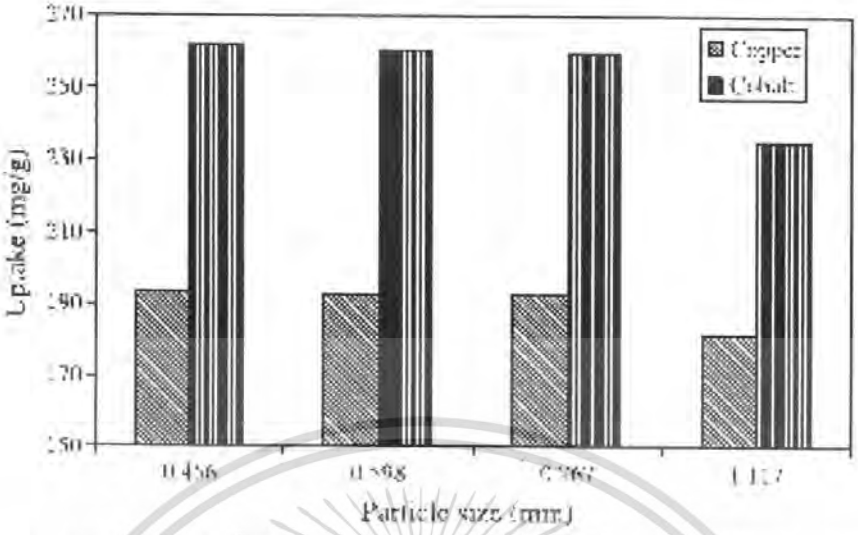
ภาพที่ 2 ผลของการใช้ปริมาณเปลือกปูที่แตกต่างกันในการดูดซับโลหะทองแดงและโคบอลต์ โดยใช้ ▩ แทนโลหะหนักทองแดง และใช้ ▥ แทนโลหะหนักโคบอลต์

ที่มา : Vijayaraghavan, et al. (2006)

3. ขนาดของเปลือกปูที่แตกต่างกันในการดูดซับไอออนทองแดงและโคบอลต์

จากการทดลองโดยใช้ขนาดเปลือกปูที่แตกต่างกัน 4 ขนาด คือ ขนาด 0.456, 0.598, 0.767 และ 1.117 มิลลิเมตร ใช้เปลือกปูปริมาณ 5 กรัมต่อลิตร ค่า pH 6.0 ความเข้มข้นของโลหะหนัก 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเร็วในการปั่นเหวี่ยง 150 รอบต่อนาที ใช้ระยะเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าการทดลองโดยใช้เปลือกปูขนาด 0.456, 0.598 และ 0.767 มีการดูดซับโลหะหนักทั้งสองชนิดได้สูงใกล้เคียงกัน แต่ที่ขนาด 1.117 มิลลิเมตร มีค่าการดูดซับที่ต่ำที่สุด (ภาพที่ 5) (Vijayaraghavan, et al., 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



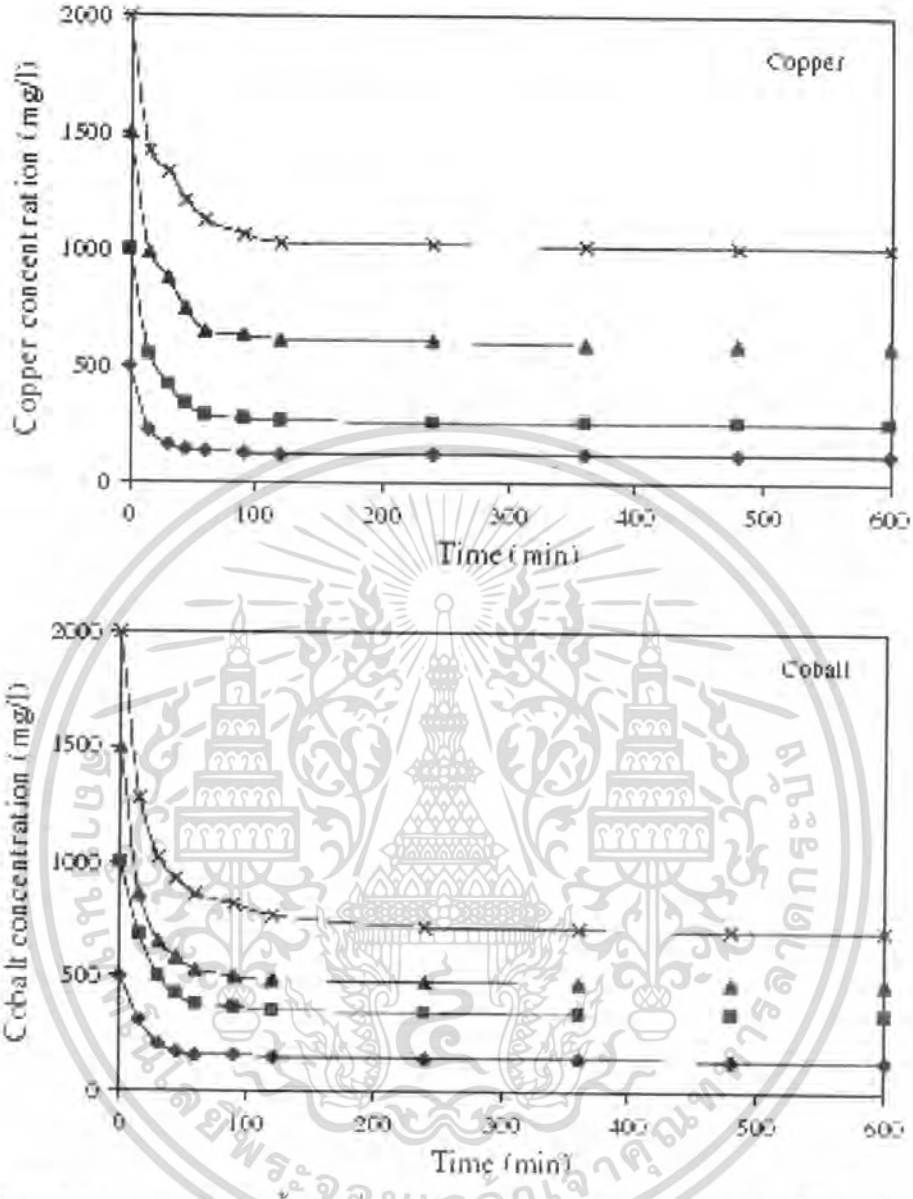
ภาพที่ 3 ผลของการใช้เปลือกปูในขนาดที่แตกต่างกันในการดูดซับโลหะทองแดงและโคบอลต์ โดยใช้ ▩ แทนโลหะหนักทองแดง และใช้ ▮▮▮ แทนโลหะหนักโคบอลต์

ที่มา : Vijayaraghavan. et al. (2006)

4. ผลของค่าความเข้มข้นตั้งต้นที่แตกต่างกันของโลหะทองแดงและโคบอลต์โดยใช้เปลือกปูเป็นตัวดูดซับ

จากการทดลองโดยใช้เความเข้มข้นตั้งต้นของโลหะทองแดงและโคบอลต์ที่แตกต่างกัน 4 ความเข้มข้น คือ 500, 1000, 1500 และ 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้เปลือกปูขนาด 0.767 มิลลิเมตร ใช้เปลือกปูปริมาณ 5 กรัมต่อลิตร ค่า pH 6.0 ความเร็วในการปั่นเหวี่ยง 150 รอบต่อนาที ใช้ระยะเวลา 600 นาที พบว่าการทดลองโดยเพิ่มความเข้มข้นของโลหะทั้งสองชนิดทำให้มีค่าการดูดซับโลหะทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น โดยในการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นตั้งต้นของโลหะทองแดงจาก 500 ถึง 2000 มิลลิกัมต่อลิตร พบว่ามีการดูดซับเพิ่มขึ้นจาก 75.4 ถึง 197.7 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่ pH 6.0 (ภาพที่ 6) (Vijayaraghavan. et al. , 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 ผลของความเข้มข้นตั้งต้นที่แตกต่างกันของโลหะทองแดงและโคบอล์ต โดยใช้สัญลักษณ์แทนความเข้มข้นต่างๆ คือ (♦) = 500 มิลลิกรัมต่อลิตร (■) = 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร (▲) = 1500 มิลลิกรัมต่อลิตร (×) = 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ที่มา : Vijayaraghavan, et al. (2006)

การล้างโลหะทองแดงและโคบอล์ตออกจากเปลือกปูโดยใช้สารเคมีที่แตกต่างกัน

จากการทดลองโดยใช้สารเคมี 10 ชนิด คือ HCl, H_2SO_4, HNO_3, $CaCl_2$, NaCl, KCl, NH_4Cl, NaOH, NH_4OH และ EDTA รวมทั้งใช้ De-ionized water และ น้ำเดือด ในการทดลอง (ตารางที่ 3) พบว่า สารเคมีที่เป็นกรด คือ HCl, H_2SO_4, HNO_3 นั้นสามารถล้างโลหะทั้งสองชนิดออกได้มาก การใช้ Conc. NH_4OH ในการล้างโลหะออกจากเปลือกปูพบว่าสารชนิดนี้ล้างโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคบอล์ตได้ดีแต่ล้างโลหะทองแดงได้ไม่ดี ในการใช้สารเคมี EDTA พบว่า 0.01 M EDTA สามารถล้างโลหะทั้งสองออกได้ดี แต่เมื่อลดค่า pH ลงเหลือ 3.5 โดยใช้ HCl พบว่าทำให้ประสิทธิภาพในการล้างโลหะทั้งสองชนิดเพิ่มมากขึ้น (Vijayaraghavan. et al. , 2006)

ตารางที่ 2 ผลของสารเคมีที่แตกต่างกันในการนำมาใช้ในการล้างโลหะทองแดงและโคบอล์ตออกจากเปลือกปู

The elution of biosorbed copper and cobalt by various chemical agents at 1 g/l S/L ratio

Elutant	Initial pH	Copper elution efficiency (%)	Cobalt elution efficiency (%)
De-ionized water	Unadjusted	1.5	1.3
Boiled water	Unadjusted	2.3	2.5
0.1 M HCl	1.2	100.0	100.0
0.1 M H_2SO_4	1.0	99.8	99.9
0.1 M HNO_3	1.2	99.9	100.0
0.1 M $CaCl_2$	Unadjusted	13.4	10.4
0.1 M $CaCl_2$/HCl	2.0	25.3	14.2
0.1 M NaCl	Unadjusted	3.8	3.0
0.1 M KCl	Unadjusted	3.0	3.4
0.1 M NH_4Cl	Unadjusted	6.7	5.7
Conc. NH_4OH	Unadjusted	57.8	99.9
2 M NH_4OH	Unadjusted	49.7	88.3
0.1 M NaOH	Unadjusted	5.3	4.7
0.01 M EDTA (Na)	Unadjusted	92.7	94.7
0.01 M EDTA (Na)/HCl	3.5	99.3	99.7

ที่มา : Vijayaraghavan. et al. (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1.บีกเกอร์

