เอกสารอ้างอิง

1. Underkafler, L.A., and Hickey, R.J. Industrial Fermentation, Vol. 1. pp. 498-535, chemical Publishing Co., Inc., New York, 1954.

2. Allgeier, R.J. and Hildebrant, F.M. Newer Developments in Vinegar Manufacture Vol. 2. pp. 163-181. Advances in Applied Microbiology Academic Press, New York, 1976.

3. Conner, H.A. and Allgeier, R.J. Vinegar : Its history and Development Vol. 20. pp. 81-127. Advances in Applied Microbiology, Academic Press, New York, 1976.

4. Prescott, S.C., and Dunn, C.G. Industrial Microbiology, 3rd ed., pp. 428-453, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1959.

5. คุ้ภมาล ภมรบุตร "การศึกษาเกี่ยวกับการผลิตน้ำส้มสายชูจากน้ำสับปะรดโดยวิธีการหมักแบบเร็ว" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2520.

6. พระทิพย์ รัตนะ "การศึกษาเครื่องหมักแบบแพคเบดคอลัมน์ในการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์สับปะรด" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2524

7. Shreve, R.N. and Brink, J.A. Chemical process industries, 4th ed., McGraw-Hill KOGAKUSHA, LTD., Tokyo, 1977.

8. Maldonado, O., Rolz C. and Cabrera, S.S. "Wine and Vinegar Production from Tropical Fruits" J. Food Sci 40 (1975) : 262.

9. Frazier, W.C. Food Microbiology, 2nd. ed., McGraw-Hill, Inc. New York, 1967.

10. Pederson, C.S. Microbiology of Food Fermentation., pp. 45-64 The AVI Publishing Company, Inc., 1971.

11. Ebner, H., and Frings, H. "Process for Acetic Acid Fermentation." U.S. Pat 3, 445, 245 May. 20., 1969.

12. ล่มวิทย์ ศรีสันติสุข "การศึกษาการละลายของอัมโมเนียในฟลูอิไดเซชั่นสามสถานะ" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2522

13. PACA JAN and GREGR VRATISLAV. "Effect of Viscosity on Backflow Coefficient and Oxygen Transfer rate in a Multistage Tower fermenter" J. Ferment Technology 55 (1977) : 166-173.

14. Bird, R. B., Stewart, W. E., and Light foot, E.N. Transport Phenomena. John Wiley & Sons, Inc., New York., 1960..

15. Coulson, J. M., and Richardson, J. F. Chemical Engineering. Vol. 3. pp.347-401. Pergaman Press, New York, 1971.

16. Trebal, R.E. Mass transfer operations. pp. 109-145., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1955.

17. Coulson, J. M., and Richardson, J.F. Chemical Engineering Vol. 2. pp. 1-45, Pergamon Press, New York , 1968.

18. นิคม ติปะวาโร "การศึกษาเครื่องหมักแบบคอลัมน์ในการผลิตยีสต์ (Candida utilis) เอทานอลและกรดอะซีติกจากน้ำสับปะรด" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2522

19. Danckwerts, P.V. Gas-Liquid Reactions, pp. 183-235, McGraw-Hill, Inc., New York, 1970.

20. Aiba, A., Humphrey, A.E. and Millis, N.F. Biochemical Engineering pp. 107-124, Academic Press, New York, 1965.

21. Wang, D.I.C., Cooney, C.G., Demain, A.L. and Hamphrey, A.E. Fermentation and Enzyme Technology. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1979.

22. Horwitz, W. (ed.) Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical chemists 13th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., 1980.

23. Kreipe, H. "Relation Between Rate of Access of Air, Oxygen and Carbon Dioxide Content of the Waste Gasses, Alcohol Conversion and Evaporation Losses in the Generator Process" Deut Essigind 39 (1935) : 189.

24. จรัญ จันทลักษณา. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2523

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอล (22)

โดยใช้น้ำหมัก 100 มิลลิลิตร ใส่ขวดกลั่นขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำลงไปอีก 50 มิลลิลิตร นำไปกลั่นให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปหาค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้ขวดหาความถ่วงจำเพาะ (pycnometer) ขนาด 25 มิลลิลิตร ซึ่งจากค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้นี้จะนำไปหาปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์เป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากตารางในภาคผนวก ค.

2. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะซีติก (22)

ปริมาณกรดอะซีติกจะหาในรูปของกรดรวมทั้งหมด วิเคราะห์ได้จากการไตเตรทด้วยสารละลายต่างมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซน์ (NaOH) เข้มข้น 0.5 นอร์มอล ใช้สารละลายฟีนอลฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

โดยนำตัวอย่างน้ำส้มสายชู 10 มิลลิลิตร ทำให้เจือจางด้วยน้ำ 20 มิลลิลิตร จากนั้นทำการไตเตรทจนได้สารละลายสีชมพูอ่อน แล้วคำนวณหาปริมาณของกรดที่ได้

1 มิลลิลิตรของ 0.5 N = 0.0300 กรัมกรดอะซีติก

3. ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์

โดยการวัดค่าสภาพการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร จะทำการเจือจางสารละลายที่จะวัดให้มีค่าของสภาพการดูดกลืนแสง (absorbance) อยู่ในช่วง 0.2-0.8 ใช้เครื่อง spectrophotometer UV M JEAN et. R. Constant No. 5347

52.003 Percentages by volume at 15.56°C (60°F) of ethyl alcohol corresponding to apparent specific gravity at various temperatures[a]

Apparent Specific Gravity	15.56/15.56	20/20	22/22	24/24	25/25	26/26	28/28	30/30	32/32	34/34	35/35	36/36
1.0000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9999	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07
98	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13
97	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20
96	.27	.26	.26	.26	.26	.26	.26	.26	.26	.26	.26	.26
95	.33	.33	.33	.33	.33	.33	.33	.33	.33	.33	.33	.33
94	.40	.40	.40	.40	.40	.40	.40	.40	.40	.40	.40	.40
93	.47	.46	.46	.46	.46	.46	.46	.46	.46	.46	.46	.46
92	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53
91	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60
90	.67	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66
89	.73	.73	.73	.73	.73	.73	.73	.73	.73	.73	.73	.73
88	.80	.80	.80	.80	.80	.80	.79	.79	.79	.79	.79	.79
87	.87	.87	.87	.87	.87	.87	.86	.86	.86	.86	.86	.86
86	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93
85	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	.99	.99	.99	.99	.99	.99
84	.07	.07	.07	.07	.07	.07	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
83	.14	.14	.14	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13
82	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.19	.19	.19	.19	.19
81	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.26	.26	.26	.26	.26	.26
80	.34	.34	.34	.34	.34	.33	.33	.32	.32	.32	.32	.32
79	.41	.41	.41	.40	.40	.40	.40	.39	.39	.39	.39	.39
78	.48	.48	.48	.47	.47	.47	.47	.46	.46	.46	.46	.46
77	.54	.54	.54	.54	.54	.53	.53	.53	.53	.53	.52	.52
76	.61	.61	.61	.60	.60	.60	.60	.59	.59	.59	.59	.59
75	.68	.68	.68	.67	.67	.67	.67	.66	.66	.66	.66	.66
74	.75	.75	.75	.74	.74	.73	.73	.73	.73	.72	.72	.72
73	.82	.81	.81	.81	.81	.80	.80	.80	.80	.79	.79	.79
72	.88	.88	.88	.87	.87	.87	.86	.86	.86	.85	.85	.85
71	.95	.95	.95	.94	.94	.94	.93	.93	.93	.92	.92	.92
70	2.02	2.02	2.02	2.01	2.01	2.01	2.00	2.00	2.00	.99	.99	.99
69	.09	.09	.09	.08	.08	.08	.07	.07	.06	2.05	2.05	2.05
68	.16	.15	.15	.14	.14	.14	.14	.14	.13	.12	.12	.12
67	.23	.22	.22	.21	.21	.21	.20	.20	.20	.19	.19	.19
66	.30	.29	.29	.28	.28	.28	.27	.27	.27	.26	.26	.26
65	.37	.36	.36	.35	.35	.35	.34	.34	.33	.32	.32	.32
64	.43	.43	.43	.42	.42	.42	.41	.41	.40	.39	.39	.39
63	.50	.50	.50	.49	.49	.49	.48	.48	.47	.46	.46	.46
62	.57	.57	.57	.56	.56	.56	.55	.54	.54	.53	.53	.53
61	.64	.64	.64	.63	.63	.63	.62	.61	.60	.60	.59	.59
60	.71	.70	.70	.70	.70	.70	.69	.68	.67	.67	.66	.66
59	.78	.77	.77	.77	.77	.77	.76	.75	.74	.74	.73	.73
58	.85	.84	.84	.83	.83	.83	.82	.82	.81	.81	.80	.80
57	.92	.91	.91	.90	.90	.90	.89	.88	.87	.87	.86	.86
56	.99	.98	.98	.97	.97	.97	.96	.95	.94	.94	.93	.93
55	3.06	3.05	3.05	3.04	3.04	3.04	3.03	3.02	3.01	3.01	3.00	3.00
54	.13	.12	.12	.11	.11	.11	.10	.09	.08	.08	.07	.07
53	.20	.19	.19	.18	.18	.18	.17	.16	.15	.15	.14	.14
52	.27	.26	.26	.25	.25	.25	.24	.23	.22	.22	.21	.21
51	.34	.33	.33	.32	.32	.32	.31	.30	.29	.28	.27	.27
50	.41	.40	.40	.39	.39	.39	.38	.37	.36	.35	.34	.34
49	.49	.47	.47	.46	.46	.46	.45	.44	.43	.42	.41	.41
48	.56	.54	.54	.53	.53	.53	.52	.51	.50	.49	.48	.48
47	.63	.61	.61	.60	.60	.60	.59	.58	.57	.56	.55	.55
46	.70	.68	.68	.67	.67	.67	.66	.65	.64	.63	.62	.62
45	.77	.76	.75	.74	.74	.74	.73	.72	.70	.69	.68	.68
44	.84	.83	.82	.81	.81	.81	.79	.78	.77	.76	.75	.75
43	.91	.90	.89	.88	.88	.88	.86	.85	.84	.83	.82	.82
42	.99	.97	.96	.95	.95	.95	.93	.92	.91	.90	.89	.89
41	4.06	4.04	4.03	4.02	4.02	4.02	4.00	.99	.98	.97	.96	.96
40	.13	.11	.10	.10	.09	.09	.07	4.06	4.05	4.04	4.03	4.03
39	.20	.18	.17	.17	.16	.16	.14	.13	.12	.11	.10	.10
38	.28	.26	.25	.25	.24	.23	.21	.20	.19	.18	.17	.17
37	.35	.33	.32	.32	.31	.30	.28	.27	.26	.25	.24	.24
36	.42	.40	.39	.39	.38	.37	.36	.35	.33	.32	.31	.30
35	.50	.48	.47	.46	.45	.44	.43	.42	.40	.39	.38	.37
34	.57	.55	.54	.53	.52	.51	.50	.49	.47	.46	.45	.44
33	.64	.62	.61	.60	.59	.58	.57	.56	.54	.53	.52	.51
32	.71	.69	.68	.67	.66	.65	.64	.63	.61	.60	.59	.58
31	.79	.77	.76	.75	.74	.73	.72	.70	.68	.67	.66	.65

(*Continued*)

[a] Compiled at National Bureau of Standards. Table is based on data published in *Bull. Natl. Bur. Std.* 9(3) (1913), (Sci. Paper No. 197).

52.003 **Percentages by volume at 15.56°C (60°F) of ethyl alcohol corresponding to apparent specific gravity at various temperatures[a]—*Continued*.**

Apparent Specific Gravity	15.56 / 15.56	20/20	22/22	24/24	25/25	26/26	28/28	30/30	32/32	34/34	35/35	36/36
0.9930	4.86	4.84	4.83	4.82	4.81	4.80	4.79	4.77	4.75	4.74	4.73	4.72
29	.93	.91	.90	.89	.88	.87	.86	.84	.82	.81	.80	.79
28	5.01	.98	.97	.96	.95	.94	.93	.91	.89	.88	.87	.86
27	.08	5.06	5.04	5.03	5.02	5.01	5.00	.98	.96	.95	.94	.93
26	.16	.13	.12	.11	.10	.09	.07	5.05	5.03	5.02	5.01	5.00
25	.23	.21	.19	.18	.17	.16	.14	.12	.10	.09	.08	.07
24	.31	.28	.26	.25	.24	.23	.21	.20	.18	.16	.15	.14
23	.39	.36	.34	.33	.32	.31	.29	.27	.25	.23	.22	.21
22	.46	.43	.41	.40	.39	.38	.36	.34	.32	.30	.29	.28
21	.54	.51	.49	.48	.47	.46	.44	.42	.40	.38	.37	.36
20	.61	.58	.56	.55	.54	.53	.51	.49	.47	.45	.44	.43
19	.69	.66	.64	.62	.61	.60	.58	.56	.54	.52	.51	.50
18	.77	.73	.71	.70	.69	.68	.66	.64	.62	.59	.58	.57
17	.84	.81	.79	.77	.76	.75	.73	.71	.69	.66	.65	.64
16	.92	.88	.86	.85	.84	.83	.80	.78	.76	.74	.73	.72
15	.99	.96	.94	.92	.91	.90	.87	.85	.83	.81	.80	.79
14	6.07	6.03	6.01	6.00	.99	.98	.95	.93	.91	.88	.87	.86
13	.15	.11	.09	.07	6.06	6.05	6.02	6.00	.98	.95	.94	.93
12	.23	.18	.16	.15	.14	.13	.10	.08	6.05	6.02	6.01	6.00
11	.30	.26	.24	.22	.21	.20	.17	.15	.12	.10	.09	.08
10	.38	.34	.32	.30	.29	.28	.25	.23	.20	.17	.16	.15
09	.46	.41	.39	.37	.36	.35	.32	.30	.28	.25	.24	.23
08	.54	.49	.47	.45	.44	.43	.40	.38	.35	.32	.31	.30
07	.62	.57	.55	.53	.52	.51	.48	.45	.42	.39	.38	.37
06	.70	.65	.63	.60	.59	.58	.55	.53	.50	.47	.46	.45
05	.77	.73	.71	.68	.67	.66	.63	.60	.57	.54	.53	.52
04	.85	.80	.78	.75	.74	.73	.70	.68	.65	.62	.60	.59
03	.93	.88	.86	.83	.82	.81	.78	.75	.72	.69	.68	.67
02	7.01	.96	.93	.90	.89	.88	.85	.83	.80	.77	.75	.74
01	.09	7.04	7.01	.98	.97	.95	.92	.90	.87	.84	.82	.81
00	.17	.12	.09	7.06	7.05	7.03	7.00	.98	.94	.91	.90	.88
0.9899	.25	.19	.16	.13	.12	.10	.07	7.05	7.01	.98	.97	.95
98	.33	.27	.24	.21	.20	.18	.15	.13	.09	7.06	7.04	7.02
97	.41	.35	.32	.29	.28	.26	.23	.21	.17	.14	.12	.10
96	.50	.43	.40	.37	.36	.34	.31	.28	.24	.21	.19	.17
95	.58	.51	.48	.45	.44	.42	.39	.36	.32	.29	.27	.25
94	.66	.59	.56	.53	.52	.50	.47	.44	.40	.36	.34	.32
93	.74	.67	.64	.60	.59	.57	.54	.51	.47	.44	.42	.40
92	.82	.75	.72	.68	.67	.65	.62	.59	.55	.51	.49	.47
91	.90	.82	.79	.76	.75	.73	.70	.66	.62	.59	.57	.55
90	.98	.90	.87	.84	.83	.81	.78	.74	.70	.66	.64	.62
89	8.07	.98	.95	.92	.91	.89	.86	.82	.78	.74	.72	.70
88	.15	8.06	8.03	8.00	.98	.96	.93	.89	.85	.81	.79	.77
87	.23	.15	.11	.08	8.06	8.04	8.01	.97	.93	.89	.87	.85
86	.32	.23	.19	.16	.14	.12	.09	8.05	8.01	.96	.94	.92
85	.40	.31	.27	.24	.22	.20	.16	.12	.08	8.04	8.02	8.00
84	.48	.39	.35	.32	.30	.28	.24	.20	.16	.11	.09	.07
83	.57	.47	.43	.40	.38	.36	.32	.27	.23	.19	.17	.15
82	.65	.55	.51	.48	.46	.44	.40	.35	.31	.26	.24	.22
81	.73	.63	.59	.56	.54	.52	.48	.43	.39	.34	.32	.30
80	.82	.71	.67	.63	.61	.59	.55	.50	.46	.41	.39	.37
79	.90	.79	.75	.71	.69	.67	.63	.58	.54	.49	.47	.45
78	.98	.88	.84	.79	.77	.75	.71	.66	.61	.56	.54	.52
77	9.07	.96	.92	.87	.85	.83	.78	.73	.69	.64	.62	.60
76	.15	9.04	9.00	.95	.93	.91	.86	.81	.76	.71	.69	.67
75	.24	.13	.08	9.03	9.01	.99	.94	.89	.84	.79	.77	.75
74	.32	.21	.16	.11	.09	9.07	9.02	.96	.91	.86	.84	.82
73	.40	.29	.24	.19	.17	.15	.10	9.04	.99	.94	.92	.90
72	.49	.38	.33	.27	.25	.23	.18	.12	9.07	9.02	.99	.97
71	.57	.46	.41	.35	.33	.31	.26	.20	.15	.10	9.07	9.05
70	.66	.54	.49	.43	.41	.38	.33	.27	.22	.17	.14	.12
69	.74	.62	.57	.51	.49	.46	.41	.35	.30	.25	.22	.19
68	.82	.70	.65	.59	.57	.54	.49	.43	.37	.32	.29	.26
67	.91	.79	.74	.68	.65	.62	.57	.51	.45	.40	.37	.34
66	.99	.87	.82	.76	.73	.70	.65	.59	.53	.47	.44	.41
65	10.08	.95	.90	.84	.81	.78	.72	.66	.60	.54	.51	.48
64	.16	10.03	.98	.92	.89	.86	.80	.74	.68	.62	.59	.56
63	.25	.11	10.06	10.00	.97	.94	.88	.82	.76	.69	.66	.63
62	.33	.20	.14	.08	10.05	10.02	.96	.90	.84	.77	.74	.71
61	.42	.28	.22	.16	.13	.10	10.04	.98	.91	.84	.81	.78

(*Continued*)

52.003 Percentages by volume at 15.56°C (60°F) of ethyl alcohol corresponding to apparent specific gravity at various temperatures[a]—*Continued.*

Apparent Specific Gravity	15.56 / 15.56	20/20	22/22	24/24	25/25	26/26	28/28	30/30	32/32	34/34	35/35	36/36
0.9860	10.50	10.36	10.30	10.24	10.21	10.18	10.11	10.05	9.99	9.92	9.89	9.86
59	.59	.44	.38	.32	.29	.26	.19	.13	10.06	.99	.96	.93
58	.68	.53	.47	.40	.37	.34	.27	.21	.14	10.07	10.04	10.00
57	.76	.61	.55	.48	.44	.41	.34	.28	.21	.14	.11	.07
56	.85	.69	.63	.56	.52	.49	.42	.36	.29	.22	.19	.15
55	.93	.78	.71	.64	.60	.57	.50	.44	.37	.30	.26	.23
54	11.02	.86	.79	.72	.68	.65	.58	.52	.45	.38	.34	.31
53	.11	.94	.87	.80	.76	.73	.66	.59	.52	.45	.41	.38
52	.19	11.03	.96	.88	.84	.81	.74	.67	.60	.53	.49	.45
51	.28	.11	11.04	.96	.92	.89	.82	.75	.67	.60	.56	.52
50	.37	.19	.12	11.04	11.00	.96	.89	.82	.74	.67	.63	.59
49	.46	.28	.20	.12	.08	11.04	.97	.90	.82	.75	.71	.67
48	.54	.36	.28	.20	.16	.12	11.05	.98	.90	.82	.78	.74
47	.63	.45	.36	.28	.24	.20	.13	11.05	.97	.90	.86	.82
46	.72	.53	.45	.37	.33	.29	.21	.13	11.05	.97	.93	.89
45	.81	.61	.53	.45	.41	.37	.29	.21	.13	11.05	11.01	.97
44	.89	.70	.62	.53	.49	.45	.37	.29	.21	.12	.08	11.04
43	.98	.78	.70	.61	.57	.53	.44	.36	.28	.20	.16	.12
42	12.07	.87	.78	.69	.65	.61	.52	.44	.36	.27	.23	.19
41	.16	.95	.86	.78	.73	.69	.60	.52	.44	.35	.31	.27
40	.25	12.04	.95	.86	.81	.77	.68	.60	.51	.42	.38	.34
39	.34	.12	12.03	.94	.89	.85	.76	.67	.58	.50	.46	.42
38	.43	.21	.12	12.03	.98	.93	.84	.75	.66	.57	.53	.49
37	.52	.29	.20	.11	12.06	12.01	.92	.83	.74	.65	.61	.57
36	.61	.38	.28	.19	.14	.09	12.00	.91	.82	.73	.68	.64
35	.70	.47	.37	.27	.22	.17	.07	.98	.89	.80	.76	.72
34	.79	.55	.45	.35	.30	.25	.15	12.06	.97	.88	.83	.79
33	.88	.64	.54	.44	.39	.34	.24	.14	12.05	.96	.91	.86
32	.97	.73	.63	.52	.47	.42	.32	.22	.12	12.03	.98	.93
31	13.06	.81	.71	.60	.55	.50	.40	.30	.20	.11	12.06	12.01
30	.16	.90	.79	.68	.63	.58	.48	.38	.28	.19	.14	.09
29	.25	.99	.88	.77	.71	.66	.56	.46	.36	.26	.21	.16
28	.34	13.07	.96	.85	.80	.74	.64	.54	.44	.34	.29	.24
27	.43	.16	13.05	.93	.88	.82	.72	.62	.52	.42	.37	.32
26	.52	.25	.13	13.01	.96	.90	.80	.70	.59	.49	.44	.39
25	.61	.34	.22	.10	13.04	.99	.88	.78	.67	.57	.52	.47
24	.71	.43	.31	.19	.13	13.08	.97	.86	.75	.65	.60	.55
23	.80	.51	.39	.27	.21	.16	13.05	.94	.83	.72	.67	.62
22	.89	.60	.47	.35	.29	.24	.13	13.02	.91	.80	.75	.70
21	.98	.68	.56	.44	.38	.33	.22	.10	.99	.88	.82	.77
20	14.08	.77	.64	.52	.46	.40	.29	.18	13.06	.95	.90	.85
19	.17	.86	.73	.61	.55	.49	.37	.26	.15	13.04	.98	.93
18	.26	.95	.82	.69	.63	.57	.45	.34	.22	.11	13.05	13.00
17	.36	14.04	.91	.78	.72	.66	.54	.42	.30	.19	.13	.08
16	.45	.13	14.00	.87	.80	.74	.62	.50	.38	.27	.21	.16
15	.55	.22	.08	.95	.88	.82	.70	.58	.46	.34	.28	.23
14	.64	.30	.17	14.04	.97	.91	.78	.66	.54	.42	.36	.30
13	.74	.39	.25	.12	14.05	.99	.86	.74	.62	.50	.44	.38
12	.83	.48	.34	.20	.13	14.07	.94	.82	.70	.58	.52	.46
11	.92	.57	.43	.29	.22	.16	14.03	.90	.77	.65	.59	.53
10	15.02	.66	.51	.37	.30	.24	.11	.98	.85	.73	.67	.61
09	.11	.75	.60	.46	.39	.32	.19	14.06	.93	.81	.75	.69
08	.21	.84	.69	.54	.47	.40	.27	.14	14.01	.88	.82	.76
07	.30	.93	.77	.62	.55	.48	.35	.22	.09	.96	.90	.84
06	.40	15.02	.86	.71	.64	.57	.43	.30	.17	14.04	.98	.92
05	.49	.11	.95	.79	.72	.65	.51	.38	.25	.12	14.05	.99
04	.58	.20	15.04	.88	.81	.74	.60	.46	.33	.20	.13	14.07
03	.67	.28	.12	.96	.89	.82	.68	.54	.41	.28	.21	.15
02	.77	.37	.21	15.05	.97	.90	.76	.62	.49	.36	.29	.23
01	.87	.46	.30	.14	15.06	.99	.84	.70	.56	.43	.36	.30
00	.96	.55	.39	.23	.15	15.07	.92	.78	.64	.51	.44	.38
0.9799	16.06	.64	.48	.32	.24	.16	15.01	.86	.72	.59	.52	.46
98	.15	.73	.46	.40	.32	.24	.09	.94	.80	.67	.60	.54
97	.25	.82	.55	.49	.41	.33	.17	15.02	.88	.74	.67	.61
96	.35	.91	.64	.57	.49	.41	.26	.11	.96	.82	.75	.68
95	.44	16.00	.83	.66	.58	.50	.34	.19	15.04	.90	.83	.76
94	.54	.10	.92	.75	.66	.59	.43	.27	.12	.98	.91	.84
93	.63	.19	16.01	.84	.75	.67	.51	.35	.20	15.05	.98	.91
92	.73	.28	.10	.93	.84	.76	.59	.43	.28	.13	15.06	.99
91	.83	.37	.19	16.01	.92	.84	.67	.51	.36	.21	.14	15.07

(Continued)

ตารางที่ ค1 แสดงปริมาณของกรดอะซิติกร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยศึกษาในขวดเขย่าที่ 240 รอบต่อนาที โดยใช้แพคเบดชนิดต่าง ๆ กันคือ ไม้ไผ่ ไม้มะค่า ไม้สัก ไม้ตะเคียน ไม้แดง และพลาสติก เมื่อมีเอทานอลเริ่มต้นร้อยละ 6 โดยปริมาตร

ซม. / ชนิด	1	2	4	40	70	110
ไม้ไผ่	0.7796	0.813	0.814	1.681	2.548	4.168
ไม้มะค่า	0.7197	0.7954	0.7957	2.052	3.148	4.388
ไม้สัก	0.7197	0.7958	0.7959	1.654	2.548	4.138
ไม้ตะเคียน	0.6597	0.7312	0.7321	1.853	2.848	4.348
ไม้แดง	0.6597	0.7214	0.7214	1.751	2.698	3.748
พลาสติก	0.3598	0.3598	0.3598	1.635	2.548	2.848

ตารางที่ ค 2 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักหนึ่งชั้น โดยใช้ไม้ตะเคียนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบด บรรจุในคอลัมน์จำนวน 360 ลูก ในการหมักใช้เอทานอลและกรดอะซีติก เริ่มต้นร้อยละ 7 และ 1 ตามลำดับ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.7 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.02 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที

เวลา ชม.	กรดอะซีติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องค์ประกอบ	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ.)
0	1.015	7	0.915	3.95	4.6	1.0415	31
27	1.68	5.25	1.1	3.77	4.6	1.0458	32
48	2.552	3.15	1.5	3.52	4.6	1.0485	33
72	3.495	1.45	1.8	3.39	4.6	1.0514	32
96	4.553	0	1.7	3.21	4.6	1.0559	29
116	5.35	0	1.97	3.20	4.6	1.0564	30

ตารางที่ ค 3 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักหนึ่งขั้น โดยใช้ไม้ไผ่เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรบรรจุในคอลัมน์จำนวน 360 ลูก ในการหมักใช้เอทานอลและกรดอะซีติกเริ่มต้นร้อยละ 7 และ 1 ตามลำดับ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.7 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.02 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที

เวลา ชม.	กรดอะซีติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องค์ประกอบ	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ (°ซ.)
0	1.015	7	0.925	4.0	4.8	1.0436	29.5
29	1.798	5.0	1.35	3.85	4.8	1.0501	31.0
48	2.523	3.1	1.50	3.72	4.8	1.0529	31.0
72	3.538	1.33	1.70	3.58	4.8	1.0553	31.0
96	4.582	0	2.35	3.39	4.8	1.0568	31.0
116	5.29	0	2.4	3.28	4.8	1.0590	31.0

ตารางที่ ค 4 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักหนึ่งขั้น โดยใช้ไม้แดงเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบดบรรจุในคอลัมน์จำนวน 360 ลูก ในการหมักใช้เอทานอล และกรดอะซีติกเริ่มต้นร้อยละ 7 และ 1 ตามลำดับ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.7 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.02 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที

เวลา ชม.	กรดอะซีติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องค์ประกอบ	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ.)
0	0.986	7	0.925	4.22	4.8	1.0420	31
21	1.531	5.9	1.31	3.93	4.8	1.0458	30
70	3.19	2.0	1.70	3.51	4.8	1.0507	31
94	3.886	0.75	2.03	3.47	4.8	1.0543	30
116	4.191	0	1.75	3.41	4.8	1.5047	29.5

ตารางที่ ค 5 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักหนึ่งขั้น โดยใช้ไม้สักเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบดบรรจุในคอลัมน์จำนวน 360 ลูก ในการหมักใช้เอทานอล และกรดอะซิติกเริ่มต้นร้อยละ 7 และ 1 ตามลำดับ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.7 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.02 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที

เวลา ชม.	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องค์ประกอบ	ความหนาแน่น (กรัม/ซม)	อุณหภูมิ (ซ.)
0	0.972	7	0.85	3.95	5	1.0401	27
24	1.566	5.75	1.08	3.77	5	1.0460	28
48	2.335	4.0	1.9	3.62	5	1.0490	30
72	3.016	2.5	2.0	3.47	5	1.0521	31.5
96	3.741	1.3	2.12	3.36	5	1.0523	31.8
120	4.22	0	2.23	3.30	5	1.0535	32

ตารางที่ ค 6 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักแบบหนึ่งขั้น โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบดบรรจุในคอลัมน์จำนวน 360 ลูก ในการหมักใช้เอทานอลและกรดอะซีติกเริ่มต้นร้อยละ 7 และ 1 ตามลำดับ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.7 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.02 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที

เวลา ชม.	กรดอะซีติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ.)
0	1.085	7	1.15	4	6.2	1.0241	28
10	1.3	6.4	1.21	3.8	6.2	1.0373	27
42	2.43	3.35	1.40	3.6	6.2	1.0496	28
56	3.1	2.07	1.48	3.54	6.2	1.0573	26
61	3.317	-	1.53	3.47	6.2	1.0576	28
65	3.52	-	-	-	6.2	-	-
82	4.25	-	1.68	3.4	6.2	1.059	28
84	4.4	0.46	1.74	3.37	6.2	1.06	28
90	4.7	-	1.88	3.3	6.2	1.062	28
96	4.8	0	1.9	3.3	6.2	1.062	28
105	5.1	0	2.02	3.3	6.2	1.06	28

ตารางที่ ค 7 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักแบบหนึ่งขั้น โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบดบรรจุในคอลัมน์จำนวน 360 ลูก ในการหมักใช้เอทานอลและกรดอะซิติกเริ่มต้นร้อยละ 8 และ 1 ตามลำดับ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.7 ลิตรต่อนาที อัตราการใช้อากาศ 0.02 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที

เวลา ชม.	กรดอะซิติกร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอลร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^{\circ}$ซ.)
0	0.936	8	1.2	4	6.7	1.0502	26
24	1.185	6.1	1.25	3.97	6.7	1.0565	26
48	1.814	5.0	1.32	3.8	6.7	1.0616	26.3
72	2.57	3.03	1.5	3.62	6.7	-	26.4
96	3.79	1.47	1.62	3.47	6.7	1.0684	26.4
115	4.51	0	1.8	3.39	6.7	1.0701	26.4

ตารางที่ ๔ แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักแบบหนึ่งขั้น โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบดบรรจุในในคอลัมน์จำนวน 360 ลูก ในการหมักใช้เอทานอลและกรดอะซิติกเริ่มต้นร้อยละ 6 และ 2 ตามลำดับ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.7 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.02 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที

เวลา ชม.	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม.^{3})	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ.)
0	2.03	6	1.10	3.8	5.8	1.0412	29.8
15	2.27	-	1.15	3.78	5.8	1.0425	30
38	2.87	3.17	1.32	3.68	5.8	1.0519	30
62	3.7	1.73	1.5	3.41	5.8	1.0525	30
86	4.64	0.07	1.72	3.3	5.8	1.0558	31
107	5.307	0	1.96	3.25	5.8	1.0590	31

ตารางที่ ค 9 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักแบบหนึ่งขั้น โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบดบรรจุในคอลัมน์จำนวน 360 ลูก ในการหมักใช้เอทานอลและกรดอะซิติกเริ่มต้นร้อยละ 7 และ 2 ตามลำดับ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.7 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.02 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที

เวลา ชม.	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สัมภาพการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^{\circ}$ซ.)
0	1.95	7	1.05	3.8	6.2	1.0421	28
16	2.23	5.7	1.18	3.78	6.2	1.0490	27
39	2.69	3.93	1.22	3.69	6.2	1.0510	28
63	3.02	2.62	1.35	3.56	6.2	1.0517	28
85	3.5	1.2	1.47	-	6.2	1.0520	29
100	3.92	0	1.52	3.48	6.2	1.055	28
103	3.95	0	1.55	3.48	6.2	1.055	28

ตารางที่ค10 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมสี่ขั้นแบบแยกคอลัมน์ โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบดบรรจุคอลัมน์ละ 90 ลูก ใช้ระบบท่อน้ำล้น อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.03 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เริ่มต้นด้วยอัตราส่วน ร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซีติก (น้ำหนัก/ปริมาตร) 7 : 1

เวลา ชม.	กรดอะซีติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^{\circ}$ซ.)
0	1.05	7	2.25	4.0	4.2	1.0440	30
20	1.20	6.25	2.31	3.92	4.2	1.0450	30
53	1.77	4.14	2.54	3.8	4.2	1.0491	30
77	2.71	3.17	2.85	3.74	4.2	1.0511	30.5
91	3.37	-	3.07	3.63	4.2	1.0537	30
113	4.0	0.99	3.11	3.55	4.2	1.0554	31
136	5.28	0	3.15	3.2	4.2	1.0599	30.5

ตารางที่ค11 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมสี่ขั้นแบบแยกคอลัมน์ ใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบด บรรจุคอลัมน์ละ 90 ลูก ใช้ระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.03 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เริ่มต้นด้วยอัตราส่วนร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซิติก (น้ำหนัก/ปริมาตร) 7 : 1

เวลา ชม.	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องค์ประกอบ	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ (^{o}ซ.)
0	0.99	7	2.35	4.35	5.6	1.0474	28
21	1.15	6.45	2.50	4.20	5.6	1.0486	29
24.5	1.36	-	-	-	5.6	-	-
44.5	1.50	4.8	5.3	4.15	5.6	1.0503	29
68.5	2.01	-	4.5	4.0	5.6	1.0518	28
92.5	2.86	2.07	3.0	3.9	5.6	1.0541	31
117.5	3.56	0.45	3.8	3.82	5.6	-	30
139	4.31	0	4.0	3.75	5.6	1.0586	30
163	4.93	0	3.65	3.6	5.6	1.0620	30

ตารางที่ ค12 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมสี่ขั้นแบบแยกคอลัมน์ ใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบด บรรจุคอลัมน์ละ 90 ลูก ปริมาตรแพคเบดต่อปริมาตรช่องว่างเหนือแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เริ่มต้นด้วยอัตราส่วน ร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซิติก 7 : 1

เวลา ชม.	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สัมภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ)
0	1.07	7	1.35	3.9	4.5	1.0458	32
18	1.68	5.27	1.53	3.7	4.5	1.0468	32.5
44	2.23	3.44	1.56	3.6	4.5	1.0487	32.5
67	2.94	1.86	1.72	3.5	4.5	1.0505	32.5
90	3.52	1.26	1.96	3.4	4.5	1.0535	31.5
115	4.04	0	2.20	3.3	4.5	1.0563	31.5

ตารางที่ 13 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมสี่ขั้นแบบแยกคอลัมน์ ใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบด บรรจุคอลัมน์ละ 90 ลูก ปริมาตรแพคเบดต่อปริมาตรช่องว่างเหนือแพคเบด 1:1.85 ใช้ระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เริ่มต้นด้วยอัตราส่วนร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซิติก 7 : 1

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สัมภาพการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ.)
0	1.16	7	1.25	4.1	4.5	1.0462	31
8	1.41	6.4	1.29	4.0	4.5	1.0471	29
20	1.71	5.56	1.28	3.9	4.5	1.0488	32
38	2.24	4.50	1.30	3.87	4.5	1.0507	32
62	2.95	3.25	1.34	3.79	4.5	1.0513	31
86	3.50	1.85	1.48	3.5	4.5	1.0523	31
115	4.3	0.50	1.65	3.4	4.5	1.0547	32.5

ตารางที่ ค 14 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมสองขั้นแบบแยกคอลัมน์ ใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบด บรรจุคอลัมน์ละ 90 ลูก ใช้ระบบท่อน้ำลัน อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที เมื่อเริ่มต้นด้วยอัตราส่วน ร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซีติก 7 : 1

เวลา ชม.	กรดอะซีติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม.^{3})	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ.)
0	1.09	7	1.2	4.2	4.8	1.0465	27
20	1.30	5.75	2.1	4.12	4.8	1.0477	28
46	1.93	4.35	2.4	3.9	4.8	1.0492	28
68	2.25	3.15	2.25	3.89	4.8	1.0523	29
92	2.95	2.07	2.10	3.71	4.8	1.0536	28
118	3.52	0.99	3.31	3.55	4.8	1.0546	28

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ค15 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมล่องชั้นแบบแยกคอลัมน์ ใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบด บรรจุคอลัมน์ละ 180 ลูก ใช้ระบบท่อน้ำลัน อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.02 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เมื่อเริ่มต้นด้วยอัตราส่วนร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซิติก (น้ำหนัก/ปริมาตร) 7 : 1

เวลา ชม.	กรดอะซิติก ร้อยละโดย น้ำหนักต่อ ปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดย ปริมาตร	สภาพการดูด กลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรด ด่าง (pH)	องค์ประกอบ	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ.)
0	1.16	7	0.925	4.2	4.8	1.0450	28
20	1.41	5.75	1.19	4.0	4.8	1.0453	29
44	2.08	4.07	1.32	3.9	4.8	1.0477	29.5
71.5	2.78	2.5	2.0	3.75	4.8	1.0512	29
95.5	3.52	1.25	1.92	3.67	4.8	1.0521	30
120.5	4.31	0.86	2.1	3.5	4.8	1.0534	30
143.5	5.23	0	2.45	3.4	4.8	1.0579	30

ตารางที่ค16 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมล่องชั้นแบบแยกคอลัมน์ ใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบด บรรจุคอลัมน์ละ 180 ลูก ใช้ระบบท่อน้ำลันอัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.21 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เมื่อเริ่มต้นด้วยอัตราส่วน ร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซีติก (น้ำหนัก/ปริมาตร) 7 : 1

เวลา ชม.	กรดอะซีติก ร้อยละโดย น้ำหนักต่อ ปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดย ปริมาตร	ลักษณะการดูด กลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรด ด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ.)
0	1.21	7	1.02	4.0	4.5	1.0449	28
20	1.78	4.57	1.54	3.8	4.5	1.0479	28
44	2.42	2.6	2.2	3.65	4.5	1.0497	28
67	2.99	1.25	2.6	3.5	4.5	1.0522	28
92	3.72	0	3.05	3.4	4.5	1.0536	29
116	4.92	0	3.2	3.2	4.5	1.0540	28.5

ตารางที่ค17 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมล่องขั้นแบบแยกคอลัมน์ ใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบด บรรจุคอลัมน์ละ 180 ลูก ใช้ระบบท่อน้ำลัน อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เมื่อเริ่มต้นด้วยอัตราส่วน ร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซิติก (น้ำหนัก/ปริมาตร) 7 : 1

เวลา ชม.	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^{\circ}$ซ.)
0	1.15	7	1.15	4.0	4.6	1.0463	31.5
20	1.71	4.75	2.0	3.83	4.6	1.0483	29.5
44	2.54	3.0	2.28	3.69	4.6	1.0501	30
69	3.11	1.7	2.20	-	4.6	1.0522	30
94	3.99	0	2.66	3.40	4.6	1.0548	31
120	4.83	0	3.10	3.3	4.6	1.0576	31

ตารางที่ ค 18 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมล่องชั้นแบบแยกคอลัมน์ ใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบด บรรจุคอลัมน์ละ 180 ลูก ใช้ระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เมื่อเริ่มต้นด้วยอัตราส่วน ร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซิติก (น้ำหนัก/ปริมาตร) 7 : 1

เวลา ชม.	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ลักษณะการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องค์ประกอบ	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ.)
0	1.09	7	1.08	3.92	4.5	1.0449	30.5
20	1.7	5.0	1.35	3.78	4.5	1.0470	31.5
44	2.57	2.95	2.02	3.6	4.5	1.0497	31.5
68	3.47	1.25	2.65	3.5	4.5	1.0531	31.5
92	4.30	0	3.08	3.4	4.5	1.0553	31.5

ตารางที่ค19 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมล่องชั้นแบบแยกคอลัมน์ ใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบด บรรจุคอลัมน์ละ 180 ลูก เตรียมเชื้อเริ่มต้นในคอลัมน์ทั้งหมด ใช้ระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เมื่อเริ่มต้นด้วยอัตราส่วน ร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซิติก (น้ำหนัก/ปริมาตร) 7 : 1

เวลา ชม.	กรดอะซิติก ร้อยละโดย น้ำหนักต่อ ปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดย ปริมาตร	สภาพการดูด กลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรด ด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ.)
0	1.13	7	1.00	4.1	4.5	1.0479	30
8	1.45	5.71	1.12	4.02	4.5	1.0477	29
21	1.93	4.91	1.42	3.8	4.5	1.0485	30
32	2.43	4.2	2.23	3.8	4.5	1.0503	29
63	3.7	2.0	2.45	3.6	4.5	1.0538	30
87	4.74	0.53	2.84	3.49	4.5	1.0567	30

ตารางที่ ค 20 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมสองขั้นแบบแยกคอลัมน์ ใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบดบรรจุคอลัมน์ละ 180 ลูก ใช้ระบบท่อน้ำลัน อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.21 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เมื่อเริ่มต้นด้วยอัตราส่วนร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซิติก (น้ำหนัก/ปริมาตร) 7 : 1

เวลา ชม.	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ.)
0	1.3	7	2.15	4	5.0	1.0490	30
18	2.25	4.43	2.1	3.78	5.0	1.0486	28.5
44.5	3.066	2.69	2.45	3.74	5.0	1.0514	29.5
68.5	4.033	1.13	3.05	3.62	5.0	1.0544	30
92.5	4.985	0	3.05	3.46	5.0	1.0567	30

ตารางที่ ค 21 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมสี่ชั้นแบบแยกคอลัมน์ ใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบด บรรจุคอลัมน์ละ 90 ลูก ใช้ระบบท่อน้ำลัน อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.21 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เมื่อเริ่มต้นด้วยอัตราส่วน ร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซีติก (น้ำหนัก/ปริมาตร) 7 : 1

เวลา ชม.	กรดอะซีติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ ($^\circ$ซ.)
0	1.28	7	4.95	4.0	4.5	1.0453	30
18	1.84	5	4.98	3.75	4.5	1.0472	30
22	1.99	-	-	3.70	4.5	-	-
39	2.60	3.45	5.00	3.6	4.5	1.0502	29
66	3.56	1.86	5.25	3.45	4.5	1.0527	31
88	4.06	0	5.30	3.35	4.5	1.0554	30
114	4.80	0	4.85	3.2	4.5	1.0577	30.5

ตารางที่ ค.22 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักสี่คอลัมน์แบบขนาน ใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบดบรรจุคอลัมน์ละ 90 ลูกใช้ระบบภาลักน้ำ อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เมื่อเริ่มต้นด้วยอัตราส่วน ร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซีติก (น้ำหนัก/ปริมาตร) 7 : 1

เวลา(ชม.)	กรดอะซีติกร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอลร้อยละโดยปริมาตร	สภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ (°ซ)
0	1.11	7	1.12	4.1	5.0	1.0511	30
14	1.47	6.1	1.50	4.0	5.0	1.0524	29
38	2.65	3.80	1.82	3.9	5.0	1.0572	27
50	3.55	2.40	2.25	3.82	5.0	1.0601	27
67	4.46	0.90	2.60	3.70	5.0	1.0630	28
91	4.82	0	2.85	3.60	5.0	1.0647	28

ตารางที่ ค 23 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมสี่ขั้นแบบรวมคอลัมน์ โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบดบรรจุในแต่ละขั้นของคอลัมน์ขั้นละ 90 ลูก ระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.02 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที เมื่อเริ่มต้นด้วยอัตราส่วน ร้อยละของเอทานอล (ปริมาตร/ปริมาตร) ต่อร้อยละของกรดอะซีติก (น้ำหนัก/ปริมาตร) 7 : 1

เวลา (ชม.)	กรดอะซีติกร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอลร้อยละโดยปริมาตร	ตำแหน่งการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ (°ซ)
0	1.18	7	1.25	4.1	4	1.0477	30
7	1.35	6.23	1.42	4.05	4	1.0481	30
19	2.11	4.49	1.50	3.9	4	1.0485	31
31	2.55	3.87	1.75	-	4	1.0499	29
37	2.87	3.34	2.05	3.85	4	1.0515	30
47	3.30	3.11	2.15	-	4	1.0518	30
54	3.64	2.30	2.35	3.78	4	1.0525	30
64	4.07	1.90	2.55	-	4	1.0541	30
68	4.38	0.99	2.55	3.73	4	1.0548	30
77	4.80	0.66	2.80	3.65	4	1.0568	30
91	5.39	0	2.85	3.55	4	1.0586	30
95	5.58	0	2.85	3.50	4	1.0597	31

ตารางที่ 24 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักอนุกรมสี่ชั้นแบบรวมคอลัมน์ดังรูปที่ 13 ใช้การศึกษาการหมักชนิดกึ่งต่อเนื่อง ใช้ไม้มะค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด บรรจุในแต่ละชั้นของคอลัมน์ชั้นละ 90 ลูก ใช้ระบบกาสักน้ำโดยทำการดึงน้ำสิ่งเสียงออกร้อยละ 50ของปริมาตรทั้งหมด เมื่อครบชั่วโมงที่ 60 อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.85 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.02 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที ในการหมักใช้เอทานอลและกรดอะซิติกเริ่มต้นร้อยละ 7 และ 1 ตามลำดับ

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติกร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอลร้อยละโดยปริมาตร	สัมภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร	ความเป็นกรดด่าง (pH)	องค์ประกอบ	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิ (°ซ)
o	1.18	7	1.25	4.1	4	1.0477	30
7	1.35	6.23	1.42	4.05	4	1.0481	30
19	2.11	4.49	1.50	3.9	4	1.0485	31
31	2.55	3.87	1.75	-	4	1.0499	29
37	2.87	3.34	2.05	3.85	4	1.0515	30
47	3.30	3.11	2.15	-	4	1.0518	30
54	3.64	2.30	2.35	3.78	4	1.0525	30
64	4.07	1.90	2.55	-	4	1.0541	30
68	4.38	0.99	2.55	3.73	4	1.0548	30
77	4.80	0.66	2.80	3.65	4	1.0568	30
77	2.61	6.01	1.60	3.84	4.5	1.0530	30
90	3.24	5.00	1.95	-	4.5	1.0560	29
102	3.75	3.65	2.37	3.75	4.5	1.0594	29
114	4.18	2.90	2.78	-	4.5	1.0616	31
126	4.65	2.32	3.07	3.52	4.5	1.0620	30
138	5.15	0.90	3.30	3.40	4.5	1.0625	30
138	2.95	5.98	2.25	3.75	5.0	1.0598	30
150	3.35	5.35	2.76	-	5.0	1.0612	29
162	3.85	4.27	3.29	3.70	5.0	1.0621	30
174	4.38	3.15	3.81	3.65	5.0	1.0624	29
186	4.70	2.65	4.17	3.60	5.0	1.0631	30
198	5.08	1.60	4.23	3.50	5.0	1.0645	30
198	3.40	6.0	2.85	3.7	5.5	1.0611	30
210	3.81	5.25	3.37	-	5.5	1.0618	29
222	4.05	4.25	3.92	3.65	5.5	1.0640	29
234	4.30	3.85	4.50	3.60	5.5	1.0670	30
246	4.64	3.0	4.75	-	5.5	1.0681	29
258	4.78	2.21	5.10	3.55	5.5	1.0698	29

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง-1 แสดงข้อมูลดิบของอัตราการเกิดกรดอะซีติก ร้อยละ (กรัม/มิลลิลิตร-ชั่วโมง) ซึ่งใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ เป็นแพคเบด โดยศึกษาในขวดเขย่า

ครั้งที่	ชนิดของวัสดุ					
	ไม้มะค่า	ไม้ตะเคียน	ไม้สัก	ไม้แดง	ไม้ไผ่	พลาสติก
1	0.0349	0.0344	0.0312	0.0273	0.0287	0.0241
2	0.0325	0.0323	0.0230	0.0298	0.0314	0.0263
ค่าเฉลี่ย	0.0337[a]	0.0334[a]	0.0301[ab]	0.0286[bc]	0.0301[ab]	0.0252[c]

หมายเหตุ ลัญญาลักษณ์เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ง-2 แสดงข้อมูลดิบของอัตราการเกิดกรดอะซีติก ร้อยละ (กรัม/มิลลิลิตร-ชั่วโมง) ซึ่งใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ เป็นแพคเบด โดยศึกษาในเครื่องหมักแบบหนึ่งขั้น

ครั้งที่	ชนิดของวัสดุ				
	ไม้มะค่า	ไม้ตะเคียน	ไม้สัก	ไม้แดง	ไม้ไผ่
1	0.0395	0.0389	0.0276	0.0293	0.0386
2	0.041	0.0379	0.0283	0.029	0.0378
ค่าเฉลี่ย	a 0.0403	b 0.0384	c 0.028	c 0.0292	b 0.0382

ตารางที่ ง-3 แสดงข้อมูลดิบของอัตราการเกิดกรดอะซีติก ร้อยละ (กรัม/มิลลิลิตร-ชั่วโมง) ในการใช้อัตราส่วนของเอทานอล ต่อกรดอะซีติกเริ่มต้นในปริมาณต่าง ๆ กัน คึกษาในเครื่องหมักแบบหนึ่งขั้น

ครั้งที่	อัตราส่วนของเอทานอลต่อกรดอะซีติก			
	7:1	8:1	6:2	7:2
1	0.0395	0.0328	0.0314	0.01931
2	0.041	0.03184	0.0319	0.01939
ค่าเฉลี่ย	a 0.0403	b 0.0323	b 0.0317	c 0.01935

ตารางที่ ง-4 แสดงข้อมูลดิบของอัตราการเกิดกรดอะซีติก ร้อยละ (กรัม/มิลลิลิตร-ชั่วโมง) ซึ่งใช้ระบบการไหลของน้ำหมักต่างกัน คือระบบกาลักน้ำ และระบบท่อน้ำล้น โดยศึกษาในเครื่องหมักอนุกรมลี่ยั้นแบบ แยกคอลัมน์

ครั้งที่	ระบบการไหลของน้ำหมัก	
	ระบบกาลักน้ำ	ระบบท่อน้ำล้น
1	0.0251	0.0308
2	0.0255	0.0313
เฉลี่ย	0.0253 a	0.03105 b

ตารางที่ ง-5. แสดงข้อมูลดิบของอัตราการเกิดกรดอะซีติก ร้อยละ (กรัม/มิลลิลิตร-ชั่วโมง) โดยที่อัตราส่วนของปริมาตรแพคเบดต่อ ปริมาตรช่องว่างเหนือแพคเบดต่างกันคือ 1:0.95 และ 1:1.85 ศึกษาในเครื่อง หมักอนุกรมลี่ยั้นแบบแยกคอลัมน์

ครั้งที่	อัตราส่วนของปริมาตรแพคเบดต่อปริมาตรช่องว่างเหนือแพคเบด	
	1:0.95	1:1.85
1	0.0262	0.0267
2	0.0255	0.0278
ค่าเฉลี่ย	0.0259 ns	0.0273 ns

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ง-6 แล่ดงข้อมูลดิบของอัตราการเกิดกรดอะซีติก ร้อยละ (กรัม/มิลลิตร-ชั่วโมง) ในการใช้อัตราการให้อากาศ ต่าง ๆกัน คือ 0.00, 0.02, 0.04 และ 0.21 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตร น้ำหมักต่อนาทีศึกษาในเครื่องหมักอนุกรมล่องชั้นแบบแยกคอลัมน์

ครั้งที่	อัตราการให้อากาศ (ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที)			
	0.00	0.02	0.04	0.21
1	0.0206	0.0287	0.0301	0.0309
2	0.0216	0.0284	0.0309	0.0302
ค่าเฉลี่ย	0.0211[a]	0.0286[b]	0.0305[c]	0.0306[c]

ตารางที่ ง-7 แล่ดงข้อมูลดิบของอัตราการเกิดกรดอะซีติก ร้อยละ (กรัม/มิลลิลิตร-ชั่วโมง) ในการใช้ระบบการไหลของ น้ำหมักต่างกันคือระบบกาลักน้ำ และระบบท่อน้ำล้น โดยศึกษาในเครื่อง หมักอนุกรมล่องชั้นแบบแยกคอลัมน์

ครั้งที่	ระบบการไหลของน้ำหมัก	
	ระบบกาลักน้ำ	ระบบท่อน้ำล้น
1	0.0359	0.0301
2	0.0348	0.0309
ค่าเฉลี่ย	0.0354[a]	0.0305[b]

ตารางที่ ง-8 แสดงข้อมูลดิบของอัตราการเกิดกรดอะซีติก ร้อยละ (กรัม/มิลลิลิตร-ชั่วโมง) ในการเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้น ในคอลัมน์ต่างกันคือ ร้อยละ 50, 100 ศึกษาในเครื่องหมักอนุกรมล่องยั้น แบบแยกคอลัมน์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่	การเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้นในคอลัมน์ร้อยละ	
	50	100
1	0.0359	0.0414
2	0.0348	0.0417
ค่าเฉลี่ย	0.0354[a]	0.0416[b]

ตารางที่ ง-9 แสดงข้อมูลดิบของอัตราการเกิดกรดอะซีติก ร้อยละ (กรัม/มิลลิลิตร-ชั่วโมง) ในการใช้เครื่องหมักแบบต่าง ๆ กันคือแบบหนึ่งยั้น , อนุกรมสี่ยั้นแบบแยกคอลัมน์ , อนุกรมล่องยั้นแบบแยก คอลัมน์ , สี่ยั้นแบบขนาน และอนุกรมสี่ยั้นแบบรวมคอลัมน์

ครั้งที่	ชนิดของเครื่องหมัก				
	แบบหนึ่งยั้น	อนุกรมสี่ยั้น แบบแยกคอลัมน์	อนุกรมล่องยั้น แบบแยกคอลัมน์	สี่ยั้นแบบขนาน	อนุกรมสี่ยั้น แบบรวมคอลัมน์
1	0.0395	0.0267	0.0414	0.0449	0.0471
2	0.041	0.02779	0.0417	0.0450	0.0470
ค่าเฉลี่ย	0.04025[a]	0.027245[b]	0.04155[a]	0.04495[c]	0.04705[d]

ภาคผนวก จ

เนื่องจากการแปรผันของปริมาณร้อยละของกรดอะซีติกกับเวลามีแนวโน้มที่จะแปรผันแบบตรง ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังสมการต่อไปนี้

$$Y = C + A_1X_1$$

เมื่อ Y = ปริมาณร้อยละของกรดอะซีติก

X_1 = จำนวนชั่วโมง

C = ค่าคงที่ซึ่งเป็นปริมาณร้อยละของกรดอะซีติกเริ่มต้น

A = สัมประสิทธิ์ ซึ่งเป็นอัตราการเกิดกรดอะซีติก

จากการประมาณว่ากลุ่มข้อมูลนี้มีลักษณะการแปรผันเป็นแบบเส้นตรง ดังนั้นจึงทำการใช้โปรแกรม Multiple Linear Regression สำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณสมการเส้นตรง ซึ่งเหมาะสมสำหรับกลุ่มข้อมูลมากที่สุด โดยวิธี least square

ค่าของปริมาณร้อยละกรดอะซีติกที่เริ่มต้น , อัตราการเกิดกรดอะซีติก , ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard error of estimate), ส่วนประกอบสัมพันธ์ (correlation factor) จากการคำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ จ.1- จ.9 กรณีการหมักภาวะต่าง ๆ

สำหรับรายละเอียดของโปรแกรมมีดังนี้

Multiple Linear Regression

This program finds the coefficients of a multiple-variable linear equation using the method of least squares. The equation is of the following form:

$$Y = C + A_1 X_1 + A_2 X_2 + \ldots + A_n X_n$$

where: Y = dependent variable

C = constant

$A_1, A_2, \ldots, A_n$ = coefficients of independent variables $X_1, X_2, \ldots, X_n$

The constant and the coefficients are printed.

You must provide the X and Y coordinates of known data points. Once the equation has been found using the data you enter, you may predict values of the dependent variables for given values of the independent variables.

The dimension statement at line 30 limits the number of known data points the equation may contain. You can change this limit according to the following scheme:

```
30 DIM X(N + 1), S(N + 1), T(N + 1), A(N + 1, N + 2)
```

where N = the number of known data points.

Example

The table below shows the age, height, and weight of eight boys. Using weight as the dependent variable, fit a curve to the data. Estimate the weight of a seven-year-old boy who is 51 inches tall.

Age	8	9	6	10	8	9	9	7
Height	48	49	44	59	55	51	55	50
Weight	59	55	50	80	61	75	67	58

```
RUN
MULTIPLE LINEAR REGRESSION

NUMBER OF KNOWN POINTS?8
NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES?2
POINT1
 VARIABLE1?8
 VARIABLE2?48
 DEPENDENT VARIABLE?59
POINT2
 VARIABLE1?9
 VARIABLE2?49
 DEPENDENT VARIABLE?55
POINT3
 VARIABLE1?6
 VARIABLE2?44
 DEPENDENT VARIABLE?50
```

MULTIPLE LINEAR REGRESSION

```
POINT4
 VARIABLE1?10
 VARIABLE2?59
 DEPENDENT VARIABLE?80
POINT5
 VARIABLE1?8
 VARIABLE2?55
 DEPENDENT VARIABLE?61
POINT6
 VARIABLE1?9
 VARIABLE2?51
 DEPENDENT VARIABLE?75
POINT7
 VARIABLE1?9
 VARIABLE2?55
 DEPENDENT VARIABLE?67
POINT8
 VARIABLE1?7
 VARIABLE2?50
 DEPENDENT VARIABLE?58

EQUATION COEFFICIENTS:
     CONSTANT:-15.7021277
VARIABLE(1):3.68085106
VARIABLE(2):.943262412

COEFFICIENT OF DETERMINATION
          (R^2) =.715697404
COEFFICIENT OF MULTIPLE
CORRELATION =.845989009
STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 6.42887917

INTERPOLATION: (ENTER 0 TO END PROGRAM)
VARIABLE1?7
VARIABLE2?51
DEPENDENT VARIABLE =58.1702128

VARIABLE1?0


END OF PROGRAM
```

Program Listing

```
5  HOME
10  PRINT "MULTIPLE LINEAR REGRESSION"
20  PRINT
30  DIM X(9),S(9),T(9),A(9,10)
40  PRINT "NUMBER OF KNOWN POINTS";
50  INPUT N
60  PRINT "NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES";
70  INPUT V
80 X(1) = 1
90  FOR I = 1 TO N
100  PRINT "POINT";I
110  FOR J = 1 TO V
```

```
120  PRINT " VARIABLE";J;
130  INPUT X(J + 1)
131 M =  INT (T)
140  NEXT J
150  PRINT " DEPENDENT VARIABLE";
160  INPUT X(V + 2)
170  FOR K = 1 TO V + 1
180  FOR L = 1 TO V + 2
190 A(K,L) = A(K,L) + X(K) * X(L)
200 S(K) = A(K,V + 2)
210  NEXT L
220  NEXT K
230 S(V + 2) = S(V + 2) + X(V + 2) ^ 2
240  NEXT I
250  FOR I = 2 TO V + 1
260 T(I) = A(1,I)
270  NEXT I
280  FOR I = 1 TO V + 1
290 J = I
300  IF A(J,I) <  > 0 THEN 340
305 J = J + 1
310  IF J <  = V + 1 THEN 300
320  PRINT "NO UNIQUE SOLUTION"
330  GOTO 810
340  FOR K = 1 TO V + 2
350 B = A(I,K)
360 A(I,K) = A(J,K)
370 A(J,K) = B
380  NEXT K
390 Z = 1 / A(I,I)
400  FOR K = 1 TO V + 2
410 A(I,K) = Z * A(I,K)
420  NEXT K
430  FOR J = 1 TO V + 1
440  IF J = I THEN 490
450 Z =  - A(J,I)
460  FOR K = 1 TO V + 2
470 A(J,K) = A(J,K) + Z * A(I,K)
480  NEXT K
490  NEXT J
500  NEXT I
510  PRINT
520  PRINT "EQUATION COEFFICIENTS:"
525  PRINT "     CONSTANT:"A(1,V + 2)
530  FOR I = 2 TO V + 1
540  PRINT "VARIABLE(";I - 1;"):";A(I,V + 2)
550  NEXT I
560 P = 0
570  FOR I = 2 TO V + 1
580 P = P + A(I,V + 2) * (S(I) - T(I) * S(1) / N)
590  NEXT I
600 R = S(V + 2) - S(1) ^ 2 / N
610 Z = R - P
620 L = N - V - 1
630 I = P / V
```

MULTIPLE LINEAR REGRESSION

```
640  PRINT
650 I = P / R
660  PRINT "COEFFICIENT OF ";
661  PRINT "DETERMINATION "
665  PRINT "            (R^2) =";I
670  PRINT "COEFFICIENT OF MULTIPLE"
675  PRINT "CORRELATION =";  SQR (I)
680  PRINT "STANDARD ERROR OF ESTIMATE = ";
681  PRINT  SQR ( ABS (Z / L))
690  PRINT
700  PRINT "INTERPOLATION: ";
701  PRINT "(ENTER 0 TO END PROGRAM)"
710 P = A(1,V + 2)
720  FOR J = 1 TO V
730  PRINT "VARIABLE";J;
740  INPUT X
750  IF X = 0 THEN 810
760 P = P + A(J + 1,V + 2) * X
770  NEXT J
780  PRINT "DEPENDENT VARIABLE =";P
790  PRINT
800  GOTO 710
810  PRINT : PRINT : PRINT "END OF PROGRAM"
820  END
```

ตารางที่ จ-1 แสดงค่าต่าง ๆ เมื่อใช้วัสดุชนิดต่างกันเป็นแพดเบตศึกษาในขวดเขย่า

แสดงค่าที่คำนวณได้	ชนิดของวัสดุต่างๆ											
	ไม้มะค่า		ไม้ตะเคียน		ไม้สัก		ไม้แดง		ไม้ไผ่		พลาสติก	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
constant	0.7371	0.7028	0.6079	0.5931	0.6410	0.6338	0.6337	0.6366	0.6577	0.6689	0.3976	0.4016
slope	0.0349	0.0325	0.0344	0.0323	0.0312	0.0290	0.0273	0.0298	0.0287	0.0314	0.0241	0.0263
standard error of estimate	0.0752	0.0681	0.0678	0.0988	0.1635	0.1919	0.0451	0.0438	0.2021	0.1701	0.2797	0.3028
correlation	0.9991	0.9991	0.9992	0.9981	0.9946	0.9914	0.9995	0.99957	0.9902	0.9942	0.9742	0.9747

ตารางที่ จ-2 แสดงค่าต่าง ๆ เมื่อใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ กันเป็นแพคเบดศึกษาในเครื่องหมักแบบหนึ่งขั้น

แสดงค่าที่คำนวณได้	ชนิดของวัสดุต่าง ๆ									
	ไม้มะค่า		ไม้ตะเคียน		ไม้สัก		ไม้แดง		ไม้ไผ่	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
constant	0.917	0.927	0.816	0.7988	0.9288	1.0051	0.9259	1.0807	0.8639	0.7877
slope	0.0395	0.041	0.0389	0.0379	0.0276	0.02826	0.02925	0.029	0.0386	0.0378
standard error of estimate	0.123	0.0987	0.1392	0.1739	0.0838	0.0834	0.1755	0.1648	0.1166	0.1685
correlation	0.9962	0.9978	0.99729	0.9956	0.9982	0.9983	0.9944	0.9950	0.9980	0.9957

ตารางที่ จ-3 แสดงค่าต่าง ๆ เมื่อใช้อัตราส่วนของเอทานอลต่อกรดอะซีติกต่าง ๆ กัน

แสดงค่าที่คำนวณได้	อัตราส่วนของเอทานอลต่อกรดอะซีติก							
	7:2		8:1		6:2		7:1	
	1	2	1	2	1	2	1	2
constand	1.8629	1.9668	0.5625	0.54776	1.9039	1.7825	0.9177	0.9276
slope	0.01931	0.01939	0.0328	0.03184	0.0314	0.0319	0.0395	0.0411
standard error of estimate	0.07845	0.0672	0.3314	0.3198	0.1508	0.1568	0.1232	0.0985
correlation	0.9959	0.9970	0.9792	0.9794	0.9947	0.9944	0.9963	0.9978

ตารางที่ จ-4 แสดงค่าต่าง ๆ เมื่อใช้ระบบการไหลของน้ำหมักต่างกัน ศึกษาในเครื่องหมักอนุกรมสี่ชั้นแบบแยกคอลัมน์

แสดงค่าที่คำนวณได้	ระบบการไหลของน้ำหมัก			
	ระบบกาลักน้ำ		ระบบท่อน้ำล้น	
	1	2	1	2
constant	0.5972	0.66877	0.5493	0.6408
slope	0.02522	0.0254	0.0310	0.03107
standard error of estimate	0.2486	0.233	0.3776	0.3882
correlation	0.9872	0.98886	0.9752	0.9739

ตารางที่ จ-5 แสดงค่าต่าง ๆ เมื่อใช้อัตราส่วนของปริมาตรแพคเบดต่อปริมาตรช่องว่างเหนือแพคเบด 1:0.95 และ 1:1.85 โดยศึกษาในเครื่องหมักอนุกรมสี่ชั้นแบบแยกคอลัมน์

แสดงค่าที่คำนวณได้	ปริมาตรแพคเบดต่อปริมาตรช่องว่างเหนือแพคเบด			
	1:0.95		1:1.85	
	1	2	1	2
constant	1.1765	1.1064	1.1717	1.2010
slope	0.0262	0.02548	0.0267	0.02779
standard error of estimate	0.07195	0.0908	0.0405	0.04304
correlation	0.99841	0.9973	0.9994	0.998902

ตารางที่ จ-6 แสดงค่าต่าง ๆ เมื่อใช้อัตราการให้อากาศต่างกันโดยศึกษาในเครื่องหมักอนุกรมสองขั้นแบบแยกคอลัมน์

แสดงค่า ที่ คำนวณได้	อัตราการให้อากาศ (VVM)							
	0.00		0.02		0.04		0.21	
	1	2	1	2	1	2	1	2
constant	0.9433	0.98368	0.9462	0.8751	1.0968	1.1533	1.1427	1.08999
slope	0.02064	0.02156	0.02866	0.02837	0.03011	0.03086	0.03087	0.03015
standard error of estimate	0.11508	0.11528	0.18386	0.1863	0.07107	0.0841	0.1989	0.1955
correlation	0.9937	0.9942	0.99389	0.9936	0.99892	0.9986	0.99145	0.99135

ตารางที่ จ.7 แสดงค่าต่าง ๆ เมื่อใช้ระบบการไหลของน้ำหมักต่างกันโดยศึกษาในเครื่องหมักอนุกรมล่องยั้นแบบแยกคอลัมน์

แสดงค่าที่คำนวณได้	ระบบการไหลของน้ำหมัก			
	ระบบกาลักน้ำ		ระบบท่อน้ำล้น	
	1	2	1	2
constant	1.0600	1.0259	1.0968	1.1533
slope	0.03585	0.03482	0.03011	0.03086
standard error of estimate	0.0462	0.047999	0.07107	0.0841
correlation	0.99954	0.99947	0.99892	0.9986

ตารางที่ จ -8 แสดงค่าต่าง ๆ เมื่อปริมาณการเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้นในคอลัมน์ต่างกันโดยศึกษาในเครื่องหมักอนุกรมล่องยั้นแบบแยกคอลัมน์

แสดงค่าที่คำนวณได้	การเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้น			
	ร้อยละ 50		ร้อยละ 100	
	1	2	1	2
constant	1.0600	1.0259	1.0650	1.1408
slope	0.03585	0.03482	0.04138	0.0417
standard error of estimate	0.0462	0.047999	0.0501	0.03398
correlation	0.99954	0.99947	0.99948	0.99976

ตารางที่ จ-9 แสดงค่าต่าง ๆ เมื่อใช้เครื่องหมักแบบต่างกัน

แสดงค่าที่คำนวณได้	ชนิดของเครื่องหมัก									
	แบบหนึ่งขั้น		อนุกรมสี่ขั้นแบบแยกแยกคอลัมน์		อนุกรมสองขั้นแบบแยกคอลัมน์		ขนานสี่ขั้น		อนุกรม4 ขั้นแบบแบบรวมคอลัมน์	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
constant	0.917	0.927	1.1717	1.2010	1.0650	1.1408	1.0261	1.09892	1.1633	1.0836
slope	0.0395	0.041	0.0267	0.02779	0.0438	0.0417	0.0449	0.04502	0.0471	0.0470
standard error of estimate	0.123	0.0989	0.0405	0.04304	0.0501	0.03398	0.3071	0.31386	0.0684	0.0608
correlation	0.9962	0.9978	0.9995	0.998902	0.9948	0.99976	0.9838	0.98321	0.9990	0.9992

ภาคผนวก ฉ

การหาความแตกต่างของการผลิตกรดอะซีติก ซึ่งใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ เป็นแพคเบด นำข้อมูลอัตราการเกิดกรดอะซีติก (จากตารางที่ ง-1 ในภาคผนวก ง) มาคำนวณเพื่อหาว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ดังนี้

ลำดับ (j)	ทรีทเมนต์ (i)					
	ไม้มะค่า	ไม้ตะเคียน	ไม้สัก	ไม้แดง	ไม้ไผ่	พลาสติก
1	0.0349	0.0344	0.0312	0.0273	0.0287	0.0241
2	0.0325	0.0323	0.029	0.0298	0.0314	0.0263
$\sum_j Y_{ij} = Y_{i.}$	0.0674	0.0667	0.0602	0.0571	0.0601	0.0504
$\overline{Y}_{i.}$	0.0337	0.0334	0.0301	0.0286	0.0301	0.0252
r	2	2	2	2	2	2
$\sum_j Y_{ij}^2$	2.274×10^{-3}	2.227×10^{-3}	1.814×10^{-3}	1.633×10^{-3}	1.81×10^{-3}	1.273×10^{-3}
$Y_{ij/r}^2$	2.271×10^{-3}	2.224×10^{-3}	1.812×10^{-3}	1.630×10^{-3}	1.806×10^{-3}	1.27×10^{-3}

วิธีคำนวณ

Y_{ij} เป็นค่าสังเกตที่ j ในทรีทเมนต์ที่ i

$i = 1, 2, 3.....t$

$j = 1, 2, 3.....t$

Y_{ij} เป็นผลรวมยองทรีทเมนต์ที่ i

t = จำนวนทรีทเมนต์=6

r = จำนวนซ้ำในแต่ละทรีทเมนต์ = 2

(1) $CT = \frac{Y_{..}^2}{rt}$

$$= \frac{\left(\sum_{ij} Y_{ij}\right)^2}{rt}$$

$$= \frac{(0.3619)^2}{6(2)}$$

$$= 0.0109143$$

(2) $\text{Total SS} = \sum_{ij} Y_{ij}^2 - CT$

$$= 1.1653 \times 10^{-4}$$

(3) $\text{treatment SS} = \sum_{i} (Y_{i.}^2/r) - CT$

$$= 9.9834 \times 10^{-5}$$

(4) ความคลาดเคลื่อน SS = total SS - treament SS

$$= 1.6695 \times 10^{-5}$$

ผลการวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (Variance) แสดงในตารางที่ ฉ.1

ตารางที่ นิ-1 การวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (Variance) เพื่อหาความแตกต่างในด้านการผลิตกรดอะซีติก โดยใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ เป็นแพคเบด ศึกษาในขวดเขย่า

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	Computed f	Table f(0.05)
Treatment	5	9.9834×10^{-5}	1.9967×10^{-5}	7.1746*	4.39
Error	6	1.6695×10^{-5}	0.2783×10^{-5}		
Total	11	1.16529×10^{-4}			

ผลจาก AOV ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้วัสดุชนิดต่าง ๆ เป็นแพคเบด มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ ฉ-2 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Variance) เพื่อหาความแตกต่างในด้านการผลิตกรดอะซีติกโดยใช้วัสดุยึดต่าง ๆ เป็นแพคเบด ศึกษาในเครื่องหมักแบบหนึ่งขั้น

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Squre	Computed f	Table f(0.05)
Treatment	4	2.6613×10^{-4}	6.6533×10^{-5}	149.61*	5.19
Error	5	2.2350×10^{-6}	4.447×10^{-7}		
Total	9	2.6837×10^{-4}			

ผลจาก AOV ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้วัสดุยึดต่าง ๆ เป็นแพคเบดมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ ฉ-3 การวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (variance) เพื่อหาความแตกต่างในด้านการผลิตกรดอะซีติกโดยใช้อัตราส่วนของเอทานอลต่อกรดอะซีติกเริ่มต้นในปริมาณต่าง ๆ กัน ในเครื่องหมักแบบหนึ่งขั้น

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	Computed f	Table f(0.05)
Treatment	3	4.4681×10^{-4}	1.4894×10^{-4}	347.58*	6.59
Error	4	1.7140×10^{-6}	4.285×10^{-7}		
Total	7	4.4852×10^{-4}			

ผลจาก AOV ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้อัตราส่วนของเอทานอลต่อกรดอะซีติกเริ่มต้นต่าง ๆ กันมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ ฉ -4 การวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (variance) เพื่อหาความแตกต่างในด้านการผลิตกรดอะซิติกโดยใช้ระบบการไหลของน้ำหมักต่างกัน ในเครื่องหมักอนุกรมสี่ขั้นแบบแยกคอลัมน์

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	Computed f	Table f(0.05)
Treatment	1	3.3063×10^{-5}	3.3063×10^{-5}	322.57*	18.51
Error	2	2.05×10^{-7}	1.025×10^{-7}		
Total	3	3.3268×10^{-5}			

ผลจาก AOV ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้ระบบการไหลของน้ำหมักทั้ง 2 แบบมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ นิ-5 การวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (variance) เพื่อหาความแตกต่างในด้านการผลิตกรดอะซีติกโดยอัตราส่วนของปริมาตรแพคเบดต่อปริมาตรช่องว่างเหนือแพคเบดต่างกัน ในเครื่องหมักอนุกรมสี่ยั้นแบบแยกคอลัมน์

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	Computed f	Table f(0.05)
Treatment	1	1.960×10^{-6}	1.96×10^{-6}	4.61	18.51
Error	2	8.5×10^{-7}	4.25×10^{-7}		
Total	3	2.81×10^{-6}			

ผลจาก AOV ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้อัตราส่วนของปริมาตรแพคเบดต่อปริมาตรช่องว่างเหนือแพคเบดทั้ง 2 แบบไม่มีความแตกต่างกัน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ-6 การวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (variance) เพื่อหาความแตกต่างในด้าน การผลิตกรดอะซีติกโดยใช้อัตราการให้อากาศต่างกัน ในเครื่องหมักอนุกรมสองขั้นแบบแยกคอลัมน์

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	Computed f	Table f(0.05)
Treatment	3	1.205×10^{-4}	4.017×10^{-5}	144.75*	6.59
Error	4	1.11×10^{-6}	2.775×10^{-7}		
Total	7	1.216×10^{-4}			

ผลจาก AOV ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้อัตราการให้อากาศต่าง ๆ กัน มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ น.-7 การวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (variance) เพื่อหาความแตกต่างในด้านการผลิตกรดอะซิติก โดยใช้ระบบการไหลของน้ำหมักต่างกัน ในเครื่องหมักอนุกรมล่องชั้นแบบแยกคอลัมน์

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	Computed f	Table f(0.05)
Treatment	1	2.35×10^{-5}	2.35×10^{-5}	50.81*	18.51
Error	2	9.25×10^{-7}	4.625×10^{-7}		
Total	3	2.44×10^{-5}			

ผลจาก AOV ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้ระบบการไหลของน้ำหมักทั้ง 2 แบบ มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ ฉ-8 การวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (variance) เพื่อหาความแตกต่างในด้านการผลิตกรดอะซีติก เมื่อปริมาณการเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้นในคอลัมน์ต่างกัน ศึกษาในเครื่องหมักอนุกรมล่องยั้นแบบแยกคอลัมน์

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	Computed f	Table f(0.05)
Treatment	1	3.844×10^{-5}	3.844×10^{-5}	118.28*	18.51
Error	2	6.50×10^{-7}	3.25×10^{-7}		
Total	3	3.909×10^{-5}			

ผลจาก AOV ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าปริมาณการเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้นในคอลัมน์ทั้ง 2 แบบ จะมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ ฉ-9 การวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (variance) เพื่อหาความแตกต่างในด้านการผลิตกรดอะซิติก เมื่อใช้เครื่องหมักแบบต่าง ๆกัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	Computed f	Table f(0.05)
Treatment	4	4.7828×10^{-4}	1.1957×10^{-4}	337.0*	5.19
Error	5	1.774×10^{-6}	3.548×10^{-7}		
Total	9	4.800×10^{-4}			

ผลจาก AOV ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าเครื่องหมักทั้ง 5 แบบ จะมีความแตกต่างกัน

ภาคผนวก ช

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแตกต่างในการผลิตกรดอะซีติก ซึ่งใช้ไม้ซ่นิดต่าง ๆ เป็นแพคเบดโดยวิธี least significant difference

ในที่นี้ได้แสดงวิธีการคำนวณเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของไม้ซ่นิดต่าง ๆ ที่ใช้เป็นแพคเบด ซึ่งศึกษาในขวดเขย่าเพียงอย่างเดียว ส่วนกรณีอย่างอื่นมีวิธีการเช่นเดียวกัน

จากตารางที่ ฉ-1 ในภาคผนวก นิ จะเห็นได้ว่าทั้ง 6 ซ่นิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ในภาคผนวกนี้จึงทดสอบต่อไปว่า ไม้ซ่นิดไหนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์บ้างโดยวิธี least significant difference ดังนี้

$$\text{Lsd } (0.5) = t(0.05,\ d_{f\,=\,6})\ \sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$$

จากตารางที่ ก.2 ใน (24) ได้ว่า

$$t(0.05,\ d_{f\,=\,6}) = 2.447$$

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{2MsE}{r}}$$

จากตารางที่ ฉ-1 ในภาคผนวก ฉ $MsE = 6.3053 \times 10^{-7}$

และ $r = 2$

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{2(0.2783 \times 10^{-5})}{2}}$$

$$= 1.668 \times 10^{-3}$$

ดังนั้น $Lsd(0.5) = (2.447)\ (1.668 \times 10^{-3})$

$= 4.0821 \times 10^{-3}$

$= 0.00408$

ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างวัสดุที่ใช้ทำแพคเบด 6 ชนิด มีดังนี้

ไม้มะค่าต่างจากพลาสติก	0.0337 - 0.0252	=	8.5×10^{-3}*
ไม้มะค่าต่างจากไม้แดง	0.0337 - 0.0286	=	5.1×10^{-3}*
ไม้มะค่าต่างจากไม้สัก	0.0337 - 0.0301	=	3.6×10^{-3}
ไม้มะค่าต่างจากไม้ไผ่	0.0337 - 0.0301	=	3.6×10^{-3}
ไม้มะค่าต่างจากไม้ตะเคียน	0.0337 - 0.334	=	3×10^{-4}
ไม้ตะเคียนต่างจากไม้ไผ่	0.0334 - 0.0301	=	3.3×10^{-3}
ไม้ตะเคียนต่างจากไม้สัก	0.0334 - 0.0301	=	3.3×10^{-3}
ไม้ตะเคียนต่างจากไม้แดง	0.0334 - 0.0286	=	4.8×10^{-3}*
ไม้ตะเคียนต่างจากพลาสติก	0.0334 - 0.0252	=	8.2×10^{-3}*
ไม้ไผ่ต่างจากไม้สัก	0.0301 - 0.0301	=	0
ไม้ไผ่ต่างจากไม้แดง	0.0301 - 0.0286	=	1.5×10^{-3}
ไม้ไผ่ต่างจากพลาสติก	0.0301 - 0.0252	=	4.9×10^{-3}*
ไม้สักต่างจากไม้แดง	0.0301 - 0.0286	=	1.5×10^{-3}
ไม้สักต่างจากพลาสติก	0.0301 - 0.0252	=	4.9×10^{-3}*
ไม้แดงต่างจากพลาสติก	0.0286 - 0.0252	=	3.4×10^{-3}

สรุป ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ ไม้มะค่า ไม้ตะเคียน ไม้สัก ไม้ไผ่ ไม่แตกต่างกัน แต่ไม้มะค่าและไม้ตะเคียนแตกต่างจากไม้แดง ส่วนไม้สัก ไม้ไผ่ และพลาสติกไม่แตกต่างจากไม้แดง แต่พลาสติกแตกต่างจากไม้ไผ่และไม้สัก

ใช้สัญญาลักษณ์ a แทนกลุ่ม ไม้มะค่า ไม้ตะเคียน ไม้สัก ไม้ไผ่

b แทนกลุ่ม ไม้สัก ไม้ไผ่ ไม้แดง

c แทนกลุ่ม ไม้แต่ง พลาสติก

ส่วนกรณีอย่างอื่นมีวิธีการหาเช่นเดียวกัน และผลแสดงไว้ในตารางที่ ง.1- ง.9 โดยใช้สัญญาลักษณ์ที่เหมือนกันแทนกลุ่มที่ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

ประวัติผู้เขียน

นางสาว คิริวรรณ จงจิระคิริ เกิดวันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2499 ที่จังหวัดปัตตานี จบปริญญาตรีสาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปี พ.ศ. 2521 ปัจจุบันทำงาน ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 4 แผนกวิเคราะห์เชื้อเพลิง หล่อลื่นและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม กองเคมี กรมวิทยาศาสตรบริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน พักอยู่บ้านเลขที่ 4/951 ซอย 34/3 หมู่บ้านสหกรณ์เคหสถาน 4 ลุยาภิบาล 2 ตำบลคลองกุ่ม อำเภอบางกะปิ จังหวัดกรุงเทพมหานคร