รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2539. สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำ ปี พ.ศ. 2539. 17-20. กรุงเทพมหานคร:กรมควบคุมมลพิษ.

พุทธิสาร ชัยพันธุ์. 2538. การบำบัดน้ำเสียโครเมียมจากโรงงานชุบโลหะด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนประจุไอออน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. 2538. ทำเนียบรายชื่อโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร:กรมแรงงาน. (อัดสำเนา)

โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. (ม.ป.ป.). วิธีการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงชุบโลหะ. กรุงเทพมหานคร: กรมโรงงาน. (อัดสำเนา)

สมาน ตั้งทองทวี. 2537. อุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม:บทบาทของศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรมในการกำจัดกากของเสียอันตรายในปัจจุบันและอนาคต. (อัดสำเนา)

สมเกียรติ สิทธิผกาผล. (ม.ป.ป.). ระบบการกำจัดน้ำเสียของMIDI. กรุงเทพมหานคร:สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรม. (ม.ป.ป.). การขัดชิ้นงานก่อนการชุบ. กรุงเทพมหานคร:สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (อัดสำเนา)

ส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรม. (ม.ป.ป.). การชุบโครเมียม. กรุงเทพมหานคร:สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (อัดสำเนา)

ส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรม. (ม.ป.ป.). การชุบโครเมียมในอุตสาหกรรม(ฮาร์ดโครม). กรุงเทพมหานคร:สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (อัดสำเนา)

ส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรม. (ม.ป.ป.). การล้างชิ้นงานก่อนทำการชุบ. กรุงเทพมหานคร:สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (อัดสำเนา)

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 3-4 มีนาคม 2538. ใน เอกสารประกอบการสัมมนาระดับชาติ เรื่องแนวคิดและแนวทางการพัฒนาประเทศในช่วงแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8. ณ โรงแรมแอมบาสเดอร์ซิตี้ จอมเทียน ชลบุรี.

ภาษาอังกฤษ

American Public Health Association. 1992. Standard Method for the Examination Of Water and Wastewater. 18th edition. Washington D. C.:American Public Health Association.

Bare, W.; and Nordmeier, E. 1996. Studies of Polyelectrolyte Solutions:6: Effects of Counterion Binding by Dextran Sulfate and Dextran Phosphate in Aqueous/Organic Solvents. Polymer Journal. 28(8):712-726.

Benefield, L. D.; Judkins, J. F.; and Weand, B. L. 1982. Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment. 345-354 and 422-442. New Jersey:Prentice Hall.

Brooks, C. S. 1991. Metal Recovery from Industrial Waste. 73-76. Michigan:Lewis Publishers.

Cheryan, M. 1986. Ultrafiltration Handbook. Pennsylvania:Technomic Publishing Inc.

Christian, S. D.; Bhat, S. N.; Tucker, E. E.; Scamehorn, J. F.; and El-Sayed, D. A. 1988. Micell-Enhanced Ultrafiltration of Chromate Anion from Aqueous Stream. AIChE Journal. 34(2):189-194.

Chrisian, S. D.; Tucker, E. E.; and Scamehorn, J. F. 1990. Colloid-Enhanced Ultrafiltration Process for Purifying Aqueous Streams and Reservoirs. Am. Environ. Lab. 2(#1). 13-20.

Christian, S. D.; Tucker, E. E.; and Scamehorn, J. F. 1994. Colloid-Enhanced Ultrafiltration in Remediating Wastewater and Groundwater. Chemical Specialties. 94. USA:Symposium.

Diazcruz, J. M.; Tauler, R.; Grabaric, B. S.; Esteban, M.; and Casassas, E. 1995. Application of Multivariate Curve Resolution to Voltammetric Data:1: Study of Zn(II) Complexation with Some Polyelectrolytes. Journal of Electroanalytical Chemistry. 393(1-2):7-16.

Dautzenberg, H.; Jaeger, W.; Kotz, J.; Philipp, B.; Seidel, Ch.; and Stscherbina, D. 1994. Polyelectrolyte:Formation, Characterization and Application. New York:Hanser/Gardner Publications,Inc.

Dunn, R. O.; Scamehorn, J. F.; and Christian, S. D. 1987. Concentration Polarization Effects in the Use of Micellar-Enhanced Ultrafiltration to Remove Dissolved Organic Pollutants from Wastewater. Separation Science and Technology. 22(2&3):763-771.

Dunn, R. O.; Scamehorn, J. F.; and Christian, S. D. 1989. Simultaneous Removal of Dissolved Organics and Dissolved Metal Cations from Water Using Micellar-Enhanced Ultrafiltration. Colloids and Surfaces. 35:49.

Elving, P.J. 1982. Treatise on Analytical Chemistry:Part1:Theory and Practice. 2nd Ed. Chapter 4-6. New York:John Wiley & Sons.

Furusawa, K.; Ueda, M.; Chen, M.; and Tobori, N. 1995. New Concept for Coal-Water Mixture Stabilization Using a Polyelectrolyte. Colloid and Polymer Science. 273(5):490-495.

Gutman, R. G. 1987. Membrane Filtration. Bristol. UK.:Adam Hilger.

Hermeier, I.; Herzig, M.; Knoche, W.; Pohlmeier, A.; and Narres, H. D. 1996. Kinetics of Complexation of Heavy-Metal Ions with Polyelectrolytes in Aqueous-Solution. Berichte der Bunsen-Gesellschaft-Physical Chemistry Chemical Physics. 100(6):788-795.

Juang, R. S.; and Chen, M. N. 1996. Retention of Copper(II)-EDTA Chelates from Dilute Aqueous-Solutions by a Polyelectrolyte-Enhanced Ultrafiltration Process. Journal of Membrane Science. 119(1):25-37.

Kopchinski, A. F.; and Meloan, C. E. 1996. The Synthesis:Characterization:and Testing of a Reagent for the Selective of Dichromate and Perchlorate from Aqueous Solution. Separation Science and Technology. 3(1):133-140.

Krehbiel, D. K.; Scemehorn, J. F.; Ritter, R.; Christian, S. D.; and Tucker, E. E. 1992. Ion-Expulsion Ultrafiltration to Remove Chromate from Wastewater. Separation Science and Technology. 27(13):1775-1787.

Lis, S.; Wang, Z. M.; and Chopping, G. R. 1995. Spectroscopic Study of Ions-Binding in Synthetic Polyelectrolytes Using Lanthanide Ions. Inorganica Chimica ACTA. 239(1-2):139-143.

Mundkur, S. D.; and Watters, J. C. 1993. Polyelectrolyte-Enhanced Ultrafiltration of Copper From a Waste Stream. Separation Science and Technology.28 (5):1157-1168.

Nordmeier, E. 1995. Advances in Polyelectrolyte Research-Counterion Binding Phenomena, Dynamic Processes, and the Helix-Coil Transition of DNA. Macromolecular Chemistry and Physics. 196(5):1321-1374.

Oosawa, F. 1971. Polyelectrolyte. New York: Marcel Dekker.

Parsonage, E. E. 1996. Double-Layer Capacitance of Poly(Acrylic Acid) at Metal/Water Interfaces. Journal of Colloid and Interface Science. 177(2) :353-358.

Pontius, F. W. 1990. Water Quality and Treatment. 4th Ed. Chepter 11. New York:McGraw-Hill.

Potter, K.; and Mcfarland, E. W. 1996. Ion-Transport Studies in Calaium Alginate Gels by Magnetic-Resonance Microscopy. Solid State Nuclear Magnetic Resonanc. 6(4):323-330.

Prasad, B. B.; and Sundd, S. 1995. A New Chelating Polyelectrolyte for Preconcentration and Separation of Trace-Metals Employing Resin-Imprenated Paper-Chromatography and Determination by Differential-Pules Anodic-Stripping Voltammetry. Chromatographia. 40(9-10):571-576.

Prasad, B. B.; and Sundd, S. 1995. Silica Gel-Bonded Cationic Polyelectrolyte with Ferron as Counterion:Application to Preconcentration or Elimination of Trace-Metals. Bullentin of the Chemical Society of Japan. 60(2):559-565.

Rao, L. F.; Choppin, G. R.; and Clark, S. B. 1994. A Study of Metal Humate Interactions Using Cation-Exchange. Radiochimica ACTA. 66-7:141-147.

Rousseau, R. W. 1987. Handbook of Separation Process Technology. Chapter 18. New York:John Wiley&Sons.

Sasaki, K. J.; Burnett, S. L.; Christian, S. D.; Tucker, E. E.; and Scamehorn, J. F. 1989. Polyelectrolyte Ultrafiltration of Multivalent Ions.:Removal of Cu^{2+} by Sodium Poly(Styrenesulfonate). Langmuir. 5:363-369.

Scemehorn, J. F.; Christian, S. D.;Tucker, E. E.; and Tan, B. I. 1990. Concentration Polarization in Polyelectrolyte-Enhanced Ultrafiltration. Colloids and Surfaced. 49:259-267.

Scemehorn, J. F.; Ellington, R. T.; Christian, S. D.; Penney, B. W.; Dunn, R. O.; and Bhat, S. N. 1986. Removal of Multivalent Metal Cations from Water Using Micellar-Enhanced Ultrafiltration:in Recent Advances in Separation Techniques III. N. N. Li, Ed. AIChE Symp. Ser. 250:48-58.

Sjodin, U.; and Odberg, L. 1996. The Influence of Metal-Ions on Polyelectrolyte Titration. Colloids and Surfaces. 166(3):269-275.

Sriratana, S. 1995. Use of Polyelectrolyte-Enhanced Ultrafiltration (PEUF) to Remove Chromate from Water. Master's Thesis, The Petroleum and Petrochemical Collage, Chulalongkorn University.

Tabatabai, A.; Scamehorn, J. F.; and Christian, S. D. 1995. Water Softening Using Polyelectrolyte-Enhanced Ultrafiltration. Separation Science and Technology. 30(2):211-224.

Tang, J. X.; and Janmey, P. A. 1996. The Polyelectrolyte Nature of F-Actin and the Mechanism of Actin Bundle Formation. Journal of Biological Chemistry. 271(15):8556-8563.

Tucker, E. E.; Christian, S. D.; Scamehorn, J. F.; Uchiyama, H.; and Guo, W. 1992. Removal of Chromate from Aqueous Streams by Ultrafiltration and Precipitation. ACS Symposium. Chapter 7. 491:84-98.

Vandenhoop, MA. GT.; Benegas, J. C.; and Vanleeuwen, H. P. 1995. Stripping Voltammetry of Heavy Metal/Polyelectrolyte Complexes:2:Analysis in Terms of Polyelectrolyte Theory. Analytica Chimica ACTA. 317(1-3):327-334.

Volchek, K.; Krentsel, E.; Yu, Z.; Shtereva, G.; and Yu, D. 1993. Polymer Binding/Ultrafiltration as a Method for Concentration and Separation of Metals. Elsevier Science Publisher. 253-272.

Weber, W. J. 1972. Physicochemical Processes for Water Quality Control. Chapter 7. New York:John Wiley&Sons Inc.

World Health Organization. 1988. Environmental Health Criteria 61:CHROMIUM. Geneva.

Zhang, S. S.; Yang, L. L.; and Liu, Q. G. 1995. Impedance Study on the Interface of Polyelectrolyte and Metal Sodium. Solid State Ionics. 76(1-2) :127-132.

ภาคผนวก ก.

การศึกษาอัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อไอออนโครเมต ที่มีผลต่อการกำจัดไอออนโครเมต

ความเข้มข้นของโครเมต 350.00 มก.ต่อลิตร

เตรียมสารละลายในสเตอร์เซลล์ 300.00 มล. ใช้ปริมาณสารแต่ละตัวดังนี้

สารละลายโครเมต 1000.00 มก.ต่อลิตร จำนวน 105.00 มล.

พอลิอิเล็กโทรไลต์เข้มข้น 0.5288 โมลาร์ ตามอัตราส่วนที่เปลี่ยนไป

อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อไอออนโครเมต 5:1 10:1 20:1 และ 30:1

ทำปริมาตรเป็น 300.00 มล. ด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน

อัลทราฟิลเทรชัน

ปริมาตรของเพอมิเอท 200 มล.

ปริมาตรของรีเทนเทต 100 มล.

อัตราส่วนของ พอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อโครเมต	ความเข้มข้นของ ไอออนโครเมตในเพอมิเอท			รีเจ็คชัน (%)
	(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)	(%โดยความเข้มข้น)	
5/1	14.14	2.69	4.04	97.29
10/1	4.27	0.81	1.22	99.16
20/1	1.65	0.31	0.47	99.78
30/1	1.14	0.22	0.33	99.78

ภาคผนวก ข.

การศึกษาผลกระทบของไอออนบวก

อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อไอออนโครเมต 20:1 (โมล)

ความเข้มข้นของโครเมตเริ่มต้น 350 มก.ต่อลิตร

เตรียมสารละลายในสเตอร์เซลล์ 300 มล. และใช้ปริมาณสารละลายแต่ละตัวดังนี้

พอลิอิเล็กโทรไลต์เข้มข้น 0.0358 0.4850 และ 0.5288 โมลาร์

สารละลายโครเมต 1000.00 มก.ต่อลิตร จำนวน 105.00 มล.

ชั่งไอออนบวกของเกลือคลอไรด์แข็งใส่ลงในสารละลายให้มีความเข้มข้น

20 40 และ 100 มก.ต่อลิตร

ทำปริมาตรเป็น 300 มล. ด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน

อัลทราฟิวเทรชัน

ปริมาตรของเพอมิเอท 200 มล.

ปริมาตรของรีเทนเทต 100 มล.

% (โดยน้ำหนัก) = (น.น.ในเพอมิเอท:น.น.เริ่มต้น) x 100

การทดลองทำซ้ำ 3-4 ครั้งและรายงานค่าเฉลี่ย

การศึกษาผลกระทบของไอออนทองแดง

ครั้งที่	ความเข้มข้นของไอออนทองแดง			ความเข้มข้นของไอออนโครเมต				เวลา (นาที)	รีเจ็คชัน (%)
	เริ่มต้น (มก.ต่อลิตร)	เพอมิเอท		รีเทนเทต (มก.ต่อลิตร)	เพอมิเอท				
		(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)		(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)	(%โดยความเข้มข้น)		
1	20.00	0.25	0.83		2.22	0.42	0.64		99.59
2	20.00	0.83	2.77		2.49	0.48	0.71		99.56
3	17.92	0.80	2.98	943.17	1.78	0.34	0.51	112.30	99.81
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	19.31±1.20	0.63±0.33	2.19±1.18		2.17±0.36	0.41±0.07	0.62±0.10		99.65±0.14
1	40.00	0.90	0.15		2.35	0.45	0.67		99.58
2	40.00	1.53	2.55		2.69	0.51	0.77		99.54
3	38.43	1.52	2.26	1059.25	1.88	0.36	0.54	115.06	99.82
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	39.48±0.91	1.32±0.36	1.65±1.31		2.31±0.40	0.44±0.08	0.66±0.12		99.65±0.15
1	100.00	7.31	4.87		2.86	0.54	0.82		99.50
2	100.00	9.23	6.15		2.93	0.56	0.84		99.50
3	99.42	9.15	6.14	1008.46	2.07	0.39	0.59	115.54	99.79
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	99.81±0.34	8.56±1.09	5.72±0.74		2.62±0.48	0.50±0.09	0.75±0.14		99.60±0.17

การศึกษาผลกระทบของไอออนเหล็ก

ครั้งที่	ความเข้มข้นของไอออนเหล็ก			ความเข้มข้นของไอออนโครเมต				เวลา	รีเจ็คชัน
	เริ่มต้น	เพอมิเอท		รีเทนเทต	เพอมิเอท			(นาที)	(%)
	(มก.ต่อลิตร)	(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)	(มก.ต่อลิตร)	(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)	(%โดยความเข้มข้น)		
1	20.00	0.02	0.07		2.92	0.56	0.83	114.95	99.47
2	18.34	0.17	0.62	912.12	2.47	0.47	0.71	116.87	99.73
3	18.59	0.17	0.61	946.03	3.78	0.72	1.08	113.63	99.60
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	18.98±0.90	0.12±0.09	0.43±0.31	929.08±23.98	3.06±0.67	0.58±0.13	0.87±0.19	115.15±1.63	99.60±0.13
1	40.00	0.02	0.03		3.04	0.58	0.87	126.98	99.45
2	35.64	0.16	0.03	839.22	3.17	0.60	0.91	117.95	99.62
3	36.51	0.17	0.31	855.04	2.99	0.57	0.85	117.40	99.65
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	37.38±2.31	0.12±0.08	0.21±0.16	847.13±11.19	3.07±0.09	0.58±0.02	0.88±0.03	120.78±5.38	99.57±0.11
1	100.00	2.87	1.91		3.43	0.65	0.98	140.47	99.38
2	99.16	2.98	2.00	852.78	3.39	0.65	0.97	142.04	99.60
3	106.28	3.04	1.91	824.53	3.47	0.66	0.99	151.10	99.58
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	101.81±3.89	2.96±0.09	1.94±0.05	838.66±19.98	3.43±0.04	0.65±0.01	0.98±0.01	144.54±5.74	99.52±0.12

ครั้งที่	ความเข้มข้นของไอออนนิเกิล			ความเข้มข้นของไอออนโครเมต				เวลา (นาที)	รีเจ็คชัน (%)
	เริ่มต้น (มก.ต่อลิตร)	เพอมิเอท (มก.ต่อลิตร)	เพอมิเอท (%โดยน้ำหนัก)	รีเทนเทต (มก.ต่อลิตร)	เพอมิเอท (มก.ต่อลิตร)	เพอมิเอท (%โดยน้ำหนัก)	เพอมิเอท (%โดยความเข้มข้น)		
1	20.00	19.72	65.73		2.10	0.40	0.60		99.64
2	20.00	18.79	62.63		2.18	0.42	0.62		99.61
3	21.19	20.24	63.68	1113.06	1.85	0.35	0.53	113.89	99.83
4	20.47	19.55	63.67	916.64	1.93	0.37	0.55	116.00	99.79
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	20.42±0.56	19.58±0.60	63.93±1.30	1014.85±138.89	2.01±0.15	0.38±0.03	0.58±0.04	114.95±1.49	99.72±0.11
1	40.00	33.85	56.42		2.55	0.49	0.73		99.55
2	40.00	39.35	65.58		2.71	0.52	0.77		99.53
3	45.41	42.55	62.47	1070.74	2.10	0.40	0.60	118.31	99.80
4	41.66	37.76	61.40	1021.76	2.13	0.41	0.61	116.35	99.79
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	41.77±2.55	38.37±3.62	61.47±3.81	1046.25±34.63	2.37±0.30	0.45±0.06	0.68±0.09	117.33±1.39	99.67±0.15
1	100.00	95.04	63.36		3.71	0.71	1.06		99.33
2	100.00	91.77	61.18		3.02	0.58	0.86		99.36
3	113.95	104.26	61.00	1004.84	2.92	0.56	0.83	119.64	99.71
4	89.35	92.71	69.17	875.95	3.41	0.65	0.97	116.51	99.61
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	100.83±10.09	95.94±5.71	63.68±3.82	940.40±91.14	3.26±0.36	0.62±0.07	0.93±0.10	118.08±2.21	99.50±0.19
1	553.29	526.37	63.42	899.69	13.92	2.65	3.98	123.71	98.45
2	586.63	538.01	61.14	1121.97	17.40	3.31	4.97	130.47	98.45
3	532.53	539.16	67.5	1066.83	17.48	3.33	4.99	122.71	98.36
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	557.48±27.29	534.51±7.08	64.02±3.22	1029.50±115.75	16.26±2.03	3.10±0.39	4.65±0.58	125.63±4.22	98.42±0.05

การศึกษาผลกระทบของไอออนสังกะสี

ครั้งที่	ความเข้มข้นของไอออนสังกะสี			ความเข้มข้นของไอออนโครเมต				เวลา (นาที)	รีเจ็คชัน (%)
	เริ่มต้น	เพอมิเอท		รีเทนเทต	เพอมิเอท				
	(มก.ต่อลิตร)	(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)	(มก.ต่อลิตร)	(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)	(%โดยความเข้มข้น)		
1	20.62	17.53	56.68	1000.61	1.79	0.34	0.51		99.82
2	19.78	16.64	56.08	855.86	2.06	0.39	0.59	105.98	99.76
3	22.16	16.76	50.42	988.91	2.08	0.40	0.59	118.98	99.79
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	20.85±1.21	16.98±0.48	54.39±3.45	948..46±80.41	1.98±0.16	0.38±0.03	0.56±0.05	112.48±9.19	99.79±0.03
1	39.70	36.15	60.70	1073.76	1.81	0.34	0.52		99.83
2	35.82	32.47	60.43	964.34	2.39	0.46	0.68	117.05	99.75
3	35.82	32.73	60.92	888.82	2.32	0.44	0.66	118.66	99.74
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	37.12±2.24	33.78±2.05	60.68±0.24	975.64±92.99	2.18±0.32	0.41±0.06	0.62±0.09	117.86±1.14	99.77±0.05
1	100.00	80.74	53.83	1076.78	3.12	0.59	0.89		99.71
2	105.98	70.86	44.57	902.01	3.43	0.65	0.98	119.04	99.62
3	102.11	70.91	46.30	981.12	4.16	0.79	1.19	118.58	99.58
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	102.70±3.03	74.17±5.69	48.23±4.92	986.64±87.52	3.57±0.53	0.68±0.10	1.02±0.15	118.81±0.33	99.64±0.07

ภาคผนวก ค.

การศึกษาผลกระทบของไอออนลบ

อัตราส่วนของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อไอออนโครเมต 20:1 (โมล)

ความเข้มข้นของโครเมตเริ่มต้น 350 มก.ต่อลิตร

เตรียมสารละลายในสเตอร์เซลล์ 300 มล. และใช้ปริมาณสารละลายแต่ละตัวดังนี้

พอลิอิเล็กโทรไลต์เข้มข้น 0.2875 0.4650 0.5075 และ 0.5169 โมลาร์

สารละลายโครเมต 1000.00 มก.ต่อลิตร จำนวน 105.00 มล.

ชั่งไอออนลบของเกลือโซเดียมแข็งใส่ลงในสารละลายให้มีความเข้มข้น

1000 3000 และ 6000 มก.ต่อลิตร

ทำปริมาตรเป็น 300 มล. ด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน

อัลทราฟิลเทรชัน

ปริมาตรของเพอมิเอท 200 มล.

ปริมาตรของรีเทนเทต 100 มล.

% (โดยน้ำหนัก) = (น.น.ในเพอมิเอท:น.น.เริ่มต้น) x 100

การทดลองทำซ้ำ 3-4 ครั้งและรายงานค่าเฉลี่ย

ครั้งที่	ความเข้มข้นของไอออนคลอไรด์			ความเข้มข้นของไอออนโครเมต				เวลา (นาที)	รีเจ็คชัน (%)
	เริ่มต้น	เพอมิเอท		รีเทนเทต	เพอมิเอท				
	(มก.ต่อลิตร)	(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)	(มก.ต่อลิตร)	(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)	(%โดยความเข้มข้น)		
1	1374.96	1318.41	63.92	1118.44	26.47	5.04	7.56		97.63
2	1330.64	1336.38	66.95	1134.16	23.87	4.55	6.82		97.90
3	1010.41	1061.98	70.07	1124.02	27.45	5.23	7.84	112.62	97.56
4	1060.01	1008.64	63.43	1109.54	34.38	6.55	9.82	110.29	96.90
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	1194.00±185.36	1181.35±170.19	66.10±3.07	1121.54±10.31	28.04±4.49	5.34±0.85	8.01±1.28	111.46±1.65	97.50±0.42
1	3213.51	3201.85	66.42	889.02	105.93	20.18	30.27		88.08
2	3361.37	3347.77	66.40	953.17	94.28	17.96	26.94		90.11
3	3072.73	3065.93	66.52	1002.61	106.78	20.34	30.51	147.25	89.35
4	3123.66	3090.02	65.95	925.21	105.37	20.07	30.11	120.36	88.61
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	3192.82±126.55	3176.39±128.69	66.32±0.25	942.50±47.91	103.09±5.90	19.64±1.12	29.45±1.69	133.81±19.01	89.04±0.88
1	6194.06	6126.72	65.94	719.91	197.92	37.70	56.55		72.51
2	6276.64	6284.89	66.75	767.02	184.25	35.10	52.64		75.98
3	6174.14	6054.59	65.38	794.66	196.27	37.38	56.08	132.98	75.30
4	5818.23	5483.68	62.83	887.87	188.24	35.86	53.78	136.65	72.63
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	6115.77±203.26	5987.47±349.36	65.23±1.69	792.36±70.75	191.67±6.51	36.51±1.24	54.76±1.86	134.82±2.60	74.11±1.79

ครั้งที่	ความเข้มข้นของไอออนไนเตรต			ความเข้มข้นของไอออนโครเมต				เวลา	รีเจ็คชัน
	เริ่มต้น	เพอมิเอท		รีเทนเทต	เพอมิเอท			(นาที)	(%)
	(มก.ต่อลิตร)	(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)	(มก.ต่อลิตร)	(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)	(%โดยความเข้มข้น)		
1	1145.78	313.71	18.25	1138.48	14.34	2.73	4.10		98.47
2	963.09	215.52	14.92	1022.12	13.61	2.59	3.89		98.67
3	817.57	222.93	18.18	1129.83	15.70	2.99	4.49	135.58	98.61
4	885.87	258.99	19.49	1141.34	18.07	3.44	5.16	102.99	98.42
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	953.08±141.56	252.79±44.83	17.71±1.96	1107.94±57.42	15.43±1.96	2.94±0.37	4.41±0.56	119.29±23.04	98.54±0.12
1	3627.36	1471.11	27.04	971.13	68.44	13.04	19.55		93.50
2	3108.99	1225.15	26.27	1020.40	64.39	12.26	18.40		93.69
3	2965.85	1466.05	32.95	1129.25	71.45	13.61	20.41	139.37	93.67
4	3056.22	1445.07	31.52	892.23	71.95	13.70	20.56	109.84	91.94
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	3189.60±297.76	1401.85±118.33	29.45±3.29	1003.25±99.21	69.06±3.48	13.15±0.66	19.73±0.99	124.61±20.88	93.20±0.84
1	7023.74	4330.70	41.11	796.11	150.08	28.59	42.88		81.67
2	5475.48	3462.21	42.15	857.80	135.38	25.79	38.68		84.22
3	6058.41	3962.52	43.60	888.18	153.25	29.19	43.79	142.74	82.75
4	6202.26	3690.00	39.66	780.33	149.96	28.56	42.85	124.74	80.78
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	6189.97±638.52	3861.36±373.81	41.63±1.66	830.60±50.90	147.17±8.00	28.03±1.52	42.05±2.29	133.74±12.73	82.36±1.48

ครั้งที่	ความเข้มข้นของไอออนซัลเฟต			ความเข้มข้นของไอออนโครเมต				เวลา	รีเจ็คชัน
	เริ่มต้น	เพอมิเอท		รีเทนเทต	เพอมิเอท			(นาที)	(%)
	(มก.ต่อลิตร)	(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)	(มก.ต่อลิตร)	(มก.ต่อลิตร)	(%โดยน้ำหนัก)	(%โดยความเข้มข้น)		
1	1134.32	184.08	10.82	1080.14	25.11	4.78	7.17		97.68
2	959.69	140.62	9.77	1135.88	22.91	4.36	6.55		97.98
3	884.71	125.46	9.45	1151.32	26.35	5.02	7.53	119.42	97.71
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	992.91±128.08	150.05±30.43	10.01±0.71	1122.45±37.44	24.79±1.74	4.72±0.33	7.08±0.50		97.79±0.17
1	3310.43	1491.65	30.04	923.39	96.94	18.46	27.70		89.5
2	2970.70	1287.13	28.88	1008.91	84.67	16.13	24.19		91.61
3	2657.03	1128.76	28.32	1074.64	91.36	17.40	26.10	145.72	91.5
4	3040.08	1600.87	35.11	939.34	98.47	18.76	28.13	170.03	89.52
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	2994.56±268.54	1377.11±210.53	30.59±3.10	986.57±69.47	92.86±6.26	17.69±1.19	26.53±1.79	157.88±17.19	90.53±1.18
1	6299.97	4397.69	46.54	738.36	153.14	29.17	43.75		79.26
2	6089.03	3534.87	38.70	863.54	139.29	26.53	39.80		83.87
3	5251.17	3245.27	41.20	875.40	150.09	28.59	42.88	176.82	82.86
4	5435.23	3910.97	47.97	798.00	151.10	28.78	43.17	164.39	81.07
เฉลี่ย±เบี่ยงเบน	5768.85±504.61	3772.20±498.16	43.60±4.38	818.83±63.53	148.40±6.21	28.27±1.18	42.40±1.77	170.61±8.79	81.77±2.03

ผลกระทบของไอออนที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์รีเจ็คชันของการกำจัดไอออนโครเมต

ไอออนบวก	รีเจ็คชัน(%)			ไอออนลบ	รีเจ็คชัน(%)		
(มก.ต่อลิตร)	20	40	100	(มก.ต่อลิตร)	1000	3000	6000
ทองแดง	99.65±0.14	99.65±0.15	99.6±0.17	คลอไรด์	97.5±0.42	89.04±0.88	74.11±1.79
เหล็ก	99.62±0.13	99.6±0.11	99.54±0.12	ไนเตรต	98.54±0.12	93.2±0.84	82.36±1.48
นิเกิล	99.72±0.11	99.67±0.15	99.5±0.19	ซัลเฟต	97.97±0.17	90.53±1.18	81.77±2.03
สังกะสี	99.79±0.03	99.77±0.05	99.64±0.07				

ความเข้มข้นของไอออนในเพอมิเอท

ไอออนบวก	ไอออนบวกในเพอมิเอท(มก.ต่อลิตร)			ไอออนลบ	ไอออนลบในเพอมิเอท(มก.ต่อลิตร)		
(มก.ต่อลิตร)	20	40	100	(มก.ต่อลิตร)	1000	3000	6000
ทองแดง	0.63±0.33	1.32±0.36	8.56±1.09	คลอไรด์	1181.35±170.19	3176.39±128.69	5987.47±349.36
เหล็ก	0.12±0.09	0.12±0.08	2.96±0.09	ไนเตรต	252.79±44.83	1401.85±118.33	3861.36±373.81
นิเกิล	19.58±0.60	38.37±3.62	95.94±5.71	ซัลเฟต	150.05±30.43	1377.11±210.53	3772.20±498.16
สังกะสี	16.98±0.48	33.78±2.05	74.17±5.69				

ผลกระทบของไอออนที่มีต่อความเข้มข้นของไอออนโครเมตในเพอมิเอท

ไอออนบวก	ไอออนโครเมตในเพอมิเอท(มก.ต่อลิตร)			ไอออนลบ	ไอออนโครเมตในเพอมิเอท(มก.ต่อลิตร)		
(มก.ต่อลิตร)	20	40	100	(มก.ต่อลิตร)	1000	3000	6000
ทองแดง	2.17±0.36	2.31±0.40	2.62±0.48	คลอไรด์	28.04±4.49	103.09±5.90	191.67±6.51
เหล็ก	3.06±0.67	3.07±0.09	3.43±0.04	ไนเตรต	15.43±1.96	69.06±3.48	147.17±8.00
นิเกิล	2.01±0.15	2.37±0.30	3.26±0.36	ซัลเฟต	24.79±1.74	92.86±6.26	148.40±6.21
สังกะสี	1.98±0.16	2.18±0.32	3.57±0.53				

ภาคผนวก ง.

การศึกษาผลของพอลิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มการกรองแบบอัลทราฟิลเทรชัน ในตัวอย่างน้ำเสีย

อัตราส่วนโมลของพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อโมลของไอออนโครเมต 20:1

น้ำเสียตัวอย่างที่ 1

พอลิอิเล็กโทรไลต์ 0.4663 โมลาร์ จำนวน 91.1 มล.

ปริมาตรตัวอย่างน้ำเสีย 250 มล.

ปริมาตรสารละลายรวม (91.1+250) 341.1 มล.

ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในสเตอร์เซลล์ 300.00 มล.

ปริมาณน้ำเสียในสเตอร์เซลล์รอบที่ 2 205 มล.

ปริมาณน้ำเสียในสเตอร์เซลล์รอบที่ 3 205 มล.

ปริมาณน้ำเสียในสเตอร์เซลล์รอบที่ 4 205 มล.

ปริมาตรในเพอมิเอท 200 มล.

น้ำเสียตัวอย่างที่ 2

พอลิอิเล็กโทรไลต์ 0.5219 โมลาร์ จำนวน 95.5 มล.

ปริมาตรตัวอย่างน้ำเสีย 250 มล.

ปริมาตรสารละลายรวม (95.5+250) 345.5 มล.

ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในสเตอร์เซลล์ 300.00 มล.

ปริมาณน้ำเสียในสเตอร์เซลล์รอบที่ 2 202 มล.

ปริมาณน้ำเสียในสเตอร์เซลล์รอบที่ 3 202 มล.

ปริมาณน้ำเสียในสเตอร์เซลล์รอบที่ 4 202 มล.

ปริมาตรในเพอมิเอท 200 มล.

น้ำเสียตัวอย่างที่ 1 pH ของสารละลายน้ำเสีย 2.54

องค์ประกอบของตัวอย่างน้ำเสียก่อนและหลังผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน

น้ำเสีย	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของไอออน(มก.ต่อลิตร)								รีเจ็คชัน(%)
		โครเมียม	ทองแดง	เหล็ก	นิเกิล	สังกะสี	คลอไรด์	ไนเตรต	ซัลเฟต	
เริ่มต้น		986.12	32.63	32.50	205.07	23.29	2972.75	ND*	319.28	
เพอมิเอทรอบที่1	208.46	7.46	25.74	22.53	169.51	22.84	1504.56	ND*	56.99	99.52
เพอมิเอทรอบที่2	185.86	15.60	30.60	26.48	175.12	23.23	1795.47	ND*	71.81	99.47
เพอมิเอทรอบที่3	179.63	23.22	30.18	28.56	179.08	23.88	1845.47	ND*	80.13	99.48
เพอมิเอทรอบที่4	162.39	32.45	30.60	28.79	179.28	24.27	1850.01	ND*	93.58	99.39

ND*: ค่าที่วัดได้ต่ำกว่าขีดจำกัดของการตรวจวัด

น้ำเสียตัวอย่างที่ 2 pH ของสารละลายน้ำเสีย 2.56

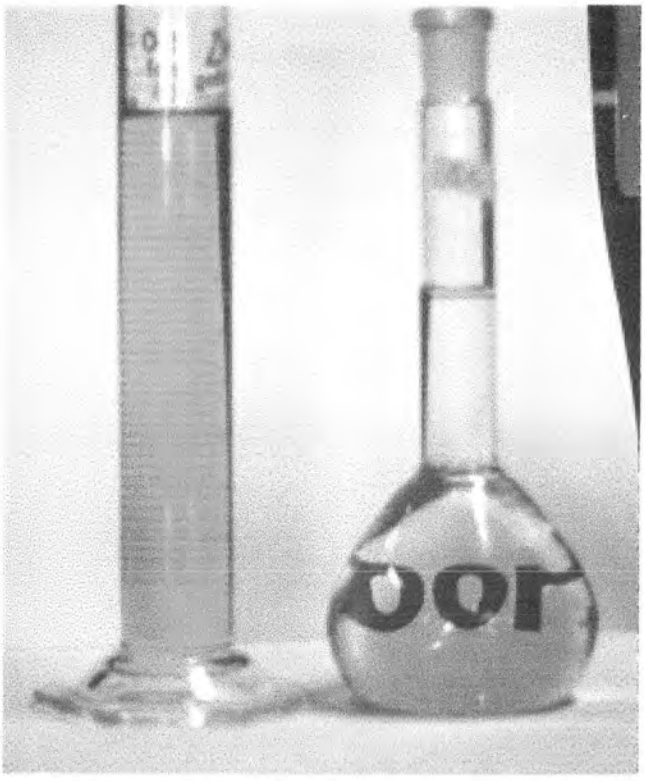
องค์ประกอบของตัวอย่างน้ำเสียก่อนและหลังผ่านเมมเบรนอัลทราฟิลเทรชัน

น้ำเสีย	เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของไอออน(มก.ต่อลิตร)								รีเจ็คชัน(%)
		โครเมียม	ทองแดง	เหล็ก	นิเกิล	สังกะสี	คลอไรด์	ไนเตรต	ซัลเฟต	
เริ่มต้น		1156.65	35.36	14.98	166.07	6.43	458.19	ND*	302.80	
เพอมิเอทรอบที่1	234.10	7.33	30.38	9.93	140.42	6.16	449.55	ND*	36.59	99.56
เพอมิเอทรอบที่2	223.52	12.54	30.40	11.50	156.84	6.41	482.28	ND*	36.46	99.45
เพอมิเอทรอบที่3	231.52	17.83	27.59	11.79	154.10	6.38	465.00	ND*	44.32	99.50
เพอมิเอทรอบที่4	217.85	23.18	25.96	10.80	145.23	6.26	458.19	ND*	48.93	99.54

ภาคผนวก จ

ภาพแสดงประสิทธิภาพของการกำจัดโครเมตไอออน

โดยพอลิอิเล็กโทรไลต์อัลทราฟิลเทรชัน



ภาพแสดงประสิทธิภาพของการกำจัดโครเมตไอออน

โดยพอลิอิเล็กโทรไลต์อัลทราฟิลเทรชัน (ต่อ)

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจินตนา เจริญศิริ เกิดวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2516 ที่อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2537 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรบัณฑิตศึกษา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2538