รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กาญจนา ต่วนเทศ. การเปรียบเทียบการทำเสถียรตะกอนที่มีนิกเกิลด้วยปูนขาวและการทำให้เป็นก้อนด้วยปูนขาวผสมเถ้าลอยลิกไนต์. โครงร่างวิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ขวัญเรือน หลีสิน. การสกัดโลหะหนักออกจากตะกอนไฮดรอกไซด์โดย *Thiobacillus ferrooxidans*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

จุไรรัตน์ สุขพันธุ์. การสกัดสังกะสีจากกากแร่สังกะสีซิลิเกตโดย *Thiobacillus ferrooxidans*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2538.

ทรัพยากรธรณี, กรม. ฝ่ายพัฒนาโลหกรรม. สภาวการณ์อุตสาหกรรมโลหะ. กรุงเทพมหานคร:กองโลหกรรม, 2537.

ทองบรอนซ์ หอมทอง. การใช้ไบโอลิชชิ่งในการสกัดแร่ทองแดงซัลไฟด์เกรดต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540.

ไทยยูนีคจำกัด, บริษัท. คู่มือการใช้งานเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ Varian SpectrAA-10Plus. 2535.

บริบูรณ์ พุทธรักษา. การใช้ *Thiobacillus ferrooxidans* สกัดโลหะซัลไฟด์ออกจากกากตะกอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

พัฒนา เหล่าไพบูลย์. หัวข้อที่น่าสนใจทางเทคโนโลยีชีวภาพ เรื่อง ไมโครเบียลลิชชิ่ง. เอกสารประกอบการสอนวิชา 622 485 ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2536.

มนัส สถิรจินดา. โลหะนอกกลุ่มเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

สุวิสา ประดิษฐ์. การสกัดสังกะสีออกจากแร่สังกะสีซัลไฟด์โดยใช้เชื้อ *Thiobacillus ferrooxidans* ชนิดผ่านและไม่ผ่านการไลโอฟิไลซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

ภาษาอังกฤษ

Ahonen, L. and Tuovinen, O.H., "Bacterial Oxidation of Sulfide Minerals in Column Leaching Experiments at Suboptimal Temperatures" Applied and Environmental Microbiology. Vol.58, No.2, 1992: 600-606

Ahonen, L. and Tuovinen, O.H., "Cover Catalysis of the Bacterial Leaching of Chalcopyrite-Containing Ore Material in Column Reactors" Process Engineering. Vol.3, No.5, 1990: 437-445

ASM, Manual of Method for General Bateriology. Washington DC, 1981: 358

ASTM, "Standard Test Method for Copper in Iron Ores By Atomic Absorption Spectroscopy" Vol.03.06, 1989: E841-81

Baldi, F., Clark, T., Pollack, S.S. and Olson, G.J., "Leaching of Pyrites of various Reactivities by *Thiobacillus ferrooxidans*" Applied and Environmental Microbiology. Vol.58, No.6, 1992:1853-1856

Battaglia, F., Morin, D. and Ollivier, P., "Dissolution of cobaltiferrous pyrite by *Thiobacillus ferrooxidans and Thiobacillus thiooxidans* : factors influencing bacterial leaching efficiency" Journal of Biotechnology. Vol.32, No.1, 1994:11-16

Blais, J.F., Tyagi, R.D. and Auclair, J.C., "Bioleaching of Metals from Sewage Sludge : Effect of Temperature" Wat. Res., Vol.27, No.1, 1993: 111-120

Bryner, L.C. and Anderson, R., "Microorganisms in Leaching Sulfide Minerals" Industrial and Engineering Chemistry. Vol.49, No.10, 1957: 1721-1724

Canfell, A.J., Greenfield, P.F. and Winborne, D.A., "Silver Catalysed Bioleaching of Chalcopyrite Ore in Columns" International Biohydrometallurgy Symposium IBS-BIOMINE97. 1997: M5.1.1-M5.1.10

Carpenter, P.L., Microbiology. 2th ed., London, 1967: 323-324

Costa, A.C.A., Medronho, R.A. and Pecanha, R.P., "Phosphate Rock Bioleaching" Biotechnology Letters. Vol.14, No.3, 1992: 233-238

Cote, R.M.A., ATCC Media Handbook. New York, 1984: 5

Couillard, D. and Mercier, G., "Bacterial Leaching of Heavy Metals from Sewage Sludge-Bioreactors Comparison" Environ. Pollut., Vol.66, No.3, 1990: 237-252

Couillard, D., Chartier, M. and Mercier, G., "Bacterial Leaching of Heavy Metals from Aerobic Sludge" Bioresurce Technology. Vol.36, 1991: 293-302

Couillard, D. and Chartier, M., "Decontamination biologique des sediments polues par les metanx lourds : etude de linfluence du substrat, de la teneur en solides totaux et de la temperayure" Environmental Technology. Vol.14, 1993: 919-930

Curutchet, G., Pogliani, C., Donati, E. and Tedesco, P., "Effect of Iron(III) and its Hydrolysis Products(jarosites) on *Thiobacillus ferrooxidans* Growth and on Bacterial Leaching" Biotechnology Letters. Vol.14, No.4, 1992: 329-334

Cwalina, B., Wilczok, T., Weglarz, L. and Dzierzewicz, Z., "Activity of sulphite oxidase, thiosulphate oxidase and rhodanese in *Thiobacillus thiooxidans* during covellite and chalcopyrite leaching", Applied Microbiology and Biotechnology. Vol.34, 1990: 279-281

DSM, Catalogue of strains. 5th ed., 1993: 355

Eaton, A.D., Clesceri, L.S. and Greenberg, A.E., "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" 19th ed.,1995: 3.9-3.18

Ehrlich, H.L. and Fox, S.I., "Environmental Effect on Bacterial Copper Extraction from Low-Grade Copper Sulfide Ore" Biotechnology and Bioengineering. Vol.9, No.2, 1967: 471-485

Ehrlich, H.L., Geomicrobiology. 2nd ed., New York, Rensselaer Polytechnic Institute, 1981: 283-347

Ghosh, J. and Imai, K., "Leaching of Manganese Dioxide by *Thiobacillus ferrooxidans* Growing on Element Sulfur" J. Ferment. Technol., Vol.63, No.3, 1985: 259-262

Guay, R. and Silver, M., "Ferrous Iron Oxidation and Uranium Extraction by *Thiobacillus ferrooxidans*" Biotechnology and Bioengineering. Vol.19, 1977: 727-740

Harvey, P.I. and Crundwell, F.K., "Growth of *Thiobacillus ferrooxidans* : A Novel Experimental Design for Batch Growth and Bacterial Leaching Studies" Applied and Environmental Microbiology. Vol.63, No.7, 1997: 2586-2592

Herrera, L., Ruiz, P., Aguillon, J.C. and Fehrman, A., "A New Spectrophotometric Method for the Determination of Ferrous Iron in the Presence of Ferric Iron" J. Chem. Tech. Biotechnol., Vol.44, No.3, 1989:171-181

Hoffmann, M.R., Faust, B.C., Panda, F.A.,Koo, H.H. and Tsuchiya, H.M., "Kinnetic of the Removal of Iron Pyrite from Coal by Microbiol Catalysis", Applied and Environmental Microbiology. Vol.42, No.2, 1981: 259-271

Hutchins, S.R., Davidson, M.S., Brierley, J.A. and Brierley, C.L., "Microorganisms in Reclamation of Metals", Ann. Rev. Microbiol., Vol.40, No.1, 1986: 311-336

Jensen, A.B. and Webb, C., "Ferrous Sulphate Oxidation Using *Thiobacillus ferrooxidans* : a Reveiw" Process Biochemistry. Vol.30, No.3, 1995: 225-236

Johnson, D.B., Macvicar, J.H.M. and Rolfe, S., "A new solid medium for the isolation and enumeration of *Thiobacillus ferrooxidans* and acidophilic heterotrophic bacteria" Journal of Microbiological Methods. Vol.7, 1987: 9-18

Johnson, D.B., "The Leaching of Mineral Ores using Bacteria", In Greenshield. R., Resources and Applications of Biotechnology. New York, Stockton, 1989: 91-99

Kai, T., Nishi, M. and Takahashi, T., "Adaptation of *Thiobacillus ferrooxidans* to Nickel Ion and Bacterial Oxidation of Nickel Sulfide" Biotechnology Letters. Vol.17, No.2, 1995: 229-232

Kino, K., Sugimoto, N., Kuroda, K. and Usami, S., "Biochemical Rust Removal by *Thiobacillus ferrooxidans*" European J. Appl. Microbiol. Biotechnol., Vol.13, 1981: 128-132

Konishi, Y., Asai, S. and Yoshida, N., "Growth Kinetics of *Thiobacillus thiooxidans* on the Surface of Elemental Sulfur" Applied and Environmental Microbiology. Vol.61, No.10, 1995: 3617-3622

Konishi, Y., Kubo, H. and Asai, S., "Bioleaching of zinc sulfide concentrate by *Thiobacillus ferrooxidans*", Biotechnology and Bioengineering. Vol.39, 1992: 66-74

Laheen, M., Leaching and Biodegradation of Rare Earth Bearing Phosphogypsum. Ph.D. Thesis, University of London, 1989: 14-39

Lawson, E.N., "The Composition of Mixed Populations of Leaching Bacteria Active in Gold and Nickel Recovery from Sulphide Ores" International Biohydrometallurgy Symposium IBS-BIOMINE97. 1997: QP4.1-QP4.10

Leathen, W.W., Kinsel, N.A. and Braley, S.A., "*Ferrobacillus ferrooxidans* a chemosynthetic autotrophic bacterium" J. Bacteriol., Vol.72, 1956: 700-704

Lisama, H.M. and Suzuki, I., "Bacterial Leaching of a Sulfide Ore by *Thiobacillus ferrooxidans* and *Thiobacillus thiooxidans* : I. Shake Flask Studies" Biotechnology and Bioengineering. Vol.32, 1988: 110-116

Lisama, H.M. and Suzuki, I., "Bacterial Leaching of a Sulfide Ore by *Thiobacillus ferrooxidans* and *Thiobacillus thiooxidans*. part II : Column Leaching Studies" Hydrometallurgy. Vol.22, 1989: 301-310

Lizama, H.M. and Suzuki, I., "Interaction of chalcopyrite and sphalerite with pyrite during leaching by *Thiobacillus ferrooxidans* and *Thiobacillus thiooxidans*" Can. J. Microbiol., Vol.37, No.2, 1991: 304-311

Lizama, H.M., Abraham, C.C. and Frew, R.G., "*Thiobacillus ferrooxidans* cells leach Chalcocite Ore Independently of Dissolved Ferric Ion" International Biohydrometallurgy Symposium IBS-BIOMINE97. 1997: M4.2.1-M4.2.9

Loon, H.Y. and Madgwick, J., "The Effect of Xanthate Floatation Reagents on Bacterial Leaching of Chalcopyrite by *Thiobacillus ferrooxidans*" Biotechnology Letters. Vol.17, No.9, 1995: 997-1000

Lundgren, D.G. and Silver, M., "Ore Leaching by Bacteria", Ann. Rev. Microbiol., Vol.34, No.1, 1980: 263-283

Mandl, M., Hrbac, D. and Docekalova, H., "Inhibition of Iron(II) Oxidation by Arsenic(III,V) in *Thiobacillus ferrooxidans* on Arsenopyrite Bioleaching" Biotechnology Letters. Vol.18, No.3, 1996: 333-338

Munoz, J.A., Blazquez, M.L., Ballester, A. and Gonzalez, F., "A study of the bioleaching of a Spanish uranium ore. part I : A review of the bacterial leaching in the treatment of uranium ores" Hydrometallurgy. Vol.38, No.1, 1995: 39-57

Munoz, J.A., Blazquez, M.L., Ballester, A. and Gonzalez, F., "A study of the bioleaching of a Spanish uranium ore. part II : Orbital shaker experiments" Hydrometallurgy. Vol.38, No.1, 1995: 59-78

Munoz, J.A., Blazquez, M.L., Ballester, A. and Gonzalez, F., "A study of the bioleaching of a Spanish uranium ore. part III : Column experiments" Hydrometallurgy. Vol.38, No.1, 1995: 79-97

Mustin, C., Donato, P. and Berthelin, J., "Quantification of the Intragranular Porosity Formed in Bioleaching of Pyrite by *Thiobacillus ferrooxidans*" Biotechnology and Bioengineering. Vol.39, 1992: 1121-1127

Natarajan, K.A., "Effect of Applied Potentials on the Activity and Growth of *Thiobacillus ferrooxidans*" Biotechnology and Bioengineering. Vol.39, 1992: 907-913

Neuburg, H.J., Castillo, J.A., Herrera, M.N., Wiertz, V., Vargas, T. and Ohlbaum, R.B., "A model for the bacterial leaching of copper sulfide ores in pilot-scale columns" International Journal of Mineral Processing. Vol.31, 1991: 247-264

Niemela, S.I., Vanhanen, M.R., Sivela, C., Vigneva, F. and Tuovinen, O.H., "Nutrient Effect on the Biological Leaching of a Black-Schist Ore" Applied and Environmental Microbiology. Vol.60, No.4, 1994: 1287-1291

Pistaccio, L., Curutchet, G., Donati, E. and Tedesco, P., "Analysis of Molybdenite Bioleaching by *Thiobacillus ferrooxidans* in the Absence of Iron(II)" Biotechnology Letters. Vol.16, No.2, 1994: 189-194

Rusin, P., Cassells, J., Quintana, L., Amold, R. and Chrisman, N., "Elimination of toxic factor in leachate to enhance biooxidation of sulfide ores" Mining Engineering. Vol.47, NO.2, 1995: 173-177

Sakaguchi, H. and Silver, M., "Microbiological Leaching of a Chalcopyrite Concentrate by *Thiobacillus ferrooxidans*" Biotechnology and Bioengineering. Vol.18, 1976: 1091-1101

Shrihari, Kumar, R., Gandhi, K.S. and Natarajan, K.A., " Role of cell attachment in leaching of chalcopyrite Mineral by *Thiobacillus ferrooxidans*" Applied Microbiology and Biotechnology. Vol.36, 1991: 278-282

Srimekanond, A., Thangavelu, V.J. and Madgwick, J.C., "Thermophillic Bacterial Leaching of Manganese Dioxide" Journal of Industrial Microbiology. Vol.10, No.3-4, 1992: 217-220

Torma, A.E., Walden, C.C. and Branion, R.M.R., "Microbiological Leaching of Zinc Sulfide Concentrate" Biotechnology and Bioengineering. Vol.12, 1970: 501-517

Tyagi, R.D., Couillard, D. and Tran, F, "Heavy Metals Removal from Anaerobically Digested Sludge by Chemical and Microbiological Methods" Environmental Pollution. Vol.40, 1988: 295-316

Wong, L. and Henry, J.G., "Decontaminating Biological Sludge for Agricultural Use" Wat. Sci. Tech., Vol.17, 1984: 575-586

Zagury, G.J., Narasiah, K.S. and Tyagi, R.D., "Adaptation of Indigenous Iron-Oxidizing Bacteria for Bioleaching of Heavy Metals in Contaminated Soils" Environmental Technology. Vol.15, 1994: 517-530

Zurita, M.A.B., Branion, R.M.R. and Lawrence, R.W., "Particle Size Effects in the Microbiological Leaching of Sulfide Concentraes by *Thiobacillus ferrooxidans*" Biotechnology and Bioengineering. Vol.28, 1986: 751-755

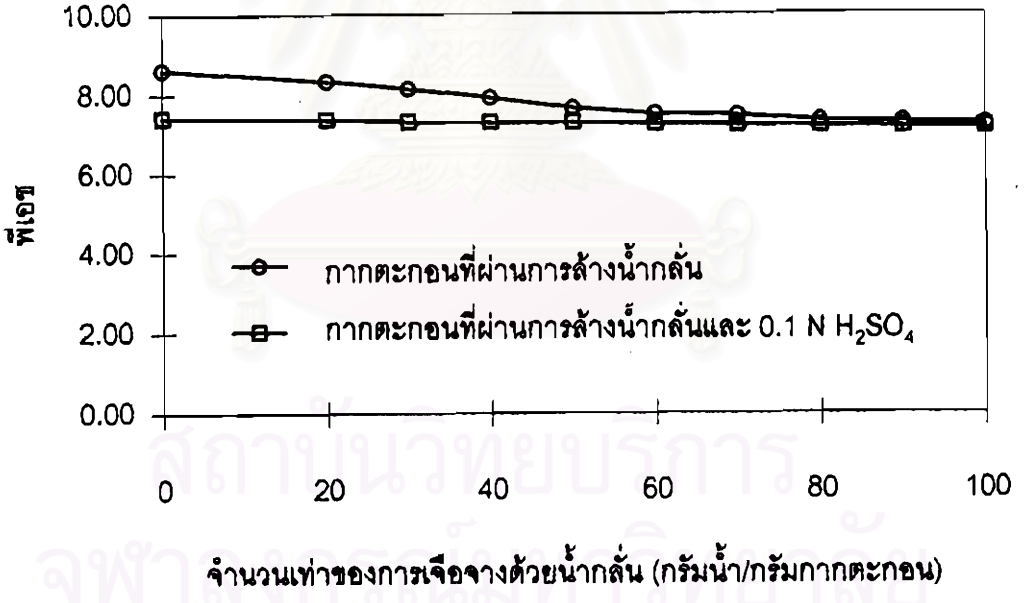
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง

ตารางที่ ผ-1 พีเอชของการเจือจางกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ด้วยน้ำกลั่น

ชนิดของกากตะกอน	จำนวนเท่าของการเจือจางด้วยน้ำกลั่น (กรัมน้ำ/กรัมกากตะกอน)								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
กากตะกอนที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่น	8.34	8.14	7.92	7.64	7.50	7.46	7.32	7.28	7.21
กากตะกอนที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและ 0.1 N H_2SO_4	7.37	7.31	7.30	7.28	7.24	7.21	7.18	7.16	7.14



รูปที่ ผ-1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเจือจางกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์โดยน้ำกลั่นและพีเอช

ตารางที่ ผ-2 การลิชชิ่งนิกเกิลออกจากกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์โดยสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นต่างๆในระบบขวดเขย่า

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณการลิชชิ่งนิกเกิล (กรัม/ลิตร)								ประสิทธิภาพการลิชชิ่งนิกเกิล (%)							
	น้ำกลั่น	0.01 N H_2SO_4	0.05 N H_2SO_4	0.1 N H_2SO_4	0.15 N H_2SO_4	0.5 N H_2SO_4	1 N H_2SO_4	5 N H_2SO_4	น้ำกลั่น	0.01 N H_2SO_4	0.05 N H_2SO_4	0.1 N H_2SO_4	0.15 N H_2SO_4	0.5 N H_2SO_4	1 N H_2SO_4	5 N H_2SO_4
0	0.0000	0.042	0.34	0.92	1.12	1.28	2.03	3.50	0.00	0.42	3.40	9.20	11.20	12.80	20.30	35.00
12	0.0000	0.162	0.78	1.67	1.85	3.78	4.43	7.90	0.00	1.62	7.80	16.70	18.50	37.80	44.30	79.00
24	0.0005	0.180	1.03	1.94	2.25	4.65	6.79	10	0.01	1.80	10.30	19.40	22.50	46.50	67.90	100.00
36	0.0010	0.198	1.16	2.06	2.66	5.82	8.96	10	0.01	1.98	11.60	20.60	26.60	58.20	89.60	100.00
48	0.0015	0.212	1.18	2.08	3.08	7.82	10	10	0.02	2.12	11.80	20.80	30.80	78.20	100.00	100.00
60	0.0015	0.246	1.28	2.18	3.24	8.84	10	10	0.02	2.46	12.80	21.80	32.40	88.40	100.00	100.00
72	0.0015	0.288	1.29	2.38	3.68	9.84	10	10	0.02	2.88	12.90	23.80	36.80	98.40	100.00	100.00
84	0.0020	0.302	1.30	2.52	4.12	10	10	10	0.02	3.02	13.00	25.20	41.20	100.00	100.00	100.00
96	0.0020	0.304	1.41	2.70	4.30	10	10	10	0.02	3.04	14.10	27.00	43.00	100.00	100.00	100.00
108	0.0020	0.306	1.49	2.88	4.58	10	10	10	0.02	3.06	14.90	28.80	45.80	100.00	100.00	100.00
120	0.0020	0.306	1.49	2.98	4.62	10	10	10	0.02	3.06	14.90	29.80	46.20	100.00	100.00	100.00

หมายเหตุ : เติมกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 10 กรัม/ลิตร และเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-3 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆในสารละลายที่เพาะเลี้ยงเชื้อ *T. ferrooxidans* และเชื้อ *T. thiooxidans* ในระบบขวดเขย่า

วันที่	9K medium sterile control					*T. ferrooxidans*					thiomedium sterile control			*T. thiooxidans*		
	พีเอช	โออาร์พี (mV.)	เหล็กเฟอร์รัส (มก./ล.)	เหล็กเฟอร์รัส (%)	โปรตีน (มก./ล.)	พีเอช	โออาร์พี (mV.)	เหล็กเฟอร์รัส (มก./ล.)	เหล็กเฟอร์รัส (%)	โปรตีน (มก./ล.)	พีเอช	โออาร์พี (mV.)	โปรตีน (มก./ล.)	พีเอช	โออาร์พี (mV.)	โปรตีน (มก./ล.)
0	2.83	186	3780	100.00	0	2.75	284	3840	100.00	12	4.21	165	0	4.18	265	8
1	2.86	183	3640	96.30		2.52	312	2100	54.69	28	4.18	152		4.09	312	12
2	2.74	142	3220	85.19		2.24	346	680	17.71	42	4.16	126		3.98	355	16
3	2.76	175	2600	68.78		2.01	460	25	0.65	88	4.19	124		3.65	325	22
4	2.72	168	2480	65.61		1.98	502	8	0.21	86	4.15	136		2.83	364	18
5	2.68	173	2000	52.91		2.02	516	0	0.00	92	4.16	128		2.42	389	24
6	2.68	156	1880	49.74		2.06	518	0	0.00	88	4.11	112		2.11	432	28
7	2.67	158	1640	43.39	0	2.04	520	0	0.00	72	4.13	98	0	2.01	486	32
8	2.7	156	1240	32.80		2.01	492	0	0.00	76	4.21	104		2.01	496	38
9	2.68	164	940	24.87		2.02	496	0	0.00	80	4.2	103		1.98	502	42
10	2.72	182	680	17.99		1.92	503	0	0.00	76	4.2	101		1.81	498	38
11	2.76	176	360	9.52		1.98	512	0	0.00	66	4.02	122		1.75	511	40
12	2.81	168	240	6.35		1.9	506	0	0.00	74	4.13	97		1.82	526	36
13	2.75	154	220	5.82		1.98	488	0	0.00	76	4.2	103		1.88	498	42
14	2.76	162	120	3.17	0	1.94	492	0	0.00	78	4.1	112	0	1.78	504	48

หมายเหตุ : เพาะเลี้ยงเชื้อ *T. ferrooxidans* ในสารอาหาร 9K medium และเพาะเลี้ยงเชื้อ *T. thiooxidans* ในสารอาหาร thiomedium โดยใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10%(v/v) และเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-4 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆในสารละลายของการปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* และเชื้อ *T. thiooxidans* ในระบบขวดเขย่า เมื่อเติมกากตะกอนนิกเกิลนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 1 กรัม/ลิตร

วันที่	9K medium sterile control						adapted strain of *T. ferrooxidans*						thiomedium sterile control				adapted strain of *T. thiooxidans*			
	พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล	
		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)
0	2.83	216	3820	100.00	0	0.00	2.75	312	3760	100.00	0	0.00	4.18	215	0	0.00	4.21	331	0	0.00
1	3.24	194	3640	95.29	52	5.20	3.02	364	2240	59.57	124	12.40	4.96	198	54	5.40	4.09	362	77	7.70
2	3.68	181	3420	89.53	126	12.60	3.06	378	1140	30.32	209	20.90	5.19	186	109	10.90	3.85	368	154	15.40
3	4.06	142	3220	84.29	189	18.90	2.86	394	580	15.43	319	31.90	6.55	72	125	12.50	3.68	392	226	22.60
4	5.12	103	2760	72.25	234	23.40	2.74	408	60	1.60	427	42.70	6.50	166	155	15.50	3.23	412	325	32.50
5	6.68	126	2420	63.35	256	25.60	2.62	446	0	0.00	502	50.20	6.53	154	168	16.80	2.85	411	397	39.70
6	6.52	113	2120	55.50	286	28.60	2.56	476	0	0.00	653	65.30	6.79	158	186	18.60	2.64	435	465	46.50
7	6.74	118	1760	46.07	298	29.80	2.44	498	0	0.00	681	68.10	7.11	151	201	20.10	2.61	476	512	51.20
8	6.83	117	1420	37.17	303	30.30	2.51	503	0	0.00	718	71.80	7.20	142	204	20.40	2.58	495	653	65.30
9	6.82	121	1260	32.98	316	31.60	2.52	501	0	0.00	729	72.90	7.20	140	204	20.40	2.51	488	675	67.50
10	6.89	124	880	23.04	321	32.10	2.46	488	0	0.00	745	74.50	7.22	138	218	21.80	2.31	489	698	69.80
11	6.94	123	640	16.75	319	31.90	2.41	487	0	0.00	752	75.20	7.24	146	220	22.00	2.02	501	723	72.30
12	6.95	121	580	15.18	320	32.00	2.39	489	0	0.00	757	75.70	7.20	152	223	22.30	2.06	497	728	72.80
13	6.88	121	420	10.99	318	31.80	2.32	490	0	0.00	762	76.20	7.20	151	224	22.40	1.97	503	729	72.90
14	6.84	124	390	10.21	315	31.50	2.30	495	0	0.00	764	76.40	7.21	148	224	22.40	1.95	511	730	73.00

หมายเหตุ : การปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* ในสารอาหาร 9K medium และเชื้อ *T. thiooxidans* ในสารอาหาร thiomedium ใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10%(v/v) และเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-5 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆในสารละลายของการปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* และเชื้อ *T. thiooxidans* ในระบบขวดเขย่า เมื่อเติมกากตะกอนนิกเกิลนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 2 กรัม/ลิตร

วันที่	9K medium sterile control						adapted strain of *T. ferrooxidans*						thiomedium sterile control				adapted strain of *T. thiooxidans*			
	พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล	
		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)
0	2.85	196	3800	100.00	0	0.00	2.62	312	3780	100.00	0	0.00	4.25	186	0	0.00	4.17	312	0	0.00
1	3.36	184	3620	95.26	84	4.20	3.41	342	2240	59.26	212	10.60	4.75	174	90	4.50	4.35	336	104	5.20
2	3.97	176	3100	81.58	163	8.15	3.03	349	1120	29.63	357	17.85	5.01	113	176	8.80	4.54	347	212	10.60
3	4.52	182	2860	75.26	252	12.60	2.97	358	640	16.93	515	25.75	5.42	126	248	12.40	4.32	381	276	13.80
4	4.78	182	2640	69.47	334	16.70	2.86	379	40	1.06	650	32.50	6.10	134	336	16.80	3.88	379	324	16.20
5	5.62	182	2120	55.79	370	18.50	2.76	401	0	0.00	963	48.15	6.62	124	364	18.20	3.61	392	427	21.35
6	6.01	154	1880	49.47	427	21.35	2.51	405	0	0.00	1090	54.50	6.98	112	397	19.85	3.22	416	489	24.45
7	6.68	152	1680	44.21	529	26.45	2.42	411	0	0.00	1350	67.50	7.01	113	412	20.60	2.88	442	531	26.55
8	6.87	113	1400	36.84	548	27.40	2.11	421	0	0.00	1417	70.85	7.00	110	426	21.30	2.51	461	684	34.20
9	6.98	132	1120	29.47	564	28.20	2.09	467	0	0.00	1493	74.65	7.11	103	430	21.50	2.43	465	712	35.60
10	7.03	128	960	25.26	582	29.10	2.08	465	0	0.00	1522	76.10	7.11	98	430	21.50	2.21	467	960	48.00
11	7.11	124	720	18.95	595	29.75	2.07	476	0	0.00	1566	78.30	7.11	98	430	21.50	2.23	475	1250	62.50
12	7.12	126	640	16.84	611	30.55	2.10	475	0	0.00	1585	79.25	7.01	103	432	21.60	2.18	481	1350	67.50
13	7.15	124	480	12.63	619	30.95	2.09	487	0	0.00	1596	79.80	7.01	101	432	21.60	2.16	475	1330	66.50
14	7.13	120	320	8.42	625	31.25	2.05	492	0	0.00	1607	80.35	6.97	105	432	21.60	2.11	471	1380	69.00

หมายเหตุ : การปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* ในสารอาหาร 9K medium และเชื้อ *T. thiooxidans* ในสารอาหาร thiomedium ใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10%(v/v) และเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-6 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆในสารละลายของการปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* และเชื้อ *T. thiooxidans* ในระบบขวดเขย่า เมื่อเติมกากตะกอนนิกเกิลนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 3 กรัม/ลิตร

วันที่	9K medium sterile control						adapted strain of *T. ferrooxidans*						thiomedium sterile control				adapted strain of *T. thiooxidans*			
	พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล	
		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)
0	2.78	151	3680	100.00	0	0.00	2.64	216	3820	100.00	0	0.00	4.23	154	0	0.00	4.15	279	0	0.00
1	3.67	134	2520	68.48	130	4.33	3.65	302	2120	55.50	366	12.20	4.46	126	135	4.50	4.37	301	142	4.73
2	3.94	167	2300	62.50	288	9.60	3.01	317	1280	33.51	529	17.63	5.01	113	228	7.60	4.61	339	296	9.87
3	4.75	148	1980	53.80	321	10.70	2.98	345	580	15.18	665	22.17	5.42	103	252	8.40	4.65	342	375	12.50
4	5.58	194	1640	44.57	460	15.33	2.75	397	40	1.05	914	30.47	5.98	98	317	10.57	4.23	371	587	19.57
5	5.97	143	1580	42.93	523	17.43	2.70	401	0	0.00	1130	37.67	6.08	101	372	12.40	4.11	395	742	24.73
6	6.42	156	1200	32.61	545	18.17	2.41	405	0	0.00	1205	40.17	6.44	113	503	16.77	3.67	416	894	29.80
7	6.78	132	1040	28.26	595	19.83	2.32	417	0	0.00	1286	42.87	6..48	107	564	18.80	3.13	445	936	31.20
8	6.92	114	860	23.37	596	19.87	2.26	427	0	0.00	1664	55.47	7.01	110	615	20.50	2.86	467	1160	38.67
9	7.04	103	700	19.02	629	20.97	2.12	442	0	0.00	1872	62.40	6.87	112	612	20.40	2.54	466	1352	45.07
10	7.07	110	440	11.96	685	22.83	2.11	441	0	0.00	1964	65.47	6.88	117	612	20.40	2.43	481	1570	52.33
11	7.02	103	440	11.96	771	25.70	2.03	443	0	0.00	2100	70.00	6.89	121	615	20.50	2.21	482	1674	55.80
12	7.11	101	280	7.61	843	28.10	2.01	463	0	0.00	2164	72.13	6.97	129	615	20.50	2.19	485	1812	60.40
13	7.09	98	120	3.26	849	28.30	2.01	467	0	0.00	2250	75.00	6.98	131	615	20.50	2.21	488	1910	63.67
14	7.08	103	100	2.72	891	29.70	1.98	452	0	0.00	2280	76.00	6.83	126	612	20.40	2.21	490	2090	69.67

หมายเหตุ : การปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* ในสารอาหาร 9K medium และเชื้อ *T. thiooxidans* ในสารอาหาร thiomedium ใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10%(v/v) และเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-7 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆในสารละลายของการปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* และเชื้อ *T. thiooxidans* ในระบบขวดเขย่า เมื่อเติมกากตะกอนนิกเกิลนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 4 กรัม/ลิตร

วันที่	9K medium sterile control						adapted strain of *T. ferrooxidans*						thiomedium sterile control				adapted strain of *T. thiooxidans*			
	พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล	
		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)
0	2.75	198	3800	100.00	0	0.00	2.65	316	3860	100.00	0	0.00	4.28	156	0	0.00	4.17	288	0	0.00
1	3.64	167	3560	93.68	126	3.15	3.58	394	2420	62.69	325	8.13	4.53	164	158	3.95	4.41	317	275	6.88
2	4.38	142	3320	87.37	330	8.25	3.01	398	1640	42.49	661	16.53	4.97	113	224	5.60	4.63	361	448	11.20
3	4.97	158	3000	78.95	384	9.60	2.98	412	940	24.35	877	21.93	5.35	126	313	7.83	4.52	392	624	15.60
4	5.41	161	2820	74.21	405	10.13	2.89	442	320	8.29	1414	35.35	5.76	136	358	8.95	4.31	405	874	21.85
5	5.98	147	2600	68.42	432	10.80	2.76	416	30	0.78	1644	41.10	6.03	112	409	10.23	3.97	411	946	23.65
6	6.38	138	2420	63.68	585	14.63	2.66	435	0	0.00	1873	46.83	6.53	98	472	11.80	3.52	432	1138	28.45
7	6.85	126	2100	55.26	612	15.30	2.54	412	0	0.00	2205	55.13	6.78	103	586	14.65	3.11	441	1420	35.50
8	7.01	113	1640	43.16	748	18.70	2.31	441	0	0.00	2300	57.50	6.89	141	728	18.20	2.85	445	1662	41.55
9	6.89	138	1280	33.68	808	20.20	2.12	436	0	0.00	2450	61.25	6.98	142	736	18.40	2.11	475	1867	46.68
10	6.97	139	980	25.79	812	20.30	2.11	402	0	0.00	2630	65.75	7.11	154	740	18.50	2.13	488	1984	49.60
11	7.03	141	740	19.47	835	20.88	2.03	398	0	0.00	2806	70.15	7.11	164	746	18.65	2.17	461	2180	54.50
12	7.05	142	420	11.05	861	21.53	2.03	398	0	0.00	2850	71.25	7.14	172	749	18.73	2.15	465	2340	58.50
13	7.07	145	400	10.53	860	21.50	2.05	402	0	0.00	2830	70.75	7.11	132	746	18.65	2.11	459	2510	62.75
14	7.01	140	360	9.47	866	21.65	2.05	402	0	0.00	2820	70.50	7.15	165	748	18.70	2.03	462	2570	64.25

หมายเหตุ : การปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* ในสารอาหาร 9K medium และเชื้อ *T. thiooxidans* ในสารอาหาร thiomedium ใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10%(v/v) และเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-8 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆในสารละลายของการปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* และเชื้อ *T. thiooxidans* ในระบบขวดเขย่า เมื่อเติมกากตะกอนนิกเกิลนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 5 กรัม/ลิตร

วันที่	9K medium sterile control						adapted strain of *T. ferrooxidans*						thiomedium sterile control				adapted strain of *T. thiooxidans*			
	พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล	
		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)
0	2.78	154	3800	100.00	0	0.00	2.71	292	3780	100.00	0	0.00	4.18	184	0	0.00	4.18	312	0	0.00
1	3.64	146	3580	94.21	152	3.04	3.65	298	2240	59.26	417	8.34	4.67	176	142	2.84	4.39	331	282	5.64
2	4.63	145	3240	85.26	260	5.20	4.12	313	1640	43.39	956	19.12	4.98	175	323	6.46	4.75	354	479	9.58
3	5.71	175	2800	73.68	371	7.42	3.97	343	1120	29.63	1168	23.36	5.11	168	348	6.96	4.68	369	508	10.16
4	6.03	171	2520	66.32	426	8.52	3.88	379	640	16.93	1382	27.64	5.46	182	433	8.66	4.32	417	654	13.08
5	6.38	161	2100	55.26	481	9.62	3.65	401	60	1.59	1579	31.58	5.89	141	512	10.24	3.53	445	998	19.96
6	6.72	143	1860	48.95	512	10.24	3.12	398	0	0.00	1898	37.96	6.70	141	632	12.64	3.17	467	1176	23.52
7	6.98	141	1640	43.16	558	11.16	2.67	397	0	0.00	2130	42.60	6.48	113	740	14.80	2.79	452	1210	24.20
8	7.03	126	1120	29.47	592	11.84	2.42	411	0	0.00	2190	43.80	6.87	121	821	16.42	2.65	448	1652	33.04
9	7.12	123	880	23.16	664	13.28	2.33	412	0	0.00	2360	47.20	6.98	126	824	16.48	2.32	463	1864	37.28
10	7.17	114	540	14.21	782	15.64	2.31	415	0	0.00	2520	50.40	7.11	110	825	16.50	2.24	458	1980	39.60
11	7.09	117	320	8.42	811	16.22	2.19	441	0	0.00	2790	55.80	7.17	101	825	16.50	2.21	451	2430	48.60
12	7.04	103	200	5.26	827	16.54	2.20	445	0	0.00	3070	61.40	7.18	98	826	16.52	2.17	475	2840	56.80
13	7.11	101	140	3.68	830	16.60	2.21	413	0	0.00	3130	62.60	7.17	97	824	16.48	2.15	489	2980	59.60
14	7.13	107	100	2.63	835	16.70	2.09	432	0	0.00	3260	65.20	7.05	103	824	16.48	2.15	463	3026	60.52

หมายเหตุ : การปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* ในสารอาหาร 9K medium และเชื้อ *T. thiooxidans* ในสารอาหาร thiomedium ใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10%(v/v) และเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-9 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆในสารละลายของการปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* และเชื้อ *T. thiooxidans* ในระบบขวดเขย่า เมื่อเติมกากตะกอนนิกเกิลนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 6 กรัม/ลิตร

วันที่	9K medium sterile control						adapted strain of *T. ferrooxidans*						thiomedium sterile control				adapted strain of *T. thiooxidans*			
	พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล	
		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)
0	2.77	196	3760	100.00	0	0.00	2.61	279	3760	100.00	0	0.00	4.21	152	0	0.00	4.18	288	0	0.00
1	3.51	187	3520	93.62	130	2.17	4.02	305	2280	60.64	385	6.42	4.57	106	170	2.83	4.34	312	149	2.48
2	4.11	181	3160	84.04	505	8.42	3.67	312	1420	37.77	1096	18.27	4.79	142	214	3.57	4.62	334	248	4.13
3	4.67	1162	2880	76.60	634	10.57	3.54	371	940	25.00	1238	20.63	5.11	117	271	4.52	4.77	347	532	8.87
4	4.98	141	2640	70.21	738	12.30	3.03	368	420	11.17	1518	25.30	5.43	121	371	6.18	4.41	369	764	12.73
5	5.12	114	2400	63.83	741	12.35	2.98	398	60	1.60	1816	30.27	5.63	151	504	8.40	4.11	381	984	16.40
6	5.96	121	1980	52.66	783	13.05	2.87	405	0	0.00	2080	34.67	5.97	154	568	9.47	3.58	405	1125	18.75
7	6.03	103	1880	50.00	870	14.50	2.75	411	0	0.00	2390	39.83	6.08	151	615	10.25	2.79	416	1453	24.22
8	6.42	131	1540	40.96	887	14.78	2.68	417	0	0.00	2510	41.83	6.34	113	692	11.53	2.54	441	1814	30.23
9	6.67	132	1200	31.91	912	15.20	2.43	421	0	0.00	2720	45.33	6.78	131	770	12.83	2.31	445	2160	36.00
10	6.88	112	1120	29.79	909	15.15	2.31	441	0	0.00	3020	50.33	7.14	132	879	14.65	2.28	397	2480	41.33
11	6.97	111	680	18.09	902	15.03	2.32	480	0	0.00	3320	55.33	7.16	103	879	14.65	2.16	451	2760	46.00
12	7.09	105	540	14.36	908	15.13	2.32	452	0	0.00	3430	57.17	7.16	107	881	14.68	2.11	460	3040	50.67
13	7.12	107	320	8.51	905	15.08	2.30	432	0	0.00	3510	58.50	7.15	108	882	14.70	2.18	446	3200	53.33
14	7.11	103	280	7.45	909	15.15	2.27	430	0	0.00	3560	59.33	7.13	105	880	14.67	2.19	455	3280	54.67

หมายเหตุ : การปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* ในสารอาหาร 9K medium และเชื้อ *T. thiooxidans* ในสารอาหาร thiomedium ใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10%(v/v) และเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-10 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆในสารละลายของการปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* และเชื้อ *T. thiooxidans* ในระบบขวดเขย่า เมื่อเติมกากตะกอนนิกเกิลนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 7 กรัม/ลิตร

วันที่	9K medium sterile control						adapted strain of *T. ferrooxidans*						thiomedium sterile control				adapted strain of *T. thiooxidans*			
	พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล	
		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)
0	2.83	212	3800	100.00	0	0.00	2.67	298	3780	100.00	0	0.00	4.23	198	0	0.00	4.15	313	0	0.00
1	3.94	186	3540	93.16	95	1.36	4.02	313	2420	64.02	410	5.86	5.67	187	207	2.96	4.63	333	274	3.91
2	4.42	141	3300	86.84	221	3.16	3.51	317	1480	39.15	1170	16.71	6.08	167	315	4.50	4.67	361	342	4.89
3	5.97	103	3120	82.11	276	3.94	3.03	321	880	23.28	1770	25.29	7.12	113	428	6.11	4.54	365	515	7.36
4	6.17	98	2880	75.79	327	4.67	3.01	335	420	11.11	2220	31.71	7.14	103	521	7.44	4.35	379	642	9.17
5	6.42	113	2520	66.32	370	5.29	2.97	397	60	1.59	2560	36.57	7.11	141	585	8.36	3.93	385	876	12.51
6	6.79	167	2260	59.47	446	6.37	2.88	386	0	0.00	2854	40.77	7.03	146	665	9.50	3.64	407	975	13.93
7	7.01	151	1860	48.95	547	7.81	2.71	388	0	0.00	2950	42.14	7.09	131	743	10.61	3.31	415	1523	21.76
8	7.03	152	1600	42.11	650	9.29	2.42	401	0	0.00	3100	44.29	7.08	132	806	11.51	3.20	462	1864	26.63
9	7.04	141	1420	37.37	700	10.00	2.41	412	0	0.00	3540	50.57	7.17	115	938	13.40	2.61	465	2210	31.57
10	7.11	143	1100	28.95	794	11.34	2.30	411	0	0.00	3860	55.14	7.21	117	958	13.69	2.41	451	2570	36.71
11	7.12	144	960	25.26	960	13.71	2.30	417	0	0.00	4080	58.29	7.18	121	981	14.01	2.17	443	2860	40.86
12	7.08	136	640	16.84	950	13.57	2.21	414	0	0.00	4220	60.29	7.19	131	977	13.96	2.21	472	3520	50.29
13	7.09	131	440	11.58	958	13.69	2.11	416	0	0.00	4240	60.57	7.19	118	977	13.96	2.15	471	3840	54.86
14	7.06	127	360	9.47	960	13.71	2.09	431	0	0.00	4240	60.57	7.17	115	979	13.99	2.20	457	4070	58.14

หมายเหตุ : การปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* ในสารอาหาร 9K medium และเชื้อ *T. thiooxidans* ในสารอาหาร thiomedium ใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10%(v/v) และเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-11 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆในสารละลายของการปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* และเชื้อ *T. thiooxidans* ในระบบขวดเขย่า เมื่อเติมกากตะกอนนิกเกิลนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 8 กรัม/ลิตร

วันที่	9K medium sterile control						adapted strain of *T. ferrooxidans*						thiomedium sterile control				adapted strain of *T. thiooxidans*			
	พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล	
		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)
0	2.81	176	3680	100.00	0	0.00	2.65	298	3760	100.00	0	0.00	4.23	212	0	0.00	4.21	313	0	0.00
1	3.54	167	3440	93.48	55	0.69	4.03	305	2240	59.57	384	4.80	5.00	186	205	2.56	4.67	364	274	3.43
2	4.67	166	3120	84.78	274	3.43	3.97	316	1460	38.83	805	10.06	5.97	142	250	3.13	4.75	395	586	7.33
3	5.13	151	2840	77.17	429	5.36	3.67	371	860	22.87	1312	16.40	6.10	115	365	4.56	4.71	436	752	9.40
4	6.62	141	2600	70.65	611	7.64	3.52	388	420	11.17	1740	21.75	6.78	136	463	5.79	4.21	414	1106	13.83
5	7.11	112	2240	60.87	652	8.15	3.11	397	40	1.06	2023	25.29	7.17	98	544	6.80	3.68	462	1542	19.28
6	7.02	119	1940	52.72	700	8.75	2.98	398	0	0.00	2480	31.00	7.20	63	636	7.95	3.34	474	1764	22.05
7	7.12	109	1640	44.57	747	9.34	2.91	405	0	0.00	2730	34.13	7..15	104	818	10.23	3.12	438	1963	24.54
8	7.13	132	1420	38.59	769	9.61	2.84	411	0	0.00	2900	36.25	7.19	112	869	10.86	2.81	454	2540	31.75
9	7.18	111	1200	32.61	814	10.18	2.75	412	0	0.00	3260	40.75	7.21	143	920	11.50	2.51	461	2780	34.75
10	7.12	141	880	23.91	820	10.25	2.42	398	0	0.00	3370	42.13	7.20	115	923	11.54	2.32	473	3320	41.50
11	7.23	115	640	17.39	862	10.78	2.42	396	0	0.00	3830	47.88	7.20	116	928	11.60	2.03	476	3580	44.75
12	7.21	116	400	10.87	855	10.69	2.41	387	0	0.00	4020	50.25	7.22	117	928	11.60	2.09	458	3720	46.50
13	7.21	136	320	8.70	948	11.85	2.37	398	0	0.00	4650	58.13	7.24	132	930	11.63	2.11	461	4080	51.00
14	7.14	109	280	7.61	1018	12.73	2.21	421	0	0.00	4660	58.25	7.21	114	930	11.63	2.14	485	4280	53.50

หมายเหตุ : การปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* ในสารอาหาร 9K medium และเชื้อ *T. thiooxidans* ในสารอาหาร thiomedium ใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10%(v/v) และเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-12 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆในสารละลายของการปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* และเชื้อ *T. thiooxidans* ในระบบขวดเขย่า เมื่อเติมกากตะกอนนิกเกิลนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 9 กรัม/ลิตร

วันที่	9K medium sterile control						adapted strain of *T. ferrooxidans*						thiomedium sterile control				adapted strain of *T. thiooxidans*			
	พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	นิกเกิล	
		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)
0	2.85	163	3760	100.00	0	0.00	2.65	298	3760	100.00	0	0.00	4.25	173	0	0.00	4.17	301	0	0.00
1	3.78	174	3520	93.62	109	1.21	3.97	303	2180	57.98	400	4.44	5.12	165	230	2.56	4.61	335	375	4.17
2	4.97	185	3160	84.04	374	4.16	3.42	304	1260	33.51	1067	11.86	6.03	161	328	3.64	4.83	364	648	7.20
3	5.67	163	2780	73.94	394	4.38	3.12	316	860	22.87	1760	19.56	6.84	151	371	4.12	5.02	398	864	9.60
4	6.78	117	2560	68.09	431	4.79	2.85	385	440	11.70	1913	21.26	7.14	114	504	5.60	4.46	412	1128	12.53
5	6.98	121	2240	59.57	506	5.62	2.88	397	60	1.60	2190	24.33	7.11	135	583	6.48	4.03	446	1432	15.91
6	6.98	153	2120	56.38	550	6.11	2.61	398	20	0.53	2480	27.56	7.11	141	659	7.32	3.78	475	1675	18.61
7	7.12	72	1760	46.81	590	6.56	2.55	412	0	0.00	2820	31.33	7.08	135	760	8.44	3.56	485	1984	22.04
8	7.14	104	1680	44.68	603	6.70	2.42	401	0	0.00	3060	34.00	7.09	141	765	8.50	3.13	439	2260	25.11
9	7.15	106	1420	37.77	620	6.89	2.44	403	0	0.00	3520	39.11	7.15	135	783	8.70	2.78	461	2740	30.44
10	7.17	112	1120	29.79	723	8.03	2.50	397	0	0.00	3720	41.33	7.17	136	787	8.74	2.51	458	3140	34.89
11	7.21	118	940	25.00	730	8.11	2.51	388	0	0.00	4080	45.33	7.20	127	760	8.44	2.34	447	3550	39.44
12	7.23	121	680	18.09	776	8.62	2.51	387	0	0.00	4510	50.11	7.20	161	820	9.11	2.13	483	3760	41.78
13	7.23	135	540	14.36	877	9.74	2.50	398	0	0.00	4980	55.33	7.23	142	810	9.00	2.11	465	4020	44.67
14	7.21	136	480	12.77	888	9.87	2.46	402	0	0.00	5200	57.78	7.21	138	810	9.00	2.17	466	4210	46.78

หมายเหตุ : การปรับสภาพเชื้อ *T. ferrooxidans* ในสารอาหาร 9K medium และเชื้อ *T. thiooxidans* ในสารอาหาร thiomedium ใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10%(v/v) และเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-13 การลิชชิ่งนิกเกิลออกจากกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์โดยเชื้อ *T. ferrooxidans* ที่ผ่านและไม่ผ่านการปรับสภาพในระบบขวดเขย่า

วันที่	9K medium sterile control							adapted strain of *T. ferrooxidans*							nonadapted strain of *T. ferrooxidans*						
	พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		โปรตีน	นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		โปรตีน	นิกเกิล		พีเอช	โออาร์พี	เหล็กเฟอร์รัส		โปรตีน	นิกเกิล	
		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)		(mV.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)
0	2.82	163	3760	100.00	0	0	0.00	2.61	298	3840	100.00	10	0	0.00	2.75	302	3620	100.00	11	0	0.00
1	3.74	154	3320	88.30		120	1.20	4.01	303	2420	63.02	12	386	3.86	3.78	316	2380	65.75	11	156	1.56
2	4.95	115	3180	84.57		311	3.11	3.88	313	1240	32.29	15	1026	10.26	4.13	331	1650	45.58	15	426	4.26
3	5.88	103	2840	75.53		374	3.74	3.85	346	860	22.40	19	1510	15.10	4.21	362	1140	31.49	17	752	7.52
4	6.42	73	2640	70.21		465	4.65	3.41	397	540	14.06	25	1736	17.36	3.93	381	980	27.07	21	1126	11.26
5	7.03	68	2400	63.83		625	6.25	3.03	398	80	2.08	27	2080	20.80	3.61	387	620	17.13	23	1340	13.40
6	7.05	95	2120	56.38		674	6.74	2.81	388	20	0.52	36	2570	25.70	3.12	403	410	11.33	28	1452	14.52
7	7.07	115	1860	49.47	0	715	7.15	2.71	361	0	0.00	47	3340	33.40	2.94	377	220	6.08	31	1576	15.76
8	7.11	121	1640	43.62		813	8.13	2.42	352	0	0.00	58	3320	33.20	2.61	381	80	2.21	34	1835	18.35
9	7.18	141	1400	37.23		829	8.29	2.52	378	0	0.00	61	3860	38.60	2.57	369	0	0.00	39	2110	21.10
10	7.13	153	1140	30.32		853	8.53	2.51	384	0	0.00	63	3940	39.40	2.61	373	0	0.00	45	2480	24.80
11	7.17	151	880	23.40		861	8.61	2.48	399	0	0.00	70	4600	46.00	2.64	381	0	0.00	52	2960	29.60
12	7.19	148	640	17.02		920	9.20	2.38	398	0	0.00	75	4610	46.10	2.58	392	0	0.00	60	3080	30.80
13	7.19	132	620	16.49		919	9.19	2.32	400	0	0.00	71	4670	46.70	2.41	404	0	0.00	63	3100	31.00
14	7.19	128	580	15.43	0	918	9.18	2.30	402	0	0.00	63	4700	47.00	2.44	411	0	0.00	61	3060	30.60

หมายเหตุ : สารละลายผสมเชื้อ 10%(v/v) เติมกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 10 กรัม/ลิตร และเขย่าที่ความเร็ว 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-14 การลิชชิ่งนิกเกิลออกจากกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์โดยเชื้อ *T.thiooxidans* ที่ผ่านและไม่ผ่านการปรับสภาพในระบบขวดเขย่า

วันที่	thiomedium sterile control					adapted strain of *T. thiooxidans*					nonadapted strain of *T. thiooxidans*				
	พีเอช	โอออาร์พี (mV.)	โปรตีน (มก./ล.)	นิกเกิล (มก./ล.)	นิกเกิล (%)	พีเอช	โอออาร์พี (mV.)	โปรตีน (มก./ล.)	นิกเกิล (มก./ล.)	นิกเกิล (%)	พีเอช	โอออาร์พี (mV.)	โปรตีน (มก./ล.)	นิกเกิล (มก./ล.)	นิกเกิล (%)
0	4.24	142	0	0	0.00	4.17	288	6	0	0.00	4.21	294	8	0	0.00
1	4.68	145		152	1.52	4.63	312	8	348	3.48	4.88	298	9	167	1.67
2	5.12	154		288	2.88	5.32	321	11	574	5.74	5.39	331	10	342	3.42
3	5.98	163		332	3.32	4.81	336	11	719	7.19	5.16	336	11	512	5.12
4	6.72	118		468	4.68	4.21	348	15	1067	10.67	5.03	381	13	765	7.65
5	7.11	121		511	5.11	3.97	402	16	1498	14.98	4.82	392	17	947	9.47
6	7.11	124		597	5.97	3.88	431	16	1924	19.24	4.11	405	17	1128	11.28
7	7.13	136	0	638	6.38	4.01	465	18	2350	23.50	3.89	412	18	1542	15.42
8	7.09	141		664	6.64	3.62	453	23	2950	29.50	3.88	441	19	1764	17.64
9	7.11	142		732	7.32	2.98	412	27	3870	38.70	3.72	443	20	1976	19.76
10	7.14	143		748	7.48	2.87	473	30	4420	44.20	3.11	451	22	2280	22.80
11	7.17	145		765	7.65	2.64	476	33	4580	45.80	2.61	458	24	2720	27.20
12	7.21	151		770	7.70	2.53	501	32	4620	46.20	2.54	482	26	2760	27.60
13	7.23	103		775	7.75	2.51	488	35	4720	47.20	2.53	461	25	2840	28.40
14	7.21	112	0	780	7.80	2.48	487	31	4700	47.00	2.58	465	22	2820	28.20

หมายเหตุ : สารละลายผสมเชื้อ 10%(v/v) เติมกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 10 กรัม/ลิตร และเขย่าที่ความเร็ว 250 รอบต่อนาที

ตารางที่ ผ-15 ค่าพีเอชของสารละลายในกระบวนการลิชชิ่งในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 1 control 9K medium flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 2 *T.ferrooxidans* flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 3 *T.ferrooxidans* flow 10 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 4 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 5/1 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 5/2 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	
	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก
0	2.72	7.03	2.12	7.15	2.01	6.98	2.14	7.01	2.21	6.48	2.27	6.97
1	2.71	7.16	2.64	6.86	2.68	7.03	2.65	6.98	2.70	6.85	2.53	6.94
2	2.84	7.11	2.58	7.02	2.75	6.75	2.58	6.89	2.67	6.83	2.56	6.83
3	2.78	6.98	2.68	6.98	2.54	6.83	2.64	6.96	2.84	6.74	2.63	6.75
4	2.72	6.48	2.78	6.45	2.65	6.99	2.78	6.74	2.78	6.95	2.68	6.66
5	2.76	6.32	2.92	6.73	2.85	6.80	2.84	6.70	2.83	6.97	2.57	6.85
6	2.58	6.54	2.89	6.28	2.74	6.67	2.58	6.70	2.67	7.02	2.84	6.43
7	2.64	6.86	2.74	6.12	2.64	6.43	2.62	6.48	2.84	6.54	2.69	6.86
8	2.78	6.77	2.88	6.75	2.86	6.75	2.89	6.85	2.54	6.83	2.73	6.94
9	2.86	6.57	2.76	6.38	2.56	7.01	2.64	6.37	2.69	6.94	2.68	7.05
10	2.81	7.01	2.84	6.45	2.83	6.84	2.83	6.84	2.53	6.75	2.58	6.84
11	2.77	6.84	2.58	6.94	2.61	6.75	2.76	6.75			2.55	6.98
12	2.58	6.85	2.62	6.75	2.86	6.83	2.58	6.48	2.74	6.92	2.60	7.01
13	2.64	6.12	2.89	6.28	2.63	6.45	2.64	6.57	2.67	6.73		
14	2.70	6.42	2.71	6.52	2.94	6.87	2.86	6.94	2.86	6.54		
15									2.69	6.82	2.53	6.35
16	2.72	6.87	2.67	6.41	2.84	6.76	2.78	6.87	2.57	6.71	2.56	6.54
17	2.70	6.55	2.91	6.25	2.81	6.86	2.92	6.75			2.65	6.86
18	2.88	6.94	2.89	6.35	2.67	6.93	2.77	6.42			2.86	6.66
19	2.92	6.75	2.77	6.86	2.74	6.45	2.70	6.57			2.67	6.54
20	2.89	7.11	2.78	6.58	2.65	6.53	2.84	6.48			2.64	6.86
21									2.68	6.62	2.70	6.68
22									2.67	6.56	2.64	6.32
23									2.84	7.05	2.65	6.25
24									2.59	7.04	2.66	6.40
25	2.78	6.78	2.81	6.75	2.80	6.92	2.58	6.75	2.83	6.75	2.56	6.81
26	2.66	6.84	2.64	6.65	2.87	6.84	2.64	6.74	2.58	6.52	2.78	6.82
27	2.72	6.88	2.89	6.86	2.57	6.74	2.75	6.85	2.64	6.42	2.82	6.83
28	2.74	6.90	2.56	6.37	2.53	6.84	2.64	6.82	2.74	6.45	2.74	7.01
29	2.68	6.72	2.67	6.43	2.64	7.06	2.57	6.91	2.61	7.10	2.75	6.59
30	2.82	6.35	2.78	6.85	2.86	7.14	2.91	7.03	2.56	6.84	2.68	6.32
31	2.67	6.76	2.64	6.95	2.60	6.98	2.86	6.57				
32	2.59	6.86	2.51	6.74	2.74	6.54	2.72	6.81				
33	2.84	6.97	2.85	7.17	2.55	7.12	2.70	7.16				
34	2.75	6.55	2.88	6.84	2.54	6.85	2.64	6.82				
35	2.68	7.13	2.75	6.75	2.67	6.34	2.56	6.43				
36	2.74	6.74	2.63	6.78	2.54	6.84	2.68	6.75				
37	2.63	6.59	2.64	6.48	2.65	6.58	2.74	6.94				
38	2.76	6.86	2.58	6.38	2.76	6.62	2.55	6.97				
39	2.68	6.75	2.67	6.75	2.63	6.67	2.63	6.89				
40	2.65	6.83	2.61	6.85	2.71	6.87	2.70	6.75				
41	2.73	6.54	2.83	7.01	2.84	6.85	2.63	6.43				
42	2.84	6.52	2.84	6.94	2.88	6.58	2.67	6.75				
43	2.56	6.86	2.88	6.83	2.63	6.75	2.74	6.42				
44	2.86	6.74	2.73	6.97	2.67	6.45	2.88	6.59				
45	2.83	6.91	2.81	6.44	2.84	6.82	2.64	6.83				
46	2.76	6.80	2.69	6.58	2.50	6.62	2.56	6.29				
47	2.81	6.97	2.59	6.84	2.58	6.91	2.59	6.48				
48												
49												
50	2.53	7.02	2.63	6.52	2.66	7.06	2.60	6.98				
51	2.63	6.54	2.66	6.35	2.66	6.56	2.71	6.54				
52	2.58	6.88	2.86	6.85	2.85	6.46	2.63	6.75				
53	2.64	6.45	2.76	6.45	2.75	6.74	2.56	6.83				
54	2.77	6.56	2.85	6.75	2.70	6.41	2.64	6.42				
55	2.85	6.75	2.85	6.88	2.84	6.23	2.88	6.55				
56	2.57	6.32	2.88	6.92	2.91	6.86	2.68	6.75				
57	2.86	6.85	2.64	6.40	2.56	6.51	2.57	6.54				
58	2.65	6.46	2.74	7.06	2.88	6.60	2.66	6.84				
59	2.63	6.75	2.59	6.84	2.90	6.35	2.80	6.61				
60	2.55	6.54	2.80	6.84	2.71	6.80	2.64	6.70				

ตารางที่ ผ-15 (ต่อ) ค่าพีเอชของสารละลายในกระบวนการลิชชิ่งในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 5/3 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 5/4 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 5/5 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 5/6 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 5/7 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 6 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	
	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก
0	2.21	5.86	2.18	5.23	2.06	5.84	2.11	5.16	2.01	5.78	2.11	5.89
1	2.64	6.34	2.67	5.65	2.68	5.32	2.68	4.86	2.75	5.68	2.65	6.02
2	2.71	6.20	2.75	5.68	2.72	5.66	2.66	5.23	2.68	5.96	2.68	5.67
3	2.74	6.30	2.82	5.62	2.72	5.12	2.67	5.21	2.66	5.68	2.71	5.88
4	2.77	6.37	2.63	5.84	2.74	5.28	2.74	5.33	2.74	5.56	2.82	5.63
5	2.80	5.82	2.81	6.03	2.65	5.42	2.76	5.24	2.86	5.43	2.78	5.42
6	2.64	5.64	2.84	6.11	2.64	5.56	2.81	5.50	2.82	5.68	2.66	5.38
7	2.67	5.89	2.74	6.21	2.67	5.74	2.59	5.34	2.74	5.42	2.80	5.74
8	2.76	5.61			2.68	6.06	2.75	5.44			2.75	5.21
9	2.65	5.53	2.65	5.90	2.82	6.13	2.64	5.60			2.72	5.35
10	2.59	5.28	2.71	5.34	2.64	6.04	2.68	5.53	2.67	5.16	2.71	5.30
11	2.73	5.46	2.65	5.21	2.67	5.88	2.74	5.58	2.59	5.68	2.75	5.63
12	2.64	5.89	2.73	5.48	2.74	5.46	2.68	5.62	2.63	5.48	2.68	5.99
13	2.77	5.75	2.70	5.50	2.60	5.12	2.66	5.34	2.66	5.42	2.64	6.01
14	2.78	6.40	2.58	5.64	2.80	5.42	2.58	5.70	2.65	5.21	2.53	6.12
15	2.68	6.12	2.62	5.66	2.52	5.51			2.80	5.03	2.61	6.13
16	2.71	6.37	2.64	6.02	2.59	5.56	2.75	5.11	2.74	4.68	2.62	5.75
17	2.68	6.24	2.66	6.40	2.68	5.60	2.64	4.86	2.76	4.96	2.71	5.84
18	2.81	6.11	2.65	6.11	2.67	5.43	2.63	4.78	2.63	4.88	2.76	5.36
19	2.82	5.87	2.74	6.03	2.64	5.75	2.72	4.98	2.69	5.21	2.81	5.88
20	2.74	5.69	2.84	6.14	2.56	5.64	2.73	5.63	2.84	5.36	2.74	5.32
21	2.83	5.84	2.78	5.75	2.86	5.70	2.75	5.42	2.74	5.16	2.62	5.74
22	2.76	6.23	2.80	5.78	2.69	5.75	2.58	5.34	2.76	5.74	2.81	5.16
23	2.76	6.12	2.76	6.04			2.64	5.33	2.67	5.36	2.66	6.03
24	2.75	6.21	2.79	6.08			2.68	5.51	2.68	5.42	2.76	6.21
25	2.78	6.23	2.74	5.88	2.75	5.66	2.66	5.38	2.66	5.16	2.58	6.34
26			2.65	5.42	2.81	5.70	2.60	5.64	2.58	5.23		
27	2.76	5.61	2.68	5.21	2.78	6.03	2.70	4.86	2.63	5.39	2.71	6.51
28	2.64	5.68	2.70	5.54	2.73	6.11	2.75	5.22	2.65	5.46	2.75	6.52
29	2.58	5.75	2.68	5.85	2.67	6.16	2.81	4.98	2.67	5.47	2.65	6.11
30	2.70	6.22	2.61	6.15	2.72	6.02	2.64	5.23	2.75	4.76	2.69	5.98
31											2.81	5.94
32											2.66	5.76
33											2.75	5.63
34											2.64	6.01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-15 (ต่อ) ค่าพีเอชของสารละลายในกระบวนการลิชชิ่งในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 7 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 10 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 8 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 20 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 9 control 9K medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 10 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 11 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 40 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 12 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 50 g/L sludge 500 g.	
	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก
0	2.08	5.67	2.14	5.54	2.78	6.03	2.15	5.62	2.03	5.64	2.11	5.62
1	2.68	5.84	2.71	5.67	2.72	6.11	2.59	5.34	2.65	5.66	2.66	5.72
2	2.71	5.32	2.71	5.32	2.86	5.98	2.69	5.30	2.60	5.84	2.65	5.54
3	2.68	5.88	2.66	5.36	2.74	6.04	2.70	5.42	2.68	5.60	2.63	5.63
4	2.72	5.63	2.71	5.43	2.89	5.88	2.72	5.55	2.75	5.34	2.64	5.75
5	2.54	6.01	2.73	5.44	2.58	5.76	2.65	5.57	2.80	5.84	2.73	5.60
6	2.66	5.32	2.68	5.84	2.67	6.03	2.62	5.80	2.64	5.88	2.75	5.88
7	2.68	6.02	2.59	5.67	2.56	6.12	2.63	5.78	2.65	5.76	2.81	5.94
8	2.71	6.38	2.60	6.03	2.63	5.87	2.75	5.64	2.74	6.03	2.68	6.08
9	2.81	6.46	2.65	6.32	2.68	5.75	2.81	5.09	2.73	6.54	2.64	6.34
10	2.79	5.87	2.70	6.11	2.67	6.09	2.56	5.16	2.71	6.60	2.56	6.75
11	2.59	5.68	2.75	6.20	2.75	5.88	2.84	5.46	2.64	6.59	2.59	6.54
12	2.64	5.99	2.68	6.45	2.85	5.73	2.71	5.88	2.68	6.78	2.86	6.02
13	2.75	6.20	2.71	6.50	2.67	6.00	2.77	5.74	2.76	7.03	2.81	6.85
14	2.61	6.32	2.72	5.86	2.64	5.89	2.68	5.36				
15	2.66	6.22	2.68	5.87			2.62	6.01				
16	2.63	5.86	2.75	5.80			2.64	5.84				
17	2.72	5.88	2.74	5.72	2.71	5.54	2.65	5.34				
18	2.68	5.76	2.68	5.43	2.69	5.73	2.63	5.63				
19	2.71	5.64	2.66	5.16	2.57	5.68	2.71	5.67				
20	2.66	5.31	2.81	5.30	2.80	6.05	2.81	5.62				
21	2.70	5.32	2.75	5.60	2.84	5.86	2.61	5.34				
22	2.65	5.16	2.77	5.46	2.64	5.42	2.56	5.36				
23	2.70	5.42	2.81	5.40	2.76	5.88	2.85	5.34				
24	2.75	5.26	2.71	5.12	2.85	5.37	2.68	5.61				
25	2.66	5.32	2.65	5.03	2.64	5.64	2.73	5.70				
26					2.69	5.72						
27	2.58	6.72	2.61	6.42	2.75	6.42	2.63	5.86				
28	2.61	6.50	2.66	6.11	2.83	6.31	2.60	5.32				
29	2.84	6.43	2.65	6.42	2.64	6.08	2.81	5.11				
30	2.56	6.35	2.75	6.45	2.55	5.94	2.76	5.20				
31	2.74	6.60	2.80	6.20			2.63	5.16				
32	2.68	6.42	2.59	5.88	2.59	5.65	2.76	5.38				
33	2.58	5.98	2.64	5.70	2.58	6.07	2.68	5.49				
34	2.61	5.88	2.60	5.74	2.67	6.23	2.67	5.68				
35					2.63	5.45						
36					2.66	5.51						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-15 (ต่อ) ค่าพีเอชของสารละลายในกระบวนการลิชชิ่งในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 13 control 9K medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 250 g.		ชุดการทดลอง 14 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 250 g.		ชุดการทดลอง 15 control thiomedium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0 g./g. sludge sludge 250 g.		ชุดการทดลอง 16 *T.thiooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0 g./g. sludge sludge 260 g.		ชุดการทดลอง 17 control thiomedium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0.2 g./g. sludge sludge 250 g.		ชุดการทดลอง 18 *T.thiooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0.2 g./g. sludge sludge 250 g.	
	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก	เข้า	ออก
0	2.80	6.03	1.98	5.83	4.23	7.05	1.98	4.78	1.68	4.36	1.72	4.29
1	2.85	6.12	2.53	5.74	4.36	7.12	4.28	6.85	1.75	4.42	1.76	4.32.
2	2.76	6.23	2.63	5.96	4.25	7.21	4.32	6.63	1.86	4.21	1.56	4.52
3	2.63	5.88	2.64	5.52	4.11	7.34	4.16	6.75	1.74	4.36	1.86	4.36
4	2.56	5.69	2.66	5.63	4.35	6.98	4.05	6.86	1.86	4.26	1.64	4.35
5	2.68	5.76	2.88	5.51	4.42	6.86	4.06	6.79	1.75	4.46	1.62	4.40
6	2.90	5.86	2.75	5.36	4.24	6.56	4.07	6.82	1.89	4.38	1.52	4.38
7	2.74	6.04	2.69	6.04	4.31	6.75	4.11	7.11	1.64	4.62	1.62	4.29
8	2.76	6.32	2.64	6.12	4.36	6.84	4.32	7.12	1.67	4.38	1.56	4.19
9	2.63	6.19	2.66	5.52								
10	2.67	5.69	2.90	5.66								
11	2.69	5.89	2.64	5.45	4.12	6.86	4.20	6.75	1.67	4.31	1.67	4.35
12	2.58	5.31	2.76	5.75	4.15	6.75	4.10	6.94	1.69	4.36	1.72	4.65
13	2.84	5.42	2.53	5.69	4.17	6.67	4.15	6.89	1.56	4.20	1.84	4.18
14	2.86	5.61	2.86	5.87	4.21	6.79	4.19	6.97	1.58	4.16	1.76	4.37
15					4.03	6.80	4.16	6.35	1.54	4.18	1.65	4.28
16					4.06	6.74	4.14	6.75	1.75	4.27	1.68	4.33
17	2.76	5.82	2.51	6.42	4.05	6.89	4.25	6.42	1.80	4.30	1.75	4.50
18	2.69	5.63	2.75	5.63	4.03	6.92	4.23	6.52	1.68	4.33	1.64	4.55
19	2.64	5.69	2.76	5.95	4.23	7.16	4.13	6.85	1.63	4.23	1.86	4.51
20	2.60	5.64	2.86	5.68	4.17	7.25	4.18	6.75	1.64	4.28	1.82	4.36
21	2.80	6.08	2.75	5.64	4.33	7.14	4.16	6.49	1.82	4.16	1.73	4.26
22	2.75	6.11	2.60	5.67	4.25	7.03	4.30	6.50	1.84	4.15	1.65	4.60
23	2.56	6.26	2.80	6.03	4.32	6.97	4.31	6.80	1.64	4.58	1.68	4.31
24	2.63	5.94	2.66	6.16	4.26	6.99	4.26	6.72	1.68	4.55	1.56	4.23
25	2.56	5.67	2.59	6.46								
26	2.63	5.88	2.58	5.82	4.37	6.85	4.33	6.58	1.75	4.36	1.80	4.62
27	2.66	5.64	2.76	5.26	4.28	7.03	4.25	6.66	1.64	4.35	1.70	4.38
28	2.69	5.57	2.86	5.45	4.22	7.11	4.30	6.53	1.63	4.26	1.72	4.32
29	2.95	5.31	2.65	5.26	4.20	7.21	4.10	6.74	1.55	4.29	1.62	4.36
30	2.68	5.26	2.53	5.68	4.10	7.15	4.16	6.78	1.60	4.33	1.63	4.56
31					4.06	6.89	4.18	6.80	1.89	4.35	1.68	4.37
32	2.56	5.16	2.63	5.32	4.05	6.93	4.29	6.79	1.94	4.61	1.56	4.28
33	2.50	5.48	2.86	5.82	4.09	6.95	4.06	6.92	1.78	4.23	1.64	4.19
34	2.68	5.46	2.66	5.26	4.13	6.75	4.05	6.75	1.86	4.54	1.75	4.35
35	2.67	5.42	2.64	5.11	4.16	6.85	4.11	6.87	1.85	4.51	1.68	4.26
36	2.80	5.26	2.69	5.03	4.21	6.94	4.02	6.89	1.67	4.26	1.84	4.33
37	2.76	5.04	2.81	5.06	4.27	6.89	4.08	6.74	1.57	4.34	1.63	4.65
38					4.25	6.87	4.15	6.85	1.56	4.65	1.64	4.23
39					4.15	6.69	4.21	6.75	1.84	4.35	1.73	4.62
40	2.68	5.16	2.75	5.44	4.33	6.59	4.16	6.88	1.76	4.36	1.55	4.35
41	2.74	5.32	2.83	5.67	4.35	6.74	4.11	6.45	1.68	4.23	1.60	4.16
42	2.75	5.11	2.79	5.32	4.26	6.38	4.23	6.75	1.59	4.16	1.85	4.25
43	2.69	4.95	2.68	5.16	4.15	6.85	4.19	6.32	1.94	4.18	1.64	4.26
44	2.66	4.87	2.88	5.23	4.21	6.84	4.18	6.49	1.67	4.32	1.67	4.30
45	2.74	4.68	2.84	5.06								
46	2.82	5.06	2.67	4.89								
47	2.64	4.93	2.59	5.63	4.08	6.58	4.15	6.59	1.84	4.40	1.52	4.42
48	2.85	4.76	2.68	5.51	4.05	6.54	4.11	6.98	1.67	4.35	1.74	4.27
49					4.18	6.63	4.12	6.75	1.67	4.26	1.56	4.26
50					4.11	6.67	4.18	6.98	1.86	4.37	1.85	4.31
51					4.09	6.82	4.23	6.78	1.75	4.62	1.80	4.25
52	2.69	4.63	2.65	4.93	4.25	6.64	4.16	6.48	1.84.	4.51	1.62	4.25
53	2.72	5.12	2.77	5.06	4.21	6.57	4.15	6.38	1.63	4.38	1.74	4.12
54	2.74	5.22	2.84	5.17					1.78	4.25	1.69	4.23
55	2.78	5.34	2.86	5.23					1.69	4.32	1.75	4.36
56	2.77	5.16	2.92	5.08					1.85	4.41	1.78	4.19
57	2.85	5.06	2.97	5.24					1.74	4.16	1.84	4.05
58	2.74	5.11	2.93	5.36					1.75	4.05	1.82	4.08
59	2.69	4.95	2.81	5.35					1.82	4.23	1.74	4.11
60	2.84	4.87	2.84	5.06					1.85	4.35	1.68	4.16

ตารางที่ ผ-16 ค่าโออาร์พี (mV.) ของสารละลายในกระบวนการลิชชิ่งในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 1 control 9K medium flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 2 *T.ferrooxidans* flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 3 *T.ferrooxidans* flow 10 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 4 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 5/1 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 5/2 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 5/3 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	
	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก
0	313	148	497	167	524	198	503	224	507	188	487	152	488	126
1	302	126	501	167	531	212	493	254	513	198	498	168	469	112
2	284	132	441	168	526	164	489	212	526	167	477	162	462	131
3	255	142	467	144	513	153	468	211	503	158	468	134	436	152
4	252	116	456	195	498	162	497	197	496	211	438	152	384	123
5	311	115	474	163	501	146	457	146	467	223	469	134	362	121
6	275	134	447	126	467	167	468	161	483	164	497	175	313	94
7	236	167	461	163	462	118	452	139	491	175	356	164	326	86
8	312	124	432	184	478	134	438	184	484	185	426	105	341	62
9	288	134	438	126	438	134	461	167	437	154	411	118	288	45
10	276	112	459	135	462	162	417	155	395	134	367	161	264	63
11	265	152	472	175	459	138	394	135			345	135	256	66
12	278	116	461	145	416	139	456	110	376	165	321	119	231	88
13	288	136	438	177	405	116	462	126	381	174			212	102
14	261	106	414	134	397	108	473	121	346	112			206	103
15									368	106	303	92	255	95
16	276	112	402	112	419	117	382	136	348	95	356	125	243	86
17	267	152	412	136	367	161	364	58			316	116	261	74
18	203	116	416	156	378	134	384	64			304	118	220	75
19	264	153	398	134	406	167	385	91			298	107	216	63
20	231	176	379	126	394	98	356	116			346	104	236	68
21									346	84	367	124	224	86
22									286	62	346	132	263	75
23									335	52	313	113	243	82
24									267	103	294	145	256	106
25	254	113	302	98	306	142	316	156	286	116	261	118	231	98
26	267	102	309	54	356	221	292	212	306	82	226	98		
27	231	168	287	126	315	165	342	142	302	74	215	98	212	68
28	258	145	352	101	276	163	361	165	315	116	234	106	206	74
29	219	132	297	84	359	137	367	174	356	106	212	86	198	65
30	263	106	316	59	264	116	284	112	348	111	221	75	205	57
31	254	91	319	63	332	95	316	114						
32	233	159	302	78	329	76	362	63						
33	204	106	367	112	346	62	306	165						
34	210	134	354	123	316	103	271	167						
35	234	103	328	126	326	136	348	135						
36	211	78	364	142	352	113	339	113						
37	216	115	279	134	362	117	264	106						
38	224	134	288	72	346	129	337	109						
39	231	132	306	88	355	84	355	94						
40	271	167	291	154	317	106	342	98						
41	221	164	366	162	342	108	294	75						
42	236	152	306	136	296	113	267	88						
43	226	141	316	164	267	126	285	112						
44	253	126	348	128	348	152	345	116						
45	245	103	356	141	267	103	262	117						
46	259	169	272	137	352	141	278	127						
47	266	156	311	119	264	112	267	103						
48														
49														
50	263	110	284	153	288	106	312	162						
51	256	98	303	136	306	78	306	133						
52	286	102	311	126	316	66	304	152						
53	267	65	126	142	342	108	309	104						
54	246	76	341	123	298	162	298	113						
55	285	116	298	101	286	103	288	75						
56	270	108	306	94	274	144	278	86						
57	211	114	344	98	306	112	284	113						
58	206	98	279	112	312	106	311	106						
59	284	106	346	103	310	102	298	109						
60	267	116	306	114	304	110	303	116						

ตารางที่ ผ-16(ต่อ) ค่าโอยาร์พี (mV.) ของสารละลายในกระบวนการลิชชิ่งในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 5/4 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 6 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 7 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 10 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 8 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 20 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 10 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 11 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr 20% innoculum Fe^{2+} 40 g/L sludge 500 g.		ชุดการทดลอง 12 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 50 g/L sludge 500 g.	
	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก	เช้า	ออก
0	498	147	501	174	497	154	498	124	498	143	512	142	503	112
1	502	112	506	167	498	150	487	94	506	112	503	103	488	86
2	488	106	468	112	412	134	487	103	493	104	467	86	476	46
3	432	85	435	86	426	96	450	112	465	112	423	77	423	73
4	366	74	456	63	398	86	426	106	437	66	448	96	453	52
5	326	62	422	76	376	75	462	93	486	86	376	46	401	61
6	341	88	398	18	388	64	411	64	412	94	331	86	387	46
7	335	94	376	135	346	86	376	67	409	76	356	75	345	86
8	286	61	385	146	350	62	389	53	376	63	376	103	331	75
9	264	75	362	98	321	97	352	82	354	46	389	112	320	56
10	221	84	346	115	326	108	346	84	320	78	321	69	284	57
11	225	103	321	63	342	112	312	76	267	103	276	64	221	86
12	264	88	286	42	277	113	316	106	286	75	257	43	246	84
13	223	64	264	121	289	76	279	86	245	78	244	31	211	88
14			273	111	264	56	264	84	203	66				
15			226	63	250	84	256	96	212	89				
16			246	86	234	76	221	97	221	76				
17			264	84	238	104	213	103	226	98				
18			256	76	206	78	208	116	230	106				
19			232	98	264	88	198	120	207	113				
20			246	106	256	56	176	116	216	106				
21			256	113	236	102	225	96	264	67				
22			237	106	264	113	234	86	253	86				
23			248	67	275	96	266	73	237	88				
24			264	86	262	63	236	61	241	75				
25			256	84	241	46	264	64	206	43				
26														
27			213	86	222	53	241	88	264	42				
28			211	57	203	83	236	86	236	63				
29			236	88	220	76	263	63	237	64				
30			264	110	216	94	221	67	264	66				
31			264	63	228	76	203	53	237	69				
32			212	76	238	98	254	57	263	84				
33			211	67	176	46	213	68	220	41				
34			188	63	186	52	241	41	201	63				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-17 ปริมาณโปรตีน(มิลลิกรัม/ลิตร)ในสารละลายจากการลิชชิ่งนิกเกิลในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 1 control 9K medium flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 2 *T.ferrooxidans* flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 3 *T.ferrooxidans* flow 10 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 4 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/1 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/2 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.
0	0	72	68	71	64	72
1	0	22	28	32	24	22
2						24
3		24	27	29	19	
4						24
5		16	24	22	12	
6						16
7		15	17	13	7	
8						15
9		8	9	7	3	
10						8
11		3	4	3		
12					3	3
13	0	1	1	3		
14					1	
15						1
16		1	1	1	1	
17						0
18		2	1	1		
19						0
20		1	1	2		
21					2	0
22						
23					2	0
24						
25		1	0	0	1	1
26						
27	0	2	2	2	1	0
28						
29		2	2	2	0	
30						0
31		1	0	1		
32						
33		0	1	1		
34						
35		0	0	0		
36						
37		1	1	1		
38						
39		0	0	0		
40						
41	0	1	1	1		
42						
43		0	0	0		
44						
45		1	1	1		
46						
47		1	1	1		
48						
49						
50		1	0	1		
51						
52		1	1	1		
53						
54		0	1	0		
55						
56		1	1	0		
57						
58		1	1	1		
59						
60	0	1	0	1		

ตารางที่ ผ-17(ต่อ) ปริมาณโปรตีน(มิลลิกรัม/ลิตร)ในสารละลายจากการลิขชิ่งนิกเกิลในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 5/3 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/4 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/5 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/6 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/7 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 6 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.
0	68	60	65	62	62	124
1	28	22	28	24	34	32
2	25	17	21	15	24	
3						36
4	30	12	16	12	18	
5						
6						34
7	28	8	12	8	6	
8						
9						22
10	14	8	10	4	4	
11						
12						25
13	4	6	4	4	2	
14						
15						10
16	0	4	2	3	2	
17						
18						5
19	0	0	0	1	1	
20						
21						0
22	0	0	0	0	0	
23						
24						2
25	0	0	0	0	0	
26						
27	0				0	0
28		0	0	0		
29						
30	0	0	0	0	0	0
31						
32						
33						
34						0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-17(ต่อ) ปริมาณโปรตีน(มิลลิกรัม/ลิตร)ในสารละลายจากการลิชชิ่งนิกเกิลในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 7 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 10 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 8 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 20 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 9 control 9K medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 10 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 11 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 40 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 12 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 50 g/L sludge 500 g.
0	132	110	0	142	134	138
1	38	42		46	34	42
2						
3	34	36		32		
4					28	32
5						
6	28	28		24		
7					22	24
8						
9	32	32		28		
10					4	8
11						
12	18	22		16		
13					0	0
14			0			
15	8	8		4		
16						
17						
18	0	0		2		
19						
20						
21	0	2		1		
22						
23						
24	0	0		0		
25						
26						
27	0	0		0		
28			0			
29						
30	0	0		0		
31						
32						
33						
34	0	0		0		
35						
36			0			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-17(ต่อ) ปริมาณโปรตีน(มิลลิกรัม/ลิตร)ในสารละลายจากการลิชชิ่งนิกเกิลในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 13 control 9K medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 250 g.	ชุดการทดลอง 14 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 250 g.	ชุดการทดลอง 15 control thio medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0 g./g. waste sludge 250 g.	ชุดการทดลอง 16 *T.thiooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0 g./g. waste sludge 250 g.	ชุดการทดลอง 17 control thio medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0.2 g./g. waste sludge 250 g.	ชุดการทดลอง 18 *T.thiooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0.2 g./g. waste sludge 250 g.
0	0	122	0	64	0	56
1		72		66		32
2				60		21
3		66				
4						
5		50		54		14
6						
7						
8		42		48		6
9						
10						
11		28		42		4
12						
13						
14	0	14		44		2
15						
16						
17		6		36		0
18						
19						
20		2	0	33	0	0
21						
22						
23		0		31		2
24						
25						
26		0		22		0
27						
28	0	2				
29				21		0
30		0				
31						
32				18		0
33		0				
34						
35				24		0
36	0	0				
37						
38				22		2
39						
40						
41				20		0
42						
43						
44				20		0
45						
46						
47				22		0
48						
49						
50				18		0
51						
52						
53			0	18	0	0

ตารางที่ ผ-18 ปริมาณเหล็กเฟอร์รัส (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่คงเหลืออยู่ในสารละลายจากการลิชชิ่งนิกเกิลในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 1 control 9K medium flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 0% inoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 2 *T.ferrooxidans* flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 10% inoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 3 *T.ferrooxidans* flow 10 ml./cm.^{2}/hr. 10% inoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 4 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 10% inoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/1 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% inoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/2 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% inoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/3 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% inoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.
0	3760	3640	3560	3640	3600	3780	3560
1	2960	2940	2940	2960	2960	2440	2620
2						1960	1680
3	1640	2640	2560	2260	2820		
4						1300	1120
5	840	1640	1360	1640	1880		
6						1020	
7	420	1060	1100	840	1380		610
8						680	
9	160	770	800	770	690		
10						160	140
11	5	530	660	550			
12					550	61	
13	0	150	370	380			42
14					290		
15						22	
16	0	6	18	66	6		12
17						1	
18	0	0	7	4			
19						0	0
20	0	0	0	0			
21					0	1	
22							0
23					0	0	
24							
25	0	0	0	0	2	0	0
26							
27	0	1	0	0	0	0	0
28							
29	0	0	0	0	0		
30						0	0
31	0	0	0	0			
32							
33	0	0	0	1			
34							
35	0	0	0	0			
36							
37	0	0	0	0			
38							
39	0	0	0	0			
40							
41	0	0	0	1			
42							
43	0	1	0	0			
44							
45	0	0	1	0			
46							
47	0	0	2	1			
48							
49							
50	0	0	0	0			
51							
52	0	1	0	0			
53							
54	0	0	0	0			
55							
56	1	0	0	0			
57							
58	1	1	0	0			
59							
60	0	0	1	1			

ตารางที่ ผ-18(ต่อ) ปริมาณเหล็กเฟอร์รัส (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่คงเหลืออยู่ในสารละลายจากการลิชชิ่งนิกเกิลในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 5/4 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% Innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/5 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% Innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/6 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% Innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/7 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% Innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 6 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% Innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 7 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 10 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 8 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 20 g/L sludge 500 g.
0	3580	3620	3720	3460	3460	8620	17800
1	2820	2700	2680	2740	2520	6440	14200
2	1580	1880	1520	1620			
3					1680	3840	9460
4	1120	1060	980	880			
5							
6					720	2220	6840
7	560	460	320	460			
8							
9					200	1540	4460
10	98	87	42	125			
11							
12					20	880	2540
13	35	28	22	68			
14							
15					8	640	1840
16	8	6	6	41			
17							
18					8	300	980
19	2	4	0	16			
20							
21					4	170	620
22	0	0	0	2			
23							
24					0	21	320
25	0	0	0	0			
26							
27				0	0	5	150
28	0	0	0				
29							
30	0	0	0	0	0	0	8
31							
32							
33							
34					1	0	0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-18(ต่อ) ปริมาณเหล็กเฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่คงเหลืออยู่ในสารละลายจากการลิชชิ่งนิกเกิลในคอลัมน์โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 9 control 9K medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 10 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 11 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 40 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 12 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 50 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 13 control 9K medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 250 g.	ชุดการทดลอง 14 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 250 g.
0	27500	26800	36200	45200	26200	27000
1	21400	24200	31300	41400	20400	25400
2						
3	16800	20200			15400	22800
4			16800	32300		
5	14200				13700	20700
6		16500				
7			8800	16200		
8	10200				9600	17400
9		12400				
10			4220	8400		
11	5400				6200	10700
12		7640				
13			1880	4260		
14	3250				4120	6500
15		4880				
16						
17	1280				2240	4120
18		1880				
19						
20	580				960	2250
21		1080				
22						
23	120				520	1020
24		670				
25						
26	48				360	560
27		280				
28	5				210	320
29						
30	2	22			58	110
31						
32						
33	0				8	42
34		2				
35						
36	0				0	6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-19 เปอร์เซนต์เหล็กเฟอร์รัสที่คงเหลืออยู่ในสารละลายจากการลิชชิ่งนิกเกิลในคอลัมน์ โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 1 control 9K medium flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 2 *T.ferrooxidans* flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 3 *T.ferrooxidans* flow 10 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 4 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/1 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/2 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/3 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	78.72	80.77	82.12	81.32	84.57	84.55	73.60
2						51.85	47.19
3	43.82	72.53	72.07	62.09	74.86		
4						34.39	31.46
5	22.34	45.05	37.99	45.05	48.00		
6						26.98	
7	11.17	29.12	30.73	23.08	39.43		17.13
8						17.99	
9	4.26	21.15	22.35	21.15	19.71		
10						4.23	3.93
11	0.13	14.56	18.44	15.11			
12					15.71	1.61	
13	0.00	4.12	10.34	10.44			1.18
14					8.29		
15						0.58	
16	0.00	0.16	0.50	1.81	0.17		0.34
17						0.03	
18	0.00	0.00	0.20	0.11			
19						0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00			
21					0.00	0.03	
22							0.00
23					0.00	0.00	
24							
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
26							
27	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28							
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
30						0.00	0.00
31	0.00	0.00	0.00	0.00			
32							
33	0.00	0.00	0.00	0.03			
34							
35	0.00	0.00	0.00	0.00			
36							
37	0.00	0.00	0.00	0.00			
38							
39	0.00	0.00	0.00	0.00			
40							
41	0.00	0.00	0.00	0.03			
42							
43	0.00	0.03	0.00	0.00			
44							
45	0.00	0.00	0.03	0.00			
46							
47	0.00	0.00	0.06	0.03			
48							
49							
50	0.00	0.00	0.00	0.00			
51							
52	0.00	0.03	0.00	0.00			
53							
54	0.00	0.00	0.00	0.00			
55							
56	0.03	0.00	0.00	0.00			
57							
58	0.03	0.03	0.00	0.00			
59							
60	0.00	0.00	0.03	0.03			

ตารางที่ ผ-19(ต่อ) เปอร์เซนต์เหล็กเฟอร์รัสที่คงเหลืออยู่ในสารละลายจากการลิชชิ่งนิกเกิลในคอลัมน์ โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 5/4 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% Innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/5 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% Innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/6 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% Innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/7 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% Innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 6 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% Innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 7 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% Innoculum Fe^{2+} 10 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 8 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% Innoculum Fe^{2+} 20 g/L sludge 500 g.
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	78.77	74.59	72.04	79.19	72.41	74.71	80.88
2	43.58	51.93	40.86	46.82			
3					48.28	44.55	53.75
4	31.28	28.28	26.34	25.43			
5							
6					20.69	25.75	38.86
7	15.64	12.71	8.80	13.29			
8							
9					5.75	17.87	25.34
10	2.74	2.40	1.13	3.61			
11							
12					0.57	10.21	14.43
13	0.98	0.77	0.59	1.97			
14							
15					0.23	7.42	9.32
16	0.22	0.17	0.16	1.18			
17							
18					0.23	3.48	5.45
19	0.06	0.11	0.00	0.46			
20							
21					0.11	1.97	3.52
22	0.00	0.00	0.00	0.06			
23							
24					0.00	0.24	1.82
25	0.00	0.00	0.00	0.00			
26							
27				0.00	0.00	0.06	0.85
28	0.00	0.00	0.00				
29							
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
31							
32							
33							
34					0.03	0.00	0.00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-19(ต่อ) เปอร์เซนต์เหล็กเฟอร์รัสที่คงเหลืออยู่ในสารละลายจากการลิชชิ่งนิกเกิลในคอลัมน์ โดยใช้แบคทีเรีย

วันที่	ชุดการทดลอง 9 control 9K medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 10 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g./l. sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 11 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 40 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 12 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 50 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 13 control 9K medium flow 15 ml./cm.^{2} hr. 0% innoculum Fe^{2+} 30 g L sludge 250 g.	ชุดการทดลอง 14 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2} hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 250 g.
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	77.82	90.30	88.92	91.59	77.86	94.07
2						
3	61.09	75.37			58.78	83.70
4			47.73	71.46		
5	51.64				52.29	76.67
6		61.57				
7			25.00	35.84		
8	37.09				36.64	64.44
9		46.27				
10			11.99	18.58		
11	19.64				23.66	39.63
12		28.51				
13			5.28	9.42		
14	11.82				15.73	24.07
15		18.21				
16						
17	4.65				8.55	15.26
18		7.01				
19						
20	2.11				3.74	8.33
21		4.03				
22						
23	0.44				1.98	3.78
24		2.50				
25						
26	0.17				1.37	2.07
27		1.04				
28	0.02				0.80	1.19
29						
30	0.01	0.08			0.21	0.41
31						
32						
33	0.00				0.03	0.16
34		0.01				
35						
36	0.00				0.00	0.02

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-20 ปริมาณนิกเกิล(มิลลิกรัม/ลิตร)ที่ถูกลิชชิ่งออกจากกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ในคอลัมน์

วันที่	ชุดการทดลอง 1 control 9K medium flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 2 *T.ferrooxidans* flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 3 *T.ferrooxidans* flow 10 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 4 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/1 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/2 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.
0	0	0	0	0	0	0
1	1080	1205	1312	1607	1249	1311
2						2965
3	3596	3275	3468	3321	3279	
4						4945
5	5880	4655	5414	5373	5309	
6						6685
7	6874	6555	7194	6963	6729	
8						8415
9	9980	9075	9584	9643	9179	
10						9005
11	11970	11205	12394	13363		
12					12229	10825
13	12080	11695	13244	14653		
14					13199	
15						11925
16	12080	12645	13514	14673	13499	
17						12135
18	11990	13235	13664	15483		
19						12645
20	12480	13995	14654	15823		
21					14229	12965
22						
23					15459	13045
24						
25	12960	14445	15394	15923	15459	13115
26						
27	13030	14485	16394	16543	15589	13475
28						
29	14000	14505	17174	17303	16049	
30						13315
31	14190	15375	17934	18653		
32						
33	14170	16155	18654	19733		
34						
35	14190	16685	18824	22083		
36						
37	13940	16495	18904	22043		
38						
39	14040	16495	18864	22083		
40						
41	14210	16395	18824	22163		
42						
43	14210	16155	18864	22183		
44						
45	13960	16135	18934	22103		
46						
47	13960	16055	18824	22123		
48						
49						
50	13960	16035	18764	22083		
51						
52	14020	15945	18764	21933		
53						
54	14130	15945	18634	21993		
55						
56	14040	15945	18614	22083		
57						
58	14040	15975	18614	22013		
59						
60	14050	16035	18574	22043		

ตารางที่ ผ-20(ต่อ) ปริมาณนิกเกิล(มิลลิกรัม/ลิตร)ที่ถูกลิชชิ่งออกจากกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ในคอลัมน์

วันที่	ชุดการทดลอง 5/3 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/4 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/5 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/6 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 5/7 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 6 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 4 g/L sludge 500 g.
0	0	0	0	0	0	0
1	2180	2585	1510	772	75	2798
2	4158	3585	3270	1752	114	5528
3						7568
4	8458	6965	6270	3492	132	
5						
6						11148
7	10888	11485	8070	4852	190	
8						
9						11928
10	13848	13245	9870	5832	253	
11						
12						13148
13	14958	14085	12270	6092	331	
14						
15						14268
16	16318	14485	12470	6792	533	
17						
18						15388
19	16068	14485	12870	7002	729	
20						
21						16378
22	16068	14885	12670	7212	819	
23						
24						19758
25	16188	15085	12870	7612	929	
26						
27	16238				979	22148
28		15085	12770	7762		
29						
30	16278	15085	12970	7882	959	22218
31						
32						
33						
34						22098

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-20(ต่อ) ปริมาณนิกเกิล(มิลลิกรัม/ลิตร)ที่ถูกลิชชิ่งออกจากกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ในคอลัมน์

วันที่	ชุดการทดลอง 7 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 10 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 8 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 20 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 9 control 9K medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 10 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 11 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 40 g/L sludge 500 g.	ชุดการทดลอง 12 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 50 g/L sludge 500 g.
0	0	0	0	0	0	0
1	2379	2608	1890	3182	2240	2612
2	6839	7458		8132	8160	7512
3	10679	13848	5210	11832		
4					12370	9382
5			7480			
6	11359	15748		15232		
7					15370	12662
8			9650			
9	13459	15948		16452		
10					16770	16132
11			10520			
12	15019	16648		18482		
13					18430	18062
14			12540			
15	15649	17128		20372		
16						
17			12780			
18	16849	20828		21472		
19						
20			13420			
21	18459	23158		23232		
22						
23			13520			
24	22039	22248		22912		
25						
26			15260			
27	22259	22548		23172		
28			17200			
29						
30	22419	22508	17890	23112		
31						
32						
33			17920			
34	22499	22528		23372		
35						
36			18000			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-20(ต่อ) ปริมาณนิกเกิล(มิลลิกรัม/ลิตร)ที่ถูกลิชชิ่งออกจากกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ในคอลัมน์

วันที่	ชุดการทดลอง 13 control 9K medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 250 g.	ชุดการทดลอง 14 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g/L sludge 250 g.	ชุดการทดลอง 15 control thio medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0 g./g. waste sludge 250 g.	ชุดการทดลอง 16 *T.thiooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0 g./g. waste sludge 250 g.	ชุดการทดลอง 17 control thio medium flow 15 ml. cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0.2 g./g. waste sludge 250 g.	ชุดการทดลอง 18 *T.thiooxidans* flow 15 ml. cm.^{2} hr. 20% innoculum S 0.2 g./g. waste sludge 250 g.
0	0	0	0	0	0	0
1	1920	5488	742	1188	653	950
2			1640	2150	1302	1867
3	4850	9858				
5	6640	10658	2950	3678	2260	3260
8	8250	11258	3340	4288	2570	3567
11	9120	12238	3620	4898	2760	4757
14	9850	13038	4220	6238	2960	4957
17	11250	13568	4860	6998	3340	5337
20	11360	13478	5210	7208	4620	6617
23	11590	15428	5740	7738	5160	7177
26	14970	17698	6350	7848	5640	8637
28	15800	18688				
29			6870	7868	6680	10577
30	15920	20138				
32			7230	9028	7290	11157
33	16120	20598				
35			8120	10138	7480	12247
36	16200	21488				
38			8840	10818	8160	13017
40	16800	21788				
41			8920	11938	9250	13477
44	16500	24088	9220	12038	9770	13497
47			9180	12138	9720	13417
48	16700	24488				
50			9320	12178	9730	13397
52	17200	24088				
53			9220	12258	9840	13417
56	17100	24788			10300	16897
60	17300	24588			11000	20797
64	17700	24288			13100	23897
67	18100	24488			14500	26697
70	18200	24988			15300	29497
74	18500	24688			16400	30297
78	19200	26488			17400	31097
82	19100	27988			17800	31897
86	19500	29088			18200	34997
90	19700	33488			19400	35397
94	19600	33688			20500	35797
98	19900	33588			21200	36897
102	21000	33088			22400	40097
106	21500	32988			22500	39797
110	21200	33488			22800	39897
114	21100	33388			23000	39797
121	21800	33888			23200	39497
128	22200	33588			23400	40497
135	22140	34888			23820	40097
142	22500	34588			23880	39897
149	22400	34688			23880	39797
150	22440	34788			24000	40097

ตารางที่ ผ-21 การลิชชิ่งนิกเกิล (%) ออกจากกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ในคอลัมน์

วันที่	ชุดการทดลองที่ 1 control 9K medium flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 4 g/L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 2 *T.ferrooxidans* flow 5 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 3 *T.ferrooxidans* flow 10 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 4 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 5/1 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 5/2 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L waste 500 g.
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.51	0.57	0.62	0.76	0.59	0.62
2						1.40
3	1.70	1.55	1.64	1.57	1.55	
4						2.34
5	2.78	2.20	2.56	2.54	2.51	
6						3.16
7	3.25	3.10	3.40	3.29	3.18	
8						3.98
9	4.72	4.29	4.53	4.56	4.34	
10						4.26
11	5.66	5.30	5.86	6.32		
12					5.78	5.12
13	5.71	5.53	6.26	6.93		
14					6.24	
15						5.64
16	5.71	5.98	6.39	6.94	6.38	
17						5.74
18	5.67	6.26	6.46	7.32		
19						5.98
20	5.90	6.62	6.93	7.48		
21					6.73	6.13
22						
23					7.31	6.17
24						
25	6.13	6.83	7.28	7.53	7.31	6.20
26						
27	6.16	6.85	7.75	7.82	7.37	6.37
28						
29	6.62	6.86	8.12	8.18	7.59	
30						6.30
31	6.71	7.27	8.48	8.82		
32						
33	6.70	7.64	8.82	9.33		
34						
35	6.71	7.89	8.90	10.44		
36						
37	6.59	7.80	8.94	10.42		
38						
39	6.64	7.80	8.92	10.44		
40						
41	6.72	7.75	8.90	10.48		
42						
43	6.72	7.64	8.92	10.49		
44						
45	6.60	7.63	8.95	10.45		
46						
47	6.60	7.59	8.90	10.46		
48						
49						
50	6.60	7.58	8.87	10.44		
51						
52	6.63	7.54	8.87	10.37		
53						
54	6.68	7.54	8.81	10.40		
55						
56	6.64	7.54	8.80	10.44		
57						
58	6.64	7.55	8.80	10.41		
59						
60	6.64	7.58	8.78	10.42		

ตารางที่ ผ-21(ต่อ) การลิชชิ่งนิกเกิล (%) ออกจากกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ในคอลัมน์

วันที่	ชุดการทดลองที่ 5/3 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 5/4 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 5/5 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 5/6 *T.ferrooxidans* flow 20 ml./cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g/L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 5/7 *T.ferrooxidans* flow 20 ml. cm.^{2}/hr. 10% innoculum Fe^{2+} 4 g L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 6 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 4 g/L waste 500 g.
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1.03	1.22	0.71	0.37	0.04	1.32
2	1.97	1.69	1.55	0.83	0.05	2.61
3						3.58
4	4.00	3.29	2.96	1.65	0.06	
5						
6						5.27
7	5.15	5.43	3.82	2.29	0.09	
8						
9						5.64
10	6.55	6.26	4.67	2.76	0.12	
11						
12						6.22
13	7.07	6.66	5.80	2.88	0.15	
14						
15						6.75
16	7.72	6.85	5.90	3.21	0.25	
17						
18						7.28
19	7.60	6.85	6.09	3.31	0.34	
20						
21						7.74
22	7.60	7.04	5.99	3.41	0.39	
23						
24						9.34
25	7.65	7.13	6.09	3.60	0.44	
26						
27	7.68				0.46	10.47
28		7.13	6.04	3.67		
29						
30	7.70	7.13	6.13	3.73	0.45	10.50
31						
32						
33						
34						10.45

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

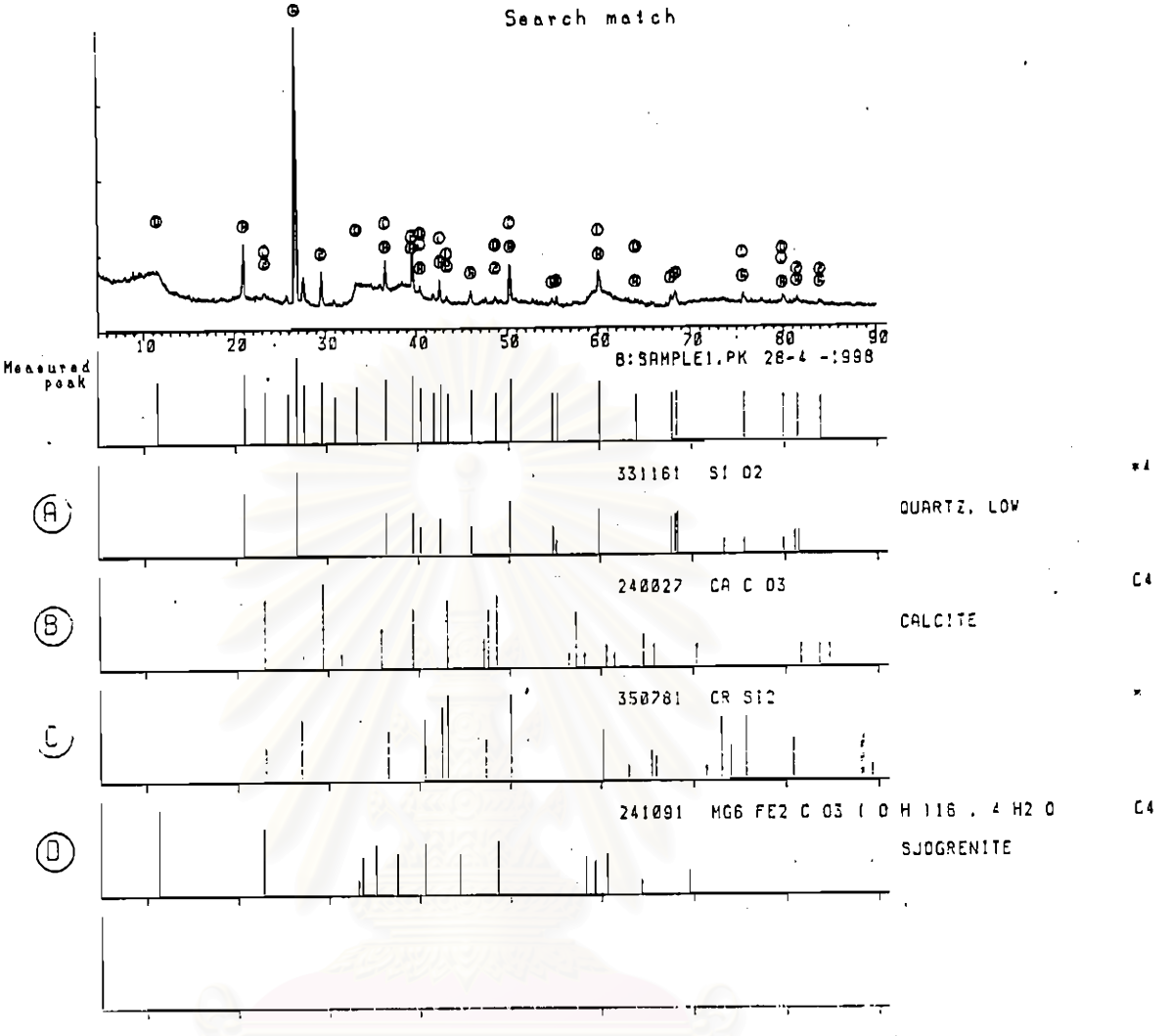
ตารางที่ ผ-21(ต่อ) การละลายนิกเกิล (%) ออกจากกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ในคอลัมน์

วันที่	ชุดการทดลองที่ 7 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 10 g/L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 8 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 20 g/L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 9 control 9K medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 30 g./L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 10 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g/L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 11 *T.ferrooxidans* flow 15 ml. cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 40 g L waste 500 g.	ชุดการทดลองที่ 12 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 50 g/L waste 500 g.
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1.12	1.23	0.89	1.50	1.06	1.23
2	3.23	3.53		3.84	3.86	3.55
3	5.05	6.55	2.46	5.59		
4					5.85	4.44
5			3.54			
6	5.37	7.45		7.20		
7					7.27	5.99
8			4.56			
9	6.36	7.54		7.78		
10					7.93	7.63
11			4.97			
12	7.10	7.87		8.74		
13					8.71	8.54
14			5.93			
15	7.40	8.10		9.63		
16						
17			6.04			
18	7.97	9.85		10.15		
19						
20			6.35			
21	8.73	10.95		10.98		
22						
23			6.39			
24	10.42	10.52		10.83		
25						
26			7.22			
27	10.52	10.66		10.96		
28			8.13			
29						
30	10.60	10.64	8.46	10.93		
31						
32						
33			8.47			
34	10.64	10.65		11.05		
35						
36			8.51			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-21(ต่อ) การละลายนิกเกิล (%) ออกจากกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ในคอลัมน์

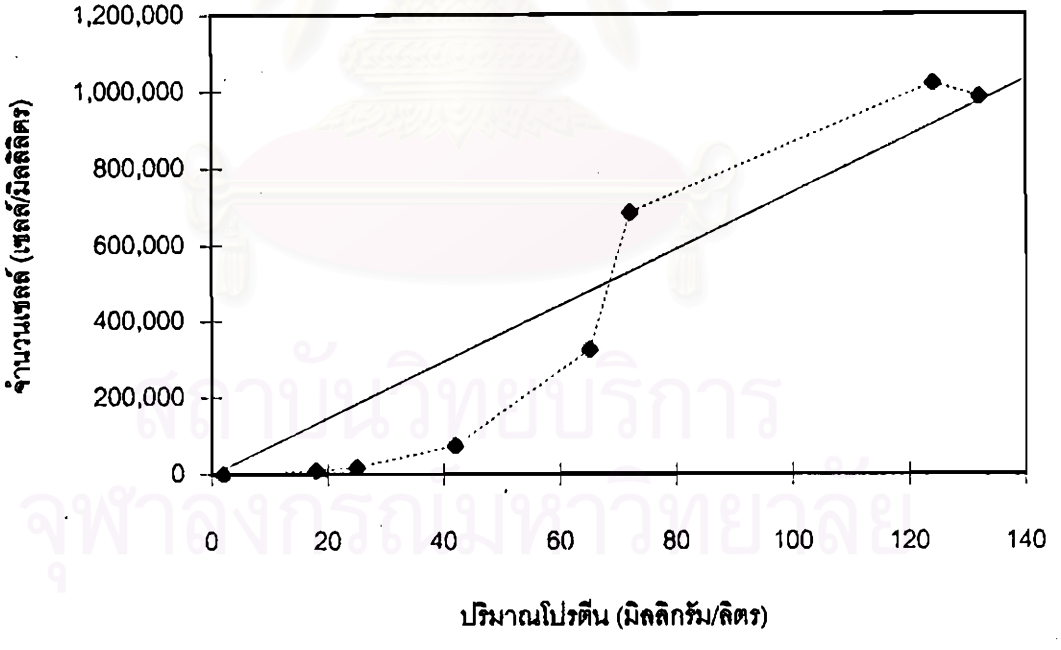
วันที่	ชุดการทดลองที่ 13 control 9K medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 0% innoculum Fe^{2+} 30 g/L waste 250 g.	ชุดการทดลองที่ 14 *T.ferrooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum Fe^{2+} 30 g/L waste 250 g.	ชุดการทดลองที่ 15 control thio medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0 g./g. waste waste 250 g.	ชุดการทดลองที่ 16 *T.thiooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0 g./g. waste waste 250 g.	ชุดการทดลองที่ 17 control thio medium flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0.2 g./g. waste waste 250 g.	ชุดการทดลองที่ 18 *T.thiooxidans* flow 15 ml./cm.^{2}/hr. 20% innoculum S 0.2 g./g. waste waste 250 g.
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1.82	5.19	0.70	1.12	0.62	0.90
2			1.55	2.03	1.23	1.77
3	4.59	9.32				
5	6.28	10.08	2.79	3.48	2.14	3.08
8	7.80	10.65	3.16	4.05	2.43	3.37
11	8.62	11.57	3.42	4.63	2.61	4.50
14	9.31	12.33	3.99	5.90	2.80	4.69
17	10.64	12.83	4.60	6.62	3.16	5.05
20	10.74	12.75	4.93	6.82	4.37	6.26
23	10.96	14.59	5.43	7.32	4.88	6.79
26	14.16	16.74	6.00	7.42	5.33	8.17
28	14.94	17.67				
29			6.50	7.44	6.32	10.00
30	15.05	19.04				
32			6.84	8.54	6.89	10.55
33	15.24	19.48				
35			7.68	9.59	7.07	11.58
36	15.32	20.32				
38			8.36	10.23	7.72	12.31
40	15.89	20.60				
41			8.43	11.29	8.75	12.74
44	15.60	22.78	8.72	11.38	9.24	12.76
47			8.68	11.48	9.19	12.69
48	15.79	23.16				
50			8.81	11.52	9.20	12.67
52	16.26	22.78				
53			8.72	11.59	9.30	12.69
56	16.17	23.44			9.74	15.98
60	16.36	23.25			10.40	19.67
64	16.74	22.97			12.39	22.60
67	17.12	23.16			13.71	25.25
70	17.21	23.63			14.47	27.89
74	17.49	23.35			15.51	28.65
78	18.16	25.05			16.45	29.41
82	18.06	26.47			16.83	30.16
86	18.44	27.51			17.21	33.09
90	18.63	31.67			18.35	33.47
94	18.53	31.86			19.39	33.85
98	18.82	31.76			20.05	34.89
102	19.86	31.29			21.18	37.92
106	20.33	31.19			21.28	37.63
110	20.05	31.67			21.56	37.73
114	19.95	31.57			21.75	37.63
121	20.61	32.05			21.94	37.35
128	20.99	31.76			22.13	38.30
135	20.94	32.99			22.52	37.92
142	21.28	32.71			22.58	37.73
149	21.18	32.80			22.58	37.63
150	21.22	32.90			22.70	37.92



รูปที่ ผ-2 การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกในกากตะกอนนิกเกิลไฮดรอกไซด์ที่ผ่านกระบวนการลิชชิ่งโดยเชื้อ *T. ferrooxidans* ในคอลัมน์ ด้วยวิธี X-Ray Diffraction

ตารางที่ ผ-22 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *T.ferrooxidans* โดยการวัดปริมาณโปรตีนและการนับจำนวนเซลล์ที่เจริญบนอาหารแข็ง FeTSB

ปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณเซลล์ที่เจริญบนอาหารแข็ง FeTSB (เซลล์/มิลลิลิตร)
2	1.12×10^{2}
18	9.25×10^{3}
25	1.76×10^{4}
42	7.50×10^{4}
65	3.25×10^{5}
72	6.85×10^{5}
124	1.02×10^{6}
132	9.85×10^{5}



รูปที่ ผ-3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัม/ลิตร) และจำนวนเซลล์แบคทีเรีย *T.ferrooxidans* (เซลล์/มิลลิลิตร)

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวน

1. การคำนวนผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในสารละลาย

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry method สามารถคำนวนหาปริมาณโปรตีนในสารละลาย ได้จากสมการ

ปริมาณโปรตีนในสารละลาย = จำนวนเท่าการเจือจาง x ปริมาณโปรตีนที่วัดได้

ตารางที่ ผ-23 ตัวอย่างการคำนวนหาปริมาณโปรตีนในสารละลาย

สารตัวอย่าง (ชุดการทดลอง / วัน)	จำนวนเท่าการเจือจาง	ปริมาณโปรตีนที่วัดได้ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณโปรตีนในสารละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร)
8 / 0	5	22	110
8 / 1	5	8.4	42
8 / 3	5	7.2	36
8 / 6	5	5.6	28
8 / 9	5	6.4	32

2. การคำนวนผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กเฟอร์รัสในสารละลาย

จากการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กเฟอร์รัสโดยวิธี new-σ-Phenonthroline method สามารถคำนวนหาปริมาณเหล็กเฟอร์รัสที่คงเหลืออยู่ในสารละลาย ได้จากสมการ

ปริมาณเหล็กเฟอร์รัสในสารละลาย = จำนวนเท่าการเจือจาง x ปริมาณเหล็กเฟอร์รัสที่วัดได้

$$\text{เปอร์เซนต์เหล็กเฟอร์รัสที่คงเหลือ} = \frac{\text{ปริมาณเหล็กเฟอร์รัสในสารละลายที่เวลาใดๆ}}{\text{ปริมาณเหล็กเฟอร์รัสก่อนเริ่มการลิขชิ่ง}} \times 100$$

ตารางที่ ผ-24 ตัวอย่างการคำนวนหาปริมาณเหล็กเฟอร์รัสที่คงเหลืออยู่ในสารละลาย

สารตัวอย่าง (ชุดที่ / วัน)	จำนวนเท่าการเจือจาง	ความเข้มข้นที่วัดได้ (มิลลิกรัม/ลิตร)	เหล็กเฟอร์รัสที่คงเหลือ (มิลลิกรัม/ลิตร)		เหล็กเฟอร์รัสที่คงเหลือ (%)
			ที่เวลาใดๆ	ก่อนเริ่มการลิชชิ่ง	
10 / 0	100	53.6	26800	26800	100.00
10 / 1	500	48.4	24200	26800	90.30
10 / 3	1000	40.4	20200	26800	75.37
10 / 6	1000	33.0	16500	26800	61.57
10 / 9	1000	24.8	12400	26800	46.27

3. การคำนวนผลการวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลในสารละลาย

จากการวิเคราะห์หาความเข้มข้นนิกเกิลในสารละลายโดยการวัดค่าความดูดกลืนแสงโดยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ สามารถคำนวนประสิทธิภาพการลิชชิ่ง ได้จากสมการ

ความเข้มข้นนิกเกิลในสารละลาย = จำนวนเท่าการเจือจาง x ความเข้มข้นนิกเกิลที่วัดได้

นิกเกิลที่ถูกลิชชิ่งโดยสารละลาย = $\left|\begin{array}{l}\text{ความเข้มข้นนิกเกิลใน}\\ \text{สารละลายที่เวลาใดๆ}\end{array}\right| - \left|\begin{array}{l}\text{ความเข้มข้นนิกเกิลใน}\\ \text{สารละลายก่อนเริ่มลิชชิ่ง}\end{array}\right|$

นิกเกิลที่ถูกลิชชิ่งออกจากกากตะกอน = นิกเกิลที่ถูกลิชชิ่งโดยสารละลาย x ปริมาตรสารละลาย

ประสิทธิภาพการลิชชิ่ง (%) = $\frac{\text{นิกเกิลที่ถูกลิชชิ่งออกจากกากตะกอน}}{\text{นิกเกิลที่มีอยู่ในกากตะกอน}} \times 100$

ตารางที่ ผ-25 ตัวอย่างการคำนวนหาปริมาณนิกเกิลที่ถูกลิชชิ่งออกจากกากตะกอน

ตัวอย่าง (ชุดที่/วัน)	จำนวนเท่าการเจือจาง	ความเข้มข้นนิกเกิลที่วัดได้ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นนิกเกิลในสารละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร)		นิกเกิลที่ถูกลิชชิ่งโดยสารละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร)	นิกเกิลที่ถูกลิชชิ่งออกจากกากตะกอน (กรัม)	ประสิทธิภาพการลิชชิ่ง (%)
			ที่เวลาใดๆ	ก่อนเริ่มลิชชิ่ง			
14 / 0	100	7.12	712	712	0	0	0.00
14 / 1	500	12.40	6200	712	5488	5.488	5.19
14 / 3	1000	10.57	10570	712	9858	9.858	9.32
14 / 5	1000	11.37	11370	712	10658	10.658	10.08
14 / 8	1000	11.97	11970	712	11258	11.258	10.65

ภาคผนวก ค

การคำนวนค่าใช้จ่ายสำหรับกระบวนการลิชชิ่งนิกเกิลโดยกรดซัลฟิวริกและแบคทีเรีย

ตารางที่ ผ-26 ราคาสารเคมีที่ใช้คำนวนค่าใช้จ่ายสำหรับกระบวนการลิชชิ่งนิกเกิลโดยกรดซัลฟิวริกและแบคทีเรีย

ชื่อสารเคมี	ราคา	9K medium 1 ลิตร		thiomedium 1 ลิตร		เติม N-9K 1 ครั้ง		เติม N-thio 1 ครั้ง	
		ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)
$(NH_4)_2SO_4$	20 บาท/กิโลกรัม	0.8	0.016	-	-	0.8	0.016	-	-
KH_2PO_4	200 บาท/กิโลกรัม	0.4	0.080	3	0.600	0.4	0.080	3	0.600
$MgSO_4.7H_2O$	30 บาท/กิโลกรัม	0.16	0.005	-	-	0.16	0.005	-	-
$FeSO_4.7H_2O$	20 บาท/กิโลกรัม	20	0.400	-	-	-	-	-	-
NH_4Cl	30 บาท/กิโลกรัม	-	-	0.1	0.003	-	-	0.1	0.003
$MgCl_2.6H_2O$	50 บาท/กิโลกรัม	-	-	0.1	0.005	-	-	0.1	0.005
$CaCl_2.2H_2O$	40 บาท/กิโลกรัม	-	-	0.14	0.006	-	-	0.14	0.006
ผงซัลเฟอร์	20 บาท/กิโลกรัม	-	-	10	0.200	-	-	-	-
		(มล.)		(มล.)		(มล.)		(มล.)	
H_2SO_4	32 บาท/ ลิตร								
1N H_2SO_4	0.896 บาท/ ลิตร	5	0.004	5	0.004	-	-	-	-
รวมราคา			0.505		0.818		0.101		0.614

หมายเหตุ 1. N-9K และ N-thio คือ ธาตุที่เป็นสารอาหารจำเป็นสำหรับเชื้อ*T.ferrooxidans* และ *T.thiooxidans* ตามลำดับ โดยเติมในสารละลายสำหรับลิชชิ่งในคอลัมน์ ทุก 30 วัน

ตารางที่ ผ-27 การคำนวนค่าใช้จ่ายสำหรับกระบวนการสิชชิ่งนิกเกิลโดยกรดซัลฟิวริก ทั้งในระบบขวดเขย่าและคอลัมน์

วิธีการสิชชิ่ง	สารละลายกรดซัลฟิวริกปริมาตร 1 ลิตร		ผลการสิชชิ่งนิกเกิล		ค่าใช้จ่ายสำหรับการสิชชิ่งนิกเกิล	
	ความเข้มข้น (นอร์มัล)	ราคา (บาท/ลิตร)	ปริมาณนิกเกิล (กรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพ (%)	(บาท/กก.นิกเกิล)	(บาท/กก.ก้อนตะกอน)
ระบบขวดเขย่า	0.01	0.009	0.306	3.06	957	413
	0.05	0.045	1.490	14.90	202	87
	0.1	0.090	2.980	29.80	101	44
	0.15	0.134	4.620	46.20	63	27
	0.5	0.448	10.000	100.00	45	19
	1	0.896	10.000	100.00	90	39
	5	4.480	10.000	100.00	448	194
คอลัมน์	1	0.896	28.680	13.56	230	97

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ-28 การคำนวนค่าใช้จ่ายสำหรับกระบวนการสิชชิ่งนิกเกิลโดยแบคทีเรียในระบบขวดเขย่า

ชนิดของสารละลาย	ปริมาณนิกเกิล ที่เติม (กรัม/ลิตร)	ราคาสารละลาย (บาท/ลิตร)	การสิชชิ่งนิกเกิล		ค่าใช้จ่ายสำหรับกระบวนการสิชชิ่งนิกเกิล	
			(กรัม/ลิตร)	(%)	(บาท/กก.นิกเกิล)	(บาท/กก.กากตะกอน)
adapted strain of *T. ferrooxidans* ใน 9K medium	1	0.505	0.764	76.40	865	374
	2	0.505	1.607	80.35	391	169
	3	0.505	2.280	76.00	291	126
	4	0.505	2.820	70.50	254	110
	5	0.505	3.260	65.20	238	103
	6	0.505	3.560	59.33	239	103
	7	0.505	4.240	60.57	197	85
	8	0.505	4.660	58.25	186	80
	9	0.505	5.200	57.78	168	73
	10	0.505	4.700	47.00	229	99
nonadapted strain of *T. ferrooxidans* ใน 9K medium	10	0.505	3.060	30.60	539	233
adapted strain of *T. thiooxidans* ใน thiomedium	1	0.818	0.730	73.00	1535	663
	2	0.818	1.380	69.00	859	371
	3	0.818	2.090	69.97	559	242
	4	0.818	2.570	64.25	495	214
	5	0.818	3.026	60.52	447	193
	6	0.818	3.280	54.67	456	197
	7	0.818	4.070	58.14	346	149
	8	0.818	4.280	53.50	357	154
	9	0.818	4.210	46.78	415	179
	10	0.818	4.700	47.00	370	160
nonadapted strain of *T. thiooxidans* ใน thiomedium	10	0.818	2.820	28.20	1029	444

ตารางที่ ผ-29 การคำนวนค่าใช้จ่ายสำหรับกระบวนการลิชชิงนิกเกิลโดยเชื้อ *T. ferrooxidans* และ *T. thiooxidans* ในคอลัมน์

ชุดที่	สารละลาย	N-9K หรือ N-thio		$FeSO_4.7H_2O$ หรือ ผงซัลเฟอร์		5 N H_2SO_4		รวม	ปริมาณ	ประสิทธิภาพ	ค่าใช้จ่ายสำหรับการลิชชิงนิกเกิล	
		ปริมาณ (ครั้ง)	ราคา (บาท/ครั้ง)	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท/กรัม)	ปริมาณ (มล.)	ราคา (บาท/มล.)	ราคา (บาท)	นิกเกิล (กรัม/ลิตร)	(%)	(บาท/กก.นิกเกิล)	(บาท/กก.กากตะกอน)
1	9K medium	2	0.101	20	0.02	150	0.004	1.202	14.05	6.64	1288	545
2	9K medium ผสมเชื้อ *T. ferrooxidans*	2	0.101	20	0.02	150	0.004	1.202	16.04	7.58	989	418
3	9K medium ผสมเชื้อ *T. ferrooxidans*	2	0.101	20	0.02	150	0.004	1.202	18.57	8.78	737	312
4	9K medium ผสมเชื้อ *T. ferrooxidans*	2	0.101	20	0.02	150	0.004	1.202	22.04	10.42	523	221
5	9K medium ผสมเชื้อ *T. ferrooxidans*	7	0.101	140	0.02	400	0.004	5.107	82.54	39.03	159	67
6	9K medium ผสมเชื้อ *T. ferrooxidans*	1	0.101	20	0.02	100	0.004	0.901	22.10	10.45	390	165
7	9K medium ผสมเชื้อ *T. ferrooxidans*	1	0.101	50	0.02	100	0.004	1.501	22.50	10.64	627	265
8	9K medium ผสมเชื้อ *T. ferrooxidans*	1	0.101	100	0.02	100	0.004	2.501	22.53	10.65	1042	441
9	9K medium	1	0.101	150	0.02	100	0.004	3.501	18.00	8.51	2285	967
10	9K medium ผสมเชื้อ *T. ferrooxidans*	1	0.101	150	0.02	100	0.004	3.501	23.37	11.05	1356	573
11	9K medium ผสมเชื้อ *T. ferrooxidans*	1	0.101	200	0.02	50	0.004	4.301	18.43	8.71	2678	1133
12	9K medium ผสมเชื้อ *T. ferrooxidans*	1	0.101	250	0.02	50	0.004	5.301	18.06	8.54	3437	1454
13	9K medium	5	0.101	150	0.02	300	0.004	4.705	22.44	21.22	988	418
14	9K medium ผสมเชื้อ *T. ferrooxidans*	5	0.101	150	0.02	300	0.004	4.705	34.79	32.90	411	174
15	thiomedium	2	0.614	10	0.02	100	0.004	1.828	9.22	8.72	2274	962
16	thiomedium ผสมเชื้อ *T. thiooxidans*	2	0.614	10	0.02	100	0.004	1.828	12.26	11.59	1287	544
17	thiomedium	5	0.614	60	0.02	400	0.004	5.87	24.00	22.70	1078	456
18	thiomedium ผสมเชื้อ *T. thiooxidans*	5	0.614	60	0.02	400	0.004	5.87	40.10	37.92	386	163

หมายเหตุ 1. เติม N-9K และ $FeSO_4.7H_2O$ สำหรับการลิชชิงโดยเชื้อ *T. ferroxidans* และเติม N-thio และ ผงซัลเฟอร์ สำหรับการลิชชิงโดยเชื้อ *T. thiooxidans*

ตารางที่ ผ-30 ค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้บริการศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำ

รายการ	ค่าบริการ (บาท/ตัน)
1. ค่าขนส่งกากของเสียจากโรงงานไปยังศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำ	357.50
2. ค่าบำบัดกากของเสียที่ศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำ	755.00
3. ค่าขนส่งกากของเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำ ไปยังที่ฝังกลบจังหวัดราชบุรี	228.00
4. ค่าจัดการฝังกลบกากของเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว	874.00
5. ค่าขนถ่ายกากของเสีย	300.00
รวมค่าบริการ	2,514.50
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	176.02
รวมค่าใช้จ่าย	2,690.52

หมายเหตุ

1.ระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำประมาณ 130 กิโลเมตร

2.ค่าขนส่งกากของเสียจากโรงงานไปยังศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำ 2.75 บาท/ตัน-กิโลเมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวธนียา เหงี่ยมวิจาวัฒ เกิดเมื่อวันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2519 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเมื่อปี พ.ศ. 2535 และภายในปีเดียวกันได้เข้าศึกษาต่อในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตในปี พ.ศ. 2538 จากนั้นได้เข้าทำงานที่บริษัท เอ็นไวรอนเมนตอล เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนส์ จำกัด เป็นระยะเวลา 6 เดือน และในปี พ.ศ. 2539 ได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย