สายพันธุ์คัดของยีสต์ที่สร้างเอทธิลแอลกอฮอล
ในสภาพที่เหมาะสมจากน้ำอ้อย

นางสาวสมศรี ศิริพิทยางกูร

005299

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาจุลชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2524

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17773003

ETHYL ALCOHOL PRODUCTION FROM CANE JUICE BY SELECTED YEAST STRAINS IN OPTIMAL CONDITION

Miss Somsri Siripitayangoorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Science in Pharmacy

Department of Microbiology

Graduate School

Chulalongkorn University

1981

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สายพันธุ์คัดของยีสต์ที่สร้างเอทธิลแอลกอฮอลในสภาพที่เหมาะสมจากน้ำอ้อย
โดย	น.ส. สมศรี ศิริพิทยางกูร
ภาควิชา	จุลชีววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี พิชญางกูร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิสวาท ทุติยะโพธิ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรพิน ฤดีชื่น)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี พิชญางกูร)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สายพันธุ์คัดของยีสต์ที่สร้างเอทธิลแอลกอฮอลในสภาพที่เหมาะสมจากน้ำอ้อย
ชื่อ	น.ส.สมศรี ศิริพิทยางกูร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี พิชญางกูร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ
ภาควิชา	จุลชีววิทยา
ปีการศึกษา	2523

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การแยกเชื้อยีสต์จากผลตาล 10 แหล่ง ในกรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียง พบว่าผลตาลแต่ละตัวอย่างมียีสต์สายพันธุ์เด่นอยู่ 2 ชนิด แตกต่างกันที่ลักษณะโคโลนีและขนาด คือ กลุ่มหนึ่งโคโลนีสีขาวครีม ฟ่าม ๆ เซลล์รูปกลมหรือรูปไข่ ขนาด (3.6 – 4.6) x (4.6 – 7.9) μ และอีกกลุ่มหนึ่งโคโลนีสีขาวครีม ผิวก่อนข้างมัน เซลล์กลมขนาดเล็ก ขนาด (2.4 – 3.6) x (4.0 – 4.6) μ นำยีสต์ทั้งสองลักษณะที่รวบรวมจากผลตาล 10 แหล่ง กับยีสต์อีก 4 สายพันธุ์ คือ S_{90} S_{10} C_1 C_2 S_{90} ซึ่งเป็นสายพันธุ์ยีสต์มาตรฐานจากที่อื่นรวมเป็น 24 สายพันธุ์ มาคัดความสามารถเชิงเปรียบเทียบในการผลิตแอลกอฮอล โดยมีวิธีคัด 3 ขั้นตอน คือ

1. นำยีสต์ทั้งหมดรวม 24 สายพันธุ์ มาหมักแอลกอฮอลโดยใช้น้ำตาลซูโครส 25 กรัม% เพิ่มอาหารเสริม 3 ชนิด คือ แอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 กรัม/ลิตร โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 กรัม/ลิตร ยีสต์เอกซ์แทรก 0.4 กรัม/ลิตร ปรับ pH = 4.5 หมักที่อุณหภูมิ 28 °ซ. จำนวนรอบการหมุนบนเครื่องเขย่า 80 rpm

2. สายพันธุ์ยีสต์ที่สามารถผลิตแอลกอฮอลได้สูงจากการคัดในขั้นตอนที่ 1 จำนวน 10 สายพันธุ์ มาเพาะในน้ำอ้อยซึ่งเพิ่มอาหารเสริมเช่นเดียวกับข้อที่ 1 ซึ่งคัดความสามารถในการหมักแอลกอฮอลได้สูง จำนวน 5 สายพันธุ์ นำไปคัดความสามารถในการหมักแอลกอฮอลในขั้นต่อไป

3. ยีสต์ที่คัดเลือกได้จำนวน 5 สายพันธุ์ มาคัดความสามารถในการสร้างแอลกอฮอลได้สูงในที่อุณหภูมิสูง 40 °ซ. ในสูตรอาหารเดียวกับข้อ 2 และใช้ยีสต์เป็นสายพันธุ์มาตรฐานเปรียบเทียบ

โดยวิธีการคัดเลือกข้างต้น ได้ยีสต์ที่มีความสามารถหมักแอลกอฮอลได้สูงสุดคือ สายพันธุ์ A_4 ซึ่งหมักแอลกอฮอลได้สูง 4.8% ในขณะที่ S_{90} สายพันธุ์เปรียบเทียบหมักได้ 1.92%

ผลการศึกษาแสดงให้ผลว่ายีสต์ A_4 และ S_{90} สามารถหมักแอลกอฮอลได้ 9.14% และ 10.08% ตามลำดับ เมื่ออยู่ในสภาพอาหารที่สมบูรณ์แล้ว คือ น้ำอ้อยที่เพิ่มอาหารเสริมแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 กรัม/ลิตร โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 กรัม/ลิตร และยีสต์เอกซ์แทรก 0.2 กรัม/ลิตร หมักที่อุณหภูมิ 28 °ซ. ในสภาพอาหารที่มีความเป็นกรด pH 4.0 จำนวนรอบการหมุนในช่วงการแบ่งเซลล์ 150 rpm เป็นเวลา 9 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนความเร็วในช่วงระยะเวลาหมักเป็น 100 rpm เป็นเวลา 60 ชั่วโมง ปริมาณเชื้อที่ใช้ 10% ซึ่งมีความเข้มข้นของจำนวนเซลล์ของยีสต์ A_4 2.0 x 10^8 เซลล์/มล. และ S_{90} จำนวน 1.8 x 10^8 เซลล์/มล.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title	Ethyl alcohol production from cane juice by selected yeast strains in optimal condition
Name	Miss Somsri Siripitayangoorn
Thesis Advisor	Associate Professor Sumalee Pichyangukura,Ph.D. Assistant Professor Santi Thoongsuwan, Ph.D.
Department	Microbiology
Academic Year	1980

ABSTRACT

Isolation of yeast from palmyra palm (Borassus flabellifer) ten places in Bangkok and the adjacent regional provinces, found that, the yeast from each ten different locations showed two distinctive size of morphological differences, which were dull-white colony cells spherical to ovate (3.6 - 4.6) x (4.6 - 7.9) μ and milky-white colony cells spherical globose (2.4 - 3.6) x (4.0 - 4.6) μ. Both types of yeast from those ten locations included the other four control yeast strains S_{90}, S_{10}, C_1 and C_2, all together 24 isolated yeast samples have been tested the ability of fermentation of ethyl alcohol. The selection of strains was based on three steps as follows:

1. Twenty four yeast isolates were cultivated in liquid medium on the purpose of high percentage alcohol production. The medium composed of sucrose 25 gram (gm) percent plus 3 supplement nutrient additive; ammonium sulphate 0.5 gm per liter potassium dihydrogenphosphate 0.3 gm per liter and yeast extract 0.4 gm per liter pH value has been adjusted to 4.5 ferment at 28°C with the rotation rate 80 round per minute (rpm) on the rotary shaker.

2. Ten selected active strains from the above selection were inoculated in the nutrient composed of sugar cane juice and the supplement additives as in step one, only five strains were collected for the third step of screening.

3. The selected five strains of yeast were further screened in order to select high ethanol producer at temperature of 40°C in the same medium and using the standard strain S_{90} as a control.

The best one was obtained from the selection and gave the name, A_4, strain. The highest yield of alcohol produce by A_4 was 4.8% when the standard S_{90} strain gave only 1.92% in the screening step.

The result revealed that the selected yeast strain A_4 and S_{90} gave alcohol 9.14% and 10.08% respectively. The optimized medium was composed of sugar cane juice with