2.ปิเปต

3.cylinder

4.จุกยาง

5.ดรอปเปอร์

6.ตะแกรงร่อน

7.เครื่องปั่น

8.magnetic stirrer

9.หลอดพลาสติก

10.ผ้ากรอง

11.กรวยพลาสติก

12.forcep

13. pH meter

14.ถาดอลูมิเนียม

15.ตะแกรงเหล็ก

16.นาฬิกาจับเวลา

17.ฟราสก์พลาสติก

18.สติกเกอร์

19.ฟรอย

20.น้ำกลั่น

21.ไมโครปิเปต

22. หลอดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการทดลอง

ทำการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกปูและปัจจัย ที่มีผลต่อการดูดซับ โดยแบ่งการทดลองเป็น 5 การทดลอง คือ

1. เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกปูที่ผ่านกระบวนการทางเคมี (สกัดไคโตซาน) และไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีในระดับ pH ที่ 3-7
2. ทดลองผลของช่วงเวลาและความเข้มข้นของแคดเมียมที่มีผลต่อการดูดซับของเปลือกปู
3. ทดลองขนาดของเปลือกปูที่แตกต่างกันที่มีผลต่อการดูดซับแคดเมียม
4. ทดลองผลของปริมาณของเปลือกปูที่มีผลต่อการดูดซับแคดเมียม
5. ทดลองประสิทธิภาพสารเคมีที่ใช้ล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกปู และผลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดไปวัดค่าการดูดซับแคดเมียม ด้วยเครื่องเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณความสามารถในการดูดซับแคดเมียม และนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ (CRD) ทดลองแบบ 3 ซ้ำ

วิธีการการทดลอง

1. การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์แคดเมียม

(ในการทดลองค่ามาตรฐานของ แคดเมียม 0.5488 กรัม/น้ำ DI (Deionized water) 100 มิลลิลิตร)

1.1 ทำการเติมชั่ง แคดเมียม 0.5488 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตรในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร กวนสารโดยใช้แมกเนติกสเตอร์เรอร์ จะได้ความเข้มข้นของสารตะกั่ว 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกปูที่ผ่านกระบวนการทางเคมีและไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีในระดับ pH ที่ 3-7

2.1 ทดสอบเปลือกปูที่ผ่านกระบวนการทางเคมีที่ระดับ pH 3-7

2.1.1 เตรียมปริมาตรสารแคดเมียม 500 มิลลิลิตร (ที่ความเข้มข้นสาร 20 มิลลิกรัม/ลิตร)

2.1.2 นำสารแคดเมียมที่ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ละ 100 มิลลิลิตร จำนวน 5 ใบ

2.1.3 จากนั้นทำการปรับ pH ของสารแคดเมียมที่ระดับ pH 3-7 อย่างละบีกเกอร์

2.1.4 เตรียมเปลือกปูที่ผ่านกระบวนการทางเคมีปริมาณ 0.05 กรัม ใส่ flask พลาสติก เตรียมเปลือกปูที่ระดับ pH ต่างๆอย่างละ 3 ซ้ำ

2.1.5 จากนั้นเติมสารแคดเมียมที่ปรับ pH ไว้แล้วใส่ลงใน flask ที่มีเปลือกปู flask ละ 30 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.1.6 จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.1.7 นำมาวัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงทุก flak

2.1.8 ทำการกรองสารแคดเมียมเอาเปลือกปูออกด้วยผ้ากรอง ใส่ขวดพลาสติกละ 10 มิลลิลิตร

2.1.9 จากนั้นนำไปวัดค่าสารแคดเมียมที่เหลือจากการดูดซับของเปลือกปูด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

2.2 ทดลองเปลือกปูที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีที่ระดับ pH 3-7

2.2.1 ขั้นตอนในการทดสอบทำเหมือนกันกับการทดสอบเปลือกปูที่ผ่านกระบวนการทางเคมี (เพียงแต่เปลี่ยนเป็นเปลือกปูที่ไม่กระบวนการทางเคมี)

3. ทดลองผลของช่วงเวลาและความเข้มข้นของแคดเมียมที่มีผลต่อการดูดซับของเปลือกปู

ในการทดลองจะใช้ความเข้มข้นของสารแคดเมียมที่ 20, 40, 80, 160, 200 ppm. และช่วงเวลาในการทดลองอยู่ที่ 0, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 60, 180, 360, 720, 1440, 2880, 4320, 5760, 7200 นาที

3.1 ทดลองสารแคดเมียมที่ความเข้มข้น 20 ppm

3.1.1 เตรียมสารแคดเมียมที่ความเข้มข้น 20 ppm ปริมาตร 750 มิลลิลิตร

3.1.2 เติมสารแคดเมียมที่เตรียมไว้ 250 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร 1 ใบ

3.1.3 ปั่นเหวี่ยงสารแคดเมียมด้วยแมกเนติกสเตอร์เรอ และปรับค่า pH ให้เท่ากับ 7

3.1.4 ชั่งเปลือกปูปริมาณ 0.05 กรัมต่อ 250 มิลลิลิตร

3.1.5 ก่อนการทดลองให้ดูดแคดเมียมเก็บใส่ tube 10 มิลลิลิตร 1 หลอด

3.1.6 จากนั้นใส่เปลือกปูลงในสารแคดเมียมที่ปั่นด้วยแมกเนติกสเตอร์เรอ

3.1.7 ทำการจับเวลา เมื่อถึงช่วงเวลาที่กำหนดในแต่ละช่วงเวลาให้วัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงพร้อมกับดูดสารแคดเมียมมากรองเปลือกปูออก ใส่ลง tube ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในช่วงเวลาละ 1 หลอด

3.1.8 ทำการเก็บผลถึงช่วงเวลาที่กำหนดในแต่ละช่วงเวลาแล้วทำการวัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไปพร้อมกับดูดสารแคดเมียมมากรองเปลือกปูออกใส่ tube ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ทำจนครบ 7200 นาที เก็บผลทั้งหมดแช่เย็น

3.1.9 เมื่อปั่นเหวี่ยงครบ 1440 นาที นำแคดเมียมไปวัดค่า pH และดูดสารแคดเมียมกรองเปลือกปูออก ดูดใส่ tube 10 มิลลิลิตร เก็บผลทั้งซ้ำที่ 1 และ ซ้ำ 2

3.1.10 จากนั้นนำแคดเมียมที่แช่เปลือกปูที่ยังไม่ถึงช่วงเวลาที่จะเก็บผลนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

104559

3.1.11 นำไปวัดค่าสารแคดเมียมที่เหลือจากการดูดซับจากเปลือกปูด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

3.1.12 ในการทดลองผลของความเข้มข้นที่ระดับความเข้มข้นของสารแคดเมียมในระดับที่ 40, 80, 160, 200 ppm ทุกความเข้มข้นจะทำการทดลองเหมือนกันทุกขั้นตอนที่กล่าวมา ทั้งแต่ ข้อ 3.1.1-3.1.11

4. ทดสอบ ขนาดและปริมาณ ของเปลือกปูที่มีผลต่อการดูดซับสารแคดเมียม

4.1 ทดสอบ ขนาด ของเปลือกปู

4.1.1 นำเปลือกปูมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 0.01, 0.25, 0.5, 1, 2 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยร่อนผ่านตะแกรงขนาดใหญ่ก่อน

4.1.2 เตรียมสารแคดเมียมในน้ำ DI ที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (เตรียมไว้ 500 มิลลิลิตร) ปรับ pH เท่ากับ 7

4.1.3 นำเปลือกปูที่ร่อนได้ขนาดต่างๆ มาแช่ในสารแคดเมียมที่เตรียมไว้ โดยอัตราส่วนเปลือกปูต่อสารละลายแคดเมียม 0.05 กรัมต่อ 30 มิลลิตร ทดลองขนาดละ 3 ซ้ำ (เก็บสารละลายแคดเมียมตั้งต้นไว้ 3 ซ้ำ) ทำการเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.1.4 วัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลง ทั้งหมด (จดบันทึก) พร้อมกับเก็บตัวอย่างสารละลายแคดเมียมที่ได้จากการแช่เปลือกปูในแต่ละขนาดโดยการกรองผ่านผ้ากรองเก็บใส่ tube ตัวอย่างละ 10 มิลลิลิตร

4.1.5 นำไปวัดค่าการดูดซับสารแคดเมียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

4.2 ทดสอบ ปริมาณ ของเปลือกปู

4.2.1 ชั่งเปลือกปู ที่ปริมาณ 0.0025, 0.005, 0.01, 0.015, 0.02 กรัม

4.2.2 เตรียมสารแคดเมียมในน้ำ DI ที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (เตรียมไว้ 500 มิลลิลิตร) ปรับ pH เท่ากับ 7

4.2.3 นำเปลือกปูแต่ละปริมาณมาแช่ในสารแคดเมียมที่เตรียมไว้ โดยขนาดเปลือกปูต่อสารละลายแคดเมียม ขนาดละ 0.5 มิลลิเมตร ต่อ 30 มิลลิลิตร ทดลองปริมาณละ 3 ซ้ำ (เก็บสารละลายแคดเมียมตั้งต้นไว้ 3 ซ้ำ) ทำการเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.2.4 วัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลง (จดบันทึก) พร้อมกับเก็บตัวอย่างสารแคดเมียมที่ได้จากการแช่เปลือกปูในแต่ละปริมาณโดยการกรองผ่านผ้ากรอง เก็บสารละลายแคดเมียมไว้ใน tube ตัวอย่างละ 10 มิลลิลิตร

4.2.5 นำไปวัดค่าการดูดซับสารแคดเมียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกปู

5.1 เตรียมสารตั้งต้น EDTA, Na_2HCO_3, $NaHCO_3$, H_2SO_4, DI Water

5.2 เตรียมเปลือกปูต่อสารละลายแคดเมียม ในปริมาณเปลือกปูตัวอย่างละ 0.05 กรัมต่อสารละลายแคดเมียม 30 มิลลิลิตร (แคดเมียมเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร)

5.3 เตรียมเปลือกปูต่อสารละลายแคดเมียม 5 ตัวอย่าง ให้เท่ากับสารตั้งต้น ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

5.4 เตรียมสารละลายแคดเมียม ปริมาณ 500 มิลลลิตร (แคดเมียมเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปรับ pH ให้เท่ากับ 7

5.5 เก็บสารละลายแคดเมียมก่อนการทดลองไว้ใน tube 3 หลอดหลอดละ 10 มิลลิลตร

5.6 นำเปลือกปูใส่ลงในสารละลายแคดเมียม เขย่า 24 ชั่วโมง

5.7 นำสารละลายแคดเมียมที่แช่เปลือกปูมาวัดค่า pH

5.8 จากนั้นทำการกรองเปลือกปูออก เก็บสารละลายแคดเมียมไว้ตัวอย่างละ 10 มิลลิลิตร นำไปแช่เย็นรอวัดผล จากนั้นนำเปลือกปูที่ติดอยู่บนผ้ากรอง นำมาแช่ในสาร ที่เตรียมไว้ข้างต้น คือ EDTA, Na_2HCO_3, $NaHCO_3$, H_2SO_4, DI Water ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.9 จากนั้นกรองเปลือกปูออกด้วยผ้ากรอง เก็บสารตัวอย่างๆละ 10 มิลลิลิตรใส่ลงใน tube พลาสติก

5.10 วัดค่าการดูดซับสารละลายแคดเมียมและสารตัวอย่างด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

