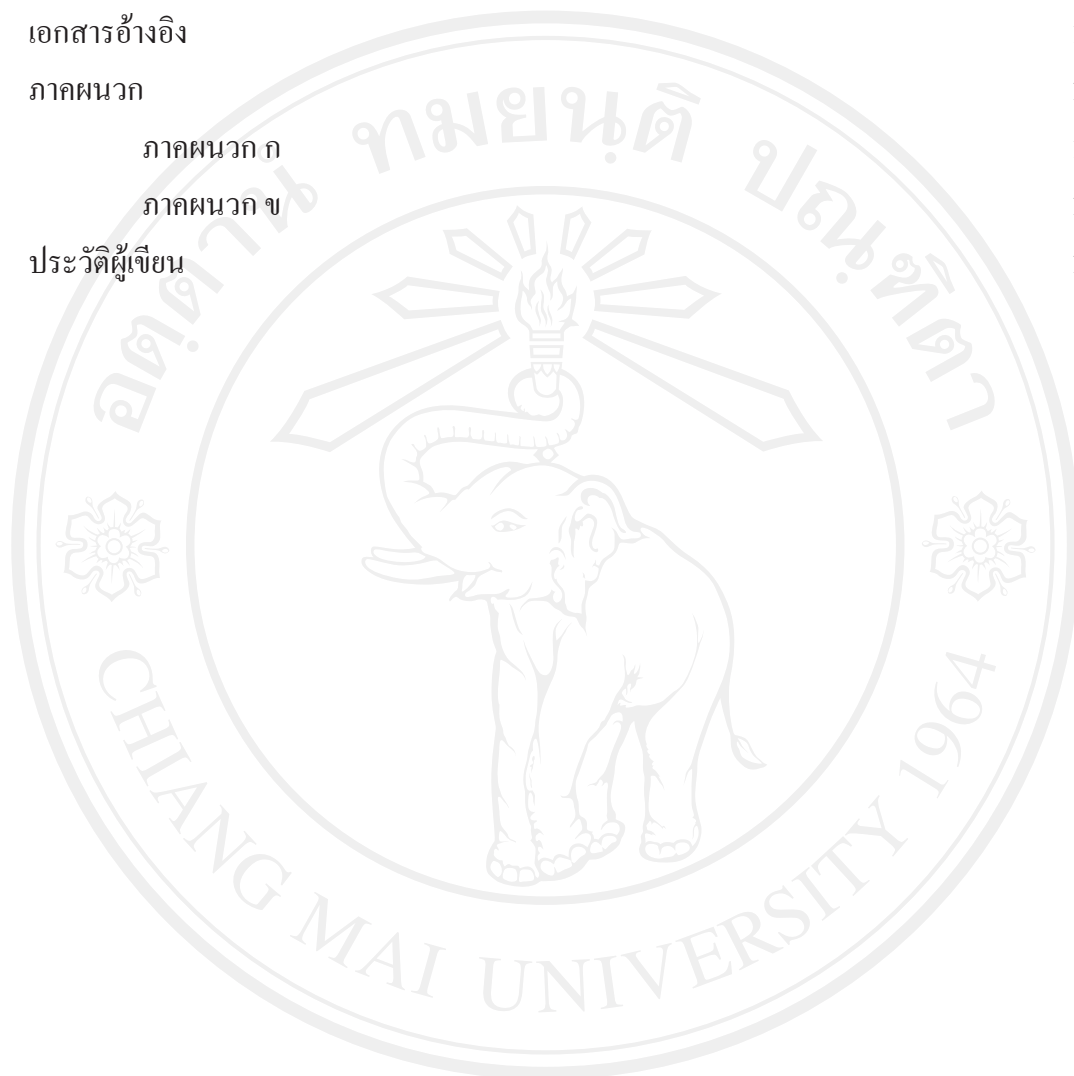


## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	๗
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	27
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	39
การทดลองที่ 1 การศึกษาการลดอุณหภูมิเฉียบพลันแบบสุญญากาศต่อ ยอดชาโศเตอินทรีย์	39
การทดลองที่ 2 การศึกษาเพื่อคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับ ยอดชาโศเตอินทรีย์	57
การทดลองที่ 3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของ ยอดชาโศเตอินทรีย์เมื่อ ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม	75
การทดลองที่ 4 การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของ ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ ที่บรรจุยอดชาโศเตอินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา	96
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	101

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	103
ภาคผนวก	113
ภาคผนวก ก	114
ภาคผนวก ข	174
ประวัติผู้เขียน	182



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	สภาวะการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศในการลดอุณหภูมิของช็อคชวยโตอินทรีย์	44
2	การสูญเสียน้ำหนักสด ค่า $L^*$ , ค่า chroma และ ค่า hue angle ของช็อคชวยโตอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน	52
3	ปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และ คลอโรฟิลล์ทั้งหมดของช็อคชวยโตอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน	53
4	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอล กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ ของช็อคชวยโตอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน และอายุการเก็บรักษา	53
5	การสูญเสียน้ำหนักสด ค่า $L^*$ , ค่า chroma และค่า hue angle ของช็อคชวยโตอินทรีย์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน	68
6	ปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของช็อคชวยโตอินทรีย์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน	69
7	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ของช็อคชวยโตอินทรีย์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 5 วัน	69
8	ปริมาณสารประกอบฟีนอล กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระของช็อคชวยโตอินทรีย์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน และอายุการเก็บรักษา	70

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง		หน้า
9	การสูญเสียสีน้ำหนัสด ค่า L*, ค่า chroma และค่า hue angle ของยอชชาโยเต้ อินทรีย์เมื่อผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน	89
10	ปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของยอชชาโยเต้อินทรีย์เมื่อผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน	90
11	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของยอชชาโยเต้อินทรีย์เมื่อผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน	90
12	ปริมาณสารประกอบฟีนอล กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ ของยอชชาโยเต้อินทรีย์เมื่อผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน	91
13	อายุการเก็บรักษา ของยอชชาโยเต้อินทรีย์เมื่อผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน	91
14	ค่า RMSE ของสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน (%v/v) ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ	98
15	ค่า RMSE ของสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (%v/v) ในถุงเอกทีฟชนิด M1, M2 และถุงโพลีโพรพิลีน	100

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ยอดชาโยเต้	5
2	การลดอุณหภูมิโดยการผ่านอากาศเย็น	8
3	การลดอุณหภูมิโดยใช้น้ำเย็น	8
4	กราฟอัตราการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์	10
5	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว	10
6	ส่วนประกอบของเครื่องลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ	12
7	แผนภาพสีแสดงค่า L*, Chroma และ Hue angle	28
8	ความดันภายในห้องลดอุณหภูมิระหว่างการลดอุณหภูมียอดชาโยเต้อินทรีย์แบบสุญญากาศ โดยใช้พารามิเตอร์ความดัน 11 มิลลิบาร์และระยะเวลาคงความดันที่กำหนดนาน 5 นาที	40
9	อุณหภูมิภายในห้องลดอุณหภูมิระหว่างการลดอุณหภูมียอดชาโยเต้อินทรีย์ด้วยระบบสุญญากาศ โดยใช้พารามิเตอร์ความดัน 11 มิลลิบาร์และระยะเวลาคงความดันที่กำหนดนาน 5 นาที	40
10	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและความดันภายในห้องลดอุณหภูมิระหว่างการลดอุณหภูมียอดชาโยเต้อินทรีย์ด้วยระบบสุญญากาศ โดยใช้พารามิเตอร์ความดัน 11 มิลลิบาร์และระยะเวลาคงความดันที่กำหนดนาน 5 นาที	41
11	ความสัมพันธ์ของอุณหภูมียอดชาโยเต้อินทรีย์ อุณหภูมิห้องลดอุณหภูมิและความดันภายในห้องลดอุณหภูมิระหว่างการลดอุณหภูมียอดชาโยเต้อินทรีย์ด้วยระบบสุญญากาศ โดยใช้พารามิเตอร์ความดัน 11 มิลลิบาร์และระยะเวลาคงความดันที่กำหนดนาน 5 นาที	42
12	การจัดเรียงยอดชาโยเต้อินทรีย์ลงในตะกร้า(ซ้าย) และการจัดเรียงยอดชาโยเต้อินทรีย์ในห้องลดอุณหภูมิ	43
13	ยอดชาโยเต้อินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษา 5 วัน (ซ้าย) และลักษณะลำต้นที่โค้งงอของยอดชาโยเต้อินทรีย์ (ขวา)	53

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ		หน้า
14	การสูญเสียน้ำหนักสด (ร้อยละ) ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	54
15	ค่า L* ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	54
16	ค่า chroma ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	54
17	ค่า hue angle ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	55
18	ปริมาณวิตามินซี (mg/100g FW) ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	55
19	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (mg/100g FW) ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	55
20	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (mg/100g FW) ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	56
21	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/100g FW) ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	56
22	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (ร้อยละ) ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	56
23	ปริมาณสารประกอบฟีนอล (mg gallic acid/g DW) ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	57
24	กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ (mg gallic acid/g DW) ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน	57

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ	หน้า	
25	ลักษณะเครื่อง check point (ซ้าย) และการวัดก้ำชภายในบรรจุภัณฑ์ด้วย เครื่อง check point (ขวา)	64
26	ยอดชาโพลีเอทรีนที่บรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกัน 6 ชนิด หลังผ่านการเก็บ รักษา 5 วัน	68
27	การสูญเสียน้ำหนักสด (ร้อยละ) ของยอดชาโพลีเอทรีนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ แบบต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	70
28	ค่า L* ของยอดชาโพลีเอทรีนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ และเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	71
29	ค่า chroma ของยอดชาโพลีเอทรีนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ และเก็บ รักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	71
30	ค่า hue angle ของยอดชาโพลีเอทรีนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ และเก็บ รักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	71
31	ปริมาณวิตามินซี (mg/100 g FW) ของยอดชาโพลีเอทรีนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ แบบต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	72
32	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (mg/100 g FW) ของยอดชาโพลีเอทรีนที่บรรจุในบรรจุ ภัณฑ์แบบต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	72
33	ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี (mg/100 g FW) ของยอดชาโพลีเอทรีนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ แบบต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	72
34	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/100 g FW) ของยอดชาโพลีเอทรีนที่บรรจุในบรรจุ ภัณฑ์แบบต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	73
35	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (ร้อยละ) ของยอดชาโพลีเอทรีนที่บรรจุในบรรจุ ภัณฑ์แบบต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	73
36	ความเข้มข้นของก้ำชออกซิเจนของยอดชาโพลีเอทรีน (ร้อยละ) ที่บรรจุในบรรจุ ภัณฑ์แบบต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	73
37	ความเข้มข้นของก้ำชคาร์บอนไดออกไซด์ของยอดชาโพลีเอทรีน (ร้อยละ) ที่ บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็น เวลานาน 9 วัน	74

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ	หน้า
38 ปริมาณสารประกอบฟีนอล (mg gallic acid/g DW) ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	74
39 กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ (mg gallic acid/g DW) ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน	74
40 ยอดชาโศเดอินทรีย์ที่บรรจุลงในถุงโพลีเอทิลีน ถุงแอกทีฟชนิด M1 ถุงโพลีเอทิลีน ร่วมกับการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศที่ความดัน 11 มิลลิบาร์ เป็นระยะเวลา 5 นาที และถุงแอกทีฟชนิด M1 ร่วมกับการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศที่ความดัน 11 มิลลิบาร์ เป็นระยะเวลา 5 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน	89
41 การสูญเสียน้ำหนักสด (ร้อยละ) ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	92
42 ค่า L* ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	92
43 ค่า chroma ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	92
44 ค่า hue angle ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	93
45 ปริมาณวิตามินซี (mg/100g FW) ของยอดชาโศเดอินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	93



สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ	หน้า
46 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (mg/100g FW) ของยอดชาโด้อินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	93
47 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (mg/100g FW) ของยอดชาโด้อินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	94
48 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (mg/100g FW) ของยอดชาโด้อินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	94
49 ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (ร้อยละ) ของยอดชาโด้อินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	94
50 ความเข้มข้นของก้ำซอกซิเจน (ร้อยละ) ของยอดชาโด้อินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	95
51 ความเข้มข้นของก้ำซคาร์บอน ไดออกไซด์ (ร้อยละ) ของยอดชาโด้อินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	95
52 ปริมาณสารประกอบฟีนอล (mg gallic acid/g DW) ของยอดชาโด้อินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	95
53 กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ (mg gallic acid/g DW) ของยอดชาโด้อินทรีย์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน	96