รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ควบคุมมลพิษ, กรม. กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย. 2541. สารหนู (Arsenic) พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ , บริษัท อินทิเกรเต็ต โปรโมชั่น เทคโนโลยี จำกัด

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2541. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการสำรวจและวิเคราะห์เพื่อจัดทำแผนปฏิบัติการฟื้นฟูสภาพการปนเปื้อนของสารหนูที่ อำเภอร่อนพิบูรณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ปราณี เลิศสุทธิวงศ์ , สุวลี จันทร์กระจ่าง และ Steven, W. F. 2543. การใช้ไคโตแซนในการปรับปรุงคุณภาพของกระดาษ. การประชุมวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีวัสดุแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1 วันที่ 19-21 กรกฎาคม 2543 โรงแรมอมารี วอเตอร์เกต กรุงเทพฯ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTAC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA) กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม : 361-364.

สุมาลัย ศรีกำไลทอง, พรศ วิจารณ์รัฐขันธ์ และ ปาริชาติ หลายชูไทย. 2540. การสังเคราะห์อนุพันธ์ไคโตแซนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนัก. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

อนามัย, กรม กระทรวงสาธารณะสุข. 2537. คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2540. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 (พ.ศ.2540). กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม.

ภาษาอังกฤษ

ASTM D 2972-93. 1996. Standard Test Methods for Arsenic in Water . Annual Book of ASTM Standards 11.01 : 251-257.

Bailey, S. E. ; Olin, T. J. ; Bricka, R. M. and Adrian, D. 1999. A Review of Potentially Low-cost Sorbents for Heavy Metals. Water Research 33(11) : 2469-2479.

Bassi, R. ; Prasher, S. O. and Simpson B. K. 2000. Removal of Selected Metal Ions from Aqueous Solutions Using Chitosan Flakes. Separation Science and Technology 35(4) : 547-560.

Caihua, N. I. and Yuwu, X. U. 1996. Studies on Synthesis and Properties of Chelating Resins Bases on Chitosan. Journal of Applied Polymer Science 59 : 499-504.

Carbonell-Barrachina, A.A. ; Jugsujidn, A. and Burlo, F. 2000. Arsenic Chemistry in Municipal Sewage Sludge as Affected by Redox Potential and pH. Water Research 34(1) : 216-224.

Dambies, L. ; Guibal, E. ; Milot, C. and Roussy, J. 2000. A As(V) Sorption on Molybdate-Impregnated Chitosan Beads. Colloids and Surfaces A : Physicochemical and Engineering Aspects 177(2-3) : 203-214.

Diamadopoulos, E. ; Ioannidis, S. and Sakellaropoulos, G. P. 1993. As(V) Removal from Aqueous Solutions by Fly Ash. Water Research 27(12) : 1773-1777.

Dikshit, A. K. 2000. Arsenic in Groundwater and Its Sorption by Kimberlite Tailings. Journal of Environmental Science and Health part A- toxic/hazardous substance & Environmental Engineering. 35(1) : 65-85.

Eckenfelder, W. W.,Jr. 1981. Application of Adsorption to Wasterwater Treatment. Nashville,.Tenessee : Enviropress.

Fendorf, S. ; Eick, M. J. and Grossl, P. 1997. Arsenate and Chromate Retention Mechanisms on Geothite. 1. Surface Structure. Environmental Science and Technology 31(2) : 315-320.

Fergusson, J. E. 1989. The Heavy Elements : Chemistry , Environmental Impact and Health Effects . New York : Pergamon Press .

Guibal, E. ; Jansson-Charrier, M. ; Roussy, J ; Dambies, L. and Le Cloirec, P. 1996. Vanadium (IV) Sorption by Chitosan : Kinetics and Equilibrium. Water Research 30(2) : 465-475.

Guibal, E. ; Jansson-Charrier, M. ; Saucedo, I. ; and Le Cloirec, P. 1995. Enhancement of Metal Ion Sorption Performances of Chitosan : Effect of the Structure on the Diffusion Properties. Langmuir 11(2) : 591-598.

Guibal, E. ; Milot, C. ; and Roussy, J. 2000. Influence of Hydrolysis Mechanisms on Molybdate Sorption Isotherms Using Chitosan. Separation Science and Technology 35 (7) : 1021-1038.

Guibal, E. ; Milot, C. ; and Tobin, J. M. 1998. Metal - Anion Sorption by Chitosan Beads : Equilibrium and Kinetic Studies. Ind. Eng. Chem. Res. 37 : 1454-1463.

Guibal, E. 1999. Chitosan Sorbents for Platinum Sorption from Dilute Solution. Ind. Eng. Chem. Res. 38 : 4011-4022.

Guibal, E. ; Dambies, L. ; Milot, C. and Roussy, J. 1999. Influence of Polymer Structural Parameters and Experimental Conditions on Metal Anion Sorption by Chitosan. Polymer International 48 : 671-680.

Gupta, K. C. and Kumar, R. 2000. Preparation, Characterization and Release Profiles of pH-Sensitive Chitosan Beads. Polymer International 49 : 141-146.

Joshi, A. and Chaudhuri, M. 1996. Removal of Arsenic from Ground Water by Iron Oxide-Coated Sand. Journal of Environmental Engineering : 769-771.

Juang, R-S and Wu, F-C. 1999. Adsorption Removal of Copper(II) Using Chitosan from Simulated Rinse Solutions Containing Chelating Agents. Journal Water Research 33 (10) : 2403-2409.

Kaminski, W. and Modrzejewska, Z. 1997. Application of Chitosan Membranes in Separation of Heavy Metal Ions. Separation Science and Technology 32(16) : 2659-2668.

Karen, N. S. 1995. Arsenic Removal by Coagulation. J. AWWA. 87 : 114-126.

Kawamura, Y. ; Yoshida, H. and Asai, S. 1997. Effects of Chitosan Concentration and Precipitation Bath Concentration on the Material Properties of Porous Crosslinked Chitosan Beads. Guibal, E. ; Milot, C. ; and Tobin, J. M. 1998..

Lackovic, J. A. 2000. Inorganic Arsenic Removal by Zero-valent Iron. Environmental Engineering Science 17(1) : 29-39.

Lasko, C. L. and Hurst, M. P. 1999. An Investigation into the use of Chitosan for the Removal of Soluble Silver from Industrial Wastewater. Environmental Science Technology 33(20) : 3622-3626.

Lee, Y-T. ; Lee S-H. ; Shin H-J. ; Kajiuchi, T. and Yang, Ji-W. 1998. Characteristics of Lead Removal by Crab Shell Particles. Process Biochemistry 33(7) : 749-753.

Marc, E. 1994. Chemistry of Arsenic Removal During Coagulation and Fe-Mn Oxidation . J. AWWA. 86 : 64-78.

Namasivayam, C. 1998. Removal of Arsenic(V) from Aqueous Solution Using Industrial Solid Waste : Adsorption Rates and Equilibrium Studies. Ind. Eng. Chem. Res. 37 : 4816-4822.

Normam, N. C. 1998. Chemistry of Arsenic , Antimony and Bismuth. First edition . London : Thomson Science

Nyein, N. A. 1998. Adsorption / Desorption of Heavy Metal Using Chitosan. Journal of Environmental Research 20 (2) : 10-38.

Okuyama, K. and Noguchi, K. 2000. Structural Diversity of Chitosan and its Complexes. Carbohydrate Polymers 41 : 237-247.

Onsøyen, E. and Skaugrud, O. 1990. Metal Recovery Using Chitosan. J. Chem. Tech. Biotechnol. 49 : 395-404.

Oyrton, A.C. ; Monteiro Jr. and Claudio Airoldi. 1999. Some Thermodynamic Data on Copper-Chitin and Copper-Chitosan Biopolymer Interactions. Journal of Colloid and Interface Science 212 : 212-219.

Piron, E. 1997. Interaction between Chitosan and Uranyl Ions . Role of Physical and Physicochemical Parameters on the Kinetics of Sorption. Langmuir 13 : 1653-1658.

Pontius, F. W. ; Brown, G. and Chen, C-J. 1994. Health Implications of arsenic in Drinking Water. J. AWWA. 86 : 52-63.

Raven, K. P. 1998. Arsenite and Aesenate Adsorption on Ferrihydrite : Kinetics , Equilibrium , and Adsorption Envelopes. Environmental Science and Technology 32(3) : 344-349.

Rhazi, M. ; Desbrieres, J. ; Tolaimate, A. ; Alagui, A. 2000. Investigation of Different Natural Sources of Chitin : Influence of The Source and Deacetylation Process on the Physicochemical Characteristics of Chitosan. Polymer International 49 : 337-344.

Rorrer, G. L. ; Hsien, T-Y. ; and Way, J. D. 1993. Synthesis of Porous-magnetic Chitosan Beads for Removal of Cadmium Ions from Waste Water. J. Ind. Eng.Chem. Res. 32(9) : 2170-2178.

Rorrer, G. L. and Hsien, T-Y. 1995. Effects of Acylation and Crosslinking on The Material Properties and Cadmium Ion Adsorption Capacity of Porous Chitosan Beads. Separation Science and Technology 30(12) : 2455-2475.

Saha, J. C. ; Dikshit, A. K. and Bandyopadhyay, M. 1999. A Review of Arsenic Poisoning and its Effects on Human Health. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 29(3) : 281-313.

Sanford, P. A. 1989. Chitosan : Commercial Uses and Potential Applications , In Chitin and Chitosan : Sources , Chemistry , Biochemistry , Physical Properties and Applications. New York : Elsevier Science Publishers.

Shahidi, F. ; Arachchi, J. K. V. and Jeon, Y-J. 1999. Food Applications of chitin and Chitosans. Trends in Food Science & Technology 10 : 37-51.

Shigehiro, H. 1996. Chitin Biotechnology Applications. Biotechnology Annual Review 2 : 237-258.

Shigehiro, H. 1999. Chitin and Chitosan as Novel Biotechnological Materials. Polymer International 48 : 732-734.

Singh, D. B. 1988. As(III) Removal from Aqueous Solution by Adsorption. Water , Air , and Soil Pollution 42 : 373-386.

Tomoyo, M. 1992. Heavy Metal Uptake by Swollen Chitosan Beads. Biosci. Biotech. Biochem. 56(6) : 985.

Wan Ngah, W. S. 1999. Adsorption of Gold(III) Ions onto Chitosan and N-Carboxymetal Chitosan : Equilibrium Studies. J. Ind. Eng. Chem. Res. 38(4) : 1411-1414.

Wasay, S.A. ; Haron, Md. J. ; Uchiumi, A. and Tolkunage, S. 1996. Removal of Arsenite and Arsenate Ions from Aqueous Solution by Basic Yttrium Carbonate. Water Research 30 (5) : 1143-1148.

World Health Organization. 1981. Environmental Health Criteria 18 : Arsenic. Finland : Vammala.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์อาร์ซินิก (Arsenic)
โดยเครื่อง Hydride Generation Atomic Absorption Spectroscopy (HG-AAS)

หลักการ ตามวิธีของ ASTM D 2972-93

อาร์ซินิกสามารถถูกรีดิวซ์ด้วยโซเดียมบอโรไฮไดรด์ ($NaBH_4$) ในสารละลายที่เป็นกรด ไฮไดรด์ของอาร์ซินิกจะถูกพาออกไปทำปฏิกิริยาด้วยก๊าซไนโตรเจนหรือ ก๊าซอาร์กอนเข้าไปสู่ hydrogen flame ซึ่งอากาศจะเป็นตัวช่วยให้ไฮโดรเจนติดไฟ (entrained air) ความร้อนจาก flame จะทำให้ไฮไดรด์สลายตัวเกิดเป็นอะตอมเสรีของธาตุ และเมื่ออะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 193.7 นาโนเมตร (nm) ซึ่งเป็นคลื่นแสงที่มีความยาวพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของธาตุอาร์ซินิกเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น โดยการดูดกลืนพลังงานจากโฟตรอนเป็น atomic absorption

สิ่งรบกวนในการวิเคราะห์อาร์ซินิก

กรดไนตริกและสารประกอบ NO_x ที่มีความเข้มข้นสูงกว่า 1 M และ การมีเหล็ก (Iron) , แอนติโมนี (Antimony) , ทองแดง (Copper) และ ดีบุก (Tin) จำนวนมากในสารละลายอาจรบกวนการวิเคราะห์อาร์ซินิก

การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายกรด (Acid solution)

   ใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 10 M

2. สารละลายของโซเดียมบอโรไฮไดรด์ (Sodium borohydride reducing solution : $NaBH_4$)

   ละลาย $NaBH_4$ 3.0 g , NaOH 2.5 g และ KI 50 g ในน้ำกลั่นประมาณ 300 ml และปรับปริมาตรให้ได้ 500 ml (0.6 % $NaBH_4$, 0.5 % NaOH และ 10 % KI)

การวิเคราะห์

1. Cell ใช้ standard absorption cell
2. Flame ใช้ Air-acetylene
3. Conditions
   (1) Carrier gas - Nitrogen
   (2) Atomic absorption spectrophotometer

Hollow cathode Lamp	- Arsenic
Lamp current	- 10 mA
Wave length	- 193.7 nm
Slit width	- 0.2 nm

   (3) Flow rate

Acid solution(HCl)	1 ml/min
$NaBH_4$ solution	1 ml/min
Sample or standard solution	7 ml/min

ภาคผนวก ข

ผลการละลายของไคโตแซนแบบเม็ดโดยใช้เครื่อง Total Organic Carbon Analyzer

การคำนวณ

$$\% \text{ การละลายของไคโตแซน} = \frac{\text{ค่าคาร์บอนทั้งหมดที่ละลาย (TOC)} \times 100}{\text{น้ำหนักของไคโตแซนเริ่มต้น}}$$

ตารางที่ ข-1 ผลการละลายของไคโตแซนแบบเม็ด : กรณีผลของเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการดูดซับ

ภาวะ	[As] เริ่มต้น (ppm)	น้ำหนักของไคโตแซน (g)	ค่า TOC (mg/L)	% การละลาย
pH 6, เวลา 1 hr.	1.00	0.1380	0.4989	0.0362
เวลา 3 hr.	1.00	0.1555	0.5190	0.0334
เวลา 6 hr.	1.00	0.1344	0.4350	0.0324
เวลา 12 hr.	1.00	0.1341	0.5070	0.0378
เวลา 24 hr.	1.00	0.1319	0.4503	0.0341
เวลา 36 hr.	1.00	0.1403	0.4270	0.0304
เวลา 48 hr.	1.00	0.1425	0.4350	0.0305

ตารางที่ ข-2 ผลการละลายของไคโตแซนแบบเม็ด : กรณีผลของพีเอช และความเข้มข้นของสารละลายอาร์ซิเนตที่เหมาะสมในการดูดซับ

ภาวะ	[As] เริ่มต้น (ppm)	น้ำหนักของไคโตแซน (g)	ค่า TOC (mg/L)	% การละลาย
pH 4 , 24 hr	0.00	0.1710	0.0000	0.0000
	0.05	0.1233	0.0000	0.0000
	0.10	0.1419	0.0000	0.0000
	0.50	0.1505	1.3200	0.0877
	1.00	0.1520	1.3800	0.0908
	2.00	0.1395	1.3000	0.0932
pH 6 , 24 hr	0.00	0.1409	0.0000	0.0000
	0.05	0.1524	0.3701	0.0243
	0.10	0.1474	0.3390	0.0230
	0.50	0.1685	0.3480	0.0207
	1.00	0.1516	0.3510	0.0232
	2.00	0.1452	0.2980	0.0205
pH 8 , 24 hr	0.00	0.1253	0.0000	0.0000
	0.05	0.1426	0.0000	0.0000
	0.10	0.1345	0.0000	0.0000
	0.50	0.1392	0.0000	0.0000
	1.00	0.1110	0.0000	0.0000
	2.00	0.1460	0.0000	0.0000
pH 10 , 24 hr	0.00	0.1213	0.0000	0.0000
	0.05	0.1475	0.0000	0.0000
	0.10	0.1389	0.0000	0.0000
	0.50	0.1190	0.0000	0.0000
	1.00	0.1286	0.0000	0.0000
	2.00	0.1282	0.0000	0.0000
pH 6 , 24 hr (ไม่เขย่า)	0.00	0.1390	0.0355	0.0026
	0.05	0.1674	0.0430	0.0026
	0.10	0.1410	0.0780	0.0055
	0.50	0.1285	0.2530	0.0197
	1.00	0.1790	0.2970	0.0166
	2.00	0.1651	0.2620	0.0159

ตารางที่ ข-3 ผลการละลายของไคโตแซนแบบเม็ด : กรณีปริมาณไคโตแซนที่เหมาะสมต่อการดูดซับ

ภาวะ	[As] เริ่มต้น (ppm)	น้ำหนักของไคโตแซน (g)	ค่า TOC (mg/L)	% การละลาย
pH 6 , 24 hr.	1.00	0.1295	0.2870	0.0222
	1.00	0.5163	0.3500	0.0068
	1.00	1.0052	0.6120	0.0061
	1.00	2.0100	1.1000	0.0055

ตารางที่ ข-4 ผลการละลายของไคโตแซนแบบเม็ด : กรณีอิทธิพลของ Ionic strength ต่อความสามารถในการดูดซับ

ภาวะ	ชุดที่	[As] เริ่มต้น (ppm)	น้ำหนักไคโตแซน (g)	ค่า TOC (mg/L)	% การละลาย	ค่าเฉลี่ย	SD
$NaNO_3$ 0.00 mol/L	1	1.00	0.5158	0.3520	0.0068		
	2	1.00	0.5133	0.3830	0.0075	0.0069	0.0005
	3	1.00	0.5059	0.3270	0.0065		
$NaNO_3$ 0.02 mol/L	1	1.00	0.5171	0.5012	0.0097		
	2	1.00	0.5101	0.4800	0.0094	0.0104	0.0015
	3	1.00	0.5170	0.6290	0.0122		
$NaNO_3$ 0.04 mol/L	1	1.00	0.5180	0.4500	0.0087		
	2	1.00	0.5115	0.2820	0.0055	0.0081	0.0024
	3	1.00	0.5030	0.5130	0.0102		
$NaNO_3$ 0.06 mol/L	1	1.00	0.5027	1.0600	0.0211		
	2	1.00	0.5026	0.4760	0.0095	0.0164	0.0061
	3	1.00	0.5062	0.9480	0.0187		
$NaNO_3$ 0.08 mol/L	1	1.00	0.5057	0.7280	0.0144		
	2	1.00	0.5033	1.1700	0.0232	0.0143	0.0091
	3	1.00	0.5168	0.2640	0.0051		
$NaNO_3$ 0.10 mol/L	1	1.00	0.5078	0.7990	0.0157		
	2	1.00	0.5119	0.7410	0.0145	0.0146	0.0011
	3	1.00	0.5062	0.6900	0.0136		

ตารางที่ ข-5 ผลการละลายของไดโตแซนแบบเม็ด : กรณีอิทธิพลของแอนไอออน (SO_4^{2-}) ต่อความสามารถในการดูดซับ

ภาวะ	ชุดที่	[As] เริ่มต้น (ppm)	น้ำหนักไดโตแซน (g)	ค่า TOC (mg/L)	% การละลาย	ค่าเฉลี่ย	SD
[SO_4^{2-}] 0.0 ppm	1	1.00	0.5099	0.3970	0.0078		
	2	1.00	0.5285	0.5220	0.0099	0.0085	0.0012
	3	1.00	0.5165	0.4060	0.0079		
[SO_4^{2-}] 0.5 ppm	1	1.00	0.5199	0.6150	0.0118		
	2	1.00	0.5098	0.5860	0.0115	0.0107	0.0017
	3	1.00	0.5194	0.4510	0.0087		
[SO_4^{2-}] 1.0 ppm	1	1.00	0.5022	0.5420	0.0108		
	2	1.00	0.5036	0.3620	0.0072	0.0094	0.0019
	3	1.00	0.5097	0.5150	0.0101		
[SO_4^{2-}] 2.0 ppm	1	1.00	0.5191	0.4620	0.0089		
	2	1.00	0.5118	0.4460	0.0087	0.0078	0.0018
	3	1.00	0.5139	0.2950	0.0057		

ภาคผนวก ค

1. ประสิทธิภาพและความสามารถในการดูดซับสารหนูในรูปของสารละลายอาร์ซิเนต [As(V)]

ตารางที่ ค-1 เวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการดูดซับ

เวลา (hr)	[As] เริ่มต้น : Co (ppm)	wt. Chitosan (g)	[As] ที่สมดุล : Ce (ppm)	Arsenic removal, %	Adsorption Capacity : q (mg/g)
1	1.00	0.1380	0.2780	72.20	0.5232
3	1.00	0.1555	0.2290	77.10	0.4958
6	1.00	0.1344	0.2340	76.60	0.5699
12	1.00	0.1341	0.2360	76.40	0.5697
24	1.00	0.1319	0.2350	76.50	0.5800
36	1.00	0.1403	0.2240	77.60	0.5531
48	1.00	0.1425	0.3330	66.70	0.4681

ตารางที่ ค-2 สรุปรวมผลของพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับ

[As] เริ่มต้น : Co (ppm)	Arsenic removal, %				
	pH 4 , 24 hr	pH 6 ,24 hr	pH 6 ,24 hr (ไม่เขย่า)	pH 8 ,24 hr	pH 10 ,24 hr
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	90.24	54.60	43.20	74.80	17.86
0.10	94.00	54.80	45.90	73.50	14.80
0.50	94.22	62.40	55.20	90.96	12.40
1.00	92.48	78.60	70.50	67.80	10.70
2.00	91.84	82.00	72.15	68.60	9.53

ตารางที่ ค-2.1 ค่าการดูดซับสารละลายอาร์ซิเนต [As(V)] ของไคโตแซนแบบเม็ดที่พีเอช 4 ที่ 24 ชั่วโมง

[As] เริ่มต้น : Co (ppm)	wt. Chitosan (g)	[As] ที่สมดุล : Ce (ppm)	Arsenic removal, %	Adsorption Capacity: q (mg/g)
blank	0.1710	0.0000	0.00	0.0000
0.05	0.1233	0.0049	90.24	0.0366
0.10	0.1419	0.0060	94.00	0.0662
0.50	0.1505	0.0289	94.22	0.3130
1.00	0.1520	0.0752	92.48	0.6084
2.00	0.1395	0.1632	91.84	1.3167

ตารางที่ ค-2.2 ค่าการดูดซับสารละลายอาร์ซิเนต [As(V)] ของไคโตแซนแบบเม็ดที่พีเอช 6 ที่ 24 ชั่วโมง

[As] เริ่มต้น : Co (ppm)	wt. Chitosan (g)	[As] ที่สมดุล : Ce (ppm)	Arsenic removal, %	Adsorption Capacity : q (mg/g)
blank	0.1409	0.0000	0.00	0.0000
0.05	0.1524	0.0227	54.60	0.0179
0.10	0.1474	0.0452	54.80	0.0372
0.50	0.1685	0.1880	62.40	0.1852
1.00	0.1516	0.2140	78.60	0.5185
2.00	0.1452	0.3601	82.00	1.1294

ตารางที่ ค-2.3 ค่าการดูดซับสารละลายอาร์ซิเนต [As(V)] ของไคโตแซนแบบเม็ดที่พีเอช 6 ที่ 24 ชั่วโมง(กรณีไม่เขย่า)

[As] เริ่มต้น : Co (ppm)	wt. Chitosan (g)	[As] ที่สมดุล : Ce (ppm)	Arsenic removal, %	Adsorption Capacity : q (mg/g)
blank	0.1523	0.0000	0.00	0.0000
0.05	0.1674	0.0284	43.20	0.0153
0.10	0.1410	0.0541	45.90	0.0357
0.50	0.1285	0.2240	55.20	0.1542
1.00	0.1790	0.2950	70.50	0.4270
2.00	0.1651	0.5570	72.15	0.8740

ตาราง ค-2.4 ค่าการดูดซับสารละลายอาร์ซิเนต [As(V)] ของไคโตแซนแบบเม็ดที่พีเอช 8 ที่ 24 ชั่วโมง

[As] เริ่มต้น : Co (ppm)	wt. Chitosan (g)	[As] ที่สมดุล : Ce (ppm)	Arsenic removal, %	Adsorption Capacity : q (mg/g)
blank	0.1253	0.0000	0.00	0.0000
0.05	0.1426	0.0126	74.80	0.0262
0.10	0.1345	0.0265	73.50	0.0546
0.50	0.1392	0.0452	90.96	0.3267
1.00	0.1110	0.3220	67.80	0.6108
2.00	0.1460	0.6280	68.60	0.9397

ตาราง ค-2.5 ค่าการดูดซับสารละลายอาร์ซิเนต [As(V)] ของไคโตแซนแบบเม็ดที่พีเอช 10 ที่ 24 ชั่วโมง

[As] เริ่มต้น : Co (ppm)	wt. Chitosan (g)	[As] ที่สมดุล : Ce (ppm)	Arsenic removal, %	Adsorption Capacity: q (mg/g)
blank	0.1213	0.0000		
0.05	0.1475	0.0411	17.86	0.0061
0.10	0.1389	0.0852	14.80	0.0107
0.50	0.1190	0.4380	12.40	0.0521
1.00	0.1286	0.8930	10.70	0.0832
2.00	0.1283	1.8095	9.53	0.1486

ตารางที่ ค-3 ปริมาณไคโตแซนแบบเม็ดที่เหมาะสมในการดูดซับ ที่พีเอช 6 ที่ 24 ชั่วโมง

[As] เริ่มต้น : Co (ppm)	wt. Chitosan (g)	[As] ที่สมดุล : Ce(ppm)	Arsenic removal, %	Adsorption Capacity : q (mg/g)
1.00	0.1295	0.2480	75.20	0.5807
1.00	0.5163	0.2400	76.00	0.1472
1.00	1.0052	0.2456	75.44	0.0750
1.00	2.0100	0.5209	47.91	0.0238

ตารางที่ ค-4 อิทธิพลของ Ionic strength ต่อความสามารถในการดูดซับสารละลายอาร์ซิเนต [As(V)] ของไคโตแซนแบบเม็ด

ภาวะ	ชุดที่	[As] เริ่มต้น : Co (ppm)	น้ำหนักไคโตแซน (g)	[As] ที่สมดุล : Ce (ppm)	% Arsenic removal	Adsorption Capacity : q (mg/g)	ค่าเฉลี่ย % Removal	SD % Removal	ค่าเฉลี่ย q	SD q
$NaNO_3$ 0.00 mol/L	1	1.00	0.5158	0.2495	75.05	0.1455				
	2	1.00	0.5133	0.2618	73.82	0.1438	73.46	1.80	0.1435	0.0021
	3	1.00	0.5059	0.2850	71.50	0.1413				
$NaNO_3$ 0.02 mol/L	1	1.00	0.5171	0.2772	72.28	0.1398				
	2	1.00	0.5101	0.2640	73.60	0.1443	73.31	0.92	0.1424	0.0024
	3	1.00	0.5170	0.2595	74.05	0.1432				
$NaNO_3$ 0.04 mol/L	1	1.00	0.5180	0.2583	74.17	0.1432				
	2	1.00	0.5115	0.2606	73.94	0.1446	72.63	2.47	0.1422	0.0030
	3	1.00	0.5030	0.3021	69.79	0.1387				
$NaNO_3$ 0.06 mol/L	1	1.00	0.5027	0.2765	72.35	0.1439				
	2	1.00	0.5026	0.2694	73.06	0.1454	71.65	1.86	0.1422	0.0043
	3	1.00	0.5062	0.3046	69.54	0.1374				
$NaNO_3$ 0.08 mol/L	1	1.00	0.5057	0.2856	71.44	0.1413				
	2	1.00	0.5033	0.2921	70.79	0.1407	71.80	1.23	0.1412	0.0005
	3	1.00	0.5168	0.2683	73.17	0.1416				
$NaNO_3$ 0.10 mol/L	1	1.00	0.5078	0.2740	72.60	0.1430				
	2	1.00	0.5119	0.2655	73.45	0.1435	71.22	3.16	0.1400	0.0056
	3	1.00	0.5062	0.3240	67.60	0.1335				

ตารางที่ ค- 5 อิทธิพลของแอนไอออนอื่น (SO_4^{2-}) ต่อความสามารถในการดูดซับสารละลายอาร์ซิเนต [As(V)] ของไคโตแซนแบบเม็ด

ภาวะ	ชุดที่	[As] เริ่มต้น : Co (ppm)	น้ำหนักไคโตแซน (g)	[As] ที่สมดุล : Ce (ppm)	% Arsenic removal	Adsorption Capacity : q (mg/g)	ค่าเฉลี่ย % Removal	SD % Removal	ค่าเฉลี่ย q	SD q
$[SO_4^{2-}]$ 0.0 ppm	1	1.00	0.5099	0.2660	73.40	0.1439				
	2	1.00	0.5285	0.2485	75.15	0.1422	74.50	0.96	0.1438	0.0015
	3	1.00	0.5165	0.2504	74.96	0.1451				
$[SO_4^{2-}]$ 0.5 ppm	1	1.00	0.5199	0.2552	74.48	0.1433				
	2	1.00	0.5098	0.2710	72.90	0.1430	73.73	0.79	0.1428	0.0006
	3	1.00	0.5194	0.2618	73.82	0.1421				
$[SO_4^{2-}]$ 1.0 ppm	1	1.00	0.5022	0.2519	74.81	0.1490				
	2	1.00	0.5036	0.2688	73.12	0.1452	73.66	1.00	0.1458	0.0029
	3	1.00	0.5097	0.2696	73.04	0.1433				
$[SO_4^{2-}]$ 2.0 ppm	1	1.00	0.5191	0.2700	73.00	0.1406				
	2	1.00	0.5118	0.2516	74.84	0.1462	73.48	1.19	0.1427	0.0031
	3	1.00	0.5139	0.2740	72.60	0.1413				

ตารางที่ ค-6 ค่าการดูดซับสารละลายอาร์ซิเนต [As(V)] ของไคโตแซนแบบเม็ด : กรณีน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารหนู

สภาวะ	ชุดที่	[As] เริ่มต้น : Co (ppm)	น้ำหนักไคโตแซน (g)	[As] ที่สมดุล : Ce (ppm)	% Arsenic removal	Adsorption Capacity : q (mg/g)	ค่าเฉลี่ย % Removal	SD % Removal	ค่าเฉลี่ย q	SD q
น้ำเสียที่ปนเปื้อนสารหนู	1	0.0058	0.5037	0.0050	13.79	0.0002				
	2	0.0058	0.5162	0.0049	15.52	0.0002	14.37	1.00	0.0002	0.0000
	3	0.0058	0.5070	0.0050	13.79	0.0002				

ตารางที่ ค-7 ค่าการดูดซับสารละลายอาร์ซิเนต [As(V)] ของไคโตแซนแบบเม็ด : กรณี Leaching test

สภาวะ	ชุดที่	ปริมาณไคโตแซน (g)	[As] ที่ละลายออกมา (ppm)	ค่าเฉลี่ย (ppm)	SD
Leaching test	1	5.0043	3.0600		
	2	5.0260	2.4510	2.7867	0.31
	3	5.0182	2.8490		

2. ผลการเปลี่ยนแปลงของพีเอช

ตารางที่ ค-8 ผลการเปลี่ยนแปลงพีเอช : กรณีผลการหาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการดูดซับ

ภาวะ	[As] เริ่มต้น (ppm)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย
pH 6 , เวลา 1 hr.	1.00	6.04	6.18
เวลา 3 hr.	1.00	6.04	6.17
เวลา 6 hr.	1.00	6.04	6.32
เวลา 12 hr.	1.00	6.04	6.29
เวลา 24 hr.	1.00	6.04	6.31
เวลา 36 hr.	1.00	6.04	6.27
เวลา 48 hr.	1.00	6.04	6.82

ตารางที่ ค-9 ผลการเปลี่ยนแปลงพีเอช : กรณีผลการหาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับ

ภาวะ	[As] เริ่มต้น (ppm)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย
pH 4 , 24 hr	0.00	4.00	5.39
	0.05	4.03	5.53
	0.10	4.03	5.23
	0.50	4.03	5.22
	1.00	4.05	5.32
	2.00	4.09	5.21
pH 6 , 24 hr	0.00	5.94	5.78
	0.05	5.98	6.16
	0.10	6.10	6.27
	0.50	6.17	6.47
	1.00	6.21	6.30
	2.00	6.30	6.44

ตารางที่ ค-9 ผลการเปลี่ยนแปลงพีเอช : กรณีผลการหาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับ (ต่อ)

ภาวะ	[As] เริ่มต้น (ppm)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย
pH 8 , 24 hr	0.00	7.91	5.32
	0.05	8.24	5.80
	0.10	8.21	5.85
	0.50	8.23	5.82
	1.00	8.27	6.65
	2.00	8.23	6.53
pH 10 , 24 hr	0.00	10.03	8.59
	0.05	10.04	8.60
	0.10	10.03	8.50
	0.50	10.12	8.37
	1.00	10.13	8.21
	2.00	10.08	8.16
pH 6 , 24 hr (ไม่เขย่า)	0.00	6.08	7.45
	0.05	6.11	7.38
	0.10	6.05	7.07
	0.50	6.07	7.10
	1.00	6.04	7.01
	2.00	6.10	7.14

ตารางที่ ค-10 ผลการเปลี่ยนแปลงพีเอช : กรณีผลการหาปริมาณไคโตแซนที่เหมาะสม

ภาวะ	ปริมาณไคโตแซน (g)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย
pH 6 , 24 hr.	0.10	6.12	6.23
	0.50	6.12	6.41
	1.00	6.12	6.39
	2.00	6.12	6.64

ตารางที่ ค-11 ผลการเปลี่ยนแปลงพีเอช : กรณีอิทธิพลของ Ionic strength ต่อความสามารถในการดูดซับ

ภาวะ	ชุดที่	[As] เริ่มต้น (ppm)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย
$NaNO_3$ 0.00 mol/L	1	1.00	6.19	7.20
	2	1.00	6.08	7.05
	3	1.00	6.02	7.12
$NaNO_3$ 0.02 mol/L	1	1.00	6.20	7.05
	2	1.00	6.23	7.33
	3	1.00	6.20	7.09
$NaNO_3$ 0.04 mol/L	1	1.00	6.23	7.01
	2	1.00	5.98	7.12
	3	1.00	6.20	7.08
$NaNO_3$ 0.06 mol/L	1	1.00	6.09	7.03
	2	1.00	6.01	7.02
	3	1.00	6.03	7.11
$NaNO_3$ 0.08 mol/L	1	1.00	6.17	6.50
	2	1.00	6.17	7.00
	3	1.00	6.15	6.97
$NaNO_3$ 0.10 mol/L	1	1.00	6.08	6.73
	2	1.00	6.21	6.99
	3	1.00	6.10	7.00

ตารางที่ ค-12 ผลการเปลี่ยนแปลงพีเอช : กรณีอิทธิพลของแอนไอออนอื่น (SO_4^{2-}) ต่อความสามารถในการดูดซับ

ภาวะ	ชุดที่	[As] เริ่มต้น (ppm)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย
$[SO_4^{2-}]$ 0.0 ppm	1	1.00	6.12	6.88
	2	1.00	6.12	6.82
	3	1.00	6.12	6.98
$[SO_4^{2-}]$ 0.5 ppm	1	1.00	6.10	6.86
	2	1.00	6.10	7.00
	3	1.00	6.10	6.95
$[SO_4^{2-}]$ 1.0 ppm	1	1.00	6.03	6.80
	2	1.00	6.03	7.01
	3	1.00	6.03	7.04
$[SO_4^{2-}]$ 2.0 ppm	1	1.00	6.09	6.80
	2	1.00	6.09	7.05
	3	1.00	6.09	6.91

ตารางที่ ค-13 ผลการเปลี่ยนแปลงพีเอช : กรณีน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารหนู

สภาวะ	ชุดที่	ปริมาณไคโตแซน (g)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย
น้ำเสียที่ปนเปื้อนสารหนู	1	0.5037	6.07	7.45
	2	0.5162	6.07	7.84
	3	0.5070	6.07	7.62

ตารางที่ ค-14 ผลการเปลี่ยนแปลงพีเอช : กรณี Leaching test

ภาวะ	ชุดที่	ปริมาณไคโตแซน (g)	pH เริ่มต้น	pH สุดท้าย
Leaching test	1	5.0043	5.02	7.12
	2	5.0260	5.02	6.98
	3	5.0182	5.02	7.04

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวรามนรี เนตรวิเชียร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี 2541 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี 2542