การบันทึกข้อมูล

บันทึกค่า pH สุดท้ายทุกครั้งก่อนเก็บผลการทดลอง ทุกๆการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารแคดเมียม

เปอร์เซ็นต์การกำจัดสารแคดเมียม (% Remove) = (Co-Ceq) * 100/Co

เมื่อค่า % Remove คือ ค่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารแคดเมียม

Co คือ ค่าความเข้มข้นของสารแคดเมียมตั้งต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Ceq คือ ค่าสารแคดเมียมที่เหลือจากการดูดซับโดยเปลือกปู (มิลลิกรัมต่อลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียม

ค่าความสามารถในการดูดซับ (q) = (*C0-Ceq*) *v/w*

เมื่อค่า q คือ ค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกรัม ของน้ำหนักแห้ง)

Co คือ ค่าความเข้มข้นของสารแคดเมียมตั้งต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Ceq คือ ค่าสารแคดเมียมที่เหลืออยู่จากการดูดซับโดยเปลือกปู (มิลลิกรัมต่อลิตร)

V คือ ค่าปริมาตรของสารแคดเมียม (มิลลิลิตร)

W คือ ค่าของน้ำหนักเซล (กรัม) x 1,000 น้ำหนักแห้ง

3. นำค่า pH เริ่มต้นและ pH สุดท้าย, ค่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารแคดเมียม และค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียม มาหาค่าเฉลี่ย

4. นำผลของค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารแคดเมียม และผลของค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียม ในแต่ละช่วงความเข้มข้นมาทำกราฟ

5. ส่วนข้อมูลผลค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารแคดเมียม และผลของค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียม ในการทดลองทั้งหมด นำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติหาค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของ pH ต่อการดูดซับแคดเมียมโดยเปลือกปู

การศึกษาผลของ pH ที่แตกต่างกัน (pH 3-7) โดยเปรียบเทียบกันระหว่างเปลือกปูที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีและเปลือกปูที่ผ่านกระบวนการทางเคมี โดยใช้ความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ที่ 30 ppm ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ปริมาณเปลือกปูที่ใช้อยู่ที่ 0.05 กรัม ขนาดของเปลือกปูอยู่ที่ 0.5 มิลลิเมตร โดยนำไปเขย่าบนเครื่อง shaker เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลว่าเปลือกปูที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีที่ระดับ pH 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับสูงที่สุดอยู่ที่ 98.8±0.1 และที่ pH 3 มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับต่ำที่สุดอยู่ที่ 95.7 ± 1.1 ในเปลือกปูที่ผ่านกระบวนการทางเคมีที่ระดับ pH 3 มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับต่ำที่สุดที่ 93.4±0.3 และ ที่ระดับ pH 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับสูงที่สุดอยู่ที่ 98.4 ± 0.1 แต่ในการเปรียบเทียบกันระหว่าง เปลือกปูที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีและเปลือกปูที่ผ่านกระบวนการทางเคมี พบว่าที่ระดับ pH 7 ต่างก็มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับที่ดีที่สุดแต่ในเปลือกปูที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับดีกว่าเล็กน้อยและไม่แตกต่างกันทางสถิติ จึงใช้เปลือกปูที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีที่ pH 7 มาใช้ในการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Vijayaraghavan. et al. (2006) ซึ่งทดลองโดยใช้ pH 6 ระดับ (3.5-6) พบว่าที่ pH 6 มีค่าการดูดซับสูงที่สุดที และที่ pH 3.5 มีค่าการดูดซับต่ำที่สุด

ตารางที่ 3 การดูดซับแคดเมียมจากเปลือกปูที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีและเปลือกปูที่ผ่านกระบวนการทางเคมีโดยใช้ pH ที่แตกต่างกัน

	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย	เปอร์เซ็นต์การดูดซับ
ไม่ผ่าน	3	5.53	95.7 ± 1.1b
	4	5.81	96.9 ± 0.7bcd
	5	6.38	97.9 ± 0.4cd
	6	6.72	98.2 ± 0.3cd
	7	7.07	98.8 ± 0.1d
ผ่าน	3	4.57	93.4 ± 0.3a
	4	5.56	96.2 ± 0.5bc
	5	5.86	97.0 ± 1.3bcd
	6	5.74	97.3 ± 0.7bcd
	7	5.94	98.4 ± 0.1d

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ในแถวแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของขนาดเปลือกปูที่แตกต่างต่อการดูดซับแคดเมียมโดยเปลือกปู

การศึกษาผลของขนาดของเปลือกปูที่แตกต่างกัน 5 ขนาด โดยใช้ความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ที่ 30 ppm ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ปริมาณเปลือกปูที่ใช้อยู่ที่ 0.05 กรัม โดยนำไปเขย่าบนเครื่อง shaker เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลว่า ที่ขนาด 0.25 มิลลิเมตร มีค่าการดูดซับดีที่สุดอยู่ที่ 37.98±1.76 มิลลิกรัมต่อกรัม และที่ขนาด 2 มิลลิเมตรพบว่ามีค่าการดูดซับที่น้อยที่สุดอยู่ที่ 0.71±0.36 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยที่ขนาด 0.01 มิลลิเมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับขนาด 0.25 มิลลิเมตร ในการทดลองของ Vijayaraghavan. et al. (2006) ปรากฏผลว่าที่ขนาด 0.456 มิลลิเมตรมีการดูดซับ ทองแดงและโคบอลได้ดีที่สุด โดยที่ขนาด 1.117 มิลลิเมตร จะมีการดูดซับได้น้อยที่สุด ซึ่งมีเหตุผลว่า ในเปลือกปูที่มีขนาดเล็กจะมีจะมีพื้นที่ผิวและประสิทธิภาพมากกว่าเปลือกปูที่มีขนาดใหญ่

