

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสียและน้ำทิ้ง

1. ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียรวม

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียรวมจากอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น

วันที่	COD	TKN	NH ₃	SS	Temperature	pH
8/8/2005	10,630	926	671	545	29.8	4.51
15/8/2005	16,090	1,718	1,251	590	29.6	2.88
22/8/2005	7,276	765	583	342	29.8	4.95
29/8/2005	11,780	1,261	962	495	31.2	4.62
5/9/2005	10,070	900	703	625	30.0	4.63
12/9/2005	13,490	1,187	910	490	29.8	4.69
19/9/2005	16,680	1,818	1,365	530	30.1	4.42
26/9/2005	5,700	496	372	425	29.4	5.09
4/10/2005	8,930	1,222	977	730	29.9	4.95
10/10/2005	7,768	415	316	377	30.5	5.51

ตารางที่ 21 (ต่อ)

วันที่	COD	TKN	NH ₃	SS	Temperature	pH
31/10/2005	9,200	876	585	465	29.7	4.85
7/11/2005	5,680	385	230	575	29.4	5.13
28/11/2005	5,400	354	274	385	28.9	4.52
12/12/2005	5,600	455	368	241	29.8	5.15
19/12/2005	5,970	484	410	275	29.4	5.43
9/1/2006	17,900	1,880	1,455	560	30.1	4.65
16/1/2006	17,600	1,733	1,306	955	29.6	4.60
23/1/2006	8,760	515	426	755	29.6	4.73
30/1/2006	12,400	1,080	890	425	29.8	4.69
6/2/2006	10,730	1,120	862	430	31.2	4.62
20/3/2006	8,743	1,035	790	543	29.9	4.85
27/3/2006	9,850	689	490	415	29.4	4.72
10/4/2006	8,110	758	560	420	30.7	4.86
24/4/2006	10,740	987	682	560	29.8	4.51
22/5/2006	9,050	940	910	755	30.1	4.85
29/5/2006	11,500	970	620	352	29.4	4.61

ตารางที่ 21 (ต่อ)

วันที่	COD	TKN	NH ₃	SS	Temperature	pH
5/6/2006	16,600	1,480	1,010	650	29.7	4.41
12/6/2006	11,590	1,130	765	810	28.9	4.52
19/6/2006	9,920	890	535	760	28.6	4.81
26/6/2006	10,640	980	715	585	28.9	4.66
เฉลี่ย	10,479.90	981.63	733.12	535.50	29.77	4.71
SD	3,568.53	422.56	321.86	164.42	0.59	0.43

2. ผลการวิเคราะห์ทางเคมีเมื่อมีการควบคุมค่าไออาร์พีโดยมีอัตราการไหลคงที่
 ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีเมื่อมีการควบคุมค่าไออาร์พีที่ -500 มิลลิโวลต์

ORP-500 mV									
Date	COD (mg/L)			SS (mg/L)			TN (mg/L)		
	Influent	Effluent	%Removal	Influent	Effluent	%Removal	Influent	Effluent	%Removal
1	18400.00	7200.00	60.87	485.00	160.00	67.01	1814.24	1664.55	8.23
2	18400.00	9600.00	47.83	485.00	971.43	-100.29	1814.24	1673.55	7.75
3	18400.00	8000.00	56.52	485.00	1320.00	-172.16	1814.24	1739.62	4.11
4	9600.00	6800.00	29.17	124.00	430.00	-246.77	989.13	942.16	4.75
5	9600.00	3200.00	66.67	124.00	380.00	-206.45	989.13	872.35	11.81
6	9600.00	4800.00	50.00	124.00	1020.00	-722.58	989.13	933.26	5.65
7	9600.00	6400.00	33.33	124.00	530.00	-327.42	989.13	949.64	3.99
8	9600.00	1200.00	87.50	124.00	410.00	-230.65	989.13	939.28	5.04
เฉลี่ย	12900.00	5900.00	53.99	259.38	652.68	-242.42	1298.55	1214.35	6.42

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีเมื่อมีการควบคุมค่าโออาร์พีที่ -325 มิลลิโวลต์

ORP-325 mV									
Date	COD (mg/L)			SS (mg/L)			TN (mg/L)		
	Influent	Effluent	%Removal	Influent	Effluent	%Removal	Influent	Effluent	%Removal
1	5680.00	3200.00	43.66	760.00	440.00	42.11	409.50	307.50	24.91
2	5645.00	3300.00	41.54	192.50	100.00	48.05	353.50	253.33	28.34
3	5200.00	3275.00	37.02	241.00	142.50	40.87	344.17	248.50	27.80
4	5540.00	2900.00	47.65	195.00	70.00	64.10	306.83	243.27	20.72
เฉลี่ย	5516.25	3168.75	42.47	347.13	188.13	48.78	353.50	263.15	25.44

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีเมื่อมีการควบคุมค่าโออาร์พีที่ -200 มิลลิโวลต์

ORP-200 mV									
Date	COD (mg/L)			SS (mg/L)			TN (mg/L)		
	Influent	Effluent	%Removal	Influent	Effluent	%Removal	Influent	Effluent	%Removal
1	8930.00	1110.55	87.56	730.00	355.00	51.37	1222.00	962.05	21.27
2	8930.00	968.60	89.15	730.00	400.00	45.21	1222.00	935.05	23.48
3	8930.00	851.70	90.46	730.00	302.00	58.63	1222.00	1002.07	18.00
4	8930.00	1052.10	88.22	730.00	335.00	54.11	1222.00	1009.10	17.42
เฉลี่ย	8930.00	995.74	88.85	730.00	348.00	52.33	1222.00	977.07	20.04

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีเมื่อมีการควบคุมค่าโออาร์พีที่ -150 มิลลิโวลต์

ORP-150 mV									
Date	COD (mg/L)			SS (mg/L)			TN (mg/L)		
	Influent	Effluent	%Removal	Influent	Effluent	%Removal	Influent	Effluent	%Removal
1	17,360.00	7,600.00	56.22	760.00	262.00	65.53	1,684.00	550.42	67.31
2	18,800.00	8,600.00	54.26	854.00	335.00	60.77	1,605.00	651.05	59.44
3	18,400.00	7,400.00	59.78	820.00	352.00	57.07	1,659.00	707.00	57.38
4	17,200.00	6,600.00	61.63	860.00	384.00	55.35	1,754.00	961.33	45.19
5	17,600.00	7,200.00	59.09	955.00	390.00	59.16	1,733.00	928.00	46.45
เฉลี่ย	17,872.00	7,480.00	58.20	849.80	344.60	59.58	1,687.00	759.56	55.16

3. ผลการวิเคราะห์ทางเคมีเมื่อมีการควบคุมค่าไออาร์พีโดยมีอัตราการไหลเปลี่ยนแปลงในระหว่างวัน

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีเมื่อมีการควบคุมค่าไออาร์พีที่ -150 มิลลิโวลต์ โดยมีอัตราการไหลเปลี่ยนแปลงในระหว่างวัน

ORP-150 mV (อัตราการไหลเปลี่ยนแปลง)									
Date	COD (mg/L)			SS (mg/L)			TN (mg/L)		
	Influent	Effluent	%Removal	Influent	Effluent	%Removal	Influent	Effluent	%Removal
1	10500	3540	66.29	880	340	61.36	1110	481.01	56.67
2	10700	4010	62.52	910	375	58.79	974	435.03	55.34
3	10220	3860	62.23	875	360	58.86	1023	520.00	49.17
4	10300	3800	63.11	850	315	62.94	926	482.05	47.94
5	10030	4020	59.92	845	330	60.95	900	402.00	55.33
6	10120	3710	63.34	860	355	58.72	934	450.00	51.82
7	9400	3150	66.49	760	275	63.82	874	434.04	50.34
8	9600	3400	64.58	655	260	60.31	805	380.02	52.79
9	9640	3220	66.60	610	230	62.30	773	343.06	55.62
เฉลี่ย	10056.67	3634.44	63.90	805.00	315.56	60.89	924.33	436.36	52.78

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย

1. ซีโอดีทั้งหมด (Total Chemical Oxygen Demand : TCOD)

โดยวิธี Dichromate Closed Reflux Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Digestion vessel : ให้ใช้หลอดเพาะเชื้อที่ทำด้วย borosilicate glass ขนาด 16×100 มิลลิเมตร, 20×150 มิลลิเมตร หรือ 25×150 มิลลิเมตร พร้อมด้วยฝาเกลียวปิดซึ่งภายในเป็น TFE
2. Block heater หรือเครื่องมืออื่นๆ ที่คล้ายกันซึ่งสามารถให้ความร้อนที่ 150 ± 0.2 องศาเซลเซียส พร้อมกับช่อง Block สำหรับใส่หลอด ไม่ควรใช้ Oven เพราะตัวอย่างอาจจะรั่วซึ่งจะเกิดการกัดกร่อนและอาจจะระเบิดได้ ในกรณีที่ต้องใช้ Oven ให้ผสมตัวอย่างในหลอดให้เข้ากันดีก่อนจึงจะนำเข้า Oven
3. Microburet

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.10 M เตรียมโดยละลาย $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 39.2 กรัม ในน้ำกลั่น เดิม conc. H_2SO_4 20 มิลลิเมตร ที่ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

สารละลายนี้จะต้องนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอนในแต่ละวัน ด้วยสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต

การหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS)

นำสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 5 มิลลิเมตร เดิมน้ำกลั่น 10 มิลลิเมตร ที่ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เดิมเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด แล้วนำมาไทเทรตกับเฟอร์รัส-แอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.10 M จุดยุติเปลี่ยนจากน้ำเงินแกมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

การคำนวณ

$$\text{โมลาริตีของ FAS} = [\text{ปริมาณ } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ (ml)} \times 0.25] / \text{ปริมาณ FAS ที่ใช้ (ml)}$$

2. สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 0.01667 M เตรียมโดยละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) 4.903 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ

500 มิลลิลิตร, conc. H₂SO₄ 167 มิลลิลิตร และ HgSO₄ 33.3 กรัม ละลายเข้าด้วยกัน จากนั้นปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วปรับปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร

3. สารละลายกรด H₂SO₄ เตรียมโดยทำการผสม Ag₂SO₄ และ conc. H₂SO₄ ด้วยสัดส่วน Ag₂SO₄ 5.5 กรัม ต่อ conc. H₂SO₄ 1 กิโลกรัม ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน ให้ Ag₂SO₄ ละลายก่อนนำมาใช้

4. สารละลายเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ เตรียมโดยละลาย 1,10-phenanthroline monohydrate 1.485 กรัม และ FeSO₄·7H₂O 695 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 100 มิลลิลิตร

5. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (KHP, HOOC₆H₄COOK) เตรียมโดยบด KHP และทำให้แห้งที่ 110 องศาเซลเซียส ชั่งมา 425 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรจนได้ 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะอยู่ตัวถ้าเก็บในตู้เย็นแต่ไม่ตลอดไป

วิธีการวิเคราะห์

1. ตวงตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดสำหรับหาค่า COD
2. เติมสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 0.01667 M จำนวน 6 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลายกรด H₂SO₄ (ผสม Ag₂SO₄) 14 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
4. ปิดฝาหลอด COD ให้แน่นพอดีและนำหลอดไปเหวี่ยงให้สารผสมกัน
5. วางหลอดลงใน block digester ที่ preheat ไว้ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ก่อนแล้วรีฟลักซ์ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในอุณหภูมิห้อง จากนั้นนำหลอดลงใน test tube rack
6. จากนั้นนำมาไทเทรตด้วยสารละลาย FAS 0.10 M โดยใช้สารละลายเฟอร์โรอิน 2-3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติเปลี่ยนจากน้ำเงินแกมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง
7. ทำแบลนด์โดยใช้น้ำกลั่นในปริมาตรที่เท่ากับน้ำตัวอย่าง ทำการรีฟลักซ์เหมือนตัวอย่างทุกประการรวมทั้งสารเคมีที่ใช้ก็ต้องเท่ากันด้วย

การคำนวณ

$$\text{COD (mg/l)} = [(A-B) \times M \times 8,000] / \text{ปริมาณตัวอย่าง (ml)}$$

โดยที่ COD = ค่า Chemical Oxygen Demand

A = ปริมาณ FAS ที่ใช้สำหรับแบลนด์ (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณ FAS ที่ใช้สำหรับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

M = โมลาริตีของ FAS

2. ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid : SS)

โดยวิธี Gravimetric Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Glass Filler Disks (Whatman GF/C หรือ Gelman type A) ซึ่งไม่มีสารอินทรีย์ติดอยู่
2. เครื่องมือสำหรับกรอง
 - 2.1 Filter holder ใช้ gooch crucible adapter หรือ membrane filter funnel
 - 2.2 ถ้วยกรองความจุ 25 มิลลิลิตร สำหรับ Glass Filter ขนาด 2.2 เซนติเมตร
3. ขวดดูด (Suction flask) ความจุ 500 มิลลิลิตร
4. เครื่องดูดสูญญากาศ

วิธีการวิเคราะห์

1. อบกระดาษกรองที่วางในอะลูมิเนียมฟรอย ให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ประมาณ 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก
2. เลือกปริมาณน้ำตัวอย่างที่ได้ปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิกรัม/ลิตร
3. วางกระดาษกรองบนกรวยที่ต่อกับเครื่องดูดสูญญากาศ
4. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียก แล้วเปิดเครื่องดูดสูญญากาศ เพื่อให้กระดาษกรองติดกับกรวย
5. กรองตัวอย่างที่ผสมเข้ากันดีแล้วโดยอาศัยแรงดึงจากเครื่องดูดอากาศ
6. ปิดเครื่องดูดสูญญากาศ ใช้คีบคีบกระดาษกรอง แล้วนำไปใส่อะลูมิเนียมฟรอยอันเดิม จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
7. ทิ้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ประมาณ 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

การคำนวณ

$$\text{Suspended Solid (mg/l)} = [(A-B) \times 1000] / \text{ml sample}$$

- โดยที่
- | | | |
|---|---|---|
| A | = | น้ำหนักกระดาษกรองก่อนการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม) |
| B | = | น้ำหนักกระดาษกรองหลังการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม) |

3. เอ็มแอลเอสเอส (Mixed Liquor Suspended Solid : MLSS)

โดยวิธี Gravimetric Method

การหา MLSS วิธีการเหมือนกับการหา SS เพียงแต่ใช้น้ำตะกอนจุลินทรีย์ (Mixed liquor) แทนน้ำตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen : $\text{NH}_4^+\text{-N}$)

โดยวิธี Phenate Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องที่ใช้ในการกลั่น ซึ่งประกอบด้วย Kjeldahl Flask, Condenser และ Heaters
2. เครื่องวัด pH

สารเคมี

1. น้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย
2. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (Phosphatebuffer) เตรียมโดยละลาย KH_2PO_4 14.3 กรัม และ K_2HPO_4 68.8 กรัม ในน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย แล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร หรือ สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ (Borate buffer) ซึ่งเตรียมโดยเติม NaOH 0.01 N 88 มิลลิลิตร ลงใน Sodium tetraborate solution 0.025 M 500 มิลลิลิตร (ละลาย anhydrous $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 5.0 กรัม หรือ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 9.5 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1 ลิตร) แล้วปรับปริมาตรจนได้ 1 ลิตร
3. สารละลายอินดิเคเตอร์ เตรียมโดยละลาย Methyl red 200 mg ใน ethyl หรือ isopropyl alcohol 95 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร ละลาย methylene Blue 100 มิลลิกรัม ใน ethyl หรือ isopropyl alcohol 95 เปอร์เซ็นต์ 50 มิลลิลิตร รวมสารละลายสองอย่างเข้าด้วยกัน เตรียมใช้ในแต่ ละเดือน
4. กรดบอริก + อินดิเคเตอร์ เตรียมโดยละลาย H_3BO_3 20 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจาก แอมโมเนียเติมอินดิเคเตอร์ 10 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรจนได้ 1 ลิตร เตรียมใช้ในแต่ ละเดือน
5. สารละลาย Standard sulfuric 0.02 N เตรียมโดย ใช้กรด conc. H_2SO_4 2.8 มิลลิลิตรผสม กับน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียจนได้ 1 ลิตร จะได้กรด H_2SO_4 เข้มข้น 0.1 N จากนั้นปรับ ปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร ของกรด H_2SO_4 0.1 N ด้วยน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนียจนได้ 1 ลิตร กรดที่ได้เข้มข้นสุดท้ายนี้จะมีค่าความเข้มข้นประมาณ 0.02 N หาค่าความเข้มข้นของกรด H_2SO_4 โดยไทเทรต กับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมคาร์บอเนต 0.02 N

6. สารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนตมาตรฐาน 0.02 N เตรียมโดยละลาย Na_2CO_3 1.060 g (อบที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชม.) ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

7. สารละลายใช้ในการปรับ pH

- 1) สารละลาย NaOH 1 N เตรียมโดยละลาย NaOH 40 กรัม ในน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนียแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
- 2) สารละลายกรด H_2SO_4 1 N เตรียมโดยละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 28 ml ในน้ำกลั่น ปราศจากแอมโมเนีย 500 มิลลิลิตร ปล่อยให้เย็น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร
- 3) สารละลาย NaOH 6 N เตรียมโดยละลาย NaOH 240 กรัม ในน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนียแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

วิธีการ

1. การกลั่นล้างเครื่องมือ ใช้น้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร และ Phosphate buffer 20 มิลลิลิตร แล้วปรับ pH ให้เป็น 9.5 ด้วย NaOH 6 N ใส่ลูกแก้ว (glass beads) ลงไป ผสมสารละลายให้เข้ากัน กลั่นล้างจนแอมโมเนียจนหมด

2. การกลั่นตัวอย่าง นำตัวอย่าง 500 มิลลิลิตร หรือตัวอย่างที่มีการเจือจาง 500 มิลลิลิตร มาปรับ pH ให้ได้ประมาณ 7 เติมสารละลาย Phosphate buffer 25 ปรับ pH แล้วปรับ pH ให้ได้ 9.5 จากนั้น เทใส่ Kjeldahl flask เติมลูกแก้ว (glass bead) นำไปกลั่น เก็บ Distillate 250 มิลลิลิตร ใช้กรดบอริก+อินดิเคเตอร์ 50 มิลลิลิตร รวมเป็น 300 มิลลิลิตร นำ Distillate นำไปไทเทรตกับ สารละลายกรดมาตรฐานกรด H_2SO_4 0.02 N จนกระทั่งถึงจุดยุติกลายเป็นสีม่วงอ่อน

สำหรับ Blank ทำเหมือนตัวอย่างทุกประการแต่นำน้ำกลั่นแทน

ตารางที่ 27 การเจือจางของน้ำตัวอย่างในการวิเคราะห์ NH_4^+-N

NH_4^+-N in sample (mg/l)	Sample volume (ml)
5-10	25
10-20	100
20-50	50.0
50-100	25.0

การคำนวณ

$$\text{NH}_4^-\text{-N (mg/L)} = [(A - B) \times 280] / \text{ml. sample}$$

โดยที่ $\text{NH}_4^-\text{-N}$ = แอมโมเนียไนโตรเจน

A = มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานกรด H_2SO_4 0.02 N ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรสารละลายมาตรฐานกรด H_2SO_4 0.02 N ที่ใช้ในการไทเทรต Blank

5. การวิเคราะห์เจตาท์ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)

โดยวิธี Macro Kjeldahl Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือในการย่อยสลาย ประกอบด้วยเครื่องดูดอากาศเพื่อดูดไอน้ำออกทิ้ง
2. เครื่องกลั่น ชุดเดียวกับการหาแอมโมเนียไนโตรเจน

สารเคมี

1. สารละลายสำหรับการย่อย (Digestion solution) เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 134 กรัม และ 7.3 กรัม CuSO_4 ผสมกันในน้ำกลั่นประมาณ 800 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 134 มิลลิลิตร ของ conc. H_2SO_4 ด้วยความระมัดระวัง และทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นจึงปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 14 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการตกผลึก
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไฮโอซัลเฟต เตรียมโดยละลาย NaOH 500 กรัม และโซเดียมไฮโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) จำนวน 25 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรจนเป็น 1 ลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. เลือกปริมาตรของน้ำตัวอย่างให้เหมาะสม จากนั้นเติมน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียจนปริมาตรรวมเป็น 300 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายสำหรับการย่อยสลายลงไป 50 มิลลิลิตร
3. ต้มเคี่ยวจนได้สารละลายใส เกี่ยวต่ออีก 20 – 30 นาทีให้หมดควันมีแต่ส่วนใส จากนั้นทิ้งให้เย็นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 300 มิลลิลิตร

4. ทำให้เป็นค่าง ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไซโอซัลเฟต 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปกลั่น โดยใช้สารละลายอินดิเคตติ้งบอริกเอซิก 50 มิลลิลิตร เป็นตัวจับแอมโมเนียจนได้ ปริมาตรรวมทั้งหมดเป็น 250 มิลลิลิตร

จากนั้นนำส่วนที่กลั่นได้ 250 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งให้เย็น นำมาไทเทรตกับสารละลายกรด H_2SO_4 0.02 N จนกลายเป็นสีม่วงอ่อน

การคำนวณ

$$NH_4^+ - N + Org - N \text{ (mg/L)} = [(A - B) \times 280] / \text{ml. sample}$$

โดยที่

$NH_4^+ - N + Org - N$ = แอมโมเนียไนโตรเจน + อินทรีย์ไนโตรเจน

A = มิลลิลิตรสารละลายมาตรฐานกรด H_2SO_4 0.02 N ที่ใช้ในการไทเทรต

ตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรสารละลายมาตรฐานกรด H_2SO_4 0.02 N ที่ใช้ในการไทเทรต Blank

6. การวิเคราะห์ไนไตรต์ไนโตรเจน (Nitrite-Nitrogen : NO_2^-)

โดยวิธี Spectrophotometric Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Flask
2. Volumetric flask ขนาด 50 ml
3. Volumetric pipet
4. Cylinder ขนาด 100 ml
5. Beaker
6. Test tube
7. กระจกกรองขนาด 0.45 μm
8. ชุดกรองพร้อมเครื่องดูดสุญญากาศ
9. Spectrophotometer

สารเคมี

1. Sulfanilamide Solution
2. 1-Naphthyl-Ethylene-Diamine Solution (NED)
3. Stock $\text{NO}_2\text{-N}$ ความเข้มข้น 0.1 mg $\text{NO}_2\text{-N/ml}$
4. Deionized water

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียม Standard $\text{NO}_2\text{-N}$ ความเข้มข้น 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ 0.10 mg $\text{NO}_2\text{-N/l}$ จาก Standard $\text{NO}_2\text{-N}$ ความเข้มข้น 1 mg $\text{NO}_2\text{-N/l}$ โดยการ Pipet Standard $\text{NO}_2\text{-N}$ ความเข้มข้น 1 mg $\text{NO}_2\text{-N/l}$ ปริมาตร 1, 2, 3, 4 และ 5 ml ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml แล้วเติม Deionized water จนได้ปริมาตร 50 ml

2. วิเคราะห์ $\text{NO}_2\text{-N}$ ของน้ำตัวอย่างโดย

2.1 นำน้ำตัวอย่างกรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 μm โดยใช้ชุดกรองพร้อม เครื่องดูดสูญญากาศ

2.2 ปิเปิดน้ำตัวอย่างปริมาตร 10 ml ใส่ใน Test tube

2.3 เติม Sulfanilamide solution ปริมาตร 1 ml เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 2-8 นาที

2.4 เติม NED ปริมาตร 1 ml เขย่าให้เข้ากัน

นำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 540 nm ภายใน 10 นาที – 2 ชั่วโมง

7. การวิเคราะห์ไนเตรตไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen : $\text{NO}_3\text{-N}$)

โดยวิธี Cadmium Reduction Method

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Flask
2. Volumetric flask ขนาด 100 ml
3. Volumetric pipet
4. Cylinder ขนาด 100 ml
5. Beaker
6. Test tube
7. กระดาษกรองขนาด 0.45 μm

8. ชุดกรองพร้อมเครื่องดูดสุญญากาศ
9. Spectrophotometer
10. Cadmium Reduction Column

สารเคมี

1. Sulfanilamide Solution
2. 1-Naphthyl-Ethylene-Diamine Solution (NED)
3. Stock $\text{NO}_3\text{-N}$ ความเข้มข้น 0.1 mg $\text{NO}_3\text{-N/ml}$
4. Deionized water
5. $\text{NH}_4\text{Cl-EDTA}$ Solution

วิธีการวิเคราะห์

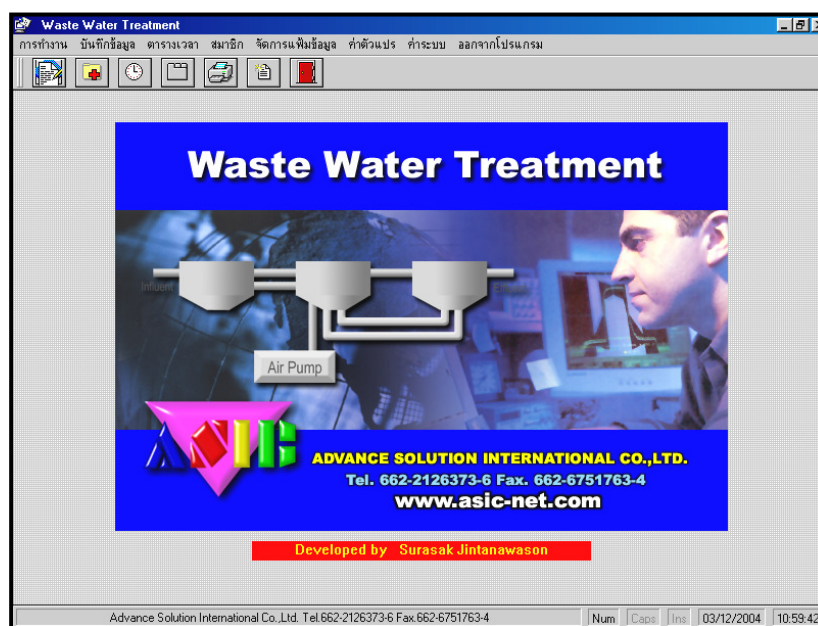
1. เตรียม Standard $\text{NO}_3\text{-N}$ ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 0.10 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$ จาก Standard $\text{NO}_3\text{-N}$ ความเข้มข้น 5 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$ ปริมาตร โดยการ Pipet Standard $\text{NO}_3\text{-N}$ ความเข้มข้น 5 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$ ปริมาตร 1, 2, 3, 4 และ 5 ml ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 ml แล้วเติม Deionized water จนได้ปริมาตร 100 ml
2. การวิเคราะห์ $\text{NO}_3\text{-N}$ ของน้ำตัวอย่าง
 - 2.1 นำน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 μm โดยใช้ชุดกรองพร้อมเครื่องดูดสุญญากาศ
 - 2.2 นำน้ำตัวอย่างที่ผ่านกระดาษกรองแล้วปริมาตร 25 ml ผสมกับ $\text{NH}_4\text{Cl-EDTA}$ Solution ปริมาตร 75 ml เพื่อกำจัดโลหะหนักต่าง ๆ
 - 2.3 ผ่านน้ำตัวอย่างใน Cadmium Reduction Column ด้วย Flow rate 5-7 ml/min
 - 2.4 ทิ้งน้ำตัวอย่าง 25 ml แรกแล้วเก็บน้ำตัวอย่างปริมาตร 10 ml ใส่ใน Test tube
 - 2.5 เติม Sulfanilamide Solution ปริมาตร 1 ml เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 2-8 นาที
 - 2.6 เติม 1-Naphthyl-Ethylene-Diamine Solution (NED) Solution ปริมาตร 1 ml เขย่าให้เข้ากัน
 - 2.7 นำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 540 nm ภายใน 10 นาที – 2 ชั่วโมง

3. การวัดประสิทธิภาพของ Cadmium Reduction Column ทำได้โดยการเปรียบเทียบค่า ABS ที่ความยาวคลื่น 540 nm ของ $\text{NO}_3\text{-N}$ และ $\text{NO}_2\text{-N}$ ที่ความเข้มข้นที่เท่ากัน ค่า ABS ที่เปรียบเทียบกัน จะแสดงถึงประสิทธิภาพของ Cadmium Reduction Column ที่สามารถรีดิวซ์ $\text{NO}_3\text{-N}$ ให้เป็น $\text{NO}_2\text{-N}$ ได้อย่างสมบูรณ์

ภาคผนวก ค

การใช้โปรแกรม “ Waste Water Treatment ” สำหรับการควบคุมการเติมอากาศ

โปรแกรม “ Waste Water Treatment, WWT ” (ภาพประกอบที่28) ได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยบริษัท แอ็ควานซ์ โซลูชั่น อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด อนุญาตให้จำนวน 1 ชุด เฉพาะมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ ห้ามบุคคลและนิติบุคคลอื่นทำสำเนา ลอกเลียนแบบ หรือนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นเอกสารจากทางบริษัท เป็นโปรแกรมที่ใช้ควบคุมระบบและควบคุมการเติมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วย ระบบตรวจวัดแบบออนไลน์พร้อมทั้งเครื่องมือตรวจวัดค่า DO, pH, ORP and Temperature แบบอัตโนมัติในถังเติมอากาศ สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลค่าต่างๆ ที่ตรวจวัดได้แบบออนไลน์ ซึ่งจะถูกบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ทุก 10-15 นาที โดยผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนเวลาในการบันทึกข้อมูลได้ตามต้องการ

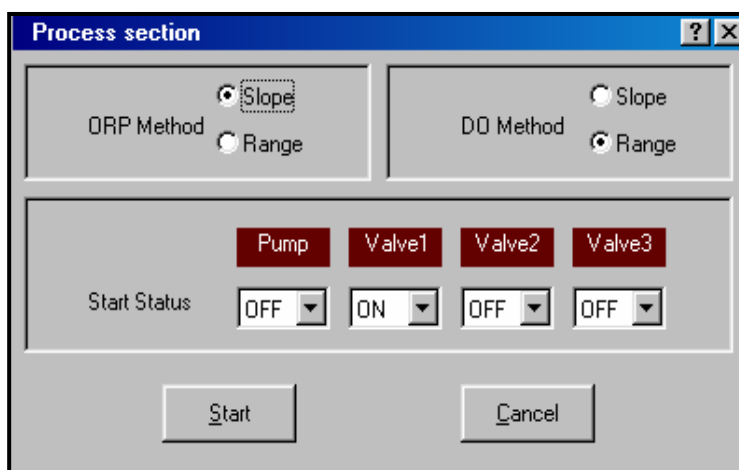


ภาพประกอบที่ 28 โปรแกรม “ Waste Water Treatment ”

1. การตั้งค่าสถานะเริ่มต้นการทำงาน

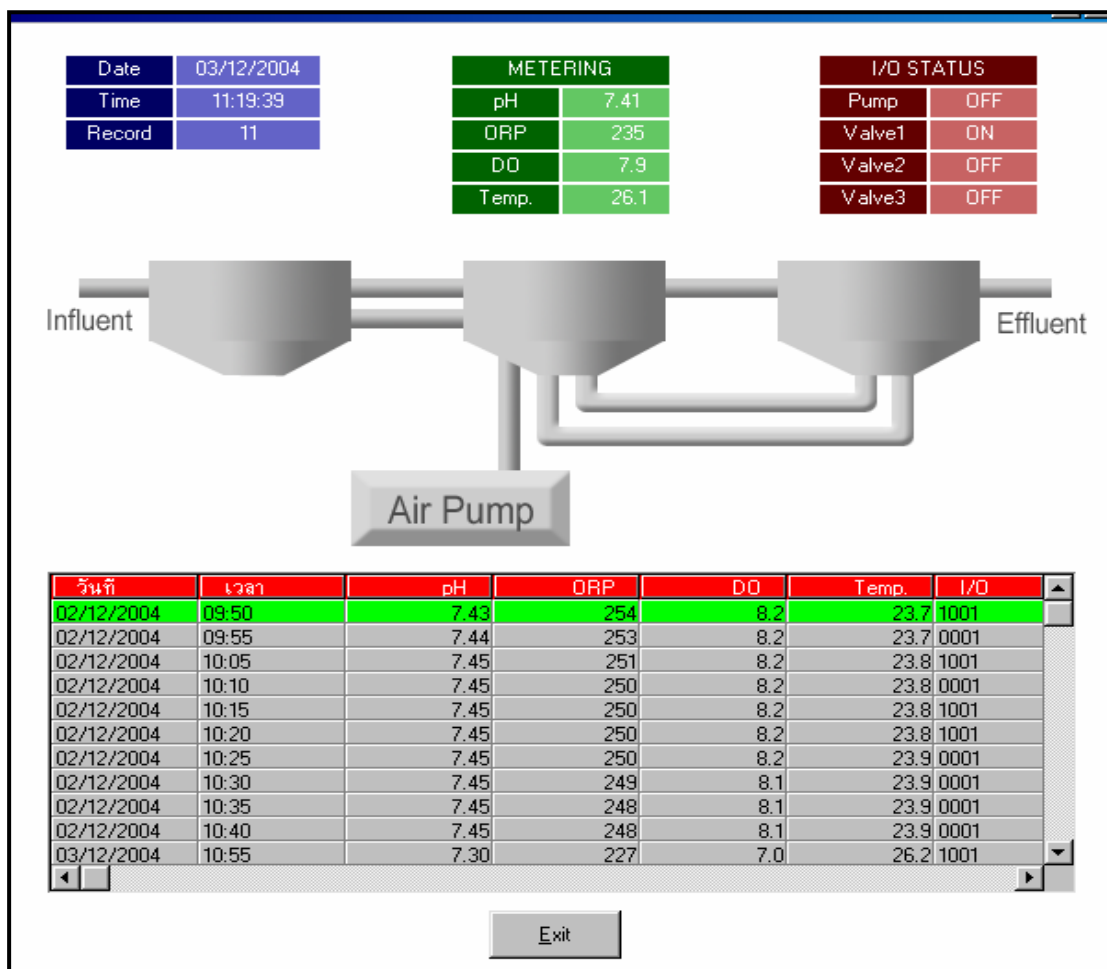
หลังจากป้อนชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านแล้ว จะปรากฏโปรแกรม WWT ผู้ใช้ต้องเลือกเมนูบาร์ “การทำงาน” ซึ่งจะปรากฏหน้าต่าง “Process section” ดังภาพประกอบที่ 29 เพื่อตั้งค่าสถานะเริ่มต้นการทำงาน ผู้ใช้สามารถเลือกวิธีการควบคุมการเติมอากาศ โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ DO หรือ ORP โดยเลือกการควบคุมเป็น Slope หรือ Range หลังจากนั้นให้ตั้งค่าสถานะเริ่มต้นการทำงาน (Start Status) ของ Pump, Valve 1, Valve 2 และ Valve 3 โดยเลือกใน combo box ซึ่งจะมีคำสั่งให้เลือก 3 แบบ คือ

- ON หมายถึง เปิด
- OFF หมายถึง ปิด
- ... หมายถึง เป็นไปตามค่าที่ตั้งไว้ในการเขียนโปรแกรม



ภาพประกอบที่ 29 หน้าต่าง “Process section” สำหรับตั้งค่าสถานะเริ่มต้นการทำงาน

หลังจากตั้งค่าต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม “Start” จะปรากฏหน้าต่าง “Process section” ซึ่งจะแสดงสถานะการทำงาน โดยจะมีหน้าต่างแสดงค่า วันเดือนปี เวลา จำนวนข้อมูลที่บันทึก (Record) ในส่วน Metering จะแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด (pH, ORP, DO, Temperature) ส่วนที่ I / Q STATUS จะบอกว่า Pump, Valve 1, Valve 2 และ Valve 3 นั้นเปิดหรือปิด (ON / OFF) หรืออาจจะดูที่ช่อง I / Q ได้เช่นกัน ดังภาพประกอบที่ 30

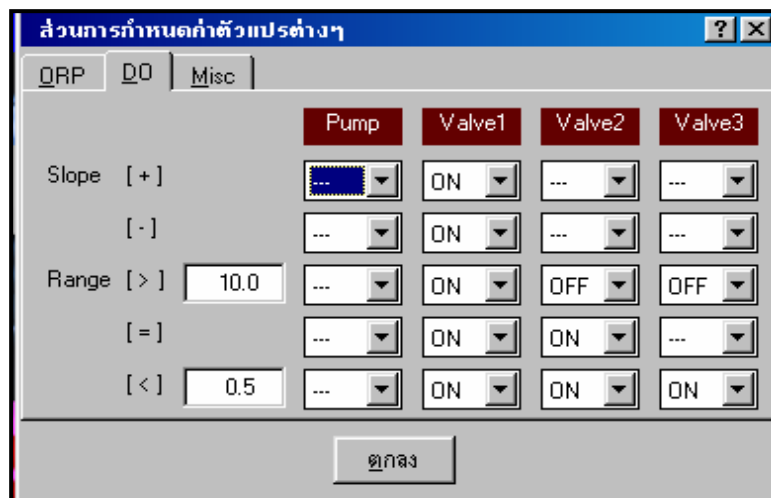


ภาพประกอบที่ 30 หน้าต่าง “Process section” แสดงข้อมูลต่าง เวลา ค่าพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด และแสดงสถานะการทำงานของปั๊ม

2. การตั้งค่าตัวแปร

หากต้องการกำหนดช่วงของค่า ORP และ DO สำหรับควบคุมการทำงานของปั๊ม ให้เลือกเมนูบาร์ “ค่าตัวแปร” จะปรากฏหน้าต่าง “ส่วนการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ” (ภาพประกอบที่ 31) จะมีเมนูของ ORP DO และ Misc (กำหนดเวลาการทำงานของโปรแกรมและระบบบำบัด) สำหรับส่วนของ Pump Valve 1 Valve 2 และ Valve 3 ใน combo box จะมีคำสั่งให้เลือก 3 แบบ คือ

- ON หมายถึง เปิด
- OFF หมายถึง ปิด
- ... หมายถึง เป็นไปตามค่าที่ตั้งไว้ใน การเขียนโปรแกรม



ภาพประกอบที่ 31 หน้าต่าง “ส่วนการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ”

สำหรับการตั้งค่า ORP และ DO ให้เข้าไปที่เมนูที่ต้องการจะตั้งค่า หลังจากนั้นให้ป้อนค่าช่วงของค่า ORP หรือ DO ว่าจะให้มีความอยู่ในช่วงใด หลังจากนั้นให้เลือกตั้งค่าการทำงานของ Pump Valve 1 Valve 2 และ Valve 3 ตัวอย่างการตั้งค่า ORP ในช่วง 400-450 มิลลิโวลท์ (ภาพประกอบที่ 32) เลือกตั้งค่าการทำงานของ Pump โดย Valve 1 จะเปิดตลอด ส่วน Valve 2 และ Valve 3 จะปิดเมื่อค่า ORP มีค่ามากกว่า 450 มิลลิโวลท์ เมื่อป้อนค่าต่างๆเสร็จเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม “ตกลง”



ภาพประกอบที่ 32 หน้าต่างสำหรับการกำหนดช่วงของ ORP และสถานะการทำงานของปั๊ม

สำหรับการตั้งค่าการทำงานของโปรแกรมและระบบบำบัดทำได้โดยเลือกเมนู “Misc” จะปรากฏหน้าต่าง “ส่วนการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ” ดังภาพประกอบที่ 33 หากต้องการตั้งค่าการทำงานของโปรแกรมและระบบบำบัดให้ป้อนค่าต่างๆ ที่ต้องการให้เรียบร้อย จากนั้นจึงกดปุ่ม “ตกลง”

Parameter	Value
Refresh time (Sec.)	10
Record time (Min.)	5
Air flowrate 1	15
Air flowrate 2	15
Air flowrate 3	15

ภาพประกอบที่ 33 หน้าต่างสำหรับกำหนดเวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูล และกำหนดอัตราการไหลของอากาศ

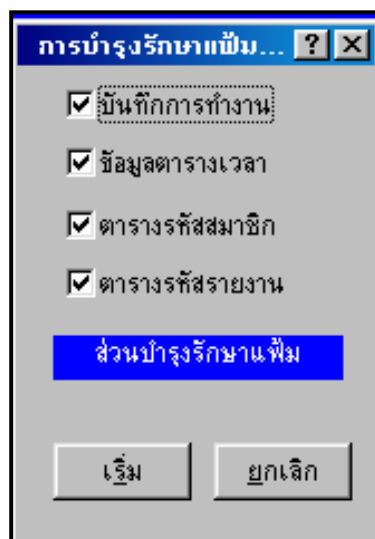
จากภาพประกอบที่ 31 Refresh time (Sec) คือ ระยะเวลาที่จะให้โปรแกรมอ่านค่าว่าจะให้อ่านค่าทุกๆกี่วินาที
 Record time (Min) คือ ระยะเวลาที่จะให้โปรแกรมบันทึกค่าว่าจะให้บันทึกค่าทุกๆกี่นาที
 Air frowrate 1 Air frowrate 2 และ Air frowrate 3 คือ ค่าอัตราการไหลของอากาศจากเครื่องปั๊มอากาศว่าต้องการอัตราการไหลของอากาศเป็นเท่าใด

3. การจัดการเพิ่มข้อมูล

ในเมนูบาร์ “จัดการเพิ่มข้อมูล” ประกอบด้วย 5 หัวข้อ คือ การบำรุงรักษาเพิ่มข้อมูล สร้างเพิ่ม CSV ทำสำเนาข้อมูล ลบข้อมูลออก และ อ่านข้อมูลกลับ

1) การบำรุงรักษาเพิ่มข้อมูล (Maintanance)

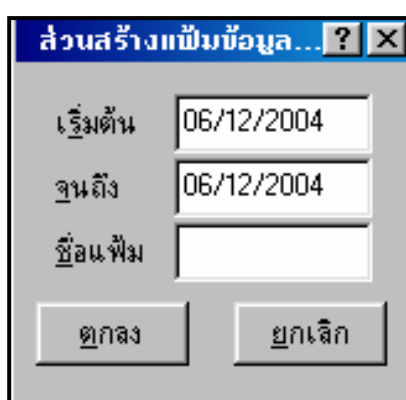
เลือกเมนูบาร์ “จัดการเพิ่มข้อมูล” แล้วเลือก “บำรุงรักษาเพิ่มข้อมูล” จะปรากฏหน้าต่าง “การบำรุงรักษาเพิ่ม” ในภาพประกอบที่ 34 ให้เลือกส่วนที่ต้องการบำรุงรักษาเพิ่มที่ปรากฏในหน้าต่าง ซึ่งจะมี 4 หัวข้อ คือ บันทึกการทำงาน ข้อมูลตารางเวลา ตารางรหัสสมาชิก และ ตารางรหัสรายงาน เมื่อเลือกหัวข้อที่ต้องการแล้ว จะมีปุ่ม “เริ่ม” และ “ยกเลิก” ให้เลือกถ้าเลือกปุ่ม “เริ่ม” โปรแกรมจะทำการบำรุงรักษาเพิ่มข้อมูล แล้วจะกลับมาสู่หน้าจอหลักของโปรแกรมอีกครั้ง ผู้ใช้ควรจะใช้เมนูบาร์ “บำรุงรักษาเพิ่มข้อมูล” เป็นประจำเพื่อป้องกันกาข้อผิดพลาดในซอฟต์แวร์



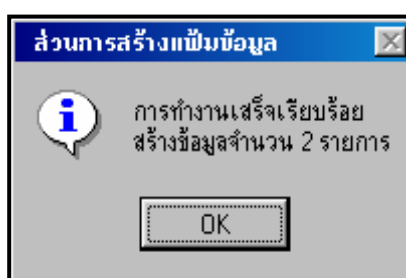
ภาพประกอบที่ 34 หน้าต่าง “การบำรุงรักษาเพิ่ม”

2) สร้างแฟ้ม CSV

เลือกเมนูบาร์ “จัดการแฟ้มข้อมูล” แล้วเลือก” แล้วเลือกใน list box เป็น “สร้างแฟ้ม CSV” จะปรากฏหน้าต่าง “ส่วนสร้างแฟ้มข้อมูล” ดังภาพประกอบที่ 35 ให้พิมพ์ชื่อแฟ้มข้อมูลที่ต้องการสร้างขึ้นใหม่แล้วเลือกปุ่ม “ตกลง” ถ้าไม่สร้างแฟ้มข้อมูลให้เลือกปุ่ม “ยกเลิก” หลังจากเลือกปุ่ม “ตกลง” จะปรากฏข้อความแสดงการทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว และมีข้อมูลที่นำไปจัดเก็บใน แฟ้มข้อมูลที่สร้างก็รายการ (จำนวนเท่ากับข้อมูลที่มีอยู่ในขณะนั้น) ดังภาพประกอบที่ 36 ข้อมูลที่ได้สามารถเปิดใช้กับ Microsoft Excel ได้



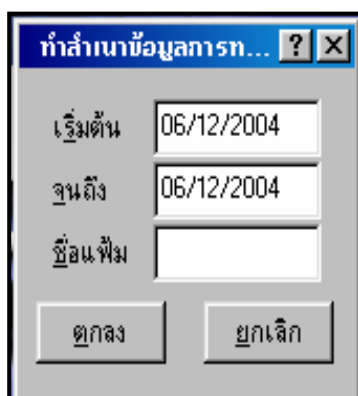
ภาพประกอบที่ 35 หน้าต่าง “ส่วนสร้างแฟ้มข้อมูล”



ภาพประกอบที่ 36 หน้าต่างแสดงผลการทำงาน

3) ทำสำเนาข้อมูล

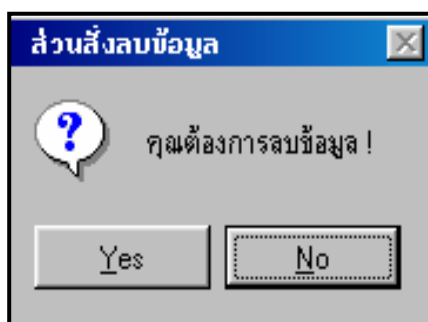
การทำสำเนาข้อมูลจะใช้ในกรณีที่จะลบข้อมูลที่ถูกเก็บอยู่ในเครื่องออกและต้องการย้ายที่เก็บข้อมูลเหล่านั้นใหม่ โดยเลือกที่เมนูบาร์ “จัดการแฟ้มข้อมูล” แล้วเลือกใน list box เป็น “ทำสำเนาข้อมูล” จะปรากฏหน้าต่าง “ทำสำเนาข้อมูล” ดังภาพประกอบที่ 37 พิมพ์ชื่อแฟ้มข้อมูลที่ต้องการทำสำเนาแล้วเลือกปุ่ม “ตกลง”



ภาพประกอบที่ 37 หน้าต่าง “ทำสำเนาข้อมูล”

4) ลบข้อมูลออก

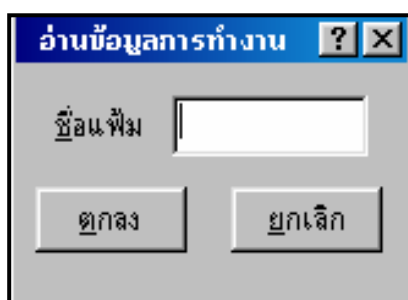
เลือกเมนูบาร์ “จัดการแฟ้มข้อมูล” แล้วเลือกใน list box เป็น “ลบข้อมูลออก” จะปรากฏหน้าต่าง “ส่วนสั่งลบข้อมูล” ดังภาพประกอบที่ 38 จะปรากฏข้อความถามว่าต้องการลบข้อมูลหรือไม่ ถ้าต้องการลบข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้ทั้งหมดให้เลือก “Yes” หากไม่ต้องการลบให้เลือก “No”



ภาพประกอบที่ 38 หน้าต่าง “ส่วนสั่งลบข้อมูล”

5) อ่านข้อมูลกลับ

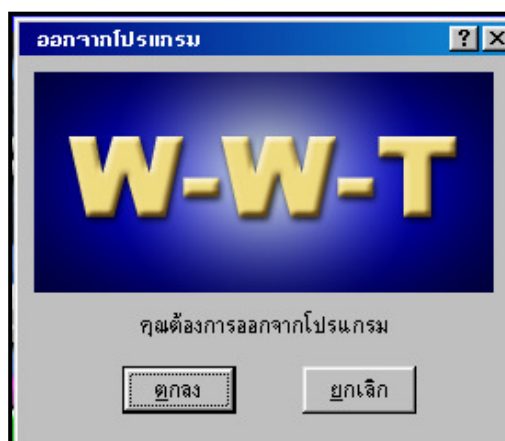
การอ่านข้อมูลกลับจะใช้ในกรณีที่ข้อมูลได้ถูกลบออกไปแล้วและได้ทำการสำเนาข้อมูลนั้นไว้แล้ว โปรแกรมจะทำการดึงข้อมูลที่ได้สำเนาไว้แล้วนั้นไปใช้ในการอ่านข้อมูล โดยเลือกเมนูบาร์ “จัดการเพิ่มข้อมูล” แล้วเลือกใน list box เป็น “อ่านข้อมูลกลับ” จะปรากฏหน้าต่าง “อ่านข้อมูลการทำงาน” ดังภาพประกอบที่ 39 จากนั้นให้พิมพ์ชื่อเพิ่มข้อมูลที่ต้องการอ่านแล้วเลือกปุ่ม “ตกลง” โปรแกรมจะเรียกเพิ่มข้อมูลที่ทำสำเนาไว้ขึ้นมา



ภาพประกอบที่ 39 หน้าต่าง “อ่านข้อมูลการทำงาน”

4. การออกจากโปรแกรม

เลือกเมนูบาร์ “ออกจากโปรแกรม” จะปรากฏหน้าต่าง “ออกจากโปรแกรม” ดังภาพประกอบที่ 40 จากนั้นให้เลือกปุ่ม “ตกลง” หรือ ที่กากบาทมุมขวาบนของหน้าต่าง “ออกจากโปรแกรม”



ภาพประกอบที่ 40 หน้าต่าง “ออกจากโปรแกรม”

ภาคผนวก ง

สูตรน้ำเลี้ยงสังเคราะห์

สูตรน้ำเลี้ยงสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นจะมีความเข้มข้นของซี โอ ดี เท่ากับ 7,000 มิลลิกรัมซี โอ ดี ต่อลิตร ซึ่งน้ำเลี้ยงสังเคราะห์ที่เตรียมได้ควรเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น โดยสูตรน้ำเลี้ยงสังเคราะห์มีดังนี้

H ₂ O	2	L
Glucose	6	g
Peptone	6	g
Yeast extract	0.6	g
(NH ₄) ₂ SO ₄	4.8	g
KH ₂ PO ₄	0.96	g
MgSO ₄	1.2	g
MnSO ₄	0.108	g
FeCl ₂	0.006	g
CaCl ₂ ·2 H ₂ O	0.012	g
NaHCO ₃	0.6-0.8	g