

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบัญตาราง	ฐ
สารบัญรูป	ฒ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 น้ำมันเมล็ดมัสตาร์ด	1
1.1.1 แหล่งที่พบน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ด	4
1.1.2 การแยกน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดออกจากเมล็ดมัสตาร์ด	5
1.1.3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ด	6
1.1.4 ประโยชน์และการประยุกต์ใช้น้ำมันเมล็ดมัสตาร์ด	9
1.2 กรดอีรูซิก	10
1.2.1 แหล่งที่พบกรดอีรูซิก	11
1.2.2 ประโยชน์และการประยุกต์ใช้กรดอีรูซิก	13
1.2.3 การแยกกรดอีรูซิกเพื่อใช้ในทางอุตสาหกรรม	15
1.3 ปฏิกริยาในการย่อยสลายน้ำมัน	16
1.3.1 การย่อยสลายน้ำมันด้วยสารละลายเบส	16
1.3.2 การย่อยสลายน้ำมันด้วยเอนไซม์ไลเปส	17
1.4 การใช้ดีเทอร์เจนต์(detergent)ร่วมกับเอนไซม์ไลเปสในการย่อยสลายน้ำมัน	20
1.5 เทคนิคการแยกและการวิเคราะห์กรดไขมัน	22
1.5.1 เทคนิคการแยกกรดไขมัน	22
1.5.1.1 การตกผลึก(crystallization)	22
1.5.1.2 การแยกโดยวิธี Urea fractionation)	23
1.5.1.3 การแยกโดยการกลั่นลำดับส่วน ( distillation fractionation)	23
1.5.1.4 การแยกโดย Adsorption chromatography	24
1.5.1.5 การแยกโดยวิธี Ultrafiltration membrane	25

1.5.2	เทคนิคการวิเคราะห์กรดไขมัน	28
1.5.2.1	การวิเคราะห์กรดไขมันโดยวิธีการไทเทรต	29
1.5.2.2	การวิเคราะห์กรดไขมันโดยวิธีโครมาโทกราฟีก๊าซ	30
1.6	จุดประสงค์การทดลอง	31
บทที่ 2	วิธีการทดลอง	32
2.1	เครื่องมือและอุปกรณ์	32
2.2	สารเคมี	32
2.3	จุลินทรีย์และเอนไซม์	33
2.3.1	จุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษา	33
2.3.2	เอนไซม์ที่ใช้ในการศึกษา	33
2.4	วัตถุดิบ	33
2.4.1	น้ำมันเมล็ดมัสตาร์ด	33
2.5	วิธีการทดลอง	33
2.5.1	การแยกและวิเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยการ ย่อยสลายด้วยสารละลายเบส	33
2.5.1.1	ผลของช่วงเวลาในการย่อยสลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ด ด้วยสารละลายเบส	33
2.5.1.2	ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาเมทิลเลชันกรดไขมัน	36
2.5.1.3	การแยกกรดไขมันจากน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยการ ย่อยสลายด้วยสารละลายเบสในสภาวะที่เหมาะสม	36
2.5.2	การแยกกรดไขมันจากน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปส	37
2.5.2.1	การใช้เอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i>	37
1	ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย	37
2	ขั้นตอนการย่อยสลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดด้วยเอนไซม์ไลเปส	37
3	ขั้นตอนการเตรียมอนุพันธ์เมทิลเอสเทอร์และหาปริมาณ โดยวิธีโครมาโทกราฟีก๊าซ	37

2.5.2.2 การใช้เอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	38
1. การผลิตเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ในอาหารเหลว	38
ก. กรรมวิธีในการผลิตเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	38
ข. การหาแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	39
2. การศึกษาสมบัติของเอนไซม์ไลเปสที่ผลิตได้จากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	40
ก. ผลของอุณหภูมิต่อแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	40
ข. ผลของพีเอชต่อแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	40
ค. ผลของเวลาต่อแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	41
ง. ผลของปริมาณของเอนไซม์ไลเปสต่อย่อยสลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ด	41
3. การย่อยสลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> และ <i>Aspergillus</i> sp.	42
2.5.3 การย่อยสลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> และ <i>Aspergillus</i> sp. ร่วมกับดีเทอร์เจนต์ (detergent)	43
2.5.4 การแยกกรดไขมันโดยวิธีการตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำ	44
2.5.4.1 การย่อยสลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> และ <i>Aspergillus</i> sp.	44
2.5.4.2 การตกผลึกกรดไขมันที่อุณหภูมิต่ำโดยใช้ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ	45
บทที่ 3 ผลการทดลอง	47
3.1 การแยกกรดไขมันจากน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยการย่อยสลายด้วยสารละลายเบส	47

3.1.1	ผลของช่วงเวลาในการย่อยสลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ด ด้วยสารละลายเบส	50
3.1.2	ผลของช่วงเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเมธิลเลชันกรดไขมัน	55
3.1.3	ผลการแยกกรดไขมันจากน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยการย่อยสลาย ด้วยสารละลายเบสในสภาวะที่เหมาะสม	57
3.2	การแยกกรดไขมันจากน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยใช้เอนไซม์ไลเปส จากเชื้อ <i>Candida rugosa</i>	60
3.2.1	การย่อยสลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดด้วยเอนไซม์ไลเปส จากเชื้อ <i>Candida rugosa</i>	60
3.3	การแยกกรดไขมันจากน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยใช้เอนไซม์ไลเปส จากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	63
3.3.1	การศึกษาสมบัติของเอนไซม์ไลเปสที่ผลิตได้จากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	63
3.3.1.1	ผลของอุณหภูมิต่อแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปส จากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	63
3.3.1.2	ผลของพีเอชต่อแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปส จากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	65
3.3.1.3	ผลของเวลาต่อแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปส จากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	66
3.3.1.4	ผลของปริมาณเริ่มต้นของเอนไซม์ไลเปสที่มีต่อการย่อย สลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ด	69
3.4	เปรียบเทียบการย่อยสลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยเอนไซม์ไลเปส จากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> และ <i>Aspergillus</i> sp.	76
3.5	การย่อยสลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> และ <i>Aspergillus</i> sp. ร่วมกับดีเทอร์เจนต์	77
3.5.1	การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> ร่วมกับดีเทอร์เจนต์	77

3.5.2	การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ร่วมกับดีเทอร์โมนต์	82
3.6	การแยกกรดไขมันโดยวิธีการตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำ	93
3.6.1	การย่อยสลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> และ <i>Aspergillus</i> sp.	93
3.6.2	การตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำเพื่อแยกกรดไขมันจากกรดไขมันเจือปนอื่นที่ได้จากการย่อยสลายโดยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> โดยใช้ตัวทำละลายผสมต่างชนิดกัน	93
3.6.3	การตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำเพื่อแยกกรดไขมันจากกรดไขมันเจือปนอื่นที่ได้จากการย่อยสลายโดยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. โดยใช้ตัวทำละลายผสมต่างชนิดกัน	99
บทที่ 4	สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	104
4.1	การแยกกรดไขมันจากน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยการย่อยสลายด้วยสารละลายเบส	104
4.2	การแยกกรดไขมันจากน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยใช้เอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i>	108
4.3	การแยกกรดไขมันจากน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยใช้เอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	111
4.4	การย่อยสลายน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> และ <i>Aspergillus</i> sp. ร่วมกับดีเทอร์โมนต์	114
4.5	การแยกกรดไขมันออกจากกรดไขมันเจือปนชนิดอื่นโดยวิธีการตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำ	116
	บรรณานุกรม	118
	ภาคผนวก	125
	ประวัติผู้เขียน	129

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 production of rapeseed and mustard seed oil by country (in 1000 tonnes)	2
1.2 คุณสมบัติของน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ด	2
1.3 Fatty acids in old and new varieties of mustard (wt %)	3
1.4 Fatty acid composition of oilseed <i>Brassica</i> crops and common vegetable oils	4
1.5 Production of fatty acids found in various position of rapeseed oil triglyceride and mustard seed oil triglyceride	7
1.6 Molecular species of triacylglycerols (in mole %) of mustard seed oil	8
1.7 ลักษณะและคุณสมบัติของกรดไขมันชนิดต่างๆ	10
1.8 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ด	12
1.9 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันที่พบในน้ำมันเมล็ด <i>Crambe</i>	12
1.10 แสดงระบบของตัวทำละลายประเภทต่างๆที่ใช้ในการแยกกรดไขมัน ด้วยเทคนิค TLC	25
1.11 แสดงคุณสมบัติของการแยกด้วยกระบวนการต่างๆ ของเมมเบรน	27
3.1 แสดงเวลาที่ทนชั้นและพื้นที่ได้ฟีกของเมทิลเอสเทอร์ของ กรดไขมันผสมมาตรฐาน	48
3.2 แสดงปริมาณของกรดไขมันที่ได้จากการย่อยสลายน้ำมันเมล็ด มัสตาร์ดด้วยสารละลายเบสโดยใช้เวลาในการย่อยต่างกัน	54
3.3 แสดง %recovery ของกรดสเตียริกในกระบวนการเมทิลเลชัน เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา	55
3.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ได้จากการย่อยสลายน้ำมัน เมล็ดมัสตาร์ดด้วยสารละลายเบสในสภาวะที่เหมาะสม	58
3.5 แสดงปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดเมื่อ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i>	61

	หน้า
3.6 แสดงแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ที่อุณหภูมิต่างๆ	64
3.7 แสดงแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ที่พีเอชต่างๆ	65
3.8 แสดงแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ที่เวลาต่างๆ	67
3.9 แสดงปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดเมื่อย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ในปริมาณที่ต่างกัน	70
3.10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของกรดไขมันที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> และ <i>Aspergillus</i> sp.	78
3.11 แสดงปริมาณของกรดไขมันที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> ร่วมกับดีเทอร์เจนต์	81
3.12 แสดงปริมาณของกรดไขมันที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ร่วมกับดีเทอร์เจนต์	88
3.13 แสดงปริมาณของกรดไขมันที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> และ <i>Aspergillus</i> sp. ก่อนตกผลึกที่อุณหภูมิ -11 องศาเซลเซียส	94
3.14 แสดงปริมาณกรดไขมันที่ได้จากการตกผลึกที่อุณหภูมิ -11 องศาเซลเซียส ด้วยสารละลายไขมันผสมตัวทำละลายต่างกันเมื่อย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจาก <i>Candida rugosa</i>	95
3.15 แสดงปริมาณกรดไขมันที่ได้จากการตกผลึกที่อุณหภูมิ -11 องศาเซลเซียส ด้วยสารละลายไขมันผสมตัวทำละลายต่างกันเมื่อย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจาก <i>Aspergillus</i> sp.	99

## สารบัญรูป

รูป	หน้า
1.1 แสดงเครื่องสกัดน้ำมันเมล็ดมัสตาร์ดโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน	5
1.2 แสดงการสังเคราะห์กรดอูริกทางชีวภาพของพืชในวงศ์ <i>Cruciferae</i>	12
1.3 แสดงปฏิกิริยาซาปอนิฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์กับโซเดียมไฮดรอกไซด์	16
1.4 แสดงการสลายพันธะเอสเทอร์โดยเอนไซม์ไลเปส	18
1.5 แสดงการแยกสารด้วยวิธี ultrafiltration membrane	28
3.1 แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันผสมมาตรฐาน	49
3.2 แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยสารละลายเบสเวลา 30 นาที	51
3.2(ต่อ) แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยสารละลายเบสเวลา 60 นาที	52
3.2(ต่อ) แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยสารละลายเบสเวลา 90 นาที	53
3.3 แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดสเตียริกในกระบวนการ เมธิลเลชันที่เวลาต่างกัน	56
3.4 แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยสารละลายเบสในสภาวะที่เหมาะสม	59
3.5 แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i>	62
3.6 แสดงแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ที่อุณหภูมิต่างกัน	64
3.7 แสดงแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ที่พีเอชต่างกัน	66
3.8 แสดงแอกติวิตีของเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ที่เวลาต่างกัน	68

3.9	แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ปริมาณ 1 มิลลิลิตร	71
3.9 (ต่อ)	แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ปริมาณ 2 มิลลิลิตร	72
3.9 (ต่อ)	แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ปริมาณ 3 มิลลิลิตร	73
3.9 (ต่อ)	แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ปริมาณ 4 มิลลิลิตร	74
3.9 (ต่อ)	แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ปริมาณ 5 มิลลิลิตร	75
3.10	แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i>	79
3.10(ต่อ)	แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.	80
3.11	แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> ร่วมกับ ดีเทอร์เจนต์ sodium dodecyl sulfate	83

3.11(ต่อ) แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> ร่วมกับ ดีเทอร์เจนต์ sodium dodecylbenzene sulfonate	84
3.11(ต่อ) แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> ร่วมกับ ดีเทอร์เจนต์ tetraethylammonium chloride	85
3.11(ต่อ) แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Candida rugosa</i> ร่วมกับ ดีเทอร์เจนต์ dodecyltrimethylammonium bromide	86
3.12 แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ร่วมกับ ดีเทอร์เจนต์ sodium dodecyl sulfate	89
3.12(ต่อ) แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ร่วมกับ ดีเทอร์เจนต์ sodium dodecylbenzene sulfonate	90
3.12(ต่อ) แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ร่วมกับ ดีเทอร์เจนต์ tetraethylammonium chloride	91
3.12(ต่อ) แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการ ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp. ร่วมกับ ดีเทอร์เจนต์ dodecyltrimethylammonium bromide	92
3.13 แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการตกผลึกที่ อุณหภูมิ -11 องศาเซลเซียสด้วยสารละลายน้ำผสมเอธานอลจากกรดไขมัน ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจาก <i>Candida rugosa</i>	96
3.13(ต่อ) แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการตกผลึกที่ อุณหภูมิ -11 องศาเซลเซียสด้วยสารละลายน้ำผสมเมธานอลจากกรดไขมัน ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจาก <i>Candida rugosa</i>	97

- 3.13(ต่อ) แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการตกผลึก  
ที่อุณหภูมิ -11 องศาเซลเซียสด้วยสารละลายน้ำผสมอะซิโตนจากกรดไขมัน  
ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจาก *Candida rugosa* 98
- 3.14 แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการตกผลึก  
ที่อุณหภูมิ -11 องศาเซลเซียสด้วยสารละลายน้ำผสมเอทานอลจากกรด  
ไขมันที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจาก *Aspergillus* sp. 100
- 3.14(ต่อ) แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการตกผลึก  
ที่อุณหภูมิ -11 องศาเซลเซียสด้วยสารละลายน้ำผสมเอทานอลจากกรด  
ไขมันที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจาก *Aspergillus* sp. 101
- 3.14(ต่อ) แสดงโครมาโทแกรมของเมธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ได้จากการตกผลึก  
ที่อุณหภูมิ -11 องศาเซลเซียสด้วยสารละลายน้ำผสมอะซิโตนจากกรด  
ไขมันที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไลเปสจาก *Aspergillus* sp. 102