ตารางที่ 4 ผลของการใช้ขนาดที่แตกต่างกันในการดูดซับแคดเมียม

ขนาด (มิลลิเมตร)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย	ค่าการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)
0.01	7.03 ± 0.01a	7.70 ± 0.03ab	36.9 ± 1.14d
0.25	7.03 ± 0.01a	7.61 ± 0.03a	37.98 ± 1.76d
0.50	7.03 ± 0.01a	7.81 ± 0.02c	29.69 ± 1.83c
1.00	7.03 ± 0.01a	7.73 ± 0.03bc	13.68 ± 0.89b
2.00	7.03 ± 0.01a	7.68 ± 0.03ab	0.71 ± 0.36a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ในแถวแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลของการใช้ปริมาณเปลือกปูที่แตกต่างกันในการกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์

การศึกษาผลของปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ปริมาณ โดยใช้ความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ที่ 30 ppm ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ขนาดของเปลือกปูอยู่ที่ 0.5 มิลลิเมตร โดยนำไปเขย่าบนเครื่อง shaker เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลว่าที่ปริมาณ 0.01 กรัม มีค่าการดูดซับดีที่สุดที่ 33.2±1.15 มิลลิกรัมต่อกรัม และที่ปริมาณ 0.0025 กรัม มีค่าการดูดซับที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ 5.2±4.06 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยปริมาณ 0.0025 กรัม และ 0.01 กรัม มีความแตกต่างทางสถิติกับปริมาณอื่นๆ ในการทดลองของ Vijayaraghavan. et al. (2006) ในการใช้ปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 1, 2, 4, 5 และ 10 กรัมต่อลิตร พบว่าเมื่อใช้ตัวดูดซับในปริมาณมากจะทำให้ค่าการดูดซับลดลง โดยที่ปริมาณ 1 กรัมต่อลิตร จะมีค่าการดูดซับที่สูงที่สุด และที่ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร มีค่าการดูดซับต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

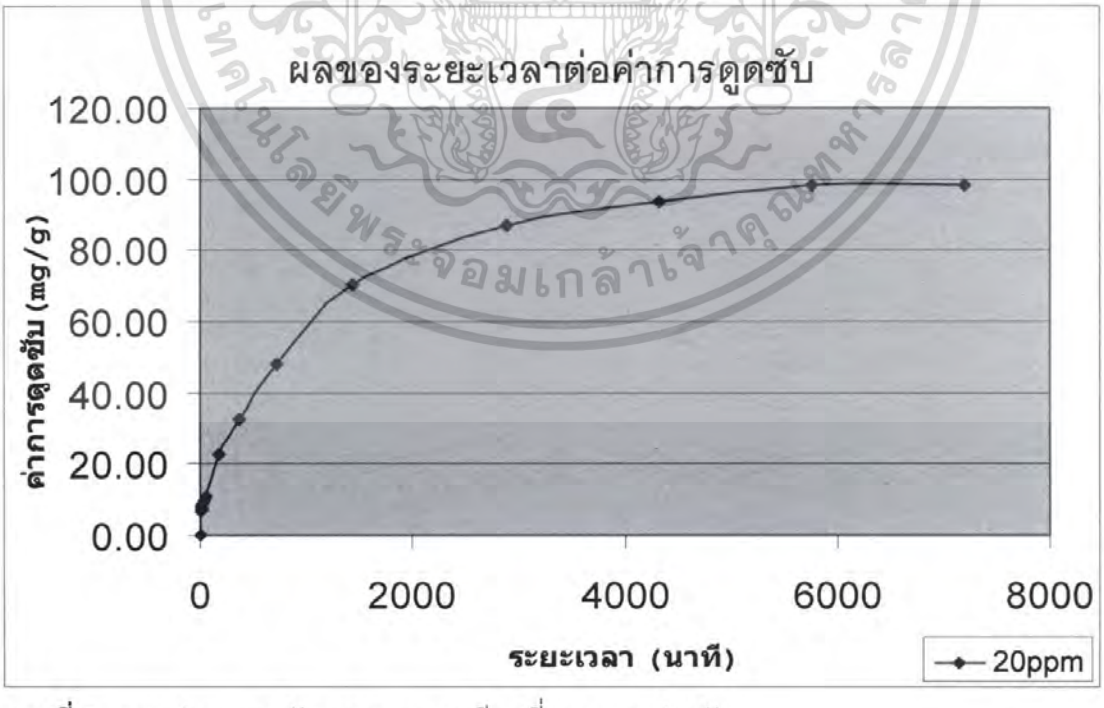
ตารางที่ 5 ผลของการใช้ปริมาณที่แตกต่างกันในการดูดซับแคดเมียม

ปริมาณ (กรัม)	pH เริ่มต้น	สุดท้าย	ค่าการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)
0.0025	7.05 ± 0.009a	7.44 ± 0.006a	5.2 ± 4.06a
0.0050	7.05 ± 0.009a	7.46 ± 0.013a	21.6 ± 3.99b
0.010	7.05 ± 0.009a	7.61 ± 0.012b	33.2 ± 1.15c
0.015	7.05 ± 0.009a	7.75 ± 0.012c	24.2 ± 1.51b
0.020	7.05 ± 0.009a	7.78 ± 0.018c	20.5 ± 0.13b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ในแถวแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน คือ มีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลของระยะเวลาในการใช้เปลือกปูกำจัดแคดเมียม

จากการทดลองโดยใช้แคดเมียมที่ความเข้มข้น 20 ppm ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ใช้เปลือกปูขนาด 0.5 มิลลิเมตร ปริมาณ 0.05 กรัม ใช้เวลาในการทดลอง 7200 นาที (5 วัน) ผลคือค่าการดูดซับจะเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 0 นาที และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 5760 นาที (4 วัน) โดยมีค่าการดูดซับอยู่ที่ 98.29±1.36 มิลลิกรัมต่อกรัม (ภาพที่ 1)

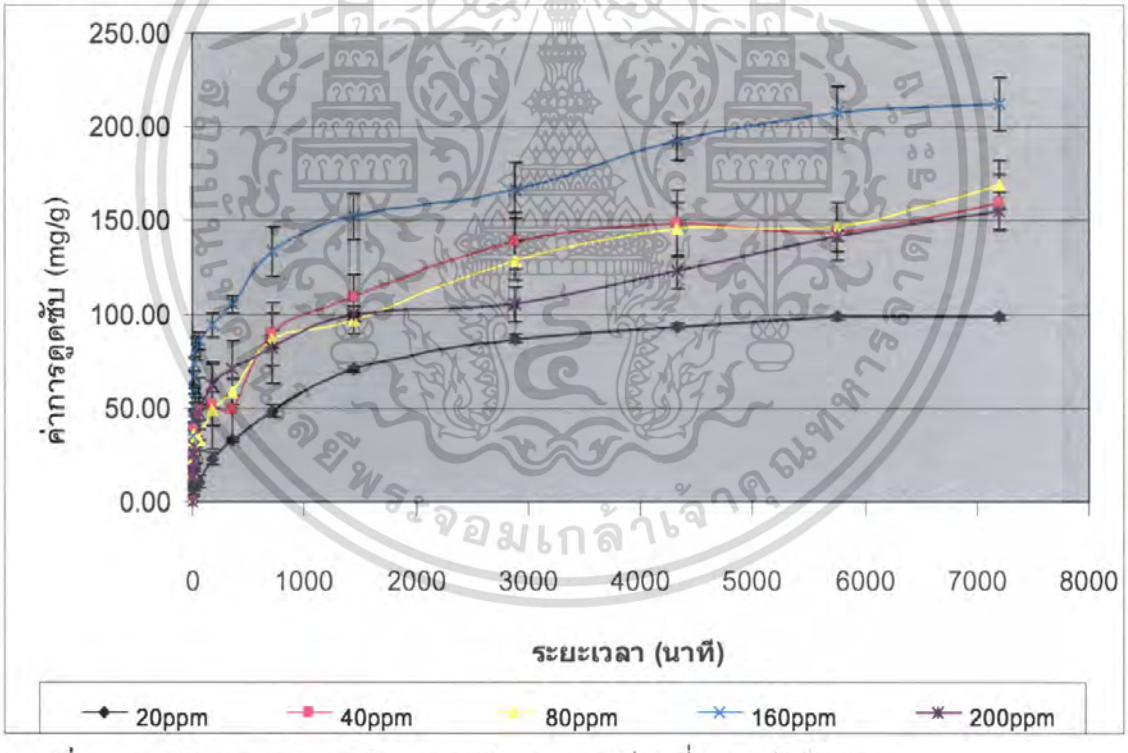


ภาพที่ 5 แสดงค่าการดูดซับของสารแคดเมียมที่เวลาแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของความเข้มข้นตั้งต้นที่แตกต่างกันของแคดเมียม

จากการทดลองโดยใช้แคดเมียมที่ความเข้มข้น 20, 40, 80, 160, 200 ppm ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ใช้เปลือกปูขนาด 0.5 มิลลิเมตร ปริมาณ 0.05 กรัม ใช้เวลาในการทดลอง 7200 นาที (5 วัน) ผลคือ ที่ความเข้มข้น 20 ppm มีค่าการดูดซับสูงที่สุดอยู่ที่ 98.3±1.42 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่ความเข้มข้น 40 ppm มีค่าการดูดซับสูงที่สุดอยู่ที่ 160.04±15.16 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่ความเข้มข้น 80 ppm มีค่าการดูดซับสูงที่สุดอยู่ที่ 169.1±13.41 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่ความเข้มข้น 160 ppm มีค่าการดูดซับสูงที่สุดอยู่ที่ 212.24±13.39 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่ความเข้มข้น 200 ppm มีค่าการดูดซับสูงที่สุดอยู่ที่ 155.4±9.87 มิลลิกรัมต่อกรัม (ภาพที่ 2) โดยที่ความเข้มข้นของสารแคดเมียมที่ 20 และ 160 ppm มีความแตกต่างทางสถิติกับค่าความเข้มข้นอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Vijayaraghavan. et al. (2006) โดยใช้ความเข้มข้น 4 ระดับคือ 500, 1000, 1500, และ 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 500 ถึง 2000มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าการดูดซับเพิ่มขึ้นคือ 75.4 ถึง 197.7 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่ pH 6



ภาพที่ 6 แสดงค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมที่ความเข้มข้นต่างๆ

การล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกปู

จากการทดลองใช้เปลือกปูดูดซับสารแคดเมียมแล้วนำเปลือกปูที่ได้จากการดูดซับไปล้างสารแคดเมียมออกด้วยสาร EDTA , $NaHCO_3$, Na_2HCO_3 , H_2SO_4 , DI Water พบว่า สาร EDTA ใช้ล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกปูได้ดีที่สุด เท่ากับ 32.96 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสาร$NaHCO_3$ ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกปูได้น้อยสุด เท่ากับ 0.54 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) จากการวิเคราะห์ค่าการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของสารที่ใช้ล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกปู จะเห็นว่า EDTA มีประสิทธิภาพในการล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกปูได้สูงที่สุด โดยสอดคล้องกับการทดลองของ Vijayaraghavan. et al. (2005) โดยทำการทดลองโดยใช้เปลือกปูในการดูดซับนิคเกิ้ล และทำการล้างด้วย EDTA 0.01 M ที่ pH 9.8 ผลคือสามารถล้างนิคเกิ้ลออกได้มากถึง 99%

ตารางที่ 6 ผลของการใช้สารที่แตกต่างกันในการล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกปู

ชนิดสาร	ปริมาณที่ดูดซับไปจากสารละลาย (mg/l)	ปริมาณที่ล้างออกจากเปลือกปู (mg/l)	ล้างออกได้ (%)	เฉลี่ย (%)
EDTA	42.36	17.55	41.43	32.96
EDTA	42.71	11.20	26.22	
EDTA	42.28	13.20	31.22	
$NaHCO_3$	42.67	0.24	0.56	0.54
$NaHCO_3$	41.04	0.21	0.51	
$NaHCO_3$	39.76	0.22	0.55	
Na_2CO_3	40.39	4.92	12.18	5.75
Na_2CO_3	42.56	1.41	3.31	
Na_2CO_3	43.05	0.76	1.77	
H_2SO_4	42.84	14.90	34.78	32.24
H_2SO_4	42.97	13.35	31.07	
H_2SO_4	43.08	13.30	30.87	
DI Water	43.37	0.32	0.73	0.72
DI Water	42.23	0.31	0.72	
DI Water	42.61	0.29	0.70	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

การนำเปลือกปูมาใช้ในการดูดซับสารแคดเมียมออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งจะเห็นว่าเปลือกปูมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารแคดเมียมได้จริงและความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกปูจะขึ้นอยู่กับปัจจัยของ pH ,ขนาดของเปลือกปู, ปริมาณของเปลือกปู, ความเข้มข้นของสารแคดเมียมและช่วงระยะเวลาในการดูดซับ ส่วนในการทดลองประสิทธิภาพของเปลือกปูในการดูดซับสารแคดเมียม ปัจจัย pH ที่เหมาะสม คือ pH 7 และขนาดของเปลือกปูที่มีเหมาะสมในการดูดซับสารแคดเมียมดี อยู่ที่ขนาด 0.25 มิลลิเมตร และปริมาณเปลือกปูเท่ากับ 0.01 กรัม ส่วนปัจจัยของความเข้มข้นต่อการดูดซับจะแปรผันตรงกับระยะเวลา คือ เมื่อความเข้มข้นของสารแคดเมียมเพิ่มขึ้น และช่วงเวลาเพิ่มขึ้นทำให้เปลือกปูมีเวลาสัมผัสและจับกับไอออนของสารแคดเมียมได้มากยิ่งขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเพิ่มขึ้นด้วย เปลือกปูที่ผ่านการดูดซับสารแคดเมียมแล้วยังสามารถนำเปลือกปูกลับมาใช้ใหม่ได้ด้วยการล้างด้วยสาร EDTA การเลือกเปลือกปูในการดูดซับสารแคดเมียมควรใช้เปลือกปูที่ไม่ผ่านการสกัดไคโตซานเนื่องจากให้ค่าการดูดซับที่ไม่ต่างจากเปลือกปูที่สกัดไคโตซาน ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนในการนำมาใช้ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จารุรัตน์ เซาว์เลิศ และ ขันทอง สุนทราภา. 2546. การกำจัดตะกั่ว และปรอทในน้ำเสียจากสถานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุชด้วยเกล็ดไคโตซาน. เอกสารประกอบการประชุม ไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ : 45-47.

เถวียน บัวตุ่ม. 2540. ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการจับโลหะของไคตินและไคโตแซน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ : 90 น.

นิรันดร์ สัพพวิญญู และ ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2546. การกำจัดโลหะหนักมาตรฐาน สังกะสี และแคดเมียม ด้วยไคโตซานพอรัสบีด. เอกสารประกอบการประชุม ไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ : 54-56.

ภาวดี เมธะดานนท์. 2544. ความรู้เกี่ยวกับไคติน-ไคโตซาน ศูนย์เทคโนโลยีวัสดุแห่งชาติ : 10 น.

เยาวภา ไหวพริบ วรรณา ตุลยธัญ ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล และเปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2537. การแยกไคติน และการผลิตไคโตแซนจากเปลือกกุ้ง. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ : 15 น.

คะนึงนิจ นิชานนท์ และ ฉันทนา ผดุงทศ. 2548. การจัดการปัญหาผลกระทบต่อสุขภาพสิ่งแวดล้อม : กรณีแคดเมียมที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.

Vijayaraghavan, K., K. Palanivelu and M. Velan. 2006. Biosorption of copper(II) and cobalt(II) from aqueous solutions by crab shell particles. Bioresource Technology 97: 1411-1419.

Evans, J. R., W. G. Davids, J. D. MacRae and A. Amirbahman. 2002. Kinatics of cadmium uptake by chitosan-based crab shells. Water Research 36: 3219-3226.

Cárdenas, G., P. Orlando and T. Edelio. 2001. Synthesis and applications of chitosan mercaptanes as heavy metal retention agent. International Journal of Biological Macromolecules 28: 167-174.

Kim, D. S. 2003. The removal by crab shell of mixed heavy metal ions in aqueous solution. Bioresource Technology 87: 355-357

An, H. K., B. Y. Park and D. S. Kim. 2001. Crab shell for the removal of heavy metals from aqueous solution. Water Research 35: 3551-3556.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pradhan, S., S. S. Shukla and K. L. Dorris. 2005. Removal of nickel from aqueous solutions using crab shells. Journal of Hazardous Materials B125: 201-204.

Vijayaraghavan, K., K. Palanivelu and M. Velan. 2005. Crab shell-based biosorption technology for the treatment of nickel-bearing electroplating industrial effluents. Journal of Hazardous Materials B119: 251-254.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้