รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2539. คู่มือปฏิบัติการสำหรับเจ้าพนักงานควบคุมมลพิษในการตรวจสอบโรงงานอุตสาหกรรม. เล่ม2.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2538. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรทวี พึ่งรัศมี,อรัญ หาญสืบสาย. 2537. สาระน่ารู้เรื่องกระดาษพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ด่านสุทธาการพิมพ์.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538. วิศวกรรมประปา เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แม้น อมรสิทธิ์, อมร เพชรสม. 2535. Principles and Techniques of Instrumental Analysis. พิมพ์ครั้งที่ 5 .กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2537. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์. 2537. ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาโรช บุญยกิจสมบัติ. 2538. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีในโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าขนาดกลางและขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนทรี สิงหบุตรา. 2541. สารพิษรอบตัว : การรักษาและการแก้พิษ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : เอ ที แอนด์ เอ็น อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด.

อุตสาหกรรม, กระทรวง.2531 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 25 (พ.ศ.2531) ออกความตามในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512 เรื่องหน้าที่ของผู้ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม.

ภาษาอังกฤษ

APHA, AWWA and WPCF. 1989. Standard Method for the Examination of water and Wastewater. 17 th ed.

Bizzigotti, G.O., Reynolds, D.A. and Kueper, B.H. 1997.Enhanced solubilization and destruction of tetrachloroethylene by hydroxypropyl-β-cyclodextrinandIron. J. Environ. Sci. Technol 31 : 472-478.

Chuang, F., Larson R.A. and Wessman, M.S. 1995. Zero-valent iron promoted dechlorination of polychlorinated biphenyls . J. Environ. Sci. Technol. 29 : 2460-2463

Chunming, S. and Puls R. W.1999. Kinetics of trichloroethane reduction by zerovalent iron and tin : Pretreatment effect, apparent activation energy, and intermediate products. J. Environ. Sci. Technol 33 : 163-168.

Dean, J.A.1979. Lang' Handbook of Chemistry, 12 nd ed. New York : Mc.Graw-Hill.

Dence, C.W. and Annergren G.E.,1979. The Bleaching of Pulp. 3rd ed. America : Standard press.

Dorica, J.1992. Removal of AOX from bleach plant effluents by alkaline hydrolysis. J. Of Pulp And Paper Science. 18 : 231-237.

Fisher, R.P., Barton, D.A. and Wiegand, P.S.1996. An asssessment of the significance of discharge of chlorinated phenolic compounds from bleached kraft pulp mills. In M.R. Servos, K.R. Monkittrick, J.H.Carey andG.J. Van der Krak (eds.), Environmental fate and effect of pulp and paper mill effluents . pp.107-117, Florida : St.Lucie Press.

Gillham, R.W. and O'Hannesin, S.F.1994. Enhanced degradation of halogenated aliphatics by zero-valent Iron . J. Ground Water. 32 : 958-967.

Gillham, R.W. and Orth, W.S. 1996. Dechlorination of trichloroethene in aqueous solution using Fe^0. J. Environ. Sci. Technol 30 : 66-71.

Grittini, C. et al.1995. Rapid dechlorination of polychlorinated biphenyls on the surface of a Pd/Fe bimetallic system. J. Environ. Sci. Technol 29 : 2898- 2900.

Hall, T.J., Haley, R.K., Borton, D.L. and Bousquet, T.M.,1996.The use of chronic bioassays in characterizing effluent quality change for two bleached kraft mills undergoing process changes to increased chlorinedioxide substitution and oxygen delignification. In M.R. Servos, K.R. Monkittrick, J.H.Carey andG.J. Van der Krak

(eds.), Environmental fate and effect of pulp and paper mill effluents . pp.53-67, Florida : St.Lucie Press.

Hardy, L.I. and Gillham, R.W.1995. Formation of hydrocarbons from the reduction of aqueous CO_2 by zero-valent iron . J. Environ. Sci. Technol. 30 : 57-65

Johnson, T.L., Scherer, M.M. and Tratnyek, P.G.1996. Kinetics of halogenated organic compound degradation by iron metal . J. Environ. Sci. Technol. 30 : 2634-2640.

LaFleur L.E.,1996. Source of pulping and bleaching derived chemicals in effluents. In M.R. Servos, K.R. Monkittrick, J.H.Carey and G.J. Van der Krak (eds.), Environmental fate and effect of pulp and paper mill effluents . pp.21-31, Florida : St.Lucie Press.

Lancaster, L.M., Renard, J.J., Yin, C. and Phillips, R.B., September 1995. The effects of alternative pulping and bleaching process on product performance : Economic and environmental concerns. . In pollution prevention in the manufacture of pulp and paper. pp.194-205. Washington, DC. : JT&A,inc.

McKague, A.B. and Carlberg, G.1996. Effluent characteristics and composition. In Dence, C.W. and Reeve, D.W. (eds). Pulp bleaching principles and practice. pp.749-765. Gorgia : Tappi press.

McLeay.D. and associates ltd.,1987.Aquatic toxicity of Pulp and paper Mill Effluent : A Review.Canada.

Matheson, B.J., Tratnyek ,p.g.1994. Reductive dehalogenation of chlorinated methanes by iron metal. J. Environ. Sci. Technol. 28 : 2045-2053.

Meijer, J. and Leden, M. Journal of Liquid Chromatography. 18(9), (1995) : 1821-1832.

National Institute for Occupational Safety and Health. 1994. Manual of Analytical Methods. 4th ed. Vol.3. NIOSH. Cincinnati, OH.

Orth, W.S. and Gillham, R.W. 1996. Dechlorination of triChloroethene in aqueous solution using Fe^0 .J. Environmental Science & Technology. 30 : 66-71.

Owens, J.W. and Lehtinen, K.J.1996. Assessing the potential impacts of pulping and bleaching operations on the aquatic environment. In Dence, C.W. and Reeve, D.W. (eds). Pulp bleaching principles and practice. pp.767-796. Gorgia : Tappi press.

Ozdemir, M. and Tufekci, M. 1997. Removal of chlorine residues in aqueous media by metallic iron. J. Wat. Res. 31 : 343-345.

Roberts, A.L.,Totten, L.A., Arnold, W.A., Burris, D.R. and Campbell, T.J.1996. Reductive elimination of chlorinated ethylenes by zero-valent metals. J. Environ. Sci. Technol 30 : 2654-2659.

Sayles, G.D., You, G., Wang, M. and Kupferle, M.J.1997 . DDT, DDD, and DDE dechlorination by zero -valent iron. J. Environ. Sci. Technol 31 : 3448-3454.

Siantar, D.P., Schreier, C.G., Chou, C. and Reinhard, M.1996. Treatment of 1,2-dibromo-3-chloropropane and nitrate-contaminated water with zero-valent Iron or Hydrogen/Palladium catalysts. J. Wat. Res. 30 : 2315-2322.

Starr, R.C. and Cherry, J.A.1994. In situ remediation of contaminated ground water : The funnel-and-gate system. J. ground water. 32 : 465-476.

Taghipour, F. and Evans, G.J.1996. Radiolytic elimination of organochlorine in pulp mill effluent. J. Environ. Sci. Technol 30 : 1558-1564.

Taylor, K., August 1992. The environment is good for business-A publishing company's view. In pollution prevention in the manufacture of pulp and paper. pp.272-273. Washington, DC. : JT&A,inc.

Tratnyek, P.1996. Putting corrosion to use remediating contaminated groundwater with zero-valent metals. J. Chemistry & Industry . 1 : 499-503.

UNEP. 1996. Cleaner Production at the Pulp and Paper Mills : A Guidance Manual.1st ed. Bangkok.

UNEP. 1996. Environmental Management in the Pulp and Paper Industry. 1st ed. Bangkok.

USEPA.,1995 . Profile of the pulp and paper industry. America : U.S.government Printing Office.

Wang, C. and Zhang, W.1997. Synthesizing nanoscale iron particles for rapid and complete dechlorination of TCE and PCBs . J. Environ. Sci. Technol 31 : 2154-2156.

Williams, T.G., Carey, J.H., Burnison, B.K., Dixon, D.G. and Lee, H. 1996. Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) mixed function oxygenase response caused by unbleached and bleached pulp mill effect : A laboratory based study. In M.R. Servos, K.R. Monkittrick, J.H.Carey andG.J. Van der Krak (eds.), Environmental fate and effect of pulp and paper mill effluents . pp.379-389, Florida : St.Lucie Press.

Zheng, Y. and Allen, D.G., 1996. Biological dechlorination of model organochlorine compounds in bleached kraft mill effluents . J. Environ. Sci. Technol 30 : 1890-1895

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 แสดงปริมาณ 2-chlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์

เวลา (วัน)		10 ไมครอน					150 ไมครอน				
		pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น		20.12	20.08	20.17	19.89	20.03	20.12	20.08	20.17	19.89	20.03
1	NO.1	8.23	9.05	11.82	14.68	17.83	13.64	15.28	15.80	17.52	18.54
	NO.2	7.68	9.71	11.47	15.04	17.60	13.99	15.18	15.97	17.08	18.85
	NO.3	8.01	9.35	11.66	14.50	17.64	13.44	15.06	16.44	17.16	18.65
	เฉลี่ย±SD	7.97±0.28	9.37±0.33	11.65±0.17	14.74±0.28	17.69±0.12	13.69±0.28	15.17±0.11	16.07±0.33	17.25±0.23	18.68±0.16
2	NO.1	4.97	6.84	8.51	11.85	16.33	8.91	11.25	13.92	15.29	17.60
	NO.2	5.24	6.56	7.88	11.48	16.25	9.29	11.62	13.59	15.92	17.74
	NO.3	4.98	6.68	8.18	11.62	16.56	8.98	11.50	13.44	16.16	17.62
	เฉลี่ย±SD	5.06±0.15	6.69±0.14	8.19±0.32	11.65±0.19	16.38±0.16	9.06±0.21	11.46±0.19	13.65±0.25	15.79±0.45	17.65±0.08
3	NO.1	2.77	4.09	6.43	8.56	15.93	6.41	8.85	11.35	14.36	16.76
	NO.2	3.45	4.48	6.59	9.18	15.39	6.65	9.39	11.84	14.10	16.84
	NO.3	3.05	4.53	6.37	9.05	15.57	6.43	8.86	11.59	14.31	16.65
	เฉลี่ย±SD	3.09±0.34	4.37±0.24	6.46±0.11	8.93±0.33	15.63±0.28	6.50±0.13	9.03±0.31	11.59±0.25	14.26±0.14	16.75±0.09
4	NO.1	1.42	2.84	4.45	6.97	14.93	3.84	6.20	8.65	12.94	16.26
	NO.2	0.92	2.78	4.38	7.30	15.24	3.59	6.46	8.93	13.30	15.89
	NO.3	1.17	2.51	4.16	7.03	15.25	3.76	6.10	8.71	13.03	16.19
	เฉลี่ย±SD	1.17+0.25	2.71±0.18	4.33±0.15	7.10±0.18	15.14±0.18	3.73±0.13	6.25±0.18	8.76±0.15	13.09±0.19	16.11±0.20
5	NO.1	ND	1.03	2.86	5.92	14.90	1.74	4.03	6.80	11.41	15.53
	NO.2	ND	0.78	2.75	5.46	14.59	1.53	3.75	6.89	11.90	15.99
	NO.3	ND	1.16	2.34	5.54	14.45	1.59	3.95	6.88	11.45	15.68
	เฉลี่ย±SD	-	0.99±0.19	2.65±0.28	5.64±0.24	14.65±0.23	1.62±0.11	3.91±0.15	6.86±0.05	11.59±0.27	15.73±0.23
7	NO.1	ND	ND	0.85	4.92	14.80	ND	0.84	3.80	10.48	15.43
	NO.2	ND	ND	0.42	4.40	14.28	ND	1.22	4.11	10.01	15.34
	NO.3	ND	ND	0.47	4.45	14.69	ND	1.34	4.19	10.25	15.40
	เฉลี่ย±SD	-	-	0.58±0.24	4.59±0.29	14.59±0.28	-	1.13±0.26	4.03±0.20	10.25±0.24	15.39±0.05
10	NO.1	ND	ND	ND	3.74	14.06	ND	ND	1.65	9.41	15.06
	NO.2	ND	ND	ND	3.33	14.68	ND	ND	1.29	8.79	15.20
	NO.3	ND	ND	ND	3.97	14.25	ND	ND	1.77	9.04	15.40
	เฉลี่ย±SD	-	-	-	3.68±0.33	14.33±0.32	-	-	1.57±0.25	9.08±0.32	15.22±0.17
15	NO.1	ND	ND	ND	3.19	14.24	ND	ND	0.51	8.96	15.06
	NO.2	ND	ND	ND	3.70	14.11	ND	ND	0.37	8.91	15.15
	NO.3	ND	ND	ND	3.55	14.22	ND	ND	0.53	8.53	15.06
	เฉลี่ย+SD	-	-	-	3.48±0.26	14.19±0.07	-	-	0.47±0.09	8.80±0.23	15.09±0.05

ตารางที่ ก.2 แสดงปริมาณ 2,4-dichlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์

เวลา		10 ไมครอน					150 ไมครอน				
(วัน)		pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น		20.07	20.14	19.95	19.92	20.16	20.07	20.14	19.95	19.92	20.16
1	NO.1	5.17	7.15	8.50	13.91	17.17	12.36	13.97	14.66	16.88	17.91
	NO.2	5.52	6.62	8.93	14.25	16.55	12.86	13.27	14.21	16.44	18.25
	NO.3	5.36	7.14	8.35	13.75	16.84	12.73	13.74	14.63	16.63	18.23
	เฉลี่ย±SD	5.35±0.17	6.97±0.30	8.59±0.30	13.97±0.26	16.85±0.31	12.65±0.26	13.66±0.36	14.50±0.25	16.65±0.22	18.13±0.19
2	NO.1	2.07	4.34	5.48	9.57	15.21	6.58	8.83	9.84	12.29	17.45
	NO.2	2.75	4.06	5.61	9.39	15.57	6.63	8.38	10.12	12.80	17.09
	NO.3	2.23	4.23	5.44	9.63	15.78	6.24	8.23	9.47	13.04	17.34
	เฉลี่ย±SD	2.35±0.35	4.21±0.14	5.51±0.09	9.53±0.13	15.52±0.29	6.48±0.21	8.48±0.31	9.81±0.33	12.71±0.38	17.29±0.18
3	NO.1	0.76	2.02	2.75	7.40	14.93	3.87	5.91	6.81	10.92	16.82
	NO.2	0.95	2.54	3.29	7.10	14.89	4.42	5.38	6.55	10.31	16.57
	NO.3	0.97	1.89	2.97	7.01	14.37	3.86	6.10	6.85	10.56	16.80
	เฉลี่ย±SD	0.89±0.12	2.15±0.34	3.00±0.27	7.17±0.20	14.73±0.31	4.05±0.32	5.79±0.37	6.74±0.17	10.60±0.31	16.73±0.14
4	NO.1	ND	1.39	2.07	6.01	13.98	2.31	3.42	5.39	9.54	16.62
	NO.2	ND	1.09	1.62	6.66	14.49	2.54	3.06	4.95	9.77	16.53
	NO.3	ND	1.21	1.86	6.29	14.04	2.91	3.54	5.35	9.64	16.68
	เฉลี่ย±SD	-	1.23±0.15	1.85±0.22	6.32±0.32	14.17±0.28	2.59±0.30	3.34±0.25	5.23±0.24	9.65±0.12	16.61±0.08
5	NO.1	ND	ND	0.86	5.35	13.98	0.74	2.02	3.54	9.33	16.50
	NO.2	ND	ND	1.34	5.39	13.53	1.03	1.56	3.85	8.87	16.57
	NO.3	ND	ND	1.19	5.10	14.07	1.22	1.99	3.65	8.92	16.25
	เฉลี่ย±SD	-	-	1.13±0.24	5.28±0.16	13.86±0.29	1.00±0.24	1.86±0.26	3.68±0.16	9.04±0.25	16.44±0.17
7	NO.1	ND	ND	ND	4.72	13.59	ND	1.18	2.26	7.48	15.78
	NO.2	ND	ND	ND	4.27	14.14	ND	1.44	2.74	8.05	16.24
	NO.3	ND	ND	ND	4.30	13.46	ND	1.11	2.35	8.27	16.13
	เฉลี่ย±SD	-	-	-	4.43±0.25	13.73±0.36	-	1.24±0.18	2.45±0.25	7.93±0.41	16.05±0.24
10	NO.1	ND	ND	ND	4.36	13.61	ND	ND	1.57	7.80	16.10
	NO.2	ND	ND	ND	4.19	13.52	ND	ND	1.94	7.38	15.63
	NO.3	ND	ND	ND	4.02	13.39	ND	ND	1.35	7.52	15.76
	เฉลี่ย±SD	-	-	-	4.19±0.17	13.51±0.11	-	-	1.62±0.30	7.57±0.22	15.83±0.24
15	NO.1	ND	ND	ND	3.75	13.38	ND	ND	ND	6.79	16.09
	NO.2	ND	ND	ND	4.06	13.54	ND	ND	ND	7.20	15.56
	NO.3	ND	ND	ND	3.86	13.19	ND	ND	ND	7.19	15.72
	เฉลี่ย±SD	-	-	-	3.89±0.15	13.37±0.18	-	-	-	7.06±0.24	15.79±0.27

ตารางที่ ก.3 แสดงปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์

เวลา		10 ไมครอน					150 ไมครอน				
(วัน)		pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น		20.11	19.98	20.15	20.07	20.05	20.11	19.98	20.15	20.07	20.05
1	NO.1	4.32	5.08	7.80	13.91	16.61	9.00	11.04	12.93	15.50	17.79
	NO.2	3.63	5.72	8.27	13.36	16.99	8.41	11.33	13.54	15.87	18.03
	NO.3	3.69	5.25	7.51	13.11	16.71	7.99	10.60	13.01	14.86	17.98
	เฉลี่ย±SD	3.88±0.38	5.35±0.33	7.86±0.38	13.46±0.41	16.77±0.19	8.47±0.51	10.99±0.37	13.16±0.34	15.41±0.51	17.93±0.13
2	NO.1	1.40	2.77	5.41	10.89	15.75	4.58	7.12	8.73	13.20	16.45
	NO.2	1.88	3.30	4.79	11.56	15.98	5.25	7.81	8.20	13.87	16.39
	NO.3	1.62	3.02	5.07	11.05	16.33	4.66	7.57	8.63	14.24	16.93
	เฉลี่ย±SD	1.63±0.24	3.03±0.26	5.09±0.31	11.17±0.35	16.02±0.29	4.83±0.37	7.50±0.35	8.52±0.28	13.77±0.53	16.59±0.29
3	NO.1	0.30	1.45	4.32	8.37	13.95	2.99	4.54	6.06	12.20	15.95
	NO.2	0.43	1.86	3.76	8.89	14.24	2.34	5.46	5.87	11.48	16.11
	NO.3	0.53	1.82	3.47	8.42	14.19	2.57	4.90	5.86	12.42	16.57
	เฉลี่ย±SD	0.42±0.12	1.71±0.23	3.85±0.43	8.56±0.29	14.13±0.16	2.63±0.33	4.97±0.47	5.93±0.11	12.03±0.49	16.21±0.32
4	NO.1	ND	0.42	2.95	7.00	13.85	1.82	2.55	4.16	11.01	14.61
	NO.2	ND	0.15	2.37	7.78	13.34	2.07	3.06	5.10	11.47	14.99
	NO.3	ND	0.36	2.27	7.12	13.58	1.36	3.05	5.25	11.34	14.38
	เฉลี่ย±SD	-	0.31±0.14	2.53±0.37	7.30±0.42	13.59±0.26	1.75±0.36	2.89±0.29	4.84±0.59	11.27±0.24	14.66±0.31
5	NO.1	ND	ND	1.30	5.96	12.34	0.93	1.98	2.83	10.21	13.92
	NO.2	ND	ND	0.96	5.27	12.58	1.22	1.43	3.53	10.51	14.20
	NO.3	ND	ND	0.89	5.93	12.54	0.59	1.96	3.05	10.12	14.14
	เฉลี่ย±SD	-	-	1.05±0.22	5.72±0.39	12.49±0.13	0.91±0.32	1.79±0.31	3.14±0.36	10.28±0.21	14.09±0.15
7	NO.1	ND	ND	ND	5.17	12.04	ND	ND	0.98	9.17	13.45
	NO.2	ND	ND	ND	5.23	12.32	ND	ND	1.44	9.74	13.81
	NO.3	ND	ND	ND	4.90	11.58	ND	ND	1.57	8.66	14.08
	เฉลี่ย±SD	-	-	-	5.10±0.18	11.98±0.38	-	-	1.33±0.31	9.19±0.54	13.78±0.32
10	NO.1	ND	ND	ND	3.58	11.13	ND	ND	ND	8.86	13.38
	NO.2	ND	ND	ND	4.30	11.73	ND	ND	ND	8.60	13.94
	NO.3	ND	ND	ND	4.09	11.16	ND	ND	ND	8.61	13.08
	เฉลี่ย±SD	-	-	-	3.99±0.37	11.34±0.33	-	-	-	8.69±0.15	13.47±0.44
15	NO.1	ND	ND	ND	3.50	11.56	ND	ND	ND	7.44	13.52
	NO.2	ND	ND	ND	3.98	10.90	ND	ND	ND	8.06	13.21
	NO.3	ND	ND	ND	3.53	10.87	ND	ND	ND	8.47	13.14
	เฉลี่ย±SD	-	-	-	3.67±0.26	11.11±0.39	-	-	-	7.99±0.52	13.29±0.20

ตารางที่ ก.4 แสดงปริมาณ 2-chlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (ชุดควบคุม)

เวลา (วัน)		Control				
		pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น		20.12	20.08	20.17	19.89	20.03
1	NO.1	19.34	19.92	19.20	19.32	19.64
	NO.2	19.89	19.78	19.79	19.26	19.87
	NO.3	19.35	19.49	19.69	19.35	19.68
	เฉลี่ย±SD	19.53±0.32	19.73±0.22	19.56±0.32	19.31±0.04	19.73±0.12
2	NO.1	18.82	18.91	18.91	18.86	19.39
	NO.2	19.38	19.49	19.39	18.55	19.17
	NO.3	19.02	18.81	19.69	19.14	19.69
	เฉลี่ย±SD	19.07±0.28	19.07±0.36	19.33±0.39	18.85±0.29	19.42±0.26
3	NO.1	19.75	18.44	19.74	19.17	19.13
	NO.2	19.63	19.22	19.40	19.52	19.52
	NO.3	19.81	18.92	19.94	18.67	18.83
	เฉลี่ย±SD	19.73±0.09	18.86±0.40	19.69±0.27	19.12±0.43	19.16±0.34
4	NO.1	18.55	19.23	19.18	18.47	18.72
	NO.2	19.14	18.74	18.45	18.23	19.17
	NO.3	18.98	19.40	18.60	18.92	18.84
	เฉลี่ย±SD	18.89±0.31	19.12±0.34	18.74±0.38	18.54±0.35	18.91±0.23
5	NO.1	18.85	18.85	18.69	19.06	18.45
	NO.2	18.68	19.42	19.24	18.51	19.01
	NO.3	18.65	18.52	18.92	19.01	18.70
	เฉลี่ย±SD	18.73±0.11	18.93±0.46	18.95±0.27	18.86±0.30	18.72±0.28
7	NO.1	19.18	19.56	18.99	19.63	18.26
	NO.2	19.73	19.89	19.43	18.92	19.12
	NO.3	19.58	19.08	18.94	19.19	17.91
	เฉลี่ย±SD	19.50±0.28	19.51±0.41	19.12±0.27	19.25±0.36	18.43±0.62
10	NO.1	18.38	19.24	18.51	18.53	18.63
	NO.2	19.02	18.82	18.97	18.31	19.00
	NO.3	18.20	19.75	18.47	18.57	18.47
	เฉลี่ย±SD	18.53±0.43	19.27±0.46	18.65±0.28	18.47±0.14	18.70±0.27
15	NO.1	17.78	18.26	18.24	17.36	18.24
	NO.2	18.86	17.63	18.86	18.27	18.98
	NO.3	18.12	18.44	18.49	17.56	18.19
	เฉลี่ย±SD	18.25±0.55	18.11±0.42	18.53±0.31	17.73±0.48	18.47±0.45

ตารางที่ ก.5 แสดงปริมาณ 2,4-dichlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (ชุดควบคุม)

เวลา (วัน)		Control				
		pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น		20.07	20.14	19.95	19.92	20.16
1	NO.1	19.44	19.82	19.89	19.53	19.01
	NO.2	19.90	19.39	19.91	19.80	19.51
	NO.3	19.68	19.44	19.93	19.56	19.38
	เฉลี่ย±SD	19.67±0.23	19.55±0.23	19.91±0.02	19.63±0.15	19.30±0.25
2	NO.1	19.48	18.75	19.45	19.29	19.51
	NO.2	19.77	19.37	19.34	19.01	19.87
	NO.3	19.34	18.80	19.83	19.12	19.82
	เฉลี่ย±SD	19.53±0.22	18.97±0.34	19.54±0.26	19.14±0.14	19.73±0.20
3	NO.1	19.13	19.65	19.56	19.48	19.08
	NO.2	19.43	19.15	19.80	19.69	19.59
	NO.3	19.28	19.80	19.59	19.08	19.72
	เฉลี่ย±SD	19.28±0.15	19.53±0.34	19.65±0.13	19.42±0.31	19.46±0.34
4	NO.1	18.70	18.87	18.46	19.13	19.67
	NO.2	19.27	19.19	19.31	19.58	18.88
	NO.3	18.19	19.18	18.81	19.29	18.72
	เฉลี่ย±SD	18.72±0.54	19.08±0.18	18.86±0.43	19.33±0.23	19.09±0.51
5	NO.1	19.28	18.42	19.01	19.17	19.90
	NO.2	18.94	19.50	19.50	18.93	19.32
	NO.3	19.83	18.33	19.30	19.74	19.72
	เฉลี่ย±SD	19.35±0.45	18.75±0.65	19.27±0.24	19.28±0.42	19.65±0.30
7	NO.1	18.72	19.10	19.20	19.35	19.17
	NO.2	19.49	18.90	19.32	19.71	18.52
	NO.3	18.79	19.81	18.45	18.72	19.08
	เฉลี่ย±SD	19.00±0.43	19.27±0.48	18.99±0.47	19.26±0.50	18.92±0.35
10	NO.1	19.41	19.03	19.49	18.83	19.13
	NO.2	18.84	18.29	19.07	19.35	18.67
	NO.3	19.02	18.66	18.92	18.58	18.57
	เฉลี่ย±SD	19.09±0.29	18.66±0.37	19.16±0.30	18.92±0.39	18.79±0.30
15	NO.1	19.28	18.94	18.72	18.83	19.32
	NO.2	18.78	19.57	19.08	18.26	18.88
	NO.3	18.68	18.77	18.09	18.40	19.27
	เฉลี่ย±SD	18.91±0.32	19.09±0.42	18.63±0.50	18.50±0.30	19.16±0.24

ตารางที่ ก.6 แสดงปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (ชุดควบคุม)

เวลา (วัน)		Control				
		pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น		20.11	19.98	20.15	20.07	20.05
1	NO.1	19.48	19.39	19.63	19.01	19.30
	NO.2	19.71	19.77	19.17	18.84	19.73
	NO.3	19.49	19.46	19.76	19.81	19.32
	เฉลี่ย±SD	19.56±0.13	19.54±0.20	19.52±0.31	19.22±0.52	19.45±0.24
2	NO.1	19.21	19.35	18.65	19.24	19.48
	NO.2	18.93	18.62	19.49	19.85	19.86
	NO.3	19.25	19.51	18.59	19.80	19.46
	เฉลี่ย±SD	19.13±0.17	19.16±0.47	18.91±0.50	19.63±0.34	19.60±0.23
3	NO.1	18.87	19.78	19.50	19.75	19.39
	NO.2	19.37	19.42	18.91	19.32	19.02
	NO.3	18.61	19.80	19.08	19.55	19.64
	เฉลี่ย±SD	18.95±0.39	19.67±0.21	19.16±0.30	19.54±0.22	19.35±0.31
4	NO.1	19.41	19.22	18.76	18.68	19.42
	NO.2	18.94	19.72	19.05	19.24	18.90
	NO.3	19.85	19.01	18.41	19.26	19.61
	เฉลี่ย±SD	19.400.46	19.320.36	18.740.32	19.060.33	19.310.37
5	NO.1	19.02	19.15	19.50	18.61	18.52
	NO.2	19.67	18.41	19.43	18.69	19.19
	NO.3	18.86	19.56	19.00	19.18	18.87
	เฉลี่ย±SD	19.180.43	19.040.59	19.310.27	18.830.31	18.860.33
7	NO.1	18.68	19.69	18.75	19.90	18.76
	NO.2	19.05	19.19	19.10	19.36	18.89
	NO.3	17.92	19.36	18.95	19.15	18.15
	เฉลี่ย±SD	18.55±0.57	19.41±0.25	18.93±0.18	19.47±0.38	18.60±0.40
10	NO.1	18.81	18.71	18.50	18.78	19.55
	NO.2	19.33	18.81	18.89	18.40	19.42
	NO.3	18.61	19.27	19.16	18.63	19.32
	เฉลี่ย±SD	18.92±0.37	18.93±0.30	18.85±0.33	18.60±0.19	19.43±0.12
15	NO.1	19.19	19.20	19.69	18.83	18.96
	NO.2	18.85	19.78	18.77	19.27	18.59
	NO.3	19.39	18.83	18.72	18.93	18.68
	เฉลี่ย±SD	19.14±0.27	19.27±0.48	19.06±0.55	19.01±0.23	18.74±0.19

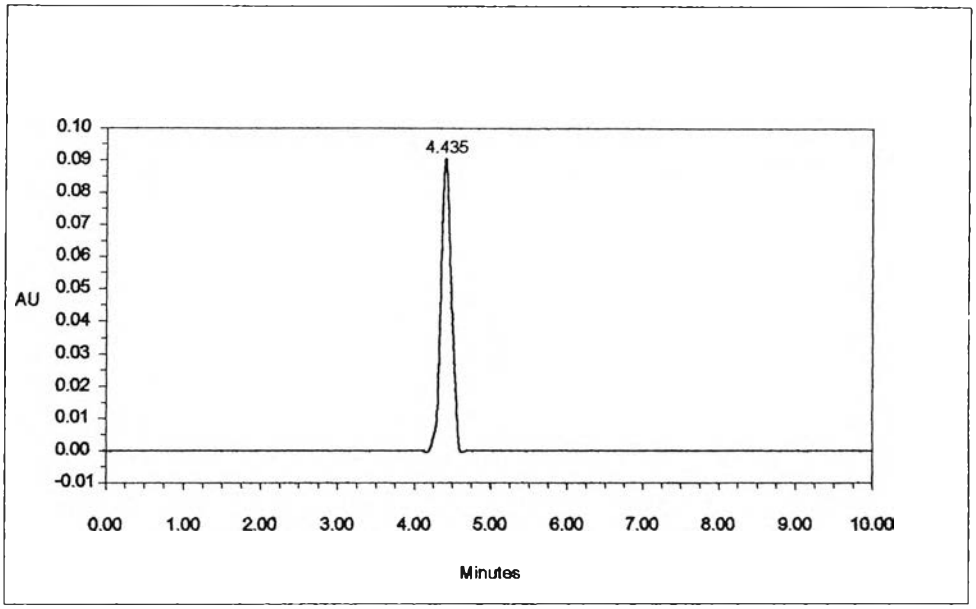
ตารางที่ ก.7 แสดงปริมาณ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ2,4,6-trichlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

เวลา (วัน)		ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)			เวลา (วัน)		ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)		
		2-chlorophenol	2,4-dichlorophenol	2,4,6-trichlorophenol			2-chlorophenol	2,4-dichlorophenol	2,4,6-trichlorophenol
เริ่มต้น		20.12	19.93	20.04	เริ่มต้น		20.12	19.93	20.04
1	NO.1	16.39	13.02	9.55	7	NO.1	2.96	2.10	1.94
	NO.2	17.03	12.51	10.32		NO.2	3.95	2.89	1.15
	NO.3	16.99	13.17	9.70		NO.3	3.46	3.15	1.44
	เฉลี่ย±SD	16.80±0.36	12.90±0.35	9.86±0.41		เฉลี่ย±SD	3.46±0.50	2.71±0.55	1.51±0.40
2	NO.1	8.96	10.92	8.53	8	NO.1	3.20	1.51	0.92
	NO.2	9.93	10.29	7.86		NO.2	1.95	2.12	0.57
	NO.3	9.32	11.04	8.24		NO.3	2.40	1.00	0.37
	เฉลี่ย±SD	9.41±0.49	10.75±0.40	8.21±0.34		เฉลี่ย±SD	2.52±0.64	1.54±0.56	0.62±0.28
3	NO.1	5.96	9.00	5.18	9	NO.1	2.29	0.93	ND
	NO.2	6.66	8.94	4.28		NO.2	1.70	1.37	ND
	NO.3	6.87	10.26	4.04		NO.3	2.59	0.98	ND
	เฉลี่ย±SD	6.50±0.48	9.40±0.74	4.50±0.60		เฉลี่ย±SD	2.19±0.46	1.09±0.24	-
4	NO.1	5.95	5.06	3.94	10	NO.1	0.74	0.77	ND
	NO.2	5.33	5.49	2.97		NO.2	1.71	1.26	ND
	NO.3	6.01	5.27	2.24		NO.3	1.33	0.79	ND
	เฉลี่ย±SD	5.76±0.38	5.27±0.21	3.05±0.85		เฉลี่ย±SD	1.26±0.49	0.94±0.28	-
5	NO.1	3.35	4.95	2.88	12	NO.1	0.91	ND	ND
	NO.2	3.81	4.11	3.47		NO.2	0.80	0.57	ND
	NO.3	4.54	4.85	2.52		NO.3	1.40	0.36	ND
	เฉลี่ย±SD	3.90±0.60	4.64±0.45	2.96±0.48		เฉลี่ย±SD	1.03±0.32	0.31±0.29	-
6	NO.1	4.35	2.32	1.85	15	NO.1	1.38	ND	ND
	NO.2	3.31	3.55	1.40		NO.2	0.63	ND	ND
	NO.3	4.19	2.90	1.78		NO.3	0.81	ND	ND
	เฉลี่ย±SD	3.95±0.56	2.92±0.61	1.68±0.24		เฉลี่ย±SD	0.94±0.39	-	-

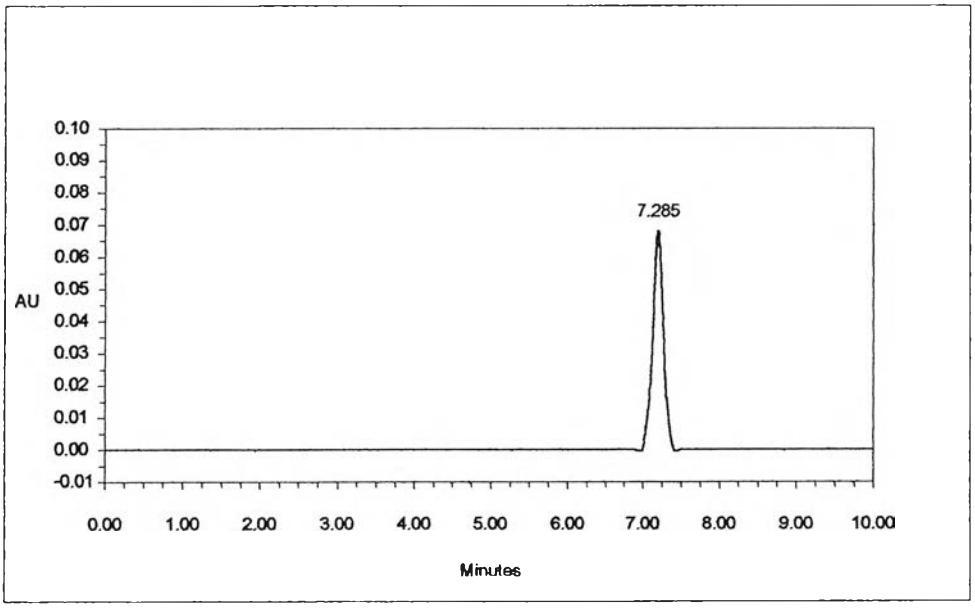
ตารางที่ ก.8 แสดงปริมาณ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ2,4,6-trichlorophenol (mg/l) ที่เหลือในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ (ชุดควบคุม)

เวลา (วัน)		ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)			เวลา (วัน)		ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)		
		2-chlorophenol	2,4-dichlorophenol	2,4,6-trichlorophenol			2-chlorophenol	2,4-dichlorophenol	2,4,6-trichlorophenol
เริ่มต้น		20.12	19.93	20.04	เริ่มต้น		20.12	19.93	20.04
1	NO.1	19.61	19.76	18.36	7	NO.1	18.63	18.22	18.95
	NO.2	19.32	19.52	19.07		NO.2	18.11	17.91	18.56
	NO.3	19.75	19.49	18.16		NO.3	18.31	17.73	18.40
	เฉลี่ย±SD	19.56±0.22	19.59±0.15	18.53±0.48		เฉลี่ย±SD	18.35±0.26	17.95±0.25	18.64±0.28
2	NO.1	18.21	18.45	19.05	8	NO.1	18.88	18.41	18.39
	NO.2	18.81	18.86	19.34		NO.2	18.95	18.27	18.27
	NO.3	18.27	18.31	19.07		NO.3	19.05	18.58	18.33
	เฉลี่ย±SD	18.43±0.33	18.54±0.28	19.15±0.16		เฉลี่ย±SD	18.96±0.08	18.42±0.16	18.33±0.06
3	NO.1	19.54	18.33	18.97	9	NO.1	18.02	18.81	18.80
	NO.2	19.08	18.81	18.78		NO.2	18.38	19.81	18.91
	NO.3	18.84	18.82	19.06		NO.3	18.38	19.46	18.29
	เฉลี่ย±SD	19.15±0.36	18.65±0.28	18.94±0.14		เฉลี่ย±SD	18.26±0.21	19.36±0.51	18.67±0.33
4	NO.1	18.60	19.15	18.42	10	NO.1	18.94	18.27	18.60
	NO.2	18.24	19.45	18.93		NO.2	19.20	18.68	19.08
	NO.3	18.60	19.36	18.42		NO.3	19.37	18.49	19.37
	เฉลี่ย±SD	18.48±0.21	19.32±0.15	18.59±0.29		เฉลี่ย±SD	19.17±0.21	18.48±0.20	19.02±0.39
5	NO.1	18.54	18.81	18.74	12	NO.1	18.64	17.83	18.46
	NO.2	18.84	18.98	18.96		NO.2	18.88	18.27	17.90
	NO.3	18.69	18.44	19.39		NO.3	18.16	17.93	18.06
	เฉลี่ย±SD	18.69±0.15	18.74±0.28	19.03±0.33		เฉลี่ย±SD	18.56±0.37	18.01±0.23	18.14±0.29
6	NO.1	19.16	18.96	19.09	15	NO.1	18.80	18.01	18.79
	NO.2	18.90	18.80	19.60		NO.2	18.52	18.44	18.50
	NO.3	19.27	18.97	19.06		NO.3	17.94	17.73	18.09
	เฉลี่ย±SD	19.11±0.19	18.91±0.09	19.25±0.31		เฉลี่ย±SD	18.42±0.44	18.06±0.36	18.46±0.35

