

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความจำเป็นของการลดอุณหภูมิ	4
2.2 ความสำคัญของการลดอุณหภูมิขั้นต้น	4
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อวิธีการลดอุณหภูมิเทียบปล้น	5
2.4 การลดความร้อนโดยใช้ระบบสุญญากาศ	6
2.5 หลักการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศทั่วไป	7
2.6 ลักษณะกราฟของการลดอุณหภูมิ	12
2.7 ประโยชน์ของการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ	13
2.8 ข้อเสียของการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ	13
2.9 ผลของการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์	14
2.10 สารต้านอนุมูลอิสระ	18
2.11 หลักการวิเคราะห์คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ	23
2.12 ผักกาดฮ่องเต้	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	29
3.1 วัสดุพันธุ์พืช	29
3.2 อุปกรณ์	29

3.3 สารเคมีและวิธีเตรียมสารเคมี	30
3.4 สถานที่ทำการวิจัย	31
3.5 วิธีการทดลอง	32
การทดลองที่ 1	32
การทดลองที่ 2	38
การทดลองที่ 3	39
การทดลองที่ 4	40
3.6 การบันทึกข้อมูล	41
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	53
การทดลองที่ 1 ผลของการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการลด อุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศของฝักกาดฮ่องเต้	53
การทดลองที่ 2 ผลของการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศและ ระบบสุญญากาศร่วมกับการใช้น้ำต่อการ เปลี่ยนแปลงคุณภาพฝักกาดฮ่องเต้	66
การทดลองที่ 3 ศึกษาคุณภาพกายภาพและเคมีของฝักกาดฮ่องเต้ที่ ผ่านการลดอุณหภูมิเฉียบพลัน	87
การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของอุณหภูมิที่สูงขึ้นในระบบสายโซ่ความ เย็น	100
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	111
5.1 สรุปผลการทดลอง	111
5.2 ข้อเสนอแนะ	113
เอกสารอ้างอิง	114
ภาคผนวก	121
ภาคผนวก ก	122
ภาคผนวก ข	133
ภาคผนวก ค	135
ภาคผนวก ง	168
ภาคผนวก จ	170
ประวัติผู้เขียน	175

## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ค่าความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิต่างๆ	10
2.2	ผลของการลดอุณหภูมิผักและผลไม้โดยใช้ระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 20–22 องศาเซลเซียส ความดันไออิ่มตัว 4–4.6 มิลลิเมตรปรอท โดยใช้เวลา 25–30 นาที	11
2.3	สารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติบางชนิด	19
2.4	การวิเคราะห์ความสามารถการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ	23
2.5	คุณค่าทางโภชนาการของผักกาดฮ่องเต้ ต่อน้ำหนัก 100 กรัม	27
2.6	แสดงปริมาณและมูลค่าการค้าผักกาดฮ่องเต้มูลนิธิโครงการหลวง ปี 2548 – 2550 (ม.ค. – ธ.ค.)	28
3.1	ปริมาตรและสารต่างๆ ที่ใช้สำหรับการทำกราฟมาตรฐานสารประกอบฟีนอล	46
3.2	ปริมาตรและสารต่างๆ ที่ใช้สำหรับการทำกราฟมาตรฐานสารต้านอนุมูลอิสระ	48
4.1	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิผักกาดฮ่องเต้บรรจุในตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศ	53
4.2	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิผักกาดฮ่องเต้บรรจุในตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศร่วมกับน้ำ	56
4.3	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิผักกาดฮ่องเต้บรรจุในถุงพลาสติกแล้วนำมาบรรจุในตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศ	59
4.4	อายุการวางจำหน่ายผักกาดฮ่องเต้ บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	70
4.5	คุณภาพของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้ววางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน	72
4.6	อายุการเก็บรักษาของผักกาดฮ่องเต้ที่เก็บรักษาไว้ในห้องเย็น อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	81

ตาราง	หน้า	
4.7	คุณภาพของฝักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบ สุญญากาศแล้วเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5±2 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน	82
4.8	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ค่า L* ค่า Chroma และค่า Hue angle ของฝักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบ สุญญากาศ แล้ววางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน	89
4.9	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ วิตามินซี คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของฝักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิ โดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน	93
4.10	ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและกิจกรรมของสารต้านอนุมูล อิสระของฝักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบ สุญญากาศ แล้ววางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน	98
4.11	อายุการวางจำหน่ายฝักกาดฮ่องเต้ บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	104
4.12	คุณภาพของฝักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบ สุญญากาศในระบบสายโซ่ความเย็นแล้ววางไว้บนชั้นวางจำหน่าย ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน	106
5.1	แสดงสถานะที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ และระบบสุญญากาศร่วมกับการใช้น้ำ	111
5.2	แสดงอายุการเก็บรักษาฝักกาดฮ่องเต้	112
ผ.ก1	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิฝักกาดฮ่องเต้บรรจุใน ตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศที่ความดัน 5.5 มิลลิบาร์	123
ผ.ก2	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิฝักกาดฮ่องเต้บรรจุใน ตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศที่ความดัน 6.0 มิลลิบาร์	124
ผ.ก3	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิฝักกาดฮ่องเต้บรรจุใน ตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศที่ความดัน 6.5 มิลลิบาร์	125

ตาราง	หน้า	
ผ.ก4	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิฝักภาคอ่องเต้บรจจใน ตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศที่ความดัน 7.0 มิลลิบาร์	126
ผ.ก5	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิฝักภาคอ่องเต้บรจจใน ตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศร่วมกับน้ำที่ความดัน 6.0 มิลลิบาร์	127
ผ.ก6	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิฝักภาคอ่องเต้บรจจใน ตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศร่วมกับน้ำที่ความดัน 6.5 มิลลิบาร์	128
ผ.ก7	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิฝักภาคอ่องเต้บรจจใน ตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศร่วมกับน้ำที่ความดัน 7.0 มิลลิบาร์	129
ผ.ก8	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิฝักภาคอ่องเต้บรจจใน ถุงพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศที่ความดัน 6.0 มิลลิบาร์	130
ผ.ก9	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิฝักภาคอ่องเต้บรจจใน ถุงพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศที่ความดัน 6.5 มิลลิบาร์	131
ผ.ก10	พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิฝักภาคอ่องเต้บรจจใน ถุงพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศที่ความดัน 7.0 มิลลิบาร์	132
ผ.ค1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิใจกลางฝักภาคอ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิ โดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ $5 \pm 2$ องศา เซลเซียส	136
ผ.ค2	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักภาคอ่องเต้ที่ผ่านการลด อุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ $5 \pm 2$ องศาเซลเซียส	137
ผ.ค3	การเปลี่ยนแปลงค่า Lightness ของฝักภาคอ่องเต้ที่ผ่านการลด อุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ $5 \pm 2$ องศาเซลเซียส	138
ผ.ค4	การเปลี่ยนแปลงค่า Chroma ของฝักภาคอ่องเต้ที่ผ่านการลด อุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ $5 \pm 2$ องศาเซลเซียส	139

ตาราง	หน้า
ผ.ค5	การเปลี่ยนแปลง Hue angle ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส 140
ผ.ค6	คะแนนการยอมรับโดยรวมของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส 141
ผ.ค7	คะแนนความกรอบของก้านใบผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส 142
ผ.ค8	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิใจกลางผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส 143
ผ.ค9	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส 144
ผ.ค10	การเปลี่ยนแปลงค่า Lightness ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส 145
ผ.ค11	การเปลี่ยนแปลงค่า Chroma ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส 146
ผ.ค12	การเปลี่ยนแปลง Hue angle ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส 147
ผ.ค13	คะแนนการยอมรับโดยรวมของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส 148

ตาราง	หน้า	
ผ.ค14	คะแนนความกรอบของก้านใบผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	149
ผ.ค15	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	150
ผ.ค16	การเปลี่ยนแปลงค่า Lightness ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	151
ผ.ค17	การเปลี่ยนแปลงค่า Chroma ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	152
ผ.ค18	การเปลี่ยนแปลง Hue angle ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	153
ผ.ค19	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	154
ผ.ค20	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด) ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	155
ผ.ค21	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด) ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	156
ผ.ค22	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ บี (มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด) ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	157

ตาราง	หน้า	
ผ.ค23	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด) ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	158
ผ.ค24	การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัม gallic acid equivalent/กรัม น้ำหนักสด) ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	159
ผ.ค25	กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ (ไมโครกรัม gallic acid equivalent/กรัม น้ำหนักสด) ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	160
ผ.ค26	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิใจกลางผักของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศในระบบสายโซ่ความเย็นแล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	161
ผ.ค26	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศในระบบสายโซ่ความเย็นแล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	162
ผ.ค27	การเปลี่ยนแปลงค่า Lightness ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศในระบบสายโซ่ความเย็นแล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	163
ผ.ค28	การเปลี่ยนแปลงค่า Chroma ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศในระบบสายโซ่ความเย็นแล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	164
ผ.ค29	การเปลี่ยนแปลง Hue angle ของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศในระบบสายโซ่ความเย็นแล้ววางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	165



ตาราง		หน้า
ผ.ค30	คะแนนการยอมรับในการบริโภคของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลด อุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศในระบบสายโซ่ความเย็นแล้ววาง จำหน่ายที่อุณหภูมิ $5\pm 2$ องศาเซลเซียส	166
ผ.ค31	คะแนนความกรอบก้านใบของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิ โดยใช้ระบบสุญญากาศในระบบสายโซ่ความเย็นแล้วเก็บวาง จำหน่ายที่อุณหภูมิ $5\pm 2$ องศาเซลเซียส	167

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 แสดงเวลาที่มีผลต่อคุณภาพผลสตรอบเออร์ก่อนการลดอุณหภูมิ	5
2.2 แสดงภาพจำลองการทำงานขบวนการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบ สุญญากาศ	8
2.3 แสดงโครงสร้างทั่วไปของเครื่องทำความเย็นโดยใช้ระบบ สุญญากาศ	9
2.4 แสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิอุณหภูมิตผลิตภัณฑ์ ความดันและ อุณหภูมิอิมตัวในห้องสุญญากาศ กับเวลาสำหรับการลดความเย็น โดยใช้ระบบสุญญากาศทั่วไป	9
2.5 แสดงอัตราการลดอุณหภูมิของผักและผลไม้	12
2.6 บริเวณ binding side ของเคอร์ซีทินที่จับกับไอออนของโลหะ	20
2.7 ขบวนการสังเคราะห์สารฟีนอลิกต่างๆ	22
2.8 ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ	24
3.1 แสดงไดอะแกรมของเครื่องลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ	35
3.2 ขั้นตอนในการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ	36
3.3 ขั้นตอนในการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศร่วมกับการใช้น้ำ	37
3.4 การบรรยายสีในระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ	42
3.5 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณสารประกอบฟีนอล	46
3.6 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ	48
3.7 ลักษณะการจัดเรียงผักกาดฮ่องเต้บรรจุในตะกร้าพลาสติกคอยคำ	50
3.8 ลักษณะการจัดเรียงผักกาดฮ่องเต้บรรจุในถุงพลาสติก	50
3.9 ลักษณะการจัดเรียงตะกร้าภายในห้องสุญญากาศก่อนทำการลด อุณหภูมิ	51
3.10 ลักษณะการจัดเรียงบนชั้นวางจำหน่าย	52
3.11 ลักษณะการจัดเรียงในห้องเย็น	52
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องสุญญากาศ อุณหภูมิใจ กลางผักและความดันกับเวลาในการลดอุณหภูมิผักกาดฮ่องเต้บรรจุ ในตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศ	54

ภาพ	หน้า
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และความดันกับเวลาในการลดอุณหภูมิฝักกาดฮ่องเต้บรรจุตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศ	55
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องสุญญากาศ อุณหภูมิใจกลางฝักและความดันกับเวลาในการลดอุณหภูมิฝักกาดฮ่องเต้บรรจุในตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศร่วมกับการใช้น้ำ	57
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และความดันกับเวลาในการลดอุณหภูมิฝักกาดฮ่องเต้บรรจุในตะกร้าพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศร่วมกับการใช้น้ำ	58
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องสุญญากาศ อุณหภูมิใจกลางฝักและความดันกับเวลาในการลดอุณหภูมิฝักกาดฮ่องเต้บรรจุในถุงพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศ	60
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และความดันกับเวลาในการลดอุณหภูมิฝักกาดฮ่องเต้บรรจุในถุงพลาสติกโดยใช้ระบบสุญญากาศ	61
4.7 ลักษณะฝักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิระบบสุญญากาศบรรจุในตะกร้าพลาสติก	65
4.8 ลักษณะฝักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิระบบสุญญากาศที่บรรจุในถุงพลาสติก	65
4.9 ลักษณะของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายอุณหภูมิ $5\pm 2$ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน	69
4.10 อุณหภูมิใจกลางฝักของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ $5\pm 2$ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	73
4.11 การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ $5\pm 2$ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	73
4.12 ค่า Lightness ของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ $5\pm 2$ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	74
4.13 ค่า Chroma ของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ $5\pm 2$ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	74

ภาพ	หน้า
4.14 ค่า Hue angle ของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	75
4.15 คะแนนการยอมรับของผู้ประเมินของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	76
4.16 คะแนนความกรอบของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	76
4.17 ลักษณะของฝักกาดฮ่องเต้ที่เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส	81
4.18 อุณหภูมิใจกลางฝักของฝักกาดฮ่องเต้ที่เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	83
4.19 การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักกาดฮ่องเต้ที่เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	83
4.20 ค่า Lightness ของฝักกาดฮ่องเต้ที่เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	84
4.21 ค่า Chroma ของฝักกาดฮ่องเต้ที่เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	84
4.22 ค่า Hue angle ของฝักกาดฮ่องเต้ที่เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	85
4.23 คะแนนการยอมรับของผู้ประเมินของฝักกาดฮ่องเต้ที่เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	85
4.24 คะแนนความกรอบของฝักกาดฮ่องเต้ที่เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	86
4.25 การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	89
4.26 ค่า Lightness ของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	90
4.27 ค่า Chroma ของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	90

ภาพ	หน้า
4.28 ค่า Hue angle ของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	91
4.29 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	93
4.31 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	94
4.32 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	94
4.33 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	95
4.34 โครงสร้างของกรดแกลลิก	97
4.35 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	98
4.36 กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน	99
4.37 แสดงอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของฝักกาดฮ่องเต้หลังจากผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศและนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง	100
4.38 ลักษณะของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน	104
4.39 เปรูเซ็นต์ความเสียหายของฝักกาดฮ่องเต้เมื่อระบบสายโซ่ความเย็นขาดช่วง	105
4.40 อุณหภูมิใจกลางฝักของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน	107
4.41 การสูญเสียน้ำหนักสดของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน	107
4.42 ค่า Lightness ของฝักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน	108

ภาพ	หน้า
4.43 ค่า Chroma ของผักกาดฮ่องเต้ที่เก็บรักษาไว้บนชั้นวางจำหน่าย อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน	108
4.44 ค่า Hue angle ของผักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่ อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน	109
4.45 คะแนนการยอมรับของผู้ประเมินของผักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้น วางจำหน่ายอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน	109
4.46 คะแนนความกรอบของผักกาดฮ่องเต้ที่วางไว้บนชั้นวางจำหน่ายที่ อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน	110
ผ.1 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ	171
ผ.2 การเริ่มต้นการใช้งานเครื่องลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ	172
ผ.3 การเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลที่ต้องการลดอุณหภูมิ	172
ผ.4 ใสรหัสผ่านเพื่อแก้ไขข้อมูลในการลดอุณหภูมิ	173
ผ.5 กำหนดชื่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการลดอุณหภูมิ และสภาวะการทำงานของ เครื่องและทำการบันทึกข้อมูล	173
ผ.6 เริ่มการลดอุณหภูมิโดยสั่งปิดประตู และสั่งเริ่มการทำงานของเครื่อง	174