supplement ammonium sulphate 0.5 gm per liter, potassium dihydrogenphosphate 0.3 gm per liter, and yeast extract 0.2 gm per liter, fermented at 28°C and pH 4.0. The rotation rate during the propagation period was 150 rpm for 9 hours and then changed the rotation rate to 100 rpm during the fermentation period for 60 hours. The inoculum size was 10 per cent which had cell concentration 2.0×10^8 cells per ml of yeast strain A_4 and 1.8×10^8 cells/ml of yeast strain S_{90}.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี พิชญางกูร อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือตั้งแต่เริ่มต้น ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิสวาท ทุติยะโพธิ หัวหน้าภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ และผู้ช่วย-- ศาสตราจารย์อรพิน ฤดีชื่น ที่ได้กรุณาช่วยตรวจแก้ไขให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ หัวหน้าแผนกผลิต โรงงานสุราอยุธยา คุณชีรนุช โสตถิโภคา, คุณสุวรรณา ชูพันธ์, คุณอรรณพ มหามิตร, คุณอานนท์ ดุษฎีพรรณ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ

ขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้การสนับสนุนโดยจัดสรรเงินอุดหนุนการวิจัย จำนวน 4,400 บาท ซึ่งได้ใช้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยนี้

ขอบคุณหัวหน้าภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในการอนุมัติให้ลาศึกษาต่อ และในการใช้ห้องปฏิบัติการ

ขอบคุณภาควิชาเคมี ภาควิชาชีวเคมี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ยืมเครื่องใช้และอุปกรณ์ต่าง ๆ

ขอบคุณ คุณดลฤดี ศิริพิทยางกูร คุณละออง เตมียวณิชย์ และพี่น้องและหลานทุกคน ที่ช่วยเหลือในการพิมพ์ต้นฉบับ

ขอบคุณ อาจารย์ชลอ วิเศษเสนีย์ พี่ ๆ เพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจและมีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จเรียบร้อย.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฌ

รายการตารางประกอบ ..... ฎ

รายการรูปประกอบ ..... ฑ

อธิบายคำย่อ ..... ฒ

บทที่

1 บทนำ 1

2 การสอบสวนเอกสาร 3

3 อุปกรณ์และวิธีการ 19

4 ผลการทดลอง 31

5 วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง 63

เอกสารอ้างอิง 83

ภาคผนวก 91

ประวัติ 111

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1	แสดงผลของการรักษาน้ำอ้อย โดยใส่สารกันเสีย โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมเบนโซเอทที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ภายหลังการแช่เชื้อในสารละลายเป็นเวลาต่างกัน แล้วนำไปเพาะเชื้อในอาหารแข็งเลี้ยงเชื้อ (สูตร 4 ในภาคผนวก) และบันทึกผลของการขึ้นของเชื้อ	32
2	แสดงแหล่งที่เก็บผลตาล เชื้อยีสต์ที่แยกได้ และเชื้อยีสต์ที่นำมาเป็นสายพันธุ์มาตรฐาน	34
3	แสดงผลการคัดเชื้อยีสต์เมื่อใช้ซูโครสเป็น C-source เพิ่มอาหารเสริมแอมโมเนียมซัลเฟต โปตัสเซียมไดโฮโดรเจนฟอสเฟต ยีสต์เอกซ์แทรก 0.5 0.3 และ 0.4 กรัม/ลิตร ตามลำดับ ปรับ pH ที่ 4.5 วัดปริมาณเอทธานอลภายหลังการหมัก 7 วัน เมื่อหมักด้วยซูโครส 20 กรัม% (18 °บริกซ์) ปรับการหมุน 100 rpm ที่อุณหภูมิ 26 °ซ. ซูโครส 25 กรัม% (21 °บริกซ์) ปรับการหมุน 80 rpm ที่ 26 °ซ. และที่ซูโครส 25 กรัม% (21 °บริกซ์) ปรับการหมุน 80 rpm ที่ 28 °ซ. ...	36
4	แสดงอัตราการเพิ่มจำนวนเซลล์ของเชื้อยีสต์สายพันธุ์ S_{90} และ A_{14} ในอาหารเหลว YM pH 6 ปรับการหมุนที่ 150 rpm ที่อุณหภูมิห้อง วัดการเจริญโดยวัดความขุ่น OD ที่ความยาวคลื่น 525 nm และนับจำนวนเซลล์/มล.	42

ตารางที่ หน้า

5 แสดงปริมาณเอทธานอลที่เกิดทุก 12 ชั่วโมง ในระยะเวลาหมัก 72 ชั่วโมง เมื่อใช้ยีสต์สายพันธุ์ S_{90} กับ A_4 หมักน้ำอ้อยที่มีปริมาณน้ำตาล 20.2 °บริกซ์ และอาหารเสริมตามสูตร 3 ปรับความเป็นกรดที่ pH 4.5 อุณหภูมิ 28 °ซ. จำนวนรอบการหมุน 60 rpm 46

6 แสดงปริมาณเอทธานอลที่เกิดจากการหมักทุก 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อใช้ยีสต์สายพันธุ์ S_{90} กับ A_4 หมักน้ำอ้อยที่มีปริมาณน้ำตาล 20.2 °บริกซ์ เพิ่มอาหารเสริมตามสูตร 3 ปรับความเป็นกรดที่ pH 4.5 อุณหภูมิ 28 °ซ. จำนวนรอบการหมุน 80 rpm 47

7 แสดงปริมาณเอทธานอลที่เกิดจากการหมักทุก 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อใช้ยีสต์สายพันธุ์ S_{90} กับ A_4 หมักน้ำอ้อยที่มีปริมาณน้ำตาล 20.2 °บริกซ์ ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เพิ่มอาหารเสริมตามสูตร 3 ปรับความเป็นกรดที่ pH 4.5 อุณหภูมิ 28 °ซ. จำนวนรอบการหมุน 80 rpm 48

8 แสดงค่าสัมพันธ์ระหว่างองศาบริกซ์กับปริมาณกรัมเปอร์เซนต์ของน้ำตาลอินเวิร์ทชูการ์ในน้ำอ้อย คำนวณเมื่อไตเตรตกับสารละลายเฟลิงห์ 104

9 แสดงปริมาณเปอร์เซนต์เอทธานอลของสายพันธุ์ยีสต์ คัดโดยหมักในน้ำตาลซูโครส 20 กรัม% (18 °บริกซ์) เพิ่มอาหารเสริมแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 กรัม โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 กรัม ยีสต์เอกซ์แทรก 0.4 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร pH 4.5 ปรับการหมุน 100 rpm ที่อุณหภูมิ 26 °ซ. ภายหลังการหมัก 7 วัน 106

ตารางที่		หน้า
10	แสดงปริมาณเปอร์เซนต์เอทธานอลของสายพันธุ์ยีสต์ คัดโดยหมักในน้ำตาลซูโครส 25 กรัม% (21 °บริกซ์) เพิ่มอาหารเสริมแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 กรัม โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 กรัม ยีสต์เอกซ์แทรก 0.4 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร pH 4.5 ปรับการหมุน 80 rpm ที่อุณหภูมิ 26 °ซ. ภายหลังการหมัก 7 วัน	107
11	แสดงปริมาณเปอร์เซนต์เอทธานอลของสายพันธุ์ยีสต์ คัดโดยหมักในน้ำตาลซูโครส 25 กรัม% (21 °บริกซ์) เพิ่มอาหารเสริมแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 กรัม โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 กรัม ยีสต์เอกซ์แทรก 0.4 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร pH 4.5 ปรับการหมุน 80 rpm ที่อุณหภูมิ 28 °ซ. ภายหลังการหมัก 7 วัน	108
12	แสดงรายละเอียดส่วนประกอบของกากน้ำตาล	109
13	แสดงรายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ ในน้ำอ้อย	110

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1	แสดงปริมาณเอทธานอลเมื่อใช้ยีสต์สายพันธุ์ต่าง ๆ ในการหมักซูโครส ที่เพิ่มอาหารเสริมแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 กรัม/ลิตร โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 กรัม/ลิตร ยีสต์เอกซ์แทรก 0.4 กรัม/ลิตร pH 4.5 วัดปริมาณเอทธานอลภายหลังการหมัก 7 วัน เมื่อใช้ปริมาณซูโครส 20 กรัม% 100 rpm 26 °ซ.. 25 กรัม% 80 rpm 26 °ซ. และ 25 กรัม% 80 rpm 28 °ซ.	37
2	แสดงผลของสายพันธุ์ยีสต์ คัดโดยใช้น้ำอ้อย (20.2 °บริกซ์) ต่อปริมาณเปอร์เซนต์เอทธานอล เมื่อเพิ่มอาหารเสริมแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 กรัม โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 กรัม ยีสเอกซ์แทรก 0.4 กรัม ในน้ำอ้อย 1 ลิตร ที่ pH 4.5 ปรับการหมุนที่ 80 rpm ที่อุณหภูมิ 28 °ซ. หมักเป็นเวลา 4 และ 7 วัน	39
3	แสดงผลการคัดเชื้อยีสต์โดยใช้อุณหภูมิ 28 °ซ. เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วปรับอุณหภูมิเป็น 40 °ซ. 60 ชั่วโมง กับโดยใช้อุณหภูมิ 40 °ซ. เป็นเวลา 72 ชั่วโมง วัดปริมาณเอทธานอลที่ได้จากการหมักเป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยการหมักน้ำอ้อยและเพิ่มอาหารเสริม pH 4.5 ปรับการหมุนที่ 80 rpm	40
4	แสดงอัตราการเจริญเติบโตของยีสต์ S_{90} กับ A_4 ในอาหารเหลว YM มี pH 6 จำนวนรอบการหมุน 150 rpm ที่อุณหภูมิ 28 °ซ. นับจำนวนเซลล์/มล. ในเวลา 24 ชั่วโมง	43

รูปที่		หน้า
5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเซลล์/มล. กับค่า OD วัดที่ความยาวคลื่น 525 nm ของยีสต์ S_{90} กับ A_4 ในอาหารเหลว YM มี pH 6 จำนวนรอบการหมุน 150 rpm ที่อุณหภูมิ 28 °ซ.	44
6	แสดงเปอร์เซนต์เอทธานอลที่เกิดจากการหมักน้ำอ้อย 20.2 °บริกซ์ เพิ่มอาหารเสริม pH 4.5 อุณหภูมิ 28 °ซ. เปรียบเทียบในน้ำอ้อยที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ และจำนวนรอบการหมุนต่างกัน	49
6–1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของยีสต์ S_{90} และ A_4 กับเปอร์เซนต์เอทธานอลที่เกิดจากการหมักน้ำอ้อยที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เพิ่มอาหารเสริมตามสูตร 3 อุณหภูมิ 28 °ซ. จำนวนรอบการหมุน 80 rpm	50
7	แสดงเปอร์เซนต์เอทธานอล ที่เกิดจากการหมักของยีสต์ S_{90} กับ A_4 ในสภาพอาหารที่มีความเป็นกรดต่างกันคือ มี pH 3.5 4 4.5 5 และ 5.5 หมักในน้ำอ้อย 20.6 °บริกซ์ ที่ใส่อาหารเสริมตามสูตร 3 หมักที่อุณหภูมิ 28 °ซ. จำนวนรอบการหมุน 80 rpm	52
8	แสดงเปอร์เซนต์เอทธานอลของยีสต์ S_{90} กับ A_4 หมักน้ำอ้อย 20.6 °บริกซ์ ที่ใส่อาหารเสริมตามสูตร 3 และปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีความเข้มข้นต่างกันคือ 0.3 0.4 0.5 และ 0.6 กรัม/ลิตร หมักที่อุณหภูมิ 28 °ซ. จำนวนรอบการหมุน 80 rpm ปรับ pH 4	53
9	แสดงเปอร์เซนต์เอทธานอลของยีสต์ S_{90} กับ A_4 หมักน้ำอ้อย 20.4 °บริกซ์ ที่ใส่อาหารเสริมแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 กรัม/ลิตร โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 กรัม/ลิตร ยีสเอกซ์แทรกที่มีความเข้มข้นต่างกัน คือ 0.2 0.4 0.5 และ 0.6 กรัม/ลิตร ปรับpH 4 หมักที่อุณหภูมิ 28 °ซ. จำนวนรอบการหมุน 80 rpm	54

รูปที่ หน้า

10 แสดงผลการวัดเปอร์เซนต์เอทธานอล หมักน้ำอ้อย 20.2 °บริกซ์ ที่มีสภาพอาหารสมบูรณ์ (ตามสูตร 5) ในระยะเวลาหมัก 72 ชั่วโมง pH 4 ที่อุณหภูมิ 28 °ซ. จำนวนรอบการหมุน 100 rpm เมื่อปิดจุกฟลาสด้วยวัสดุต่าง ๆ กัน 56

11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนต่อการเพิ่มจำนวนเซลล์/มล. ของยีสต์สายพันธุ์ S_{90} กับ A_4 ที่อ่านออกมาเป็นค่า OD และจำนวนเซลล์/มล. เมื่อเปลี่ยนค่า OD เป็นจำนวนเซลล์/มล. โดยไดลูชั่น (dilution) จากตารางที่ 4 57

12 แสดงผลของจำนวนรอบของการเขย่าต่อการเกิดเอทธานอลด้วยสายพันธุ์ยีสต์ S_{90} กับ A_4 ในน้ำอ้อย 20 °บริกซ์ ที่ใส่อาหารเสริมแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 กรัม โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 กรัม ยีสต์เอกซ์แทรก 0.2 กรัม ในน้ำอ้อย 1 ลิตร ปรับ pH 4 หมักที่อุณหภูมิ 28 °ซ. เมื่อจำนวนรอบการหมุนต่อนาทีในช่วงเพิ่มจำนวนเซลล์ (Propagation) และช่วงการหมัก (Fermentation) ต่าง ๆ กัน 58

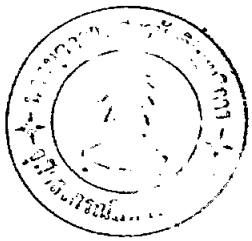
13 แสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อที่ใส่กับเอทธานอลที่เกิดขึ้นจากการหมักน้ำอ้อยที่มีสภาพอาหารสมบูรณ์ เมื่อหมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ S_{90} กับ A_4 ที่อุณหภูมิ 28 °ซ. จำนวนรอบการหมุน 100 rpm เมื่อใส่เชื้อปริมาณต่างกัน 3% 5% 10% และ 20% 60

14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนกับปริมาณเชื้อที่ใส่ โดยผลการวัดเปอร์เซนต์เอทธานอล หมักน้ำอ้อย 20.6 °บริกซ์ ที่มีสภาพอาหารสมบูรณ์ ในระยะเวลาหมัก 60 ชั่วโมง อุณหภูมิ 28 °ซ. จำนวนรอบการหมุนและปริมาณเชื้อ (inoculum size) ต่างกัน 61

รูปที่		หน้า
15	เครื่องวัดเปอร์เซนต์แอลกอฮอล์ Ebulliometer	98
16	แสดงเส้นกราฟมาตรฐานของปริมาณน้ำตาลวัดเป็นองศาบริกซ์ กับ ปริมาณกรัมเปอร์เซนต์อินเวิร์ทชูการ์ เมื่อไตเตรตกับสารละลายเฟลิงค์	105

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อธิบายคำย่อ



กรัม%	=	กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร
กรัม/ลิตร	=	กรัมต่อลิตร
เซลล์/มล.	=	จำนวนเซลล์ใน 1 มิลลิลิตร
°ซ.	=	องศาเซลเซียส
°บริกซ์	=	องศาบริกซ์
มก./กรัม	=	มิลลิกรัมต่อกรัม
มก./กก.	=	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
มล.	=	มิลลิลิตร
BOD	=	Biochemical Oxygen Demand
cells/ml	=	cells per milliliter
C-source	=	carbon source
^{o}C	=	degree celcius
FM	=	Fleischmann
FP	=	Fermipan
gm	=	gram
kg	=	kilogram
μ	=	micron (10^{-6} centimeter)
M	=	molarity
nm	=	nanometer (10^{-9} centimeter)
N	=	normality
N-source	=	nitrogen source
OD	=	optical density
%	=	per cent

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

rpm	=	round per minute
λ	=	wave length
v.v.m.	=	volume per volume per minute
YM	=	yeast extract-malt extract medium

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย