

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กะเพรา	3
2.2 สารแคโรทีนอยด์	5
2.3 เทคโนโลยีการเก็บกัก	14
2.4 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	24
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	36
3.1 วัสดุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	36
3.2 วิธีการวิจัย	39
ตอนที่ 1 การศึกษาผลของชนิดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ของใบกะเพราสดและแห้ง	39
ตอนที่ 2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ของใบกะเพราแห้ง	41
ตอนที่ 3 การศึกษาวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักแคโรทีนอยด์	41
ตอนที่ 4 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสารสกัดและวัสดุที่ใช้ในการเก็บกัก	46

ตอนที่ 5 การศึกษาหาอายุการเก็บรักษาสารเก็บกักแคโรทีนอยด์	48
ตอนที่ 6 การประยุกต์ใช้ในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ	49
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	50
4.1 การศึกษาผลของชนิดและอัตราส่วนของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ของใบกะเพราสดและแห้ง	50
4.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลในการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ของใบกะเพราแห้ง	57
4.3 การศึกษาวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักแคโรทีนอยด์	59
4.4 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสารสกัดและวัสดุที่ใช้ในการเก็บกัก	66
4.5 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์	71
4.6 การประยุกต์ใช้สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ	76
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	84
5.1 สรุปผลการทดลอง	84
5.2 ข้อเสนอแนะ	86
เอกสารอ้างอิง	87
ภาคผนวก	97
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพ	98
ภาคผนวก ข ภาพวัตถุดิบ เครื่องมือที่ใช้และผลิตภัณฑ์	101
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	109
ประวัติผู้เขียน	111

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของกะเพราแดงในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม	5
2.2	แอกติวิตีของวิตามินเอกลุ่มแคโรทีนอยด์	10
2.3	ความแตกต่างระหว่างการอบแห้งแบบดั้งเดิมกับการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	35
3.1	ระดับสูง-ต่ำของอัตราส่วนวัสดุในการเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา	42
3.2	ระดับปัจจัยในแต่ละสิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนแบบส่วนผสม (Mixture design) สำหรับผลิตไมโครแคปซูลแคโรทีนอยด์	42
3.3	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของวัสดุที่ใช้และความเข้มข้นของสารสกัดในแต่ละสิ่งทดลอง	47
3.4	ปริมาณสารเก็บกักแคโรทีนอยด์ที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลอง	49
4.1	ร้อยละของสารสกัดที่ได้จากการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราสด	50
4.2	ร้อยละของสารสกัดที่ได้จากการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราแห้ง	51
4.3	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/100 กรัมใบกะเพราสด) ที่ได้จากการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราสด	56
4.4	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/100 กรัมใบกะเพราแห้ง) ที่ได้จากการสกัดปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราแห้ง	57
4.5	ค่าสี ร้อยละของสารสกัดที่ได้ และปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสกัดใบกะเพราแห้งด้วยเอทานอล	58
4.6	ค่าทางกายภาพของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราทั้ง 12 สิ่งทดลอง	60
4.7	ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิว ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และประสิทธิภาพของการเก็บกักของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราทั้ง 12 สิ่งทดลอง	61
4.8	สมการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและค่าตอบสนองด้านต่างๆ ของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา	62
4.9	ผลการเปรียบเทียบค่าสี a^* และประสิทธิภาพของการเก็บกักที่ได้จากการทำนายและจากการทดลอง และร้อยละความคลาดเคลื่อน	65
4.10	ค่าทางกายภาพของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา	67
4.11	ปริมาณแคโรทีนอยด์ที่พื้นผิวของสารเก็บกักของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์	68

จากใบกะเพรา (ไมโครกรัมต่อกรัม)	
4.12 ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของสารเก็บกักของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์	69
จากใบกะเพรา (ไมโครกรัมต่อกรัม)	
4.13 ประสิทธิภาพของการเก็บกักของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา(ร้อยละ)	70
4.14 ผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา	77
เมื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิม	
4.15 ผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและเคมีของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา	78
เมื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิม	
4.16 ผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา	79
เมื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพรา	
4.17 ผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและเคมีของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา	80
เมื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสกะเพรา	
4.18 ค่า P ของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรสดั้งเดิมและรสกะเพราเมื่อมีการเติมสารเก็บกัก	82
แคโรทีนอยด์จากใบกะเพราในปริมาณที่เท่ากัน	

สารบัญภาพ

รูป	หน้า	
2.1	กะเพราแดง	3
2.2	เส้นกราฟการดูดกลืนแสงในช่วงที่มองเห็นได้ของไลโคพิน แกมมาแคโรทีน เบต้าแคโรทีน และแอลฟาแคโรทีนในปิโตรเลียมอีเทอร์	8
2.3	เส้นกราฟการดูดกลืนแสงของซิกมาแคโรทีน ไฟโตฟลูอิน และไฟโตอิน ในอะซีโตนไทร: เอทิลอะซิเตต: เมทานอล (85:10:5)	8
2.4	ปฏิกิริยาระหว่างแคโรทีนออกไซด์กับ peroxy radical	10
2.5	โครงสร้างกัมอะราบิก	16
2.6	ผลของความเข้มข้นของสารละลายกัมอะราบิกต่อความหนืด (วัดที่อุณหภูมิ $25.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ โดยใช้ Brookfield Synchroelectric)	17
2.7	การเอนแคปซูลทโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย	19
2.8	กราฟเปรียบเทียบเวลาและอุณหภูมิในการทำแห้ง 3 วิธี	24
2.9	กราฟการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำในการแช่เยือกแข็ง (freezing curve)	26
2.10	กราฟการเปลี่ยนสถานะ (State diagram) ในระหว่างการตกผลึกของสารผสมสองชนิด	26
2.11	กราฟสถานะ (State diagram) ของการตกผลึก แสดงเฉพาะในส่วนของตัวถูกละลาย (สารตัวอย่าง) ในการเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็น โครงสร้างผลึกที่มีเฉพาะน้ำในส่วน bounded water อยู่	27
2.12	กราฟสมดุลสถานะของน้ำ (Phase diagram) ที่ความดันบรรยากาศ น้ำอยู่ในสมดุลระหว่างของแข็งและของเหลวที่ 0°C และอยู่ในสมดุลระหว่างของเหลวและก๊าซที่ 100°C	28
2.13	กราฟการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการทำแห้งแบบเยือกแข็ง	29
2.14	การถ่ายเทมวลสารและพลังงานในระหว่างการทำแห้งแบบเยือกแข็ง	30
2.15	เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่ใช้หลักการ manifold method	31
2.16	เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่ใช้หลักการ batch method	32
2.17	การทำแห้งแบบ bulk ความร้อนจะผ่านชั้นที่วางโดยตรง	33

2.18	ภาพขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของ 20% มอลโทเดกซ์ทริน ที่ผ่านการอบแห้งแบบระเหิด (208x)	34
3.1	ระดับปัจจัยของวัสดุที่ใช้ในการเก็บกักทั้ง 12 สิ่งทดลอง	43
3.2	กระบวนการผลิตไมโครแคปซูลแคโรทีนอยด์จากสารสกัดกะเพรา	43
4.1	กราฟแสดงค่าสี L^* ของสารสกัดที่ได้จากใบกะเพราสด	52
4.2	กราฟแสดงค่าสี L^* ของสารสกัดที่ได้จากใบกะเพราแห้ง	53
4.3	กราฟแสดงค่าสี a^* ของสารสกัดที่ได้จากใบกะเพราสด	54
4.4	กราฟแสดงค่าสี a^* ของสารสกัดที่ได้จากใบกะเพราแห้ง	54
4.5	กราฟแสดงค่าสี b^* ของสารสกัดที่ได้จากใบกะเพราสด	55
4.6	กราฟแสดงค่าสี b^* ของสารสกัดที่ได้จากใบกะเพราแห้ง	55
4.7	contour plot ของค่าสี a^* จากสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากสมการ regression ระหว่างอัตราส่วนของสารเก็บกัก 3 ชนิด	63
4.8	contour plot ของประสิทธิภาพของการเก็บกักแคโรทีนอยด์จากสมการ regression ระหว่างอัตราส่วนของสารเก็บกัก 3 ชนิด	63
4.9	ระดับของมอลโทเดกซ์ทริน กัมอะราบิก และเจลาติน (พื้นที่สีเข้ม) ในสารเก็บกัก แคโรทีนอยด์ ที่ให้ค่าสี a^* มากที่สุด และประสิทธิภาพของสารเก็บกักมากกว่า ร้อยละ 55	64
4.10	กราฟการดูดความชื้นของสารละลายเกลือ 8 ชนิด	71
4.11	สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่เก็บในสภาวะต่างๆกัน วันที่ 0	72
4.12	สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพราที่เก็บในสภาวะต่างๆกัน วันที่ 30	72
4.13	Moisture sorption isotherm ของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	73
4.14	สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี ของสารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	74
ก-1	กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบต้าแคโรทีน (ppm) กับค่าการดูดกลืน- แสงที่ความยาวคลื่น 454 นาโนเมตร	99
ข-1	ใบกะเพราแดงอบแห้ง	102
ข-2	ผงใบกะเพราอบแห้งที่ใช้ในการสกัด	102
ข-3	สารสกัดแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา	103
ข-4	เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน	103

ข-5 เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	104
ข-6 การระเหยเอทานอลออกจากสารสกัดกะเพราด้วยเครื่องสุญญากาศ	104
ข-7 สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา	105
ข-8 สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน ในวันที่ 3	105
ข-9 สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน ในวันที่ 6	106
ข-10 สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน ในวันที่ 9	106
ข-11 สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน ในวันที่ 12	106
ข-12 สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน ในวันที่ 15	107
ข-13 สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน ในวันที่ 18	107
ข-14 สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน ในวันที่ 21	107
ข-15 สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน ในวันที่ 24	108
ข-16 สารเก็บกักแคโรทีนอยด์จากใบกะเพรา ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน ในวันที่ 27	108