

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

ควบคุมมลพิษ, กรม. (2543). มาตรฐานคุณภาพน้ำและเกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำในประเทศไทย.

พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. (2545). เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการของสารเคมีเฉพาะเรื่อง ตะกั่ว.

กรุงเทพมหานคร : กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ชาญวิทย์ สุภรานนท์รัตน์. (2543). ผลของฟลูออไรด์ต่อการดูดซับของตะกั่วบนทรายเคลือบผิว

ด้วยเหล็กออกไซด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปริดา นันทพลทรัพย์. (2544). ผลของความแรงไอออนและสารคีเลตต่อการดูดซับตะกั่วจาก

สารละลายด้วยไคโตแซน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรพิมล วราทร. (2541). ปัญหาตะกั่วในลุ่มน้ำปัดตานี [Online]. สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรม

อนามัย กระทรวงสาธารณสุข. แหล่งที่มา <http://www.anamai.moph.go.th/factsheet/envi3-6.htm>. [2547, ธันวาคม 20]

พิชาญ ตันติชัยปกรณ์. (2541). การกำจัดสารประกอบของปรอทและอาร์เซนิกออกจาก

ไฮโดรคาร์บอนเหลวโดยการดูดซับบนตัวดูดซับนิเกิลคอปเปอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รามนรี เนตรวิเชียร. (2543). การกำจัดสารหนูในรูปอาร์ซิเนตในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้

ไคโตแซนแบบเม็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน ฯ เล่มที่ 22. (2540). อาชีพอนามัย. [Online]. แหล่งที่มา  
<http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK22/chapter6/t22-6-11.htm>. [2548, พฤศจิกายน 10]

อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ. (2544). การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียโดยใช้ถ่านกระดุก. วิทยานิพนธ์  
 ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
 มหาวิทยาลัย.

### ภาษาอังกฤษ

Beatty, S.; Fischer, R. J.; Haggars, D. L.; and Rosenberg, E. (1999). A Comparative Study of  
 The Removal of Heavy Metal Ions from Water Using a Silica-Polyamine Composite and  
 a Polystyrene Chelator Resin. Separations. 38: 4402-4408.

Brown, P.; Jefcoat, I. A.; Parrish, D.; Gill, S.; and Graham, E. (2000). Evaluation of  
 The Adsorptive Capacity of Peanut Hull Pellets for Heavy Metals in Solution. Advances in  
 Environmental Research. 4: 19-29.

Camel, V. (2003). Solid Phase Extraction of Trace Elements. Spectrochimica Acta Part B. 58:  
 1177-1233.

Cestari, A. R.; Vieira, E. F.S.; Lopes, E. C.N.; and Silva, R. G. (2004). Kinetic and  
 Equilibrium Parameters of Hg(II) Adsorption on Silica-Dithizone. Journal of Colloid and  
 Interface Science. 272: 271-276.

Chanda, M. and Rempel, G. L. (1995). Polyethyleneimine Gel-Coated on Silica. High  
 Uranium Capacity and Fast Kinetics of Gel-Coated Resin. Reactive Polymers. 25:  
 25-36.

Delacour, M. L.; Gailliez, E.; Bacquet, M.; and Morcellet, M. (1998). Poly(ethylenimine)  
 Coated onto Silica Gels: Adsorption Capacity Toward Lead and Mercury. Journal of  
 Applied Polymer Science. 73: 899-906.

- Eckenfelder, W. W., Jr. (2000). Industrial water pollution control. 3<sup>rd</sup> ed. Boston : McGraw -Hill.
- Esalah, J. O.; Weber, M. E.; and Vera, J. H. (2000). Removal of Lead form Aqueous Solution by Precipitation with Sodium di-(n-octyl) phosphinate. Separation and Purification Technology. 18: 25-36.
- Feng, Q.; Lin, Q.; Gong, F.; Sugita, S.; and Sugita, M. (2004). Adsorption of Lead and Mercury by Rice Husk Ash. Journal of Colloid and Interface Science. 278: 1-8.
- Gailliez-Degremont, E.; Bacquet, M.; Dauphin, J. Y.; and Morcellet, M. (1996). Physicochemical Characterization of Gel Packings Coated with Polyamines. Colloids and Surfaces. 110: 169-180.
- Gailliez-Degremont, E.; Bacquet, M.; Laureyns, J.; and Morcellet, M. (1997). Polyamines Adsorbed onto Silica Gel: A Roman Microprobe Analysis. Journal of Applied Polymer Science. 65: 871-882.
- George Socrated. (2001). Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies : table and charts. 3<sup>rd</sup> ed. Chichester England: John Wiley & Son.
- Ghoul, M.; Bacquet, M.; and Morcellet, M. (2003). Uptake of Heavy Metals from Synthetic Aqueous Solutions Using Modified PEI-Silica Gels. Water Research. 37: 729-734.
- Goswami, A.; Singh, A. K.; and Venkataramani, B. (2003). 8-Hydroxyquinoline Anchored to Silica Gel Via New Moderate Size Linker: Synthesis and Applications as a Metal Ion Collector for Their Flame Atomic Absorption Spectrometric Determination. Talanta. 60: 1141-1154.
- Iler, R. K. (1979). The chemistry of silica. New York : Wiley and Son.

- Jar, P. K.; Patel, S.; and Mishra, B. K. (2004). Chemical Modification of Silica Surface by Immobilization of Functional Groups for Extractive Concentration of Metal ions. Talanta. 62: 1005-1028.
- Ko, D. C.K.; Cheung, C. W.; Choy, K. K.H.; Porter, J. F.; and McKay, G. (2004). Sorption Equilibria of Metal ions on Bone Char. Chemosphere. 54: 273-281.
- Macias-Garcia, A.; Valenzuela-Calahorro, C.; Espinosa-Mansilla, A.; Bernalte-Garcia, A.; and Gomez-Serrano, V. (2004). Adsorption of  $Pb^{2+}$  in Aqueous Solution by  $SO_2$ -Treated Activated Carbon. Carbon. 42: 1755-1764.
- Mohmoud, M. E. (1997). Silica Gel-Immobilized Eriochrome Black-T as A Potential Solid Phase Extractor for Zince(II) and Magnesium(II) from Calcium(II). Talanta. 45:309-315.
- Mohmoud, M. E.; Osman, M. M.; and Amer, M. E. (2000). Selective Pre-Concentration and Solid Phase Extraction of Mercury(II) from Natural Water by Silica Gel-Loaded Dithizone Phases. Analytical Chimica Acta. 415: 33-40.
- Molinari, R.; Gallo, S.; and Argurio, P. (2004). Metal ions Removal from Wastewater or Washing Water from Contaminated Soil by Ultrafiltration-Complexation. Water Research. 38: 593-600.
- Punyapalukul Patiparn, (2004). Removal of Alkylphenol Polyethoxylates Using Hexagonal Mesoporous Silicate. Doctor of Philosophy, Department of Urban Engineering, Graduated School of Engineering, The University of Tokyo, Japan. p:38-39.
- Puziy, A. M.; Poddubnaya, O. I.; Zaitsev, V. N.; and Konoplitska, O. P. (2004). Modeling of Heavy Metal Ion Binding by Phosphoric Acid Activated Carbon. Applied Surface Science. 221: 421-429.
- Selvi, K.; Pattabhi, S.; and Kadirvelu, K. (2001). Removal of Cr(VI) from Aqueous Solution by Adsorption onto Activated Carbon. Bioresource Technology. 80: 87-89.

Slurgeon, R. E.; Berman, S. S.; Willie, S. N.; and Desaulniers, J. A. H. (1981). Analytical Chemistry. 53: 2337-2340.

Smay, E. J.; Gratson, M. G.; Shepherd, F. R.; Cesarano, J. and Lewis, A. J. (2002). Adv. Matter. 14: 1279-1283.

Zaporozhets, O.; Petruniok, N.; and Sukhan, V. (1999). Determination of Ag(I), Hg(II), and Pb(II) by using Silica Gel Loaded with Dithizone and Zinc Dithizonate. Talanta. 50: 865-873.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



**ภาคผนวก**

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.

ผลการทดลองในขั้นตอนการเตรียมตัวกลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 ผลการทดลองใช้ซิลิกาเจลที่เคลือบด้วยโพลีเอทิลีน ไอมิน โดยวิธีต่างๆในการกำจัดตะกั่ว เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของตัวกลางที่เตรียมได้  
 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 19.965 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากรองความเข้มข้นเหลือ 19.525 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่งที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)			เวลา เขย่ง (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)			ความสามารถกำจัดตะกั่ว			
	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย					ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l) ค่าเฉลี่ย	(mg/g) ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	
Silica Gels	19.595			2	30	0.0503	6.01	12.677						
	19.460	0.047	19.525	2	30	0.0501	6.02	13.399	0.255	13.017	6.508	3.89	33.33	
	19.520			2	30	0.0502	6.01	12.974						
Sil/PEI จากวิธีที่ 1	19.595			2	30	0.0501	6.05	1.535						
	19.460	0.047	19.525	2	30	0.0501	6.08	1.757	0.376	1.364	18.161	10.87	93.01	
	19.520			2	30	0.0502	6.07	0.801						
Sil/PEI จากวิธีที่ 2	19.595			2	30	0.0502	6.09	0.824						
	19.460	0.047	19.525	2	30	0.0501	6.04	0.790	0.021	0.793	18.732	11.20	95.94	
	19.520			2	30	0.0502	6.07	0.765						
Sil/PEI จากวิธีที่ 3	19.595			2	30	0.0503	6.08	0.603						
	19.460	0.047	19.525	2	30	0.0504	6.09	0.624	0.038	0.585	18.940	11.30	97.01	
	19.520			2	30	0.0502	6.02	0.527						
Sil/PEI จากวิธีที่ 4	19.595			2	30	0.0501	6.08	2.593						
	19.460	0.047	19.525	2	30	0.0502	6.07	2.562	0.014	2.572	16.953	10.14	86.83	
	19.520			2	30	0.0502	6.08	2.561						
Sil/PEI จากวิธีที่ 5	19.595			2	30	0.0503	6.05	3.518						
	19.460	0.047	19.525	2	30	0.0503	6.07	3.294	0.321	3.165	16.360	9.76	83.79	
	19.520			2	30	0.0502	6.07	2.683						



ตารางที่ ก-2 ผลการทดลองใช้ซิลิกาเจลที่เคลือบด้วยโพลิเอทรีน โอมินด้วยอัตราส่วนแตกต่างกันในการกำจัดตะกั่ว เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของตัวกลางที่เตรียมได้ ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.521 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นที่เหลือ 5.315 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)		เวลา เขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)		ความสามารถกำจัดตะกั่ว			
	ผลการทดลอง	SD					ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l) ค่าเฉลี่ย	(mg/g) ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
Silica Gels	5.328		3	30	0.0503	6.03	3.478					
	5.351	0.033	3	30	0.0503	6.02	3.896	0.146	3.677	1.638	0.98	30.82
	5.266		3	30	0.0502	6.02	3.657					
Si/PEI 2% w/v	5.328		3	30	0.0503	6.09	3.266					
	5.351	0.033	3	30	0.0504	6.08	3.760	0.178	3.493	1.822	1.09	34.28
	5.266		3	30	0.0502	6.07	3.453					
Si/PEI 5% w/v	5.328		3	30	0.0502	6.06	2.949					
	5.351	0.033	3	30	0.0503	6.08	2.959	0.030	2.932	2.383	1.42	44.84
	5.266		3	30	0.0502	6.07	2.887					
Si/PEI 10% w/v	5.328		3	30	0.0503	6.08	3.251					
	5.351	0.033	3	30	0.0501	6.05	3.540	0.097	3.397	1.918	1.14	36.09
	5.266		3	30	0.0504	6.07	3.400					

ตารางที่ ก-3 ผลการทดลองใช้วิธีการเจตที่เคลือบด้วยโพลีเอทรีนไอนีนด้วยอัตราส่วนแตกต่างกันในการกำจัดตะกั่ว เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของตัวกลางที่เตรียมได้ ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 10.227 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นเหลือ 10.141 มิลลิกรัมต่อลิตร เข้มที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)			เวลา เข้ (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)			ความสามารถในการกำจัดตะกั่ว		
	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย					ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l) ค่าเฉลี่ย	(mg/l) ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
Silica Gels	10.122			3	30	0.0501	6.01	5.293	0.371	5.830	4.312	2.57	42.52
	10.162	0.014	10.141	3	30	0.0503	6.01	6.386	0.371	5.830	4.312	2.57	42.52
	10.139			3	30	0.0504	6.02	5.810					
SiI/PEI 2% w/v	10.122			3	30	0.0503	6.06	5.268					
	10.162	0.014	10.141	3	30	0.0502	6.07	5.453	0.074	5.341	4.801	2.87	47.34
	10.139			3	30	0.0502	6.07	5.303					
SiI/PEI 5% w/v	10.122			3	30	0.0502	6.09	3.621					
	10.162	0.014	10.141	3	30	0.0501	6.08	3.247	0.134	3.419	6.722	4.02	66.28
	10.139			3	30	0.0503	6.07	3.390					
SiI/PEI 10% w/v	10.122			3	30	0.0502	6.07	4.844					
	10.162	0.014	10.141	3	30	0.0504	6.07	4.226	0.273	4.435	5.706	3.40	56.27
	10.139			3	30	0.0503	6.08	4.235					



**ภาคผนวก ข.**

**ผลการทดลองการหาระยะเวลาที่ทำให้เกิดสภาวะสมดุลเพื่อใช้ในการศึกษา  
ความสามารถในการดูดซับของการทดลองแบบแบตช์**

**ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

ตารางที่ ข-1 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้วิธีการเจลดเคือบด้วยโพलिएทรีตินหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 4  
 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.456 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากระงความเข้มข้นขึ้นเหลือ 5.263 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
SiI/PEI 5% w/v	5.263	0.5	100	0.0503	4.02	5.322	0.062	5.260	0.003	0.06
						5.198				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	1	100	0.0502	4.05	5.365	0.076	5.289	-0.026	-0.49
						5.213				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	2	100	0.0502	4.06	5.222	0.006	5.228	0.035	0.67
						5.234				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	4	100	0.0503	4.06	5.219	0.024	5.244	0.019	0.37
						5.268				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	6	100	0.0501	4.07	5.279	0.032	5.247	0.016	0.30
						5.215				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	8	100	0.0503	4.09	5.199	0.006	5.205	0.059	1.11
						5.210				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	10	100	0.0502	4.09	5.224	0.047	5.177	0.086	1.63
						5.130				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	12	100	0.0503	4.10	5.160	0.027	5.187	0.076	1.45
						5.213				

ตารางที่ ๗-1 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ซิลิกาเจลเคลือบด้วยโพलिएทรีนหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 4 (ต่อ) ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.456 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นเหลือ 5.263 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
SiI/PEI 5% w/v	5.263	16	100	0.0503	4.09	5.251	0.069	5.182	0.081	1.54
						5.113				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	20	100	0.0502	4.07	5.202	0.049	5.153	0.110	2.09
						5.104				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	24	100	0.0502	4.09	5.208	0.053	5.155	0.108	2.05
						5.102				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	30	100	0.0503	4.09	5.195	0.041	5.154	0.109	2.07
						5.113				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	48	100	0.0502	4.09	5.197	0.035	5.162	0.102	1.93
						5.126				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	53	100	0.0504	4.09	5.216	0.049	5.167	0.096	1.82
						5.118				
SiI/PEI 5% w/v	5.263	96	100	0.0503	4.12	5.198	0.045	5.154	0.110	2.08
						5.109				

ตารางที่ ข-2 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ติกาเจลาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 4  
 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.456 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นเหลือ 5.263 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
Silica Gels	5.263	0.5	100	0.0503	4.01	5.319	0.048	5.271	-0.008	-0.14
Silica Gels	5.263	1	100	0.0501	4.01	5.322	0.055	5.267	-0.004	-0.07
Silica Gels	5.263	2	100	0.0502	4.01	5.289	0.047	5.242	0.021	0.40
Silica Gels	5.263	4	100	0.0504	4.03	5.202	0.050	5.252	0.011	0.22
Silica Gels	5.263	6	100	0.0501	4.02	5.286	0.043	5.244	0.020	0.37
Silica Gels	5.263	8	100	0.0503	4.01	5.279	0.040	5.239	0.024	0.46
Silica Gels	5.263	10	100	0.0503	4.01	5.214	0.006	5.209	0.054	1.04
Silica Gels	5.263	12	100	0.0502	4.02	5.301	0.093	5.208	0.055	1.05

ตารางที่ ข-2 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้วิธีการหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 4 (ต่อ)  
 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.456 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นเหลือ 5.263 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
Silica Gels	5.263	16	100	0.0503	4.01	5.218	0.015	5.204	0.059	1.13
		20	100	0.0503	4.02	5.189				
Silica Gels	5.263	20	100	0.0501	4.01	5.194	0.017	5.211	0.052	0.99
						5.228				
Silica Gels	5.263	24	100	0.0502	4.03	5.201	0.004	5.197	0.066	1.25
						5.193				
Silica Gels	5.263	30	100	0.0503	4.01	5.218	0.011	5.208	0.056	1.05
						5.197				
Silica Gels	5.263	48	100	0.0501	4.02	5.225	0.029	5.196	0.067	1.27
						5.167				
Silica Gels	5.263	53	100	0.0503	4.01	5.179	0.012	5.192	0.072	1.36
						5.204				
Silica Gels	5.263	96	100	0.0503	4.02	5.206	0.006	5.201	0.063	1.19
						5.195				

ตารางที่ ข-3 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ฉลากเจลเคลือบด้วยโพलिएทิลีนหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 5 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.981 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นที่เหลือ 5.712 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
SiI/PEI 5% w/v	5.712	0.5	100	0.0503	5.03	5.581	0.008	5.573	0.139	2.43
						5.565				
SiI/PEI 5% w/v	5.712	1	100	0.0505	5.04	5.503	0.044	5.548	0.165	2.88
						5.592				
SiI/PEI 5% w/v	5.712	2	100	0.0502	5.06	5.537	0.013	5.550	0.163	2.84
						5.562				
SiI/PEI 5% w/v	5.712	4	100	0.0503	5.07	5.566	0.043	5.523	0.190	3.32
						5.479				
SiI/PEI 5% w/v	5.712	6	100	0.0504	5.06	5.519	0.039	5.558	0.154	2.70
						5.597				
SiI/PEI 5% w/v	5.712	8	100	0.0503	5.07	5.561	0.047	5.514	0.198	3.47
						5.467				
SiI/PEI 5% w/v	5.712	10	100	0.0502	5.08	5.497	0.027	5.524	0.188	3.29
						5.551				
SiI/PEI 5% w/v	5.712	12	100	0.0503	5.07	5.503	0.019	5.523	0.190	3.32
						5.542				



ตารางที่ ข-3 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ติกาเจลดือบด้วยโพลีเอทิลีนหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 5 (ต่อ)  
 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.981 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นเหลือ 5.712 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
SiI/PEI 5% w/v	5.712	16	100	0.0503	5.09	5.475	0.015	5.490	0.222	3.89
						5.505				
SiI/PEI 5% w/v	5.712	20	100	0.0501	5.08	5.458	0.031	5.428	0.285	4.98
						5.397				
SiI/PEI 5% w/v	5.712	24	100	0.0502	5.09	5.469	0.034	5.436	0.277	4.84
						5.402				
SiI/PEI 5% w/v	5.712	30	100	0.0503	5.08	5.429	0.001	5.428	0.284	4.97
						5.427				
SiI/PEI 5% w/v	5.712	48	100	0.0501	5.09	5.446	0.021	5.425	0.287	5.02
						5.404				
SiI/PEI 5% w/v	5.712	96	100	0.0501	5.11	5.419	0.015	5.434	0.278	4.88
						5.448				

ตารางที่ ๑-4 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้วิธีการหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 5

ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.981 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นเหลือ 5.712 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
Silica Gels	5.712	0.5	100	0.0503	5.03	5.628	0.029	5.600	0.113	1.97
Silica Gels	5.712	1	100	0.0501	5.02	5.554	0.043	5.597	0.115	2.02
						5.639				
Silica Gels	5.712	2	100	0.0502	5.02	5.620	0.041	5.580	0.133	2.32
						5.539				
Silica Gels	5.712	4	100	0.0504	5.02	5.689	0.101	5.589	0.124	2.16
						5.488				
Silica Gels	5.712	6	100	0.0501	5.02	5.482	0.103	5.585	0.127	2.22
						5.688				
Silica Gels	5.712	8	100	0.0504	5.01	5.575	0.012	5.587	0.125	2.19
						5.599				
Silica Gels	5.712	10	100	0.0503	5.01	5.547	0.031	5.578	0.135	2.35
						5.608				
Silica Gels	5.712	12	100	0.0503	5.02	5.628	0.039	5.590	0.123	2.14
						5.551				

ตารางที่ ข-4 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้วิธีการหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 5 (ต่อ)  
 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.981 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นเหลือ 5.712 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่งที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่ง (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
Silica Gels	5.712	16	100	0.0503	5.00	5.56	0.032	5.592	0.121	2.11
Silica Gels	5.712	20	100	0.0502	5.01	5.622	0.042	5.580	0.132	2.31
Silica Gels	5.712	24	100	0.0501	5.01	5.538	0.027	5.580	0.132	2.31
Silica Gels	5.712	30	100	0.0503	5.01	5.553	0.027	5.580	0.132	2.31
Silica Gels	5.712	48	100	0.0502	4.99	5.611	0.026	5.585	0.127	2.22
Silica Gels	5.712	96	100	0.0503	4.98	5.594	0.006	5.589	0.124	2.16

ตารางที่ ๗-5 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้วิธีการเจือจางเลือดด้วยโพลิเอทิลีนความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 6 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.721 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากระองความเข้มข้นเหลือ 5.684 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกักจับตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
SiI/PEI 5% w/v	5.684	0.5	100	0.0503	6.06	4.486	0.082	4.568	1.117	19.64
						4.649				
SiI/PEI 5% w/v	5.684	1	100	0.0501	6.06	4.058	0.090	4.148	1.537	27.03
						4.237				
SiI/PEI 5% w/v	5.684	2	100	0.0502	6.07	4.212	0.075	4.138	1.547	27.21
						4.063				
SiI/PEI 5% w/v	5.684	4	100	0.0503	6.08	3.526	0.096	3.430	2.254	39.66
						3.334				
SiI/PEI 5% w/v	5.684	6	100	0.0501	6.07	3.422	0.078	3.345	2.340	41.16
						3.267				
SiI/PEI 5% w/v	5.684	8	100	0.0505	6.07	3.210	0.021	3.190	2.495	43.89
						3.169				
SiI/PEI 5% w/v	5.684	10	100	0.0503	6.08	2.925	0.063	2.862	2.823	49.66
						2.798				
SiI/PEI 5% w/v	5.684	12	100	0.0502	6.08	2.809	0.091	2.718	2.966	52.18
						2.627				

ตารางที่ ข-5 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสำหรับการใช้ชิลิกาเคลือบด้วยโพลิเอทรีนหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 6 (ต่อ)  
 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.721 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นที่เหลือ 5.684 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
SiI/PEI 5% w/v	5.684	16	100	0.0503	6.08	2.565	0.030	2.535	3.149	55.40
						2.505				
SiI/PEI 5% w/v	5.684	20	100	0.0502	6.08	2.348	0.025	2.323	3.361	59.13
						2.298				
SiI/PEI 5% w/v	5.684	24	100	0.0502	6.09	2.282	0.037	2.319	3.365	59.20
						2.356				
SiI/PEI 5% w/v	5.684	30	100	0.0503	6.09	2.177	0.151	2.328	3.356	59.04
						2.479				
SiI/PEI 5% w/v	5.684	48	100	0.0504	6.11	2.501	0.170	2.331	3.353	58.99
						2.161				
SiI/PEI 5% w/v	5.684	96	100	0.0505	6.10	2.450	0.116	2.335	3.350	58.93
						2.219				

ตารางที่ ข-6 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสำหรับการใช้ชิลิกาเจลหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 6 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.721 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นเหลือ 5.684 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
Silica Gels	5.684	0.5	100	0.0503	6.03	4.544	0.015	4.559	1.125	19.79
Silica Gels	5.684	1	100	0.0502	6.03	4.410	0.027	4.437	1.247	21.94
Silica Gels	5.684	2	100	0.0502	6.03	4.593	0.056	4.537	1.147	20.18
Silica Gels	5.684	4	100	0.0503	6.03	4.418	0.114	4.305	1.380	24.27
Silica Gels	5.684	6	100	0.0502	6.03	4.236	0.043	4.194	1.491	26.22
Silica Gels	5.684	8	100	0.0503	6.02	4.134	0.023	4.111	1.573	27.67
Silica Gels	5.684	10	100	0.0503	6.02	3.996	0.095	4.091	1.593	28.03
Silica Gels	5.684	12	100	0.0505	6.02	4.085	0.037	4.048	1.636	28.78

ตารางที่ ๗-6 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ซิลิกาเจลหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 6 (ต่อ)  
 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.721 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นที่เหลือ 5.684 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
Silica Gels	5.684	16	100	0.0503	6.01	4.075	0.012	4.064	1.621	28.51
Silica Gels	5.684	20	100	0.0503	6.01	4.113	0.061	4.052	1.632	28.71
Silica Gels	5.684	24	100	0.0502	6.01	3.919	0.132	4.051	1.633	28.73
Silica Gels	5.684	30	100	0.0503	6.00	4.137	0.047	4.090	1.595	28.05
Silica Gels	5.684	48	100	0.0504	6.01	4.042	0.124	3.971	1.714	30.15
Silica Gels	5.684	96	100	0.0503	5.99	4.147	0.053	4.094	1.590	27.97

ตารางที่ ข-7 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้วิธีการเจลาเคลือบด้วยโพลีเอทิลีนหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 7  
 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.730 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากการกรองความเข้มข้นเหลือ 5.662 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
SiI/PEI 5% w/v	5.662	0.5	200	0.0503	7.04	3.868	0.091	3.777	1.885	33.29
						3.686				
SiI/PEI 5% w/v	5.662	1	200	0.0505	7.05	3.52	0.074	3.446	2.216	39.14
						3.372				
SiI/PEI 5% w/v	5.662	2	200	0.0502	7.07	2.543	0.0855	2.458	3.205	56.60
						2.372				
SiI/PEI 5% w/v	5.662	4	200	0.0503	7.06	1.978	0.0725	2.051	3.612	63.78
						2.123				
SiI/PEI 5% w/v	5.662	6	200	0.0501	7.07	2.119	0.147	1.972	3.690	65.17
						1.825				
SiI/PEI 5% w/v	5.662	8	200	0.0502	7.08	2.026	0.055	2.081	3.581	63.25
						2.136				
SiI/PEI 5% w/v	5.662	10	200	0.0503	7.07	1.404	0.0035	1.408	4.255	75.14
						1.411				
SiI/PEI 5% w/v	5.662	12	200	0.0503	7.09	1.34	0.0995	1.241	4.422	78.09
						1.141				



ตารางที่ ๗-7 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ฉีกรักษาเนื้อเยื่อด้วยโพलिएทรีตินหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 7 (ต่อ)  
 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.730 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นเหลือ 5.662 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

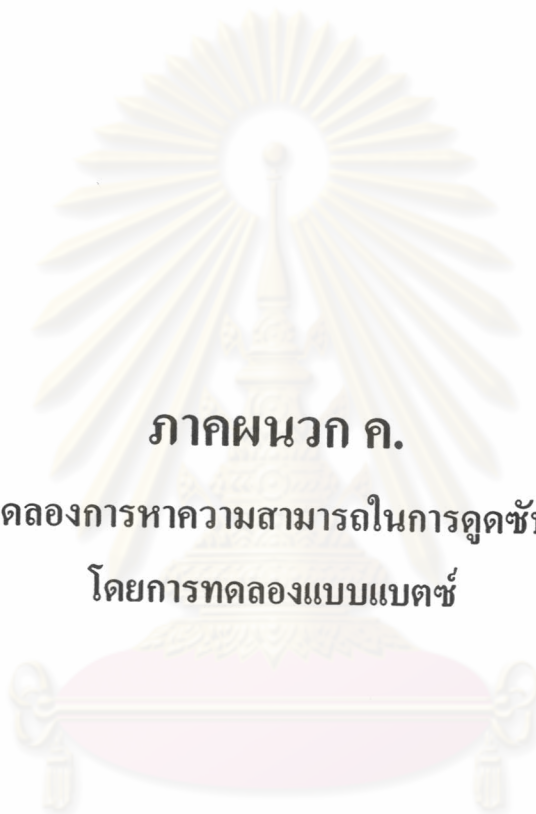
ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
SiI/PEI 5% w/v	5.662	20	200	0.0503	7.08	0.636	0.0185	0.618	5.045	89.09
SiI/PEI 5% w/v	5.662	24	200	0.0503	7.08	0.536	0.009	0.527	5.135	90.69
SiI/PEI 5% w/v	5.662	30	200	0.0503	7.10	0.543	0.008	0.535	5.127	90.55
SiI/PEI 5% w/v	5.662	48	200	0.0504	7.09	0.482	0.0385	0.521	5.142	90.81
SiI/PEI 5% w/v	5.662	53	200	0.0502	7.11	0.578	0.0085	0.587	5.076	89.64
SiI/PEI 5% w/v	5.662	96	200	0.0503	7.11	0.549	0.0085	0.541	5.122	90.45

ตารางที่ ๗-8 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ซิลิกาเจลดหาความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 7  
ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.730 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากระงความเข้มข้นเหลือ 5.662 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าที่ 200 รอบ/นาที

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
Silica Gels	5.662	0.5	200	0.0503	7.03	3.782	0.0505	3.732	1.931	34.10
Silica Gels	5.662	1	200	0.0501	7.03	3.619	0.0995	3.520	2.143	37.84
Silica Gels	5.662	2	200	0.0502	7.03	3.420	0.1115	3.261	2.402	42.41
Silica Gels	5.662	4	200	0.0503	7.03	3.149	0.12	3.100	2.562	45.25
Silica Gels	5.662	6	200	0.0504	7.03	3.220	0.0075	2.844	2.819	49.78
Silica Gels	5.662	8	200	0.0502	7.02	2.836	0.027	2.961	2.701	47.70
Silica Gels	5.662	10	200	0.0503	7.02	2.934	0.045	2.641	3.021	53.36
Silica Gels	5.662	12	200	0.0503	7.02	2.988	0.1535	2.325	3.338	58.95

ตารางที่ ข-8 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้วิธีการเหล่านี้ความสามารถดูดซับตะกั่ว ที่พีเอช 7 (ต่อ)  
 ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 5.730 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากกรองความเข้มข้นเหลือ 5.662 มิลลิกรัมต่อลิตร เกษที่ 200 รอยบ/นาที่

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)	เวลาเขย่า (hr.)	ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช	ความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l)			ความสามารถกำจัดตะกั่ว	
						ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ
Silica Gels	5.662	20	200	0.0503	7.02	0.911	0.039	0.872	4.790	84.60
						0.833				
Silica Gels	5.662	24	200	0.0502	7.01	0.625	0.018	0.643	5.019	88.64
						0.661				
Silica Gels	5.662	30	200	0.0502	7.00	0.612	0.0415	0.654	5.009	88.46
						0.695				
Silica Gels	5.662	48	200	0.0503	7.01	0.617	0.0335	0.651	5.012	88.51
						0.684				
Silica Gels	5.662	53	200	0.0501	6.98	0.701	0.0395	0.662	5.001	88.32
						0.622				
Silica Gels	5.662	96	200	0.0502	6.99	0.695	0.0185	0.677	4.986	88.05
						0.658				



**ภาคผนวก ค.**

**ผลการทดลองการหาความสามารถในการดูดซับตัวกลาง  
โดยการทดลองแบบแบตช์**

**ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

ตารางที่ ค-1 ผลการทดลองหาความสามารถดูดซับตะกั่วของซิติกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทิลีนไอมิน ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ที่พีเอชต่างๆ  
 เขย่าที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเขย่า 24 ชม.

ซิติกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทิลีนไอมิน (Si/PEI)													
พีเอช เริ่มต้น	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)			ปริมาตร (ml)	น้ำหนัก (g)	พีเอช หลังทดลอง	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว			
	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย				ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	(mg/g)	ร้อยละ	
4	5.201			100	0.0503	4.09	5.408						
	5.323	0.041	5.263	100	0.0501	4.08	5.102	0.169	5.155	0.108	0.21	2.05	
	5.265			100	0.0504	4.09	4.955						
5	5.397			100	0.0502	5.07	4.861						
	4.939	0.153	5.168	100	0.0501	5.09	4.824	0.036	4.869	0.299	0.60	5.79	
	5.169			100	0.0501	5.08	4.923						
6	5.721			100	0.0501	6.08	2.412						
	5.699	0.026	5.691	100	0.0501	6.08	2.556	0.215	2.323	3.368	6.72	59.18	
	5.652			100	0.0502	6.09	2.000						
7	5.297			100	0.0503	7.06	ND						
	5.344	0.016	5.321	100	0.0502	7.07	ND	-	0.000	5.321	10.59	100.00	
	5.323			100	0.0503	7.08	ND						
7	5.297			200	0.0503	7.09	0.528						
	5.344	0.016	5.321	200	0.0502	7.07	0.497	0.016	0.505	4.817	19.19	90.52	
	5.323			200	0.0501	7.08	0.489						

ND ; ความเข้มข้นน้อยกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่สามารถวิเคราะห์ค่าได้

ตารางที่ ค-2 ผลการทดลองหาความสามารถดูดซับตะกั่วของซิลิกาเจล ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ที่พีเอชต่างๆ  
 เข้มที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเขย่า 24 ชม.

พีเอช เริ่มต้น	ซิลิกาเจล (Silica Gels)													
	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)		ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช หลังทดลอง	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)		ความสามารถการกำจัดตะกั่ว						
	ผลการทดลอง	SD				ค่าเฉลี่ย	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	(mg/g)	ร้อยละ		
4	5.201		100	0.0503	4.01	5.139								
	5.323	0.041	100	0.0504	4.02	5.286	0.066	5.188		0.075	0.15		1.43	
	5.265		100	0.0503	4.01	5.138								
5	5.397		100	0.0501	5.01	5.091								
	4.939	0.153	100	0.0501	5.01	4.994	0.035	5.046		0.122	0.24		2.37	
	5.169		100	0.0502	5.02	5.053								
6	5.721		100	0.0502	6.01	4.137								
	5.699	0.026	100	0.0503	6.01	4.192	0.022	4.171		1.520	3.02		26.71	
	5.652		100	0.0503	6.01	4.183								
7	5.297		100	0.0501	7.02	ND								
	5.344	0.016	100	0.0504	7.01	ND	-	0.000		5.321	10.59		100.00	
	5.323		100	0.0502	7.02	ND								
7	5.297		200	0.0501	7.02	0.536								
	5.344	0.016	200	0.0504	7.01	0.605	0.029	0.580		4.741	18.88		89.10	
	5.323		200	0.0502	7.02	0.599								

ND ; ความเข้มข้นน้อยกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่สามารถวิเคราะห์ค่าได้

ตารางที่ ค-3 ผลการทดลองหาความสามารถดูดซับตะกั่วของซิติกาจลเคลือบด้วยโพลีเอทรีนไอมิน ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มิลลิกรัม/ลิตร ที่พีเอชต่างๆ  
 เขย่าที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเขย่า 24 ชม.

พีเอช เริ่มต้น	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)		ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช หลังทดลอง	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว			
	ผลการทดลอง	SD				ค่าเฉลี่ย	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	(mg/g)	ร้อยละ
4	10.707	0.027	100	0.0503	4.09	10.618	0.079	10.503	0.166	0.33	1.56	
	10.629	0.027	100	0.0501	4.08	10.385	0.079	10.503	0.166	0.33	1.56	
	10.672	0.027	100	0.0504	4.09	10.507	0.079	10.503	0.166	0.33	1.56	
5	10.876	0.004	100	0.0502	5.07	10.050	0.233	10.400	0.470	0.94	4.32	
	10.869	0.004	100	0.0501	5.09	10.745	0.233	10.400	0.470	0.94	4.32	
	10.865	0.004	100	0.0501	5.08	10.405	0.233	10.400	0.470	0.94	4.32	
6	10.708	0.102	100	0.0500	6.08	4.918	0.154	4.943	5.904	11.81	54.43	
	10.832	0.102	100	0.0500	6.08	4.736	0.154	4.943	5.904	11.81	54.43	
	10.999	0.102	100	0.0500	6.09	5.174	0.154	4.943	5.904	11.81	54.43	
7	10.629	0.045	100	0.0501	7.09	0.795	0.030	0.802	9.895	19.71	92.51	
	10.762	0.045	100	0.0502	7.07	0.847	0.030	0.802	9.895	19.71	92.51	
	10.700	0.045	100	0.0503	7.08	0.763	0.030	0.802	9.895	19.71	92.51	

ตารางที่ ค-4 ผลการทดลองหาความสามารถดูดซับตะกั่วของซิลิกาเจล ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มิลลิกรัม/ลิตร ที่พีเอชต่างๆ  
 เขย่าที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเขย่า 24 ชม.

ซิลิกาเจล (Silica Gels)														
พีเอช เริ่มต้น	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)			ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช หลังทดลอง	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว				
	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย				ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	(mg/g)	ร้อยละ		
4	10.707			100	0.0503	4.01	10.760							
	10.629	0.027	10.669	100	0.0504	4.02	10.502	0.088	10.634			0.035	0.07	0.33
	10.672			100	0.0503	4.01	10.640							
5	10.876			100	0.0501	5.01	10.581							
	10.869	0.004	10.870	100	0.0501	5.01	10.445	0.047	10.515			0.355	0.71	3.26
	10.865			100	0.0502	5.02	10.520							
6	10.708			100	0.0502	6.01	9.148							
	10.832	0.102	10.846	100	0.0503	6.01	9.102	0.044	9.092			1.755	3.49	16.18
	10.999			100	0.0503	6.01	9.025							
7	10.629			100	0.0501	7.02	1.193							
	10.762	0.045	10.697	100	0.0504	7.01	1.024	0.082	1.147			9.550	19.01	89.27
	10.700			100	0.0502	7.02	1.225							



ตารางที่ ค-5 ผลการทดลองหาความสามารถดูดซับตะกั่วของซิติกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทรีนไอมิน ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 มิลลิกรัม/ลิตร ที่เพื่อต่างๆ  
 เข้มที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเขย่า 24 ชม.

พีเอช เริ่มต้น	ซิติกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทรีนไอมิน (Si/PEI)						ความสามารถการกำจัดตะกั่ว				
	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)			ตัวกลาง (g)	พีเอช หลังทดลอง	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)			(mg/l)	(mg/g)	ร้อยละ
	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย			ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย			
4	21.020			0.0503	4.09	20.404	0.201	20.102	0.858	1.71	4.09
	20.872	0.059	20.960	0.0501	4.08	19.827					
	20.988			0.0504	4.09	20.075					
5	20.970			0.0502	5.07	19.697					
	20.822	0.059	20.910	0.0501	5.09	20.038	0.116	19.865	1.045	2.09	5.00
	20.938			0.0501	5.08	19.859					
6	21.220			0.0502	6.08	12.518					
	21.072	0.059	21.160	0.0501	6.08	12.869	0.120	12.697	8.463	16.86	39.99
	21.188			0.0503	6.09	12.705					
7	18.651			0.0503	7.09	2.568					
	18.704	0.018	18.678	0.0502	7.07	1.991	0.197	2.287	16.392	32.65	87.76
	18.680			0.0501	7.08	2.301					

ตารางที่ ค-6 ผลการทดลองหาความสามารถดูดซับตะกั่วของซิลิกาเจล ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 มิลลิกรัม/ลิตร ที่พีเอชต่างๆ  
 เวลาที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเข้า 24 ชม.

ซิลิกาเจล (Silica Gels)														
พีเอช เริ่มต้น	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)			ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช หลังทดลอง	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว				
	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย				ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	(mg/g)	ร้อยละ		
4	21.020			100	0.0503	4.01	21.176							
	20.872	0.059	20.960	100	0.0504	4.02	19.823	0.493	20.563	0.397	0.79	1.90		
	20.988			100	0.0503	4.01	20.689							
5	20.970			100	0.0501	5.01	20.285							
	20.822	0.059	20.910	100	0.0501	5.01	20.453	0.072	20.393	0.517	1.03	2.47		
	20.938			100	0.0502	5.02	20.442							
6	21.220			100	0.0502	6.01	18.951							
	21.072	0.059	21.160	100	0.0503	6.01	18.987	0.020	18.958	2.202	4.38	10.41		
	21.188			100	0.0503	6.01	18.935							
7	18.651			100	0.0501	7.02	7.150							
	18.704	0.018	18.678	100	0.0504	7.01	6.900	0.085	7.028	11.651	23.19	62.38		
	18.680			100	0.0502	7.02	7.033							

ตารางที่ ค-7 ผลการทดลองหาความสามารถดูดซับตะกั่วของซิติกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทิลีนไอมิน ความเข้มข้นเริ่มต้น 30 มิลลิกรัม/ลิตร ที่พีเอชต่างๆ  
 เขย่าที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเขย่า 24 ชม.

ซิติกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทิลีนไอมิน (SI/PEI)													
พีเอช เริ่มต้น	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)			ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช หลังทดลอง	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว			
	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย				ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	(mg/g)	ร้อยละ	
4	32.526			100	0.0503	4.09	30.954						
	32.344	0.063	32.438	100	0.0501	4.08	30.732	0.084	30.858		1.581	3.14	4.87
	32.445			100	0.0504	4.09	30.887						
5	31.777			100	0.0502	5.07	30.105						
	31.647	0.046	31.709	100	0.0501	5.09	30.765	0.223	30.440		1.269	2.53	4.00
	31.702			100	0.0501	5.08	30.450						
6	31.746			100	0.0502	6.08	21.573						
	32.541	0.343	32.026	100	0.0501	6.08	20.883	0.313	21.103		10.923	21.76	34.11
	31.791			100	0.0503	6.09	20.853						
7	32.089			100	0.0503	7.09	14.583						
	32.499	0.138	32.292	100	0.0500	7.07	15.204	0.230	14.928		17.364	34.59	53.77
	32.287			100	0.0503	7.08	14.996						

ตารางที่ ค-8 ผลการทดลองหาความสามารถดูดซับตะกั่วของซิลิกาเจล ความเข้มข้นเริ่มต้น 30 มิลลิกรัม/ลิตร ที่พีเอชต่างๆ  
 เข้มที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเขย่า 24 ชม.

พีเอช เริ่มต้น	ซิลิกาเจล (Silica Gels)												
	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)		ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช หลังทดลอง	ผลการทดลอง		ความเข้มข้นค่าเฉลี่ย (mg/l)		ความสามารถกำจัดตะกั่ว			
	ผลการทดลอง	SD				ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	(mg/g)	ร้อยละ		
4	32.526		100	0.0503	4.01	31.943							
	32.344	0.063	100	0.0504	4.02	31.180	0.257	31.566	0.872	1.73	2.69		
	32.445		100	0.0503	4.01	31.575							
5	31.777		100	0.0501	5.01	30.691							
	31.647	0.046	100	0.0501	5.01	30.783	0.080	30.677	1.031	2.06	3.25		
	31.702		100	0.0502	5.02	30.558							
6	31.746		100	0.0502	6.01	29.363							
	32.541	0.343	100	0.0503	6.01	29.481	0.074	29.370	2.656	5.28	8.29		
	31.791		100	0.0503	6.01	29.267							
7	32.089		100	0.0501	7.02	20.44							
	32.499	0.138	100	0.0504	7.01	19.486	0.329	19.979	12.312	24.51	38.13		
	32.287		100	0.0502	7.02	20.012							

ตารางที่ ค-9 ผลการทดลองหาความสามารถดูดซับตะกั่วของซิติกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทิลีนไอมิน ความเข้มข้นเริ่มต้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร ที่พีเอชต่างๆ  
 เขย่าที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเขย่า 24 ชม.

พีเอช เริ่มต้น	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)			ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช หลังทดลอง	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว			
	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย				ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	(mg/g)	ร้อยละ	
													ผลการทดลอง
4	50.930	0.072	50.838	100	0.0503	4.09	48.365	0.466	48.992	1.846	3.67	3.63	
	100			4.08		49.691							49.808
	100			4.09		48.921							49.808
5	53.757	1.247	53.095	100	0.0502	5.07	49.929	0.125	49.808	3.287	6.56	6.19	
	100			5.09		49.874							49.808
	100			5.08		49.620							49.808
6	53.835	0.313	53.671	100	0.0502	6.08	42.599	0.078	42.518	11.153	22.22	20.78	
	100			6.08		42.402							42.518
	100			6.09		42.554							42.518
7	52.257	0.690	52.479	100	0.0503	7.09	34.254	0.060	34.344	18.135	36.15	34.56	
	100			7.07		34.428							34.344
	100			7.08		34.350							34.344

ตารางที่ ค-10 ผลการทดลองหาความสามารถดูดซับตะกั่วของซิลิกาเจล ความเข้มข้นเริ่มต้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร ที่เพื่อขงต่างๆ  
 เขย่าที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเขย่า 24 ชม.

ซิลิกาเจล (Silica Gels)													
ที่เอช เริ่มต้น	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)			ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	ที่เอช หลังทดลอง	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว			
	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย				ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	(mg/g)	ร้อยละ	
4	50.930			100	0.0503	4.01	50.109						
	50.730	0.072	50.838	100	0.0504	4.02	49.407	0.244	49.773		1.066	2.12	2.10
	50.855			100	0.0503	4.01	49.802						
5	53.757			100	0.0501	5.01	51.851						
	51.225	1.247	53.095	100	0.0501	5.01	51.634	0.097	51.780		1.315	2.62	2.48
	54.303			100	0.0502	5.02	51.855						
6	53.835			100	0.0502	6.01	48.111						
	53.976	0.313	53.671	100	0.0503	6.01	49.035	1.483	49.685		3.986	7.93	7.43
	53.202			100	0.0503	6.01	51.909						
7	52.257			100	0.0501	7.02	38.186						
	51.666	0.690	52.479	100	0.0501	7.01	38.059	0.223	38.290		14.189	28.30	27.04
	53.514			100	0.0502	7.02	38.625						



**ภาคผนวก ง.**

**ความสัมพันธ์ของไอโซเทอมที่พิเศษต่างๆ**

**ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

ตารางที่ ง-1 ความสัมพันธ์ของไอโซเทอมแบบแลงมัวร์ และแบบฟรุนคิชที่ไอโซต่างๆ

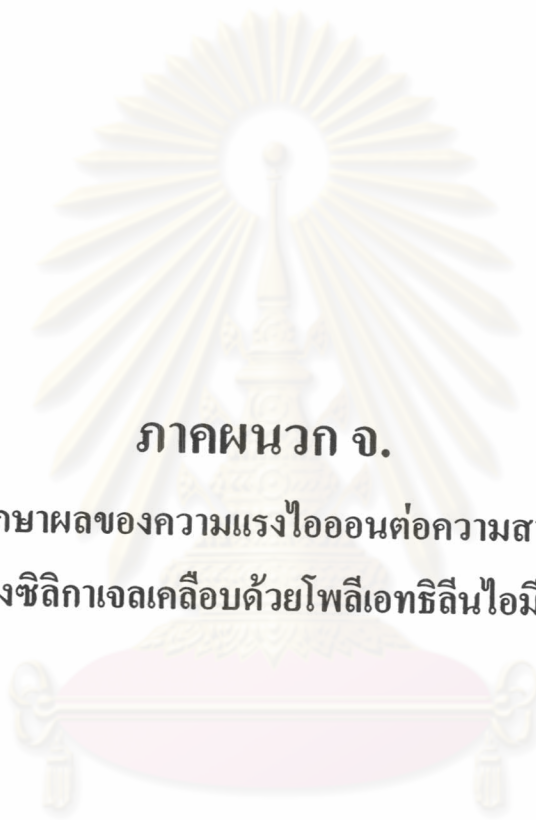
ฟิเอช	ตัวกลาง	แลงมัวร์ไอโซเทอม แกน $y = Ce/(x/m)$ , แกน $x = Ce$	ฟรุนคิชไอโซเทอม แกน $y = \log(x/m)$ , แกน $x = \log(Ce)$
4	ซิติกาเจลเคลือบโพลิเอทรีนไอมิน	$y = -0.366x + 26.615$ $R^2 = 0.463$	$y = 1.429x - 1.747$ $R^2 = 0.939$
	ซิติกาเจล	$y = -1.508x + 86.283$ $R^2 = 0.224$	$y = 1.492x - 2.168$ $R^2 = 0.776$
5	ซิติกาเจลเคลือบโพลิเอทรีนไอมิน	$y = -0.022x + 10.195$ $R^2 = 0.044$	$y = 0.997x - 0.976$ $R^2 = 0.956$
	ซิติกาเจล	$y = 0.009x + 17.776$ $R^2 = 0.004$	$y = 1.020x - 1.275$ $R^2 = 0.970$
6	ซิติกาเจลเคลือบโพลิเอทรีนไอมิน	$y = 0.039x + 0.230$ $R^2 = 0.994$	$y = 0.415x + 0.740$ $R^2 = 0.915$
	ซิติกาเจล	$y = 0.113x + 2.141$ $R^2 = 0.809$	$y = 0.371x + 0.211$ $R^2 = 0.920$
7	ซิติกาเจลเคลือบโพลิเอทรีนไอมิน	$y = 0.027x + 0.016$ $R^2 = 0.999$	$y = 0.138x + 1.374$ $R^2 = 0.704$
	ซิติกาเจล	$y = 0.035x + 0.055$ $R^2 = 0.993$	$y = 0.106x + 1.271$ $R^2 = 0.963$



ตารางที่ ง-2 ค่าคงที่จากไอโซเทอมแบบแลงมัวร์ และแบบฟรุนคลิชที่เเอชต่างๆ

พีเอช	ตัวกลาง	แลงมัวร์ไอโซเทอม แกน $y = Ce/(x/m)$ , แกน $x = Ce$	ฟรุนคลิชไอโซเทอม แกน $y = \log(x/m)$ , แกน $x = \log(Ce)$
4	ซิติกาเจลเคลือบโพलिएทรีนไอมิน	-	$\log(x/m) = \log(0.018) + 1.429 \log C$ $K_r = 0.018, 1/n = 1.429$
	ซิติกาเจล	-	$\log(x/m) = \log(0.007) + 1.492 \log C$ $K_r = 0.007, 1/n = 1.492$
5	ซิติกาเจลเคลือบโพलिएทรีนไอมิน	-	$\log(x/m) = \log(0.106) + 0.997 \log C$ $K_r = 0.106, 1/n = 0.997$
	ซิติกาเจล	-	$\log(x/m) = \log(0.053) + 1.020 \log C$ $K_r = 0.053, 1/n = 1.020$
6	ซิติกาเจลเคลือบโพलिएทรีนไอมิน	$Ce/(x/m) = 1 / (25.64 * 0.169) + Ce / 25.64$ $Q_m = 25.64, b = 0.169$	$\log(x/m) = \log(5.495) + 0.415 \log C$ $K_r = 5.495, 1/n = 0.415$
	ซิติกาเจล	$Ce/(x/m) = 1 / (8.85 * 0.053) + Ce / 8.85$ $Q_m = 8.85, b = 0.053$	$\log(x/m) = \log(1.626) + 0.371 \log C$ $K_r = 1.626, 1/n = 0.371$
7	ซิติกาเจลเคลือบโพलिएทรีนไอมิน	$Ce/(x/m) = 1 / (37.04 * 1.688) + Ce / 37.04$ $Q_m = 37.04, b = 1.688$	$\log(x/m) = \log(23.659) + 0.138 \log C$ $K_r = 23.659, 1/n = 0.138$
	ซิติกาเจล	$Ce/(x/m) = 1 / (28.57 * 0.636) + Ce / 28.57$ $Q_m = 28.57, b = 0.636$	$\log(x/m) = \log(18.664) + 0.106 \log C$ $K_r = 18.664, 1/n = 0.106$

หมายเหตุ: ผลของไอโซเทอมที่พีเอช 7 เป็นการพล็อตด้วยข้อมูลเพียง 4 จุด (เริ่มตั้งแต่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มก/ล.) ซึ่งปกติควรมีอย่างน้อย 5 จุด ดังนั้นผลไอโซเทอมของซิติกาเจลอาจไม่เด่นชัด หรือมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 2 ไอโซเทอม



**ภาคผนวก จ.**

**ผลการทดลองการศึกษาผลของความแรงไอออนต่อความสามารถในการดูดซับ  
ของซีลีกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทรีนไอมิน**

**ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

ตารางที่ จ-1 ผลการทดลองศึกษาผลของปริมาณ ไอออนที่มีต่อความสามารถดูดซับตะกั่วของซีลีกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทรีนไอมิน ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ที่พีเอช 4  
 เขย่าที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเขย่า 24 ชม.

ปริมาณ ไอออน	ซีลีกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทรีนไอมิน (SI/PEI)										
	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)		ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช หลังทดลอง	ความเข้มข้นตะกั่วเหลือ (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว		
	ผลการทดลอง	SD				ค่าเฉลี่ย	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	(mg/g)
0.000 M	5.201		100	0.0503	4.09	5.408	0.169	5.155	0.108	0.21	2.05
	5.323	0.041	100	0.0501	4.08	5.102	0.169	5.155	0.108	0.21	2.05
	5.265		100	0.0504	4.09	4.955					
0.005 M	5.674		100	0.0502	4.06	5.530					
	5.563	0.038	100	0.0501	4.07	5.505	0.009	5.518	0.101	0.20	1.80
	5.621		100	0.0501	4.09	5.520					
0.010 M	5.699		100	0.0502	4.07	5.616					
	5.692	0.003	100	0.0501	4.09	5.564	0.018	5.590	0.105	0.21	1.84
	5.693		100	0.0503	4.07	5.589					
0.050 M	5.751		100	0.0503	4.08	5.625					
	5.609	0.066	100	0.0502	4.06	5.531	0.050	5.551	0.102	0.20	1.80
	5.598		100	0.0504	4.06	5.496					
0.100 M	5.817		100	0.0503	4.07	5.758					
	5.936	0.048	100	0.0502	4.06	5.845	0.035	5.793	0.097	0.19	1.65
	5.916		100	0.0504	4.05	5.775					

หมายเหตุ : ข้อมูลที่ปริมาณไอออน = 0.000 M เป็นผลจากการทดลองหาความสามารถดูดซับ ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นที่เตรียม ได้ใกล้เคียงกันสามารถเปรียบเทียบกันได้

ตารางที่ จ-2 ผลการทดลองศึกษาผลของปริมาณ ไอออนที่มีต่อความสามารถดูดซับตะกั่วของซิติกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทิลีนไอมิน ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ที่พีเอช 5  
 เขย่าที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเขย่า 24 ชม.

ปริมาณไอออน	ซิติกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทิลีนไอมิน (SI/PEI)														
	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)		ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอชหลังทดลอง	ความเข้มข้นแก้วเหลือ (mg/l)		ความสามารถการกำจัดตะกั่ว							
	ผลการทดลอง	SD				ค่าเฉลี่ย	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	(mg/g)	ร้อยละ			
0.000 M	5.397		100	0.0502	5.07	4.861									
	4.939	0.153	100	0.0501	5.09	4.824	0.036	4.869	0.299	0.60	5.79				
	5.169		100	0.0501	5.08	4.923									
0.005 M	5.769		100	0.0502	5.07	5.453									
	5.749	0.010	100	0.0501	5.08	5.567	0.045	5.500	0.254	0.51	4.41				
	5.742		100	0.0501	5.06	5.479									
0.010 M	5.787		100	0.0502	5.07	5.430									
	5.769	0.011	100	0.0501	5.07	5.610	0.074	5.498	0.272	0.54	4.71				
	5.755		100	0.0503	5.08	5.455									
0.050 M	5.744		100	0.0503	5.07	5.385									
	5.704	0.014	100	0.0502	5.05	5.476	0.035	5.423	0.301	0.60	5.26				
	5.725		100	0.0504	5.06	5.409									
0.100 M	5.567		100	0.0503	5.08	5.211									
	5.495	0.032	100	0.0502	5.06	5.383	0.082	5.260	0.258	0.51	4.68				
	5.494		100	0.0504	5.07	5.187									

หมายเหตุ; ข้อมูลที่ปริมาณ ไอออน = 0.000 M เป็นผลการทดลองหาความสามารถดูดซับ ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นที่เตรียมได้ใกล้เคียงกันสามารถเปรียบเทียบกันได้

ตารางที่ จ-3 ผลการทดสอบศึกษาผลของปริมาณ ไอออนที่มีต่อความสามารถดูดซับตะกั่วของซีลีนาเคลือบด้วยโพลิเอทรีนไอมิน ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ที่พีเอช 6  
 เข่าที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเข่า 24 ชม.

ปริมาณ ไอออน	ซีลีนาเคลือบด้วยโพลิเอทรีนไอมิน (SI/PEI)												
	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)		ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช หลังทดลอง	ความเข้มข้นตกเหลือ (mg/l)			ความสามารถการกำจัดตะกั่ว				
	ผลการทดลอง	SD				ค่าเฉลี่ย	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	ร้อยละ		
0.000 M	5.721		100	0.0501	6.08	2.412							
	5.699	0.026	100	0.0501	6.08	2.556	0.215	2.323			3.368	6.72	59.18
	5.652		100	0.0502	6.09	2.000							
0.005 M	5.721		100	0.0502	6.05	2.502							
	5.633	0.032	100	0.0501	6.07	2.359	0.068	2.401			3.281	6.54	57.75
	5.691		100	0.0501	6.08	2.341							
0.010 M	5.771		100	0.0502	6.05	2.433							
	5.780	0.030	100	0.0501	6.07	2.408	0.018	2.407			3.391	6.75	58.49
	5.843		100	0.0503	6.09	2.380							
0.050 M	5.420		100	0.0503	6.07	2.173							
	5.362	0.022	100	0.0502	6.07	1.993	0.084	2.119			3.268	6.50	60.66
	5.378		100	0.0504	6.06	2.191							
0.100 M	5.408		100	0.0503	6.06	2.182							
	5.492	0.040	100	0.0502	6.07	2.201	0.088	2.125			3.306	6.57	60.87
	5.394		100	0.0504	6.05	1.993							

หมายเหตุ ; ข้อมูลที่ปริมาณไอออน = 0.000 M เป็นผลจากการทดลองหาความสามารถดูดซับ ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นที่เตรียม ได้ใกล้เคียงกันสามารถเปรียบเทียบกันได้

ตารางที่ ๑-4 ผลการทดลองศึกษาผลของปริมาณ ไอออนที่มีต่อความสามารถดูดซับตะกั่วของซิงกัลเจลเคลือบด้วยโพลีเอทิลีนไอมิน ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ที่พีเอช 7  
 เข่าที่ 200 รอบ/นาที ใช้เวลาเข่า 24 ชม.

ปริมาณ ไอออน	ซิงกัลเจลเคลือบด้วยโพลีเอทิลีนไอมิน (Si/PEI)																			
	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)		ปริมาตร (ml)	ตัวกลาง (g)	พีเอช หลังทดลอง	ความเข้มข้นตกผล		ความเข้มข้นตกผล (mg/l)		ความสามารถการกักตักตะกั่ว										
	ผลการทดลอง	SD				ค่าเฉลี่ย	ผลการทดลอง	SD	ค่าเฉลี่ย	(mg/l)	(mg/g)	ร้อยละ								
0.000 M	4.596		200	0.0503	7.01	0.306														
	4.443	0.052	200	0.0501	7.02	0.322	0.008	0.318	4.203	16.72	92.97									
	4.524		200	0.0504	7.01	0.325														
0.005 M	4.64		200	0.0502	7.02	0.515														
	4.566	0.084	200	0.0501	7.03	0.527	0.020	0.506	4.159	16.59	89.15									
	4.791		200	0.0501	7.03	0.477														
0.010 M	4.703		200	0.0502	7.02	0.435														
	4.729	0.014	200	0.0501	7.03	0.501	0.027	0.475	4.232	16.86	89.90									
	4.690		200	0.0503	7.02	0.490														
0.050 M	4.849		200	0.0503	7.01	0.492														
	4.759	0.062	200	0.0502	7.04	0.471	0.011	0.487	4.271	16.98	89.76									
	4.665		200	0.0504	7.03	0.498														
0.100 M	4.742		200	0.0503	7.03	0.575														
	4.695	0.025	200	0.0502	7.02	0.510	0.040	0.515	4.189	16.66	89.05									
	4.676		200	0.0504	7.03	0.461														

หมายเหตุ: ข้อมูลที่ปริมาณไอออน = 0.000 M เป็นการทดลองใหม่อีกครั้งเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบข้อมูลกับที่ปริมาณไอออนอื่นๆในการทดลองนี้ เนื่องจากข้อมูลจากการทดลองเดิมในการหาความสามารถในการดูดซับ มีความเข้มข้นเริ่มต้นซึ่งแตกต่างกันกับการทดลองนี้พอสมควร (~0.6 mg/l) และเนื่องจากเป็นความเข้มข้นต่ำ ความแตกต่างขนาดนี้จึงมีผลต่อการทดลอง อีกทั้งการใช้ 200 มิลลิลิตรความแตกต่างจะเพิ่มจากการทดลองที่เข่าอื่น 2 เท่า



**ภาคผนวก ฉ.**

**ผลการทดลองการดูข้อบกพร่องด้วยการทดลองแบบคอถัมน์**

**ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

ตารางที่ ฅ-1 ผลการทดลองคอลัมน์ อัตรากาโรไลล 5 มิลลิลิตรต่อนาที ทีพีเอช 6

เวลา(นาที)	ความเข้มข้น (มก./ล)		พีเอช		ค่า BV/BV <sub>0</sub>	ค่า C/C <sub>0</sub>	
	Sil/PEI	Silica Gels	Sil/PEI	Silica Gels		Sil/PEI	Silica Gels
0	5.357	5.357	6.02	6.02	0.0	0.00	0.00
10	0	0	6.32	6.03	16.1	0.00	0.00
20	0	0	6.26	6.03	32.3	0.00	0.00
30	0	0	6.22	6.03	48.4	0.00	0.00
40	0	0	6.20	6.02	64.5	0.00	0.00
50	0	0	6.21	6.03	80.6	0.00	0.00
60	0	0	6.18	6.02	96.8	0.00	0.00
70	0	0.266	6.14	6.03	112.9	0.00	0.05
80	0	0.533	6.10	6.03	129.0	0.00	0.09
90	0	1.122	6.10	6.02	145.2	0.00	0.19
100	0	1.622	6.09	6.02	161.3	0.00	0.27
110	0	1.977	6.08	6.02	177.4	0.00	0.33
120	0	2.633	6.07	6.02	193.5	0.00	0.44
130	0	3.5	6.08	6.03	209.7	0.00	0.59
140	0	4.12	6.07	6.03	225.8	0.00	0.69
150	0	4.788	6.08	6.02	241.9	0.00	0.80
160	0	4.873	6.09	6.02	258.1	0.00	0.82
170	0	4.857	6.07	6.02	274.2	0.00	0.81
180	0	4.852	6.08	6.02	290.3	0.00	0.81
190	0	5.228	6.07	6.02	306.5	0.00	0.88
200	0	4.931	6.08	6.02	322.6	0.00	0.83
210	0	4.988	6.08	6.03	338.7	0.00	0.84
220	0	4.854	6.08	6.02	354.8	0.00	0.81
230	0	4.654	6.08	6.02	371.0	0.00	0.78
240	0	4.975	6.08	6.02	387.1	0.00	0.83
250	0	4.713	6.07	6.03	403.2	0.00	0.79
260	0.113	4.719	6.07	6.02	419.4	0.02	0.79
270	0.261	4.934	6.08	6.02	435.5	0.04	0.83
280	0.995	4.821	6.08	6.02	451.6	0.17	0.81
290	1.711	4.997	6.07	6.02	467.7	0.29	0.84
300	2.518	4.918	6.07	6.01	483.9	0.42	0.82
310	3.286	4.884	6.08	6.01	500.0	0.55	0.82
320	4.499	4.729	6.07	6.01	516.1	0.75	0.79
330	4.882	4.943	6.08	6.01	532.3	0.82	0.83
340	5.515	4.753	6.07	6.01	548.4	0.92	0.80
350	5.706	4.695	6.07	6.01	564.5	0.96	0.79
360	5.83	4.994	6.05	6.01	580.6	0.98	0.84
370	5.742	4.766	6.07	6.01	596.8	0.96	0.80
380	5.623	4.901	6.06	6.01	612.9	0.94	0.82
390	5.717	4.95	6.05	6.01	629.0	0.96	0.83
400	5.456	4.706	6.05	6.01	645.2	0.91	0.79
410	5.404	5.048	6.04	6.01	661.3	0.91	0.85
420	5.687	4.848	6.05	6.00	677.4	0.95	0.81
430	5.658	4.832	6.06	6.01	693.5	0.95	0.81
440	5.699	4.856	6.05	6.01	709.7	0.96	0.81
450	5.483	5.087	6.05	6.00	725.8	0.92	0.85
460	5.054	4.954	6.07	6.00	741.9	0.85	0.83
470	5.465	5.259	6.04	6.00	758.1	0.92	0.88
480	5.304	4.963	6.06	6.00	774.2	0.89	0.83



ตารางที่ ฅ-2 ผลการทดลองคอลัมน์ อัตราการไหล 10 มิลลิลิตรต่อนาที ที่พีเอช 6

เวลา(นาที)	ความเข้มข้น (มก./ล)		พีเอช		ค่า BV/BV <sub>0</sub>	ค่า C/C <sub>0</sub>	
	Sil/PEI	Silica Gels	Sil/PEI	Silica Gels		Sil/PEI	Silica Gels
0	5.965	5.965	6.01	6.01	0.0	0.00	0.00
10	0	0	6.36	6.03	32.3	0.00	0.00
20	0	0	6.34	6.04	64.5	0.00	0.00
30	0	0.04	6.28	6.03	96.8	0.00	0.01
40	0	0.867	6.24	6.02	129.0	0.00	0.15
50	0	2.76	6.21	6.03	161.3	0.00	0.46
60	0	4.709	6.14	6.02	193.5	0.00	0.79
70	0	5.351	6.12	6.02	225.8	0.00	0.90
80	0	5.552	6.11	6.02	258.1	0.00	0.93
90	0.306	5.692	6.10	6.01	290.3	0.05	0.95
100	0.872	5.686	6.09	6.02	322.6	0.15	0.95
110	1.518	5.804	6.08	6.02	354.8	0.25	0.97
120	2.667	5.623	6.08	6.02	387.1	0.45	0.94
130	4.314	5.743	6.08	6.01	419.4	0.72	0.96
140	5.445	5.749	6.07	6.01	451.6	0.91	0.96
150	5.488	5.846	6.08	6.01	483.9	0.92	0.98
160	5.943	5.765	6.08	6.01	516.1	1.00	0.97
170	6.332	5.903	6.09	6.01	548.4	1.06	0.99
180	6.359	6.015	6.08	6.01	580.6	1.07	1.01
190	6.327	5.997	6.07	6.02	612.9	1.06	1.01
200	6.657	6.002	6.07	6.01	645.2	1.12	1.01
210	6.357	6.052	6.06	6.01	677.4	1.07	1.01
220	6.477	5.887	6.08	6.01	709.7	1.09	0.99
230	6.506	5.883	6.09	6.01	741.9	1.09	0.99
240	6.435	6.011	6.08	6.01	774.2	1.08	1.01
250	6.444	5.995	6.08	6.01	806.5	1.08	1.01
260	6.35	5.269	6.07	6.01	838.7	1.06	0.88
270	6.341	5.302	6.08	6.02	871.0	1.06	0.89
280	6.047	5.286	6.08	6.01	903.2	1.01	0.89
290	5.914	5.228	6.07	6.01	935.5	0.99	0.88
300	5.905	5.296	6.06	6.01	967.7	0.99	0.89
310	5.773	5.229	6.08	6.01	1000.0	0.97	0.88
320	5.686	5.118	6.07	6.01	1032.3	0.95	0.86
330	5.815	5.244	6.07	6.01	1064.5	0.97	0.88
340	5.504	5.301	6.07	6.01	1096.8	0.92	0.89
350	5.613	5.084	6.07	6.01	1129.0	0.94	0.85
360	5.561	5.159	6.07	6.02	1161.3	0.93	0.86
370	5.61	5.186	6.07	6.00	1193.5	0.94	0.87
380	5.438	5.224	6.06	6.00	1225.8	0.91	0.88
390	5.488	5.191	6.06	6.00	1258.1	0.92	0.87
400	5.479	5.304	6.05	6.00	1290.3	0.92	0.89
410	5.507	5.188	6.06	6.00	1322.6	0.92	0.87
420	5.29	5.232	6.05	6.00	1354.8	0.89	0.88
430	5.331	5.013	6.06	5.99	1387.1	0.89	0.84
440	5.257	4.914	6.05	5.99	1419.4	0.88	0.82
450	5.306	5.163	6.05	5.99	1451.6	0.89	0.87
460	4.918	5.035	6.07	5.98	1483.9	0.82	0.84
470	4.931	4.713	6.05	5.98	1516.1	0.83	0.79
480	4.991	4.608	6.05	5.99	1548.4	0.84	0.77



**ภาคผนวก ช.**

**การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนบนตัวกลาง**

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (Total Nitrogen)

**หลักการ** ประยุกต์ตามวิธีของ Punyapalakul Patiparn, 2004

### ขั้นตอนในการวิเคราะห์

การทดลองนี้เป็นการวัดปริมาณไนโตรเจนด้วยเครื่อง UV โดยนำตัวอย่างมาย่อยสลายโดยใช้  $K_2S_2O_8$  ในสภาวะที่เป็นเบสและนำไปย่อยสลายด้วยเครื่องให้ความร้อน (Microwave Digester)

### การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายผสมระหว่าง NaOH และ  $K_2S_2O_8$  โดยเติม  $K_2S_2O_8$  3 กรัม ลงในสารละลาย NaOH (เตรียมจาก 4 กรัม/ น้ำ 100 มล.) ซึ่งสารละลายนี้ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งก่อนใช้
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นช่วงต่างๆที่จะทำการกราฟมาตรฐานในเครื่อง UV โดยเตรียมจากสารละลายมาตรฐานไนโตรเจน หรืออาจเตรียมจากสารละลาย  $KNO_3$
3. สารละลายกรด HCl (1+500) เตรียมจาก HCl<sub>conc.</sub> 1 มล. ในน้ำปราศจากไอออน 500 มล. เพื่อใช้เตรียมสารละลายที่เป็นตัวเทียบ (Blank) ในการวิเคราะห์ ด้วย UV
4. สารละลายกรด HCl (1+16) เตรียมจาก HCl<sub>conc.</sub> 1 มล. ในน้ำปราศจากไอออน 16 มล.

### การทดลอง

1. นำตัวอย่างมาปริมาณเล็กน้อย (50 มก.) ใส่ลงในภาชนะที่ใช้สำหรับเครื่องย่อย และเติมน้ำปราศจากไอออน 50 มล. จากนั้นเติมสารละลายของ NaOH และ  $K_2S_2O_8$  ที่ได้เตรียมไว้ปริมาณ 10 มล. ลงไปผสมกัน
2. นำไปย่อยสลายโดยให้ความร้อน  $120^\circ \text{C}$  เป็นเวลา 30 นาที ด้วยเครื่อง Microwave Digester
3. นำตัวอย่างที่ได้จากการย่อยมากรอง แล้วนำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองมา 25 มล. ปรับพีเอชโดยเติมสารละลาย HCl (1+16) 5 มล. เพื่อให้ได้พีเอชประมาณ 2-3 แล้วเจือจางโดยปรับปริมาตรด้วยการเติมน้ำปราศจากไอออนให้เป็น 50 มล.
4. นำตัวอย่างที่ได้ไปวัดด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer ที่ได้เตรียมกราฟมาตรฐานค่าไนโตรเจนไว้แล้วโดยทำการวัดที่ 220 nm
5. สารละลายตัวเทียบ (Blank) ของการวัด UV ใช้สารละลาย HCl (1+500) ปริมาณ 5 มล. เจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออนให้ได้ 50 มล.

ตารางที่ ข-1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนจากเครื่อง UV

ตัวอย่าง	ค่า Absorbance	SD	Absorbance เฉลี่ย	ไนโตรเจน (มก./ล)	SD	ไนโตรเจน เฉลี่ย (มก./ล)	ไนโตรเจน (สุทธิ) (มก./ล)
Blank	0.058 0.074 0.068	0.006	0.067	0.256 0.326 0.296	0.024	0.293	0.000
Silica Gels	0.154 0.174 0.200	0.016	0.176	0.678 0.762 0.876	0.069	0.772	0.479
Sil/PEI 2%w/v	0.816 0.732 0.820	0.038	0.789	3.580 3.214 3.602	0.168	3.465	3.173
Sil/PEI 5%w/v	2.590 2.704 2.634	0.041	2.643	11.366 11.870 11.438	0.208	11.558	11.265
Sil/PEI 10%w/v	3.408 3.554 3.624	0.080	3.529	14.954 15.594 15.902	0.353	15.483	15.191
Sil/PEI 5%w/v จากคอลัมน์ (5 มล./นาที)	2.586 2.872 2.846	0.121	2.768	11.348 12.602 12.486	0.532	12.145	11.853
Sil/PEI 5%w/v จากคอลัมน์ (10 มล./นาที)	2.810 2.570 2.618	0.096	2.666	12.332 11.276 11.49		11.699	11.407
Sil/PEI 5%w/v จากแบคซ์	2.404 2.435 2.442	0.015	2.427	10.548 10.683 10.716	0.067	10.649	10.356

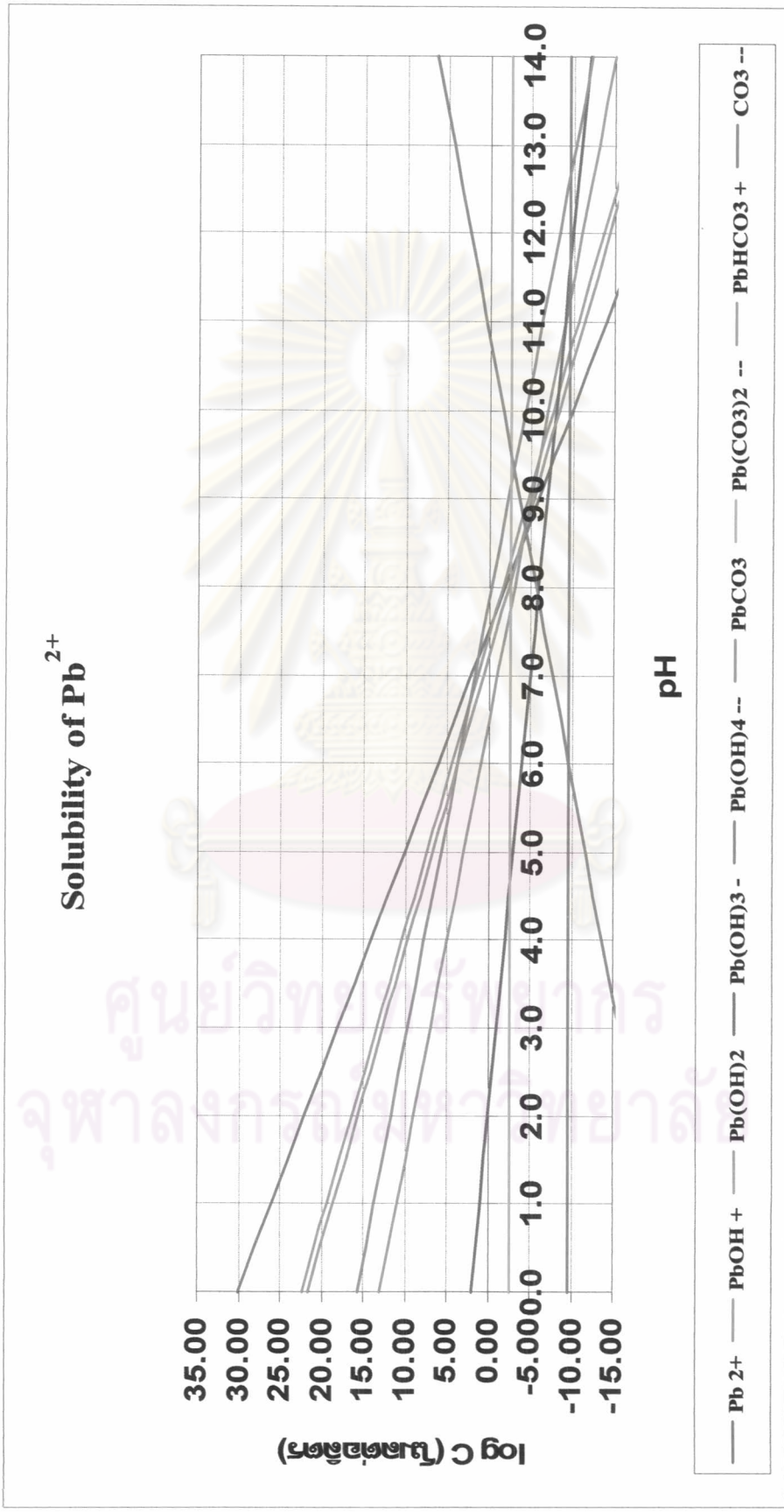


**ภาคผนวก ซ.**

**กราฟความสามารถในการละลายของตะกั่ว และรูปของตะกั่วในช่วงพีเอชต่างๆ**

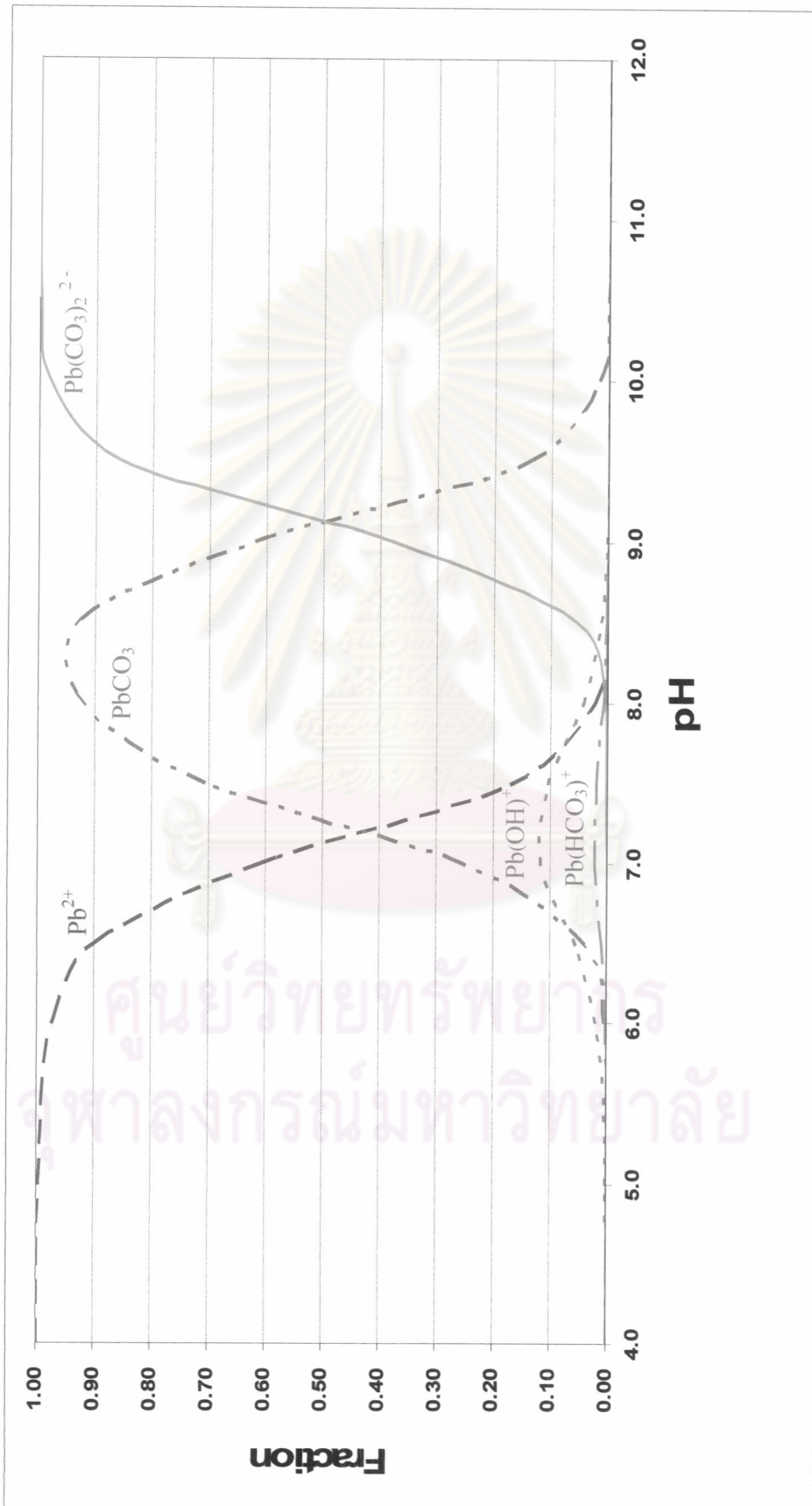
ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Solubility of  $Pb^{2+}$  เมื่อ  $P_{CO_2} = 10^{-3.46}$



รูปที่ ๙-1 แสดงความสามารถในการละลายของตะกั่วในน้ำที่พีเอชต่างๆ

Fraction of  $Pb^{2+}$  เมื่อ  $P_{CO_2} = 10^{-3.46}$



รูปที่ ๗-๒ แสดงรูปแบบของตะกั่วในน้ำที่พีเอชต่างๆ



**ภาคผนวก ฅ.**

**การวิเคราะห์หาลักษณะประจวบพื้นที่วักถาง**

**ศูนย์วิทยพัทพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**



## การวิเคราะห์หาประจุบนพื้นผิวดั้วกลาง

**หลักการ** ไตเตรทด้วยกรด-เบส (ประยุกต์ตาม Punyapalakul Patiparn, 2004)

### ขั้นตอนในการวิเคราะห์

1. เตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.025 โมลต่อลิตร เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.025 โมลต่อลิตร และเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร
2. ชั่งตั้วกลางหนัก 0.1 กรัม ลงในขวดเขย่า
3. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก X มิลลิลิตร ลงในขวดเขย่าที่เตรียมน้ำปราศจากไอออนผสมกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งคำนวณให้มีปริมาตรน้ำในขวดเขย่าทั้งหมด 25 มิลลิลิตรและมีค่าความแรงไอออน 0.002 โมลต่อลิตร
4. ทำการทดลองซ้ำขั้นตอนที่ 2-3 โดยเพิ่มปริมาณสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งแน่ใจว่าพีเอชของสารละลายทั้งหมดในขวดเขย่าลดลงจนมีค่าประมาณ 3
5. ทำการทดลองซ้ำขั้นตอนที่ 2-4 โดยเปลี่ยนจากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเป็นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยเพิ่มปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งแน่ใจว่าพีเอชของสารละลายทั้งหมดในขวดเขย่ามีค่าเพิ่มขึ้นจนอยู่ประมาณ 10
6. นำขวดทั้งหมดไปเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
7. วัดพีเอชของสารละลายในแต่ละขวด
8. คำนวณค่าประจุบนพื้นผิวดั้วกลางจากสูตรต่อไปนี้

$$\text{Surface Charge Density (C/m}^2\text{)} = \{ [\text{HCl}]_{\text{add}} - [\text{NaOH}]_{\text{add}} - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-] \} \times 96500 / (w \times A)$$

เมื่อ

[HCl] = ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรคลอริกที่เติมลงไป (โมลต่อลิตร)

[NaOH] = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (โมลต่อลิตร)

[H<sup>+</sup>] = ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (โมลต่อลิตร)

[OH<sup>-</sup>] = ความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ไอออน (โมลต่อลิตร)

w = น้ำหนักของตั้วกลาง (กรัม)

A = พื้นที่ผิวของตั้วกลาง (ตารางเมตรต่อกรัม)

ตารางที่ ๗-1 ผลการวิเคราะห์ค่าประจุ ของซิลิกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทิลีนไอมิน ด้วยวิธีไทเทรตด้วยกรด-เบส  
น้ำปราศจากไอออนที่ผสมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เพื่อให้ได้ค่าความแรงไอออน 0.002 โมลต่อลิตร มีพีเอช = 5.90

ปริมาณ NaOH 0.025 M (ml)	NaOH ที่เติม (M)	ค่า pH			H <sup>+</sup> (M)	OH <sup>-</sup> (M)	ค่าประจุ (C/m <sup>2</sup> )	ปริมาณ HCl 0.025 M (ml)	HCl ที่เติม (M)	ค่า pH			H <sup>+</sup> (M)	OH <sup>-</sup> (M)	ค่าประจุ (C/m <sup>2</sup> )
		pH <sub>1</sub>	pH <sub>2</sub>	pHavg						pH <sub>1</sub>	pH <sub>2</sub>	pHavg			
0	0	8.10	8.12	8.11	7.76E-09	1.29E-06	0.004	0	0	8.10	8.12	8.11	7.76E-09	1.29E-06	0.004
0.05	5.0E-05	8.12	8.25	8.19	6.53E-09	1.53E-06	-0.155	0.05	5.0E-05	7.85	8.01	7.93	1.17E-08	8.51E-07	0.163
0.1	1.0E-04	8.44	8.27	8.36	4.42E-09	2.26E-06	-0.313	0.1	1.0E-04	7.78	7.76	7.77	1.70E-08	5.89E-07	0.322
0.2	2.0E-04	8.5	8.5	8.50	3.16E-09	3.16E-06	-0.630	0.2	2.0E-04	7.56	7.58	7.57	2.69E-08	3.72E-07	0.641
0.3	3.0E-04	8.79	8.74	8.77	1.72E-09	5.82E-06	-0.942	0.4	4.0E-04	7.21	7.33	7.27	5.37E-08	1.86E-07	1.281
0.4	4.0E-04	8.82	8.9	8.86	1.38E-09	7.24E-06	-1.257	0.6	6.0E-04	6.81	6.89	6.85	1.41E-07	7.08E-08	1.921
0.6	6.0E-04	9.09	9.09	9.09	8.13E-10	1.23E-05	-1.881	1	1.0E-03	5.89	6.04	5.97	1.08E-06	9.23E-09	3.198
1	1.0E-03	9.32	9.29	9.31	4.95E-10	2.02E-05	-3.137	2	2.0E-03	4.32	4.46	4.39	4.07E-05	2.45E-10	6.272
								3	3.0E-03	3.53	3.53	3.53	2.95E-04	3.39E-11	8.659
								5	5.0E-03	2.87	2.85	2.86	1.38E-03	7.24E-12	11.588

คำนวณหาค่าประจุ จากสูตร

$$\text{Surface charge density (C/m}^2\text{)} = \{ [\text{HCl}]_{\text{add}} - [\text{NaOH}]_{\text{add}} - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-] \} \times (96500 / (w \times A))$$

เมื่อ

$$w = \text{น้ำหนักตัวกลาง} = 0.1 \text{ กรัม}$$

$$A = \text{พื้นที่ผิวซิลิกาเจลเคลือบด้วยโพลีเอทิลีนไอมิน} = 301.43 \text{ ตารางเมตรต่อกรัม}$$

ตารางที่ ๓-2 ผลการวิเคราะห์ค่าประจุ ของชนิดิกาก่อนทำการเคลือบ ด้วยวิธี เติเรทด้วยกรด-เบส นำปราศจากไอออนที่ผสมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เพื่อให้ได้ค่าความแรงไอออน 0.002 โมลต่อลิตร มีพีเอช = 5.90

ปริมาณ NaOH 0.025 M (ml)	NaOH ที่เติม (M)	ค่า pH			H <sup>+</sup> (M)	OH <sup>-</sup> (M)	ค่าประจุ (C/m <sup>2</sup> )	ปริมาณ HCl 0.025 M (ml)	HCl ที่เติม (M)	ค่า pH			H <sup>+</sup> (M)	OH <sup>-</sup> (M)	ค่าประจุ (C/m <sup>2</sup> )
		pH <sub>1</sub>	pH <sub>2</sub>	pHavg						pH <sub>1</sub>	pH <sub>2</sub>	pHavg			
0	0	6.46	6.48	6.47	3.39E-07	2.95E-08	-0.001	0	0	6.46	6.48	6.47	3.39E-07	2.95E-08	-0.001
0.2	2.0E-04	7.15	7.42	7.13	7.41E-08	1.35E-07	-0.555	0.2	2.0E-04	5.52	5.51	5.52	3.05E-06	3.27E-09	0.547
0.4	4.0E-04	7.84	7.86	7.85	1.41E-08	7.08E-07	-1.108	0.4	4.0E-04	4.71	4.73	4.72	1.91E-05	5.25E-10	1.057
0.8	8.0E-04	8.63	8.51	8.57	2.69E-09	3.72E-06	-2.210	0.6	6.0E-04	3.93	3.93	3.93	1.17E-04	8.51E-11	1.339
1	1.0E-03	8.83	8.84	8.84	1.46E-09	6.84E-06	-2.757	1.5	1.5E-03	3.43	3.46	3.45	3.59E-04	2.79E-11	3.167
								3	3.0E-03	2.82	2.83	2.83	1.50E-03	6.68E-12	4.174

คำนวณหาค่าประจุ จากสูตร

$$\text{Surface charge density (C/m}^2\text{)} = \{ [\text{HCl}]_{\text{add}} - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-] \} \times (96500 / (w \times A))$$

เมื่อ

w = น้ำหนักตัวกลาง = 0.1 กรัม

A = พื้นที่ผิวชนิดิกาก่อนเคลือบ = 347.64 ตารางเมตรต่อกรัม



**ภาคผนวก ญ.**

**ผลการวิเคราะห์จากเครื่องมือ FTIR , XRF และ Surface Area Analyzer**

**ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**



ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR

รุ่น Bio-Rad 2000

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## การเตรียมตัวกลางเพื่อวิเคราะห์ FTIR

หลักการ : วิเคราะห์โดยใช้ตัวอย่างผสมกับ KBr ตาม Ghoul, Bacquet และ Morcellet (2003)

### ขั้นตอนในการวิเคราะห์

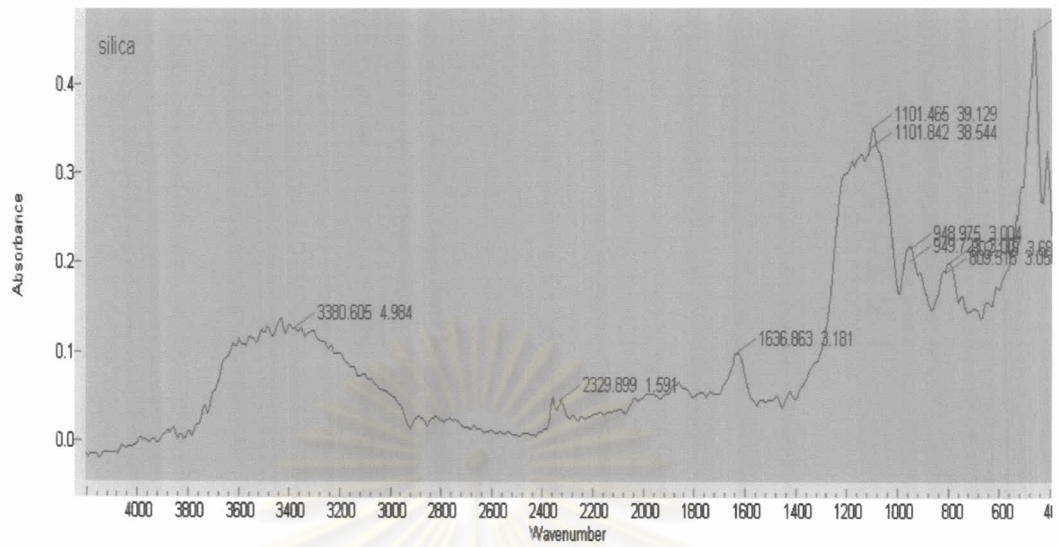
การทดลองนี้เป็นการวิเคราะห์หลักขณะของหมู่ฟังก์ชันบนตัวกลางด้วยการแสดงผลเป็นพีคในช่วงความยาวคลื่นต่างๆกัน โดย

#### การเตรียมตัวอย่าง

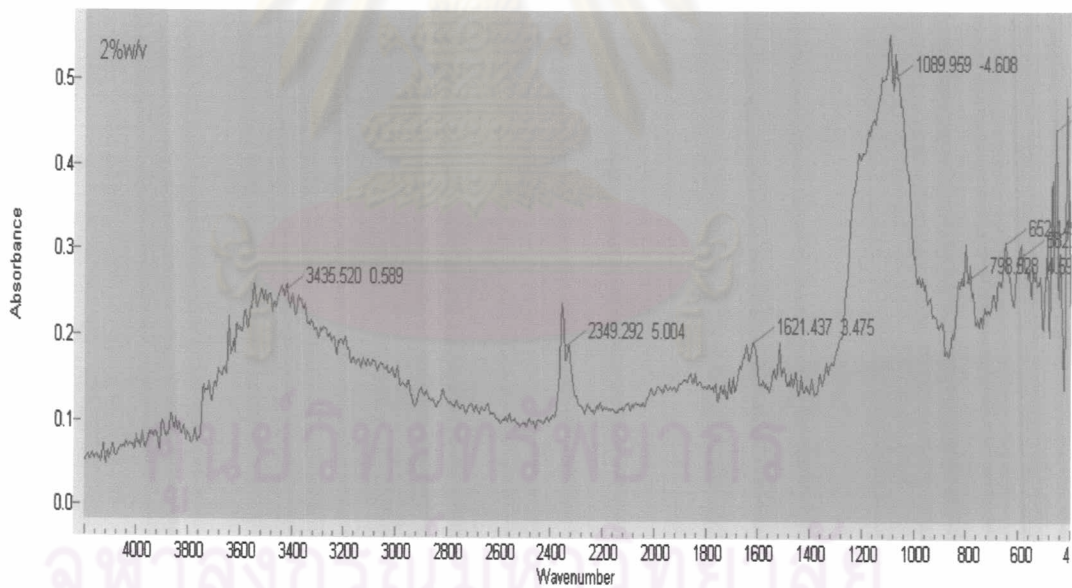
1. ใช้อัตราส่วน ตัวอย่าง : KBr = 1 : 50 เท่า
2. นำตัวอย่างที่จะวิเคราะห์และ KBr มาบดให้ละเอียด
3. นำไปอบที่ 150 ° ซ ประมาณ 30 นาที
4. นำไปชั่งให้ได้ปริมาณที่ต้องการ แล้วผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน
5. นำไปอบที่ 150 ° ซ ประมาณ 30 นาที เพื่อเตรียมไปวิเคราะห์

#### การทดลอง

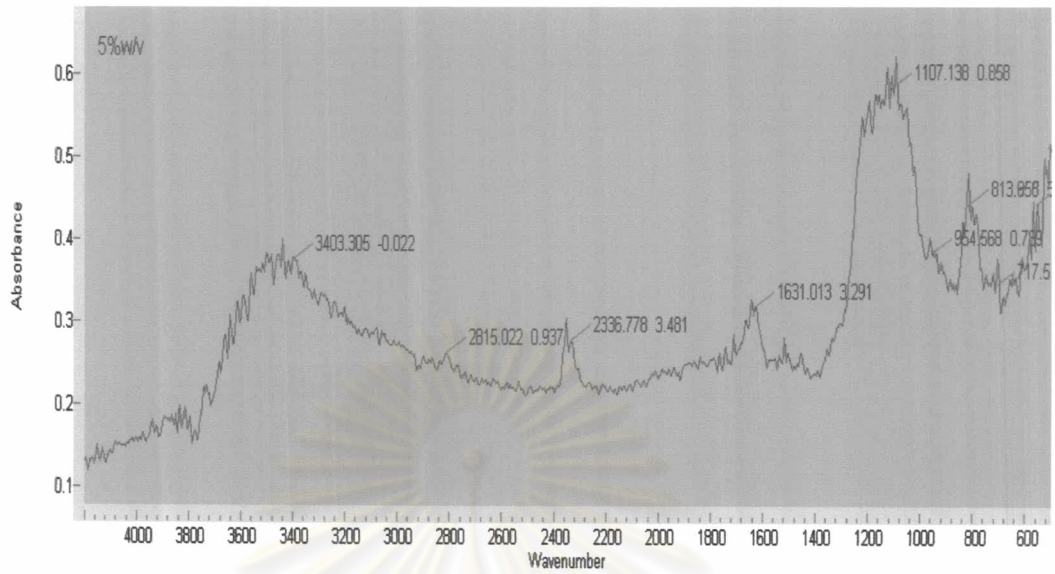
1. ใช้ KBr บดละเอียด เป็นสารสอบเทียบ (Blank) โดยจะใส่ในหัวบรรจุตัวอย่างของเครื่องตัวอย่างโดยอัดให้แน่นและปาดให้เรียบ ใส่ไว้ในที่วางตัวอย่างตำแหน่งที่ 1 เพื่อเป็นเครื่องแปลค่าเป็น Background
2. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาใส่ในหัวบรรจุตัวอย่างของเครื่องตัวอย่างโดยอัดให้แน่นและปาดให้เรียบ วางในตำแหน่งถัดจากตำแหน่งที่ 1 ออกไปเรื่อยๆตามจำนวนตัวอย่างที่มีอยู่
3. ทำการ Scan ตัวอย่างตามวิธีใช้เครื่อง FTIR



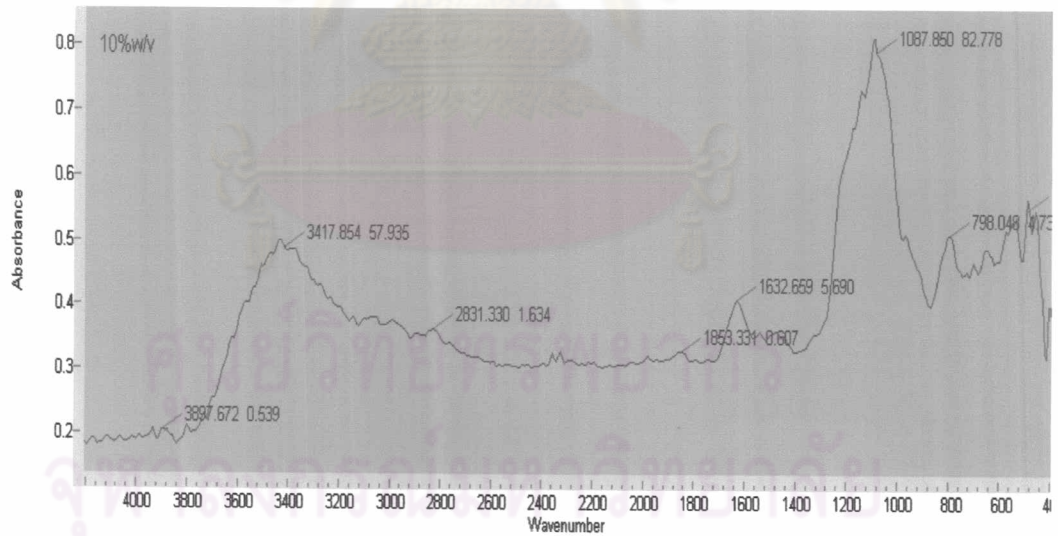
รูปที่ ๑-1 แสดงผลจาก FTIR ในการวิเคราะห์ของซิลิกาเจล



รูปที่ ๑-2 แสดงผลจาก FTIR ในการวิเคราะห์ซิลิกาเจลเคลือบโพลีเอทิลีนไอมิน  
อัตราส่วนร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

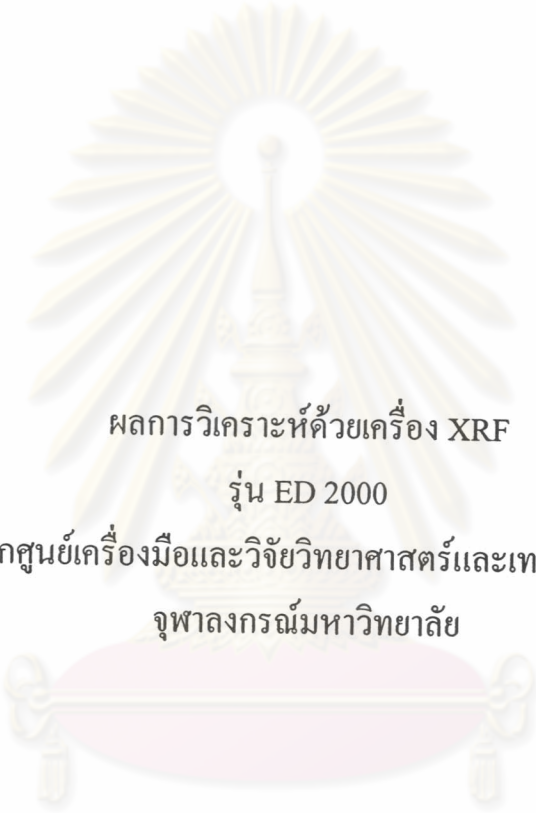


รูปที่ ๓-๓ แสดงผลจาก FTIR ในการวิเคราะห์ซิติกาเจลเคลือบโพลีเอทิลีนไอมิน  
อัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร



รูปที่ ๓-๔ แสดงผลจาก FTIR ในการวิเคราะห์ซิติกาเจลเคลือบโพลีเอทิลีนไอมิน  
อัตราส่วนร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร





ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF

รุ่น ED 2000

จากศูนย์เครื่องมือและวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

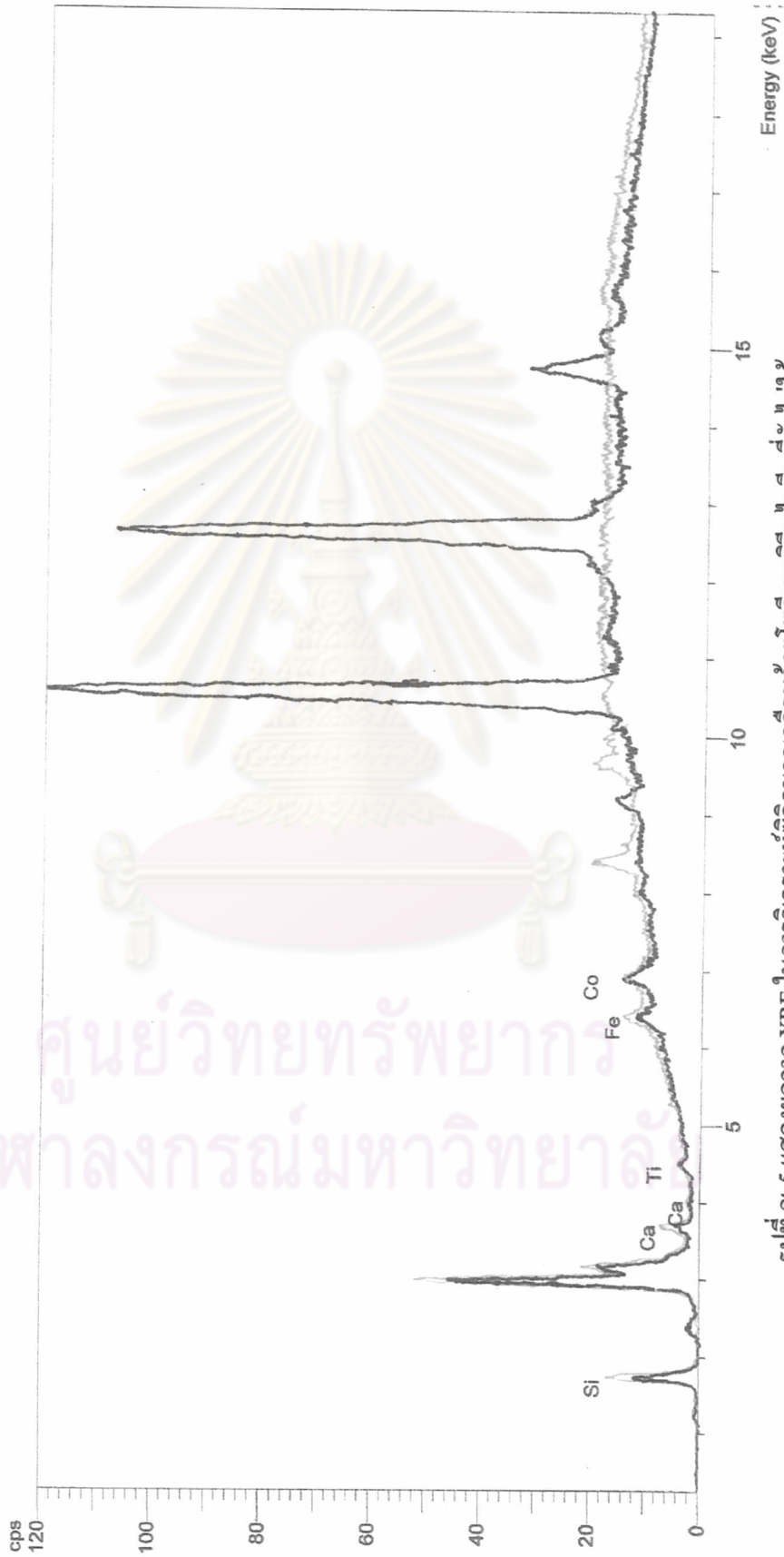
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Red line: 482814-01, Blue line : 482814-02

Fixed Condition : General (Air)

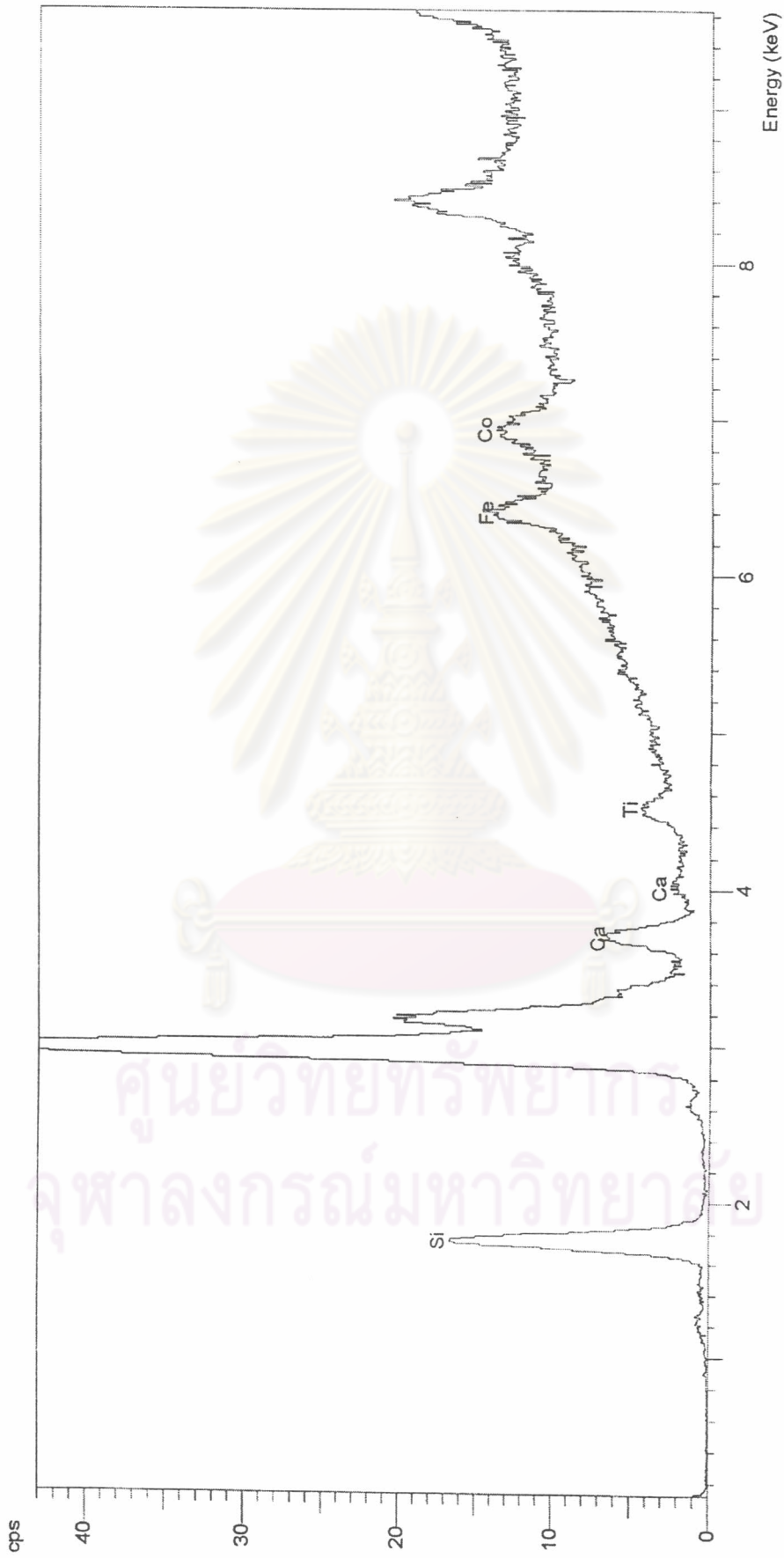
Acquisition livetime = 60.0s , realtime = 107.1s

Tube Current = 33uA



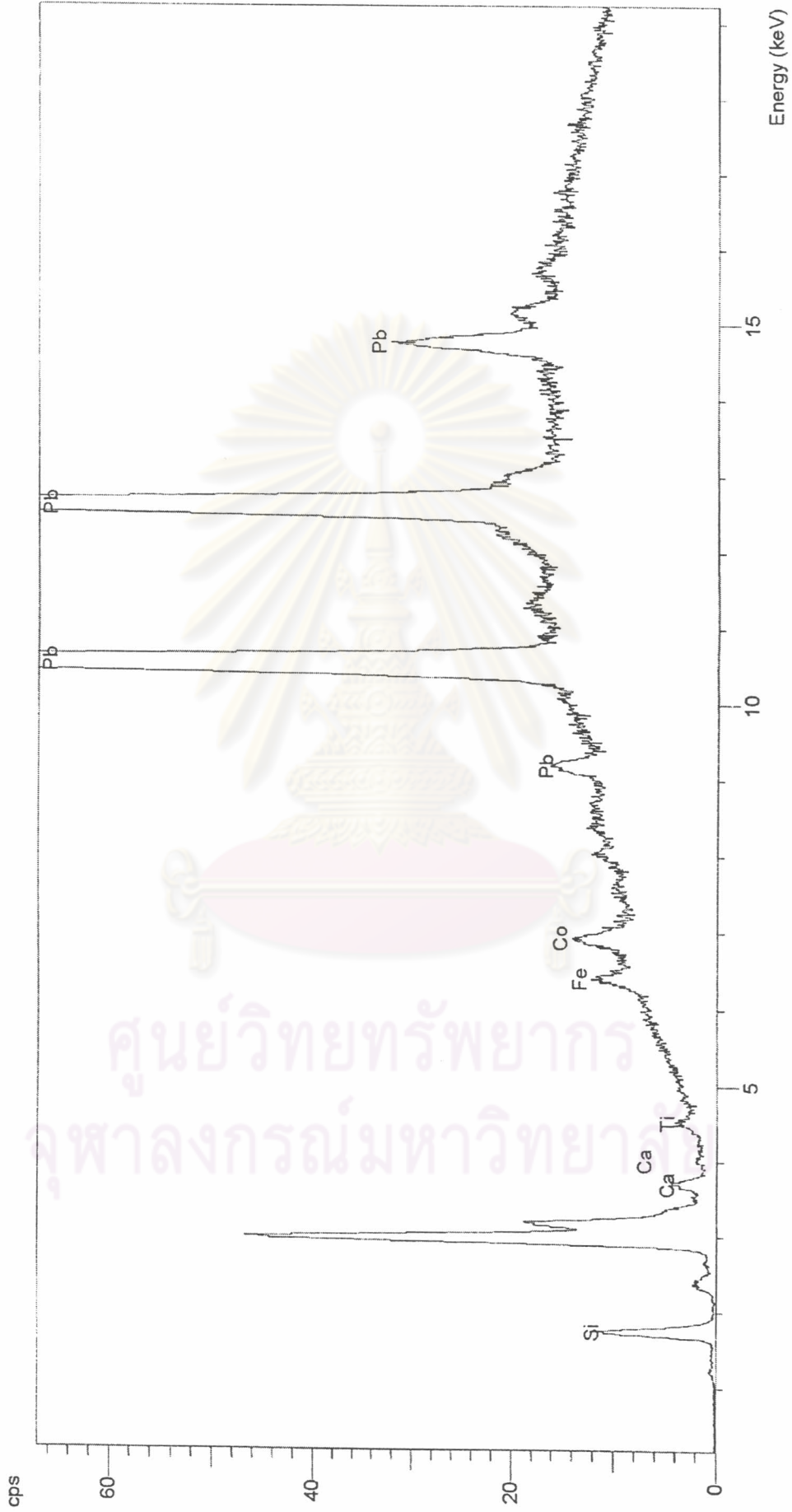
รูปที่ ๑๖-5 แสดงผลจาก XRF ในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยโพลิเอทรีนไอมินที่ยังไม่ใช้ทดลอง กับปริมาณธาตุเคลือบด้วยโพลิเอทรีนไอมินที่ใช้ทดลองดูระดับตะกั่วแล้ว

Full line : Sample-01

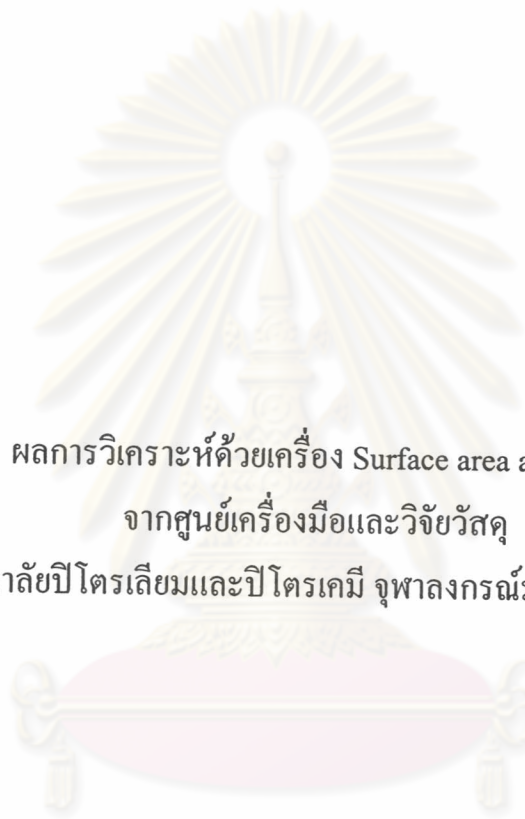


รูปที่ ๖-๖ แสดงผลจาก XRF ในการวิเคราะห์ซีเมนต์เคลือบด้วยโพสิเทรทิสตินไอมีนที่ยังไม่ใช้ทดลอง

Full line : Sample-02



รูปที่ ๗-๗ แสดงผลจาก XRF ในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยโพสิเททริสตัน ไอเมินที่ใช้ทดลองดูชุดขับเคลื่อน



ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Surface area analysis  
จากศูนย์เครื่องมือและวิจัยวัสดุ  
วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PPCFMWI-06-203/001.3

## ANALYTICAL/TEST REPORT

Report no. 007/05

**Sample owner** : Department of Environmental Engineering, CU.  
**Sample type** : Silica gel  
**Numbers of samples** : 2  
**Instrument used** : Surface Area Analyzer (Thermo Finnigan, Sorptomatic 1990)  
**Date of receiving** : January 14, 2005.  
**Date of analysis** : January 24, 2005.  
**Results** : Details are as attachments : total of 13 pages including this page

Sample types	Multipoint BET* (m <sup>2</sup> /g)	Pore specific volume (cm <sup>3</sup> /g)	Median pore width (nm)
(1) Silica gel (Blank)	347.6425	0.9508	10.5850
(2) Silica gel / PEI (Sample 1)	300.3679	0.8638	10.1960

\* Specific surface area

Analyzed by :



(Ms. Jintana Chamnanmanoontham)

Researcher

Approved by :



(Assoc. Prof. Dr. Suwabun Chirachanchai)

Deputy-Director (Research Affairs)

N.B. The results are valid for samples analyzed only.

PPCFMWI-06-203/001.3

## ANALYTICAL/TEST REPORT

Report no. 088/05

**Sample owner** : Department of Environmental Engineering, CU.  
**Sample type** : Silica gel/PEI  
**Numbers of samples** : 2  
**Instrument used** : Surface Area Analyzer (Thermo Finnigan, Sorptomatic 1990)  
**Date of receiving** : May 2, 2005.  
**Date of analysis** : May 6, 2005.  
**Results** : Details are as attachments : total of 13 pages including this page

Sample types	Multipoint BET* (m <sup>2</sup> /g)	Pore specific volume (cm <sup>3</sup> /g)	Median pore width (nm)
(1) Silica gel / PEI 5% w/v	301.4273	0.8601	9.4007
(2) Silica gel / PEI 10% w/v	269.8819	0.7918	9.8190

\* Specific surface area

Analyzed by :



(Ms. Jintana Chamnanmanoontham)  
Researcher

Approved by :



(Assoc. Prof. Dr. Suwabun Chirachanchai)  
Deputy-Director (Research Affairs)

N.B. The results are valid for samples analyzed only.

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจุรีรัตน์ ทองท่าย เกิดเมื่อวันที่ 10 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดชัยภูมิ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดลอม) จากสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดลอม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2546



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย