



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- จารุณี ไกรแก้ว. 2543. การลดปริมาณยูเรเนียมในไตรฟอสเฟตที่ได้จากการย่อยแร่โมนาไซต์. โครงการวิจัยเคมีและวัสดุศาสตร์กองเคมี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- นัยนา ศรีदारณพ. 2517. การสกัดและหาปริมาณของธาตุอูเรียมจากทรายโมนาไซต์ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์เคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญเลิศ สวนมะม่วง. 2545. การปรับปรุงคุณภาพไตรโซเดียมฟอสเฟตจากศูนย์วิจัยและพัฒนาแร่หายากเพื่อการจำหน่าย. กองเคมี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- บัญชา คำสิงห์. 2544. การสกัดแยกยูเรเนียมและทอเรียมออกจากแร่โมนาไซต์โดยหอสกัดแบบจานหมุนมีรู. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประกร รามกุล. 2544. การแยกไอออนผสมของแลนทานัมและนีโอดีเมียมโดยใช้เยื่อแผ่นเหลวที่พุงด้วยเส้นใยกลวง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประกร รามกุล. 2549. การศึกษาทางทฤษฎีและการปฏิบัติในการแยกไอออนผสมของยูเรเนียมและทอเรียมโดยใช้เยื่อแผ่นเหลวที่พุงด้วยเส้นใยกลวง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย. ยูเรเนียม, บทความสมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย, www.nst.or.th

ภาษาอังกฤษ

ASTARIS food phosphates, www.astaris.com

A. G. Gaikwad., Synergic Transport of Yttrium Metal Ions Through Supported Liquid Membrane., Chem. Biochem. Eng. Q. 17 (4), (2003) : 327-334 .

Drew Gorman-Lewis , Peter C. Burns and Jeremy B. Fein., Review of Uranyl Mineral Solubility Measurements., J. Chem. Thermodynamics 40 (2008) : 335–352.

G. Schulz., Separation Techniques with Supported Liquid Membrane., Desalination. 68 (1988) : 191 – 202.

Jamal Stas, Ajaj Dahdouh and Habib Shlewit., Extraction of Uranium (VI) from Nitric Acid and Nitrate Solutions by Tributylphosphate/Kerosene., Periodica Polytechnica Ser. Chem. Eng., Vol. 49, No. 1, (2005) : 3–18.

K. Nazari, M. Ghannadi Maragheh and A. Jabbari Rad., Studies on extraction of uranium from phosphoric acid using PN-1200 extractant., Hydrometallurgy 71 (2004) : 371-377.

Komasawa Isao, Otake Tsutao and Yamashita Tomohiro., Mechanism kinetic of Copper Permeation through a Supported Liquid membrane Containing a Hydroxyoxime as Mobile Carrier. Ind. Eng. Chem. Fundam 22 (1983) : 127-131.

Kopp A. and Marr R., Liquid membrane Technology a Survey of Phenomena Mechanism and Models., Ind. Chem. Eng. 22(1), (1989): 44-60.

Liqui-Cel Membrane Contactors., www.liqui-cel.com

Mathur, J. N., Synergism of Trivalent Actinides and Lanthanides Solvent Extraction and Ions Exchange., Solvent Extraction and Ions Exchange, 1(2), (1983) : 349.

Maysa S. El Sayed., Uranium extraction from gatter sulfate leach liquor using aliquat-336 in a liquid emulsion membrane process., Hydrometallurgy 68 (2003) : 51-56.

- Merceddes E. Campderros and Jose Marchese., Transport of niobium (V) through a TBP – Alamine 336 supported liquid membrane from chloride solutions., Hydrometallurgy 61 (2001) : 89-95.
- O' Hara, P.A., and Bohrer, M.P., Supported Liquid Membrane for Copper Transport., Journal of Membrane Science 44 (1989): 273-287.
- Peppard, D. F., 1970. cited in Duyckaerts and Desreux, J. F., Recent Development and New Combinations of Extractants in Synergistic Proesses., Proceedings of International Solvent Extraction Conference (1977).
- P.S. Kulkarni., Recovery of uranium (VI) from acidic wastes using tri-n-octylphosphine oxide and sodium carbonate based liquid membrane., Chemical Engineering Journal 92 (2003) : 209 - 214.
- Pancharoen Ura, Ramakul Prakorn and Pattaweekongka Weerawat., Purely Extraction and Separation of Mixture of Cerium (IV) and Lanthanum (III) via Hollow Fiber Supported Liquid Membrane., J. Ind. Eng. Chem., Vol.11, No.6, (2005) : 926-931.
- Porter C. 1990. Handbook of Industrial Membrane Technology. New Jersey: Noyes Publication.
- Ramakul Prakorn and Pancharoen Ura., Synergistic Extraction and Separation of Mixture of Lanthanum and Neodymium by Hollow Fiber Supported Liquid Membrane., Korean J. Chem. Eng., 20(4), (2003) : 724-730.
- Ramakul Prakorn, Nakararueng Kwanta and Pancharoen Ura., One-through Selective Separation of Copper, Chromium and Zinc Ions by Hollow Fiber Supported Liquid Membrane., Korean J. Chem. Eng., 21(6), (2004) : 1212-1217.
- Seref Girgin, Ayhan Ali Sirkeci and Neset Acarkan., Solvent Extraction Of Uranium From Wet Process Phosphoric Acids., Radiation Safety Problems in the Caspian Region., (2004) : 89-96.
- Teramoto Masaaki, Masuyama Hiedo, Takaya Hitoshi, and Asano Shigehiro., Development of Spiral-Type Supported Liquid Membrane Module for Separation and Concentration Metal Ions. Separation Science and Technology. 22(11), (1987) : 2175-2201.

- Tavlarides L.L., Bae J.H. and Lee C.K., Solvent Extraction, Membrane and Ion Exchange in Hydrometallurgical Dilute Metals Separation. Separation Science and Technology. 22 (2-3), (1987) : 581-617.
- W.Baker Richard., Membrane Technology and Applications., 2nd edition. 2004.
- Young Har Kim and Dae Woong Choi., Chromium (VI) Removal in a Semi-Continuous Process of Hollow Fiber Membrane with Organic Extractants., Korean J. Chem. Eng., 22(6), (2005) : 894 – 898.
- Xian-Bo Sun, Hui-Fang Du, Zhu-Xian Yang and Zu-Ming Zhou., Extraction kinetics of uranium (VI) with di (2-ethylhexyl) phosphoric acid using a hollow fiber membrane extractor., Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 245, No. 2, (2000) : 421-424 .
- Y.A. El-Nadi, J.A. Daoud and H.F.Aly., Modified leaching and extraction of uranium from hydrous oxide cake of Egyptian monazite., Int. J. Miner. Process. 76 (2005) : 101-110.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลดิบ

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลผลการศึกษานิกของสารสกัดเดี่ยว

เวลา	ปริมาณยูเรเนียมในสารละลายป้อนด้านขาออก, U (ppm.)				
	D2EHPA	TBP	Cyanex923	TOA	Aliquat336
เริ่มต้น	20.86	23.28	22.43	21.85	23.4
5	12.03	22.48	19.87	17.73	16.286
10	12.21	22.52	19.98	17.91	15.39
20	13.46	22.78	20.51	18.77	15.74
30	15.37	23.01	21.32	19.68	16.2
40	15.64	23.11	21.25	20.03	16.41
50	17.85	23	21.57	20.11	16.95
รวมสุดท้ายในถัง	13.45	22.68	20.53	18.35	16.04
เวลา	ร้อยละการสกัดยูเรเนียม, U (%Extract)				
	D2EHPA	TBP	Cyanex923	TOA	Aliquat336
0	-	-	-	-	-
5	42.31	3.43	11.41	18.85	30.4
10	41.467	3.264	10.92	18.03	34.23
20	35.666	2.14	8.56	14.09	32.723
30	26.286	1.16	4.95	9.93	30.74
40	24.992	0.73	5.26	8.33	29.88
50	14.429	1.188	3.83	7.96	27.56
รวมสุดท้ายในถัง	35.491	2.57	8.47	16.02	31.453

ภาวะที่ทำการทดลอง : $[U]_f \approx 22 \text{ ppm.}$, [สารสกัด] = 0.1 โมลต่อลิตร, $[HNO_3] = 0.5 \text{ โมลต่อลิตร}$

Q_f และ $Q_s = 100 \text{ มิลลิลิตรต่อนาที}$, ผ่านกระบวนการรอบเดียว, ไหลแบบสวนทางกัน

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลผลการศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดเดี่ยว D2EHPA

ปริมาณยูเรเนียมในสารละลายป้อนด้านขาออก, U (ppm.)							
เวลา	D2EHPA						
	0.02M	0.04M	0.06M	0.08M	0.1M	0.12M	0.14M
เริ่มต้น	22.23	22.07	22.5	23.29	20.86	-	-
5	15.15	14.77	15.03	13.64	12.03	-	-
10	15.52	14.97	14.88	13.89	12.21	-	-
20	18.28	17.03	15.12	15.44	13.46	-	-
30	18.78	17.98	16.71	17.66	15.37	-	-
40	19.52	19.88	19.87	19.94	15.64	-	-
50	21.43	20.95	21.06	20.95	17.85	-	-
รวมสุดท้ายในถัง	18.83	18.3	16.93	15.9	13.45	-	-
ร้อยละการสกัดยูเรเนียม, U (%Extract)							
เวลา	D2EHPA						
	0.02M	0.04M	0.06M	0.08M	0.1M	0.12M	0.14M
0	-	-	-	-	-	-	-
5	31.84	33.04	33.2	41.43	42.31	-	-
10	30.18	32.17	33.86	40.36	41.467	-	-
20	17.76	22.836	32.8	33.705	35.666	-	-
30	15.52	18.532	25.73	24.173	26.286	-	-
40	12.19	9.923	11.68	14.3838	24.992	-	-
50	3.59	5.074	6.4	10.047	14.429	-	-
รวมสุดท้ายในถัง	15.29	17.082	24.75	31.73	35.491	-	-

ภาวะที่ทำการทดลอง : $[U]_f \approx 22 \text{ ppm.}$, $[\text{HNO}_3] = 0.5 \text{ โมลต่อลิตร}$, Q_f และ $Q_s = 100 \text{ มิลลิลิตรต่อนาที}$, ผ่านกระบวนการรอบเดียว, ไหลแบบสวนทางกัน

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลผลการศึกษาค่าความเข้มข้นของสารสกัดเดี่ยว Aliquat336

ปริมาณยูเรเนียมในสารละลายป้อนด้านขาออก, U (ppm.)							
เวลา	Aliquat336						
	0.02M	0.04M	0.06M	0.08M	0.1M	0.12M	0.14M
เริ่มต้น	22.43	23.05	22.15	22.04	23.4	22.68	24.29
5	19.85	19.76	18.33	18.03	16.286	15.21	14.792
10	19.01	20.04	17.82	16.35	15.39	15.16	14.33
20	19.76	19.47	17.21	16.503	15.74	15.98	16.408
30	20.04	18.73	17.43	17.6	16.2	16.73	15.46
40	20.23	18.06	17.3	15.6	16.41	18.32	16.63
50	20.11	17.893	18.24	15.187	16.95	17.44	15.591
รวมสุดท้ายในถัง	19.58	18.65	17.41	15.61	16.04	15.35	16.92
ร้อยละการสกัดยูเรเนียม, U (%Extract)							
เวลา	Aliquat336						
	0.02M	0.04M	0.06M	0.08M	0.1M	0.12M	0.14M
0	-	-	-	-	-	-	-
5	11.5	14.27	17.24	18.19	30.4	32.93	39.1
10	15.24	13.05	19.54	25.817	34.23	33.12	41
20	11.9	15.53	22.3	25.12	32.723	29.54	32.45
30	10.65	18.74	21.31	20.145	30.74	26.23	36.35
40	9.8	21.648	21.89	29.219	29.88	19.22	31.535
50	10.34	22.37	17.65	31.09	27.56	23.1	35.812
รวมสุดท้ายในถัง	12.71	19.09	21.4	29.174	31.453	32.32	30.34

ภาวะที่ทำการทดลอง : $[U]_f \approx 22 \text{ ppm.}$, $[HNO_3] = 0.5$ โมลต่อลิตร , Q_f และ $Q_s = 100$ มิลลิลิตรต่อนาที, ผ่านกระบวนการรอบเดียว, ไหลแบบสวนทางกัน

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลผลการศึกษาการสกัดแบบเสริมฤทธิ์

สารสกัดช่วย	ปริมาณยูเรเนียม (ppm.)	ความเข้มข้นของสารสกัดช่วย (ผสมกับ 0.1M Aliquat 336)					
		0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12
D2EHPA	เริ่มต้น	21.33	22.42	22.17	23.64	21.78	-
	ด้านขาออก	18.81	20.31	20.63	22.56	21.22	-
TBP	เริ่มต้น	22.59	21.4	22.04	23.41	22.58	22.43
	ด้านขาออก	14.88	13.32	13.54	14.54	15.84	15.72
TOA	เริ่มต้น	21.53	22.21	22.47	23.26	22.82	21.81
	ด้านขาออก	14.46	14.07	14.2	15.09	14.95	14.19
Cyanex 923	เริ่มต้น	23.4	22.36	21.33	22.54	22.71	23.06
	ด้านขาออก	16.16	15.42	14.13	14.9	15.18	15.55
สารสกัดช่วย		ร้อยละการสกัดยูเรเนียม, U (%Extract)					
		ความเข้มข้น D2EHPA (ผสมกับ 0.1 M Aliquat 336)					
		0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12
D2EHPA		11.39	9.41	6.94	4.56	2.66	-
TBP		34.13	37.75	38.54	34.88	29.85	29.9
TOA		32.8	36.64	36.77	35.12	34.47	34.92
Cyanex 923		30.91	31.02	33.74	33.88	33.14	32.57

ภาวะที่ทำการทดลอง : $[U]_f \approx 22 \text{ ppm.}$, $[\text{Aliquat336}] = [\text{HNO}_3] = 0.5 \text{ โมลต่อลิตร}$, Q_f และ $Q_s = 100$
มิลลิลิตรต่อนาที, ผ่านกระบวนการรอบเดียว, ไหลแบบสวนทางกัน

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลผลการศึกษาความเข้มข้นของยูเรเนียมในสารละลายป้อน

ปริมาณยูเรเนียมในสารละลายป้อนด้านขาออก, U (ppm.)				
เวลา	ความเข้มข้นสารละลายป้อน			
	เจือจางเป็น 4 เท่า	เจือจางเป็น 3 เท่า	เจือจางเป็น 2 เท่า	ไม่เจือจาง
เริ่มต้น	10.2	15.35	22.04	45.12
5	4.85	7.96	13.23	28.82
10	4.83	7.9	12.95	28.9
20	4.98	8.38	13.56	30.03
30	5.14	8.76	14.23	30.95
40	5.48	8.71	13.06	32.16
50	5.5	8.85	13.84	32.86
รวมสุดท้ายในถัง	5.24	8.51	13.54	29.86
ร้อยละการสกัดยูเรเนียม, U (%Extract)				
เวลา	เจือจางเป็น 4 เท่า	เจือจางเป็น 3 เท่า	เจือจางเป็น 2 เท่า	ไม่เจือจาง
0	-	-	-	-
5	52.42	48.11	39.97	36.11
10	52.6	48.53	41.23	35.94
20	51.17	45.41	38.47	33.44
30	49.53	42.91	35.4	31.4
40	46.26	43.22	38.17	28.71
50	46.02	42.35	37.2	27.16
รวมสุดท้ายในถัง	48.59	44.52	38.54	33.82

ภาวะที่ทำการทดลอง : [Aliquat336] = 0.1 โมลต่อลิตร ผสมกับ [TBP] = 0.06 โมลต่อลิตร, [HNO₃] = 0.5 โมลต่อลิตร, Q_r และ Q_s = 100 มิลลิลิตรต่อนาที, ผ่านกระบวนการรอบเดียว, ไหลแบบสวนทางกัน

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลผลการศึกษาความเข้มข้นของกรดไนตริกในสารละลายนำกลับ

ปริมาณยูเรเนียมในสารละลายป้อนด้านขาออก, U (ppm.)					
เวลา	ความเข้มข้น HNO ₃				
	0.1M	0.2M	0.3M	0.4M	0.5M
เริ่มต้น	44.07	45.3	45.24	44.36	45.12
5	32.16	31.59	30.17	28.73	28.82
10	31.99	31.47	30.1	28.77	28.9
20	32.75	32.77	31.06	30	30.03
30	33.87	33.14	31.97	31.43	30.95
40	36.2	34.78	32.7	31.67	32.16
50	37.24	35.98	33.76	32.19	32.86
รวมสุดท้ายในถัง	33.58	33.78	32.33	31.02	29.86
ร้อยละการสกัดยูเรเนียม, U (%Extract)					
เวลา	ความเข้มข้น HNO ₃				
	0.1M	0.2M	0.3M	0.4M	0.5M
0	-	-	-	-	-
5	27.02	30.25	33.31	35.22	36.11
10	27.4	30.53	33.46	35.14	35.94
20	25.68	27.77	31.34	32.36	33.44
30	23.14	26.84	29.33	29.13	31.4
40	17.84	23.22	27.7	28.6	28.71
50	15.5	20.56	25.38	27.42	27.16
รวมสุดท้ายในถัง	23.8	25.43	28.54	30.06	33.82

ปริมาณยูเรเนียมในสารละลายนำกลับด้านขาออก, U (ppm.)					
เวลา	ความเข้มข้น HNO ₃				
	0.1M	0.2M	0.3M	0.4M	0.5M
เริ่มต้น	-	-	-	-	-
5	5.61	7.42	9.83	12.54	10.52
10	5.33	7.09	9.72	12.17	9.23
20	4.84	7.93	8.53	11.54	9.03
30	3.47	6.57	7.32	10.21	8.32
40	2.86	5.12	6.99	9.88	7.31
50	2.35	4.74	5.66	8.45	6.22
รวมสุดท้ายในถัง	3.66	5.81	7.56	10.4	8.07
ร้อยละการนำกลับยูเรเนียม, U (%Stripping)					
เวลา	ความเข้มข้น HNO ₃				
	0.1M	0.2M	0.3M	0.4M	0.5M
0	-	-	-	-	-
5	12.73	13.38	17.73	21.26	23.32
10	12.09	12.65	17.48	20.43	20.46
20	10.98	13.5	14.85	19.01	20.01
30	7.87	10.5	12.16	16.01	18.44
40	6.48	8.3	11.45	14.81	16.2
50	5.33	7.46	9.5	12.04	13.79
รวมสุดท้ายในถัง	8.3	10.82	12.7	15.44	17.89

ภาวะที่ทำการทดลอง : [U] \approx 45 ppm., [Aliquat336] = 0.1 โมลต่อลิตร ผสมกับ [TBP] = 0.06 โมลต่อลิตร, Q_f และ Q_s = 100 มิลลิลิตรต่อนาที, ผ่านกระบวนการรอบเดียว, ไหลแบบสวนทางกัน

ตารางที่ ก.7 ข้อมูลผลการศึกษาอัตราการไหลของสารละลายป้อน

ปริมาณยูเรเนียมในสารละลายป้อนด้านขาออก, U (ppm.)					
เวลา	อัตราการไหลของสารละลายป้อน				
	100 ml/min	120 ml/min	140 ml/min	160 ml/min	180 ml/min
เริ่มต้น	45.12	45.23	46.11	45.08	44.37
5	28.82	27.96	32.15	34.77	35.43
10	28.9	28.64	31.76	34.19	35.47
20	30.03	30.67	34.64	36.28	37.55
30	30.95	33.05	35.48	36.88	38.4
40	32.16	34.52	38.14	37.53	39.79
50	32.86	36.73	40.22	39.42	40
รวมสุดท้ายในถัง	29.86	32.61	35.28	36.94	38.83
ร้อยละการสกัดยูเรเนียม, U (%Extract)					
เวลา	อัตราการไหลของสารละลายป้อน				
	100 ml/min	120 ml/min	140 ml/min	160 ml/min	180 ml/min
0	-	-	-	-	-
5	36.11	38.18	30.27	22.87	20.14
10	35.94	36.68	31.12	24.15	20.06
20	33.44	32.19	24.87	19.52	15.37
30	31.4	26.93	23.05	18.19	13.44
40	28.71	23.68	17.28	16.74	10.32
50	27.16	18.79	12.77	12.55	9.84
รวมสุดท้ายในถัง	33.82	29.24	23.9	18.05	12.48

ปริมาณยูเรเนียมในสารละลายนำกลับด้านขาออก, U (ppm.)					
เวลา	อัตราการไหลของสารละลายป้อน				
	100 ml/min	120 ml/min	140 ml/min	160 ml/min	180 ml/min
เริ่มต้น	-	-	-	-	-
5	10.52	9.39	6.93	6.37	5.66
10	9.23	9.56	7.07	6.05	5.55
20	9.03	7.4	6.54	5.44	4.51
30	8.32	5.97	5.02	3.92	3.08
40	7.31	5.87	4.65	3.74	1.91
50	6.22	5.37	2.87	2.58	1.66
รวมสุดท้ายในถัง	8.07	6.98	5.45	4.23	3.17
ร้อยละการนำกลับยูเรเนียม, U (%Stripping)					
เวลา	อัตราการไหลของสารละลายป้อน				
	100 ml/min	120 ml/min	140 ml/min	160 ml/min	180 ml/min
0	-	-	-	-	-
5	23.32	20.77	15.03	14.13	12.76
10	20.46	21.14	15.33	13.42	12.52
20	20.01	16.37	14.18	12.06	10.18
30	18.44	13.21	10.88	8.69	6.95
40	16.2	12.98	10.08	8.29	4.31
50	13.79	11.88	6.22	5.72	3.74
รวมสุดท้ายในถัง	17.89	15.45	11.82	9.38	7.16

ภาวะที่ทำการทดลอง : $[U] \approx 45 \text{ ppm.}$, $[\text{Aliquat336}] = 0.1$ โมลต่อลิตร ผสมกับ $[\text{TBP}] = 0.06$ โมลต่อลิตร, $[\text{HNO}_3] = 0.5$ โมลต่อลิตร, $Q_s = 100$ มิลลิลิตรต่อนาที, ผ่านกระบวนการรอบเดียว, ไหลแบบสวนทางกัน

ตารางที่ ก.8 ข้อมูลผลการศึกษ้อัตราการไหลของสารละลายนำกลับ

ปริมาณยูเรเนียมในสารละลายป้อนด้านขาออก, U (ppm.)					
เวลา	อัตราการไหลของสารละลายนำกลับ				
	100 ml/min	120 ml/min	140 ml/min	160 ml/min	180 ml/min
เริ่มต้น	45.12	44.88	44.1	43.69	45.32
5	28.82	28.8	28.36	31.16	36.94
10	28.9	28.98	29.33	32.76	37.25
20	30.03	30.76	30.57	35.18	37.61
30	30.95	32.17	33.07	36.44	38.5
40	32.16	33.06	32.21	38.1	40.68
50	32.86	34.29	36.84	39.32	40.03
รวมสุดท้ายในถัง	29.86	31.1	33.03	36.1	38.55
ร้อยละการสกัดยูเรเนียม, U (%Extract)					
เวลา	อัตราการไหลของสารละลายนำกลับ				
	100 ml/min	120 ml/min	140 ml/min	160 ml/min	180 ml/min
0	-	-	-	-	-
5	36.11	35.83	35.69	28.68	18.49
10	35.94	35.42	33.49	25.01	17.8
20	33.44	31.45	30.68	19.47	17.01
30	31.4	28.31	25.01	16.59	15.05
40	28.71	26.33	26.96	12.79	10.24
50	27.16	23.59	16.46	10	11.67
รวมสุดท้ายในถัง	33.82	30.69	25.1	17.37	14.93

ปริมาณยูเรเนียมในสารละลายนำกลับด้านขาออก, U (ppm.)					
เวลา	อัตราการไหลของสารละลายนำกลับ				
	100 ml/min	120 ml/min	140 ml/min	160 ml/min	180 ml/min
เริ่มต้น	-	-	-	-	-
5	10.52	8.99	8.26	6.81	4.73
10	9.23	8.98	7.61	6.53	4.68
20	9.03	6.9	6.49	4.72	3.74
30	8.32	6.63	4.6	3.07	2.23
40	7.31	3.7	3.06	2.18	1.4
50	6.22	3.36	2.78	1.36	1.59
รวมสุดท้ายในถัง	8.07	6.59	4.62	3.58	2.3
ร้อยละการนำกลับยูเรเนียม, U (%Stripping)					
เวลา	อัตราการไหลของสารละลายนำกลับ				
	100 ml/min	120 ml/min	140 ml/min	160 ml/min	180 ml/min
0	-	-	-	-	-
5	23.32	20.05	18.73	15.59	10.44
10	20.46	20.02	17.26	14.95	10.34
20	20.01	15.38	14.72	10.81	8.27
30	18.44	14.77	10.43	7.03	4.92
40	16.2	8.26	6.94	4.99	3.09
50	13.79	7.5	6.31	3.13	3.51
รวมสุดท้ายในถัง	17.89	14.7	10.48	8.2	5.08

ภาวะที่ทำการทดลอง : [U] \approx 45 ppm., [Aliquat336] = 0.1 โมลต่อลิตร ผสมกับ [TBP] = 0.06 โมลต่อลิตร, [HNO₃] = 0.5 โมลต่อลิตร, Q_f = 100 มิลลิลิตรต่อนาที, ผ่านกระบวนการรอบเดียว, ไหลแบบสวนทางกัน

ตารางที่ ก.9 ข้อมูลผลการศึกษาจำนวนรอบ

ปริมาณยูเรเนียมใน สารละลายป้อน (ppm.)	จำนวนรอบ						
	1	2	3	4	5	6	7
เริ่มต้น	45.12	24.13	14.46	7.92	4.53	2.17	0.87
ด้านขาออก	29.86	14.46	7.92	4.53	2.17	0.87	0.22
ร้อยละการสกัด ยูเรเนียม (%)	จำนวนรอบ						
	1	2	3	4	5	6	7
ในแต่ละรอบ	33.82	40.07	45.2	42.8	52.09	59.9	74.71
สะสม	33.82	67.95	82.44	89.96	95.19	98.07	99.51
ปริมาณยูเรเนียมใน สารละลายนำกลับ (ppm.)	จำนวนรอบ						
	1	2	3	4	5	6	7
เริ่มต้น	-	-	-	-	-	-	-
ด้านขาออก	8.07	5.57	4.35	2.73	1.73	0.9	0.38
ร้อยละการสกัด ยูเรเนียม (%)	จำนวนรอบ						
	1	2	3	4	5	6	7
ในแต่ละรอบ	17.89	23.08	30.08	34.57	38.22	41.81	44.45
สะสม	17.89	30.23	39.87	45.92	49.75	51.75	52.59

ภาวะที่ทำการทดลอง : $[U] \approx 45 \text{ ppm.}$, $[\text{Aliquat336}] = 0.1$ โมลต่อลิตร ผสมกับ $[\text{TBP}] = 0.06$ โมลต่อลิตร, $[\text{HNO}_3] = 0.5$ โมลต่อลิตร, $Q_f = Q_s = 100$ มิลลิลิตรต่อนาที, ไหลแบบสวนทางกัน

ภาคผนวก ข

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา (Equilibrium Constant, K_{ex})

จากสมการปฏิกิริยาการสกัดไอออนยูเรเนียมของสารสกัดหลัก ปฏิกิริยาการช่วยสกัด และปฏิกิริยาของสารสกัดช่วย ในสมการที่ (4.1), (4.4) และ (4.7) สามารถเขียนความสัมพันธ์ค่าคงที่สมดุลได้ตามลำดับ ดังนี้

$$K_{ex,1} = \frac{[(NR_4)_2][UO_2(CO_3)_2^{2-}][Cl^-]^2[CO_3^{2-}]}{[UO_2(CO_3)_3^{4-}][NR_4Cl]^2} \quad (ข.1)$$

$$K_{ex,(1+2)} = \frac{[(NR_4)_2(UO_2(CO_3)_3^{2-}) \cdot TBP_x][CO_3^{2-}][Cl^-]^2}{[UO_2(CO_3)_3^{4-}][TBP]^x[NR_4Cl]^2} \quad (ข.2)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของการสกัดแบบเสริมฤทธิ์ (Synergistic coefficient, S.C.)

$$S.C. = \log \left[\frac{k_{ex,1} \frac{[NR_4Cl]^2}{[Cl^-]^2[CO_3^{2-}]} + k_{ex,2}[TBP] + k_{ex,(1+2)} \frac{[TBP]^x[NR_4Cl]^2}{[Cl^-]^2[CO_3^{2-}]}}{k_{ex,1} \frac{[NR_4Cl]^2}{[Cl^-]^2[CO_3^{2-}]} + k_{ex,2}[TBP]} \right] \quad (ข.3)$$

$$\therefore S.C. = \log \left[1 + \frac{k_{ex,(1+2)}[TBP]^x}{k_{ex,1}} \right] \quad (ข.4)$$

สามารถเขียนสมการของปฏิกิริยารวมได้เป็น

$$S.C. = \left(1 + \sum_{i=1}^{i=x} \beta_{n,x} [TBP]^i \right) \quad (ข.5)$$

ตาราง ข.1 ค่าการละลายของยูเรเนียมในรูปแบบต่าง ๆ [Drew Gorman-Lewis et al., 2007]

Dissolution reactions		
Mineral phase		lg K_{sp} ($I = 0$, unless noted)
	<i>Uranyl carbonates</i>	
Rutherfordine	$UO_2CO_3 = UO_2^{2+} + CO_3^{2-}$	-13.89 (± 0.11) ^a
	$UO_2CO_3 = UO_2^{2+} + CO_3^{2-}$	-14.91 (± 0.10) ^b
	$UO_2CO_3 = UO_2^{2+} + CO_3^{2-}$	-13.29 (± 0.01) ^c
Schröckingerite	$NaCa_3UO_2(CO_3)_3SO_4F(H_2O)_{10} = Na^+ + 3Ca^{2+} + UO_2^{2+} + 3CO_3^{2-} + SO_4^{2-} + F^- + 10H_2O$	-85.5 (± 1.5) ^d
Swartzite	$CaMgUO_2(CO_3)_3(H_2O)_{12} = Ca^{2+} + Mg^{2+} + UO_2^{2+} + 3CO_3^{2-} + 12H_2O$	-37.9 (± 1.4) ^d
Andersonite	$Na_2CaUO_2(CO_3)_3(H_2O)_6 = 2Na^+ + Ca^{2+} + UO_2^{2+} + 3CO_3^{2-} + 6H_2O$	-37.5 (± 4.2) ^d
Bayelite	$Mg_2UO_2(CO_3)_3(H_2O)_{18} = 2Mg^{2+} + UO_2^{2+} + 3CO_3^{2-} + 18H_2O$	-36.6 (± 1.4) ^d
Grimselite	$NaK_3UO_2(CO_3)_3(H_2O) = Na^+ + 3K^+ + UO_2^{2+} + 3CO_3^{2-} + H_2O$	-37.1 (± 0.3) ^d
Liebigite	$Ca_2UO_2(CO_3)_3(H_2O)_{10} = 2Ca^{2+} + UO_2^{2+} + 3CO_3^{2-} + 10H_2O$	-36.9 (± 2.1) ^d
	<i>Uranyl oxide hydrates</i>	
Metaschoepite	$2H^+ + UO_3(H_2O)_2 = UO_2^{2+} + 3H_2O$	5.52 (-0.04/+0.02)
	$2H^+ + UO_3(H_2O)_{2(amorphous)} = UO_2^{2+} + 3H_2O$	6.59 (± 0.14) ^e
	$2H^+ + UO_3(H_2O)_{2(crystalline)} = UO_2^{2+} + 3H_2O$	6.23 (± 0.14) ^e
	$2H^+ + UO_3(H_2O)_{2(amorphous)} = UO_2^{2+} + 3H_2O$	6.3 (± 0.1)
	$2H^+ + UO_3(H_2O)_{2(crystalline)} = UO_2^{2+} + 3H_2O$	5.9 (± 0.1)
	$2H^+ + UO_3(H_2O)_2 = UO_2^{2+} + 3H_2O$	5.14 (± 0.05) ^f
	$2H^+ + UO_3(H_2O)_2 = UO_2^{2+} + 3H_2O$	4.68 (± 0.14) ^e
	$2H^+ + UO_3(H_2O)_2 = UO_2^{2+} + 3H_2O$	5.72 (± 0.19) ^h
	$2H^+ + UO_3(H_2O)_2 = UO_2^{2+} + 3H_2O$	5.79 (± 0.19) ⁱ
Becquerelite	$14H^+ + Ca(UO_2)_6O_4(OH)_6(H_2O)_8 = Ca^{2+} + 6UO_2^{2+} + 18H_2O$	41.2 (± 0.52)
	$14H^+ + Ca(UO_2)_6O_4(OH)_6(H_2O)_8 = Ca^{2+} + 6UO_2^{2+} + 18H_2O$	43.2 ^j
	$14H^+ + Ca(UO_2)_6O_4(OH)_6(H_2O)_8 = Ca^{2+} + 6UO_2^{2+} + 18H_2O$	29 (± 1)
	$14H^+ + Ca(UO_2)_6O_4(OH)_6(H_2O)_8 = Ca^{2+} + 6UO_2^{2+} + 18H_2O$	41.89 (± 0.52) ^k
	$14H^+ + Ca(UO_2)_6O_4(OH)_6(H_2O)_8 = Ca^{2+} + 6UO_2^{2+} + 18H_2O$	43.70 (± 0.47)
Compreignacite	$14H^+ + K_2(UO_2)_6O_4(OH)_6(H_2O)_7 = 2K^+ + 6UO_2^{2+} + 17H_2O$	36.82 (± 0.32) ^l
	$14H^+ + K_2(UO_2)_6O_4(OH)_6(H_2O)_7 = 2K^+ + 6UO_2^{2+} + 17H_2O$	39.16 (± 0.31)
Clarkeite-like	$3H^+ + Na(UO_2)O(OH) = Na^+ + UO_2^{2+} + 2H_2O$	8.81
	$3H^+ + Na(UO_2)O(OH) = Na^+ + UO_2^{2+} + 2H_2O$	9.02
	$3H^+ + Cs(UO_2)O(OH) = Cs^+ + UO_2^{2+} + 2H_2O$	8.61
Cs(UO ₂)O(OH)	$3H^+ + Cs(UO_2)O(OH) = Cs^+ + UO_2^{2+} + 2H_2O$	9.27
	<i>Uranyl silicates</i>	
Soddyite	$4H^+ + (UO_2)_2SiO_4(H_2O)_2 = 2UO_2^{2+} + SiO_2 + 4H_2O$	6.43 (+0.20/ -0.37)
	$4H^+ + (UO_2)_2SiO_4(H_2O)_2 = 2UO_2^{2+} + SiO_2 + 4H_2O$	5.74 (± 0.21)
	$4H^+ + (UO_2)_2SiO_4(H_2O)_2 = 2UO_2^{2+} + SiO_2 + 4H_2O$	6.03 (± 0.45) ^m
	$4H^+ + (UO_2)_2SiO_4(H_2O)_2 = 2UO_2^{2+} + SiO_2 + 4H_2O$	6.15 (± 0.53)
Sodium boltwoodite	$3H^+ + Na[UO_2(SiO_3OH)](H_2O)_{1.5} = UO_2^{2+} + Na^+ + H_4SiO_4 + 1.5H_2O$	5.86 (± 0.24)
	$3H^+ + Na[UO_2(SiO_3OH)](H_2O)_{1.5} = UO_2^{2+} + Na^+ + H_4SiO_4 + 1.5H_2O$	5.85 (± 0.26)
	$3H^+ + NaH_3O(UO_2)SiO_4H_2O = UO_2^{2+} + Na^+ + SiO_2 + 4H_2O$	5.82 (± 0.16)
Uranophane	$6H^+ + Ca(H_3O)_2(UO_2)_2(SiO_4)_2(H_2O)_3 = Ca^{2+} + 2UO_2^{2+} + 2SiO_2 + 9H_2O$	9.42 (± 0.48)
	$6H^+ + Ca(H_3O)_2(UO_2)_2(SiO_4)_2(H_2O)_3 = Ca^{2+} + 2UO_2^{2+} + 2SiO_2 + 9H_2O$	6.5 ⁿ
	$6H^+ + Ca(H_3O)_2(UO_2)_2(SiO_4)_2(H_2O)_3 = Ca^{2+} + 2UO_2^{2+} + 2SiO_2 + 9H_2O$	7.8 (± 0.8) ^o
Sodium weeksite	$6H^+ + Na_2(UO_2)_2(Si_2O_5)_3(H_2O)_4 = 2Na^+ + 2UO_2^{2+} + 6SiO_2 + 7H_2O$	1.50 (± 0.08)
	<i>Uranyl phosphates</i>	
Chernikovite	$H_3O(UO_2)PO_4(H_2O)_3 = H_3O^+ + UO_2^{2+} + PO_4^{3-} + 3H_2O$	-22.73 (± 0.24) ^p
Meta-ankoleite	$KUO_2PO_4(H_2O)_4 = K^+ + UO_2^{2+} + PO_4^{3-} + 4H_2O$	-24.30 (± 0.81) ^p
Uranyl hydrogen phosphate	$UO_2HPO_4(H_2O)_4 = UO_2^{2+} + HPO_4^{2-} + 4H_2O$	-12.17 (± 0.07)
	$UO_2HPO_4(H_2O)_4 = UO_2^{2+} + HPO_4^{2-} + 4H_2O$	-12.33 (± 0.06)
Uranyl orthophosphate	$(UO_2)_3(PO_4)_2(H_2O)_4 = 3UO_2^{2+} + 2PO_4^{3-} + 4H_2O$	-49.7 (± 0.3)
	$(UO_2)_3(PO_4)_2(H_2O)_4 = 3UO_2^{2+} + 2PO_4^{3-} + 4H_2O$	-53.33 (± 0.17)
	$(UO_2)_3(PO_4)_2(H_2O)_4 = 3UO_2^{2+} + 2PO_4^{3-} + 4H_2O$	-49.00 (± 0.80)
	$(UO_2)_3(PO_4)_2(H_2O)_4 = 3UO_2^{2+} + 2PO_4^{3-} + 4H_2O$	-49.08 (± 0.48)
MUO ₂ PO ₄ (H ₂ O) _x	$NH_4UO_2PO_4(H_2O)_3 = NH_4^+ + UO_2^{2+} + PO_4^{3-} + 3H_2O$	-26.50 (± 0.09)
	$NH_4UO_2PO_4(H_2O)_x = NH_4^+ + UO_2^{2+} + PO_4^{3-} + xH_2O$	-26.23 (± 0.20)
	$KUO_2PO_4(H_2O)_3 = K^+ + UO_2^{2+} + PO_4^{3-} + 3H_2O$	-26.28 (± 0.25)
	$KUO_2PO_4(H_2O)_x = K^+ + UO_2^{2+} + PO_4^{3-} + xH_2O$	-25.50 (± 0.10) ^q
	$NaUO_2PO_4(H_2O)_x = Na^+ + UO_2^{2+} + PO_4^{3-} + xH_2O$	-24.21 (± 0.07) ^r
	$RbUO_2PO_4(H_2O)_x = Rb^+ + UO_2^{2+} + PO_4^{3-} + xH_2O$	-25.72 (± 0.15) ^r
	$CsUO_2PO_4(H_2O)_x = Cs^+ + UO_2^{2+} + PO_4^{3-} + xH_2O$	-25.41 (± 0.20) ^r
	<i>Uranyl peroxides</i>	
Metastudtite	$UO_4(H_2O)_2 = UO_2^{2+} + O_2^{2-} + 2H_2O$	-35.88 (± 0.01) ^s
Studtite	$UO_2O_2(H_2O)_4 + 2H^+ = UO_2^{2+} + H_2O_2 + 4H_2O$	-2.88 to -2.86 ^t

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณ

ก.1 ตัวอย่างการคำนวณร้อยละการสกัด (Percent Extraction)

ข้อมูลจากภาคผนวก ก.1 สามารถคำนวณร้อยละการสกัดได้ดังนี้

พิจารณาข้อมูลของไอออนยูเรเนียมที่สกัดโดย Aliquat336 เข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร

ความเข้มข้นของไอออนยูเรเนียมในสารละลายป้อนขาเข้าเท่ากับ 23.4 ppm

ความเข้มข้นของไอออนยูเรเนียมในสารละลายป้อนขาออกเท่ากับ 16.04 ppm

$$\text{ดังนั้น ร้อยละการสกัดมีค่าเท่ากับ } \frac{23.4 - 16.04}{23.4} \times 100 = 31.453 \text{ ppm}$$

ก.2 ตัวอย่างการคำนวณร้อยละการนำกลับ (Percent Stripping)

ข้อมูลจากภาคผนวก ก.7 สามารถคำนวณร้อยละการนำกลับได้ดังนี้

พิจารณาข้อมูลของไอออนยูเรเนียมที่นำกลับโดยกรดไนตริกเข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร

ความเข้มข้นของไอออนยูเรเนียมในสารละลายป้อนขาเข้าเท่ากับ 45.12 ppm

ความเข้มข้นของไอออนยูเรเนียมในสารละลายนำกลับขาเข้าเท่ากับ 0 ppm

ความเข้มข้นของไอออนยูเรเนียมในสารละลายนำกลับขาออกเท่ากับ 8.07 ppm

$$\text{ดังนั้น ร้อยละการสกัดมีค่าเท่ากับ } \frac{8.07 - 0}{45.12} \times 100 = 17.89 \text{ ppm}$$

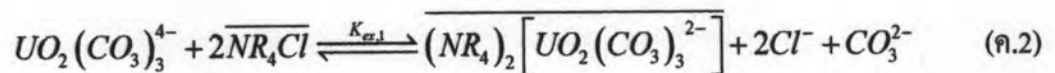
ค.3 ตัวอย่างการคำนวณค่าคงที่สมดุล (Equilibrium Constant, K_{ex}) และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Distribution Coefficient, D)

1. การหาค่าคงที่สมดุลของสารสกัดหลัก

$$K_{ex,1} = \frac{[(NR_4)_2][UO_2(CO_3)_2]^{2-} [Cl^-]^2 [CO_3^{2-}]}{[UO_2(CO_3)_3]^{4-} [NR_4Cl]^2} \quad (ค.1)$$

วิธีการหาค่าความเข้มข้นของสารแต่ละตัว

จากสมการการสกัดของ ไอออนยูเรเนียม และที่ภาวะความเข้มข้นของยูเรเนียมในสารละลายป้อนเท่ากับ 9.56×10^{-5} โมลต่อลิตร (44 ส่วนในล้านส่วน) มีข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้



สารละลายป้อนขาเข้า = 1.08×10^{-4} โมลต่อลิตร (43.52 ส่วนในล้านส่วน)

สารละลายป้อนขาออก = 6.261×10^{-5} โมลต่อลิตร (25.17 ส่วนในล้านส่วน)

ดังนั้นสารละลายป้อนที่หายไปทำปฏิกิริยา = $1.08 \times 10^{-4} - 6.261 \times 10^{-5} = 4.564 \times 10^{-5}$ โมลต่อลิตร

ความเข้มข้นสารตั้งต้นที่เวลาเริ่มต้น มีค่าดังนี้

$$UO_2(CO_3)_3^{4-} = 1.08 \times 10^{-4} \text{ โมลต่อลิตร (สารละลายป้อนขาเข้า)}$$

$$NR_4Cl = 0.1 \text{ โมลต่อลิตร}$$

ความเข้มข้นสารตั้งต้นที่เวลาสมดุล มีค่าดังนี้

$$UO_2(CO_3)_3^{4-} = 6.261 \times 10^{-5} \text{ โมลต่อลิตร (สารละลายป้อนขาออก)}$$

$$NR_4Cl = 0.1 - 4.564 \times 10^{-5} = 0.09995435 \text{ โมลต่อลิตร}$$

ดังนั้น $[UO_2(CO_3)_3]^{4-} [NR_4Cl]^2$ มีค่าเท่ากับ $(6.261 \times 10^{-5}) \times (0.09995435)^2 = 6.255 \times 10^{-7}$ (โมลต่อลิตร)³

สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้น คือ ส่วนของสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหรือความเข้มข้นที่หายไป
 ดังนั้น $[(NR_4)_2(UO_2(CO_3)_2)^-][CO_3^{2-}][Cl^-]^2$ มีค่าเท่ากับ 1.085×10^{-18} (โมลต่อลิตร)⁴

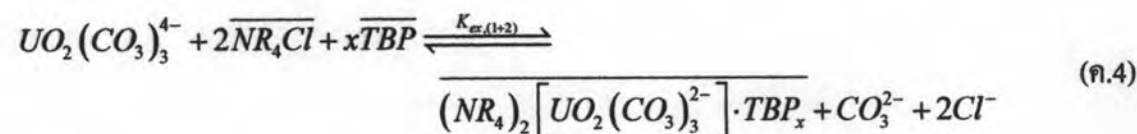
และจากรูปที่ 4.6 สามารถหาค่าคงที่สมดุลได้จากความชันของกราฟ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2×10^{-12} โมลต่อลิตร

2. การหาค่าคงที่สมดุลของสารสกัดผสม

$$K_{ex,(1+2)} = \frac{[(NR_4)_2(UO_2(CO_3)_3)^-] \cdot TBP_x [CO_3^{2-}][Cl^-]^2}{[UO_2(CO_3)_3]^{4-} [TBP]^x [NR_4Cl]^2} \quad (ก.3)$$

วิธีการหาค่าความเข้มข้นของสารแต่ละตัว

จากสมการการสกัดของ ไอออนยูเรเนียม และที่ภาวะความเข้มข้นของยูเรเนียมในสารละลายป้อนเท่ากับ 1.12×10^{-4} โมลต่อลิตร (45.12 ส่วนในล้านส่วน) มีข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้



สารละลายป้อนขาเข้า = 1.12×10^{-4} โมลต่อลิตร (45.12 ส่วนในล้านส่วน)

สารละลายป้อนขาออก = 4.937×10^{-5} โมลต่อลิตร (19.85 ส่วนในล้านส่วน)

ดังนั้นสารละลายป้อนที่หายไปทำปฏิกิริยา = $1.12 \times 10^{-4} - 4.937 \times 10^{-5} = 6.286 \times 10^{-5}$ โมลต่อลิตร

ความเข้มข้นสารตั้งต้นที่เวลาเริ่มต้น มีค่าดังนี้

$UO_2(CO_3)_3^{4-}$ = 1.12×10^{-4} โมลต่อลิตร (สารละลายป้อนขาเข้า)

NR_4Cl = 0.1 โมลต่อลิตร

TBP = 0.06 โมลต่อลิตร

ความเข้มข้นสารตั้งต้นที่เวลาสมดุล มีค่าดังนี้

$$\begin{aligned} \text{UO}_2(\text{CO}_3)_3^{4-} &= 4.937 \times 10^{-5} \text{ โมลต่อลิตร (สารละลายป้อนขาออก)} \\ \text{NR}_4\text{Cl} &= 0.1 - 6.286 \times 10^{-5} = 0.09993714 \text{ โมลต่อลิตร} \\ \text{TBP} &= 0.06 - 6.286 \times 10^{-5} = 0.059937 \text{ โมลต่อลิตร} \end{aligned}$$

ดังนั้น $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3^{4-}] [\text{NR}_4\text{Cl}]^2 [\text{TBP}]$ มีค่าเท่ากับ

$$(4.937 \times 10^{-5}) \times (0.09993714)^2 \times (0.059937) = 2.955 \times 10^{-8} \text{ (โมลต่อลิตร)}^4$$

สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้น คือ ส่วนของสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหรือความเข้มข้นที่หายไป

ดังนั้น $[(\text{NR}_4)_2(\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2^{2-}) \cdot \text{TBP}] [\text{CO}_3^{2-}] [\text{Cl}^-]^2$ มีค่าเท่ากับ 3.317×10^{-5} (โมลต่อลิตร)⁴

และจากรูปที่ 4.8 สามารถหาค่าคงที่สมดุลได้จากความชันของกราฟ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7×10^{-11}

ก.3 ตัวอย่างการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของการสกัดแบบเสริมฤทธิ์ (Synergistic coefficient, S.C.)

$$S.C. = \log \left[\frac{k_{ex,1} \frac{[\text{NR}_4\text{Cl}]^2}{[\text{Cl}^-]^2 [\text{CO}_3^{2-}]} + k_{ex,2} [\text{TBP}] + k_{ex,(1+2)} \frac{[\text{TBP}]^x [\text{NR}_4\text{Cl}]^2}{[\text{Cl}^-]^2 [\text{CO}_3^{2-}]}}{k_{ex,1} \frac{[\text{NR}_4\text{Cl}]^2}{[\text{Cl}^-]^2 [\text{CO}_3^{2-}]} + k_{ex,2} [\text{TBP}]} \right] \quad (\text{ก.5})$$

เนื่องจากค่า $k_{ex,2}$ มีค่าน้อย เพราะสามารถจับไอออนโลหะได้น้อยมากจึงให้พจน์นี้มีค่าเป็นศูนย์

$$\therefore k_{ex,2} = 0 \quad (\text{ก.6})$$

จากสมการที่ 4.12 จะได้ว่า

$$S.C. = \log \left[1 + \frac{k_{ex,(1+2)} \frac{[TBP]^x [NR_4Cl]^3}{[Cl^-]^3}}{k_{ex,1} \frac{[NR_4Cl]^3}{[Cl^-]^3}} \right]$$

$$\therefore S.C. = \log \left[1 + \frac{k_{ex,(1+2)} [TBP]^x}{k_{ex,1}} \right] \quad (\text{ก.7})$$

จากค่าคงตัวความเสถียรของปฏิกิริยาการสกัดแบบเสริมฤทธิ์ที่เกิดขึ้นในเยื่อแผ่นเหลว

$$\beta_{n,x} = \frac{k_{ex,(1+2)}}{k_{ex,1}} \quad (\text{ก.8})$$

$$\beta_{n,x} = \frac{7 \times 10^{-11}}{2 \times 10^{-12}} = 35$$

จะได้ว่า

$$\therefore S.C. = \log \left[1 + \beta_{n,x} [TBP]^x \right] \quad (\text{ก.9})$$

$$\therefore S.C. = \log \left[1 + (35 \times 0.06) \right] = 0.491$$



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวรพต สะสมทรัพย์ เกิดที่โรงพยาบาลศิริราช กรุงเทพมหานคร เป็นบุตรคนสุดท้องจากจำนวนทั้งหมด 2 คน ของนายประวิทย์ และนางนพพร สะสมทรัพย์ จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาตอนต้นและตอนปลายที่โรงเรียนวัดฉัตรแก้วจกกลณี กรุงเทพมหานคร ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายที่โรงเรียนวัดบวรนิเวศ กรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาระดับชั้นปริญญาตรีที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2544 และได้เข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2545