การวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสจากเชื้อราโดยวิธีย่อส่วนผ่านระบบประมวลผลทางภาพ

นางสาวกันยาวรรณ สถิราวุธ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN : 974-14-2892-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MINI SCALE DETERMINATION OF ACTIVITES OF FUNGAL CELLULASES BETWEEN SPECTROPHOTOMETRY AND IMAGE PROCESSING TECHNIQUE

Miss Kanyawan Satirawut

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Biotechnology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2005

ISBN : 974-14-2892-8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสจากเชื้อราโดยวิธีย่อส่วนผ่านระบบประมวลผลทางภาพ
โดย	นางสาวกันยาวรรณ สถิราวุธ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.หรรษา ปุณณะพยัคฆ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ โก้สกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.หรรษา ปุณณะพยัคฆ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ โก้สกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตรจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย เชิดชีวศาสตร์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กันยาวรรณ สถิราวุธ: การวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสจากเชื้อราโดยวิธีย่อส่วนผ่านระบบประมวลผลทางภาพ (MINI-SCALE DETERMINATION OF ACTIVITES OF FUNGAL CELLULASES BETWEEN SPECTROPHOTOMETRY AND IMAGE PROCESSING TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.หรรษา ปุณณะพยัคฆ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.เตือนใจ โก้สกุล, รศ.ดร.อรัญ หาญสืบสาย; 86 หน้า ISBN : 974-14-2892-8

การวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสจากเชื้อรา *Trichoderma reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 โดยใช้การวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์วิธี Dinitrosalicylic method (DNS method) และ Somogyi-Nelson method เปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์โดยผ่านระบบสเปคโตรโฟโตเมทรีและระบบประมวลผลทางภาพ พบว่าการวิเคราะห์โดยผ่านระบบสเปคโตรโฟโตเมทรีและระบบประมวลผลทางภาพสามารถคำนวณให้ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสจากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 โดยวิธีย่อส่วน โดยลดปริมาณการใช้สารเคมีในการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์วิธี DNS method และ Somogyi-Nelson method ลง 5 เท่า เปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์โดยผ่านระบบสเปคโตรโฟโตเมทรีและระบบประมวลผลทางภาพ พบว่าการวิเคราะห์โดยผ่านระบบสเปคโตรโฟโตเมทรีและระบบประมวลผลทางภาพสามารถคำนวณให้ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิจัยนี้สรุปได้ว่าการวัดแอกทิวิตีของเซลลูเลสโดยวิธีย่อส่วนผ่านระบบประมวลผลทางภาพเป็นวิธีที่มีความสะดวก รวดเร็ว และให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้อง แม่นยำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ลายมือชื่อนิสิต กันยาวรรณ สถิราวุธ

ปีการศึกษา 2548 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4572213823 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORDS: CELLULASE DETERMINATION/ IMAGE PROCESSING TECHNIQUE

KANYAWAN SATIRAWUT: MINI-SCALE DETERMINATION OF ACTIVITES OF FUNGAL CELLULASES BETWEEN SPECTROPHOTOMETRY AND IMAGE PROCESSING TECHNIQUE. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. HUNSA PUNNAPAYAK, PH.D. THESIS CO-ADVISOR : ASST. PROF. TUENCHAI KOHSAKUL, THESIS CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. ARUN HANSUEBSAI, PH.D.
; 86 pp. ISBN : 974-14-2892-8

Cellulase activity determinations from filamentous fungal *Trichoderma reesei* strain QM9414 and Rut C-30 were performed, using the reducing sugar determination including Dinitrosalicylic method (DNS method) and Somogyi-Nelson methods compared to spectrophotometric assay and image processing technique. The spectrophotometric assay and image processing technique showed non difference of cellulase activity values at confidence interval 95 %. The cellulase activities of the fungal *T. reesei* strain QM9414 and Rut C-30 were measured, using mini-scale reduced 5 times of DNS method and Somogyi-Nelson method compared to spectrophotometric assay and image processing technique. The mini-scale of spectrophotometric assay and image processing technique also displayed non difference of cellulase activity values at confidence interval 95%. This study shows that the cellulase activity determination, using the mini-scale determination of activities of fungal cellulases by image processing technique is the best way for determining reducing sugar due to its convinience, rapidity and accuracy.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Field of study Biotechnology
Academic year 2005

Student's signature
Advisor's signature
Co-advisor's signature
Co-advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลืออย่างดีจากหลายๆ ท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.หรรษา ปุณณะพยัคฆ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้คอยแนะนำ ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ เรื่องอย่างดียิ่ง ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ โก้สกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ผู้คอยแนะนำแนวทางในการวิจัยต่างๆ แก้ไขปัญหาต่างๆ ในการวิจัยทุกๆ เรื่องอย่างดียิ่ง ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมผู้คอยแนะนำและให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล ที่ให้ความกรุณามาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และช่วยให้คำแนะนำแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วิชัย เชิดชีวศาสตร์ ที่ให้ความกรุณามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และช่วยให้คำแนะนำแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคุณกฤษดา กิติสาระกุลชัย และ Universal Electronics Group ผู้ให้ความช่วยเหลือในเรื่อง Digital Image Box อย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณคณาจารย์ และบุคลากร ภาควิชาพฤกษศาสตร์ หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ และภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ และสมาชิกห้องปฏิบัติการการใช้ประโยชน์จากชีวมวลทุกๆ คนที่คอยแนะนำช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้อย่างดีตลอดมา

และที่สำคัญที่สุดขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ คุณยาย คุณน้า และสมาชิกในครอบครัวทุกๆ คนที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุนการเรียน ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจให้อย่างดียิ่งตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ญ
คำย่อ ..... ฐ
บทที่ 1. บทนำ 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
ขอบเขตของการวิจัย 3
บทที่ 2. การตรวจเอกสาร 4
2.1 เซลลูโลส 4
2.2 เซลลูเลส 5
2.3 การผลิตเซลลูเลส 6
2.4 การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตี 12
2.5 การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยใช้ระบบวัตถุประมวลผลทางภาพ 14
บทที่ 3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการทดลอง 17
3.1 เชื้อราที่ใช้ในงานวิจัย 17
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ 17
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย 19
บทที่ 4. ผลการทดลอง 21
4.1 การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตี 23
4.2 เปรียบเทียบผลการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ยระหว่างการวิเคราะห์โดยระบบประมวลผลทางภาพและการวิเคราะห์โดยระบบสเปคโตรโฟโตเมทรี 35
4.3 เปรียบเทียบผลการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ยระหว่างการวิเคราะห์โดยวิธีปกติและวิธีย่อส่วน 41
4.4 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรีและวิธีผ่านระบบประมวลผลทางภาพ 45

หน้า

4.5 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีปกติ และวิธีย่อส่วน 48
บทที่ 5. วิจารณ์ผลการทดลอง 45
5.1 การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตี 45
5.2 เปรียบเทียบการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีระหว่างการวิเคราะห์โดยระบบประมวลผลทางภาพและการวิเคราะห์โดยระบบสเปคโตรโฟโตเมทรี 56
5.3 เปรียบเทียบการวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีระหว่างการวิเคราะห์โดยวิธีปกติ และวิธีย่อส่วน 58
5.4 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี และวิธีผ่านระบบประมวลผลทางภาพ 59
5.5 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีปกติ และวิธีย่อส่วน 59
บทที่ 6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 60
6.1 การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตี 60
รายการอ้างอิง 62
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิจัย 72
ภาคผนวก ข การเตรียมสารเคมี 74
ภาคผนวก ค กราฟมาตรฐานและการคำนวณเซลลูเลสแอกทิวิตี 76
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 82
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

บทที่ 2

2.1 จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเซลลูเลสได้ 7

2.2 การเลือกใช้ชนิด และปริมาณของไนโตรเจนในการผลิตเซลลูเลสโดยเชื้อราชนิดต่างๆ....10

2.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตเซลลูเลสโดยเชื้อราชนิดต่างๆ.....11

2.4 ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการผลิตเซลลูเลสโดยเชื้อราชนิดต่างๆ 12

บทที่ 5

5.1 การปรับลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method.....54

5.2 การปรับลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method 55

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

บทที่ 2

2.1 องค์ประกอบต่างๆ ที่พบในเนื้อไม้....4

2.2 หน่วยย่อยของเซลลูโลส....5

2.3 โครงสร้างของเซลลูโลส....5

2.4 การทำงานของเซลลูเลสในการย่อยสลายเซลลูโลส....6

2.5 แผนผังแสดงการปรับปรุงสายพันธุ์ *T. reesei*....9

2.6 การอ่านค่าการดูดกลืนแสงโดยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์....14

2.7 ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์....14

2.8 เปรียบเทียบระบบสี CIE L a*b* RGB และ CMYK....15

2.9 แผนผังแสดงระบบสี CIE L a*b*....16

บทที่ 3

3.1 เชื้อรา *T. reesei* ที่ใช้ในงานวิจัย....17

3.2 การถ่ายรูปภายใต้กล่องควบคุมสภาพแสงสำหรับถ่ายรูปดิจิทัล (digital image box)....21

บทที่ 4

4.1 กราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS แบบปกติ อ่านค่าการดูดกลืนแสงโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี....23

4.2 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method แบบปกติผ่านระบบวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี....24

4.3 กราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS แบบปกติ อ่านค่าสีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ....25

4.4 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method แบบปกติผ่านระบบประมวลผลทางภาพ....25

4.5 กราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี Somogyi-Nelson แบบปกติ อ่านค่าการดูดกลืนแสงโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี....26

รูปที่ หน้า

4.6 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบปกติผ่านระบบสเปคโตรโฟโตเมทรี 27
4.7 กราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี Somogyi-Nelson แบบปกติ อ่านค่าสีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ.....28
4.8 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบปกติผ่านระบบประมวลผลทางภาพ.....28
4.9 กราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS แบบย่อส่วน อ่านค่าการดูดกลืนแสงโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี 29
4.10 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method แบบย่อส่วนผ่านระบบสเปคโตรโฟโตเมทรี 30
4.11 กราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS แบบย่อส่วน อ่านค่าสีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ 31
4.12 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method แบบย่อส่วนผ่านระบบประมวลผลทางภาพ.....31
4.13 กราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี Somogyi-Nelson แบบย่อส่วน อ่านค่าการดูดกลืนแสงโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี.....32
4.14 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบย่อส่วนผ่านระบบสเปคโตรโฟโตเมทรี.....33
4.15 กราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี Somogyi-Nelson แบบย่อส่วน อ่านค่าสีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ.....34
4.16 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบย่อส่วนผ่านระบบประมวลผลทางภาพ 34

รูปที่ หน้า

4.17 เปรียบเทียบค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสที่ผลิตที่ได้จากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 โดยวิธี DNS method ระหว่างการวิเคราะห์โดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพและสเปคโตรโฟโตเมทรี 36

4.18 เปรียบเทียบค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสที่ผลิตที่ได้จากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ Rut C-30 โดยวิธี DNS method ระหว่างการวิเคราะห์โดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพและสเปคโตรโฟโตเมทรี 37

4.19 เปรียบเทียบค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสที่ผลิตที่ได้จากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 โดยวิธี Somogyi-Nelson method ระหว่างการวิเคราะห์โดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพและสเปคโตรโฟโตเมทรี 39

4.20 เปรียบเทียบค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสที่ผลิตที่ได้จากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ Rut C-30 โดยวิธี Somogyi-Nelson method ระหว่างการวิเคราะห์โดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพและสเปคโตรโฟโตเมทรี 40

4.21 เปรียบเทียบค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสที่ผลิตที่ได้จากเชื้อรา *T. reesei* โดยวิธี DNS method ระหว่างแบบปกติและแบบย่อส่วน 42

4.22 เปรียบเทียบค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสที่ผลิตที่ได้จากเชื้อรา *T. reesei* โดยวิธี Somogyi-Nelson method ผ่านระบบประมวลผลทางภาพระหว่างแบบปกติและแบบย่อส่วน 44

บทที่ 5

5.1 ระบบสี CIE La*b* 54

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำย่อ

°C	=	Degree Celcius
β	=	Beta
µg	=	Microgram
µl	=	Microliter
µmol	=	Micromole
BSA	=	Bovine Albumin Serum
cm	=	Centimeter
CMC	=	Carboxymethylcellulose
DNS	=	Dinitrosalicylic acid
FPA	=	Filter Paper Activity
FPU	=	Filter Paper Unit
G	=	Gram
IU	=	International units
L	=	Liter
M	=	Molar
Min	=	Minuet
mM	=	Millimolar
mg	=	Milligram
ml	=	Milliliter
nm	=	Nanometer
PDA	=	Potato Dextrose Agar
w	=	Weight
v	=	Volume

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย