

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปีงบประมาณ 2555

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณที่สนับสนุนด้านสถานที่ และห้องปฏิบัติการสำหรับดำเนินการวิจัย และขอบคุณนางสาวชลัฒา แวเมะยิ และนางสาวนิภาภรณ์ จิตเขวณะ นิสิตปริญญาโทสาขาวิชาชีววิทยาที่ร่วมแรงร่วมใจเป็นคณะทำงานวิจัยในการลงพื้นที่เก็บตัวอย่าง และทำการทดลองในห้องปฏิบัติการจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการวิจัย

การคัดแยกและจำแนกเชื้อแบคทีเรียจากทางเดินอาหารของตัวอ่อนหนอนผีเสื้อ และตัวอ่อนของด้วงชนิดต่างๆ ที่มีศักยภาพในการย่อยสลายเซลลูโลส ไชแลน แป้ง และเพคติน

Isolation and Identification of Bacteria from The Gut of Various Butterfly and Beetle Larva that have Potential to Degrade Cellulose, Xylan, Starch and Pectin

ชื่อผู้วิจัย

วิชุดา กล้าเวช

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์

มณฑล เลิศวรปรีชา

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยทักษิณ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกสายพันธุ์แบคทีเรียที่มีศักยภาพในการย่อยสลายเซลลูโลส ไชแลน แป้ง และเพคตินจากหนอนชนิดต่างๆ ซึ่งเก็บตัวอย่างตัวอ่อนหนอน และด้วงจากต้นพืชในบริเวณมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง และจากร้านที่มีการจำหน่ายในบริเวณอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์ทั้ง 4 ชนิด โดยเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้ โดยการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายด้วยการวัดวงใส (clear zone) ต่ออาหารแข็งเซลลูโลส ไชแลน แป้ง และเพคติน ผลการวิจัยพบว่าสามารถแยกสายพันธุ์แบคทีเรียที่มีศักยภาพในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส ไชลานเนส เพคตินเนส และอะไมเลส จากตัวอย่างหนอนชนิดต่างๆ ในพื้นที่อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุงได้ทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่ ด้วงมะพร้าว หนอนปลอก หนอนปีกเหลือง หนอนผักบุ้ง หนอนบู่ หนอนนก หนอนม้วนใบกล้วย และหนอนใบกะน้า โดยคัดแยกได้จำนวน 42 ไอโซเลต (ด้วงมะพร้าว 4 ไอโซเลต หนอนปลอก 7 ไอโซเลต หนอนปีกเหลือง 4 ไอโซเลต หนอนผักบุ้ง 2 ไอโซเลต หนอนบู่ 7 ไอโซเลต หนอนนก 11 ไอโซเลต หนอนม้วนใบกล้วย 5 ไอโซเลต และหนอนใบกะน้า 2 ไอโซเลต) ที่ให้ clear zone บนอาหาร CMC ไชแลน แป้ง และเพคติน นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 4 ชนิดในอาหารเหลวโดยการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี DNS ผลการทดลองพบว่าเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ *Enterobacter cloacae* มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์ทั้ง 4 ชนิด คือเอนไซม์เซลลูเลส ไชลานเนส อะไมเลส และเพคตินเนส โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุดเท่ากับ 0.11 0.63 0.59 และ 0.98 หน่วยต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า เชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ *Enterococcus faecalis* มีกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสสูงที่สุด คือ 1.15 หน่วยต่อมิลลิลิตร ส่วนเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ *Staphylococcus sciuri* มีกิจกรรมของเอนไซม์ไชลานเนสมากที่สุด คือ 0.90 หน่วยต่อมิลลิลิตร ในขณะที่เชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ *Enterobacter sp.* มีกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสสูงที่สุด คือ 1.81 หน่วยต่อมิลลิลิตร และเชื้อแบคทีเรียสาย

พันธุ์ *Enterobacter cancerogenus* มีกิจกรรมของเอนไซม์เพคตินเนสสูงที่สุด คือ 1.04 หน่วยต่อมิลลิกรัม อีกทั้ง ผลการจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรียที่คัดเลือกได้ ซึ่งมีศักยภาพในการผลิตเอนไซม์ทั้ง 4 ชนิด ด้วยเทคนิค 16S rRNA gene sequencing ได้ทั้งสิ้น 37 สายพันธุ์ โดยเชื้อแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์เซลลูเลส เพื่อย่อย CMC ได้มี 9 สายพันธุ์ ดังนี้ *Bacillus thuringiensis* *Bacillus cereus* *Enterococcus raffinosus* *Enterobacter aerogenes* *Bacillus tequilensis* *Acinetobacter soli* *Enterococcus gallinarum* *Bacillus subtilis* และ *Enterobacter cloacae* นอกจากนั้นเชื้อแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ไซลานเนสเพื่อย่อยไซเลน มี 12 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus cereus* *Staphylococcus aureus* *Staphylococcus pasteurii* *Pseudomonas taiwanensis* *Acinetobacter radioresistens* *Staphylococcus sciuri* *Bacillus subtilis* *Enterobacter aerogenes* *Staphylococcus gallinarum* *Enterococcus faecalis* *Staphylococcus warneri* และ *Enterobacter cloacae* ส่วนเชื้อแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์อะไมเลสเพื่อย่อยแป้ง มี 8 สายพันธุ์ ดังนี้ *Bacillus thuringiensis* *Staphylococcus aureus* *Bacillus cereus* *Bacterium endosymbiont* *Enterobacter* sp. *Acinetobacter schindleri* *Bacillus subtilis* และ *Enterobacter cloacae* ในขณะที่แบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์เพคตินเนสเพื่อย่อยเพคติน มี 8 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus thuringiensis* *Enterococcus raffinosus* *Bacillus cereus* *Enterobacter cancerogenus* *Enterobacter* sp. *Bacillus tequilensis* *Enterococcus gallinarum* และ *Enterobacter cloacae*

งานวิจัยนี้ถือได้ว่าเป็นการแยกแบคทีเรียจากตัวอย่างหนองที่มากที่สุดในประเทศไทย คือ 8 ตัวอย่าง อีกทั้งยังสามารถแยกและคัดเลือกแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ย่อยเซลลูโลส ไซเลน แป้ง และเพคติน ได้จำนวนมากกว่างานวิจัยที่เคยมีรายงานมาก่อนหน้านี้ โดยแยกและคัดเลือกได้ 42 ไอโซเลท เมื่อนำมาพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุลได้แบคทีเรียทั้งหมด 37 สายพันธุ์ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสร้างเอนไซม์เซลลูเลส ไซลานเนส อะไมเลส และเพคตินเนส

Abstract

This research aims to isolate and screen bacteria that capable produce cellulose, xylan, starch and pectin. The various types of butterfly and beetle larvae were collected from the plants around Thaksin University, Phatthalung campus and the distribution area in the Pa-phayom District, Phatthalung Province. The result can isolate the cellulose, xylanase, amylase and pectinase-producing bacteria from 8 types of worm such as *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier, Bagworm, *Orgyia postica*, *Eupterote testacca* Walker, *Trichoplusia ni* (Hubner), *Tenebrio molitor*, *Erionata thrax* Linnaeus and *Plutella xylostella*. The result exhibited 42 isolates (4 isolates from *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier, 7 isolates from Bagworm, 4 isolates from *Orgyia postica*, 2 isolates from *Eupterote testacca* Walker, 7 isolates from *Trichoplusia ni* (Hubner), 11 isolates from *Tenebrio molitor*, 5 isolates from *Erionata thrax* Linnaeus and 2 isolates from *Plutella xylostella*) that degrade and have clear zone on CMC, xylan, starch and pectin agar. In addition, *Enterobacter cloacae* can produce 4 enzymes in CMC, xylan, starch and pectin broth with measuring the amount of reducing sugar by DNS method that showed cellulose, xylanase, amylase and pectinase activities as 0.11, 0.63, 0.59 and 0.98 U/ml, respectively. Moreover, *Enterobacter faecalis* showed the highest cellulose activity as 1.15 U/ml, *Staphylococcus sciuri* indicated the highest xylanase activity as 0.90 U/ml whereas *Enterobacter* sp. showed the highest amylase activity as 1.81 U/ml and *Enterobacter cancerogenus* showed the highest pectinase activity as 1.04 U/ml. Then the identification result of the isolated bacteria strains that have the potential to produce 4 enzymes with 16S rRNA gene sequencing technique indicated 37 bacteria strains such as the cellulose enzyme to digest CMC has 9 strains, *Bacillus thuringiensis* *Bacillus cereus* *Enterococcus raffinosus* *Enterobacter aerogenes* *Bacillus tequilensis* *Acinetobacter soli* *Enterococcus gallinarum* *Bacillus subtilis* and *Enterobacter cloacae*. The xylanase enzyme to degrade xylan has 12 strains, *Bacillus cereus* *Staphylococcus aureus* *Staphylococcus pasteurii* *Pseudomonas taiwanensis* *Acinetobacter radioresistens* *Staphylococcus sciuri* *Bacillus subtilis* *Enterobacter aerogenes* *Staphylococcus gallinarum* *Enterococcus faecalis* *Staphylococcus warneri* and *Enterobacter cloacae* and the amylase enzyme to degrade starch has 8 strains, *Bacillus thuringiensis* *Staphylococcus aureus* *Bacillus cereus* *Bacterium endosymbiont* *Enterobacter* sp. *Acinetobacter schindleri* *Bacillus subtilis* and *Enterobacter cloacae* while the pectinase enzyme to digest pectin has 8 strains including *Bacillus thuringiensis* *Enterococcus raffinosus* *Bacillus cereus* *Enterobacter cancerogenus* *Enterobacter* sp. *Bacillus tequilensis* *Enterococcus gallinarum* and *Enterobacter cloacae*.

By the conclusion of this present study, we able to isolates of several hydrolytic enzyme-producing bacteria from 8 species of butterfly and beetle larvae were the most number comparing to any previously reports in Thailand. In addition, this research can also be isolated and screened the enzyme-producing bacteria that capable to degrade cellulose, xylan, starch and pectin with a greater number (42 isolated strains) more than previously reports. Moreover, when molecular identification technique was used to prove the isolated bacteria strains, 37 bacterium species were potential producing of cellulose, xylanase, amylase and pectinase enzymes.

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(1)
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	(2)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	(4)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.5 สมมุติฐานและกรอบแนวคิดงานวิจัย	2
1.6 แผนการดำเนินงานวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ข้อมูลทั่วไปของด้วงและหนอน	5
2.2 เอนไซม์เซลลูเลส	9
2.3 เอนไซม์ไซลานเนส	11
2.4 เอนไซม์อะไมเลส	13
2.5 เอนไซม์เพคติเนส	15
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
3.1 อุปกรณ์	20
3.2 สารเคมี	20
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
3.3.1 การเก็บตัวอย่างและการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์จากทางเดินอาหารของ ตัวอย่างหนอนและด้วง	21
3.3.2 การทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้ จากตัวอย่างหนอนและด้วง	22

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย (ต่อ)	
3.3.3 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส ไซทานเนส อะไมเลส และเพคติเนสจากเชื้อแบคทีเรียที่คัดเลือกได้	23
3.3.4 การพิสูจน์เอกลักษณ์เชื้อแบคทีเรียที่คัดเลือกได้ด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุล	25
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์	26
4.1 การเก็บตัวอย่างและการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์จากทางเดินอาหารของ ตัวอย่างหนอนและด้วง	26
4.2 การทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จาก ตัวอย่างหนอนและด้วง	42
4.3 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส ไซทานเนส อะไมเลส และเพคติเนสจากเชื้อแบคทีเรียที่คัดเลือกได้	47
4.4 การพิสูจน์เอกลักษณ์เชื้อแบคทีเรียที่คัดเลือกได้ด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุล	62
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ	71
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก การวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Dinitrosalicylic Acid Method (Miller, 1959)	79
ภาคผนวก ข ผลสัมฤทธิ์	83

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สภาวะในการทำ PCR	25
2 ความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากด้วงมะพร้าว	42
3 ความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนปลอก	43
4 ความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนผักบั้ง	43
5 ความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนปีกผีเสื้อ	44
6 ความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนใบคะน้า	44
7 ความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนบู่	45
8 ความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนม้วนใบกล้วย	45
9 ความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนนก	46

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 กรอบแนวคิดงานวิจัย	3
2 ค้างมะพร้าว	5
3 วงจรชีวิตของหนอนนก	7
4 หนอนนกในระยะต่างๆ	7
5 หนอนเก็บกะหล่ำ	8
6 ลักษณะโคโลนีบนอาหารแข็งของแบคทีเรียที่แยกได้จากค้างมะพร้าว	27
7 ลักษณะโคโลนีบนอาหารแข็งของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนปลอก	28
8 ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนปกเหลือง	29
9 ลักษณะโคโลนีบนอาหารแข็งของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนผักบุ้ง	29
10 ลักษณะโคโลนีบนอาหารแข็งของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนบุ้ง	30
11 ลักษณะโคโลนีบนอาหารแข็งของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนนก	31
12 ลักษณะโคโลนีบนอาหารแข็งของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนม้วนใบกล้วย	33
13 ลักษณะโคโลนีบนอาหารแข็งของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนใบคะน้า	34
14 การติดสีย้อมของแบคทีเรียที่แยกได้จากค้างมะพร้าว ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	35
15 การติดสีย้อมของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนปลอก ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	36
16 การติดสีย้อมของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนปกเหลือง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	37
17 การติดสีย้อมของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนผักบุ้ง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	37
18 การติดสีย้อมของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนบุ้ง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	38
19 การติดสีย้อมของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนนก ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	39
20 การติดสีย้อมของแบคทีเรียที่แยกได้จากหนอนใบคะน้า ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
46 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส RPW-II ที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส อะไมเลส และเพคตินเอส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างด้วงมะพร้าว (<i>Rhynchophorus ferrugineus</i> Olivier)	63
47 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส RPW-III ที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส และเพคตินเอส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างด้วงมะพร้าว (<i>Rhynchophorus ferrugineus</i> Olivier)	63
48 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส RPW-IV ที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส และเพคตินเอส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างด้วงมะพร้าว (<i>Rhynchophorus ferrugineus</i> Olivier)	63
49 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส M-I M-II M-V M-IX และ M-XIII ที่สามารถสร้างเอนไซม์ไซลานเนส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนปลอก (Bagworm)	64
50 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส M-II M-VIII และ M-XII ที่สามารถสร้างเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนปลอก (Bagworm)	64
51 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส OP-I และ OP-II ที่สามารถสร้างเอนไซม์ อะไมเลส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนปีกเหลือ้ง (<i>Orgyia postica</i>)	65
52 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส OP-II OP-III และ OP-IV ที่สามารถสร้างเอนไซม์เพคตินเอส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนปีกเหลือ้ง (<i>Orgyia postica</i>)	65
53 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส CP-I CP-II CP-VIII CP-IX และ CP-XI ที่สามารถสร้างเอนไซม์ไซลานเนส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนบู่ (<i>Eupterote testacca</i> Walker)	66
54 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส CP-VII CP-IX และ CP-XI ที่สามารถสร้าง เอนไซม์อะไมเลส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนบู่ (<i>Eupterote testacca</i> Walker)	66
55 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส B-I ที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส ไซลานเนส อะไมเลสและเพคตินเอส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนผักบู่ (<i>Trichoplusia ni</i> (Hubner))	67
56 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส MW-I MW-II MW-III MW-XI MW-XII และ MW-XIII ที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลสซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนนก (<i>Tenebrio molitor</i>)	68
57 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส MW-II MW-III MW-IV MW-VI MW-VII MW-VIII MW-IX MW-XII และ MW-XIII ที่สามารถสร้างเอนไซม์ไซลานเนส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนนก (<i>Tenebrio molitor</i>)	68
58 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส SP-I SP-II SP-III SP-IV และ SP-V ที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนม้วนใบกล้วย (<i>Erionata thrax</i> Linnaeus)	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
59 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส SP-I SP-II และ SP-IV ที่สามารถสร้างเอนไซม์เพคตินเอส ซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนม้วนใบกล้วย (<i>Erionata thrax</i> Linnaeus)	69
60 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส KL-II ที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส และอะไมเลสซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนใบคะน้า (<i>Plutella xylostella</i>)	70
61 Phylogenetic tree ของเชื้อแบคทีเรียรหัส KW-II ที่สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส อะไมเลส และเพคตินเอสซึ่งแยกได้จากตัวอย่างหนอนใบคะน้า (<i>Plutella xylostella</i>)	70

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ก-1 ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน	81

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่

หน้า

ก-1 กราฟน้ำตาถลนคู่โคสมมาตรฐาน

82