รายการอ้างอิง

Agrawal P., Koshy G., Ramseier M., An Algorithm for Operating a fed-batch fermentor at optimum specific-growth rate. Biotechnology and Bioengineering 33 (1989) :115-125

Anderson A. J., Dawes E. A., Occurrence, metabolism, metabolic role, and industrial uses of bacterial polyhydroxyalkanoates. Microbiol. Rev.54 (1990) :450-472

Ashwells, G. New colorimetric methods of sugar analysis. Method in Enzymology 8 (1966): 85-95.

Byrom D., Polymer synthesis by microorganisms: Technology and economics. Trend Biotechnol. 5 (1987): 246-250

Flaschel E., Friehs K., Improvement of downstream processing of recombinant proteins by mean of genetic engineering methods. Biotech. Adv. 11(1993):31-78

Kim B. S., Lee S. C., Lee S. Y., Chang H. N., Chang Y. K., Woo S. I., Production of poly (3-hydroxybutyric acid) by fed-batch culture of *Alcaligenes eutrophus* with glucose concentration control. Biotechnology and Bioengineering 43 (1994) :892-898

Lee S. Y., Bacterial Polyhydroxyalkanoates. Biotechnology and Bioengineering 49 (1995):1-14

_____, High cell-density culture of *Escherichia coli*. TIBTECH 14(1996):98-105

Schubert P., Steinbuchel A., Schlegel H., Cloning of the *Alcaligenes eutrophus* genes for synthesis of poly-β-hydroxybutyric acid (PHB) and synthesis of PHB in *Escherichia coli*. Journal of bacteriology. 170(1988): 5837-5847

Shimizu H., Takamatsu T., An algorithmic approach to constructing the on-line estimation system for the specific growth rate. Biotechnology and Bioengineering 33 (1989):354-364

Siddiqui, P. J. A. Beraman, B. Bjorkman, P-O. and Carpenter, E. J., Ultrastructural and chemical assessment of poly-β-hydroxybutyric acid in the marine cyanobacterium *Trichodesmium thiebautii*. FFMS Microbiology Letter. 94(1992) : 143-148

Slater C. S., Voige W. H., Dennis D. E., Cloning and expression in *Escherichia coli* of the *Alcaligenes eutrophus* H16 poly-β-hydroxybutyrate biosynthetic pathway. Journal of bacteriology. 170(1988): 4431-4436

Sonnleitner, B.,Heinzle, E, Braunegy, G., and Lafferty, R. M. Formal kinetics of poly-β-hydroxybutyric acid (PHB) production in *Alcaligenes eutrophus* H16 and *Mycoplasma rubra* R14 with respect to the dissolved oxygen tension in ammonium-limited batch cultures. European J. Appl. Microbio. Biotechnol. 7 (1978): 1-10

Stephanopoulos G., San K., Studies on on-line bioreactor identification. I. Theory. Biotechnology and Bioengineering 26 (1984):1176-1188

Suzuki T., Yamane T., Shimizu S.,Mass production of poly-β-hydroxybutyric acid by fully automatic fed-batch culture of methylotroph. Appl Microbiol Biotechnol. 23(1986 a.):322-329

_____, Kinetics and effect of nitrogen source feeding on production of poly-β-hydroxybutyric acid by fed-batch culture. Appl Microbiol Biotechnol. 24(1986b) :366-369

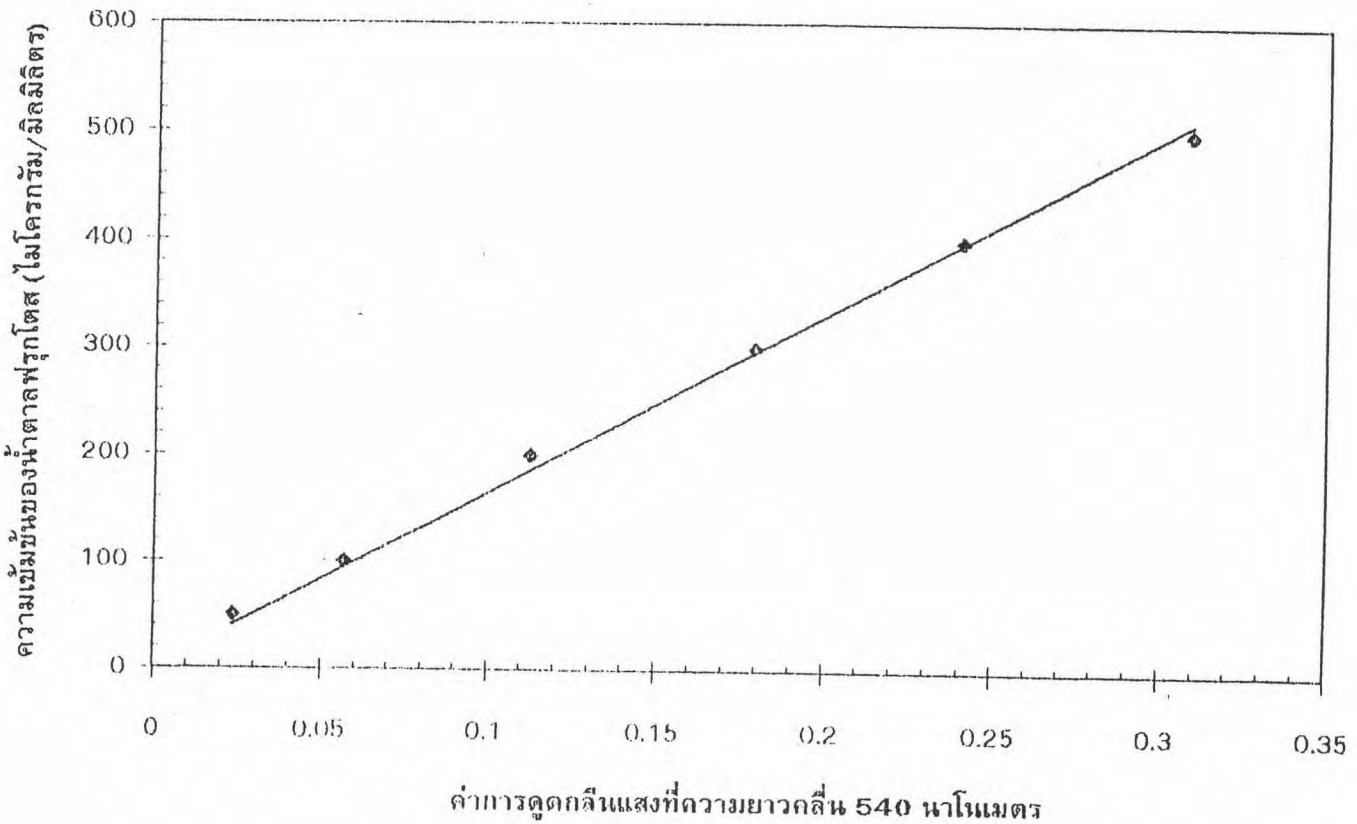
_____, Mass production of poly-β-hydroxybutyric acid by fed-batch culture with controlled carbon/nitrogen feeding. Appl Microbiol Biotechnol. 24(1986c):370-374

Tanaka K., Ishizaki A., Kanamura T., Kawano T., Production of poly(d-3-hydroxybutyrate) from CO_2, H_2, and O_2 by high cell density autotrophic cultivation of *Alcaligenes eutrophus*. Biotechnology and Bioengineering 45(1995):268-275

