

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญรูป	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ลำไย	4
2.2 วิธีการบริโภคลำไยอบแห้งในตลาดต่างประเทศ	5
2.3 กระบวนการผลิตลำไยอบแห้ง	5
2.4 เตาอบลำไย	11
2.5 การทำแห้งแบบโฟม-แมท	12
2.5.1 สารเพิ่มความคงตัวของโฟม (foam stabilizers) ที่ใช้ในการอบแห้งแบบโฟม-แมท	14
2.5.2 กระบวนการทำให้เกิดโฟม	16
2.5.3 กรรมวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท	18
2.5.4 วิธีการเก็บรักษาน้ำผลไม้ผงที่ผ่านการทำแห้งแบบโฟม-แมท	20
2.5.5 วิธีการทำน้ำผลไม้ผงแบบ โฟม-แมท	21
2.5.6 การศึกษาความหนาแน่นของโฟม (foam density)	23
2.5.7 การศึกษาความคงตัวของโฟม (foam stability)	23

	หน้า
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	24
3.1 วัสดุ	24
3.1.1 วัสดุดิบ	24
3.1.2 สารเคมี	24
3.1.3 บรรจุภัณฑ์	24
3.2 อุปกรณ์	25
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ผลิตน้ำลำไยผง	25
3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพ	25
3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ประมวลผลข้อมูลทางสถิติ	26
3.3 วิธีการทดลอง	26
ตอนที่ 1 : การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์	26
ตอนที่ 2 : การหาสูตรน้ำลำไยผงที่เหมาะสม	30
ตอนที่ 3 : การเลือกชนิดของสารที่ก่อให้เกิดโฟมและทำให้โฟมคงตัว ที่เหมาะสมกับน้ำลำไยผง	34
ตอนที่ 4 : การหาอุณหภูมิและระยะเวลาในการทำแห้งที่เหมาะสม	37
ตอนที่ 5 : การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบวิธีการเก็บรักษา	40
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	42
4.1 การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์	42
4.2 ผลการหาสูตรน้ำลำไยผงที่เหมาะสม	45
4.3 ผลการคัดเลือกชนิดของสารที่ก่อให้เกิดโฟมและทำให้โฟมคงตัว ที่เหมาะสมกับน้ำลำไยผง	48
4.3.1 การกลั่นกรองชนิดของสารที่ก่อให้เกิดโฟมและทำให้โฟมคงตัว	48
4.3.2 การคัดเลือกชนิดของสารที่ก่อให้เกิดโฟมและทำให้โฟมคงตัว ที่เหมาะสมกับน้ำลำไยผง	49
4.3.3 ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายผสมระหว่าง Methocel 65 HG และ Glycerol monostearate อัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก	57
4.4 ผลการหาอุณหภูมิและระยะเวลาในการทำแห้งที่เหมาะสม	63

	หน้า
4.5 ผลการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการเก็บรักษา	69
4.5.1 ความชื้นของน้ำลำไยผง	70
4.5.2 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของน้ำลำไยผง	73
4.5.3 ค่าสี L ของน้ำลำไยผงก่อนการชงละลาย	76
4.5.4 ค่าสี a^* ของน้ำลำไยผงก่อนการชงละลาย	79
4.5.5 ค่าสี b^* ของน้ำลำไยผงก่อนการชงละลาย	82
4.5.6 ค่าสี L ของน้ำลำไยผงภายหลังการชงละลาย	85
4.5.7 ค่าสี a^* ของน้ำลำไยผงภายหลังการชงละลาย	88
4.5.8 ค่าสี b^* ของน้ำลำไยผงภายหลังการชงละลาย	91
4.5.9 ความสามารถในการคืนรูป (Rehydration)	94
4.5.10 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	97
4.5.11 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา	106
4.5.12 การเปรียบเทียบวิธีการเก็บรักษา	106
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	112
เอกสารอ้างอิง	115
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รูปภาพประกอบ	119
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	139
ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์คุณภาพ	145
ภาคผนวก ง การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์น้ำลำไยผง ในระหว่างการเก็บรักษา	152
ประวัติผู้เขียน	160

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ปริมาณและมูลค่าส่งออกลำไยสดและผลิตภัณฑ์ของลำไย ปี 2536-2542	1
2.1 คุณค่าทางโภชนาการของลำไย	4
2.2 กรรมวิธีการแปรรูปลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อ ในปี 2539	8
2.3 กรรมวิธีการทำลำไยอบแห้งทั้งเปลือก ในปี 2539 โดยใช้เตาอบกระบอกแบบได้หวั่นและเตาอบกระบอกแบบใช้แก๊สหุงต้ม	9
2.4 สารเพิ่มความคงตัวของโฟมและวิธีการเตรียมสาร	14
2.5 การใช้งานสารเพิ่มความคงตัวของโฟม	15
3.1 ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ของส่วนผสมในสูตรน้ำลำไย ตามแผนการทดลองแบบ mixture design	31
3.2 ปริมาณของสารที่ทำให้เกิดโฟมและสารที่ทำให้โฟมคงตัว ที่เติมลงไปในส่วนผสม	34
3.3 การทำแห้งโฟมลำไย ตามแผนการทดลอง เพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาในการทำแห้งที่เหมาะสม	37
4.1 ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบให้ความสำคัญ	42
4.2 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์	43
4.3 คะแนนลักษณะกลิ่นลำไย และความชอบโดยรวม	45
4.4 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยสำหรับลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำลำไยสูตรที่เลือก	47
4.5 ปริมาณของสารที่ก่อให้เกิดโฟมและทำให้โฟมคงตัวในส่วนผสมน้ำลำไย	49
4.6 ความคงตัวของโฟม วัดจากอัตราการแยกตัวของของเหลว (syneresis rate)	49
4.7 ความหนาแน่นของโฟม (foam density)	49
4.8 ค่า Overrun ของโฟม	50
4.9 ความสามารถในการคืนรูป (rehydration)	50
4.10 ค่าสี L ของน้ำลำไยผงก่อนการชงละลาย	50
4.11 ค่าสี a* ของน้ำลำไยผงก่อนการชงละลาย	50
4.12 ค่าสี b* ของน้ำลำไยผงก่อนการชงละลาย	51
4.13 ค่าสี L ของน้ำลำไยผงภายหลังการชงละลาย	51
4.14 ค่าสี a* ของน้ำลำไยผงภายหลังการชงละลาย	51

ตาราง	หน้า
4.15 ค่าสี b^* ของน้ำลำไยผงภายหลังการชงละลาย	51
4.16 คะแนนกลืนลำไย	52
4.17 ปริมาณผลผลิต (yield) น้ำลำไยผงที่ได้	52
4.18 ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่างๆ	52
4.19 ความหนาแน่นของโฟม เมื่อใช้ความเข้มข้นของเจลในระดับต่างๆ	57
4.20 ความชื้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ในระหว่างการทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ความเข้มข้นของเจลในระดับต่างๆ	59
4.21 อัตราการทำแห้ง ในระหว่างการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารที่ทำให้โฟมคงตัวระดับต่างๆ	60
4.22 ความชื้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์	63
4.23 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในผลิตภัณฑ์	65
4.24 การเปรียบเทียบความสามารถในการคืนรูปของผลิตภัณฑ์	65
4.25 การเปรียบเทียบค่าสี L ของผลิตภัณฑ์	66
4.26 การเปรียบเทียบค่าสี a^* ของผลิตภัณฑ์	66
4.27 การเปรียบเทียบค่าสี b^* ของผลิตภัณฑ์	67
4.28 การเปรียบเทียบค่าสี L a^* b^* ของน้ำลำไยที่ละลายได้	67
4.29 การเปรียบเทียบคะแนนกลืนของผลิตภัณฑ์น้ำลำไย	68
4.30 ความชื้นในแต่ละเดือนของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	72
4.31 ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ในแต่ละเดือนของน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	75
4.32 ค่าสี L ในแต่ละเดือนของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	78
4.33 ค่าสี a^* ในแต่ละเดือนของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	81
4.34 ค่าสี b^* ในแต่ละเดือนของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	84
4.35 ค่าสี L ในแต่ละเดือนของน้ำลำไยที่ละลายได้จากน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	87
4.36 ค่าสี a^* ในแต่ละเดือนของน้ำลำไยที่ละลายได้จากน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	90
4.37 ค่าสี b^* ในแต่ละเดือนของน้ำลำไยที่ละลายได้จากน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	93

ตาราง	หน้า
4.38 ความสามารถในการละลายในแต่ละเดือนของน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	96
4.39 ค่าคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษา ในอุณหภูมิอากาศ (ควบคุม) เป็นเวลานาน 6 เดือน	98
4.40 ค่าคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษา ในอุณหภูมิอากาศ บรรจุแก๊สไนโตรเจน เป็นเวลานาน 6 เดือน	99
4.41 ค่าคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษา ในอุณหภูมิอากาศ บรรจุสารดูดความชื้น เป็นเวลานาน 6 เดือน	100
4.42 ค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษา ในอุณหภูมิอากาศ บรรจุสารดูดความชื้น และสารดูดออกซิเจน เป็นเวลานาน 6 เดือน	101
4.43 ค่าคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษา ในอุณหภูมิเย็บมฟอยล์ (ควบคุม) เป็นเวลานาน 6 เดือน	102
4.44 ค่าคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษา ในอุณหภูมิเย็บมฟอยล์ บรรจุแก๊สไนโตรเจน เป็นเวลานาน 6 เดือน	103
4.45 ค่าคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษา ในอุณหภูมิเย็บมฟอยล์ บรรจุสารดูดความชื้น เป็นเวลานาน 6 เดือน	104
4.46 ค่าคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษา ในอุณหภูมิเย็บมฟอยล์ บรรจุสารดูดความชื้น และสารดูดออกซิเจน เป็นเวลานาน 6 เดือน	105
4.47 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์น้ำลำไยผงที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นเวลานาน 6 เดือน	107
4.48 ปริมาณเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์น้ำลำไยผงที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นเวลานาน 6 เดือน	108
4.49 ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำลำไยผงที่เก็บรักษาใน สภาวะต่างๆ เป็นเวลานาน 6 เดือน เปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น	109
4.50 ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ น้ำลำไยผงหลังการละลายที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นเวลานาน 6 เดือน เปรียบเทียบกับค่าสัดส่วนอุดมคติ	110

ตาราง	หน้า
4.51 สภาวะการเก็บรักษาที่มีค่าเฉลี่ยของแต่ละลักษณะตลอดระยะเวลา 6 เดือน ใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น (เดือนที่ 0) มากที่สุด หรือมีค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบ ทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับค่าสัดส่วนอุดมคติ (1.00) มากที่สุด	111

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1	7
2.2	10
2.3	13
3.1	28
3.2	30
4.1	44
4.2	47
4.3	58
4.4	58
4.5	59
4.6	60
4.7	64
4.8	64
4.9 ก.	71
4.9 ข.	71
4.10 ก.	74
4.10 ข.	74
4.11 ก.	77
4.11 ข.	77

รูป	หน้า
4.12 ก. กราฟค่าสี a^* ในแต่ละเดือนของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	80
4.12 ข. กราฟค่าสี a^* เฉลี่ยของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	80
4.13 ก. กราฟค่าสี b^* ในแต่ละเดือนของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	83
4.13 ข. กราฟค่าสี b^* เฉลี่ยของน้ำลำไยผงที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	83
4.14 ก. กราฟค่าสี L ในแต่ละเดือนของน้ำลำไยที่ละลายได้จากน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	86
4.14 ข. กราฟค่าสี L เฉลี่ยของน้ำลำไยที่ละลายได้จากน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	86
4.15 ก. กราฟค่าสี a^* ในแต่ละเดือนของน้ำลำไยที่ละลายได้จากน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	89
4.15 ข. กราฟค่าสี a^* เฉลี่ยของน้ำลำไยที่ละลายได้จากน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	89
4.16 ก. กราฟค่าสี b^* ในแต่ละเดือนของน้ำลำไยที่ละลายได้จากน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	92
4.16 ข. กราฟค่าสี b^* เฉลี่ยของน้ำลำไยที่ละลายได้จากน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	92
4.17 ก. กราฟความสามารถในการละลายในแต่ละเดือนของน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	95
4.17 ข. กราฟความสามารถในการละลายเฉลี่ยของน้ำลำไยผง ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ	95
ก.1 ลำไยพันธุ์ดอ	120
ก.2 ลำไยสดถูกคว้านเอาเมล็ดออกด้วยพลอกคว้าน และแกะเปลือก	120
ก.3 ลำไยอบแห้งทั้งเปลือกถูกนำมาแกะเปลือกและเมล็ดออก	121
ก.4 น้ำตาลทรายที่ใช้เป็นวัตถุดิบ	121
ก.5 วัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำลำไยผง : เนื้อลำไยสด เนื้อลำไยแห้งคั้นรูป และน้ำตาลทราย	122
ก.6 เครื่องปั่นผสมวัตถุดิบให้เป็นส่วนผสมน้ำลำไยเข้มข้น	122
ก.7 ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมน้ำลำไยเข้มข้นเพื่อละลายน้ำตาลจนหมด	123
ก.8 สารเพิ่มความคงตัวของโฟม Methocel 65 HG	123
ก.9 การหาความหนาแน่นของส่วนผสมน้ำลำไยเข้มข้น	124

รูป	หน้า	
ก.10	ส่วนผสมน้ำลำไยเข้มข้นพร้อมสำหรับการตีให้เกิดโฟม	124
ก.11	อุปกรณ์สำหรับการตีให้เกิดโฟม	125
ก.12	การตีส่วนผสมน้ำลำไยเข้มข้นให้อยู่ในรูปโฟม	125
ก.13	ลักษณะโฟมที่มีความคงตัวดี	126
ก.14	ลักษณะโฟมที่มีความคงตัวไม่ดี	126
ก.15	โฟมที่มีความคงตัวดี มีสภาพกระด้างไม่ไหล	127
ก.16	โฟมที่มีความคงตัวไม่ดี มีสภาพการไหลแบบของเหลว	127
ก.17	การหาความหนาแน่นและความคงตัวของโฟมที่มีความคงตัวดี	128
ก.18	การหาความหนาแน่นและความคงตัวของโฟมที่มีความคงตัวไม่ดี	128
ก.19	การแยกตัวของของเหลวออกจากโฟมที่มีความคงตัวดี	129
ก.20	การแยกตัวของของเหลวออกจากโฟมที่มีความคงตัวไม่ดี	129
ก.21	โฟมที่มีความคงตัวดี มีการแยกตัวของของเหลวช้ามาก	130
ก.22	โฟมที่มีความคงตัวไม่ดี มีการแยกตัวของของเหลวเร็วมาก	130
ก.23	การบีบโฟมให้เป็นเส้นบนภาคโปร่ง	131
ก.24	โฟมที่เป็นเส้นบนภาคโปร่งพร้อมสำหรับนำไปอบแห้ง	131
ก.25	การอบแห้งโดยใช้ตู้อบแบบชั้น	132
ก.26	การชูดโฟมที่ถูกอบจนแห้งแล้วออกจากถาด	132
ก.27	ลักษณะของโฟมที่มีความคงตัวไม่ดี ภายหลังจากการอบแห้งแล้ว	133
ก.28	น้ำลำไยผงที่ผลิตได้จากโฟมที่มีความคงตัวไม่ดี จะได้ปริมาณน้อย	133
ก.29	ลักษณะของโฟมที่มีความคงตัวดี ภายหลังจากการอบแห้งแล้ว	134
ก.30	น้ำลำไยผงที่ผลิตได้จากโฟมที่มีความคงตัวดี จะได้ปริมาณมาก	134
ก.31	น้ำลำไยผงที่ชูดออกจากถาดแล้วมีความเปราะแตกเป็นเกล็ดได้ง่าย	135
ก.32	การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	135
ก.33	การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ $L a^* b^*$	136
ก.34	การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์	136
ก.35	การบรรจุในถุงสุญญากาศ	137
ก.36	การเก็บรักษาในถุงสุญญากาศที่บรรจุแก๊สไนโตรเจน	137
ก.37	การเก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	138
ก.38	การเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส	138

รูป	หน้า
ง.1 กราฟผลการทดสอบสีของผลิตภัณฑ์เฉลี่ย ตลอดระยะเวลา 6 เดือน จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผง	153
ง.2 กราฟผลการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยตลอดระยะเวลา นาน 6 เดือน จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผง	154
ง.3 กราฟผลการทดสอบความถี่นคอของผลิตภัณฑ์เฉลี่ย ตลอดระยะเวลา 6 เดือน จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผง	155
ง.4 กราฟผลการทดสอบความมี body ของผลิตภัณฑ์เฉลี่ย ตลอดระยะเวลา 6 เดือน จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผง	156
ง.5 กราฟผลการทดสอบรสหวานของผลิตภัณฑ์เฉลี่ย ตลอดระยะเวลา 6 เดือน จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผง	157
ง.6 กราฟผลการทดสอบกลิ่นลำไยแห้งของผลิตภัณฑ์เฉลี่ย ตลอดระยะเวลา 6 เดือน จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผง	158
ง.7 กราฟผลการทดสอบการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เฉลี่ยตลอดระยะเวลา นาน 6 เดือน จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำลำไยผง	159