

## เอกสารอ้างอิง

- Ashbrook, A.W. On the Role of Analytical Chemistry in Solvent Extraction Process, I.alanta. vol 22 pp. 327-343, Pergamon press, Great Britain, 1975
- Attwood, R.L. and Miller, J.D. "Structure and Composition of Commercial Copper Chelate Extractant." Min. Engng., N.Y. (1971) ; 70
- Biswas, A.K. and Davenport, W.G. "Extractive Metallurgy of Copper" International Series on Material Science and Technology, vol. 20 (Editor : D.W. Hopkins), Pergamon Press, 1976
- Dalton, R.F., Hauxwell, F. and Tumilty, J.A. "Diluent Effects on the Hydrometallurgical Extraction of Metals by o-hydroxy aryloximes." Chem Ind. March (1976) : 181-184
- Flett, D.S., Okuhara, D.N. and Spink, D.R. "Solvent Extraction of Copper by Hydroxyoxime" Nucle. Chem., 35 (1973) : 2471-2487
- Flett, D.S. "Solvent Extraction in Copper Hydrometallurgy" Trans. Instn. Min. Metall., Sec. C, 83(1974) : 30-38
- Jung, H.A. "Diluent Test and its Problems." Chem Ind., March (1976) : 170-174.
- Hanson, C. "Recent Advances in Liquid-Liquid Extraction." Chap.1, Pergamon Press, 1971

Hartlage, J.A. and Cronberg, A.D. "Chemical and Physical Factors to be Evaluated upon Designing a Kelex Extraction System" paper presented at CIM Annual Meeting, Quebec, Canada, 1973

Hosking, J.W. and Rice, N.M. "Metal and Reagent Species in the Organic Phase for some Aromatic o-hydroxyoximes." Hydrometallurgy., 3(3), (1978) : 217-231

Hummelstedt, L. "Some Reagents Suitable for Metal Extraction from Sulfate Media-with Particular Emphasis on the Kinetics of Copper Extraction with Chelating Agents." Proc. 4th Int' l Congress in Scandinavia on Chem. Eng, 1977 : 86-94

Kagan, S.Z., Aerov, M.E. and Volkova, T.S. "Coefficients of Linear Mixing in the Dispersed phase during Liquid Extraction." Tr. Nauchn. Teckbn., Soveshch. Leningrad. (1963) : 156-165

Kannapan, R., "Hydrodynamic and Mass Transport in Rotary Disc Contactors." Ph.D. Thesis, University of Madras, 1973

Komasawa, I., Otake, T. and Yamada, A. "Equilibrium Studies of Copper Extraction from Sulphate Media with Hydroxyoxime Extractant" J.Chem. Eng. Japan., 13(2), (1980a) :130-136

———, Otake, T. and Yamada, A. "Extraction Kinetic of Copper with Hydroxyoxime Extractant." J.Chem. Eng. Japan., 13(3), (1980b) :

———, Otake, T. and Muraoka, T. "Diffusional Resistance in Extraction Rate of Copper with Hydroxyoxime Extractant" .



J.Chem. Eng. Japan., 13(3), (1980c)

- Kojima, T., Tomita, J. and Miyauchi, T. "Extraction Equilibrium of Copper by LIX65N." Kogaku Kogaku Ronbunshu 5(5), (1979) : 476-480
- Kung, E.Y. and Beckman, R.B. "Dispersed Phase Holdup in a Rotating Disk Extraction Column." A.I.Ch.E.Jl., 7(1961) : 319
- Laskshman, V.I., Lawson, G.J. and Tomliens, J.L. "The Extraction of Copper and Iron with LIX64N and Versatic 911." J.inorg. nucl. Chem., 37(1975) : 2181-2185
- Logsdail, D.H., Thornton, J.D. and Pratt, H.R.C. "Liquid-Liquid Extraction Part XII : Flooding Rate and Performance Data for a Rotary Disc Contactor." Trans. Instn. Chem. Engn., 35(1957) : 301-314
- Miyauchi, T. and Vermeulen, T. "Diffusion and Back-flow Model for Two-phase Axial Dispersion." Ind.Eng. Chem, Fundamental, 2(4), (1963) : 304-310
- Murray, K.J. and Bouboulis, C.J. "How to Select Organic Carriers for Optimum Copper Recoveries." Engng. Min.J., 174(1973) : 74-77
- Olney, R.B. "Drop Characteristic in A Counter Current Contactor Mass Transfer in Stirrer Vessel." A.I.Ch.E.Jl., 10(1964) : 827-835
- Ricey, G.M. and Lucas, B.H. "Diluents and Modifiers Their Effect on Mass Transfer and Separation." In Proceedings of the International Solvent Extraction Conference., London (Society of Chemical Industry), 1974 :2437-2481

- Sanver, S.H. and Landau, J. "Phase Equilibrium of LIX70-Copper Sulphate Solutions, Paper presented at 12th Annual Conference of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Quebec, Canada, 26-29 Aug., 1973
- Sprink, D.R. and Okuhara, D.N. "The Effect of Diluents on the Extraction of Tracer Level Copper by an alkyl hydroxy-quinoline (Kelex 100<sup>®</sup>). " in Proceedings of the International Solvent Extraction Conference, London., (Society of Chemical Industry), 1974
- Stemmerding, S., Lumb, E.C. and Lips, J. "Axial Mixing in A Rotating-Disk Extraction Column." Chem-Ingr -Tech., 35(12), (1963) : 844-850
- Strand, C.P., Olney, R.B. and Ackerman, G.H. "Fundamental Aspects of Rotating Disk Contactor Performance" A.I.Ch.E.Jl, 8(1962) :252-261
- Van der Zeeuw, A.J. and Kok, R. "Kinetic and Mechanism of Copper extraction with 5-alkyl -2-hydroxyphenyl alkyl ketoxime." Paper presented at I.S.E.C.' 77, Can. Inst. Mining and Metallurgy, Toronto, Sep.9, 1977
- Vermijs, H.J.A. and Kramers, H.A. "Liquid-Liquid Extraction in A Rotating Disk Contactor." J.Chem. Engng. Sci., 3(1954) : 55
- Whewell, R.J., Hughes, M.A. and Hanson, C. "The Kinetic of the Solvent Extraction of Copper (II) with LIX Reagent -I : Single Drop Experiment" J. inorg. nucl. chem., 37(1975) : 2302-2307

