การผลิตมวลชีวภาพของยีสต์จากน้ำทิ้งที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ

นายนพดล เบญจภัทรพงศ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาจุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ภาควิชาจุลชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-159-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17576118

PRODUCTION OF YEAST BIOMASS FROM FAT-CONTAINING WASTE-WATER

Mr Noppadol Benchapattarapong

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Industrial Microbiology

Department of Microbiology
Graduate School
Chulalongkorn University

Academic Year 1997

ISBN 974-637-159-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตมวลชีวภาพของยีสต์จากน้ำทิ้งที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ

โดย นายนพดล เบญจภัทรพงศ์

ภาควิชา จุลชีววิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ส่งศรี กุลปรีชา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. ส่งศรี กุลปรีชา)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. สุเมธ ชวเดช)

.....กรรมการ

(ดร. วศิมน เรืองเล็ก)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

นพดล เบญจภัทรพงศ์ : การผลิตมวลชีวภาพของยีสต์จากน้ำทิ้งที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ (PRODUCTION OF YEAST BIOMASS FROM FAT-CONTAINING WASTE-WATER) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ส่งศรี กุลปรีชา, 170 หน้า. ISBN 974-637-159-2

ในการศึกษาการผลิตมวลชีวภาพของยีสต์จากน้ำทิ้งที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับสัตว์ และเป็นการบำบัดน้ำทิ้งได้ในขณะเดียวกัน จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้งพบว่า น้ำทิ้งมีค่าบีโอดีและค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 558 และ 941 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีไขมันเป็นองค์ประกอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.27 กรัมต่อลิตร จากการคัดแยกและรวบรวมสายพันธุ์ยีสต์ที่เติบโตได้ในน้ำทิ้ง สามารถรวบรวมสายพันธุ์ยีสต์ได้ทั้งหมด 7 สายพันธุ์ ได้แก่ *C* 5045 *C* 5046 *S* 0001 *T* 0001 *Y* 8662 *N* 0001 และ *N* 0002 เมื่อเลี้ยงเชื้อยีสต์ดังกล่าวในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้งที่ไม่เติมแหล่งคาร์บอนเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้น้ำทิ้งเติมแหล่งคาร์บอน ได้แก่ กลีเซอรอลและกลูโคส พบว่าเชื้อ *Y* 8662 เติบโตได้ดีกว่ายีสต์สายพันธุ์อื่นๆ เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้งและน้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล ได้น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดเท่ากับ 2.58 และ 8.40 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนเชื้อ *S* 0001 เติบโตได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้งเติมกลูโคส ได้น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดเท่ากับ 4.63 กรัมต่อลิตร จากการเปรียบเทียบองค์ประกอบภายในเซลล์ยีสต์ที่รวบรวมได้ พบว่าเชื้อ *Y* 8662 มีปริมาณโปรตีนภายในเซลล์ ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน รวมทั้งชนิดและปริมาณวิตามินภายในเซลล์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับสัตว์มากกว่ายีสต์สายพันธุ์อื่นๆ นอกจากนั้นยังสามารถลดค่าบีโอดีและค่าซีโอดีในน้ำทิ้งภายหลังนำไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ได้ 90.7 และ 88.3 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ (ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง) การเลี้ยงในขวดเขย่าเมื่อใช้กล้าเชื้อ *Y* 8662 ที่เหมาะสมคือ กล้าเชื้ออายุ 15 ชั่วโมง เลี้ยงในอาหารที่เตรียมจากน้ำทิ้งซึ่งเติมแอมโมเนียมซัลเฟตและสารสกัดจากยีสต์ ปริมาณ 10 และ 1 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ได้น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดเท่ากับ 6.48 กรัมต่อลิตร อัตราการเติบโตจำเพาะเท่ากับ 0.125 ต่อชั่วโมง และกำลังการผลิตมวลชีวภาพของยีสต์ เท่ากับ 0.322 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมวลชีวภาพของยีสต์ *Y* 8662 ในถังหมัก ได้แก่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที และอัตราการให้อากาศ 1 vvm เมื่อเลี้ยงเชื้อ *Y* 8662 แบบ batch ได้น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดเท่ากับ 8.61 กรัมต่อลิตร อัตราการเติบโตจำเพาะเท่ากับ 0.138 ต่อชั่วโมง และกำลังการผลิตมวลชีวภาพของยีสต์ เท่ากับ 0.438 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ไขมันถูกใช้หมดหลังเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 42 ชั่วโมง และหลังจากการเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีลดลง 97.9 และ 94.2 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงเชื้อ *Y* 8662 แบบต่อเนื่อง อัตราการเจือจางที่ให้กำลังการผลิตมวลชีวภาพของยีสต์สูงสุดเท่ากับ 0.218 ต่อชั่วโมง น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดที่ภาวะคงที่เท่ากับ 10.07 กรัมต่อลิตร และอัตราการเติบโตจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 0.283 ต่อชั่วโมง มีผลทำให้กำลังการผลิตมวลชีวภาพของยีสต์สูงสุดเพิ่มขึ้นเป็น 3.20 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง พบว่าการเลี้ยงเชื้อ *Y* 8662 แบบต่อเนื่องมีประสิทธิภาพสูงกว่าการเลี้ยงเชื้อแบบ batch และการเลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ตามลำดับ

ภาควิชา จุลชีววิทยา ลายมือชื่อนิสิต นพดล เบญจภัทรพงศ์

สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ส่งศรี กุ

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ...

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C726368 : MAJOR INDUSTRIAL MICROBIOLOGY
KEY WORD: YEAST / BIOMASS / PRODUCTION / FAT / WASTE-WATER
NOPPADOL BENCHAPATTARAPONG : PRODUCTION OF YEAST BIOMASS FROM FAT-CONTAINING WASTE-WATER. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF. SONGSRI KULPREECHA, Ph.D. 170 pp. ISBN 974-637-159-2

Production of yeast biomass from waste-water containing fat for animal feed supplement and simultaneously as a remedy of such waste-water, was studied. Analysis of the waste-water shows that it contains 3.27 g/l of fat and has a moderately high level of 558 mg/l of BOD and 941 mg/l of COD in average. Seven yeast strains namely *C* 5045, *C* 5046, *S* 0001, *T* 0001, *Y* 8662, *N* 0001 and *N* 0002 were all capable of growing in this waste-water. Cultivations of all strains in the following three media, waste-water, waste-water plus either glycerol or glucose, were performed. It was found that *Y* 8662 could grow better than other strains in the first two media and reached about 2.58 g/l and 8.40 g/l maximum cell dry-weight, respectively. In waste-water containing glucose medium, *S* 0001 was the best to grow and gave a maximum cell dry-weight of 4.63 g/l. Cell compositions such as the cellular protein, amino acids and vitamin contents of yeast *Y* 8662, were appropriately determined and compared with other strains and other types of animal feed supplement. Consequently, 90.7% decrease in level of BOD and 88.3% in level of COD were observed after a 48-hours-cultivation. This greatly improved the quality of waste-water and put it in the range of standard value to be discharged to environment. In shake flask, from a cultivation in waste-water medium supplemented with 10 g/l $(NH_4)_2SO_4$ and 1 g/l yeast extract using 15 h seed culture under the optimal conditions, 6.48 g/l maximum cell dry-weight, 0.125 h^{-1} of specific growth rate and 0.322 g/l/h. of biomass productivity were obtained. Optimum condition determined in this study for biomass production in a fermenter using *Y* 8662 were as follows ; Temperature 30 °C, pH 5.0, agitation speed 600 rpm. and aeration rate 1 vvm. In a batch fermentation, 8.61 g/l of maximum cell dry-weight, 0.138 h^{-1} of specific growth rate and 0.438 g/l/h. of biomass productivity were achieved while all the fat content was used up within 42 h. The result also showed decreases in levels of BOD and COD to 97.9% and 94.2% respectively after 72 h. cultivation. In a continuous cultivation of *Y* 8662, the maximum biomass productivity observed at the dilution rate of 0.218 h^{-1} that gave about 10.07 g/l cell dry-weight, was up to 3.20 g/l/h. Efficiency of *Y* 8662 in term of biomass production appeared to be highest in the continuous fermentation followed by batch fermentation and shake flask culture respectively.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา จุลชีววิทยา ลายมือชื่อนิสิต นพดล เบญจรัฐพงศ์

สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. ส่งศรี กุลปรีชา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ท่านได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำอันมีค่า และข้อคิดเห็นต่างๆ ของงานด้วยดีตลอดมา รวมทั้งได้ช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ศิษย์ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสุดไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล ที่กรุณารับเป็นประธานกรรมการสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. สุเมธ ชวเดช ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร. วศิมน เรืองเล็ก ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยตลอดจนรับเป็นกรรมการสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณเผ่าไท สิงห์สินธุ์ บริษัท สหฟาร์ม จำกัด ที่กรุณาให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ส่วนหนึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย ดังนั้นจึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย

ขอขอบคุณพี่ๆ เจ้าหน้าที่ของภาควิชาจุลชีววิทยา ตลอดจนพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ร่วมภาควิชาทุกท่าน ที่ได้ให้กำลังใจ ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณจักรกฤษ การงาน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการจัดพิมพ์และจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณชัยนันท์ คุณประทวน เบญจภัทรพงศ์ คุณพ่อ คุณแม่ที่เคารพรักอย่างสูงของผู้วิจัย ที่คอยเป็นกำลังใจและกำลังทรัพย์อย่างดียิ่ง และขอกราบขอบพระคุณ คุณถวิลย์ ถึกสถิตย์ คุณชาลี โรเบิร์ต บูสเซอร์ และคุณภรณ์ทิพย์ ทิพย์เวช บูสเซอร์ ที่ได้ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ประวัติความเป็นมา 1
1.2 ไขมันและกรดไขมัน 3
1.3 การย่อยสลายไขมันและกรดไขมัน 5
1.4 มวลชีวภาพของจุลินทรีย์ 8
1.5 ประเภทของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโปรตีน 14
1.6 วัตถุดิบในการผลิตมวลชีวภาพของยีสต์ 19
1.7 น้ำทิ้งที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ 21
1.8 กระบวนการหมักแบบ batch 25
1.9 กระบวนการหมักแบบ fed batch 26
1.10 กระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง 27
1.11 มูลเหตุจูงใจในการวิจัย 37
1.12 ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 37
1.13 ขั้นตอนการวิจัย 38

2 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 อุปกรณ์และเคมีภัณฑ์ 39
2.2 การเก็บตัวอย่างและการคัดแยกสายพันธุ์ยีสต์จากน้ำทิ้ง 42
2.3 การเก็บรักษาและการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ 43
2.4 การศึกษาการผลิตมวลชีวภาพของยีสต์ 44

หน้า

2.5 วิธีวิเคราะห์ 47

3 ผลการทดลอง

3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำทิ้ง 57

3.2 การคัดแยกและการรวบรวมสายพันธุ์ยีสต์ที่เติบโตได้ในน้ำทิ้ง เปรียบเทียบการเติบโตและองค์ประกอบภายในเซลล์ยีสต์ที่รวบรวมได้ เพื่อคัดเลือกยีสต์สายพันธุ์ที่มีสมบัติเหมาะสมในการผลิตมวลชีวภาพ ของยีสต์จากน้ำทิ้ง 60

3.3 การเลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตมวลชีวภาพของยีสต์ในขวดเขย่า 94

3.4 การเลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตมวลชีวภาพของยีสต์ในถังหมัก 115

4 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 139

รายการอ้างอิง 151

ภาคผนวก

ก สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ 159

ข การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย 161

ค กราฟมาตรฐาน 164

ง สูตรการคำนวณ 167

ประวัติผู้เขียน 170

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 การคาดหมายความต้องการโปรตีนของประชากรโลก 2

1.2 ชนิดของกรดไขมันที่ประกอบอยู่ปริมาณมากในไขมันชนิดต่างๆ และจุดหลอมเหลวของแหล่งไขมันนั้น 5

1.3 บริษัทผู้ผลิตโปรตีนจากมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ 9

1.4 ชนิดของจุลินทรีย์และอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผลิตโปรตีนจากมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในเชิงพาณิชย์ 10

1.5 องค์ประกอบภายในเซลล์ของมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตโปรตีน 12

1.6 กรดอะมิโนภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ FAO และแหล่งโปรตีนอื่นๆ 13

1.7 กรดอะมิโนภายในเซลล์ของยีสต์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ FAO และแหล่งโปรตีนอื่นๆ 17

1.8 ปริมาณวิตามินภายในเซลล์ของยีสต์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตโปรตีน 18

1.9 ตัวอย่างชนิดยีสต์ที่ใช้ในกระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง 29

3.1 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อดักไขมัน บริษัทสหฟาร์ม จำกัด ช่วงมีนาคม 2539 ถึง กุมภาพันธ์ 2540 59

3.2 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในน้ำทิ้ง วิเคราะห์ด้วยเครื่องแคปพิลลารีก๊าซลิควิดโครมาโตกราฟี 60

3.3 การเติบโตของยีสต์ *C* 5045 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น 4.5 62

3.4 การเติบโตของยีสต์ *C* 5046 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้น 4.5 64

ตารางที่ หน้า

3.5 การเติบโตของยีสต์ *S* 0001 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 66

3.6 การเติบโตของยีสต์ *T* 0001 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 68

3.7 การเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 70

3.8 การเติบโตของยีสต์ *N* 0001 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 72

3.9 การเติบโตของยีสต์ *N* 0002 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 74

3.10 น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดและปริมาณโปรตีนภายในเซลล์ยีสต์ 7 สายพันธุ์ เมื่อนำมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอลและ น้ำทิ้งเติมกลูโคส ตามลำดับ ในขวดเขย่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 79

3.11 ค่าอัตราการเติบโตจำเพาะ และค่าสัมประสิทธิ์ของผลผลิตมวลเซลล์เมื่อ เทียบกับสับสเตรททั้งหมดที่ใช้ของยีสต์ทั้ง 7 สายพันธุ์ เมื่อนำมา เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และน้ำทิ้งเติม กลูโคส ตามลำดับ ในขวดเขย่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 83

3.12 ปริมาณกรดนิวคลีอิกทั้งหมดภายในเซลล์ยีสต์ 7 สายพันธุ์ เมื่อนำมา เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 89

ตารางที่ หน้า

3.13 ชนิดและปริมาณวิตามินภายในเซลล์ยีสต์ 7 สายพันธุ์ เมื่อนำมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 90
3.14 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนภายในเซลล์ยีสต์ 3 สายพันธุ์ เมื่อนำมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 91
3.15 ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำทิ้ง เมื่อนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อของยีสต์ 7 สายพันธุ์ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 92
3.16 น้ำหนักเซลล์แห้งของยีสต์ *Y* 8662 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อ 96
3.17 น้ำหนักเซลล์แห้งและไขมันที่เหลือในน้ำทิ้ง เมื่อเลี้ยงยีสต์ *Y* 8662 กล้าเชื้ออายุ 6, 9, 12 และ 15 ชั่วโมง 97
3.18 ผลของการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตในน้ำทิ้ง ที่มีต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 เมื่อเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 101
3.19 ผลของการเติมสารสกัดจากยีสต์ในน้ำทิ้ง ที่มีต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 เมื่อเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 104
3.20 ก. ผลของการเติมสารสกัดจากยีสต์ปริมาณเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณเริ่มต้น 0 (ชุดควบคุม), 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 และ 20.0 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในน้ำทิ้ง ที่มีต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 108
3.20 ข. ผลของการเติมสารสกัดจากยีสต์ปริมาณเริ่มต้น 0.5 กรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณเริ่มต้น 0 (ชุดควบคุม), 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 และ 20.0 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในน้ำทิ้ง ที่มีต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 109
3.20 ค. ผลของการเติมสารสกัดจากยีสต์ปริมาณเริ่มต้น 1.0 กรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณเริ่มต้น 0 (ชุดควบคุม), 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 และ 20.0 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในน้ำทิ้ง ที่มีต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 110