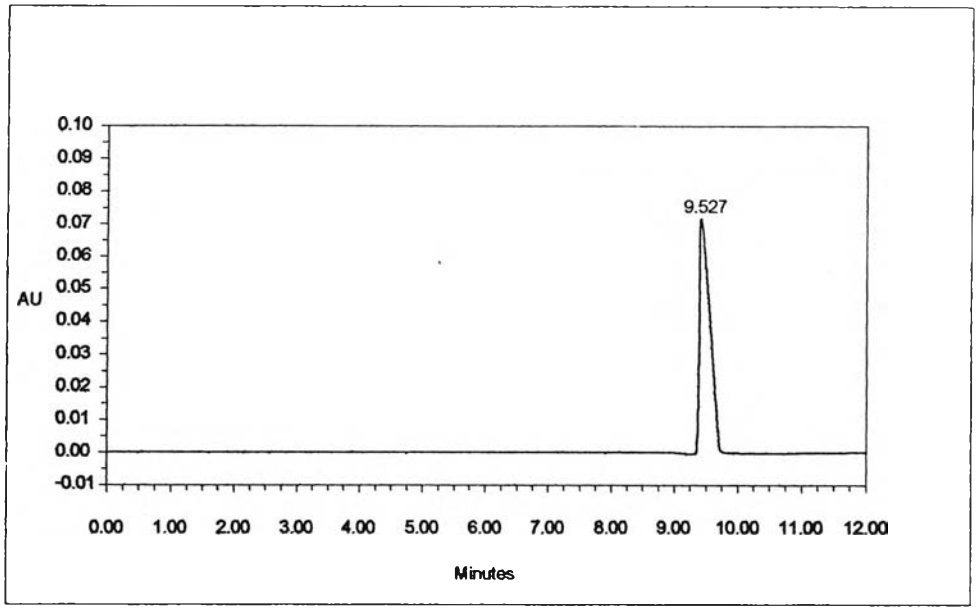
ภาคผนวก ช



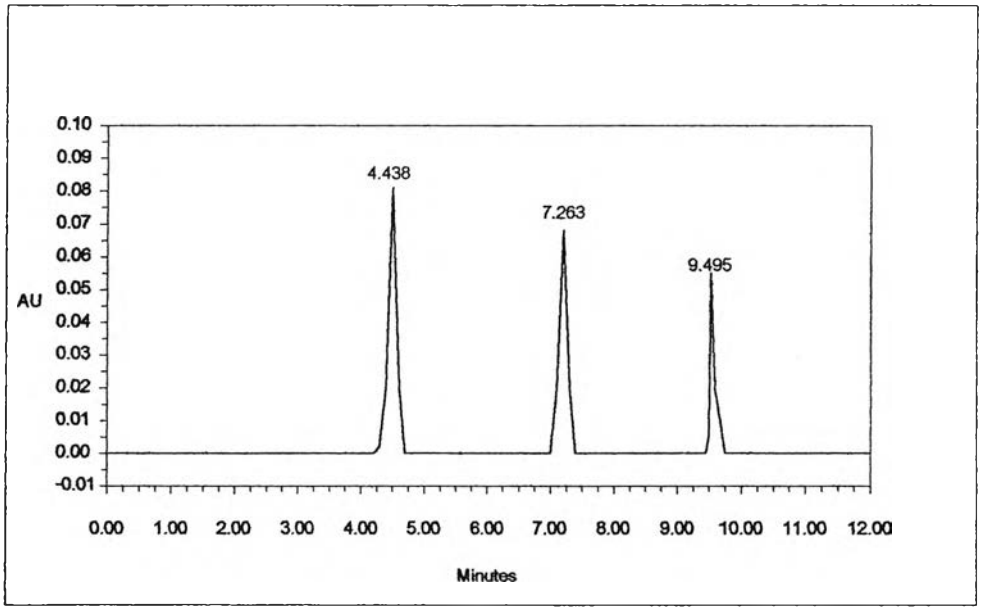
รูปที่ ข.1 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน 2-chlorophenol ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร



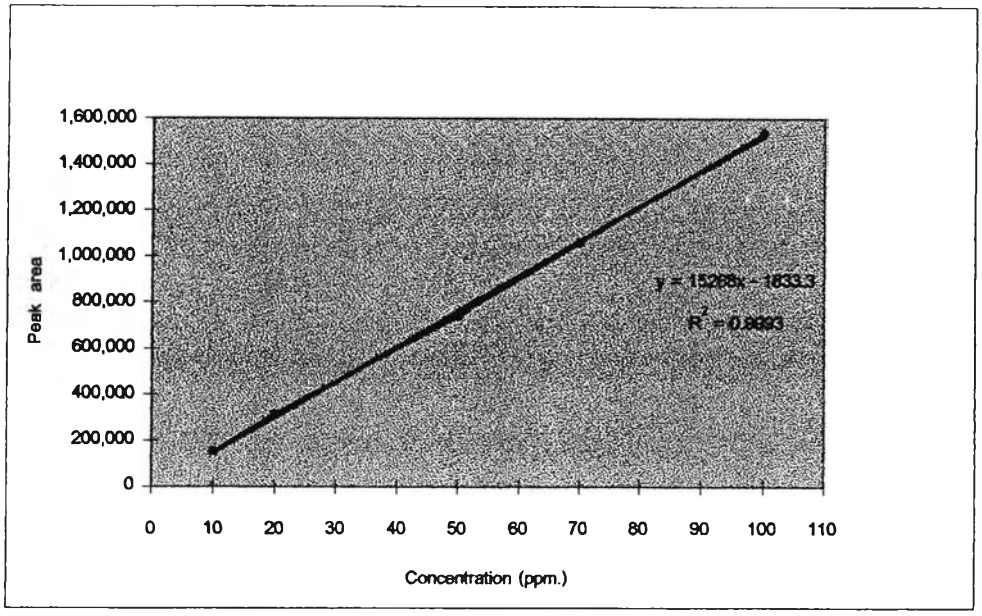
รูปที่ ข.2 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน 2,4-dichlorophenol ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ ข.3 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน 2,4,6-trichlorophenol ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

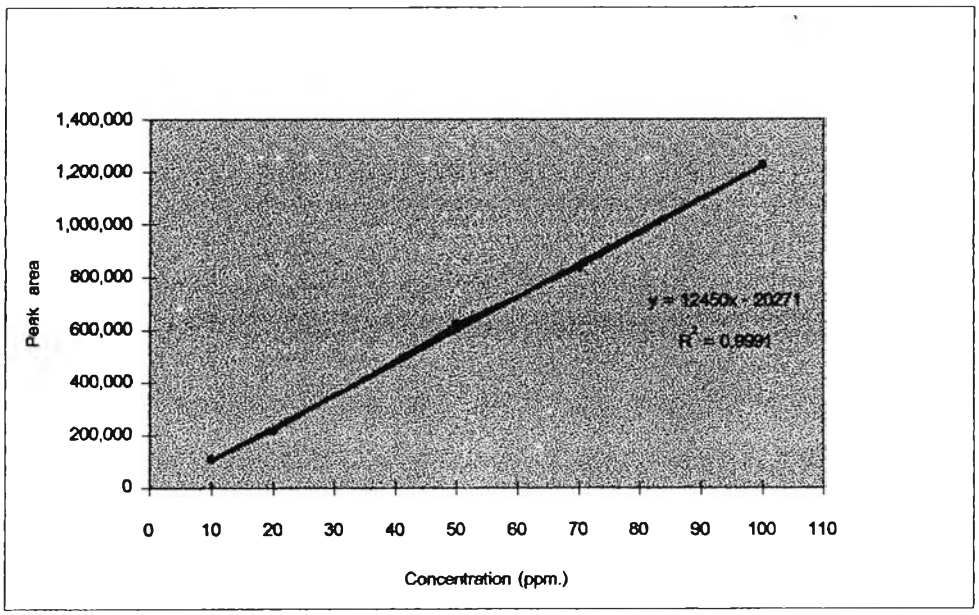


รูปที่ ข.4 แสดงโครมาโตแกรมของ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ2,4,6-trichlorophenol ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร



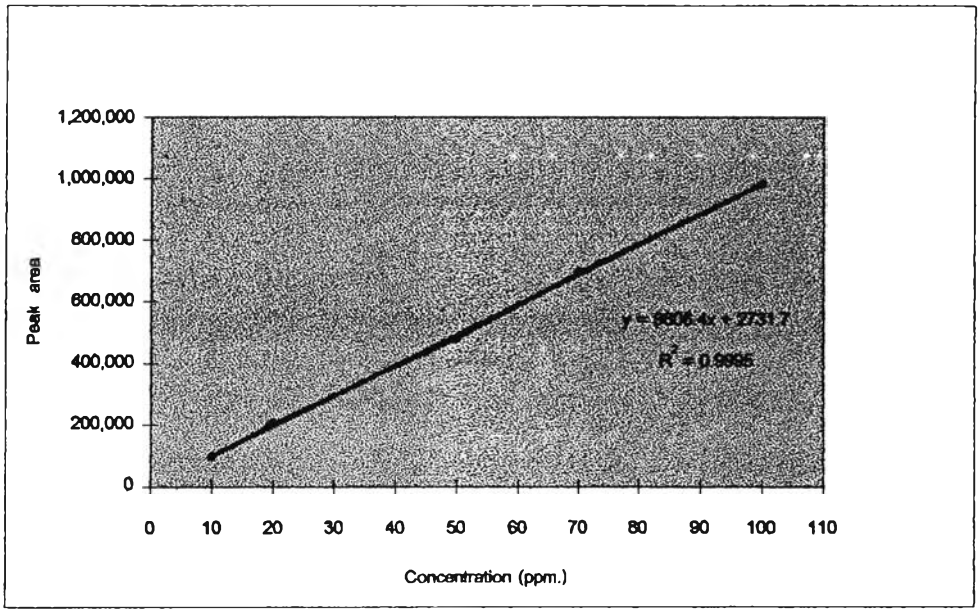
Conc.(ppm)	Area (AU)
10	152,392
20	317,754
50	740,256
70	1,059,985
100	1,537,569

รูปที่ ข.5 กราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้พีกและความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 2-chlorophenol



Conc.(ppm)	Area (AU)
10	106,276
20	217,212
50	624,497
70	838,682
100	1,224,472

รูปที่ ข.6 กราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้พีกและความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 2,4-dichlorophenol



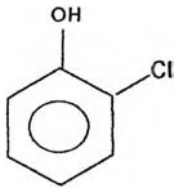
Conc.(ppm)	Area (AU)
10	97,817
20	206,475
50	481,694
70	696,741
100	982,535

รูปที่ ข.7 กราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้พีกและความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 2,4,6-trichlorophenol

ภาคผนวก ค

สารประกอบคลอริเนเตดฟีนอล (chlorinated phenolic compounds)

1. 2-chlorophenol



ชื่ออื่น ๆ	2-chloro-1-hydroxybenzene
มวลโมเลกุล	128.56
สูตรโมเลกุล	C_6H_5ClO

สมบัติทางเคมีและกายภาพของ 2-chlorophenol แสดงรายละเอียดดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 แสดงสมบัติทางเคมีและกายภาพของ 2-chlorophenol

สมบัติทางเคมี	สมบัติทางกายภาพ
1. ลักษณะ	ของเหลว
2. สี	ไม่มีสี
3. กลิ่น	เฉพาะตัว
4. ความหนืด	dynamic ($50^{0}C$)
5. จุดหลอมเหลว	7 ^{0}C
6. จุดเดือด	174 ^{0}C
7. อุณหภูมิติดไฟ	550 ^{0}C
8. จุดวาบไฟ	72 ^{0}C
9. ความดันไอ ($50^{0}C$)	13.3 hPa
10. ความหนาแน่น ($20^{0}C$)	1.26 g/cm^3
11. ความสามารถในการละลาย	
น้ำ ($20^{0}C$)	28.5 g / l
เอทานอล($20^{0}C$)	ละลายได้
อีเทอร์ ($20^{0}C$)	ละลายได้

ที่มา : http://www.merck.co.th/manual/msds/eng/8022/802253.htm

ข้อมูลทางพิษวิทยา (Toxicological information)

พิษเฉียบพลัน

LD_{50} (oral, rat)	670 mg/kg
LC_{50}-4h (inhalation, rat)	2.05 mg/l

ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์

พิษต่อไรน้ำ (*Daphnia magna*) EC_{50}-48h = 74 mg/l

สารนี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ น้ำชะล้างหรือน้ำที่เกิดจากการเจือจางอาจก่อให้เกิดการกัดกร่อนหรือความเป็นพิษและก่อให้เกิดมลภาวะทางน้ำ ห้ามทิ้งลงสู่ระบบสุขาภิบาล ดิน หรือสิ่งแวดล้อม สารนี้เป็นสารก่อมลพิษต่อแหล่งน้ำในระดับปานกลาง (ระดับ 2)

ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย

ร่างกายจะเป็นอันตรายเมื่อรับ 2-chlorophenol โดยการหายใจ การกลืนกิน หรือการสัมผัสที่ ผิวหนัง เป็นพิษต่อปอด ตับ ไต การสัมผัสกับสารที่หลอมเหลวอาจเป็นเหตุให้เกิด แผลไหม้ที่ผิวหนังและตาอย่างรุนแรง สารนี้อาจเป็นสาเหตุให้เกิดอาการบาดเจ็บสาหัส ความดันโลหิตสูง เป็นไข้ หมดสติ และถึงแก่ความตายได้ เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะก่อให้เกิดก๊าซที่ระคายเคือง ก๊าซที่กัดกร่อน หรือก๊าซพิษ

มาตรการในการปฐมพยาบาล

เมื่อสูดดม : ให้รับอากาศบริสุทธิ์

เมื่อถูกผิวหนัง : ให้ชะล้างออกด้วยน้ำปริมาณมาก

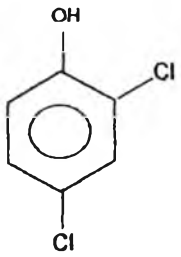
เมื่อเข้าตา : ชะออกด้วยน้ำปริมาณมากโดยลืมตากว้าง

เมื่อกลืนกิน : ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำปริมาณมาก ทำให้อาเจียน และรีบนำส่งแพทย์

ความเสถียรและความว่องไวต่อปฏิกิริยา

สารที่ต้องหลีกเลี่ยง ตัวออกซิไดส์ที่แรง

2. 2,4-dichlorophenol



มวลโมเลกุล 163.00

สูตรโมเลกุล $C_6H_4Cl_2O$

สมบัติทางเคมีและกายภาพของ 2,4-dichlorophenol แสดงรายละเอียดดังตารางที่ ค.2

ตารางที่ ค.2 แสดงสมบัติทางเคมีและกายภาพของ 2,4-dichlorophenol

สมบัติทางเคมี	สมบัติทางกายภาพ
1. ลักษณะ	ผลึก
2. สี	สีขาว
3. กลิ่น	คล้ายฟีนอล
4. ค่าพีเอช	ไม่มี
5. จุดหลอมเหลว	40-43 ^{0}C
6. จุดเดือด	209-211 ^{0}C
7. อุณหภูมิติดไฟ	ไม่มี
8. จุดวาบไฟ	114 ^{0}C
9. ความดันไอ (50^{0}C)	1.3 hPa
10. ความสามารถในการละลาย น้ำ (20^{0}C) เอทานอล(20^{0}C) อีเทอร์ (20^{0}C)	 4.5 g/l ละลายได้ ละลายได้

ที่มา : http://www.merck.co.th/manual/msds/eng/8037/803774.htm

ข้อมูลทางพิษวิทยา (Toxicological information)

พิษเฉียบพลัน

LD_{50}-96h (oral, rat) 580 mg/kg

ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์

สารนี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ น้ำชะล้างหรือน้ำที่เกิดจากการเจือจางอาจก่อให้เกิดการกัดกร่อนหรือความเป็นพิษและก่อให้เกิดมลภาวะทางน้ำ จึงห้ามทิ้งลงสู่ระบบสุขาภิบาล ดิน หรือสิ่งแวดล้อม สารนี้เป็นสารก่อมลพิษต่อแหล่งน้ำในระดับสูง (ระดับ 3)

ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย

เป็นอันตรายเมื่อรับสารโดยการหายใจ โดยก่อให้เกิดการระคายเคืองของเยื่อเมือก ไอ และหายใจลำบาก, เมื่อกลืนกิน จะทำให้แสบร้อนในปาก ลำคอ หลอดอาหาร กระเพาะ และลำไส้, เมื่อสัมผัสที่ผิวหนังและเข้าตา จะแสบร้อน สารเป็นพิษต่อปอด ตับ ไต การสัมผัสกับสารที่หลอมเหลวอาจเป็นเหตุให้เกิดแผลไหม้ที่ผิวหนังและตาอย่างรุนแรง สารนี้อาจเป็นสาเหตุให้เกิดอาการบาดเจ็บสาหัส ความดันโลหิตสูง เป็นไข้ หมดสติ และถึงแก่ความตายได้ เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะก่อให้เกิดก๊าซที่ระคายเคือง ก๊าซที่กัดกร่อน หรือก๊าซพิษ

มาตรการการปฐมพยาบาล

เมื่อสูดดม : ให้รับอากาศบริสุทธิ์ นำส่งแพทย์

เมื่อถูกผิวหนัง : ล้างออกด้วยน้ำปริมาณมาก ทาด้วยพอลีเอทิลีนไกลคอล 400 ถอดเสื้อผ้าที่เปื้อนออกทันที

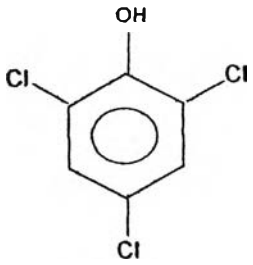
เมื่อเข้าตา : ชะออกด้วยน้ำปริมาณมากเป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที โดยลืมตากว้าง พบจักษุแพทย์ทันที

เมื่อกลืนกิน : ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำปริมาณมาก ไม่ควรทำให้อาเจียนเพราะอาจทำให้เกิดการกัดจนทะลุ ควรนำส่งแพทย์ทันที ห้ามปรับสภาพสารให้เป็นกลาง

ความเสถียรและความว่องไวต่อปฏิกิริยา

สารที่ต้องหลีกเลี่ยง ตัวออกซิไดส์และกรด

3. 2,4,6-trichlorophenol



มวลโมเลกุล 197.45

สูตรโมเลกุล $C_6H_3Cl_3O$

สมบัติทางเคมีและกายภาพของ 2,4,6-trichlorophenol แสดงรายละเอียดดังตารางที่ ค.3

ตารางที่ ค.3 แสดงสมบัติทางเคมีและกายภาพของ 2,4,6-trichlorophenol

สมบัติทางเคมี	สมบัติทางกายภาพ
1. ลักษณะ	ผง หรือผลึกละเอียด
2. สี	เนื้อออกเทา
3. กลิ่น	ไม่ชวนดม
4. ค่าพีเอช	ไม่มี
5. จุดหลอมเหลว	61-54 ^{0}C
6. จุดเดือด	244-246 ^{0}C
7. อุณหภูมิติดไฟ	ไม่มี
8. จุดวาบไฟ	ไม่มี
9. ความดันไอ (50^{0}C)	0.035 hPa
10. ความสามารถในการละลาย น้ำ (20^{0}C) เมทานอล(20^{0}C)	 ไม่ละลาย 524 g/l

ที่มา : http://www.merck.co.th/manual/msds/eng/8184/818469.htm

ข้อมูลทางพิษวิทยา (Toxicological information)

พิษเฉียบพลัน

LD_{50}-96h (oral, rat) 820 mg / kg

ผลกระทบต่อระบบเชิงนิเวศน์

สารนี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ มีผลเสียระยะยาวต่อสภาวะแวดล้อมในน้ำ โดยน้ำชะล้างหรือน้ำที่เกิดจากการเจือจางอาจก่อให้เกิดการกัดกร่อนหรือความเป็นพิษและก่อให้เกิดมลภาวะทางน้ำ ห้ามทิ้งลงสู่ระบบสุขาภิบาล ดิน หรือสิ่งแวดล้อม สารนี้เป็นสารก่อมลพิษต่อแหล่งน้ำ ในระดับปานกลาง (ระดับ 2)

ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย

เมื่อหายใจเข้าไป : ก่อให้เกิดการระคายเคืองของเยื่อเมือก ไอ และหายใจลำบาก

เมื่อถูกผิวหนัง : ระคายเคือง แสบร้อน

เมื่อเข้าตา : ระคายเคือง แสบร้อน

เมื่อกลืนกิน : ระคายเคืองต่อเยื่อบุในปาก หลอดลม หลอดอาหารและระบบลำไส้ เมื่อดูดซึมจนถึงระดับที่ก่อให้เกิดพิษ จะทำให้ระบบประสาทส่วนกลางผิดปกติ หลอดเลือดเลี้ยงหัวใจผิดปกติ

มาตรการการปฐมพยาบาล

เมื่อสูดดม : ให้รับอากาศบริสุทธิ์ นำส่งแพทย์

เมื่อถูกผิวหนัง : ล้างออกด้วยน้ำปริมาณมาก ถอดเสื้อผ้าที่เปื้อนออกทันที

เมื่อเข้าตา : ชะออกด้วยน้ำปริมาณมาก โดยลืมตากว้าง เป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที นำส่งจักษุแพทย์ทันที

เมื่อกลืนกิน : ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำปริมาณมาก กระตุ้นให้อาเจียน ควรนำส่งแพทย์ทันที

ความเสถียรและความว่องไวต่อปฏิกิริยา

สารที่ต้องหลีกเลี่ยง ตัวออกซิไดส์

ภาคผนวก ง

High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

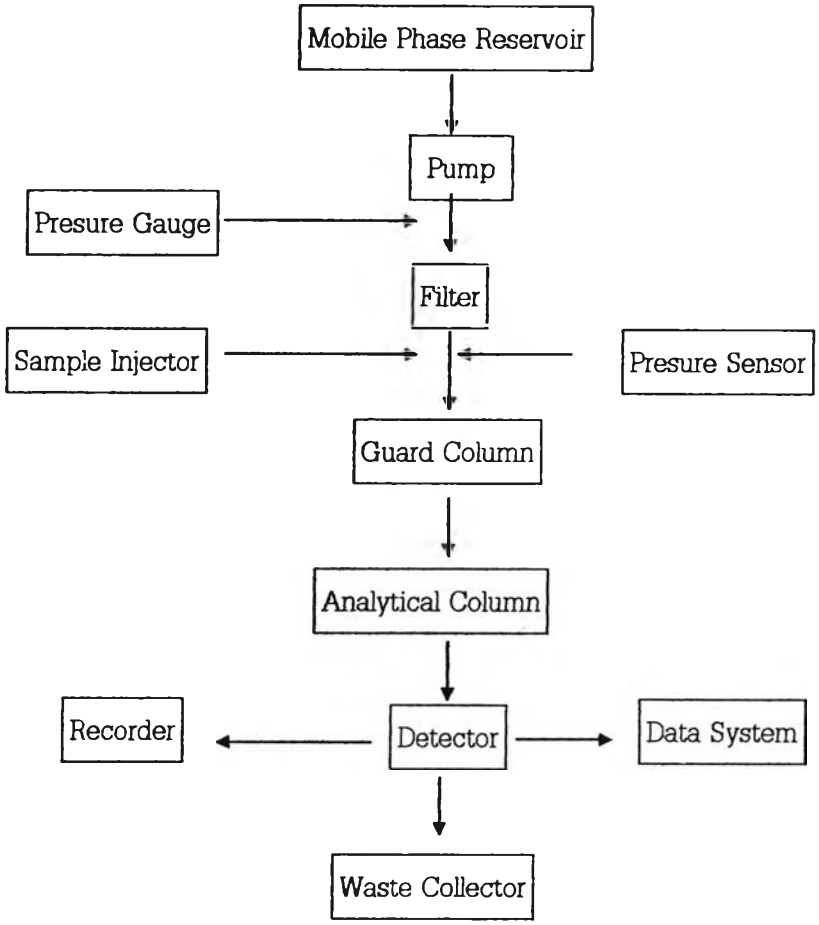
ลิควิดโครมาโตกราฟี เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับแยกสารผสมออกจากกันโดยอาศัยหลัก differential sorption ของสารระหว่างเฟส 2 เฟสคือ เฟสนิ่ง (stationary phase) และเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) โดยที่เฟสนิ่งเป็นของแข็งหรือของเหลวเคลือบอยู่บนของแข็ง บรรจุอยู่ในคอลัมน์ ส่วนเฟสเคลื่อนที่เป็นของเหลวเรียกว่าสารละลายตัวชะ (eluent) สารผสมจะแยกออกจากกันได้โดยเคลื่อนที่ผ่านเฟสนิ่งโดยการนำพาของเฟสเคลื่อนที่ด้วยเส้นทางที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์สารเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยอาศัยวิธีทางโครมาโตกราฟีให้ได้ผลดีนั้นหลักสำคัญคือ จะต้องสามารถแยกสารที่ผสมรวมกันอยู่ออกจากกันให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะเวลาที่เหมาะสม ไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโตกราฟเป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาจากคอลัมน์โครมาโตกราฟีที่ใช้กันทั่วไป โดยใช้คอลัมน์ขนาดเล็กลงคือเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-5 มม. มีสารที่บรรจุในคอลัมภ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-10 ไมโครเมตร และใช้ปั๊มไฟฟ้าดูดสารละลายตัวชะเข้าสู่ระบบ โดยนำสารตัวอย่างให้ผ่านคอลัมน์ สารที่แยกแล้วจะถูกส่งผ่านเข้าสู่ ดีเทกเตอร์ (detector) โดยตรง สามารถรายงานผลทางเครื่องบันทึกและเครื่องคำนวณผล โดยจะแสดงผลเป็นกราฟความสัมพันธ์ของเวลากับสัญญาณทางไฟฟ้า เรียกว่า โครมาโทแกรม

หลักการทำงานของเครื่อง

สารตัวอย่างที่เตรียมเป็นของเหลวแล้วนำมาฉีด (inject) เข้าเครื่อง HPLC ด้วยระบบฉีดสารตัวอย่างที่เหมาะสม สารตัวอย่างจะเคลื่อนที่เข้าสู่คอลัมน์โดยการนำพาของสารละลายตัวชะที่ไหลผ่านระบบอยู่ตลอดเวลา สารแต่ละชนิดในตัวอย่างเคลื่อนที่ผ่านเฟสนิ่งด้วยระยะทางแตกต่างกัน ทำให้สารผสมแยกออกจากกันแล้วเคลื่อนที่เข้าสู่ดีเทกเตอร์ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์จะรายงานเป็นโครมาโทแกรม ขนาดของสัญญานแสดงด้วยความสูงหรือพื้นที่พีกซึ่งแปรผันโดยตรงกับปริมาณสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าไป

องค์ประกอบของเครื่อง HPLC



ส่วนประกอบของระบบ

1. ภาชนะบรรจุสารละลายตัวชะ

ต้องใช้วัสดุที่ทนต่อสารเคมีและสารละลายตัวชะที่ใช้ ขนาดเหมาะสมกับปริมาตรสารละลายที่จะใช้ในแต่ละครั้ง และควรเป็นภาชนะปากแคบ มีจุกปิดเพื่อป้องกันสารปนเปื้อนจากภายนอก ที่จุกมีรูเพื่อให้ท่อนำสารละลายผ่านได้พอดี ปลายท่อด้านที่จุ่มอยู่ในสารละลายจะต้องมีโลหะสำหรับกรอง (metal filter) ขนาด 20 ไมโครเมตร เพื่อช่วยกรองสารละลายอีกครั้งก่อนเข้าปั๊ม

สารเคมี น้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้เตรียมสารละลายตัวชะต้องมีความบริสุทธิ์สูง ควรใช้สารเคมีชนิด AR (analar grade) ตัวทำละลายชนิด HPLC หรือ AR และใช้น้ำปราศจากไอออน (deionized water) เมื่อเตรียมสารละลายเสร็จแล้วก่อนนำไปใช้ต้องกรองผ่านเมมเบรนขนาด 0.45 ไมโครเมตร และกำจัดแก๊ส (degas) ด้วยวิธีที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศในระบบ เช่น หัวปั๊ม คอลัมน์ และดีเทกเตอร์ โดยวิธีการกำจัดแก๊สมี 4 วิธี ได้แก่ การพ่นแก๊สเฉื่อยเช่นฮีเลียม เพื่อแทนที่อากาศ, การให้ความร้อน, การใช้ระบบสูญญากาศ และการใช้ ultrasonic bath

2. ปั๊ม ทำหน้าที่ดูดสารละลายตัวชะจากภาชนะบรรจุเข้าสู่ระบบ คือ ส่วนฉีดสาร คอลัมน์ ดีเทกเตอร์ และผ่านท่อทิ้งสารลงในขวดทิ้งสาร ชนิดของปั๊มที่นิยมใช้ คือ ปั๊มชนิดควบคุมอัตราการไหลให้คงที่ (constant flow) มี 2 หัวปั๊ม (dual piston) มีลูกสูบ 2 ตัวทำงานสลับกัน พัลส์ (pulse) ที่เกิดจากลูกสูบแต่ละตัวจึงหักล้างกันพอดีทำให้สัญญาณที่ได้เรียบ

ก่อนเปิดใช้เครื่องมือจะต้องตรวจสอบและกำจัดฟองอากาศออกจากท่อนำสารละลายและช่องว่างภายในปั๊มหรือหัวปั๊มออกให้หมด ซึ่งการกำจัดฟองอากาศต้องทำก่อนต่อคอลัมน์เข้าในระบบ หลังจากต่อคอลัมน์เข้าในระบบแล้ว การเปิดปั๊มเพื่อเพิ่มอัตราการไหลของสารละลายตัวชะจะทำให้เกิดความดัน ความดันที่เกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของคอลัมน์ ชนิดของสารละลายตัวชะ และอัตราการไหล

3. ระบบฉีดสาร เป็นส่วนของเครื่องมือที่ทำหน้าที่นำสารละลายตัวอย่างเข้าคอลัมน์โดยวิธีที่ใช้กันมาก คือ ระบบฉีดสารผ่านวาล์ว (sampling injector) เนื่องจากความเที่ยงในการฉีดสูง วิธีฉีดสารทำดังนี้ หมุนหัวฉีด (injector) ให้อยู่ในตำแหน่ง load ใช้ syringe ขนาดที่เหมาะสมดูดสารตัวอย่างเพื่อฉีดสารเข้าใน sample loop สารตัวอย่างจะบรรจุใน loop จนเต็ม ส่วนที่เหลือจะล้นออกมา เมื่อต้องการฉีดสารเข่าสู่คอลัมน์ให้หมุนวาล์วของตัวฉีดมาอยู่ที่ตำแน่ง inject สารละลายตัวชะจะเคลื่อนที่พาสารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์ การฉีดสารแบบนี้มี 2 วิธี คือ

3.1 fixed sample loop เป็นการฉีดสารเต็ม loop ใช้ sample loop ขนาดต่าง ๆตามความเหมาะสม ตั้งแต่ 5,10,,20,50,100,1000 ไมโครลิตร การใช้วาล์วแบบนี้ต้องฉีดสารตัวอย่างปริมาตรมากกว่าปริมาตรของ sample loop ประมาณ 3 เท่า

3.2 partial sample loop หรือ variable sample loop เป็นการฉีดสารปริมาตรน้อยกว่าปริมาตรของ loop สามารถเปลี่ยนแปลงปริมาตรของสารตัวอย่างได้โดยไม่ต้องเปลี่ยน sample loop

4. คอลัมน์ ทำหน้าที่แยกสารผสม วัสดุที่ใช้ทำคอลัมน์เป็นเหล็กไร้สนิม (stainless steel) สารที่บรรจุอยู่ภายในคอลัมน์ (packing material) แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ คอลัมน์ที่ใช้ในเทคนิค HPLC มี 2 ชนิด คือ

4.1 คอลัมน์ที่ใช้แยกสาร (analytical column) เป็นคอลัมน์ที่ทำหน้าที่แยกสารผสม มีหลายขนาดคือ มีความยาวตั้งแต่ 10-35 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1-10 มม. สารที่บรรจุภายในคอลัมน์ขนาด 3-10 ไมโครเมตร สารที่บรรจุในคอลัมน์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับงานที่วิเคราะห์ ด้านหัวและท้ายจะปิดด้วยตะแกรงที่ทำจากเหล็กไร้สนิมเพื่อป้องกันไม่ให้สารภายในคอลัมน์หลุดออกมา และเพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาค

เล็ก ๆ ที่อาจปนเปื้อนมาเข้าไปในคอลัมน์ คอลัมน์ที่ดีควรมีอนุภาคที่บรรจุภายในคอลัมน์ขนาดเท่า ๆ กัน เรียงกันอยู่สม่ำเสมอ และทนต่อความดันตามที่กำหนด

4.2 การ์ดคอลัมน์ (guard column) เป็นคอลัมน์ที่มีขนาดสั้นต่ออยู่ด้านหน้าของคอลัมน์ที่ใช้แยกสาร ภายในบรรจุด้วยอนุภาคชนิดเดียวกันกับสารที่บรรจุภายในคอลัมน์ที่ใช้แยกสาร แต่มีขนาดของอนุภาคใหญ่กว่าเพื่อป้องกันไม่ให้ความดันมากเกินไป การ์ดคอลัมน์ทำหน้าที่ยืดอายุการใช้งานของคอลัมน์

5. ดีเทกเตอร์ ในเทคนิค HPLC แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

5.1 bulk property หรือ general detectors เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของสารละลายตัวชะรวมกับสารที่วิเคราะห์ เช่น การวัด refractive index และconductivity

5.2 solute property หรือ selective detector เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงของสารที่วิเคราะห์เพียงอย่างเดียว เช่น ดีเทกเตอร์ชนิดอัลตราไวโอเลต-วิสิเบิล, ฟลูออเรสเซนต์ และอิเล็กโทรเคมิคัล

6. เครื่องบันทึกและรายงานผล แสดงผลการวิเคราะห์โดยรายงานผลเป็นโครมาโทแกรม ในโครมาโทแกรมหนึ่งจะประกอบด้วยสัญญาณที่ได้จากการวัดสารละลายตัวชะซึ่งเป็นเส้นตรงสม่ำเสมอ เรียกว่า base line กับสัญญาณที่ได้จากการวัดสารละลายตัวอย่าง สัญญาณที่ได้จะมีลักษณะเป็นยอดแหลม เรียกว่า พีก (peak) ลักษณะของพีกอาจจะสูงหรือต่ำกว่าก็ได้ขึ้นอยู่กับผลต่างของสัญญาณจากการวัดสารละลายตัวชะและสารละลายตัวอย่าง สารแต่ละชนิดจะให้พีกที่เวลาต่างกัน เรียกว่า รีเทนชั่นไทม์ (retention time, t_R) โดยความสูงของพีกจะสัมพันธ์กับปริมาณของสารในสารละลายตัวอย่าง

การประยุกต์ HPLC ทางการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ทางปริมาณสามารถทำได้โดยวัดพื้นที่ใต้พีกของสารตัวอย่างแล้วเทียบพื้นที่ใต้พีกของสารมาตรฐานที่ทราบปริมาณแน่นอน สามารถทำได้ 4 แบบ คือ

1. วิธีเทียบกับสารมาตรฐานเพียงตัวเดียว

ทำการวิเคราะห์สารมาตรฐานเพียงความเข้มข้นเดียวและสารตัวอย่างในสภาวะการทดลองเดียวกัน นำค่าพื้นที่ใต้พีกของพีกที่สนใจในโครมาโทแกรมของสารตัวอย่าง มาคำนวณหาความเข้มข้นของสารที่วิเคราะห์ จากการเทียบบัญญัติไตรยางค์กับค่าพื้นที่ใต้พีกที่ได้จากการวิเคราะห์สารมาตรฐาน

2. วิธีสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve)

นำสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนหลาย ๆ ความเข้มข้นมาวิเคราะห์และวัดพื้นที่ใต้พีกในโครมาโทแกรมที่แต่ละความเข้มข้นของสารมาตรฐาน นำค่าพื้นที่ใต้พีกที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน โดยพลอตระหว่างพื้นที่ใต้พีกกับค่าความเข้มข้น คำนวณหาปริมาณสารในสารตัวอย่างจากการเทียบค่าพื้นที่ใต้พีกของสารตัวอย่างกับกราฟมาตรฐาน

3. วิธีเติมสารมาตรฐาน (standard addition)

เติมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นแน่นอนต่าง ๆกัน ลงในสารตัวอย่างที่มีความเข้มข้นคงที่ นำสารผสมมาทำการวิเคราะห์และวัดพื้นที่ใต้พีกของทุก ๆ สารผสม จากนั้นพลอตกราฟระหว่างพื้นที่ใต้พีกกับความเข้มข้นของสารมาตรฐาน จากกราฟสามารถหาความเข้มข้นของสารตัวอย่างได้

4. วิธี normalization มี 2 แบบ คือ

4.1 การหา area normalization ซึ่งจะใช้วิธีนี้ได้เมื่อสารที่นำมาวิเคราะห์ต้องมีค่า detector respond คล้ายกัน และสารต่าง ๆที่ผสมกันอยู่ในสารตัวอย่างจะต้องถูกชะออกมาทั้งหมด เช่น มีสาร A B C และD จากพื้นที่ใต้พีก สามารถคำนวณแปอร์เซนต์ของสารแต่ละชนิดได้โดยการคำนวณ

$$\% A = \frac{\text{พื้นที่ใต้พีก } A \times 100}{\text{ผลรวมของพื้นที่ใต้พีก (A,B,C,D)}}$$

4.2 การหา area normalization โดยใช้ response factors ของ dector ของสารแต่ละชนิดมาเลือกให้พื้นที่ใต้พีกเหล่านั้นอยู่ในสภาวะเดียวกัน การหาค่า Response Factors ของสารแต่ละชนิด สามารถหาได้จาก กราฟมาตรฐานโดยใช้สารที่ทราบความเข้มข้น 3 ความเข้มข้น นำมาวิเคราะห์หาพื้นที่ใต้พีกแล้วนำมาเขียนกราฟระหว่าง ความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีก จะได้กราฟเส้นตรง ความชันของกราฟ คือ response factors ของสารนั้น corrected area ของสารแต่ละชนิด สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{corrected area ของสาร A} = \frac{\text{พื้นที่ใต้พีกของสาร A}}{\text{response factors ของสาร A}}$$

การหาค่า factor นี้สามารถทำได้โดยทำการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานที่มีสารต่าง ๆ ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากันผสมอยู่ ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ การหาปริมาณสารประกอบคลอรีนทำได้โดยการใช้วิธีสร้างกราฟมาตรฐาน

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวสาวิตรี ผาตยานนท์ เกิดวันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดปราจีนบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2539 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2540