สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การดูดซับแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยการใช้เปลือกกุ้ง

Cadmium (Cd) removal from synthetic wastewater by shrimp shell

T104648

โดย

นางสาว ศรีอาภา สารสุข

ปพ.
ศ 282 ก

เลขหมู่ 2550
เลขทะเบียน 104648
วันเดือน ปี - 5 พ.ย. 2552

b 12159529
i

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง การดูดซับแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยการใช้เปลือกกุ้ง

Cadmium (Cd) removal from synthetic wastewater by shrimp shell

ชื่อนักศึกษา นางสาว ศรีอาภา สารสุข รหัส 46040626

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา ทวีกิจการ)
หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
วันที่.....**เดือน**.....**พ.ศ**.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง

การดูดซับแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้เปลือกกุ้งกุลาดำ

Cadmium (Cd) removal from synthetic wastewater by shimp shell ;

Penaeus monodon Fabricius

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

จากการทดลองนำเปลือกกุ้งมาใช้ดูดซับสารแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ พบว่าเปลือกกุ้งที่ไม่ผ่านได้กระบวนการสกัดไคโตซานมีความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมได้ดีกว่าเปลือกกุ้งที่ไม่ผ่านการสกัดไคโตซาน แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการดูดซับระหว่างระดับ pH ของเปลือกกุ้งที่ผ่านกระบวนการและไม่ผ่านกระบวนการสกัดไคโตซาน พบว่า มีค่าความสามารถในการดูดซับใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)และระดับ pH ที่เหมาะสมต่อการดูดการดูดซับอยู่ที่ระดับ pH 3 มีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุดเท่ากับ20.45 ± 1.89มิลลิกรัมต่อกรัม และขนาดเปลือกกุ้งที่เหมาะสมในการดูดซับสารแคดเมียมคือขนาด1มิลลิเมตร มีค่าความสามารถในการดูดซับเท่ากับ 123.47 ± 1.11 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณเปลือกกุ้งที่เหมาะสมในการดูดซับอยู่ที่ 0.04กรัม มีค่าการดูดซับเท่ากับ 123.47 ± 1.11 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนความเข้มข้นของสารแคดเมียม 20 มิลลิกรัมต่อกรัมต่อเปลือกกุ้ง 0.03 กรัม ในช่วงเวลา 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 60 นาที , 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96 และ120 ชั่วโมง พบว่าช่วงเวลาที่ 12 ชั่วโมง จะมีค่าสมดุลต่อการดูดซับและพบว่าที่ช่วงเวลาที่ 120 ชั่วโมงมีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุดเท่ากับ 282.48 ± 1.19 มิลลิกรัมต่อกรัมและเมื่อสิ้นสุดช่วงระยะเวลาที่ 120 ชั่วโมง จะมีค่าการดูดซับลดลงเล็กน้อยส่วนสารแคดเมียมที่ถูกดูดซับด้วยเปลือกกุ้งสามารถล้างแคดเมียมออกได้โดยใช้สาร EDTA ซึ่ง EDTA มีประสิทธิภาพในการล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกกุ้งสูงถึง 50.08% จากประสิทธิภาพการดูดซับของเปลือกกุ้งสามารถนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้จริงและเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดต้นทุนในการกำจัดสารแคดเมียมได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาในการทดลองปัญหาพิเศษในครั้งนี้มาโดยตลอด

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ทางด้านวิชาการ ความรู้ทางด้านประสบการณ์ การแก้ไขปัญหา การปรับตัวอยู่ในสังคม ให้ความรู้ทางด้านศิลธรรมอันดีงาม ซึ่งเป็นความรู้ที่คอยช่วยปลุกจิตสำนึกและเป็นแรงกระตุ้นต่อการดำเนินชีวิตของข้าพเจ้ามาโดยตลอด และขอขอบพระคุณ คุณบุบผา จงพัฒน์ ที่ค่อยให้ความช่วยเหลือในส่วนของอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ค่อยให้ความช่วยเหลือ แบ่งบันความรู้และคอยให้กำลังใจข้าพเจ้ามาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ปัญหาพิเศษในครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ ถ้าขาดแรงผลักดันจากกำลังทุนและกำลังใจจาก คุณพ่อ คุณแม่ และคุณป้า ของข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

นางสาว ศรีอาภา สารสุข

พฤษภาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	17
ผลการทดลองและวิจารณ์	25
สรุปผล	33
เอกสารอ้างอิง	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงประสิทธิภาพการกำจัดโลหะของ Chitin จากเปลือกกุ้ง	7
2	แสดงค่า qm ของการดูดซับ Copper ใน Chitosan บริสุทธิ์ชนิดต่างๆ	11
3	แสดงค่า Langmuir Sorption Isotherm Constants ในการดูดซับ Copper ionโดย Chitosa	12
4	แสดงการใช้สาร Copper ชนิดต่างๆล้างเปลือกกุ้งเพื่อนำโลหะหนักกลับมาใช่ใหม่	15
5	แสดงประสิทธิภาพของการใช้ EDTA ในการทำให้เปลือกกุ้ง และเปลือกปู นำกลับมาใช้ใหม่ได้ที่ระดับความเข้มข้นของโลหะต่างๆ	16
6	แสดงความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกกุ้งที่ผ่านกระบวนการทางเคมีในระดับ pH ที่ 3-7	26
7	แสดงความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกกุ้งที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีในระดับ pH ที่ 3-7	26
8	แสดงประสิทธิภาพของเปลือกกุ้งที่ขนาดต่างๆ ที่ใช้ในดูดซับสารแคดเมียม	27
9	แสดงประสิทธิภาพของเปลือกกุ้งที่ปริมาณต่างๆที่ใช้ในดูดซับสารแคดเมียม	28
10	แสดงค่าการดูดซับและค่าสารตะกั่วที่นำกลับมาใช้ใหม่จากการล้างด้วยสารชนิด	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงการเปลี่ยนไคตินด้วยกระบวนการ Deacetylation เป็นไคโตซาน	4
2	ภาพแสดงความสามารถในการดูดซับ Cu ,Cr, และ Ni ของ chitin ของเปลือกกุ้ง	6
3	ผลของ pH ต่อการดูดซับ Copper โดยวิธีการ Deacetylated เปลือกกุ้งและการ Decalcified เปลือกกุ้ง	8
4	แสดงผลของ pH ที่มีต่อการดูดซับ Sulphate ion ซึ่งแตกต่างกันใน chitin แต่ละชนิด	9
5	แสดงค่าการดูดซับ Cu โดย chitosan ของเปลือกกุ้ง ในระดับ pH ที่ 3.5 และ pH ที่ 4.5 เมื่อเวลาผ่านไป 12 วัน	10
6	แสดงผลของ pH ต่อการกำจัดกากน้ำมันโดยใช้ chitosan , alum และ PAC	10
7	แสดงผลกระทบของความเข้มข้นของ Chitosan ต่อการดูดซับ Sulphate ion / ค่า SO_4^{2-} เริ่มต้นที่ 2325 mg/l pH ที่ 4.3 $\pm$ 0.3 เวลาที่ Chitosan สัมผัสกับ Sulphate ion 60 min	12
8	แสดงความสามารถในการดูดซับ Cu ,Cr,และ Ni ของ chitin จากเปลือกกุ้งและ chitosan จากปู	14
9	แสดงจุดสมดุลในการดูดซับของเปลือกกุ้ง 0.03 กรัมต่อสารแคดเมียม 20 มิลลิกรัมต่อลิตร	29
10	แสดงค่าเปอร์เซ็นในการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกกุ้งที่ระดับความเข้มข้นที่ระดับต่างๆกัน	29
11	แสดงความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกกุ้งที่ระดับความเข้มข้นที่ระดับต่างๆกัน	31
12	แสดงสมการเส้นตรงจากผลของการดูดซับแคดเมียมที่ระดับ 20, 40, 80, 120, 200 ppm	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในปัจจุบันการดำเนินงานไม่ว่าจะเป็นงานทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การทำเหมืองแร่ หรืออุตสาหกรรมประมง มักจะมีการปล่อยของเสียที่เหลือใช้จากการดำเนินงานเหล่านี้ ปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ ส่งผลเสียต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและผู้คนที่บริโภคทรัพยกรในแหล่งน้ำนั้นๆ ส่วนของเสียที่เป็นอันตรายส่วนใหญ่เป็นสารพิษจำพวกโลหะหนัก ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะกำจัดออกจากแหล่งน้ำ ปัจจุบันได้มีการนำวิธีการต่างๆมาใช้ในการกำจัดอยู่หลายวิธี เช่น กระบวนการเร่งให้เกิดการตกตะกอนทางเคมี วิธีการกรอง วิธี Electrochemical และ วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน พบว่าวิธีเหล่านี้ส่วนใหญ่ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองค่าจ่าย และไม่สามารถกำจัดโลหะหนักได้ทั้งหมดและยังส่งผลให้เกิดตะกอนตกค้างเป็นจำนวนมากไม่คุ้มกับต้นทุนในการกำจัด จากการศึกษาและค้นคว้า พบว่า มีวิธีการ Adsorption(การดูดซับ) เป็นวิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพที่จะนำมาใช้ในการกำจัดโลหะหนักมีพิษเหล่านี้มากที่สุด โดยการใช้ Chitin,chitosan ที่พบทั่วไปในเปลือกของสัตว์จำพวก Arthropods เปลือกกุ้ง เปลือกปู ซึ่งมีลักษณะมีโครงสร้างเป็นเส้นตรงสานกันคล้ายร่างแห มีคุณสมบัติเฉพาะตัวตามธรรมชาติ สามารถสร้างพันธะกับธาตุโลหะหนักได้ดี เหมาะสมในการช่วยดูดซับธาตุโลหะหนัก ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้ภาครัฐและภาคเอกชนส่วนใหญ่สนใจที่จะนำ Chitin,Chitosan มาใช้ในการจำกัดโลหะหนักในแหล่งน้ำเสียกันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งเป็นวัสดุที่หาง่ายและที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักสูงรวมถึงยังช่วยลดค่าใช้จ่ายอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อต้องการทราบถึงประสิทธิภาพของเปลือกกุ้งที่ใช้ในการกำจัดแคดเมียม
2.. เพื่อต้องการทราบถึงปัจจัยใด ที่มีผลต่อเปลือกกุ้งในการดูดซับแคดเมียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ไคตินและไคโตซาน

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

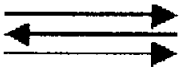
ไคโตซานเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติที่เกิดจากการกำจัดหมู่อะมิโนอิสระออกจากโครงสร้างของไคตินแล้ว ได้อนุพันธุ์ที่สามารถมีประจุบวกบนหมู่อะมิโนอิสระและสามารถละลายได้ในสารละลายหลายชนิดที่มี pH น้อยกว่า 5.5 สารละลายไคโตซานมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่หลายประการ เช่น ก่อให้เกิดความคงตัวให้ความข้นหนืด และการเกิดแผ่นฟิล์ม นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นสารช่วยตกตะกอนในน้ำเสีย การทำให้น้ำผลไม้ใส การกำจัดโลหะหนัก การตรึงเอนไซม์และการกักเซลล์ แม้กระทั่งในอุตสาหกรรมการผลิตยาปฏิชีวนะด้วย

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

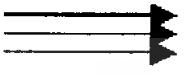
ไคโตซาน เป็นพอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูง และเป็นพอลิเมอร์สายตรงที่เป็นของแข็งที่ไม่มีรูปร่างแน่นอน (amorphous solid) มีหมู่ อะมิโน ที่พร้อมจะละลายในกรดแร่เข้มข้น เช่น HCl เป็นต้น การละลายของไคโตซานมีคุณสมบัติหลายอย่าง เช่น ในรูป Free amine จะไม่ละลายน้ำที่ pH เป็นกลาง แต่ที่ pH เป็นของ free amine group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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไคตินที่ได้จากแต่ละแหล่ง มีโครงสร้างและสมบัติแตกต่างกันโดยแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยได้ 3 กลุ่ม คือ

- แบบอัลฟ่า 

มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะสวนทางกัน มีความแข็งแรงสูง ได้แก่ ไคตินจากเปลือกกุ้ง และกระดองปู

- แบบเบตา 

มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในทิศทางเดียวกัน จึงจับกันได้ไม่ค่อยแข็งแรง มีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีมากกว่าแบบอัลฟ่า ได้แก่ ไคตินจากแกนปลาหมึก

- แบบแกมมา

มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะที่ไม่แน่นอน (สวนทางกันสลับทิศทางเดียวกัน) มีความแข็งแรงรองจากแบบอัลฟ่า ได้แก่ ไคตินจากเห็ด รา และพืชชั้นต่ำ (ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติเรื่อง ไคติน-ไคโตซาน, 2544)

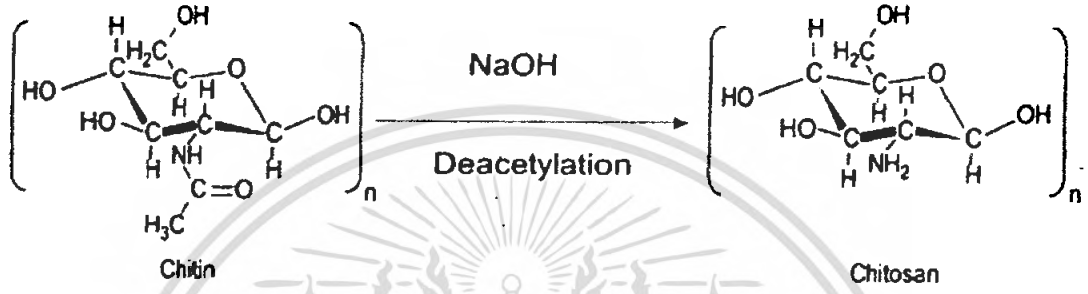
การแยกไคติน และการผลิตไคโตแซนจากเปลือกกุ้ง.

