การฟอกสีและผลิตโพลีแซคคาไรด์จากน้ำกากส่าโดยเชื้อรา

นายดิเรก ธนานนท์นิวาส

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาจุลชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2534

ISBN 974-581-000-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018354 I15220497

Decolorization and Polysaccharide Production from Distillery Slop by Fungus

Mr.Direk Thananonniwat

A Thesis submitted in Partial Fulfillments of the Requirement
for the Degree of Master of Science
Department of Microbiology
Graduate School
Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-581-000-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การฟอกสีและผลิตโพลีแซคคาไรด์จากน้ำกากส่าโดยเชื้อรา

โดย นายดิเรก ธนานนท์นิวาส

ภาควิชา จุลชีววิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ สุชาดา จาติกวนิช

รองศาสตราจารย์ ดร.ประกิตติ์สิน สีหนนทน์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วีระวุฒิ มหามนตรี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ สุชาดา จาติกวนิช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. กรรณิการ์ กัลยาวงศ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ สุพรรณ ชาตตระกูล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ดิเรก ธนานนท์นิวาส์ : การฟอกสีและผลิตโพลีแซ็คคาไรด์จากน้ำกากส่าโดยเชื้อรา (DECOLORIZATION AND POLYSACCHARIDE PRODUCTION FROM DISTILLERY SLOP BY FUNGUS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.สุชาดา จาติกวนิช, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร.ประกิตติ์ลิน ลีหนันท์, 117 หน้า. ISBN 974-581-000-2

จากการคัดเลือกราจากตัวอย่างดินแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทยจำนวนทั้งสิ้น 380 สายพันธุ์ พบว่ามีราที่สามารถฟอกสีน้ำกากส่าได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 7 สายพันธุ์ ราสายพันธุ์ D-1 เป็นราที่มีความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าสูงสุด นอกจากนี้แล้วยังสามารถผลิตโพลีแซ็คคาไรด์ได้ในเวลาเดียวกัน เมื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสม เช่น ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อและสภาวะแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญ ประสิทธิภาพในการฟอกสีน้ำกากส่าและการผลิตโพลีแซ็คคาไรด์แล้ว พบว่าเมื่อเลี้ยงราสายพันธุ์ D-1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งประกอบด้วย น้ำกากส่าเสริมด้วย น้ำตาลกลูโคส 2.5 เปอร์เซ็นต์ และยีสต์สกัด 0.1 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 5.0 เขย่าบนเครื่องเขย่าแบบหมุนความเร็ว รอบ 200 รอบต่อนาที บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ราสายพันธุ์ D-1 มีการฟอกสี 97 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญสูงสุด 0.6275 กรัมน้ำหนักแห้งต่อ 100 มิลลิลิตรของอาหารเลี้ยงเชื้อในเวลา 6 วัน และผลิตโพลีแซ็คคาไรด์ได้สูงสุด 0.3550 กรัมน้ำหนักแห้งต่อ 100 มิลลิลิตรของอาหารเลี้ยงเชื้อ ในเวลา 4 วัน จากการจำแนกชนิดของราสายพันธุ์ D-1 พบว่าอยู่ในกลุ่ม Deuteromycetes เนื่องจากรามีสายใยลียาว มีผนังกั้นแต่ละเซลล์ มีการสร้างสปอร์ที่ปลายสายใยและระหว่างสายใย (arthrospore) สปอร์มีลักษณะแบบถังเบียร์ (barrel-shape) ไม่พบการสร้างแคลมป์คอนเนคชั่น จัดอยู่ใน Order Moniliales ใน Family Moniliaceae และใน Genus Amblyosporium จัดได้ว่าราสายพันธุ์ D-1 เป็นรา Amblyosporium sp.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา จุลชีววิทยา ลายมือชื่อนิสิต ดิเรก ธนานนท์นิวาส์

สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา สุชาดา จาติกวนิช

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

DIREK THANANONNIWAT : DECOLORIZATION AND POLYSACCHARIDE PRODUCTION FROM DISTILLERY SLOP BY FUNGUS. THESIS ADVISOR : ASSO PROF. SUCHADA JATIKAVANICH, ASSO PROF. PRAKITSIN SIHANONTH, Ph.D. 117 PP.
ISBN 974-581-000-2

Isolated 380 fungal strain from Thai soil were found that fungal strain D-1 had the ability not only in decolorizing distillery slop but also in producing polysaccharide at the same time. Optimization conditions such as environ mental factors and medium composition affected growth, decolorization efficiency and polysaccharide production were studied. It was observed that molasses waste water supple mented with 2.5% glucose and 0.1% yeast extract, initial pH adjusted to 5.0, agitated on rotary shaker at 200 rpm and incubate at 30°c gave the maximum growth rate about 0.6275 grams dried mycelial weight per 100 ml. of medium, maximum decolorization activity about 97% and maximum polysaccharide production about 0.355 grams dried matter weight per 100 ml. of medium within 4 days. The isolated strain D-1 was identified in Class Deuteromycetes due to characteristic of white mycelium, septate hyphae formation, arthrospore, barrel-shape spore forming, no clamp connection. This potent strain was identical with the Order Moniliales, the Family Moniliaceae, the Genus Amblyosporium, so the fungus D-1 was Amblyosporium sp.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา จุลชีววิทยา
สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2534

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ สุชาดา จาติกวนิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ประกิตติ์สิน สีหนนทน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาช่วยเหลือแนะนำแนวความคิด ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงทั้งสองท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ วีระวุฒิ มหามนตรีประธานกรรมการ และรองศาสตราจารย์ ดร. กรรณิการ์ กัลยาวงศ์ ที่ได้กรุณารับเป็นกรรมการสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์สุพรรณ ชาตตระกูล ที่ได้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย ที่โรงงานสุราแสงโสม จังหวัดนครปฐม รวมทั้งยังได้กรุณารับเป็นกรรมการสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณพี่ๆเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์โรงงานสุราแสงโสม จังหวัดนครปฐม ที่ได้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยด้วยดี ตลอดมา

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งเพื่อนๆ และพี่ๆ น้องๆ ที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนการทำวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกต่างๆ

ขอขอบพระคุณมูลนิธินิสิตเก่า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนการศึกษาในปี 2530

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติ พี่ น้อง ทุกคน ที่ได้สนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตั้งแต่เริ่มต้นจนสมบูรณ์

สารบัญ

เรื่อง หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญรูป..... ฌ

คำย่อ..... ฑ

บทที่

1. บทนำ..... 1

2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย..... 21

3. ผลการวิจัย..... 31

4. สรุปและอภิปรายผลการทดลอง..... 93

เอกสารอ้างอิง..... 101

ภาคผนวก..... 109

ประวัติผู้เขียน..... 117

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. แสดงผลผลิตและประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลและกากน้ำตาล ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2525-2530..... 1
2. แสดงคุณสมบัติของน้ำกากส่าของโรงงานผลิตเอทานอลต่างๆ..... 3
3. แสดงสถานที่เก็บตัวอย่างประเภทของตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างที่เก็บ.. 24
4. แสดงจำนวนสายพันธุ์ราที่นำมาศึกษาความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า บนอาหารแข็ง (MPA) และจำนวนสายพันธุ์ราที่มีความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าได้..... 32
5. แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า การเจริญและการผลิตโพลีแซคคาไรด์ ของราสายพันธุ์ D-1,D-2,D-3,D-4,D-5,D-6 และ D-7 ที่แยกจากอากาศในภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ผสมสารละลายสีน้ำกากส่า(MPM) ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ reciprocal ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน.....38
6. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า การเจริญและการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 ระหว่างการใช้สปอร์กับสายใยเป็นเชื้อเริ่มต้น เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ผสมสารละลายสีน้ำกากส่า (MPM) ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่า 2 แบบคือ แบบ reciprocal และแบบ rotary ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 43
7. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า การเจริญและการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่า 2 แบบคือ แบบ reciprocal และแบบ rotary ความเร็วรอบในการเขย่า 4 ระดับคือ 50,100,150 และ 200 รอบต่อนาที และในขนาดของขวดต่างกัน 2 ขนาดคือ 250 มล.และ 500 มล. อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 51

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

8. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า การเจริญและการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อใช้สายใยราเป็นเชื้อเริ่มต้นในปริมาณต่างๆกัน เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 56

9. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า การเจริญและการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ในระดับต่างๆ กันตั้งแต่ 3 ถึง 8 เลี้ยงเชื้อบนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 61

10. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า การเจริญและการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรอุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 30 ถึง 50 องศาเซลเซียส และเลี้ยงเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 66

11. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า การเจริญและการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรชนิดของแหล่งอาหารคาร์บอน 2 ชนิดคือ น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลซูโครส ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 เลี้ยงเชื้อ บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 71

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

12. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า การเจริญและการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 ในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 0 ถึง 3.0 เปอร์เซ็นต์ และเลี้ยงเชื้อบนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน 76

13. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า การเจริญและการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรชนิดของแหล่งอาหารแหล่งอาหารไนโตรเจน 6 ชนิดคือ ยีตส์สกัด, เปปโตน,โพลีเปปโตน,โซเดียมไนเตรท,แอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรีย ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 เลี้ยงเชื้อบนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 81

14. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า การเจริญและการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรความเข้มข้นของยีสต์สกัดในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 ในปริมาณต่างๆกันตั้งแต่ 0 ถึง 0.6 เปอร์เซ็นต์ และเลี้ยงเชื้อบนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน 86

15. แสดงสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM (Molasses Pigment Medium) ที่ปรับปรุงสูตรให้เหมาะสมในการฟอกสีน้ำกากส่าและผลิตโพลีแซคคาไรด์ ของราสายพันธุ์ D-1 แล้ว..... 87

16. คุณภาพน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม..... 115

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1. แสดงตัวอย่างการคัดเลือกราที่มีความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งที่ผสมสารละลายสีน้ำกากส่า (MPA) 33
2. แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าของราสายพันธุ์ D-1,D-2,D-3,D-4,D-5,D-6 และ D-7 เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ผสมสารละลายสีน้ำกากส่า MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ reciprocal ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 วัน..... 35
3. แสดงการเปรียบเทียบการเจริญของราสายพันธุ์ D-1,D-2,D-3,D-4, D-5,D-6 และ D-7 เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ผสมสารละลายสีน้ำกากส่า MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ reciprocal ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 36
4. แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตโพลีแซคคาไรด์ ของราสายพันธุ์ D-1,D-2,D-3,D-4,D-5,D-6 และ D-7 เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ผสมสารละลายสีน้ำกากส่า MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 ด้วยเครื่องเขย่าแบบ reciprocal ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 37
5. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่า ของราสายพันธุ์ D-1 ระหว่างการใช้สปอร์กับสายใยเป็นเชื้อเริ่มต้นเมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ผสมสารละลายสีน้ำกากส่า MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่า 2 แบบคือ แบบ reciprocal และแบบ rotary ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6. แสดงผลการเปรียบเทียบการเจริญของราสายพันธุ์ D-1 ระหว่างการใช้สปอร์กับสายใยเป็นเชื้อเริ่มต้น เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ผสมสารละลายสีน้ำกากส่า MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่า 2 แบบคือ แบบ reciprocal และแบบ rotary ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 41

7. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 ระหว่างการใช้สปอร์กับสายใยเป็นเชื้อเริ่มต้นเมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ผสมสารละลายสีน้ำกากส่า MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่า 2 แบบคือ แบบ reciprocal และแบบ rotary ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 42

8. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ reciprocal ใช้ความเร็วในการเขย่า 4 ระดับคือ 50,100,150 และ 200 รอบต่อนาที ความเร็วแต่ละระดับใช้ขนาดของขวดต่างกัน 2 ขนาดคือ 250 มล.และ 500 มล. อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 45

9. แสดงผลการเปรียบเทียบการเจริญของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ reciprocal ใช้ความเร็วในการเขย่า 4 ระดับคือ 50,100,150 และ 200 รอบต่อนาที ความเร็วแต่ละระดับใช้ขนาดของขวดต่างกัน 2 ขนาดคือ 250 มล.และ 500 มล. อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

10. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตโนลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ reciprocal ใช้ความเร็วในการเขย่า 4 ระดับคือ 50,100,150 และ 200 รอบต่อนาที ความเร็วแต่ละระดับใช้ขนาดของขวดต่างกัน 2 ขนาดคือ 250 มล.และ 500 มล. อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 47

11. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ใช้ความเร็วในการเขย่า 4 ระดับคือ 50,100,150 และ 200 รอบต่อนาที ความเร็วแต่ละระดับใช้ขนาดของขวดต่างกัน 2 ขนาดคือ 250 มล.และ 500 มล. อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 48

12. แสดงผลการเปรียบเทียบการเจริญของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ใช้ความเร็วในการเขย่า 4 ระดับคือ 50,100,150 และ 200 รอบต่อนาที ความเร็วแต่ละระดับใช้ขนาดของขวดต่างกัน 2 ขนาดคือ 250 มล.และ 500 มล. อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 49

13. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตโนลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ใช้ความเร็วในการเขย่า 4 ระดับคือ 50,100,150 และ 200 รอบต่อนาที ความเร็วแต่ละระดับใช้ขนาดของขวดต่างกัน 2 ขนาดคือ 250 มล.และ 500 มล.อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 50

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

14. แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าของราสายพันธุ์ D-1เมื่อทำการผันแปรปริมาณเชื้อเริ่มต้นตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.30 กรัมน้ำหนักแห้งต่อ 100 มล.เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 53

15. แสดงการเปรียบเทียบการเจริญของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรปริมาณเชื้อเริ่มต้นตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.30 กรัมน้ำหนักแห้งต่อ 100 มล.เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 54

16. แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อทำการผันแปรปริมาณเชื้อเริ่มต้นตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.30 กรัมน้ำหนักแห้งต่อ 100 มล.เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 55

17. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าของราสายพันธุ์ D-1เมื่อทำการผันแปรความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนทำการเลี้ยงเชื้อในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 3 ถึง 8 ในปริมาณต่างๆกัน และเลี้ยงเชื้อด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 58

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

18. แสดงผลการเปรียบเทียบการเจริญของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนทำการเลี้ยงเชื้อในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 3 ถึง 8 ในปริมาณต่างๆกัน และเลี้ยงเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 59

19. แสดงผลการเปรียบเทียบการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนทำการเลี้ยงเชื้อในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 3 ถึง 8 ในปริมาณต่างๆกัน และเลี้ยงเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 60

20. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรอุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 30 ถึง 50 องศาเซลเซียส และเลี้ยงเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 63

21. แสดงผลการเปรียบเทียบการเจริญของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรอุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 30 ถึง 50 องศาเซลเซียส และเลี้ยงเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 64

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

22. แสดงผลการเปรียบเทียบการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรอุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 30 ถึง 50 องศาเซลเซียส และเลี้ยงเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 65

23. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรชนิดของแหล่งอาหารคาร์บอน 2 ชนิดคือ น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลซูโครส ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 68

24. แสดงผลการเปรียบเทียบการเจริญของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรชนิดของแหล่งอาหารคาร์บอน 2 ชนิดคือ น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลซูโครส ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 69

25. แสดงผลการเปรียบเทียบการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรชนิดของแหล่งอาหารคาร์บอน 2 ชนิดคือ น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลซูโครส ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 70

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

26. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 ในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 0 ถึง 3.0 เปอร์เซ็นต์ บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 73

27. แสดงผลการเปรียบเทียบการผลิตการเจริญของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปร ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 ในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 0 ถึง 3.0 เปอร์เซ็นต์ บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 74

28. แสดงผลการเปรียบเทียบการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 ในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 0 ถึง 3.0 เปอร์เซ็นต์ บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 75

29. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรชนิดของแหล่งอาหารแหล่งอาหารไนโตรเจน 6 ชนิดคือ ยีตส์สกัด, เปปโตน, โพลีเปปโตน , โซเดียมไนเตรท, แอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรีย ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 78

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

30. แสดงผลการเปรียบเทียบการเจริญของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรชนิดของแหล่งอาหารแหล่งอาหารไนโตรเจน 6 ชนิดคือ ยีตส์สกัด, เปปโตน, โพลีเปปโตน, โซเดียมไนเตรท, แอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรีย ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 79

31. แสดงผลการเปรียบเทียบการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรชนิดของแหล่งอาหารแหล่งอาหารไนโตรเจน 6 ชนิดคือ ยีตส์สกัด, เปปโตน, โพลีเปปโตน, โซเดียมไนเตรท, แอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรีย ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 เลี้ยงเชื้อบนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน 80

32. แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการฟอกสีน้ำกากส่าของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรความเข้มข้นของยีสต์สกัดในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 ในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 0 ถึง 0.6 เปอร์เซ็นต์ บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 83

33. แสดงผลการเปรียบเทียบการเจริญของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรความเข้มข้นของยีสต์สกัดในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 ในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 0 ถึง 0.6 เปอร์เซ็นต์ บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 84

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

34. แสดงผลการเปรียบเทียบการผลิตโพลีแซคคาไรด์ของราสายพันธุ์ D-1 เมื่อผันแปรความเข้มข้นของยีสต์สกัดในอาหารเลี้ยงเชื้อ MPM ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 ในระดับต่างๆกันตั้งแต่ 0 ถึง 0.6 เปอร์เซ็นต์ บนเครื่องเขย่าแบบ rotary ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน..... 85

35. แสดงภาพถ่ายผลการฟอกสีน้ำกากส่าของราสายพันธุ์ D-1 ในขวดเลี้ยงเชื้อ..... 87

36. แสดงภาพถ่ายผลการฟอกสีน้ำกากส่าของราสายพันธุ์ D-1 ในหลอดทดลองภายหลัง การแยกสายใยของรา D-1 ออกแล้ว..... 88

37. แสดงภาพถ่ายสารโพลีแซคคาไรด์ที่ผลิตได้จากราสายพันธุ์ D-1 ภายหลังการตกตะกอนด้วยเอธานอล 95 % แล้ว..... 89

38. แสดงผลโครมาโตกราฟีกระดาษ (paper chromatography) ของน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากการไฮโดรไลซ์โพลีแซคคาไรด์อย่างสมบูรณ์ (complete hydrolyze) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลมอลโตส น้ำตาลฟรุตโตส น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกาแลคโตส และน้ำตาลแลคโตส พบว่าโพลีแซคคาไรด์ที่ได้จากราสายพันธุ์ D-1 ประกอบไปด้วยน้ำตาลกลูโคสเพียงชนิดเดียว.... 90

39. รูปแสดงลักษณะของสายใยและสปอร์ของราสายพันธุ์ D-1 ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นเวลา 7 วัน.....113

ค่าย่อ

มล. = มิลลิลิตร

มก. = มิลลิกรัม

ก. = กรัม

ล. = ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย