

เอกสารอ้างอิง



ภาษาไทย

- บริบูรณ์ พุทธิรักษา "การใช้ *Thiobacillus ferrooxidans* สกัดโลหะหนักออกจากกากตะกอน  
วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537
- ประเสริฐ บุญเจริญ "การกำจัดซัลเฟอร์ออกจากถ่านหินโดยวิธีไบโโอลิชซิ่ง"  
วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะพลังงานและวัสดุ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี, 2536
- ไพฑิพย์ ดันติเวชภูมิกุล "การใช้ไบโโอลิชซิ่งในการสกัดสังกะสี ออกจาก สังกะสีซัลไฟด์"  
วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะพลังงานและวัสดุ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี, 2531

ภาษาอังกฤษ

- Blais J.F. et al., "Indicator Bacteria Reduction in Sewage Sludge by a Metals Bioleaching Process", Wat.Res., Vol 26, No 4, pp.487-495, 1992
- Couillard D., Chartier M. and Mercier G., "Bacteria Leaching of Heavy Metals from Aerobic Sludge", Bioresource Technology Vol.36, pp. 293-302 , 1991
- \_\_\_\_\_. and Grenier Y., "Bacterial Leaching of Heavy Metals from Sewage Sludge Bioreactors Comparison ", Environmental Pollution ,Vol.66 ,pp.237-252, 1990
- \_\_\_\_\_. and Mercier G., "Bacterial Leaching of Heavy Metal from Aerobic Sludge", Bioresource Technology, Vol.36, pp.293-302, 1991
- Curutchet G., Pogliani C., Donati E. and Tedesco P., "Effect of Iron(III) and its Hydrolysis Product (Jarosite) on *Thiobacillus ferrooxidans* Growth and Bacteria Leaching " Biotechnology Letters, Vol.14, pp.329-334, 1992
- Department of Biology Syracuse, Inorganic Sulfur Oxidation by Iron-oxidation Bacteria, University Syracuse, New York, 1971
- Kirsop B.E. and Snell J.J.S., " Maintenance of Microorganisms ", Central Public Health Laboratory, London, U.K., 1984

- Lapage S.P. and Redway K.F., Preservation of Bacteria with Notes on Other Micro-organisms  
Her Majesty's Stationary office, London, 1974
- Michael R. Hoffman et al., "Kinetics of the Removal of Iron Pyrite from Coal by Microbial Catalysis", Appl. Env. Microbiology, Vol.42 pp. 259-271, 1981
- Razzell W.E. and Trussell P.C., "Microbiological Leaching of Metallic Sulfides",  
Appl. Microbiol, Vol.11, pp. 105-110, 1963
- Richard L. Jenkins et al., "Metals Removal and Recovery from Municipal Sludge",  
Water Pollution Control Federation Journal, Vol.53, pp.25-32, Jan.-Mar., 1981
- Hiromichi Sakaguchi and Marvin Silver, "Microbiological Leaching of a Chalcopyrite Concentrate by Thiobacillus ferrooxidans", Biotechnology and Bioengineering, Vol.18, pp. 1091-1101, 1976
- Stanford L. Tackett, Ellen R. Winters and Michael J. Puz, "Leaching of Heavy Metals from Composted Sewage Sludge as a Function of pH", Can.J.Soil Sci., Vol.66, pp. 763-765, 1986
- Tyagi R.D., Couillard D. and Grenier Y., "Effect of Medium Composition on the Bacterial Leaching of Metals from Digested Sludge", Environmental Pollution, Vol.71, pp.57-67, 1991
- \_\_\_\_\_, Couillard D. and Tran F., "Comparative Study of Bacterial Leaching of Metals from Sewage Sludge in CSTR and Air-lift Reactor", Process Biochemistry, Vol.26, pp.47-54, 1991
- \_\_\_\_\_, Couillard D. and Tran F., "Heavy Metals Removal from Anaerobically Digested Sludge by Chemical and Microbiological Methods", Environmental Pollution, Vol. 50, pp. 295-316, 1988
- \_\_\_\_\_ and Tran F.T., "Microbial Leaching of Metals from Digested Sewage Sludge in Continuous System", Environmental Technology, Vol.12, pp.303-312, 1990
- Wong L. and Henry J.G., "Decontaminating Biological Sludge for Agricultural Use", Water Science and Technology, Vol.17, pp.575-586, 1984



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.2 ปริมาณสังกะสีละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร) ของการทดลองชุดที่ 1  
โดย *Thiobacillus ferrooxidans* ที่ผ่านการไลโอไฟล์ซ์

วันที่	ปริมาณสังกะสีละลาย (มก./ล.)					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 200 mg/l	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 1 g/l	Zn Max. 5 g/l	Zn Max. 10 g/l
1	1.15	1.53	1.98	2.54	3.74	5.84
2	1.16	2.52	3.47	3.61	3.38	4.14
3	3.42	3.69	5.80	7.50	7.16	12.98
4	4.38	4.91	7.99	11.88	8.01	18.88
5	5.43	7.74	6.45	13.14	8.23	16.73
6	5.54	6.24	10.11	10.82	12.66	18.86
7	5.80	7.97	12.09	15.03	16.04	17.93
8	7.21	8.51	14.27	23.94	12.48	19.85
9	8.19	9.53	16.15	27.28	19.32	20.36
10	7.76	9.62	19.32	36.42	22.28	22.24
11	10.72	10.59	19.72	35.84	23.54	31.00
12	9.55	10.76	20.62	43.38	20.56	38.20
13	11.40	13.02	22.40	51.68	24.72	40.60
14	10.06	14.85	27.18	56.61	20.06	37.68
15	8.76	17.12	31.56	63.48	23.32	40.00
16	7.74	19.56	34.90	77.40	26.16	41.72
17	8.35	21.24	41.24	86.90	28.82	51.68
18	8.16	23.74	49.26	95.37	31.26	45.28
19	7.76	30.68	56.90	101.41	35.64	43.56
20	7.53	37.46	74.75	117.50	40.00	48.76
21	7.98	41.52	85.24	120.31	43.59	50.12
22	7.54	39.84	87.21	123.47	46.37	51.64
23	7.67	41.65	92.54	126.53	47.64	53.16
24	7.31	44.32	95.24	127.34	49.85	53.96
25	7.22	45.18	96.78	128.61	50.27	54.21

หมายเหตุ ถังที่ 1 เป็นถังปฏิกรณ์ควบคุม



## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.3 ปริมาณสังกะสีละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร) ของการทดลองชุดที่ 3  
โดย *Thiobacillus ferrooxidans*.

วันที่	ปริมาณสังกะสีละลาย (มก./ล.)					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 200 mg/l	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 1 g/l	Zn Max. 5 g/l	Zn Max. 10 g/l
1	1.20	2.59	3.47	3.99	6.04	5.45
2	1.73	3.77	5.80	6.34	10.19	6.44
3	2.47	4.90	7.43	10.57	12.75	6.48
4	3.47	5.44	12.31	15.85	19.88	10.53
5	3.94	6.47	11.97	22.45	20.61	20.51
6	3.99	9.10	16.30	29.39	23.96	21.77
7	3.65	8.38	19.28	35.13	37.71	20.64
8	4.98	10.52	18.31	38.24	44.71	25.13
9	4.73	10.77	18.54	44.42	50.98	30.91
10	4.73	15.60	20.64	57.67	53.20	30.74
11	4.70	13.13	20.13	49.63	54.24	29.28
12	3.49	12.37	24.61	44.60	50.61	21.27
13	3.52	16.49	30.22	51.61	53.81	23.26
14	3.89	21.26	38.88	68.32	55.65	22.12
15	4.10	25.44	45.69	78.92	56.36	21.21
16	4.47	29.00	52.33	80.99	57.92	20.75
17	4.39	31.71	59.14	68.88	58.21	20.54
18	5.85	35.65	60.33	80.16	62.11	21.17
19	4.22	40.01	68.46	95.82	65.21	22.74
20	5.46	44.04	73.50	100.78	67.24	20.42
21	5.82	43.91	74.55	95.76	72.87	22.78
22	6.09	45.32	85.05	108.58	87.36	24.39
23	5.93	45.63	87.08	107.36	90.40	25.19
24	5.52	44.32	86.28	110.38	88.37	24.36
25	5.83	45.18	88.32	112.42	89.31	25.28

หมายเหตุ ถังที่ 1 เป็นถังปฏิกรณ์ควบคุม

## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.4 ค่า pH ของการทดลองชุดที่ 1

โดย *Thiobacillus ferrooxidans* ที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

วันที่	pH					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 200 mg/l	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 1 g/l	Zn Max. 5 g/l	Zn Max. 10 g/l
1	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
2	5.12	4.00	4.00	6.31	5.86	7.23
3	4.52	5.43	5.63	6.52	5.62	6.75
4	3.41	5.14	5.64	5.74	4.38	5.76
5	3.43	3.76	4.30	5.63	4.51	5.74
6	3.52	4.00	3.96	5.72	4.56	5.82
7	3.53	3.79	5.04	5.31	5.31	5.91
8	3.05	3.84	5.13	5.51	4.32	5.46
9	2.93	3.23	3.73	4.32	4.39	4.41
10	3.32	3.45	3.32	5.38	4.35	5.53
11	2.86	3.46	4.31	4.95	4.21	5.17
12	2.93	3.00	3.24	4.91	3.86	4.92
13	3.24	3.24	3.12	4.85	4.23	5.26
14	3.00	3.12	3.31	4.53	3.58	4.03
15	3.12	2.26	3.20	4.00	4.13	4.23
16	3.00	2.51	2.59	4.16	4.10	4.10
17	3.23	2.45	2.52	4.15	4.05	4.16
18	3.24	2.43	2.43	4.00	4.03	4.12
19	3.01	2.44	2.45	3.35	3.46	3.74
20	3.00	2.46	2.40	3.14	3.69	4.00
21	3.35	2.45	2.36	3.25	3.45	3.98
22	3.23	2.38	2.40	3.00	3.42	4.30
23	3.13	2.45	2.41	3.12	3.64	4.13
24	3.24	2.32	2.33	2.94	3.53	4.00
25	3.21	2.31	2.31	2.91	3.34	3.91

หมายเหตุ ถังที่ 1 เป็นถังปฏิกรณ์ควบคุม

## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.5 ค่า pH ของการทดลองชุดที่ 3  
โดย *Thiobacillus ferrooxidans*

วันที่	pH					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 200 mg/l	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 1 g/l	Zn Max. 5 g/l	Zn Max. 10 g/l
1	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
2	5.78	3.09	3.16	3.75	4.26	5.34
3	4.86	2.80	2.83	3.32	3.89	4.98
4	5.00	2.71	2.88	3.11	3.88	5.74
5	3.77	2.61	2.65	2.83	3.85	4.75
6	3.64	2.55	2.55	2.67	3.55	3.60
7	4.21	2.48	2.55	2.66	3.25	3.33
8	4.30	2.54	2.53	2.52	3.22	3.19
9	4.00	2.46	2.47	2.59	3.36	3.24
10	4.07	2.36	2.46	2.51	3.39	3.49
11	4.07	2.42	2.43	2.53	3.79	5.16
12	4.11	2.47	2.49	2.60	4.35	5.21
13	4.12	2.45	2.50	2.64	4.55	5.00
14	4.21	2.46	2.51	2.62	4.67	4.80
15	4.18	2.45	2.50	2.61	4.51	6.24
16	4.00	2.47	2.51	2.65	4.33	6.40
17	3.90	2.37	2.40	2.51	4.33	5.80
18	3.50	2.27	2.31	2.42	4.16	5.00
19	3.75	2.30	2.37	2.41	3.98	4.90
20	3.76	2.30	2.31	2.37	3.72	4.50
21	3.75	2.29	2.37	2.41	3.98	4.90
22	3.76	2.30	2.31	2.37	3.72	4.50
23	3.75	2.29	2.30	2.33	3.47	4.34
24	3.61	2.31	2.34	2.33	3.51	4.73
25	3.68	2.24	2.25	2.31	3.91	4.68

หมายเหตุ ถังที่ 1 เป็นถังปฏิกรณ์ควบคุม



## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.6 ค่า ORP ( mv ) ของการทดลองชุดที่ 1  
โดย *Thiobacillus ferrooxidans* ที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

วันที่	ORP ( mv )					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 200 mg/l	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 1 g/l	Zn Max. 5 g/l	Zn Max. 10 g/l
1	80	96	70	320	280	150
2	104	80	86	65	78	160
3	399	402	400	77	65	59
4	414	404	416	393	394	72
5	403	349	350	418	418	390
6	366	298	273	215	204	401
7	463	446	438	233	238	367
8	363	470	465	431	430	84
9	416	481	495	415	375	416
10	506	517	502	485	465	378
11	336	347	384	437	382	425
12	432	439	404	383	368	467
13	543	556	556	304	268	349
14	486	507	509	425	403	307
15	449	476	477	389	314	420
16	530	540	540	391	363	356
17	440	550	560	380	280	360
18	520	560	560	230	260	230
19	500	540	520	230	220	520
20	540	550	550	320	240	240
21	500	550	560	360	220	160
22	300	530	540	360	210	220
23	520	530	550	370	220	280
24	520	520	520	370	200	240
25	140	490	560	380	200	270

หมายเหตุ ถังที่ 1 เป็นถังปฏิกรณ์ควบคุม

## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.7 ค่า ORP ( mv ) ของการทดสอบชุดที่ 3  
โดย Thiobacillus ferrooxidans

วันที่	ORP ( mv )					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 200 mg/l	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 1 g/l	Zn Max. 5 g/l	Zn Max. 10 g/l
1	70	420	400	320	280	150
2	180	470	460	360	290	160
3	160	490	510	410	330	180
4	250	450	520	450	430	210
5	260	490	520	500	480	360
6	300	540	550	550	530	400
7	170	500	530	520	480	530
8	260	540	570	560	520	470
9	160	530	580	520	270	450
10	200	530	570	540	340	360
11	160	530	560	560	260	160
12	170	520	550	550	290	360
13	250	530	540	540	330	420
14	170	500	560	540	420	400
15	110	510	550	540	430	360
16	180	520	550	540	430	330
17	140	480	510	520	420	330
18	150	540	580	580	350	260
19	150	480	510	520	360	300
20	120	470	500	520	380	320
21	120	500	530	530	440	340
22	150	480	550	520	410	400
23	140	500	510	540	420	350
24	130	530	550	560	290	330
25	140	490	560	550	330	340

หมายเหตุ ถังที่ 1 เป็นถังปฏิกรณ์ควบคุม

## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.8 ค่า MLVSS ( mg/l ) ของการทดลองชุดที่ 1  
โดย Thiobacillus ferrooxidans ที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

วันที่	MLVSS ( mg/l )					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 200 mg/l	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 1 g/l	Zn Max. 5 g/l	Zn Max. 10 g/l
1	0.032	0.056	0.062	0.064	0.072	0.058
3	0.028	0.032	0.048	0.046	0.040	0.038
5	0.034	0.012	0.036	0.018	0.100	0.024
7	0.056	0.120	0.136	0.060	0.100	0.080
9	0.080	0.134	0.132	0.116	0.104	0.092
11	0.072	0.162	0.116	0.108	0.074	0.040
13	0.053	0.210	0.148	0.100	0.084	0.132
15	0.048	0.215	0.226	0.182	0.150	0.198
17	0.086	0.342	0.202	0.230	0.202	0.189
19	0.028	0.282	0.260	0.178	0.256	0.166
21	0.026	0.312	0.306	0.260	0.270	0.178
23	0.020	0.494	0.246	0.310	0.264	0.188
25	0.052	0.500	0.312	0.256	0.236	0.205

หมายเหตุ ถังที่ 1 เป็นถังปฏิกรณ์ควบคุม

ศูนย์วิทยาศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.9 ค่า MLVSS ( mg/l ) ของการทดลองชุดที่ 3  
โดย *Thiobacillus ferrooxidans*

วันที่	MLVSS ( mg/l )					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 200 mg/l	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 1 g/l	Zn Max. 5 g/l	Zn Max. 10 g/l
1	0.046	0.054	0.034	0.062	0.040	0.040
3	0.054	0.091	0.052	0.058	0.051	0.090
5	0.062	0.146	0.108	0.160	0.096	0.070
7	0.086	0.185	0.088	0.170	0.104	0.140
9	0.078	0.170	0.104	0.140	0.158	0.121
11	0.082	0.165	0.094	0.165	0.160	0.130
13	0.071	0.180	0.110	0.185	0.198	0.151
15	0.052	0.205	0.136	0.201	0.202	0.148
17	0.088	0.212	0.187	0.212	0.188	0.162
19	0.072	0.260	0.238	0.198	0.206	0.190
21	0.064	0.305	0.241	0.260	0.195	0.188
23	0.088	0.312	0.244	0.310	0.236	0.192
25	0.071	0.325	0.261	0.256	0.250	0.195

หมายเหตุ ถังที่ 1 เป็นถังปฏิกรณ์ควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.10 ปริมาณสังกะสีละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร) ของการทดลองชุดที่ 2  
โดย *Thiobacillus ferrooxidans* ที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

วันที่	ปริมาณสังกะสีละลาย (มก./ล.)					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	pH 1.5	pH 2	pH 2.5	pH 3	pH 3.5	pH 4
1	10.80	8.35	6.01	4.96	2.48	0.80
2	13.07	11.41	8.77	6.36	3.64	1.54
3	15.64	16.12	11.65	8.47	4.92	2.66
4	16.93	12.91	9.39	5.96	2.40	3.23
5	21.98	23.70	17.58	11.83	8.22	4.78
6	25.12	25.94	12.74	18.32	7.82	5.26
7	31.90	30.90	23.10	14.50	9.50	6.10
8	33.46	33.44	22.60	14.54	8.67	6.63
9	34.48	31.67	25.04	19.89	8.26	6.78
10	40.14	43.81	28.31	18.00	8.01	7.04
11	39.78	48.65	21.06	17.60	10.35	6.92
12	49.95	53.04	30.60	17.95	9.95	5.71
13	54.57	55.34	35.29	19.48	10.25	5.96
14	64.16	69.16	43.81	18.67	10.15	5.60
15	70.43	69.67	43.10	23.87	9.43	6.11
16	95.57	88.49	38.27	27.08	8.11	6.24
17	111.18	97.21	39.36	29.94	9.54	6.60
18	128.52	101.75	42.94	28.87	8.62	6.72
19	132.50	113.53	53.85	35.55	15.86	6.42
20	131.74	135.74	62.43	37.38	14.74	5.87
21	154.12	141.88	87.21	44.12	22.08	6.32
22	176.34	158.19	96.41	55.95	19.43	8.29
23	198.73	164.73	99.46	54.32	20.50	8.47
24	186.45	160.14	92.51	52.38	22.23	7.88
25	215.10	163.24	96.10	54.01	23.21	8.50

## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.11 ปริมาณสังกะสีละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร) ของการทดลองชุดที่ 4  
โดย *Thiobacillus ferrooxidans*

วันที่	ปริมาณสังกะสีละลาย (มก./ล.)					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	pH 1.5	pH 2	pH 2.5	pH 3	pH 3.5	pH 4
1	11.65	8.35	6.01	5.23	3.66	2.01
2	14.23	10.21	9.63	8.76	4.87	2.54
3	16.58	14.56	10.46	9.33	4.92	3.39
4	21.47	15.32	13.54	10.93	6.73	4.61
5	26.23	22.13	18.92	13.02	7.51	5.17
6	29.87	26.74	20.57	15.61	7.72	5.26
7	32.11	31.12	22.14	14.50	8.34	5.29
8	33.51	35.17	23.41	15.97	8.67	5.77
9	38.42	39.51	28.13	15.64	9.06	5.98
10	40.21	46.11	30.58	17.45	8.94	6.00
11	45.31	49.21	30.21	17.60	10.35	6.91
12	50.14	51.47	31.24	18.21	9.87	5.71
13	58.46	58.42	35.29	18.46	10.45	6.12
14	68.24	67.42	40.56	19.21	10.19	6.64
15	70.25	75.64	42.15	20.19	11.24	7.05
16	89.56	89.62	43.21	26.31	10.21	6.24
17	90.37	96.64	45.19	28.45	11.87	7.12
18	98.75	99.86	50.12	30.21	12.56	8.92
19	103.25	113.41	59.87	40.23	14.33	9.23
20	126.51	135.47	65.61	45.11	17.85	9.67
21	131.02	147.33	72.15	49.82	19.24	8.65
22	162.40	168.24	75.46	51.42	20.18	8.56
23	187.24	176.28	82.54	54.61	23.75	9.01
24	190.25	182.91	85.62	55.43	22.66	8.74
25	203.46	187.64	89.15	57.64	25.73	9.82



## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.12 ค่า ORP ( mv ) ของการทดลองชุดที่ 2  
โดย *Thiobacillus ferrooxidans* ที่ผ่านการไลโอไฟล์

วันที่	ORP ( mv )					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	pH 1.5	pH 2	pH 2.5	pH 3	pH 3.5	pH 4
1	500	550	480	490	360	275
2	530	550	540	460	420	200
3	570	550	540	470	440	390
4	570	580	560	400	280	350
5	590	600	580	520	520	500
6	580	590	570	520	470	460
7	560	590	560	530	460	480
8	580	600	580	520	460	510
9	570	590	580	550	490	500
10	570	590	570	550	500	470
11	480	600	580	560	480	520
12	580	580	580	560	530	520
13	580	580	580	420	500	460
14	580	580	580	560	430	510
15	550	580	560	480	510	450
16	570	580	560	520	475	440
17	550	590	560	520	470	460
18	550	580	560	520	490	510
19	570	590	560	550	520	490
20	560	580	570	570	520	530
21	550	530	550	540	530	530
22	560	590	550	570	550	550
23	550	580	550	580	490	480
24	580	590	550	580	560	540
25	580	590	520	570	540	470

## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.13 ค่า ORP ( mv ) ของการทดลองชุดที่ 4

โดย Thiobacillus ferrooxidans

วันที่	ORP ( mv )					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	pH 1.5	pH 2	pH 2.5	pH 3	pH 3.5	pH 4
1	510	540	490	500	390	350
2	530	560	530	460	450	460
3	560	550	550	480	480	430
4	550	580	560	450	500	390
5	570	590	570	500	520	510
6	580	580	580	520	460	480
7	560	590	570	530	450	490
8	590	580	550	530	440	510
9	560	590	580	540	480	480
10	550	590	570	540	470	450
11	500	570	560	550	470	500
12	570	560	570	550	500	470
13	580	570	570	480	510	480
14	590	570	580	550	460	510
15	560	580	550	500	480	470
16	570	560	560	500	500	450
17	560	590	570	520	490	480
18	550	570	560	510	480	500
19	570	580	560	530	460	480
20	560	570	550	540	470	500
21	550	570	550	540	490	490
22	560	560	570	550	500	520
23	580	570	540	540	470	510
24	570	590	530	520	480	530
25	560	580	550	530	480	500

## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.14 ค่า MLVSS ( mg/l ) ของการทดลองชุดที่ 2  
โดย *Thiobacillus ferrooxidans* ที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

วันที่	MLVSS ( mg/l )					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	pH 1.5	pH 2	pH 2.5	pH 3	pH 3.5	pH 4
1	0.076	0.064	0.087	0.067	0.053	0.043
3	0.102	0.153	0.186	0.238	0.064	0.056
5	0.336	0.318	0.254	0.238	0.158	0.125
7	0.406	0.451	0.470	0.284	0.182	0.168
9	0.544	0.478	0.780	0.474	0.256	0.240
11	0.576	0.484	0.616	0.406	0.213	0.269
13	0.562	0.556	0.820	0.448	0.300	0.342
15	0.524	0.440	0.874	0.610	0.254	0.212
17	0.436	0.280	0.823	0.390	0.282	0.382
19	0.500	0.390	0.786	0.334	0.296	0.316
21	0.475	0.510	0.610	0.342	0.246	0.240
23	0.368	0.234	0.760	0.522	0.231	0.194
25	0.381	0.341	0.628	0.353	0.258	0.201

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.15 ค่า MLVSS ( mg/l ) ของการทดลองชุดที่ 4  
โดย Thiobacillus ferrooxidans

วันที่	MLVSS ( mg/l )					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	pH 1.5	pH 2	pH 2.5	pH 3	pH 3.5	pH 4
1	0.147	0.142	0.158	0.143	0.009	0.043
3	0.212	0.189	0.293	0.184	0.058	0.076
5	0.371	0.203	0.315	0.268	0.163	0.164
7	0.432	0.342	0.419	0.388	0.202	0.187
9	0.520	0.363	0.511	0.315	0.285	0.243
11	0.487	0.408	0.642	0.376	0.301	0.275
13	0.517	0.467	0.673	0.354	0.325	0.263
15	0.541	0.521	0.786	0.351	0.298	0.254
17	0.561	0.532	0.782	0.386	0.315	0.315
19	0.456	0.553	0.685	0.334	0.376	0.296
21	0.524	0.487	0.742	0.327	0.346	0.295
23	0.415	0.512	0.796	0.388	0.268	0.314
25	0.547	0.543	0.687	0.337	0.313	0.298

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การเตรียมอาหารเหลวสำหรับเชื้อแบคทีเรีย

แบคทีเรียที่ใช้คือ Thiobacillus ferrooxidans (ATCC 19859) ซึ่งเลี้ยงในสารอาหารที่ประกอบด้วย

สารละลาย A

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	=	0.40	กรัม
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	=	0.20	กรัม
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	=	0.08	กรัม
น้ำกลั่น	=	400	มิลลิลิตร

ทำการนึ่งฆ่าเชื้อ (Sterile) ที่ความดัน 15 psi. เป็นเวลา 15 - 20 นาที ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

สารละลาย B

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	=	10.00	กรัม
$1\text{N H}_2\text{SO}_4$	=	1.00	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	=	100.00	มิลลิลิตร

หมายเหตุ เนื่องจาก  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  เมื่อถูกความร้อนจะเกิดการออกซิไดซ์ขึ้นดังนั้นในทางปฏิบัติแล้ว จะเตรียม Solution B โดยการนึ่งฆ่าเชื้อเฉพาะน้ำกลั่นแล้วจึงนำมาผสมกับ  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  และกรดซัลฟิวริกเพื่อให้ได้สารละลายดังกล่าว

สารละลาย A และสารละลาย B จะถูกเก็บแยกกันไว้ เมื่อจะใช้จึงผสมสารละลาย A ต่อสารละลาย B ในอัตราส่วน 4:1 แล้วปรับ pH ให้เป็น 2.8 โดยใช้กรดซัลฟิวริก



รายงานผลการวิเคราะห์

ตัวอย่าง ZnS  
 เจ้าของตัวอย่าง นางสาวสุวิสา ประดิษฐ์  
 วัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของ Zn ในตัวอย่าง ZnS  
 วิธีวิเคราะห์ X-ray fluorescence spectrometry  
 เครื่องมือวิเคราะห์ Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer  
 Model EDXRF XR-200  
 วันที่วิเคราะห์ 28 กันยายน 2537  
ผลการวิเคราะห์

ตัวอย่าง	ปริมาณของ Zn (%)
NO.1	56.626
NO.2	57.355
NO.3	56.195

\* หมายเหตุ : ปริมาณธาตุที่วิเคราะห์ได้เป็นผลจากการคำนวณด้วยโปรแกรม XFF  
 (X-Ray Fluorescence Fundamental Parameter Method)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(นางสาวสุวิสา ประดิษฐ์) ผู้วิเคราะห์

หมายเหตุ ผลการทดสอบที่ได้รับนี้ เป็นผลการทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่ทำการทดสอบจาก  
 ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ภาคผนวก ง

ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

ใน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 1 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7				*	
8					*
9					
10					
11					
12					
รวมเวลา ( วัน )	8				

ใน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 2 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
1	*				
2		*			
3			*		
4			*		
5			*		
6				*	
7				*	
8				*	
9				*	
10				*	
11				*	
12					*
รวมเวลา ( วัน )	12				

ใน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 3 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7			*		
8			*		
9				*	
10					*
11					
12					
13					
รวมเวลา ( วัน )	10				

ใน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 4 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7		*			
8			*		
9			*		
10			*		
11				*	
12				*	
13					*
รวมเวลา ( วัน )	13				

ภาคผนวก ง

ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

ใน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 5 เดือน

ใน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 6 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9			*		
10			*		
11				*	
12					*
13					
14					
รวมเวลา ( วัน )			12		

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5			*		
6			*		
7			*		
8			*		
9			*		
10			*		
11			*		
12			*		
13				*	
14					*
รวมเวลา ( วัน )			14		

ใน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 7 เดือน

ใน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 8 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5			*		
6			*		
7			*		
8			*		
9			*		
10			*		
11				*	
12					*
รวมเวลา ( วัน )			12		

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5			*		
6			*		
7			*		
8			*		
9			*		
10				*	
11					*
12					
รวมเวลา ( วัน )			11		



ภาคผนวก ง

ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

ใน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 9 เดือน

ใน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 10 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7				*	
8					*
9					
10					
11					
รวมเวลา ( วัน )	8				

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5			*		
6			*		
7			*		
8				*	
9				*	
10				*	
11					*
รวมเวลา ( วัน )	11				

ใน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 11 เดือน

ใน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 12 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7				*	
8				*	
9					*
10					
11					
รวมเวลา ( วัน )	9				

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7		*			
8		*			
9				*	
10				*	
11					*
รวมเวลา ( วัน )	11				



## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

โน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 13 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7				*	
8				*	
9					*
10					
รวมเวลา ( วัน )	9				

โน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 14 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7		*			
8		*			
9			*		
10					*
รวมเวลา ( วัน )	10				

โน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 15 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7		*			
8			*		
9			*		
10				*	
11				*	
12					*
รวมเวลา ( วัน )	12				

โน Skim milk ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 16 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7			*		
8				*	
9				*	
10				*	
11					*
12					
รวมเวลา ( วัน )	11				

## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟล์ซ์

โน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 1 เดือน

วันที่	ดี				
	ไล	ขาวุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5			*		
6				*	
7					*
8					
9					
10					
รวมเวลา (วัน)	7				

โน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 2 เดือน

วันที่	ดี				
	ไล	ขาวุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4				*	
5				*	
6				*	
7				*	
8				*	
9				*	
10					*
รวมเวลา (วัน)	10				

โน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 3 เดือน

วันที่	ดี				
	ไล	ขาวุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7			*		
8			*		
9				*	
10				*	
11					*
12					
13					
14					
รวมเวลา (วัน)	11				

โน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 4 เดือน

วันที่	ดี				
	ไล	ขาวุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7			*		
8			*		
9			*		
10			*		
11				*	
12				*	
13				*	
14					*
รวมเวลา (วัน)	14				



## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

ใน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 5 เดือน

ใน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 6 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	โด	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9			*		
10			*		
11				*	
12					*
13					
14					
15					
16					
17					
รวมเวลา ( วัน )				12	

วันที่	สัปดาห์				
	โด	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9			*		
10			*		
11			*		
12			*		
13			*		
14			*		
15			*		
16				*	
17					*
รวมเวลา ( วัน )					17

ศูนย์วิทยาศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ง

ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

ใน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 7 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9			*		
10			*		
11			*		
12				*	
13					*
รวมเวลา (วัน)	13				

ใน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 8 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5			*		
6			*		
7			*		
8			*		
9			*		
10				*	
11					*
12					
13					
รวมเวลา (วัน)	11				

ใน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 9 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8				*	
9					*
10					
11					
รวมเวลา (วัน)	9				

ใน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 10 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8				*	
9				*	
10				*	
11					*
รวมเวลา (วัน)	11				

## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไคโอฟิไลซ์

ใน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 11 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7			*		
8			*		
9				*	
10				*	
11					*
รวมเวลา (วัน)		11			

ใน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 12 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7		*			
8		*			
9				*	
10				*	
11					*
รวมเวลา (วัน)		11			

ใน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 13 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7			*		
8				*	
9				*	
10					*
รวมเวลา (วัน)		10			

ใน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 14 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7		*			
8		*			
9			*		
10					*
รวมเวลา (วัน)		10			



## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไดโอฟิไลซ์

ใน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 15 เดือน

ใน Skim milk ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 10 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7		*			
8			*		
9			*		
10				*	
11				*	
12					*
รวมเวลา ( วัน )	12				

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7			*		
8				*	
9				*	
10				*	
11					*
12					
รวมเวลา ( วัน )	11				

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

ใน Sucrose ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 1 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9			*		
10			*		
11			*		
12				*	
13				*	
14				*	
15					*
รวมเวลา (วัน)	15				

ใน Sucrose ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 2 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6				*	
7				*	
8					*
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
รวมเวลา (วัน)	8				

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

ใน Sucrose ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 3 เดือน

วันที่	สี				
	โต	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มโต
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8				*	
9					*
10					
รวมเวลา (วัน)		9			

ใน Sucrose ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 4 เดือน

วันที่	สี				
	โต	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มโต
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5			*		
6			*		
7				*	
8				*	
9				*	
10					*
รวมเวลา (วัน)		10			

ใน Sucrose ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 5 เดือน

วันที่	สี				
	โต	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มโต
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8				*	
9				*	
10					*
รวมเวลา (วัน)		10			

ใน Sucrose ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 6 เดือน

วันที่	สี				
	โต	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มโต
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8				*	
9					*
10					
รวมเวลา (วัน)		9			



## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอฟิลล์

ใน Sucrose ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 7 เดือน

วันที่	ที่				
	โต	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มโต
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7		*			
8		*			
9			*		
10				*	
11					*
รวมเวลา ( วัน )	11				

ใน Sucrose ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 8 เดือน

วันที่	ที่				
	โต	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มโต
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9				*	
10				*	
11					*
รวมเวลา ( วัน )	11				

ใน Sucrose ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 9 เดือน

วันที่	ที่				
	โต	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มโต
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8				*	
9				*	
10					*
รวมเวลา ( วัน )	10				

ใน Sucrose ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 10 เดือน

วันที่	ที่				
	โต	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มโต
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9				*	
10					*
รวมเวลา ( วัน )	10				



## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

ใน Sucrose ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 11 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9				*	
10				*	
11					*
12					
13					
รวมเวลา (วัน)	11				

ใน Sucrose ที่ 0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 12 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7		*			
8			*		
9			*		
10			*		
11				*	
12				*	
13					*
รวมเวลา (วัน)	13				

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

ใน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 1 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5			*		
6			*		
7			*		
8			*		
9			*		
10			*		
11			*		
12			*		
13			*		
14			*		
15			*		
16				*	
17					*
รวมเวลา - ( วัน )	17				

ใน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 2 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8				*	
9					*
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
รวมเวลา - ( วัน )	9				

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟล์

โน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 3 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7			*		
8				*	
9					*
10					
รวมเวลา ( วัน )	9				

โน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 4 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5			*		
6			*		
7			*		
8				*	
9				*	
10					*
รวมเวลา ( วัน )	10				

โน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 5 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5			*		
6			*		
7				*	
8					*
9					
รวมเวลา ( วัน )	8				

โน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 6 เดือน

วันที่	สัปดาห์				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7			*		
8				*	
9					*
รวมเวลา ( วัน )	9				



ภาคผนวก ง

ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟล์ซ์

ใน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 7 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7		*			
8		*			
9			*		
10				*	
11					*
รวมเวลา ( วัน )	11				

ใน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 8 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7			*		
8			*		
9			*		
10				*	
11					*
รวมเวลา ( วัน )	11				

ใน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 9 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6		*			
7			*		
8				*	
9				*	
10					*
รวมเวลา ( วัน )	10				

ใน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 10 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9				*	
10					*
รวมเวลา ( วัน )	10				

## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

ใน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 11 เดือน

ใน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 12 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มโต
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9			*		
10				*	
11				*	
12					*
รวมเวลา ( วัน )		12			

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มโต
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9				*	
10				*	
11					*
12					
รวมเวลา ( วัน )		11			

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ง

## ตาราง แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะเชื้อที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

ใน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 11 เดือน

ใน Sucrose ที่ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเก็บเป็น 12 เดือน

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9			*		
10				*	
11				*	
12					*
รวมเวลา (วัน)	12				

วันที่	สี				
	ใส	ขาวขุ่น	เหลือง	ส้มขุ่น	ส้มใส
1	*				
2		*			
3		*			
4		*			
5		*			
6			*		
7			*		
8			*		
9				*	
10				*	
11					*
12					
รวมเวลา (วัน)	11				

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก จ

ตารางที่ 5.16 แสดงเปอร์เซ็นต์สังกะสีละลายจากปริมาณแร่ ของการทดลองชุดที่ 1

โดย *Thiobacillus ferrooxidans* ที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

วันที่	เปอร์เซ็นต์สังกะสีละลายจากแร่ (%)					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 200 mg/l	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 1 g/l	Zn Max. 5 g/l	Zn Max. 10 g/l
1	0.29	0.77	0.50	0.25	0.07	0.06
2	0.29	1.26	0.87	0.36	0.07	0.04
3	0.85	1.84	1.45	0.75	0.14	0.13
4	1.09	2.46	2.00	1.19	0.16	0.19
5	1.36	3.87	1.61	1.31	0.16	0.17
6	1.39	3.12	2.53	1.08	0.25	0.19
7	1.45	3.99	3.02	1.50	0.32	0.18
8	1.80	4.26	3.57	2.39	0.25	0.20
9	2.05	4.77	4.04	2.73	0.39	0.20
10	1.94	4.81	4.83	3.64	0.45	0.22
11	2.68	5.30	4.93	3.58	0.47	0.31
12	2.39	5.38	5.16	4.34	0.41	0.38
13	2.85	6.51	5.60	5.17	0.49	0.41
14	2.52	7.43	6.80	5.66	0.40	0.38
15	2.19	8.56	7.89	6.35	0.47	0.40
16	1.94	9.78	8.73	7.74	0.52	0.42
17	2.09	10.62	10.31	8.69	0.58	0.52
18	2.04	11.87	12.32	9.54	0.63	0.45
19	1.94	15.34	14.23	10.14	0.71	0.44
20	1.88	18.73	18.69	11.75	0.80	0.49
21	2.00	20.76	21.31	12.03	0.87	0.50
22	1.89	19.92	21.80	12.35	0.93	0.52
23	1.92	20.83	23.14	12.65	0.95	0.53
24	1.83	22.16	23.81	12.73	1.00	0.54
25	1.81	22.59	24.20	12.86	1.01	0.54

หมายเหตุ ถังที่ 1 เป็นถังปฏิบัติการควบคุม

## ภาคผนวก จ

ตารางที่ 5.17 แสดงเปอร์เซ็นต์สังกะสีละลายจากปริมาณแร่ ของการทดลองชุดที่ 3  
โดย *Thiobacillus ferrooxidans*

วันที่	เปอร์เซ็นต์สังกะสีละลายจากแร่ (%)					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 200 mg/l	Zn Max. 400 mg/l	Zn Max. 1 g/l	Zn Max. 5 g/l	Zn Max. 10 g/l
1	0.30	1.30	0.87	0.40	0.12	0.05
2	0.43	1.88	1.45	0.63	0.20	0.06
3	0.62	2.45	1.86	1.06	0.25	0.06
4	0.87	2.72	3.08	1.58	0.40	0.11
5	0.98	3.23	2.99	2.24	0.41	0.21
6	1.00	4.55	4.07	2.94	0.48	0.22
7	0.91	4.19	4.82	3.51	0.75	0.21
8	1.24	5.26	4.58	3.82	0.89	0.25
9	1.18	5.39	4.64	4.44	1.02	0.31
10	1.18	7.80	5.16	5.77	1.06	0.31
11	1.18	6.57	5.03	4.96	1.08	0.29
12	0.87	6.18	6.15	4.46	1.01	0.21
13	0.88	8.24	7.55	5.16	1.08	0.23
14	0.97	10.63	9.72	6.83	1.11	0.22
15	1.03	12.72	11.42	7.89	1.13	0.21
16	1.12	14.50	13.08	8.10	1.16	0.21
17	1.10	15.86	14.79	6.89	1.16	0.21
18	1.46	17.83	15.08	8.02	1.24	0.21
19	1.06	20.00	17.12	9.58	1.30	0.23
20	1.36	22.02	18.38	10.08	1.34	0.20
21	1.45	21.96	18.64	9.58	1.46	0.23
22	1.52	22.66	21.26	10.86	1.75	0.24
23	1.48	22.81	21.77	10.74	1.81	0.25
24	1.38	22.16	21.57	11.04	1.77	0.24
25	1.46	22.59	22.08	11.24	1.79	0.25

หมายเหตุ ถังที่ 1 เป็นถังปฏิกรณ์ควบคุม



## ภาคผนวก จ

ตารางที่ 5.18 แสดงเปอร์เซ็นต์สังกะสีละลายจากปริมาณแร่ ของการทดลองชุดที่ 2

โดย *Thiobacillus ferrooxidans* ที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์

วันที่	เปอร์เซ็นต์สังกะสีละลายจากแร่ (%)					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	pH 1.5	pH 2	pH 2.5	pH 3	pH 3.5	pH 4
1	2.72	2.09	1.50	1.24	0.62	0.20
2	3.27	2.85	2.19	1.59	0.91	0.39
3	3.91	4.03	2.91	2.12	1.23	0.67
4	4.23	3.23	2.35	1.49	0.60	0.81
5	5.50	5.93	4.40	2.96	2.06	1.20
6	6.28	6.49	3.19	4.58	1.96	1.32
7	7.98	7.73	5.78	3.63	2.38	1.53
8	8.37	8.36	5.65	3.64	2.17	1.66
9	8.62	7.92	6.26	4.97	2.07	1.70
10	10.04	10.95	7.08	4.50	2.00	1.76
11	9.95	12.16	5.27	4.40	2.59	1.73
12	12.49	13.26	7.65	4.49	2.49	1.43
13	13.64	13.84	8.82	4.87	2.56	1.49
14	16.04	17.29	10.95	4.67	2.54	1.40
15	17.61	17.42	10.78	5.97	2.36	1.53
16	23.89	22.12	9.57	6.77	2.03	1.56
17	27.80	24.30	9.84	7.49	2.39	1.65
18	32.13	25.44	10.74	7.22	2.16	1.68
19	33.13	28.38	13.46	8.89	3.97	1.61
20	32.94	33.94	15.61	9.35	3.69	1.47
21	38.53	35.47	21.80	11.03	5.52	1.58
22	44.09	39.55	24.10	13.99	4.86	2.07
23	49.68	41.18	24.87	13.58	5.13	2.12
24	46.61	40.04	23.13	13.10	5.56	1.97
25	53.78	40.81	24.03	13.50	5.80	2.13



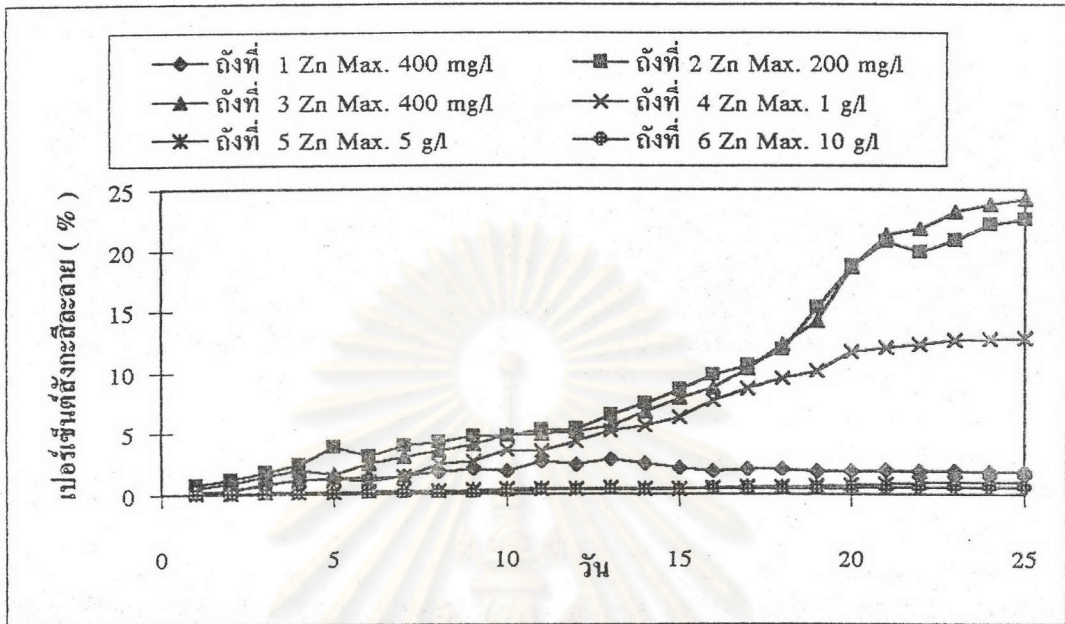
## ภาคผนวก จ

ตารางที่ 5.19 แสดงเปอร์เซ็นต์สังกะสีละลายจากปริมาณแร่ ของการทดลองชุดที่ 4

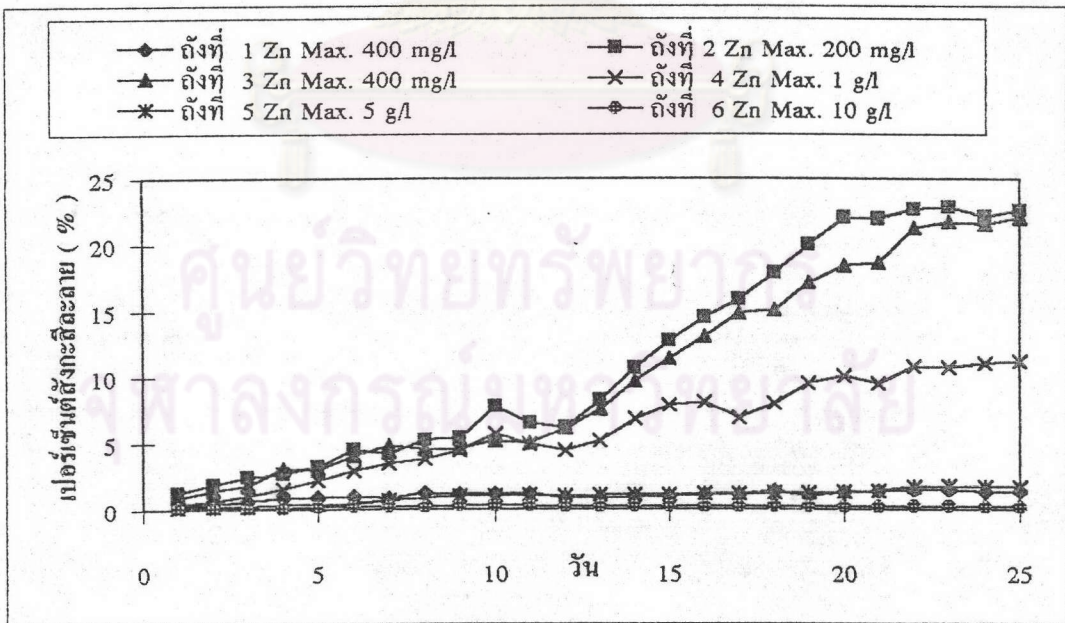
โดย *Thiobacillus ferrooxidans*.

วันที่	เปอร์เซ็นต์สังกะสีละลายจากแร่ (%)					
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังที่ 4	ถังที่ 5	ถังที่ 6
	pH 1.5	pH 2	pH 2.5	pH 3	pH 3.5	pH 4
1	2.91	2.09	1.50	1.31	0.92	0.50
2	3.56	2.55	2.41	2.19	1.22	0.64
3	4.15	3.64	2.62	2.33	1.23	0.85
4	5.37	3.83	3.39	2.73	1.68	1.15
5	6.56	5.53	4.73	3.26	1.88	1.29
6	7.47	6.69	5.14	3.90	1.93	1.32
7	8.03	7.78	5.54	3.63	2.09	1.32
8	8.38	8.79	5.85	3.97	2.17	1.44
9	9.61	9.88	7.03	3.91	2.27	1.50
10	10.05	11.53	7.65	4.36	2.24	1.50
11	11.33	12.30	7.55	4.40	2.59	1.73
12	12.54	12.87	7.81	4.55	2.47	1.43
13	14.62	14.61	8.82	4.62	2.61	1.53
14	17.06	16.86	10.14	4.80	2.55	1.66
15	17.56	18.91	10.54	5.05	2.81	1.76
16	22.39	22.41	10.80	6.58	2.55	1.56
17	22.72	24.16	11.30	7.11	2.97	1.78
18	24.69	24.97	12.53	7.55	3.14	2.23
19	25.81	28.35	14.97	10.06	3.58	2.31
20	31.63	33.87	16.40	11.28	4.46	2.42
21	32.76	36.83	18.04	12.46	4.81	2.16
22	40.60	42.06	18.87	12.86	5.05	2.14
23	46.81	44.07	20.64	13.65	5.94	2.25
24	47.56	45.73	21.41	13.86	5.67	2.19
25	50.87	46.96	22.29	14.41	6.43	2.46

ภาคผนวก จ



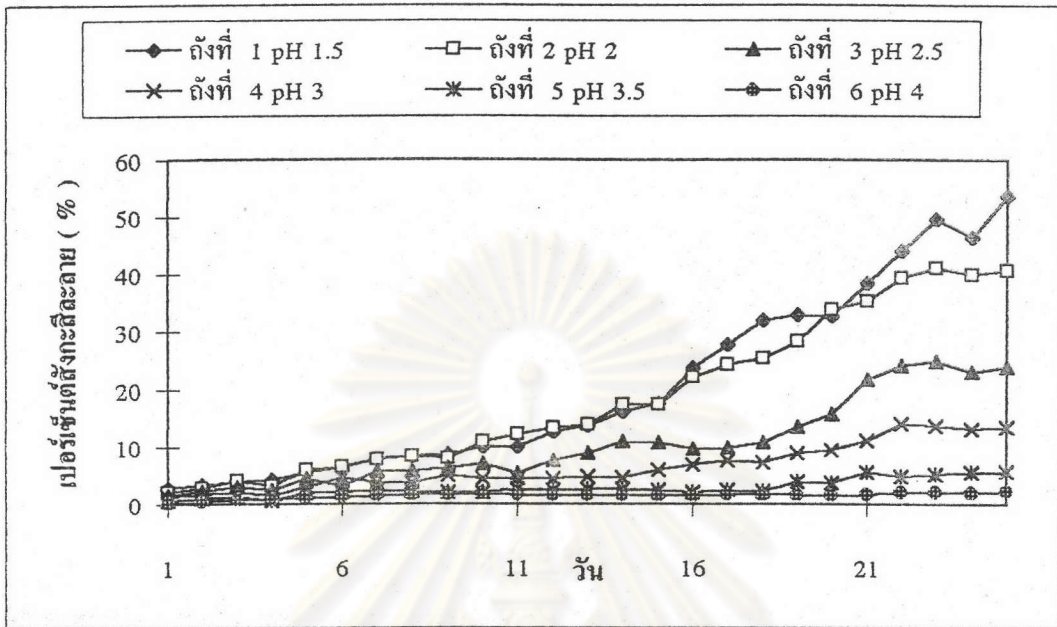
รูปที่ 5.70 แสดงเปอร์เซ็นต์การละลายจากปริมาณแร่ของการทดลองชุดที่ 1 โดย *Thiobacillus ferrooxidans* ที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์



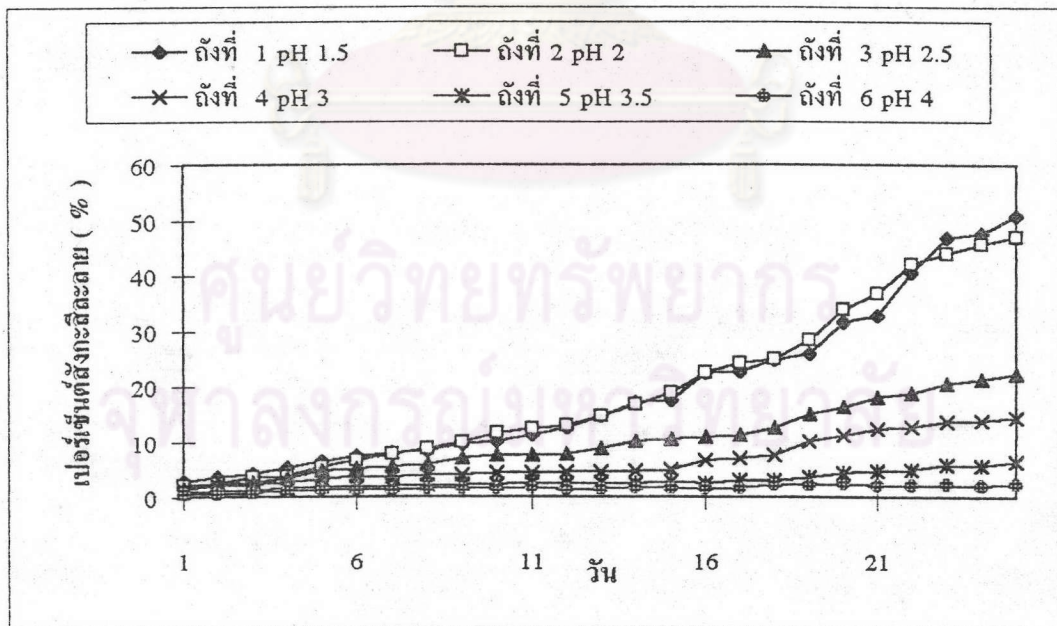
รูปที่ 5.71 แสดงเปอร์เซ็นต์การละลายจากปริมาณแร่ของการทดลองชุดที่ 3 โดย *Thiobacillus ferrooxidans*



ภาคผนวก จ



รูปที่ 5.72 แสดงเปอร์เซ็นต์การละลายจากปริมาณแร่ ของการทดลองชุดที่ 2 โดย *Thiobacillus ferrooxidans* ที่ผ่านการไลโอไฟไลซ์



รูปที่ 5.73 แสดงเปอร์เซ็นต์การละลายจากปริมาณแร่ ของการทดลองชุดที่ 4 โดย *Thiobacillus ferrooxidans*



## ประวัติผู้เขียน

นางสาว สุวิสา ประดิษฐ์ เกิดวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2511 ที่อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2534 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2535



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย