

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 มะม่วงและน้ำมันเมล็ดมะม่วง	4
2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน	9
2.3 คุณสมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน.....	13
2.4 การวิเคราะห์กรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์ในไขมันหรือน้ำมัน	15
2.5 การตกผลึกของไขมันและน้ำมัน.....	21
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	38
3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	38
3.2 การสกัดน้ำมันมะเมล็ดมะม่วง	40
3.3 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันเมล็ดมะม่วง.....	40
3.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันเมล็ดมะม่วง	42
3.5 การศึกษาพฤติกรรมการตกผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วง.....	43
3.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	44
4 ผลและวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย	45
4.1 การสกัดน้ำมันเมล็ดมะม่วง	45
4.2 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันเมล็ดมะม่วง	46
4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะม่วง	50
4.4 การศึกษาพฤติกรรมการตกผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วง.....	64

5	สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	82
	บรรณานุกรม	83
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ตามวิธีของ Wesson method	92
	ภาคผนวก ข การเตรียมเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	94
	ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ค่าสaponification index ตามวิธีของ POIM test method	96
	ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ค่า Iodine value ตามรายงานของ AOCS method	98
	ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดโดยประยุกต์ใช้วิธีของ AOCS	100
	ภาคผนวก ฉ การหาค่า Slip melting Point (SMP)	102
	ภาคผนวก ช การวิเคราะห์ค่า SFC ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ p-NMR	104
	ภาคผนวก ซ การศึกษาคุณสมบัติทางความร้อนของน้ำมันด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter	106
	ภาคผนวก ฌ.....โครมาโตแกรมในการวิเคราะห์กรดไขมันของน้ำมันเมล็ดมะม่วง	108
	ภาคผนวก ฎ.....โครมาโตแกรมในการวิเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันเมล็ดมะม่วง.....	111
	ภาคผนวก ฏ ตารางแสดงร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสาย 4 พันธุ์	113
	ภาคผนวก ฐ ตารางแสดงค่า SCF ของน้ำมันเมล็ดมะม่วง 4 สายพันธุ์ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 15-40°C	115
	ภาคผนวก ร ภาพถ่ายพฤติกรรมการตกผลึกของไขมันจากกล้องจุลทรรศน์	117
	ภาคผนวก ฌ ตารางสรุปผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกในระหว่างการตกผลึกที่ 20°C	135
	ภาคผนวก ฌ..... คำย่อ	138

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ปริมาณ (ตัน) มูลค่า (ล้านบาท) และตลาดหลักในการส่งออกมะม่วงของประเทศไทย..	5
2 ผลผลิตมะม่วงของประเทศไทยในปี 2547	6
3 จุดหลอมเหลวของกรดไขมันชนิดต่างๆ	11
4 จุดหลอมเหลวของไตรกลีเซอไรด์บางชนิด	12
5 แสดงจุดหลอมเหลวของผลึกรูปแบบต่างๆ	25
6 พฤติกรรมรูปแบบโครงสร้างผลึกของไขมันแต่ละชนิด	30
7 คุณลักษณะและค่า X-ray short spacings (d; Å) ของผลึกรูปแบบต่างๆ ของเนยโกโก้	34
8 ค่า X-ray short spacings (d; Å) ของผลึกรูปแบบต่างๆของไขมัน*	35
9 ร้อยละของปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันเมล็ดมะม่วงทั้ง 4 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์แก้ว*	48
10 ร้อยละของปริมาณไตรกลีเซอไรด์* ที่เป็นองค์ประกอบที่พบมากใน น้ำมันเมล็ดมะม่วง	49
11 ค่าสีของน้ำมันเมล็ดมะม่วงทั้ง 4 สายพันธุ์ ขณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ 20°C	55
12 ค่าสีของน้ำมันเมล็ดมะม่วง 4 สายพันธุ์ ขณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง (~30°C)	56
13 อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของการตกผลึกและการหลอมเหลวของ น้ำมันเมล็ดมะม่วง	63
14 ค่าคงที่ต่างๆ ในสมการของ Avrami ของน้ำมันเมล็ดมะม่วง 4 สายพันธุ์ ที่ได้จากการตกผลึกที่อุณหภูมิคงที่ที่ 20°C เป็นเวลา 120 นาที	77
15 ร้อยละของไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันเมล็ดมะม่วง 4 สายพันธุ์	114
16 ค่า SCF ของน้ำมันเมล็ดมะม่วง 4 สายพันธุ์ ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 15-40°C	116
17 แสดงค่า SFC ที่เวลา 0-20 นาที ในการตกผลึกที่อุณหภูมิคงที่ที่ 20°C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ของน้ำมันเมล็ดมะม่วง 4 สายพันธุ์	131
18 ค่า d-short spacing (Å) ของโครงสร้างผลึกแต่ละรูปแบบที่ระยะเวลาต่างๆ ในระหว่างการตกผลึกที่ 20°C	136

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ส่วนประกอบของผลมะม่วง.....	8
2 การวัดค่าสีด้วยระบบ LAB	10
3 องค์ประกอบหลักของเครื่อง GC.....	16
4 Flame Ionization Detector.....	17
5 การเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน	18
6 องค์ประกอบและโครงสร้างของเครื่อง HPLC	19
7 หลักการทำงานของ photodiode array detector	20
8 กระบวนการตกผลึก	22
9 คุณสมบัติทางกายภาพของรูปแบบโครงสร้างผลึกไขมัน	24
10 โครงสร้างของไขมันต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส	27
11 ลักษณะการเติบโตของผลึกที่มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆของผลิตภัณฑ์	28
12 อิทธิพลที่มีผลต่อคุณสมบัติของโครงสร้างตาข่ายผลึก	29
13 การเกิด fat bloom ของช็อกโกแลต	30
14 กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงทิศทางเดียวและองค์ประกอบ	32
15 กฎของ Bragg	33
16 เทอร์โมแกรมจากการวิเคราะห์ไตรสเตอริน (tristearine) ด้วยวิธี DSC.....	37
17 แผนภูมิแสดงปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ (% น้ำหนักแห้ง) ของเมล็ดมะม่วง 4 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับสายพันธุ์แก้ว.....	46
18 แผนภูมิแสดงค่าสaponifiเคชันของน้ำมันเมล็ดมะม่วงทั้ง 4 สายพันธุ์	50
19 แผนภูมิแสดงค่าไอโอดีนของน้ำมันเมล็ดมะม่วงทั้ง 4 สายพันธุ์.....	52
20 แผนภูมิแสดงค่าความเป็นกรดของน้ำมันเมล็ดมะม่วงทั้ง 4 สายพันธุ์	53
21 แผนภูมิแสดงค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 30 °C ของน้ำมันเมล็ดมะม่วงทั้ง 4 สายพันธุ์.....	54
22 แผนภูมิแสดงจุดหลอมเหลว (Slip melting point) ของน้ำมันเมล็ดมะม่วงทั้ง 4 สายพันธุ์ เทียบกับสายพันธุ์แก้ว.....	57
23 ค่า Solid Fat Content ของน้ำมันจากเมล็ดมะม่วงทั้ง 4 สายพันธุ์ ที่อุณหภูมิ 15 – 40 °C.....	59
24 พฤติกรรมการตกผลึกของจากมะม่วงแต่ละสายพันธุ์ โดยเครื่อง DSC	62
25 พฤติกรรมการหลอมเหลวของจากมะม่วงแต่ละสายพันธุ์ โดยเครื่อง DSC.....	62
26 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์เขียว มรกต ตามเวลา (t มีหน่วยเป็นนาที่) ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยาย ของกล้องเท่ากับ 400 เท่า	66

27	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์ เขียวเสวย ตามเวลา (t มีหน่วยเป็นนาทิจ) ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 400 เท่า.....	67
28	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์ น้ำดอกไม้ ตามเวลา (t มีหน่วยเป็นนาทิจ) ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 400 เท่า.....	68
29	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์อกร่อง ตามเวลา (t มีหน่วยเป็นนาทิจ) ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้อง เท่ากับ 400 เท่า.....	69
30	ผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์เขียวมรกต (A), เขียวเสวย (B), น้ำดอกไม้ (C) และ อกร่อง (D) หลังจากตกผลึกที่	72
31	ผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์เขียวมรกต (A), เขียวเสวย (B), น้ำดอกไม้ (C) และ อกร่อง (D) หลังจากตกผลึกที่	72
32	ผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์เขียวมรกต (A), เขียวเสวย (B), น้ำดอกไม้ (C) และ อกร่อง (D) หลังจากตกผลึกที่	73
33	ผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์เขียวมรกต (A), เขียวเสวย (B), น้ำดอกไม้ (C) และ อกร่อง (D) หลังจากตกผลึกที่	73
34	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมันที่เป็นของแข็ง (Solid Fat Content; SFC) ของน้ำมัน เมล็ดมะม่วง 4 สายพันธุ์ ที่อุณหภูมิในการตกผลึกคงที่ที่ 20°C	74
35	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมันที่เป็นของแข็ง (Solid Fat Content; SFC) ในช่วงแรก ของการตกผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วง 4 สายพันธุ์ ที่อุณหภูมิในการตกผลึกคงที่ ที่ 20°C	74
36	X-ray diffraction patterns ของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์เขียวมรกต ที่ระยะเวลาต่างๆ ของการตกผลึกที่ 20°C	78
37	X-ray diffraction patterns ของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์เขียวเสวย ที่ระยะเวลาต่างๆ ของ การตกผลึกที่ 20°C	79
ภาพที่	หน้า	
38	X-ray diffraction patterns ของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์น้ำดอกไม้ ที่ระยะเวลาต่างๆ ของ การตกผลึกที่ 20°C	80
39	X-ray diffraction patterns ของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์อกร่อง ที่ระยะเวลาต่างๆ ของ การตกผลึกที่ 20°C	81
40	โครมาโตแกรมของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันจากเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์ เขียวมรกต	109

41	โครมาโตแกรมของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันจากเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์ เขียวเสวย	109
42	โครมาโตแกรมของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันจากเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์ น้ำดอกไม้ม	110
43	โครมาโตแกรมของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันจากเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์ อกร่อง.....	110
44	โครมาโตแกรมของไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันเมล็ดมะม่วง 4 สายพันธุ์ จากเครื่อง HPLC-DAD ที่ความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร.....	112
45	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์เขียว มรกต ตั้งแต่นาทีที่ 0-30 ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของ กล้องเท่ากับ 400 เท่า	118
46	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์เขียว มรกต ตั้งแต่นาทีที่ 35-80 ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของ กล้องเท่ากับ 400 เท่า	119
47	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์เขียว มรกต ตั้งแต่นาทีที่ 90-120 ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของ กล้องเท่ากับ 400 เท่า	120
48	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์ เขียวเสวย ตั้งแต่นาทีที่ 0-30 ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของ กล้องเท่ากับ 400 เท่า	121
49	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์ เขียวเสวย ตั้งแต่นาทีที่ 35-80 ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของ กล้องเท่ากับ 400 เท่า	122
50	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์ เขียวเสวย ตั้งแต่นาทีที่ 90-120 ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยาย ของกล้องเท่ากับ 400 เท่า.....	123
51	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์ น้ำดอกไม้ม ตั้งแต่นาทีที่ 0-30 ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของ กล้องเท่ากับ 400 เท่า	124
52	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์ น้ำดอกไม้ม ตั้งแต่นาทีที่ 35-80 ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของ กล้องเท่ากับ 400 เท่า.....	125

- 53 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์
น้ำดอกไม้มัน ตั้งแต่นาทีที่ 90-120 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยาย
ของกล้องเท่ากับ 400 เท่า..... 126
- 54 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์
ตั้งแต่นาทีที่ 0-30 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้อง
เท่ากับ 400 เท่า 127
- 55 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์
ตั้งแต่นาทีที่ 35-80 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้อง
เท่ากับ 400 เท่า 128
- 56 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วงสายพันธุ์
ตั้งแต่นาทีที่ 90-120 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้อง
เท่ากับ 400 เท่า 129