เอกสารอ้างอิง

1. ศิริวรรณ จงจิระศิริ การศึกษาเครื่องหมักแบบหลายชั้นในการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์สัปปะรด วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2527

2. Pace,G., Scale-up of Fermentation Processes, Proceeding of Biotech'85 Asia,pp.249-263,Singapore,1985.

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

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

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

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

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

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

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

10. Trebal,R.E. Mass Transfer Operations,3rd ed.,pp.187-211,McGraw-Hill Book Company,Inc.,Tokyo,1980.

11. พรทิพย์ รัตนะ การศึกษาเครื่องหมักแบบแพคเบดคอลัมน์ในการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์สัปปะรด วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2524

12. นิคม ติปะวาโร การศึกษาเครื่องหมักแบบคอลัมน์ในการผลิตยีสต์ Candida utilis เอทานอลและกรดอะซิติกจากน้ำสัปปะรด วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2522

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

14. Charles,M., Fermenter Design and Scale-up ,Comprehensive Biotechnology,Vol.2,1st ed.,pp.57-75,Pergamon Press,1985.

15. Aiba,S.,Humphre,A.E., and Mills,N.F., Biochemical Engineering, 2nd ed.,pp.195-217,Academic Press,Inc.,New York,1973.

16. Gilbert,C., Scale-up of Column , Seminar on Sovent Extraction, Faculty of Science ,Chulalongkorn University,Bangkok, Thailand,1985.

17. Pace,G., Scale-up of Bioreactors, Lecture Note for Training Course on Utilization of Pilot Plant for Fermenter Design and Operation Vol.4,Part 1,Fermenter Design and Operation 2 , KMIT,Bangkok,Thailand,1986.

18. Max,S.P.,Klaus,D.T.,Plant Design and Economics for Chemical Engineers,3rd ed.,pp.748-773,552-575,McGraw-Hill Book Company, Inc.,Singapore,1980.

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

20. ประพนธ์ ประสพวัฒนา เครื่องหมักแบบหลายคอลัมน์ในการผลิตน้ำส้มสายชูอย่างต่อเนื่อง วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2530

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

น้ำส้มสายชู (Vinegar) มาจากคำภาษาฝรั่งเศส "Vin+agre" ซึ่งเท่ากับ Vine+Sour หรือ Sour wine นั่นเอง น้ำส้มสายชูนอกจากจะใช้เป็นสารปรุงแต่งอาหารแล้ว ยังใช้ในการถนอมอาหารอีกด้วย ตามพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหาร พ.ศ. 2507 ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 10 เรื่องกำหนดคุณภาพมาตรฐานการเลือกสีและการแสดงฉลากของน้ำส้มสายชูไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1. น้ำส้มสายชูแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1.1 น้ำส้มสายชูหมัก ซึ่งได้แก่ผลผลิตที่ได้จากการนำธัญญพืช หรือน้ำตาลมาหมักส่าแล้วหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ

1.2 น้ำส้มสายชูกลั่น ซึ่งได้แก่ผลผลิตที่ได้จากการนำน้ำสุราขาวเจือจาง หรือแอลกอฮอล์เจือจางมาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ หรือที่ได้มาโดยการกลั่นน้ำส้มสายชูหมัก หรือน้ำส้มสายชูกลั่น

1.3 น้ำส้มสายชูเทียม ได้แก่ผลิตผลที่ได้จากการนำเอากรดน้ำส้ม (acetic acid) มาเจือจางด้วยน้ำเท่านั้น

ข้อ 2. น้ำส้มสายชูหมัก และน้ำส้มสายชูกลั่นจะต้องมีคุณภาพและมาตรฐานดังนี้

2.1 ต้องมีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

2.2 ต้องไม่มีกรดน้ำส้มที่มิได้มาจากการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก หรือน้ำส้มสายชูกลั่นตามกรรมวิธีธรรมชาติ

2.3 ต้องไม่มีการเจือจางกรดซัลฟูริค (H_2SO_4) หรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น

2.4 ต้องไม่มีตะกอน เว้นแต่ตะกอนอันเกิดจากการหมักตามกรรมวิธีธรรมชาติ

2.5 ต้องไม่มีหนอนน้ำส้ม

น้ำส้มสายชูยังแบ่งได้ตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาผลิตได้ดังต่อไปนี้

1. cider vinegar หรือ apple vinegar คือน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักน้ำแอปเปิ้ล
2. wine vinegar หรือ grape vinegar คือน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักน้ำองุ่น
3. malt vinegar คือน้ำส้มสายชูที่ทำจากข้าวบาเลย์ โดยในขั้นแรกอาศัยเอนไซม์ในข้าวมอลล์ เป็นตัวย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลก่อน แล้วจึงทำการหมักให้เป็นแอลกอฮอล์แล้วหมักต่อ

ไปเป็นน้ำส้มสายชู

4. sugar vinegar คือน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักน้ำเชื่อม หรือมอลลาส (molasses)
5. glucose vinegar คือน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักกลูโคส
6. Spirit vinegar หรือน้ำส้มสายชูกลั่น คือน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่น

ข้อปลีกย่อยอื่น ๆ ของน้ำส้มสายชู

1. การทำให้ใส

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

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) จะทำให้เกิดความขุ่นได้ง่ายในน้ำส้มสายชูที่ทำจากแอปเปิ้ล

หรืออองุ่น 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 ข

วิธีวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอล (19)

โดยใช้น้ำหมัก 100 มิลลิลิตร ใส่ขวดกลั่นขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำลงไปอีก 50 มิลลิลิตร นำไปกลั่นให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปหาค่าความถ่วงจำเพาะ โดยใช้ขวดหาความถ่วงจำเพาะ (pycnometer) ขนาด 25 มิลลิลิตร ซึ่งจากค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้นี้จะนำไปหาปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์เป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากตารางในหน้า 82-84

2. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะซิติก (19)

ปริมาณกรดอะซิติกจะหาในรูปของกรดรวมทั้งหมด วิเคราะห์ได้จากการไตเตรทด้วยสารละลายด่างมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซน์ (NaOH) เข้มข้น 0.5 นอร์มอล ใช้สารละลายฟีนอลฟ์ทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

โดยนำตัวอย่างน้ำส้มสายชู 10 มิลลิลิตร ทำให้เจือจางด้วยน้ำ 20 มิลลิลิตร จากนั้นทำการไตเตรทจนได้สารละลายสีชมพูอ่อน แล้วคำนวณหาปริมาณของกรดที่ได้

1 มิลลิลิตรของ 0.5 N = 0.3000 กรัมกรดอะซิติก

3. การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ในงานวิจัยนี้จะใช้ทฤษฎีการนับโดยตรง (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 พยายามอย่าให้มีฟองอากาศและอย่าให้น้ำหมักที่หยดล้นลงไปในช่องของแผ่นนับเชื้อทั้งสองข้าง

3.1.3 นำไปนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า ปรับโฟกัสให้เห็นตารางเล็ก ๆ ในแผ่นนับเชื้อ ดังรูปที่ ข.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

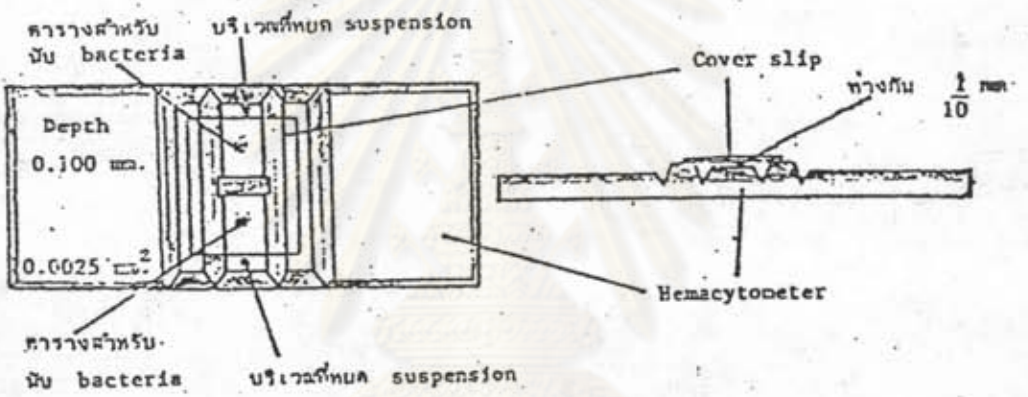
= 1/50 ลูกบาศก์มิลลิเมตร

สมมุติว่าใน 5 ช่อง นับเชื้อจุลินทรีย์ได้ = Z เซลล์

ปริมาณ 1/50 ลูกบาศก์มิลลิเมตรนับได้ = Z เซลล์

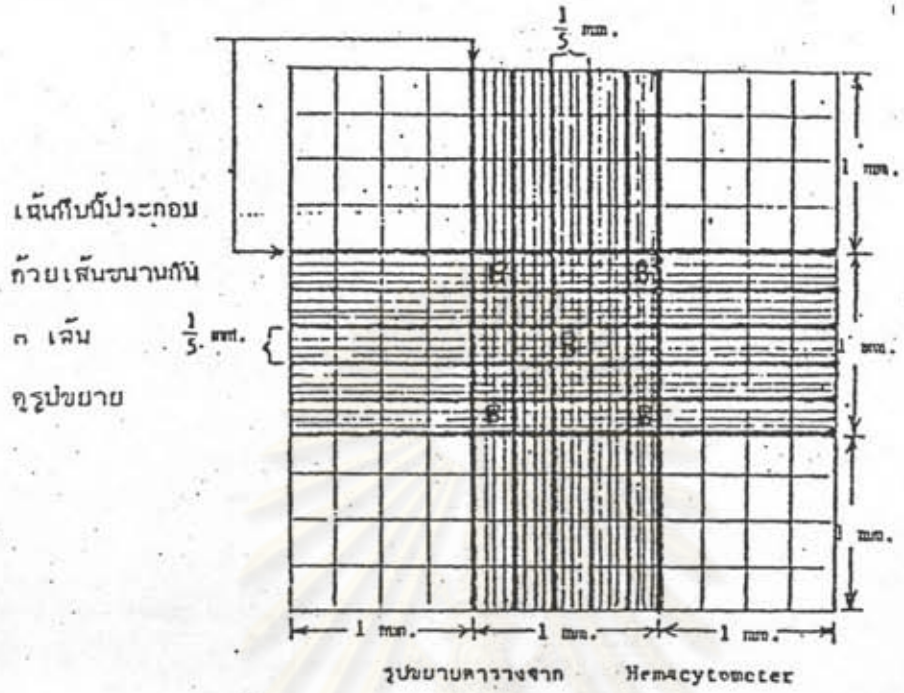
ถ้าปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรจะนับได้ = Z x 10 x 10 x 10 x 50

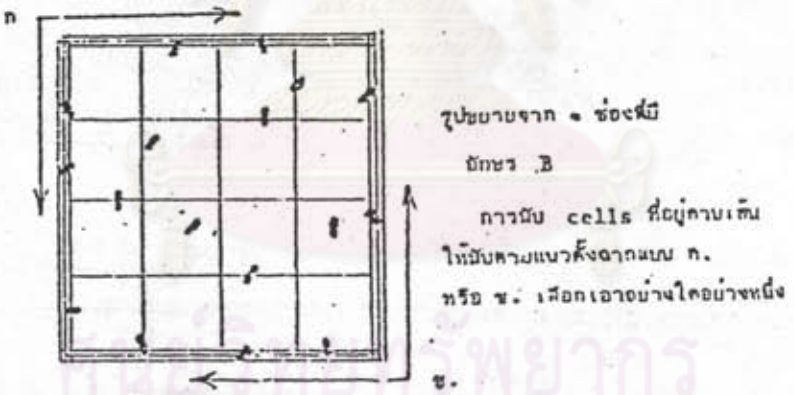
นั่นคือน้ำหมัก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรจะมีเชื้อจุลินทรีย์ = 50,000 Z เซลล์



รูปที่ ข.1 ลักษณะของ Hemacytometer ด้านหน้าและภาคตัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ ข.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*

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	.48	.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)

* Compiled at National Bureau of Standards. Table is based on data published in *Bull. Natl. Bur. Std.* 3(3) (1913), (Sci. Paper No. 157).

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

Apparent Specific Gravity	15.56 / 15.56	20/20	22/22	24/24	25/25	26/26	26,28	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	.53
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	.28	.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	.57
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	.85	.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	.45	.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)

Percentages by volume at 15.56°C (60°F) of ethyl alcohol corresponding to apparent specific gravity at various temperatures*—*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	.57
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)

ภาคผนวก ค
ตารางแสดงผลการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค1 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 เท่ากับ 1.6 ลิตรต่อนาที ใช้วัตถุดิบเป็นไวน์สับปะรดทั้งหมด และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	0.98	7.00	27	91
15	1.90	6.00	30	206
19	2.55	5.35	29	231
23	2.80	4.50	31	248
36	4.20	1.98	30	275
41	4.55	1.40	31	282
53	5.25	0.00	30	295

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค2 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 เท่ากับ 1.6 ลิตรต่อนาที ใช้วัตถุดิบเป็นไวน์สับปะรดร้อยละ 25 โดยปริมาตร ผสมกับสารละลายเอทานอลเจือจางร้อยละ 75 โดยปริมาตร และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	0.97	7.00	30	80
21	2.39	4.90	34	237
27	3.22	3.40	34	259
46	4.79	0.78	32	293
53	5.17	0.00	31	301

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค3 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 เท่ากับ 1.6 ลิตรต่อนาที ใช้วัตถุดิบเป็นไวน์อ้อยร้อยละ 25 โดยปริมาตร ผสมกับสารละลายเอทานอลเจือจางร้อยละ 75 โดยปริมาตร และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	0.91	7.00	32	70
3	0.95	6.85	36	80
20	2.08	5.50	35	234
24	2.42	4.45	34	249
27	2.70	3.80	35	261
45	4.50	1.00	32	290
50	4.88	0.35	35	295
52	4.95	0.00	35	292

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค4 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 เท่ากับ 1.6 ลิตรต่อนาที และเปิดท่อทางออกของอากาศอันบนสุดเพียงอันเดียว

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	0.90	7.00	27	82
5	1.10	5.96	29	102
9	1.30	5.61	31	120
24	1.90	5.03	29	260
29	2.10	3.47	31	229
45	3.10	3.26	31	270
49	3.40	2.90	29	275
54	3.65	1.20	31	280
72	4.71	0.00	31	299
76	4.90	0.00	30	297
81	5.25	0.00	29	294

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค5 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 และ 3 เท่ากับ 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.07	7.00	27	90
20	2.62	2.35	31	261
26	3.32	0.00	33	274
45	5.16	0.00	31	296

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค6 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 และ 3 เท่ากับ 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศอันบนสุดเพียงอันเดียว

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.04	7.00	26	96
6	1.40	6.18	26	114
22	2.20	5.68	28	185
26	2.40	4.86	32	204
30	2.60	3.55	32	220
50	3.90	2.96	28	272
54	4.00	2.10	29	277
74	4.80	0.00	28	297
77	5.02	0.00	28	296

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค7 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 และ 4 เท่ากับ 1.6 , 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาทีตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	0.95	7.00	30	72
6	1.62	5.27	34	136
24	3.67	1.21	36	261
30	4.07	0.00	33	272
48	5.14	0.00	32	292

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค8 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 56 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 และ 4 เท่ากับ 1.6 , 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที และเปิดท่อทางออกของอากาศอันบนสุดเพียงอันเดียว

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.03	7.00	27	58
3	1.16	6.22	28	96
7	1.49	5.73	30	115
24	2.75	2.90	28	212
27	2.87	2.80	29	224
30	3.01	2.60	28	232
48	4.10	0.60	30	272
52	4.43	0.00	34	278
56	4.60	0.00	29	283
72	5.55	0.00	31	291

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค9 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 , 4 และ 5 เท่ากับ 1.6 , 1.6 , 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาทีตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.03	7.00	30	84
4	1.50	5.22	34	108
23	3.56	0.91	38	252
27	4.06	0.00	33	260
47	4.73	0.00	33	284

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค10 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 60 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 เท่ากับ 1.6 ลิตรต่อนาที และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.12	7.00	31	90
3	1.32	5.64	34	103
28	3.09	2.70	34	250
31	3.35	2.11	35	260
47	4.49	1.71	35	280
50	4.66	0.00	35	285
54	4.95	0.00	36	286
59	5.19	0.00	36	284

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค11 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 50 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 เท่ากับ 1.6 ลิตรต่อนาที และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.03	7.00	29	70
5	1.25	6.44	36	100
22	2.08	4.85	34	202
25	2.27	4.51	35	223
29	2.61	3.83	36	240
47	3.59	2.43	35	273
51	3.85	1.90	35	276
54	4.03	1.55	35	287
70	5.11	0.00	35	290
74	5.39	0.00	36	289

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค12 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 60 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 และ 3 เท่ากับ 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.06	7.00	32	64
4	1.26	6.57	33	100
21	2.31	4.68	33	238
25	2.69	4.07	34	247
29	2.83	3.53	33	254
46	4.19	0.00	33	274
48	4.43	0.00	33	276
53	4.66	0.00	35	778
63	5.31	0.00	34	275

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค13 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 50 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 และ 3 เท่ากับ 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	0.92	7.00	32	90
3	0.95	6.55	34	109
20	1.51	5.32	36	194
24	1.81	4.26	35	210
45	3.39	1.79	34	266
49	3.76	1.19	34	270
68	4.94	0.00	35	274

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค14 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 60 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 และ 4 เท่ากับ 1.6 , 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.07	7.00	35	95
16	2.31	4.97	35	240
23	3.19	3.53	35	260
42	4.62	0.00	38	279
48	5.22	0.00	36	278

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค15 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 50 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 และ 4 เท่ากับ 1.6 , 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.04	7.00	34	82
20	1.60	5.71	34	178
25	1.85	4.75	37	196
43	3.19	2.45	36	261
67	5.15	0.00	35	274

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค16 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 60 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 , 4 และ 5 เท่ากับ 1.6 , 1.6 , 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.08	7.00	32	96
21	2.68	4.28	34	261
28	3.54	1.59	36	278
45	5.33	0.00	34	290

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค17 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 50 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 , 4 และ 5 เท่ากับ 1.6 , 1.6 , 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.06	7.00	34	85
19	2.32	4.75	34	252
25	2.90	3.93	38	272
43	4.35	0.00	33	299
49	4.86	0.00	35	299
54	5.26	0.00	34	297

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค18 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 , 4 และ 5 เท่ากับ 3.2 , 1.6 , 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.00	7.00	35	88
4	1.10	6.43	36	122
19	2.96	2.51	35	247
24	3.53	1.98	35	258
28	3.84	1.31	36	263
44	5.30	0.00	31	279

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค19 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 , 4 และ 5 เท่ากับ 3.2 , 3.2 , 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.02	7.00	34	72
4	1.03	6.11	34	127
8	1.20	5.50	33	184
22	2.96	3.25	34	260
26	3.33	2.65	36	270
30	3.66	2.00	36	276
46	4.72	0.05	37	300
50	4.91	0.00	36	301
54	5.21	0.00	36	299

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค20 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 , 4 และ 5 เท่ากับ 3.2 , 1.6 , 3.2 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.01	7.00	31	60
13	2.05	4.54	34	235
18	2.75	3.12	35	250
22	3.05	2.39	38	259
24	3.16	2.12	39	264
38	4.43	0.00	37	284
42	4.62	0.00	38	286
45	4.75	0.00	39	287

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค21 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 , 4 และ 5 เท่ากับ 3.2 , 1.6 , 1.6 และ 3.2 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.06	7.00	32	75
2	1.11	6.37	36	100
19	2.04	4.29	35	254
23	2.23	3.40	36	260
26	2.42	2.80	33	268
43	4.47	0.00	34	296
47	4.75	0.00	35	298
51	4.94	0.00	34	297

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค22 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 , 4 และ 5 เท่ากับ 4.8 , 1.6 , 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.06	7.00	30	80
17	2.59	3.75	32	256
21	2.96	1.70	31	269
24	3.44	1.13	32	275
40	5.06	0.00	33	302
44	5.21	0.00	33	302

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค23 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 เท่ากับ 3.2 ลิตรต่อนาที และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.01	7.00	30	80
8	1.22	4.49	35	201
23	3.30	0.00	35	281
30	4.54	0.00	40	295
38	5.19	0.00	32	296

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค24 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 เท่ากับ 4.8 ลิตรต่อนาที และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.05	7.00	31	72
22	3.39	5.00	34	274
29	4.35	0.86	34	288
40	5.27	0.00	32	301

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค25 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 และ 3 เท่ากับ 3.2 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.05	7.00	33	65
4	1.18	6.71	34	144
8	1.58	3.34	35	230
18	2.90	0.00	35	280
25	4.30	0.00	35	293
30	4.82	0.00	34	301
35	5.16	0.00	34	302

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค26 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 และ 3 เท่ากับ 3.2 และ 3.2 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	0.81	7.00	30	64
20	1.97	4.83	33	260
25	2.80	2.73	35	270
44	4.97	0.00	32	293
48	5.22	0.00	32	292

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค27 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 , 3 และ 4 เท่ากับ 3.2 , 1.6 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.14	7.00	31	80
24	3.09	5.66	31	262
29	3.72	1.36	32	273
34	4.70	0.00	33	277
40	5.25	0.00	33	280

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค28 ผลการทดลองเมื่อใช้อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 72 ลิตรต่อนาที อัตราการให้อากาศในเครื่องหมักคอลัมน์ที่ 1 และ 3 เท่ากับ 3.2 และ 1.6 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ ใช้ปริมาตรในการหมัก 240 ลิตร และเปิดท่อทางออกของอากาศทั้งสี่ทาง

เวลา (ชั่วโมง)	กรดอะซิติก ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร	เอทานอล ร้อยละโดยปริมาตร	อุณหภูมิ (°ซ)	จำนวนเชื้อ (ล้านเซลต่อลบ.ซม.)
0	1.59	7.00	28	112
24	1.98	5.63	34	136
48	3.29	3.07	30	160
73	4.48	0.63	30	176
97	5.57	0.00	30	184
116	6.80	0.00	29	181

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การศึกษาต้นทุนการผลิตน้ำส้มสายชูขนาดอุตสาหกรรม

1. วัตถุประสงค์ เพื่อหาความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำส้มสายชู

2. ข้อมูลและสมมุติฐานในการคำนวณ ได้จากการทดลอง การสอบถามจากบริษัทและโรงงานต่าง ๆ จากหนังสือ "Plant Design and Economics for Chemical Engineer" 3rd edition, 1985

3. การผลิตน้ำส้มสายชูมีกำลังการผลิต 1,000 กิโลกรัมต่อวัน ทำงาน 300 วันต่อปี กระบวนการผลิตแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi-continuous process) เวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน

4. การผลิตน้ำส้มสายชูต้องใช้น้ำหมักเริ่มต้นร้อยละ 20 โดยปริมาตรของการหมักทั้งหมด

5. น้ำสับปะรดที่ได้มีกากสับปะรดประมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

6. น้ำสับปะรดมีความหนาแน่นประมาณ 1.10 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

7. การผลิตไวน์ต้องใช้น้ำหมักเริ่มต้นร้อยละ 5 โดยปริมาตรของการหมักทั้งหมด

8. ไวน์ที่ได้จากการหมักมีความหนาแน่นประมาณ 1.08 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีปริมาณเอทานอลร้อยละ 12 โดยปริมาตร

9. ไวน์ที่ใช้ในการหมักน้ำส้มสายชูมีความหนาแน่น 1.05 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

10. น้ำส้มสายชูที่ออกจากเครื่องหมักมีความหนาแน่น 1.06 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

11. น้ำส้มสายชูที่ได้ในขั้นตอนสุดท้ายมีความหนาแน่น 1.04 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

12. กรรมวิธีการทำให้ใสใช้เบนโทไนท์ (Bentonite) ประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

13. มวลเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำส้มสายชูประมาณร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

14. มวลเซลล์ของเชื้อยีสต์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำส้มสายชูประมาณร้อยละ 0.92 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

สมดุลย์มวลสารในการผลิตน้ำส้มสายชู

ก. น้ำส้มสายชูที่ผลิตได้ 1,000 กิโลกรัมมีปริมาตร = 1,000/1.04

= 961.5 ลิตร

ข. เชื้อจุลินทรีย์และยีสต์มีมวล = (961.5)(0.97)/100

= 9.33 กิโลกรัม

น้ำส้มสายชูที่ได้จากเครื่องหมักมีมวล = 1009.33 กิโลกรัม

น้ำส้มสายชูที่ต้องเหลือไว้ในถังหมักเพื่อทำน้ำหมักเริ่มต้น

= (1009.33x20)/80

= 252.33 กิโลกรัม

ปริมาตรทั้งหมดของการหมักน้ำส้มสายชู = (1009.33+252.33)/1.06

= 1247.38 ลิตร

ค. เบนโทไนซ์ที่ใช้ในกรรมวิธีทำให้ใส = 961.5/100

= 9.61 กิโลกรัม

ง. เชื้อยีสต์ที่แขวนลอยในน้ำหมักมีมวล = (961.5)(0.92)/100

= 8.85 กิโลกรัม

จ. ไวน์ที่จะป้อนเข้าเครื่องหมักน้ำส้มสายชูมีมวล = 1008.85 กิโลกรัม

เชื้อจุลินทรีย์ที่แขวนลอยในน้ำหมักมีมวล = 1009.33 - 1008.85

= 0.48 กิโลกรัม

ฉ. ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเจือจางไวน์ให้มีปริมาณเอทานอลร้อยละ 7

ปริมาตรของไวน์ที่ผลิตได้จากเครื่องหมักไวน์ = (961.5x7/100)(100/12)

= 560.87 ลิตร

ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการเจือจาง = 400.63 ลิตร

= 400.63 กิโลกรัม

ช. ไวน์ที่ได้จากเครื่องหมักไวน์มีมวล = (560.87)(1.08)

= 605.74 กิโลกรัม

ฌ. น้ำสับปะรดที่ใช้ในการผลิตไวน์ = (560.87)(1.1)

= 616.96 กิโลกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช. น้ำสับปะรดเริ่มต้น(น้ำสับปะรด+กาก) = ((560.87x15)/100)
+616.91
= 701.09 กิโลกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมดุลย์มวลสารในการผลิตน้ำส้มสายชู

สมดุลย์มวลสารรอบเครื่องกรอง (F-1)

มวลสารเข้า (กิโลกรัม)		มวลสารออก (กิโลกรัม)	
น้ำส้มปะรด + กาก	701.09	น้ำส้มปะรด	616.96
		กาก	84.13
	701.09		701.09

สมดุลย์มวลสารรอบเครื่องหมักไวน์ (R-1)

มวลสารเข้า (กิโลกรัม)		มวลสารออก (กิโลกรัม)	
น้ำส้มปะรด	616.96	ไวน์	605.74
น้ำหมักเริ่มต้น	29.52	น้ำหมักเริ่มต้น	29.52
		ตะกอนยีสต์	11.22
	646.48		646.48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมดุลย์มวลสารรอบเครื่องหมักน้ำส้มสายชู (R-2)

มวลสารเข้า (กิโลกรัม)		มวลสารออก (กิโลกรัม)	
ไวน์(เจือจางแล้ว)	1008.85	น้ำส้มสายชู	1009.33
น้ำส้มสายชูที่ใช้ทำ-		น้ำส้มสายชูเหลือไว้ทำ-	
น้ำหมักเริ่มต้น	252.33	น้ำหมักเริ่มต้น	252.33
มวลเซลของเชื้อจุลินทรีย์-			
ที่เกิดขึ้นจากการหมัก	0.48		
	1261.66		1261.66

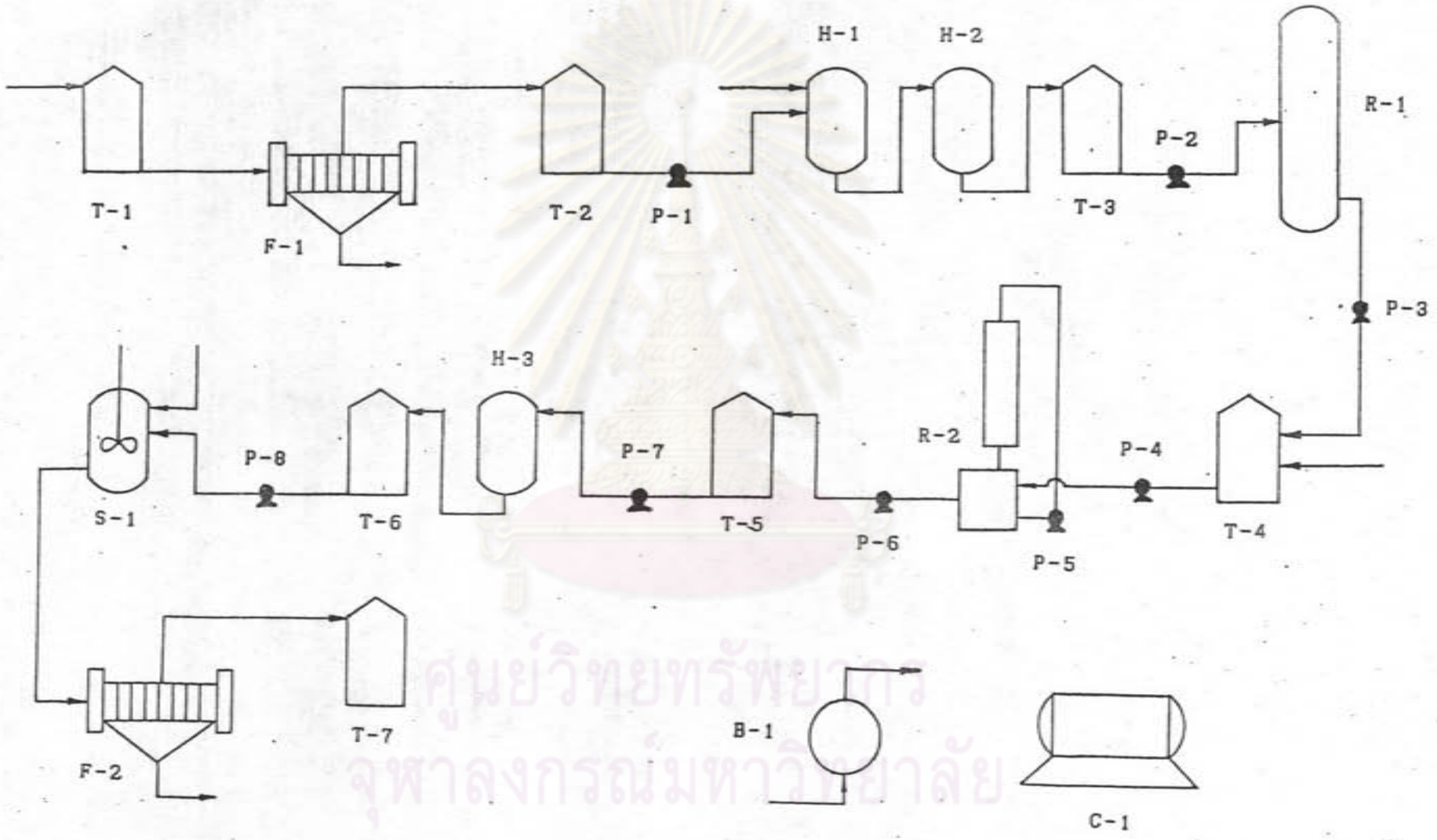
สมดุลย์มวลสารรอบเครื่องกวน (S-1)

มวลสารเข้า (กิโลกรัม)		มวลสารออก (กิโลกรัม)	
น้ำส้มสายชู	1009.33	น้ำส้มสายชู+เบนโทไนท์	1018.94
เบนโทไนท์ที่ใช้	9.61		
	1018.94		1018.94

สมดุลย์มวลสารรอบเครื่องกรอง (F-2)

มวลสารเข้า (กิโลกรัม)		มวลสารออก (กิโลกรัม)	
น้ำส้มสายชู+เบนโทไนท์	1018.94	น้ำส้มสายชูใส	1000.00
		ตะกอนเชื้อ	9.33
		เบนโทไนท์	9.61
	1018.94		1018.94

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.1 กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูแบบกึ่งต่อเนื่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

T-1 ถังเก็บน้ำสับปะรดก่อนการกรอง

T-2 ถังเก็บน้ำสับปะรดหลังการกรอง

T-3 ถังเก็บน้ำสับปะรดหลังจากการฆ่าเชื้อแล้ว

T-4 ถังเก็บไวน์ก่อนการหมักเป็นน้ำส้มสายชู

T-5 ถังเก็บน้ำส้มสายชูเพื่อเตรียมการฆ่าเชื้อ

T-6 ถังเก็บน้ำส้มสายชูเพื่อเตรียมการทำให้ใส

T-7 ถังเก็บน้ำส้มสายชูเพื่อรอการบรรจุ

F-1 เครื่อง filter press กรองกากสับปะรด

F-2 เครื่อง filter press กรองเบนโทไนซ์ในกรรมวิธีการทำให้ใส

H-1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในการฆ่าเชื้อในน้ำสับปะรด

H-2 เครื่อง cooling tower ใช้ในการลดอุณหภูมิของน้ำสับปะรด
หลังจากการฆ่าเชื้อแล้ว

H-3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในการฆ่าเชื้อในน้ำส้มสายชู

R-1 เครื่องหมักไวน์แบบกึ่งต่อเนื่อง

R-2 เครื่องหมักน้ำส้มสายชูแบบกึ่งต่อเนื่อง

S-1 ถังกวนใช้ในการผสมน้ำส้มสายชูกับเบนโทไนซ์

P-1, P-2, P-3, P-4, P-6, P-7, P-8 — เครื่องปั๊มน้ำสับปะรด ไวน์และน้ำส้มสายชู

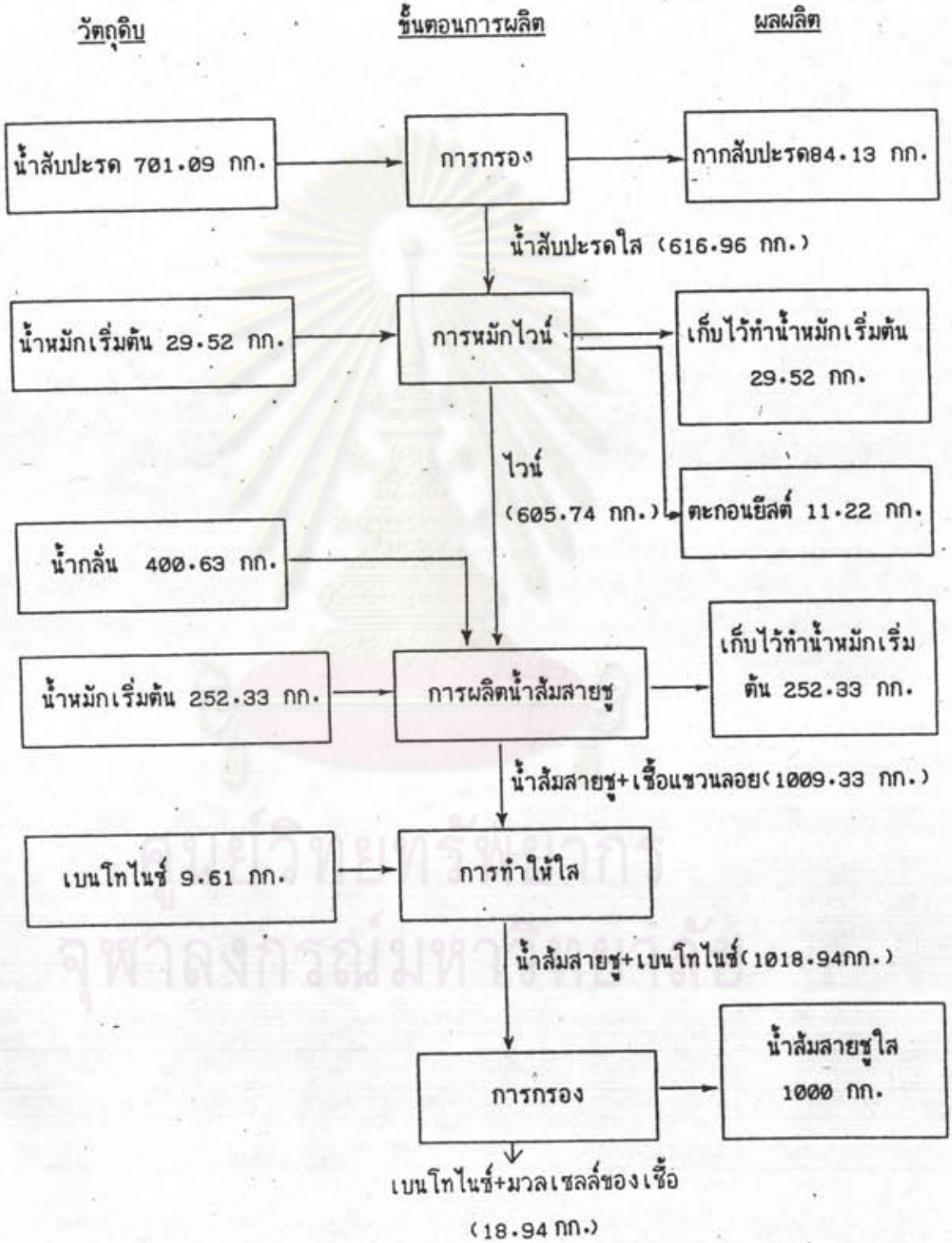
P-5 เครื่องปั๊มน้ำหมักภายในเครื่องหมักน้ำส้มสายชู

B-1 เครื่อง boiler

C-1 เครื่องอัดอากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิการผลิตน้ำส้มสายชูแบบกึ่งต่อเนื่อง



1. <u>การคำนวณหาขนาดของเครื่องหมักน้ำส้มสายชู</u>

โดยการอาศัยข้อมูลการผลิตน้ำส้มสายชูวันละ 60 ลิตรเป็นหลัก แล้วขยายขนาดเพื่อให้สามารถผลิตให้ได้ประมาณ 961.5 ลิตรตามมาตรฐานในการคำนวณที่ตั้งไว้

ดังนั้นการขยายขนาด = 961.5/60 = 16 เท่า

ใช้หลักการขยายขนาดโดยกำหนดให้ k_La และอัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของคอลัมน์ต่อความสูงทั้งหมดของแพคเบดต่อความสูงทั้งหมดของคอลัมน์เท่ากับเครื่องหมักขนาดเล็ก และเพื่อให้ความดันลดภายในคอลัมน์ของเครื่องหมักขนาดใหญ่เท่ากับเครื่องหมักขนาดเล็ก ความสูงในแต่ละชั้นของเครื่องหมักขนาดใหญ่จะต้องเท่ากับเครื่องหมักขนาดเล็ก

ปริมาตรของคอลัมน์ (V_c) = $(D_c^2\pi/4)H$

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของคอลัมน์ (D_c) = 20 เซนติเมตร

ความสูงของคอลัมน์ (H_c) = 280 เซนติเมตร

= $14D_c$

ความสูงของแพคเบดในแต่ละชั้น (H_p) = 20.8 เซนติเมตร

จำนวนชั้น = 4 ชั้น

V_c = 88×10^3 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ขยายขนาด 16 เท่า = 1.408×10^3 ลูกบาศก์เซนติเมตร

= $(H_{ci}/14)^2(H_{ci}\pi/4)$

H_{ci} = $[(1408/22)(14\times14\times4\times7\times10^3)]^{1/3}$

= 705.56 เซนติเมตร

H_{pi} = 20.8 เซนติเมตร

จำนวนชั้น = 705.56/20.8

= 34 ชั้น

D_{ci} = 50.40 เซนติเมตร

คอลัมน์ที่ขยายขนาดใช้ stainless steel หนา 2 มิลลิเมตร ราคาประมาณ 55,000 บาท

แพคเบด เดิมใช้แพคเบดที่มีลักษณะทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (D_p) 2 เซนติเมตร จำนวน 816 ลูกต่อชั้น รวม 3,264 ลูก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้นพื้นที่ผิวของแพคเบดทั้งหมด = $3.264 \times \pi D_p^2$

= 41,033 ตารางเซนติเมตร

พื้นที่ผิวของแพคเบดต่อหน่วยปริมาตรของคอลัมน์ (a)

= 41,033/88,000

= 0.47 ตารางเซนติเมตร

ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ดังนั้นเครื่องหมักขนาดใหญ่จะต้องมีพื้นที่ผิว = $0.47 \times 1,408 \times 10^3$

= 661.76×10^3 ตารางเซนติเมตร

ดังนั้นต้องใช้แพคเบด = $661.76 \times 10^3 / \pi D_p^2$

= 52,640 ลูก

แบ่งใช้ชั้นละ = 52,640/34

= 1,548 ลูก

ลูกแพคเบด หัวกระจายอากาศ และหัวกระจายน้ำหมัก 1 ชุด ราคาประมาณ 22,000 บาท

ถังเก็บน้ำหมักเดิมที่ใช้เก็บน้ำหมักได้ = 80 ลิตร

ขยายขนาด 16 เท่า = 1,280 ลิตร

ใช้ความสูงของถังเก็บน้ำหมักเป็น 2 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง, H = 2D บรรจุน้ำหมักร้อยละ 75

ดังนั้นปริมาตรถังเก็บ = 1,707 ลิตร

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังเก็บ = $r^2 \pi h$

= $r^2 \pi \times 4r$

= 51 เซนติเมตร

ความสูงของถังเก็บ = 103 เซนติเมตร

ถังเก็บน้ำหมักใช้ stainless steel หนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 1 ถัง ราคาประมาณ 22,000 บาท

ปั๊มทนกรดที่ใช้ส่งผ่านน้ำหมักขึ้นไปสเปรย์บนส่วนบนของคอลัมน์ ใช้ขนาด 4 แรงม้า ราคาประมาณ 33,000 บาท (P_m)

อุปกรณ์ทนกรด (stainless steel) ที่ใช้ในการส่งผ่านน้ำหมักในขบวนการหมัก (ท่อวาล์ว สามทาง) ประมาณ 22,000 บาท

ดังนั้นค่าวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องหมักคอลัมน์ 1 ชุด

= 55,000 + 22,000 + 22,000 + 33,000 + 22,000

= 154,000 บาท

2. <u>เครื่องหมักไวน์</u>

เครื่องหมักไวน์ใช้ในการผลิตแบบกึ่งต่อเนื่อง กำลังการผลิตพิจารณาจากเครื่องหมักของนิคม โดยนำมาปรับปรุงให้สามารถผลิตไวน์ที่มีปริมาณเอทานอลร้อยละ 7 โดยปริมาตร เพื่อความสมดุลย์ในการป้อนเข้าเครื่องหมักน้ำส้มสายชูแบบกึ่งต่อเนื่อง ประกอบด้วยคอลัมน์ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร กำลังการผลิตไวน์ประมาณวันละ 6 ลิตร

ในการผลิตไวน์ที่มีปริมาณเอทานอลร้อยละ 12 โดยปริมาตรให้ได้วันละ 560.87 ลิตร ต้องขยายขนาดเป็น 93.48 เท่า

เมื่อพิจารณาการขยายขนาดโดยปริมาตรในเครื่องหมักขนาดเล็กมีปริมาตรเท่ากับ 7.9 ลิตร

ขยายขนาด 93.48 เท่า จะมีปริมาตร = 735 ลิตร

อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางต่อความสูงของคอลัมน์เดิม = 1 : 10

ดังนั้น H = 10D

ขนาดของคอลัมน์ที่ขยายขนาดแล้ว = 735 ลิตร

D = 45 เซนติเมตร

H = 450 เซนติเมตร

คอลัมน์ที่ขยายขนาดใช้ stainless steel หนา 2 มิลลิเมตร ราคาประมาณ 55,000 บาท

3. <u>ถังเก็บน้ำสับปะรด ไวน์ และน้ำส้มสายชู</u>

T-1 , T-2 , T-3 , T-4 , T-5 , T-6 , T-7 เป็นถังเก็บน้ำสับปะรด

ไวน์และน้ำส้มสายชู ปริมาตรถังเก็บคิดจากกำลังการผลิตวันละ 961.5 ลิตร ดังนั้นใช้ถังเก็บที่บรรจุได้ 961.5 ลิตร (บรรจุร้อยละ 75)

ให้ความสูงถังเก็บเป็น 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง , H = 2D

$D^3\pi/2 = 1282$

$D = 93.5$ เซนติเมตร

$H = 187$ เซนติเมตร

ถังเก็บน้ำสับปะรด ไวน์ และน้ำส้มสายชูใช้ stainless steel หนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 7 ถัง ราคาประมาณ 61,600 บาท

4. <u>การคำนวณขนาดของปั๊มทนกรดที่ใช้ในการส่งผ่านน้ำสับปะรด ไวน์ และน้ำส้มสายชู</u> (P-2 , P-3 , P-4 , P-6 , P-8)

การส่งผ่านน้ำหมักในแต่ละหน่วยประมาณวันละ 961.5 ลิตร ทำการส่งผ่านแบบไม่ต่อเนื่องวันละ 1 ครั้ง

ใช้เครื่องปั๊ม $= 961.5/5$

$= 192.3$ ลิตร/นาที

ใช้เครื่องปั๊มทนกรดขนาด 2 แรงม้า จำนวน 5 เครื่อง ราคาประมาณ 110,000 บาท

5. <u>การคำนวณขนาดของปั๊มทนกรดที่ใช้ในขบวนการถ่ายเทความร้อน</u> (P-1 , P-7)

การส่งผ่านน้ำสับปะรด และน้ำส้มสายชูผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ จะส่งผ่านแบบต่อเนื่อง ประมาณวันละ 961.5 ลิตร หรือนาทีละ 0.67 ลิตร ใช้ปั๊มทนกรดขนาด 1/16 แรงม้า จำนวน 2 เครื่อง ราคาประมาณ 8,800 บาท

6. <u>Filter press</u> (F-1 , F-2)

การกรองสับปะรดและเบนโทไนท์ภายในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชู มีกำลังการกรองประมาณวันละ 1,000 กิโลกรัม ดังนั้นจึงใช้เครื่องกรองแบบอัดแรงขนาด 5 แรงม้า 2 ชุด ราคาประมาณ 220,000 บาท

7. <u>เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน</u> (Heat exchanger) (H-1 , H-2)

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนใช้ในการฆ่าเชื้อที่ปนมากับวัตถุดิบ และหลังจากที่ผลิตเป็นน้ำส้มสายชู ดังนั้นจะใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 2 เครื่อง ราคาประมาณ 220,000 บาท

8. <u>การคำนวณขนาดถังกวน</u> (S-1)

การกวนจะเป็นการผสมเบนโทไนท์กับน้ำส้มสายชูให้เข้ากันอย่างดี เพื่อให้เบนโทไนท์สามารถจับสารแขวนลอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ การกวนจะเดินเครื่องแบบไม่ต่อเนื่อง วันละ 2 ครั้ง ครั้งละประมาณ 480 ลิตร หรือประมาณครึ่งหนึ่งของกำลังการผลิตแต่ละวัน ดังนั้นถังกวนที่ใช้จะบรรจุน้ำหมัก 480 ลิตร (บรรจุร้อยละ 75) ใช้ความสูงเป็น 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง , H = 2D

ปริมาตรถังกวน $= V = (D^2/4) H = D^3/2$

$= 480/0.75$

$= 640$ ลิตร

$D = 74.13$ เซนติเมตร

$H = 148.26$ เซนติเมตร

ถังกวนปริมาตร 640 ลิตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 74.13 เซนติเมตร ความสูง 148.26 เซนติเมตร ใช้มอเตอร์ขนาด 1 กำลังม้า ราคาประมาณ 22,000 บาท

9. <u>เครื่อง Cooling tower</u> (H-2)

เครื่อง Cooling tower ใช้ในการลดอุณหภูมิของน้ำสับปะรดหลังจากฆ่าเชื้อแล้ว ซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 80 °ซ เพื่อป้อนเข้าเครื่องหมักไวน์ ใช้ขนาด 2 กำลังม้า ราคาประมาณ 110,000 บาท

10. <u>เครื่อง Boiler</u> (B-1)

ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน(H-1,H-3)

นอกจากนี้ยังใช้ฆ่าเชื้อในทุกส่วนของกระบวนการผลิตหลังจากหยุดการเดินเครื่อง เครื่อง Boiler ใช้ขนาด 1 ตัน ราคาประมาณ 1,320,000 บาท

11. การคำนวณหาขนาดของเครื่องอัดอากาศ

- ปริมาตรอากาศที่ใช้ในการผลิตไวน์ = 0.5 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที
  เวลาที่ใช้ในการให้อากาศ = 4 ชั่วโมง
  ดังนั้นปริมาตรอากาศที่ใช้จริง = 0.5×560.87
  " = 280.435 ลิตรต่อนาทีเป็นเวลา 4 ชั่วโมง
- ปริมาตรอากาศที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู

เครื่องหมักขนาดเล็กใช้อัตราการให้อากาศ 4.8 ลิตรต่อนาทีเป็นเวลา 116 ชั่วโมง ปริมาตรการหมักเท่ากับ 80 ลิตร

อัตราการให้อากาศ = 4.8/80
= 0.06 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที

ปริมาตรอากาศที่ใช้สำหรับ
เครื่องหมักขนาดใหญ่ = (0.06)(1280)
= 76.8 ลิตรต่อนาที

ใช้เครื่องอัดอากาศขนาด 500 ลิตรต่อนาที ราคาประมาณ 110,000 บาท

12. เครื่องเขย่า (shaker)

เครื่องเขย่าใช้ในการทำน้ำหมักเริ่มต้นเมื่อเริ่มต้นการหมักของกระบวนการผลิตไวน์และน้ำส้มสายชู โดยใช้มอเตอร์ขนาด 2 กำลังม้า ราคาประมาณชุดละ 22,000 บาท

13. อุปกรณ์และอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อ ประมาณ 8,800 บาท

ราคาเครื่องมือและเครื่องจักรทั้งหมด = 154,000 + 55,000 + 61,600
+ 110,000 + 220,000 + 220,000
+ 22,000 + 110,000 + 1,320,000
+ 110,000 + 22,000 + 8,800
= 2,492,600 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์การลงทุนและผลกำไร

การประมาณค่าการลงทุน เป็นการวิเคราะห์เงินลงทุนทั้งหมดที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนเป็นกระบวนการผลิตสมบูรณ์ ซึ่งพร้อมที่จะเริ่มผลิตได้ทันที

เงินลงทุนทั้งหมด = เงินลงทุนคงที่ + เงินลงทุนจากการดำเนินการ

1. เงินลงทุนคงที่ = เงินลงทุนโดยตรง + เงินลงทุนโดยอ้อม

1.1 เงินลงทุนโดยตรง

ก.	ค่าเครื่องมือและเครื่องจักร	= 2,492,600	บาท
ข.	ค่าติดตั้ง (25% ของข้อ ก.)	= 623,150	บาท
ค.	ค่าเครื่องควบคุมและค่าติดตั้ง (10% ของข้อ ก.)	= 249,260	บาท
ง.	ค่าการวางท่อภายในกระบวนการผลิตและค่าติดตั้ง (20% ของข้อ ก.)	= 498,520	บาท
จ.	ค่าระบบไฟฟ้าและค่าติดตั้ง (20% ของข้อ ก.)	= 498,520	บาท
ฉ.	อาคารและโรงงาน (50% ของข้อ ก.)	= 1,246,300	บาท
ช.	ค่าที่ดิน (5% ของข้อ ก.)	= 124,630	บาท
	คิดเป็นเงินลงทุนโดยตรง	= 5,732,980	บาท

1.2 เงินลงทุนโดยอ้อม

ก.	วิศวกรและที่ปรึกษา (5% ของข้อ 1.1)	= 286,649	บาท
ข.	ค่าธรรมเนียมและอื่น ๆ (7% ของข้อ 1.1)	= 401,308.6	บาท
	คิดเป็นเงินลงทุนโดยอ้อม	= 687,957.6	บาท
	เงินลงทุนคงที่	= 6,420,937.6	บาท

2. เงินลงทุนจากการดำเนินการ (50% ของข้อ 1.1 ก.) = 1,246,300 บาท

เงินลงทุนทั้งหมด = 7,667,237.6 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประมาณค่าผลผลิตทั้งหมด (estimation of total product cost)

จะวิเคราะห์ราคาผลผลิตทั้งหมดต่อปี (300 วัน) โดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการผลิต (manufacturing cost) และค่าใช้จ่ายทั่วไป (general expense)

ค่าผลผลิตทั้งหมด = ค่าใช้จ่ายในการผลิต + ค่าใช้จ่ายทั่วไป

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

1. ค่าใช้จ่ายในการผลิต คิดจากผลรวมของค่าใช้จ่ายโดยตรงจากการผลิต (direct production cost) ค่าใช้จ่ายคงที่ (fixed charges) และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่นค่าบรรจุหีบห่อ ค่ารักษาความปลอดภัย (plant overhead cost)

1.1 ค่าใช้จ่ายโดยตรง

ก. ค่าวัตถุดิบและสารเคมี

- ค่าน้ำสับปะรดราคาลิตรละ	=	2	บาท
ราคาวัตถุดิบทั้งหมด	=	701.09x2x300	
	=	420,654	บาท
- น้ำกลั่นที่ใช้ราคาลิตรละ	=	1	บาท
ปริมาณน้ำกลั่นที่ใช้	=	400.63	ลิตร
ราคา	=	400.63x300	
	=	120,189	บาท
- เบนโทไนท์ที่ใช้ในกรรมวิธีทำให้ใสวันละ	=	9.61	กิโลกรัม
เบนโทไนท์ราคากิโลกรัมละ	=	80	บาท
ราคาเบนโทไนท์	=	9.61x80x300	
	=	230,640	บาท
รวมเป็นค่าวัตถุดิบและสารเคมี ที่ใช้กระบวนการผลิต	=	771,483	บาท
ข. ค่าจ้างแรงงานทั้งหมดต่อปี (15% ของผลผลิตทั้งหมด)	=	1,131,120	บาท

ค. ค่าที่ปรึกษาและพนักงานสำนักงาน
(15% ของข้อ ข.) = 169,668 บาท
ง. ค่าสาธารณูปโภค
(10% ของค่าผลผลิตทั้งหมด) = 754,079.99 บาท
จ. ค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซม
(5% ของเงินลงทุนคงที่) = 321,046.88 บาท
ฉ. Operating supplies
(0.5% ของเงินทุนคงที่) = 32,104.688 บาท
ช. Laboring changes
(10% ของข้อ ข.) = 113,112 บาท
ซ. Patent and royalies
(2% ของค่าผลผลิตทั้งหมด) = 150,816 บาท
ค่าใช้จ่ายโดยตรงจากการผลิต = 3,443,430.6 บาท

1.2 ค่าใช้จ่ายคงที่
ก. ค่าเสื่อมราคา(10% ของเงินลงทุนคงที่) = 642,093.76 บาท
ข. ค่าภาษี(1% ของเงินลงทุนคงที่) = 64,209.376 บาท
ค. ค่าประกันภัย(0.5% ของเงินลงทุนคงที่) = 32,104.688 บาท
รวมเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ = 738,407.82 บาท

1.3 ค่าใช้จ่ายอื่นๆ(ค่าคงคลัง,ค่ารักษาความปลอดภัย,ฯลฯ)
(15% ของค่าผลผลิตทั้งหมด) = 1,131,120 บาท
ค่าใช้จ่ายในการผลิต = 5,312,958.4 บาท

2. ค่าใช้จ่ายทั่วไป
2.1 ค่าการบริหารงาน(5% ของค่าผลผลิตทั้งหมด) = 377,040 บาท
2.2 ค่าใช้จ่ายในการขายและโฆษณา(14.46% ของค่าผลผลิตทั้งหมด)
= 1,090,399.7 บาท
2.3 ค่าวิจัยและพัฒนา(5% ของค่าผลผลิตทั้งหมด) = 377,040 บาท
2.4 Financing (5% ของเงินลงทุนทั้งหมด) = 383,361.88 บาท
ค่าใช้จ่ายทั่วไป = 2,227,841.6 บาท
ค่าผลผลิตทั้งหมด = 7,540,799.9 บาท

การวิเคราะห์ผลกำไร

น้ำส้มสายชูหมักที่ขายโดยทั่วไปในตลาดปัจจุบันประมาณขวดละ 23 บาท(720 มิลลิลิตร) ค่าขวด,ค่าฝาขวดและเครื่องหมายการค้ากำหนดราคาประมาณขวดละ 4 บาท

กำลังการผลิตน้ำส้มสายชูปีละ	=	288,450	ลิตร
ราคาต้นทุนการผลิตปีละ	=	4,800,000	บาท
คิดเป็นราคาน้ำส้มสายชูลิตรละ	=	16.64	บาท
น้ำส้มสายชู 720 มิลลิลิตรราคา	=	11.98	บาท
ปริมาณการผลิตใน 1 ปีสามารถบรรจุขวดได้	=	400,625	ขวด
คิดเป็นต้นทุนของผลผลิตทั้งหมดเมื่อบรรจุขวด	=	6,401,987.5	บาท
คิดเป็นรายได้จากการขายทั้งสิ้น(ต่อปี)	=	9,214,375	บาท

การคำนวณหารายจ่ายต่อปี

ราคาต้นทุนของผลผลิตทั้งหมด(เมื่อบรรจุขวด)	=	6,401,987.5	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)/100	
	=	736,008.22	บาท
กำไรสุทธิ	=	2,102,880.625-736,008.22	
	=	1,366,872.03	บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหา return on invesment หาได้ 2 วิธีคือ

1. คิดจากกำไรก่อนหักภาษี

r_b = (Px100)/I

r_b = return on invesment ก่อนหักภาษี

P = กำไรก่อนหักภาษี

I = เงินลงทุนคงที่

r_b = (3,220,224.1/6,420,937.6)x100

= 50.15 %

2. คิดจากกำไรสุทธิ

r_a = (Ex100)/I

r_a = return on investment หลังหักภาษี

E = กำไรสุทธิ

I = เงินลงทุนคงที่

r_a = (2,093,145.7/6,420,937.6)x100

= 32.6 %

การหาระยะเวลาคืนทุน (I_p)

I_p = I/P

P = กำไรก่อนหักภาษี

I = เงินลงทุนคงที่

I_p = 6,420,937.6/3,220,224.1

= 1.99 ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นาย ไพจิตร สถาพรธีระ เกิดเมื่อวันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2502 ที่จังหวัดนครราชสีมา จบปริญญาตรีสาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตธนบุรี ปี พ.ศ. 2525 ปัจจุบันพักอยู่บ้านเลขที่ 25/71 ถนนแจ้งวัฒนะ ตำบลบางตลาด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย