

การศึกษาการผลิตเอทานอลจากน้ำสับปะรดโดย เครื่องหมักแบบคอลัมน์



นายวิชาพงษ์ หาญบุญพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชา เคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-560-768-1

A STUDY OF ETHANOL PRODUCTION FROM PINEAPPLE
JUICE BY COLUMN FERMENTER

Mr. Wicharphong Hanbenjaphong .

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Chemical Technology
Graduate School
Chulalongkorn University

1982

1027 371-307-757-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการผลิตเอทานอลจากน้ำอ้อยประดโดยเครื่องหมัก
 แบบคอลัมน์
 โดย นาย วิชาพงษ์ หาญบุญหงษ์
 ภาควิชา เคมีเทคนิค
 อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา วนดุรงค์วรรณ
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วน
 หนึ่งของ การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
 (รองศาสตราจารย์ ดร.สุประคัมภ์ บุณนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธีระนิเทศกุล)

..... กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา วนดุรงค์วรรณ)

..... กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มรกต ทันติเจริญ)

..... กรรมการ
 (อาจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์)

อธิการบดีของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการผลิตเอทานอลจากน้ำสับประคโดยเครื่องหมักแบบคอลัมน์
ชื่อนิสิต	นาย วิชาพงษ์ หาญเบญจพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา วนคูรงค์วรรณ อาจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์
ภาควิชา	ภาควิชาเคมีเทคนิค
ปีการศึกษา	2524

บทคัดย่อ

งานนี้เป็นการศึกษาการผลิตเอทานอลจากน้ำสับประคโดยใช้เครื่องหมักแบบคอลัมน์ พบว่า อัตราการผลิตเอทานอลที่เหมาะสม เมื่อใช้สารละลายน้ำสับประคที่มีความเข้มข้นน้ำตาลอยู่ในช่วง 14-20 องศาบริกซ์ เป็นสารอาหาร และใช้สารอาหารเสริมประกอบด้วย แอมโมเนียมซัลเฟต, ไคเอมโมเนียม ไฮโดรเจน ฟอสเฟต อย่างละ 0.05 และแมกเนเซียม ซัลเฟต ร้อยละ 0.01 (น้ำหนักต่อปริมาตร) จากการทดลองเบื้องต้นในขวดเซย่า โดยใช้เชื้อยีสต์ *S.ellipsoideus* หรือ *S.cerevisiae* ปริมาณการป้อนอากาศ 0.5 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมัก ต่อนาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ในช่วงแรกของการหมัก ที่ความเข้มข้นน้ำตาล 18 องศาบริกซ์ จะให้ปริมาณเอทานอลดีที่สุดถึงร้อยละ 10.9 (โดยปริมาตร) ภายในเวลา 16 ชั่วโมง โดยใช้น้ำตาลร้อยละ 97 ซึ่งดีกว่าผลที่ได้จากการทดลองโดยใช้สารละลายน้ำสับประคที่ได้จากการเจือจางน้ำสับประคเข้มข้น ในสภาวะเดียวกัน ในการหมักที่จะให้ปริมาณเอทานอลสูงกว่าร้อยละ 13 (โดยปริมาตร) จะต้องใช้สารละลายน้ำสับประคที่มีความเข้มข้นน้ำตาลอยู่ในช่วง 21-25 องศาบริกซ์ ปริมาณการป้อนอากาศนาน 6 ชั่วโมง ซึ่งจะใช้เวลาในการหมักไม่เกิน 24 ชั่วโมง

การผลิตเอทานอลจากน้ำสับประคโดยใช้เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง และใช้สภาวะการหมักที่ดีที่สุดดังกล่าวข้างต้น พบว่าที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมักที่ดีที่สุดคือร้อยละ 25 (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง ซึ่งให้ปริมาณเอทานอลร้อยละ 8 (โดยปริมาตร) โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 13 ปริมาณการใช้น้ำตาลอยู่ในช่วงร้อยละ 70-75 ซึ่งจะช่วยให้กระบวนการหมักอยู่ในการถ่ายเทน้ำหมักที่สมดุลได้มากกว่าการถ่ายเทน้ำหมักในอัตราอื่น

Thesis Title A Study of Ethanol Production from Pineapple
 Juice by Column Fermenter.
Name Mr. Wichaphong Hanbenjaphong
Thesis Advisor Associate Professor Vicha Vanadurongwan, Ph.D.
 Suttisak Suknaisilp, M.S.
Department Chemical Technology
Academic Year 1981

ABSTRACT

This work involved the study of ethanol production from pineapple juice by column fermenter. The pure culture of Saccharomyces ellipsoideus or Saccharomyces cerevisiae was used throughout this study. It was found that the optimum substrate concentrations used were in the range of 14-20 degree Brix with supplements of 0.05% (w/v) of Ammonium Sulfate, 0.05% (w/v) Diammonium Hydrogen Phosphate and 0.01% (w/v) Magnesium Sulfate. The appropriate aeration was 0.5 volume of air/volume of fermented liquid/minute (VVM) for 4 hours. When 18 degree Brix of ethanol was produced in 16 hours with 97% sugar consumption. Fermentation using diluted concentrated pineapple juice gave poorer results and when more concentrated juice viz. 21-25 degree Brix was used, longer aeration at the initial period was necessary.

Semicontinuous condition was also studied using the above conditions. It was found that optimum rate for removal of fermenting medium was 25% by volume for every 3 hours when the first

transfer was conducted at 13th hours. The sugar consumption was in the range of 70-75%.

กิติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา
วนดุรงค์วรรณ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ควบคุมการวิจัยอย่างใกล้ชิด
และให้ความสะดวกในการใช้สถานที่ทำงานของภาควิชาเคมีเทคนิค ตลอดจนได้กรุณาของ
สนับสนุนการวิจัย และขอบพระคุณ อาจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา
ร่วมที่ได้กรุณาให้ความสะดวกและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยมาก

งานวิจัยครั้งนี้คงจะดำเนินไปด้วยความลำบากถ้าหากข้าพเจ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจาก
รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ วัฒนพิทยากุล เกี่ยวกับการให้ความสะดวกในการใช้ห้องทดลอง
และเครื่องมือ จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้ขอขอบพระคุณต่อสถาบันคชคทาและ
พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเอื้อให้เชื้อต่าง ๆ มาใช้ในการทดลอง

สุดท้ายข้าพเจ้ามีความประทับใจเป็นอย่างมากต่ออาจารย์ในภาควิชาเคมีเทคนิค เพื่อน ๆ
เจ้าหน้าที่ และนิสิตในภาคที่ได้ให้การสนับสนุนทางด้านร่างกายแรงใจ ทำให้การศึกษาทดลองวิจัย
นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ม
กิตติกรรมประกาศ	จ
รายการตารางประกอบ	ซ
รายการรูปประกอบ	ฅ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 ทฤษฎีเบื้องต้น	4
3 2.1 ปัจจัยสำคัญในขบวนการหมัก	8
2.2 กลไกในขบวนการหมัก	13
2.3 เครื่องหมัก	15
3 วารสารบริษัท	19
4 การทดลอง	25
4.1 เครื่องมือ	25
4.2 การเตรียมการหมัก	28
✓ 4.3 วิธีการทดลอง	31
4.4 ขั้นตอนในการทดลอง	31
4.5 วิธีการวิเคราะห์	38
5 ผลการทดลอง	39
5.1 การทดลองในขวดแก้วเยชา	39
5.2 การทดลองในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง	44
5.3 การทดลองในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง	98

บทที่ (ต่อ)	หน้า
6 วิจารณ์	145
6.1 การทดลองในขวดแก้วเซซา	145
6.2 การทดลองในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง	145
6.3 การทดลองในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง	164
7 สรุปผลและเสนอแนะ	169
เอกสารอ้างอิง	172
ภาคผนวก	175
ประวัติ	191

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
3-1	ส่วนประกอบทาง เคมีของ น้ำส้มปรงแช่แข็ง และน้ำส้มปรงคั้นในเมืองไทย โดยเฉลี่ย (คิดเป็นร้อยละ)	22
3-2	ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในน้ำส้มปรงแช่แข็งและน้ำส้มปรงคั้นในเมืองไทย โดยเฉลี่ย	23
4-1	แสดง ชนิดและปริมาณสารอาหาร เสริมต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบสูตรสารอาหาร ในขวดแก้ว เซยา	33
4-2	แสดง ชนิดและปริมาณสารอาหาร เสริมต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบสูตรสารอาหาร ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์	35
5-1	แสดง สัญลักษณ์และองค์ประกอบในสูตรสารอาหารที่ใช้ในการทดลองในขวด แก้ว เซยาควยเครื่อง เซยาควยความเร็ว 240 รอบต่อนาที	40
5-2	แสดง สัญลักษณ์และองค์ประกอบในสูตรสารอาหารที่ใช้ในการทดลองในขวด แก้ว เซยาควยเครื่อง เซยาควยความเร็ว 240 รอบต่อนาที	45
5-3	แสดง สัญลักษณ์และองค์ประกอบในสูตรสารอาหารที่ใช้ในการทดลองในขวด แก้ว เซยาควยเครื่อง เซยาควยความเร็ว 240 รอบต่อนาที	49
5-4	แสดง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารที่ใช้ในการทดลอง ผลิตภัณฑ์ของ เชื้อ ยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง	64

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2-1	แสดงรูปร่าง <u>Saccharomyces cerevisiae</u> , CBS, 1895 และ CBS, 1171 ภายหลังจากเลี้ยงในมอลต์แอกแทรกต์ 3 วัน	5
2-2	เปรียบเทียบการย่อยสลายในสภาพที่ไม่มีอากาศและในสภาพที่มีการให้อากาศ โดยยีสต์ (หลัง Lehniger, 1965)	14
4-1	แสดงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมือแบบคอสมัน	26
4-2	แสดงตำแหน่งต่าง ๆ ของรูที่เจาะบนฝาปิด	27
4-3	ขั้นตอนในการเตรียมน้ำดับประดและการหมัก	30
5-1	แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร ของเชื้อยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กันในขวดแก้วเขย่า องค์กรประกอบในสูตรสารอาหารและสภาวะต่าง ๆ ของการหมักแสดงไว้ดังตารางที่ 5-1	41
5-2	แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลในการผลิตเอทานอลของเชื้อยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กันในขวดแก้วเขย่า องค์กรประกอบในสูตรสารอาหารและสภาวะต่าง ๆ ของการหมัก แสดงไว้ดังตารางที่ 5-1	42
5-3	แสดงค่าปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของเชื้อยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กันในขวดแก้วเขย่า องค์กรประกอบในสูตรสารอาหารและสภาวะต่าง ๆ ของการหมักแสดงไว้ดังตารางที่ 5-1	43
5-4	แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร ของเชื้อยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กันในขวดแก้วเขย่า องค์กรประกอบในสารอาหารและสภาวะต่าง ๆ ของการหมัก แสดงไว้ดังตารางที่ 5-2	46

รูปที่ (ต่อ)

- 5-5 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กันในขวดแก้วเขย่า องค์ประกอบในสูตรสารอาหารและสภาวะต่าง ๆ ของการหมัก แสดงไว้ผังตารางที่ 5-2 47
- 5-6 แสดงค่าปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กันในขวดแก้วเขย่า องค์ประกอบในสูตรสารอาหารและสภาวะต่าง ๆ ของการหมัก แสดงไว้ผังตารางที่ 5-2 48
- 5-7 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร ของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ กัน ในขวดแก้วเขย่า องค์ประกอบในสูตรสารอาหารและสภาวะต่าง ๆ ของการหมัก แสดงไว้ผังตารางที่ 5-3 50
- 5-8 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ กัน ในขวดแก้วเขย่า องค์ประกอบในสูตรสารอาหารและสภาวะต่าง ๆ ของการหมัก แสดงไว้ผังตารางที่ 5-3 51
- 5-9 แสดงค่าปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ กัน ในขวดแก้วเขย่า องค์ประกอบในสูตรสารอาหารและสภาวะต่าง ๆ ของการหมัก แสดงไว้ผังตารางที่ 5-3 52
- 5-10 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ในขบวนการหมักแบบให้และไม่ให้อากาศในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 54
- 5-11 แสดงจำนวนเซลล์ยีสต์ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรงในการผลิต

- เอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ในขบวนการหมักแบบ
ไหมและไม้อากาศ ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 55
- 5-12 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์
S.ellipsoideus ในขบวนการหมักแบบไหมและไม้อากาศใน
เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 56
- 5-13 แสดงค่าปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์
S.ellipsoideus ในขบวนการหมักแบบไหมและไม้อากาศใน
เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 57
- 5-14 แสดงสภาวะการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร ในการผลิตเอทานอล
ของเชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ในขบวนการหมักแบบมีและ
ไม่มีการไหลหมุนเวียนของน้ำหมักในท่อป้อนย้อนกลับ ในเครื่องหมัก
แบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 60
- 5-15 แสดงจำนวนเซลล์ยีสต์ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรง ในการผลิต
เอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ในขบวนการหมักแบบ
มีและไม่มี การไหลหมุนเวียนของน้ำหมักในท่อป้อนย้อนกลับ ในเครื่องหมัก
แบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 61
- 5-16 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์
S.ellipsoideus ในขบวนการหมักแบบมีและไม่มี การไหลหมุน
เวียนของน้ำหมักในท่อป้อนย้อนกลับ ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่
ต่อเนื่อง 62
- 5-17 แสดงค่าปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์
S.ellipsoideus ในขบวนการหมักแบบมีและไม่มี การไหลหมุน
เวียนของน้ำหมักในท่อป้อนย้อนกลับในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่
ต่อเนื่อง 63

รูปที่ (ต่อ)

- 5-18 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร ในการผลิตเอทานอลของเชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กัน ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 5-4 66
- 5-19 แสดงจำนวนเซลล์ที่นับได้จากกลองจุลทรรศน์โดยตรงในการผลิตเอทานอลของเชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กัน ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 5-4 67
- 5-20 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลในการผลิตเอทานอลของเชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กันในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 5-4 68
- 5-21 แสดงค่าปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของเชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กันในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 5-4 69
- 5-22 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร ในการผลิตเอทานอลของเชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 5-4 70
- 5-23 แสดงจำนวนเซลล์ที่นับได้จากกลองจุลทรรศน์โดยตรงในการผลิตเอทานอลของเชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กัน ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 5-4 71

- 5-24 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กัน ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 5-4 72
- 5-25 แสดงค่าปริมาณเอทานอลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กัน ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 5-4 73
- 5-26 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร ในการผลิตเอทานอลของเชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ กัน ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 5-4 75
- 5-27 แสดงจำนวนเซลล์ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรงในการผลิตเอทานอลของเชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ กัน ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารดังแสดงไว้ในตารางที่ 5-4 76
- 5-28 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ กัน ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 5-4 77
- 5-29 แสดงค่าปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ กัน ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง องค์ประกอบในสูตรสารอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 5-4 78

รูปที่ (ต่อ)

	อากาศต่าง ๆ กัน สำหรับสารละลายน้ำสับประคมีความเข้มข้นน้ำตาล 25 องศาบริกซ์ ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง	89
5-37	แสดงจำนวนเซลล์ยีสต์ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรงในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> เมื่อไ้ระยะเวลาในการบ่มอากาศต่าง ๆ กัน สำหรับสารละลายน้ำสับประคมีความเข้มข้นน้ำตาล 25 องศาบริกซ์ ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง	90
5-38	แสดงค่าปริมาตรการใช้น้ำตาลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> เมื่อไ้ระยะเวลาในการบ่มอากาศต่าง ๆ กัน สำหรับสารละลายน้ำสับประคมีความเข้มข้นน้ำตาล 25 องศาบริกซ์ ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง	91
5-39	แสดงค่าปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> เมื่อไ้ระยะเวลาในการบ่มอากาศต่าง ๆ กัน สำหรับสารละลายน้ำสับประคมีความเข้มข้นน้ำตาล 25 องศาบริกซ์ ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง	92
5-40	แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ K ₁ และ S ₉₀ ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง	94
5-41	แสดงจำนวนเซลล์ยีสต์ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรงในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ K ₁ และ S ₉₀ ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง	95
5-42	แสดงค่าปริมาตรการใช้น้ำตาลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ K ₁ และ S ₉₀ ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง	96
5-43	แสดงค่าปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ K ₁ และ S ₉₀ ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง	97

รูปที่ (ต่อ)

ภาพ

- 5-44 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร ในการผลิตเอทานอลของเชื้อ S.ellipsoideus เมื่อเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้นในคอลัมน์และในช่วงแถว เซฟาควย เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 100
- 5-45 แสดงจำนวนเซลล์ยีสต์ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรง ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้นในคอลัมน์และในช่วงแถว เซฟาควย เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 101
- 5-46 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้นในคอลัมน์และในช่วงแถว เซฟาควย เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 102
- 5-47 แสดงค่าปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อเตรียมเชื้อหมักเริ่มต้นในคอลัมน์และช่วงแถว เซฟาควย เครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 103
- 5-48 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร และจำนวนเซลล์ยีสต์ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรง ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำตาลกับประสิทธิภาพเข้มข้นน้ำตาล 20 องศาบริกซ์ ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 16 104
- 5-49 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำตาลกับประสิทธิภาพเข้มข้นน้ำตาล 20 องศาบริกซ์ ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 16 106

รูปที่ (ต่อ)

เนมา

- 5-50 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร และจำนวนเซลล์ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรง ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำตาลสับประคมีความเข้มข้นน้ำตาล 20 องศาบริกซ์ ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 50% (โดยปริมาตร) ทุก 6 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 16 108
- 5-51 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำตาลสับประคมีความเข้มข้นน้ำตาล 20 องศาบริกซ์ ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 50% (โดยปริมาตร) ทุก 6 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 16 110
- 5-52 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร และจำนวนเซลล์ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรง ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำตาลสับประคมีความเข้มข้นน้ำตาล 20 องศาบริกซ์ ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 75% (โดยปริมาตร) ทุก 9 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 16 112
- 5-53 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำตาลสับประคมีความเข้มข้นน้ำตาล 20 องศาบริกซ์ ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 75% (โดยปริมาตร) ทุก 9 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 16 114
- 5-54 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร และจำนวนเซลล์ยีสต์ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรง ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์

รูปที่ (ต่อ)

หน้า

- 5-55 S.ellipsoideus ศึกษเครื่องแม่แบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำส้มปรีดมีความเข้มข้นน้ำตาล 20 องศาบริกซ์ ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 19 116
- 5-56 แสดงภาพปริมาตรการใช้ น้ำตาลและปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิต เอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ศึกษเครื่องแม่แบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำส้มปรีดมีความเข้มข้น น้ำตาล 20 องศาบริกซ์ ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 19 118
- 5-56 แสดงภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตรและจำนวนเซลล์ยีสต์ ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์ ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ศึกษเครื่องแม่แบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำส้มปรีดมีความเข้มข้นน้ำตาล 20 องศาบริกซ์ ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 13 120
- 5-57 แสดงภาพปริมาตรการใช้ น้ำตาลและปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิต เอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ศึกษเครื่องแม่แบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำส้มปรีดมีความเข้มข้น น้ำตาล 20 องศาบริกซ์ ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 13 122
- 5-58 แสดงภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร และจำนวนเซลล์ยีสต์ ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรง ในผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ศึกษเครื่องแม่แบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำส้มปรีดมีความเข้มข้นน้ำตาล 20 องศาบริกซ์

รูปที่ (ต่อ)

หน้า

- ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดย
 เริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 13 และ ทดแทนน้ำหมักด้วย
 สารละลายน้ำส้มปรีดที่มีความเข้มข้นน้ำตาล 15 องศาบริกซ์

124
- 5-59 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิต
 เอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบ
 คอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำส้มปรีดที่มีความเข้มข้นน้ำตาล
 20 องศาบริกซ์ ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3
 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 13 และทดแทน
 น้ำหมักด้วยสารละลายน้ำส้มปรีดที่มีความเข้มข้นน้ำตาล 15 องศาบริกซ์

126
- 5-60 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร และจำนวนเซลล์ยีสต์ที่
 นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรง ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์
S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้
 สารละลายน้ำส้มปรีดที่มีความเข้มข้นน้ำตาล 18 องศาบริกซ์ ที่อัตราการ
 ถ่ายเทน้ำหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเท
 น้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 13

129
- 5-61 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอล
 ของเชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์กึ่งต่อ
 เนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำส้มปรีดที่มีความเข้มข้นน้ำตาล 18 องศาบริกซ์
 ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการ
 ถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 13

131
- 5-62 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร และจำนวนเซลล์ยีสต์ที่
 นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรง ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์
S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อ
 ใช้สารละลายน้ำส้มปรีดที่มีความเข้มข้นน้ำตาล 18 องศาบริกซ์ ที่อัตรา

รูปที่ (ต่อ)

หน้า

การฉายหน้าหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการ
ฉายหน้าหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 16

133

5-63 แสดงสภาพการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิต
เอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบ
คอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำตาลับประคิมที่มีความเข้มข้น
น้ำตาล 18 องศาบริกซ์ เพื่อตรวจการฉายหน้าหมัก 25% (โดยปริมาตร)
ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการฉายหน้าหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 16

135

5-64 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร และจำนวนเซลล์ยีสต์
ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรง ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์
S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อ
ใช้สารละลายน้ำตาลับประคิมความเข้มข้นน้ำตาล 14 องศาบริกซ์ เพื่อตรวจ
การฉายหน้าหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการ
ฉายหน้าหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 13

137

5-65 แสดงสภาพการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิต
เอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบ
คอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำตาลับประคิมความเข้มข้น
น้ำตาล 14 องศาบริกซ์ เพื่อตรวจการฉายหน้าหมัก 25% (โดยปริมาตร)
ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการฉายหน้าหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 13

139

5-66 แสดงสภาพการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร และจำนวนเซลล์ยีสต์
ที่นับได้จากกล้องจุลทรรศน์โดยตรง ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์
S.ellipsoideus ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อ
ใช้สารละลายน้ำตาลับประคิมความเข้มข้นน้ำตาล 14 องศาบริกซ์ เพื่อตรวจ
การฉายหน้าหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการ
ฉายหน้าหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 13 และหลังการฉายหน้าหมักด้วยสารละลาย

รูปที่ (ต่อ)

หน้า

	น้ำส้มประคมมีความเข้มข้นน้ำตาล 18 องศาบริกซ์	141
5-67	แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลที่ได้ในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดกึ่งต่อเนื่อง เมื่อใช้สารละลายน้ำส้มประคมความเข้มข้นน้ำตาล 14 องศาบริกซ์ ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก 25% (โดยปริมาตร) ทุก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มการถ่ายเทน้ำหมักครั้งแรกในชั่วโมงที่ 13 และทดแทนน้ำหมักด้วยสารละลายน้ำส้มประคมความเข้มข้นน้ำตาล 18 องศาบริกซ์	143
6-1	เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กัน ในขวดแก้ว เช้าด้วยเครื่อง เช้าด้วยความเร็ว 240 รอบต่อนาที	146
6-2	เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กัน ในขวดแก้ว เช้าด้วยเครื่อง เช้าด้วยความเร็ว 240 รอบต่อนาที	147
6-3	เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> เมื่อใช้สูตรสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ กัน ในขวดแก้ว เช้าด้วยเครื่อง เช้าด้วยความเร็ว 240 รอบต่อนาที	148
6-4	เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ <u>S.ellipsoideus</u> ในชบวนการหมักแบบโตะและไมโหอากาศในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง	150
6-5	เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลในการผลิต	

- เอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus ในชบวนการหมักแบบมีและไม่มีคาร์โบไฮเดรตเวียนของน้ำหมักในหอป้อนย้อนกลับในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 152
- 6-6 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารชนิดต่าง ๆ กัน ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 155
- 6-7 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สูตรสารอาหารในปริมาณต่าง ๆ กัน ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 156
- 6-8 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สารละลายน้ำกับประตมีความเข้มข้นน้ำตาล 14, 18, 20, 25 และ 30 องศาบริกซ์ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 158
- 6-9 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้สารละลายน้ำกับประตและน้ำกับประตเข้มข้นที่ความเข้มข้นน้ำตาลเดียวกัน และเวลาในการหมักเท่ากัน ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 159
- 6-10 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ S.ellipsoideus เมื่อใช้ระยะเวลาในการบ่มอากาศ 4, 5 และ 6 ชั่วโมง สำหรับสารละลายน้ำกับประตมีความเข้มข้นน้ำตาล 25 องศาบริกซ์ ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดไม่ต่อเนื่อง 162
- 6-11 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำตาลและปริมาณเอทานอลในการผลิตเอทานอลของ เชื้อยีสต์ K_1 และ S_{90} ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์

รูปที่ (ต่อ)

หน้า

ช-1	แผนภูมิเมตาบอลิซึมภายในเซลล์ยีสต์ ยีสต์ไฮนาคาลเป็นแหล่งพลังงาน และแหล่งคาร์บอน	162
ช-2	แสดง การสลายกลูโคสไปเป็นโพรูเวท	184
ช-3	แสดงความสัมพันธ์ของวัฏจักรเครบส์ลูกโซ่หายใจ และ oxidative phosphorylation	187