

รายการอ้างอิง



ภาษาไทย

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมปศุสัตว์. 2539-2544. ประมวลสถิติประจำปี 2539-2544.

ก่าลาภ เสฐฐภักดี. 13 มีนาคม 2546. ผู้จัดการบริษัทอุตสาหกรรมกระดุกสัตว์ จำกัด สัมภาษณ์.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2542. การจัดการโรงฆ่าสัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชาญวิทย์ ศุภรานนทีรัตน์. 2543. ผลของฟลูออไรด์ในน้ำเสียต่อการดูดติดผิวของตะกั่วบนทรายเคลือบด้วยเหล็กออกไซด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดุจฤทัย พงษ์เก่า. 2537. พฤติกรรมการละลายของไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่เตรียมจากถ้ำกระดุกวัวควาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรีดา นันทพุลทรัพย์ 2544. ผลของความแรงไอออนและสารคีเลตต่อการดูดซับตะกั่วจากสารละลายด้วยไคโตแซน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มันลิน ตันทุลเวศม์. 2527. วิศวกรรมกรรมประปา. เล่มที่ 2. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาธารณสุข, กระทรวง. กรมอนามัย. กองชีวอนามัย. 2522-2533. การศึกษาหาค่ามาตรฐานของระดับตะกั่ว แมงกานีส และแคดเมียมในเลือดและปัสสาวะของกลุ่มคนไทยปกติ.

อธิชัย พนแก้ว. 2539. การใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดติดผิวโลหะหนักจากน้ำชะมูลฝอยที่ผ่านบ่อเก็บกัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุบลรัตน์ วาณิชวัฒน์. 2544. การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียโดยใช้ถ่านกระดุก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Azab, M.S. and Peterson, P.J. 1989. The Removal of Cadmium from Water by the use of Biological Sorbents. Water Science and Technology 21:1705-1706.
- Babel, S. and Kurniawan, T.A. 2003. Low-Cost Adsorbent for Heavy Metal Uptake from Contaminated Water: A Review. Journal of Hazardous Material 97:219-243.
- Chen, X., et.al. 1997. Effects of pH on Heavy Metal Sorption on Mineral Apatite. Environmental Science & Technology 30(3):624-631.
- Cheremisinoff, P.N. and Ellerbusch, F. 1978. Carbon Adsorption Handbook. Michigan: Ann Arbor Science.
- Dean, J.G., Bosquil, F.L. and Lanuette, K.H. 1972. Removing Heavy Metals from Wastewater. Environmental Science & Technology 6:518-521.
- Faust, S.D. and Aly, O.M. 1987. Adsorption Process for Water Treatment. London: Bullerworth Publishers.
- Gordon, M. 1996. Use of Adsorbents for the Removal of Pollutants from Wastewater. CPC Press, Inc.
- Harison, R.M. and Laxen, D.P.H. 1983. Lead Pollution Caused and Control. London: Chapman and Hall.
- Irvine, G.D. and Knowles, M.J. 1997. Bone Charcoal: a New Concept in the Treatment of Plating Effluents. Product Fishing. (n.p.).
- Kaplan, D., Knox, A. and Coffey, C. 2002. Reduction of Contaminant Mobility at the Tnx Outfall Delta Through The Use of Apatite and Zero-Valent Iron As Soil Amendments. [Online]. Available from: <http://www.srs.gov/general/pubs/fulltext/tr2002370/tr2002370.pdf> [2001, September 27].
- Kenneth, E. et.al. 1992. Adsorption Technology for Air and Water Pollution Control. Michigan : Lewis Publisher.
- Lewis, J. 1995. The use of Bone Charcoal in Treatment of Rural Water-Supplies. Journal of the Chatered Institution of Water and Environment Management 9(4):385-395.

- Ma, Q.Y., Logan, T.J. and Traina, S.J. 1994. Effects of NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , and CO_3^{2-} on Pb^{2+} Immobilization by Hydroxyapatite. Environmental Science & Technology 28(3): 408-418.
- Maycock, K.R., Ulan, J.G. and Moser, C.R. 1997. Removal of Trace Metal and Metalloid Species from Brine. U.S. Patent. No.636979.
- Phatumvanit, P. and Legeros, R.Z. 1997. Characteristics of Bone Char Related to Efficiency of Fluoride Removal from Highly Fluoridated Water. Fluoride 30(4): 207-218.
- Ricou, P., Lecuyer, I. and Le Cloirec, P. 1999. Removal of Copper Zinc and Lead by Adsorption Onto Fly Ash and Fly Ash/lime Mixing. Environmental Science & Technology 39:239-247.
- Singh, S.P., Ma, L.Q. and Harris, W.G. 2001. Heavy Metal Interactions with Phosphatic Clay. The Journal of Environmental Quality 30(6):1961-1967.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L. 1991. Wastewater Engineering. 3rd ed. Singapore : McGraw-Hill Book Co.
- World Health Organization. 1977. Environmental Health Criteria 3 : Lead. Geneva.
- Xu, Y., Schwartz, F.W. and Traina, S.J. 1994. Sorption of Zn^{2+} and Cd^{2+} on Hydroxyapatite Surfaces. Environmental Science & Technology 28(8):1472-1480.
- Yoshiharu, H., Tamotsu, M. and Masahide, I. 1987. Adsorption Characteristics of Chromium in Wastewater with Activated Carbon and Bone Charcoal. Chemical Abstract 107(1):288-295.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมถ่านกระดุก
สำหรับกำจัดน้ำเสียตะกั่วและแคดเมียมในการทดลองแบบแบตช์

ตารางที่ ก1 แสดงผลการศึกษาการกำจัดตะกั่วของถ่านกระดูกที่เตรียมที่อุณหภูมิการเผาที่ 400 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นตะกั่วสังเคราะห์ 10 มก./ล. พีเอช 5 และปริมาณ ถ่านกระดูก 0.2 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal	Adsorption Capacity
0:15	5	5.09	10.30	10.00	2.91	1.50
0:30	5	5.10	10.30	2.70	73.79	38.00
0:45	5	5.10	10.30	1.31	87.28	44.95
1:00	5	5.08	10.30	5.28	48.74	25.10
1:30	5	5.13	10.30	1.70	83.50	43.00
2:00	5	5.16	10.30	0.30	97.09	50.00
4:00	5	5.20	10.30	N.D.	100.00	51.50
6:00	5	5.29	10.30	N.D.	100.00	51.50
8:00	5	5.31	10.30	N.D.	100.00	51.50
12:00	5	5.33	10.30	N.D.	100.00	51.50
24:00	5	5.33	10.30	N.D.	100.00	51.50
48:00	5	5.35	10.30	N.D.	100.00	51.50

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Adsorption Capacity ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ:ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.

ตารางที่ ก2 แสดงผลการศึกษาการกำจัดตะกั่วของถ่านกระดุกที่เตรียมที่อุณหภูมิการเผาที่ 500 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นตะกั่วสังเคราะห์ 10 มก./ล. พีเอช 5 และปริมาณ ถ่านกระดุก 0.2 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal	Adsorption Capacity
0:15	5	5.03	10.20	9.80	3.92	2.00
0:30	5	5.01	10.20	9.80	3.92	2.00
0:45	5	5.01	10.20	3.89	61.86	31.55
1:00	5	5.05	10.20	1.35	86.76	44.25
1:30	5	5.06	10.20	0.96	90.59	46.20
2:00	5	5.05	10.20	0.31	96.96	49.45
4:00	5	5.20	10.20	N.D.	100.00	51.00
6:00	5	5.17	10.20	N.D.	100.00	51.00
8:00	5	5.32	10.20	N.D.	100.00	51.00
12:00	5	5.80	10.20	N.D.	100.00	51.00
24:00	5	5.31	10.20	N.D.	100.00	51.00
48:00	5	5.32	10.20	N.D.	100.00	51.00

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Adsorption Capacity ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.

ตารางที่ ก3 แสดงผลการนศึกษาการกำจัดตะกั่วของถ่านกระดูกที่เตรียมที่อุณหภูมิการเผาที่ 600 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นตะกั่วสังเคราะห์ 10 มก./ล. พีเอช 5 และปริมาณ ถ่านกระดูก 0.2 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal	Adsorption Capacity
0:15	5	5.02	10.00	9.70	3.00	1.50
0:30	5	5.02	10.00	3.96	60.40	30.20
0:45	5	5.03	10.00	3.82	61.80	30.90
1:00	5	5.03	10.00	0.48	95.20	47.60
1:30	5	5.04	10.00	1.67	83.30	41.65
2:00	5	5.04	10.00	0.35	96.50	48.25
4:00	5	5.10	10.00	0.32	96.80	48.40
6:00	5	5.12	10.00	N.D.	100.00	50.00
8:00	5	5.17	10.00	N.D.	100.00	50.00
12:00	5	5.22	10.00	N.D.	100.00	50.00
24:00	5	5.23	10.00	N.D.	100.00	50.00
48:00	5	5.24	10.00	N.D.	100.00	50.00

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Adsorption Capacity ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ:ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.

ตารางที่ ก4 แสดงผลการศึกษากำจัดตะกั่วของถ่านกระดูกที่เตรียมที่อุณหภูมิการเผาที่ 400 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นตะกั่วสังเคราะห์ 50 มก./ล. พีเอช 5 และปริมาณ ถ่านกระดูก 0.2 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal	Adsorption Capacity
0:15	5	5.02	48.50	39.50	18.56	45.00
0:30	5	5.05	48.50	40.20	17.11	41.50
0:45	5	5.03	48.50	34.30	29.28	71.00
1:00	5	5.02	48.50	30.70	36.70	89.00
1:30	5	5.01	48.50	24.50	49.48	120.00
2:00	5	4.99	48.50	19.80	59.18	143.50
4:00	5	5.07	48.50	3.99	91.77	222.55
6:00	5	5.10	48.50	0.94	98.06	237.80
8:00	5	5.10	48.50	0.97	98.00	237.65
12:00	5	5.16	48.50	0.20	99.59	241.50
24:00	5	5.27	48.50	0.98	97.98	237.60
48:00	5	5.27	48.50	0.86	98.23	238.20

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Adsorption Capacity ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.

ตารางที่ ก5 แสดงผลการศึกษาการกำจัดตะกั่วของถ่านกระดูกที่เตรียมที่อุณหภูมิการเผาที่ 500 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นตะกั่วสังเคราะห์ 50 มก./ล. พีเอช 5 และปริมาณ ถ่านกระดูก 0.2 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal	Adsorption Capacity
0:15	5	5.00	49.20	37.20	24.39	60.00
0:30	5	5.01	49.20	36.70	25.41	62.50
0:45	5	5.00	49.20	32.60	33.74	83.00
1:00	5	4.99	49.20	29.70	39.63	97.50
1:30	5	4.99	49.20	21.50	56.30	138.50
2:00	5	5.00	49.20	14.00	71.54	176.00
4:00	5	5.01	49.20	1.39	96.08	239.05
6:00	5	5.06	49.20	0.87	98.23	241.65
8:00	5	5.07	49.20	0.96	98.04	241.20
12:00	5	5.06	49.20	0.72	98.53	242.40
24:00	5	5.21	49.20	0.81	98.35	241.95
48:00	5	5.21	49.20	0.85	98.27	241.75

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Adsorption Capacity ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ:ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.

ตารางที่ ก6 แสดงผลการศึกษาการกำจัดตะกั่วของถ่านกระดูกที่เตรียมที่อุณหภูมิการเผาที่ 600 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นตะกั่วสังเคราะห์ 50 มก./ล. พีเอช 5 และปริมาณ ถ่านกระดูก 0.2 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal	Adsorption Capacity
0:15	5	4.99	50.70	45.20	10.88	27.50
0:30	5	4.98	50.70	40.10	20.94	53.00
0:45	5	4.97	50.70	37.70	25.67	65.00
1:00	5	4.98	50.70	27.50	45.78	116.00
1:30	5	4.97	50.70	22.50	55.64	141.00
2:00	5	4.97	50.70	24.80	51.10	129.50
4:00	5	5.04	50.70	7.33	85.55	216.85
6:00	5	5.06	50.70	3.65	92.80	235.25
8:00	5	5.06	50.70	0.96	98.11	248.70
12:00	5	5.09	50.70	0.98	98.10	248.60
24:00	5	5.10	50.70	0.97	98.10	248.65
48:00	5	5.16	50.70	0.83	98.36	249.35

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Adsorption Capacity ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ:ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.

ตารางที่ ก7 แสดงผลการศึกษาการกำจัดแคดเมียมของถ่านกระดุกที่เตรียมที่อุณหภูมิการเผาที่ 400 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นแคดเมียมตั้งคราะห์ 10 มก./ล. พีเอช 5 และ ปริมาณถ่านกระดุก 1 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal	Adsorption Capacity
0:15	5	5.16	9.95	7.91	20.50	2.04
0:30	5	5.17	9.95	7.58	23.82	2.37
0:45	5	5.20	9.95	7.24	27.24	2.71
1:00	5	5.18	9.95	7.29	26.73	2.66
1:30	5	5.30	9.95	6.31	36.58	3.64
2:00	5	5.29	9.95	6.22	37.49	3.73
4:00	5	5.52	9.95	3.60	63.82	6.35
6:00	5	5.55	9.95	3.20	67.84	6.75
8:00	5	5.68	9.95	1.90	80.90	8.05
12:00	5	5.74	9.95	1.44	85.83	8.51
24:00	5	5.80	9.95	0.4	95.98	9.55
48:00	5	5.90	9.95	N.D.	100.00	9.95

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Adsorption Capacity ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของแคดเมียม = 0.02 มก./ล.

ตารางที่ ๓8 แสดงผลการศึกษาการกำจัดแคดเมียมของถ่านกระดุกที่เตรียมที่อุณหภูมิการเผาที่ 500 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นแคดเมียมสังเคราะห์ 10 มก./ล. พีเอช 5 และ ปริมาณถ่านกระดุก 1 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal	Adsorption Capacity
0:15	5	5.10	9.72	8.09	16.77	1.63
0:30	5	5.08	9.72	8.39	13.68	1.33
0:45	5	5.17	9.72	6.81	29.94	2.91
1:00	5	5.09	9.72	7.35	24.38	2.37
1:30	5	5.24	9.72	6.52	32.92	3.20
2:00	5	5.24	9.72	6.40	34.16	3.32
4:00	5	5.33	9.72	5.20	46.50	4.52
6:00	5	5.46	9.72	3.55	63.48	6.17
8:00	5	5.52	9.72	2.93	69.86	6.79
12:00	5	5.61	9.72	2.02	79.22	7.70
24:00	5	5.71	9.72	0.59	93.93	9.13
48:00	5	5.81	9.72	N.D.	100.00	9.72

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Adsorption Capacity ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ:ค่า detection limit ของแคดเมียม = 0.02 มก./ล.

ตารางที่ ก9 แสดงผลการศึกษาการกำจัดแคดเมียมของถ่านกระดูกที่เตรียมที่อุณหภูมิการเผาที่ 600 องศาเซลเซียสที่ความเข้มข้นแคดเมียมสังเคราะห์ 10 มก./ล. พีเอช 5 และ ปริมาณถ่านกระดูก 1 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal	Adsorption Capacity
0:15	5	5.06	10.25	8.65	15.61	1.6
0:30	5	5.11	10.25	7.85	23.41	2.4
0:45	5	5.11	10.25	7.63	25.56	2.62
1:00	5	5.07	10.25	7.58	26.05	2.67
1:30	5	5.17	10.25	7.31	28.68	2.94
2:00	5	5.20	10.25	6.68	34.83	3.57
4:00	5	5.33	10.25	4.28	58.24	5.97
6:00	5	5.41	10.25	3.23	68.49	7.02
8:00	5	5.41	10.25	3.32	67.61	6.93
12:00	5	5.51	10.25	1.88	81.66	8.37
24:00	5	5.57	10.25	1.06	89.66	9.19
48:00	5	5.61	10.25	0.23	97.76	10.02

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Adsorption Capacity ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของแคดเมียม = 0.02 มก./ล.

ภาคผนวก ข

ผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการ
ดูดซับโลหะหนักในการทดลองแบบแบตช์

ตารางที่ ข1 แสดงผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านกระดูกที่เตรียมที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้นตะกั่วสังเคราะห์ 10 มก./ล. ปริมาณ 0.2 ก./ล.

	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal _a	%Removal _t	adsorption capacity
Blank	3.00	3.01	10.29	10.29	0	0	0
Sample 1	3.00	3.94	10.29	1.53	85.13	85.13	43.80
Sample 2	3.00	3.97	10.29	0.80	92.23	92.23	47.45
Sample 3	3.00	4.01	10.29	1.25	88.20	88.20	45.20
Blank	4.00	4.05	10.29	10.29	0	0	0
Sample 1	4.00	4.54	10.29	N.D.	100.00	100.00	51.45
Sample 2	4.00	4.54	10.29	N.D.	100.00	100.00	51.45
Sample 3	4.00	4.52	10.29	N.D.	100.00	100.00	51.45
Blank	5.00	5.07	10.12	10.12	0	1.65	0
Sample 1	5.00	5.17	10.12	N.D.	98.35	100.00	50.60
Sample 2	5.00	5.37	10.12	N.D.	98.35	100.00	50.60
Sample 3	5.00	5.37	10.12	N.D.	98.35	100.00	50.60
Blank	6.00	5.97	9.85	9.85	0	4.28	0
Sample 1	6.00	6.41	9.85	N.D.	95.72	100.00	49.25
Sample 2	6.00	6.47	9.85	N.D.	95.72	100.00	49.25
Sample 3	6.00	6.26	9.85	N.D.	95.72	100.00	49.25

Blank

สารละลายที่ไม่เติมตัวดูดซับ

pH_i

พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f

พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i

ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f

ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal_a

ประสิทธิภาพการดูดซับหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

%Removal_t

ประสิทธิภาพการดูดซับรวมกับการตกตะกอนหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Adsorption Capacity

ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.

ตารางที่ ข2 แสดงผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านกระดุกที่เตรียมที่
อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้นตะกั่วสังเคราะห์ 50 มก./ล. ปริมาณ
0.2 ก./ล.

	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal _a	%Removal _t	adsorption capacity
Blank	3.00	2.99	50.40	50.40	0	0	0
Sample 1	3.00	3.60	50.40	33.30	33.93	33.93	85.50
Sample 2	3.00	3.72	50.40	28.70	43.06	43.06	108.50
Sample 3	3.00	3.81	50.40	26.80	52.38	52.38	118.00
Blank	4.00	4.09	48.00	48.00	0	4.76	0
Sample 1	4.00	4.39	48.00	2.10	91.07	95.83	229.50
Sample 2	4.00	4.40	48.00	1.78	91.71	96.47	231.10
Sample 3	4.00	4.45	48.00	1.64	91.98	96.75	231.80
Blank	5.00	5.08	45.50	45.50	0	9.72	0
Sample 1	5.00	5.30	45.50	0.50	89.28	99.01	225.00
Sample 2	5.00	5.28	45.50	0.78	88.73	98.45	223.60
Sample 3	5.00	5.28	45.50	0.36	89.56	99.28	225.70
Blank	6.00	5.90	43.70	43.70	0	13.29	0
Sample 1	6.00	5.80	43.70	0.52	85.67	98.97	215.90
Sample 2	6.00	5.93	43.70	0.50	85.71	99.01	216.00
Sample 3	6.00	5.95	43.70	0.53	85.65	98.95	215.85

Blank สารละลายที่ไม่เติมตัวดูดซับ

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ
ลิตร

%Removal_a ประสิทธิภาพการดูดซับหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

%Removal_t ประสิทธิภาพการดูดซับรวมกับการตกตะกอนหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Adsorption Capacity ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.

ตารางที่ ข3 แสดงผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับแคดเมียมด้วยถ่านกระดุกที่เตรียมที่
อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้นแคดเมียมตั้งคราะห์ 10 มก./ล. ปริมาณ
1 ก./ล.

	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal _g	%Removal _t	Adsorption capacity
Blank	3.00	3.13	9.60	9.60	0	0	0
Sample 1	3.00	5.07	9.60	2.04	78.75	78.75	7.56
Sample 2	3.00	4.93	9.60	2.37	75.31	75.31	7.23
Sample 3	3.00	4.74	9.60	2.26	76.46	76.46	7.34
Blank	4.00	4.12	9.48	9.48	0	1.25	0
Sample 1	4.00	5.24	9.48	1.46	83.54	84.79	8.02
Sample 2	4.00	5.44	9.48	1.51	83.02	84.27	7.97
Sample 3	4.00	5.33	9.48	1.48	83.33	84.58	8.00
Blank	5.00	5.21	9.30	9.30	0	3.13	0
Sample 1	5.00	5.97	9.30	0.73	89.27	92.40	8.57
Sample 2	5.00	5.92	9.30	0.74	89.17	92.29	8.56
Sample 3	5.00	5.87	9.30	0.94	87.08	90.21	8.36
Blank	6.00	6.05	9.45	9.45	0	1.56	0
Sample 1	6.00	6.51	9.45	0.72	90.94	92.29	8.73
Sample 2	6.00	6.86	9.45	0.57	92.50	94.06	8.88
Sample 3	6.00	6.91	9.45	0.31	95.21	96.77	9.14
Blank	7.00	6.91	8.79	8.79	0	8.44	0
Sample 1	7.00	7.46	8.79	0.34	88.02	96.46	8.45
Sample 2	7.00	7.41	8.79	0.32	88.23	96.67	8.47
Sample 3	7.00	7.49	8.79	0.31	88.33	96.77	8.48

ตารางที่ ข3 แสดงผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับแคดเมียมด้วยถ่านกระดุกที่เตรียมที่ อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้นแคดเมียมสังเคราะห์ 10 มก./ล. ปริมาณ 1 ก./ล.(ต่อ)

	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal _a	%Removal _f	adsorption capacity
Blank	8.00	7.01	8.66	8.66	0	9.79	0
Sample 1	8.00	7.54	8.66	0.21	88.02	97.81	8.45
Sample 2	8.00	7.51	8.66	0.29	87.18	96.98	8.37
Sample 3	8.00	7.52	8.66	0.27	87.39	97.19	8.39

Blank	สารละลายที่ไม่เติมตัวดูดซับ
pH _i	พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย
pH _f	พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง
Conc. _i	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
Conc. _f	ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
%Removal _a	ประสิทธิภาพการดูดซับหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์
%Removal _f	ประสิทธิภาพการดูดซับรวมกับการตกตะกอนหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์
Adsorption Capacity	ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม
หมายเหตุ:ค่า detection limit ของแคดเมียม = 0.02 มก./ล.	

ตารางที่ ข4 แสดงผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับแคดเมียมด้วยถ่านกระดูกที่เตรียมที่
อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้นแคดเมียมสังเคราะห์ 40 มก./ล. ปริมาณ
1 ก./ล.

	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal _a	%Removal _f	Adsorption capacity
Blank	3.00	3.09	37.70	37.70	0	0	0
Sample 1	3.00	4.92	37.70	12.80	66.05	66.05	24.90
Sample 2	3.00	4.75	37.70	11.70	68.97	68.97	26.00
Sample 3	3.00	4.86	37.70	16.30	56.76	56.76	21.40
Blank	4.00	4.14	35.40	35.40	0	6.10	0
Sample 1	4.00	5.08	35.40	10.74	65.41	71.50	24.66
Sample 2	4.00	5.08	35.40	10.57	65.86	71.96	24.83
Sample 3	4.00	5.10	35.40	10.25	66.71	72.81	25.15
Blank	5.00	5.11	36.30	36.30	0	3.71	0
Sample 1	5.00	5.76	36.30	5.81	80.88	84.59	30.49
Sample 2	5.00	5.72	36.30	5.98	80.42	84.14	30.32
Sample 3	5.00	5.73	36.30	6.15	79.97	83.69	30.15
Blank	6.00	6.19	35.00	35.00	0	7.16	0
Sample 1	6.00	6.77	35.00	3.40	83.82	90.98	31.60
Sample 2	6.00	6.75	35.00	4.66	80.48	87.64	30.34
Sample 3	6.00	6.68	35.00	4.21	81.67	88.83	30.79
Blank	7.00	6.86	32.30	32.30	0	14.32	0
Sample 1	7.00	7.12	32.30	2.24	79.73	94.06	30.06
Sample 2	7.00	7.15	32.30	2.56	78.89	93.21	29.74
Sample 3	7.00	7.13	32.30	3.78	75.65	89.97	28.52

ตารางที่ ข4 แสดงผลการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับแคดเมียมด้วยถ่านกระดูกที่เตรียมที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้นแคดเมียมสังเคราะห์ 40 มก./ล. ปริมาณ 1 ก./ล. (ต่อ)

	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal _o	%Removal _f	adsorption capacity
Blank	8.00	7.05	31.60	31.60	0	16.18	0
Sample 1	8.00	7.23	31.60	2.68	76.71	92.89	28.92
Sample 2	8.00	7.30	31.60	3.01	75.84	92.62	28.59
Sample 3	8.00	7.29	31.60	3.42	74.74	90.92	28.18

Blank สารละลายที่ไม่เติมตัวดูดซับ

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal_o ประสิทธิภาพการดูดซับหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

%Removal_f ประสิทธิภาพการดูดซับรวมกับการตกตะกอนหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Adsorption Capacity ความสามารถในการดูดซับมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของแคดเมียม = 0.02 มก./ล.

ภาคผนวก ค

ผลการศึกษาดังสมการไอโซเทอมการดูดซับ (Adsorption Isotherm)
ของการกำจัดโลหะด้วยถ่านกระดูก โดยการทดลองแบบแบตช์

ตารางที่ ค1 ผลการศึกษาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกระดูกที่ 500 องศาเซลเซียสในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 มก./ล. พีเอช 5 โดยใช้ถ่านกระดูกปริมาณ 0.04 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal
1:00	5	5.01	94.1	87.5	7.01
2:00	5	5.02	94.1	80.4	14.56
5:00	5	5.04	94.1	81.2	13.71
8:00	5	5.04	94.1	79.7	15.30
12:00	5	5.06	94.1	78.3	16.79
24:00	5	5.04	94.1	71.6	23.91
48:00	5	5.05	94.1	70.3	25.29

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ:ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.

ตารางที่ ค2 ผลการศึกษาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกระดูกที่ 500 องศาเซลเซียสในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 มก./ล. พีเอช 5 โดยใช้ถ่านกระดูกปริมาณ 0.2 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal
1:00	5	5.06	94.1	69.2	26.46
2:00	5	5.07	94.1	55.4	41.13
5:00	5	5.10	94.1	28.1	70.14
8:00	5	5.12	94.1	7.95	91.55
12:00	5	5.14	94.1	5.36	94.30
24:00	5	5.17	94.1	3.95	95.80
48:00	5	5.19	94.1	3.73	96.04

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.

ตารางที่ ค3 ผลการศึกษาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกระดูกที่ 400 องศาเซลเซียสในการกำจัดแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 มก./ล. พีเอช 6 โดยใช้ถ่านกระดูกปริมาณ 0.1 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal
1:00	6	6.19	35.1	30.8	12.25
2:00	6	6.11	35.1	30.2	13.96
5:00	6	6.29	35.1	29.3	16.52
8:00	6	6.29	35.1	28.3	19.37
12:00	6	6.33	35.1	29.1	17.09
24:00	6	6.32	35.1	26.3	25.07
48:00	6	6.36	35.1	24.1	31.34

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของแคดเมียม = 0.02 มก./ล.

ตารางที่ ค4 ผลการศึกษาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกระตุ้นที่ 400 องศาเซลเซียสในการกำจัดแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 มก./ล. พีเอช 6 โดยใช้ถ่านกระตุ้นปริมาณ 1.5 ก./ล.

Time(hour)	pH _i	pH _f	Conc. _i	Conc. _f	%Removal
1:00	6	6.29	35.1	22.00	37.32
2:00	6	6.47	35.1	17.40	50.43
5:00	6	6.69	35.1	10.28	70.71
8:00	6	6.75	35.1	8.77	75.01
12:00	6	6.95	35.1	5.23	85.10
24:00	6	7.23	35.1	2.47	92.96
48:00	6	7.40	35.1	1.92	94.53

pH_i พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย

pH_f พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง

Conc._i ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

Conc._f ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

%Removal ประสิทธิภาพการดูดซับหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของแคดเมียม = 0.02 มก./ล.

ตารางที่ ค5 ผลการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับของถ่านกระดูกที่ 500 องศาเซลเซียสในการกำจัด ตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 มก./ล. พีเอช 5 โดยใช้ถ่านกระดูก ปริมาณต่าง ๆ

C_0	C_e	x	m	x/m;X	Log C_e	Log x/m	1/X	1/ c_e
92.4	67.7	24.7	0.04	617.5	1.8305	2.7906	0.00162	0.0148
92.4	47.5	44.9	0.08	561.25	1.6767	2.7491	0.00178	0.0211
92.4	31.2	61.2	0.12	510	1.4942	2.7075	0.00196	0.0321
92.4	15.6	76.8	0.16	480	1.1931	2.6812	0.00208	0.0641
92.4	3.26	89.14	0.2	445.7	0.5132	2.649	0.00265	0.3067

C_0	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
C_e	ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
x	ปริมาณโลหะหนักที่ถูกกำจัดมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
m	ปริมาณถ่านกระดูกที่ใช้มีหน่วยเป็นกรัมต่อลิตร
X	Adsorption Capacity หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.

ตารางที่ ค6 ผลการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับของถ่านกระดูกที่ 400 องศาเซลเซียสในการกำจัดแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นเริ่มต้น 40 มก./ล. พีเอช 6 โดยใช้ถ่านกระดูกปริมาณต่าง ๆ

C_0	C_e	x	M	x/m:X	Log C_e	Log x/m	1/X	1/ c_e
36.2	29.4	6.8	0.1	68	1.4683	1.8325	0.0147	0.0340
36.2	22.6	13.6	0.2	68	1.3541	1.8325	0.0147	0.0442
36.2	11.44	24.76	0.5	49.52	1.0584	1.6947	0.0202	0.0874
36.2	3.63	32.57	1.0	32.57	0.5599	1.5128	0.0307	0.2755
36.2	2.09	34.11	1.5	22.74	0.3201	1.3568	0.0440	0.4785

C_0 ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

C_e ความเข้มข้นของสารละลายหลังทำการทดลองมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

x ปริมาณโลหะหนักที่ถูกกำจัดมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

m ปริมาณถ่านกระดูกที่ใช้มีหน่วยเป็นกรัมต่อลิตร

X Adsorption Capacity หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของแคดเมียม = 0.02 มก./ล.

ภาคผนวก ง

การศึกษาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะในน้ำเสีย

โดยการทดลองแบบคอลัมน์

ตารางที่ ง1 ประสิทธิภาพกำจัดตะกั่วในน้ำเสียตะกั่วสังเคราะห์เริ่มต้น 1 มก./ล. พีเอช 5 โดยทำการทดลองแบบคอลัมน์ที่อัตราการไหล 2.8 ลิตร/ชั่วโมง

Time (Hour)	Sample (Cm)	Volume		Conc.	pH	%Removal
		(l)	BV			
12	10	33.6	357.4	N.D.	6.21	100
12	20	33.6	357.4	N.D.	6.32	100
12	30	33.6	357.4	N.D.	6.53	100
24	10	67.2	714.89	N.D.	6.17	100
24	20	67.2	714.89	N.D.	6.34	100
24	30	67.2	714.89	N.D.	6.52	100
36	10	100.8	1072.34	N.D.	6.24	100
36	20	100.8	1072.34	N.D.	6.39	100
36	30	100.8	1072.34	N.D.	6.46	100
48	10	134.4	1429.79	N.D.	6.23	100
48	20	134.4	1429.79	N.D.	6.36	100
48	30	134.4	1429.79	N.D.	6.5	100
60	เกิดการอุดตันของคอลัมน์					

Time(hour)	เวลาที่เก็บตัวอย่างมีหน่วยเป็นชั่วโมง
Sample(cm)	จุดเก็บตัวอย่างนับเป็นเซนติเมตรจากยอดของตัวกลางมีหน่วยเป็นเซนติเมตร
Volume(l)	ปริมาตรน้ำที่ผ่านคอลัมน์มีหน่วยเป็นลิตร
Volume(BV)	ปริมาตรน้ำที่ผ่านคอลัมน์ปริมาตรน้ำในตัวกลางว่าง
Conc.	ความเข้มข้นน้ำเสียหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
pH	พีเอชน้ำเสีย
%Removal	ร้อยละการกำจัดมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์
หมายเหตุ:ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.	

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพกำจัดตะกั่วในน้ำเสียตะกั่วจริงจากโรงงานผลิตหลอดภาพเริ่มต้น
มก./ล. พีเอช 5 โดยทำการทดลองแบบคอลัมน์ที่อัตราการไหล 2.8 ลิตร/ชั่วโมง

Time (Hour)	Sample (Cm)	Volume		Conc.	pH	%Removal
		Liter	BV			
12	10	33.6	357.4	N.D.	6.15	100
12	20	33.6	357.4	N.D.	6.25	100
12	30	33.6	357.4	N.D.	6.32	100
24	10	67.2	714.89	N.D.	6.25	100
24	20	67.2	714.89	N.D.	6.30	100
24	30	67.2	714.89	N.D.	6.34	100
36	10	100.8	1072.34	N.D.	6.26	100
36	20	100.8	1072.34	N.D.	6.34	100
36	30	100.8	1072.34	N.D.	6.38	100
48	เกิดการอุดตัน					

Time(hour)	เวลาที่เก็บตัวอย่าง(วัน, ชั่วโมง)
Sample(cm)	จุดเก็บตัวอย่างนับเป็นเซนติเมตรจากยอดของตัวกลางมีหน่วยเป็นเซนติเมตร
Volume(l)	ปริมาตรน้ำที่ผ่านคอลัมน์มีหน่วยเป็นลิตร
Volume(BV)	ปริมาตรน้ำที่ผ่านคอลัมน์ปริมาตรน้ำในตัวกลางว่าง
Conc.	ความเข้มข้นน้ำเสียหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
pH	พีเอชน้ำเสีย
%Removal	ร้อยละการกำจัดมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ: ค่า detection limit ของตะกั่ว = 0.1 มก./ล.

ภาคผนวก จ

มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

"น้ำเสีย" หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

"น้ำทิ้ง" หมายความว่า น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรม หรือนิคมอุตสาหกรรม ที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคณงานรวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรมหรือในนิคมอุตสาหกรรมด้วย โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

"การบำบัดน้ำเสีย" หมายความว่า กระบวนการทำหรือปรับปรุงน้ำเสียเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2535) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แต่ห้ามมิให้ใช้วิธีการทำให้เจือจาง

มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมดังตาราง จ.1

ตารางที่จ.1 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	- 5.5 – 9.0	- pH Meter
2. ค่าที่ดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	- ไม่เกิน 3,000 มก./ล.หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล.	- ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	- ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	- กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)

ตารางที่ 1 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ต่อ)

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
4. อุณหภูมิ (Temperature)	- ไม่เกิน 40 °C	- เครื่องวัดอุณหภูมิวัดขณะทำการเก็บตัวอย่าง
5. สีหรือกลิ่น	- ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	- ไม่ได้กำหนด
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H ₂ S)	- ไม่เกิน 0.1 มก./ล.	- Titrate
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	- ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	- กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid
8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	- ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	- สกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
9. ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	- Spectrophotometry
10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	- กลั่นและตามด้วยวิธี 4-Amino-antipyrine
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	- Iodometric Method
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	- ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	- Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	- ไม่เกิน 20 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมแต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	- Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 5 วัน

ตารางที่จ.1 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ต่อ)

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	- ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	- Kjeldahi
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	- ไม่เกิน 120 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	- Potassium Dichromate Digestion
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
1. สังกะสี	-ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	- Atomic Absorption Spectrometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductive Coupled Plasma : ICP
2. โครเมียมชนิดเฮกวาเวอแลนต์ (Hexavalent Chromium)	-ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
3. โครเมียมชนิดไตรวาเวอแลนต์ (Trivalent Chromium)	-ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
4. ทองแดง (Cu)	-ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
5. แคดเมียม (Cd)	-ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	

ตารางที่จ.1 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ต่อ)

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
6. แบเรียม (Ba)	-ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	- Atomic Absorption Spectrometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductive Coupled Plasma : ICP - Atomic Absorption Cold Vapor Technique
7. ตะกั่ว (Pb)	-ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
8. นิกเกิล (Ni)	-ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
9. แมงกานีส (Mn)	-ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
10. อาร์เซนิก (Ar)	-ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
11. เซเลเนียม (Se)	-ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	
12.ปรอท (Hg)	-ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	

ที่มา : ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) วันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง จากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายศุภกิจ พัฒนเตชะ เกิดเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2521 ที่จังหวัด กรุงเทพฯ สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาตรีทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2541 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ ปีการศึกษา 2542