

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	27
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	42
การทดลองที่ 1 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษากะเพราแดงที่ไม่ ทำให้กะเพราเกิดอาการสะท้านหนาว	42
การทดลองที่ 2 การศึกษาหาพารามิเตอร์ในการทำงานที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิ กะเพราแดงด้วยระบบสุญญากาศ ในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด	50
การทดลองที่ 3 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของกะเพราแดงหลังการ ลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ	68
การทดลองที่ 4 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของกะเพราแดงที่บรรจุใน บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ	90
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	107
เอกสารอ้างอิง	109
ภาคผนวก ก	119
ภาคผนวก ข	157
ประวัติผู้เขียน	165

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	การสูญเสียน้ำหนักสด ค่า L*, ค่า chroma และค่า hue angle ของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 7, 10 และ 13 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน	44
2	อายุการเก็บรักษาของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 7, 10 และ 13 องศา เซลเซียส	49
3	สภาวะการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศและสภาวะของ กะเพราแดงที่บรรจุอยู่ในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม โพลีไวนิลคลอไรด์ ระหว่างการลดอุณหภูมิ	59
4	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของกะเพราแดงที่ บรรจุอยู่ในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม โพลีไวนิลคลอไรด์	59
5	สภาวะในการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศและสภาวะของ กะเพราแดงที่บรรจุในกล่องพลาสติก โพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลตระหว่างการลด อุณหภูมิ	66
6	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการลดอุณหภูมิกะเพราแดงที่บรรจุในกล่องพลาสติก โพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลตด้วยระบบสุญญากาศ	66
7	สภาวะในการทำงานที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของ กะเพราแดงที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์ม โพลีไวนิลคลอไรด์ และ กล่องพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอพาทาเลท	67
8	การสูญเสียน้ำหนักสด ค่า L*, ค่า chroma และค่า hue angle ของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 วัน	71
9	ปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของ กะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 วัน	78
10	ปริมาณสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของ กะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 วัน	84
11	อายุการเก็บรักษาของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
12 ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของกะเพราแดงภายใน บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 วัน	91
13 การสูญเสียน้ำหนักสด ค่า L*, ค่า chroma และค่า hue angle ของกะเพราแดง ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 วัน	95
14 ปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของ กะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็น เวลานาน 4 วัน	99
15 ปริมาณสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของกะเพรา แดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็น เวลานาน 4 วัน	102
16 อายุการเก็บรักษาของกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส	105
17 สภาพะในการทำงานที่เหมาะสมในกระบวนการลดอุณหภูมิด้วยระบบคลอไรด์ สูญญากาศของกะเพราแดงที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์มโพลีไวนิล และกะเพราแดงที่บรรจุในกล่องพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอร์ฟทาเลต	107

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 กะเพราแดง	4
2 การลดอุณหภูมิโดยการผ่านอากาศเย็น	10
3 การลดอุณหภูมิโดยใช้น้ำเย็น	10
4 แสดงอัตราการลดอุณหภูมิของผลิตผล	12
5 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัวและอุณหภูมิ	14
6 ส่วนประกอบของเครื่องลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ	16
7 หลักการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศทั่วไป	17
8 แผนภาพสีแสดงค่า $L^*$ , chroma และ hue angle	28
9 การสูญเสียน้ำหนักสดของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 7, 10 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน	44
10 ค่า $L^*$ ของใบกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 7, 10 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน	45
11 ค่า chroma ของใบกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 7, 10 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน	45
12 ค่า hue angle ของใบกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 7, 10 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 วัน	46
13 อาการระเหิดของกะเพราแดงเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ	47
14 ลักษณะของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 7, 10 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน	48
15 ลักษณะของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7, 10 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	48
16 ขั้นตอนการลดอุณหภูมิกะเพราแดงด้วยระบบสุญญากาศ	51
17 การจัดเรียงกะเพราแดงไว้ในห้องลดอุณหภูมิ และการกำหนดค่าพารามิเตอร์เครื่องลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ	51

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
18	52
<p>กะเพราแดงที่บรรจุอยู่ในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (ก) การจัดเรียงในตะกร้าพลาสติก (ข) การวัดอุณหภูมิเริ่มต้น (ค) การวัดอุณหภูมิใจกลางผักและความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างกระบวนการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ (ง)</p>	
19	53
<p>ความดันในห้องลดอุณหภูมิตั้งแต่ระหว่างการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของกะเพราแดงที่บรรจุอยู่ในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ โดยใช้ความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ 12 มิลลิบาร์ และเวลาที่วัดอุณหภูมิตั้งแต่ความดันที่กำหนด 3 นาที</p>	
20	55
<p>อุณหภูมิในห้องลดอุณหภูมิตั้งแต่ระหว่างการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของกะเพราแดงที่บรรจุอยู่ในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ โดยใช้ความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ 12 มิลลิบาร์ และเวลาที่วัดอุณหภูมิตั้งแต่ความดันที่กำหนด 3 นาที</p>	
21	56
<p>ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและความดันในห้องลดอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของกะเพราแดงที่บรรจุอยู่ในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ โดยใช้ความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ 12 มิลลิบาร์ และเวลาที่วัดอุณหภูมิตั้งแต่ความดันที่กำหนด 3 นาที</p>	
22	57
<p>ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อุณหภูมิและเวลาของการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของกะเพราแดงที่บรรจุอยู่ในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ โดยใช้ความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ 12 มิลลิบาร์ และเวลาที่วัดอุณหภูมิตั้งแต่ความดันที่กำหนด 3 นาที</p>	
23	60
<p>กะเพราแดงที่บรรจุอยู่ในกล่องพลาสติกโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลต (ก) การจัดเรียงในตะกร้าพลาสติก (ข) การวัดอุณหภูมิเริ่มต้น (ค) การวัดอุณหภูมิใจกลางผักและความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างกระบวนการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ (ง)</p>	

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
24 ความดันในห้องลดอุณหภูมิระหว่างการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของกะเพราแดงที่บรรจุอยู่ในกล่องพลาสติกโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลต โดยใช้ความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ 12 มิลลิบาร์ และเวลาที่วัดดูคิบบอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนด 1 นาที	61
25 อุณหภูมิในห้องลดอุณหภูมิระหว่างการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของกะเพราแดงที่บรรจุอยู่ในกล่องพลาสติกโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลต โดยใช้ความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ 12 มิลลิบาร์ และเวลาที่วัดดูคิบบอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนด 1 นาที	63
26 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและความดันในห้องลดอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของกะเพราแดงที่บรรจุในกล่องพลาสติกโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลต โดยใช้ความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ 12 มิลลิบาร์ และเวลาที่วัดดูคิบบอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนด 1 นาที	63
27 ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อุณหภูมิและเวลาของการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศของกะเพราแดงที่บรรจุอยู่ในกล่องพลาสติกโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลต โดยใช้ความดันสุดท้ายในห้องลดอุณหภูมิ 12 มิลลิบาร์ และเวลาที่วัดดูคิบบอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนด 1 นาที	64
28 การสูญเสียน้ำหนักสดของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	72
29 ค่า $L^*$ ของใบกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	72
30 ค่า chroma ของใบกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	73
31 ค่า hue angle ของใบกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	73

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
32	ปริมาณวิตามินซีของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	79
33	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	79
34	ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	80
35	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	80
36	ปริมาณสารประกอบฟีนอลของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	85
37	กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	85
38	ลักษณะของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 วัน	89
39	ลักษณะของกะเพราแดง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	89
40	ปริมาณแก๊สออกซิเจนของกะเพราแดงภายในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	92
41	ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของกะเพราแดงภายในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	92
42	การสูญเสียน้ำหนักสดของกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	95
43	ค่า L* ของใบกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	96

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
44 ค่า chroma ของใบกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	96
45 ค่า hue angle ของใบกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	97
46 ปริมาณวิตามินซีของกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	99
47 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	100
48 ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	100
49 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	101
50 ปริมาณสารประกอบฟีนอลของกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	103
51 กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	103
52 ลักษณะของกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 วัน	105
53 ลักษณะของกะเพราแดงในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	106