

๕๑/๒๕/๒๕๕๐

การศึกษาเครื่องหมักแบบแพคเบคคอดัมน์ในการผลิต
น้ำส้มสายชูจากไวน์สับปะรด



นางสาว พรทิพย์ รัตนะ

004173

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๔

I 16601038

A STUDY OF PACKED BED COLUMN FERMENTER FOR
VINEGAR PRODUCTION FROM PINEAPPLE WINE

MISS PORNTIP RATANA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1981

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาเครื่องหมักแบบแพค เบคคอสันในการผลิต
น้ำส้มสายชูจากไวน์สับปะรด

โดย

นางสาว พรทิพย์ รัตนะ

ภาควิชา

เคมีเทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา วนคุรวงศ์วรรณ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

อาจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประทีฐ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ชัยพิทยากุล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา วนคุรวงศ์วรรณ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.มรกต คันทิเจริญ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาเครื่องหมักแบบแพคเบคคอลลัมน์ในการผลิตน้ำส้ม
สายชูจากไวน์สับปะรด

ชื่อนิสิต

นางสาว พรทิพย์ รัตนะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา วนคุงศ์วรรณ

ภาควิชา

เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา

2524

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเครื่องหมักแบบคอลลัมน์ ซึ่งแพคเบคทำด้วยไม้มะค่าทรงกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร หัวคอลลัมน์มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 7.2 เซนติเมตร และสูง 100 เซนติเมตร ได้ทำการศึกษากการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์สับปะรด โดยใช้เชื้อ *Acetobacter aceti* เปลี่ยนเอทานอลไปเป็นกรดอะซิติก พบว่าอัตราส่วนความเข้มข้นของเอทานอล ต่อกรดอะซิติกเริ่มต้นที่เหมาะสมคือ 7 : 1 และสูตรอาหารเสริมที่เหมาะสมสำหรับเชื้อ *A. aceti* คือ ยีสต์แอกแทรกต์ เปปโตน แมนนิทอล และโคแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ร้อยละ 0.05, 0.03, 0.05, 0.3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรตามลำดับ นอกจากนั้นพบว่าที่ความสูงของแพคเบค 29 เซนติเมตร อัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2.7 ลิตรต่อนาที และอัตราการให้อากาศ 0.02 ปริมาตรอากาศ ต่อปริมาตรน้ำหมัก ต่อนาที จะให้ผลผลิตที่ดีที่สุด คือให้กรดอะซิติกร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในเวลา 66 ชั่วโมง และปริมาณการใช้เอทานอลร้อยละร้อย และเมื่อใช้ไม้มะค่าเป็นแพคเบค จะให้ผลในการผลิตกรดอะซิติก ดีกว่ากรณีที่ใช้พลาสติกและขังข้าวโพค ภายใต้สภาวะการหมักแบบเดียวกัน

Thesis Title A Study of Packed Bed Column Fermenter for
 Vinegar Production from Pineapple Wine
Name Miss Porntip Ratana
Thesis Advisor Associate Professor Vicha Vanadurongwan, Ph.D.
Department Chemical Technology
Academic Year 1981

ABSTRACT

This work has been done on a packed column fermenter. The packing material used are wooden spheres of *Azelia xylocarpa* with 1.5 centimeters in diameter. The column has 7.2 centimeters inside diameter and 100 centimeters in height. Pure culture of *Acetobacter aceti* was used to ferment pineapple wine. It was found that fermenting solution with an initial ethanol and acetic acid ratio of 7:1 gave the best results. The supplementary nutrients for this culture were yeast extract, peptone, mannitol and diammonium hydrogen phosphate at 0.05%, 0.03%, 0.05%, 0.3% w/v respectively. Under optimal conditions, samples with 5% w v of acetic acid could be produced in 66 hours at packing height of 29 centimeters; wort flow rate of 2.7 liter mintue, and the air flow rate of 0.02 vvm. And it was also found that packing with the wooden sphere of *Azelia xylocarpa* yielded a better result than plastic sphere or corn cop at the same operating condition.



กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา วนคุงค์วรมณ ที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ทั้งทางด้านวิชาการ และความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการของภาควิชาเคมีเทคนิค จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ภายใต้ทุนอุดหนุนการวิจัยของคณะวิทยาศาสตร์ ปี 2523 และขอกราบขอบพระคุณต่อ อาจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิโรม์ ที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือเพิ่มเติมทางด้านจุลชีววิทยา ขอขอบคุณสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้เชื้อเพื่อให้เชื้อ Acetobacter aceti มาใช้ในการทดลอง ตลอดจน ขอขอบคุณ คุณอวยพร อีพลากร ที่ได้กรุณาช่วยสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณเกษรี เอื้อสุนทร และ คุณศิริวรมณ จงจิระศิริ รวมทั้งท่านอาจารย์ ที่ ๆ เพื่อน ๆ และเจ้าหน้าที่ ภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี ทำให้งานการศึกษาวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	๖
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๗
กิตติกรรมประกาศ	๘
รายการตารางประกอบ	๙
รายการรูปประกอบ	๑๐
บทที่	
1 บทนำ	1
2 วารสารปริทัศน์	3
2.1 เครื่องหมัก	3
2.2 การเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่จะใช้ในการหมัก	5
2.3 คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้	6
2.3.1 ยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอล	7
2.3.2 เชื้อ <u>A. aceti</u> เปลี่ยนเอทานอลเป็นกรดอะซิติก	7
2.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก	7
2.5 สารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต	8
2.5.1 สารประกอบไนโตรเจน	8
2.5.2 สารประกอบคาร์บอน	8
2.5.3 วิตามิน	9
2.6 เอทานอลและกรดอะซิติก	9
2.7 อัตราการให้ออกซิเจน ในขณะที่ทำการหมัก	9
2.8 แพคเบค	10
2.9 จลนศาสตร์ของการหมัก	10
2.9.1 วิธีการวัดการเจริญเติบโตของเซลล์จุลินทรีย์ ...	11
2.9.1.1 วัดจำนวนเซลล์	11



2.9.1.2	วัดน้ำหนักเซลล์	11
2.9.2	จลนศาสตร์ของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น	12
3	อุปกรณ์และวิธีการ	17
3.1	เครื่องหมักเอทานอล	17
3.2	เครื่องหมักน้ำส้มสายชู	17
3.2.1	คอลัมน์	17
3.2.2	หัวกระจายอากาศและหัวกระจายน้ำหมัก	18
3.2.3	ระบบการไหลหมุนเวียนและดึงเก็บ	18
3.3	วิธีการทดลอง	18
3.3.1	การเตรียมไวน์ส้มปรด	18
3.3.2	การหมักน้ำส้มสายชู	22
3.3.2.1	การเตรียมน้ำหมักเริ่มต้น	22
3.3.2.2	การเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้น	22
3.4	การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในการผลิต	22
3.5	วิธีวิเคราะห์ และการวัด	23
3.5.1	วิธีวิเคราะห์	23
3.5.1.1	การวิเคราะห์หาเอทานอล	23
3.5.1.2	การวิเคราะห์หากรดอะซิติกในรูปของ กรดรวมทั้งหมัก	23
3.5.2	การวัด	23
3.5.2.1	วัดหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	23
3.5.2.2	วัดหาความหนาแน่นของน้ำหมัก	23
3.5.2.3	วัดค่าสภาพการดูดกลืนแสง	24
3.5.2.4	วัดความเป็นกรดค้าง	24

บทที่	หน้า
3.5.2.5 วิกฤตหมู่	24
4 ผลการทดลอง	25
4.1 ความเข้มข้นของเอทานอล และกรดอะซิติกเริ่มต้น ที่เติม เข้าไปก่อนที่จะทำการหมัก	25
4.2 ศึกษาถึงสารอาหารเสริมที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต	25
4.3 ศึกษาถึงอิทธิพลของแพคเบค และความสูงของแพคเบค	26
4.4 ศึกษาถึงอิทธิพลของระบบการไหลหมุนเวียนของน้ำหมัก	26
4.5 ศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราการให้อากาศ	27
4.6 ศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก	27
5 วิจารณ์ผลการทดลอง	56
6 สรุปผลและเสนอแนะ	65
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	70
ประวัติ	104

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1-3	แสดงผลการทดลองเมื่อให้อัตราส่วนของเอทานอลต่อกรดอะซิติก เริ่มต้นร้อยละ 6 : 0.4, 7 : 0.4, 8 : 0.4 ตามลำดับ	76-78
4-6	แสดงผลการทดลองเมื่อให้อัตราส่วนของเอทานอลต่อกรดอะซิติก เริ่มต้นร้อยละ 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1 ตามลำดับ	79-81
7-9	แสดงผลการทดลองเมื่อให้อัตราส่วนของเอทานอลต่อกรดอะซิติก เริ่มต้นร้อยละ 6 : 2, 7 : 2, 8 : 2 ตามลำดับ	82-84
10	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้แมนนิทอลในปริมาณต่าง ๆ กัน คือ ร้อยละ 0, 0.5, 0.1, 0.25 ตามลำดับ	85
11	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้โคโปแตสเชื่อมไฮโครเจนฟอสเฟต ร้อยละ 0.5, เป็นสารอาหารเสริม	86
12	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้โคแอมโมเนียมไฮโครเจนฟอสเฟต ร้อยละ 0.5 เป็นสารอาหารเสริม	87
13-14	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้โคแอมโมเนียมไฮโครเจนฟอสเฟต ในปริมาณ ต่าง ๆ กันคือร้อยละ 0, 0.1, 0.3, 0.5 ตามลำดับ	88-89
15-19	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดแพคเบค ในการผลิต น้ำส้มสายชูจากไวน์สับปะรดที่ความสูงของแพคเบค 0, 15, 22, 29 เซนติเมตรตามลำดับ เมื่ออัตราการใช้อากาศ 0.02 ปริมาตรอากาศต่อ ปริมาตรน้ำหมัก ต่อนาที	90-94
20-21	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดแพคเบคในการผลิต น้ำส้มสายชูจากไวน์สับปะรด เมื่ออัตราการใช้อากาศ 0.02 ปริมาตร อากาศ ต่อปริมาตรน้ำหมัก ต่อนาที ที่ความสูงของแพคเบค 29 เซนติเมตร	95-96

ตารางที่	หน้า
22	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้เครื่องหมักแบบคอล์มันชนิดแพคเบคในการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์สับปรด โดยไม่มีการให้อากาศทางหัวกระจายอากาศ 97
23	แสดงผลการทดลองเมื่ออัตราการให้อากาศ 0.05 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมัก ต่อนาที 98
24	แสดงผลการทดลองเมื่ออัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 2 ลิตรต่อต่อนาที 99
25	แสดงผลการทดลองเมื่ออัตราการไหลเข้าของน้ำหมัก 3.15 ลิตรต่อต่อนาที 100
26	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้พลาสติกเป็นแพคเบค ที่ความสูงของแพคเบค 29 เซนติเมตร 101
27	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ขังข้าวโพคเป็นแพคเบค ที่ความสูงของแพคเบค 29 เซนติเมตร 102
28	แสดงผลการทดลองเมื่อทำการหมักน้ำส้มสายชูแบบชนิดกึ่งต่อเนื่อง โดยทิ้งออกทุก ๆ ชั่วโมงที่ 50 103

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1	แสดงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องหมักแบบคอลัมน์ (นิคม ติประวาโร)	19
2	แสดงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดแพคเบค	20
3	ขั้นตอนในการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์สับประค	21
4	แสดงเปรียบเทียบปริมาณการผลิตกรดอะซิติก เมื่อใช้อัตราส่วนของ เอทานอล ต่อกรดอะซิติก ดังนี้ 0 : 0.4, 7 : 0.4, 8 : 0.4 ...	29
5	แสดงเปรียบเทียบปริมาณการผลิตกรดอะซิติก เมื่อใช้อัตราส่วนเริ่มต้น ของเอทานอล ต่อกรดอะซิติก ดังนี้ 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1	30
6	แสดงเปรียบเทียบปริมาณการผลิตกรดอะซิติกเมื่อใช้อัตราส่วนเริ่มต้น ของเอทานอล ต่อกรดอะซิติก ดังนี้ 6 : 2, 7 : 2, 8 : 2	31
7	แสดงความจำเป็นของแมนนิทอลที่ใช้ในการเจริญเติบโตของเชื้อ <u>A. aceti</u> ในปริมาณต่าง ๆ กันดังนี้ ร้อยละ 0, 0.05, 0.1, 0.25 โดยน้ำหนัก	32
8	แสดงเปรียบเทียบถึงความจำเป็นของโคปัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต และโคแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก	33
9-10	แสดงถึงความจำเป็นของโคแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ใช้ในการ เจริญเติบโตของเชื้อ <u>A.aceti</u> ในปริมาณต่าง ๆ กันดังนี้คือร้อยละ 0, 0.1, 0.3, 0.5, 1 ตามลำดับ	34-35
11	แสดงเปรียบเทียบปริมาณการผลิตกรดอะซิติกที่ความสูงของแพคเบค ต่าง ๆ กันคือ 0, 15, 22, 29 เซนติเมตร	36
12	แสดงเปรียบเทียบปริมาณการลดลงของเอทานอลในเวลาต่าง ๆ กันที่ ความสูงของแพคเบค 15, 29 เซนติเมตร	37
13	แสดงเปรียบเทียบค่าสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร ที่ความสูง ของแพคเบค 15, 29 เซนติเมตร	38

รูปที่		หน้า
14	แสดงเปรียบเทียบปริมาณการผลิตกรดอะซิติกเมื่อมีและไม่มีระบบการไหลหมุนเวียนของน้ำหมัก ที่ความสูงของแพคเบค 15 เซนติเมตร.....	39
15	แสดงเปรียบเทียบปริมาณการผลิตกรดอะซิติกเมื่อมีและไม่มีระบบการไหลหมุนเวียนของน้ำหมัก ที่ความสูงของแพคเบค 29 เซนติเมตร	40
16	แสดงปริมาณการเกิดกรดอะซิติก และการลดลงของเอทานอลที่เวลาต่าง ๆ กัน เมื่อความสูงของแพคเบค 15 เซนติเมตร	41
17	แสดงเปรียบเทียบปริมาณการผลิตกรดอะซิติกเมื่ออัตราการให้อากาศต่าง ๆ กันคือ 0, 0.02, 0.05 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อหน้าที่	42
18-20	แสดงปริมาณการเกิดกรดอะซิติก และการลดลงของเอทานอลที่เวลาต่าง ๆ กัน เมื่ออัตราการให้อากาศต่าง ๆ กันคือ 0, 0.02, 0.05 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อหน้าที่	43-45
21	แสดงเปรียบเทียบปริมาณการลดลงของเอทานอลในเวลาต่าง ๆ กัน เมื่ออัตราการให้อากาศ 0, 0.02, 0.05 ปริมาตรอากาศ ต่อปริมาตรน้ำหมัก ต่อหน้าที่	46
22	แสดงเปรียบเทียบค่าสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร เมื่ออัตราการให้อากาศต่าง ๆ กันคือ 0, 0.02, 0.05 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมัก ต่อหน้าที่	47
23	แสดงเปรียบเทียบปริมาณการผลิตกรดอะซิติก เมื่ออัตราการไหลเข้าของน้ำหมักต่าง ๆ กันคือ 2, 2.7, 3.15 ลิตรต่อหน้าที่	48
24-25	แสดงปริมาณการเกิดกรดอะซิติก และการลดลงของเอทานอลที่เวลาต่าง ๆ กันเมื่ออัตราการไหลเข้าของน้ำหมักต่าง ๆ กันคือ 2, 3.15 ลิตรต่อหน้าที่	49-50

รูปที่		หน้าที่
26	แสดงเปรียบเทียบปริมาณการผลิตกรดอะซิติกเมื่อใช้ พลาสติก ไม้มะค่า และขี้ข้าวโพดเป็นแพคเบค	51
27	แสดงการลดลงของ pH ในการผลิตน้ำส้มสายชูที่เวลาต่าง ๆ กัน ..	52
28	แสดงปริมาณการผลิตกรดอะซิติกแบบชนิดกึ่งต่อเนื่อง โดยใช้เครื่องมือ แบบคอลัมน์ชนิดแพคเบค	53
29	แสดงปริมาณการลดลงของเอทานอลในการผลิตน้ำส้มสายชูแบบชนิดกึ่ง ต่อเนื่อง	54
30	แสดงค่าสภาพการดูดกลืนแสงในการผลิตน้ำส้มสายชู แบบชนิดกึ่งต่อเนื่อง	55