เอกสารอ้างอิง

1. อรนิฒ ภูมิภมร "กรดอะซิติก (น้ำส้มสายชู)" ระบบชีวภาพที่สำคัญต่อเทคโนโลยีชีวภาพ เล่มที่ 1 ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 209-220
2. Ebner,H.,and Follmann,H., "Vinegar" Biotechnology ,5(1983):425-446
3. Prescott,S.C.,and Dunn,C.G. Industrial Microbiology, 3rd ed., pp. 428-453, McGraw-Hill Bode Company,Inc., New York,1959
4. Casida,L.E.,Jr., Industrial Microbiology, pp. 333-347,John Wiley and Sons,Inc.,New York,1964
5. Frazier,W.C. Food Microbiology ,2nd.ed.,McGraw-Hill,Inc.,New York, 1967
6. Ebner,H.,and Frings,H. "Process for Acetic Acid Fermentation" U.S.Pat 3,445,245 May,20.,1969
7. Pederson,S.C. Microbiology of Food Fermentation., pp.45-64 The AVI Publishing Company,Inc.,1971
8. Boer,H., "Elementa Chemicae" Lugduni Batavorum.,2(1732):179-207
9. Conner, H.A. and Allgeirer,R.J. Vinegar:It's history and development Vol. 20 pp. 81-121, Advance in Applied Microbilogy, Academic Press, New York,1976
10. ศุภมาส ภมรบุตร "การศึกษาเกี่ยวกับการผลิตน้ำส้มสายชูจากน้ำสับปะรดโดยวิธีการหมักแบบเร็ว" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2520
11. พรทิพย์ รัตนะ "การศึกษาเครื่องหมักแบบแพคเบดคอลัมน์ในการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์สับปะรด" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2524
12. คิริวรรณ จงจิระคิริ "การศึกษาเครื่องหมักแบบหลายชั้นในการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์สับปะรด" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2527
13. Osuga.J.,Mori.A.,dato.J., "Acetic Acid Production by Immobilized Acetobacter aceti Cell Entrapped in a K-Carrageenan Gel" J.Ferment.Technol.,62(1984) : 139-149.

14. Trebal,R.E. Mass Transfer Operations pp.109-145.,McGRAW-Hill Book Company,Inc.,New York

15. Eckenfelder,W.W.,Jr., "Absorption of Oxygen from Air Bubbles in Water" J.Sanitary Eng.Divition, Proc.A.S.C.E.;85(1959) No.SA.4

16. Peeble,F.N., and Garber,H.J., "Studies on The Motion of Gas Bubbles in Liquid" Chem.Eng.Progress;49(1953):88

17. Mattiasson,B., Immobilized Cell and Organelles Vol.2,CRC Press,Inc., Bota Raton,Florida,1985

18. Weisman.J., and Bomilla.C.F.,"Liquid-Gas Interfacial Area in Packed Column" Ind.Eng.Chem 42(1950) : 1099-1105

19. E.J.Wilson and C.J.Geankoplis "Liquid Mass Transfer at Low Renolds Numbers in Packed Beds" I&EC Fundamentals; 5(1966):9-14

20. J.E.William, K.E.Bazaire, and C.J.Geankoplies "Liquid-Phase Mass Transfer at Low Renolds Numbers" I&EC Fundamentals; 2(1963): 126-129

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

22. Bird,R.B.,Sterwert,W.E.,and Light Foot,E.N. Transport Phenomena John Wiley & Sons,Inc.,New York.,1960

23. Calcott,P.H.,Phil,D., Continuous Culture of Cell Vol.1,CRC Press, Inc.,Bota Raton,Florida,1985

24. Bischoff,K.B., "Optimal Continuous Fermentation Reacter Design" Can.J.Chem.Eng:44(1966):281

25. Lueedeking,R.and Piret,E.L., "Transient and Steady State in Continuous Fermentation. Theory and Experiment" J.Biochem. Microbiol.Techno.Eng.; 1(1968):431

26. Kono,T., "Kinetics of Microbial Cell Growth" Biotechnol.Bioeng.; 10(1968):105

27. Kono,T.and Asai,T., "Kinetics of Continuous Cultivation" Biotechnol. Bioeng.; 11(1969):19

28. Kono,T.and Asai,T., "Kinetic of Fermentation Process" Biochem. Bioeng.;11(1969):293

29. Powell,E.O., Trasient Change in The Growth Rate of Microorganism, in Continuous Cultivation of Microorganism, Proc.4th Symp. Prague,June 17-21,1968, Malek,I.,Beran,K.,Fencl,Z.,Munk,V., Ricica,J.,and Smrchova,H.,Eds.,Academia,Prague,1969,275

30. Schulze,K.L.and Lipe,R.S., "Relationship between Substrate Concentration,Growth Rate and Respiration Rate of E.Coli in Continuous Culture" Arch.Microbio; 48(1964):1

31. Contois.D.E.., "Kinetics of Bacterial Growth:Relationship between Population Density and Specific Growth Rate of continuous Culture" J.Gen.Microbiol.; 21(1959):40

32. Van Uden,N., "Transport-Limited Growth in The Chemostat and its Competitive Inhibition; A Theoretical Treatment" Arch-Microbiol; 58(1967):145

33. Aiba,S.,Nagai,S.,Endo,I.,and Nishizawa,Y., "Dynamical Analysis of Microbial Growth" AIChE.J.; 15(1969):624

34. Dabes,J.N.,Finn,R.K., "Equation of Substrate Limited Growth:The Case for Blackman Kinetics" Biotechnol. Bioeng.; 15(1973): 1159

35. Horwitz,W.(ed) Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists Washington D.C.,1980

36. Soda,E.,Katoh,S.,and Terashima,M., "Enhancement of Oxygen Absorption by Magnetic-containning Bead of Immobilized Glucose Oxidase" Biotechnol.Bioeng.;23(1981):1037

37. Alkinson,B.,and Fowler H.W., "The Significance of Microbial Film in Fermenters" Adv.Biochem.eng.;3(1974):221

38. Peters M.S.,and Timmerhaus K.D., Plant Design and Economics for Chemical Engineers 3rd Edition ,McGraw-Hill International Book Company,

39. กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ "สถานการณ์สับปะรดกระป๋อง" รายงานการค้า ฝ่ายวิจัยสินค้า กองวิจัยสินค้าและการตลาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

วิธีวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะซิติก(35)

ปริมาณกรดอะซิติกหาได้โดยพิจารณาจากกรดทั้งหมด (total acid) เป็นร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร การวิเคราะห์ทำได้โดยการไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นประมาณ 0.2 นอร์มอล และใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

การวิเคราะห์เริ่มจากการปิเปตน้ำหมัก 10 มิลลิลิตร เติมอินดิเคเตอร์แล้วไตเตรทด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 นอร์มอลดังกล่าว จุดยุติ (end point) จะมีสีชมพูอ่อนมากๆ นำค่าปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ไปคำนวณหาร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตรของกรดอะซิติก

ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตรของกรดอะซิติก = (N x M.L. x M.W.)/100

โดยที่ N = นอร์มอลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ML = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)

M.W. = น้ำหนักโมเลกุลของกรดอะซิติก

= 60

= (N x ML x 60)/100

= (N x ML x 6)/10

2. การวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอล(35)

การวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลจะหาเป็นร้อยละโดยปริมาตร เริ่มจากการใช้น้ำหมัก 100 มิลลิลิตร ใส่ขวดกลั่นขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไปอีก 50 มิลลิลิตร กลั่นจนได้ปริมาณ 100 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปหาความถ่วงจำเพาะ โดยใช้ขวดหาความถ่วงจำเพาะขนาด 50 มิลลิลิตร ซึ่งจากค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้นี้จะนำไปหาปริมาณเอทานอลเป็นร้อยละโดยปริมาตร จากตารางหน้า 101-103

หมายเหตุ : ทำการหาปริมาณกรดอะซิติก 2 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้ทฤษฎีการนับโดยตรง (direct count) โดยการนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เห็นในกล้องจุลทรรศน์จากแผ่นนับเชื้อ (Hemacytometer) ซึ่งรู้ปริมาณที่แน่นอนของของเหลวที่ผสมอยู่กับเชื้อจุลินทรีย์

ในการเตรียมน้ำหมักก่อนนับเชื้อ ถ้ามีปริมาณเชื้อมากก็ให้ทำการเจือจาง (dilution) ก่อนโดยใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว (sterile distilled water) ถ้ามีเชื้อน้อยก็ไม่ต้องเจือจาง

3.1 วิธีการนับเชื้อแบบใช้ Hemacytometer

3.1.1 เตรียมแผ่นนับเชื้อให้สะอาดแล้ววาง cover slip บนแผ่นนับเชื้อให้เรียบร้อย

3.1.2 ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรดูดน้ำหมักหยดที่ขอบของ cover slip ทั้ง 2 ข้าง พยายามอย่าให้มีฟองอากาศและอย่าให้น้ำหมักที่หยดล้นลงไปในช่องของแผ่นพับเชื้อทั้งสองข้าง

3.1.3 นำไปนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า ปรับโฟกัสให้เห็นตารางเล็ก ๆ ในแผ่นนับเชื้อ ดังรูปที่ ก.2 (อักษร B) ซึ่ง 1 ช่องจะมีตารางเล็ก ๆ ภายในอีก 16 ช่อง ให้นับทั้งหมด 5 ช่อง (อักษร B) อาจนับในแนวทะแยงมุมก็ได้

3.1.4 ถ้าหากมีเซลล์ของจุลินทรีย์อยู่คาบเส้นระหว่างช่อง (คือเส้นทั้งสามเส้นขนานกัน) ให้นับในแนวตั้งฉากมุมใดมุมหนึ่ง ทั้ง 5 ช่องเหมือนกัน ตัวอย่างในรูป A ให้นับเซลล์ที่อยู่คาบเส้นในแนวตั้งฉาก ก.หรือ ข. เลือกเอาแบบใดแบบหนึ่ง

3.2 วิธีคำนวณ

แผ่นนับเชื้อมีระยะห่างระหว่าง chamber ถึง cover slip เท่ากับ 1/10 มิลลิลิตร

พื้นที่ของห้าช่องที่นับ = 5 x 1/5 x 1/5
= 1/5 ตารางมิลลิเมตร

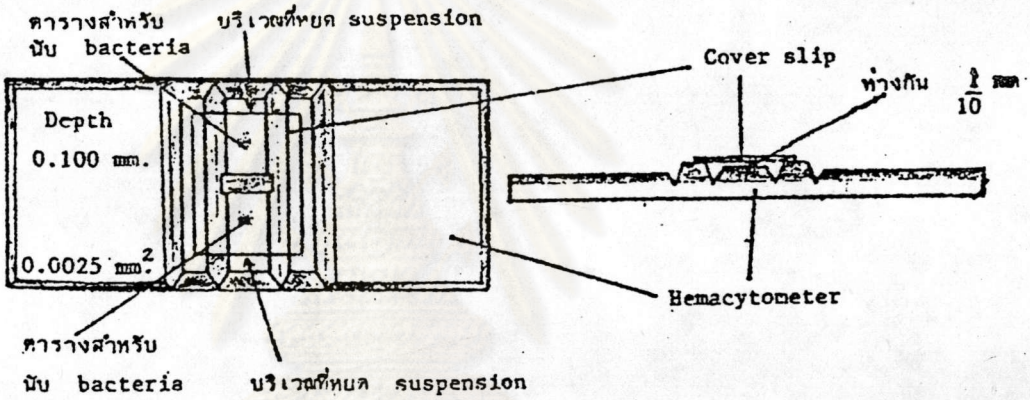
ปริมาตร 5 ช่อง ที่นับ = 1/5 x 1/10
= 1/50 ลูกบาศก์มิลลิเมตร

สมมุติว่าใน 5 ช่อง นับเชื้อจุลินทรีย์ได้ = Z เซลล์

ปริมาณ 1/50 ลูกบาศก์มิลลิเมตรนับได้ = Z เซลล์

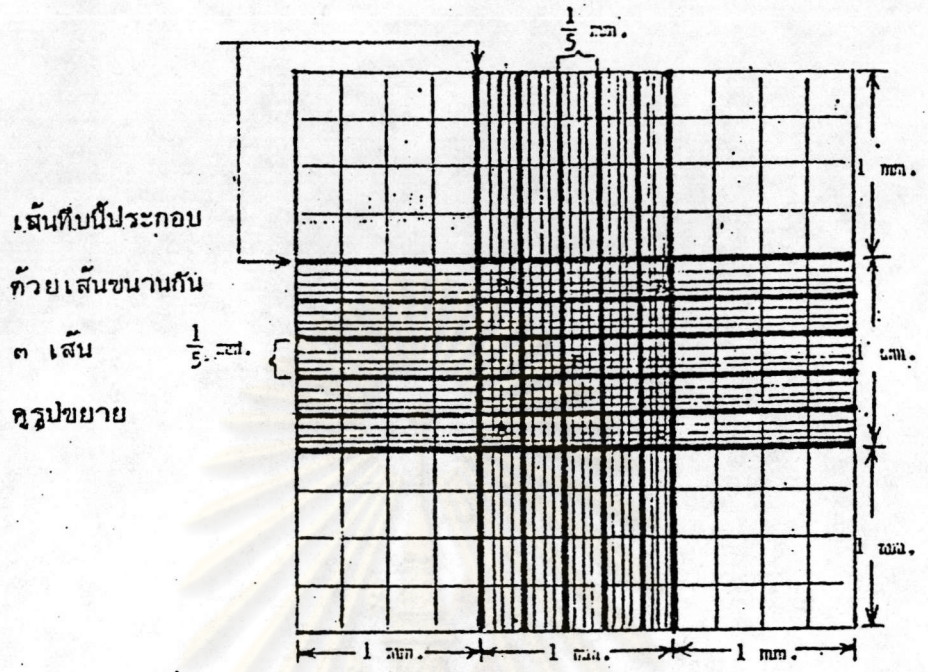
ถ้าปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรจะนับได้ = Z x 10 x 10 x 10 x 50

นั่นคือน้ำหมัก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรจะมีเชื้อจุลินทรีย์ = 50,000 Z เซลล์

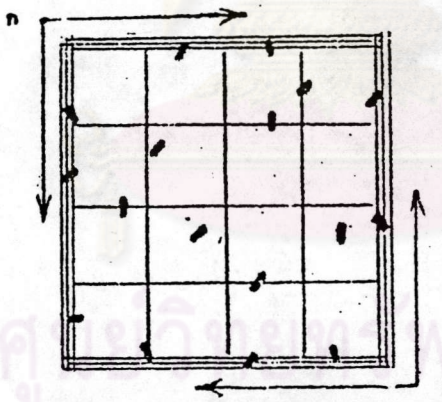


รูปที่ ก.1 ลักษณะของ Hemacytometer ด้านหน้าและภาคตัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๒ รูปขยายตารางจาก Hemacytometer



รูปขยายจาก • ช่องที่มี
อักษร B
การนับ cells ที่อยู่ตามเส้น
ให้นับตามแนวตั้งจากแบบ ก.
หรือ ข. เลือกเอาอย่างใดอย่างหนึ่ง

รูปที่ ก.2 รูปขยายจากตาราง Hemacytometer

หมายเหตุ : ในกรณีที่ทำการเจือจาง ต้องนำค่าแฟคเตอร์ของการเจือจาง (dilution faetor) มาคูณด้วย เช่น เจือจาง 1:10,000 (10^{-4}) มีจำนวนเชื้อ 57 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เพราะฉะนั้นจำนวนเชื้อในน้ำหนักที่ไม่ได้เจือจางเท่ากับ 57×10^{4} เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

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).

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*)

ภาคผนวก ข.

ข้อปลีกย่อยอื่น ๆ ของน้ำส้มสายชู

1. การทำให้ใส

เพื่อให้น้ำส้มสายชูมีลักษณะน่ารับประทานมากขึ้น ควรมีขั้นตอนการทำน้ำส้มสายชูให้ใส ซึ่งทำได้โดยการใช้เครื่องกรองหรือโดยการทิ้งให้ตกตะกอนเฉย ๆ ก็ได้ และเพื่อให้การกรองมีประสิทธิภาพดีขึ้นอาจจะใส่สารช่วยการกรอง เช่น diatomaceous,silica,isinglass,casein หรือ bentonite สารพวกนี้จะรวมตัวกับสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำส้มสายชูโดยปฏิกิริยาการรวมตัวทางเคมีหรือการเพิ่มหรือลดประจุไฟฟ้า วิธีการทำคือ ผสมน้ำส้มสายชูกับกับสารช่วยกรองเข้าด้วยกันจากนั้นก็ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนลงมาที่ก้นถังหรือกรองตะกอนออก

ในงานวิจัยนี้จะใช้ bentonite เป็นสารช่วยกรอง โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาพบว่า ปริมาณ bentonite ที่น้อยที่สุดที่จะช่วยในการกรองได้ดีคือ ประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของน้ำส้มสายชู

2. ตำหนิน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูอาจจะมีตำหนิอยู่หลายชนิด ซึ่งอาจจะเกิดจากปฏิกริยาทางเคมีหรือจากทางชีวภาพ เราสามารถจะกล่าวรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

2.1 ตำหนิที่เกิดจากปฏิกริยาของโลหะ

พวกโลหะ เช่น เหล็ก ทองแดง เป็นโลหะที่สำคัญที่ทำให้เกิดตำหนิได้ ถ้าหากน้ำส้มสายชูมีเหล็กปะปนอยู่จะทำให้สีของน้ำส้มมีลักษณะเป็นสีดำ ซึ่งเกิดจากปฏิกริยาของเหล็กกับแทนนินที่มีอยู่ในน้ำส้มสายชู โดยประมาณแล้วปริมาณของเหล็ก 100 ppm ก็สามารถทำให้เกิดสีดำนี้ได้ สำหรับทองแดง (copper) จะทำให้เกิดความขุ่นได้ง่ายในน้ำส้มสายชูที่ทำจากแอปเปิ้ลหรืออองุ่น ถ้าหากอาหารชนิดใดซึ่งเป็นพวกไขมันและหากเอาน้ำส้มสายชูชนิดที่มีแร่ธาตุทั้งสองนี้ไปผสมจะทำให้ปฏิกริยาการเหม็นหืนเกิดขึ้นเร็วมาก

2.2 การเปลี่ยนสีของน้ำส้มสายชู

ในบางครั้งน้ำส้มสายชูอาจจะมีสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำส้มสายชูจากแอปเปิ้ลหรืออองุ่น ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกริยาของพวกเอนไซม์ เช่น โพลี่ฟีนอล อ๊อกซิเดส

2.3 การเสียโดยหนอนน้ำส้ม

หนอนน้ำส้มมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Anguillula aceti เป็นตัวหนอนเล็ก ๆ ยาวประมาณ 1/8 นิ้วที่พบอยู่ในน้ำส้ม ซึ่งมาจากสิ่งสกปรกหรือจากตัวแมลงเป็นตัวนำมา หนอนชนิดนี้ยากที่จะมองเห็นได้ชัดเนื่องจากตัวเล็ก แต่ถ้าเรายกภาชนะบรรจุที่เป็นแก้วส่องกับแสงไฟจ้า ๆ จะทำให้มองเห็นหนอนชนิดนี้ได้ ในโรงงานเราอาจจะพบหนอนนี้อยู่ตามขอบถัง ถึงแม้ว่ามันจะไม่เป็นอันตรายต่อคนแต่ก็เป็นที่น่ารังเกียจเนื่องจากหนอนชนิดนี้เป็นตัวบ่งถึงความสะอาดของโรงงาน หนอนชนิดนี้อาจจะติดมากับผลไม้ที่เน่าเสียหรือจากแมลงวัน ซึ่งทางโรงงานอาจจะแก้ไขได้โดยการหมั่นทำความสะอาดภาชนะที่บรรจุด้วยไอน้ำอยู่เสมอ ๆ หรือถ้าเกิดในน้ำส้มสายชูแล้วต้องฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิประมาณ 54 °ซ หรือพาสเจอไรส์แล้วกรองอีกครั้งหนึ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

ตารางที่ ค.1 แสดงผลการทดลองในการหมักแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:1.22 อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.30	7.20	8.3	4.30	8.0	33
24	1.59	6.20	11.3	4.18	8.0	32
48	1.96	5.50	15.5	4.05	8.1	31
72	2.47	4.70	19.8	3.87	8.1	31
96	2.85	3.80	24.1	3.80	8.2	32
120	3.35	2.85	26.8	3.71	8.2	32
144	3.68	1.90	27.7	3.68	8.2	32
168	4.00	0.85	28.8	3.66	8.2	32

ตารางที่ ค.2 แสดงผลการทดลองในการหมักแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.27	7.10	8.0	4.31	8.1	33
24	1.68	6.25	11.2	4.19	8.1	33
48	2.03	5.40	15.7	4.05	8.2	33
72	2.54	4.62	19.6	3.88	8.1	32
96	2.92	3.73	24.4	3.83	8.2	32
120	3.30	2.85	26.7	3.74	8.2	32
144	4.11	1.91	27.4	3.64	8.2	32
168	3.90	0.68	28.2	3.66	8.2	32

ตารางที่ ค.3 แสดงผลการทดลองในการหมักแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด ระบบการไหลเวียนแบบไหลผ่าน อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.19	7.00	8.3	4.30	8.0	33
24	1.35	6.20	11.3	4.18	8.0	32
48	1.56	5.30	15.5	4.05	8.1	31
72	1.70	4.10	19.8	3.87	8.1	31
96	2.21	3.40	24.1	3.80	8.2	32
120	3.06	2.30	26.8	3.71	8.2	32
144	3.76	1.60	27.7	3.68	8.2	32
168	4.51	0.60	28.8	3.66	8.2	32

ตารางที่ ค.4 แสดงผลการทดลองในการหมักแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด ระบบการไหลเวียนแบบกาลักน้ำอัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.05	7.17	8.3	4.30	8.0	33
24	1.20	6.23	11.3	4.18	8.0	32
48	1.77	5.40	15.5	4.05	8.1	31
72	2.71	4.36	19.8	3.87	8.1	31
96	2.37	3.45	24.1	3.80	8.2	32
120	4.00	2.60	26.8	3.71	8.2	32
144	4.60	1.85	27.7	3.68	8.2	32
168	5.10	0.93	28.8	3.66	8.2	32

ตารางที่ ค.5 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 1 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 3.2 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติกร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอลร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.04	7.47	9.5	4.22	9.0	31
24	1.42	5.95	12.5	4.18	9.0	32
48	1.61	5.51	16.0	4.14	9.1	32
72	1.91	4.93	19.3	4.12	9.1	31

ตารางที่ ค.6 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 1 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 3.2 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.06 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติกร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอลร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.17	7.20	9.2	4.21	9.0	31
24	1.51	6.20	12.5	4.16	9.0	33
48	1.79	5.73	16.7	4.13	9.0	31
72	2.17	4.85	19.2	3.92	9.1	32

ตารางที่ ค.7 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 1 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 3.2 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.33	7.57	8.5	4.19	9.0	32
24	1.61	6.78	11.5	4.14	9.0	32
48	1.94	6.63	15.3	4.12	9.1	31
72	2.30	5.80	18.7	3.89	9.1	31

ตารางที่ ค.8 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 1 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.17	7.54	9.1	4.21	9.0	32
24	1.51	5.73	12.0	4.16	9.0	32
48	1.79	4.57	16.1	4.13	9.1	31
72	2.17	3.79	19.0	3.92	9.1	32

ตารางที่ ค.9 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 1 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.06 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.08	7.70	8.5	4.22	9.0	32
24	1.51	6.32	12.0	4.16	9.0	31
48	1.83	5.80	16.5	4.13	9.1	33
72	2.14	4.28	19.0	3.94	9.1	32

ตารางที่ ค.10 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 1 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.04	7.87	8.5	4.22	9.0	32
24	1.42	6.66	11.5	4.18	9.0	31
48	1.84	5.93	15.6	4.13	9.0	32
72	2.29	4.73	19.0	4.89	9.0	31

ตารางที่ ค.11 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 1 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.4 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.32	7.51	9.0	4.20	9.0	32
24	1.54	6.42	11.5	4.16	9.0	33
48	1.84	5.10	15.5	4.13	9.0	32
72	2.12	4.20	18.2	3.93	9.1	31

ตารางที่ ค.12 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 1 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.4 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.06 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.48	7.32	9.2	4.17	9.0	32
24	1.64	6.51	11.5	4.14	9.0	33
48	1.93	5.30	16.0	4.12	9.1	31
72	2.20	4.45	19.5	3.92	9.1	33

ตารางที่ ค.13 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 1 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.4 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติกร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอลร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.36	7.85	9.8	4.19	9.0	33
24	1.59	7.00	11.4	4.14	9.0	33
48	1.85	6.32	16.0	4.13	9.1	32
72	2.15	5.51	19.2	3.94	9.1	32

ตารางที่ ค.14 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 2 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 3.2 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติกร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอลร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	2.27	5.73	8.6	3.90	9.0	32
24	2.65	4.76	11.3	3.85	9.0	33
48	2.91	3.93	16.1	3.81	9.1	32
72	3.24	3.15	19.5	3.71	9.1	32.5

ตารางที่ ค.15 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 2 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 3.2 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.06 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	2.29	6.29	8.5	3.90	9.0	33
24	2.66	4.73	11.2	3.86	9.0	32
48	2.97	3.03	15.6	3.81	9.1	33
72	3.28	2.55	19.5	3.70	9.1	32

ตารางที่ ค.16 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 2 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 3.2 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	2.07	6.23	8.5	4.02	9.1	33
24	2.38	5.14	11.0	3.89	9.0	32
48	2.76	3.93	15.3	3.84	9.1	33
72	3.09	2.82	19.2	3.78	9.1	31

ตารางที่ ค.17 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 2 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	2.17	5.79	8.5	3.92	9.1	32
24	2.46	3.89	10.8	3.88	9.1	32
48	2.81	3.14	15.6	3.82	9.1	32.5
72	3.22	2.13	19.8	3.72	9.1	32

ตารางที่ ค.18 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 2 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.06 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.99	5.80	8.0	4.13	9.0	32
24	2.31	4.28	10.6	3.89	9.0	33
48	2.62	3.32	15.2	3.86	9.0	31.5
72	3.01	2.27	19.8	3.79	9.0	31

ตารางที่ ค.19 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 2 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.82	5.82	8.2	4.12	9.0	32
24	2.18	4.36	10.5	3.92	9.0	31.5
48	2.54	3.67	16.0	3.86	9.1	32.5
72	3.02	2.32	19.2	3.79	9.1	33

ตารางที่ ค.20 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 2 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.4 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	2.23	5.58	8.7	3.91	9.0	33
24	2.49	4.93	11.0	3.86	9.0	32
48	2.67	3.73	15.5	3.85	9.0	31.5
72	2.90	3.30	18.5	3.81	9.0	31.5
96	3.12	2.85	22.0	3.77	9.1	32

ตารางที่ ค.21 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 2 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.4 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.06 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติกร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอลร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	2.20	5.45	9.2	3.92	9.0	32
24	2.30	3.89	11.5	3.89	9.1	33
48	2.63	2.93	16.0	3.85	9.1	33
72	2.91	2.53	19.5	3.81	9.1	32
96	3.20	2.10	23.0	3.73	9.1	31

ตารางที่ ค.22 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 2 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.4 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติกร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอลร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	2.15	5.51	9.0	3.92	9.0	32
24	2.14	4.93	12.0	3.94	9.0	33
48	2.78	4.21	16.5	3.82	9.1	32
72	3.11	3.03	18.8	3.77	9.1	31.5

ตารางที่ ค.23 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 3 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 3.2 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	3.15	4.31	9.0	3.77	9.1	32
24	3.50	3.14	12.0	3.67	9.0	33
48	3.80	2.20	16.0	3.66	9.1	32
72	4.18	1.13	19.5	3.60	9.1	33

ตารางที่ ค.24 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 3 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 3.2 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.06 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	3.10	4.32	9.0	3.78	9.0	32
24	3.33	2.76	11.0	3.70	9.0	31
48	3.62	2.39	15.0	3.67	9.1	32
72	4.01	1.36	18.5	3.65	9.1	32

ตารางที่ ค.25 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 3 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 3.2 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	3.09	4.26	8.6	3.78	9.0	32
24	3.37	3.23	12.0	3.70	9.0	33
48	3.90	2.49	16.0	3.66	9.0	32
72	4.11	1.63	18.7	3.65	9.1	32

ตารางที่ ค.26 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 3 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	3.01	4.32	8.0	3.79	9.0	31
24	3.46	3.23	11.0	3.68	9.0	31
48	3.83	2.40	16.0	3.66	9.1	32
72	4.03	1.29	19.5	3.65	9.0	32.5

ตารางที่ ค.27 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 3 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.06 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	2.81	4.14	8.0	3.82	9.1	32
24	3.22	3.13	11.0	3.71	9.0	31
48	3.65	2.26	16.0	3.66	9.1	32
72	4.15	1.51	19.8	3.60	9.1	32

ตารางที่ ค.28 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 3 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	2.94	4.37	8.8	3.94	9.0	33
24	3.45	3.80	11.6	3.68	9.0	33
48	3.71	2.73	15.8	3.66	9.1	33
72	4.09	2.00	19.5	3.65	9.1	32

ตารางที่ ค.29 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 3 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.4 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	3.12	4.03	8.6	3.78	9.0	32
24	3.46	3.26	11.5	3.68	9.0	32
48	3.64	2.60	16.0	3.67	9.1	33
72	3.75	1.70	19.5	3.66	9.1	33
96	3.99	1.20	23.0	3.65	9.1	31

ตารางที่ ค.30 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 3 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.4 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.06 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	2.91	4.03	8.0	3.81	9.0	33
24	3.20	3.36	11.0	3.71	9.0	32
48	3.53	2.56	15.0	3.67	9.1	33
72	3.77	1.79	18.8	3.66	9.1	32
96	4.00	1.03	23.2	3.65	9.1	33

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.31 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 3 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.4 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	3.11	4.41	8.0	3.78	9.0	32
24	3.33	3.67	11.7	3.70	9.0	32
48	3.61	3.00	15.8	3.67	9.1	31
72	3.91	2.14	18.5	3.66	9.1	31
96	4.18	1.67	22.5	3.59	9.2	31

ตารางที่ ค.32 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 4 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 3.2 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	4.16	3.02	8.0	3.61	9.0	33
24	4.63	2.00	11.2	3.51	9.1	33
48	4.96	1.20	15.0	3.50	9.1	33
72	5.29	0.30	18.5	3.44	9.1	32

ตารางที่ ค.33 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 4 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 3.2 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.06 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	4.29	2.97	8.1	3.58	9.0	31
24	4.53	2.29	11.2	3.54	9.0	31
48	4.92	1.50	15.0	3.50	9.1	31
72	5.46	0.50	18.7	3.38	9.1	32

ตารางที่ ค.34 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 4 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 3.2 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	4.11	2.86	8.8	3.65	9.1	32
24	4.36	2.11	12.0	3.57	9.0	33
48	4.73	1.48	16.0	3.51	9.1	32
72	5.15	0.75	19.3	3.47	9.1	32

ตารางที่ ค.35 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 4 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	4.15	3.29	8.7	3.59	9.0	33
24	4.34	2.00	11.2	3.57	9.0	33
48	4.47	1.13	15.5	3.54	9.1	33
72	4.76	0.50	19.5	3.51	9.1	32
96	5.11	0.05	24.0	3.49	9.1	33

ตารางที่ ค.36 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 4 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.06 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	4.03	3.19	8.0	3.65	9.0	32
24	4.41	2.43	12.0	3.55	9.1	31.5
48	4.88	1.43	16.2	3.50	9.1	31.5
72	5.29	0.50	19.2	3.44	9.1	32.5

ตารางที่ ค.37 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 4 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	4.09	3.50	8.1	3.65	9.0	32.5
24	4.53	2.80	11.0	3.54	9.0	32.5
48	4.97	2.00	15.8	3.50	9.0	31.5
72	5.30	1.20	19.5	3.44	9.1	32.5

ตารางที่ ค.38 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 4 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.4 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.08 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	3.99	3.03	8.0	3.65	9.0	32
24	4.24	2.27	11.3	3.58	9.0	31
48	4.53	1.51	15.3	3.54	9.1	31.5
72	4.77	0.96	19.5	3.51	9.1	31.5
96	4.95	0.30	24.1	3.50	9.1	32.5

ตารางที่ ค.39 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 4 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.4 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.06 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	4.00	3.20	8.4	3.66	9.0	32
24	4.29	2.46	11.2	3.58	9.0	32
48	4.53	1.70	16.4	3.54	9.1	32
72	4.67	1.10	19.4	3.51	9.1	33
96	4.93	0.50	23.2	3.50	9.2	33.5

ตารางที่ ค.40 แสดงผลการทดลองในเครื่องหมักที่ 4 โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด อัตราส่วนสูงของช่องว่างเหนือแพคเบดต่อแพคเบด 1:0.95 ใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.4 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศ 0.04 ปริมาตรของอากาศต่อปริมาตรของน้ำหมักต่อนาที

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	3.91	3.07	8.2	3.66	9.0	33
24	4.30	2.53	11.3	3.58	9.0	32
48	4.60	1.93	15.4	3.52	9.1	31
72	4.92	1.21	19.6	3.50	9.1	31
96	5.15	0.50	24.0	3.47	9.1	32

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.41 แสดงผลของปริมาณกรดอะซิติกและเอทานอลต่อเวลา ในการหมักแบบต่อเนื่อง โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาที ทุกเครื่องอัตราการให้อากาศ 0.04,0.04,0.06 และ0.06 ปปน.ในเครื่องหมักที่1,2,3 และ4 ตามลำดับ ใช้อัตราการเจือจาง 0.0192 (ชั่วโมง)$^{-1}$ อัตราส่วนของเอทานอล:กรดอะซิติก เป็น 7:1

เวลา (ชม.)	% กรดอะซิติก (w/v)				% เอทานอล (v/v)			
	col 1	col 2	col 3	col 4	col 1	col 2	col 3	col 4
0	2.18	3.23	4.40	5.10	7.20	5.10	3.20	1.10
24	2.10	3.30	4.45	5.20	7.10	5.00	3.25	1.00
48	2.14	3.24	4.55	5.45	7.20	5.05	3.20	1.05
72	2.09	3.25	4.50	5.45	7.13	5.00	3.22	1.10
96	2.10	3.26	4.52	5.46	7.18	5.08	3.18	1.12
120	2.12	3.26	4.55	5.45	7.15	5.12	3.15	1.15
144	2.03	3.28	4.45	5.50	7.18	5.08	3.20	1.18
168	2.10	3.27	4.50	5.54	7.15	5.12	3.12	1.10

ตารางที่ ค.42 แสดงผลของปริมาณเชื้อและของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อเวลา ในการหมักแบบต่อเนื่อง โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาทีทุกเครื่องอัตราการให้อากาศ 0.04,0.04,0.06 และ0.06 ปปน.ในเครื่องหมักที่1,2,3 และ4 ตามลำดับ ใช้อัตราการเจือจาง 0.0192 (ชั่วโมง)$^{-1}$ อัตราส่วนของเอทานอล:กรดอะซิติกเป็น 7:1

เวลา (ชม.)	ปริมาณเชื้อ (ล้านตัว/ลบ.ซม.)				ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°B)			
	col 1	col 2	col 3	col 4	col 1	col 2	col 3	col 4
0	15.10	15.00	15.10	15.22	9.5	9.5	9.5	9.5
24	15.30	15.30	15.30	15.35	9.3	9.6	9.5	9.6
48	15.20	15.35	15.42	15.45	9.4	9.5	9.6	9.6
72	15.15	15.4	15.48	15.52	9.4	9.6	9.6	9.5
96	15.30	15.45	15.45	15.65	9.3	9.5	9.6	9.6
120	15.40	15.56	15.60	15.75	9.4	9.6	9.6	9.5
144	15.20	15.62	15.68	15.82	9.5	9.6	9.6	9.6
168	15.10	15.74	15.77	15.87	9.5	9.5	9.5	9.6

ตารางที่ ค.43 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างต่อเวลา ในการหมักแบบต่อเนื่อง โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาทีทุกเครื่อง อัตราการให้อากาศ 0.04,0.04,0.06 และ0.06 ปปน. ในเครื่องหมักที่ 1,2,3 และ4 ตามลำดับ ใช้อัตราการเจือจาง 0.0192 (ชั่วโมง)$^{-1}$ อัตราส่วนของเอทานอล:กรดอะซิติก เป็น 7:1

เวลา (ชม.)	อุณหภูมิ (°C)				ความเป็นกรด-ด่าง (pH)			
	col 1	col 2	col 3	col 4	col 1	col 2	col 3	col 4
0	31.0	32.0	31.5	32.5	3.92	3.71	3.58	3.49
24	31.5	32.0	32.0	32.5	3.95	3.70	3.56	3.45
48	32.5	32.5	32.0	33.0	3.94	3.72	3.50	3.38
72	33.0	32.5	32.5	33.5	4.02	3.71	3.52	3.38
96	32.5	33.0	32.5	32.5	3.99	3.71	3.51	3.37
120	33.0	32.0	33.0	33.5	3.97	3.71	3.50	3.38
144	31.0	32.5	32.0	32.0	4.10	3.70	3.56	3.34
168	31.5	32.5	32.5	32.0	3.99	3.70	3.52	3.32

ตารางที่ ค.44 แสดงผลของปริมาณกรดอะซิติกและเอทานอลต่อเวลา ในการหมักแบบต่อเนื่องเมื่อมีการป้อนกลับ โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาทีทุกเครื่อง อัตราการให้อากาศ 0.04,0.04,0.06 และ0.06 ปปน. ในเครื่องหมักที่1,2,3 และ4 ตามลำดับ อัตราการเจือจาง 0.0216 (ชั่วโมง)$^{-1}$ อัตราการป้อนกลับ 0.0044 (ชั่วโมง)$^{-1}$อัตราส่วนของเอทานอล:กรดอะซิติกเป็น 7:1

เวลา (ชม.)	% กรดอะซิติก (w/v)				% เอทานอล (v/v)			
	col 1	col 2	col 3	col 4	col 1	col 2	col 3	col 4
0	2.08	3.11	4.10	5.14	7.00	5.10	3.12	1.10
24	2.07	3.12	4.11	5.13	7.01	5.04	3.15	1.00
48	2.10	3.11	4.09	5.13	7.00	5.05	3.16	1.05
72	2.09	3.11	4.12	5.14	7.03	5.06	3.20	1.10
96	2.08	3.09	4.11	5.14	7.05	5.08	3.18	1.04
120	2.09	3.11	4.12	5.13	7.00	5.06	3.15	1.10
144	2.08	3.12	4.10	5.14	7.03	5.08	3.12	1.06
168	2.08	3.10	4.11	5.13	7.06	5.10	3.16	1.00

ตารางที่ ค.45 แสดงผลของปริมาณเชื้อและของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อเวลา ในการหมักแบบต่อเนื่องเมื่อมีการป้อนกลับ โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เป็นแพคเบด ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาทีทุกเครื่อง อัตราการให้อากาศ 0.04,0.04, 0.06 และ0.06 ปปน.ในเครื่องหมักที่1,2,3 และ4 ตามลำดับ อัตราการเจือจาง 0.0216 (ชั่วโมง)$^{-1}$ อัตราการป้อนกลับ 0.0044 (ชั่วโมง)$^{-1}$ อัตราส่วนของเอทานอล:กรดอะซิติกเป็น 7:1

เวลา (ชม.)	ปริมาณเชื้อ (ล้านตัว/ลบ.ซม.)				ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°B)			
	col 1	col 2	col 3	col 4	col 1	col 2	col 3	col 4
0	15.18	15.25	15.35	15.22	9.1	9.0	9.5	9.5
24	15.00	15.32	15.30	15.30	9.1	9.1	9.1	9.0
48	12.94	15.28	15.42	15.40	9.1	9.2	9.0	8.9
72	12.87	15.34	15.48	15.45	9.2	9.2	9.1	9.0
96	12.75	15.28	15.45	15.35	9.3	9.1	9.0	9.0
120	12.60	15.30	15.36	15.47	9.3	9.2	9.1	9.0
144	12.52	15.29	15.38	15.42	9.2	9.1	9.0	9.1
168	12.45	15.33	15.42	15.35	9.2	9.1	9.0	9.0

ตารางที่ ค.46 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างต่อเวลา ในการหมักแบบต่อเนื่อง โดยใช้ไม้มะค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรเป็นแพคเบด ระบบการไหลเวียนของน้ำหมักเป็นระบบกาลักน้ำ อัตราการไหลของน้ำหมัก 2.8 ลิตรต่อนาทีทุกเครื่อง อัตราการให้อากาศ 0.04,0.04,0.06 และ0.06 ปปน. ในเครื่องหมักที่1,2,3 และ4 ตามลำดับ ใช้อัตราการเจือจาง 0.0216 (ชั่วโมง)$^{-1}$ อัตราการป้อนกลับ 0.0044 (ชั่วโมง)$^{-1}$ อัตราส่วนของเอทานอล:กรดอะซิติก เป็น 7:1

เวลา (ชม.)	อุณหภูมิ (°ซ)				ความเป็นกรด-ด่าง (pH)			
	col 1	col 2	col 3	col 4	col 1	col 2	col 3	col 4
0	32.0	32.0	31.5	32.5	4.02	3.79	3.64	3.47
24	31.5	33.0	32.0	32.5	4.05	3.79	3.64	3.48
48	32.5	32.5	31.5	33.0	3.99	3.79	3.65	3.47
72	33.0	32.5	32.5	32.5	4.02	3.78	3.64	3.47
96	31.5	33.0	32.0	32.5	4.03	3.80	3.64	3.47
120	32.0	32.5	33.0	33.5	4.01	3.79	3.65	3.48
144	31.5	32.5	32.0	32.0	4.03	3.77	3.65	3.48
168	31.5	32.0	32.5	32.0	4.03	3.77	3.65	3.47

ตารางที่ ค.47 แสดงผลการทดลองในการหมักน้ำส้มสายชูแบบกึ่งต่อเนื่องของเครื่องหมักหลายคอลัมน์

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	2.75	4.20	8.3	3.90	8.0	33
24	3.10	3.60	11.3	3.79	8.0	32
48	3.60	2.85	15.5	3.70	8.1	31
72	4.14	2.13	19.8	3.63	8.1	31
96	4.50	1.64	24.1	3.60	8.2	32
120	4.98	0.82	26.8	3.51	8.2	32
144	3.60	2.90	27.7	3.71	8.2	32
168	3.96	2.24	28.8	3.65	8.2	32
192	4.33	1.72	30.1	3.63	8.3	33
216	4.66	1.05	31.0	3.59	8.3	33
240	5.05	0.42	32.1	3.49	8.3	34

ตารางที่ ค.48 แสดงผลการทดลองในการหมักน้ำส้มสายชูแบบไม่ต่อเนื่องของเครื่องหมักหลายคอลัมน์

เวลา (ชม.)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	ปริมาณเชื้อ (ล้านต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	องศาบริกซ์ (°B)	อุณหภูมิ (°C)
0	1.21	7.10	8.0	4.31	8.1	33
24	1.26	6.75	11.2	4.19	8.1	33
48	1.55	6.30	15.7	4.05	8.2	33
72	1.89	5.62	19.6	3.88	8.1	32
96	2.23	4.93	24.4	3.83	8.2	32
120	2.55	4.00	26.7	3.81	8.2	32
144	2.90	3.24	27.4	3.78	8.2	32
168	3.25	2.71	28.2	3.75	8.2	32
192	3.62	2.13	29.8	3.69	8.3	33
216	4.02	1.47	30.1	3.65	8.2	32
240	4.48	0.72	31.1	3.60	8.3	33
264	4.96	0.21	32.3	3.50	8.3	33
288	5.04	0.00	33.5	3.49	8.3	32

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตน้ำส้มสายชูจากกระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง

การวิเคราะห์หาต้นทุนการผลิตน้ำส้มสายชูจากกระบวนการหมักแบบต่อเนื่องเพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากสับปะรดโดยเริ่มต้นจากน้ำสับปะรดจนกระทั่งเป็นน้ำส้มสายชูที่มีความเข้มข้นของกรดอะซิติกร้อยละ 5 ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการบริโภคหรือเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ ต่อไป

ข้อมูลและราคาวัสดุต่าง ๆ รวมทั้งขั้นตอนในการวิเคราะห์ได้จากการสอบถามบริษัทและโรงงานต่าง ๆ และจากหนังสือ "Plant Design and Economies for Chemical Engineer" 3rd edition, 1985

1. ฐานในการคำนวณ พิจารณาจากกำลังผลิต 1,000 กิโลกรัมต่อวัน เวลาทำงาน 300 วันต่อปี และ 24 ชั่วโมงต่อวัน

2. น้ำสับปะรดที่ได้มีกากสับปะรดประมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

3. น้ำสับปะรดมีความหนาแน่นประมาณ 1.1 กรัมต่อลบ.ซม.

4. ไวน์มีความหนาแน่นประมาณ 1.08 กรัมต่อลบ.ซม. และมีปริมาณเอทานอลร้อยละ 12 โดยปริมาตร

5. ไวน์ที่ออกจากถังเก็บ (T_3) มีความแนาแน่น 1.06 กรัมต่อลบ.ซม.

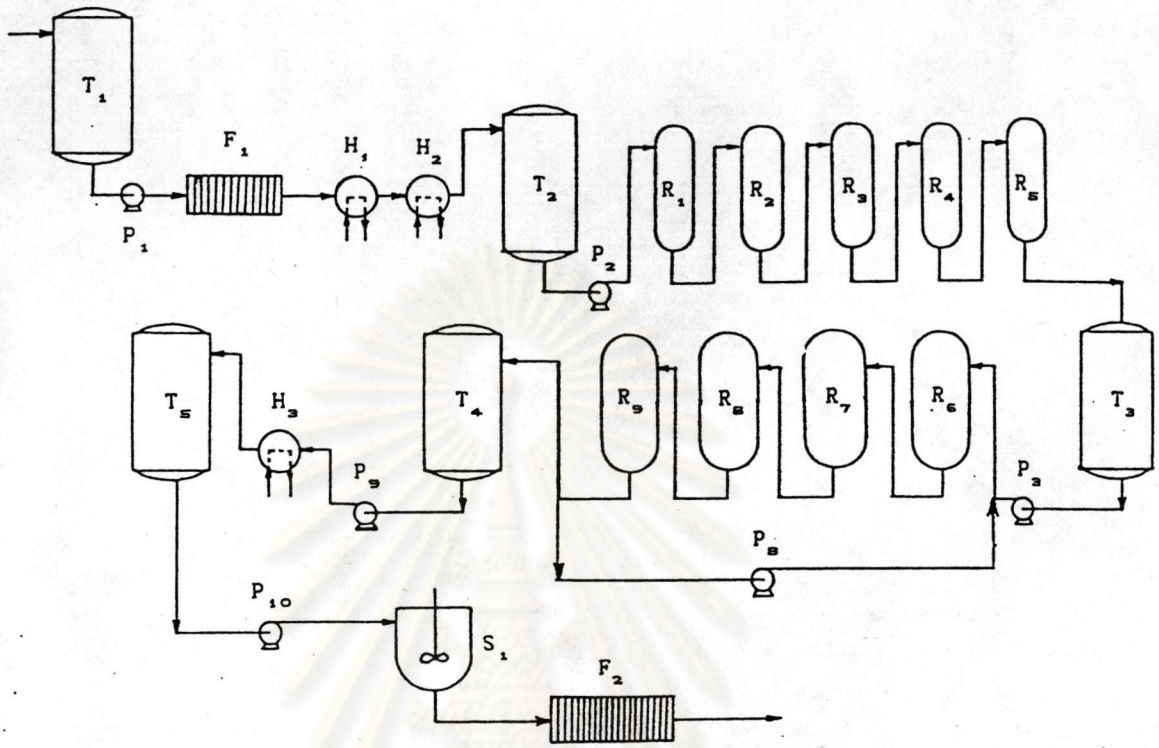
6. น้ำส้มสายชูที่ออกจากเครื่องหมักมีความหนาแน่น 1.06 กรัมต่อลบ.ซม.

7. น้ำส้มสายชูที่ได้ขั้นสุดท้ายมีความหนาแน่น 1.04 กรัมต่อลบ.ซม.

8. กรรมวิธีการทำให้ใสใช่เบนโทไนซ์ (bentonize) ประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

9. มวลเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่แขวนลอยในน้ำส้มสายชูประมาณร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

10. มวลเซลล์ของเชื้อยีสต์ที่แขวนลอยในน้ำส้มสายชูประมาณร้อยละ 0.92 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรสมดุลย์มวลสารในการผลิตน้ำส้มสายชู



รูปที่ ง.1 กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูอย่างต่อเนื่อง

T_1 ถังเก็บน้ำสับปะรดก่อนการกรอง

T_2 ถังเก็บน้ำสับปะรดหลังจากการกรองและฆ่าเชื้อแล้ว

T_3 ถังเก็บไวน์ก่อนการหมักเป็นน้ำส้มสายชู

T_4 ถังเก็บน้ำส้มสายชูเพื่อเตรียมฆ่าเชื้อ

T_5 ถังเก็บน้ำส้มสายชูเพื่อเตรียมการทำให้ใส

F_1 เครื่อง filter press กรองกากสับปะรด

F_2 เครื่อง filter press กรองเบนโทไนท์ในกรรมวิธีทำให้ใส

H_1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนใช้ในการฆ่าเชื้อของน้ำสับปะรด

H_2 เครื่อง cooling tower ใช้ในการลดอุณหภูมิของน้ำสับปะรดหลังจากการฆ่าเชื้อ

H_3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนใช้ในการฆ่าเชื้อของน้ำส้มสายชู

R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, เครื่องหมักไวน์อย่างต่อเนื่อง
R_6, R_7, R_8, R_9 เครื่องหมักน้ำส้มสายชูอย่างต่อเนื่อง
S_1 ถังกวนใช้ในการผสมน้ำส้มสายชูถังเบนโทไนซ์
P_1, P_2, P_3, P_9, P_{10} เครื่องปั๊มน้ำสับปะรด ไวน์และน้ำส้มสายชูในกระบวนการผลิต
P_4, P_5, P_6, P_7 เครื่องปั๊มน้ำหมักภายในเครื่องหมักน้ำส้มสายชู
P_8 เครื่องปั๊มน้ำหมักป้อนกลับในเครื่องหมักน้ำส้มสายชู
B_1 เครื่องผลิตไอน้ำ (boiler)
C_1 เครื่องอัดอากาศ (compressor)

ก. น้ำส้มสายชูที่ผลิตได้ 1,000 กิโลกรัม มีปริมาตร = 1,000/1.04
= 961.5 ลิตร

ข. เชื้อจุลินทรีย์และยีสต์มีมวล = 961.5x0.97/100
= 9.33 กิโลกรัม
น้ำส้มสายชูที่ได้จากเครื่องหมักมีมวล = 1009.33 กิโลกรัม

ค. เบนโทไนซ์ที่ใช้ในกรรมวิธีทำให้ใส = 961.5/100
= 9.61 กิโลกรัม

ง. เชื้อยีสต์ที่แขวนลอยในน้ำหมักมีมวล = 961.5x0.92/100
= 6.92 กิโลกรัม

จ. ไวน์ที่จะป้อนเข้าเครื่องหมักน้ำส้มสายชูมีมวล = 1006.92 กิโลกรัม
เชื้อจุลินทรีย์ที่แขวนลอยในน้ำหมักมีมวล = 1007.29 - 1006.92
= 0.37

ฉ. ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเจือจางไวน์ให้มีปริมาณเอทานอลร้อยละ 7
ปริมาตรของไวน์ที่ผลิตได้จากเครื่องหมักไวน์ = 961.5x7/12
= 560.87 ลิตร

ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการเจือจาง = 400.63 ลิตร
= 400.63 กิโลกรัม

ช. ไวน์ที่ได้จากเครื่องหมักไวน์มีมวล = 560.87x1.08
= 605.74 กิโลกรัม

ช. น้ำสับปะรดที่ใช้ในการผลิตไวน์ = 560.87x1.1
= 616.96 กิโลกรัม

ฌ. น้ำสับปะรดเริ่มต้น (น้ำสับปะรดและกาก) = (560.87x15/100)+616.96
= 84.13+616.96
= 701.09 กิโลกรัม

สมดุลย์มวลสารในการผลิตน้ำส้มสายชู

สมดุลมวลสารรอบเครื่องกรอง (F_1)

มวลสารเข้า (กิโลกรัม)	มวลสารออก (กิโลกรัม)
น้ำสับปะรด และ กาก = 701.09 = 701.09	น้ำสับปะรด = 616.96 กาก = 84.13 701.09

สมดุลมวลสารรอบเครื่องหมักไวน์ ($R_1 \ldots R_5$)

มวลสารเข้า (กิโลกรัม)		มวลสารออก (กิโลกรัม)	
น้ำสับปะรด	= 616.96	ไวน์	= 605.74
		ตะกอนเชื้อยีสต์ที่ตกค้าง	
		ในเครื่อง	= 11.22
	616.96		616.96

สมดุลมวลสารรอบเครื่องหมักน้ำส้มสายชู ($R_6 \ldots R_9$)

มวลสารเข้า (กิโลกรัม)		มวลสารออก (กิโลกรัม)	
ไวน์ (เจือจางแล้ว)	= 1008.85	น้ำส้มสายชู	= 1009.33
มวลเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์			
ที่เกิดขึ้นจากการหมัก	= 0.48		
	= 1009.33		= 1009.33

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมดุลมวลสารรอบเครื่องกวน (S_1)

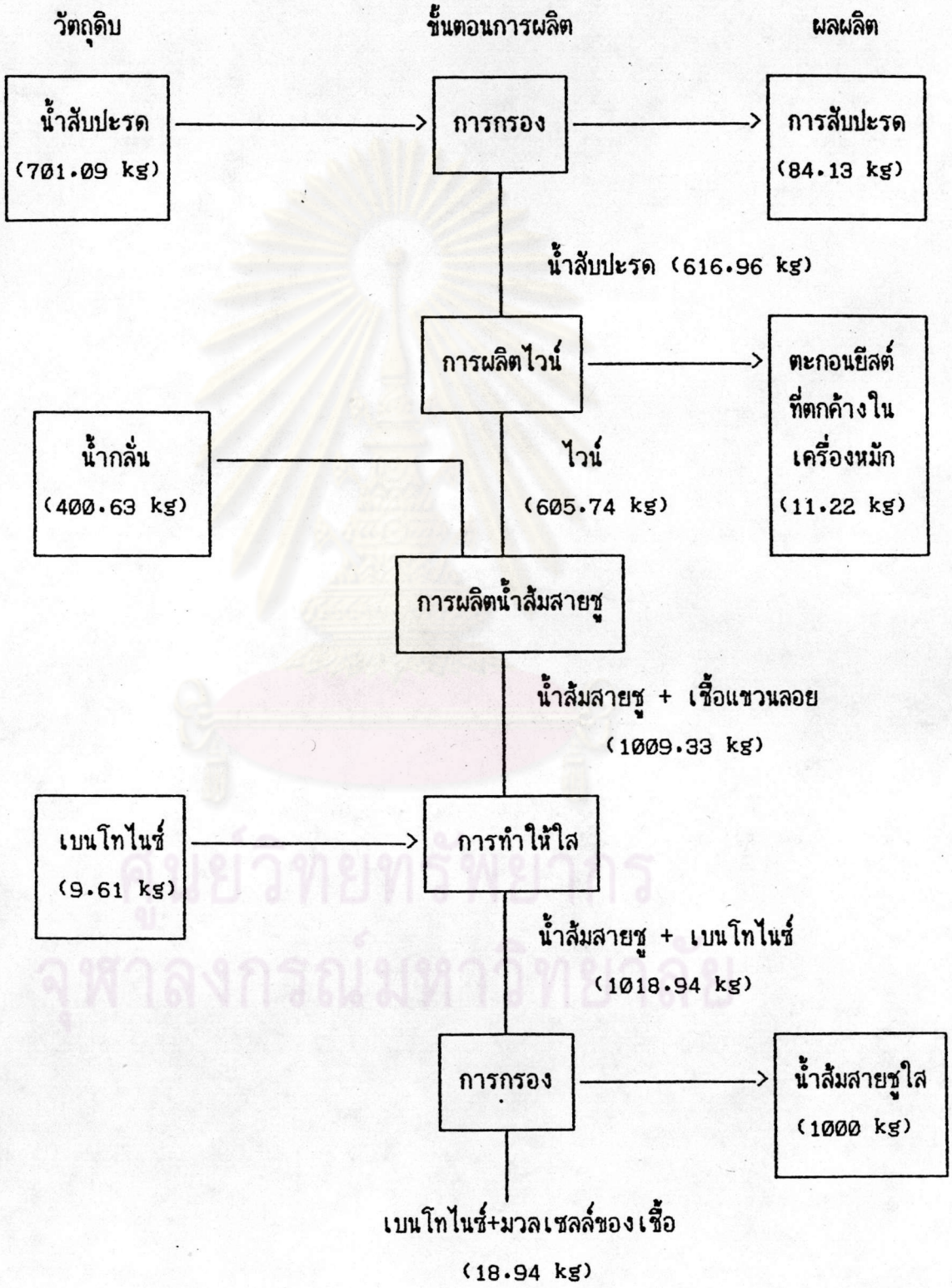
มวลสารเข้า (กิโลกรัม)		มวลสารออก (กิโลกรัม)	
น้ำส้มสายชูเข้า	= 1009.33	น้ำส้มสายชูที่ออกและ	
เบนโทไนซ์ที่ใช้	= 9.61	เบนโทไนซ์	= 1018.94
	= 1018.94		= 1018.94

สมดุลมวลสารรอบเครื่องกรอง (F_2)

มวลสารเข้า (กิโลกรัม)		มวลสารออก (กิโลกรัม)	
น้ำส้มสายชู และ	= 1018.94	น้ำส้มสายชูใส	= 1000
เบนโทไนซ์ที่ใช้		ตะกอนเชื้อ	= 9.33
		เบนโทไนซ์	= 9.61
	= 1018.94		= 1018.94

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิการผลิตน้ำส้มสายชูอย่างต่อเนื่องจากน้ำสับปะรด



1. การคำนวณหาขนาดของเครื่องหมักน้ำส้มสายชู (R_6,R_7,R_8,R_9)

- เครื่องหมักที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูจากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตจะมีลักษณะเดียวกับเตรียมหมักหลายคอลัมน์แบบต่อเนื่องของงานวิจัย กล่าวคือ คอลัมน์บรรจุแพคเบด ถังเก็บน้ำหมัก เป็นต้น โดยการอาศัยข้อมูลการผลิตน้ำส้มสายชูวันละ 7.7 ลิตร เป็นหลักแล้วขยายขนาดเพื่อให้สามารถผลิตให้ได้ประมาณ 961.5 ลิตรตามมาตรฐานในการคำนวณที่ตั้งไว้

การขยายขนาด = 961.5/7.7

= 124.9 เท่า

= 125 เท่า

ใช้หลักการขยายขนาดโดยปริมาตรและพื้นที่ผิวของแพคเบดเป็นพื้นฐาน

ขนาดของคอลัมน์เดิม = $D^2H/4$

D = 7.2 เซนติเมตร

H = 50 เซนติเมตร

H = 6.94 D

= 2.03 ลิตร

ขยายขนาด 125 เท่า = 253.75 ลิตร

D_n = เส้นผ่าศูนย์กลางของคอลัมน์ที่ขยายขนาด

= 36 เซนติเมตร

H_n = ความสูงของคอลัมน์ที่ขยายขนาด

= 249.84 เซนติเมตร

คอลัมน์ที่ขยายขนาดใช้ stainless steel หนา 2 มิลลิเมตร 4 คอลัมน์ ราคาประมาณ 10,000 บาท

- แพคเบดเดิมที่ใช้มีลักษณะลูกทรงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร จำนวน 180 ลูกต่อคอลัมน์

พื้นที่ผิวทั้งหมด = $180 \times D^2_b$

= 1272.3 เซนติเมตร

ขยายขนาด 125 เท่า = 159,037.5 ตารางเซนติเมตร

ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกแพคเบดที่ขยายขนาดประมาณ 1/10 ของเส้นผ่าศูนย์กลางของคอลัมน์

ที่ขยายขนาด

= 36/10

= 3.6 เซนติเมตร

จำนวนลูกแพคเบดที่จะใช้ต่อคอลัมน์ = 3,906 ลูก

จำนวนลูกแพคเบดที่ใช้ทั้งหมด 4 คอลัมน์ = 15,624 ลูก

ลูกแพคเบด หัวกระจายอากาศและหัวกระจายน้ำหมัก ทั้งหมด 4 ชุด ราคาประมาณ 13,000 บาท

- ถังเก็บน้ำหมักเดิมที่ใช้เก็บน้ำหมักได้ = 15 ลิตร

ขยายขนาด 125 เท่า = 1,875 ลิตร

ใช้ความสูงของถังเก็บน้ำหมักเป็นสองเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง H = 2D บรรจุน้ำหมัก 75 %

ถังหมักมีขนาด D = 116.75 เซนติเมตร

H = 233.5 เซนติเมตร

ถังเก็บน้ำหมักขยายขนาด ใช้ stainless steel หนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 4 ถัง ราคาประมาณ 25,000 บาท

- ปั๊มทนกรดที่ใช้ส่งผ่านน้ำหมักขึ้นไปสเปรย์บนส่วนบนของคอลัมน์ใช้ขนาด 2 แรงม้า ทั้งหมด 4 เครื่อง ราคาประมาณ 40,000 บาท

- อุปกรณ์ทนกรด (stainless steel) ที่ใช้ในการส่งผ่านน้ำหมักในเครื่องหมัก (ท่อ วาล์ว สามทาง) ประมาณ 10,000 บาท

ค่าวัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องหมักคอลัมน์ 4 เครื่อง

= 10,000+13,000+25,000+40,000+10,000

= 98,000 บาท

2. เครื่องหมักไวน์ (R_1, R_2, R_3, R_4, R_5)

เครื่องหมักไวน์แบบต่อเนื่องที่ใช้ผลิตวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชู พิจารณาจากเครื่องหมักของศจี สุวรรณศรี โดยนำมาปรับปรุงให้สามารถผลิตไวน์ที่มีปริมาณเอทานอลร้อยละ 7 โดยปริมาตร เพื่อความสมดุลในการป้อนเข้าเครื่องหมักน้ำส้มสายชูอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วยคอลัมน์ทรงสูง เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร 5 คอลัมน์ โดยคอลัมน์แรก ใช้เป็นหน่วยเพิ่มปริมาณเชื้อยีสต์จะมีการให้อากาศตลอดเวลา ส่วนอีก 4 คอลัมน์จะใช้เป็น

หน่วยการผลิตเอทานอลในไวน์จึงไม่มีการให้อากาศ กำลังการผลิตไวน์ประมาณวันละ 30 ลิตร

ในการผลิตไวน์ที่มีปริมาณเอทานอลร้อยละ 12 โดยปริมาตร ให้ได้วันละ 560.87 ต้องขยายขนาดเป็น 18.6 เท่าหรือประมาณ 19 เท่าดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงการขยายขนาดโดยปริมาตร แต่ละคอลัมน์มีปริมาตรเท่ากับ 7.85 ลิตร

ขยายขนาด 19 เท่า แต่ละคอลัมน์จะมีปริมาตร = 149.15 ลิตร

อัตราส่วนความสูง: เส้นผ่าศูนย์กลางของคอลัมน์เดิม = 10:1

$H = 10\ D$

ขนาดของคอลัมน์ขยายขนาด D = 26.7 เซนติเมตร

H = 267 เซนติเมตร

คอลัมน์ที่ขยายขนาดใช้ stainless steel หนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 5 คอลัมน์ ราคาประมาณ 10,000 บาท

3. ถังเก็บน้ำสับปะรดและน้ำหมัก (T_1, T_2, T_3, T_4, T_5)

ปริมาตรถังเก็บน้ำสับปะรดและน้ำหมักคิดจากกำลังการผลิตวันละ 961.5 ลิตร ดังนั้นใช้ถังเก็บที่บรรจุได้ 961.5 ลิตร (บรรจุ 75%) ใช้ความสูงเป็นสองเท่าของเส้นผ่าศูนย์ $H = 2D$

ถังเก็บน้ำสับปะรดและน้ำหมักมีขนาด D = 93.5 เซนติเมตร

H = 187 เซนติเมตร

ถังเก็บน้ำสับปะรดและน้ำหมักใช้ stainless steel หนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 5 ถัง ราคาประมาณ 20,000 บาท

4. การคำนวณขนาดของปั๊มทนกรด (P_9, P_9, P_{10})

การส่งผ่านน้ำส่งผ่านน้ำหมัก ในแต่ละหน่วยประมาณวันละ 961.5 หรือนาทีละ 0.67 ลิตร ใช้ปั๊มทนกรดขนาด 1/10 กำลังม้า จำนวน 3 เครื่อง ราคาประมาณ 6,000 บาท

5. การคำนวณขนาดของปั๊มป้อนกลับ (P_8)

จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้ อัตราการเจือจางต่ออัตราการป้อนกลับที่เหมาะสมในการเดินเครื่องอย่างต่อเนื่องเท่ากับ 0.0216:0.0044 (ชั่วโมง)$^{-1}$ โดยที่อัตราการเจือจางจะเป็น 4.9 เท่าของอัตราการป้อนกลับ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกำลังการผลิตประมาณวันละ 636.9 ลิตร

อัตราการป้อนกลับในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูที่ขนายขนาด

= 196.22 ลิตร/วัน

= 0.14 ลิตร/นาที

จากอัตราการป้อนกลับ 0.14 ลิตรต่อนาที จะใช้ peristaltic pump ขนาด 75 วัตต์ ราคาประมาณ 20,000 บาท

6. การหาขนาดของปั๊มในกระบวนการผลิตไวน์ (P_1, P_2)

การส่งผ่านน้ำสับปะรดประมาณวันละ 560.87 ลิตร หรือ นาทีละ 0.39 ลิตร ใช้ปั๊มทนกรดขนาด 1/16 กำลังม้า จำนวน 2 เครื่อง ราคาประมาณ 4,000 บาท

7. Filter press (F_1, F_2)

การกรองกากสับปะรดและเบนโทไนซ์ภายในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชู มีกำลังการกรองประมาณวันละ 1,000 กิโลกรัม ดังนั้นจึงใช้เครื่องกรองแบบอัดแรงขนาด 5 แรงม้า 2 ชุด ราคาประมาณ 100,000 บาท

8. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchange) (H_1, H_2)

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนใช้ฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบและหลังจากที่ผลิตเป็นน้ำส้มสายชู ดังนั้นจะใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 2 เครื่อง ราคาประมาณ 100,000 บาท

9. การคำนวณขนาดถังกวน (S_1)

การกวนจะเป็นการผสมเบนโทไนซ์กับน้ำส้มสายชูให้เข้ากันอย่างดีเพื่อให้เบนโทไนซ์สามารถจับสารแขวนลอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ การกวนจะเดินเครื่องแบบไม่ต่อเนื่องวันละ 2 ครั้ง ครั้งละประมาณ 480 ลิตร หรือประมาณครึ่งเท่าของกำลังการผลิตแต่ละวัน ดังนั้นถังกวนที่ใช้จะใช้จุน้ำหมัก 480 (บรรจุ 75%) ใช้ความสูงเป็นสองเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง H = 2D

ขนาดของถัง D = 74.13 เซนติเมตร

H = 148.26 เซนติเมตร

ถังกวนใช้ stainless steel หนา 2 มิลลิเมตร ใช้มอเตอร์ขนาด 1 กำลังม้า ราคาประมาณ 10,000 บาท

10. เครื่อง Cooling tower (H_2)

เครื่อง Cooling tower ใช้ในการลดอุณหภูมิของน้ำสับปะรดหลังจากฆ่าเชื้อแล้ว ซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เพื่อป้อนเข้าเครื่องหมักไวน์ ใช้ขนาด 2 กำลังม้าราคาประมาณ 50,000 บาท

11. เครื่องผลิตไอน้ำ (boiler)

ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (H_1, H_3) นอกจากนี้ยังใช้ฆ่าเชื้อในทุกส่วนของกระบวนการผลิตหลังจากหยุดการเดินเครื่อง เครื่องผลิตไอน้ำใช้ขนาด 1 ตัน ราคาประมาณ 600,000 บาท

12. การคำนวณหาขนาดของเครื่องอัดอากาศ

ปริมาตรอากาศที่ใช้ในการผลิตไวน์ = 0.5 ปริมาตร อากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที

ปริมาตรอากาศที่ใช้จริง (R_1) = (149.15x0.5)

= 74.6 ลิตร/นาที

ปริมาตรอากาศที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูของเครื่องหมักที่ 1, 2, 3 และ C = 0.04, 0.04, 0.06, 0.06 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที

ปริมาตรอากาศที่ใช้จริง = (1,875x0.04)+(1,875x0.04)+(1,875x0.06)+(1,875 0.06)

= 375 ลิตร/นาที

ปริมาตรอากาศทั้งหมดที่ใช้ = 449.6 ลิตร/นาที

ใช้เครื่องอัดอากาศขนาด 1,000 ลิตรต่อนาที ราคาประมาณ 80,000 บาท

13. เครื่องเขย่า (Shecker)

เครื่องเขย่าใช้ในการเขย่าผสมเชื้อเมื่อเริ่มต้นการหมักทั้งของกระบวนการผลิตไวน์และน้ำส้มสายชู โดยใช้มอเตอร์ขนาด 2 กำลังม้า ราคาประมาณชุดละ 10,000 บาท

14. อุปกรณ์และอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อราคาประมาณ 5,000 บาท

ราคาเครื่องมือและเครื่องจักรทั้งหมด = 98,000+10,000+20,000
+6,000+20,000+4,000
+100,000+100,000+10,000
+50,000+600,000+80,000
+10,000+5,000

= 1,113,000 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ การลงทุนและผลกำไร (Investment and Profitability Analysis)

การประมาณค่าการลงทุน (estimation of capital investiment cost) จะเป็นการวิเคราะห์เงินลงทุนทั้งหมดที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนเป็นกระบวนการผลิตสมบูรณ์ ซึ่งพร้อมที่จะเริ่มผลิตได้ทันที

เงินลงทุนทั้งหมด = เงินลงทุนคงที่ + เงินลงทุนจากการดำเนินการ

(total capital investment) = (fixed capital investment) + (working capital)

1. เงินลงทุนคงที่ = เงินลงทุนโดยตรง + เงินลงทุนโดยอ้อม

(fixed capital investment) = (direct cost) + (indirect cost)

1.1 เงินลงทุนโดยตรง

ก. ค่าเครื่องมือและเครื่องจักร	=	1,113,000	บาท
ข. ค่าติดตั้ง (25 % ข้อ ก.)	=	278,250	บาท
ค. ค่าเครื่องควบคุมและค่าติดตั้ง (10 % ข้อ ก.)	=	111,300	บาท
ง. ค่าการวางท่อภายในกระบวนการผลิตและค่าติดตั้ง (20 % ข้อ ก.)	=	222,600	บาท
ฉ. อาคารและโรงงาน (50 % ข้อ ก.)	=	556,500	บาท
ช. ค่าที่ดิน (5 % ข้อ ก.)	=	55,650	บาท
คิดเป็นเงินลงทุนโดยตรง	=	2,559,900	บาท

1.2 เงินลงทุนโดยอ้อม

ก. วิศวกรและที่ปรึกษา (5 % ข้อ 1.1)	=	127,995	บาท
ข. ค่าธรรมเนียมและอื่น ๆ (7 % ข้อ 1.1)	=	179,193	บาท
คิดเป็นเงินลงทุนโดยอ้อม	=	307,188	บาท
เงินลงทุนคงที่	=	2,867,088	บาท

2. เงินลงทุนจากการดำเนินการ (50 % ข้อ 1.1 ก.) = 556,500 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เงินลงทุนทั้งหมด = 3,423,588 บาท

การประมาณค่าผลผลิตทั้งหมด (estimation of total product cost) จะวิเคราะห์ถึงราคาผลผลิตทั้งหมดต่อปี (300 วัน) โดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการผลิต (manufacturing cost) และค่าใช้จ่ายทั่วไป (general expense)

ค่าผลผลิตทั้งหมด = ค่าใช้จ่ายในการผลิต + ค่าใช้จ่ายทั่วไป

(Total product cost) = (manufacturing cost) + (general expense)

2. ค่าใช้จ่ายในการผลิต คิดจากผลรวมของค่าใช้จ่ายโดยตรงจากการผลิต (direct production cost) ค่าใช้จ่ายคงที่ (fixed charges) และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น ค่าบรรจุหีบห่อ ค่ารักษาความปลอดภัย ฯลฯ (plant overhead cost)

2.1 ค่าใช้จ่ายโดยตรง

ก. ค่าวัตถุดิบและสารเคมี

น้ำสับปะรดราคากิโลกรัมละ	=	2	บาท
ราคาวัตถุดิบทั้งหมด	=	701.09x2x300	
	=	420,654	บาท
น้ำกลั่นที่ใช้ราคาลิตรละ	=	1	บาท
ปริมาณน้ำกลั่นที่ใช้	=	400.63	บาท
ราคา	=	400.63x1x300	
	=	120,189	บาท
เบนโทไนซ์ที่ใช้ในกรรมวิธีทำให้ใส วันละ	=	9.61	กิโลกรัม
เบนโทไนซ์ราคากิโลกรัมละ	=	80	บาท
ราคาเบนโทไนซ์	=	9.61x80x300	
	=	230,640	บาท
รวมเป็นค่าวัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต	=	74,985	บาท

ข. ค่าจ้างแรงงาน การควบคุมกระบวนการผลิตใช้คนงาน 12 คน แบ่งการทำงานเป็น 3 กะ กะละ 4 คน ค่าจ้างแรงงานต่อคนประมาณ 5,000 บาทต่อเดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าจ้างแรงงานทั้งหมดต่อปี = 720,000 บาท

ค. ค่าที่ปรึกษาและพนักงานสำนักงาน (15 % ข้อ 8) = 108,000 บาท
ง. ค่าสาธารณูปโภค (10 % ค่าผลผลิตทั้งหมด) = 480,000 บาท
จ. ค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซม (5 % เงินลงทุนคงที่) = 143,354.4 บาท
ฉ. operating supplies (0.5 % เงินลงทุนคงที่)= 14,335.44 บาท
ช. laboratory charges (10 % ข้อ ข.) = 72,000 บาท
ซ. patent and royalies (2 % ค่าผลผลิตทั้งหมด) = 96,000 บาท
ค่าใช้จ่ายโดยตรงจากการผลิต = 2,405,172.84 บาท

2.2 ค่าใช้จ่ายคงที่

ก. ค่าเสื่อมราคา (10% เงินลงทุนคงที่) = 286,708.8 บาท
ข. ค่าภาษี (1% เงินลงทุนคงที่) = 28,670.88 บาท
ค. ค่าประกันภัย (0.5% เงินลงทุนคงที่) = 14,335.44 บาท
รวมเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ = 329,715.12 บาท

2.3 ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (ค่าคงคลัง ค่ารักษาความปลอดภัย ฯลฯ)
(15% ของค่าผลผลิตทั้งหมด) = 720,000 บาท

ค่าใช้จ่ายในการผลิต = 3,454,887.96 บาท

3. ค่าใช้จ่ายทั่วไป

3.1 ค่าการบริหารงาน (5% ค่าผลผลิตทั้งหมด) = 240,000 บาท
3.2 ค่าใช้จ่ายในการขายและโฆษณา
(14.46% ค่าผลผลิตทั้งหมด) = 693,932.64 บาท
3.3 ค่าวิจัยและพัฒนา (5% ค่าผลผลิตทั้งหมด) = 240,000 บาท
3.4 financing (5% เงินลงทุนทั้งหมด) = 171,179.4 บาท
ค่าใช้จ่ายทั่วไป = 1,345,112.04 บาท
ค่าผลผลิตทั้งหมด = 4,800,000 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ผลกำไร

น้ำส้มสายชูหมักที่ขายโดยทั่วไปในตลาดปัจจุบันประมาณขวดละ 23. บาท (720 มิลลิลิตร) ค่าขวด ค่าฝาขวดและเครื่องหมายการค้า กำหนดราคาประมาณขวดละ 4 บาท

กำลังการผลิตน้ำส้มสายชูปีละ	=	288,450	บาท
ราคาต้นทุนการผลิตปีละ	=	4,800,000	บาท
คิดเป็นราคาน้ำส้มสายชูลิตรละ	=	16.64	บาท
น้ำส้มสายชู 720 มิลลิลิตร ราคา	=	11.98	บาท
ปริมาณการผลิตใน 1 ปี สามารถบรรจุขวดได้	=	400,625	ขวด
คิดเป็นต้นทุนของผลผลิตทั้งหมดเมื่อบรรจุขวด	=	6,401987.5	บาท
คิดเป็นรายได้ทั้งสิ้น (ต่อปี)	=	9,214,375	บาท

การคำนวณหารายจ่ายต่อปี

ราคาต้นทุนของผลผลิตทั้งหมด (เมื่อบรรจุขวด)	=	6,401987.5	บาท
ภาษีการค้าร้อยละ 7 ของรายได้	=	9,214,375x7/100	
	=	645,006.25	บาท
ภาษีเทศบาลร้อยละ 10 ของภาษีการค้า	=	645,006.25x10/100	
	=	64,500.625	บาท

กำไร (ก่อนหักภาษีนิติบุคคล) = 9,214,375-6,401,987.5-645,006.25 -64,500.625

	=	2,102,880.625	บาท
ภาษีเงินได้นิติบุคคลร้อยละ 35	=	2,102,880.625x35	
	=	736,008.22	บาท
กำไรสุทธิ	=	2,102,880.625-736,008.22	
	=	1,366,872.03	บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหา return on investment หาได้ 2 วิธี

1. คิดจากกำไรก่อนหักภาษี

r_b = Px100/I

r_b = return on investment ก่อนหักภาษี

P = กำไรก่อนหักภาษี

I = เงินลงทุนคงที่

r_b = 2,102,880.625x100/2,867,088

= 80%

2. คิดจากกำไรสุทธิ

r_a = Ex100/I

r_a = return on investment หลังหักภาษี

E = กำไรสุทธิ

I = เงินลงทุนคงที่

r_a = 1,366,872.03x100/2,867,088

= 47.67%

การหาระยะเวลาคืนทุน (I_p)

I_p = I/P

P = กำไรก่อนหักภาษี

I = เงินลงทุนคงที่

I_p = 2,867,028/2,102,880.625

= 1.36 ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายประพนธ์ ประสพวัฒนา

การศึกษา ปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2525

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย