

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฒ
สารบัญภาพ	ณ
อักษรย่อ	น
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 เมล็ดมัสตาร์ด	1
1.2 น้ำมันหอมระเหยมัสตาร์ด	6
1.3 โปรตีนในมัสตาร์ด	8
1.4 สารประกอบฟีนอลิก	9
1.5 เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	16
1.5.1 สมบัติทั่วไปของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	16
1.5.2 การศึกษาเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	21
1.6 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	23
บทที่ 2 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	24
2.1 สารเคมี	24
2.2 เครื่องมือ	27
2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมัสตาร์ด	28
2.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน	28
2.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน	28
2.4 การสกัดและตกตะกอนโปรตีนจากกากมัสตาร์ด	29
2.4.1 การเตรียมกากมัสตาร์ดที่ปราศจากไขมัน	29

2.4.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนด้วย	
สารละลาย 2% Na_2CO_3	29
2.4.2.1 การหาปริมาณที่เหมาะสมของสารละลาย 2% Na_2CO_3	29
2.4.2.2 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด	30
2.4.2.3 การหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัด	30
2.4.3 การหา pH ที่เหมาะสมของสารละลาย 2% $(\text{NaPO}_3)_6$ ในการ	
สกัดโปรตีน	30
2.4.4 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนด้วย	
สารละลาย 2% $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 1	31
2.4.4.1 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด	31
2.4.4.2 การหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัด	31
2.4.5 การหาองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนจากกากมัสตาร์ด	32
2.4.5.1 การหาปริมาณไขมัน	32
2.4.5.2 การหาปริมาณความชื้น	32
2.4.5.3 การหาปริมาณเถ้า	33
2.4.5.4 การหาปริมาณไฟเบอร์	33
2.4.5.5 การหาปริมาณโปรตีน	34
2.4.5.6 การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต	34
2.4.6 การหาชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบ	
ในโปรตีนจากกากมัสตาร์ด	35
2.5 การตรวจสอบหาชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกจากกาก	
มัสตาร์ดและสารสกัดโปรตีนของกากและเมล็ดมัสตาร์ด	36
2.5.1 การสกัดสารประกอบฟีนอลิก	36
2.5.1.1 การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากกากมัสตาร์ด	36
2.5.1.2 การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากสารสกัดโปรตีนของ	
กากและเมล็ดมัสตาร์ด	39

	หน้า
2.5.2 การตรวจสอบชนิดของสารประกอบฟีนอลิก	42
2.5.2.1 การตรวจสอบด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง	42
2.5.2.2 การตรวจสอบด้วยวิธีโครมาโทกราฟีกระดาษแบบสองทิศทาง	42
2.5.3 การหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก	43
2.6 การทำเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสให้บริสุทธิ์บางส่วนและศึกษาสมบัติบางประการ	45
2.6.1 การเตรียมเมล็ดมันต์สดที่ปราศจากไขมัน	45
2.6.2 การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ที่ยังไม่บริสุทธิ์	45
2.6.2.1 วิธีวัดค่าประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์	45
2.6.2.2 การหาปริมาณโปรตีน	47
2.6.2.3 การหาสัณฐานที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์	48
2.6.2.4 การหา pH ที่เหมาะสมในการสกัด	49
2.6.2.5 การหาความเสถียรต่อ pH	51
2.6.2.6 การหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัด	51
2.6.3 วิธีการทำให้เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสบริสุทธิ์	51
2.6.3.1 การตกตะกอนด้วย $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ แบบไม่ต่อเนื่อง	51
2.6.3.2 การตกตะกอนด้วย $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ แบบต่อเนื่อง	52
2.6.3.3 การแยกเอนไซม์โดยใช้ DEAE Sephadex	54
2.6.3.4 การแยกเอนไซม์โดยใช้ CM Sephadex	54
2.6.3.5 การแยกเอนไซม์โดยใช้ Con A Sepharose	55
2.6.3.6 การทำเอนไซม์ให้บริสุทธิ์โดยการตกตะกอนด้วย $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ และแยกโดยใช้คอลัมน์ CM Sephadex และ Con A Sepharose	56
2.6.3.7 การทำเอนไซม์ให้บริสุทธิ์โดยทำให้เข้มข้นด้วย Ultrafiltration และแยกโดยใช้คอลัมน์ CM Sephadex และ Con A Sepharose	58

	หน้า
2.6.3.8 การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเอนไซม์ด้วย SDS-PAGE	59
2.6.4 การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ที่บริสุทธิ์บางส่วน	63
2.6.4.1 การหาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมในการทำงาน	63
2.6.4.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์	64
2.6.4.3 การศึกษาผลของ pH ต่อการทำงานของเอนไซม์	64
2.6.4.4 การศึกษาชนิดของสับสเตรทที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์	64
2.6.4.5 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสับสเตรทต่อการทำงานของเอนไซม์	65
2.6.4.6 การศึกษาผลของสารกระตุ้นและยับยั้งต่อการทำงานของเอนไซม์	65
2.6.4.7 การศึกษาความเสถียรของเอนไซม์	65
ก. การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความเสถียรของเอนไซม์	65
ข. การศึกษาผลของ pH ต่อความเสถียรของเอนไซม์	66
ค. การศึกษาผลของเวลาต่อความเสถียรของเอนไซม์	66
บทที่ 3 ผลการทดลอง	67
3.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสตาร์ด	67
3.2 ผลการสกัดและตกตะกอนโปรตีนจากกากมันสตาร์ด	67
3.2.1 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนด้วยสารละลาย 2% Na_2CO_3	67
3.2.1.1 ผลการหาปริมาตรที่เหมาะสมในการสกัด	67
3.2.1.2 ผลการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด	69
3.2.1.3 ผลการหาเวลาที่ที่เหมาะสมในการสกัด	70
3.2.2 ผลการหา pH ที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนด้วยสารละลาย 2% $(\text{NaPO}_3)_6$	72
3.2.3 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนด้วยสารละลาย 2% $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 1	74

	หน้า
3.2.3.1 ผลการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด	74
3.2.3.2 ผลการหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัด	76
3.2.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนจากกากมัสตาร์ด	78
3.2.5 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบ ของโปรตีนจากกากมัสตาร์ด	86
3.3 ผลการตรวจสอบชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกจากกาก มัสตาร์ดและสารสกัดโปรตีนจากกากและเมล็ดมัสตาร์ด	89
3.3.1 สมบัติของสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน	89
3.3.2 ผลการตรวจสอบหาชนิดของสารประกอบฟีนอลิกจากกากมัสตาร์ด	90
3.3.3 ผลการตรวจสอบหาชนิดของสารประกอบฟีนอลิกจากสารสกัดโปรตีน ของกากมัสตาร์ด	91
3.3.3.1 ผลการตรวจสอบด้วยวิธีโครมาโทกราฟีกระดาษแบบ สองทิศทาง	91
3.3.3.2 ผลการตรวจสอบด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง	92
3.3.3.3 ผลการตรวจสอบค่าการดูดกลืนแสง	93
3.3.4 ผลการตรวจสอบชนิดของสารประกอบฟีนอลิกจากสารสกัดโปรตีน ของเมล็ดมัสตาร์ด	95
3.3.5 กราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก	96
3.3.6 ผลการหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกจากกากมัสตาร์ด	98
3.3.7 ผลการหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกจากสารสกัดโปรตีน ของกากมัสตาร์ด	98
3.3.8 ผลการหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกจากสารสกัดโปรตีน ของเมล็ดมัสตาร์ด	99
3.4 ผลการทำเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสให้บริสุทธิ์บางส่วนและศึกษา สมบัติบางประการ	102
3.4.1 ผลการทำกราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณโปรตีน	102
3.4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ที่ยังไม่บริสุทธิ์	103

	หน้า
3.4.2.1 ผลการหาสับสเตรทที่เหมาะสมต่อการทำงาน	103
3.4.2.2 ผลการหา pH ที่เหมาะสมในการสกัดเอนไซม์	104
3.4.2.3 ผลการหาความเสถียรของเอนไซม์ต่อ pH	106
3.4.2.4 ผลการหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเอนไซม์	108
3.4.3 ผลการทำเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสให้บริสุทธิ์	110
3.4.3.1 ผลการตกตะกอนเอนไซม์ด้วย $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ แบบไม่ต่อเนื่อง	110
3.4.3.2 ผลการตกตะกอนเอนไซม์ด้วย $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ แบบต่อเนื่อง	112
3.4.3.3 ผลการแยกเอนไซม์โดยใช้ DEAE Sepharose	113
3.4.3.4 ผลการแยกเอนไซม์โดยใช้ CM Sephadex	115
3.4.3.5 ผลการแยกเอนไซม์โดยใช้ Con A Sepharose	119
3.4.3.6 ผลการทำเอนไซม์ให้บริสุทธิ์โดยการตกตะกอนด้วย $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ และแยกโดยใช้คอลัมน์ CM Sephadex และ Con A Sepharose	120
3.4.3.7 ผลการทำเอนไซม์ให้บริสุทธิ์โดยทำให้เข้มข้นด้วย Ultrafiltration และแยกโดยใช้คอลัมน์ CM Sephadex และ Con A Sepharose	123
3.4.3.8 ผลการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเอนไซม์ด้วย SDS-PAGE	126
3.4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ที่บริสุทธิ์บางส่วน	129
3.4.4.1 ผลของปริมาณเอนไซม์	129
3.4.4.2 ผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์	130
3.4.4.3 ผลของ pH ต่อการทำงานของเอนไซม์	132
3.4.4.4 ผลของสับสเตรทชนิดต่างๆต่อการทำงานของเอนไซม์	134
3.4.4.5 ผลของความเข้มข้นของสับสเตรทต่อการทำงานของเอนไซม์	135
3.4.4.6 ผลของสารกระตุ้นและยับยั้งต่อการทำงานของเอนไซม์	137
3.4.4.7 ผลความเสถียรของเอนไซม์	138

	หน้า
ก. ผลของอุณหภูมิต่อความเสถียรของเอนไซม์	138
ข. ผลของ pH ต่อความเสถียรของเอนไซม์	140
ค. ผลของเวลาต่อความเสถียรของเอนไซม์	141
บทที่ 4 วิจัยรณและสรุปลผลการทดลอง	143
เอกสารอ้างอิง	154
ประวัติผู้เขียน	160

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดและกากมัสตาร์ด	4
1.2	แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ laccase และ catechol oxidase	19
2.1	แสดงการเตรียมสารละลายยาลูกกลืนมาตรฐานความเข้มข้นต่างๆ	35
2.2	แสดงการเตรียมสารละลายฟีนอลมาตรฐานความเข้มข้นต่างๆ	44
2.3	แสดงวิธีวัดค่าประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดส	46
2.4	แสดงการเตรียมสารละลายโปรตีนมาตรฐานความเข้มข้นต่างๆ	48
2.5	แสดงค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับสารประกอบ ฟีนอลิกชนิดต่างๆ	49
2.6	แสดงปริมาณ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ที่เติมแบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ % $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ อิมิตัวตามต้องการ	52
2.7	แสดงปริมาณ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ที่เติมแบบต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ % $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ อิมิตัวตามต้องการ	53
2.8	แสดงการเตรียม 10% separating gel	61
2.9	แสดงการเตรียม 3% stacking gel	62
3.1	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและไขมันในกากมัสตาร์ด	67
3.2	แสดงปริมาณตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วย สารละลาย Na_2CO_3 ปริมาตรต่างๆ	68
3.3	แสดงปริมาณตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วย สารละลาย Na_2CO_3 ที่อุณหภูมิต่างๆ	69
3.4	แสดงปริมาณตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วย สารละลาย Na_2CO_3 ที่เวลาต่างๆ	71

ตาราง		หน้า
3.5	แสดงปริมาณตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย $(\text{NaPO}_3)_6$ ที่พีเอชต่างๆ	73
3.6	แสดงปริมาณตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 1 ที่อุณหภูมิต่างๆ	75
3.7	แสดงปริมาณตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 1 ที่เวลาต่างๆ	77
3.8	แสดงปริมาณองค์ประกอบต่างๆของตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย Na_2CO_3	79
3.9	แสดงปริมาณองค์ประกอบต่างๆของตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 1	81
3.10	แสดงปริมาณองค์ประกอบต่างๆของตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 11	83
3.11	แสดงชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย Na_2CO_3 , $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 1 และ $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 11	87
3.12	แสดงผลการตรวจสอบสมบัติต่างๆของสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน	89
3.13	แสดงผลการตรวจสอบสมบัติต่างๆของสารประกอบฟีนอลิกที่ได้จากกากมัสตาร์ด	90
3.14	แสดงผลการตรวจสอบสมบัติต่างๆของสารประกอบฟีนอลิกจากสารสกัดโปรตีนของกากมัสตาร์ดโดยวิธีโครมาโทกราฟีกระดาษแบบสองทิศทาง	91
3.15	แสดงผลการตรวจสอบสมบัติต่างๆของสารประกอบฟีนอลิกจากสารสกัดโปรตีนของกากมัสตาร์ดโดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง	93
3.16	แสดงผลการตรวจสอบสมบัติต่างๆของสารประกอบฟีนอลิกจากสารสกัดโปรตีนของเมล็ดมัสตาร์ดโดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง	95
3.17	แสดงผลการทำกราฟมาตรฐานของสารละลาย pyrocatechol	97

ตาราง	หน้า
3.18 แสดงผลการหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในรูปต่างๆจากกากมันสตาร์ด	98
3.19 แสดงผลการหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในรูปต่างๆจากสารสกัดโปรตีนของกากมันสตาร์ด	99
3.20 แสดงผลการหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในรูปต่างๆจากสารสกัดโปรตีนของเมล็ดมันสตาร์ด	100
3.21 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 nm สำหรับหาปริมาณโปรตีนของสารละลาย bovine serum albumin ความเข้มข้นต่างๆ	102
3.22 แสดงผลของสับสเตรทชนิดต่างๆต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	104
3.23 แสดงผลการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่สกัดด้วยสารละลายพีเอชต่างๆ	105
3.24 แสดงผลความเสถียรของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่อพีเอชที่ใช้ในการสกัด	107
3.25 แสดงผลการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่สกัดด้วยเวลาต่างๆ	108
3.26 แสดงผลการตกตะกอนเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสด้วย 10-100% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ อิมิตัวแบบไม่ต่อเนื่อง	110
3.27 แสดงผลการตกตะกอนเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสด้วย 10-80% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ อิมิตัวแบบต่อเนื่อง	112
3.28 แสดงผลการทำเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสให้บริสุทธิ์โดยการตกตะกอนด้วย $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ และแยกด้วยคอลัมน์ CM Sephadex และ Con A Sepharose	122
3.29 แสดงผลการทำเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสให้บริสุทธิ์โดยการทำให้เข้มข้นด้วย Ultrafiltration และแยกด้วยคอลัมน์ CM Sephadex และ Con A Sepharose	125

ตาราง		หน้า
3.30	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Relative mobility กับ Log MW ของสารละลายโปรตีนมาตรฐาน	127
3.31	แสดงผลของปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	129
3.32	แสดงผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	131
3.33	แสดงผลของพีเอชต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	132
3.34	แสดงผลของสับสเตรทชนิดต่างๆต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	134
3.35	แสดงผลของความเข้มข้นสับสเตรทที่มีต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	135
3.36	แสดงผลของสารกระตุ้นและยับยั้งที่มีต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	138
3.37	แสดงผลความเสถียรของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ออุณหภูมิ	139
3.38	แสดงผลความเสถียรของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่อพีเอช	140
3.39	แสดงผลความเสถียรของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่อเวลา	142

สารบัญภาพ

รูป		หน้า
1.1	แสดงกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหย Allyl isothiocyanate จากเมล็ดมัสตาร์ด	7
1.2	แสดงโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิด	11
1.3	แสดงการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ laccase	16
1.4	แสดงการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ cresolase	17
1.5	แสดงการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ catecholase	18
2.1	แสดงวิธีการสกัดและแยกสารประกอบฟีนอลิกในรูปอิสระรูปเอสเทอร์ และรูปที่จับกับกากจากกากมัสตาร์ด	38
2.2	แสดงวิธีการสกัดโปรตีนและแยกสารประกอบฟีนอลิกในรูปอิสระรูปเอสเทอร์ รูปจับกับโปรตีน และรูปจับกับกาก จากสารสกัดโปรตีนของกากและเมล็ดมัสตาร์ด	41
3.1	แสดงปริมาณตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย Na_2CO_3 ปริมาตรต่างๆ	68
3.2	แสดงปริมาณตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย Na_2CO_3 ที่อุณหภูมิต่างๆ	70
3.3	แสดงปริมาณตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย Na_2CO_3 ที่เวลาต่างๆ	72
3.4	แสดงปริมาณตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย $(\text{NaPO}_3)_6$ พีเอชต่างๆ	74
3.5	แสดงปริมาณตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 1 ที่อุณหภูมิต่างๆ	76
3.6	แสดงปริมาณตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 1 ที่เวลาต่างๆ	78

รูป		หน้า
3.7	แสดงปริมาณองค์ประกอบต่างๆของตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย Na_2CO_3	80
3.8	แสดงปริมาณองค์ประกอบต่างๆของตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 1	82
3.9	แสดงปริมาณองค์ประกอบต่างๆของตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 11	83
3.10	แสดงปริมาณองค์ประกอบต่างๆของตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย Na_2CO_3 , $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 1 และ $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 11	85
3.11	แสดงชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในตะกอนโปรตีนที่ได้จากการสกัดกากมัสตาร์ดด้วยสารละลาย Na_2CO_3 , $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 1 และ $(\text{NaPO}_3)_6$ pH 11	88
3.12	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบฟีนอลิกจากสารสกัดโปรตีนของกากมัสตาร์ด	94
3.13	แสดงผลการทำกราฟมาตรฐานของสารละลาย pyrocatechol	97
3.14	แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในรูปแบบต่างๆ จากกากมัสตาร์ดและสารสกัดโปรตีนของกากและเมล็ดมัสตาร์ด	101
3.15	แสดงผลการทำกราฟมาตรฐานของสารละลาย bovine serum albumin	103
3.16	แสดงผลการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่สกัดด้วยสารละลายพีเอชต่างๆ	106
3.17	แสดงผลความเสถียรของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่อพีเอชที่ใช้สกัด	108
3.18	แสดงผลการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่สกัดด้วยเวลาต่างๆ	109
3.19	แสดงผลการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเมื่อเติม $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ อิมิตัวแบบไม่ต่อเนื่อง	111
3.20	แสดงผลการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเมื่อเติม $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ อิมิตัวแบบต่อเนื่อง	113

รูป		หน้า
3.21	แสดงผลการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เมื่อแยกด้วยคอลัมน์ DEAE Sepharose	114
3.22	แสดงผลการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เมื่อแยกด้วยคอลัมน์ CM Sephadex	115
3.23	แสดงผลการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเมื่อแยกด้วยคอลัมน์ CM Sephadex ที่ equilibrate ด้วยสารละลาย pH 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0	117
3.24	แสดงผลการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเมื่อแยกด้วยคอลัมน์ Con A Sepharose	120
3.25	แสดงผลการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสหลังตกตะกอนด้วย $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ แล้วนำมาผ่านคอลัมน์ CM Sephadex	121
3.26	แสดงผลการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสหลังทำให้เข้มข้นด้วย Ultrafiltration แล้วนำมาผ่านคอลัมน์ CM Sephadex	124
3.27	แสดงผลการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสด้วย SDS-PAGE	126
3.28	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Relative mobility กับ Log MW ของสารละลายโปรตีนมาตรฐาน	128
3.29	แสดงผลของปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ทำปฏิกิริยาต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	130
3.30	แสดงผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	131
3.31	แสดงผลของพีเอชต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	133
3.32	แสดงอัตราเร็วของปฏิกิริยาเมื่อใช้สับสเตรทที่มีความเข้มข้นต่างๆ	136
3.33	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 1/ความเข้มข้นของสับสเตรทต่อ 1/ อัตราเร็วของปฏิกิริยา	136
3.34	แสดงผลความเสถียรของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ออุณหภูมิ	139
3.35	แสดงผลความเสถียรของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่อพีเอช	141
3.36	แสดงผลความเสถียรของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่อเวลา	142

อักษรย่อ

มล.	=	มิลลิลิตร
A_{280}	=	absorbance at 280 nanometer
$^{\circ}\text{C}$	=	degree celcius
cm	=	centrimeter
CM	=	carboxymethyl
DEAE	=	diethylaminoethyl
g	=	gram
M	=	molarity (molar)
mg	=	milligram
ml	=	milliliter
nm	=	nanometer
O.D.	=	optical density
TEMED	=	N,N,N,N-Tetramethylethylenediamine
V	=	rate reaction
V_{max}	=	maximum velocity of rate reaction
μg	=	microgram
μl	=	microliter
μmole	=	micromole
%	=	percentage