ตารางที่ หน้า

3.21 ผลของแหล่งไนโตรเจนต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 โดยแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตร่วมกับสารสกัดจากยีสต์ที่เติมในน้ำทิ้ง 114
3.22 การเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 ในขวดเขย่าและในถังหมัก ที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 4.5 116
3.23 ผลของอุณหภูมิต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำทิ้งในถังหมัก ที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm ค่าความเป็นกรดด่าง 4.5 118
3.24 ผลของค่าความเป็นกรดด่างต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำทิ้งในถังหมัก ที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 121
3.25 ผลของอัตราการกวนและอัตราการให้อากาศต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 โดยใช้อาหารที่เตรียมจากน้ำทิ้งเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อในถังหมัก แปรผันอัตราการกวนที่ 300, 400, 500 และ 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศที่ 0.5, 1.0 และ 1.5 vvm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 124
3.26 ผลของอัตราการกวนและอัตราการให้อากาศต่อน้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดและโปรตีนภายในเซลล์ของยีสต์ *Y* 8662 ในถังหมักที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 126
3.27 การเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 ในถังหมักด้วยกระบวนการหมักแบบ batch เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 129
3.28 การเลี้ยงเชื้อ *Y* 8662 ในถังหมักด้วยกระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง แปรผันอัตราการเจือจางในการหมัก ที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 134
ง. 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด 167
ง. 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่เป็นแฟคตอเรียลแบบ 2 ปัจจัย 169

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 วิถีเบต้าออกซิเดชันของกรดไขมัน 7

1.2 กระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง 31

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเซลล์ สับสเตรท ผลผลิตมวลเซลล์ เทียบกับสับสเตรทที่ใช้กับอัตราการเจือจางที่ภาวะคงที่ในการเลี้ยงเชื้อแบบต่อเนื่อง 33

1.4 การหาผลผลิตมวลชีวภาพของการเติบโตจริงและพลังงานที่ใช้ในการเก็บรักษาเซลล์ 36

3.1 การเติบโตของยีสต์ *C* 5045 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 63

3.2 การเติบโตของยีสต์ *C* 5046 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 65

3.3 การเติบโตของยีสต์ *S* 0001 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 67

3.4 การเติบโตของยีสต์ *T* 0001 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 69

3.5 การเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 71

3.6 การเติบโตของยีสต์ *N* 0001 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 73

3.7 การเติบโตของยีสต์ *N* 0002 ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำทิ้ง 3 สูตร คือ (ก) น้ำทิ้ง (ข) น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอล และ (ค) น้ำทิ้งเติมกลูโคส เลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 75

รูปที่ หน้า

3.8 น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดของ (ก) *C* 5045, (ข) *C* 5046, (ค) *S* 0001, (ง) *T* 0001, (จ) *Y* 8662, (ฉ) *N* 0001 และ (ช) *N* 0002 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 76

3.9 ก. น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดและโปรตีนภายในเซลล์ของ (ก) *C* 5045, (ข) *C* 5046, (ค) *S* 0001, (ง) *T* 0001, (จ) *Y* 8662, (ฉ) *N* 0001 และ (ช) *N* 0002 ตามลำดับ โดยใช้น้ำทิ้งเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 80

3.9 ข. น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดและโปรตีนภายในเซลล์ของ (ก) *C* 5045, (ข) *C* 5046, (ค) *S* 0001, (ง) *T* 0001, (จ) *Y* 8662, (ฉ) *N* 0001 และ (ช) *N* 0002 ตามลำดับ โดยใช้น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอลเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 81

3.9 ค. น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดและโปรตีนภายในเซลล์ของ (ก) *C* 5045, (ข) *C* 5046, (ค) *S* 0001, (ง) *T* 0001, (จ) *Y* 8662, (ฉ) *N* 0001 และ (ช) *N* 0002 ตามลำดับ โดยใช้น้ำทิ้งเติมกลูโคสเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 82

3.10 ก. สัมประสิทธิ์ผลผลิตมวลเซลล์เมื่อเทียบกับสับสเตรททั้งหมดที่ใช้ และอัตราการเติบโตจำเพาะของ (ก) *C* 5045, (ข) *C* 5046, (ค) *S* 0001, (ง) *T* 0001, (จ) *Y* 8662, (ฉ) *N* 0001 และ (ช) *N* 0002 ตามลำดับ โดยใช้น้ำทิ้งเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 84

3.10 ข. สัมประสิทธิ์ผลผลิตมวลเซลล์เมื่อเทียบกับสับสเตรททั้งหมดที่ใช้ และอัตราการเติบโตจำเพาะของ(ก) *C* 5045, (ข) *C* 5046, (ค) *S* 0001, (ง) *T* 0001, (จ) *Y* 8662, (ฉ) *N* 0001 และ (ช) *N* 0002 ตามลำดับ โดยใช้น้ำทิ้งเติมกลีเซอรอลเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 85

3.10 ค. สัมประสิทธิ์ผลผลิตมวลเซลล์เมื่อเทียบกับสับสเตรททั้งหมดที่ใช้ และอัตราการเติบโตจำเพาะของ (ก) *C* 5045, (ข) *C* 5046, (ค) *S* 0001, (ง) *T* 0001, (จ) *Y* 8662, (ฉ) *N* 0001 และ (ช) *N* 0002 ตามลำดับ โดยใช้น้ำทิ้งเติมกลูโคสเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

รูปที่ หน้า

ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 86
3.11 ปริมาณบีโอดีและปริมาณซีโอดีที่ลดลงของน้ำทิ้ง เมื่อนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ ของ (ก) *C* 5045, (ข) *C* 5046, (ค) *S* 0001, (ง) *T* 0001, (จ) *Y* 8662, (ฉ) *N* 0001 และ (ช) *N* 0002 ตามลำดับ โดยเลี้ยงในขวดเขย่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง 93
3.12 รูปแบบการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อ 96
3.13 รูปแบบการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 เมื่อเลี้ยงในน้ำทิ้ง ใช้กล้าเชื้ออายุ 6, 9, 12 และ 15 ชั่วโมง 98
3.14 เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดของยีสต์ *Y* 8662 เมื่อใช้กล้าเชื้ออายุ 6, 9, 12 และ 15 ชั่วโมง 99
3.15 ผลของการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตในน้ำทิ้ง ที่มีต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 (ก) น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุด และ (ข) โปรตีนจริงภายในเซลล์ เมื่อเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 102
3.16 ผลของการเติมสารสกัดจากยีสต์ในน้ำทิ้ง ที่มีต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 (ก) น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุด และ (ข) โปรตีนจริงภายในเซลล์ เมื่อเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 4.5 105
3.17 ก. ผลของการเติมสารสกัดจากยีสต์ปริมาณเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณเริ่มต้น 0 (ชุดควบคุม), 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 และ 20.0 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในน้ำทิ้ง ที่มีต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 (ก) น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุด และ (ข) โปรตีนจริงภายในเซลล์ 111
3.17 ข. ผลของการเติมสารสกัดจากยีสต์ปริมาณเริ่มต้น 0.5 กรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณเริ่มต้น 0 (ชุดควบคุม), 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 และ 20.0 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในน้ำทิ้ง ที่มีต่อการเติบโตของยีสต์ *Y* 8662 (ก) น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุด และ (ข) โปรตีนจริงภายในเซลล์ 112
3.17 ค. ผลของการเติมสารสกัดจากยีสต์ปริมาณเริ่มต้น 1.0 กรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณเริ่มต้น 0 (ชุดควบคุม), 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 และ 20.0 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในน้ำทิ้ง

รูปที่ หน้า

ที่มีต่อการเติบโตของยีสต์ Y 8662 (ก) น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุด และ (ข) โปรตีนจริงภายในเซลล์ 113
3.18 รูปแบบการเติบโตของยีสต์ Y 8662 ในขวดเขย่าและในถังหมัก 116
3.19 (ก) ผลของอุณหภูมิ และ (ข) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเติบโตของยีสต์ Y 8662 โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำทิ้งในถังหมัก ที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm ค่าความเป็นกรดด่าง 4.5 119
3.20 (ก) ผลของค่าความเป็นกรดด่างและ (ข) ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมต่อการเติบโตของยีสต์ Y 8662 โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำทิ้งในถังหมัก ที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 122
3.21 ผลของอัตราการกวนและอัตราการให้อากาศต่อการเติบโตของยีสต์ Y 8662 โดยใช้อาหารที่เตรียมจากน้ำทิ้งเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 125
3.22 ผลของอัตราการกวนและอัตราการให้อากาศต่อน้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดและโปรตีนภายในเซลล์ของยีสตี Y 8662 ในถังหมัก ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 127
3.23 การเติบโตของยีสต์ Y 8662 โดยใช้อาหารเตรียมจากน้ำทิ้งเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อในถังหมักด้วยกระบวนการหมักแบบ batch เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 130
3.24 การเลี้ยงเชื้อ Y 8662 ด้วยกระบวนการหมักแบบต่อเนื่องในถังหมัก โดยแปรผันอัตราการเจือจางที่ 0.093 (D1), 0.124 (D2), 0.155 (D3), 0.186 (D4), 0.217 (D5), 0.248 (D6) และ 0.279 (D7) ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 133
3.25 ผลของอัตราการเจือจางต่อความเข้มข้นของมวลชีวภาพของยีสต์ Y 8662, ความเข้มข้นของไขมันในน้ำหมัก และกำลังการผลิตมวลชีวภาพของยีสต์ Y 8662 ที่ภาวะคงที่ของการเลี้ยงเชื้อแบบต่อเนื่อง ในถังหมักที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 135

รูปที่ หน้า

3.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง 1/D และ 1/S สำหรับหาอัตราการเติบโตจำเพาะสูงสุด (μ_{max}) และค่าคงที่ (K_S) จากการเลี้ยงเชื้อแบบต่อเนื่องของยีสต์ *Y* 8662 ที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 136

3.27 การหาอัตราการเติบโตจำเพาะสูงสุดที่อัตราการเจือจาง 0.800 ต่อชั่วโมง จากการเลี้ยงเชื้อแบบต่อเนื่องของยีสต์ *Y* 8662 ที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 136

3.28 ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/Y_{X/S}$ และ 1/D สำหรับหาค่าผลผลิตมวลชีวภาพของการเติบโตจริง (Yg) และค่าพลังงานที่ใช้ในการเก็บรักษา จากการเลี้ยงเชื้อแบบต่อเนื่องของยีสต์ *Y* 8662 ที่อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 138

ค. 1 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้งของยีสต์ *Y* 8662 164

ค. 2 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณโปรตีน 164

ค. 3 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 165

ค. 4 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน 165

ค. 5 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณ RNA 166

ค. 6 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณ DNA 166

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย