การกำจัดสารหนูในรูปอาร์ซิเนตในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ไคโตแซนแบบเม็ด

นางสาวรามนรี เนตรวิเชียร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0345-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19812528

REMOVAL OF ARSENIC (V) FROM SYNTHETIC WASTEWATER USING CHITOSAN BEADS

Miss Ramnaree Netvichian

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science
Inter – Department of Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-13-0345-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำจัดสารหนูในรูปอาร์ซิเนตในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ไคโตแซนแบบเม็ด
โดย	นางสาวรามนรี เนตรวิเชียร
สหสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.สุธา ขาวเธียร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.เจิดศักดิ์ ไชยคุนา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.สุธา ขาวเธียร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.เจิดศักดิ์ ไชยคุนา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

รามนรี เนตรวิเชียร : การกำจัดสารหนูในรูปอาร์ซิเนตในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ไคโตแซนแบบเม็ด (REMOVAL OF ARSENIC (V) FROM SYNTHETIC WASTEWATER USING CHITOSAN BEADS) อ. ที่ปรึกษา : ดร.สุธา ขาวเธียร และ อ. ที่ปรึกษาร่วม : ดร.เจิดศักดิ์ ไชยคุนา; 114 หน้า, ISBN 974-13-0345-9.

การศึกษาความสามารถในการดูดซับอาร์ซิเนตในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ไคโตแซนแบบเม็ด ทำโดยใช้ปฏิกรณ์แบบชุดชนิดผสมสมบูรณ์ที่อุณหภูมิห้อง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เวลา พีเอชของสารละลาย ความเข้มข้นเริ่มต้นของอาร์ซิเนต และปริมาณไคโตแซน มีผลต่อปริมาณการดูดซับ การดูดซับของอาร์ซิเนตบนไคโตแซนแบบเม็ดถึงภาวะสมดุลภายในเวลาน้อยกว่า 24 ชั่วโมง ที่พีเอชต่ำให้ประสิทธิภาพการกำจัดอาร์ซิเนตสูงกว่าที่พีเอชสูง ความสามารถของไคโตแซนแบบเม็ดในการดูดซับอาร์ซิเนตมีค่าอยู่ในช่วง 0.0061–1.3167 มิลลิกรัมต่อกรัม ภาวะที่เหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้ คือการใช้ปริมาณไคโตแซน 0.5 กรัม ด้วยอัตราเร็วในการเขย่า 150 รอบต่อนาที ที่พีเอช 6 ภายในเวลา 24 ชั่วโมง การเพิ่ม ionic strength ($NaNO_3$) และการมีแอนไอออนอื่น (SO_4^{2-}) ไม่มีผลกระทบต่อการดูดซับของอาร์ซิเนตบนไคโตแซนแบบเม็ด ผลจากการกำจัดไคโตแซนที่ใช้งานแล้วด้วยวิธี leaching test แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของอาร์ซิเนตในสารละลายมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต รามนรี เนตรวิเชียร

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4289690020 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD: ARSENIC / CHITOSAN BEADS / ADSORPTION

RAMNAREE NETVICHIAN : REMOVAL OF ARSENIC (V) FROM SYNTHETIC WASTEWATER USING CHITOSAN BEADS. THESIS ADVISOR : SUTHA KHAODHIAR, Ph.D. and THESIS COADVISOR : JIRDSAK TSCHEIKUNA, Ph.D., 114 pp. ISBN 974-13-0345-9.

The adsorption ability of arsenate from synthetic wastewater using chitosan beads was studied in a completely-mixed batch reactor at room temperature. The results indicated that time, solution pH, initial arsenate concentration, and chitosan weight affected the adsorption capacity. The equilibrium adsorption of arsenate on chitosan beads was reached in less than 24 hours. Arsenate removal efficiency was higher at lower pH. Adsorption capacity of arsenate on chitosan beads was in the range of 0.0061 – 1.3168 mg/g. The appropriate conditions for this study were using chitosan weight of 0.5 grams with shaking rate of 150 rpm at pH 6 for 24 hours. Increasing ionic strength ($NaNO_3$) and the presence of other anion (SO_4^{2-}) had no effect on arsenate adsorption on chitosan beads. The result from leaching test for spent chitosan beads showed that arsenate concentration in the solution was less than those of the Ministry of Industry's standard.

Inter-Department Environmental Science	Student's signature Ramnaree Netvichian
Field of study Environmental Science	Advisor's signature
Acadamic year 2000	Coadvisor's signature Jirdsak Tscheikuna

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สุธา ขาวเธียร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร.เจิดศักดิ์ ไชยคุนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนช่วยแก้ไขรายละเอียดต่างๆในวิทยานิพนธ์ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ และ รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้องทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการเขียนวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม และ มูลนิธิชิน โสภณพนิช ด้านสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านทุนอุดหนุนการวิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์ พี่ๆ และเพื่อนๆ ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการทุกๆท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ รวมทั้งให้ความช่วยเหลืออนุเคราะห์ด้านสารเคมี เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. ภาวดี เมธะคานนท์ และ คุณก้องเกียรติ คงสุวรรณ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และข้อมูลในการทำการวิจัย

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานวิจัย พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี และเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ที่สำคัญที่สุด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อบรม เลี้ยงดู รวมทั้งส่งเสริมและสนับสนุนการศึกษาเป็นอย่างดีมาตลอด อีกทั้งเป็นกำลังใจที่สำคัญ ทำให้สามารถสำเร็จการศึกษาตามเจตนารมณ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูป ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 3

1.3 ขั้นตอนการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ลักษณะทั่วไปของสารหนู 4

2.1.1 ประเภทของสารหนู 4

2.1.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมี 6

2.2 การแพร่กระจายสารหนูในสิ่งแวดล้อม 9

2.2.1 การแพร่กระจายสารหนูจากอากาศเข้าสู่พื้นดิน 10

2.2.2 การแพร่กระจายสารหนูในแหล่งน้ำ 12

2.3 ความเป็นพิษของสารหนู 15

2.4 วิธีการกำจัดสารหนู 17

2.4.1 วิธีการดูดซับ หรือ การดูดติดผิว (Adsorption) 18

2.4.1.1 กลไกการดูดซับ (Adsorption Mechanism) 19

2.4.1.2 อัตราการเคลื่อนย้ายโมเลกุล (Rate of Molecular Transfer) 19

2.4.2 วิธีการตกตะกอน (Precipitation) 22

2.5 ลักษณะทั่วไปของไคโตแซน 23

2.6 กระบวนการผลิตไคโตแซน 25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.1 กระบวนการทางเคมี 27

2.6.2 กระบวนการทางกายภาพ 28

2.7 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไคโตแซน 29

2.7.1 สมบัติทางกายภาพของไคโตแซน 29

2.7.1.1 การละลาย (Solubility) 29

2.7.1.2 น้ำหนักโมเลกุล (Molecular weight) 30

2.7.1.3 ความหนืด (Viscosity) 30

2.7.1.4 ความสามารถในการรวมตะกอนและตกตะกอน (Flocculation and Coagulation ability) 30

2.7.2 การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของไคโตแซน 30

2.8 การนำไคโตแซนมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียและใช้งานด้านอื่นๆ 33

2.8.1 การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย 33

2.8.2 สิ่งทอและกระดาษ 36

2.8.3 การเกษตร 37

2.8.3.1 ใช้เป็นสารเคลือบป้องกันเมล็ดพันธุ์ 37

2.8.3.2 ใช้เป็นปุ๋ย 37

2.8.3.3 ใช้ยืดอายุผลผลิตทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว 37

2.8.4 วัสดุทางการแพทย์ 38

2.8.5 อาหารและยา 38

บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย 41

3.1 ขั้นตอนการวิจัย 41

3.2 วัตถุดิบและสารเคมี 41

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือการวิจัย 42

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย 43

3.4.1 การเตรียมการทดลอง 44

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.1.1 เตรียมสารละลายอาร์ซิเนตที่ความเข้มข้น
0.00 , 0.05 , 0.1 , 0.5 , 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร 44
3.4.1.2 การเตรียมไคโตแซนแบบเม็ด 44
3.4.2 ศึกษาสภาวะและกลไกที่เหมาะสมในการใช้ไคโตแซนดูดซับสารหนู
ในรูปอาร์ซิเนต [As(V)] 46
3.4.2.1 ศึกษาผลของเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการดูดซับ 46
3.4.2.2 ศึกษาผลของ พีเอช และความเข้มข้นของสารละลายอาร์ซิเนต
ที่เหมาะสมในการดูดซับ 47
3.4.2.3 ศึกษาปริมาณไคโตแซนที่เหมาะสมต่อการดูดซับ 47
3.4.2.4 ศึกษาอิทธิพลของ Ionic strength ต่อความสามารถ
ในการดูดซับ 47
3.4.2.5 ศึกษาอิทธิพลของแอนไอออน (SO_4^{2-}) ต่อความสามารถ
ในการดูดซับ 47
3.4.2.6 ศึกษาการละลายของไคโตแซนแบบเม็ดในสารละลาย
ที่สภาวะต่างๆ ระหว่างทำการทดลองโดยใช้เครื่อง
Total Organic Carbon 48
3.4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของไคโตแซนแบบเม็ดระหว่าง
น้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียที่มีสารหนูปนเปื้อน 48
3.4.4 ศึกษาวิธีการกำจัดไคโตแซนที่ใช้งานแล้ว โดยวิธี Leaching test 49
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 50
4.1 สมบัติทางกายภาพของไคโตแซนแบบเม็ด 50
4.1.1 การละลาย 53
4.1.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของไคโตแซนแบบเม็ด (Moisture content, %)
หาพื้นที่ผิวและเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุน 54
4.2 ศึกษาสภาวะและกลไกที่เหมาะสมในการใช้ไคโตแซนแบบเม็ด
ดูดซับสารหนู [As(V)] 56

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.1 ผลของเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการดูดซับ 58

4.2.2 ผลของ พีเอช และความเข้มข้นของสารละลายอาร์ซิเนต ที่เหมาะสมในการดูดซับ 61

4.2.3 ปริมาณไคโตแซนที่เหมาะสมต่อการดูดซับ 71

4.2.4 อิทธิพลของ Ionic strength ต่อความสามารถในการดูดซับ 73

4.2.5 อิทธิพลของแอนไอออน (SO_4^{2-}) ต่อความสามารถในการดูดซับ 76

4.2.6 การหาไอโซเทอมของการดูดซับ (Adsorption Isotherm) 79

4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับของไคโตแซนแบบเม็ดระหว่างน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียที่มีสารหนูปนเปื้อน 83

4.4 ผลการกำจัดไคโตแซนที่ใช้งานแล้วโดยวิธี Leaching test 85

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 86

5.1 สรุปผลการวิจัย 86

5.2 ข้อเสนอแนะ 88

รายการอ้างอิง 89

ภาคผนวก 94

ภาคผนวก ก 95

ภาคผนวก ข 97

ภาคผนวก ค 101

ประวัติผู้วิจัย 114

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ประเภทของสารหนูและสารประกอบของสารหนู	4
2.2	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประเภทต่างๆ	17
2.3	ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารดูดซับชนิดต่างๆในการดูดซับสารหนู ต่อความจุของสารดูดซับ	21
2.4	แหล่งและองค์ประกอบของไคตินในสิ่งมีชีวิต	25
2.5	การละลายของไคโตแซนในสารละลายกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ	29
2.6	การนำไคติน-ไคโตแซนและอนุพันธ์ต่างๆไปใช้ประโยชน์	39
2.7	ประสิทธิภาพการดูดซับของไคโตแซนและอนุพันธ์ไคโตแซน ต่อโลหะชนิดต่างๆ	40
3.1	พารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง	43
4.1	ผลการละลายของไคโตแซนแบบเม็ดในสารละลายชนิดต่างๆ	52
4.2	เปอร์เซ็นต์ความชื้นของไคโตแซนแบบเม็ด	54
4.3	สรุปผลการทดลองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับต่อประสิทธิภาพ การกำจัดสารหนู (Arsenic removal, %) ของไคโตแซนแบบเม็ด	63
4.4	สรุปผลการทดองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับต่อความสามารถ ในการดูดซับของไคโตแซนแบบเม็ด	64

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การแพร่กระจายสารหนูจากอากาศเข้าสู่พื้นดิน	11
2.2	โครงสร้างพื้นผิวของอาร์ซิเนต [As(V)] ที่ถูกดูดซับบนจีโอไทต์ (goethite)	13
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า E_h และพีเอช	14
2.4	กระบวนการเมตาโบลิซึมสารหนูในร่างกายของมนุษย์	16
2.5	การกระจายโมเลกุลระหว่างของเหลวและพื้นผิวของของแข็ง	18
2.6	ขั้นตอนในการดูดซับที่ผิวของสารดูดซับที่มีรูพรุน	20
2.7	โครงสร้างของเซลลูโลส ไคติน และไคโตแซน	24
2.8	การผลิตไคโตแซนโดยใช้กระบวนการทางเคมี	27
2.9	การเกิดคีเลตชันระหว่างไคโตแซนกับไอออนของทองแดง	32
2.10	การเกิดคีเลตชันระหว่างสายพอลิเมอร์ไคโตแซนกับไอออนของทองแดง	32
3.1	แผนภูมิการเตรียมไคโตแซนแบบเม็ด	45
4.1	ลักษณะที่แตกต่างของไคโตแซนแบบผงและไคโตแซนแบบเม็ด ในภาพถ่ายจากกล้องถ่ายรูป	51
4.2	ลักษณะที่แตกต่างของไคโตแซนแบบผงและไคโตแซนแบบเม็ด ในภาพถ่ายจากเครื่อง SEM	52
4.3	ภาพถ่าย SEM ของไคโตแซนแบบเม็ดก่อนนำไปทดลองดูดซับอาร์ซิเนต และไคโตแซนแบบเม็ดหลังการทดลองที่มีการดูดซับอาร์ซิเนต	57
4.4	ประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูและเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการดูดซับ	60
4.5	ความสามารถในการดูดซับสารหนูและเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการดูดซับ	60
4.6	ประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูและพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับ	66
4.7	ประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูระหว่างการใช้ความเร็วในการเขย่า 150 รอบต่อนาที ทุกค่าพีเอชและกรณีที่ไม่มีการเขย่าที่พีเอช 6	66
4.8	ความสามารถในการดูดซับสารหนูและพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับ	67
4.9	ความสามารถในการดูดซับสารหนูระหว่างการใช้ความเร็วในการเขย่า 150 รอบต่อนาที ทุกค่าพีเอชและกรณีที่ไม่มีการเขย่าที่พีเอช 6	67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.10 ประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูและ ปริมาณไดโตแซนแบบเม็ด ที่เหมาะสมในการดูดซับ 72
4.11 ความสามารถในการดูดซับสารหนูและ ปริมาณไดโตแซนแบบเม็ด ที่เหมาะสมในการดูดซับ 72
4.12 ประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูเมื่อมีสารละลายโซเดียมไนเตรท ที่ความเข้มข้นต่างๆ 75
4.13 ความสามารถในการดูดซับสารหนูเมื่อมีสารละลายโซเดียมไนเตรท ที่ความเข้มข้นต่างๆ 75
4.14 ประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูเมื่ออัตราส่วนโดยโมลระหว่าง อาร์ซิเนต ต่อ ซัลเฟต มีค่าเท่ากับ 1:0 , 1:0.5 , 1:1 และ 1:2 78
4.15 ความสามารถในการดูดซับสารหนูเมื่ออัตราส่วนโดยโมลระหว่าง อาร์ซิเนต ต่อ ซัลเฟต มีค่าเท่ากับ 1:0 , 1:0.5 , 1:1 และ 1:2 78
4.16 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบเส้นตรง ที่พีเอช 4, 24 ชั่วโมง 79
4.17 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบเส้นตรง ที่พีเอช 6, 24 ชั่วโมง 80
4.18 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบเส้นตรง ที่พีเอช 6, 24 ชั่วโมง กรณีไม่มีการเขย่า 80
4.19 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบเส้นตรง ทีพีเอช 8, 24 ชัวโมง 81
4.20 ไอโซเทอมของการดูดซับแบบเส้นตรง ที่พีเอช 10, 24 ชั่วโมง 81