งานวิจัยนี้ได้แยกไคตินจากเปลือกกุ้ง 5 ชนิด คือ กุลาดำ (*Penaeus monodon Fabricius*) โอคัก (*Metapenaeus spp.*) ลายน้ำตาล (*Penaeus semisulcatus*) ขาว (*Penaeus merguiensis*) และลายหิน (*Penaeus latisulcatus*) การแยกไคตินจากเปลือกกุ้งเริ่มจากการกำจัดแร่ธาตุด้วยกรด HCl และกำจัดโปรตีนด้วยด่าง NaOH โดยประเมินผลการกำจัดแร่ธาตุ และการกำจัดโปรตีน ด้วยปริมาณเถ้า และปริมาณโปรตีน ตามลำดับ ไคตินที่ได้จากเปลือกกุ้ง 5 ชนิด เมื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้างทาง infrared spectroscopy เปรียบเทียบกับไคตินบริสุทธิ์ (บริษัท Sigma, USA.) พบว่ามี ตำแหน่ง funtional groups เหมือนกันทุกประการ หลังจากนั้นนำไคตินไปผลิตเป็นไคโตแซน โดยการกำจัดหมู่ acetyl ด้วย NaOH ความเข้มข้น 50 % โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 140±10 °C ภายใต้บรรยากาศของกาซไนโตรเจนเป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่า ไคโตแซนที่ผลิตได้จากเปลือกกุ้งทั้ง 5 ชนิด มีร้อยละการกำจัดหมู่ acetyl แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และสารละลายไคโตแซนความเข้มข้น 0.5% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร(เยาวภา และคณะ , 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการผลิต ไคติน-ไคดตซาน

เปลือกกุ้ง---> บด ---> กระบวนการแยกโปรตีน (Deproteination) ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง---> กระบวนการแยกแร่ธาตุ (Decalcification) ด้วยสารละลายกรดเกลือเจือจาง---> ไคติน --- > กระบวนการดึงหมู่อะซิทิล (Deacetylation)ด้วยสารละลาย NAOH เข้มข้น ---> ล้างและทำให้แห้ง ---> บด ---> ไคโตซาน(ภาวดี, 2544)



ภาพที่ 1 แสดงการเปลี่ยนไคตินด้วยกระบวนการ Deacetylation เป็นไคโตซาน

ที่มา : Saifuddin et al. (2005)

คุณสมบัติของไคติน-ไคโตซานในเปลือกกุ้ง

โดยทั่วไป ไคตินเป็นสารที่ไม่ละลายในตัวทำละลายทั่วๆ ไป ส่วนไคโตซานนั้นสามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์หลายชนิด เมื่อค่า degree เกิน 50% ขึ้นไปสามารถใช้พอลิเมอร์นั้น ทำให้เกิดอนุพันธุ์ที่ละลายน้ำได้ การทำปฏิกิริยา deacetylation ของไคติน เพื่อให้ได้ไคโตซานที่สมบูรณ์นั้น ทำได้โดยต้มในด่างเข้มข้นภายใต้บรรยากาศของไฮโดรเจนหรือไนโตเจน เพื่อป้องกันการสลายตัวของพอลิเมอร์ ไคโตซานเมื่อละลายในกรดอินทรีย์ย่อมเกิดเป็นสารของ polyamine ที่อยู่ในรูปของ protonated form ซึ่งมีความเข้มของประจุบวกสูงและมีคุณสมบัติที่พร้อมจะทำปฏิกิริยากับชีวโมเลกุลที่มีประจุลบได้เป็นอย่างดี ยิ่งไปกว่านั้นในรูป neutralized form ของมันยังสามารถเกิดสารเชิงซ้อนได้อย่างดีกับโลหะหลายชนิด (Chui et al. , 1996) รายงานว่าไนโตรเจนอิเล็กตรอนที่มีอยู่ใน Amino และN-acetylamino group สามารถสร้างพันธะกับโลหะทรานซิชันไอออนได้เป็นอย่างดี และยังพบว่า ไคติน-ไคโตซาน มีสมบัติพื้นฐานที่เข้ากับธรรมชาติได้ดี ย่อยสลายง่าย ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม มีลักษณะเฉพาะตัวตามธรรมชาติที่ดี ที่ช่วยในการเหนี่ยวนำและรวบรวมโมเลกุลของธาตุโลหะหนักจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้เปลือกกุ้งมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพในการดูดซับหรือดักจับโลหะหนักได้ดี ถึงแม้ว่าในการทดลองการใช้ ไคติน จากเปลือกกุ้งจะดูดซับโลหะหนักได้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับ ไคโตซาน บริสุทธิ์แต่ก็มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันมาก รวมถึงค่าใช้จ่ายจะถูก และเปลือกกุ้งที่นำไปใช้ในการดูดซับโลหะหนักนั้นยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกด้วย ดังนั้น การประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์ไคตินและไคโตซานจึงมุ่งไปอุตสาหกรรมด้านการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นส่วนใหญ่

การนำเปลือกกุ้งมาใช้ในการบำบัดแหล่งน้ำเสีย

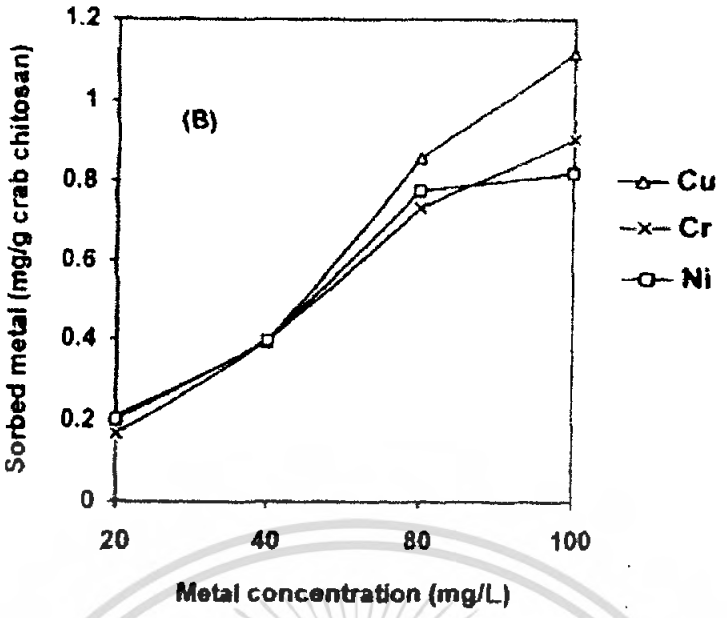
จากงานวิจัยการทดลองนำเกล็ดไคโตซานที่สกัดจากเปลือกกุ้งมาใช้ในการกำจัดสารตะกั่วและปรอทในน้ำเสียจากสถานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุชผลการสกัดได้ของไคโตซานร้อยละ 31.46 ของน้ำหนักเปลือกกุ้งแห้งมีสมบัติร้อยละการกำจัดหมู่อะซิติลเท่ากับ 90.1 มวลโมเลกุลเฉลี่ยเท่ากับ 1.8x105 ดัลตัน และความหนืดของสารละลายไคโตซานร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ในสารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเท่ากับ 54.6 เซนติพอยส์ น้ำเสียจากสถานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุชในช่วงระยะเวลาของการศึกษา พบว่ามีการปนเปื้อนของตะกั่วและปรอทในช่วงความเข้มข้น 0.2-3.1 มิลลิกรัม/ลิตร และ 2.7-88.1 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ ผลการกำจัดโลหะหนักด้วยเกล็ดไคโตซานขนาด 710-850 ไมโครเมตร พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักทั้ง 2 ชนิด คือ ปรับพีเอชของน้ำเสียให้เท่ากับ 6 กวนเกล็ดไมโตซานในปริมาณ 6 กรัม ต่อน้ำเสีย 300 มิลลิลิตร ที่ความเร็วเท่ากับ 150 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สามารถกำจัดตะกั่ว และปรอท ได้ร้อยละ 95-98 และ 95-98 ตามลำดับ (จารุรัตน์ และขันทอง, 2546)

ความสามารถในการกำจัดโลหะหนักของเปลือกกุ้ง

1.การกำจัด Cr ,Cu และ Ni โดยเปลือกกุ้ง

เมื่อทำการทดลองดูดซับโลหะหนัก 3 ชนิดคือ Cr ,Cu และ Ni พบว่าchitin ของเปลือกกุ้งมีความสามารถเด่นชัดในการดูดซับโลหะหนักได้มากสุดไปยังน้อยสุดตามลำดับดังนี้ Cr > Cu > Ni ปริมาณของโลหะที่ถูกดูดโดยเปลือกกุ้ง จะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของโลหะหนักโดยแสดงความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง(ภาพที่ 2) ภาพแสดงความสามารถในการดูดซับของ chitin ของเปลือกกุ้ง ผลจากการศึกษา chitin ของเปลือกกุ้ง 1 กรัม พบว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับ Cu และ Cr มากขึ้น ในขณะที่ ความเข้มข้นของโลหะเพิ่มขึ้นด้วยจาก 20-100 mg/L ถึงแม้จะยังไม่ถึงจุด maximum ก็ตาม แต่ก็ดีกว่าการดูดซับ Ni เมื่อความเข้มข้นของ Ni เพิ่มขึ้นจาก 20-40 mg/l และ 40-80 mg/l เห็นว่าค่าการดูดซับ Ni เริ่มจะคงที่ (Chui et al. , 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 ภาพแสดงความสามารถในการดูดซับCu ,Cr, และ Ni ของ chitin ของเปลือกกุ้ง

ที่มา : Chui et al. (1996)

2. การกำจัดโลหะหนักมาตรฐาน สังกะสี และแคดเมียมด้วยไคโตซานพอรัสบีด

การดูดซับโลหะหนักมาตรฐาน สังกะสี และแคดเมียม ด้วยไคโตซานพอรัสบีด ไคโตซานที่ใช้ในการทดลองนี้ผลิตมาจากเปลือกกุ้งโดยมีระดับการกำจัดหมู่อะซิทิล เท่ากับ 75% และน้ำหนักโมเลกุล เท่ากับ 150,000 g/mole ไคโตซานพอรัสบีดจะขึ้นรูปจากสารละลายไคโตซาน 4% ในสารละลายกรดอะซิติก 2% โดยทำการขึ้นรูปในสารละลายด่างของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์กับเอธานอล อัตราส่วน 1:1 จากผลการทดลองพบว่า ไคโตซานพอรัสบีดมีประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมได้สูงกว่าสังกะสี โดยไคโตซานพอรัสบีดนั้นสามารถดูดซับแสคดเมียมได้สูงสุดเท่ากับ 95.50% และสามารถดูดซับสังกะสีได้สูงสุดเท่ากับ 92.48% ที่ปริมาณไคโตซานพอรัสบีดเท่ากับ 60 กรัม ส่วนอัตราการดูดซับสังกะสีได้สูงสุดเท่ากับ 2.36 มิลลิกรัมสังกะสีต่อกรัมไคโตซานพอรัสบีด และมีอัตราการดูดซับแคดเมียมได้สูงสุดเท่ากับ 2.58 มิลลิกรัมแคดเมียมต่อกรัมไคโตซานพอรัสบีด (นิรันดร์ และปิยะบุตร, 2546)

ความสามารถในการดูดซับโลหะหนักของเปลือกกุ้ง

ค่าความสามารถในการดูดซับ Cu จากเปลือกกุ้งได้ดีที่สุด อยู่ที่ 96.9% (ที่ความเข้มข้นของ Cu อยู่ที่ 80 mg/l) ส่วนค่าความสามารถในการดูดซับ Cr จากเปลือกกุ้งได้ดีที่สุด อยู่ที่ 99.1% (ที่ความเข้มข้นของ Cu อยู่ที่ 100 mg/l) ส่วนค่าความสามารถในการดูดซับ Ni จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกกุ้งได้ดีที่สุด อยู่ที่ 69.6% (ที่ความเข้มข้นของ Cu อยู่ที่ 20 mg/l) จากตารางจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการดูดซับ Cu , Cr ของเปลือกกุ้งเป็นไปได้สูงแต่ทางกลับกัน ประสิทธิภาพในการดูดซับ Ni เป็นไปได้น้อย ดังตารางที่ 1 (Chui et al. , 1996)

ตารางที่ 1 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดโลหะของ Chitin จากเปลือกกุ้ง

ปริมาณของโลหะหนัก (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนัก (%) ไคตินในเปลือกกุ้ง
Cu (II)	
20	96.7 ± 1.9 BC
40	95.9 ± 1.1 BC
80	96.9 ± 1.3 BC
100	96.6 ± 2.3 BC
Cr(III)	
20	96.5 ± 0.5 AB
40	97.0 ± 1.2 AB
80	98.9 ± 0.1A
100	99.1 ± 0.1 A
Ni(II)	
20	67.0 ± 0.9 E
40	69.6 ± 3.4 D
80	44.3 ± 1.9 F
100	39.5 ± 2.5 G

ที่มา : Chui et al. (1996)

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับโลหะหนักของเปลือกกุ้ง

1.pH.

1.1 ค่า pH ต่อการดูดซับไอออนทองแดงและไอออนแคดเมียม

ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับโลหะหนักของเปลือกกุ้งพบว่า pH เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการดูดซับ จากการศึกษาการใช้ไคโตซานทุกรูปแบบในการดูดซับไอออนทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

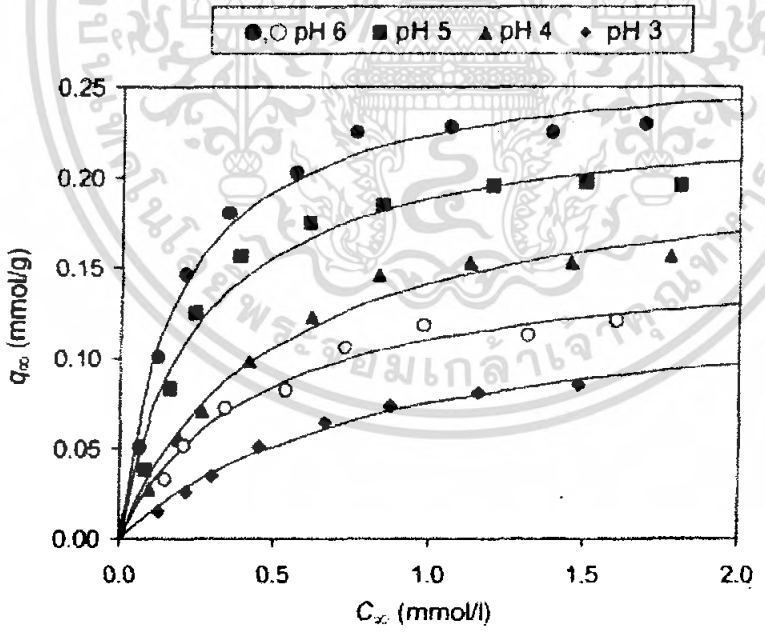
และไอออนแคดเมียมพบว่า ค่าพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับไอออนทองแดงเท่ากับ 5 สำหรับทุกรูปแบบของไคโตซาน และค่าพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับไอออนแคดเมียมเท่ากับ 5 สำหรับเกล็ดไคโตซานและเม็ดไคโตซาน พีเอชเท่ากับ 6 สำหรับไคโตซานรูปแบบอื่นๆ เม็ดอะมิเนตไคโตซานสามารถดูดซับไอออนทองแดงและไอออนแคดเมียมได้สูงกว่า เมื่อเทียบกับไคโตซานรูปแบบอื่นๆ ปริมาณไอออนทองแดงและไอออนแคดเมียมที่ถูกดูดซับมีค่าเท่ากับ 345 ม.ก.ต่อ ก. และ 333 ม.ก.ต่อ ก. ตามลำดับ (Thipwimon ,2004)

1.2 ค่า pH ที่มีผลต่อการดูดซับ Copper

q_{∞} = ปริมาณโลหะหนักที่อยู่ในเปลือกกุ้ง (adsorbent phase metal concentration)

C_{∞} = ปริมาณโลหะหนักที่อยู่ในสารละลาย(solution phase metal concentration)

การดูดซับ Copper ด้วยวิธีการ Deacetylated (คือ การกำจัดหมู่อะมิโนออกจากโครงสร้างไคติน) เปลือกกุ้ง และวิธีการ Decalcified (การดึง Ca ออกจากเปลือกกุ้ง) เปลือกกุ้งที่ค่า pH 3-6 เมื่อค่า q_{∞} สูงขึ้นค่า C_{∞} ก็สูงขึ้นตามด้วย (ภาพที่ 3) และ พบว่า ที่ค่า pH เท่ากับ 6 ด้วยวิธีการ Deacetylated ค่าการดูดซับเปลือกกุ้งสูงสุดและสูงกว่า การ Decalcified เปลือกกุ้ง(Chu , 2002)



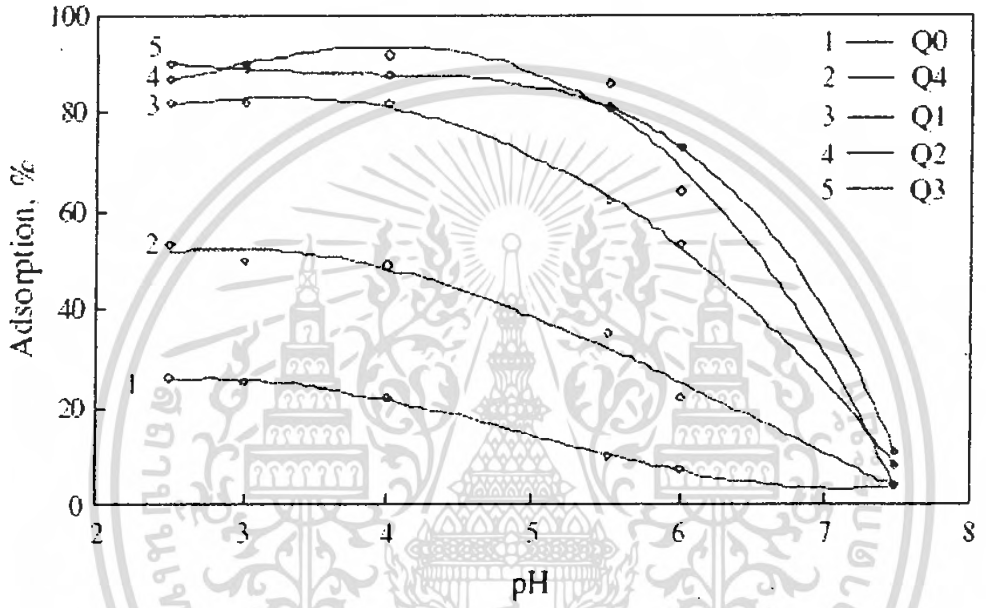
ภาพที่ 3 ผลของ pH ต่อการดูดซับ Copper โดยวิธีการ Deacetylated เปลือกกุ้ง (จุดกลมทึบ) และการDecalcified เปลือกกุ้ง (จุดโปร่งขาว)

ที่มา : Chu (2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ค่า pH มีผลต่อการดูดซับ sulphate ion

(DD คือ ค่าระดับของกระบวนการกำจัดอะมิโนอิสระออกจากโครงสร้างของ Chitin) จากการศึกษา พบว่า ผลของค่า pH ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ Sulphate ion ของ chitin 5 ประเภท คือ Q0 , Q1 , Q2 , Q3 , Q4 พบว่า ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการดูดซับ Sulphate ion อยู่ที่4-4.5 (ภาพที่ 4) โดยที่ Chitin ชนิด Q1 (25 % DD) , Q2(82 % DD) และ Q3(68 % DD) สามารถดูดซับ Sulphate ion ได้มากที่สุด เมื่อ pH เท่ากับ (Moret and Rubio ,2003)

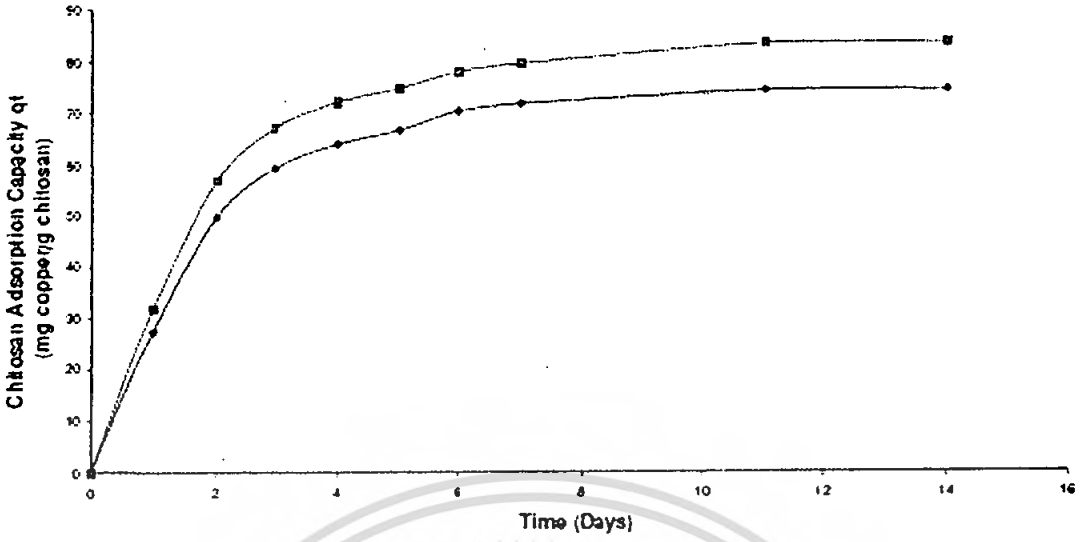


ภาพที่ 4 แสดงผลของ pH ที่มีต่อการดูดซับ Sulphate ion ซึ่ง แตกต่างกันใน chitin แต่ละชนิด
ที่มา : Moret and Rubio (2003)

1.4 การศึกษาการดูดซับ Cu ด้วยเปลือกกุ้งที่ pH 3.5 และ pH 4.5

จากภาพแสดงปริมาณการดูดซับ Copper ของ Chitosan เมื่อกำหนดค่า pH เท่ากับ 3.5 และ 4.5 หลังจากเวลาผ่านไป 12 วัน พบว่า ปริมาณการดูดซับ Copper โดย chitosan ที่ระดับ pH 3.5 จะดีกว่า ที่ระดับ pH 4.5 (ภาพที่ 5)(Ng et al. , 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

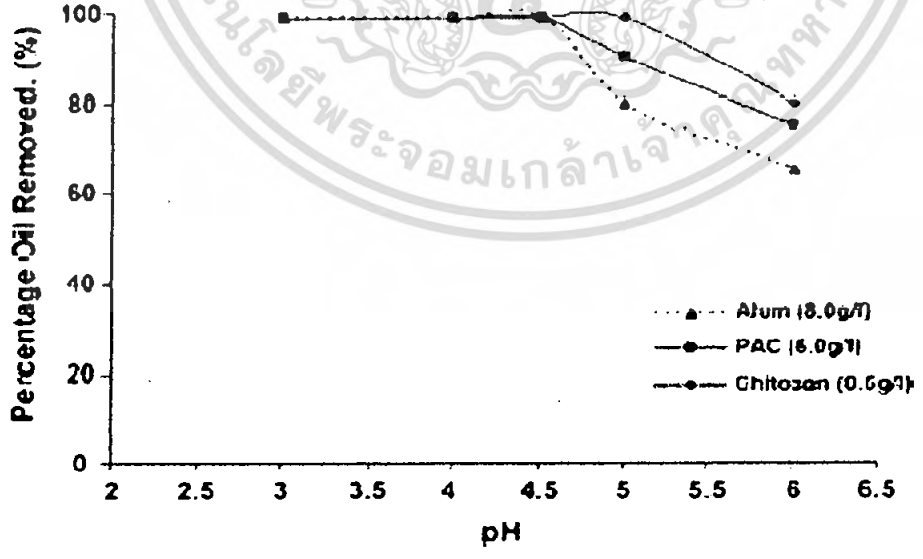


ภาพที่ 5 แสดงค่าการดูดซับ Cu โดย chitosan ของเปลือกกุ้ง ในระดับ pH ที่ 3.5 และ pH ที่ 4.5 เมื่อเวลาผ่านไป 12 วัน

ที่มา : Ng et al. (2002)

1.5 ค่า **pH มีผลต่อการดูดซับกากน้ำมัน**

จากภาพที่ 6 พบว่าผลของค่า pH ในการทดลองโดยการปรับค่าให้เหมาะสม ที่ระหว่าง pH 3-6 และใช้ chitosan ในปริมาณที่เหมาะสม พบว่า ที่ค่า pH เท่ากับ 4 มีผลทำให้การดูดซับ มากถึง 95% (Ahmad A.L. et al. , 2006)



ภาพที่ 6 แสดงผลของ pH ต่อการกำจัดกากน้ำมันโดยใช้ chitosan , alum และ PAC

ที่มา : Ahmad A.L. et al. (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **ค่าความสามารถสูงสุดในการดูดซับโลหะหนัก**

qm = ค่าปริมาณการดูดซับสูงสุดที่ขึ้นอยู่กับค่า pH (maximum capacity of the adsorbent mmol/g)

ชนิดของ chitosan มีผลต่อ (qm)

จากการศึกษาพบว่า ค่า qm ของการดูดซับ copper ด้วย Chitosan จากเปลือกกุ้ง มีค่าน้อยกว่า chitosan บริสุทธิ์ชนิดต่างๆ แต่ถึงอย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายในการเตรียม Chitosan จากเปลือกกุ้งจะต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ chitosan บริสุทธิ์ชนิดต่างๆ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงค่า qm ของการดูดซับ Copper ใน Chitosan บริสุทธิ์ชนิดต่างๆ

ชนิดของตัวดูดซับ	pH	ค่าปริมาณการดูดซับสูงสุด q_m (mmol/g)
สายของไคโตซาน	5	3.91
ไคโตซานชนิดแผ่น	4.7-5.4	2.75
ไคโตซานชนิดผง	5	0.71
ไคโตซานชนิดแผ่น	6	0.33
เปลือกกุ้ง	6	0.27

ที่มา : Chu (2001)

2.1 ค่าความสามารถสูงสุดในการดูดซับ Copper

ค่าความสามารถสูงสุดในการดูดซับ Copper ion โดย Chitosan (ตารางที่ 3) เมื่อกำหนดค่า pH เท่ากับ 3.5 และ 4.5 พบว่า ค่า qo ของ a , b, c, d, e,และ f เท่ากับ 2.824 ,2.592, 1.773 , 2.838, 2.596 และ 1.807 mg/g ตามลำดับ (a , b, c, d, e,และ f คือ ขนาดอนุภาคของ Chitosan ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ โดย (a) มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 250-355 µm ,(b) มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 355-500 µm , (c) มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 710-1,000 µm , (d) มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 250-355 µm , (e) มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 355-500 µm ,(f) มีขนาดอนุภาคเท่ากับ (710-1,000 µm)(Ng et al. , 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงค่า Langmuir Sorption Isotherm Constants ในการดูดซับ Copper ionโดย Chitosan

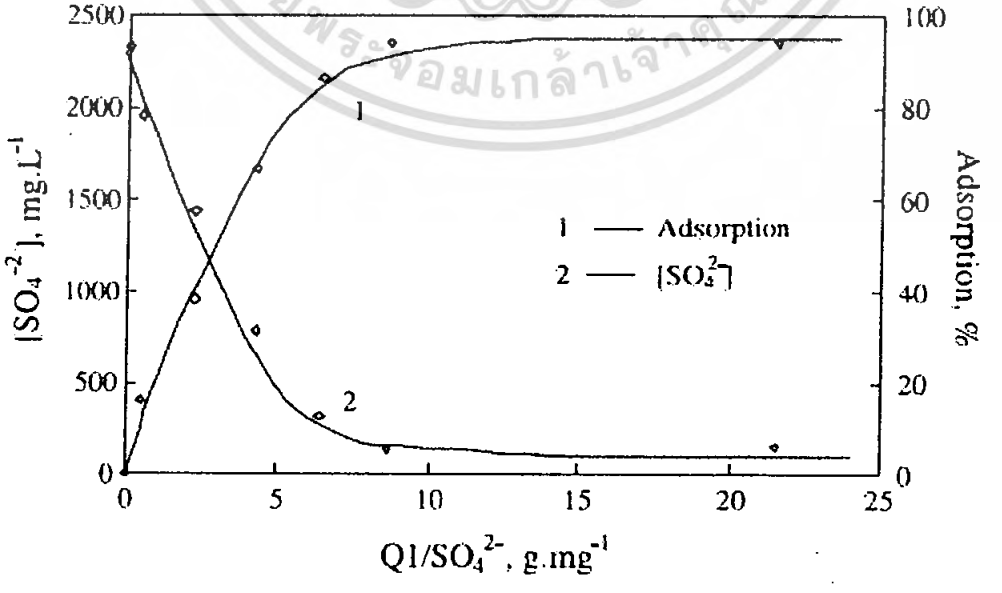
ระดับ pH	ค่าความสามารถสูงสุดในการดูดซับ q_0(mg/g)
pH =3.50	
(a) 250-355 μm	2.834
(b) 355-500 μm	2.592
(c) 710-1000 μm	1.773
pH = 4.50	
(d) 250-355 μm	2.838
(e) 355-500 μm	2.596
(f) 710-1000 μm	1.807

ที่มา : Ng et al. (2002)

3. ค่าของความเข้มข้น

3.1 **ผลของ** Solid concentration

อัตราส่วน Q1/SO_4^{2-} (Q1 คือ Chitosan ที่ 25% DD) ประมาณ 8.5 mg /mg ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการดูดซับ Sulphate ion ซึ่งแสดงถึงหน้าที่ของQ1 ในการกำจัด Sulphate ion (>92%) (ภาพที่ 7)(Moret and Rubio , 2003)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 แสดงผลกระทบของความเข้มข้นของ Chitosan ต่อการดูดซับ Sulphate ion / ค่า SO_4^{2-} เริ่มต้นที่ 2325 mg/l pH ที่ 4.3 $\pm$ 0.3 เวลาที่ Chitosan สัมผัสกับ Sulphate ion 60 min

ที่มา : Moret and Rubio (2003)

3.2 ผลของความเข้มข้นของธาตุโลหะหนักต่อการดูดซับซึ่งเปรียบเทียบระหว่างเปลือกกุ้งและเปลือกปู

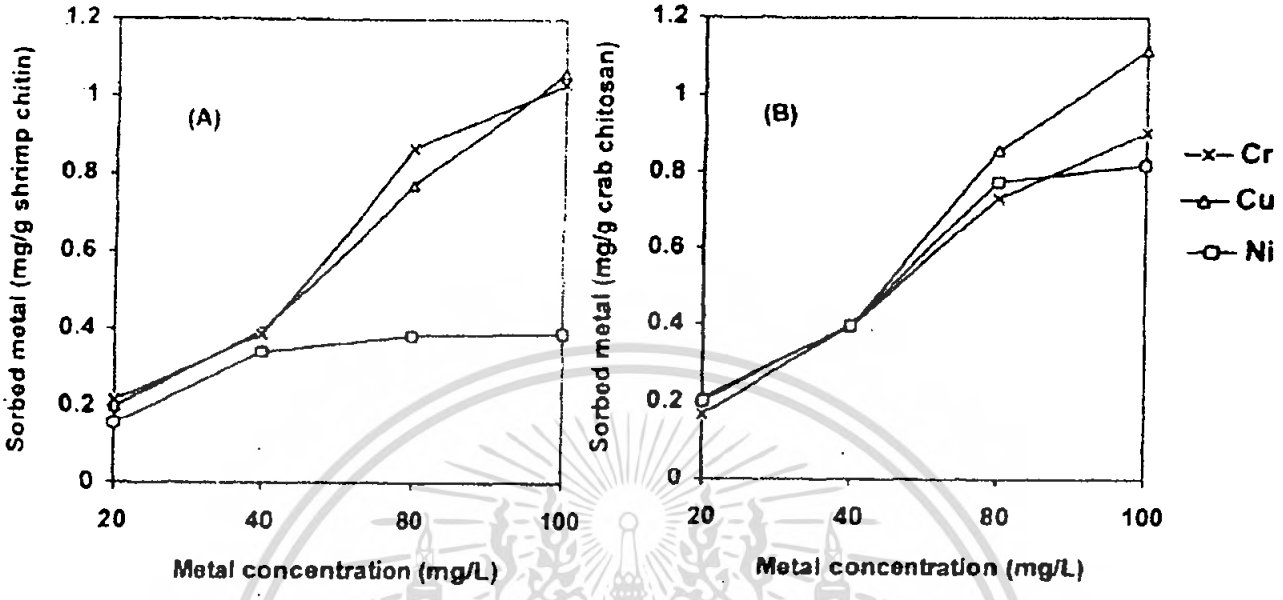
จากการตรวจสอบโลหะไอออน 3 ชนิด คือ Cu , Cr , Ni พบว่า chitin ของกุ้ง และ chitosan ของเปลือกปูสามารถกำจัด Cu , Cr ออกจากน้ำที่มีโลหะเจือปน 20-100 mg/l ได้มากกว่า 93 % อาจถึง 99% (ตารางที่ 4) ปริมาณของการเตรียม chitin จากเปลือกกุ้งเพื่อนำมากำจัด Cu , Cr ซึ่งเปรียบได้กับ chitosan จากเปลือกปู ซึ่งเป็น polymer อย่างดีในการเกิด chelation ของธาตุโลหะทรานซิชัน สำหรับ Ni มีประสิทธิภาพการกำจัดโลหะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน(ตารางที่1)เห็นว่าประสิทธิภาพของ chitosan จากปู ค่าของ ประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนัก (%) อยู่ที่ประมาณ 82-99% ในขณะที่ chitin จากกุ้งมีค่าต่ำกว่า อยู่ระหว่าง 44-70% จะเห็นว่าค่าความเข้มข้นของ Ni เพิ่มขึ้นค่า ประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนัก (%) ของเปลือกปูลดลงไม่มากเมื่อเทียบกับเปลือกกุ้งที่ลดลงมาก แต่ถ้าย้อนดู ค่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของ Cr ที่ 100 mg/l จะเห็นจากตารางว่าค่า ประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนัก (%) ของเปลือกกุ้งจะดีกว่าเมื่อเทียบกับ ประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนัก (%) จากเปลือกปู ส่วนค่าความเข้มข้นของ Cu ค่าของ ประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนัก (%) ของเปลือกกุ้งและเปลือกปูจะไม่เปลี่ยนแปลงเท่าไรนักเมื่อเทียบกับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น (Chui et al. , 1996)

3.3 ผลเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะหนักระหว่างเปลือกกุ้งและเปลือกปู

เมื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะไอออนทั้ง 3 คือ Cr ,Cu และ Ni พบว่าchitin ของเปลือกกุ้งมีความสามารถเด่นชัดในการดูดซับโลหะหนักได้ตามลำดับดังนี้ Cr > Cu > Ni ในขณะที่ chitosan ของเปลือกปูความสามารถการดูดซับอยู่ที่ Cu > Cr > Ni ความสามารถในการดูดซับ Cu chitosan ของเปลือกปูดีกว่า chitin ของเปลือกกุ้งเพียงเล็กน้อย แต่ในทางตรงกันข้ามการดูดซับ Cr ในเปลือกกุ้งจะดีกว่า ส่วน Ni การดูดซับของเปลือกปูดีกว่า ปริมาณของโลหะที่ถูกดูดโดยเปลือกกุ้งจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของโลหะหนัก แสดงความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง (ภาพที่ 1) ภาพแสดงความสามารถในการดูดซับของ chitin ของและ chitosan 1 กรัม ผลการดูดซับ Cu และ Cr จะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 20-100 mg/L ถึงแม้จะยังไม่ถึงจุด maximum แต่ก็ดีกว่าการดูดซับ Ni ใน chitin ของเปลือกกุ้ง และ chitosan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเปลือกปูเมื่อความเข้มข้นของ Ni เพิ่มขึ้นจาก 20-40 mg/l และ 40-80 mg/l (Chui et al. , 1996)



ภาพที่ 8 รูป A แสดงความสามารถในการดูดซับ Cu ,Cr,และ Ni ของ chitin จาก เปลือกกุ้ง

รูป B แสดงความสามารถในการดูดซับ Cu ,Cr,และ Ni ของ chitosan จากปู

ที่มา : Chui et al. (1996)

การนำโลหะหนักและเปลือกกุ้งกลับมาใช้ใหม่

1. **การใช้สารคอปเปอร์แต่ละชนิดมาล้าง Cu และ Ni ออกจากเปลือกกุ้ง พบว่า**

เปลือกกุ้งสามารถกำจัด Cu ออกจากน้ำเสียมากกว่า 92% และสามารถชะล้างโลหะหนักจากเปลือกกุ้งกลับมาใช้ได้ 100% จาก Acid copper เข้มข้นที่ 314 mg/l และ copper pyrophosphate เข้มข้นที่ 148 mg/l แต่ประสิทธิภาพในการกำจัดออก และการนำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งล้างด้วย Copper cyanide นั้นมีค่าน้อยกว่า(ตารางที่5)(Chui et al. , 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ภาพแสดง การกำจัดและการนำ Cu กลับมาใช้ใหม่จากกระบวนการ Electroplating rinsing water โดยใช้โปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของ Chitin ในกุ้ง

ชนิดของสาร ที่ใช้ล้าง	Cu(II)conc. (mg/l)	ค่าของการดูดซับโลหะหนัก (mg Cu/g chitin)	ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก(%)	ประสิทธิของ EDTA ในการนำโลหะหนักกลับมาใช้ใหม่(%)
Acid copper	313.7	3.02+0.5	96.4+1.4	100.4+1.8
Copper pyrophosphate	148.2	1.36+0.1	91.9+1.5	100.2+7.1
Copper cyanide	212.3	1.37+0.3	64.5+1.6	62.0+5.2

ที่มา : Chui et al. (1996)

2.การใช้สาร EDTA

จากการนำ Chitin ของเปลือกกุ้ง และ chitosan ของเปลือกปู ไปทำการทดลองดูดซับ Cu และ Ni แล้วนำมาผ่านกระบวนการ Electroplating rinsing waters โดยการล้างด้วย EDTA เพื่อนำ Cu และ Ni ออกจากเปลือกกุ้ง และเปลือกปู เพื่อนำ Cu และ Ni กลับมาใช้ใหม่ พบว่าสามารถดึง Cu และ Ni ออกจากเปลือกกุ้งและ นำกลับมาใช้ใหม่ได้ถึง 80-100% แต่สำหรับ chitosan ของปู สามารถนำ Cu และ Ni กลับมาใช้ใหม่ได้ 66-100 % การใช้ EDTA เพื่อช่วยในการนำ Cu และ Ni กลับมาใช้ใหม่นั้น ซึ่งได้จากการดักจับโลหะหนักโดยใช้ chitin และ chitosan ของเปลือกกุ้งและเปลือกปูที่ดักจับโลหะหนัก จากน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม นั้นทำได้จริง และมีเหตุผล แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ EDTA ก็ยังมีข้อจำกัดหรือ ข้อยกเว้นอยู่ในด้านประสิทธิภาพยังไม่สมบรูณ์ และ ยังต้องตรวจหาเหตุผลเพิ่มเติม(Chui et al. , 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงประสิทธิภาพของการใช้ EDTA ในการทำให้เปลือกกุ้ง และเปลือกปู นำกลับมาใช้ใหม่ได้ที่ระดับความเข้มข้นของโลหะต่างๆ

ปริมาณของโลหะหนัก (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิของEDTAในการนำโลหะโลหะหนักกลับมาใช้ใหม่(%) ไคโตซานในเปลือกปู	ไคตินในเปลือกกุ้ง
Cu (II)		
20	88.6±2.9 CD	100.7±1.9 A
40	83.7±1.6 D	98.7±5.9 A
80	74.9±5.2 E	94.0±1.9 BC
100	65.9±6.2 F	98.9±3.0 AB
Cr(III)		
20	8.5±0.6 CD	37.1±4.0 A
40	4.2±0.1 D	33.1±5.7 A
80	15.0±5.3 BC	20.9±4.1 B
100	14.1±4.8 BC	20.8±2.7 B
Ni(II)		
20	100.1±5.5 A	92.3±3.2 B
40	99.6±3.5 A	80.3±3.0 C
80	82.7±2.2 C	97.6±4.6 A
100	95.9±3.0 AB	91.1±3.1 B

ที่มา : Chui et al. (1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุ

1. เปลือกกุ้ง
2. น้ำ DI (Deion Water)
3. แคดเมียม (Cd)

อุปกรณ์

1.บีกเกอร์
2.ปิเปต
3.ไซเรนเดอร์
4.จุกยาง
5.ดอปเปอร์
6.ตะแกรงร่อน
7.เครื่องปั่น
8. Magnetic stirer
9.ทิวร์พลาสติก
10.ผ้ากรอง
11.กรวยพลาสติก
12.ฟอเซบ
13. pH meter
14.ถาดอลูมิเนียม
16.ตะแกรงเหล็ก
17.นาฬิกาจับเวลา
18.ฟราสพลาสติก
19.ฟรอย
20.น้ำกลั่น
21.ไมโครปิเปต
22.หลอดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

104648

วิธีการ

แผนการทดลอง

ทำการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกกุ้งและปัจจัย ที่มีผลต่อการดูดซับ โดยแบ่งการทดลองเป็น 7 การทดลอง คือ 1. เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกกุ้งที่ผ่านกระบวนการทางเคมี(สกัดไคโตซาน)และไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีในระดับ pH ที่ 3-7 2. ช่วงระยะเวลาถึงจุดสมดุลในการดูดซับ(Equilibrium time) 3. ทดลองผลของช่วงเวลาและความเข้มข้นของสารแคดเมียมที่มีผลต่อการดูดซับของเปลือกกุ้ง 4. ทดลองขนาดของเปลือกกุ้งที่แตกต่างกันที่มีผลต่อการดูดซับสารแคดเมียม 5. ทดลองผลของปริมาณของเปลือกกุ้งที่มีผลต่อการดูดซับสารแคดเมียม 6. ทดลองประสิทธิภาพสารเคมีที่ใช้ล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกกุ้ง และผลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดไปวัดค่าการดูดซับสารแคดเมียมด้วยเครื่องเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมและนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ(CRD) ทดลองแบบ 3 ซ้ำ

วิธีการการทดลอง

1.การเตรียมเปลือกกุ้ง

ขั้นแรกนำเปลือกกุ้งมาล้างน้ำ และแกะเศษเนื้อกุ้งที่ติดอยู่ออกให้หมด จากนั้นนำเปลือกกุ้งมาตากให้แห้ง เพื่อนำไปใช้ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 เตรียมเปลือกกุ้งที่ผ่านกระบวนการทางเคมี

1.1.1 แช่เปลือกกุ้งใน %50 โซเดียมไฮดรอกไซด์ในบีกเกอร์ 1,000 มิลลิลิตร 1 คืน จากนั้นล้างออกด้วยน้ำ DI (Deion) คนด้วยแท่งแก้ว แล้วเทน้ำ DI ทิ้ง ล้างซ้ำกัน 3 ครั้ง

1.1.2 จากนั้นนำเปลือกกุ้งไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสนาน 3 วัน

1.1.3 จากนั้นนำเปลือกกุ้ง ไปแช่ใน 5% ไฮโดครอลิก นาน 6 ชั่วโมง

1.1.4 จากนั้นล้างด้วย น้ำ DI แล้วเททิ้ง ทำซ้ำ 3 ครั้ง

1.1.5 จากนั้น นำเปลือกกุ้งไปแช่ใน %50 โซเดียมไฮดรอกไซด์ในบีกเกอร์ 1,000 มิลลิลิตร ที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง

1.1.6 จากนั้นทำการล้างด้วยน้ำ DI และปรับค่า pH ให้เท่ากับ 8 เมื่อ pH คงที่ให้เทน้ำ DI ทิ้ง จากนั้นนำเปลือกกุ้งไปตากให้แห้ง เก็บใส่บีกเกอร์ เตรียมใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

1.2 เตรียมเปลือกกุ้งที่ไม่ต้องผ่านกระบวนการทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.1 นำเปลือกกุ้งที่ตากแห้งมาอบที่ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน จากนั้นนำเปลือกกุ้งมาบด เตรียมใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

2 การเตรียมสารแคดเมียม

(ในการทดลองค่ามาตรฐานของ แคดเมียม 0.5488 กรัม/น้ำ DI 100 มิลลิลิตร

2.1 ทำการเติมชั่ง แคดเมียม 0.5488 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตรในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร กวนสารโดยใช้เมเนติกสเตอร์เรอ จะได้ความเข้มข้นของสารแคดเมียม 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกกุ้งที่ผ่านกระบวนการทางเคมีและไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีในระดับ pH ที่ 3-7

3.1 ทดสอบเปลือกกุ้งที่ผ่านกระบวนการทางเคมีที่ระดับ pH 3-7

3.1.1 เตรียมปริมาตรสารแคดเมียม 550 มิลลิลิตร (ที่เข้มข้นสาร 20 มิลลิกรัม/ลิตร)

3.1.2 นำสารแคดเมียมใส่บีกเกอร์ขนาด 500 ml ใส่บีกเกอร์ละ 100 ml จำนวน 5 ใบ

3.1.3 จากนั้นทำการปรับ pH สารแคดเมียมที่ระดับ pH 3-7 อย่างละบีกเกอร์

3.1.4 เตรียมเปลือกกุ้งที่ผ่านกระบวนการทางเคมีปริมาณ 0.03 กรัม ใส่ flast พลาสติก เตรียมเปลือกกุ้งระดับ pH ละ 3 ซ้ำ

3.1.5 จากนั้นเติมสารแคดเมียมที่ปรับ pH ไว้แล้วใส่ลงใน flask ที่มีเปลือกกุ้ง flast ละ 30 มิลลิลิตร

3.1.6 จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.1.7 นำมาวัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงทุก flak

3.1.8 ทำการกรองสารแคดเมียมเอาเปลือกกุ้งออกด้วยผ้ากรอง ใส่ขวดพลาสติกละ 12 มิลลิลิตร

3.1.9 แล้วนำไปหยดกรดไนตริก 2 หยด ปั่นเหวี่ยงด้วย วอเทกด์

3.1.10 จากนั้นนำไปวัดค่าสารแคดเมียมที่เหลือจากการดูดซับของเปลือกกุ้งด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

3.2 ทดลองเปลือกกุ้งที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีที่ระดับ pH 3-7

3.2.1 ขั้นตอนในการทดสอบทำเหมือนกันกับการทดสอบเปลือกกุ้งที่ผ่านกระบวนการทางเคมี (เพียงแต่เปลี่ยนเป็นเปลือกกุ้งที่ไม่กระบวนการทางเคมี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทดลองผลของช่วงเวลาและความเข้มข้นของสารแคดเมียมที่มีผลต่อการดูดซับของเปลือกกุ้ง

ในการทดลองจะใช้ความเข้มข้นของสารแคดเมียมที่ 20, 40, 80,160,200 ppm. และช่วงเวลาในการทดลองอยู่ที่ 0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1 , 0.15 , 0.20 , 0.30 , 60, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 ชั่วโมง

4.1 ทดลองสารแคดเมียมที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.1.1 เตรียมสารแคดเมียมความเข้มข้นที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 850มิลลิลิตร

4.1.2 เติมสารแคดเมียมที่เตรียมไว้ 250 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร 1 ใบ

4.1.3 ปั่นเหวี่ยงสารแคดเมียมด้วยเมเนติกสเตอร์เรอ และปรับค่า pH ให้เท่ากับ 3

4.1.4 ชั่งเปลือกกุ้งปริมาณ 0.3 กรัม

4.1.5 ก่อนการทดลองให้ดูดสารแคดเมียมเก็บใส่ tube 12 มิลลิลิตร 1 หลอด

4.1.6 จากนั้นใส่เปลือกกุ้งลงในสารแคดเมียมที่ปั่นด้วยเมเนติกสเตอร์เรอ

4.1.7 ทำการจับเวลา เมื่อถึงช่วงเวลาที่กำหนดในแต่ละช่วงเวลาให้วัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงพร้อมกับดูดสารแคดเมียมกรองเปลือกกุ้งออก ใส่ลง tube ปริมาตร 12 มิลลิลิตร ในช่วงเวลาละ 1 หลอด

4.1.8 ทำการเก็บผลถึงช่วงเวลาที่ 0.5 ชั่วโมงแล้วให้ทำการทดลองซ้ำที่ 2 ต่อ โดยขั้นตอนการทดลองเหมือนกันกับการทดลองใน ซ้ำแรก

4.1.9 ทำการปั่นเหวี่ยงสารแคดเมียมที่แช่เปลือกกุ้งด้วยเครื่องเมเนติกสเตอร์เรออย่างต่อเนื่องทั้ง ซ้ำ 1 และ ซ้ำ 2 จนถึงช่วงเวลาที่กำหนดในแต่ละช่วงเวลาแล้วทำการวัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไปพร้อมกับดูดสารแคดเมียมกรองเปลือกกุ้งออกใส่ tube ในปริมาตร 12 ml ทำจนครบ 12 ชั่วโมง เก็บผลทั้งหมดแช่เย็น

4.1.10 นำสารแคดเมียมที่แช่เปลือกกุ้งที่ยังไม่ถึงช่วงเวลาที่จะเก็บผลให้เทใส่ flask แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงอย่างต่อเนื่อง

4.1.11 เมื่อปั่นเหวี่ยงครบ 24 ชั่วโมง นำสารแคดเมียมไปวัดค่า pH และดูดสารแคดเมียมกรองเปลือกกุ้งออก ดูดใส่ tube 12 มิลลิลิตร เก็บผลทั้งซ้ำที่ 1 และ ซ้ำ 2

4.1.12 จากนั้นนำสารแคดเมียมที่แช่เปลือกกุ้งที่ยังไม่ถึงช่วงเวลาที่จะเก็บผลให้เทใส่ flast แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงอย่างต่อเนื่อง

4.1.13 ทำการทดลองซ้ำที่ 3 ต่อ ซึ่งขั้นตอนในการทดลองเหมือนกับ ซ้ำที่ 1 และ ซ้ำที่ 2

4.1.14 เมื่อปั่นเหวี่ยงสารแคดเมียมที่แช่เปลือกกุ้งที่ซ้ำที่ 1 และ ซ้ำที่ 2 ถึงช่วงเวลาที่กำหนด คือ 48, 72, 96 และ120 ชั่วโมง ในแต่ละช่วงเวลาให้ทำการวัดค่า pH และดูดสารแคดเมียมกรองเปลือกกุ้งออก ดูดใส่ tube 12 มิลลิลิตร เก็บผลทั้งซ้ำที่ 1 และ ซ้ำ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.15 ทำการดำเนินทดลองซ้ำที่ 3 เหมือนกับ ซ้ำที่ 1 และ ซ้ำ 2 และเมื่อถึงช่วงเวลาที่กำหนดให้เก็บผลเหมือน ซ้ำที่ 1 และ ซ้ำ 2 ดังที่กล่าวมา

4.1.16 เมื่อเก็บผลครบทั้งซ้ำ 3 ให้นำสารแคดเมียมมาหยดด้วยกรด ไนตริก (0.2 ,มิลลิลิตร ต่อน้ำ DI 100 มิลลิลิตร) 2 หยด แล้วทำการปั่นให้เข้ากัน ด้วยเครื่องวอเทกร์

4.1.17 นำไปวัดค่าสารแคดเมียมที่เหลือจากการดูดซับจากเปลือกกุ้งด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

4.1.18 ในการทดลองผลของความเข้มข้นที่ระดับความเข้มข้นของสารแคดเมียมในระดับที่ 20, 40,80,160,200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทุกความเข้มข้นจะทำการทดลองเหมือนกันทุกขั้นตอนที่กล่าวมา ทั้งแต่ ข้อ 2.1.1-2.1.18

5.ทดสอบ ขนาดและมวล ของเปลือกกุ้งที่มีผลต่อการดูดซับสารแคดเมียม

5.1 ทดสอบ ขนาด ของเปลือกกุ้ง

5.1.1 นำเปลือกกุ้งที่อบแห้งมาปั่นด้วยเครื่องปั่น

5.1.2 ต่อจากนั้นนำเปลือกกุ้งที่ปั่นมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 0.1 ,0.25 ,0.5 , 1 , 2 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยร่อนผ่านตะแกรงขนาดใหญ่ก่อน

5.1.3 เตรียมสารแคดเมียมในน้ำ DI ที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (เตรียมไว้ 500 มิลลิตร) ปรับ pH เท่ากับ 3

5.1.4 นำเปลือกกุ้งที่ร่อนได้ขนาดต่างๆ มาแช่ในสารแคดเมียมที่เตรียมไว้ โดยอัตราส่วนเปลือกกุ้งต่อสารละลายแคดเมียม 0.03 กรัมต่อ 30 มิลลิตร ทดลองขนาดละ 3 ซ้ำ (เก็บสารแคดเมียมตั้งต้นไว้ 3 ซ้ำ) ทำการเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.1.5 วัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลง ทั้งหมด (จดบันทึก) พร้อมกับเก็บตัวอย่างสารแคดเมียมที่ได้จากการแช่เปลือกกุ้งในแต่ละขนาดโดยการกรองผ่านผ้ากรองเก็บใส่ tube ตัวอย่างละ 12 มิลลิลิตร

5.1.6 จากนั้นนำน้ำสารแคดเมียมหยดกรด ไนตริก (0.2 ,มิลลิตรต่อน้ำ DI 100 มิลลิตร) 2 หยด แล้วทำการปั่นให้เข้ากัน ด้วยวอเทกร์

5.1.7 นำไปวัดค่าการดูดซับสารแคดเมียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

5.2 ทดสอบ มวล ของเปลือกกุ้ง

5.2.1 ชั่งเปลือกกุ้ง ที่ปริมาณ 0.01 , 0.02 ,0.03 ,0.04 ,0.05 กรัม

5.2.2 เตรียมสารแคดเมียมในน้ำ DI ที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (เตรียมไว้ 500 มิลลิตร) ปรับ pH เท่ากับ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 นำเปลือกกุ้งแต่ละปริมาณมาแช่ในสารแคดเมียมที่เตรียมไว้ โดยปริมาณเปลือกกุ้งต่อสารละลายแคดเมียม ปริมาณละ 0.03 กรัมต่อ 30 มิลลิลิตร ทดลองปริมาณละ 3 ซ้ำ (เก็บน้ำแคดเมียมตั้งต้นไว้ 3 ซ้ำ) ทำการเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.2.4 วัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลง(จดบันทึก) พร้อมกับเก็บตัวอย่างสารแคดเมียมที่ได้จากการแช่เปลือกกุ้งในแต่ละปริมาณโดยการกรองผ่านผ้ากรอง เก็บสารละลายแคดเมียมไว้ตัวอย่างละ 12 มิลลิลิตร

5.2.5 จากนั้นนำสารแคดเมียม หยดกรด ไนตริก (ไนตริก0.2 มิลลิลิตรต่อน้ำ DI 100 มิลลิลิตร) 2 หยด แล้วทำการปั่นให้เข้ากัน ด้วยวอเทกร์

5.2.6 นำไปวัดค่าการดูดซับสารแคดเมียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

6. การล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกกุ้ง

6.1 เตรียมสารตั้งต้น 1M EDTA, 1M NA_2HCO_3, 1M $NAHCO_3$, 1M H_2SO_4, DI Water

6.2 เตรียมเปลือกกุ้งต่อสารละลายแคดเมียม ในปริมาณเปลือกกุ้งตัวอย่างละ 0.03 กรัมต่อสารละลายแคดเมียม 30 มิลลิลิตร (แคดเมียมเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร)

6.3 เตรียมเปลือกกุ้งต่อสารละลายแคดเมียม 5 ตัวอย่าง ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

6.4 เตรียมสารละลายแคดเมียม ปริมาณ 400 มิลลลิตร (แคดเมียมเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปรับ pH ให้เท่ากับ 3

6.5 เก็บสารละลายแคดเมียมก่อนการทดลองไว้ 3 หลอดหลอดละ 12 มิลลิลตร

6.6 นำเปลือกกุ้งใส่ลงในสารละลายแคดเมียม เขย่า 24 ชั่วโมง

6.7 นำสารละลายแคดเมียมที่แช่เปลือกกุ้งมาวัดค่า pH

6.8 จากนั้นทำการกรองเปลือกกุ้งออก เก็บสารละลายไว้ตัวแคดเมียมอย่างละ 12 มิลลิลิตร หยดกรดไนตริก 2 หยด แล้วทำการปั่นให้เข้ากันด้วยวอเทกร์แล้วนำไปแช่เย็นรอวัดผล จากนั้นนำเปลือกกุ้งที่ติดอยู่บนผ้ากรอง นำมาแช่ในสาร ที่เตรียมไว้ข้างต้น คือ 1M EDTA, 1M NA_2HCO_3, 1M $NAHCO_3$, 1M H_2SO_4, DI Water ตัวอย่างละ 3 ซ้ำเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6.9 จากนั้นกรองเปลือกกุ้งออกด้วยผ้ากรอง เก็บสารตัวอย่างๆละ 12 มิลลิลิตร

6.10 วัดค่าการดูดซับ สารละลายแคดเมียมละสารตัวอย่างด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบันทึกข้อมูล

บันทึกค่า pH สุดท้ายทุกครั้งก่อนเก็บผลการทดลอง ทุกๆการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1.คำนวณหาค่า เปอร์เซ็นการกำจัดสารแคดเมียม

เปอร์เซ็นการกำจัดสาร (% Rแคดเมียมemove) = (*Co-Ceq*) * 100/*Co*

เมื่อค่า % Remove คือ ค่าเปอร์เซ็นการกำจัดสารแคดเมียม

Co คือ ค่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Ceq คือ ค่าสารแคดเมียมที่เหลือจากการดูดซับโดยเปลือกกุ้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

2.คำนวนหาค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียม

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

เมื่อค่า q คือ ค่าความสามารถในการดูดซับสาร (mg/แคดเมียมg dry wt.)

Co คือ ค่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Ceq คือ ค่าสารแคดเมียมที่เหลืออยู่จากการดูดซับโดยเปลือกกุ้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

V คือ ค่าปริมาตรของสารแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)

W คือ ค่าของน้ำหนักเซล (g) x 1,000 wt.

3. นำค่า pH เริ่มต้นและ pH สุดท้าย, ค่าเปอร์เซ็นการกำจัดสาร และค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมมาหาค่าเฉลี่ย

4. นำผลของค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นการกำจัดสาร และแคดเมียมผลของค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมในแต่ละช่วงความเข้มข้นมาทำกราฟ

5. ส่วนข้อมูลผลค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นการกำจัดสารแคดเมียมและผลของค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมในการทดลองทั้งหมด นำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติหาค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทดลอง เดือนตุลาคม 2550 ถึงเดือน เมษายน 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

1.เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกกุ้งที่ผ่านกระบวนทางเคมี(สกัดไคโตซาน)และเปลือกกุ้งที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมี ที่ระดับ pH 3-7

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ของเปลือกกุ้งที่สกัดไคโตซานและไม่สกัดไคโตซานในแต่ละระดับ pH ที่แตกต่างกัน พบว่า เปลือกกุ้งที่ไม่ผ่านกระบวนการสกัดไคโตซาน ที่ระดับ pH 3 มีค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมสูงสุดเท่ากับ 17.08 $\pm$ 3.75 (mg/g) และที่ระดับ pH 6 ของเปลือกกุ้งที่ผ่านกระบวนการสกัดไคโตซาน มีค่าความสามารถการดูดซับสารแคดเมียมน้อยสุด เท่ากับ 1.75 $\pm$ 3.75 (mg/g) เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า น้ำเสียสังเคราะห์(สารแคดเมียม)ที่ปรับระดับ pH 4-7 ในการทดลองของเปลือกกุ้งที่ผ่านการสกัดไคโตซานและไม่ผ่านการสกัดไคโตซาน มีค่าความสามารถในการดูดซับสารที่ไม่แคดเมียมแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(ตารางที่ 6 และตารางที่ 7)

1.1 ระดับ pH ที่เหมาะสม

จากการทดลองจะเลือกใช้เปลือกกุ้งที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมี เนื่องจากเปลือกกุ้งที่นำมาผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อสกัดไคโตซานพบว่าน้ำหนักเปลือกกุ้งหลังการสกัดลดลงเกินครึ่งหนึ่งของน้ำหนักตั้งต้น ซึ่งน้ำหนักที่หายไปเนื่องมาจากการใช้โซดียมไฮดร์อกไซด์ ,กรดไฮโดคอลิก กำจัดสารอินทรีย์ ที่มีอยู่ในเปลือกกุ้งออกเพื่อให้ได้ไคโตซานบริสุทธิ์ จึงเป็นการสิ้นเปลืองสารเคมีที่ใช้สกัด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ(Chui et al. , 1996)ที่ทดลองเปรียบเทียบการใช้ไคตินจากเปลือกกุ้งกับไคโตซานบริสุทธิ์ ดูดซับ Cu, Cr, Ni พบว่า ประสิทธิภาพของไคตินของเปลือกกุ้งจะดูดซับ Cu, Cr, Ni, ได้น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไคโตซานบริสุทธิ์แต่ประสิทธิภาพในการดูดซับใกล้เคียงมาก และระดับ pH ที่จะนำไปใช้ในการทดลองเรื่องปัจจัยอื่น คือ pH 3 เนื่องจากเป็นระดับ pH ที่เหมาะสมต่อการดูดซับสารแคดเมียมและมีค่าความสามารถในการดูดซับที่สูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับ Moret and Rubio (2003) ที่ทดลองปัจจัยของค่า pH ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ Sulphate ion ที่ค่า SO_4^{2-} เริ่มต้นที่ 2350 mg/l ระดับ pH ที่ทดสอบ 2-8 เวลาที่ Chitosan สัมผัสกับ Sulphate ion 60 min ซึ่งผลจากการทดลอง พบว่า ระดับ pH 3มีค่าความสามารถในการดูดซับ Sulphate ion ได้สูงที่สุด และ(Guo et al. , 2004) ที่ได้ทำการทดลองนำไคตินมาดูดซับ ตะกั่ว, แคดเมียมและทองแดง พบว่าที่ระดับ pH 3 มีค่าความสามารถในการดูดซับที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงความสามารถในการดูดซับสารของแคดเมียมของเปลือกกุ้งที่ผ่านกระบวนการทางเคมีในระดับ pH ที่ 3-7

* ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ช่วง pH	เปอร์เซ็นต์การกำจัด	ค่าการดูดซับ (mg/g)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย
pH 3	90.09 ± 0.37^{a}	24.07 ± 1.44^{c}	3.05 ± 0.00	3.09 ± 0.04^{a}
pH 4	90.83± 0.37^{a}	19.11± 1.44^{b}	4.01 ± 0.00	4.13 ± 0.03^{c}
pH 5	90.81 ± 0.37^{a}	17.52 ± 1.44^{a}	4.98 ± 0.00	5.01 ± 0.15^{e}
pH 6	92.24± 0.37^{a}	19.06 ± 1.44^{b}	5.76± 0.00	5.77 ± 0.12^{e}
pH 7	91.86 ± 0.37^{a}	19.20 ± 1.44^{b}	7.07 ± 0.00	6.66 ± 0.12^{e}

(P<0.05)

ตารางที่ 7 แสดงความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกกุ้งที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีในระดับ pH ที่ 3-7

ช่วง pH	เปอร์เซ็นต์การกำจัด	ค่าการดูดซับ (mg/g)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย
pH 3	91.09± 0.05^{a}	26.60 ± 1.44^{c}	3.00 ± 0.00	3.70 ±0.10^{a}
pH 4	90.83 ± 0.05^{d}	21.60 ± 1.44^{d}	4.00 ± 0.00	3.89 ± 0.06^{b}
pH 5	90.81 ± 0.05^{b}	19.40 ± 1.44^{a}	5.00 ± 0.00	5.39 ± 0.28^{c}
pH 6	92.24 ± 0.05^{cd}	20.80 ± 1.44^{b}	6.00± 0.00	6.82 ± 0.06^{d}
pH 7	99.09 ± 0.05^{bc}	21.20 ± 1.44^{b}	7.00 ± 0.00	6.94 ± 0.11^{e}

* ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลของขนาดเปลือกกุ้ง

จากการทดลองใช้เปลือกกุ้งที่ขนาด 2-0.1 mm ในการดูดซับสารแคเมียม พบว่า ขนาดเปลือกกุ้ง 1 mm มีค่าเปอร์เซ็นต์ในการกำจัดสารสูแคดเมียมสูงสุด เท่ากับ 98.67± 0.05 และมีค่าความสามารถในการดูดซับสารสูงสุดเท่ากับ123.47± 1.11 เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดต่างๆของเปลือกกุ้งในการทดลอง ส่วนเปลือกกุ้งที่มีขนาด 0.5 mm มีค่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารน้อยที่แคดเมียมสุดที่ 89.48±1.20 และมีค่าความสามารถในการดูดซับสารน้อยที่สุดแคดเมียมที่ 114.19±2.32 จากการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการดูดซับสาร พบแคดเมียมว่า ขนาดของเปลือกกุ้งที่ 2 , 0.25 , 0.1 mm มีค่าความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ขนาด 1, 0.5 mm (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 แสดงประสิทธิภาพของเปลือกกุ้งที่ขนาดต่างๆ ที่ใช้ในดูดซับสารแคดเมียม

ขนาด (mm)	เปอร์เซ็นต์การกำจัด	ค่าการดูดซับ (mg/g)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย
2	96.94±0.61^{ab}	120.72±0.22^{a}	3.01±0.00	3.43±0.03^{a}
1	98.21± 0.20^{b}	124.82± 6.59	3.01±0.00	3.51±0.01^{a}
0.5	96.28±0.86^{a}	115.50±2.43^{a}	3.01±0.00	3.61 ±0.03^{a}
0.25	96.23±0.65^{ab}	123.46±1.11^{a}	3.01±0.00	3.70±0.02^{a}
0.1	97.54±0.27^{ab}	117.53±1.23^{a}	3.01±0.00	3.78±0.06^{a}

* ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

3.ผลของปริมาณเปลือกกุ้ง

จากการทดลองใช้เปลือกกุ้งในปริมาณ 0.01-0.05 (g) ในการดูดซับสารแคดเมียม พบว่าเปลือกกุ้งที่ปริมาณ 0.05 (g) มีค่าเปอร์เซ็นต์ในการกำจัดสารมากแคดเมียมที่สุดเท่ากับ 94.68 ± 0.30 ส่วนเปลือกกุ้งที่ระดับปริมาณ 0.02 (g) มีค่าเปอร์เซ็นต์ในการกำจัดสารน้อยสุดแคดเมียมที่เท่ากับ 69.33 ± 0.15 ส่วนผลของความสามารถในการดูดซับสารของเปลือกแคดเมียมกุ้ง ที่ระดับปริมาณ 0.01 (g) มีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุดที่เท่ากับ 41.59 ± 4.56 (mg/g) ส่วนเปลือกกุ้งที่ระดับปริมาณ 0.05 (g) มีค่าความสามารถในการดูดซับสารน้อยที่แคดเมียมสุดที่เท่ากับ 11.27 ± 0.12 (mg/g) จากการวิเคราะห์ผลของค่าเปอร์เซ็นต์ในการกำจัดสาร ที่ระดับแคดเมียมปริมาณลือกกุ้ง 0.01-0.05 (g) พบว่าเปอร์เซ็นต์ในการกำจัดสารแคดเมียมมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและค่าความสามารถในการดูดซับสารที่ระดับแคดเมียม ปริมาณเปลือกกุ้ง 0.04และ0.05 (g) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับปริมาณเปลือกกุ้ง 0.01-0.03 (g) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 แสดงประสิทธิภาพของเปลือกกุ้งที่ปริมาณต่างๆที่ใช้ในดูดซับสารแคดเมียม

นน.เปลือกกุ้ง	ค่าการดูดซับ			
(g)/30 ml	% remove	(mg/g)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย
0.01	88.46± 0.61[a]	113.11± 0.22[a]	3.02 ± 0.00	3.40 ± 0.05[a]
0.02	90..49 ± 0.20[a]	115.32 ± 6.59[a]	3.02 ± 0.00	3.45 ± 0.05[a]
0.03	95.44 ± 0.86[b]	121.36 ± 1.31[b]	3.02 ± 0.00	3.61 ± 0.04[b]
0.04	97.27 ± 0.65[bc]	123.55 ± 1.10[b]	3.02 ± 0.00	3.74 ± 0.05[c]
0.05	98.91± 0.27[d]	125.76 ± 1.23[b]	3.02 ± 0.00	3.78 ± 0.23[c]

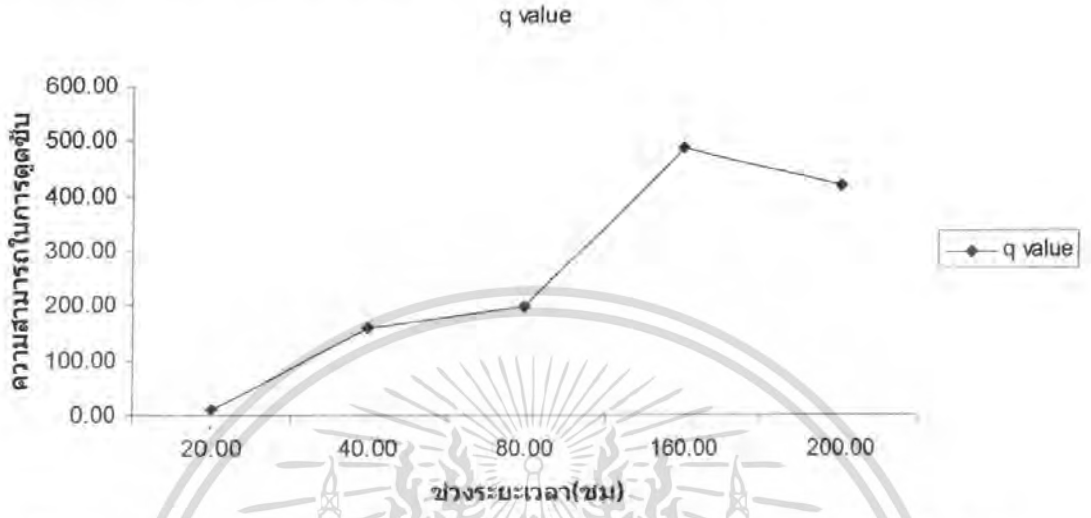
* ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4. ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของแคดเมียม

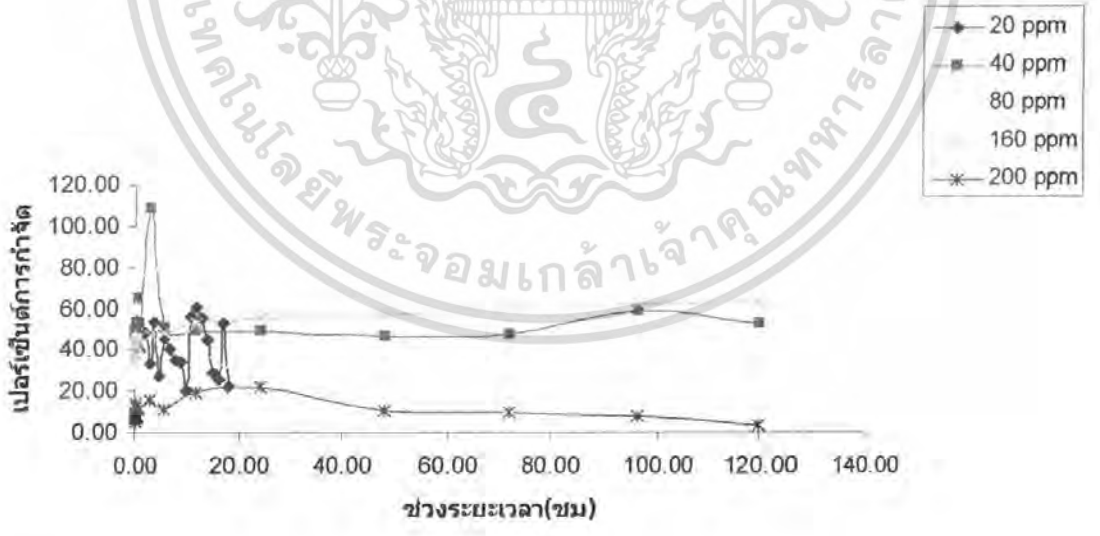
จากการทดลองผลของช่วงเวลาและความเข้มข้นของสารแคดเมียมต่อการดูดซับของเปลือกกุ้งที่ความเข้มข้นของสารแคดเมียมเริ่มต้นเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ช่วงเวลาที่ 3 ชั่วโมง สามารถกำจัดสารออกจากแคดเมียมากน้ำเสียจำลองได้สูงสุดถึง 34.66 % ส่วนผลการดูดซับที่ความเข้มข้นของสารที่ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ช่วงเวลาที่ 120 ชั่วโมงสามารถกำจัดสารออกจาแคดเมียมน้ำเสียจำลองได้สูงสุดถึง 45.66 % ส่วนผลการดูดซับที่ความเข้มข้นของสารแคดเมียมที่80 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ช่วงเวลาที่ 120 ชั่วโมงสามารถกำจัดสารออกจแคดเมียมากน้ำเสียจำลองได้สูงสุดถึง 85.32 % ส่วนผลการดูดซับที่ความเข้มข้นของสารที่แคดเมียม 160 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ช่วงเวลาที่ 120 ชั่วโมงสามารถกำจัดสารออกจากแคดเมียมน้ำเสียจำลองได้สูงสุดถึง 95.64 % ส่วนผลการดูดซับที่ความเข้มข้นของสารแคดเมียม ที่มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ช่วงเวลาที่ 72 ชั่วโมงสามารถกำจัดสารแคดเมียมออกจากน้ำเสียจำลองได้สูงสุดถึง 96.71% ส่วนผลการดูดซับที่ความเข้มข้นของสารแคดเมียมที่ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ช่วงเวลาที่ 120 ชั่วโมงสามารถกำจัดสารแคดเมียมออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ได้สูงสุดถึง 98.97% (ภาพที่ 9และภาพที่10) ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่าเมื่อความเข้มข้นสารแลแคดเมียมะเวลาเพิ่มขึ้นความสามารถใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซับสารจะเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ เถวียน, (2540) ที่ทำการทดลองนำไคตินและไคโตซานมาดูดซับ โคเมี่ยมและตะกั่วซึ่งพบว่าเมื่อความเข้มข้นของโลหะและช่วงเวลาเพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการดูดซับ โคเมี่ยมและตะกั่วเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 9 แสดงจุดสมดุลในการดูดซับเปลือกกุ้ง 0.03 กรัมต่อสารแคดเมียม 20 มิลลิกรัม



ภาพที่ 10 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารแคดเมียมของเปลือกกุ้งที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

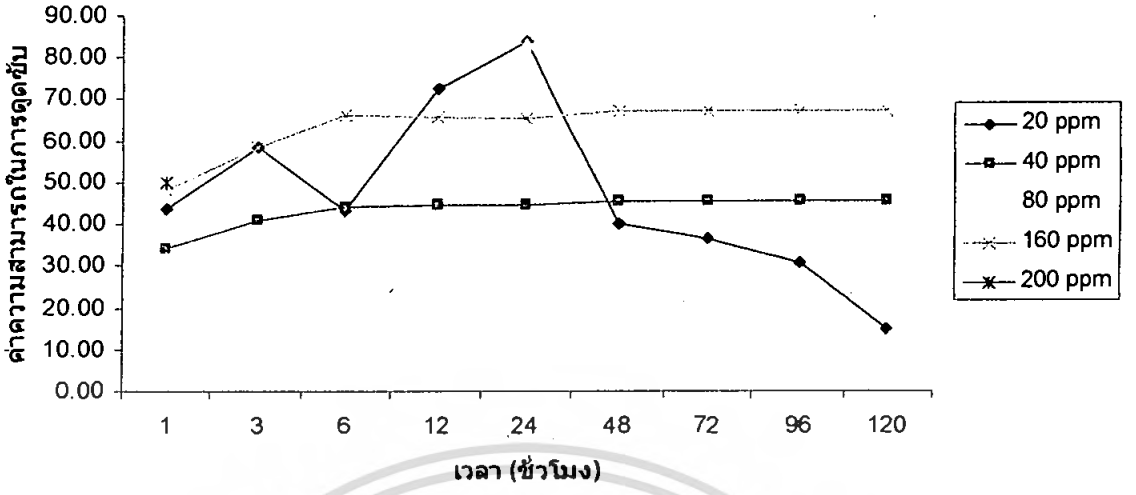
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของแคดเมียม

จากการทดลองผลของช่วงเวลาและความเข้มข้นของสารแคดเมียมต่อการดูดซับของเปลือกกุ้ง

ที่ความเข้มข้นของสารแคดเมียมเริ่มต้นเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ช่วงเวลาที่ 72 ชั่วโมง สามารถกำจัดสารแคดเมียมออกจากน้ำเสียจำลองได้สูงสุดถึง 87.90% ส่วนผลการดูดซับที่ความเข้มข้นของสารแคดเมียมที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ช่วงเวลาที่ 72 ชั่วโมงสามารถกำจัดสารแคดเมียมออกจากน้ำเสียจำลองได้สูงสุดถึง 94.59% ส่วนผลการดูดซับที่ความเข้มข้นของสารแคดเมียมที่ 40มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ช่วงเวลาที่ 120 ชั่วโมงสามารถกำจัดสารแคดเมียมออกจากน้ำเสียจำลองได้สูงสุดถึง 96.71% ส่วนผลการดูดซับที่ความเข้มข้นของสารแคดเมียมที่ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ช่วงเวลาที่ 72 ชั่วโมงสามารถกำจัดสารแคดเมียมออกจากน้ำเสียจำลองได้สูงสุดถึง 98.92% ส่วนผลการดูดซับที่ความเข้มข้นของสารแคดเมียมที่ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ช่วงเวลาที่ 72 ชั่วโมงสามารถกำจัดสารแคดเมียมออกจากน้ำเสียจำลองได้สูงสุดถึง 96.71% ส่วนผลการดูดซับที่ความเข้มข้นของสารแคดเมียมที่ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ช่วงเวลาที่ 48 ชั่วโมงสามารถกำจัดสารแคดเมียมออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ได้สูงสุดถึง 98.97% (ภาพที่ 9และภาพที่10) ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่าเมื่อความเข้มข้นสารแคดเมียมและเวลาเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมจะเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ เถวียน, (2540) ที่ทำการทดลองนำไคตินและไคโตซานมาดูดซับ โคเมี่ยมและตะกั่วซึ่งพบว่าเมื่อความเข้มข้นของโลหะและช่วงเวลาเพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการดูดซับ โคเมี่ยมและตะกั่วเพิ่มขึ้น

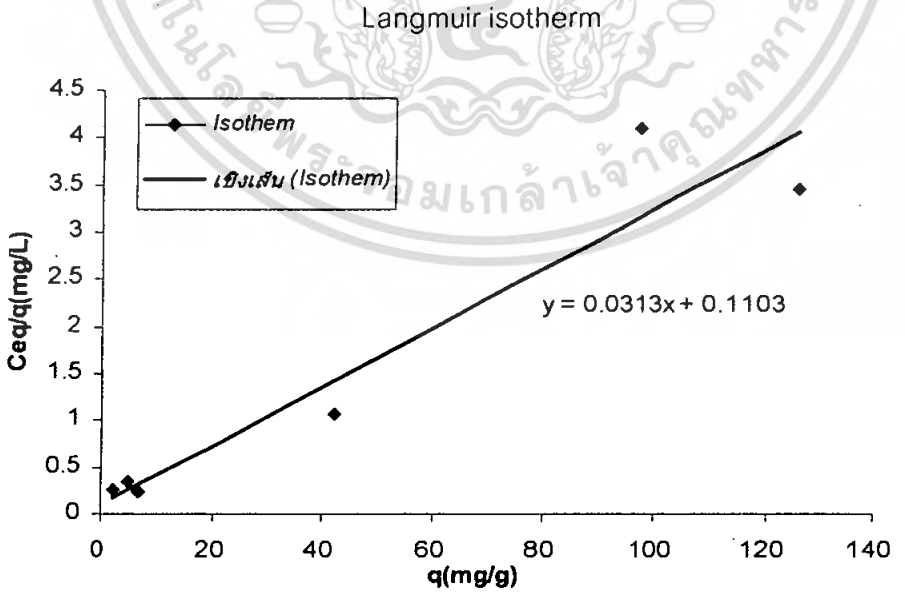
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 แสดงความสามารถในการดูดซับสารแคดเมียมของเปลือกกุ้งที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

6. Absorption Isotherm (Q_{max})

จากการศึกษาหาความสามารถสูงสุดในการดูดซับ แคดเมียม(Q_{max}) ของเปลือกปูที่ระดับ 10 – 160 ppm พบว่า ความสามารถสูงสุดในการดูดซับอยู่ที่ 31.95 mg/g ตามทฤษฎีของ Langmuir ที่ได้จาก Q_{max} = 1/a (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 12 แสดงสมการเส้นตรงจากผลของการดูดซับแคดเมียมที่ระดับ 20, 40, 80,160และ200 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การนำกลับมาใช้ใหม่ (Desorption)

จากการทดลองใช้เปลือกกุ้งดูดซับสารแคดเมียมแล้วนำเปลือกกุ้งที่ได้จากการดูดซับไปล้างสารแคดเมียมออกด้วยสาร 1M EDTA , 1M $NaHCO_3$, 1M Na_2HCO_3 , 1M H_2SO_4 , DI Water (Deion Water) พบว่า สาร EDTA ใช้ล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกกุ้งได้ดีที่สุด เท่ากับ 50.08 ส่วนสาร H_2SO_4 ใช้ล้างสารออกแคดเมียมจากเปลือกกุ้งได้น้อยสุด เท่ากับ 2.47(ตารางที่ 10) จากการวิเคราะห์ค่า Desorption ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของสารที่ใช้ล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกกุ้ง จะเห็นว่า EDTA มีประสิทธิภาพในการล้างสารแคดเมียมออกจากเปลือกกุ้งได้สูง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chui et al. (1996) ได้ทำการทดลองนำ Chitin ของเปลือกกุ้งไปทำการดูดซับ Cu, Crและ Ni แล้วนำเปลือกกุ้งที่ดูดซับ Cu และ Ni มาล้างด้วย EDTA พบว่า สามารถดึง Cu และ Ni ออกจากเปลือกกุ้งได้ถึง 80-100%

ตารางที่ 10 แสดงค่าสารที่วัดแคดเมียมได้จากการล้างด้วยสารชนิดต่างๆ

ชนิดสาร	Ci(mg/l)	Ceq เริ่มต้น (mg/l)	Ci-Ceq (mg/l)	Ceq สุดท้าย (mg/l)	Desorption
(1M)EDTA	20.89 ± 0.13^{a}	5.53 ± 0.67^{b}	15.36	7.69 ± 0.43^{c}	50.08
(1M)$NaHCO_3$	20.89 ± 0.13^{a}	3.86 ± 0.37^{a}	17.03	1.68 ± 0.11^{b}	9.89
(1M)NA_2HCo_3	20.89 ± 0.13^{a}	3.61 ± 0.48^{a}	17.28	0.84 ± 0.15^{ab}	4.88
(1M)H_2SO_4	20.89 ± 0.13^{a}	4.41 ± 0.21^{ab}	16.48	0.41 ± 0.06^{a}	2.47
DI water	20.89 ± 0.13^{a}	3.97 ± 0.25^{a}	16.92	1.16 ± 0.43^{ab}	6.88

- ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่าระดับ pH มีผลต่อการดูดซับแคดเมียมของเปลือกกุ้ง และจากการทดลอง พบว่า เปลือกกุ้งที่ไม่สกัดไคโตซานที่ระดับ pH 3 ในสภาพที่มีแคดเมียมเข้มข้น 20 mg/l ประสิทธิภาพในการดูดซับสูงที่สุดแคดเมียม สามารถดูดซับได้ถึง 16.87 mg/g แต่มีประสิทธิในการดูดซับสารแคดเมียมที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p <0.05) กับระดับ pH 5, 6 และ7 และพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับเปลือกกุ้งที่ผ่านการสกัดไคโตซาน ที่ระดับ pH 4, 5, 6 และ7 ส่วนขนาดเปลือกกุ้งที่มีความสามารถเหมาะสมในการดูดซับคือ 1 mm ต่อสารแคดเมียม 30 ml ดูดซับแคดเมียมได้ถึง 16.63 mg/g และปริมาณที่มีความสามารถเหมาะสมในการดูดซับ คือ 0.05 g ต่อสารแคดเมียม30 ml ดูดซับสารแคดเมียมได้ถึง 11.27 mg/g จากการศึกษาความเข้มข้นของสาร 20 แคดเมmg/l ในช่วงระยะเวลาที่ 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 60 นาที , 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 ชั่วโมง พบว่า ช่วงสมดุลในการดูดซับอยู่ที่ 24 ชั่วโมงหลังจากการดูดซับ และที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมงหลังจากการดูดซับมีค่าความสารถในการดูดซับสูงที่สุด 19.60 mg/g ส่วนสารแคดเมียมที่ใช้ล้างออกจากเปลือกกุ้งได้ดีที่สุด คือ EDTA ซึ่งสามารถล้างแคดเมียมออกจากเปลือกกุ้ง(Desorption) ได้สูงถึง 50.08 % ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุมาดูดซับสารแคดเมียมก็ควรเลือกใช้วัสดุที่มีประสิทธิภาพที่สามารถใช้ทดแทนกันได้และมีราคาถูกเพื่อช่วยลดต้นทุนในการกำจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จารุรัตน์ เชาว์เลิศ และขันทอง สุนทราภา. 2546. การกำจัดตะกั่ว และปรอทในน้ำเสียจากสถานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุชด้วยเกล็ดไคโตซาน. เอกสารประกอบการประชุม ไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ : 45-47.

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

นิรันดร์ สัพพวิญญู และปิยะบุตร 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.

Ahmad, A.L., B.H. Hameed and S. Sumathi. 2006. Coagulation of residue oil and suspendedsolid in plam oil mill effluent by chitosan, alum and PAC. Chemical Engineering Journal 118: 99-105.

Chu, K.H. 2001. Removal of copper form aqueous solution by chitosan in prawn shell : adsorption equilibrium and kinetics. Journal of Hazardous Materials B90: 77-95.

Luong, B.P. , V.W.D. Chui, C.Y. Ng, K.K. Ma and K.W. Mok. 1996. Removal and recovery of copper chromium , and nickel from solutions using crude shrimp chitin packed in small columns. Environment Intermational. 22: 436-468.

McKay, G., J. C. Y. Ng, W. H. Cheung. 2002. Equilibrium Studies of the Sorption of Cu Ion onto Chitosan. Journal of Colloid and Interface Science 225: 64-74.

Moret, A. and J. Rubio. 2003. Sulphate and molybdate ions uptake by chitin-based shrimp shells. Minerals Engineering 16: 715-722.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kerd-im, T.W.M. 2004. Removal of copper and cadmium ions from wastewater by adsorption on various forms of chitosan.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้