

การวัดแยกทิวตีของเซลลูเลสจากเชื้อราโดยวิธีย้อมส่วนผ่านระบบประมวลผลทางภาพ

นางสาวกันยาวรรณ สถิตราภรณ์

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

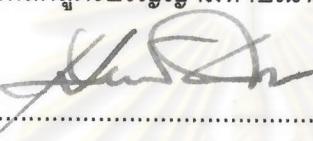
Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN : 974-14-2892-8

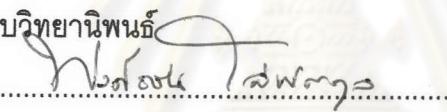
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวัดเอกสารที่ใช้ของเซลลูเลสจากเชื้อราโดยวิธีย้อมส่วน
 ผ่านระบบประมวลผลทางภาพ
 โดย นางสาวกันยาวรรณ ศิริราษฎร์
 สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ
 อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมชาติ บุณณะพยัคฆ์
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ โกสกุล
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ หาญสีบ้าย

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปฏิญาณหน้าที่ดัง



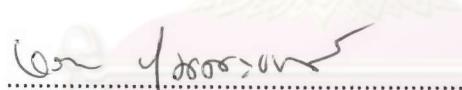
 (ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะกรรมการสอบบัณฑิต


 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ธร โลพัฒนา)

ประธานกรรมการ



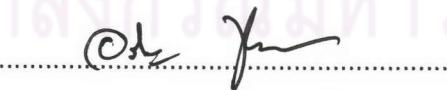
 (รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมชาติ บุณณะพยัคฆ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา



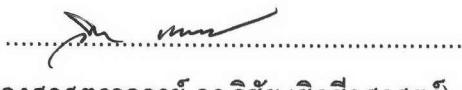
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ โกสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



 (รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ หาญสีบ้าย)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



 (รองศาสตราจารย์ ดร. วิชัย เชิดชีวศาสตร์)

กรรมการ

กันยาวรรณ สถิราฐ: การวัดแยกทิวตีของเซลลูเลสจากเชื้อราโดยวิธีย่อส่วนผ่านระบบ
ประมวลผลทางภาพ (MINI-SCALE DETERMINATION OF ACTIVITES OF FUNGAL
CELLULASES BETWEEN SPECTROPHOTOMETRY AND IMAGE PROCESSING
TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.บรรณา พุณณะพยัคฆ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.เตือนใจ
ไก่สกุล, รศ.ดร.อรัญญา หาญลีบสาย; 86 หน้า ISBN : 974-14-2892-8

การวัดแยกทิวตีของเซลลูเลสจากเชื้อรา *Trichoderma reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 โดยใช้การวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวชีวิช Dinitrosalicylic method (DNS method) และ Somogyi-Nelson method เปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์โดยผ่านระบบสเปคโทรโฟโตเมทรี และระบบประมวลผลทางภาพ พบว่าการวิเคราะห์โดยผ่านระบบสเปคโทรโฟโตเมทรีและระบบประมวลผลทางภาพสามารถคำนวณให้ค่าเซลลูเลสแยกทิวตีได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และการวัดแยกทิวตีของเซลลูเลสจากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 โดยวิธีย่อส่วน โดยลดปริมาณการใช้สารเคมีในการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวชีวิช DNS method และ Somogyi-Nelson method ลง 5 เท่า เปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์โดยผ่านระบบสเปคโทรโฟโตเมทรีและระบบประมวลผลทางภาพ พบว่าการวิเคราะห์โดยผ่านระบบสเปคโทรโฟโตเมทรีและระบบประมวลผลทางภาพสามารถคำนวณให้ค่าเซลลูเลสแยกทิวตีได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิจัยนี้สรุปได้ว่าการวัดแยกทิวตีของเซลลูเลสโดยวิธีย่อส่วนผ่านระบบประมวลผลทางภาพเป็นวิธีที่มีความสะดวก รวดเร็ว และให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้อง แม่นยำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ
ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนิสิต กันยาวรรณ สถิราฐ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา เสน ฟุลลุม
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.

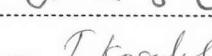
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

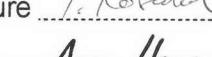
Field of study Biotechnology.....

Student's signature 

Academic year 2005.....

Advisor's signature 

Co-advisor's signature 

Co-advisor's signature 

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลืออย่างดีจาก
หลายๆ ท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมชาติ บุณณะพยัคฆ์ อาจารย์ที่
ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้คุยแนะนำ ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ เรื่องอย่างดีเยี่ยม ตลอดจนช่วย
แก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ เดือนใจ โกสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
อาจารย์ผู้คุยแนะนำแนวทางในการวิจัยต่างๆ แก้ไขปัญหาต่างๆ ในการวิจัยทุกๆ เรื่องอย่างดีเยี่ยม
ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. อรรัญ หาญสีบสาย อาจารย์ที่ปรึกษา
ร่วมผู้คุยแนะนำและให้ความช่วยเหลืออย่างดีเยี่ยม ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จ
ลุล่วงลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ราวน พิล๊อตระกูล ที่ให้ความ
กรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และช่วยให้คำแนะนำแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้
สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วิชัย เซิดชีวศาสตร์ ที่ให้ความกรุณา
มาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และช่วยให้คำแนะนำแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงลง
ได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคุณกรุษดา กิติสาระกุลชัย และ Universal Electronics Group ผู้ให้
ความช่วยเหลือในเรื่อง Digital Image Box อย่างดีเยี่ยม

ขอขอบคุณคณาจารย์ และบุคลากร ภาควิชาพาณิชศาสตร์ หลักสูตร
เทคโนโลยีชีวภาพ และภาควิชาชีววิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะ
วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ และสมาชิกห้องปฏิบัติการกราฟิค
ประเมินจากชีวมวลทุกๆ คนที่คุยแนะนำช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้อย่างดีตลอดมา

และที่สำคัญที่สุดขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ คุณยาย คุณน้า และ^๑
สมาชิกในครอบครัวทุกๆ คนที่คุยช่วยเหลือ สนับสนุนการเรียน ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจให้
อย่างดีเยี่ยมตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	๑
กิตกรรมประการ	๑
สารบัญ	๒
สารบัญตาราง	๓
สารบัญรูป	๔
คำย่อ	๕
บทที่ 1. บทนำ.....	๑
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	๓
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	๓
ขอบเขตของ การวิจัย	๓
บทที่ 2. การตรวจเอกสาร	๔
2.1 เขลูเลส.....	๔
2.2 เซลลูเลส	๕
2.3 การผลิตเซลลูเลส.....	๖
2.4 การวัดเซลลูเลสแยกทิวตี.....	๑๒
2.5 การวัดเซลลูเลสแยกทิวตีโดยใช้ระบบวัตถุประมวลผลทางภาพ	๑๔
บทที่ 3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการทดลอง	๑๗
3.1 เชื้อราที่ใช้ในงานวิจัย.....	๑๗
3.2 วัสดุและอุปกรณ์	๑๗
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	๑๙
บทที่ 4. ผลการทดลอง	๒๑
4.1 การวัดเซลลูเลสแยกทิวตี.....	๒๓
4.2 เปรียบเทียบผลการวัดเซลลูเลสแยกทิวตีเฉลี่ยระหว่างการวิเคราะห์โดยระบบประมวลผลทางภาพและการวิเคราะห์โดยระบบสเปคโทรฟ็อตومิตรี	๓๕
4.3 เปรียบเทียบผลการวัดเซลลูเลสแยกทิวตีเฉลี่ยระหว่างการวิเคราะห์โดยวิธีปกติ และวิธีย่อส่วน	๔๑
4.4 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวัดเซลลูเลสแยกทิวตีโดยวิธีสเปคโทรฟ็อตومิตรี และวิธีผ่านระบบประมวลผลทางภาพ	๔๕

หน้า

4.5 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวัดเซลลูเลสแยกทิวตีโดยวิธีปกติ และวิธีย่อส่วน	48
บทที่ 5. วิจารณ์ผลการทดลอง.....	45
5.1 การวัดเซลลูเลสแยกทิวตี.....	45
5.2 เปรียบเทียบการวัดเซลลูเลสแยกทิวตีระหว่างการวิเคราะห์โดยระบบ ประมวลผลทางภาพและการวิเคราะห์โดยระบบสเปคโทรโฟโตเมทรี.....	56
5.3 เปรียบเทียบการวัดเซลลูเลสแยกทิวตีระหว่างการวิเคราะห์โดยวิธีปกติ และวิธีย่อส่วน	58
5.4 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวัดเซลลูเลสแยกทิวตีโดยวิธี สเปคโทรโฟโตเมทรี และวิธีผ่านระบบประมวลผลทางภาพ	59
5.5 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวัดเซลลูเลสแยกทิวตีโดยวิธีปกติ และวิธีย่อส่วน	59
บทที่ 6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	60
6.1 การวัดเซลลูเลสแยกทิวตี.....	60
รายการอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิจัย	72
ภาคผนวก ข การเตรียมสารเคมี.....	74
ภาคผนวก ค ภาพมาตรฐานและการคำนวณเซลลูเลสแยกทิวตี.....	76
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	82
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	86

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 ที่พบในเนื้อໄม.....	4
2.2 หน่วยย่ออย่างเช่นเซลลูโลส	5
2.3 โครงสร้างของเซลลูโลส	5
2.4 การทำงานของเซลลูโลสในการย่อยลายเซลลูโลส.....	6
2.5 แผนผังแสดงการปรับปรุงสายพันธุ์ <i>T. reesei</i>	9
2.6 การอ่านค่าการดูดกลืนแสงโดยเครื่องスペกโตรโฟโตมิเตอร์.....	14
2.7 ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องスペกโตรโฟโตมิเตอร์.....	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 <i>T. reesei</i> ที่ใช้ในงานวิจัย	17
3.2 การถ่ายรูปภายใต้กล้องความคุณภาพแสงสำหรับถ่ายรูปดิจิทัล (digital image box) ...	21
บทที่ 4	
4.1 กราฟน้ำตาลกลูโคสมารฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS แบบปกติ อ่านค่าการดูดกลืนแสงโดยวิธีスペกโตรโฟโตเมทรี.....	23
4.2 ค่าเซลลูโลสแอกทิวิตี้เฉลี่ย (FPU) ของเซลลูโลสจาก <i>T. reesei</i> สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวนได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวช์โดยวิธี DNS method แบบปกติผ่านระบบวิธีスペกโตรโฟโตเมทรี	24
4.3 กราฟน้ำตาลกลูโคสมารฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS แบบปกติ อ่านค่าสีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ	25
4.4 ค่าเซลลูโลสแอกทิวิตี้เฉลี่ย (FPU) ของเซลลูโลสจาก <i>T. reesei</i> สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวนได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวช์โดยวิธี DNS method แบบปกติผ่านระบบประมวลผลทางภาพ	25
4.5 กราฟน้ำตาลกลูโคสมารฐานจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี Somogyi-Nelson แบบปกติ อ่านค่าการดูดกลืนแสงโดยวิธีスペกโตรโฟโตเมทรี.....	26

รูปที่	หน้า
4.6 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก <i>T. reesei</i> สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวช์โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบปกติผ่านระบบสเปคโทรไฟโตเมทรี	27
4.7 กราฟน้ำตาลกูลูโคสมาร์สูนจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี Somogyi-Nelson แบบปกติ อ่านค่าสีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ.....	28
4.8 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก <i>T. reesei</i> สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวช์โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบปกติผ่านระบบประมวลผลทางภาพ.....	28
4.9 กราฟน้ำตาลกูลูโคสมาร์สูนจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS แบบย่อส่วน อ่านค่าการดูดกลืนแสงโดยวิธีสเปคโทรไฟโตเมทรี	29
4.10 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก <i>T. reesei</i> สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวช์โดยวิธี DNS method แบบย่อส่วนผ่านระบบสเปคโทรไฟโตเมทรี	30
4.11 กราฟน้ำตาลกูลูโคสมาร์สูนจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS แบบย่อส่วน อ่านค่าสีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ	31
4.12 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก <i>T. reesei</i> สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวช์โดยวิธี DNS method แบบย่อส่วนผ่านระบบประมวลผลทางภาพ	31
4.13 กราฟน้ำตาลกูลูโคสมาร์สูนจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี Somogyi-Nelson แบบย่อส่วน อ่านค่าการดูดกลืนแสงโดยวิธีสเปคโทรไฟโตเมทรี	32
4.14 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก <i>T. reesei</i> สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวช์โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบย่อส่วนผ่านระบบสเปคโทรไฟโตเมทรี	33
4.15 กราฟน้ำตาลกูลูโคสมาร์สูนจากการวัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี Somogyi-Nelson แบบย่อส่วน อ่านค่าสีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ	34
4.16 ค่าเซลลูเลสแอกทิวิตีเฉลี่ย (FPU) ของเซลลูเลสจาก <i>T. reesei</i> สายพันธุ์ QM9414 และ Rut C-30 ที่คำนวณได้จากการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวช์โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบย่อส่วนผ่านระบบประมวลผลทางภาพ	34

หัวที่	หน้า
4.17 เปรียบเทียบค่าเซลลูเลสแยกพิวตีเซลลี่ (FPU) ของเซลลูเลสที่ผลิตที่ได้จากเชื้อรา <i>T. reesei</i> สายพันธุ์ QM9414 โดยวิธี DNS method ระหว่างการวิเคราะห์โดยผ่านระบบประมาณผลทางภาพและสเปคโดยไฟโตเมทรี	36
4.18 เปรียบเทียบค่าเซลลูเลสแยกพิวตีเซลลี่ (FPU) ของเซลลูเลสที่ผลิตที่ได้จากเชื้อรา <i>T. reesei</i> สายพันธุ์ Rut C-30 โดยวิธี DNS method ระหว่างการวิเคราะห์โดยผ่านระบบประมาณผลทางภาพและสเปคโดยไฟโตเมทรี	37
4.19 เปรียบเทียบค่าเซลลูเลสแยกพิวตีเซลลี่ (FPU) ของเซลลูเลสที่ผลิตที่ได้จากเชื้อรา <i>T. reesei</i> สายพันธุ์ QM9414 โดยวิธี Somogyi-Nelson method ระหว่างการวิเคราะห์โดยผ่านระบบประมาณผลทางภาพและสเปคโดยไฟโตเมทรี	39
4.20 เปรียบเทียบค่าเซลลูเลสแยกพิวตีเซลลี่ (FPU) ของเซลลูเลสที่ผลิตที่ได้จากเชื้อรา <i>T. reesei</i> สายพันธุ์ Rut C-30 โดยวิธี Somogyi-Nelson method ระหว่างการวิเคราะห์โดยผ่านระบบประมาณผลทางภาพและสเปคโดยไฟโตเมทรี	40
4.21 เปรียบเทียบค่าเซลลูเลสแยกพิวตีเซลลี่ (FPU) ของเซลลูเลสที่ผลิตที่ได้จากเชื้อรา <i>T. reesei</i> โดยวิธี DNS method ระหว่างแบบปกติและแบบย่อส่วน	42
4.22 เปรียบเทียบค่าเซลลูเลสแยกพิวตีเซลลี่ (FPU) ของเซลลูเลสที่ผลิตที่ได้จากเชื้อรา <i>T. reesei</i> โดยวิธี Somogyi-Nelson method ผ่านระบบประมาณผลทางภาพระหว่างแบบปกติและแบบย่อส่วน	44
บทที่ 5	
5.1 ระบบสี CIE La*b*	54

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำย่อ

$^{\circ}\text{C}$	=	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