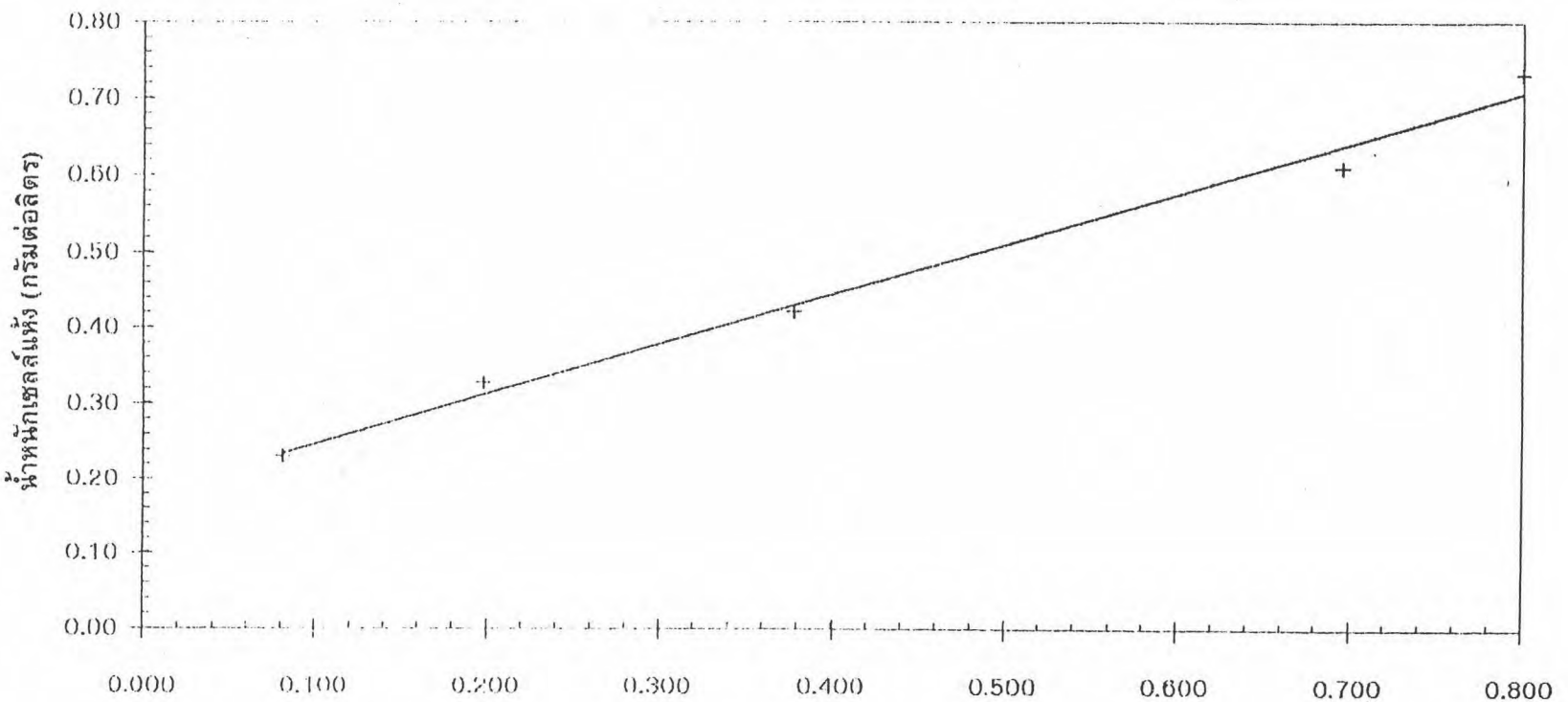
Yamane T., Shimizu S., Fed-batch techniques in microbial processes. Adv. Biochem. Eng.Biotechnol. 30(1984):147-194

_____, Fed-batch culture automated by uses of continueously measured cell concentration and culture volume. Biotechnology and Bioengineering 39(1992) :550-555

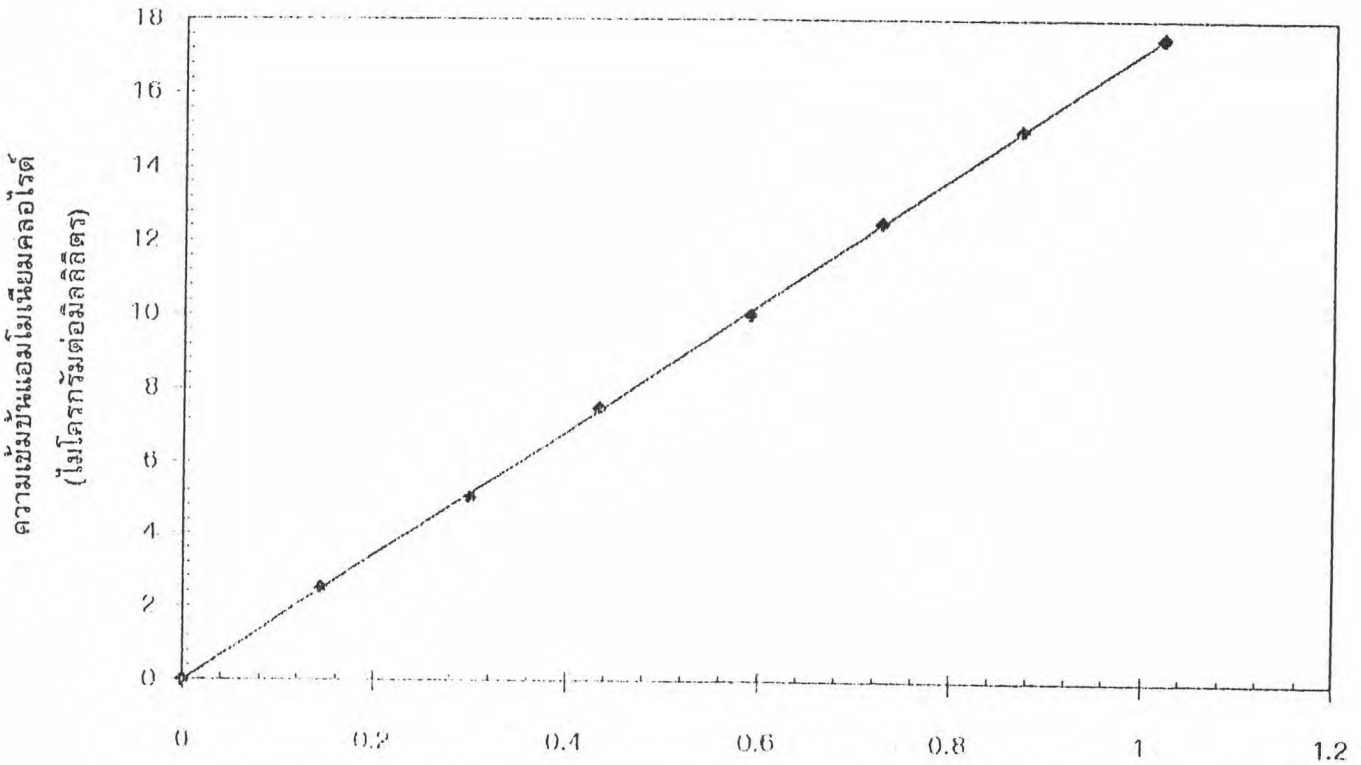
ภาคผนวก ก.
เส้นกราฟมาตรฐานต่าง ๆ



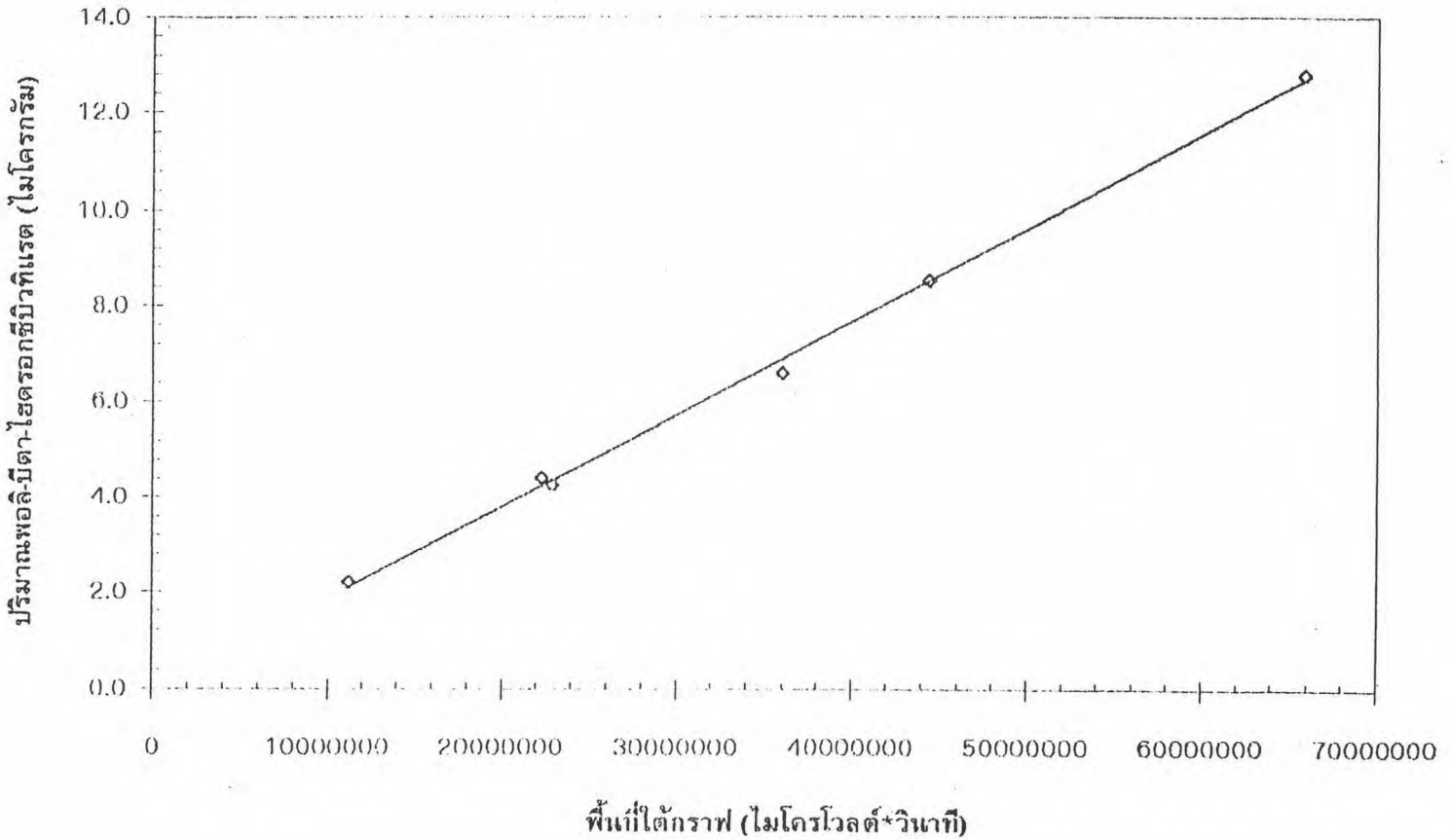
รูปที่ ก1 แสดงกราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณฟรุกโตส



รูปที่ ก2 แสดงกราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง



รูปที่ ก3 แสดงกราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน



รูปที่ ก4 แสดงกราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณ PHB

ภาคผนวก ข.
ข้อมูลผลการทดลอง

ตารางที่ ข 1 แสดงค่าการเจริญเติบโต และการผลิต PHB เมื่อใช้ฟรุกโตสเป็นแหล่งคาร์บอน

ปริมาณฟรุกโตส (กรัมต่อลิตร)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟรุกโตสที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟรุกโตสที่ใช้ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB	ผลได้ของเซลล์จากสารอาหาร (กรัมเซลล์ต่อกรัมฟรุกโตส)	ผลได้ของผลิตผลจากสารอาหาร (กรัม PHB ต่อกรัมฟรุกโตส)
4	3.33	1.37	0.00	4.00	0.49	14.62	0.710	0.122
6	4.19	0.74	0.50	5.50	0.66	15.66	0.641	0.119
8	5.21	0.65	0.83	7.17	0.88	16.99	0.602	0.123
10	3.98	0.77	3.97	6.03	0.72	18.19	0.540	0.120
12	4.04	0.86	5.62	6.38	0.51	12.73	0.552	0.080
14	3.59	0.94	8.76	5.24	0.26	7.35	0.635	0.050
16	0.82	0.88	12.56	3.44	0.04	4.51	0.227	0.011
18	0.47	0.70	15.53	2.47	0.00	0.00	0.190	0.000
20	0.42	1.15	18.50	1.50	0.00	0.00	0.284	0.000

ตารางที่ ข 2 แสดงค่าการเจริญเติบโต และการผลิต PHB เมื่อใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน

ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคสที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคสที่ใช้ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB	ผลได้ของเซลล์จากสารอาหาร (กรัมเซลล์ต่อกรัมกลูโคส)	ผลได้ของผลิตผลจากสารอาหาร (กรัม PHB ต่อกรัมกลูโคส)
4	0.85	1.94	2.70	1.30	0.00	0.49	0.648	0.003
6	1.04	1.77	4.70	1.30	0.01	0.79	0.791	0.006
8	1.60	15.28	5.70	2.30	0.03	1.85	0.682	0.013
10	1.81	1.68	6.80	3.20	0.07	3.63	0.544	0.021
12	1.99	1.15	8.40	3.60	0.08	3.96	0.530	0.022
14	3.13	1.73	10.00	4.00	0.20	6.48	0.732	0.051
16	3.21	1.29	11.30	4.70	0.21	6.39	0.640	0.044
18	3.26	1.24	13.20	4.80	0.25	7.61	0.628	0.052
20	3.45	1.24	14.60	5.40	0.26	7.58	0.590	0.048

ตารางที่ ข 3 แสดงค่าการเจริญเติบโต และการผลิต PHB เมื่อใช้ฟรุกโตส 8 กรัมต่อลิตร แล้วแปรผันความเข้มข้นของแอมโมเนียม 0 ถึง 2 กรัมต่อลิตร

อัตราส่วนโมลระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟรุกโตสที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟรุกโตสที่ใช้ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB	ผลได้ของเซลล์จากสารอาหาร (กรัมเซลล์ต่อกรัมฟรุกโตส)	ผลได้ของผลิตผลจากสารอาหาร (กรัม PHB ต่อกรัมฟรุกโตส)
-	0.77	0.02	4.79	3.21	0.08	9.99	0.22	0.02
150.86	1.94	0.07	3.47	4.53	0.37	19.29	0.35	0.08
30.17	4.52	0.14	0.66	7.34	0.97	21.51	0.48	0.13
15.09	6.36	0.22	0.50	7.50	1.02	16.04	0.71	0.14
10.06	6.54	0.51	0.66	7.34	1.06	16.14	0.75	0.14
7.54	5.25	0.84	0.99	7.01	1.02	16.85	0.60	0.15

ตารางที่ ข 4 แสดงค่าการเจริญเติบโต และการผลิต PHB เมื่อใช้ฟรุกโตส 8 กรัมต่อลิตร แล้วแปรผันความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น

ความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟรุกโตสที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟรุกโตสที่ใช้ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB	ผลได้ของเซลล์จากสารอาหาร (กรัมเซลล์ต่อกรัมฟรุกโตส)	ผลได้ของผลิตผลจากสารอาหาร (กรัม PHB ต่อกรัมฟรุกโตส)
6	0.97	1.85	3.80	4.20	0.07	7.05	0.22	0.02
6.5	1.76	1.36	4.13	3.87	0.16	9.06	0.41	0.04
7	5.30	1.01	0.99	7.01	1.02	16.85	0.61	0.15
7.5	6.73	0.76	0.00	8.00	1.05	15.56	0.71	0.13
8	3.68	0.58	0.00	8.00	0.50	13.47	0.40	0.06

ตารางที่ ข 5 แสดงค่าการเจริญเติบโต และการผลิต PHB เมื่อแปรผันปริมาณฟรุกโตสเริ่มต้นต่าง ๆกัน

ปริมาณฟรุกโตสเริ่มต้น 6.67 กรัมต่อลิตร

เวลา (ชั่งโมง)	ปริมาณฟรุกโตส (กรัมต่อลิตร)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB
0	6.67	0.46	2.35	0.00	0.61
6	6.00	1.07	2.13	0.07	6.79
12	0.07	7.22	2.31	0.65	9.04
18	0.11	6.30	5.45	0.30	4.74
24	0.11	6.28	2.67	0.19	3.01

ปริมาณฟรุกโตสเริ่นต้น 8.19 กรัมต่อลิตร

เวลา (ชั่งโมง)	ปริมาณฟรุกโตส (กรัมต่อลิตร)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB
0	8.19	0.53	0.86	0.03	5.38
6	7.13	0.99	0.93	0.00	0.41
12	0.14	7.76	-	0.36	4.60
18	0.12	6.93	0.84	0.64	9.26
24	0.05	6.82	0.80	0.28	4.14

ปริมาณฟรุกโตสเริ่มต้น 9.40 กรัมต่อลิตร

เวลา (ชั่งโมง)	ปริมาณฟรุกโตส (กรัมต่อลิตร)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB
0	9.40	0.42	1.93	0.04	8.88
6	8.72	0.84	2.50	0.00	0.21
12	1.74	7.24	2.28	0.45	6.16
18	0.55	7.29	2.77	0.59	8.11
24	0.31	7.29	2.97	0.27	3.77

ปริมาณฟรุกโตสเริ่มต้น 11.16 กรัมต่อลิตร

เวลา (ชั่งโมง)	ปริมาณฟรุกโตส (กรัมต่อลิตร)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB
0	11.16	0.55	2.25	0.00	0.33
6	10.49	1.02	2.01	0.05	4.69
12	2.61	7.55	3.50	0.63	8.34
18	0.16	7.89	3.58	0.58	7.38
24	0.16	7.33	3.58	-	-

ตารางที่ ข.6 แสดงข้อมูลค่าปริมาณเซลล์ที่ได้จากเครื่องเทอร์บิดิมิเตอร์กับค่าปริมาณเซลล์ที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

อายุการเพาะเลี้ยง	ปริมาณเซลล์		
	เทอร์บิดิมิเตอร์	แบบจำลอง	วิเคราะห์ตัวอย่าง
ชั่วโมง	กรัม/ลิตร	กรัม/ลิตร	กรัม/ลิตร
0.00	-	-	0.488
2.00	*3.276*	-	0.632
4.00	*5.037*	-	0.573
6.00	7.808	2.522	0.761
8.00	9.655	7.037	1.074

ตาราง ข.7 แสดงผลการเพาะเลี้ยง Alcaligenes eutrophus ATCC17697 ในแบบเร่งให้เจริญสูงสุดตลอดเวลาโดยอาศัยข้อมูลจากแบบจำลองเพื่อควบคุมการเติมสารป้อน

อายุการเพาะเลี้ยง ชั่วโมง	ปริมาณเซลล์ กรัม/ลิตร	ปริมาณน้ำตาล กรัม/ลิตร
0	0.49	8.97
2	0.63	9.08
4	0.57	8.61
5	0.65	8.79
6	0.76	8.28
7	0.94	7.88
8	1.07	9.41
9	1.23	25.26
10	1.49	25.44
11	5.57	25.26
12	5.71	31.28
13	6.21	42.68
14	6.52	41.40
20	7.71	40.85
23	9.31	43.04
27	11.14	45.41
31	11.92	41.77
35	14.59	36.84
39	23.74	36.11
43	24.08	34.47
47	24.62	33.56
51	26.64	31.10
55	43.92	21.06
59	53.82	6.73

ตาราง ข.8 แสดงปริมาณเซลล์ และปริมาณฟรุคโตสที่อายุการเพาะเลี้ยงต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่องที่ให้สารป้อนที่มีค่าอัตราส่วนโดยโมลระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่าง ๆ กัน

อายุ, ชั่วโมง	ปริมาณเซลล์, กรัม/ลิตร			ปริมาณฟรุคโตส, กรัม/ลิตร		
	N=0	C/N=150	C/N=30	N=0	C/N=150	C/N=30
0	0.557	0.501	0.534	9.81	9.85	9.67
7	0.961	1.098	1.136	9.12	9.08	8.79
9	4.960	5.243	5.539	8.79	8.17	11.85
11	6.037	6.226	6.913	8.50	8.75	10.43
13	7.707	8.084	13.670	8.50	9.52	6.37
15	9.659	9.848	27.494	7.92	7.77	9.56
17	12.110	12.379	30.793	9.08	8.17	9.45
19	31.735	30.928	33.755	8.21	9.48	8.90
21	34.496	34.226	37.592	12.95	9.23	10.87
23	37.323	-	40.150	9.96	9.19	9.41
25	40.756	40.958	41.901	10.18	8.35	9.59
27	42.911	43.449	45.065	9.92	8.57	11.09
29	44.122	48.565	46.277	8.79	9.48	10.07
31	50.854	53.278	46.950	9.05	9.63	10.58
33	52.470	55.567	46.277	10.40	10.65	10.36
35	49.104	56.105	48.565	11.16	9.56	9.81
37	-	59.875	47.892	-	11.34	8.61
39	49.508	60.144	50.181	9.74	10.14	9.78
41	50.854	59.741	52.605	8.64	8.54	8.79
43	48.969	57.182	51.931	10.87	8.39	7.73
45	48.431	59.875	50.046	10.03	8.68	6.64
47	49.643	61.087	51.931	10.61	7.44	11.31
49	46.277	60.818	50.989	9.48	5.80	15.50
51	48.700	60.818	52.201	10.25	4.58	14.23
53	48.835	61.491	52.605	12.37	7.73	12.55
55	-	60.414	51.931	-	12.40	11.53
57	49.777	60.683	52.201	10.94	12.33	10.25
59	46.815	60.010	53.547	9.78	10.98	9.41
61	-	58.260	49.508	9.52	11.27	9.30
63	46.142	60.010	51.797	12.55	9.48	9.16
65	-	59.067	53.412	-	10.54	9.23
67	46.411	59.875	51.662	11.71	11.02	9.16
69	46.007	59.471	49.643	11.34	10.36	9.37
71	-	57.990	47.892	-	10.21	8.39

ตาราง ข.9 แสดงปริมาณ PHB และค่าอัตราผลผลิต PHBที่อายุการเพาะเลี้ยงต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่องที่ให้สารป้อน ที่มีค่าอัตราส่วนโดยโมลระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่าง ๆ กัน

อายุ, ชั่วโมง	ปริมาณ PHB, กรัม/ลิตร			อัตราผลผลิต PHB, กรัม/ลิตร-ชั่วโมง		
	N=0	C/N=150	C/N=30	N=0	C/N=150	C/N=30
7	-	0.364	-	-	0.052	-
13	-	0.782	-	-	0.060	-
15	0.720	-	-	0.048	-	-
19	-	2.678	4.004	-	0.141	0.211
21	2.722	-	-	0.130	-	-
23	-	-	3.865	-	-	0.168
25	-	3.213	-	-	0.129	-
27	3.927	-	4.404	0.145	-	0.163
31	-	7.711	5.113	-	0.249	0.165
33	5.214	8.163	-	0.158	0.247	-
35	5.252	8.597	5.621	0.150	0.246	-
37	-	8.720	-	-	0.236	-
39	5.161	-	6.038	0.132	-	0.155
41	5.346	7.961	-	0.130	0.194	-
43	4.950	8.980	6.658	0.115	0.209	0.155
45	4.692	-	-	0.104	-	-
47	5.017	10.242	6.643	0.107	0.218	0.141
49	4.575	10.900	-	0.093	0.222	-
51	4.954	-	6.628	0.097	-	0.130
53	4.780	11.196	6.809	0.090	0.211	0.128
55	-	11.076	6.702	-	0.201	0.122
57	-	10.827	6.264	-	0.190	0.110
59	4.487	-	6.543	0.076	-	0.111
61	-	10.330	6.467	-	0.169	0.106
63	-	-	6.278	-	0.000	0.100
65	-	10.018	6.140	-	0.154	0.094
67	4.194	-	5.987	0.063	-	0.089
69	4.321	10.075	5.633	0.063	0.146	0.082
71	4.269	9.606	5.363	0.060	0.135	0.076

ตาราง ข.10 แสดงค่าอัตราส่วนโดยโมลของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในถังหมักที่อายุการเพาะเลี้ยงต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่องที่ให้สารป้อนที่มีค่าอัตราส่วนโดยโมลระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่าง ๆ กัน

อายุ, ชั่วโมง	อัตราส่วนโดยโมลของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในถังหมัก		
	N=0	C/N=150	C/N=30
0	–	–	–
7	4.658	7.217	6.112
9	3.123	–	–
11	–	–	6.584
13	3.512	8.069	–
15	–	–	6.254
17	6.747	–	–
19	–	7.276	–
21	8.503	–	–
23	–	8.390	5.438
25	6.135	–	–
27	–	–	5.874
29	7.347	9.430	–
31	–	9.629	5.349
33	9.102	12.638	–
35	12.072	14.175	–
37	–	–	–
39	9.680	11.141	–
41	8.184	16.513	–
43	10.515	8.204	4.650
45	9.599	12.876	3.301
47	12.765	9.327	5.591
49	15.071	7.269	5.871
51	17.885	5.820	5.146
53	16.424	9.176	5.030
55	–	15.119	6.217
57	18.374	17.416	3.849
59	20.713	17.765	3.739
61	–	18.925	4.450
63	24.275	14.305	2.689
65	–	23.453	3.618
67	18.607	19.606	3.898
69	21.946	17.072	3.827
71	–	33.663	3.394

ตาราง ข.11 แสดงปริมาณแก๊ซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อายุการเพาะเลี้ยงต่าง ๆ ของการเพาะเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่องที่ให้สารป้อนที่มีค่าอัตราส่วนโดยโมลระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 150

อายุการเพาะเลี้ยง ชั่วโมง	แก๊ซคาร์บอนไดออกไซด์ กรัม/ลิตร
0	–
7	–
9	–
11	–
13	0.500
15	0.625
17	0.900
19	0.625
21	0.750
23	1.000
25	0.625
27	0.500
29	0.450
31	0.625
33	0.400
35	0.375
37	0.450
39	0.250
41	0.250
43	0.400
45	0.250
47	0.125
49	0.250
51	0.250
53	0.200
55	0.125
57	0.100
59	0.100
61	0.200
63	0.100
65	0.100
67	0.100
69	0.000
71	0.100

ภาคผนวก ค.
ซอร์สโคดโปรแกรม Cellmax.exe

ซอร์สโคดโปรแกรม Cellmax.exe

โปรแกรม Cellmax.exe ประกอบด้วยโมดูลย่อยต่างๆ 8 โมดูลได้แก่

1. Adain.vbx ทำหน้าที่เชื่อมต่อแผงวงจรแปลงสัญญาณเพื่อรับสัญญาณอะนาล็อกเข้า
2. Adaout.vbx ทำหน้าที่เชื่อมต่อแผงวงจรแปลงสัญญาณเพื่อส่งสัญญาณอะนาล็อกออก
3. Cellmax.bas ทำหน้าที่เป็นโมดูลรวมใช้ประกาศตัวแปรประเภทโกลบอล
4. Cmcfg.frm ทำหน้าที่รับค่าต่างๆที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณสู่อุปกรณ์ภายนอก
5. Cmbtch.frm ทำหน้าที่กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
6. Cmmain.frm ทำหน้าที่เป็นส่วนหลักสำหรับติดต่อกับผู้ใช้
7. Updteval.frm ทำหน้าที่รับค่าที่ผู้ใช้ส่งแก้ไขค่าตัวแปร
8. Cmtrnd .frm ทำหน้าที่แสดงผล (ไม่ถูกใช้งาน)

CELLMAX.BAS

```
Global BaseAdd%, Flag%
Global CtrlType, FlgFiltr, flgLngTrnd, flgNSDown As Integer
Global A, B, MaxValue, MaxOutptVal, MinOutptVal, pLngTrnd As Single
Global OutA As Single
Global Filtr1, Filtr2 As Single 'Constant used in Signalfilter
Global x, ShowLine As Integer
Global period As Integer        'Second per Sampling, Setting in CtrlCfg
Global NOpen As Integer
Global Umax, Ki, Km, U, Uopt, Sopt, Sf, VolMax, RealFlow, flow As Double
Global Volume(2) As Double      'for the calculation in Bacteria part
Global S(2) As Double           'for the calculation in Bacteria part
Global PointValue(2) As Double 'For the calculation of specific growth rate in control part
Global Uapp(2) As Double        'for the calculation in controller part
Global FlgFuzzy, FlgSilly, FlgUpDte As Integer
Global FzyValue(4) As Double

Function EvalU (substrate As Double) As Double
    EvalU = Umax * substrate / (Km + substrate + substrate ^ 2 / Ki)'per hours
End Function

Function EvalYield (substrate As Double) As Double
    temp1 = -.03630386273299 * CDbl(substrate) + 1.08372808202521
```

```
    If temp1 < 0 Then temp1 = 0
    EvalYield = temp1
End Function
```

CMMAIN.FRM

```
Dim c%, ch%
Dim U, yield, cellnumber As Single
Dim UinPast(20) As Double
Dim Time1 As Variant
Const jNumber = 1
Const TBChannel = 6

Sub AboutBtn_Click ()
    temp = "CellMax 2.0" + Chr$(13) + "โดย นายศิริพงษ์ วิงวอน C616958" + Chr$
        (13)
    temp = temp + Chr$(13) + "อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์"
    MsgBox temp, 0, "CellMax 2.0"
End Sub

Function AddFuzzy (SStrate As Double) As Double
    If FzyValue(0) <> 0 Then error1 = FzyValue(0) * (-.0009145283 * SStrate ^ 3
        + .0047962436 * SStrate ^ 2 + .0740897244 * SStrate + .01660798)
    If FzyValue(1) <> 0 Then error2 = FzyValue(1) * (-.001800753 * SStrate ^ 3 +
        .0089033936 * SStrate ^ 2 + .0809241108 * SStrate +
        .022932285)
    If FzyValue(2) <> 0 Then error3 = FzyValue(2) * (-.0002701475 * SStrate ^ 3
        - .0143639406 * SStrate ^ 2 + .1885095907 * SStrate + .023457116)
    If FzyValue(3) <> 0 Then error4 = FzyValue(3) * (.0003744849 * SStrate ^ 3 -
        .0210323088 * SStrate ^ 2 + .2293003457 * SStrate + .0053435194)
    AddFuzzy = (error1 + error2 + error3 + error4)
End Function

Sub AdjAlfa_Change ()
    AlfaValue.Text = Format$(((AdjAlfa.Value) / 100), "0.00")
    Filtr1 = AdjAlfa.Value / 100
End Sub
```

```
Sub AdjDeltaX_Change ()
    DeltaXValue.Text = Format$(((AdjDeltaX.Value) / 100), "0.00")
    Filtr2 = AdjDeltaX.Value / 100
End Sub

Sub AdjKVal_Change ()
    TxtKValue.Text = Format$(AdjKVal.Value / 1000, "#0.000")
End Sub

Function AdjSignal (Signal)
        AdjSignal = Signal * A + B
End Function

Sub AlfaValue_GotFocus ()
    AlfaValue.SelStart = 0
    AlfaValue.SelLength = Len(AlfaValue.Text)
End Sub

Sub AlfaValue_KeyPress (KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 13
            If (Val(AlfaValue.Text) > 1) Or (Val(AlfaValue.Text) < 0) Then
              msg$ = "ค่าแอลฟ่ามีค่าได้ตั้งแต่ศูนย์ถึงหนึ่ง กรุณาป้อนค่าใหม่"
              temp = InputBox(msg$, "ป้อนค่าผิดพลาด", "0.75")
              AdjAlfa.Value = temp * 100
              AlfaValue.Text = Format$(temp, "0.00")
            End If
            AdjAlfa.Value = Val(AlfaValue.Text) * 100
            Filtr1 = Val(AlfaValue.Text)
            If flgFiltr = 3 Then
                DeltaXValue.SetFocus
            Else
                StartScanBtn.SetFocus
            End If
```

```
    End Select
End Sub

Sub BtchStUpBtn_Click ()
    BtchStUp.Show
End Sub

Sub BtnUpdate_Click ()
    UpdteVal.Show
End Sub

Sub ChangeF (ChgType As Integer, Errr As Single)
    minflow = .00381
    Select Case ChgType
        Case 1  'decrease
            RealFlow = RealFlow - Val(TxtKValue.Text) * Errr
        Case 2  'increase
            RealFlow = RealFlow + Val(TxtKValue.Text) * Errr
    End Select
    If RealFlow <= 0 Then
        RealFlow = 0
        flow = 0
    Else
        If RealFlow < minflow Then flow = minflow Else flow = RealFlow
    End If
    Call SendFlowOut(CSng(flow))
End Sub

Sub CinfigBtn_Click ()
    CtrlCfg.Show
End Sub

Sub ClearBtn_click ()
    ShrtTrnd.Cls
```

```
    ShowMsg.Text = "กด'Configuration'เพื่อตั้งค่าพารามิเตอร์"
    X = 24.096
    If showline = 1 Then Unload ShrtTrnd
End Sub

Sub Controller (substrate As Double)
    Call DataAnalyse(c%)          'calculate and filter
    If c% < jNumber Then Exit Sub
    If Uapp(0) > Uopt Then
        Call UpdateVal(Uapp(0), S(1))
    Else
        If Uapp(0) - Uapp(1) <= 0 Then
            temp = Abs(Uopt / 60 - Uapp(0) / 60)
            If substrate > Sopt Then
                Call ChangeF(1, CDbl(temp))  'Decrease Flow
            Else
                Call ChangeF(2, CDbl(temp))  'Increase Flow
            End If
        End If
    End If
    Uapp(1) = Uapp(0)
    S(1) = S(0)
End Sub

Sub DataAnalyse (j As Integer)
'calculate and filter the Specific growth rate
    temp = PointValue(1) * Volume(1)
    Uapp(0) = (PointValue(0) * Volume(0) - temp) * 60 / temp'per hours

    'Exponential filter for Specific growth rate
    If Uapp(0) < 0 Then
        Uapp(0) = Uapp(1)
    Else
        If (flgFiltr = 1) Or (flgFiltr = 3) Then
```

```
            Uapp(0) = Uapp(0) * Val(AlfaValue.Text) + (1 - Val(AlfaValue.Text)) *
                      Uapp(1)
        End If
    End If

    'Moving average for Specific growth rate
    If OptTurbid.Value = 1 Then
        If j = 0 Then Exit Sub
        If j < jNumber Then
            UinPast(j) = Uapp(0)
            SumOfU = 0
            For i = 2 To j
                SumOfU = SumOfU + UinPast(i)
            Next i
            Uapp(0) = SumOfU / j
        Else
            For i = (jNumber - 1) To 1
                UinPast(i) = UinPast(i + 1)
            Next i
            UinPast(jNumber) = Uapp(0)
            SumOfU = 0
            For i = 1 To jNumber
                SumOfU = SumOfU + UinPast(i)
            Next i
            Uapp(0) = SumOfU / jNumber
        End If
    End If
End Sub

Sub DeltaXValue_GotFocus ()
    DeltaXValue.SelStart = 0
    DeltaXValue.SelLength = Len(DeltaXValue.Text)
End Sub
```

```
Sub DeltaXValue_KeyPress (KeyAscii As Integer)
   Select Case KeyAscii
      Case 13
         If   (Val(DeltaXValue.Text) > AdjDeltaX.Max / 100) Or
              (Val(DeltaXValue.Text) < 0) Then
           msg$ = "ค่าเดลตามีค่าสูงสุดไม่เกินค่าสูงสุดที่กำหนด, กรุณาป้อนค่าใหม่"
           temp = InputBox(msg$, "ป้อนค่าผิดพลาด", "1.00")
           AdjDeltaX.Value = temp * 100
           DeltaXValue.Text = Format$(temp, "##0.00")
         End If
         AdjDeltaX.Value = Val(DeltaXValue.Text) * 100
         Filtr2 = Val(DeltaXValue.Text)
   End Select
End Sub

Sub DrawScale (FrmID As Integer)
   Select Case FrmID
      Case 1
         For i = 1 To 200
            If i Mod 40 = 0 Then
               xAxis = 24.096 + i
               ShrtTrnd.Line (xAxis, 18)-(xAxis, 144), RGB(0, 0, 0)
               ShrtTrnd.CurrentX = xAxis - 9
               ShrtTrnd.Print period * i,
            End If
         Next i
         For i = 1 To 4
            yAxis = FindYposition(MaxValue * i / 4)
            ShrtTrnd.Line (24.096, yAxis)-(240.964, yAxis), RGB(0, 0, 0)
            ShrtTrnd.CurrentY = yAxis - 5: ShrtTrnd.CurrentX = 1
            ShrtTrnd.Print (Format$((MaxValue * i / 4), "##0.00")),
         Next i
   End Select
End Sub
```

```
Sub EndBtn_Click ()
    If FlgLngTrnd = 1 Then
        msg$ = "อย่าลืมจัดเก็บข้อมูลใน CellMax.xls"
        msg$ = msg$ + Chr$(13) + "ด้วยความปราถนาดีจาก"
        msg$ = msg$ + Chr$(13) + "ศิริพงษ์ วิงวอน"
        MsgBox msg$
    End If
    End
End Sub


Function EvalS (flow As Double, newCell As Double) As Double
    'if substrate > 29.8513 then you will get very bad result.
    If yield > 0 Then
        temp = (S(1) * Volume(1) + flow * Sf - (newCell * Volume(0) - PointValue
               (1) * Volume(1)) /  yield) / Volume(0)
               Else
        temp = (S(1) * Volume(1) + flow * Sf - (newCell * Volume(0) - PointValue
               (1) * Volume(1)) /  5.78 * 10 ^ -5) / Volume(0)
    End If
    If temp < 0 Then temp = 0
    EvalS = temp
End Function

Function EvalU (substrate As Double) As Double
    'if substrate > 29.8513 then you will get very bad result.
    EvalU = Umax * substrate / (Km + substrate + substrate ^ 2 / Ki)'per hours
End Function

Function EvalYield (substrate As Double) As Double
    temp1 = -.03630386273299 * CDbl(substrate) + 1.08372808202521
    If temp1 < 0 Then temp1 = 0
    EvalYield = temp1
End Function
```

```
Function ExpoFilter (DtaValue0 As Double, DtaValue1 As Double) As Double
    ExpoFilter = Filtr1 * DtaValue0 + (1 - Filtr1) * DtaValue1
End Function

Function FindYposition (DataValue)
    FindYposition = 144 - (126 * DataValue) / MaxValue
End Function

Sub FirstLoop ()
    PointValue(0) = SingleSample()
    If showline = 1 Then ShowOffInput (PointValue(0))
    PointValue(1) = PointValue(0)
End Sub

Function fndtimeval ()
    fndtimeval = Hour(Now) * 3600 + Minute(Now) * 60 + Second(Now)
End Function

Sub Form_Load ()
    Flag3% = 1: FlgSilly = 0: FlgUpDte = 0: showline = 0
    c% = 1: period = 60: CtrlType = 3
    Filtr1 = .75: Filtr2 = 1
    NOpen = 0   'for recording of config open number
    ShowMsg.Text = "โปรดตั้งค่า Config ก่อนใช้งาน"
    yield = EvalYield(S(0))
    flgBtStUp = 0
End Sub

Function NoiseSpikeFilter (DtaValue0 As Double, DtaValue1 As Double) As Double
    temp = DtaValue0 - DtaValue1
    If (Abs(temp) < Filtr2) Or (Abs(temp) = Filtr2) Then
        NoiseSpikeFilter = DtaValue0
        If flgNSDown > 0 Then flgNSDown = 0
    End If
```

```
    If DtaValue1 - DtaValue0 > Filtr2 Then      'down
        temp = DtaValue1 - Filtr2
        NoiseSpikeFilter = temp
        flgNSDown = flgNSDown + 1
        If flgNSDown = 4 Then
            If temp > DtaValue0 + .05 Then NoiseSpikeFilter = DtaValue0
            flgNSDown = 0
        End If
    Else
        If DtaValue1 - DtaValue0 < -Filtr2 Then
            NoiseSpikeFilter = DtaValue1 + Filtr2
            If flgNSDown > 0 Then flgNSDown = 0
        End If
    End If
End Function

Function ReadTurbid () As Double
    AnaIn1.OpenDevice = 1
    AnaIn1.StartChannel = TBChannel
    AnaIn1.AcquireStartStop = 1
    tmpCell1 = AnaIn1.SingleSample
    AnaIn1.CloseDevice = 1
    tmpCell1 = AdjSignal(tmpCell1)
    ReadTurbid = tmpCell1
End Function

Sub ScanChannel ()
    'Bacteria Module
    Volume(1) = Volume(0)
    Volume(0) = Volume(1) + flow    'In litre
    tmpCell = SingleSample()
    S(0) = EvalS(CSng(flow), CDbl(tmpCell))
    U = EvalU(S(0))
    If FlgFuzzy = 1 Then
```

```
        If U - AddFuzzy(S(0)) > 0 Then U = U - AddFuzzy(S(0))
    End If
    yield = EvalYield(S(O))
    'Select signal source
    If OptModel.Value = True Then
        PointValue(0) = tmpCell        'choose cell number from the model
    Else
        PointValue(0) = ReadTurbid()   'Read cell number from tubidimeter
        'Digital filter Section
        Select Case flgFiltr
          Case 1                'Only Exponential Filter
              PointValue(0) = ExpoFilter(PointValue(0), PointValue(1))
          Case 2                'Only Noise-Spike Filter
              PointValue(0) = NoiseSpikeFilter(PointValue(0), PointValue(1))
          Case 3
              PointValue(0) = ExpoFilter(PointValue(0), PointValue(1))
              PointValue(0) = NoiseSpikeFilter(PointValue(0), PointValue(1))
        End Select
    End If
    'this line is not used
    If showline = 1 Then ShowOffInput (PointValue(0))
    'read cell number from turbidimeter for compare with model value
    cellnumber = ReadTurbid()
    c% = c% + 1
End Sub

Sub SendFlowOut (flowval As Single)
    flowval = OutA * flowval * 1000  'Convert litre/min to voltage
    AnaOut1.OpenDevice = 1
    AnaOut1.SingleOutput = Format(flowval, "0.000")
    AnaOut1.OutputStartStop = 1
    AnaOut1.CloseDevice = 1
End Sub
```

```
Sub ShowOffInput (PtValue)
    temp3 = FindYposition(PtValue)
    ShrtTrnd.Line -(X, temp3), RGB(0, 255, 255)
    X = X + 1
    If X > 240.964 Then
        ShrtTrnd.Cls
        Call DrawScale(1)
        X = 24.096
        ShrtTrnd.PSet (X, temp3), RGB(0, 255, 255)
    End If
    ShrtTrnd.LblInput.Caption = Format$(PtValue, "##0.00")
End Sub

Function SingleSample () As Double
    temp = PointValue(1) * Volume(1)
    SingleSample = (temp + temp * U / 60) / Volume(0)'In g/l
End Function

Sub StartScanBtn_Click ()
    If Flag3% = 0 Then Exit Sub 'Protection of Running multiple Copy
    Flag3% = 0: ClearBtn_click
    PHBCtrl.StopBtn.Enabled = True
    'prepare for StartScanBtn_Click without assign every important values
    For i = 0 To 1
        PointValue(i) = Val(BtchStUp.IniCell.Text)          ' in g/l
        Volume(i) = Val(BtchStUp.IniVol.Text)               ' in l
        S(i) = Val(BtchStUp.IniSubstrate.Text)
        Uapp(i) = 0
    Next i
    Uopt = Val(BtchStUp.TxtUopt.Text)
    Sopt = Val(BtchStUp.TxtSopt.Text)
    'calculate for Specific growth rate and yield of initial state
    U = EvalU(S(0))
    yield = EvalYield(S(0))
```

```
'assign digital parameter for digital filter routine
Select Case flgFiltr
    Case 0      'no digital filter action
        Filtr1 = 0
        Filtr2 = 0
    Case 1      'only Exponential digital filter
        Filtr1 = Val(AlfaValue.Text)
        Filtr2 = 0
    Case 2      'only Noise-Spike digital filter
        Filtr1 = 0
        Filtr2 = Val(DeltaXValue.Text)
    Case 3      'both digital filter
        Filtr1 = Val(AlfaValue.Text)
        Filtr2 = Val(DeltaXValue.Text)
End Select
'not use in this thesis because I display data in excel instead of this routine
If showline = 1 Then
    ShrtTrnd.Show
    Call DrawScale(1)
    X = 24.096
    ShrtTrnd.PSet (24.096, 144), RGB(0, 255, 255)
End If
'Set initial value for excel row number, starting time, and counter
w = 1: time2 = 0: c% = 1
'record starting time
time2 = fndtimeval()
'read initial value
Call FirstLoop
'display message on program's display part
msg1$ = "เริ่มการทำงาน"
msg2$ = Format$(c% / 60, "#0.00") + "   " + Format$(PointValue(0), "#0.000")
ShowMsg.Text = msg1$ + Chr$(13) + Chr$(10) + msg2$
msg1$ = msg2$
'send some message to excel in data file, Cellmax.xls
```

```
If FlgLngTrnd = 1 Then
    msg$ = "PHB-Production,by Siripong Vingvon"
    For i = 1 To 2
       Select Case i
          Case 1
             StoreHouse.Caption = msg$
          Case 2
             StoreHouse.Caption = Format$(Now, "dd/mm/yy")
       End Select
       Item = "R" + Format$(w, "#0") + "C1"
       StoreHouse.LinkMode = 0: StoreHouse.LinkMode = 2
       StoreHouse.LinkItem = Item
       StoreHouse.LinkPoke
       w = w + 1
    Next i
End If
'Check time interval, one period ago or not?
Do
    dummy = DoEvents()
    Time3 = fndtimeval() - time2
Loop While Time3 < period
'Set initial value
flgNSDown = 0   'use only in Noise-spike digital filter
flow = 0: RealFlow = 0
w = 3: c% = 2   'set excel row number and counter
'Start to collect data and control feed
Do
    If c% = 1439 Then Flag3% = 1 'End at 24 hours or 1440 minute
    'record starting time
    Time1 = Now: time2 = fndtimeval()
    'read cell concentration from model or turbidimeter
    Call ScanChannel
    'select mode, control or only data acquisition
    If OptNoCtrl.Value = False Then Call Controller(S(0))
```

```
'display message on program's display part
msg2$ = Format$(Time1, "hh:mm") + "   " + Format$(c% / 60, "#0.00") + "
        " + Format$(PointValue(0), "#0.000") + Chr$(13) + Chr$(10)
ShowMsg.Text = msg1$ + msg2$
msg1$ = msg2$
'Send data to excel data file, Cellmax.xls
If FlgLngTrnd = 1 Then
   w = w + 1   'Shift row value in book1.xls one position
   For i = 1 To 13
       Select Case i   'select what will sended
          Case 1
             'send starting time
             StoreHouse.Caption = Format(Time1, "hh:mm:ss")
          Case 2
             'send age of culture, hours
             StoreHouse.Caption = Format$(c% / 60, "00.00")
          Case 3
             'send exponential digital filter parameter value
             If Filtr1 = 0 Then
                StoreHouse.Caption = "-"
             Else
                StoreHouse.Caption = Format$(Filtr1)
             End If
          Case 4
             'send noise-spike digital filter parameter value
             If Filtr2 = 0 Then
                StoreHouse.Caption = "-"
             Else
                StoreHouse.Caption = Format$(Filtr2)
             End If
          Case 5
             'send cell concentration value
             StoreHouse.Caption = Format$(PointValue(0), "###.0000")
          Case 6
```

```
                'send substrate concentration value
                StoreHouse.Caption = Format$(S(0), "#0.000")
            Case 7
                'send specific growth rate value from model
                StoreHouse.Caption = Format$(U, "0.0000")
            Case 8
                'send specific growth rate value from controller part
                StoreHouse.Caption = Format$(Uapp(0), "0.0000")
            Case 9
                'send value of the best specific growth rate
                StoreHouse.Caption = Format$(Uopt, "0.0000")
            Case 10
                'send value of substrate concentration that correspond to Uopt
                StoreHouse.Caption = Format$(Sopt, "#0.00")
            Case 11
                'send flow value
                StoreHouse.Caption = Format$(flow, "#.0000")
            Case 12
                'send calculated volume value
                StoreHouse.Caption = Format$(Volume(0), "##.00")
            Case 13
                'what's this?
                StoreHouse.Caption = Format$(cellnumber, "##.000")
        End Select
        Item = "R" + Format$(w, "#0") + "C" + Format$(i, "#0")
        StoreHouse.LinkItem = Item
        StoreHouse.LinkPoke  'sending now
    Next i
End If
'end of process or not?
If Volume(0) > VolMax Then StopBtn_click
If PointValue(0) > 170 Then StopBtn_click
'adjust cell concentration in present to be value in past
PointValue(1) = PointValue(0)
```

```
        c% = c% + 1 / 60
        'Check time interval, one period ago or not?
        Do
            dummy = DoEvents()          'do anything as user want
            Time3 = fndtimeval() - time2'Check time interval
            If Time3 < 0 Then           'in case of date change
                Time3 = fndtimeval() + 86400 - time2
            End If
        Loop While Time3 < period       'wait until one period past
    Loop While (Flag3% = 0)
End Sub

Sub StopBtn_click ()
        Flag3% = 1              'Stop ScanChannel Routine
        c% = 0
        If FlgLngTrnd = 1 Then
            msg$ = "สิ้นสุดการคำนวน" + Chr$(13) + "ผลการคำนวนปรากฏในเอ็กเซล,
                   CellMax.xls"
            Beep
            MsgBox msg$
        End If
End Sub

Sub TxtKValue_GotFocus ()
    TxtKValue.SelStart = 0
    TxtKValue.SelLength = Len(TxtKValue.Text)
End Sub

Sub TxtKValue_KeyPress (KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 13
            If (Val(TxtKValue.Text) > AdjKVal.Max / 100) Or (Val(TxtKValue.Text) < 0)
              Then
              msg$ = "ค่า K มีค่าสูงสุดไม่เกิน 100 , กรุณาป้อนค่าใหม่"
```

```
            temp = InputBox(msg$, "ป้อนค่าผิดพลาด", "5.00")
            AdjKVal.Value = temp * 1000
            TxtKValue.Text = Format$(temp, "#0.000")
        End If
        AdjKVal.Value = Val(TxtKValue.Text) * 1000
        TxtKValue.Text = Format$(Val(TxtKValue.Text), "#0.000")
        kc = Val(TxtKValue.Text)
    End Select
End Sub

Sub UpdateVal (Mu As Double, SConc As Double)
    Sopt = SConc
    If Mu > 0 Then Uopt = Mu
End Sub
```

CMCFG.FRM

```
Sub AboutBtn_Click ()
    temp = "CellMax 2.0" + Chr$(13) + "โดย นายศิริพงษ์ วิงวอน C616958" + Chr$
           (13)
    temp = temp + Chr$(13) + "อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์"
    MsgBox temp, 0, "CellMax 2.0"
End Sub

Sub AdjPeriod_Change ()
    PeriodValue.Text = Str$(AdjPeriod.Value)
End Sub

Sub BaseAddress_GotFocus ()
    BaseAddress.SelStart = 0
    BaseAddress.SelLength = Len(BaseAddress.Text)
End Sub

Sub CancelBtn_Click ()
    CtrlCfg.Hide
End Sub

Sub Check1_click (Index As Integer)
    Select Case Index
        Case 1
            If check1(1).Value = 1 Then
                flgLngTrnd = 1
                label6.Visible = True
                text2.Visible = True
                text2.Enabled = True
                text2.SetFocus : text2.SelStart = 0
                text2.SelLength = Len(text2.Text)
                label8.Visible = True
                ExcelPath.Visible = True
```

```
        Else
            flgLngTrnd = 0
            label6.Visible = False
            text2.Visible = False
            text2.Enabled = False
            label8.Visible = False
            ExcelPath.Visible = False
        End If
    End Select
End Sub

Sub ExcelPath_GotFocus ()
    ExcelPath.SelStart = 0
    ExcelPath.SelLength = Len(ExcelPath.Text)
End Sub

Sub Form_Load ()
    A = 1
    B = 1
End Sub

Sub Label2_Click ()
    If check1(0).Value = 1 Then check1(0).Value = 0 Else check1(0).Value = 1
End Sub

Sub Monitor_Click ()
    If Monitor.Value = 1 Then
        CtrlTpe1.Visible = False
        CtrlTpe2.Visible = False
        CtrlTpe3.Visible = False
        CtrlTpe4.Visible = False
        CtrlType = 0
    Else
        CtrlTpe1.Visible = True
```

```
        CtrlTpe2.Visible = True
        CtrlTpe3.Visible = True
        CtrlTpe4.Visible = True
    End If
End Sub

Sub OKBtn_Click ()
    'Port Set
    BaseAdd% = Val(BaseAddress.Text)
    Period = Val(PeriodValue.Text)
    'Channel Gain Set for input1
    A = Val(text1.Text)
    B = Val(text9.Text)
    MaxValue = 5 * A + B
    PHBCtrl.AdjDeltaX.Max = MaxValue * 50
    'Channel Gain Set for output
    OutA = Val(TxtOutA.Text)
    'Signal Filter Set
    If Filter1.Value = 1 Then
        If Filter2.Value = 1 Then
            flgFiltr = 3            'select both filter
            PHBCtrl.Frame1.Visible = True
            PHBCtrl.AdjAlfa.Visible = True
            PHBCtrl.AlfaValue.Visible = True
            PHBCtrl.AdjDeltaX.Visible = True
            PHBCtrl.DeltaXValue.Visible = True
            PHBCtrl.Label1.Visible = True
            PHBCtrl.Label2.Visible = True
        Else
            flgFiltr = 1            'use only Exponential Filter
            PHBCtrl.Frame1.Visible = True
            PHBCtrl.AdjAlfa.Visible = True
            PHBCtrl.AlfaValue.Visible = True
            PHBCtrl.AdjDeltaX.Visible = False
```

```
        PHBCtrl.DeltaXValue.Visible = False
        PHBCtrl.Label1.Visible = True
        PHBCtrl.Label2.Visible = False
    End If
Else
    If Filter2.Value = 1 Then
        flgFiltr = 2            'use only Noise-Spike filter
        PHBCtrl.Frame1.Visible = True
        PHBCtrl.AdjAlfa.Visible = False
        PHBCtrl.AlfaValue.Visible = False
        PHBCtrl.AdjDeltaX.Visible = True
        PHBCtrl.DeltaXValue.Visible = True
        PHBCtrl.Label1.Visible = False
        PHBCtrl.Label2.Visible = True
    Else
        flgFiltr = 0            'No filter action
        PHBCtrl.Frame1.Visible = False
        PHBCtrl.AdjAlfa.Visible = False
        PHBCtrl.AlfaValue.Visible = False
        PHBCtrl.AdjDeltaX.Visible = False
        PHBCtrl.DeltaXValue.Visible = False
        PHBCtrl.Label1.Visible = False
        PHBCtrl.Label2.Visible = False
    End If
End If
'Controller Set
If (Monitor.Value = 0) And (CtrlTpe1.Value = 1) Then
    If CtrlTpe3.Value = 1 Then CtrlType = 1 Else CtrlType = 3
Else
    If (Monitor.Value = 0) And (CtrlTpe2.Value = 1) Then
        If CtrlTpe3.Value = 1 Then CtrlType = 2 Else CtrlType = 4
    Else
        If Monitor.Value = 1 Then CtrlType = 0
    End If
```

```
End If
If Monitor.Value = 1 Then          'no control action
   PHBCtrl.Frame2.Visible = False
   PHBCtrl.AdjKVal.Visible = False
   PHBCtrl.TxtKValue.Visible = False
   PHBCtrl.Label3.Visible = False
Else                               'control
   PHBCtrl.Frame2.Visible = True
   PHBCtrl.AdjKVal.Visible = True
   PHBCtrl.TxtKValue.Visible = True
   PHBCtrl.Label3.Visible = True
End If
'If user want to record data in EXCEL
If check1(1).Value = 1 Then
   flgLngTrnd = 1
   pLngTrnd = Val(text2.Text)  'no meaning
   NOpen = NOpen + 1
   If NOpen < 2 Then
      Excel$ = ExcelPath.Text + " c:\private\thesis\program\cellmax\cellmax.xls"
      PHBCtrl.ShowMsg.Text = "โปรดรอสักครู่ กำลังเรียกใช้Excel เพื่อใช้เก็บข้อมูล"
      dummy = Shell(Excel$, 6)
      dummy = DoEvents()
      PHBCtrl.StoreHouse.LinkMode = 0
      PHBCtrl.StoreHouse.LinkTopic = "excel|sheet1"
      PHBCtrl.StoreHouse.LinkItem = "R1C1"
      'Delay time for loading process
      For i = 1 To 1000: dummy = DoEvents(): Next i
   End If
End If
PHBCtrl.ShowMsg.Text = "กรุณาระบุข้อมูลประจำแบ็ตช์ก่อนรับข้อมูล" + Chr$(13)
If flgFiltr > 0 Then PHBCtrl.ShowMsg.Text = PHBCtrl.ShowMsg.Text + ", อย่าลืมปรับ
   ค่าพารามิเตอร์ของตัวกรอง"
If FlgSilly = 0 Then
   FlgSilly = 1
```

```
    Else
        PHBCtrl.StartScanBtn.Enabled = True
        PHBCtrl.BtnUpdate.Enabled = True
        PHBCtrl.ClearBtn.Enabled = True
    End If
    CtrlCfg.Hide        'Still in memory
End Sub

Sub PeriodValue_GotFocus ()
    PeriodValue.SelStart = 0
    PeriodValue.SelLength = Len(PeriodValue.Text)
End Sub

Sub PeriodValue_KeyPress (KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case 13
            If (Val(PeriodValue.Text) < 1) Or (Val(PeriodValue.Text) > 3600) Then
              Msg$ = "ค่าคาบเวลามีค่าได้ตั้งแต่ 1 วินาทีจนถึง 3600 วินาที กรุณาป้อนค่าใหม่"
              temp = InputBox(Msg$, "ป้อนค่าผิดพลาด", "1")
              AdjPeriod.Value = temp
              PeriodValue.Text = Str$(temp)
            End If
            AdjPeriod.Value = Val(PeriodValue.Text)
            Filtr1 = Val(PeriodValue.Text)
            OKBtn.SetFocus
    End Select
End Sub

Sub Text1_GotFocus ()
    text1.SelStart = 0
    text1.SelLength = Len(text1.Text)
End Sub

Sub Text2_KeyPress (KeyAscii As Integer)
```

```
    Select Case KeyAscii
      Case 13
        pLngTrnd = Val(text2.Text)
        ExcelPath.SetFocus
    End Select
End Sub

Sub Text9_GotFocus ()
    text9.SelStart = 0
    text9.SelLength = Len(text9.Text)
End Sub
```

CMSTUP.FRM

```
Sub AboutBtn_Click ()
    temp = "CellMax 2.0" + Chr$(13) + "โดย นายศิริพงษ์ วิงวอน C616958" + Chr$
           (13)
    temp = temp + Chr$(13) + "อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์"
    MsgBox temp, 0, "CellMax 2.0"
End Sub

Sub CancelBtn_Click ()
    Unload BtchStUp
End Sub

Sub FeedSubstrate_GotFocus ()
    FeedSubstrate.SelStart = 0
    FeedSubstrate.SelLength = Len(FeedSubstrate.Text)
End Sub

Sub IniCell_GotFocus ()
    IniCell.SelStart = 0
    IniCell.SelLength = Len(IniCell.Text)
End Sub
```

```
Sub IniSubstrate_GotFocus ()
    IniSubstrate.SelStart = 0
    IniSubstrate.SelLength = Len(IniSubstrate.Text)
End Sub

Sub IniVol_GotFocus ()
    IniVol.SelStart = 0
    IniVol.SelLength = Len(IniVol.Text)
End Sub

Sub OKBtn_Click ()
    For i = 0 To 1
        PointValue(i) = Val(IniCell.Text)   ' in g/l
        Volume(i) = Val(IniVol.Text)        ' in l
        S(i) = Val(IniSubstrate.Text)       ' in g/l
    Next i
    Sf = Val(FeedSubstrate.Text)            ' in g/l
    Umax = Val(TxtUmax.Text)
    Ki = Val(TxtKi.Text)
    Km = Val(TxtKm.Text)
    Uopt = Val(TxtUopt.Text)
    Sopt = Val(TxtSopt.Text)
    VolMax = Val(TxtFVol.Text)
    If OptFuzzy.Value = True Then
        FlgFuzzy = 1
        For i = 0 To 3
            Select Case i
            Case 0
                temp = 6.667
            Case 1
                temp = 8.193
            Case 2
                temp = 9.4
            Case 3
```

```
            temp = 11.159
        End Select
        If Abs(Val(IniSubstrate.Text) - temp) > Val(TxtFuzzy.Text) Then
            FzyValue(i) = 0
        Else
            FzyValue(i) = (Val(TxtFuzzy.Text) - Abs(temp - Val(IniSubstrate.Text))) /
Val(TxtFuzzy.Text)
        End If
      Next i
   Else
      FlgFuzzy = 0
   End If
   If FlgSilly = 0 Then
      FlgSilly = 1
   Else
      PHBCtrl.StartScanBtn.Enabled = True
      PHBCtrl.BtnUpdate.Enabled = True
      PHBCtrl.ClearBtn.Enabled = True
   End If
   BtchStUp.Hide
End Sub

Sub TxtFVol_GotFocus ()
   TxtFVol.SelStart = 0
   TxtFVol.SelLength = Len(TxtFVol.Text)
End Sub

Sub TxtKI_GotFocus ()
   TxtKi.SelStart = 0
   TxtKi.SelLength = Len(TxtKi.Text)
End Sub

Sub TxtKm_GotFocus ()
   TxtKm.SelStart = 0
```

```
    TxtKm.SelLength = Len(TxtKm.Text)
End Sub

Sub TxtSopt_GotFocus ()
    TxtSopt.SelStart = 0
    TxtSopt.SelLength = Len(TxtSopt.Text)
End Sub

Sub TxtUmax_GotFocus ()
    TxtUmax.SelStart = 0
    TxtUmax.SelLength = Len(TxtUmax.Text)
End Sub

Sub TxtUopt_GotFocus ()
    TxtUopt.SelStart = 0
    TxtUopt.SelLength = Len(TxtUopt.Text)
End Sub
```

ประวัติผู้แต่ง

นายศิริพงษ์ วิงวอน เกิดวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 ที่อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2533 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2536

ในปี 2533-2534 ได้ทำงานในตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ควบคุมกระบวนการหมักโรงงานไทยแอลกอฮอล์จำกัด จากนั้นในระหว่างปี 2534-2536 ได้ทำงานในตำแหน่งหัวหน้าแผนกบำบัดน้ำเสีย โรงงานเดียวกัน