สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ
เรื่อง

การกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Nostoc commune*

Cadmuim (Cd^{2+}) removal from synthetic wastewater by cyanobacteria, *Nostoc commune*

T104576

โดย
นายชญานิน ชิตนากรณ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 104576
วัน,เดือน,ปี - 5 พ.ย. 2552
b 121
i

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง

การกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Nostoc commune*

Cadmuim (Cd^{2+}) removal from synthetic wastewater by cyanobacteria, *Nostoc commune*

ชื่อนักศึกษา นายชญานิน ชิตนากรณ์

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา ทวีกิจการ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 15 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Nostoc commune*

Cadmuim (Cd^{2+}) removal from synthetic wastewater by cyanobacteria, *Nostoc commune*

การศึกษาการกำจัดแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพของสาหร่าย *Nostoc commune* ในการกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ พบว่าพีเอชของสารละลายแคดเมียมที่เหมาะสมต่อการดูดซับคือ 4.5 ซึ่งมีค่าการดูดซับแคดเมียมเท่ากับ 17.08±1.46 มิลลิกรัมต่อกรัม จำนวนของสาหร่ายที่เหมาะสมคือ 0.25 กรัมต่อสารละลายแคดเมียม20มิลลิลิตร ซึ่งมีค่าเปอร์เซนต์การดูดซับแคดเมียมเท่ากับ 94.37±0.74 อุณหภูมิ 45องศาเซลเซียสมีผลต่อการดูดซับแคดเมียมมากที่สุดคือ16.32±0.54 มิลลิกรัมต่อกรัม อายุที่แตกต่างกัน1-4สัปดาห์ ผลคือที่ 4สัปดาห์มีการดูดซับแคดเมียมมากที่สุด เวลาที่เข้าสู่สมดุลของการดูดซับแคดเมียมคือ 60 นาที การดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* สอดคล้องกับสมการการดูดซับของ Freundlich โดยมีค่าการดูดซับสูงสุด (Qmax) เท่ากับ 7.634 มิลลิกรัมต่อกรัม สาร 0.1 M Na_2CO_3 สามารถล้างแคดเมียมออกจากสาหร่ายได้ดีที่สุดโดยล้างได้มากกว่า 50 เปอร์เซนต์ ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้ว่าสาหร่าย*Nostoc commune* มีความสามารถในการดูดซับแคดเมียมได้ดี และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีแคดเมียมปนเปื้อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการทำปัญหาพิเศษการกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Nostoc commune* ครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์เป็นอย่างสูง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจสอบข้อบกพร่องการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ตลอดจนความใส่ใจ ความห่วงใย ที่อาจารย์มีให้ตลอดในการทำปัญหาพิเศษ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ทางด้านวิชาการ ความรู้ทางด้านประสบการณ์ การแก้ไขปัญหาต่างๆ การปรับตัวอยู่ในสังคม ให้ความรู้ทางด้านศิลธรรมอันดีงาม ซึ่งเป็นคอยช่วยปลุกจิตสำนึกและเป็นแรงกระตุ้นต่อการดำเนินชีวิตของข้าพเจ้ามาโดยตลอดและขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงทุกท่าน ทั้งคุณบุปผา จงพัฒน์ คุณนภพล เผ่ามนัสที่ให้ความสะดวกในเรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณเพื่อนๆในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงรุ่นที่ 12 ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ปัญหาพิเศษในครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ ถ้าหากขาดแรงผลักดันจากกำลังทุนและกำลังใจจากคุณพ่อและคุณแม่ที่คอยอบรมเลี้ยงดูสั่งสอนและเป็นที่ยึดเหนี่ยวจิตใจของข้าพเจ้าในยามที่ท้อแท้

นายชญานิน ชิตนากรณ์

พฤษภาคม 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญตาราง	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	14
ผลการทดลองและวิจารณ์	19
สรุป	29
เอกสารอ้างอิง	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียที่เกิดจาโรงงานเกลือและโซดาของสาหร่าย *Nostoc muscorum*	7
2	การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียที่เกิดจากโรงงาน Verta Companyของสาหร่าย *Nostoc muscorum*	8
3	ไอโซเทอร์มของการดูดซับแบบของ Langmuir isotherm และ Freundlich isotherm บน exopolysaccharides ของสาหร่าย *Nostoc punctiforme*	12
4	การดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* ที่พีเอชที่แตกต่างกัน	20
5	การดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* ที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน	21
6	การดูดซับโดยสาหร่าย *Nostoc commune* ที่มีจำนวนของเซลล์ที่แตกต่างกัน	21
7	การดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* ที่มีอายุที่แตกต่างกัน	22
8	Langmuir isotherm และ Freundlich isotherm ในการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune*	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผลของ pHในการดูดซับโครเมียมของสาหร่าย*Nostoc cacicola*	9
2	ผลของ pHในการดูดซับPb(II) ของสาหร่าย*Nostoc* sp.	9
3	ผลของ pHในการดูดซับ Cr(VI) ของสาหร่าย*Nostoc* sp.	10
4	ช่วงเวลาในการดูดซับโครเมียมของสาหร่าย *Nostoc cacicola*	11
5	ช่วงเวลาในการดูดซับPb(II) ของสาหร่าย*Nostoc*	11
6	ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับ Cr(VI) ของสาหร่าย *Nostoc muscorum*	16
7	ไอโซเทอร์มการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune*	25
8	ผลของเวลาในการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune*	27
9	การล้างแคดเมียมโดยสารละลายที่แตกต่างกัน	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

แหล่งน้ำธรรมชาติในปัจจุบันเป็นแหล่งทำการประมงที่สำคัญสัตว์น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีคุณภาพดี หรือปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคหรือไม่ ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อสัตว์น้ำก็คือคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้นๆ การทำอุตสาหกรรมในโรงงานใหญ่ๆมีปล่อยน้ำเสียที่มาจากโรงงานลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่มี การ บำบัดเลย สิ่งหนึ่งที่จะปนเปื้อนก็คือโลหะหนัก แคมเมี่ยมเป็นโลหะหนักชนิดที่มีความเป็นพิษสูงที่ใช้ในอุตสาหกรรมย้อมผ้าแพร กระดาษ หมึกพิมพ์ ปกติโลหะหนักเป็นสารที่คงตัวไม่สามารถย่อยสลายได้ในกระบวนการธรรมชาติ จึงมีบางส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดิน โดยเฉพาะดินตะกอนที่อยู่ในน้ำหากแหล่งน้ำมีปริมาณโลหะค่อนข้างมาก สัตว์น้ำในบริเวณนั้นก็ไม่ควรนำมารับประทาน เพราะเพียงแค่โลหะหนักปริมาณน้อยๆนั้น สามารถทำอันตรายต่อผู้บริโภคได้อย่างมากมาย ไซยาโนแบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีคุณสมบัติในการดูดซับโลหะหนัก *Nostoc sp.* เป็นไซยาโนแบคทีเรียที่มีการศึกษากันอย่างมาก สาหร่ายชนิดนี้มีความสามารถดูดซับโลหะหนักบางชนิดได้เป็นอย่างดี หากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่หรือโรงงานทั่วไป ต้องการปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำ ก็ควรมีการบำบัดน้ำเสียนั้นก่อน สาหร่าย *Nostoc sp.* จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการทำคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติให้ดีขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อต้องการทราบถึงประสิทธิภาพของสาหร่าย *Nostoc sp.* ที่ใช้ในการบำบัดแคดเมี่ยม
2. เพื่อต้องการทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดแคดเมี่ยมของสาหร่าย *Nostoc sp.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

แคดเมี่ยม

1. ลักษณะของแคดเมียม มีสูตรทางเคมีคือ Cd เป็นโลหะสีเงินขาว แวววาวเป็นสีน้ำเงินจางๆ ไม่มีกลิ่น มีน้ำหนักโมเลกุล 112.4 ความถ่วงจำเพาะ 8.65 จุดหลอมเหลว 610 องศาฟาเรนไฮต์ จุดเดือดที่ 1,409 องศาฟาเรนไฮต์ สามารถทำปฏิกิริยาเคมีอย่างรุนแรงกว่าสารที่ให้ออกซิเจน อันได้แก่ กำมะถัน ซีลีเนียม และเทลลูเรียม ในทางอุตสาหกรรมเนื่องจากแคดเมียมทนทานต่อการสึกกร่อนได้เป็นอย่างดี จึงนำไปฉาบผิวโลหะต่างๆ เช่น เหล็ก เหล็กกล้า ทองแดง โดยทั่วไปมักนำไปใช้ในการชุบโลหะ นอกจากนี้ยังใช้ผสมกับทองแดง นิกเกิล ทองคำ บิสมัท และอะลูมิเนียม เพื่อให้ได้สารประกอบที่หลอมตัวง่าย โลหะผสมเหล่านี้อาจใช้เป็นสารฉาบผิวบนวัสดุอื่นหรือบนลวดเชื่อม บนโลหะบัดกรี เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เป็นขั้วไฟฟ้าในแบตเตอรี่ชนิดที่เติมประจุใหม่ได้ ใช้เป็นตัวที่ทำให้พลาสติกชนิดพีวีซี (PVC) อยู่ตัว ใช้ทำวัสดุอุดฟัน ใช้ในการผลิตหลอดเรืองแสง สารกึ่งตัวนำ เครื่องเพชรพลอย ใช้ในกระบวนการแกะสลักแม่พิมพ์ และใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์และเครื่องบิน
(http://guru.sanook.com/encyclopedia)

2.แหล่งที่มาของแคดเมียมที่ปนเปื้อนลงในแหล่งน้ำ

แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ โดยมาจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานทำสี และ โรงงานทำพลาสติก พิษของสารแคดเมียม คือถ้าได้รับปริมาณมากในทันที อาจทำให้เกิดโรค อิไต อิไต (“Itai-Itai” disease) มีผลให้กระดูกเปราะและปวดอย่างรุนแรง ถ้าได้รับสารในปริมาณน้อยแต่เป็นเวลานาน จะก่อให้เกิดโรคความดันโลหิตสูงไตทำงานผิดปกติ กระวนกระวาย ขาดสมาธิ ความจำเสื่อม บางครั้งซึมเศร้า บางครั้งร่าเริง (Manic Depressive Behavior) ถ้ามีอาการอ่อนเพลียอาจหมดสติและตายได้

แม้ว่าจะมีเทคโนโลยีการบำบัดมากมายมารองรับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การป้องกันการรั่วไหลของโลหะหนักจากโรงงานนั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก เพราะการกำจัดของเสียของโรงงานอุตสาหกรรมไม่สามารถควบคุมได้ แม้แต่ประเทศที่พัฒนาแล้วยังไม่สามารถป้องกันการรั่วไหลออกมาปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมบูรณ์ ทางออกของประเทศเหล่านี้ คือการมาสร้างโรงงานในประเทศด้อยพัฒนาซึ่งไม่ค่อยให้ความสำคัญกับกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อม นอกจากค่าแรงและค่าวัตถุดิบที่ถูกกว่าแล้ว ยังสามารถปล่อย กากของเสีย สารเคมี รวมถึงเศษโลหะหนัก สู่สิ่งแวดล้อมโดยไม่ผ่านการบำบัดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสม ปัญหาสารโลหะหนักปนเปื้อนจึงเป็นปัญหาสำคัญที่ประเทศด้อยพัฒนายังต้องเผชิญต่อไป จนกว่าทางภาครัฐจะหันมาให้ความสนใจอย่างจริงจังกับการปรับปรุงกฎหมายสิ่งแวดล้อมให้เข้มงวดมากขึ้น

(http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=4&ID=7)

3. ความเป็นพิษของแคดเมียม

จากการที่แคดเมียมถูกนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมและสินค้าอุปโภคดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงทำให้โลหะแคดเมียมเกิดการปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม บรรยากาศและในอาหาร ทำให้เราได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้หลายทางโดยไม่รู้ตัว คนทั่วไปจะได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายจากอาหารที่บริโภคเข้าไปเป็นหลัก โดยอาจติดปะปนมากับพืชผัก ผลไม้ หรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่นำมาปรุงเป็นอาหาร แคดเมียมอาจละลายอยู่ในน้ำที่เราดื่มและได้รับจากอากาศโดยการหายใจเอาอากาศที่มีฝุ่นแคดเมียมฟุ้งกระจายอยู่ โดยเฉพาะในแหล่งอุตสาหกรรมที่มีการใช้แคดเมียมเป็นวัตถุดิบ เช่น โรงงานทำแบตเตอรี่ หรือบริเวณที่เป็นเหมืองทำแร่ สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง ที่มักมีแคดเมียมปนอยู่ด้วย การสัมผัสกับสิ่งของที่มีแคดเมียมเป็นส่วนประกอบและการอยู่ในแหล่งที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในอากาศนานๆจะทำให้แคดเมียมซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายเราได้อีกด้วย สำหรับผู้ที่สูบบุหรี่จัดจะทำให้ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายเพิ่มขึ้น ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในร่างกายครึ่งหนึ่งจะไปสะสมอยู่ที่ตับและไต ทำให้เกิดพิษสะสมได้ในคน การขับแคดเมียมที่ร่างกายดูดซึมเข้าไปแล้วออกจากร่างกายเป็นไปค่อนข้างช้ามาก เพราะวงจรครึ่งชีวิตของแคดเมียมในคนค่อนข้างยาว 16 -33 ปี โดยความเป็นพิษของแคดเมียม แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

3.1 ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน

3.1.1 ความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร เมื่อร่างกายได้รับแคดเมียมโดยการกินซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการกินอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีแคดเมียมปนเปื้อนหรือบรรจุในภาชนะที่เคลือบด้วยแคดเมียม อาการที่ปรากฏเริ่มแรกคือ รู้สึกคลื่นเหียนอย่างรุนแรง อาเจียน ท้องร่วง เป็นตะคริว และน้ำลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟูมปาก ในรายที่เป็นมากอาจเกิดอาการช็อคเนื่องจากร่างกายสูญเสียน้ำมาก ระบบการทำงานของไตล้มเหลวและอาจถึงตายได้

3.1.2 ความเป็นพิษต่อระบบหายใจ การสูดหายใจเอาไอของแคดเมียมเข้าไปทำให้เกิดอาการระคายเคืองที่หลอดลม ปอด จมูก ลำคอ และยังทำให้เกิดอาการไอ เวียนศีรษะ อ่อนเพลีย หนาวสั่น มีไข้ เจ็บหน้าอก

3.2 ความเป็นพิษแบบเรื้อรัง ความเป็นพิษจากแคดเมียมที่เกิดกับคนส่วนใหญ่มักเป็นแบบชนิดเรื้อรัง ซึ่งเกิดจากการที่ร่างกายได้รับแคดเมียมเข้าไปเป็นเวลานานติดต่อกัน ได้แก่

3.2.1 ความเป็นพิษต่อปอดในคนที่หายใจเอาฝุ่นหรือไอ(fume)ของแคดเมียมเข้าไปติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้เกิดการบวมหรือพองของเนื้อเยื่อปอด ประสิทธิภาพในการระบายลมของปอดจะลดลง ทำให้อากาศอยู่ภายในปอดนานกว่าปกติ มีอาการหายใจขัดหรือหายใจไม่ออก นอกจากนี้ยังพบว่าแคดเมียมทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพองและมีพังผืดในปอดจับในทางเดินหายใจส่วนล่าง เนื่องจากแคดเมียมจะเป็นตัวไปขัดขวางการสร้าง antitrypsin ซึ่งเป็นตัวควบคุม trypsin ในร่างกายคน ซึ่งสาร trypsin นี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพองได้

3.2.2 ความเป็นพิษต่อไต ผู้ที่ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายนานติดต่อกันจะพบความเป็นพิษที่ไตก่อนที่ปอด จะเกิดแผลที่ไต พิษต่อไตจะปรากฏโดยผู้ป่วยมีอาการของโปรตีนยูเรีย คือ ไตจะมีการขับปัสสาวะที่มีโปรตีนมากกว่าปกติ ซึ่งโปรตีนที่ขับออกมาส่วนใหญ่จะเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น microglobin lysozyme ribonuclease retinol binding protein และ immunoglobin chains โดยชนิดของโปรตีนที่ถูกขับออกมาจะเป็นตัวบอกให้รู้ว่าไตส่วนใดถูกทำลาย เช่น ถ้าโปรตีนขนาดใหญ่ถูกขับออกมา แสดงว่า โกลเมอรูรัส(glumerulus) ถูกทำลาย แต่ถ้าเป็นโปรตีนขนาดเล็กถูกขับออกมา แสดงว่าส่วนของทิบูลถูกทำลาย นอกจากโปรตีนแล้วยังอาจมีสารอื่นๆถูกขับออกมากผิดปกติด้วย เช่น กรดอะมิโนทำให้เกิดอาการ aminoaciduria แคลเซียม ทำให้เกิดอาการ hypercalciumuria และ กลูโคส ทำให้เกิดอาการ glucosuria เป็นต้น

3.2.3 ความเป็นพิษที่กระดูก ที่ปรากฏเด่นชัดในกรณีการเกิดโรค อิไต อิไต โรคชนิดนี้เป็นโรคกระดูกผุ คือ กระดูกจะพรุน กระดูกโก่ง งอโค้งได้ จะทำให้กระดูกเสียรูปทรง แตกร้าวและหักได้ เนื่องจากร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ความเป็นพิษต่อระบบเลือดเข้าสู่หัวใจและระบบการสร้างเม็ดโลหิต จะทำให้เกิดความดันโลหิตสูง เป็นสาเหตุให้เกิดโรคหัวใจ หัวใจเต้นผิดปกติ ในกลุ่มผู้ป่วยที่เป็นโรค อิไต อิไต และกลุ่มคนงานที่ต้องสัมผัสกับแคดเมียมจะพบอาการของโรคโลหิตจางด้วย

3.2.5 ความเป็นพิษต่อตับ มีรายงานค่อนข้างน้อยเกี่ยวกับความเป็นพิษต่อตับในคน แต่จากการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่า แคดเมียมในปริมาณน้อย(ในน้ำดื่ม 1 ppm.) มีผลทำให้การทำงานของเอ็นไซม์ในตับเปลี่ยนไป

3.2.6 จากการทดลองในสัตว์ พบว่า แคดเมียมยังเป็นสารก่อมะเร็ง โดยทำให้เกิดมะเร็งของเนื้อเยื่อที่อยู่ลึก(sarcoma) เช่น กล้ามเนื้อกระดูกในหนูทดลอง จากความเป็นพิษของโลหะหนักแคดเมียมที่กล่าวมา ยังมีโลหะหนักอื่นอีกหลายชนิดซึ่งไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เช่น ตะกั่ว สารหนู ปรอท โครเมียม เป็นต้น เนื่องจากโลหะหนักต่างๆเหล่านี้ยังมีความจำเป็นต่อชีวิตประจำวันอยู่ การใช้โลหะหนักเหล่านี้จะทำให้โลหะหนักมีโอกาสที่จะแพร่กระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อมและปนเปื้อนเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ การศึกษาพิษวิทยาของโลหะหนักจึงมีความสำคัญเพื่อหาแนวทางป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

4. กรรมวิธีในการบำบัดน้ำเสีย

ขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากน้ำเสียมีแหล่งที่มาแตกต่างกันจึงทำให้มีปริมาณและความสกปรกของน้ำเสียแตกต่างกันไปด้วยในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำเสียจำเป็นจะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับกรรมวิธีในการปรับปรุงคุรภาพของน้ำเสียนั้นก็มีหลายวิธีด้วยกันโดยพอจะแบ่งขั้นตอนในการบำบัดออกได้ดังนี้

4.1 การบำบัดน้ำเสียขั้นเตรียมการ (Pretreatment) เป็นการกำจัดของแข็งขนาดใหญ่ออกเสียก่อนที่น้ำเสียจะถูกปล่อยเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อป้องกันการอุดตันท่อน้ำเสีย และเพื่อไม่ทำความเสียหายให้แก่เครื่องสูบน้ำ การบำบัดในขั้นนี้ได้แก่

4.1.1 การดักด้วยตะแกรง เป็นการกำจัดของแข็งขนาดใหญ่โดยใช้ตะแกรง ตะแกรงที่ใช้โดยทั่วไปมี 2 ประเภทคือ ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด

4.1.2 การบดตัดเป็นการลดขนาดหรือปริมาตรของแข็งให้เล็กลง ถ้าสิ่งสกปรกที่ลอยมากับน้ำเสียเป็นสิ่งที่เน่าเปื่อยได้ต้องใช้เครื่องบดตัดให้ละเอียด ก่อนแยกออกด้วยการตกตะกอน

4.1.3 การดักกรวดทราย เป็นการกำจัดพวกกรวดทรายทำให้ตกตะกอนในรางดักกรวดทรายโดยการลดความเร็วน้ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การกำจัดไขมันและน้ำมันเป็นการกำจัดไขมันและน้ำมันซึ่งมักอยู่ในน้ำเสียที่มาจากครัว โรงอาหาร ห้องน้ำ ปั๊มน้ำมัน และโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดโดยการกักน้ำเสียไว้ในบ่อดักไขมันในช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้น้ำมันและไขมันลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำแล้วใช้เครื่องตักหรือกวาดออกจากบ่อ

4.2 การบำบัดน้ำเสียขั้นที่สอง (Secondary Treatment)เป็นการกำจัดน้ำเสียที่เป็นพวกสารอินทรีย์อยู่ในรูปสารละลายหรืออนุภาคคอลลอยด์ โดยทั่วไปมักจะเรียกการบำบัด ขั้นที่สองนี้ว่า "การบำบัดน้ำเสียด้วยขบวนการทางชีววิทยา" เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย หรือทำลายความสกปรกในน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันนี้อย่างน้อยจะต้องบำบัดถึงขั้นที่สองนี้ เพื่อให้น้ำเสียที่ผ่าน การบำบัดแล้วมีคุณภาพมาตรฐานน้ำทิ้งที่ทางราชการกำหนดไว้ การบำบัดน้ำเสียด้วยขบวนการทางชีววิทยาแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ขบวนการที่ใช้ออกซิเจน เช่น ระบบบ่อเติมอากาศ ระบบแคติเวตเตดสลัดจ์ ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ ฯลฯ และ ขบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน เช่น ระบบถังกรองไร้อากาศ ระบบถังหมักตะกอน ฯลฯ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ ที่ทำหน้าที่ย่อยสลาย

4.3 การบำบัดน้ำเสียขั้นสูง (Advanced Treatment) เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในขั้นที่สองมาแล้ว เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกบางอย่างที่ยังเหลืออยู่ เช่น โลหะหนัก หรือเชื้อโรคบางชนิดก่อนจะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะการบำบัดขั้นนี้มักไม่นิยมปฏิบัติกัน เนื่องจากมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง นอกจากผู้บำบัดจะมีวัตถุประสงค์ในการนำน้ำที่บำบัดแล้วกลับคืนมาใช้อีก
(http://www.pt.ac.th/ptweb/digital/snet6/envi3/water/solu.htm)

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobecteria) เป็นพืชน้ำชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติบางอย่าง คล้ายแบททีเรียและบางอย่างคล้ายพืช ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมโดยเฉพาะในน้ำนิ่งจะเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วและมีความหนาแน่นมากที่เรียกว่าบลูม ไซยาโนแบคทีเรียมีความสามารถในการดูดซับโลหะหนักได้ สาหร่าย *Nostoc Commune* เป็นสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวชนิดหนึ่ง ซึ่งมีความคุณสมบัติในการดูดซับโลหะหนักได้เช่นกัน โดยที่ผนังเซลล์ของสาหร่ายมีส่วนประกอบของพอลิแซคคาร์ไรด์, โปรตีน และไขมัน สาหน่ายชนิดนี้มีความสามารถในการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว Singh et al. (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับของสาหร่าย *Nostoc sp.*

1. ความสามารถในการดูดซับโลหะหนัก

El-Sheekh *et al.* (2004) ชี้เห็นถึงผลของการดูดซับโลหะหนักที่มีการเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 2ชนิดไปได้ 10วันในน้ำเสียจากโรงงานเกลือและโซดาของคอปเปอร์ โคบอลล์ ตะกั่ว และแมงกานีสของสาหร่าย *Nostoc muscorum* มีค่าเท่ากับ 44.4 , 20.4 , 87.5 , 32.7% ตามลำดับ ส่วนสาหร่าย *Anabaena subcylindrica* มีการดูดซับคอปเปอร์12.5%และมีการดูดซับแมงกานีส100% และMixed culture มีการดูดซับคอปเปอร์ 40.0% , โคบอลล์ 15.0% และแมงกานีส 100% (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงถึงการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานเกลือและโซดาของสาหร่าย *Nostoc muscorum* และ *Anabaena subcylindrica*

Test organism	Metal conc. (ppm)	Cu	Co	Pb	Mn
N. muscorum	Initial concentration	0.45 ± 0.07	0.54 ± 0.04	0.16 ± 0.04	1.04 ± 0.12
	After biotreatment	0.25 ± .03	0.43 ± 0.03	0.02 ± 0.01	0.70 ± 0.09
	Sorption (%)	44.40	20.40	87.50	32.70
A. subcylindrica	Initial conc.	0.08 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.05 ± 0.01
	After biotreatment	0.07 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	Sorption (%)	12.50	–	–	100.00
Mixed culture	Initial conc.	0.25 ± 0.11	0.20 ± 0.05	0.00 ± 0.00	0.18 ± 0.06
	After biotreatment	0.15 ± 0.03	0.17 ± 0.03	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	Sorption (%)	40.00	15.00	–	100.00
F-value		17.39***	150.18***	45.64***	131.87***
LSD at 0.05		0.0479	0.0256	0.0134	0.0539

ที่มา : El-Sheekh *et al.* (2004)

El-Sheekh *et al.* (2004) El-Sheekh *et al.* (2004) ชี้เห็นถึงผลของการดูดซับโลหะหนักที่มีการเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 2ชนิดไปได้10วันในน้ำเสียจากโรงงาน Verta companyของคอปเปอร์ โคบอลล์ ตะกั่ว และแมงกานีสของสาหร่าย *Nostoc muscorum* มีค่าเท่ากับ 54.5 , 23.2 , 30.2 , 38.6% ตามลำดับ ส่วนสาหร่าย *Anabaena subcylindrica* มีการดูดซับคอปเปอร์ โคบอลล์ ตะกั่ว และแมงกานีส มีค่าเท่ากับ 81.8 , 33.7 , 26.4 , 55.7 ในส่วนของMixed culture มีการดูดซับคอปเปอร์ 69.70% (ดังตารางที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงถึงการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียที่เกิดจากโรงงาน Verta Companyของสาหร่าย *Nostoc muscorum* และ *Anabaena subcylindrica*

Test organism	Metal conc. (ppm)	Cu	Co	Pb	Mn
N. muscorum	Initial conc.	0.44 ± 0.04	0.95 ± .10	0.53 ± .07	0.70 ± 0.10
	After biotreatment	0.20 ± 0.07	0.73 ± 0.09	0.37 ± 0.07	0.43 ± 0.06
	Sorption (%)	54.50	23.20	30.20	38.60
A. subcylindrica	Initial conc.	0.44 ± 0.04	0.95 ± 0.10	0.53 ± 0.07	0.70 ± 0.10
	After biotreatment	0.08 ± 0.01	0.63 ± 0.05	0.39 ± 0.09	0.31 ± 0.05
	Sorption (%)	81.80	33.70	26.40	55.70
Mixed culture	Initial conc.	0.33 ± 0.03	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	After biotreatment	0.10 ± 0.03	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	Sorption (%)	69.70	–	–	–
F-value		47.21***	113.36***	47.17***	68.655***
LSD at 0.05		0.0333	0.0583	0.0503	0.0539

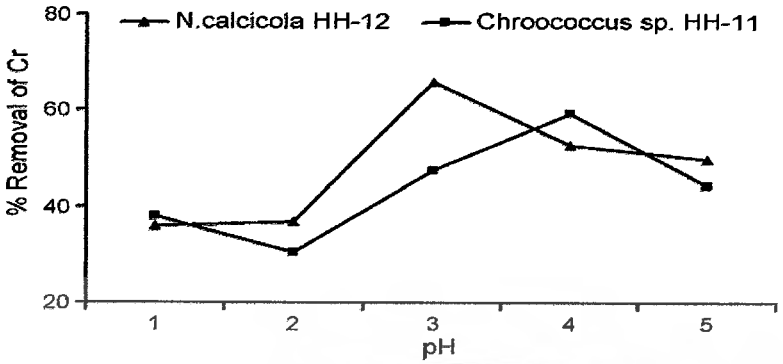
ที่มา : El-Sheekh *et al.* (2004)

2. ผลของ pH

2.1 ผลของ pHที่มีต่อการดูดซับโครเมียมของสาหร่าย *Nostoc cacicola* และสาหร่าย *Chroococcus sp.*

Anjana *et al.* (2007)ชี้ให้เห็นถึงผลของ pHที่มีผลต่อการดูดซับโครเมียม (20 mg/l) เปอร์เซ็นต์ของการดูดซับโครเมียมมีค่าสูงในช่วง pH 3-4 ซึ่งการดูดซับสูงที่สุดของสาหร่าย *Nostoc cacicola* คือ pH 3.0 และการดูดซับสูงที่สุดของสาหร่าย *Chroococcus sp* คือ pH 4.0(ดังภาพที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

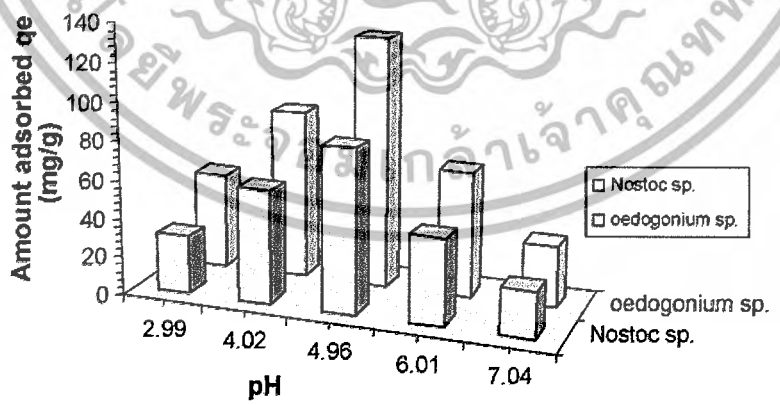


ภาพที่ 1 ผลของ pHในการดูดซับโครเมียมของสาหร่าย*Nostoc cacicola* และสาหร่าย *Chroococcus sp.*

ที่มา : Anjana *et al.* (2007)

2.2 ผลของ pH ในการทดลองใช้สาหร่าย *Oedogonium* sp. และสาหร่าย *Nostoc* sp. ต่อการดูดซับ Pb(II)

Gupta และ Rastogi (2008) ชี้ให้เห็นว่า จากการศึกษาในหลายๆครั้งนั้น pH เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการดูดซับโลหะหนัก ในการทดลองนี้ได้กำหนดช่วงของ pHไว้ที่ 2.99 – 7.04 ผลของ pH ต่อการดูดซับในช่วงแรกคือ 2.99 – 5.00 นั้นสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และหลังจาก 5.00 – 7.04 นั้นลดลงอย่างน่าทึ่ง(ดังภาพที่ 2) การที่ pH ต่ำจะเกิดผลในการเกาะอยู่ข้างเซลล์ของกรด H_3O^+ และเมื่อ pHสูง กรดH_3O^+ จะอยู่เป็นอิสระ จึงทำให้การดูดซับลดลง

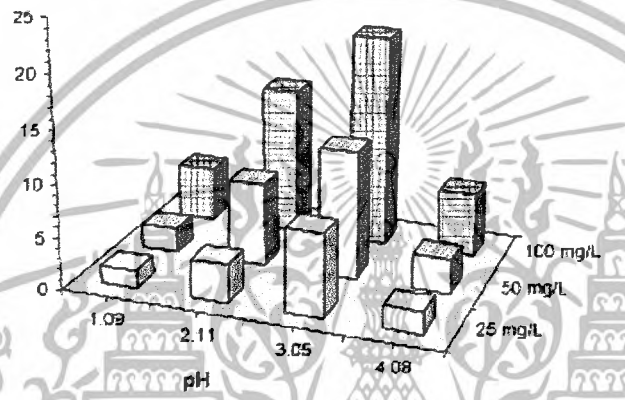


ภาพที่ 2 ผลของ pHในการดูดซับPb(II) ของสาหร่าย*Oedogonium* sp.และสาหร่าย*Nostoc* sp.

ที่มา : Gupta และ Rastogi (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Gupta และ Rastogi (2008) รายงานผลของ pH ในการทดลองการดูดซับ Cr(VI) ในการทดลองนี้ได้กำหนดช่วงของ pHไว้ที่ 1.00 – 5.00 และใช้จำนวนเซลล์ 25 , 50 และ 100 mg/L ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 ^{0}Cและใช้เวลาในการดูดซับ 120นาที แต่เมื่อถึงจุดสมดุลของการดูดซับแล้ว เวลาไม่มีผลต่อการดูดซับในทางสถิติ และ ผลของการดูดซับ Cr(VI) มากที่สุดที่ pH 3.0 หรือดูดซับได้มากถึง 93.02% (ดังภาพที่3)



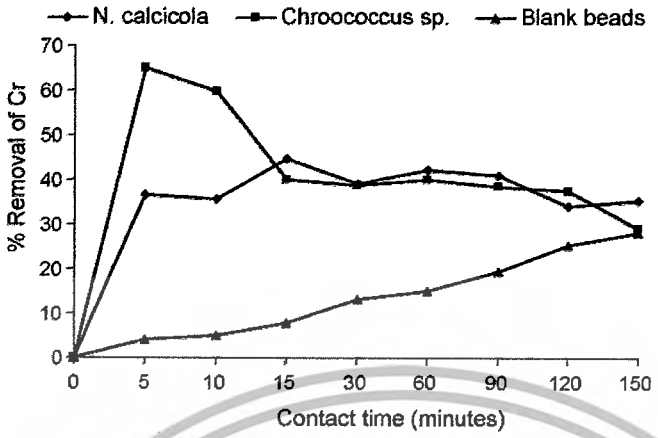
ภาพที่ 3 แสดงของการดูดซับ Cr(VI) โดยกำหนดช่วงของ pHไว้ที่ 1.00 – 5.00 และใช้จำนวนเซลล์25, 50 และ 100 mg/L ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 ^{0}Cและใช้เวลาในการดูดซับ 120นาที

ที่มา : Gupta และ Rastogi (2008)

3. ผลของระยะเวลาต่อการดูดซับ

3.1 ผลของระยะเวลาในการทดลองใช้สาหร่าย *Nostoc cacicola* และสาหร่าย*Chroococcus sp.* ต่อการดูดซับโครเมียม Anjana *et al.* (2007) ชี้เห็นถึงอัตราการดูดซับสูงมากในช่วง 5 นาทีแรกของสาหร่าย *Chroococcus sp.* ซึ่งสามารถดูดซับโครเมียมได้ถึง 65% ในขณะที่ สาหร่าย *Nostoc cacicola* สามารถดูดซับโครเมียมได้ถึง 35% และในช่วงเวลา 5 ถึง15นาทีต่อมา (ดังภาพที่ 4)สามารถดูดซับเพิ่มได้ขึ้นอีกเล็กน้อยประมาณ 10% ส่วนblankสามารถดูดซับโครเมียมได้30%ในช่วงเวลา 120-150นาที

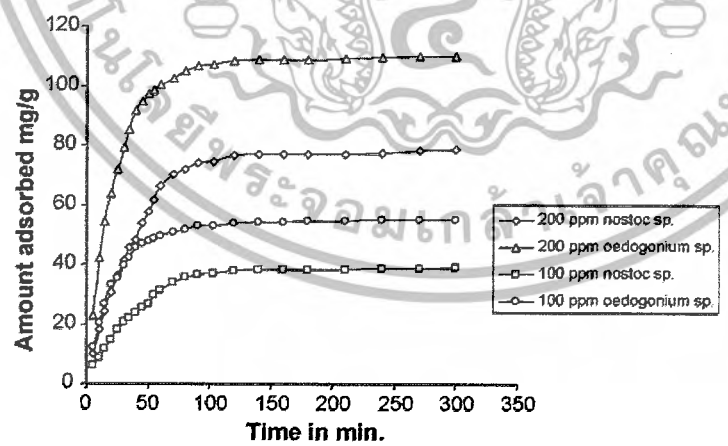
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 แสดงถึงช่วงเวลาในการดูดซับโครเมียมของสาหร่าย *Nostoc cacicola* ,สาหร่าย *Chroococcus sp.* และblank

ที่มา : Anjana *et al.* (2007)

3.2 ผลของระยะเวลาในการทดลองใช้สาหร่าย *Oedogonium* sp. และสาหร่าย *Nostoc* sp. ต่อการดูดซับ Pb(II) Gupta และ Rastogi (2008) ชี้ให้เห็นถึงการเปรียบเทียบผลของระยะเวลาในการดูดซับPb(II) โดยใช้สาหร่าย *Oedogonium* sp. และสาหร่าย*Nostoc* sp. ซึ่งกำหนดความเข้มข้นเริ่มต้นของ Pb(II)ไว้ที่100 และ 200 mg/L ซึ่งการดูดซับสูงที่สุดอยู่ในช่วง 90 และ 70 นาทีของสาหร่าย*Oedogonium* sp. และสาหร่าย*Nostoc* sp. ตามลำดับ (ดังภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 แสดงถึงช่วงเวลาในการดูดซับPb(II) ของสาหร่าย*Oedogonium* sp.และสาหร่าย*Nostoc* sp. ความเข้มข้นของ Pb(II) คือ100 และ 200 mg/L

ที่มา : Gupta และ Rastogi (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ไอโซเทอร์มของการดูดซับ

Monar *et al.* (2008) รายงานไอโซเทอร์มของการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc punctiforme* โดยใช้ Cr 1000mg/L(VI) ใส่ลงในขวดทดลองขนาด 250ml. เพื่อหาpHที่เหมาะสมระหว่าง pH 1-6 ใช้ความเข้มข้นสารตั้งต้น 5-20 ppm และควบคุมอุณภูมิที่ 25 ^{0}C ที่ซึ่งอธิบายโดยแบบของ Langmuir isotherm และ Freundlich isotherm ในตารางที่ 3 การอธิบายด้วย Freundlich isotherm ใช้สำหรับการดูดซับชั้นเดียวที่บริเวณผิวเซลล์ของสาหร่าย โดยมีสมการดังนี้

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n \log C_e}$$

เมื่อ K_f และ n เป็นค่าคงที่ของการดูดซับของ Freundlich , C_e คือจุดสมดุลของการดูดซับ q_e (mg/g) คือปริมาณโลหะหนักที่ดูดซับโลหะเมื่อถึงจุดสมดุล ในการเปรียบเทียบที่บรรยายในรูปเกี่ยวกับการคำนวณการดูดซับของสาหร่าย *Nostoc punctiforme* และสาหร่าย *Gloeocapsa calcarea* ซึ่งสาหร่าย*Nostoc punctiforme*ทดสอบกาดูดซับที่ดี

ตารางที่ 3 ไอโซเทอร์มของการดูดซับแบบของ Langmuir isotherm และ Freundlich isotherm บน exopolysaccharides ของสาหร่าย *Nostoc punctiforme*

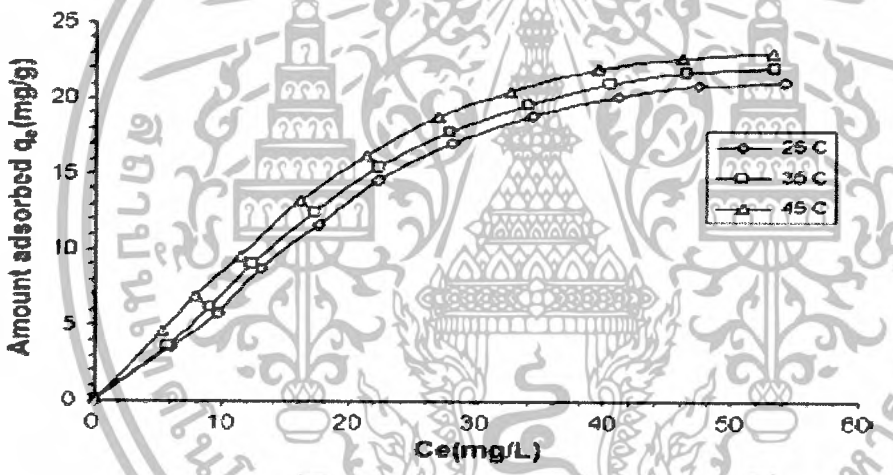
Isotherm	Parameter	*Nostoc punctiforme*	*Gloeocapsa calcarea*
Langmuir	Q_0 (mg/g)	142.9	83.3
	b	0.71	0.36
	R^2	0.8058	0.858
Freundlich	K_f	56.2	21.4
	n	1.71	1.36
	R^2	0.9738	0.9933

ที่มา : Monar *et al.* (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผลของอุณหภูมิต่อการดูดซับโลหะหนัก

Gupta และ Rastogi (2008)รายงานผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับ Cr(VI) โดยใช้สาหร่าย *Nostoc muscorum* และอุณหภูมิที่ต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ 25 ,35 และ 45 ^{0}C และใช้ความเข้มข้นของ Cr(VI) (mg/L) 25 ,50 และ 100 mg/L อุณหภูมิมีส่วนสำคัญในการดูดซับของสาหร่ายรวมถึงทั้งจำนวนเซลล์ด้วย จากการที่เพิ่มอุณหภูมิขึ้นจาก 25^{0}C ถึง 45^{0}C การดูดซับก็เพิ่มขึ้นด้วยคือที่อุณหูภมิ 25^{0}C สามารถดูดซับได้ 21.07 mg/g ที่อุณหูภมิ 45^{0}C สามารถดูดซับได้ 23.0 mg/g ทั้งหมดนี้ที่ ความเข้มข้นของ Cr(VI)100 mg/L (ดังภาพที่6) การดูดซับที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในกระบวนการดูดซับ



ภาพที่ 6 : ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับ Cr(VI) ของสาหร่าย *Nostoc muscorum* ที่ใช้อุณหภูมิต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ 25 ,35 และ 45 ^{0}C

ที่มา : Gupta และ Rastogi (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. macnetic bar
4. volumemetic flask
5. หลอดทดลองพลาสติก
6. ผ้ากรองขนาด 15 ไมครอน
7. ปิเปตนาด 10 มิลลิลิตร
8. ไมโครปิเปต
9. เครื่องวัดพีเอช
10. เครื่องกวน
11. Atomic absorption Spectrophotometer (AAS)
12. $Pb(NO_3)$ ความเข้มข้น 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร
13. 0.1 M EDTA
14. 0.1 M HNO_3
15. DI
16. 0.1 M $NaHCH_3$
17. 0.1 M Na_2CO_3
18. 0.1 M H_2SO_4
19. ปุ๋ยสูตร BG-11

วิธีการ

แผนการทดลอง

การทดลองการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย*Nostoc comune*ทำการทดลองเรื่องพีเอช, จำนวนเซลล์ของสาหร่ายต่อการดูดซับ, ขนาดของเซลล์สาหร่ายต่อการดูดซับ, อุณหภูมิต่อการดูดซับ, จลศาสตร์การดูดซับ, Isotherm, desorption และ อายุ ทุกปัจัยมีการใช้แผนการทดลองแบบ CRD มีการทำการทดลองอย่างละ 3 ซ้ำ และทำการวัดค่าความเข้มข้นของแคดเมียมหลังการดูดซับด้วยเครื่อง AAS

วิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc commune* ด้วยปุ๋ยสูตรBG-11 จากนั้นรอให้สาหร่ายมีการเจริญเต็มที่แล้วจึงเก็บนำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งแบบการทดลองจะใช้สาหร่ายสดทั้งหมดในการทดลองครั้งนี้แล้วนำไปใช้ในการทดลองที่ปัจจัยต่างๆ

1.การทดสอบพีเอชมีความเหมาะสมในการดูดซับแคดเมียมที่ระดับพีเอชที่ต่างกัน10ระดับ คือ 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5 และ 7 ปรับความเหมาะสมของพีเอชด้วยสาละลาย 0.1 M HCl และ 0.1 M NaOH วัดพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช

1.1 เตรียมสารลายแคดเมียมที่มีความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตรจากสารสละลายแคดเมียมที่มีความเข้มข้น 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่แต่ละระดับของพีเอชที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตร

1.2 ใส่สาหร่ายจำนวน 0. 2000 กรัมในสารละลายแคดเมียมที่เตรียมไว้ในแต่ละระดับของพีเอช ทำการเขย่าด้วย shaker นาน 3 ชั่วโมง

1.3 เมื่อครบ 3 ชั่วโมงวัดพีเอช และทำการกรองสารละลายด้วยผ้ากรองขนาด 15 ไมครอน นำสารละลายที่ได้ไปวัดเครื่องวัด AAS

2. ทำการทดสอบเรื่องจำนวนเซลล์ของสาหร่ายต่อการดูดซับแคดเมียมที่ระดับของจำนวนสาหร่ายเป็น 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 กรัมต่อปริมาตรสารละลายแคดเมียม 20 มิลลิลิตร

2.1 เตรียมสารลายแคดเมียมที่มีความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระดับพีเอช 4.5 ขนาดของสาหร่าย 0.25 มิลลิเมตร ที่ปริมาตรน้ำเทากับ 20 มิลลิลิตร

2.2 ใส่สาหร่ายที่ระดับจำนวนเซลล์ที่ต่างกัน คือ 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 กรัมต่อปริมาตรสารละลายแคดเมียม 20 มิลลิลิตร ทำการเขย่าด้วย shaker นาน 3 ชั่วโมง

2.3 เมื่อครบ 3 ชั่วโมงวัดพีเอช และทำการกรองสารละลายด้วยผ้ากรองขนาด 15 ไมครอน นำสารละลายที่ได้ไปวัดเครื่องวัด AAS

3.การทดสอบเรื่องอุณหภูมิต่อการดูดซับแคดเมียม ที่ระดับของอุณหภูมิ 25, 30, 35, 40 และ 45 องศาเซลเซียส

3.1 เตรียมสารลายแคดเมียมที่มีความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระดับพีเอช 4.5 ขนาดของสาหร่าย 0.2 กรัมที่ปริมาตรน้ำเท่ากับ 10มิลลิลิตร

3.2 ใส่สาหร่ายจำนวน 0.200กรัมในสารละลายแคดเมียมที่เตรียมไว้ วัดค่าพีเอช และนำไปแช่ใน water bath ที่ระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกันนาน 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วัดพีเอชและกรองสารละลายและนำสารละลายที่ได้ไปวัดเครื่องวัด AAS

4. การทดสอบเรื่องอายุของสาหร่ายที่มีผลต่อการดูดซับที่อายุสาหร่ายเท่ากับ 1สัปดาห์, 2 สัปดาห์, 3สัปดาห์ และ 4สัปดาห์

4.1 เตรียมสาหร่ายที่เลี้ยงในช่วงเวลาแตกต่างกันคือ 1สัปดาห์, 2สัปดาห์, 3สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์

4.2 เตรียมสารลายแคดเมียมที่มีความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระดับพีเอช 4.5 ปริมาตรน้ำเท่ากับ 100 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

4.3 ทำการวัดค่าพีเอช ทำการเขย่าด้วย shaker นาน 3 ชั่วโมงหลังจากนั้นวัดระดับค่าพีเอชอีกครั้ง

4.4 กรองสารละลายและนำสารละลายที่ได้ไปวัดเครื่องวัด AAS

5. การทดสอบเรื่องจลศาสตร์การดูดซับที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียม 10, 50, 100, 150, 200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลานาน 72 ชั่วโมง

5.1 เตรียมสารลายแคดเมียมที่มีความเข้มข้น 10, 50, 100, 150, 200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระดับพีเอช 4.5 ปริมาตรน้ำเท่ากับ 100 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

5.2 บีกเกอร์ ที่มีสารละลายแคดเมียมที่เตรียมไว้วัดค่าพีเอช และนำไปตั้งบนเครื่องกวน ใส่สาหร่ายจำนวน 0.2000 กรัมในสารละลายแคดเมียมที่เตรียมไว้

5.3 เก็บสารละลายที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 30, 60, 120 และ 180 นาที และ 6, 12, 24, 36, 48 และ 78 ชั่วโมง พร้อมทั้งอ่านค่าพีเอชขณะที่มีการเก็บสารละลายด้วยไมโครปิเปต เก็บสารละลายปริมาณ 5 มิลลิลิตรต่อการเก็บสารละลายในแต่ละช่วงเวลา

5.4 นำสารละลายที่เก็บไปวัดเครื่องวัด AAS

6. การทดสอบเรื่องไอโซเทอร์มต่อการดูดซับ ที่ระดับของความเข้มข้นของแคดเมียม 10, 50, 100, 150, 200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.1 เตรียมสารละลายแคดเมียมที่มีความเข้มข้น 10, 50, 100, 150, 200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระดับของพีเอช 4.5 ที่ปริมาตรน้ำเท่ากับ 20 มิลลิลิตร

6.2 ใส่สาหร่ายจำนวน 0.200 กรัม ในสารละลายแคดเมียมที่เตรียมไว้ในแต่ละระดับของพีเอช ทำการเขย่าด้วย shaker นาน 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

6.3 เมื่อครบ 3 ชั่วโมงวัดพีเอช และทำการกรองสารละลายด้วยผ้ากรองขนาด 15 ไมครอน นำสารละลายที่ได้ไปวัดเครื่องวัด AAS

7. การทดสอบเรื่องเวลาที่มีการดูดซับที่เวลาต่างกัน 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 30, 60, 120 และ 180 นาที และ 6, 12, 24, 36, 48 และ 78 ชั่วโมง

7.1 เตรียมสารลายแคดเมียมที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระดับพีเอช 4.5 ที่ปริมาตรน้ำเท่ากับ 100 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

7.2 บีกเกอร์ ที่มีสารละลายแคดเมียมที่เตรียมไว้วัดค่าพีเอช และนำไปตั้งบนเครื่องกวน ใส่สาหร่ายจำนวน 0.2000 กรัมในสารละลายแคดเมียมที่เตรียมไว้

7.3 เก็บสารละลายที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 30, 60, 120 และ 180 นาที และ 6, 12, 24, 36, 48 และ 78 ชั่วโมง พร้อมทั้งอ่านค่าพีเอชขณะที่มีการเก็บสารละลายด้วยไมโครปิเปต เก็บสารละลายปริมาณ 5 มิลลิลิตรต่อการเก็บสารละลายในแต่ละช่วงเวลา

7.4 นำสารละลายที่เก็บไปวัดเครื่องวัด AAS

8. การทดสอบเรื่อง desorption ต่อการดูดซับ โดยใช้ 0.1 M EDTA, 0.1 M HNO_3, DI, 0.1 M $NaHCH_3$, 0.1 M Na_2CO_3 และ 0.1 M H_2SO_4 เป็นตัวล้างแคดเมียม

8.1 เตรียมสารลายแคดเมียมที่มีความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระดับพีเอช 4.5 ที่ปริมาตรน้ำเท่ากับ 10 มิลลิลิตร

8.2 ใส่สาหร่ายจำนวน 0.200กรัม ในสารละลายแคดเมียมที่เตรียมไว้ในแต่ละระดับของพีเอช ทำการเขย่าด้วย shaker นาน 2 ชั่วโมง กรองสารละลายเก็บ

8.3 สาหร่ายที่กรองแล้วทิ้งให้แห้ง และใส่กลับไปในขวดรูปชมพู่เหมือนเดิมและใส่สารละลาย 0.1 M EDTA, 0.1 M HNO_3, DI, 0.1 M $NaHCH_3$, 0.1 M Na_2CO_3 และ 0.1 M H_2SO_4 ปริมาตรน้ำเท่ากับ 10 มิลลิลิตร ทำการเขย่าด้วย shaker นาน 2 ชั่วโมง กรองสารละลายเก็บ ครบ 1 รอบ

8.4 สาหร่ายที่กรองแล้วทิ้งแห้ง ใส่สารละลายที่มีความเข้มข้นแคดเมียมลงไป ทำเหมือนข้อ 8.1-8.3 จนครบ 6 รอบ แล้วนำไปวัดค่าความเข้มข้นด้วยเครื่อง AAS

104576

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS V.16

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนตุลาคม – เดือนพฤษภาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของพีเอชต่อการดูดซับแคดเมียม

ผลของพีเอชต่อการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* ทำการศึกษาที่ระดับของพีเอชที่มีความแตกต่างกันที่ 2.5-7 มีการแสดงผลของการดูดซับแคดเมียมที่สูงสุดคือ 17.08±1.46 (51.59±2.60 %) (ตารางที่4) ที่ระดับpH 4.5 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพีเอช3.5 (16.75±1.17 มิลลิกรัมต่อกรัม), 4.0(13.37±1.48 มิลลิกรัมต่อกรัม) , 5.0 (17.08±1.46 มิลลิกรัมต่อกรัม), 5.5 (15.84±1.54 มิลลิกรัมต่อกรัม) , 6 (13.07±0.77 มิลลิกรัมต่อกรัม) และ 6.5 (10.64±0.25มิลลิกรัมต่อกรัม) ตามลำดับที่พีเอชต่ำกว่า 3 เป็นระดับที่ในสารละลายมีไฮโดรเจนไอออน (H^+) มากเกินไป ทำให้ไฮโดรเจนไอออนมีการแย่งกับไอออนของแคดเมียมจับกับหมู่ฟังก์ชันที่ผิวเซลล์ของสาหร่ายทำให้สาหร่ายจับกับไอออนแคดเมียมได้น้อยลง และที่พีเอชสูงกว่า 6.5 มีการดูดซับน้อยลง เนื่องจากแคดเมียมมีการตกตะกอน ทำให้ตำแหน่งการยึดจับที่ผิวเซลล์ของสาหร่ายไม่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนกับแคดเมียมได้ จึงทำให้ดูดซับน้อยลง (สุนีรัตน์, 2551) ในรายงานของ Anjana *et al.* (2007) การดูดซับโครเมียมของสาหร่าย*Nostoc cacicola* ซึ่งpHที่มีผลต่อการดูดซับโครเมียม (20 mg/l) เปอร์เซนต์ของการดูดซับโครเมียมสูงที่สุดของสาหร่าย *Nostoc cacicola* คือ 65เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับ pH 3.0 และในรายงานของ Gupta และ Rastogi (2008) กล่าวถึงการดูดซับPb(II) ของสาหร่าย *Nostoc* sp. มีการดูดซับได้สูงสุดที่ระดับ pH 5.0 ส่วนพีเอชที่เหมาะสมต่อการศึกษาในครั้งนี้คือ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 การดูดซับโดยสาหร่าย *Nostoc commune* ที่พีเอชที่แตกต่างกัน

ระดับ pH	pH0	pHeq	การดูดซับ (เปอร์เซนต์)	q (มิลลิกรัมต่อกรัม)
2.5	2.5±0	2.51± 0.05^{a}	-15.19±10.79^{a}	-5.05±3.38^{a}
3.0	3.0±0	3.65±0.03^{b}	8.74±1.49^{b}	3.22±0.77^{b}
3.5	3.5±0	5.58±0.18^{c}	50.73±0.06^{c}	16.75±1.17^{e}
4.0	4.0±0	6.19±0.03^{d}	45.71±1.06^{c}	13.37±1.48^{cde}
4.5	4.5±0	6.08±0.11^{d}	51.59±2.60^{c}	17.08±1.46^{e}
5.0	5.0±0	6.09±0.02^{d}	42.45±5.05^{c}	11.50±0.67^{cd}
5.5	5.5±0	6.21±0.02^{d}	49.64±1.92^{c}	15.84±1.54^{de}
6.0	6.0±0	6.41±0.01^{e}	43.56±2.26^{c}	13.07±0.77^{cde}
6.5	6.5±0	6.55±0.04^{ef}	40.51±2.95^{c}	10.64±0.25^{c}
7.0	7.0±0	6.71±001^{f}	46.67±0.64^{c}	11.48±0.47^{cd}

* หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแถวแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างคือมีความแตกต่างกันทาง สถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

2. อุณหภูมิต่อการดูดซับแคดเมียม

ผลของอุณหภูมิต่อการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* ที่ระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 25-45 องศาเซลเซียส แสดงเปอร์เซนต์การดูดซับเท่ากับ 44.63±1.03ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 5) ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับอุณหภูมิ 35 และ 40 องศาเซลเซียส ที่เปอร์เซนต์การดูดซับเท่ากับ 39.50±3.30 และ 40.68±0.73 ตามลำดับ ที่ระดับอุณภูมิที่สูงขึ้นนั้นมีการดูดซับที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย รายงานของ Gupta และ Rastogi (2008)มีการรายงานผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับ Cr(VI) โดยใช้สาหร่าย *Nostoc muscorum* และอุณหภูมิที่ต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ 25 ,35 และ 45 ^{0}C และใช้ความเข้มข้นของ Cr(VI) (mg/L) 25 ,50 และ 100 mg/L อุณหภูมิมีส่วนสำคัญในการดูดซับของสาหร่ายรวมถึงทั้งจำนวนเซลล์ด้วย จากการที่เพิ่มอุณหภูมิขึ้นจาก 25^{0}C ถึง 45^{0}C การดูดซับก็เพิ่มขึ้นด้วย คือที่อุณหูภมิ 25^{0}C สามารถดูดซับได้ 21.07 mg/g ที่อุณหูภมิ 45^{0}C สามารถดูดซับได้ 23.0 mg/g ทั้งหมดนี้ที่ ความเข้มข้นของ Cr(VI)100 mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 การดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* ที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

ระดับอุณหภูมิ (°c)	pH0	pHeq	การดูดซับ (เปอร์เซนต์)	q (มิลลิกรัมต่อกรัม)
25	4.50±0.00	4.67±0.00^{a}	23.67±4.31^{a}	14.19±1.99^{a}
30	4.50±0.00	4.67±0.00^{a}	31.41±1.97^{a}	11.96±1.54^{ab}
35	4.50±0.00	4.67±0.00^{a}	39.50±3.30^{b}	15.06±1.31^{bc}
40	4.50±0.00	4.67±0.00^{a}	40.68±0.73^{b}	14.10±0.25^{bc}
45	4.50±0.00	4.67±0.00^{a}	44.63±1.03^{b}	16.32±0.54^{c}

* หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแถวแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างคือมีความแตกต่างกันทาง สถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3. จำนวนสาหร่ายต่อการดูดซับแคดเมียม

ผลของจำนวนสาหร่าย *Nostoc commune* ต่อการดูดซับแคดเมียมที่ระดับจำนวนสาหร่ายที่ 0.25 กรัมต่อสารละลายแคดเมียม 20 มิลลิลิตร แสดงเปอร์เซนต์การดูดซับสูงสุด 94.37±0.74(ตารางที่ 6)มีความแตกต่างกันทางสถิติกับระดับจำนวนเซลล์อื่นๆ และในแต่ละระดับจำนวนเซลล์นั้น มีความแตกต่างทางสถิติระดับจำนวนเซลล์อื่นๆ ในทุกๆระดับ

ตารางที่ 6 การดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* ที่มีจำนวนของเซลล์ที่แตกต่างกัน

จำนวนของเซลล์ (กรัม)	pH0	pH eq	การดูดซับ (เปอร์เซนต์)	q (มิลลิกรัมต่อกรัม)
0.05	4.58±0.01^{a}	6.22±0.16^{a}	77.21±0.59^{a}	42.99±1.81^{a}
0.1	4.56±0.01^{a}	6.27±0.08^{a}	82.62±0.68^{b}	22.74±1.33^{b}
0.15	4.57±0.01^{a}	6.27±0.07^{a}	86.57±0.14^{c}	21.49±0.56^{c}
0.2	4.58±0.01^{a}	6.69±0.02^{b}	91.72±0.22^{d}	17.63±0.69^{c}
0.25	4.59±0.00^{a}	6.79±0.03^{b}	94.37±0.74^{e}	12.73±0.87^{d}

* หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแถวแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างคือมีความแตกต่างกันทาง สถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อายุของสาหร่ายต่อการดูดซับแคดเมียม

ผลของอายุสาหร่าย*Nostoc commune* ต่อการดูดซับแคดเมียมที่มีอายุต่างๆกันคือ 1สัปดาห์, 2 สัปดาห์ , 3สัปดาห์ และ 4สัปดาห์ ที่น้ำหนักสาหร่ายเท่ากับ 0.2000 กรัม ต่อสารละลายแคดเมียม 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ผลคือที่อายุ 4 สัปดาห์ มีเปอร์เซนต์การดูดซับมากที่สุดคือ 91.63±1.46 (ตารางที่ 7) มีความแตกต่างทางสถิติกับทุกๆ ช่วงอายุ แต่ที่อายุ 1สัปดาห์ และ 2 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเปอร์เซนต์การดูดซับเท่ากับ 33.20±1.71 และ 37.30±4.59 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 การดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* ที่มีอายุที่แตกต่างกัน

อายุ (สัปดาห์)	pH0	pHeq	การดูดซับ (เปอร์เซนต์)	q (มิลลิกรัมต่อกรัม)
1	4.52±0.00	6.04±0.00^{a}	33.20±1.71^{a}	37.54±2.31^{a}
2	4.52±0.00	6.63±0.15^{b}	37.30±4.59^{a}	32.33±2.81^{a}
3	4.52±0.00	6.69±0.04^{c}	55.35±1.82^{b}	21.55±1.60^{b}
4	4.52±0.00	6.85±0.02^{c}	91.63±1.46^{c}	20.89±1.20^{b}

* หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแถวแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างคือมีความแตกต่างกันทาง สถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.ไอโซเทอร์มการดูดซับ

การดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* สามารถอธิบายการดูดซับโดยใช้ไอโซเทอร์ม ที่ซึ่งอธิบายโดยแบบของ Langmuir isotherm และ Freundlich isotherm ในตารางที่ 8 การอธิบายด้วย Langmuir isotherm ใช้สำหรับการดูดซับชั้นเดียวที่บริเวณผิวเซลล์ของสาหร่าย โดยมีสมการดังนี้

$$q_e = \frac{Q_{max} b C_{eq}}{1+bC_{eq}}$$

เมื่อ Q_{max} (mg/g) คือปริมาณโลหะหนักสูงสุดที่สาหร่ายสามารถดูดซับได้ (มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้งของสาหร่าย) C_{eq} (mg/g) และ b (L/mg) ความสัมพันธ์ของตำแหน่งการจับ Q_{max} และ b สามารถกำหนดจากลักษณะเส้นตรงของการเขียนกราฟของ C_{eq}/q_{eq} กับ C_{eq} (ภาพที่ 7)

Freundlich isotherm ใช้ในกรณีการถ่ายพลังงานผ่านพื้นผิวแบบไม่เป็นเนื้อเดียว บนตำแหน่งยึดจับที่ต่างชนิดกันโดยสมการดังนี้

$$q_{eq} = K_f C^n_{eq}$$

เมื่อ K_f (mg/g) แสดงปริมาณการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม) และ n แสดงความแรงในการดูดซับ แสดงการเขียนกราฟของ $\ln q_{eq}$ กับ $\ln C_{eq}$ (ภาพที่ 7)

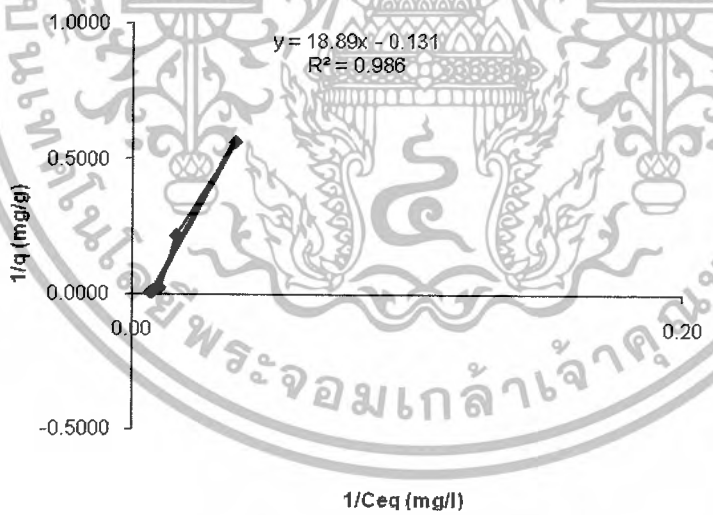
การดูดซับค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของ Freundlich isotherm ที่ได้จากการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* มีค่าเท่ากับ 0.9900 ค่า K_f (mg/g) แสดงปริมาณการดูดซับ มีค่าเท่ากับ 0.000446 ค่า n มีค่าเท่ากับ 0.393949 ซึ่งค่า n มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าอัตราการดูดซับต่ำหรือสูงไม่แตกต่างกันมากนัก หรือการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไม่มีผลต่ออัตราการดูดซับ Langmuir isotherm แสดงค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ในการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* เท่ากับ 0.9982 ปริมาณการดูดซับสูงสุด Q_{max} (mg/g) ของแคดเมียมเท่ากับ -7.634 และ b (L/mg) เท่ากับ -0.1311การดูดซับของ *Nostoc commune* มีหมู่ฟังก์ชันหรือตำแหน่งของการจับโลหะผิวเซลล์ของสาหร่ายที่ซึ่งการจับแบบชั้นเดียว ผลของไอโซเทอร์มสามารถใช้อธิบายการดูดซับที่เหมาะสมจากการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของ Langmuir isotherm และ Freundlich isotherm ของ Langmuir isotherm มีค่าที่สูงกว่าดังนั้นการดูดซับแคดเมียมโดย *Nostoc commune* ไอโซเทอร์มที่สามารถอธิบายการดูดซับได้ดีกว่าคือ Langmuir isotherm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 Langmuir isotherm และ Freundlich isotherm ในการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune*

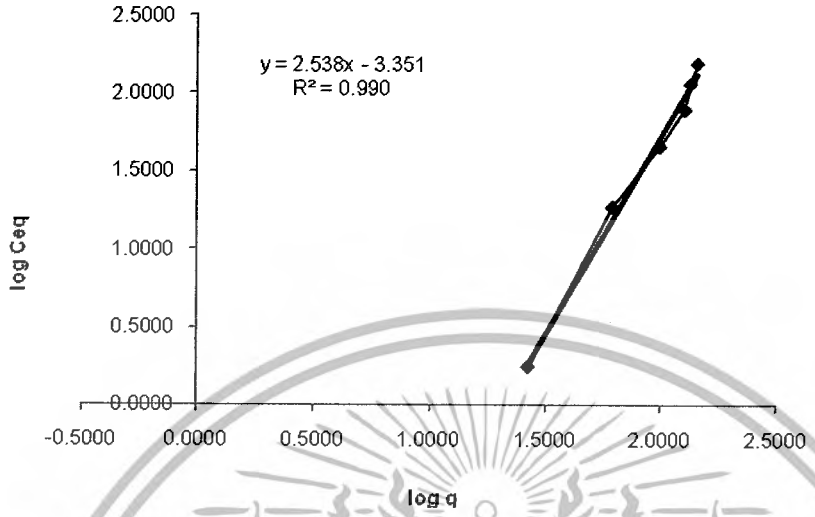
โลหะ	Freundlich isotherm			Langmuir isotherm		
	K_f (mg/g)	n	R^2	b (L/mg)	Q_{max} (mg/g)	R^2
แคดเมียม	0.000446	0.393949	0.9900	-0.1311	-7.634	0.9862

และจากรายงานของ Monar *et al.* (2008) ศึกษาการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc punctiforme* โดยใช้ Cr 1000mg/L(VI) ใส่ลงในขวดทดลองขนาด 250 ml.รายงานไอโซเทอร์มของ Langmuir ค่า Qmax (mg/g) เท่ากับ 142.9 และค่า b (l/mg) เท่ากับ 0.71



(A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



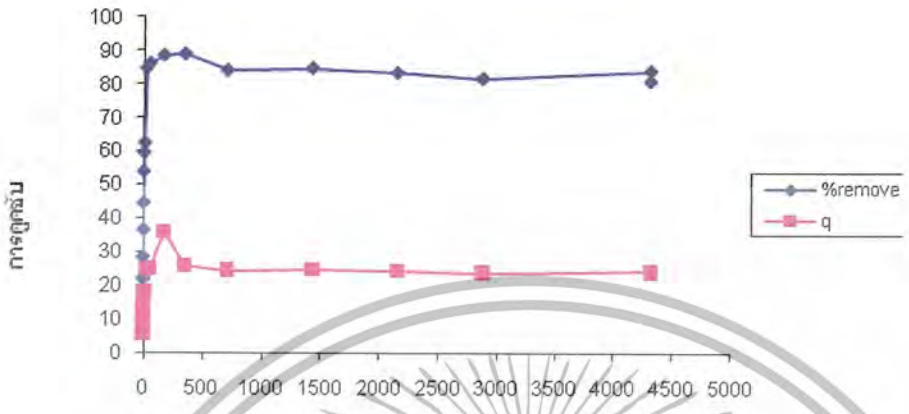
(B)

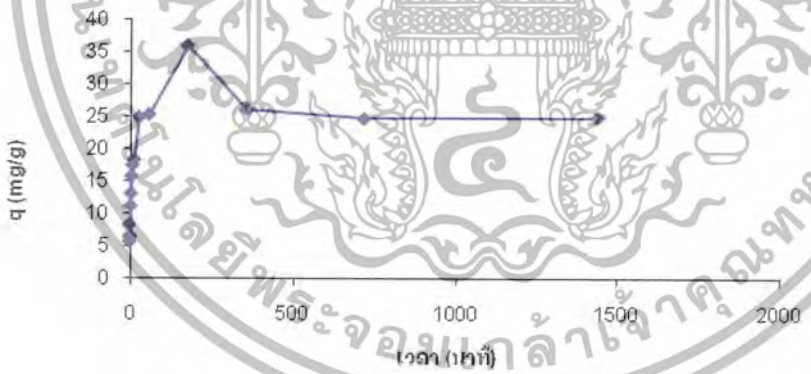
ภาพที่ 7 ไอโซเทอร์มการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* (พีเอช 4.5) (A) Langmuir isotherm แสดงการเขียนกราฟระหว่าง $1/C_{eq}$ กับ $1/q$ และ (B) Freundlich isotherm แสดงการเขียนกราฟระหว่าง $\log_q$ กับ $\log C_{eq}$

6 .เวลาที่มีผลต่อการดูดซับ

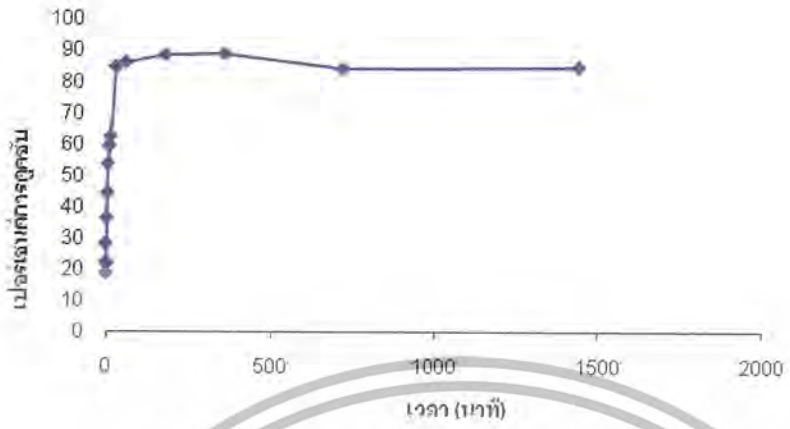
จากภาพที่ 8 เป็นผลของเวลาในการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* อัตราการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune*เป็นไปอย่างรวดเร็วที่ภายใน 60 นาทีจึงเข้าสู่สมดุล และไม่มีการเปลี่ยนแปลงการดูดซับหรือมีการเปลี่ยนแปลงการดูดซับได้เล็กน้อย เมื่อเวลาครบที่ 72 ชั่วโมง ที่เวลาที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่สามารถจะดูดซับโลหะได้อีกเนื่องจากสาหร่ายที่นำมาใช้เป็นสาหร่ายที่แห้งและตายแล้วในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้วจะไม่มีการสร้างกระบวนการเมแทบอลิซึมในเซลล์ ภายในเซลล์ไม่สามารถที่จะดูดซับโลหะได้จึงมีการดูดซับโลหะได้แค่ที่ผิวเซลล์เท่านั้นและสามารถดูดซับได้ดีในระยะอันสั้น Gupta และ Rastogi (2008) ชี้ให้เห็นถึงการเปรียบเทียบผลของระยะเวลาในการดูดซับPb(II) โดยใช้สาหร่าย*Nostoc* sp. ซึ่งกำหนดความเข้มข้นเริ่มต้นของ Pb(II)ไว้ที่200 mg/Lซึ่งการดูดซับสูงที่สุดอยู่ในช่วง 70 นาทีของ และสาหร่าย*Nostoc* sp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ผลของเวลาในการดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* (ปริมาณสาหร่าย 0.2000 กรัม ความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียม 20 มิลลิกรัมต่อลิตร, พีเอช 4.5)

7. desorption

ผลของการดูดซับแคมเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* และมีการล้างแคดเมียมที่สาหร่ายดูดซับโดยสารละลาย 0.1 M EDTA, 0.1 M HNO_3, DI, 0.1 M $NaHCO_3$, 0.1 M Na_2CO_3 และ 0.1 M H_2SO_4 (ตารางที่ 9) ผลของการล้างแคดเมียมด้วยสารละลาย 0.1 M EDTA สามารถล้างแคดเมียมได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของการดูดซับแคดเมียมทั้งหมดจากที่ผิวเซลล์ของสาหร่ายในรอบที่ 1 และสามารถล้างแคดเมียมได้น้อยลงในรอบต่อไป และเปอร์เซนต์การดูดซับเมื่อมีการล้างสามารถดูดซับแคดเมียมได้เพิ่มขึ้น สารละลาย 0.1 M HNO_3 สามารถล้างแคดเมียมได้และล้างได้มากกว่ามากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของการดูดซับแคดเมียมในรอบที่1และสามารถล้างแคดเมียมได้น้อยลงในรอบต่อไป สารละลาย DI ไม่สามารถล้างแคดเมียมได้ และเปอร์เซนต์การดูดซับเมื่อมีการล้างสามารถดูดซับแคดเมียมได้เพิ่มขึ้น สารละลาย 0.1 M $NaHCO_3$ ในการล้างแคดเมียมแต่ละรอบมีล้างแคดเมียมได้ลดลงและเปอร์เซนต์การดูดซับคงที่สารละลาย 0.1 M H_2SO_4 สามารถล้างแคดเมียมได้มากในรอบที่1และรอบต่อไปจะลดลง 0.1 M HNO_3 มีแนวโน้มของการล้างที่ลดลงและเปอร์เซนต์การดูดซับในแต่ละรอบลดลงเช่นกัน ส่วนสาร 0.1 M Na_2CO_3 มีแนวโน้มในการล้างแคดเมียมในแต่ละรอบคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 การล้างแคดเมียมโดยสารละลายที่แตกต่างกัน

สารละลาย	จำนวนรอบ	% adsorption	%desorption
H_2SO_4	1	67.79±2.56^{e}	46.53±5.10^{d}
	2	38.29±6.51^{a}	35.83±20.53^{c}
	3	40.77±7.63^{ab}	18.99±8.43^{b}
	4	42.48±2.68^{bc}	19.50±5.78^{b}
	5	45.41±2.97^{c}	35.85±20.53^{c}
	6	51.05±2.56^{d}	15.12±3.36^{a}
$NaHCO_3$	1	53.63±5.49^{a}	6.56±0.60^{ab}
	2	65.48±30.37^{b}	10.21±1.84^{b}
	3	78.07±13.17^{d}	5.64±0.74^{a}
	4	84.18±22.93^{e}	5.90±2.79^{a}
	5	80.630±19.61^{c}	10.21±1.84^{b}
	6	76.40±29.40^{c}	27.68±0.87^{c}
HNO_3	1	67.55±2.40^{ab}	61.79±3.44^{c}
	2	64.83±7.85^{a}	22.88±9.69^{b}
	3	66.84±2.33^{ab}	12.15±3.06^{a}
	4	68.25±2.94^{ab}	16.57±2.77^{ab}
	5	69.40±4.11^{b}	22.88±9.69^{b}
	6	70.25±3.40^{b}	13.86±3.34^{a}
Na_2CO_3	1	67.40±2.86^{b}	52.93±3.44^{b}
	2	83.18±10.98^{e}	65.86±12.96^{c}
	3	74.87±14.35^{c}	67.34±19.68^{c}
	4	81.99±69.62^{a}	63.87±64.83^{c}
	5	81.81±3.44^{d}	65.86±12.96^{c}
	6	82.05±3.01^{d}	44.72±11.74^{a}
DI	1	67.74±5.02^{a}	0.00±0.00^{a}
	2	100.00±0.00^{b}	0.00±0.00^{a}
	3	100.00±0.00^{b}	0.00±0.00^{a}
	4	100.00±0.00^{b}	0.00±0.00^{a}
	5	100.00±0.00^{b}	0.00±0.00^{a}
	6	100.00±0.00^{b}	0.00±0.00^{a}
EDTA	1	61.26±6.29^{a}	54.88±6.66^{b}
	2	66.56±2.89^{b}	13.25±7.21^{a}
	3	70.52±4.94^{bc}	12.00±5.73^{a}
	4	74.32±3.29^{c}	12.60±1.68^{a}
	5	72.74±5.78^{c}	13.25±7.21^{a}
	6	74.83±2.31^{c}	12.99±0.75^{a}

* หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแถวแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างคือมีความแตกต่างกันทาง สถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

การศึกษาการกำจัดแคดเมียมโดยสาหร่าย*Nostoc commune*เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพของสาหร่าย *Nostoc commune*ในการกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ ศึกษาพีเอชที่มีความแตกต่างกันคือ 2.5-7.0 ผลของพีเอชของสารละลายแคดเมียมที่เหมาะสมต่อการดูดซับคือ 4.5 ค่าการดูดซับเท่ากับ 17.08±1.46 มิลลิกรัมต่อกรัม, จำนวนของสาหร่ายที่มีความแตกต่างกันคือ 0.05-0.25 กรัมต่อสารละลายแคดเมียม20 มิลลิลิตร ผลของจำนวนของสาหร่ายที่เหมาะสมคือ 0.25 กรัมต่อสารละลายแคดเมียม 20 มิลลิลิตร ซึ่งมีค่าเปอร์เซนต์การดูดซับแคดเมียมเท่ากับ 94.37±0.74, อุณหภูมิที่มีความแตกต่างกันคือ 25-45 องศาเซลเซียส ที่ระดับอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสมีผลต่อการดูดซับแคดเมียมมากที่สุดคือ16.32±0.54 มิลลิกรัมต่อกรัม,การดูดซับแคดเมียมโดยสาหร่าย *Nostoc commune* สอดคล้องกับสมการการดูดซับของ Freundlich, เวลาที่เข้าสู่สมดุลของการดูดซับแคดเมียมคือ 60 นาที, การศึกษาเรื่องอายุต่างๆกันคือ 1-4 สัปดาห์ ผลคือที่ 4สัปดาห์มีการดูดซับแคดเมียมมากที่สุด, สารละลายที่ต่างกันที่ใช้เป็นตัวล้างแคดเมียมคือ0.1 M EDTA, 0.1 M HNO_3, DI, 0.1 M $NaHCO_3$, 0.1 M Na_2CO_3 และ 0.1 M H_2SO_4 สารละลายที่สามารถล้างแคดเมียมออกจากสาหร่ายได้ดีที่สุดคือ 0.1 M Na_2CO_3 โดยล้างได้มากกว่า 50 เปอร์เซนต์ สามารถนำไปประยุกต์ในการบำบัดน้ำเสียได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Anjana,K., A.Kaushik., B.Kiran and R.Nisha.2007. Biosorption of Cr(VI) by immobilized biomass of two indigenous strains of cyanobacteria isolated from metal contaminated soil. Journal of Hazardous Materials.148:383–386.

El-Enany,A.E. and A.A.Issa.2000. Cyanobacteria as a biosorbent of heavy metals in sewage water. Environmental Toxicology and Pharmacology.8:95–101.

El-Sheekh,M.M., W.A.El-Shouny., M.E.H.Osman and E.W.E.El-Gammal.2004. Growth and heavy metals removal efficiency of *Nostoc muscorum* and*Anabaena subcylindrica* in sewage and industrial wastewater effluents. Environmental Toxicology and Pharmacology.19:357–365.

Gupta,V.K. and A.Rastogi.2008. Biosorption of lead(II) from aqueous solutions by non-living algal biomass *Oedogonium* sp. and *Nostoc* sp.—A comparative study. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.64:170–178.

Gupta,V.K. and A.Rastogi.2008. Sorption and desorption studies of chromium(VI) from nonviable cyanobacterium *Nostoc muscorum* biomass. Journal of Hazardous Materials.154:347-354.

Kiran,B., A.Kaushik and C.P.Kaushik.2008. Metal–salt co-tolerance and metal removal by indigenous cyanobacterial strains. Process Biochemistry.43:598-604.

Sawyer,C., P.McCarty and G.Parkin.2003. Chemistry for environmental engineering and science. Engineering and Science. 7:35-42.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Singh,N., R.K.Asthana., A.M.Kayastha., S.Pandey and A.K.Chaudhary.1999. Thiol and exopolysaccharide production in a cyanobacterium under heavy metal stress. Process Biochemistry.35:63-68.

http://guru.sanook.com/encyclopedia

http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=4&ID=7

http://www.pt.ac.th/ptweb/digital/snet6/envi3/water/solu.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้