

ประสิทธิภาพการฆ่าแบคทีเรียโดย เอ็น-อะซิทิลมิวราโมอิล-แอล-อะลานิน อะมิเคส
จาก *Bacillus subtilis* trp⁻ 168

นาย ชัชชัย บุญเพชร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาจุลชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-513-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 20508773

Efficiency of Bacteriocidal Action by *Bacillus subtilis* *trp*⁻ 168

N-Acetylmuramoyl-L-Alanine Amidase.

Mister Chatchai Boonpetch

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Microbiology

Graduate School


Chulalongkorn University

1996

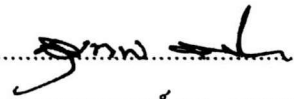
ISBN 974-634-513-3

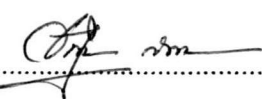
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ประสิทธิภาพการฆ่าแบคทีเรียโดย เอ็น-อะซิทิลมิวราโมอิล-แอล-อะลานิน อะมิเคสจาก *Bacillus subtilis* trp⁻ 168
โดย นายชัชชัย บุญเพชร
ภาควิชา จุลชีววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัญชริดา สวารช


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

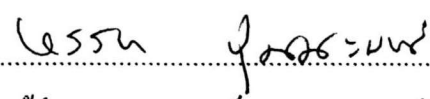

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. ตันติ จงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ธนียวัน)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัญชริดา สวารช)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุชาดา จาติกวณิช)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรษา ปุณณะพยัคฆ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ชัชชัย บุญเพชร : ประสิทธิภาพการฆ่าแบคทีเรียโดย เอ็น-อะซิetylมิวราโมอิล-แอล-อะลานิน อะมิเดสจาก Bacillus subtilis trp⁻ 168 (Efficiency of Bacteriocidal Action by Bacillus subtilis trp⁻ 168 N-Acetylmuramoyl-L-Alanine Amidase)
อ. ที่ปรึกษา ผศ. ดร. อัญชริดา สวารชร์, 98 หน้า ISBN 974-634-513-3

การทดสอบประสิทธิภาพของ เอ็น-อะซิetylมิวราโมอิล-แอล-อะลานิน อะมิเดสจาก Bacillus subtilis trp⁻ 168 ในการทำให้แบคทีเรีย 6 สายพันธุ์ คือ Bacillus subtilis, Micrococcus luteus, Streptococcus faecium, Staphylococcus aureus, Escherichia coli, และ Klebsiella pneumoniae ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างของผนังเซลล์แตกต่างกันแต่แบคทีเรียแกรมบวกที่ทดสอบ เอนไซม์สามารถชักนำให้เฉพาะ Bacillus subtilis โดยมีประสิทธิภาพสูงกว่าไลโซไซม์ 10 เท่า พบการเสริมฤทธิ์ระหว่างเอนไซม์ที่ทดสอบและไลโซไซม์ในการทำให้เซลล์ Bacillus subtilis และ Micrococcus luteus แตก แบคทีเรียแกรมลบที่ทดสอบไซเตียมโตเดซิลซัลเฟตสามารถทำให้เซลล์แตก การบ่มเซลล์ไว้ในเอนไซม์ที่ทดสอบหรือไลโซไซม์ก่อนแล้วจึงเติมไซเตียมโตเดซิลซัลเฟต ทำให้เซลล์แตกมากขึ้น ไม่พบการเสริมฤทธิ์ระหว่างเอนไซม์ที่ทดสอบและไลโซไซม์ในการชักนำให้เซลล์แตกโดยวิธีนี้

ภาควิชา.....จุลชีววิทยา.....
สาขาวิชา.....จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม.....
ปีการศึกษา.....2538.....

ลายมือชื่อนิสิต..... กิติ์ บุญเพชร.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

C426006 : MAJOR MICROBIOLOGY
KEY WORD: AUTOLYSIN / Bacillus subtilis 168 / AMIDASE

CHATCHAI BOONPETCH : EFFICIENCY OF BACTERIOCIDAL ACTION
BY Bacillus subtilis trp⁻168 N-Acetylmuramoyl-L-Alanine Amidase.

THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. ANCHARIDA SVARACHORN, Ph.D.


98 pp. ISBN 974-634-513-3

Efficiency of Bacillus subtilis trp⁻168 N-Acetylmuramoyl-L-Alanine Amidase on cellular lysis of 6 bacterial strain : Bacillus subtilis 168, Micrococcus luteus, Streptococcus faecium, Staphylococcus aureus, Escherichia coli, and Klebsiella pneumoniae having different cell wall structure was tested. Among the Gram-positive bacteria tested, the enzyme could induce cellular lysis of Bacillus subtilis 10 times more efficient than that of the lysozyme. There is a synergistic effect between the enzyme tested and lysozyme on cellular lysis induction of Bacillus subtilis and Micrococcus luteus. Cellular lysis of all the tested Gram-negative bacteria could induce by sodium dodecyl sulfate. Enhance of the cellular lysis occurred after incubating in the enzyme tested or in lysozyme followed by the addition of sodium dodecyl sulfate. There is no synergistic effect between the enzyme tested and the lysozyme on cellular lysis induction by this method.

ภาควิชา.....จุลชีววิทยา.....

สาขาวิชา.....จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม.....

ปีการศึกษา.....2538.....

ลายมือชื่อนิสิต..........

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..........

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ โดยได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัญชริดา สวารชร์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และช่วยแก้ไข วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หรรษา ปุณณะพยัคฆ์ แห่งภาควิชา พฤษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ ดร. อภิญญา อัสวานิก รองศาสตราจารย์ ดร. ชวนพิศ ดีเอกนามกุล แห่งภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล(พญาไท) ที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อในการใช้เครื่องมือต่างๆ

ขอขอบพระคุณ Prof. Dr. Atsuhiko Shinmyo แห่ง Nara Institute of Technology ที่ให้ความเอื้อเฟื้อในเรื่องสายพันธุ์จุลินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ พร้อมทั้งข้อแนะนำต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ธานีวัน รองศาสตราจารย์ สุชาติ จาติกวณิช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หรรษา ปุณณะพยัคฆ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัญชริดา สวารชร์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ในงานวิจัยนี้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ในภาควิชาจุลชีววิทยาทุกท่าน ที่ได้ให้ความสะดวกในเรื่องต่างๆ

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจ และมีส่วนช่วยเหลือในงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่น้องรวมทั้งญาติทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจ ช่วยเหลือ สนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย.....	16
3. ผลการทดลอง.....	25
4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	69
รายการอ้างอิง.....	75
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	83
ภาคผนวก ข.....	85
ภาคผนวก ค.....	90
ภาคผนวก ง.....	91
ภาคผนวก จ.....	95
ประวัติผู้เขียน.....	98

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงการแบ่งลักษณะของเปปติโด ไกลแคนของแบคทีเรียตามวิธีของ Schleifer และ Kandler (1972).....	2
2. แสดงอัตราการเร็วแตกของเซลล์และอัตราการแตกสัมพัทธ์ของเซลล์ ในสารละลายทดสอบต่างๆของ <i>Bacillus subtilis</i> 168	36
3. แสดงอัตราเร็วการแตกของเซลล์และอัตราการแตกสัมพัทธ์ของเซลล์ ในสารละลายทดสอบต่างๆของ <i>Micrococcus luteus</i> TISTR 745	37
4. แสดงอัตราเร็วการแตกของเซลล์และอัตราการแตกสัมพัทธ์ของเซลล์ ในสารละลายทดสอบต่างๆของ <i>Streptococcus faecium</i> IFO 3128	38
5. แสดงอัตราเร็วการแตกของเซลล์และอัตราการแตกสัมพัทธ์ของเซลล์ ในสารละลายทดสอบต่างๆของ <i>Staphylococcus aureus</i> TISTR 118.....	39
6. แสดงผลการยับยั้งอัตราเร็วของการแตกของเซลล์ <i>Staphylococcus aureus</i> โดยโบวิน ซีรัม อลูมิน.....	43
7. แสดงอัตราเร็วการแตกของเซลล์และอัตราเร็วของการแตกสัมพัทธ์ของเซลล์ ในสารละลายทดสอบต่างๆของ <i>Escherichia coli</i> TISTR 780.....	46
8. แสดงอัตราเร็วการแตกของเซลล์และอัตราเร็วของการแตกสัมพัทธ์ของเซลล์ ในสารละลายทดสอบต่างๆของ <i>Klebsiella pneumoniae</i> IFO 3317.....	47
9. แสดงอัตราเร็วของการแตกของเซลล์ และอัตราเร็วของการแตกสัมพัทธ์ของเซลล์ <i>Escheria coli</i> TISTR 780 ในสารละลายโซเดียมโคเคซิลซัลเฟต ที่ความเข้มข้นต่างๆ	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
10. แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Escherichia coli</i> TISTR 780 ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ที่เวลา 75 นาที หลังการบ่มเซลล์ไว้ในไลโซไซม์เป็นเวลาต่างๆก่อนการเติมโซเดียมโคเคซิลซัลเฟต.....	54
11. แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Escherichia coli</i> TISTR 780 ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ที่เวลา 80 นาที หลังการบ่มเซลล์ไว้ในไลโซไซม์นาน 60 นาที ก่อนการเติมโซเดียมโคเคซิลซัลเฟต ที่ความเข้มข้นต่างๆ	57
12. แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Escherichia coli</i> TISTR 780 และ <i>Klebsiella pneumoniae</i> IFO 3317 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร หลังการบ่มเซลล์ไว้ในภาวะต่างๆ เป็นเวลา 100 นาที.....	62
13. แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Escherichia coli</i> TISTR 780 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ที่ระยะเวลา 100 นาที หลังการบ่มเซลล์ไว้ใน NA-L-alanine amidase ไลโซไซม์ หรือ NA-L-alanine amidase ร่วมกับไลโซไซม์ เป็นเวลา 60 นาที ก่อนการเติมโซเดียมโคเคซิลซัลเฟต.....	65
14. แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Klebsiella pneumoniae</i> IFO 3317 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตรที่ระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มเซลล์ไว้ในเอนไซม์ NA-L-alanine amidase ไลโซไซม์ หรือ NA-L-alanine amidase ร่วมกับไลโซไซม์เป็นเวลา 60 นาที ก่อนการเติมโซเดียมโคเคซิลซัลเฟต ที่ความเข้มข้นสุดท้าย 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร	68

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1. แสดงลักษณะโครงสร้างของเปปติโคไกลแคนของ <i>Bacillus subtilis</i> 168 และ <i>Escherichia coli</i>	3
2. แสดงลักษณะโครงสร้างของเปปติโคไกลแคนของ <i>Micrococcus luteus</i>	3
3. แสดงลักษณะโครงสร้างของเปปติโคไกลแคนของ <i>Streptococcus faecium</i>	3
4. แสดงลักษณะโครงสร้างของเปปติโคไกลแคนของ <i>Staphylococcus aureus</i>	3
5. แสดงตำแหน่งการย่อยสลายเปปติโคไกลแคนโดยเอนไซม์กลุ่มมอดูลิซิน.....	5
6. แสดงกิจกรรมของ NA-L-alanine amidase กิ่งบริสุทธิ์ที่เตรียมได้	27
7. แสดงผลการวิเคราะห์ NA-L-alanine amidase ที่เตรียมได้โดยวิธีโซเดียมโคเคซัล ซัลเฟตโพลีอะคริลาไมด์เจลอิเล็กโตรโฟริซิส	28
8. แสดงการเพิ่มของกรดอะมิโนอิสระในผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากการ ย่อยสลายผนังเซลล์ของ <i>Bacillus subtilis</i> 168 โดยเอนไซม์กิ่งบริสุทธิ์ที่เตรียมได้.....	29
9. แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากการย่อยสลาย ผนังเซลล์ <i>Bacillus subtilis</i> 168 โดยเอนไซม์ กิ่งบริสุทธิ์ที่เตรียมได้.....	30
10. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Bacillus subtilis</i> 168 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตรในสารละลายทดสอบชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลาต่างๆ..	32
11. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Micrococcus luteus</i> TISTR 745 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ในสารละลายทดสอบชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลาต่างๆ.....	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
12. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Streptococcus faecium</i> IFO 3128 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตรในสารละลายทดสอบชนิดต่างๆที่ระยะเวลาต่างๆ.....	34
13. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Staphylococcus aureus</i> TISTR 118 ลำดับ ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตรในสารละลายทดสอบชนิดต่างๆที่ระยะเวลาต่างๆ.....	35
14. แสดงผลของโบวินซีรัมอัลบูมินต่อการแตกของเซลล์ <i>Staphylococcus aureus</i> TISTR 118	42
15. แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Escherichia coli</i> TISTR 780 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตรในสารละลายทดสอบที่ระยะเวลาต่างๆ.....	44
16. แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Klebsiella pneumoniae</i> IFO 3317 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ในสารละลายทดสอบที่ระยะเวลาต่างๆ.....	45
17ก. แสดงผลของความเข้มข้นของไลโซไซม์ในสารละลายทดสอบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Escherichia coli</i> TISTR 780 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ที่ระยะเวลาต่างๆ.....	48
17ข. แสดงผลของความเข้มข้นของไลโซไซม์ในสารละลายทดสอบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Klebsiella pneumoniae</i> IFO3317 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ที่ระยะเวลาต่างๆ.....	49
18. แสดงผลของโซเดียมโคเคซิลซัลเฟตต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของความขุ่นของเซลล์ <i>Escherichia coli</i> TISTR 780 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ในสารละลายทดสอบที่ระยะเวลาต่างๆ.....	50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
19. แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Escherichia coli</i> TISTR 780 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร เมื่อบ่มเซลล์ไว้ในไลโซไซม์เข้มข้น 100 หน่วยเอนไซม์ต่อมิลลิลิตรเป็นเวลาต่างๆ กันแล้วจึงเติมโซเดียมโคเคซิลซัลเฟต.....	53
20. แสดงผลของความเข้มข้นของโซเดียมโคเคซิลซัลเฟตต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Escherichia coli</i> TISTR 780 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตรซึ่งบ่มไว้ในไลโซไซม์เข้มข้น 100 หน่วยเอนไซม์ต่อมิลลิลิตรเป็นเวลา 60 นาที.....	56
21. แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Escherichia coli</i> TISTR 780 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตรในสารละลายที่ทดสอบที่ระยะเวลาต่างๆ ซึ่งดูผลของการบ่มเซลล์ไว้ในไลโซไซม์เข้มข้น 100 หน่วยเอนไซม์ต่อมิลลิลิตรเป็นเวลา 60 นาที ก่อนการเติมสารละลายโซเดียมโคเคซิลซัลเฟตความเข้มข้นสุดท้าย 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร.....	59
22. แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Klebsiella pneumoniae</i> IFO 3317 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตรในสารละลายที่ทดสอบที่ระยะเวลาต่างๆ ซึ่งดูผลของการบ่มเซลล์ไว้ในไลโซไซม์เข้มข้น 100 หน่วยเอนไซม์ต่อมิลลิลิตรเป็นเวลา 60 นาทีก่อนการเติมสารละลายโซเดียมโคเคซิลซัลเฟตความเข้มข้นสุดท้าย 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร.....	60

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
23. แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Staphylococcus aureus</i> TISTR 118 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ในสารละลายที่ทดสอบที่ระยะเวลาต่างๆซึ่งดูผลของการบ่มเซลล์ไว้ในไลโซไซม์เข้มข้น 100 หน่วยเอนไซม์ต่อมิลลิลิตรเป็นเวลา 60 นาที ก่อนการเติมสารละลายโซเดียมโคเดซิลซัลเฟต ความเข้มข้นสุดท้าย 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร.....	61
24. แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Escherichia coli</i> TISTR 780 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังการบ่มเซลล์ไว้ใน NA-L-alanine amidase ไลโซไซม์หรือ NA-L-alanine amidase ร่วมกับไลโซไซม์เป็นเวลา 60 นาที ก่อนการเติมโซเดียมโคเดซิลซัลเฟตความเข้มข้นสุดท้าย 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร.....	64
25. แสดงค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Klebsiella pneumoniae</i> IFO 3317 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ที่ระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มเซลล์ไว้ในเอนไซม์ NA-L-alanine amidase ไลโซไซม์ หรือเอนไซม์ NA-L-alanine amidase ร่วมกับไลโซไซม์เป็นเวลา 60 นาที ก่อนการเติมโซเดียมโคเดซิลซัลเฟต ที่ความเข้มข้นสุดท้าย 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร.....	67
26. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตรกับความเข้มข้นของสารละลายโบวินซีรัมอัลบูมิน ในปฏิกิริยาตามวิธีของ แบริดเฟอर्ड (1976).....	91
27. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตรกับความเข้มข้นของกรดอะมิโนแอล-อะลานินในปฏิกิริยาตามวิธีของ Ghuyssen <i>et.al.</i> , (1966).....	92

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
28. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตรกับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในปฏิกิริยาตามวิธีของ Thomson และ Shockman (1968).....	93
29. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนมาตรฐาน กับระยะทางที่แถบโปรตีนมาตรฐานเคลื่อนที่ได้บนเจลโดยวิธี SDS-polyacrylamide gel electrophoresis (Laemmi, 1970).....	94
30. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นของเซลล์ <i>Bacillus subtilis</i> 168 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร กับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิต.....	97

สัญลักษณ์และคำย่อ

% = เปอร์เซ็นต์

NA-L-alanine amidase = เอนไซม์เอ็น-อะซิทิลไมวราโมอิล-แอล-อะลานินอะมิเคส

A_{280} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร

A_{260} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร

OD_{650} = ค่าความขุ่นของเซลล์ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร