สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฐ
สารบัญภาพ	ด
อักษรย่อ	ท
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.2 ทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	1
1.2.1 ไธออลโปรติเอสในยางมะละกอ	1
1.2.2 การเก็บและรวบรวมยางมะละกอ	6
1.2.3 การเตรียมไธออลโปรติเอส	8
1.2.4 การหาแอคติวิตีของไธออลโปรติเอส	9
1.2.5 การตรึงไธออลโปรติเอสในยางมะละกอ	11
1.2.6 ประโยชน์ของไธออลโปรติเอส	12
1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย	13
บทที่ 2 การทดลอง	
2.1 สารเคมีและวัสดุอุปกรณ์	14
2.1.1 สารเคมี	14
2.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	16
2.1.3 วัตถุดิบ	16
2.2 วิธีการทดลอง	17
2.2.1 การเปรียบเทียบแอคติวิตีของโปรติเอสจากยางมะละกอ ที่แตกต่างกัน	17
2.2.1.1 วิธีเตรียมสาร	17
2.2.1.2 วิธีหาแอคติวิตี	18

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

	หน้า
2.2.2 การศึกษาสมบัติของโปรติเอสจากยางมะละกอ	18
2.2.2.1 วิธีเตรียมสารละลาย	19
2.2.2.2 วิธีหาพีเอชที่เหมาะสม	19
2.2.2.3 วิธีหาอุณหภูมิที่เหมาะสม	20
2.2.2.4 วิธีหาอิทธิพลของ EDTA และซิสเทอีน ต่อแอคติวิตีของเอนไซม์	20
2.2.3 การแยกและการตรวจสอบไธออลโปรติเอสจากยางมะละกอ	20
2.2.3.1 วิธีเตรียมสาร	20
2.2.3.2 วิธีการแยกไธออลโปรติเอส	22
2.2.3.3 วิธีหาปริมาณโปรตีน	23
2.2.3.4 วิธีทำแคโทดโพลีอะคริลาไมด์เจล อิเลคโตรฟอริซิส	23
2.2.4 การเตรียมไธออลโปรติเอสในรูปยางมะละกออบแห้ง	25
2.2.5 การตรึงไธออลโปรติเอส	26
2.2.5.1 วิธีตรึงบนตัวยึดชนิดต่างๆ	27
2.2.5.2 วิธีหาแอคติวิตีไธออลโปรติเอสตรึง	27
2.2.6 การปรับสภาวะการตรึงไธออลโปรติเอสด้วย ดูโอไลท์ A-368 และ CM-เซลลูโลส	28
2.2.6.1 วิธีเตรียมสารละลายซิเตรทบัฟเฟอร์ 0.05 M พีเอช 3, 4 และ 5	28
2.2.6.2 วิธีหาปริมาณตัวยึดที่เหมาะสม	28
2.2.6.3 วิธีหาพีเอชที่เหมาะสมในการตรึง	28
2.2.7 การศึกษาสมบัติของไธออลโปรติเอสตรึงด้วย ดูโอไลท์ A-368 และ CM-เซลลูโลส	29
2.2.7.1 วิธีตรึงเอนไซม์	29
2.2.7.2 วิธีหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงาน ของไธออลโปรติเอสตรึง	29

หน้า

2.2.7.3 วิธีหาพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงาน
ของไธออลโปรติเอสตรึง 29
2.2.7.4 วิธีหาประสิทธิภาพของการตรึง 29
2.2.8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการไฮโดรไลส์โปรตีนในถั่วเหลือง
โดยไธออลโปรติเอสอิสระและตรึงด้วย CM-เซลลูโลส 30
2.2.8.1 วิธีเตรียมสารละลาย 30
2.2.8.2 วิธีหาอุณหภูมิที่เหมาะสม 30
2.2.8.3 วิธีหาพีเอชที่เหมาะสม 31
2.2.8.4 วิธีไฮโดรไลส์โปรตีนในน้ำเต้าหู้ 31
2.2.8.5 การหาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl 31
2.2.8.6 วิธีหาประสิทธิภาพของไธออลโปรติเอสตรึง
ด้วย CM-เซลลูโลส 33

บทที่ 3 ผลการทดลอง

3.1 แอคติวิตีของโปรติเอสจากยางมะละกอที่แตกต่างกัน 34
3.2 คุณสมบัติของโปรติเอสในยางมะละกอ 35
3.2.1 พีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสม 35
3.2.2 อิทธิพลของ EDTA และซิสเทอีนต่อการทำงาน
ของโปรติเอส 38
3.3 การแยกและตรวจสอบไธออลโปรติเอสจากยางมะละกอ 39
3.3.1 การทำบริสุทธิ์ปาเปน 39
3.3.2 การแยกโปรติเอส 43
3.3.3 ชนิดของไธออลโปรติเอสในยางมะละกอ 44
3.4 การเตรียมไธออลโปรติเอสจากยางมะละกอสด 45
3.4.1 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง 45
3.4.2 การเลือกระยะเวลาที่เหมาะสม 47
3.4.3 การศึกษาอิทธิพลของ KMS 48
3.5 การตรึงไธออลโปรติเอส 51
3.5.1 ไธออลโปรติเอสตรึงบนตัวยึดชนิดต่างๆ 51

หน้า

3.5.2 การศึกษาวิธีเตรียมและคุณสมบัติของไธออลโปรติเอสตรึง
บนดูโอไลท์ A-368 51
3.5.2.1 ปริมาณดูโอไลท์ A-368 ที่เหมาะสม
ในการตรึงเอนไซม์ 52
3.5.2.2 พีเอชที่เหมาะสมในการตรึงเอนไซม์ 52
3.5.2.3 พีเอชที่เหมาะสมในการทำงานของ
ไธออลโปรติเอสตรึง 55
3.5.2.4 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของ
ไธออลโปรติเอสตรึง 56
3.5.2.5 ประสิทธิภาพในการทำงานของไธออลโปรติเอสตรึง 57
3.5.3 การศึกษาวิธีเตรียมและคุณสมบัติของไธออลโปรติเอสตรึง
บน CM-เซลลูโลส 58
3.5.3.1 ปริมาณ CM-เซลลูโลสที่เหมาะสมในการตรึงเอนไซม์ 58
3.5.3.2 พีเอชที่เหมาะสมในการตรึงเอนไซม์ 59
3.5.3.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของ
ไธออลโปรติเอสตรึง 59
3.5.3.4 พีเอชที่เหมาะสมในการทำงานของ
ไธออลโปรติเอสตรึง 61
3.5.3.5 ประสิทธิภาพในการใช้งานซ้ำของไธออลโปรติเอสตรึง 62
3.6 การไฮโดรไลส์โปรตีนในนมถั่วเหลืองโดยไธออลโปรติเอส
อิสระและตรึง 63
3.6.1 อุณหภูมิที่เหมาะสม 63
3.6.2 พีเอชที่เหมาะสม 65
3.6.3 เปอร์เซนต์การไฮโดรไลส์โปรตีน 67
3.6.4 ประสิทธิภาพของไธออลโปรติเอสตรึง 70
บทที่ 4 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง
4.1 โปรติเอสแอคติวิตีจากส่วนต่างๆ ของมะละกอ 71

หน้า

4.2 สภาวะที่เหมาะสมในการไฮโดรไลส์เคซีนของโปรติเอสในยางมะละกอ 72

4.3 การแยกและตรวจสอบไธออลโปรติเอสจากยางมะละกอ 73

4.4 การเตรียมไธออลโปรติเอสจากยางมะละกอ 75

4.5 การตรึงไธออลโปรติเอสด้วยวิธีต่างๆ 75

4.6 การศึกษาวิธีเตรียมและคุณสมบัติของไธออลโปรติเอสตรึง
ด้วยดูโอไลท์ A-368 และ CM-เซลลูโลส 76

4.7 การไฮโดรไลส์โปรตีนจากนมถั่วเหลืองโดยไธออลโปรติเอสอิระและตรึง 77

4.8 สรุปผลการทดลอง 79

เอกสารอ้างอิง 81

ภาคผนวก 87

ประวัติผู้เขียน 93

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 คุณสมบัติของไธออลโปรติเอสชนิดต่างๆ ในยางมะละกอ	6
3.1 แอคติวิตีของโปรติเอสในยางมะละกอของตัวอย่างต่างๆ จากการย่อยเคซีนในสารละลายพีเอช 7 ที่ 37°C	34
3.2 แอคติวิตีทั้งหมดของโปรติเอสในก้านและใบมะละกอในสารละลายพีเอช 7 ที่ 37°C	35
3.3 แอคติวิตีของโปรติเอสจากยางมะละกอสดในการย่อยเคซีนที่อุณหภูมิ 37°C ในสารละลายพีเอช 6-10	36
3.4 แอคติวิตีของโปรติเอสจากยางมะละกอสดในการย่อยเคซีนในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์พีเอช 7 ที่อุณหภูมิต่างๆ	37
3.5 แอคติวิตีของโปรติเอสจากยางมะละกอสดในการย่อยเคซีนที่อุณหภูมิ 37°C ในสารละลายพีเอช 7 เมื่อมี EDTA และซิสเทอีน 0-20 และ 0-40 mM	38
3.6 แอคติวิตีและโปรตีนของปาเปนในขั้นตอนต่างๆ ของการทำปาเปนให้บริสุทธิ์บางส่วน	40
3.7 แอคติวิตีจำเพาะและผลผลิตของปาเปนในขั้นตอนต่างๆ ของการทำปาเปนให้บริสุทธิ์บางส่วน	40
3.8 ร้อยละของไธออลโปรติเอสในสารสกัดหยาบจากยางมะละกอ และโปรตีนที่ตกตะกอนออกมาด้วย 40% แอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัว ซึ่งแยกโดยแคโทดอิเลคโตรฟอริซิสและหาปริมาณโดยเดนซิโทมิเตอร์	43
3.9 แอคติวิตีและโปรตีนของโปรติเอสที่ได้จากการตกตะกอนออกจากสารละลายยางมะละกอสดด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต 20-80% อิ่มตัว	44
3.10 แอคติวิตีจำเพาะและผลผลิตของโปรติเอสจากการตกตะกอนออกจากสารละลายยางมะละกอสดด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต 20-80% อิ่มตัว	44
3.11 น้ำหนักยางแห้งที่ได้จากการอบยางสด 1 กรัม ที่อุณหภูมิต่างๆ 1 ชั่วโมง และผลการวิเคราะห์แอคติวิตีโปรติเอสที่ 37°C	46
3.12 ผลผลิตของไธออลโปรติเอสและร้อยละของน้ำหนักยางแห้งเมื่ออบยางสด 1 กรัมที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง	46

ตาราง หน้า

3.13 A_{275} ของไธออลโปรติเอสในยางมะละกอออบแห้งและน้ำหนักยางแห้งเมื่ออบยางสด 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง 48

3.14 ผลผลิตของไธออลโปรติเอสและร้อยละของน้ำหนักยางแห้งเมื่ออบยางสด 1 กรัมที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 1-5 ชั่วโมง 49

3.15 แอคติวิตีสัมพัทธ์ของไธออลโปรติเอสในยางมะละกอออบแห้งที่มีการเติม 0-100% KMS ลงในยางก่อนอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 50

3.16 แอคติวิตีโปรติเอสในไธออลโปรติเอสตรึงด้วยบนตัวยึดชนิดต่างๆ โดยเทียบกับไธออลโปรติเอสเริ่มต้น 120 ยูนิต 52

3.17 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสตรึงบนดูโอไลท์ A-368 ปริมาณต่างๆ ในสารละลายพีเอช 7 ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยเทียบกับแอคติวิตีเริ่มต้น 70 ยูนิต 53

3.18 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสตรึงบนดูโอไลท์ A-368 ซึ่งมีน้ำหนักเปียกทั้งหมด 18.43 กรัม ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในสารละลายพีเอช 3-10 โดยเทียบกับไธออลโปรติเอสเริ่มต้น 60 ยูนิต 54

3.19 แอคติวิตีของโปรติเอสตรึงบนดูโอไลท์ A-368 ในการย่อยเคซีนที่อุณหภูมิ 37°C ในสารละลายพีเอช 6-10 55

3.20 แอคติวิตีของโปรติเอสตรึงบนดูโอไลท์ A-368 ในการย่อยเคซีน ในสารละลายพีเอช 7 ที่อุณหภูมิ 20-90°C 56

3.21 ประสิทธิภาพของไธออลโปรติเอสตรึงบนดูโอไลท์ A-368 ในการย่อยเคซีน 4 ครั้ง ที่อุณหภูมิ 37°C 57

3.22 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสตรึงบน CM-เซลลูโลส ปริมาณต่างๆ ในสารละลายพีเอช 7 ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยเทียบกับไธออลโปรติเอสเริ่มต้น 420 ยูนิต 58

3.23 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสตรึงบน CM-เซลลูโลส ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในสารละลายพีเอช 3-10 โดยเทียบกับไธออลโปรติเอสเริ่มต้น 460 ยูนิต 60

3.24 แอคติวิตีของโปรติเอสตรึงบน CM-เซลลูโลส ในการย่อยเคซีน ในสารละลายพีเอช 7 ที่อุณหภูมิ 20-90°C 60

ตาราง หน้า

3.25 แอคติวิตีของโปรติเอสตรึงบน CM-เซลลูโลส ในการย่อยเคซีน ที่อุณหภูมิ 80°C ในสารละลายพีเอช 6-10 61
3.26 ประสิทธิภาพของไธออลโปรติเอสที่ตรึงบน CM-เซลลูโลส ในการย่อยเคซีนซ้ำหลายครั้ง ที่อุณหภูมิ 80°C 62
3.27 ประสิทธิภาพในการตรึงเอนไซม์ด้วย ดูโอไลท์ A-368 และ CM-เซลลูโลส เมื่อย่อยเคซีนในสารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 7 ที่ 80°C 63
3.28 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสอิสระในการย่อยโปรตีนจากน้ำเต้าหู้ และนมถั่วเหลืองดอยคำ ในสารละลายพีเอช 7 ที่อุณหภูมิ 20-90°C 64
3.29 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสตรึงบน CM-เซลลูโลส ในการย่อยโปรตีน ในน้ำเต้าหู้ในสารละลายพีเอช 7 ที่อุณหภูมิต่างๆ 65
3.30 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสอิสระในการย่อยโปรตีนจากน้ำเต้าหู้ และนมถั่วเหลืองดอยคำ ที่อุณหภูมิ 80°C ในสารละลายพีเอชต่างๆ 66
3.31 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสตรึงบน CM-เซลลูโลส ในการย่อยโปรตีน ในน้ำเต้าหู้ที่อุณหภูมิ 80°C ในสารละลายพีเอช 3-10 67
3.32 น้ำหนักตะกอนหลังจากหยุดปฏิกิริยาการไฮโดรไลส์โปรตีนในน้ำเต้าหู้ โดยไธออลโปรติเอสอิสระและที่ตรึงด้วย CM-เซลลูโลส และปริมาตร 0.1042 M NaOH ที่ใช้ไทเทรตหาปริมาณโปรตีนจากตะกอนเปียก 0.5 กรัม 68
3.33 ปริมาณโปรตีนและร้อยละของการไฮโดรไลส์โปรตีนในน้ำเต้าหู้ 70
3.34 ประสิทธิภาพของไธออลโปรติเอสตรึงบน CM-เซลลูโลส ในการไฮโดรไลส์โปรตีนในน้ำเต้าหู้ในสารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 6 ที่อุณหภูมิ 80°C 70
4.1 โปรติเอสแอคติวิตีในยางจากผลมะละกอ และสารสกัดจากก้านและใบ 72
4.2 ชนิดและปริมาณของไธออลโปรติเอสในยางมะละกอที่ได้จากการทำบริสุทธิ์ปาเปน ด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต 40% อิ่มตัว 74
4.3 ไธออลโปรติเอสที่แยกได้จากน้ำยางมะละกอพันธุ์พื้นเมืองโดย การตกตะกอนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต 40-80% อิ่มตัว 74
4.4 สภาวะที่เหมาะสมในการตรึงไธออลโปรติเอสและการทำงานของ ไธออลโปรติเอสตรึงด้วยดูโอไลท์ A-368 และ CM-เซลลูโลส 78

ตาราง		หน้า
4.5	ข้อเปรียบเทียบการไฮโดรไลส์โปรตีนจากน้ำเต้าหู้ด้วย ไธออลโปรติเอสอิสระและที่ตรึงด้วย CM-เซลลูโลส	80
ผ.1	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 275 นาโนเมตร ของสารละลาย ไทโรซีนมาตรฐาน ความเข้มข้น 10-100 $\mu g/cm^3$	87
ผ.2	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 595 นาโนเมตร ของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจาก BSA ที่ความเข้มข้น 1-6 mg/cm^3 กับ coomassie brilliant blue	89
ผ.3	ปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตกับ 0.1000 M KHP 20 ลบ.ซม. โดยมีเมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์	91
ผ.4	ปริมาตร HCl ที่ใช้ในการไทเทรตกับ 0.1042 M NaOH 20 ลบ.ซม. โดยมีฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์	92

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 การสลายพันธะเปปไทด์ในสารละลายของน้ำและการสร้างพันธะเปปไทด์ในตัวทำละลายอินทรีย์โดยไธออลโปรติเอส	2
1.2 ลำดับกรดอะมิโน (ก) และโครงสร้างของโมเลกุลปาเปน (ข)	3
1.3 กลไกการเปลี่ยนรูป (active-inactive) ของไธออลโปรติเอส	4
1.4 ไธออลโปรติเอส 4 ชนิดในยางมะละกอ	5
1.5 ไธออลโปรติเอสทั้งหมดในยางมะละกอ	5
1.6 วิธีการเก็บและรวบรวมยางมะละกอโดยใช้อุปกรณ์ช่วย	8
2.1 วิธีใส่สารละลาย separating gel หรือ stacking gel ลงในช่องว่างของกระจกเพื่อเตรียม slab gel (1=ชุด slab gel, 2=chamber บน, 3=chamber ล่าง และ 4=คลิปหนีบ)	25
2.2 การติดตั้งเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าจาก power supply(1) เข้าสู่แผ่นเจล(2) โดยต่อขั้วบวกเข้ากับ chamber บน(3) และขั้วลบเข้ากับ chamber ล่าง(4)	25
3.1 แอคติวิตีของโปรติเอสจากยางมะละกอสดในการย่อยเคซีนในสารละลายบัฟเฟอร์ที่พีเอชต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37°C	36
3.2 การย่อยเคซีนโดยโปรติเอสในสารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 7 ที่อุณหภูมิต่างๆ	37
3.3 ผลของ EDTA (●) และซิสเทอีน (■) ต่อแอคติวิตีของโปรติเอสจากยางมะละกอสดในการย่อยเคซีนในสารละลายพีเอช 7 ที่อุณหภูมิ 37°C	39
3.4 แคโทดอิเลคโตรฟอริซิสของปาเปนที่ทำบริสุทธิ์ด้วยการตกตะกอน โดยช่องที่ 1 และ 6 เป็นปาเปนมาตรฐาน ช่องที่ 2 เป็นสารสกัดหยาบ ช่องที่ 3, 4 และ 5 เป็นไธออลโปรติเอสที่ได้จากการตกตะกอนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต 40% อิ่มตัว โปรตีนที่ตกผลึกอีกครั้งด้วยโซเดียมคลอไรด์ 10%และโปรตีนที่ตกผลึกใหม่ตามลำดับ	41
3.5 ความเข้มของแถบโปรตีนในสารสกัดหยาบที่แยกโดยอิเลคโตรฟอริซิส ซึ่งตรวจด้วยเครื่องเดนซิโทมิเตอร์	42

รูป หน้า

3.6 ความเข้มของแถบโปรตีนในสารละลายโปรตีนที่ได้จากการตกตะกอน
ด้วยสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟต 40% อิ่มตัว และแยกโดยอิเลคโตรฟอริซิส
ซึ่งตรวจด้วยเครื่องเดนซิโทมิเตอร์ 42

3.7 แคโทดอิเลคโตรฟอริซิสของโปรตีนจากการตกตะกอนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต
20-80% อิ่มตัว โดยช่องที่ 1 และ 8 เป็นปาเปนมาตรฐาน ช่องที่ 2 เป็นสารสกัดหยาบ
ช่องที่ 3, 4, 5, 6 และ 7 เป็นไธออลโปรติเอสที่ได้จากการตกตะกอนด้วย
แอมโมเนียมซัลเฟต 40, 50, 60, 70 และ 80% อิ่มตัว ตามลำดับ 45

3.8 ร้อยละของน้ำหนัก (—) และแอคติวิตีสัมพัทธ์ของโปรติเอส (---)
ที่ได้จากการอบยางสด (●) และยางผสม KMS 0.5% (▲) ที่อุณหภูมิ
60-80°C 1 ชั่วโมง 47

3.9 ร้อยละของน้ำหนัก (—) และแอคติวิตีสัมพัทธ์ของโปรติเอส (---)
ที่ได้จากการอบยางสด (●) และยางผสม KMS 0.5% (▲) ที่อุณหภูมิ 60 °C
เป็นเวลา 1-5 ชั่วโมง 48

3.10 ผลของ KMS ต่อแอคติวิตีของไธออลโปรติเอสในยางมะละกออบแห้ง
เมื่อเทียบกับแอคติวิตีในยางสด 50

3.11 ปริมาณดูโอไลท์ A-368 ที่เหมาะสมในการตรึงไธออลโปรติเอส 70 ยูนิต 53

3.12 ประสิทธิภาพการตรึงไธออลโปรติเอสบนดูโอไลท์ A-368 ใน
สารละลายบัฟเฟอร์พีเอชต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 54

3.13 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสตรึงบนดูโอไลท์ A-368
ที่อุณหภูมิ 37°C ในสารละลายบัฟเฟอร์พีเอชต่างๆ 56

3.14 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสตรึงบนดูโอไลท์ A-368
ในสารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 7 ที่อุณหภูมิต่างๆ 57

3.15 ปริมาณ CM-เซลลูโลสที่เหมาะสมในการตรึงไธออลโปรติเอส 420 ยูนิต 59

3.16 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสตรึงบน CM-เซลลูโลส ในสารละลาย
บัฟเฟอร์พีเอช 7 ที่อุณหภูมิ 20-90 °C 61

3.17 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสที่ตรึงบน CM-เซลลูโลส ในสารละลาย
บัฟเฟอร์พีเอช 6-10 ที่อุณหภูมิ 80°C 62

รูป	หน้า
3.18 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสที่ช่วยย่อยโปรตีนจากน้ำเต้าหู้ (▲) และ นมถั่วเหลืองดอยคำ(■) ในสารละลายพีเอช 7 ที่อุณหภูมิต่างๆ	64
3.19 แอคติวิตีของไธออลโปรติเอสที่ตรึงด้วย CM-เซลลูโลสซึ่งช่วยเร่งในการ ย่อยโปรตีนจากน้ำเต้าหู้ในสารละลายพีเอช 7 ที่อุณหภูมิต่างๆ	65
3.20 แอคติวิตีโปรติเอสในการย่อยโปรตีนจากน้ำเต้าหู้ (▲) และ นมถั่วเหลืองดอยคำ (■) ที่พีเอชต่างๆ	66
3.21 พีเอชที่เหมาะสมในการย่อยโปรตีนจากนมถั่วเหลือง ด้วยไธออลโปรติเอส ตรึงบน CM-เซลลูโลส	67
ผ.1 กราฟมาตรฐานไทโรซีน	88
ผ.2 กราฟมาตรฐาน BSA	90

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

อักษรย่อ

A	Analytical
ตร.มม.	ตารางมิลลิเมตร
มก	มิลลิกรัม
มม	มิลลิเมตร
มล	มิลลิลิตร
A_{275}	Absorbance at 275 nm
A_{595}	Absorbance at 595 nm
C	Commercial
cm^2, ตร.ซม.	ตารางเซนติเมตร
cm^3, ลบ.ซม.	ลูกบาศก์เซนติเมตร
^oC	Degree celsius
g	Gram
µg	Microgram
M	Molar
mg	Milligram
mM	Millimolar
nm	Nanometre
TCA	Trichloro acetic acid
U	Unit
v	volume
w	weight

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University