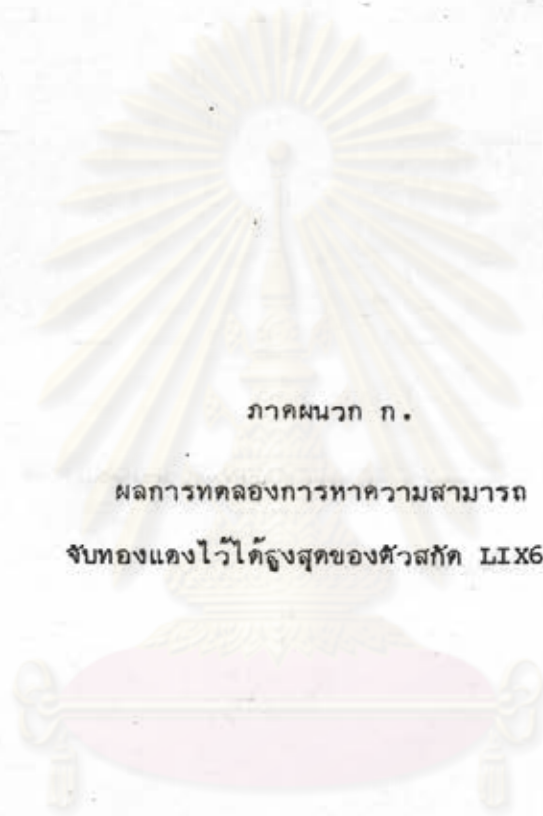


Whewell, R.J., Hughes, M.A. and Hanson, C. The Kinetic of the Solvent Extraction of Copper (II) with LIX Reagent : the Effect of LIX63 in LIX64N. "J. inorg.nucl Chem , 38(1976) : 2071-2075

———., Hughes, M.A. and Hanson, C. "Role of the diluent in the Solvent Extraction of Copper with LIX64N" Advance in Extractive Metallurgy, an International Symposium, Institute of Mining and Metallurgy, London, 1977



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.

ผลการทดลองการหาความสามารถ

จับทองแดงไว้ได้สูงสุดของตัวสกัด LIX64N

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก ผลการทดลองหาความสามารถจับทองแดงโคสูงสุคของสารละลาย LIX64N

ความเข้มข้น ตัวสกัด (%vol LIX64N)	pH เริ่มต้น	pH การสกัด ครั้งที่ 1	pH การสกัด ครั้งที่ 2	pH การสกัด ครั้งที่ 3	pH การสกัด ครั้งที่ 4	pH การสกัด ครั้งที่ 5	pH การสกัด ครั้งที่ 6	pH การสกัด ครั้งที่ 7	ความเข้มข้นทองแดง ในสารละลาย LIX64N (กรัมต่อลิตร)
5	1.1	0.95	1.1	1.1	-	-	-	-	1.00
	1.7	1.3	1.45	1.6	1.7	1.7	-	-	1.50
	2.0	1.4	1.75	1.9	2.0	2.0	-	-	1.60
	2.7	1.7	2.35	2.5	2.65	2.7	2.7	-	1.95
	3.8	1.8	2.4	2.7	3.2	3.5	3.8	3.8	2.00
9.5	1.0	0.92	0.95	1.00	1.00	-	-	-	1.05
	1.5	1.36	1.43	1.50	1.50	-	-	-	2.81
	2.7	1.8	2.3	2.6	2.7	2.7	-	-	3.20
	3.2	1.7	2.35	2.9	3.0	3.2	3.2	-	3.55
	4.2	1.6	2.2	2.9	3.2	3.5	4.2	4.2	3.50
15	1.0	0.93	1.0	1.0	-	-	-	-	2.70
	1.5	1.2	1.35	1.5	1.5	-	-	-	4.15
	2.0	1.36	1.60	1.85	2.00	2.00	-	-	4.80
	2.5	1.75	2.00	2.30	2.50	2.50	-	-	5.30
	3.0	1.8	2.05	2.50	2.80	2.9	3.0	3.0	5.40
	4.0	1.6	2.00	2.50	3.0	3.8	4.0	4.0	5.42



ภาคผนวก ข .

ผลการทดลองการหา

ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาการสั้คทองแดง

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ๑๑ ผลการทดลองหาความเข้มข้นทองแดงในสารละลายซัลเฟต  
และสารละลาย 9.5 % vol LIX64N ที่สภาวะสมดุล

สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	อัตราส่วนสาร ละลายตัวสกัด ต่อสารละลาย ทองแดง (O/A)	ความเข้มข้นทองแดง และ pH ในสารละลาย		ความเข้มข้นทองแดง ในสารละลายตัวสกัด (กรัมต่อลิตร)
		ทองแดง (กรัมต่อลิตร)	pH	
Cu 0.77 กรัมต่อลิตร Fe 1.27 กรัมต่อลิตร pH 0.94	2/1	0.29	0.89	0.24
	1/1	0.38	0.90	0.38
	2/3	0.52	0.90	0.37
	1/2	0.55	0.91	0.44
	1/4	0.72	0.92	0.20
Cu 2.31 กรัมต่อลิตร Fe 1.90 กรัมต่อลิตร pH 0.85	4/1	1.12	0.73	0.30
	2/1	1.40	0.75	0.46
	1/1	1.68	0.78	0.64
	2/3	1.88	0.79	0.66
	1/2	2.00	0.80	0.63
	1/4	2.19	0.82	0.50
Cu 4.25 กรัมต่อลิตร Fe 2.11 กรัมต่อลิตร pH 1.00	4/1	1.25	0.81	0.75
	2/1	2.04	0.85	1.10
	1/1	2.78	0.91	1.48
	2/3	3.20	0.92	1.42
	1/2	3.52	0.94	1.45
	1/4	3.80	0.98	1.80

ตารางที่ ข1 ผลการทดลองหาความเข้มข้นทองแดงในสารละลายทองแดงซีลเฟด  
และสารละลาย 9.5 % vol LIX64N ที่สภาวะสมดุล

สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	อัตราส่วนสาร ละลายตัวสกัด ต่อสารละลาย ทองแดง(O/A)	ความเข้มข้นทองแดง และ pH ในสารละลาย		ความเข้มข้นทองแดง ในสารละลายตัวสกัด (กรัมต่อลิตร)
		ทองแดง (กรัมต่อลิตร)	pH	
Cu 0.78 กรัมต่อลิตร Fe 1.27 กรัมต่อลิตร pH 1.40	4/1	0.02	1.24	0.19
	2/1	0.06	1.26	0.36
	1/1	0.10	1.29	0.68
	2/3	0.16	1.30	0.93
	1/2	0.21	1.31	1.15
	1/4	0.38	1.34	1.60
Cu 2.58 กรัมต่อลิตร Fe 2.11 กรัมต่อลิตร pH 1.40	2/1	0.30	1.10	0.64
	1/1	0.70	1.13	0.88
	2/3	1.05	1.20	2.28
	1/2	1.48	1.21	2.20
	1/4	2.04	1.28	2.12
Cu 4.38 กรัมต่อลิตร Fe 3.95 กรัมต่อลิตร pH 1.40	4/1	1.20	0.95	0.79
	2/1	1.80	1.00	1.24
	1/1	2.55	1.00	1.82
	2/3	3.12	1.11	1.88
	1/2	3.38	1.20	2.00
	1/4	4.00	1.22	1.50

ตารางที่ ข 1 ผลการทดลองหาความเข้มข้นทองแดงในสารละลายทองแดงซัลเฟต  
และสารละลาย 9.5 % vol LIX64N ที่สภาวะสมดุล

สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	อัตราส่วนสาร ละลายตัวสกัด ต่อสารละลาย ทองแดง (O/A)	ความเข้มข้นทองแดง และ pH ในสารละลาย		ความเข้มข้นทองแดง ในสารละลายตัวสกัด (กรัมต่อลิตร)
		ทองแดง (กรัมต่อลิตร)	pH	
Cu 0.85 กรัมต่อลิตร	2/1	0.08	1.50	0.39
Fe 0.68 กรัมต่อลิตร	1/1	0.12	1.55	0.72
pH 1.70	2/3	0.19	1.55	0.99
	1/2	0.32	1.55	1.44
	1/4	0.42	1.62	1.70
Cu 1.70 กรัมต่อลิตร	4/1	0.18	1.40	0.38
Fe 1.35 กรัมต่อลิตร	2/1	0.28	1.40	0.71
pH 1.70	1/1	0.42	1.43	1.28
	2/3	0.65	1.49	1.58
	1/2	0.91	1.50	1.58
	1/4	1.20	1.60	2.00
Cu 2.65 กรัมต่อลิตร	4/1	0.30	1.35	0.59
Fe 2.22 กรัมต่อลิตร	2/1	0.70	1.38	0.98
pH 1.70	1/1	1.00	1.38	1.65
	2/3	1.30	1.45	2.02
	1/2	1.65	1.49	2.00
	1/4	2.15	1.55	2.00



ตารางที่ ข2 ผลการทดลองหาความเข้มข้นทองแดงในสารละลายทองแดงซีลเฟด  
และสารละลาย 15 % vol LIX64N ที่สภาวะสมดุล

สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	อัตราส่วนสาร ละลายตัวสกัด ต่อสารละลาย ทองแดง (O/A)	ความเข้มข้นทองแดง และ pH ในสารละลาย		ความเข้มข้นทองแดง ในสารละลายตัวสกัด (กรัมต่อลิตร)
		ทองแดง (กรัมต่อลิตร)	pH	
Cu 2.00 กรัมต่อลิตร pH 1.00	1/2	1.70	1.05	0.60
	2/3	1.25	1.03	1.12
	1/1	1.00	1.02	1.00
	3/2	0.70	1.00	0.87
	2/1	0.75	0.90	0.62
Cu 3.33 กรัมต่อลิตร pH 1.00	1/2	2.60	1.12	1.47
	2/3	2.20	1.07	1.70
	1/1	1.85	1.06	1.48
	3/2	1.65	0.99	1.22
	2/1	1.50	0.97	0.92
Cu 4.00 กรัมต่อลิตร pH 1.00	1/2	2.83	0.95	2.33
	2/3	2.80	0.90	1.80
	1/1	2.50	0.88	1.50
	3/2	2.60	0.85	0.93
	2/1	2.40	0.80	0.80
Cu 5.40 กรัมต่อลิตร 1.00	1/2	4.08	0.80	2.64
	2/3	3.90	0.77	2.25
	1/1	3.70	0.77	1.70
	3/2	3.60	0.75	1.20
	2/1	2.87	0.75	1.27

ตารางที่ ข2 ผลการทดลองหาความเข้มข้นทองแดงในสารละลายทองแดงซัลเฟต  
และสารละลาย 15 % vol LIX64N ที่สภาวะสมดุล

สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	อัตราส่วนสาร ละลายตัวสกัด ต่อสารละลาย ทองแดง (O/A)	ความเข้มข้นทองแดง และ pH ในสารละลาย		ความเข้มข้นทองแดง ในสารละลายตัวสกัด (กรัมต่อลิตร)
		ทองแดง (กรัมต่อลิตร)	pH	
Cu 2.24 กรัมต่อลิตร pH 1.30	1/2	0.68	1.25	2.58
	2/3	0.60	1.23	2.05
	1/1	0.36	1.21	1.68
	3/2	0.19	1.20	1.23
	2/1	0.10	1.19	0.96
Cu 3.33 กรัมต่อลิตร pH 1.30	1/2	2.00	1.28	2.67
	2/3	1.75	1.23	2.38
	1/1	1.25	1.20	2.08
	3/2	1.00	1.18	1.56
	2/1	0.80	1.15	1.27
Cu 4.05 กรัมต่อลิตร pH 1.30	1/2	2.50	1.30	3.10
	2/3	2.35	1.25	2.55
	1/1	1.75	1.22	2.30
	3/2	1.60	1.20	1.63
	2/1	1.50	1.20	1.28

ตารางที่ ข2 ผลการทดลองหาความเข้มข้นทองแดงในสารละลายทองแดงซัลเฟต  
และสารละลาย 15 % vol LIX64N ที่สภาวะสมดุล

สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	อัตราส่วนสาร ละลายตัวสกัด ต่อสารละลาย ทองแดง(O/A)	ความเข้มข้นทองแดง และ pH ในสารละลาย		ความเข้มข้นทองแดง ในสารละลายตัวสกัด (กรัมต่อลิตร)
		ทองแดง (กรัมต่อลิตร)	pH	
Cu 2.00 กรัมต่อลิตร pH 1.50	1/2	0.70	1.29	2.60
	2/3	0.61	1.20	2.09
	1/1	0.40	1.20	1.60
	3/2	0.28	1.12	1.15
	2/1	0.18	1.10	0.91
Cu 3.67 กรัมต่อลิตร pH 1.50	1/2	2.00	1.37	3.33
	2/3	1.70	1.30	2.95
	1/1	1.08	1.25	2.59
	3/2	0.88	1.21	1.86
	2/1	0.88	1.20	1.40
Cu 3.83 กรัมต่อลิตร pH 1.50	1/2	2.70	1.35	2.27
	2/3	2.24	1.30	2.39
	1/1	1.80	1.24	2.03
	3/2	1.45	1.21	1.59
	2/1	1.40	1.20	1.22
Cu 5.00 กรัมต่อลิตร pH 1.50	1/2	3.73	1.25	2.53
	2/3	3.42	1.20	2.38
	1/1	2.60	1.10	2.40
	3/2	2.50	1.08	1.67
	2/1	2.40	1.01	1.30



ตารางที่ ข2 ผลการทดลองหาความเข้มข้นทองแดงในสารละลายทองแดงซัลเฟต  
และสารละลาย 15 % vol LIX64N ที่สภาวะสมดุล

สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	อัตราส่วนสาร ละลายตัวสกัด ต่อสารละลาย ทองแดง (O/A)	ความเข้มข้นทองแดง และ pH ในสารละลาย		ความเข้มข้นทองแดง ในสารละลายตัวสกัด (กรัมต่อลิตร)
		ทองแดง (กรัมต่อลิตร)	pH	
Cu 1.92 กรัมต่อลิตร pH 1.70	1/2	0.72	1.40	2.39
	2/3	0.56	1.38	2.04
	1/1	0.40	1.35	1.52
	3/2	0.30	1.30	1.20
	2/1	0.15	1.20	0.75
Cu 3.33 กรัมต่อลิตร pH 1.70	1/2	1.75	1.48	3.17
	2/3	1.50	1.41	2.75
	1/1	1.04	1.37	2.29
	3/2	0.68	1.32	1.77
	2/1	0.45	1.30	1.44
Cu 3.73 กรัมต่อลิตร pH 1.70	1/2	2.17	1.50	3.13
	2/3	1.84	1.40	2.84
	1/1	1.40	1.31	2.33
	3/2	1.15	1.30	1.72
	2/1	1.10	1.29	1.37
Cu 5.00 กรัมต่อลิตร pH 1.70	1/2	3.47	1.31	3.07
	2/3	3.13	1.28	2.80
	1/1	2.50	1.20	2.50
	3/2	2.05	1.10	1.97
	2/1	1.84	1.03	1.58



ภาคผนวก ค.

ผลการทดลอง

การสกัดทองแดงแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage



ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 1

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 15% vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 1/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น	2.95	3.70	0.62
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	1.80	3.70	0.61
4	1.80	3.70	0.61
5	1.80	3.70	0.61
6	-	-	-
7	-	-	-
8			
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.75	-	0.62
2	2.25	-	0.61
3	1.80	-	0.61
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	0.56	-	-
2	0.52	-	-
3	0.36	-	-



ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบไหลสารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 2

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 15% vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 1/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น	2.90	3.35	1.00
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	0.95	3.35	0.98
4	0.95	3.35	0.98
5	0.95	3.35	0.98
6	-	-	-
7	-	-	-
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด			
ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.40	-	1.00
2	1.62	-	0.98
3	0.95	-	0.98
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด			
ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.48	-	-
2	1.04	-	-
3	0.56	-	-

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 3

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 15 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 1/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น	3.05	3.35	1.20
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	-	-	-
4	0.60	3.35	1.05
5	0.60	3.35	1.05
6	0.60	3.35	1.05
7	-	-	-
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.22	-	1.20
2	1.40	-	1.10
3	0.60	-	1.05
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.92	-	-
2	1.32	-	-
3	0.56	-	-

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วย เครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 4

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 15 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดคือสารละลายทองแดง (O/A) 1/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น	3.12	3.15	1.40
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	-	-	-
4	-	-	-
5	0.33	3.15	1.20
6	0.33	3.15	1.20
7	0.33	3.15	1.20
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดชั้นที่			
1	2.12	-	1.30
2	1.08	-	1.30
3	0.33	-	1.20
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดชั้นที่			
1	2.50	-	-
2	1.64	-	-
3	0.60	-	-



ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วย เครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 5

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 15 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 1/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	2.70	3.10	1.70
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่าน เครื่องสกัดครั้งที่			
3	-	-	-
4	-	-	-
5	0.22	3.10	1.20
6	0.22	3.10	1.20
7	0.22	3.10	1.20
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.00	-	1.49
2	0.58	-	1.30
3	0.22	-	1.20
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	3.36	-	-
2	1.56	-	-
3	0.64	-	-

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วย เครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 6

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 15 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 2/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น	3.12	2.90	0.60
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	1.95	2.90	0.57
4	1.95	2.90	0.57
5	1.95	2.90	0.57
6	-	-	-
7	-	-	-
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.50	-	0.60
2	2.24	-	0.60
3	1.95	-	0.57
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	0.36	-	-
2	0.28	-	-
3	0.24	-	-

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 7

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 15 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 2/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	3.05	2.90	1.02
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	0.45	2.90	1.00
4	0.45	2.90	1.00
5	0.45	2.90	1.00
6	-	-	-
7	-	-	-
8	-	-	-
สารละลายทองแดง ในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.85	-	1.00
2	1.00	-	1.00
3	0.45	-	1.00
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.20	-	-
2	0.76	-	-
3	0.40	-	-



ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 8

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 15 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 2/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	3.25	2.96	1.20
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	-	-	-
4	-	-	-
5	0.40	2.90	1.07
6	0.40	2.90	1.07
7	0.40	2.90	1.07
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.00	-	1.10
2	1.50	-	1.09
3	0.40	-	1.07
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.26	-	-
2	0.64	-	-
3	0.24	-	-

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วย เครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 9

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 15 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 2/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น	3.12	2.90	1.40
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	0.18	2.90	1.17
7	0.18	2.90	1.17
8	0.18	2.90	1.17
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.50	-	1.30
2	0.61	-	1.22
3	0.18	-	1.17
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.36	-	-
2	0.56	-	-
3	0.20	-	-

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 10

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 15 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 2/1



รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น	3.05	2.90	1.70
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	0.02	2.90	1.40
7	0.02	2.90	1.40
8	0.02	2.90	1.40
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	0.68	-	1.52
2	0.14	-	1.47
3	0.02	-	1.40
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.44	-	-
2	0.48	-	-
3	0.04	-	-



ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 11

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 9.5 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 1/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	3.20	3.40	0.7
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	2.60	3.40	0.65
4	2.60	3.40	0.65
5	2.60	3.40	0.65
6	-	-	-
7	-	-	-
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	3.10	-	0.67
2	3.00	-	0.67
3	2.60	-	0.65
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	0.58	-	-
2	0.58	-	-
3	0.56	-	-

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 12

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 9.5 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 1/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น	3.80	3.75	0.96
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	2.60	3.75	0.91
4	2.60	3.75	0.91
5	2.60	3.75	0.91
6	-	-	-
7	-	-	-
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	3.50	-	0.96
2	3.20	-	0.93
3	2.60	-	0.91
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	0.98	-	-
2	0.94	-	-
3	0.86	-	-

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 13

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 9.5% vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 1/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	3.10	3.00	1.30
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	-	-	-
4	1.65	3.00	1.11
5	1.65	3.00	1.11
6	1.65	3.00	1.11
7	-	-	-
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	3.10	-	1.22
2	2.50	-	1.19
3	1.65	-	1.11
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.68	-	-
2	1.64	-	-
3	1.24	-	-



ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วย เครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 14

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 9.5 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 1/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	3.20	3.00	1.62
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	-	-	-
4	1.06	3.00	1.23
5	1.06	3.00	1.23
6	1.06	3.00	1.23
7	-	-	-
8	-	-	-
สารละลายทองแดง ในเครื่องสกัด			
ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.1	-	1.42
2	1.8	-	1.31
3	1.06	-	1.23
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด			
ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.08	-	-
2	1.84	-	-
3	1.31	-	-

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 15

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 9.5 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 1/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น	3.50	3.15	1.88
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	-	-	-
4	-	-	-
5	0.87	3.15	1.39
6	0.87	3.15	1.39
7	0.87	3.15	1.39
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.90	-	1.78
2	1.50	-	1.51
3	0:06	-	1.39
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.58	-	-
2	2.52	-	-
3	1.40	-	-

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วย เครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 16

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 9.5 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 2/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น	2.62	2.85	0.61
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	2.02	2.85	0.60
4	2.02	2.85	0.60
5	2.02	2.85	0.60
6	-	-	-
7	-	-	-
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.62	-	0.60
2	2.55	-	0.60
3	2.02	-	0.60
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	0.26	-	-
2	0.26	-	-
3	0.26	-	-



ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 17

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 9.5 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 2/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น	2.88	3.02	0.81
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	1.28	3.02	0.75
4	1.28	3.02	0.75
5	1.28	3.02	0.75
6	-	-	-
7	-	-	-
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.48	-	0.80
2	2.00	-	0.80
3	1.28	-	0.75
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	0.80	-	-
2	0.68	-	-
3	0.32	-	-

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 18

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 9.5% vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 2/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	2.78	3.22	1.20
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	-	-	-
4	0.48	3.22	1.09
5	0.48	3.22	1.09
6	0.48	3.22	1.09
7	-	-	-
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	2.02	-	1.18
2	1.18	-	1.10
3	0.48	-	1.09
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	0.90	-	-
2	0.44	-	-
3	0.18	-	-

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 19

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 9.5 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 2/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น	2.88	3.30	1.40
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	-	-	-
4	-	-	-
5	0.35	3.30	1.32
6	0.35	3.30	1.32
7	0.35	3.30	1.32
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.78	-	1.40
2	0.95	-	1.38
3	0.35	-	1.32
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.32	-	-
2	0.76	-	-
3	0.30	-	-



ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบให้สารละลายไหลสวนทางกัน 3 stage

ผลการทดลองลำดับที่ 20

สารละลายตัวสกัดความเข้มข้น 9.5 % vol LIX64N

อัตราส่วนการใช้สารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) 2/1

รายละเอียด	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นเหล็ก (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)
สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น	2.92	3.28	1.91
สารละลายทองแดงที่ออกจากเครื่องสกัด หลังการผ่านเครื่องสกัดครั้งที่			
3	-	-	-
4	-	-	-
5	0.08	3.28	1.65
6	0.08	3.28	1.65
7	0.08	3.28	1.65
8	-	-	-
สารละลายทองแดงในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.00	-	1.75
2	0.32	-	1.70
3	0.08	-	1.65
สารละลายตัวสกัดในเครื่องสกัด ลำดับการสกัดขั้นที่			
1	1.84	-	-
2	0.78	-	-
3	0.16	-	-



ภาคผนวก ง.

ผลการทดลอง

การสกัดทองแดงโดยใช้เครื่องสกัดแบบคอดัมน์ RDC

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบคอลลัมน์ RDC

ผลการทดลองลำดับที่ 1

ความเร็วรอบใบพัดกวน 770 รอบต่อนาที

สารละลายทองแดง เมื่อ เริ่มต้น

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 3.22

ความเป็นกรด (pH) = 1.60

อัตราการไหลของสารละลายที่ไหลเข้าสู่คอลัมน์

สารละลายตัวสกัด (มีลลิิตรต่อนาที) = 168

สารละลายทองแดง (มีลลิิตรต่อนาที) = 168

อัตราส่วนสารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) = 1/1

สารละลายทองแดงที่ออกจากคอลัมน์

ลำดับการ เก็บตัวอย่าง สารละลายทองแดง ที่ออกจากคอลัมน์	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)	เวลาในการสกัด (นาที)
1	1.70	1.40	120
2	1.65	1.38	150
3	1.61	1.37	180
4	1.61	1.37	210

สารละลายตัวสกัดที่ออกจากคอลัมน์

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 1.61

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบคอสัมน์ RDC

ผลการทดลองลำดับที่ 2

ความเร็วรอบใบพัดกวน 770 รอบต่อนาที

สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 3.22

ความเป็นกรด (pH) = 1.60

อัตราการไหลของสารละลายที่ไหลเข้าสู่คอสัมน์

สารละลายตัวสกัด (มีลลิิตรต่อนาที) = 180

สารละลายทองแดง (มีลลิิตรต่อนาที) = 145

อัตราส่วนสารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) = 1.3/1

สารละลายทองแดงที่ออกจากคอสัมน์

ลำดับการเก็บตัวอย่าง สารละลายทองแดง ที่ออกจากคอสัมน์	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)	เวลาในการสกัด (นาที)
1	1.56	1.45	120
2	1.46	1.38	150
3	1.35	1.37	180
4	1.36	1.37	210

สารละลายตัวสกัดที่ออกจากคอสัมน์

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 1.43

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบคอลลัมน์ RDC

ผลการทดลองลำดับที่ 3

ความเร็วรอบใบพัดกวน 770 รอบต่อนาที

สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 3.22

ความเป็นกรด (pH) = 1.60

อัตราการไหลของสารละลายที่ไหลเข้าสู่คอลลัมน์

สารละลายตัวสกัด (มีลิสลิตรต่อนาที) = 200

สารละลายทองแดง (มีลิสลิตรต่อนาที) = 100

อัตราส่วนสารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) = 2/1

สารละลายทองแดงที่ออกจากคอลลัมน์

ลำดับการเก็บตัวอย่าง สารละลายทองแดง ที่ออกจากคอลลัมน์	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)	เวลาในการสกัด (นาที)
1	1.35	1.37	120
2	1.25	1.36	150
3	1.17	1.33	180
4	1.17	1.33	210

สารละลายตัวสกัดที่ออกจากคอลลัมน์

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 1.02

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบคอลลัมน์ RDC

ผลการทดลองลำดับที่ 4 ความเร็วรอบใบพัดกวน 770 รอบต่อนาที

สารละลายทองแดง เมื่อ เริ่มต้น

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 4.27

ความเป็นกรด (pH) = 1.76

อัตราการไหลของสารละลายที่ไหลเข้าสู่คอลัมน์

สารละลายตัวสกัด (มิลลิลิตรต่อนาที) = 168

สารละลายทองแดง (มิลลิลิตรต่อนาที) = 168

อัตราส่วนสารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) = 1/1

สารละลายทองแดงที่ออกจากคอลัมน์

ลำดับการ เก็บตัวอย่าง สารละลายทองแดง ที่ออกจากคอลัมน์	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)	เวลาในการสกัด (นาที)
1	1.95	1.46	90
2	1.78	1.45	120
3	1.75	1.45	150
4	1.75	1.45	180

สารละลายตัวสกัดที่ออกจากคอลัมน์

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 2.52

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบคอลลัมน์ RDC

ผลการทดลองลำดับที่ 5

ความเร็วรอบใบพัดกวน 770 รอบต่อนาที

สารละลายทองแดง เมื่อ เริ่มต้น

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 4.27

ความเป็นกรด (pH) = 1.76

อัตราการไหลของสารละลายที่ไหลเข้าสู่คอลลัมน์

สารละลายตัวสกัด (มิลลิลิตรต่อนาที) = 180

สารละลายทองแดง (มิลลิลิตรต่อนาที) = 145

อัตราส่วนสารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) = 1.3/1

สารละลายทองแดงที่ออกจากคอลลัมน์

ลำดับการ เก็บตัวอย่าง สารละลายทองแดง ที่ออกจากคอลลัมน์	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)	เวลาในการสกัด (นาที)
1	1.90	1.47	90
2	1.70	1.43	120
3	1.64	1.40	150
4	1.65	1.40	180

สารละลายตัวสกัดที่ออกจากคอลลัมน์

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 2.02

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบคอลลัมน์ RDC

ผลการทดลองลำดับที่ 6

ความเร็วรอบใบพัดกวน 770 รอบต่อนาที

สารละลายทองแดง เมื่อ เริ่มต้น

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 4.27

ความเป็นกรด (pH) = 1.76

อัตราการไหลของสารละลายที่ไหลเข้าสู่คอลลัมน์

สารละลายตัวสกัด (มีลลิิตรต่อนาที) = 200

สารละลายทองแดง (มีลลิิตรต่อนาที) = 100

อัตราส่วนสารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) = 2/1

สารละลายทองแดงที่ออกจากคอลลัมน์

ลำดับการ เก็บตัวอย่าง สารละลายทองแดง ที่ออกจากคอลลัมน์	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)	เวลาในการสกัด (นาที)
1	1.61	1.44	90
2	1.40	1.37	120
3	1.40	1.37	1500
4	1.40	1.37	180

สารละลายตัวสกัดที่ออกจากคอลลัมน์

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 1.44

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบคอสัมน์ RDC

ผลการทดลองลำดับที่ 7

ความเร็วรอบใบพัดกวน 770 รอบต่อนาที

สารละลายทองแดง เมื่อ เริ่มต้น

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 3.34

ความเป็นกรด (pH) = 2.20

อัตราการไหลของสารละลายที่ไหลเข้าสู่คอสัมน์

สารละลายตัวสกัด (มิลลิลิตรต่อนาที) = 168

สารละลายทองแดง (มิลลิลิตรต่อนาที) = 168

อัตราส่วนสารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) = 1/1

สารละลายทองแดงที่ออกจากคอสัมน์

ลำดับการ เก็บตัวอย่าง สารละลายทองแดง ที่ออกจากคอสัมน์	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)	เวลาในการสกัด (นาที)
1	1.35	1.91	180
2	1.27	1.80	210
3	1.23	1.75	240
4	1.21	1.75	270

สารละลายตัวสกัดที่ออกจากคอสัมน์

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 2.13

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบคอลลัมน์ RDC

ผลการทดลองลำดับที่ 8

ความเร็วรอบใบพัดกวน 770 รอบต่อนาที

สารละลายทองแดงเมื่อเริ่มต้น

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 3.34

ความเป็นกรด (pH) = 2.20

อัตราการไหลของสารละลายที่ไหลเข้าสู่คอลลัมน์

สารละลายตัวสกัด (มีลลิิตรต่อนาที) = 180

สารละลายทองแดง (มีลลิิตรต่อนาที) = 145

อัตราส่วนสารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) = 1.3/1

สารละลายทองแดงที่ออกจากคอลลัมน์

ลำดับการ เก็บตัวอย่าง สารละลายทองแดง ที่ออกจากคอลลัมน์	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)	เวลาในการสกัด (นาที)
1	1.27	1.84	180
2	1.16	1.75	210
3	1.14	1.75	240
4	1.14	1.73	270

สารละลายตัวสกัดที่ออกจากคอลลัมน์

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 1.69

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบคอส้ม RDC



ผลการทดลองลำดับที่ 9

ความเร็วรอบใบพัดกวาน 770 รอบต่อนาที

สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)

= 3.34

ความเป็นกรด (pH)

= 2.20

อัตราการไหลของสารละลายที่ไหลเข้าสู่คอส้ม

สารละลายตัวสกัด (มิลลิลิตรต่อนาที)

= 200

สารละลายทองแดง (มิลลิลิตรต่อนาที)

= 100

อัตราส่วนสารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A)

= 2/1

สารละลายทองแดงที่ออกจากคอส้ม

ลำดับการเก็บตัวอย่าง สารละลายทองแดง ที่ออกจากคอส้ม	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)	เวลาในการสกัด (นาที)
1	1.21	1.70	180
2	1.00	1.68	210
3	0.97	1.68	240
4	0.97	1.67	270

สารละลายตัวสกัดที่ออกจากคอส้ม

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)

= 1.18

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบคอลลัมน์ RDC

ผลการทดลองลำดับที่ 10

ความเร็วรอบใบพัดกวน 770 รอบต่อนาที

สารละลายทองแดง เมื่อ เริ่มต้น

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 4.10

ความเป็นกรด (pH) = 2.40

อัตราการไหลของสารละลายที่ไหลเข้าสู่คอลลัมน์

สารละลายตัวสกัด (มีลลิลิตรต่อนาที) = 168

สารละลายทองแดง (มีลลิลิตรต่อนาที) = 168

อัตราส่วนสารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) = 1/1

สารละลายทองแดงที่ออกจากคอลลัมน์

ลำดับการ เก็บตัวอย่าง สารละลายทองแดง ที่ออกจากคอลลัมน์	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)	เวลาในการสกัด (นาที)
1	1.51	1.70	180
2	1.20	1.65	210
3	1.00	1.61	240
4	1.02	1.62	270

สารละลายตัวสกัดที่ออกจากคอลลัมน์

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 3.08

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดทองแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบคอลลัมน์ RDC

ผลการทดลองลำดับที่ 11

ความเร็วรอบใบพัดกวน 770 รอบต่อนาที

สารละลายทองแดง เมื่อเริ่มต้น

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 4.10

ความเป็นกรด (pH) = 2.40

อัตราการไหลของสารละลายที่ไหลเข้าสู่คอลลัมน์

สารละลายตัวสกัด (มิลลิลิตรต่อนาที) = 180

สารละลายทองแดง (มิลลิลิตรต่อนาที) = 145

อัตราส่วนสารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) = 1.30/1

สารละลายทองแดงที่ออกจากคอลลัมน์

ลำดับการ เก็บตัวอย่าง สารละลายทองแดง ที่ออกจากคอลลัมน์	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)	เวลาในการสกัด (นาที)
1	1.45	1.70	180
2	1.15	1.64	210
3	1.00	1.59	240
4	1.00	1.59	270

สารละลายตัวสกัดที่ออกจากคอลลัมน์

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 2.38

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการสกัดของแดง  
ด้วยเครื่องสกัดแบบคอตัมน์ RDC

ผลการทดลองลำดับที่ 12

ความเร็วรอบใบพัดกวน 770 รอบต่อนาที

สารละลายทองแดง เมื่อ เริ่มต้น

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 4.10

ความเป็นกรด (pH) = 2.20

อัตราการไหลของสารละลายที่ไหลเข้าสู่คอตัมน์

สารละลายตัวสกัด (มีลลิิตรต่อนาที) = 200

สารละลายทองแดง (มีลลิิตรต่อนาที) = 100

อัตราส่วนสารละลายตัวสกัดต่อสารละลายทองแดง (O/A) = 2/1

สารละลายทองแดงที่ออกจากคอตัมน์

ลำดับการเก็บตัวอย่าง สารละลายทองแดง ที่ออกจากคอตัมน์	ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด (pH)	เวลาในการสกัด (นาที)
1	1.00	1.65	180
2	0.85	1.61	210
3	0.79	1.56	240
4	0.78	1.55	270

สารละลายตัวสกัดที่ออกจากคอตัมน์

ความเข้มข้นทองแดง (กรัมต่อลิตร) = 1.66

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก จ

ตัวอย่างการคำนวณ

ค่าความเร็วรอบใบพัดกวนวิกฤต และความจุของคอสมัน RDC

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก จ

## ตัวอย่างการคำนวณ

## ค่าความเร็วรอบใบพัดกวนวิกฤต และความจุของคอดัมน์ RDC

1. การหาค่าความเร็วรอบใบพัดกวนวิกฤต,  $N_{cr}$ 

ขนาดของคอดัมน์

เส้นผ่านศูนย์กลางคอดัมน์ ( $d_T$ )	7.62	เซนติเมตร
ความสูงของคอดัมน์ ( $Z_T$ )	90.17	เซนติเมตร
ระยะห่างระหว่างชั้นก้นวงแหวน ( $Z_C$ )	3.81	เซนติเมตร
ช่องเปิดชั้นก้นวงแหวน ( $d_S$ )	4.76	เซนติเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดกวน ( $d_R$ )	4.13	เซนติเมตร

สมบัติทางกายภาพของสารละลาย

$\mu_c$	=	0.009	poise
$\mu_d$	=	0.022	poise
$\rho_c$	=	1.00	กรัมต่อมิลลิเมตร
$\rho_d$	=	0.88	กรัมต่อมิลลิเมตร
$\Delta\rho$	=	0.12	กรัมต่อมิลลิเมตร

 $\gamma$  สารละลายตัวสกัด 20 % vol LIX64N = 14.0 dyne/cm<sup>2</sup>

$$= \left( \frac{Z_C}{d_R} \right)^{0.9} \left( \frac{d_S}{d_R} \right)^{2.1} \left( \frac{d_R}{d_T} \right)^{2.4} = \left( \frac{3.81}{4.13} \right)^{0.9} \left( \frac{4.76}{4.13} \right)^{2.1} \left( \frac{4.13}{7.62} \right)^{2.4}$$

$$= 0.29$$

$$= \left( \frac{\gamma^3 \rho_c}{\mu_c^4 g} \right)^{\frac{1}{4}} \left( \frac{\Delta\rho}{\rho_c} \right)^{\frac{3}{8}} = \left( \frac{(14.0)^3 (1)}{(0.01)^4 (980)} \right)^{\frac{1}{4}} \left( \frac{(0.12)}{(1)} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$= (129.36) (0.28)$$

$$= 36.22$$

$$\left(\frac{\gamma \Delta \rho \cdot g}{\rho_c^2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{(14.0)(0.12)(980)}{(1)^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 6.37$$

การหาความเร็วรอบใบพัดกวนวิกฤต,  $N_{cr}$

1.1 กรณีที่ไม่มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างเฟส

ความเร็วรอบใบพัดกวนวิกฤต หาได้จากสมการที่ 4.4

$$\left(\frac{g}{d_R N_{cr}^2}\right) \left(\frac{\gamma^3 \rho_c}{\mu_c g}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\Delta \rho}{\rho_c}\right)^{\frac{3}{5}} = 180$$

$$\left(\frac{980}{4.13 N_{cr}^2}\right) [(36.22)] = 180$$

$$N_{cr}^2 = 47.75$$

$$N_{cr} = 6.91 \quad \text{รอบต่อวินาที}$$

$$= 415 \quad \text{รอบต่อนาที}$$

1.2 กรณีที่มีการถ่ายเทมวลสารจากเฟสต่อเนื่องไปยังเฟสกระจาย (c → d)

ความเร็วรอบใบพัดกวนวิกฤต หาได้จากสมการที่ 4.7

$$\left(\frac{g}{d_R N_{cr}^2}\right) \left[\left(\frac{\gamma^3 \rho_c}{\mu_c g}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\Delta \rho}{\rho_c}\right)^{\frac{3}{5}}\right]^{\frac{1}{2}} = 25$$

$$\left(\frac{980}{4.13 N_{cr}^2}\right) [(36.22)]^{\frac{1}{2}} = 25$$

$$N_{cr}^2 = 57.12$$

$$= 7.56 \quad \text{รอบต่อวินาที}$$

$$= 454 \quad \text{รอบต่อนาที}$$



## 2. การหาค่าความจุของคอลัมน์

### 2.1 การหาค่า characteristic velocity ในคอลัมน์ RDC

ความเร็วรอบใบพัดกวน 770 รอบต่อนาที (12,83 รอบต่อวินาที)

ความเร็วรอบใบพัดกวนวิกฤต 415 รอบต่อนาที

ดังนั้นในกรณีไม่มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างเฟส และความเร็วรอบใบพัดกวนมีค่าเร็วกว่าความเร็วรอบใบพัดกวนวิกฤต สามารถหาค่า characteristic velocity ได้จากสมการที่ 4.5

$$\begin{aligned} \bar{u}_o & / \left( \frac{\gamma \Delta \rho g}{\rho_c} \right)^{\frac{1}{2}} \left[ \left( \frac{z_c}{d_R} \right)^{0.9} \left( \frac{d_S}{d_R} \right)^{2.1} \left( \frac{d_R}{d_T} \right)^{2.4} \right] \\ & = 0.01 \left[ \left( \frac{g}{d_R N^2} \right) \left( \frac{\gamma^3 \rho_c}{\mu_c^4 g} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{\Delta \rho}{\rho_c} \right)^{\frac{1}{3}} \right]^{1.0} \\ \bar{u}_o / (6.37) (0.29) & = 0.01 \left[ \left( \frac{980}{(4.13) (12,83)^2} \right) (36.22) \right]^{1.0} \\ & = 0.01 (1.44) (36.22) \\ \bar{u}_o & = 0.96 \quad \text{เซนติเมตร/วินาที} \\ & = 57.1 \quad \text{เซนติเมตร/นาที} \end{aligned}$$

### 2.2 หาค่าอัตราการไหลของน้ำมันก๊าดที่ทำให้เกิดการ flooding ในคอลัมน์

เมื่อกำหนดอัตราการไหลของน้ำในขณะทดลองเท่ากับ 415 มิลลิเมตรต่อนาที

( $Q_{cf} = 415$  มิลลิเมตรต่อนาที คิดเป็น  $U_{cf} = 9.101$  เซนติเมตรต่อนาที)

เมื่อคอลัมน์ RDC มีการหมุนใบพัดกวนที่ความเร็ว 770 รอบต่อนาที

และมีค่า characteristic velocity ( $\bar{u}_o$ ) เท่ากับ 57.10 เซนติเมตร/นาที

1) สมมติให้อัตราการไหลของน้ำมันก๊าดที่ไหลเข้าคอลัมน์แล้วทำให้เกิดการ

flooding มีค่าเท่ากับ	360	มิลลิเมตร/นาที
$Q_{df}$	= 360	มิลลิเมตร/นาที
$U_{df}$	= 7.895	เซนติเมตร/นาที



$$\text{ดังนั้น} \quad \frac{U_{cf}}{U_{df}} = \frac{9,101}{7,895} = 1.153$$

สามารถหาค่า  $x_f$  ได้จากค่า  $U_{cf}/U_{df}$  ดังนี้

$$\begin{aligned} x_f &= \frac{[1 + 8 U_c/U_d]^{\frac{1}{2}} - 3}{4(U_c/U_d - 1)} \\ x_f &= \frac{[1 + 8(1.153)]^{\frac{1}{2}} - 3}{4(1.153 - 1)} \\ &= 0.323 \end{aligned}$$

ดังนั้นสามารถหาค่า  $U_{df}$  ได้จากสมการ

$$\begin{aligned} U_{df} &= 2U_o x_f^2 (1 - x_f) \\ &= (2)(57.1)^2 (1 - 0.323) \\ &= 8,006 \quad \text{เซนติเมตร/นาท}$$

$$\circ\circ\text{ความแตกต่างจากค่าที่สมมติ } (\Delta U_{df})_1 = 8,066 - 7,895 = + 0.171$$

2) สมมติให้อัตราการไหลของน้ำมันที่ไหลเข้าคอลัมน์แล้วทำให้เกิดการ flooding มีค่าเท่ากับ 400 มิลลิลิตร/นาที

$$\begin{aligned} Q_{df} &= 400 \quad \text{มิลลิลิตร/นาที} \\ U_{df} &= 8,772 \quad \text{เซนติเมตร/นาที} \\ \text{ดังนั้น} \quad \frac{U_{cf}}{U_{df}} &= \frac{9,101}{8,772} = 1.038 \end{aligned}$$

สามารถหาค่า  $x_f$  ได้จากค่า  $U_{cf}/U_{df}$  ดังนี้

$$\begin{aligned} x_f &= \frac{[1 + 8 U_c/U_d]^{\frac{1}{2}} - 3}{4(U_c/U_d - 1)} \\ &= \frac{[1 + 8(1,038)]^{\frac{1}{2}} - 3}{4(1,038 - 1)} \\ &= 0.331 \end{aligned}$$

ดังนั้นสามารถหาค่า  $U_{df}$  ได้จากสมการ

$$\begin{aligned} U_{df} &= 2 \bar{U}_0 x_f^2 (1 - x_f) \\ &= 2 (57,1)(0,331)(1 - x_f) \\ &= 8,370 \end{aligned}$$

∴ ความแตกต่างจากค่าที่สมมุติ  $(\Delta U_{df})_2 = 8,370 - 8,772 = -0,402$

3) เห็นได้ว่า

ถ้าสมมุติ  $U_{df} = 7,895$  ซม./นาทึ ;  $(\Delta U_{df})_1 = 0,171$

ถ้าสมมุติ  $U_{df} = 8,772$  ซม./นาทึ ;  $(\Delta U_{df})_2 = -0,402$

ดังนั้นในการหาค่าสมมุติ  $U_{df}$  ที่ทำให้  $\Delta U_{df}$  มีค่าเท่ากับ 0 จึงมีค่าดังนี้

$$\begin{aligned} U_{df} &= 7,895 + \frac{(\Delta U_{df})_1}{(\Delta U_{df})_2 - (\Delta U_{df})_1} \cdot (7,895 - 8,772) \\ &= 8,157 \end{aligned}$$

∴ อัตราการไหลของน้ำมันก๊าดที่ทำให้เกิดการ flooding มีค่าเท่ากับ

$$= (45,6)(8,157)$$

$$= 372$$

มิลลิเมตร/นาทึ

∴ ค่าความจุของคอลัมน์  $(Q_c + Q_d)$

$$= 415 + 372$$

$$= 787$$

มิลลิเมตร/นาทึ

ศูนย์วิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



นายอนุช วัฒนสุข เกิดเมื่อวันที่ 27 กันยายน พ.ศ.2499 ที่จังหวัดสิงห์บุรี จบปริญญา  
ตรีเคมีวิศวกรรม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ.2521 ปัจจุบันอยู่บ้านเลขที่ 295  
ถนนสุขุวิท เขตดุสิต กรุงเทพฯ



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย