ภาวะเหมาะสมของการผลิตเซลลูเลสจากเชื้อราที่คัดแยกจากบริเวณปลูกป่านศรนารายณ์ Agave sisalana Perrine

นายพรเทพ ถนนแก้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538

ISBN 974-582-112-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16748864

OPTIMAL CONDITIONS OF CELLULASE PRODUCTION FROM FUNGI ISOLATED FROM *Agave sisalana* Perrine PLANTATIONS

Mr. Pornthap Thanonkeo

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Programme of Biotechnology

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-582-112-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ภาวะเหมาะสมของการผลิตเซลลูเลสจากเชื้อราที่คัดแยกจากบริเวณปลูกป่านศรนารายณ์ Agave sisalana Perrine
โดย	นายพรเทพ ถนนแก้ว
หลักสูตร	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษา ปุณณะพยัคฆ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์มุกดา คูหิรัญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษา ปุณณะพยัคฆ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์มุกดา คูหิรัญ)

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พรเทพ ถนนแก้ว : ภาวะเหมาะสมของการผลิตเซลลูเลสจากเชื้อราที่คัดแยกจากบริเวณปลูกป่านศรนารายณ์ Agave sisalana Perrine (OPTIMAL CONDITIONS OF CELLULASE PRODUCTION FROM FUNGI ISOLATED FROM Agave sisalana Perrine PLANTATIONS) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. หรรษา ปุณณะพยัคฆ์ รศ. มุกดา คูหิรัญ, 173 หน้า. ISBN 974-582-112-8

การเก็บรวบรวมและคัดแยกเชื้อราจากดินบริเวณใต้ต้นป่านศรนารายณ์ เศษต้นและใบป่านศรนารายณ์ และวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมทำเชือก ได้เชื้อราทั้งสิ้น 99 สายพันธุ์ ในจำนวนนี้มีเพียง 52 สายพันธุ์ ที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้ โดยสายพันธุ์ที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงสุดให้ค่า filter paper activity (FPA) เท่ากับ 0.274 U/ml ที่อุณหภูมิ 37 ℃ เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบว่าเชื้อรานี้คือ Acrophialophora sp.

เมื่อศึกษาถึงภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจาก Acrophialophora sp. ที่แยกได้ พบว่า pH เริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อคือ 5.00 ที่อุณหภูมิ 40 ℃ โดยมี microcrystalline cellulose (MCC) ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งคาร์บอน และมี NH_4NO_3 ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งไนโตรเจน นอกจากนี้การเติม casein ความเข้มข้น 0.100 เปอร์เซ็นต์ ช่วยให้เชื้อราผลิตเอนไซม์ให้ค่า FPA และ carboxymethyl cellulase (CMCase) เพิ่มขึ้น 1.26 และ 1.66 เท่า ตามลำดับ และเมื่อทำการผลิตเอนไซม์ในถังหมักขนาด 5 ลิตร พบว่าการผลิตในภาวะที่ไม่มีการควบคุม pH เชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ให้ค่า FPA และ CMCase สูงกว่าการผลิตในภาวะที่มีการควบคุม pH ให้เป็น 5.00 ประมาณ 1.03 และ 1.10 เท่า ตามลำดับ

เมื่อศึกษาการผลิตเอทธานอลแบบเชื้อผสม โดยใช้ Acrophialophora sp. ร่วมกับ S. cerevisiae พบว่าการหมักที่อุณหภูมิ 40 ℃ โดยมีเส้นใยของป่านศรนารายณ์เป็นวัสดุหมัก สามารถผลิตเอทธานอลได้สูงถึง 0.733 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร หรือ 0.244 กรัมเอทธานอลต่อกรัมซับสเทรต (g/g) ในขณะที่การใช้ T. reesei ร่วมกับ S. cerevisiae สามารถผลิตเอทธานอลได้สูงถึง 1.530 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร หรือ 0.510 g/g

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C426433 : MAJOR BIOTECHNOLOGY
KEY WORD: CELLULASE / Agave sisalana / CELLULOLYTIC FUNGI / MIXED CULTURE FERMENTATION

PORNTHAP THANONKEO : OPTIMAL CONDITIONS OF CELLULASE PRODUCTION FROM FUNGI ISOLATED FROM Agave sisalana Perrine PLANTATIONS. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. HUNSA PUNNAPAYAK, Ph.D., ASSO. PROF. MUKDA KUHIRUN 173 pp. ISBN 974-582-112-8

Soil, sisal stem and leaf samples in sisal plantations, and residues from rope manufacturings were collected for isolation and screening of fungi that produce enzyme cellulases. Among the 99 isolates obtained, 52 isolates showed cellulolytic activities. A fungal isolate with the highest filter paper activity (FPA) of 0.274 U/ml at 37 °C was identified as Acrophialophora sp.

The cellulase production from the isolated Acrophialophora sp., grown in shake-flask culture, produced enzyme cellulase optimally at 40 °C with an initial pH of 5.0, having microcrystalline cellulose (MCC) at 3% concentration as a carbon source and NH_4NO_3 at 0.4% concentration as a nitrogen source. The addition of casein at 0.100% concentration increased the FPA and carboxymethyl cellulase (CMCase) by 1.26 and 1.66-fold consequently. When producing the enzyme cellulase in a 5 liters fermentor, the uncontrolled pH condition gave higher FPA and CMCase than the controlled pH condition at 5.00 around 1.03 and 1.10-fold consequently.

When Acrophialophora sp. and S. cerevisiae were used together in a mixed-culture fermentation process for ethanol production, the ethanol yield was 0.733 g/100 ml or 0.244 g ethanol/g substrate (g/g) at 40 °C using sisal fibers as a substrate. When T. reesei and S. cerevisiae were used together, the ethanol yield was at 1.530 g/100 ml or 0.510 g/g.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา BIOTECHNOLOGY ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา BIOTECHNOLOGY ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษา บุณณะพยัคฆ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ มุกดา คูหิรัญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆตลอดระยะเวลาของการวิจัย

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ และรองศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี พิชญางกูร ที่ช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อรุณี จันทรสนิท และรองศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี พิชญางกูร ที่ได้ช่วยกรุณาให้ข้อมูลและช่วยตรวจสอบเชื้อรา

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีศักดิ์ บุญเกิด ผู้ช่วยศาสตราจารย์เตือนใจ รักสกุล และ อาจารย์ทรงศักดิ์ สำราญสุข ที่ได้ช่วยกรุณาให้ความรู้เกี่ยวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์และเทคนิคในการถ่ายภาพ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาพฤกษศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ทุกๆคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ได้ให้ทุนการศึกษาและทุนสนับสนุนการวิจัย

ขอขอบคุณพี่ เพื่อนๆ และน้องๆ สาขาเทคโนโลยีทางชีวภาพและพฤกษศาสตร์ทุกๆคน ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือด้านต่างๆ

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว และน้องสาว ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจเสมอมา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ฎ

บทที่

1. บทนำ.....1
2. การตรวจเอกสาร.....7
3. อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา.....33
4. ผลการทดลอง.....39
5. วิจารณ์ผลการทดลอง.....128
6. สรุปผลการทดลอง.....140

รายการอ้างอิง.....142
ภาคผนวก.....158
ประวัติผู้เขียน.....173

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้..... 3
2 สมบัติบางประการของเอนไซม์เซลลูเลสจากเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ.....14
3 ผลการคัดแยกเชื้อราที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส จากดินบริเวณใต้ต้น ป่านศรนารายณ์ เศษต้นและใบป่านศรนารายณ์ และวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงาน อุตสาหกรรมทำเชือก อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตามวิธีการของ Mandels และ Sternberg (1976).....41
4 ผลการคัดแยกเชื้อราที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส จากดินบริเวณใต้ต้น ป่านศรนารายณ์ เศษต้นและใบป่านศรนารายณ์ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ตามวิธีการของ Mandels และ Sternberg (1976).....43
5 ผลการคัดแยกเชื้อราที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส จากดินบริเวณใต้ต้น ป่านศรนารายณ์ เศษต้นและใบป่านศรนารายณ์ อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา ตามวิธีการของ Mandels และ Sternberg (1976).....45
6 ผลการคัดแยกเชื้อราที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส ตามวิธีการของ Hankin และ Anagnostakis (1977).....49
7 ผลการคัดแยกเชื้อราที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลสได้ ตามวิธีการของ Punnapayak และ Emert (1986).....55
8 ผลของความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ ต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสโดย Acrophialophora sp.....60
9 ผลของอุณหภูมิในการบ่มเชื้อ ต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสโดย Acrophialophora sp.....65
10 ผลของแหล่งคาร์บอน ต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสโดย Acrophialophora sp.....70

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

11 ผลของความเข้มข้นของ MCC ต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสโดย Acrophialophora sp.....74
12 ผลของแหล่งไนโตรเจน ต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสโดย Acrophialophora sp.....79
13 ผลของความเข้มข้นของ NH_4NO_3 ต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสโดย Acrophialophora sp.....83
14 ผลของความเข้มข้นของ casein (CE 90M) และ soybean meal (SE 90M) ต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสโดย Acrophialophora sp.....88
15 การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจาก Acrophialophora sp. ในถังหมักขนาด 5 ลิตร ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C โดยไม่มีการควบคุม pH.....98
16 การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจาก Acrophialophora sp. ในถังหมักขนาด 5 ลิตร ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C โดยไม่มีการควบคุม pH ให้เป็น 5.0 100
17 การหมักเอทธานอลจาก microcrystalline cellulose โดยใช้ Acrophialophora sp. ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C.....104
18 การหมักเอทธานอลจาก microcrystalline cellulose โดยใช้ Acrophialophora sp. ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C.....107
19 การหมักเอทธานอลจาก microcrystalline cellulose โดยใช้ T. reesei QM 9414 ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C.....110
20 การหมักเอทธานอลจาก microcrystalline cellulose โดยใช้ T. reesei QM 9414 ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C.....113
21 การหมักเอทธานอลจากเส้นใยของป่านศรนารายณ์ โดยใช้ Acrophialophora sp. ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C.....116

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

22 การหมักเอทธานอลจากเส้นใยของป่านศรนารายณ์ โดยใช้ Acrophialophora sp. ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 °C.....119

23 การหมักเอทธานอลจากเส้นใยของป่านศรนารายณ์ โดยใช้ T. reesei QM 9414 ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 40 °C.....122

24 การหมักเอทธานอลจากเส้นใยของป่านศรนารายณ์ โดยใช้ T. reesei QM 9414 ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 °C.....125

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1 แสดงสูตรโมเลกุลและลักษณะโครงสร้างของเซลลูโลส..... 8
2 โครงสร้างเซลลูโลสที่พบในผนังเซลล์ของพืชทั่วไป.....10
3 ตัวอย่างวัสดุจากบริเวณปลูกป่านศรนารายณ์ ที่นำมาใช้ในการคัดแยกเชื้อรา.....40
4 ลักษณะเส้นใยของเชื้อราที่เจริญบนกระดาษกรอง Whatman No. 1 ในอาหารเหลวสูตร Czapex's dox.....47
5 ลักษณะโคโลนีของเชื้อราที่เจริญบนอาหารแข็งสูตร CMC agar เป็นเวลา 3 วัน หลังจากราดทับด้วย 0.1 % congo red.....54
6 ลักษณะโคโลนี เส้นใย สปอร์ และ phialide ของ Acrophialophora sp.....58
7 ผลของ pH เริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ ต่อค่า FPA ของเอนไซม์ที่ผลิตจาก Acrophialophora sp.....62
8 ผลของ pH เริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ ต่อค่า CMCase ของเอนไซม์ที่ผลิตจาก Acrophialophora sp.....63
9 ผลของอุณหภูมิ ต่อค่า FPA ของเอนไซม์ที่ผลิตจาก Acrophialophora sp.....67
10 ผลของอุณหภูมิ ต่อค่า CMCase ของเอนไซม์ที่ผลิตจาก Acrophialophora sp....68
11 ผลของแหล่งคาร์บอน ต่อค่า FPA ของเอนไซม์ที่ผลิตจาก Acrophialophora sp.....71
12 ผลของแหล่งคาร์บอน ต่อค่า CMCase ของเอนไซม์ที่ผลิตจาก Acrophialophora sp.....72
13 ผลของความเข้มข้นของ MCC ต่อค่า FPA ของเอนไซม์ที่ผลิตจาก Acrophialophora sp.....76
14 ผลของความเข้มข้นของ MCC ต่อค่า CMCase ของเอนไซม์ที่ผลิตจาก Acrophialophora sp.....77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

15 ผลของแหล่งไนโตรเจน ต่อค่า FPA ของเอนไซม์ที่ผลิตจาก Acrophialophora sp.....80

16 ผลของแหล่งไนโตรเจน ต่อค่า CMCase ของเอนไซม์ที่ผลิตจาก Acrophialophora sp.....81

17 ผลของความเข้มข้นของ NH_4NO_3 ต่อค่า FPA ของเอนไซม์ที่ผลิตจาก Acrophialophora sp.....85

18 ผลของความเข้มข้นของ NH_4NO_3 ต่อค่า CMCase ของเอนไซม์ที่ผลิตจาก Acrophialophora sp.....86

19 ผลของความเข้มข้นของ casein (CE 90M) และ soybean meal (SE 90M) ต่อค่า FPA ของเอนไซม์ที่ผลิต จาก Acrophialophora sp.....95

20 ผลของความเข้มข้นของ casein (CE 90M) และ soybean meal (SE 90M) ต่อค่า CMCase ของเอนไซม์ที่ผลิต จาก Acrophialophora sp.....96

21 การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจาก Acrophialophora sp. ในถังหมักขนาด 5 ลิตร ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C โดยไม่มีการควบคุม pH.....99

22 การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจาก Acrophialophora sp. ในถังหมักขนาด 5 ลิตร ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C โดยไม่มีการควบคุม pH ให้เป็น 5.0 101

23 แสดงปริมาณเอทธานอล ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ ในการหมักเอทธานอลจาก MCC โดยใช้ Acrophialophora sp. ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C.....105

24 แสดงจำนวนเซลล์ และ pH ในการหมักเอทธานอลจาก MCC โดยใช้ Acrophialophora sp. ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C.....106

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

25 แสดงปริมาณเอทธานอล ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และปริมาณน้ำตาลรีดิวส์
ในการหมักเอทธานอลจาก MCC โดยใช้ Acrophialophora sp.
ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C.....108
26 แสดงจำนวนเซลล์ และ pH ในการหมักเอทธานอลจาก MCC โดยใช้
Acrophialophora sp. ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C.....109
27 แสดงปริมาณเอทธานอล ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และปริมาณน้ำตาลรีดิวส์
ในการหมักเอทธานอลจาก MCC โดยใช้ T. reesei QM 9414
ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C.....111
28 แสดงจำนวนเซลล์ และ pH ในการหมักเอทธานอลจาก MCC โดยใช้
T. reesei QM 9414 ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C.....112
29 แสดงปริมาณเอทธานอล ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และปริมาณน้ำตาลรีดิวส์
ในการหมักเอทธานอลจาก MCC โดยใช้ T. reesei QM 9414
ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C.....114
30 แสดงจำนวนเซลล์ และ pH ในการหมักเอทธานอลจาก MCC โดยใช้
T. reesei QM 9414 ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C.....115
31 แสดงปริมาณเอทธานอล ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และปริมาณน้ำตาลรีดิวส์
ในการหมักเอทธานอลจากเส้นใยของป่านศรนารายณ์ โดยใช้
Acrophialophora sp. ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C.....117
32 แสดงจำนวนเซลล์ และ pH ในการหมักเอทธานอลจาก
เส้นใยของป่านศรนารายณ์ โดยใช้ Acrophialophora sp.
ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C.....118

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

33 แสดงปริมาณเอทธานอล ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และปริมาณน้ำตาลรีดิวส์
ในการหมักเอทธานอลจากเส้นใยของป่านศรนารายณ์ โดยใช้
Acrophialophora sp. ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 °C.....120
34 แสดงจำนวนเซลล์ และ pH ในการหมักเอทธานอลจาก
เส้นใยของป่านศรนารายณ์ โดยใช้ Acrophialophora sp.
ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 °C.....121
35 แสดงปริมาณเอทธานอล ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และปริมาณน้ำตาลรีดิวส์
ในการหมักเอทธานอลจากเส้นใยของป่านศรนารายณ์ โดยใช้
T. reesei QM 9414 ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 40 °C.....123
36 แสดงจำนวนเซลล์ และ pH ในการหมักเอทธานอลจาก
เส้นใยของป่านศรนารายณ์ โดยใช้ T. reesei QM 9414
ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 40 °C.....124
37 แสดงปริมาณเอทธานอล ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และปริมาณน้ำตาลรีดิวส์
ในการหมักเอทธานอลจากเส้นใยของป่านศรนารายณ์ โดยใช้
T. reesei QM 9414 ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 °C.....126
38 แสดงจำนวนเซลล์ และ pH ในการหมักเอทธานอลจาก
เส้นใยของป่านศรนารายณ์ โดยใช้ T. reesei QM 9414
ร่วมกับ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 °C.....127

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย