



รายงานการวิจัย เรื่อง

การศึกษาการใช้อาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหวานแปรรูป  
พร้อมบริโภค

(The Study on Arginine and Calcium Lactate Application for Inhibiting Browning  
Symptom of Fresh-Cut Romaine Lettuce)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พฤติยา นิลประพฤษ  
Assistant professor Phrutiya NILPRAPRUCK

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก  
สำนักงานบริหารการวิจัย นวัตกรรมและการสร้างสรรค์  
มหาวิทยาลัยศิลปากร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ปีที่ดำเนินการเสร็จ พ.ศ. 2562



Research Title: The Study on Arginine and Calcium Lactate Application for Inhibiting Browning Symptom of Fresh-Cut Romaine Lettuce

Researcher: Phrutiya NILPRAPRUCK (Project Leader)  
Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology,  
Silpakorn University

Research Grants Fiscal Year 2018,  
Silpakorn University Research, Innovation and Creativity  
Administration Office

Year of completion 2019

Type of research Applied research

Subjects Agriculture and Biology

### Abstract

In this research, study on the effects of arginine and calcium lactate for browning inhibition on fresh-cut romaine lettuce. The research divided into 2 experiments. The experiment 1 was studying on suitable concentrations of arginine and calcium lactate for browning inhibition. It indicated that 20mM arginine and 1.5% calcium lactate treatments had the best of browning inhibited efficiency in romaine lettuce. The experiment 2 was studying the comparative effect of arginine and calcium lactate on browning inhibition and biochemical change. It can be provided into 4 treatments; the romaine lettuce was immersed in 0 (distilled water), 20mM Arginine, 1.5% Calcium lactate and 20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate for 10 minutes. These results showed that the use of 20mM arginine only can inhibit browning compared to other treatments. The browning inhibition in romaine lettuce seem to be associated with the decrease in phenolic compounds at 2 and 5 day of storage, and the decrease in phenylalanine ammonialyase activity at 2 day of storage. In addition, the romaine lettuce in 20mM arginine treatment has the lowest a dehydroascorbic acid, malondialdehyde and hydrogen peroxide. These results suggest that arginine may effective inhibit tolerance to stress during storage.

Key words: Arginine, Calcium lactate, Enzymatic Browning, Polyphenol Oxidase and Fresh-cut Romaine Lettuce

## กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยครั้งนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยศิลปากร ผ่านทางสถาบันวิจัยและพัฒนาเป็นผู้ดูแลและอำนวยความสะดวก ผู้วิจัยขอขอบคุณทางมหาวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนงบประมาณวิจัย และขอบคุณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ที่ได้ให้การสนับสนุนสถานที่ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

ประโยชน์อันใดที่เกิดจากการทำงานวิจัยครั้งนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของบุคคลดังกล่าวที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานข้างต้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ญ
<b>บทที่</b>	
<b>1. บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>4</b>
2.1 ผักกาดหวาน หรือสลัดโรเมน หรือสลัดคอส (Romaine lettuce or Cos lettuce)	4
2.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา	4
2.3 แคลเซียมแลคเตท (Calcium lactate)	6
2.4 อาร์จินีน (Arginine)	7
<b>3. ขั้นตอนดำเนินการวิจัย</b>	<b>11</b>
<b>4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง</b>	<b>20</b>
4.1 การศึกษาระดับความเข้มข้นของอาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสม	20
4.2 การศึกษาเปรียบเทียบผลของอาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมี	34

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	48
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก	54
ก. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	55
ประวัติผู้วิจัย	99

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ผลของการใช้ NO ที่ระดับความเข้มข้น 100ppm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ต่ออายุการเก็บรักษาของ Butterhead และ Iceberg lettuce ที่ระดับความชื้น 95% ( $p \leq 0.05$ )	9
ภาคผนวก ก.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	55
ภาคผนวก ก.2 ค่าการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลาย อาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	56
ภาคผนวก ก.3 ค่า L บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลาย อาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	57
ภาคผนวก ก.4 ค่า a* บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลาย อาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	58
ภาคผนวก ก.5 ค่า b* บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลาย อาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	59
ภาคผนวก ก.6 ค่า Hue angle บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	50
ภาคผนวก ก.7 ค่า Chroma บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	61
ภาคผนวก ก.8 ค่า L ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	62
ภาคผนวก ก.9 ค่า a* ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	63
ภาคผนวก ก.10 ค่า b* ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	64
ภาคผนวก ก.11 ค่า Hue angle ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลาย อาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	65
ภาคผนวก ก.12 ค่า Chroma ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	66
ภาคผนวก ก.13 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	67

ตาราง	หน้า
ภาคผนวก ก.14 ค่าการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	68
ภาคผนวก ก.15 ค่า L บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	69
ภาคผนวก ก.16 ค่า a* บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	70
ภาคผนวก ก.17 ค่า b* บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	71
ภาคผนวก ก.18 ค่า Hue angle บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	72
ภาคผนวก ก.19 ค่า Chroma บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	73
ภาคผนวก ก.20 ค่า L ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	74
ภาคผนวก ก.21 ค่า a* ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	75
ภาคผนวก ก.22 ค่า b* ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	76
ภาคผนวก ก.23 ค่า Hue angle ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	77
ภาคผนวก ก.24 ค่า Chroma ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	78
ภาคผนวก ก.25 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	79
ภาคผนวก ก.26 ค่าการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	80

## ตาราง

## หน้า

ภาคผนวก ก.27 ค่า L บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	81
ภาคผนวก ก.28 ค่า a* บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	82
ภาคผนวก ก.29 ค่า b* บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	83
ภาคผนวก ก.30 ค่า Hue angle บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	84
ภาคผนวก ก.31 ค่า Chroma บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	85
ภาคผนวก ก.32 ค่า L ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	86
ภาคผนวก ก.33 ค่า a* ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	87
ภาคผนวก ก.34 ค่า b* ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	88
ภาคผนวก ก.35 ค่า Hue angle ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	89
ภาคผนวก ก.36 ค่า Chroma ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	90

ตาราง

หน้า

ภาคผนวก ก.37 ปริมาณ Ascorbic acid ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	91
ภาคผนวก ก.38 ปริมาณ Dehydroascorbic acid ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	92
ภาคผนวก ก.39 ปริมาณสารประกอบฟีนอลของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	93
ภาคผนวก ก.40 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO activity) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	94
ภาคผนวก ก.41 กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonialyase (PAL) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	95
ภาคผนวก ก.42 กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD activity) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	96
ภาคผนวก ก.43 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	97
ภาคผนวก ก.44 ปริมาณ Hydrogen peroxide ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	98

## สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กลไกการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์	5
2.2 กระบวนการ Arginine metabolism pathways ในการสังเคราะห์ PAs	8
2.3 กระบวนการ Arginine metabolism pathways ในการสังเคราะห์ NO	8
2.4 ผลของ ผลของการใช้ NO ที่ระดับความเข้มข้น 100ppm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ต่ออายุการเก็บรักษาของ Butterhead และ Iceberg lettuce ที่อุณหภูมิ 4 °C โดย Butterhead lettuce (A–D); A = Control (ระยะบริบูรณ์ วันที่ 5), B = NO treatment (ระยะบริบูรณ์ วันที่ 20), C = Control (ระยะอ่อน วันที่ 12) และ D = NO treatment (ระยะอ่อน วันที่ 25); Iceberg lettuce (E–F); E = Control (ระยะบริบูรณ์ วันที่ 10) และ F = NO treatment (ระยะบริบูรณ์ วันที่ 19)	10
3.1 กราฟมาตรฐาน Ascorbic acid	15
3.2 กราฟมาตรฐาน Gallic acid	16
3.3 กราฟมาตรฐาน Cinnamic acid	17
3.4 กราฟมาตรฐาน Hydrogen peroxide	18
3.5 กราฟมาตรฐาน Bovine serum albumin	19
4.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคนที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	20
4.2 ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคนที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	21
4.3 ลักษณะปรากฏของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคนที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา	21
4.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณเส้นใบ (L*, a*, b*, Hue และ Chroma value) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคนที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	23
4.5 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคนที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM	25
4.6 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคนที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	27
4.7 ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคนที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	28

รูปที่	หน้า
4.8 ลักษณะปรากฏของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0% ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา	29
4.9 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	30
4.10 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%	32
4.11 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	34
4.12 ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	35
4.13 ลักษณะปรากฏของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา	35
4.14 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณเส้นใบ ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , Hue และ Chroma values) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	37
4.15 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีใบ ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , Hue และ Chroma values) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	39
4.16 ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Ascorbic acid และ Dehydroascorbic acid ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	42
4.17 ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	43

รูปที่	หน้า
4.18 ค่าการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonialyase (PAL) และ Polyphenol oxidase (PPO activity) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	44
4.19 ค่าการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD activity) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	46
4.20 ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	47
4.21 ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Hydrogen peroxide ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate	47

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

นิยามของผักสดแปรรูปพร้อมบริโภค คือ ผักที่ผ่านการปฏิบัติใดๆ ก็ตามภายหลังจากการเก็บเกี่ยว เช่น การทำความสะอาด การปอก การตัดแบ่ง การหั่นชิ้น การบรรจุ เป็นต้น ในปัจจุบันแนวโน้มการบริโภคผักสดพร้อมบริโภคเป็นไปอย่างแพร่หลายและพัฒนากันไปมาก ซึ่งการแปรรูปพร้อมบริโภคนี้มีข้อดีหลายประการ เช่น เป็นการลดขนาดของผลิตภัณฑ์ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อสะดวกต่อการบริโภค เพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันประเทศไทยมีความนิยมบริโภคผักสดมากขึ้น ส่วนใหญ่การบริโภคในปัจจุบันนิยมผักสดแปรรูปพร้อมบริโภค แต่ปัญหาที่พบในการแปรรูป คือ การเกิดสีน้ำตาลบริเวณบาดแผลหรือรอยตัด ซึ่งมีผลอย่างมากต่อการเลือกซื้อของผู้บริโภค เนื่องจากลักษณะสีที่ปรากฏเป็นลักษณะที่เด่นชัดและเป็นตัวชี้วัดคุณภาพเบื้องต้นของผักสดแปรรูปพร้อมบริโภค ไม่เฉพาะแต่ผักสดแปรรูปพร้อมบริโภคเท่านั้น การเกิดสีน้ำตาลยังเป็นปัญหาที่สำคัญในผักและผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภค ซึ่งปัจจุบันมีรายงานว่ามีการใช้สารเคมีลดการเกิดสีน้ำตาล โดยสารเคมีที่ใช้ ได้แก่ Calcium lactate, Chlorine และ Calcium ascorbate เป็นต้น มีรายงานว่าแคลเซียมในรูปแบบสารละลายต่างๆ สามารถเพิ่มคุณภาพของผักและผลไม้ โดยผักและผลไม้ที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมมีความแน่นเนื้อเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากแคลเซียมสามารถจับกับ Galacturonic acid ที่มีหมู่คาร์บอกซิลที่ไม่ถูกทำให้เป็นเอสเทอร์ด้วยเมทานอล (Demethoxylated polyuronides) การเชื่อมโยงข้ามระหว่างหมู่คาร์บอกซิลที่ไม่ถูกทำให้เป็นเอสเทอร์ด้วยเมทานอล (Free carboxyl groups) ของสายเพกทินและแคลเซียมไอออน

ผักกาดหวานเป็นผลิตภัณฑ์อีกประเภทหนึ่งที่คนนิยมปลูกและบริโภคกันมากขึ้น เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง ส่วนใหญ่มีการนำมาแปรรูปเป็นผักสดพร้อมบริโภคในลักษณะของผักพร้อมปรุงและผักสลัด แต่ปัญหาสำคัญที่พบในผักเมื่อผ่านการแปรรูป คือ มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเซลล์ของผักดังกล่าวอยู่ในสภาพที่ถูกทำลายจากกระบวนการแปรรูป ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีต่างๆ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีความสำคัญต่อคุณภาพของผัก การเปลี่ยนแปลงบางอย่างทำให้คุณภาพของผักเสียไป โดยการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางชีวเคมีที่บ่งชี้ถึงการเสื่อมสภาพของพืช ได้แก่ การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ การสูญเสียน้ำ การสูญเสียวิตามินซี และกระบวนการเกิดสีน้ำตาล (จริงแท้, 2538) มีรายงานว่าผักที่ผ่านการตัดแต่งจะเกิดสีน้ำตาลบริเวณบาดแผล และมีอัตราการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น ปัจจุบันมีวิธีการเก็บรักษาและยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักแปรรูปพร้อมบริโภค ได้แก่ การใช้สาร Ascorbic acid, การ Pre-cooling และการตัดแปลงสภาพบรรยากาศ ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพของผักกาดแปรรูปพร้อมบริโภคให้มีลักษณะคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เดิมและสามารถเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการปฏิบัติที่เหมาะสม โดยเป้าหมายของการแปรรูปผักพร้อมบริโภค คือรักษาคุณภาพให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สด ยืดอายุการเก็บรักษาและคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค

โดยทั่วไปอาร์จินีนเป็นสารตั้งต้นของการผลิต Nitric oxide ภายในพืช มีงานวิจัยต่างๆ มากมาย ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวที่มีการนำสาร Nitric oxide ทั้งในรูปแบบก๊าซและสารละลาย คือ Sodium nitroprusside มาใช้ในการชะลอการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีของพืช, ยับยั้งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และการชะลอการสุกของผลไม้ (Huque et al., 2013; Zhang et al., 2013; Shi et al., 2016) ไม่แต่เพียงเท่านั้น ยังมีการศึกษาผลของ Nitric oxide ต่อการกระตุ้นสารต่างๆ ภายในเซลล์เพื่อ

เพิ่มความต้านทานของพืช เช่น มีการศึกษาการใช้ Nitric oxide ในการควบคุมความเครียดต่างๆ ที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม, การควบคุมกระบวนการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ และการกระตุ้นการทำงานของ Polyamines (PAs) เป็นต้น (Wang et al., 2015; Lai et al., 2011; Xu et al., 2012; Lichanporn and Techavuthiporn, 2013) ดังนั้นการใช้สารอาร์จินีนมาควบคุมกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ จึงเป็นแนวทางใหม่ที่น่าสนใจ เนื่องจากสารอาร์จินีนเป็นกรดอะมิโนสำคัญชนิดหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ Metabolism ต่างๆ ทั้งในพืชและสัตว์ และเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ Nitric oxide ในเซลล์พืช มีการศึกษาผลของอาร์จินีนต่ออายุการปักแจกันของดอก Tuberoses พบว่าสามารถยืดอายุการปักแจกันและลดการหลุดร่วงของดอกไม้ (Nasibi et al., 2014) และเมื่อเร็วๆ นี้ Wills และ Li, 2016 ได้ศึกษาการนำสาร อาร์จินีน มาใช้ในแอปเปิลและผักกาดพร้อมบริโภค พบว่าสารอาร์จินีนมีผลในการลดการเกิดสีน้ำตาลและยืดอายุการเก็บรักษา

ดังนั้นการศึกษาผลของแคลเซียมแลคเตทและอาร์จินีนจึงมีความน่าสนใจ เนื่องจากเป็นวิธีการใหม่ที่ถูกนำมาศึกษาและวิจัย เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษา และคุณภาพของผลิตภัณฑ์การเก็บเกี่ยว นอกจากนี้การศึกษาดังกล่าวยังเป็นแนวทางใหม่ของการพัฒนาวิธีการเก็บรักษาให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการธุรกิจเกษตรด้านอาหารที่ทันสมัยตามมาตรฐานที่กำหนดในประเทศและมาตรฐานสากล และเป็นแนวทางใหม่ ในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว โดยการศึกษาเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารอาร์จินีนต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดแปรรูปพร้อมบริโภค ซึ่งเป็นการเน้นศึกษาความเข้าใจในกลไกและกระบวนการที่เกี่ยวข้อง โดยมีสมมุติฐานที่ว่าสารแคลเซียมแลคเตทเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของโครงสร้างเซลล์ และสารอาร์จินีนเป็นกรดอะมิโนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ PAs และ NO ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดที่พืชสร้างขึ้นเกี่ยวข้องกับกระบวนการลดความเครียดและเพิ่มความต้านทานต่อสภาวะความเครียดต่างๆ ในสิ่งมีชีวิต ดังนั้นการนำแคลเซียมแลคเตทและอาร์จินีนมาใช้ในลดการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคอาจเป็นแนวทางที่สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรม ผู้ผลิตผักสลัดแปรรูปพร้อมบริโภค และผู้ที่สนใจ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาหาระดับความเข้มข้นของอาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสมต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภค

1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างอาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีที่เกี่ยวข้องในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภค

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาประสิทธิภาพของอาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทที่มีผลต่อคุณภาพ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมี และการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภค

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบประสิทธิภาพของการใช้อาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและในผักกาดหวานพร้อมบริโภค และเป็นแนวทางเบื้องต้นในการศึกษาผักและผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภค

1.4.2 เพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรของผัก และหาแนวทางใหม่ในการเก็บรักษาผักแปรรูปพร้อมบริโภค

1.4.3 เป็นแนวทางขั้นต้นการพัฒนาศักยภาพการเก็บรักษาผักแปรรูปพร้อมบริโภค เพื่อเป็นเลือกใหม่ในการลดปัญหาการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์หลังการเกษตร เนื่องจากสารอาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทมีความปลอดภัยและเป็นสารที่ถูกลำเอามาใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหาร

1.4.4 มีผลการวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการหรือนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติหรือระดับนานาชาติ

## บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ผักกาดหวาน หรือสลัดโรเมน หรือสลัดคอส (Romaine lettuce or Cos lettuce)

ผักสลัดคอส หรือ ผักกาดหวาน หรือ Romaine lettuce มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa* Var. *longifolia* เป็นพืชที่นิยมบริโภคสดในทวีปยุโรปและอเมริกา ซึ่งปัจจุบันก็เป็นที่นิยมบริโภคมากขึ้นภายในประเทศ โดยส่วนใหญ่มักบริโภคเป็นผักแปรรูปพร้อมบริโภค โดยนิยามของผักแปรรูปพร้อมบริโภค คือ ผักที่ผ่านการคัดเลือกคุณภาพ ที่เหมาะสมในการบริโภค ผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น การล้าง ปอก เปลือก ตัดแต่งตำหนิ หั่นให้เป็นชิ้น และบรรจุ (จริงแท้, 2538) โดยมีวัตถุประสงค์ของการผลิตเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับผักสดมากที่สุด และสะดวกในการบริโภค แต่เนื่องจากผักกาดมีองค์ประกอบของน้ำมากกว่า 90% และมีการตัดแต่งระหว่างกระบวนการแปรรูป ส่งผลให้เกิดการบอบช้ำ และการสูญเสียตัวอย่างรวดเร็ว นำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

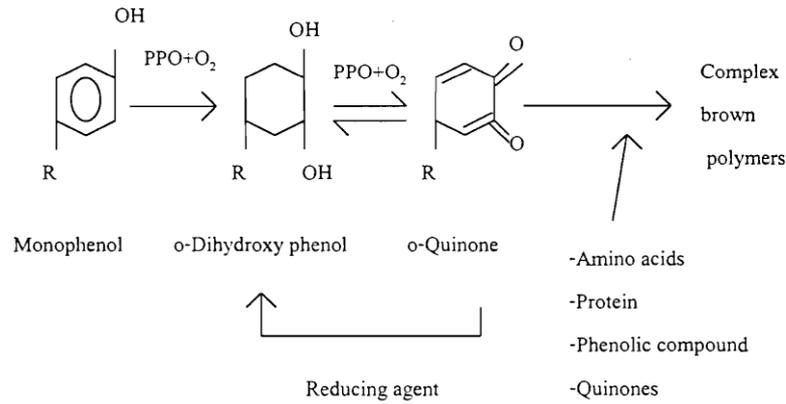
ผลิตผลทางการเกษตรหลังจากมีการเก็บเกี่ยวมาแล้วยังคงมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เกิดขึ้น เช่น กระบวนการหายใจ กระบวนการคายน้ำ ซึ่งนำไปสู่กระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนสี และกระบวนการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ที่ไม่ต้องการเกิดขึ้น เช่นเดียวกับผักเมื่อผ่านการแปรรูปจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเซลล์ของผักดังกล่าวอยู่ในสภาพที่ถูกทำลาย ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีต่างๆ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีความสำคัญต่อคุณภาพของผัก โดยสาเหตุการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภค คือ กระบวนการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) ที่บริเวณแผลหรือรอยตัดของผลิตผล ซึ่งมีผลโดยตรงกับการยอมรับของผู้บริโภค

### 2.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

ผักและผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภคยังคงเป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิตจึงมีปฏิกิริยาต่างๆ ภายในเซลล์เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้ในกระบวนการแปรรูปจะมีการหั่นหรือตัดเป็นชิ้นเล็กๆ มีผลทำให้เนื้อเยื่อเกิดบาดแผล พื้นที่หน้าตัดเพิ่มมากขึ้นและมีของเหลวภายในเซลล์ไหลออกมาเคลือบบริเวณผิวหน้า โดยผักที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวทำให้มีผลกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมี ได้แก่ การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ การเกิดสีน้ำตาล เนื้อสัมผัส การผลิตเอทิลีน การหายใจ และไวต่อการเสื่อมเสียโดยจุลินทรีย์ ส่งผลให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อายุการเก็บรักษาลดลง (Ahvenainen, 1996) โดยปัญหาที่พบมากในผักแปรรูปพร้อมบริโภค มีดังนี้

#### 2.2.1 การเกิดสีน้ำตาล

การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่บริเวณรอยตัด และบาดแผล การเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ถูกทำลาย เช่น จากการตัด หั่น ทำให้เกิดการออกซิเดชันของสารประกอบไดฟีนอลิก (Diphenolic compound) โดยมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ในสภาวะที่มีอากาศ เกิดเป็นสาร o-diphenol จากนั้น o-diphenol จะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็นสารควิโนน (o-quinone) แล้วจึงเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (Polymerization) ของสารควิโนนกับกรดอะมิโนหรือโปรตีนต่อไป ได้เป็นสารสีน้ำตาลที่ไม่ละลายน้ำ ที่เรียกว่า Melanin (รูปที่ 2.1) (Martinez and Whitaker, 1995; จริงแท้, 2550)



รูปที่ 2.1 กลไกการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์  
ที่มา: McEvily et al., 1992

นอกจากนี้บาดแผลของเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแปรรูปจะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ฟีนอลอะลานีนแอมโมเนียไลเอส (Phenylalanine ammonia lyase, PAL) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทในการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก รวมทั้ง Polyphenol oxidase (PPO) และเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (Peroxidase, POD) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สามารถใช้สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล มีรายงานว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิก กิจกรรมของ PAL และระดับการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเนื้อเยื่อผักกาดแปรรูปพร้อมบริโภค มีค่าสูงขึ้นหลังจากวันที่ 3 ของการเก็บรักษา (Saltveit, 2000) สอดคล้องกับรายงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า ผักกาดพร้อมบริโภคที่เกิดความเครียดจากบาดแผลชักนำให้มีการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL) (Ke and Saltveit, 1989; Peiser et al., 1998) และส่งผลให้มีสะสมสารประกอบฟีนอล (Phenolic compounds) เพิ่มขึ้น เช่น Chlorogenic acid, Isochlorogenic acid และ Dicafeoyl tartaric acid (Tomás-Barberán et al., 1997) การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดแปรรูปพร้อมบริโภคมีหลายวิธี เช่น การใช้ความร้อน การจุ่มด้วยสารละลาย Ascorbic acid เป็นต้น (Loaiza-Velarde and Saltveit, 2001; Landi et al., 2013)

### 2.2.2 การหายใจ

ภายหลังการเก็บเกี่ยวกระบวนการต่างๆ ทางชีวเคมีภายในเซลล์ของผลิตผลยังคงดำเนินอยู่ตามปกติ และยังคงต้องการพลังงานเพื่อให้มีชีวิตดำรงอยู่ต่อไปได้ ดังนั้นผลิตผลจึงยังคงมีกระบวนการหายใจเพื่อเผาผลาญสารอาหารต่างๆ ให้ได้พลังงานออกมา การเผาผลาญสารอาหารดังกล่าวสามารถเกิดได้ทั้งในสภาพที่มีแก๊สออกซิเจนและไม่มีแก๊สออกซิเจน ในสภาพที่มีแก๊สออกซิเจนจะเกิดการออกซิเดชันที่สมบูรณ์ ทำให้ได้พลังงานออกมามากกว่าในสภาพที่ไม่มีแก๊สออกซิเจน เนื่องจากในสภาพที่ไม่มีแก๊สออกซิเจนจะเกิดการออกซิเดชันไม่สมบูรณ์ (สายชล, 2528)

ผักกาดห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคซึ่งมีการตัดแต่ง และหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศจึงมีอัตราการหายใจสูงกว่าผักกาดห่อทั้งหัว ส่งผลให้เสื่อมสภาพได้ง่ายกว่าผักกาดห่อทั้งหัว (Huxsoll and Bolin, 1989) มีการศึกษาอัตราการหายใจของผักกาดแปรรูปพร้อมบริโภคในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงมีอัตราการหายใจสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Deza-Durand and Petersen, 2011)

### 2.2.3 การผลิตเอทิลีน

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดเดียวที่มีสถานะเป็นก๊าซ สามารถแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆ ของพืชได้ง่าย ทำให้มีอิทธิพลค่อนข้างมากต่อการพัฒนาของพืช โดยทั่วไปเอทิลีนเป็นตัวเร่งอัตราการเสื่อมสภาพของพืชหรือส่วนของพืช (Senescence) บาดแผลของเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแปรรูปพร้อมบริโภคเป็นความเครียดที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถกระตุ้นการผลิตเอทิลีนได้ มีรายงานว่าผักกาดที่ได้รับอันตรายจากเอทิลีนจะมีลักษณะอาการเป็นจุดสีน้ำตาลหรือเรียกว่า Russet spotting ซึ่งการเกิดจุดสีน้ำตาลจะสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมของ PAL ที่เพิ่มขึ้น (Hyodo et al., 1978; Choi et al., 2005)

### 2.2.4 การสลายตัวของคลอโรฟิลล์

เมื่อเข้าสู่การชราภาพ การสังเคราะห์ในพืชลดลง ในขณะที่การสลายตัวไม่ลดลงหรืออาจเพิ่มขึ้น จึงมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืชลดลง (จริงแท้, 2550) กระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ อาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การเพิ่มขึ้นของเอทิลีน การเปลี่ยนแปลง pH ที่เกิดจากการรั่วไหลของ Organic acid จาก Vacuole การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) หรือ การทำงานของเอนไซม์ Chlorophyllase โดยการสลายสีเขียวของคลอโรฟิลล์อาจเกิดจากปัจจัยเดียวหรือหลายปัจจัยร่วมกัน

## 2.3 แคลเซียมแลคเตท (Calcium lactate)

เกลือแคลเซียม (Calcium salt,  $Ca^{2+}$ ) ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (Texture properties) ของผักและผลไม้ ช่วยให้เนื้อเยื่อของผลไม้มีความแข็งแรง โดยไอออนของแคลเซียมเข้าไปเชื่อมโมเลกุลของ Pectin ที่กลุ่ม Carboxyl ที่ว่างอยู่ และลดอัตราการสลายตัวของ Pectin ลง และยังไปขัดขวางการทำงานของ Polygalaturonase (PG) โดยทางตรงหรือทางอ้อม (จริงแท้, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Martin-Diana และคณะ (2005) ที่มีการศึกษาผลของการใช้แคลเซียมแลคเตทในการล้าง Iceberg lettuce พร้อมบริโภค พบว่าการใช้แคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 1.5% สามารถยับยั้งกระบวนการเกิดสีน้ำตาล และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มความแน่นเนื้อ ในขณะที่แคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 3.0% สามารถยับยั้งกระบวนการหายใจของ Iceberg lettuce

Manganaris et al, (2007) เทียบกับผลกระทบของการจุ่มสารละลาย Calcium lactate, Calcium chloride และ Calcium propionate กับผลพืช พบว่าการเพิ่มขึ้นของ Cell wall-bound calcium ในผลพืชที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมในรูปแบบต่างๆ สอดคล้องกับการลดลงของ Rico และคณะ (2007) ที่มีการนำแคลเซียมแลคเตทพร้อมกับการทำ Heat treatment ในผักกาด

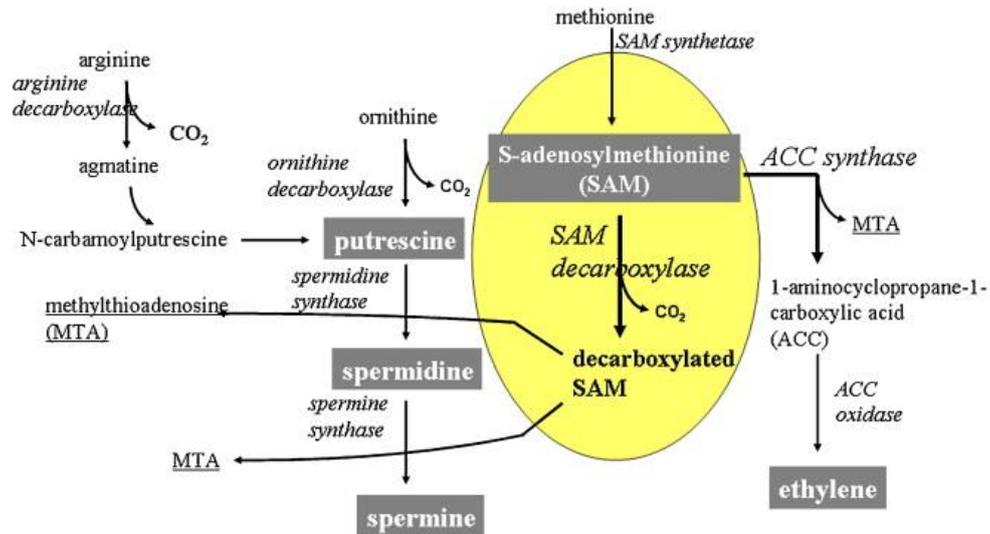
การใช้แคลเซียมแลคเตทในผักและผลไม้ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและรักษาคุณภาพทางด้าน Texture โดยไปมีผลในการยับยั้งการอ่อนนุ่มของผลไม้ ที่มีสาเหตุมาจากการทำงานของเอนไซม์ในกลุ่ม Pectinmethylesterase (PME) และ Polygalacturonase (PG) บริเวณเซลล์เมมเบรนของพืช โดยมีการทดลองแสดงให้เห็นว่าการแคลเซียมแลคเตทสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ PG และ PME จากผลดังกล่าวส่งผลให้เซลล์มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น เมื่อโครงสร้างเซลล์แข็งแรงจึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง

คุณภาพด้านอื่นๆ ตามมา เช่น ลดการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ ยับยั้งกระบวนการเกิดสีน้ำตาลเป็นต้น (Alandes et al., 2009; Ngamchuachit et al., 2014) ในข้อกำหนดของ Codex alimentarius ได้กำหนดให้แคลเซียมแลคเตทเป็นสารในกลุ่ม Firming agent ที่สามารถนำมาใช้กับอาหารได้ ดังนั้นการใช้แคลเซียมแลคเตทจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เป็นแหล่งแคลเซียมของอาหาร และมีผลยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ มีรายงานการใช้แคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้น  $15\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  ร่วมกับการใช้โอโซน  $1\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ในผักกาดตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ โดยไปมีผลในการยับยั้งกิจกรรมของ Polyphenol oxidase (PPO) ที่เป็นสาเหตุของกระบวนการเกิดสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังพบว่า มีผลต่อการลดลงของกิจกรรม PPO โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับการลดลงของกิจกรรม PME (Rico et al., 2006 )

นอกจากนี้ยังมีการนำแคลเซียมแลคเตทมาใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารแช่เยือกแข็ง พบว่า สตรอว์เบอร์รี่แช่เยือกแข็งที่ผ่านการจุ่มแคลเซียมแลคเตทก่อนเข้าสู่การแช่เยือกแข็งมีการสูญเสียน้ำ (Drip loss) และการเกิดสีน้ำตาลลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้จุ่มสารก่อนการแช่เยือกแข็ง (Abd-Elhady, 2014)

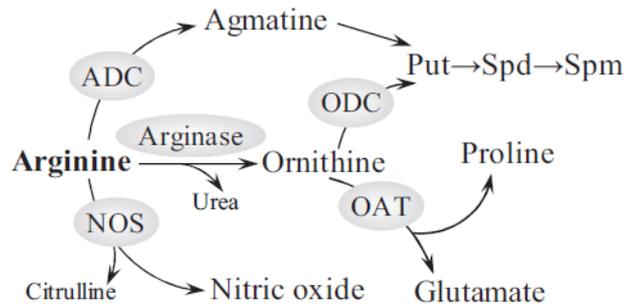
## 2.4 อาร์จินีน (Arginine)

อาร์จินีนเป็นกรดแอมิโนพื้นฐานประเภทหนึ่ง ที่มีอัตราส่วนระหว่าง N/C สูง โดยมี 4 ไนโตรเจน และ 6 คาร์บอนอะตอมต่อโมเลกุล อาร์จินีนมีบทบาทที่สำคัญในพืช คือ เป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ Polyamines (PAs), Proline และ Nitric oxide (NO) ซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการส่งสัญญาณของเซลล์ (Cell signaling molecule) (Morris, 2007; Jubault et al., 2008) ในกระบวนการสังเคราะห์ PAs อาร์จินีนจะเปลี่ยนไปเป็น Ornithine และ Urea โดยเอนไซม์ Arginase จากนั้นเอนไซม์ Ornithine decarboxylase (ODC) จะเร่งกระบวนการเปลี่ยน Ornithine เป็น PAs กลุ่มต่างๆ ได้แก่ Putrescien (Put), Spermidine (Spd) และ Spermine (Spm) (Zhang et al., 2014) (รูปที่ 2.2) โดยมีรายงานว่า PAs เกี่ยวข้องกับกระบวนการเจริญเติบโต และการพัฒนาการต่างๆ ของพืช ได้แก่ การสุกและการเจริญเติบโตของผล การชะลอการชราภาพ และการลดความเครียดของพืช เป็นต้น (สัมฤทธิ์, 2544) ในการศึกษาคุณภาพของแสงต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผักกาด พบว่าการให้แสงสีแดงสามารถกระตุ้นการงอกของราก ขณะที่แสงสีฟ้าจะยับยั้ง ในขณะที่ให้แสงที่ขาวและสีแดง จะมีการสะสมของ PAs เพิ่มสูงขึ้น นั้นแสดงให้เห็นว่า PAs เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการของผักกาด (Hunter and Burritt, 2005)



รูปที่ 2.2 กระบวนการ Arginine metabolism pathways ในการสังเคราะห์ PAs  
ที่มา: Mattoo and Handa, 2008

นอกจากนี้ Ornithine ยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ NO ภายในเซลล์พืช โดยสังเคราะห์ผ่านทาง NO synthase (NOS) (รูปที่ 2.3) มีรายงานต่างๆ มากมายเกี่ยวกับ NO แสดงให้เห็นว่าเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความต้านทาน และลดความเครียดในพืช มีการนำ NO มาใช้ในกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว Broccoli ในรูปของ Sodium nitroprusside ที่ระดับความเข้มข้น  $200 \mu\text{mol.L}^{-1}$  โดยทำการจุ่มสารละลายดังกล่าว พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษา ยับยั้งการการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และเพิ่มกิจกรรมเอนไซม์ในกลุ่ม Antioxidant (Shi et al., 2016)



รูปที่ 2.3 กระบวนการ Arginine metabolism pathways ในการสังเคราะห์ NO  
ที่มา: Zhang et al., 2014

เช่นเดียวกัน มีการศึกษาการนำ NO มาใช้ในรูปของก๊าซและสาร 2,2'-(hydroxynitrosohydrazino)-bisethanamine (DETANO) เพื่อศึกษาการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดแปรรูปพร้อมบริโภคน พบว่าการรม NO ที่  $500 \mu\text{L}$  เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือ จุ่มใน DETANO ที่  $500 \text{mg/L}$  เป็นเวลา 5 นาที สามารถเพิ่มอายุการเก็บรักษาผักกาดแปรรูปพร้อมบริโภคนได้ (Wills et al., 2008) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Huque et al., 2013 ที่พบว่าก๊าซ NO ที่ระดับความเข้มข้น  $10 \mu\text{L}$

สามารถลดการเกิดสีน้ำตาล และยืดอายุการเก็บรักษาของแอปเปิลสไลด์ได้ โดย NO มีความสามารถในการลดอัตราการหายใจ การผลิตสาร phenolic compounds และการร่วงไหลของไอออน

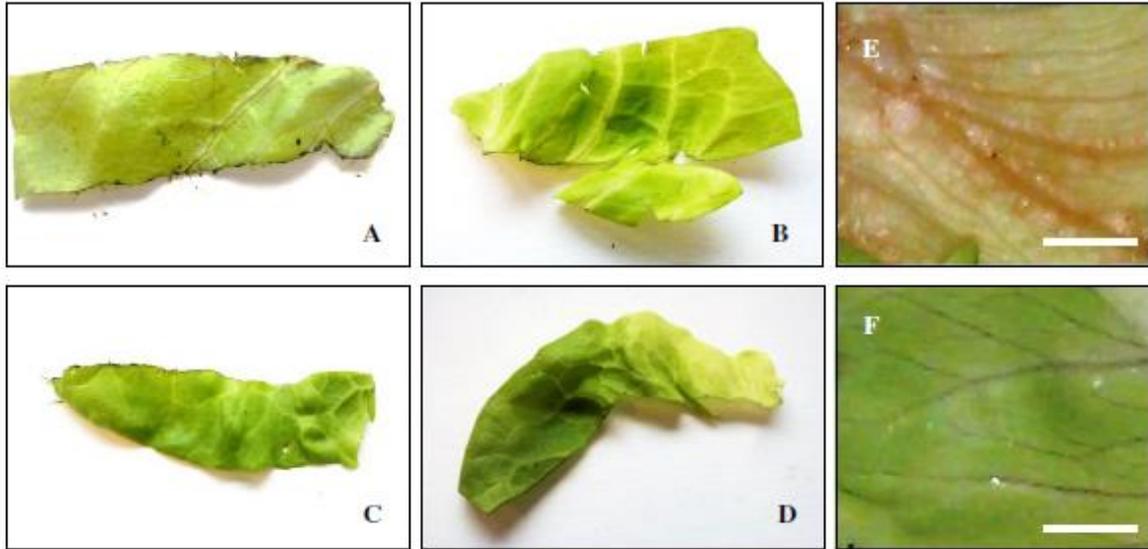
ในปี 2015 lakimova และ Woltering ได้ศึกษาการนำ NO ในรูปก๊าซที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200ppm เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักกาด พบว่าผักกาดที่มีการใช้ NO มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (ตารางที่ 2.1) และสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดได้ (รูปที่ 2.4)

จากคุณสมบัติของ PAs และ NO ในการชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และชีวเคมีก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว จึงมีการนำสารอาร์จินีนมาใช้เพื่อเพิ่มความต้านทานให้แก่พืช เช่น Barand et al., 2015 การศึกษาการนำอาร์จินีนมาใช้ในระหว่างการเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มความต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำ (Chilling tolerance) ใน *Pistacia vera* L. พบว่าอาร์จินีนมีคุณสมบัติในการเพิ่มความต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำ โดยในระหว่างที่ได้รับความเครียดจากอุณหภูมิต่ำมีการลดลงของ MDA content, Hydrogen peroxide และ Aldehydes content และกิจกรรมของเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD), Catalase (CAT), Guaiacolperoxidase (GPX) และ Ascorbate Peroxidase (APX) เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.1 ผลของการใช้ NO ที่ระดับความเข้มข้น 100ppm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ต่ออายุการเก็บรักษาของ Butterhead และ Iceberg lettuce ที่ระดับความชื้น 95% ( $p < 0.05$ )

Lettuce variety	Developmental stage	Storage temp. (°C)	Shelf life (days $\pm$ SEM)		% increase over control
			Control	NO treated	
Butterhead	Mature	4	7.2 $\pm$ 2.9 <sup>b</sup>	22.2 $\pm$ 1.2 <sup>c</sup>	208.3 <sup>e</sup>
		12	3.6 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	8.4 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>	133.3 <sup>c</sup>
	Young	4	12.5 $\pm$ 1.2 <sup>c</sup>	26.0 $\pm$ 0.4 <sup>d</sup>	108.0 <sup>b</sup>
		12	5.6 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	14.2 $\pm$ 1.1 <sup>b</sup>	153.5 <sup>d</sup>
Iceberg	Mature	4	10.6 $\pm$ 1.5 <sup>b</sup>	19.3 $\pm$ 1.8 <sup>c</sup>	82.1 <sup>a</sup>
		12	4.3 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	9.8 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>	127.9 <sup>c</sup>

ที่มา: lakimova and Woltering, 2015



รูปที่ 2.4 ผลของการใช้ NO ที่ระดับความเข้มข้น 100ppm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ต่ออายุการเก็บรักษาของ Butterhead และ Iceberg lettuce ที่อุณหภูมิ 4 °C โดย Butterhead lettuce (A–D); A = Control (ระยะบริบูรณ์ วันที่ 5), B = NO treatment (ระยะบริบูรณ์ วันที่ 20), C = Control (ระยะอ่อน วันที่ 12) และ D = NO treatment (ระยะอ่อน วันที่ 25); Iceberg lettuce (E–F); E = Control (ระยะบริบูรณ์ วันที่ 10) และ F = NO treatment (ระยะบริบูรณ์ วันที่ 19)

ที่มา: lakimova and Woltering, 2015

การศึกษาผลของอาร์จินีนในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเริ่มต้นในช่วง ค.ศ. 2010 โดย Zhang และคณะ ได้ศึกษามีใช้อาร์จินีนในมะเขือเทศ ระยะ Mature green พบว่าอาร์จินีนสามารถบรรเทาความรุนแรงของอาการ Chilling injury, ลดการรั่วไหลของไอออน และลดปริมาณ Malondialdehyde ต่อมาในปี 2012 และ 2013 Zhang และคณะ ได้ศึกษาการใช้อาร์จินีนร่วมกับการเก็บรักษาภายใต้ความดันบรรยากาศ พบว่ามะเขือเทศที่มีการจุ่ม 0.2 mM ร่วมกับการเก็บรักษาภายใต้ความดันบรรยากาศที่ 35kPa และมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส สามารถลดอาการ Chilling injury ได้ โดยอาร์จินีนจะเพิ่มระดับ NO ในเนื้อเยื่อช่วง 1-2 วันแรกของการเก็บรักษา แต่ NO synthase จะเพิ่มตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

นอกจากนี้ Zhang และคณะ (2012) ได้ศึกษาการใช้ Methyl jasmonate (MeJA) ในมะเขือเทศ พบว่า MeJA สามารถกระตุ้นให้มีการทำงานของเอนไซม์ Arginase, Arginine decarboxylase (ADC) และ Ornithine aminotransferase (OAT) เพิ่มสูงขึ้น โดยการเพิ่มสูงขึ้นของเอนไซม์กลุ่มดังกล่าวมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำ

ในปี 2015 ได้มีการนำกรดอะมิโนต่างๆ มาใช้ในการยืดอายุการปักแจกันของ Tuberose และหนึ่งในกรดอะมิโนที่ทำการทดลอง คือ อาร์จินีน จากการทดลองพบว่าการใช้อาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 10  $\mu\text{mol}$  สามารถยืดอายุการปักแจกัน, การบานของดอก และการหลุดร่วง (Nasibi, et al., 2015)

เมื่อเร็วๆ นี้ Wills และ Li (2016) ได้ศึกษาผลของอาร์จินีนต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิล และผักกาดพร้อมบริโภค พบว่าทั้งแอปเปิลและผักกาดที่ผ่านการจุ่มสารอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 1-500mM เป็นเวลา 5-10 นาที สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และยืดอายุการเก็บรักษาได้ โดยอายุการเก็บรักษาจะแปรผันตามความเข้มข้นของสารอาร์จินีน

## บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

### 3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

#### 3.1.1 อุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Spectrophotometer ยี่ห้อ Biochrom รุ่น S22 และ Microplate reader ยี่ห้อ BMG Labtech รุ่น SPECTROstar Nano )
2. เครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน (Centrifuge ยี่ห้อ Eppendorf centrifuge 5702R)
3. เครื่องวัดสี (HunterLab, MiniScan EZ)
4. ตู้อบ (Hot air oven ยี่ห้อ Binder)
5. หลอดไมโครเซ็นติฟิว (Micro centrifuge tube) ขนาด 1.5 และ 2.0 มิลลิลิตร
6. ที่ใส่หลอดไมโครเซ็นติฟิว (Micro centrifuge tube rack)
7. ขวดแก้วปรับปริมาตรขนาด 50, 100, 500 และ 1000 มิลลิลิตร
8. บีกเกอร์ขนาด 50, 250 และ 500 มิลลิลิตร
9. โกร่งอะลูมิเนียมขนาดตัวอย่าง
10. กระบวยตวงขนาด 100, 1,000 และ 2,000 มิลลิลิตร
11. 96 well plate
12. Hot plate stirrer
13. ไมโครปิเปตพร้อมทิป ขนาด 10-100 ไมโครลิตร
14. ไมโครปิเปตพร้อมทิป ขนาด 20-200 ไมโครลิตร
15. ไมโครปิเปตพร้อมทิป ขนาด 100-1000 ไมโครลิตร
16. เครื่องชั่งดิจิตอล 2 และ 4 ตำแหน่ง
17. ถังใส่น้ำไอโอดีนเหลว
18. ตู้แช่เย็น
19. ตู้แช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส
20. กระบอกเก็บตัวอย่าง
21. อุปกรณ์เครื่องครัว เช่น มีด เขียง ที่สไลด์น้ำ ถังน้ำ ฯลฯ

#### 3.1.2 สารเคมี

1. L-ascorbic acid
2. Metaphosphoric Acid
3. Indophenol
4. 2,4-Dinitrophenol
5. Chlorox®
6. 2,6-Dichlorophenol indophenol
7. Sulfuric acid
8. Acetone
9. Tran-cinnamic acid
10. Guaiacol

11. Thiobarbituric acid
12. Butylate hydroxytoluene
13. Trichloroacetic acid
14. Hydrogen peroxide
15. Ethanol
16. Boric acid
17. Sodium tetraborate decahydrate
18. Catachol
19. Bovine serum albumin
20. Monosodium phosphate
21. Disodium phosphate
22. Phosphoric acid
23. Coomassie Brilliant Blue G-250

### 3.2 การเตรียมผลิตภัณฑ์

นำผักกาดหวานที่เก็บเกี่ยวในระยะความแก่ทางการค้า ปราศจากโรคและตำหนิ มีขนาดใกล้เคียงและสม่ำเสมอ นำมาหั่นให้ได้ขนาดเท่าๆ กัน จากนั้นนำไปล้างในสารละลาย Sodium hypochlorite (Chlorox®) ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm นาน 5 นาที ทำการล้างด้วยน้ำเปล่า เป็นเวลา 10 นาที เพื่อล้างสารละลาย Sodium hypochlorite ที่ตกค้างออก นำตัวอย่างผักกาดหวานที่ได้ไปจุ่มสารละลายอาร์จินีนระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 10 นาที ทำการสลัดน้ำออกให้แห้ง จากนั้นบรรจุลงในกล่องใส่ผักสลัด (พลาสติก Polypropylene) โดยให้มีปริมาณน้ำหนักในแต่ละกล่อง 55-60 กรัม นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $6\pm 1$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์

#### 3.2.1 ศึกษาระดับความเข้มข้นของอาร์จินีนและแคลเซียมเลคเตทที่เหมาะสม

##### 3.2.1.1 ศึกษาระดับความเข้มข้นอาร์จินีนที่เหมาะสมในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภค

ศึกษาหาระดับเข้มข้นที่เหมาะสมในการยับยั้งกระบวนการเกิดสีน้ำตาลในผักแปรรูปพร้อมบริโภค โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านสีโดยใช้เครื่องวัดสี การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ค่า Browning index และอายุการเก็บรักษา ในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $6\pm 1$  องศาเซลเซียส ในวันที่ 0, 2, 5, 10 และ 15 วัน ของอายุการเก็บรักษา โดยจำนวนกลุ่มการทดลองกลุ่มละ 24 กล่อง แต่ละกลุ่มการทดลองมี 3 ซ้ำ

- กลุ่มที่ 1 ไม่มีการจุ่มสารละลาย (Control) (จุ่มน้ำกลั่น)
- กลุ่มที่ 2 จุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0.5mM
- กลุ่มที่ 3 จุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 1mM
- กลุ่มที่ 4 จุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 5mM
- กลุ่มที่ 5 จุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 10mM
- กลุ่มที่ 6 จุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 20mM

โดยบันทึกตรวจวัดผลการทดลอง วันที่ 0, 2, 5, 10 และ 15 วัน โดยวิเคราะห์ผลทั้งทางเคมีและกายภาพ การวางแผนการทดลองเป็นแบบ Completely randomized design โดยแต่ละกลุ่มการทดลองมี 3 ซ้ำ

### 3.2.1.2 ศึกษาระดับความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสมในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภค

ศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการยับยั้งกระบวนการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภค โดยวิเคราะห์คุณภาพด้านสีโดยใช้เครื่องวัดสี การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ค่า Browning index และอายุการเก็บรักษา ในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $6\pm 1$  องศาเซลเซียส ในวันที่ 0, 2, 5, 10 และ 15 วัน ของอายุการเก็บรักษา หรือจนกว่าผลผลิตจะเสื่อมเสีย โดยจำนวนกลุ่มการทดลองกลุ่มละ 24 กล้อง แต่ละกลุ่มการทดลองมี 3 ซ้ำ

กลุ่มที่ 1 ไม่มีการจุ่มสารละลาย (Control) (จุ่มน้ำกลั่น)

กลุ่มที่ 2 จุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 1.0%

กลุ่มที่ 3 จุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 1.5%

กลุ่มที่ 4 จุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 2.0%

กลุ่มที่ 5 จุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 2.5%

กลุ่มที่ 6 จุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 3.0%

โดยบันทึกตรวจวัดผลการทดลอง วันที่ 0, 2, 5, 10 และ 15 วัน โดยวิเคราะห์ผลทั้งทางเคมีและกายภาพ การวางแผนการทดลองเป็นแบบ Completely randomized design โดยแต่ละกลุ่มการทดลองมี 3 ซ้ำ

### 3.2.2 เปรียบเทียบผลของอาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมี

จากการทดลองที่ 1 ทำให้ทราบถึงระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารอาร์จินีนในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผัก ดังนั้นจึงมีการนำระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองที่ 1 เพื่อนำมาศึกษา กลไกและกระบวนการเกิดสีน้ำตาล โดยมีการวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมี โดยกลุ่มการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ในผัก คือ

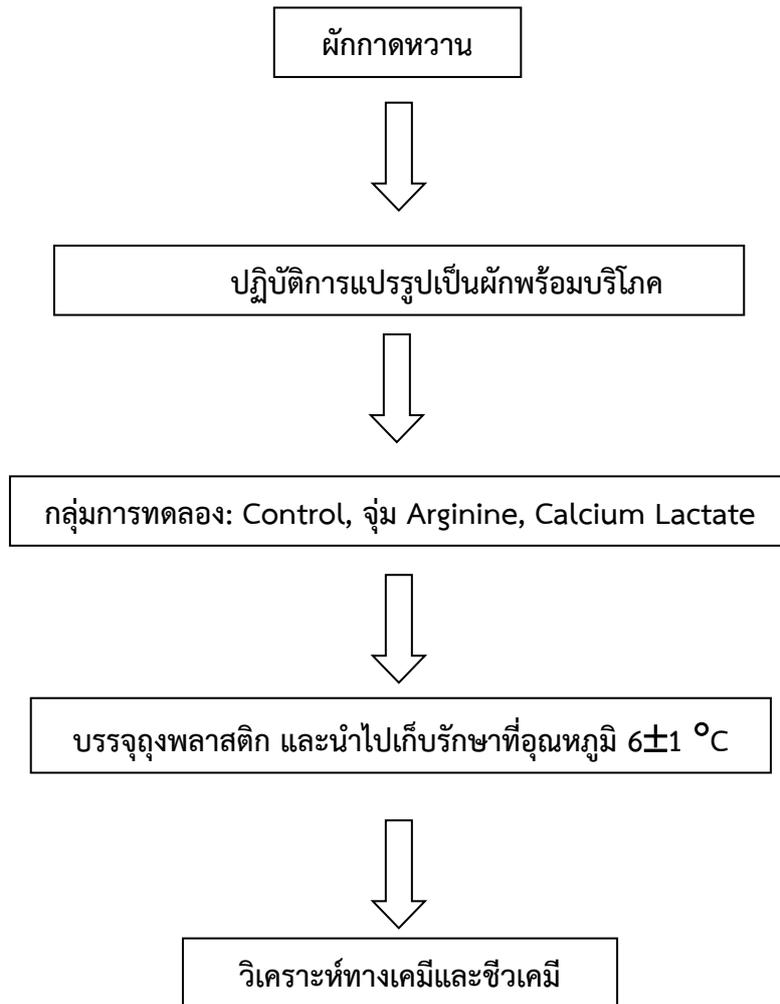
กลุ่มที่ 1 ไม่มีการจุ่มสารละลาย (Control) (จุ่มน้ำกลั่น)

กลุ่มที่ 2 จุ่มสารละลายอาร์จินีนที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดจากการทดลองที่ 3.2.1.1

กลุ่มที่ 3 จุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดจากการทดลองที่ 3.2.1.2

กลุ่มที่ 4 จุ่มสารละลายอาร์จินีนร่วมกับแคลเซียมแลคเตท

โดยบันทึกตรวจวัดผลการทดลอง วันที่ 0, 2, 5, 10 และ 15 วัน โดยวิเคราะห์ผลทั้งทางเคมีและกายภาพ การวางแผนการทดลองเป็นแบบ Completely randomized design โดยแต่ละกลุ่มการทดลองมี 3 ซ้ำ



นำผักกาดหวานที่ผ่านการสุ่มเก็บตัวอย่างในระหว่างวันที่ 0, 2, 5, 10 และ 15 วัน มาทำการรักษาสภาพเซลล์ด้วย Liquid nitrogen อย่างรวดเร็ว จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $-20$  องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลทางเคมีและชีวเคมีต่อไป

### 3.3 บันทึกผลการทดลอง

#### 3.3.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนการรักษา โดยแต่ละกลุ่มการทดลองมี 3 ซ้ำๆ เพื่อใช้ตรวจสอบการสูญเสียน้ำหนักสด คำนวณเป็นร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักสดของแต่ละครั้งดังนี้

คำนวณดังสมการ :

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

### 3.3.2 การเปลี่ยนแปลงสี

นำตัวอย่างมาซ้ำละ 10 ชั้น จำนวน 3 ซ้ำ จำนวนตัวอย่างรวมทั้งหมด 30 ชั้น วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณเส้นใบและใบ โดยใช้เครื่อง Chroma meter โดยแสดงในรูปค่า  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Hue angle และ Chroma

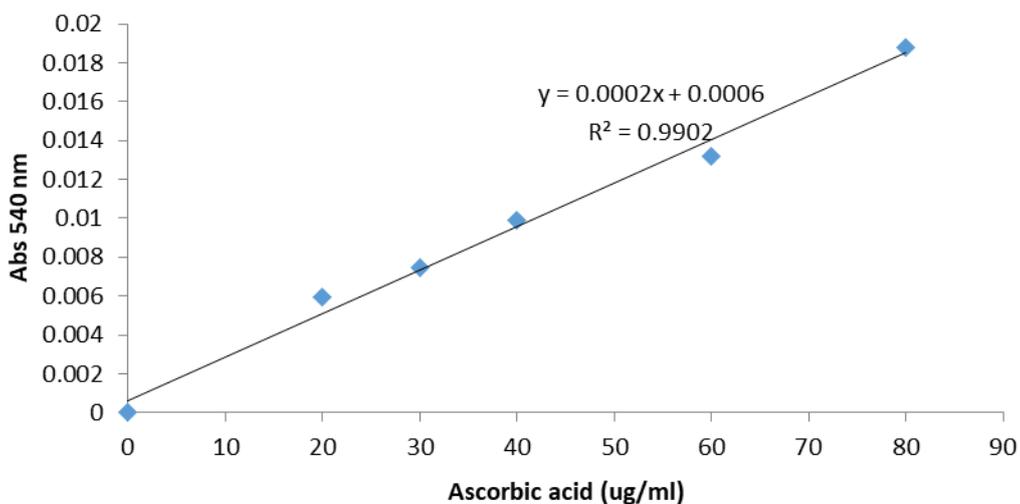
### 3.3.3 ค่า Browning index

นำตัวอย่างมาซ้ำละ 10 ชั้น จำนวน 3 ซ้ำ จำนวนตัวอย่างรวมทั้งหมด 30 ชั้น ให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลในแต่ละชั้น แบ่งคะแนนของอาการการเกิดสีน้ำตาลเป็น 5 คะแนน ดังนี้ 5 = เกิดสีน้ำตาลรุนแรงมาก, 4 = เกิดสีน้ำตาลรุนแรง, 3 = เกิดสีน้ำตาลปานกลาง, 2 = เกิดสีน้ำตาลน้อย, 1 = เกิดสีน้ำตาลน้อยมาก และ 0 = ไม่เกิดสีน้ำตาล

### 3.3.4 ปริมาณวิตามินซี

การวิเคราะห์ Total ascorbic acid คือ นำตัวอย่างบดละเอียด 0.5000 กรัม ทำการสกัดสารละลายโดยเติมสารละลาย 5% Meta-phosphoric acid ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปเหวี่ยงที่ความเร็ว 15,000 g เป็นเวลา 30 นาที ควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวอย่างของเหลวมา 0.2 มิลลิลิตร เติม Indophenol ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เติม 2% Thiourea ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และ 2%DNP ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร (Blank ไม่ต้องเติม DNP) บ่มตัวอย่างที่ 37 °C นาน 3 ชั่วโมง เติม 80% กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Blank ต้องเติม DNP ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร) และบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าด้วยเครื่องดูดกลืนความเข้มข้นแสงที่ 540 nm โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Ascorbic acid

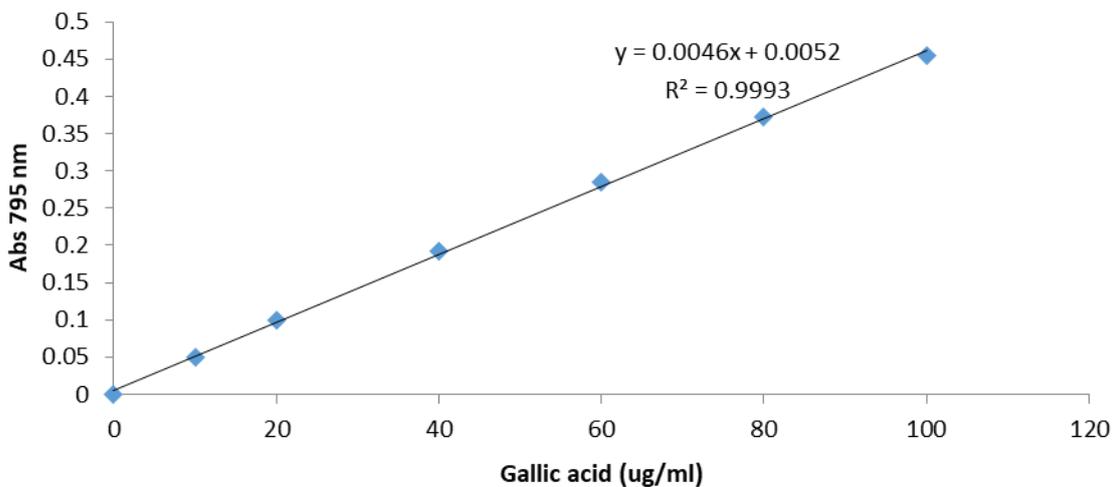
การหา Dehydroascorbic acid คือ นำสารละลายที่สกัดได้ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองแล้วเติมสารละลาย 5% Meta-phosphoric acid ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร แทนสารละลาย Indophenol



รูปที่ 3.1 กราฟมาตรฐาน Ascorbic acid

### 3.3.5 ปริมาณ สารประกอบ Phenolic compounds (Hyodo et al., 1978; Ketsa and Atantee, 1998)

ซึ่งตัวอย่างบดละเอียด 0.5000 กรัม เติมน้ำละลาย 80% Ethanol ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร นำของเหลวที่ได้ไปเหวี่ยงด้วยความเร็ว 15,000 g เป็นเวลา 30 นาที ควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ดูดสารละลายส่วนใสที่ได้มา 60 ไมโครลิตร จากนั้นเติมน้ำละลาย Folin-Ciocalteu Reagent ร้อยละ 10 ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 8 นาที เติมน้ำละลาย ความเข้มข้น Sodium carbonate ร้อยละ 7.5 จำนวน 450 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ได้นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยเปรียบเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐาน Gallic acid (หน่วยมิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด)

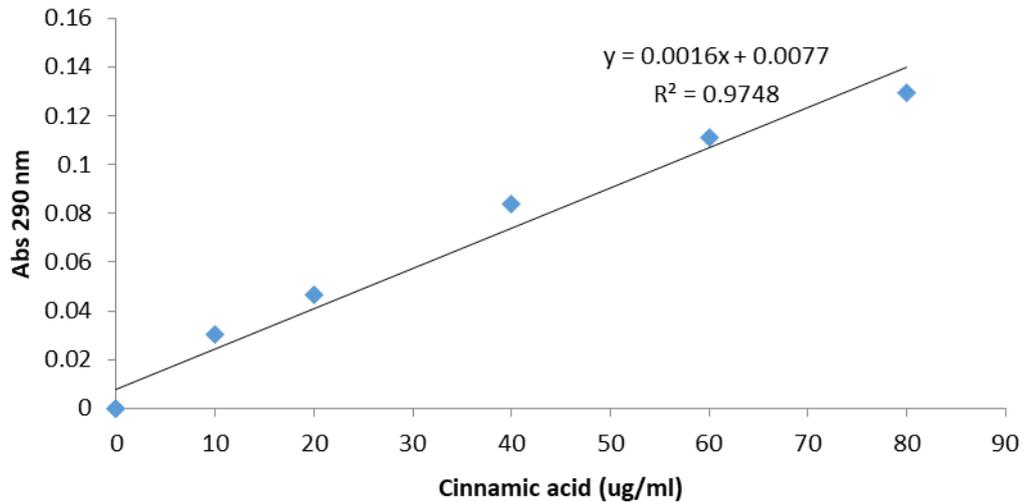


รูปที่ 3.2 กราฟมาตรฐาน Gallic acid

### 3.3.6 กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia-lyase (PAL)

ซึ่งตัวอย่างบดละเอียด 0.5000 กรัม เติมน้ำละลาย 0.05M Sodium borate buffer pH 8.8 ที่เย็นลงไป 1 มิลลิลิตร นำไป Homogenizer ที่ 15,000 rpm/min เป็นเวลา 30 นาที โดยควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

วิเคราะห์หาอัตราปฏิกิริยาต่อไปทันที โดยแบ่งออกเป็น 2 หลอดทดลอง หลอดที่ 1 (Blank) เติมน้ำ 0.05M Sodium borate buffer pH 8.8 จำนวน 1.5 มิลลิลิตร สารละลายเอนไซม์ 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร หลอดที่ 2 เติมน้ำ 0.05M Sodium borate buffer pH 8.8 จำนวน 1.5 มิลลิลิตร สารละลายเอนไซม์ 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตรและฟีนอลอะลานิน (10 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร) จำนวน 1 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าส่วนผสมในแต่ละหลอดทดลองด้วยเครื่องเขย่า แล้วนำไปบ่มในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาโดยการเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5N ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตรต่อหลอด จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 290 นาโนเมตร ผลหรือค่าดูดกลืนแสงที่ได้ แสดงออกมาในรูปอัตราปฏิกิริยาเอนไซม์ PAL เมื่อเปรียบเทียบกับ Blank โดย 1 หน่วยปฏิกิริยา คือ ปริมาณของเอนไซม์ PAL ที่ทำให้เกิด Cinnamic acid 1 โมลในเวลา 1 ชั่วโมง



รูปที่ 3.3 กราฟมาตรฐาน Cinnamic acid

### 3.3.7 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO activity) และ Peroxidase (POD activity)

#### การสกัดตัวอย่าง

ซึ่งตัวอย่างบดละเอียด 0.5000 กรัม เติมน้ำสารละลาย 0.05M Sodium phosphate buffer 6.5 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายส่วนใสเข้าเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 15,000 rpm/min เป็นเวลา 30 นาที ควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำสารละลาย Crude enzyme ไปวิเคราะห์หาค่ากิจกรรมของเอนไซม์

#### การวิเคราะห์ PPO

วิธีการวิเคราะห์หาค่ากิจกรรมของเอนไซม์ โดยปิเปตสารละลาย 0.2M Sodium phosphate buffer 6.5 ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติม Crude enzyme ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง หลังจากนั้นเติม 0.25M Catechol ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 470 nm โดยวัดทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 5 นาที กำหนดให้ 1 unit ของ PPO หมายถึงปริมาณเอนไซม์ซึ่งทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เพิ่มขึ้น 0.001 หน่วย ในเวลา 1 นาที

#### การวิเคราะห์ POD

ปฏิกิริยาเอนไซม์ประกอบด้วย 0.2M Sodium phosphate buffer 6.5, 16mM guaiacol, 2mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> และ crude enzyme ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 470 nm เป็นเวลา 3 นาที กำหนดให้ค่า extinction coefficient 26.6 mM<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup>

### 3.3.8 การวิเคราะห์ Malondialdehyde (MDA) (Hodges et al., 1999)

ซึ่งตัวอย่างบดละเอียด 0.5000 กรัม เติมน้ำ 80% ethanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายส่วนใสเข้าเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 15,000 rpm ควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำตัวอย่างที่หมา 200 ไมโครลิตร เติมน้ำ 0.65%TBA ที่ประกอบไปด้วย 20%(x/v) trichloroacetic acid (TCA) และ 0.01% butylated hydrotolene (BHT) นำตัวอย่างผสมให้เข้ากันและนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทิ้งสารละลายให้เย็นในถังน้ำแข็ง จากนั้นนำไปทำการเหวี่ยงตกตะกอนที่

ความเร็วรอบ 15,000 g ควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532, 440 และ 600 nm นำค่าที่ได้ไปคำนวณตามสูตรดังนี้

#### สูตรคำนวณ

$$A = (\text{Abs } 532_{+TBA}) - (\text{Abs } 600_{+TBA}) - (\text{Abs } 532_{-TBA} - \text{Abs } 600_{-TBA})$$

$$B = (\text{Abs } 440_{+TBA} - \text{Abs } 600_{+TBA}) \cdot 0.0571$$

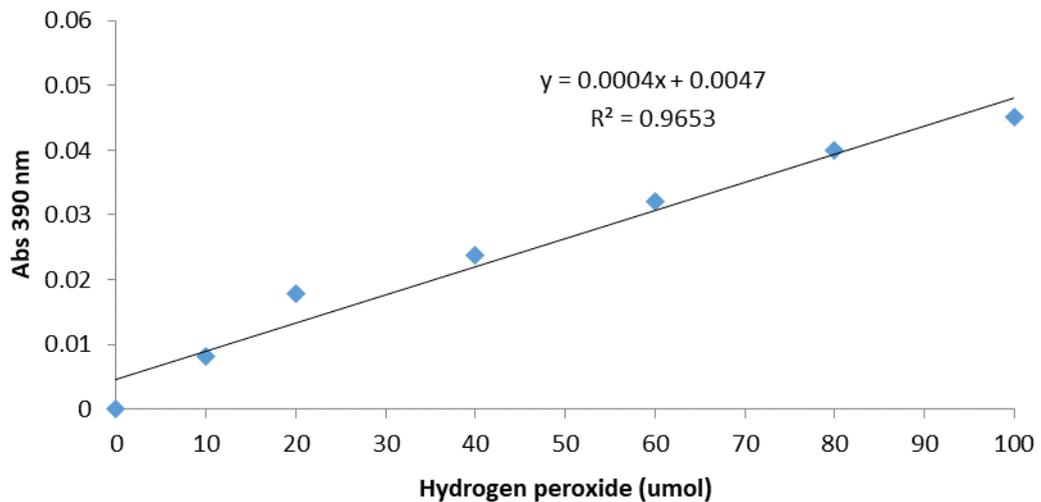
$$\text{MDA (nmol mL}^{-1}\text{)} = \{A-B / 157\ 000\} / 10^6$$

$$-TBA = 20\% \text{ TCA} + 0.01\% \text{ BHT}$$

$$+TBA = \text{มีการเติมสารละลาย TBA}$$

### 3.3.9 การวิเคราะห์หา Hydrogen peroxide (Velikova et al., 2000)

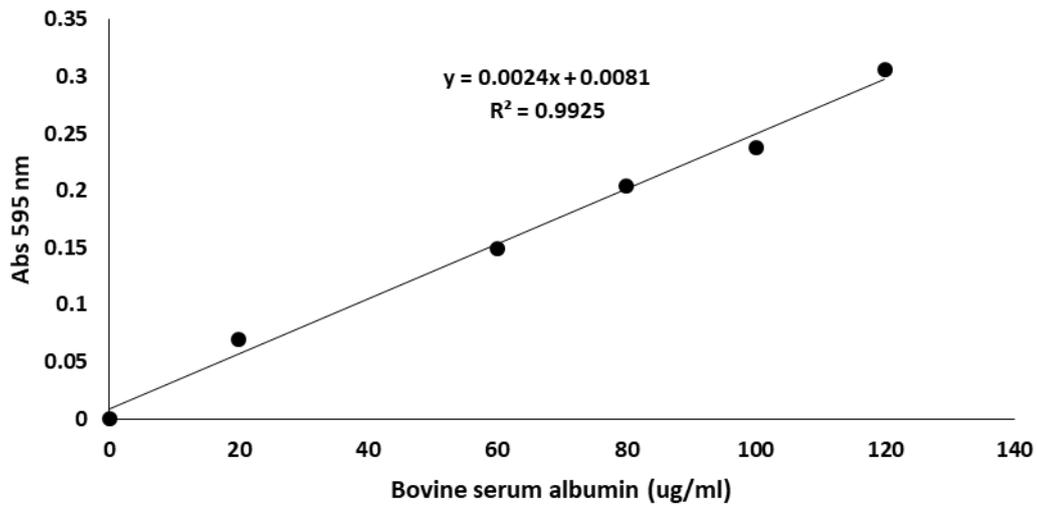
ซึ่งตัวอย่างบดละเอียด 0.5000 กรัม เติมสารละลาย 1.0% Trichloroacetic acid (1.0% TCA) ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 15,000 rpm/min เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์หาปริมาณอนุมูลอิสระในรูป Hydrogen peroxide โดยนำสารละลายตัวอย่างปริมาตร 400 ไมโครลิตร เติมสารละลาย 50mM Sodium phosphate buffer 7.0 ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย 1M Potassium iodide ปริมาตร 40 ไมโครลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 390 nm โดยเปรียบเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐาน Hydrogen peroxide (ไมโครโมล)



รูปที่ 3.4 กราฟมาตรฐาน Hydrogen peroxide

### 3.3.10 การวิเคราะห์โปรตีน (Bradford, 1976)

นำ Crude enzyme ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Bradford reagent ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 595 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยปริมาณโปรตีนเมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐาน Bovine serum albumin มีหน่วยเป็น mg/g fresh weight



รูปที่ 3.5 กราฟมาตรฐาน Bovine serum albumin

### 3.3.11 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ การวิเคราะห์ที่ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.99, 99.0 และ 95% โดยใช้ R Program version 2.15.1

### 3.4 สถานที่ทำการทดลอง และเก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

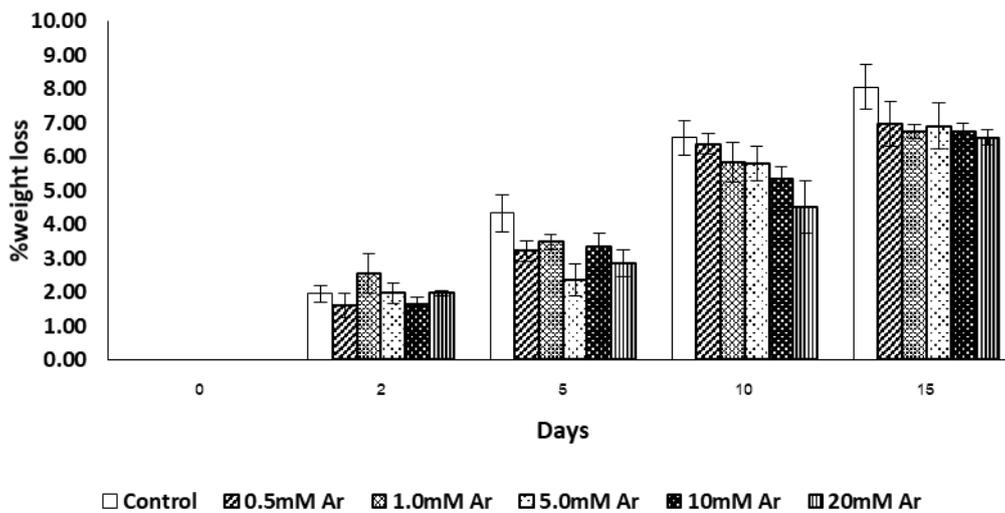
## บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 4.1 การศึกษาระดับความเข้มข้นของอาร์จินีนและแคลเซียมเลคเตทที่เหมาะสม

#### 4.1.1 ศึกษาความเข้มข้นอาร์จินีนที่เหมาะสมในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภครวม

##### 4.1.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก (%Weight loss)

การใช้สารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคไม่มีผลต่อการชะลอการสูญเสียน้ำหนักเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการจุ่มสารละลาย (Control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ ) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ตารางภาคผนวก ก.1)

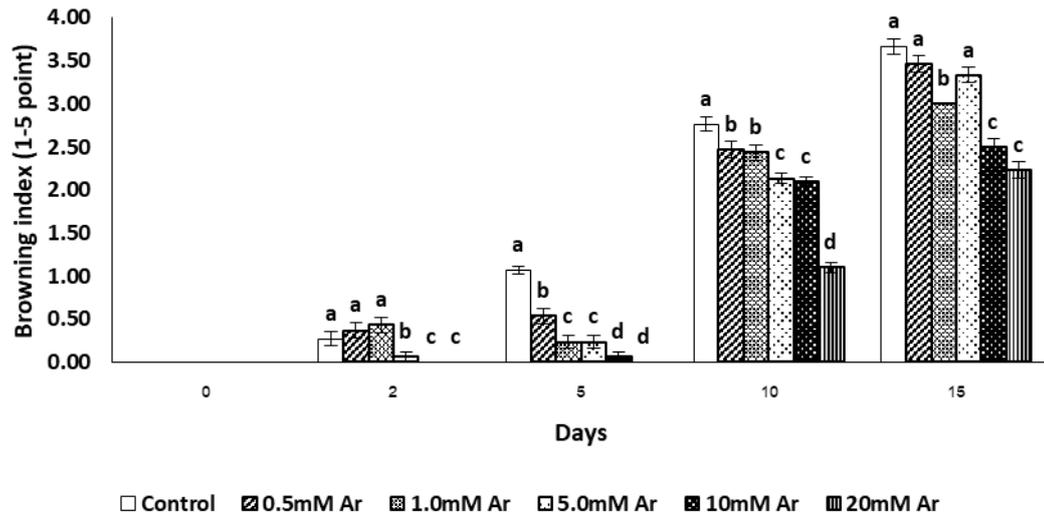


รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบการสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

##### 4.1.1.2 ค่าการเกิดสีน้ำตาล (Browning index)

นำตัวอย่างผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคมาทั้งหมด 30 ชิ้น โดยนำมาในแต่ละกลุ่มการทดลองจำนวนข้างละ 10 ชิ้น (3 ข้างการทดลอง) ประเมินตัวอย่างโดยมีการกำหนดค่าความเข้มสีของการเกิดสีน้ำตาล แบ่งคะแนนของอาการการเกิดสีน้ำตาลในแต่ละถุงเป็น 5 คะแนน ดังนี้ 5 = เกิดสีน้ำตาลรุนแรงมาก, 4 = เกิดสีน้ำตาลรุนแรง, 3 = เกิดสีน้ำตาลปานกลาง, 2 = เกิดสีน้ำตาลน้อย และ 1 = เกิดสีน้ำตาลน้อยมาก จากการทดลองพบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 20mM มีคะแนนค่าการเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุดแสดงให้เห็นว่าอาร์จินีนยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด (รูปที่ 4.2 และ 4.3) (ตารางภาคผนวก ก.2)

จากการทดลองพบว่าการใช้สารอาร์จินีนสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหวานพร้อมบริโภคได้ โดยเฉพาะบริเวณรอยตัดหรือบริเวณที่เกิดบาดแผล ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Wills และ Li (2016) ที่ได้ศึกษาการใช้อาร์จินีนยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิล และผักกาดหวานพร้อมบริโภค



รูปที่ 4.2 ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM



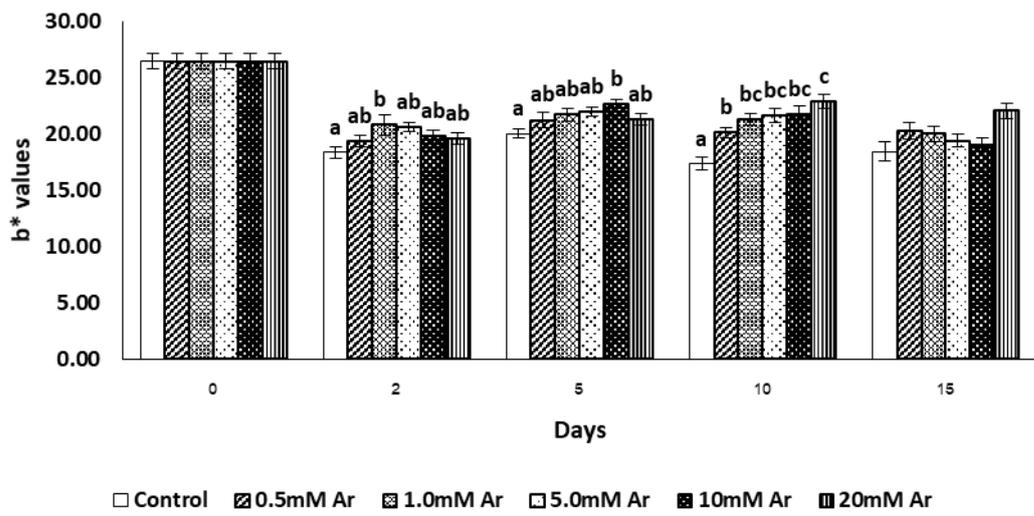
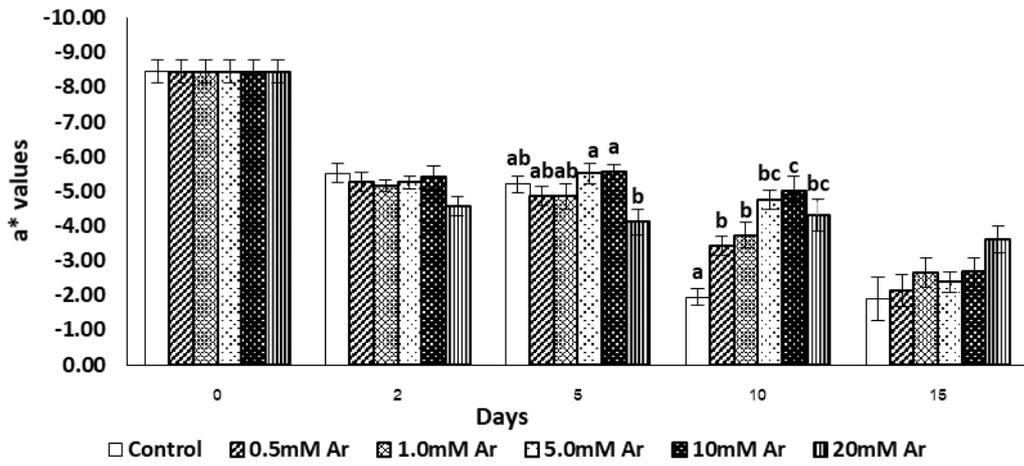
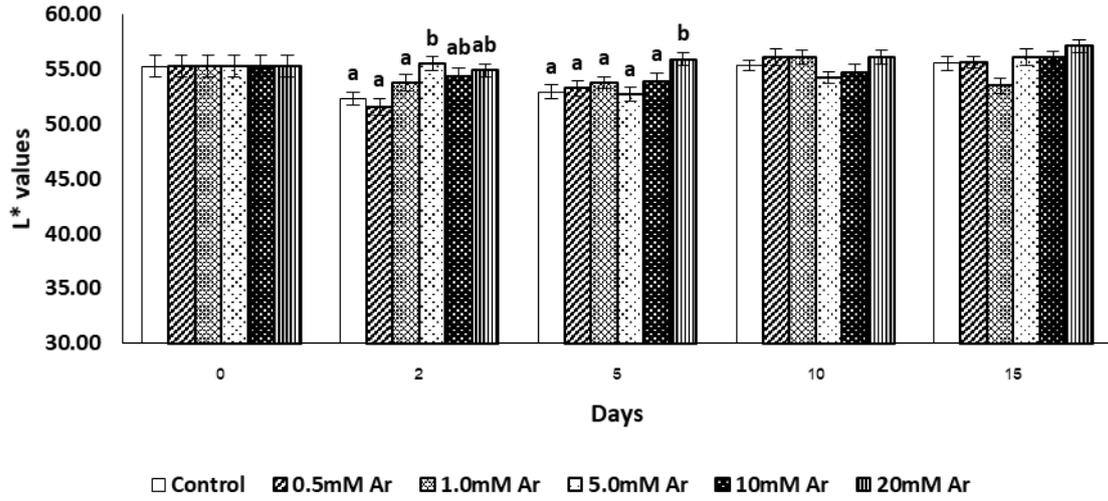


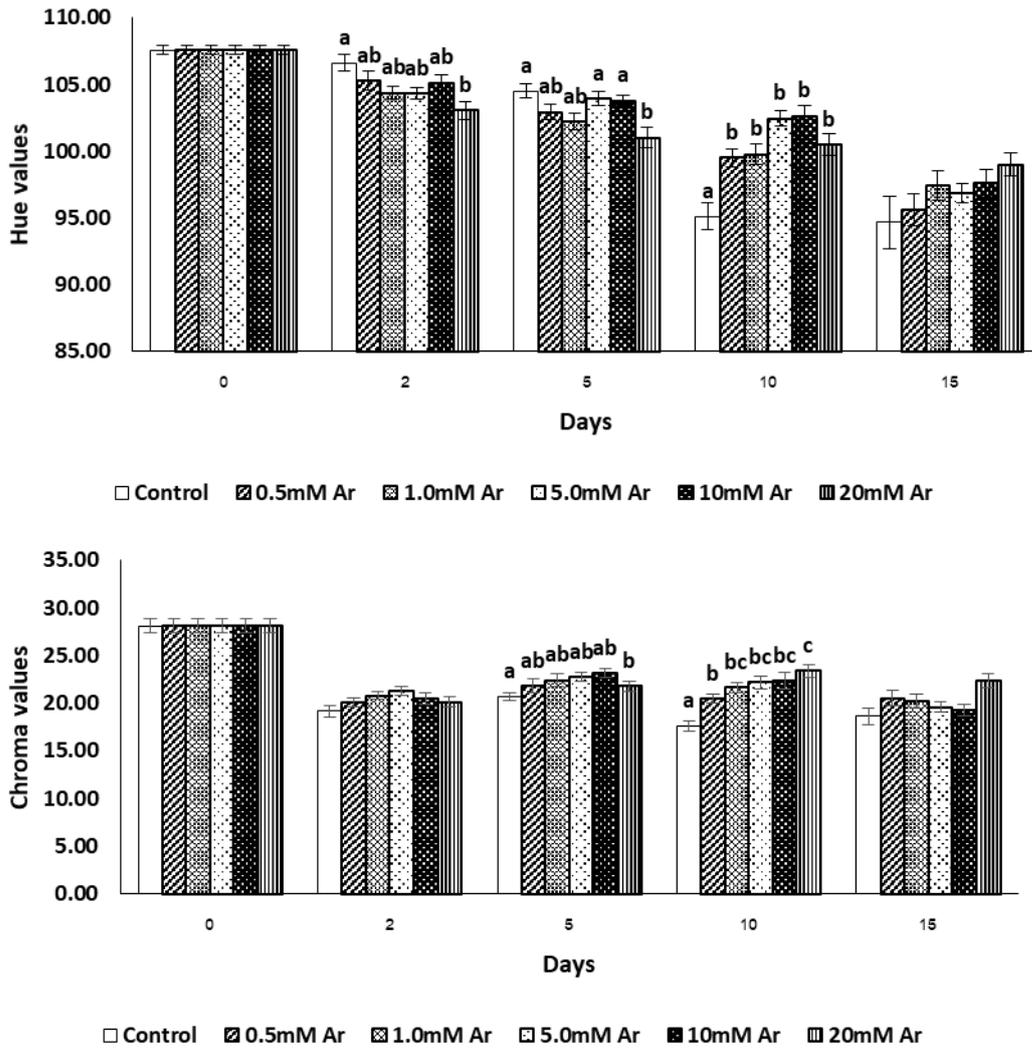
รูปที่ 4.3 ลักษณะปรากฏของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา

#### 4.1.1.3 การเปลี่ยนแปลงสีบริเวณเส้นใบ

การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณเส้นใบ สามารถวัดโดยใช้เครื่อง Chroma meter โดยแสดงในรูปค่า  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  Hue และ Chroma โดยค่า  $L^*$  บ่งบอกถึงความสว่าง, ค่า  $a^*$  บ่งบอกถึงสีเขียว ( $-a^*$ ) ไปจนแดง ( $+a^*$ ), ค่า  $b^*$  บ่งบอกถึงสีเหลือง ( $-b^*$ ) ไปจนสีน้ำเงิน ( $+b^*$ ), ค่า Hue เป็นตัวบ่งบอกถึงเฉดสี และค่า Chroma บ่งบอกถึงดัชนีความสดของสี จากการทดลอง พบว่าในวันที่ 2 และ 5 ของการเก็บรักษา ค่า  $L^*$  ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่จุ่มอาร์จินีนระดับความเข้มข้น 20mM มีค่า  $L^*$  สูงกว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่ได้จุ่มสารละลายอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ ) (ตารางภาคผนวก ก.3 -ก.7)

เมื่อพิจารณาค่า  $a^*$  พบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่จุ่มอาร์จินีนมีค่า  $a^*$  ต่ำกว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่ได้จุ่มสารละลาย เมื่อพิจารณาค่า  $b^*$  พบว่ามีค่าตรงกันข้ามกับค่า  $a^*$  โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ค่า Hue และ Chroma ในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่จุ่มสารละลายอาร์จินีนมีค่าสูงกว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่ได้จุ่มสารละลาย (รูปที่ 4.4) ดังนั้นจากผลการวัดค่าสีบริเวณเส้นใบเป็นการยืนยันได้ว่าอาร์จินีนสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ ซึ่งจากผลการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกันกับค่า Browning index และลักษณะปรากฏ (รูปที่ 4.2 และ 4.3)

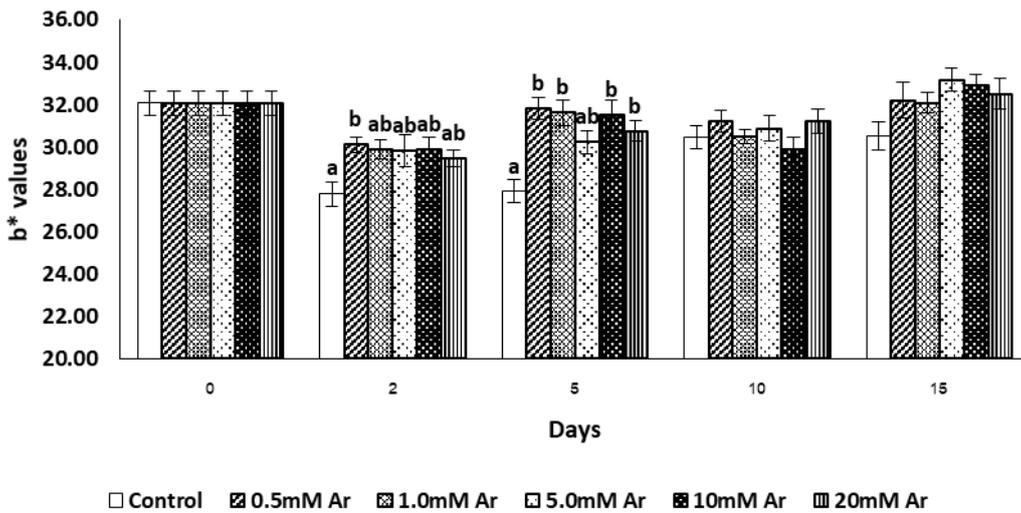
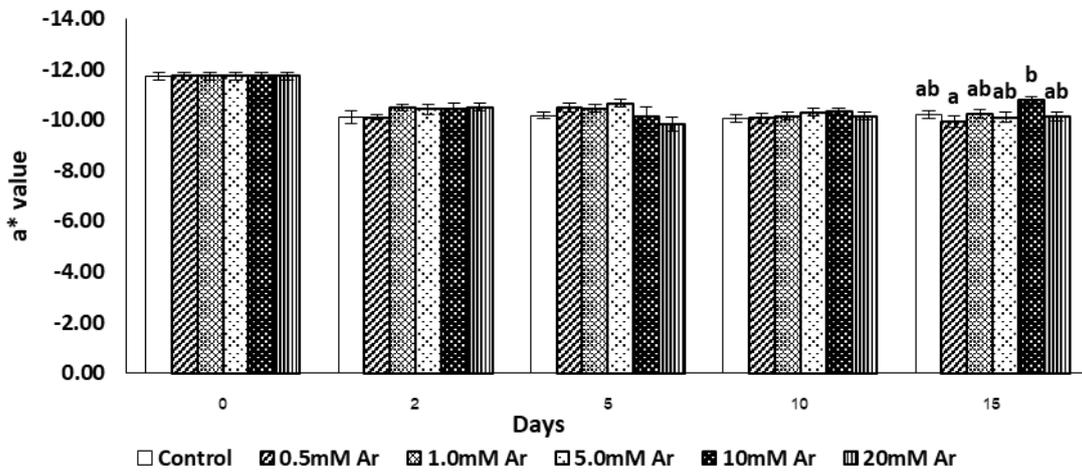
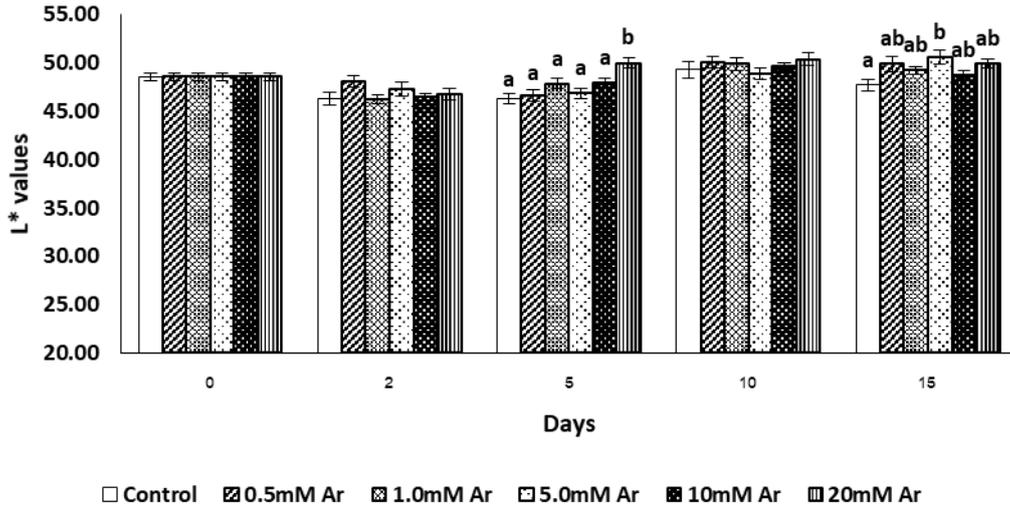


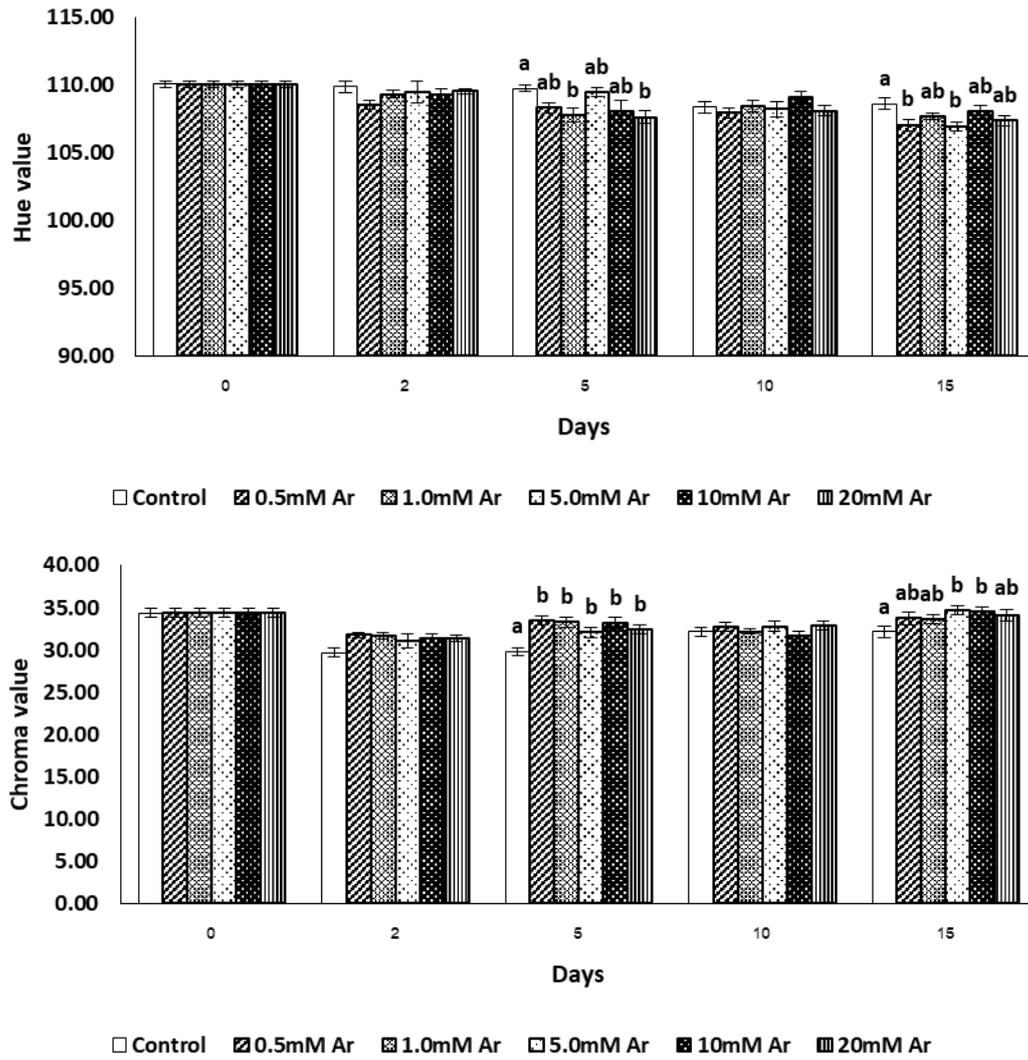


รูปที่ 4.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณเส้นใบ ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Hue และ Chroma value) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภครวมที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จีนินที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

#### 4.1.1.4 การเปลี่ยนแปลงสีใบ

การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี โดยพิจารณาค่า  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  และ Hue พบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงสีใบในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนมากที่สุด โดยผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภครวมที่มีการจุ่มด้วยสารละลายอาร์จีนินที่ระดับความเข้มข้น 20 mM มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) สูง และค่า Hue ที่ต่ำกว่าชุดควบคุม (Control) (รูปที่ 4.5) (ตารางภาคผนวก ก.8 -ก.12) แสดงให้เห็นว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภครวมมีความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองเขียวอ่อนกว่าชุดควบคุม เนื่องจากค่า Hue เป็นช่วงองศาของสี โดยค่า Hue ที่ 90-135 องศาจะมีค่าสีเหลืองไปสีเขียว



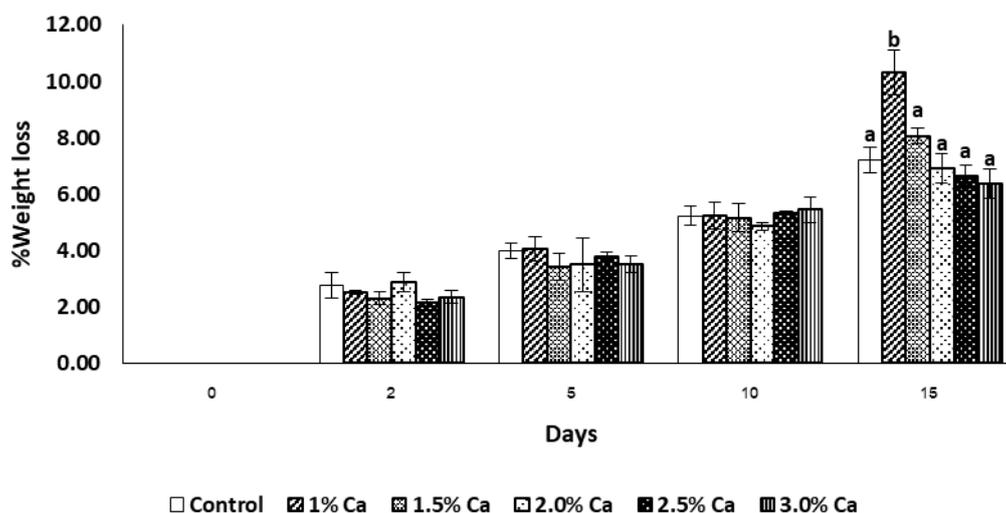


รูปที่ 4.5 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคน้ำตาลที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

#### 4.1.2 ศึกษาระดับความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสมในผักกาดแปรรูปพร้อมบริโภค

##### 4.1.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก (%Weight loss)

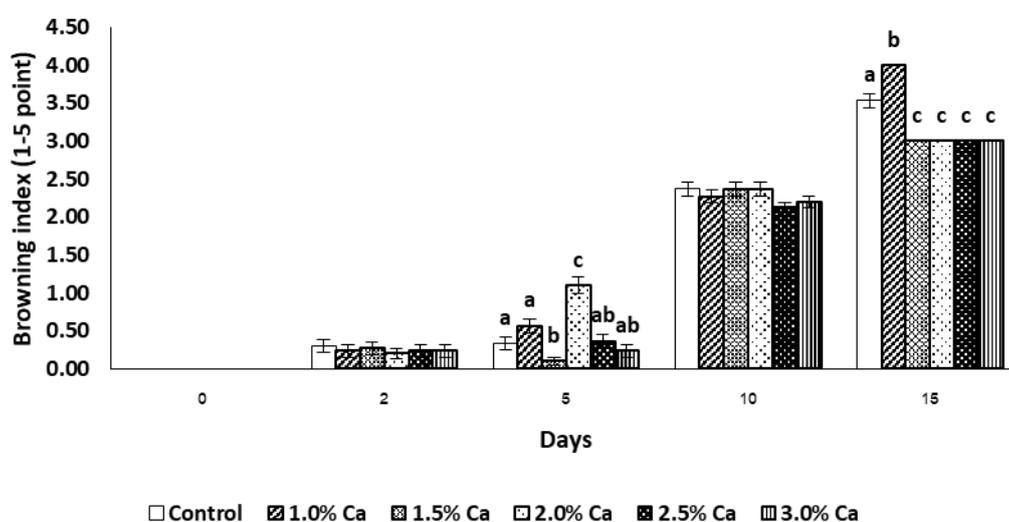
การสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง ในวันที่เริ่มต้นจนกระทั่งวันที่ 10 ของการเก็บรักษา พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่จุ่มและไม่ได้จุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทมีค่าการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ ) แต่ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวก ก.13) พบว่าการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 1% มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ในขณะที่การใช้สารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0% ไม่มีความแตกต่างกัน (รูปที่ 4.6) การสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้นของการใช้แคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 1% อาจเกิดจากที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายต่ำเกินไปอาจทำให้ไปกระตุ้นความเครียด หรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ภายในเซลล์ จึงส่งผลให้มีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

#### 4.1.2.2 ค่าการเกิดสีน้ำตาล (Browning index)

ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ค่าการเกิดสีน้ำตาลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งค่าการเกิดสีน้ำตาลสามารถตรวจพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในวันที่ 5 และ 15 ของการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่าการใช้แคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 1.5% มีการค่าการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุด และเมื่อวันค่าการเปลี่ยนแปลงในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า การใช้แคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0% สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ โดยที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าว ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการใช้แคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้น 1.5% เพียงพอต่อการใช้เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (รูปที่ 4.7 และ 4.8) (ตารางภาคผนวก ก.14)



รูปที่ 4.7 ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภครวมที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

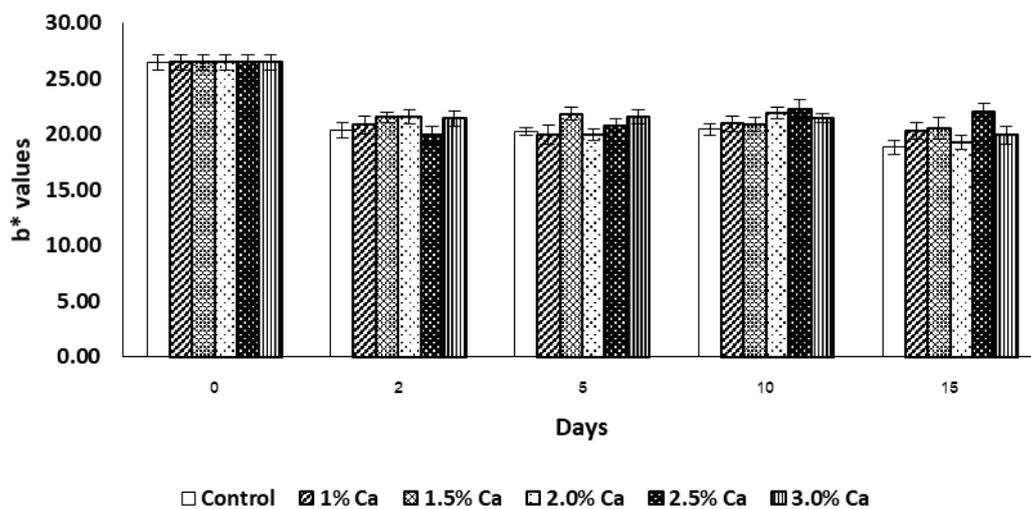
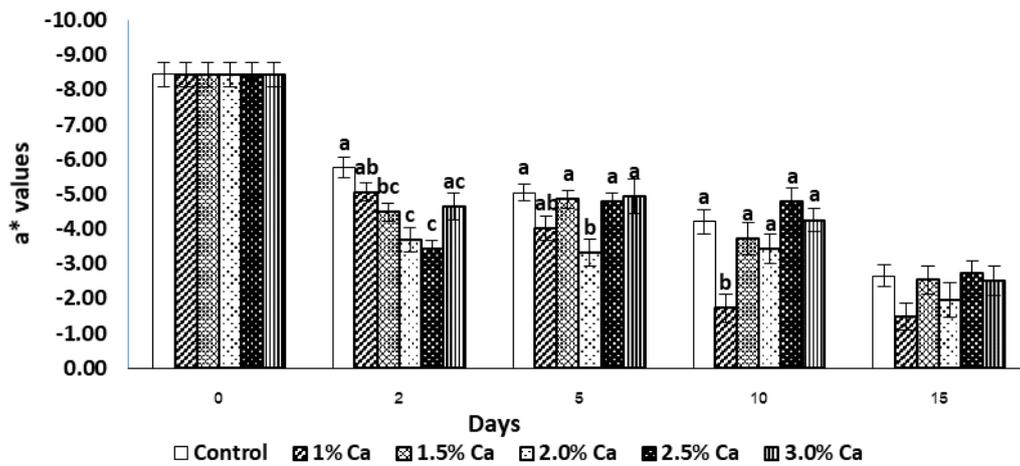
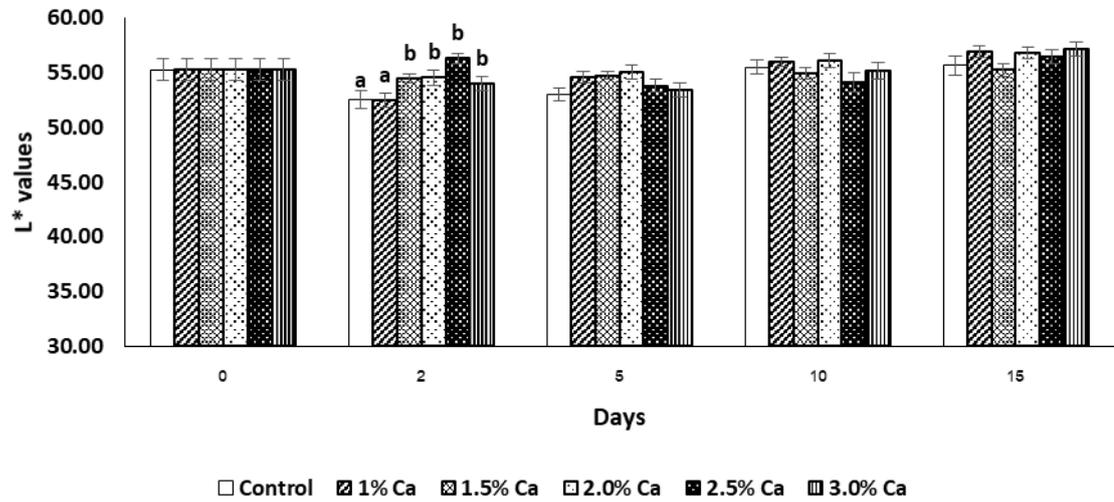


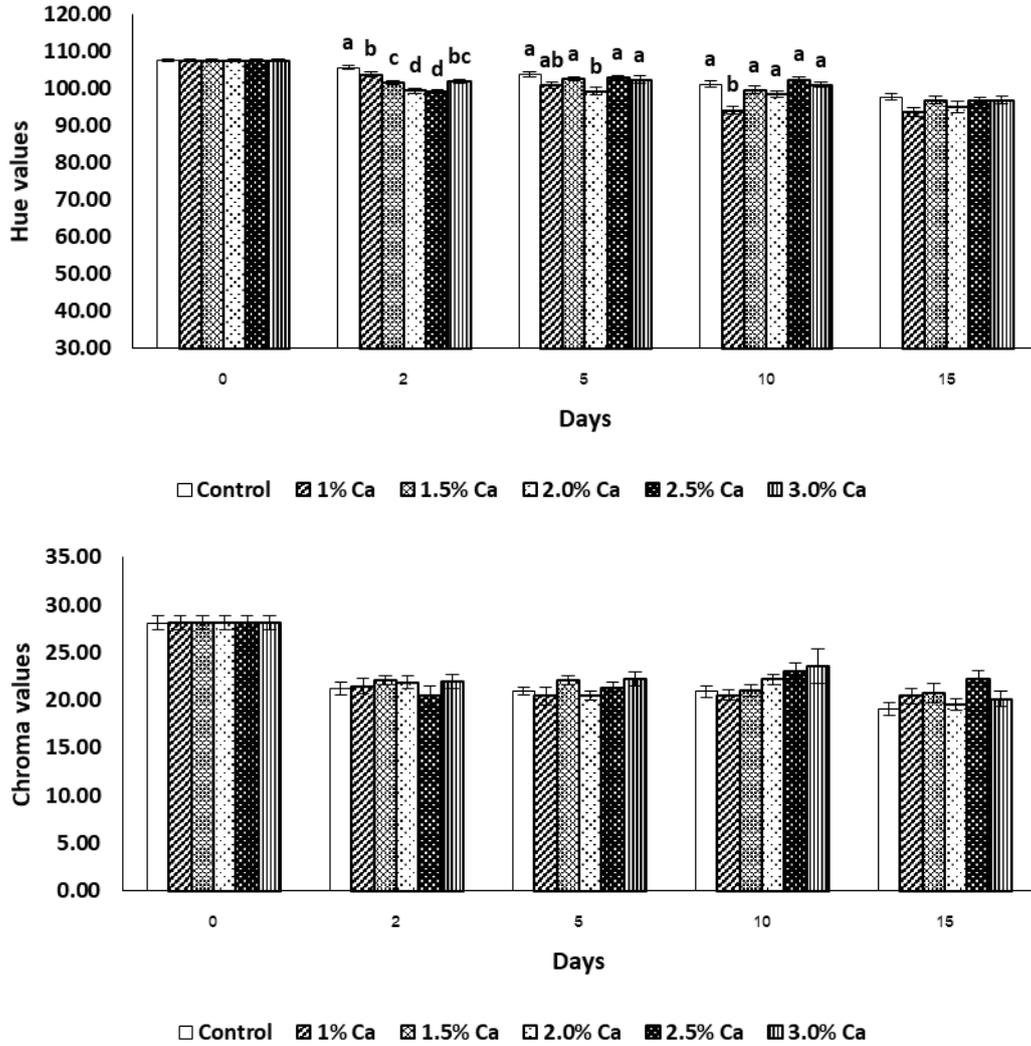
รูปที่ 4.8 ลักษณะปรากฏของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0% ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา

#### 4.1.2.3 การเปลี่ยนแปลงสีบริเวณเส้นใบ

ค่า  $L^*$  มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p \leq 0.001$ ) เฉพาะในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ค่า Hue และ ค่า  $a^*$  มีความแตกต่างในวันที่ 2, 5 และ 10 ของการเก็บรักษา (ตารางภาคผนวก ก.15 -ก.19) ผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับ

ความเข้มข้น 1.0% มีค่า  $a^*$  และ Hue ต่ำที่สุด ซึ่งค่าดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับค่าการเกิดสีน้ำตาลที่สูง (รูปที่ 4.9) ในขณะที่การใช้สารละลายแคลเซียมแลคเตตรัทที่ระดับความเข้มข้น 1.5, 2.0, 2.5 และ 3% ไม่มีความแตกต่างกับการไม่ได้สารละลายเลย

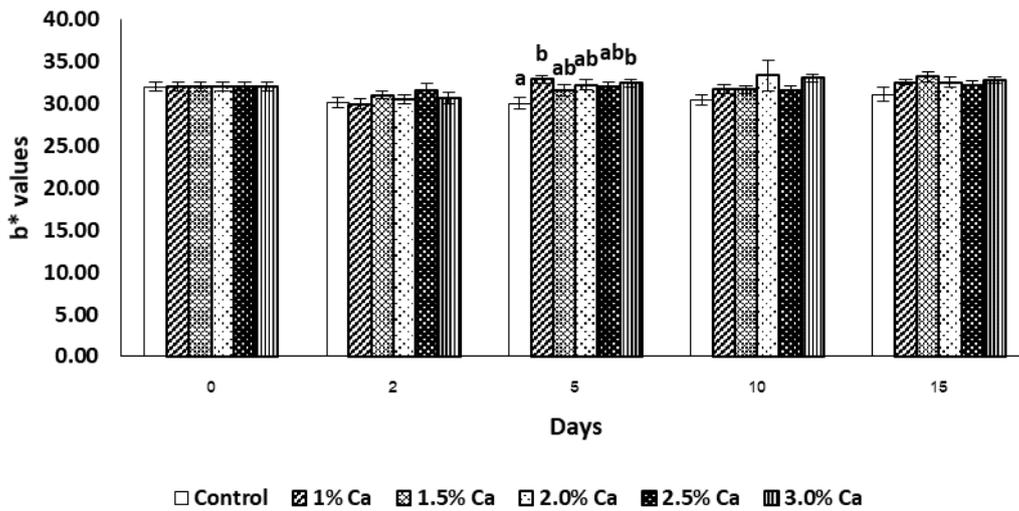
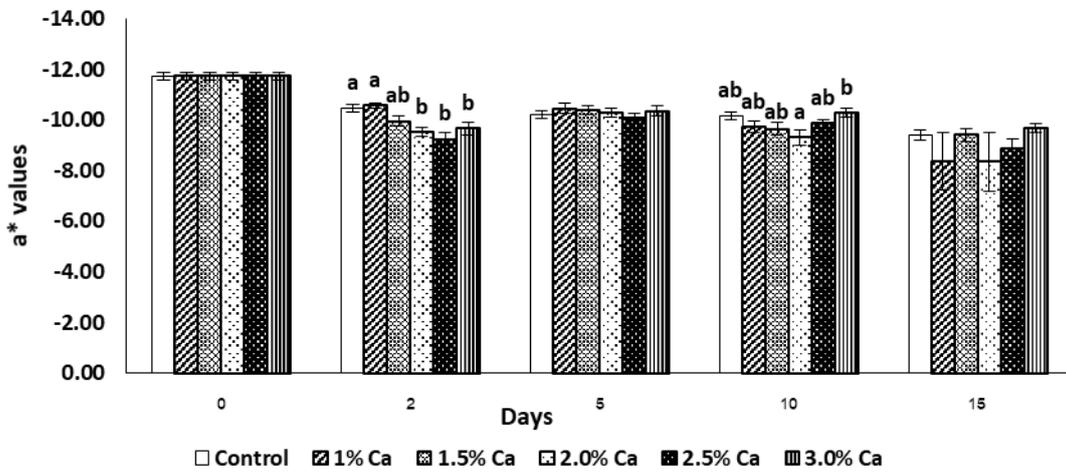
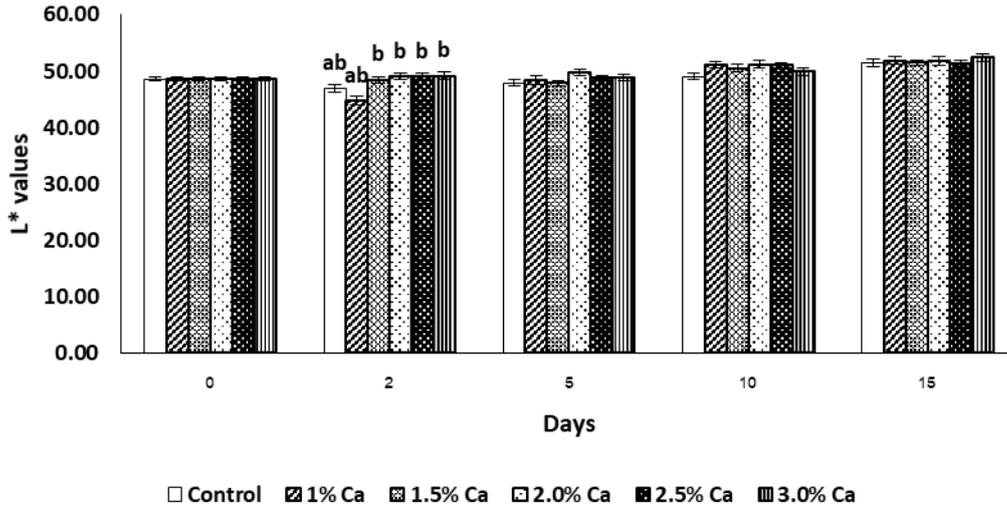


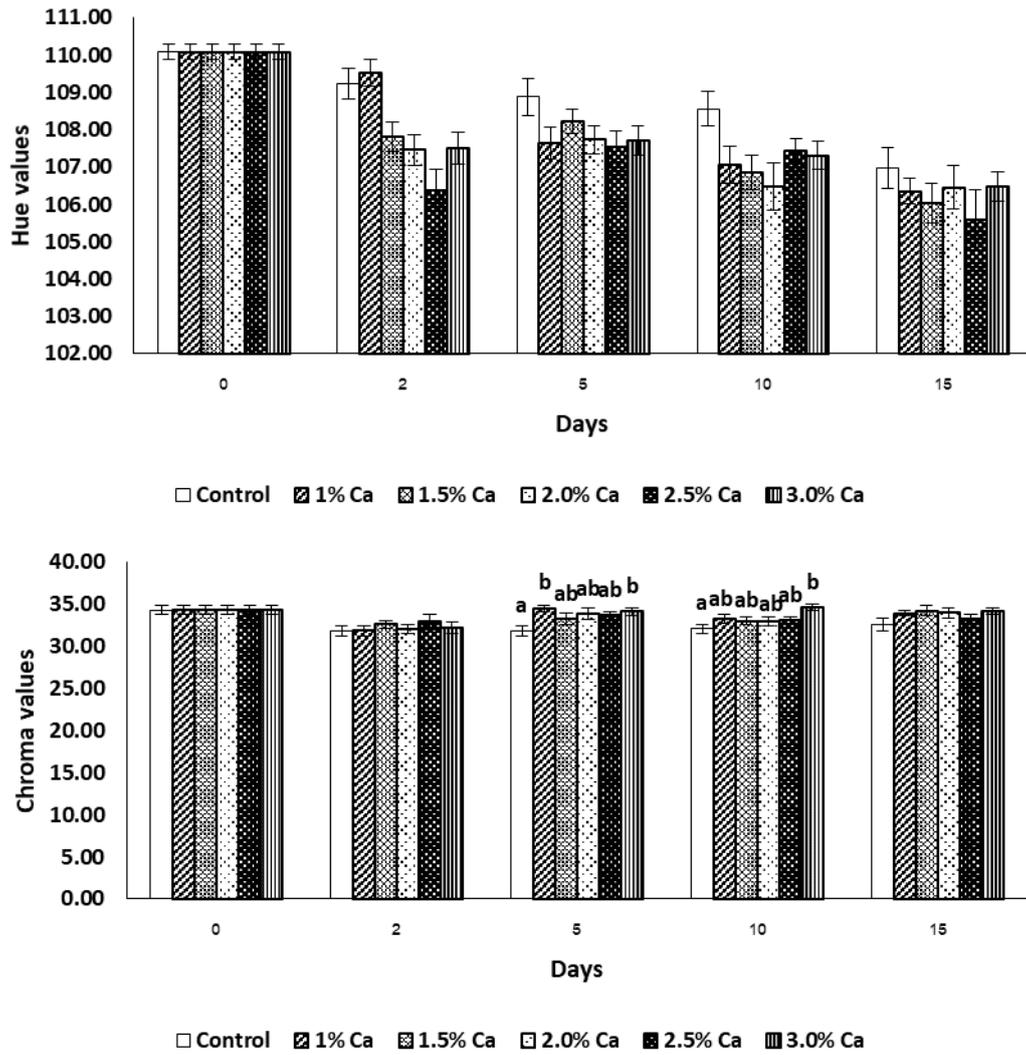


รูปที่ 4.9 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

#### 4.1.2.4 การเปลี่ยนแปลงสีใบ

การเปลี่ยนแปลงสีใบสามารถวิเคราะห์จากการเปรียบเทียบค่า  $L^*$  และ  $a^*$  เป็นหลัก พบว่าค่าทั้งสองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.001$ ) ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 1.5, 2.0, 2.5 และ 3% มีค่า  $L^*$  สูง และค่า  $a^*$  ต่ำกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายแคลเซียมแลคเตทจะมีผลต่อการเปลี่ยนสีของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคในช่วงแรกของการเก็บรักษาเท่านั้น (รูปที่ 4.10) (ตารางภาคผนวก ก.20 – ก.24)



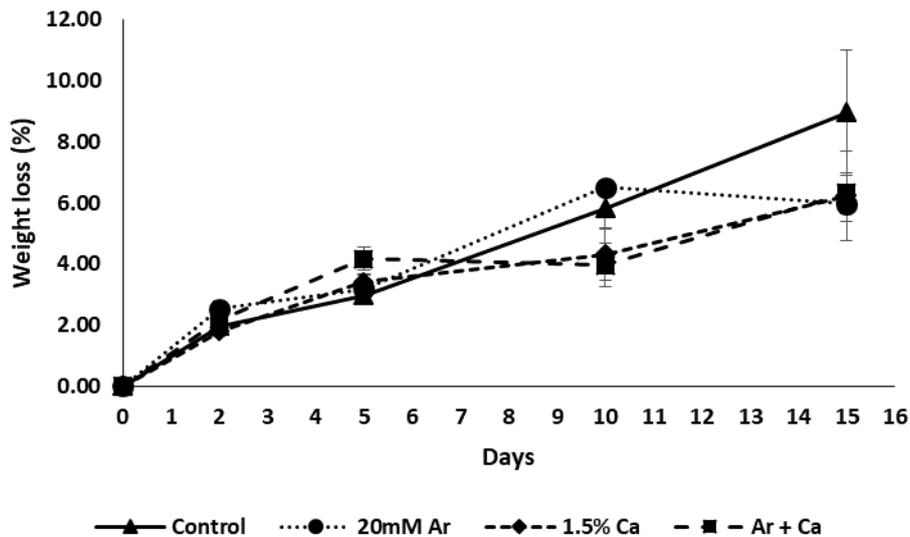


รูปที่ 4.10 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

## 4.2 การศึกษาเปรียบเทียบผลของอาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมี

### 4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก (%Weight loss)

จากการศึกษาการเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักได้ถูกแสดงในรูป 4.11 พบว่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษามีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบการใช้สารละลายต่างๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางภาคผนวก ก.25)



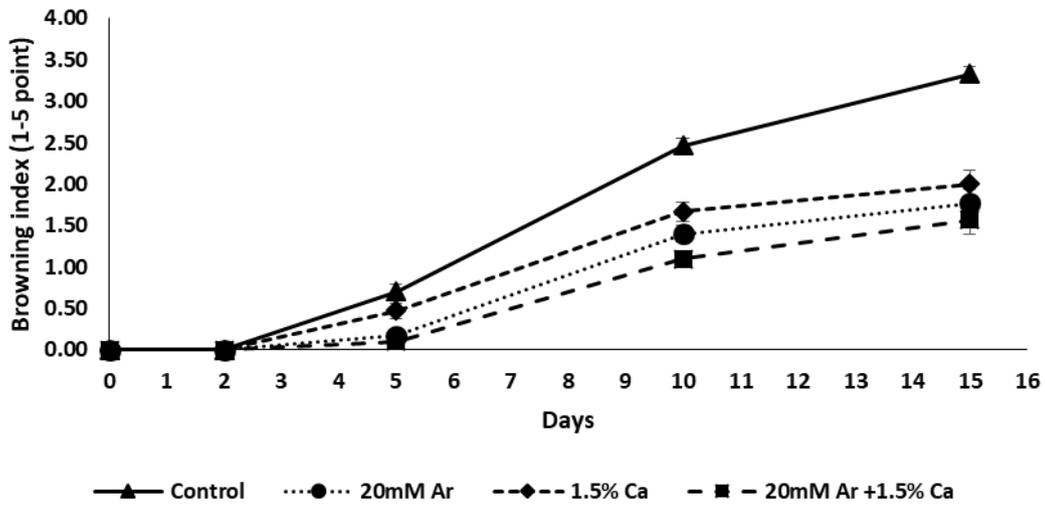
รูปที่ 4.11 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภครวมที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

### 4.2.2 ค่าการเกิดสีน้ำตาล (Browning index)

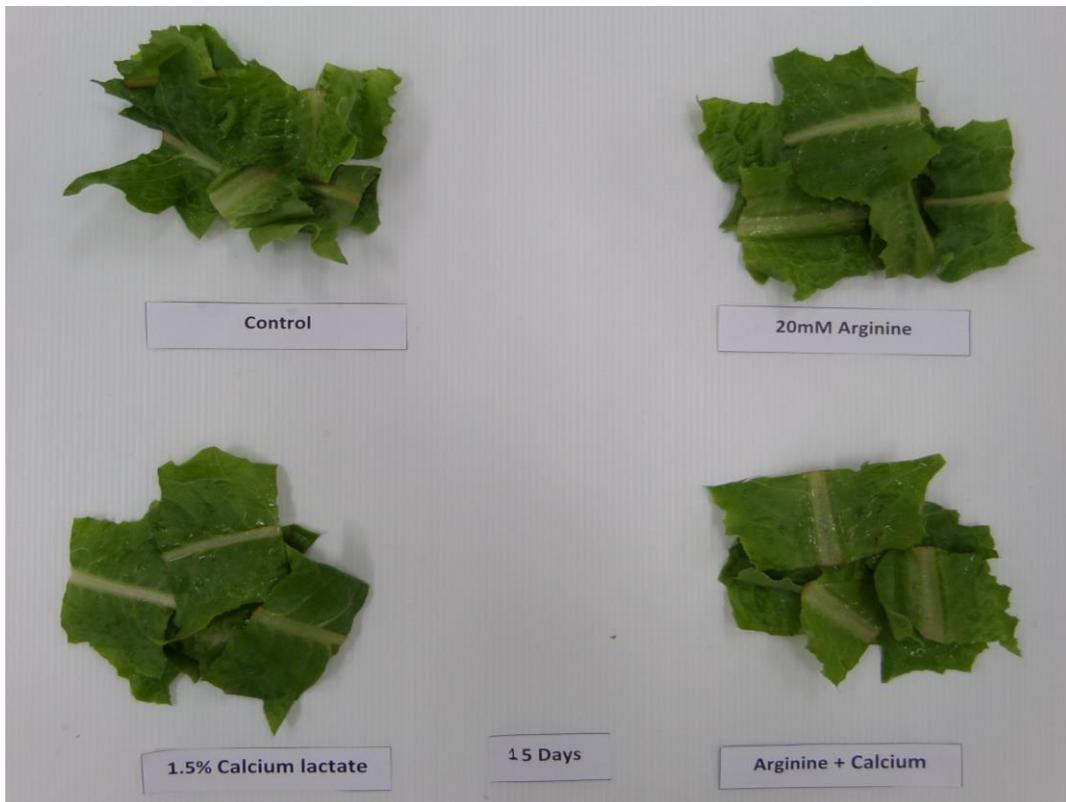
การทดสอบการเกิดสีน้ำตาลสามารถทดสอบวิเคราะห์ได้จากค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาล โดยดูจากลักษณะปรากฏและให้คะแนน 0-5 คะแนน (รูปที่ 4.11 และ 4.12) พบว่ามีค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลมีความแตกต่างในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา โดยการใช้สารละลาย 20mM arginine และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยประสิทธิภาพการใช้ 20mM arginine และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate ไม่มีความแตกต่างกัน

วันที่ 10 ของการเก็บรักษา พบว่าการใช้สารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate มีค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าชุดควบคุม ในขณะที่วันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 15) พบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภครวมที่ไม่ได้จุ่มสารละลายต่างๆ (ชุดควบคุม) มีค่าการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุด คือ 3.33 คะแนน ในขณะที่การจุ่มสารละลายต่างๆ (ชุดควบคุม) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และมีค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเฉลี่ย 1.57-2.00

คะแนน (ตารางภาคผนวก ก.26) จากคะแนนดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้ 20mM arginine เพียงอย่างเดียวสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ไม่แตกต่างกับการใช้ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate



รูปที่ 4.12 ค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate





รูปที่ 4.13 ลักษณะปรากฏของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโศคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา

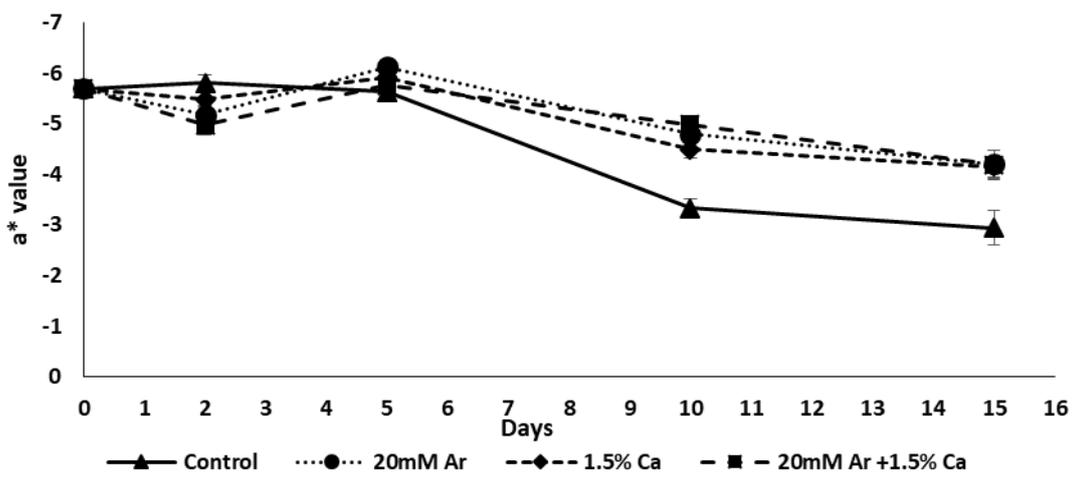
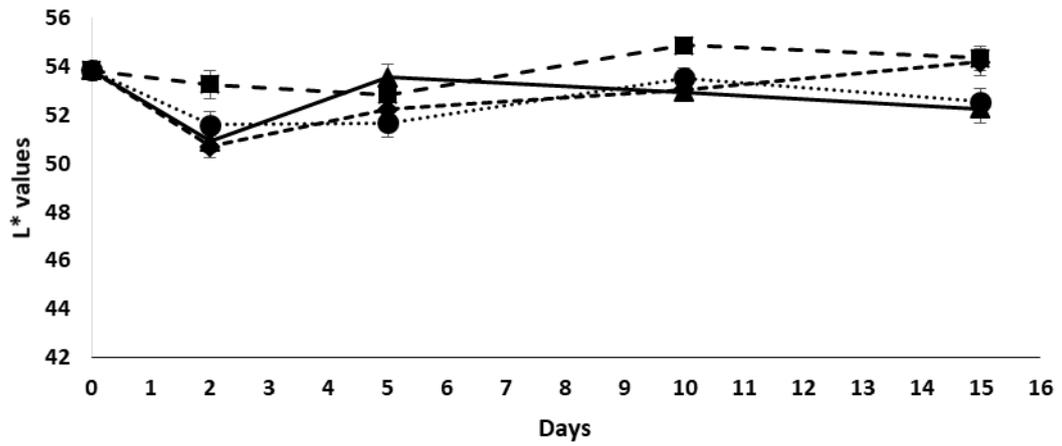
#### 4.2.3 การเปลี่ยนแปลงสีบริเวณเส้นใบ

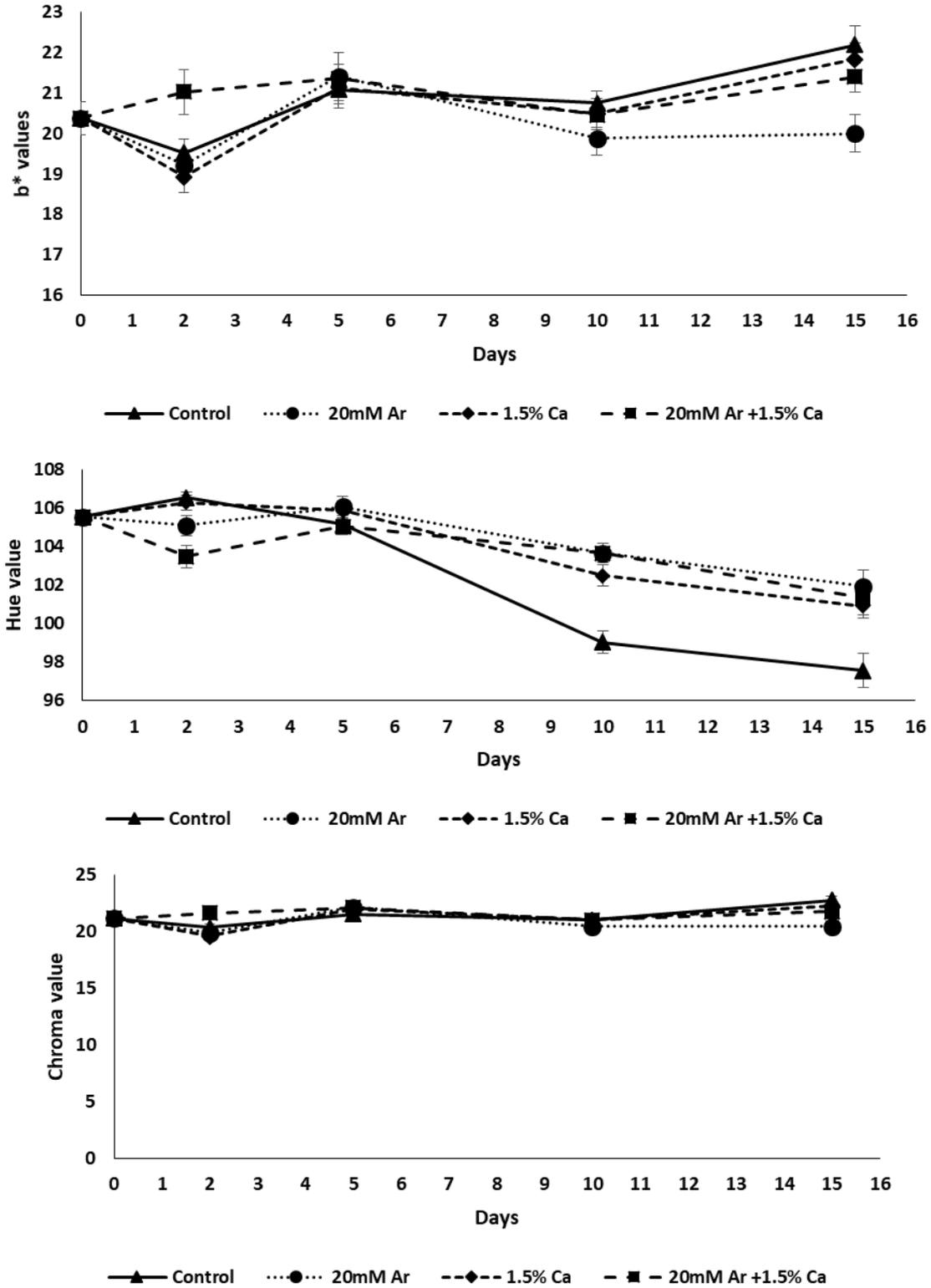
การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณเส้นใบสามารถวัดได้จากการเปรียบเทียบค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ Hue (รูปที่ 14) (ภาคผนวก ก. 27- ก.31) ค่า  $a^*$  เริ่มต้นบริเวณเส้นใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโศค คือ -5.69 เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่า  $a^*$  มีแนวโน้มลดลง (ค่า  $a^*$  เพิ่มสูงขึ้น มีค่าสูงสุด 2.94) โดยชุดควบคุมมีค่า  $a^*$  ต่ำกว่าการจุ่มสารละลายในรูปแบบต่างๆ เป็นไปในทำนองเดียวกันกับค่า Hue โดยค่า Hue บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโศคระหว่างการเก็บรักษาอยู่ในช่วงระหว่าง 105.56 ถึง 97.59

จากการทดลองพบว่าในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 2) ค่าสีเขียว ( $a^*$ ) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโศคที่ผ่านการจุ่มสารละลาย 20mM arginine และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate มีค่าลดต่ำลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโศคที่ไม่ได้ผ่านการจุ่มสารละลาย (ชุดควบคุม) จนกระทั่งถึงวันที่ 5 พบว่า ค่า  $a^*$  ในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโศคที่ไม่ได้จุ่มสารละลายใดๆ มีค่าลดลงอย่างชัดเจน จนกระทั่งถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 15)

เมื่อเปรียบเทียบค่าการเกิดสีเขียว (ค่า  $a^*$ ) และค่าองศาสี (ค่า Hue) ในวันที่ 10 และ 15 ของการเก็บรักษา พบว่า ชุดผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโศคที่ไม่ได้จุ่มสารละลายใดๆ มีค่า  $a^*$  และ Hue ต่ำกว่า

ทุกกลุ่มการทดลอง แสดงให้เห็นว่าบริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนั้นยังคงมีความสดของสีเขียวอยู่ ไม่ออกลักษณะสีน้ำตาลแดงบริเวณเส้นใบ



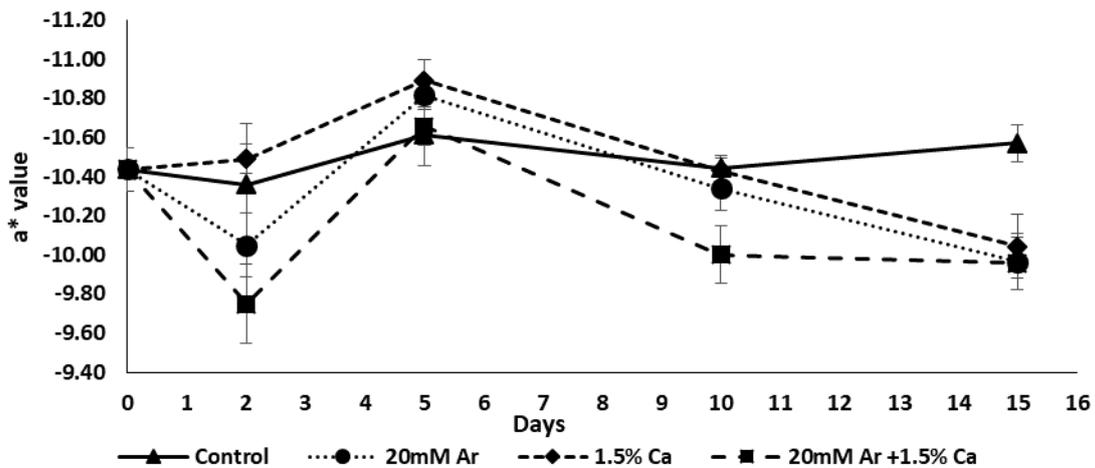
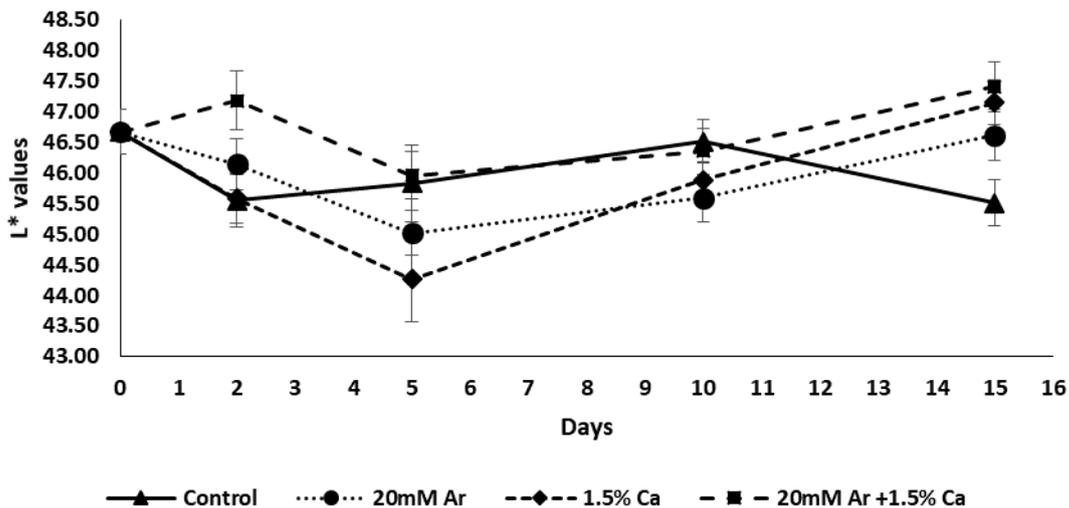


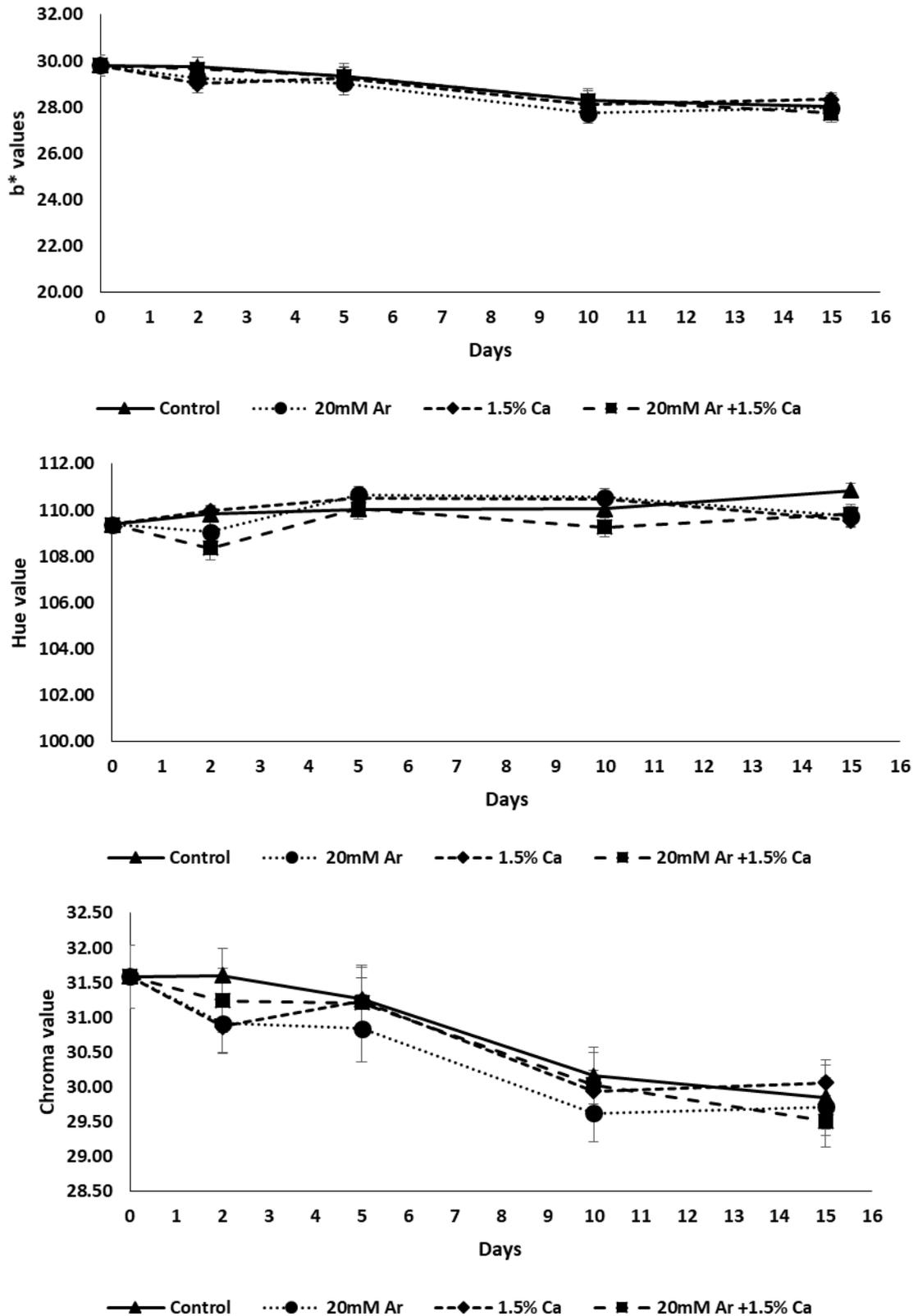
รูปที่ 4.14 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีบริเวณเส้นใบ ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Hue และ Chroma values) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

#### 4.2.4 การเปลี่ยนแปลงสีใบ

จากผลการทดลองพบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภาคที่มีการจุ่มสารละลายต่างๆ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีใบไม่ชัดเจน และเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภาคที่ไม่ได้จะจุ่มสารละลายใดๆ จะมีค่า  $L^*$  และ  $a^*$  ต่ำกว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภาคที่มีการจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสีของใบที่มีการจุ่มสารละลายต่างๆ มีสีของใบที่ซีดกว่าที่ไม่ได้จุ่มสารละลาย (รูปที่ 4.15) (ภาคผนวก ก.32- ก.36)

ค่า  $b^*$  ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภาคมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในขณะที่ค่า Chroma มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยค่า Chroma มีค่าลดลงตลอดการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบการค่า Chroma ระหว่างกลุ่มการทดลอง พบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภาคที่มีการจุ่มด้วยสารละลาย 20mM arginine มีค่าต่ำที่สุด





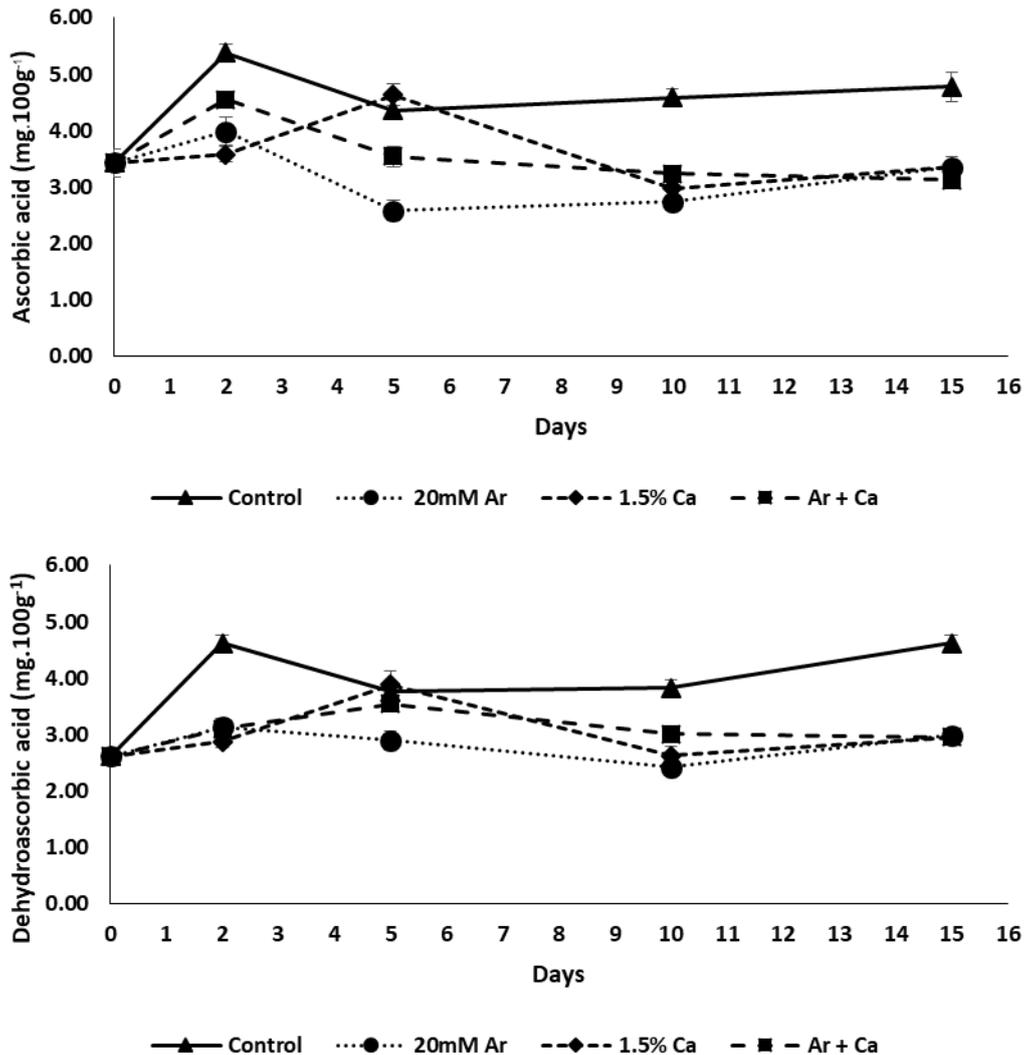
รูปที่ 4.15 ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (L\*, a\*, b\*, Hue และ Chroma values) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

#### 4.2.5 ปริมาณวิตามินซี

การวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีได้หาในรูปของ Ascorbic acid และ Dehydroascorbic acid (รูปที่ 4.16) เริ่มต้นการทดลองผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคมมีค่าปริมาณ Ascorbic acid คือ  $3.43 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  เมื่อเก็บรักษา พบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคมที่มีจุ่มสารละลาย 1.5% calcium lactate มีค่า Ascorbic acid เพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคมที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate มีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา จากนั้นปริมาณ Ascorbic acid จะเริ่มลดลงอย่างช้าๆ หากเปรียบเทียบปริมาณ Ascorbic acid พบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคมที่ไม่ได้มีการจุ่มสารละลาย (ชุดควบคุม) มีค่าสูงสุด และการใช้สารละลาย 20mM arginine มีค่าต่ำสุด โดยมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาคผนวก ก.37)

มีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงวิตามินซีในรูป Dehydroascorbic acid ซึ่งอยู่ในรูปที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Weichmann, 1987) พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันกับในรูป Ascorbic acid ในวันเริ่มต้นของการทดลอง พบว่าค่าปริมาณ Dehydroascorbic acid มีค่าต่ำ คือ มีปริมาณ  $2.62 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  เมื่อการเก็บรักษานานขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.15) (ภาคผนวก ก.38)

วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลเฮกโซส (Hexose) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ละลายน้ำได้ดี ในผักและผลไม้มีอยู่ด้วยกัน 3 รูป คือ Reduced ascorbic acid ซึ่งอาจถูก Oxidized ไปอยู่ในรูปที่ 2 คือ Monohydroascorbic acid ซึ่งไม่เสถียร และถูกเปลี่ยนไปเป็นรูปที่ 3 คือ Dehydroascorbic acid โดย Dehydroascorbic acid อาจถูก Oxidized ไปเป็น 2, 3 Deketogulonic acid ซึ่งไม่มีคุณสมบัติของวิตามินซี โดยวิตามินซีเป็นสารรีดิวซ์อย่างแรงจึงถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายจากเพราะฉะนั้นวิตามินซีในรูป Dehydroascorbic acid ในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคมที่ไม่ได้มีการจุ่มสารละลายจึงมีค่าสูงกว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคมที่จุ่มสารละลายรูปต่างๆ นอกจากนี้วิตามินซีอาจสูญเสียเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ได้ เช่น Ascorbic acid oxidase, Polyphenol oxidase และ Peroxidase ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ เพราะฉะนั้นสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา ผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวจึงมีความสำคัญอย่างมากในการรักษาสภาพของวิตามินซี



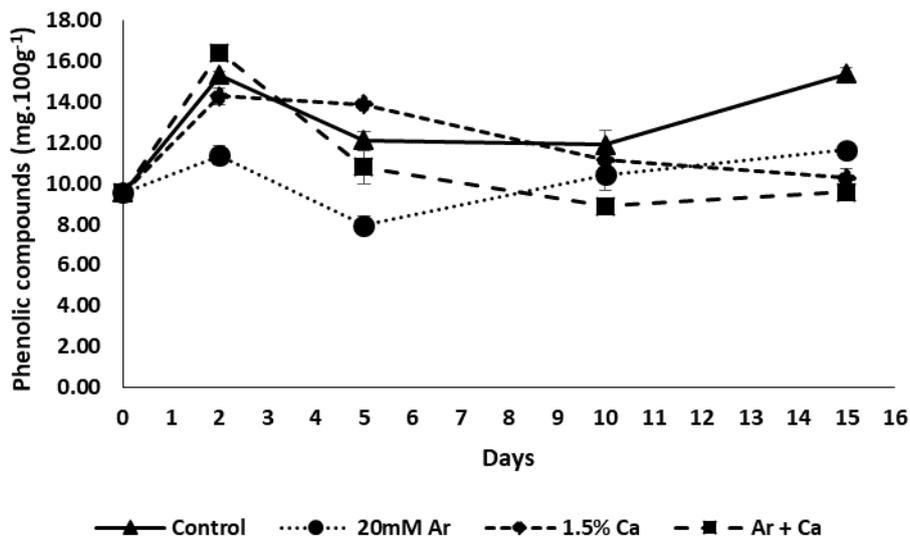
รูปที่ 4.16 ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Ascorbic acid และ Dehydroascorbic acid ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนอกที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

#### 4.2.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอล

ปริมาณสารประกอบฟีนอลเป็นตัวบ่งบอกถึงกระบวนการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ เมื่อเซลล์ของผลผลิตถูกทำลาย สารต่างๆ ภายในเซลล์เกิดการรั่วไหลออกมาทำให้สารประกอบฟีนอลสัมผัสกับอากาศ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการเกิดสีน้ำตาลอันเนื่องมาจากเอนไซม์ (Enzymatic browning) โดยมี polyphenol oxidase (PPO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดกระบวนการ polymerization ของสารประกอบฟีนอล จากการทดลองพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ยกเว้นในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มด้วยสารละลาย 20mM arginine มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดเวลาการเก็บรักษา คือ 9.55-11.65 mg.100g<sup>-1</sup> ในทางตรงกันข้ามสารประกอบฟีนอล

นอลในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนั้นที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate มีค่าเพิ่มสูงขึ้นในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 2) จากนั้นค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 15) (รูปที่ 4.17) การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลองอาจเป็นไปได้ว่าขึ้นอยู่กับกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์ เนื่องจากสารประกอบฟีนอลเกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิดสารประกอบสีน้ำตาล เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น

มีการเปรียบเทียบแต่ละกลุ่มการทดลองในแต่ละวัน พบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนั้นที่ไม่ได้มีการจุ่มสารละลายมีค่าสารประกอบฟีนอลสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่นๆ โดยผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนั้นที่มีการจุ่มสารละลาย 20mM arginine มีปริมาณสารประกอบฟีนอลต่ำที่สุดในวันที่ 2 และ 5 ของการเก็บรักษา ในขณะที่วันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าผักกาดหวานที่มีการจุ่มสารละลาย 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate มีค่าต่ำที่สุด (ภาคผนวกที่ ก.39) อาจเป็นไปได้ว่าการใช้อาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทสามารถยับยั้งการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลได้ ซึ่งสัมพันธ์กับการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภค



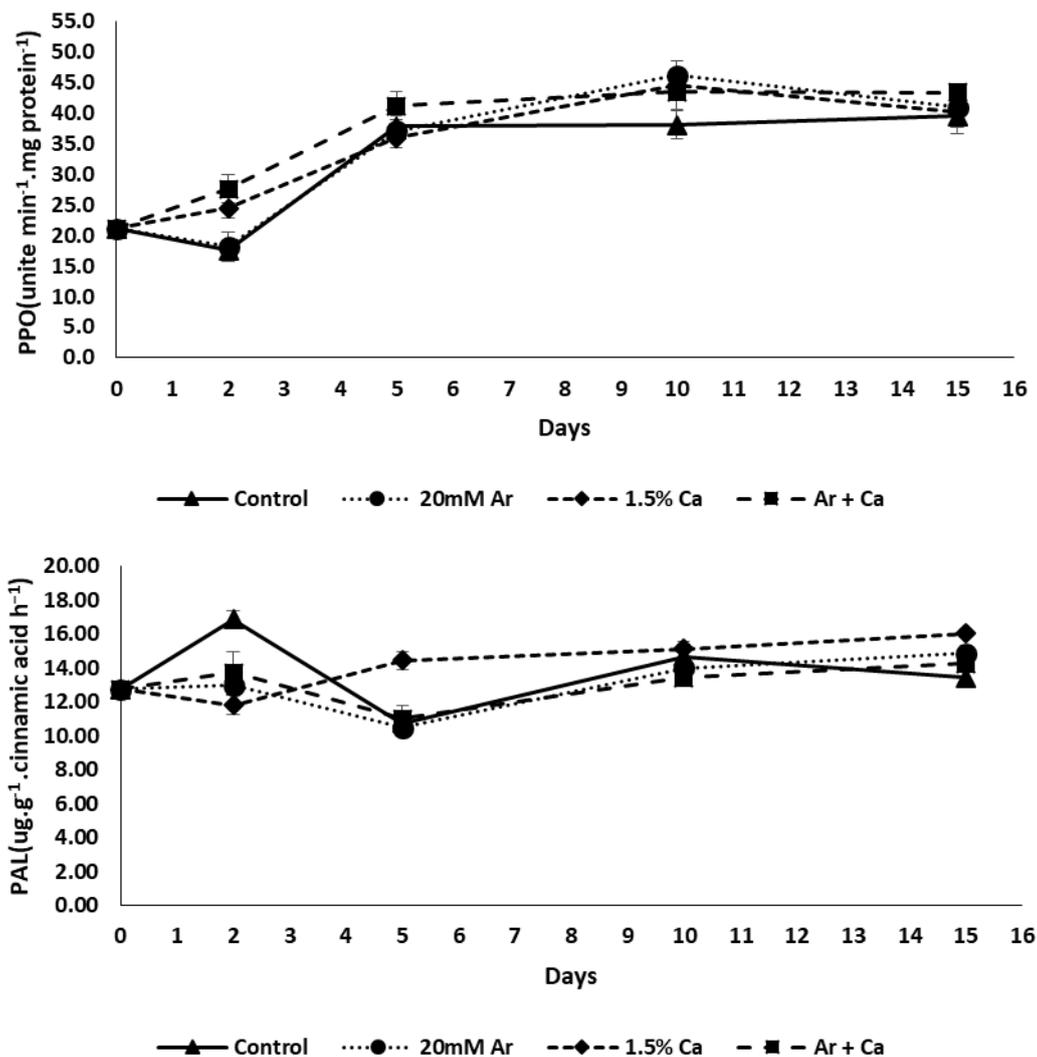
รูปที่ 4.17 ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

#### 4.2.7 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO activity) และ Phenylalanine ammonialyase (PAL activity)

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) และ Phenylalanine ammonialyase (PAL) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิดสีน้ำตาลได้ถูกแสดงในรูปที่ 4.18 จากการทดลอง พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เฉพาะวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภาคที่มีการจุ่มสารละลาย 20mM arginine + 1.5% calcium lactate มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO สูงที่สุด และการจุ่มสารละลาย 20mM arginine มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม, การใช้สารละลาย 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate (ภาคผนวก ก.40)

เมื่อวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PAL พบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภาคที่ไม่ได้มีการจุ่มสารละลายใดๆ (ชุดควบคุม) มีกิจกรรม PAL เพิ่มขึ้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา และสูงมากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่นๆ ในขณะที่การจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ค่อนข้างคงที่จากวันเริ่มต้นและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาคผนวก ก.41) หากการเก็บรักษายาวนานขึ้นชุดควบคุมมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PAL ลดต่ำลงและคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากการเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ในแต่ละวัน พบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภาคที่มีการจุ่มสารละลาย 1.5% calcium lactate มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL สูงที่สุดในวันที่ 5 และ 15 ของการเก็บรักษา

เนื้อเยื่อพืชมีการสร้างกิจกรรมของเอนไซม์ PAL และ PPO ในขณะที่พืชเกิดความเครียดหรือบาดเจ็บ (Peiser, et al., 1998; Chutichudet, et al., 2011) โดยเอนไซม์ PAL กระตุ้นให้มีการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล ในขณะที่เอนไซม์ PPO จะเร่งกระบวนการเกิดสีน้ำตาล ไม่ทางใดก็ทางหนึ่งเอนไซม์ PPO และ PAL จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอล มีรายงานว่า การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ในผักกาดสามารถยับยั้งความรุนแรงจากการเกิดสีน้ำตาลได้ (Peiser, et al., 1998)



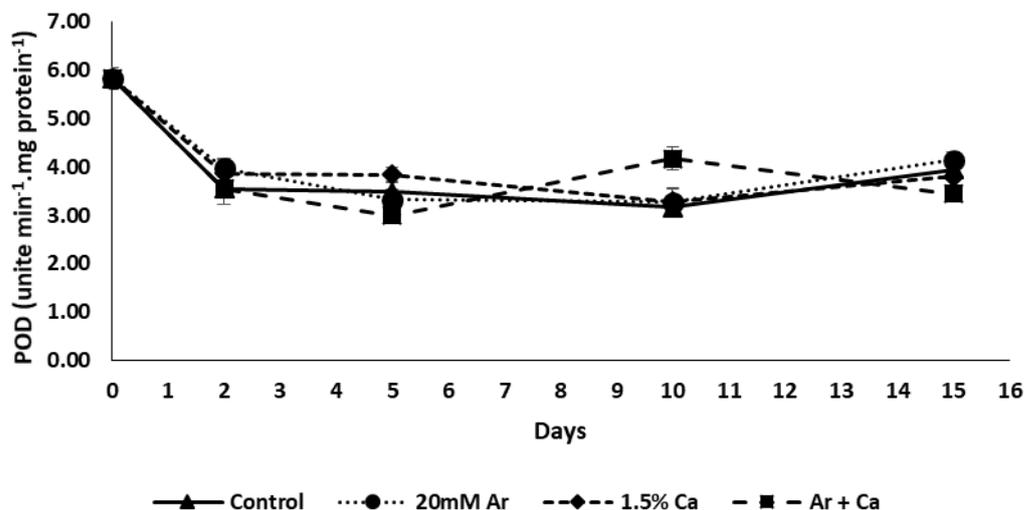
รูปที่ 4.18 ค่าการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammoniolyase (PAL) และ Polyphenol oxidase (PPO activity) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนาน 15 วัน ที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

#### 4.2.8 กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD activity)

กิจกรรมของเอนไซม์ POD มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.01$ ) ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.19) (ภาคผนวก ก.42) จากการทดลอง พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD ลดลง ในระหว่างการเก็บรักษา และเมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์ POD ในวันที่สุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนาน 15 วัน ที่มีการจุ่มสารละลาย 20mM arginine + 1.5% calcium

lactate มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโกลที่ไม่จุ่มสารและจุ่มสารละลาย 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine (รูปที่ 4.18)

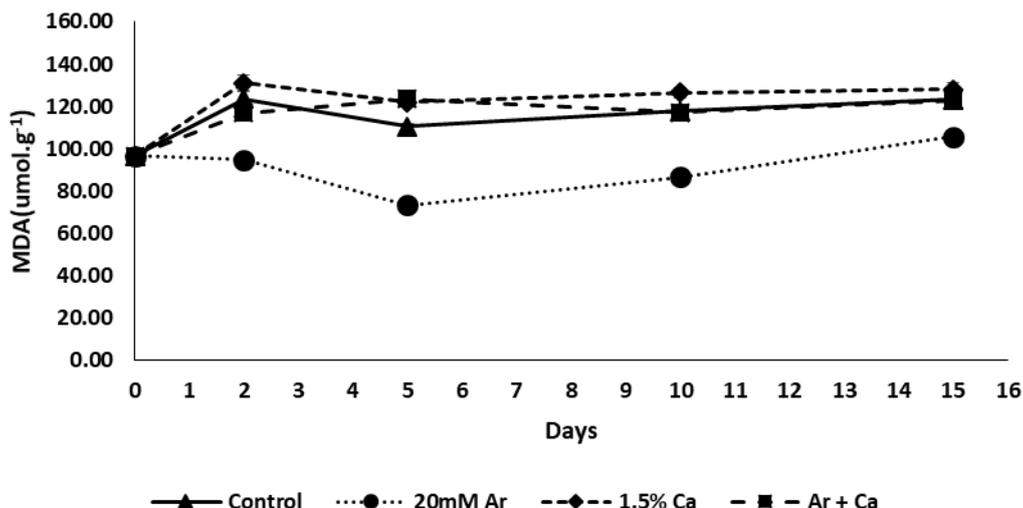
มีรายงานว่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลในพืชบางชนิดและมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการยับยั้งความเครียดในพืช (Razzoli, M., et al., 2015)



รูปที่ 4.19 ค่าการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD activity) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโกลที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

#### 4.2.9 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA)

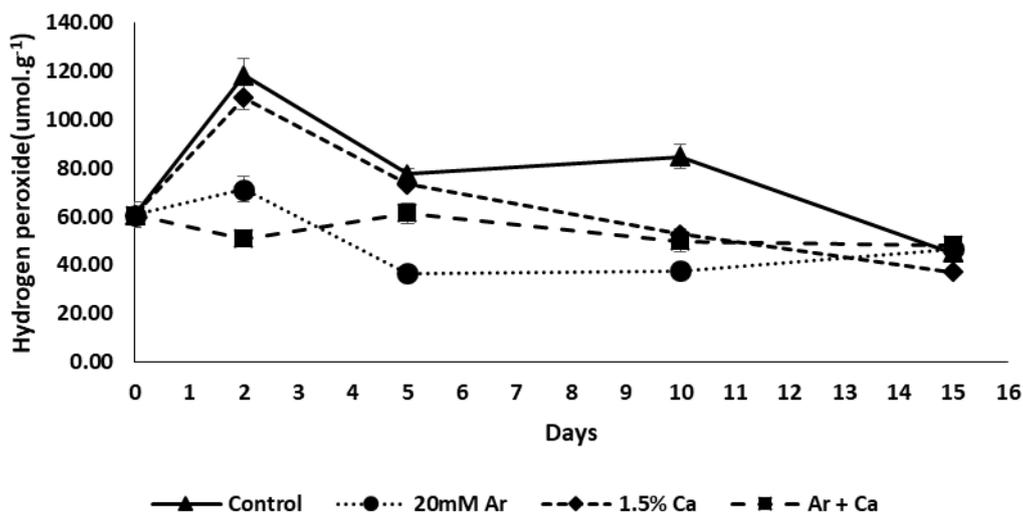
จากการทดลอง พบว่าค่าปริมาณ MDA ในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโกลที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate มีค่าเพิ่มสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ยกเว้นผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโกลที่มีการจุ่มสารละลาย 20mM arginine มีค่าปริมาณ MDA ค่อนข้างคงที่ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณค่า MDA ในแต่ละวันของการเก็บรักษา พบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโกลที่มีการจุ่มสารละลาย 20mM arginine มีค่าต่ำที่สุดตลอดการเก็บรักษา (รูปที่ 4.20) (ภาคผนวก ก.43) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลาย 20mM arginine สามารถยับยั้งความเครียดในระหว่างการเก็บรักษาได้ เนื่องจากค่า MDA สามารถบ่งบอกการเสื่อมสภาพของเซลล์ได้ โดย MDA เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาลิพิดออกซิเดชัน (Lipid oxidation) (Skorzynska, 2007)



รูปที่ 4.20 ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคน้ำที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

#### 4.2.10 ปริมาณ Hydrogen peroxide

ปริมาณ Hydrogen peroxide มีค่าสูงที่สุดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเฉพาะผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคน้ำที่ไม่ได้มีการจุ่มสารละลาย (ชุดควบคุม) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ Hydrogen peroxide พบว่าชุดควบคุมมีปริมาณ Hydrogen peroxide สูงที่สุด ซึ่งค่า Hydrogen peroxide เป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณความเครียดที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (รูปที่ 4.21) (ภาคผนวก ก.44)



รูปที่ 4.21 ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Hydrogen peroxide ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคน้ำที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

## บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของอาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสม พบว่าการใช้สารละลายอาร์จินีนสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคแปรรูปพร้อมบริโภคได้ โดยประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจะแปรผันตามความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งจากการทดลอง พบว่าการใช้สารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 20mM สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด นอกจากนี้มีการศึกษาการนำสารละลายแคลเซียมแลคเตทมาใช้ในการยับยั้งสีน้ำตาล พบว่าการใช้แคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 1.5-3.0% สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ ดังนั้นการใช้แคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 1.5% เพียงพอต่อการนำมาใช้ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคแปรรูปพร้อมบริโภค

นอกจากนี้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของอาร์จินีนและแคลเซียมแลคเตทในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมี พบว่าการใช้สารละลายในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคได้ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ดังนั้นการใช้สารละลาย 20mM arginine เพียงอย่างเดียวในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลก็เพียงพอ จากการศึกษการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี เช่น ปริมาณ วิตามินซีในรูปแบบ Ascorbic acid และ Dehydroascorbic acid, สารประกอบฟีนอล, กิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ MDA และ Hydrogen peroxide พบว่าการใช้อาร์จินีนในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลสัมพันธ์กับการลดลงของสารประกอบฟีนอล และกิจกรรมของเอนไซม์ PAL นอกจากนี้ยังพบว่าอาร์จินีนมีผลยับยั้งความเครียดระหว่างการเก็บรักษา โดยพิจารณาจากค่าปริมาณ MDA และ Hydrogen peroxide ที่มีค่าคงตัวในระหว่างการเก็บรักษา และมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่นๆ

เมื่อพิจารณาการนำแคลเซียมแลคเตทมาใช้ยับยั้งในกระบวนการเกิดสีน้ำตาล พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าการใช้สารละลายอาร์จินีน และเมื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างเอนไซม์ในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลและความเครียด พบว่ามีความสัมพันธ์ที่ไม่ชัดเจน แต่หากมีการใช้ร่วมกับสารละลายอาร์จินีนจะเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล อาจเป็นไปได้ว่าการใช้แคลเซียมแลคเตทมีผลทำให้เกิดความแข็งแรงภายในเซลล์จึงทำให้สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างเซลล์ เนื่องจากมีรายงานว่าแคลเซียมแลคเตทมีผลต่อความแข็งแรงของเซลล์พืช
2. ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระภายในเซลล์เพิ่มเติม เนื่องจากสารอาร์จินีนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ MDA และ Hydrogen peroxide ค่อนข้างชัดเจน

### บรรณานุกรม

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการหายใจของพืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2544. สรีรวิทยาการพัฒนากาการพืช. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.
- Abd-Elhady, M. 2014. Effect of citric acid, calcium lactate and low temperature prefreezing treatment on the quality of frozen strawberry. *Annals of Agricultural Sciences* 59: 69–75.
- Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology* 7: 179–187.
- Alandes, L., Pérez-Munuera, I., Llorca, E., Quiles, A. and Hernando, I. 2009. Use of calcium lactate to improve structure of “Flor de Invierno” fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology* 53: 145–151.
- Barand, A., Nasibi, F. and ManouchehriKalantari, Kh. 2015. The Effect of arginine pretreatment in the increase of cold tolerance in *Pistacia vera* L. in vitro. *Russian Agricultural Sciences* 41(5): 340–346.
- Broadford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248–254.
- Choi, Y. J., Tomas-Barberan, F. A. and Saltveit, M. E. 2005. Wound-induced phenolic accumulation and browning in lettuce (*Lactuca sativa* L.) leaf tissue is reduced by exposure to n-alcohols. *Postharvest Biology and Technology* 37: 47–55.
- Chutichudet, B., Chutichudet P. and Kaewsit, S. 2011. Influence of Developmental Stage on Activities of Polyphenol Oxidase, Internal Characteristics and Colour of Lettuce cv. Grand Rapids. *American Journal of Food Technology* 6 (3): 215-225.
- Deza-Durand, K. M. and Petersen, M. A. 2011. The effect of cutting direction on aroma compounds and respiration rate of fresh-cut iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Postharvest Biology and Technology* 61(1): 83–90.
- Hodges, D.M., DeLong, J.M., Forney, C.F. and Prange, R.K. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta* 207: 604-611.
- Hunter, D. C. and Burritt, D. J. 2005. Light quality influences the polyamine content of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cotyledon explants during shoot production in vitro. *Plant Growth Regulation* 45: 53–61.
- Huque, R., Willsa, R.B.H., Pristijono P. and Goldinga, J.B. 2013. Effect of nitric oxide (NO) and associated control treatments on the metabolism of fresh-cut apple slices in

- relation to development of surface browning. *Postharvest Biology and Technology* 78: 16–23.
- Huxsoll, C. C. and Bolin, H. R. 1989. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* 43(2): 124-128.
- Hyodo, H., Kuroda, H. and Yang S. F. 1978. Induction of phenylalanine ammonia-lyase and increase in phenolics in lettuce leaves in relation to the development of russet spotting caused by ethylene. *Plant Physiology* 62: 31-35.
- Iakimova, E.T. and Woltering, E.J. 2015. Nitric oxide prevents wound-induced browning and delays senescence through inhibition of hydrogen peroxide accumulation in fresh-cut lettuce. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 30: 157–169.
- Jubault, M., Hamon, C., Gravot, A., Lariagon, C., Delourme, R., Bouchereau, A. and Manzaneres-Dauleux, M.J. 2008. Differential regulation of root arginine catabolism and polyamine metabolism in clubroot-susceptible and partially resistant *Arabidopsis* genotypes. *Plant Physiology* 146: 2008–2019.
- Ke, D. and Saltveit, M.E., 1989. Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. *Physiological Plant* 76: 412–418.
- Ketsa, S. and Atantee, S. 1998. Phenolics, lignin, peroxidase activity and increased firmness of damaged pericarp of mangosteen fruit after impact. *Postharvest Biology and Technology* 14: 117-124
- Kou, L., Yang, T., Liu, X. and Luo, Y. 2015. Effects of pre- and postharvest calcium treatments on shelf life and postharvest quality of broccoli microgreens. *HortScience* 50(12): 1801-1808.
- Lamattina, L., Garcia-Mata, C., Graziano, M. and Pagnussat, G. 2003. Nitric oxide: the versatility of an extensive signal molecule. *Annual Review of Plant Biology* 54: 109-136.
- Landi, M., Degl'Innocenti, E., Guglielminetti, L. and Guidi, L. 2013. Role of ascorbic acid in the inhibition of polyphenol oxidase and the prevention of browning in different browning-sensitive *Lactuca sativa* var. *capitata* (L.) and *Eruca sativa* (Mill.) stored as fresh-cut produce. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93(8): 1814-1819.
- Leshem, Y. Y., Wills, R. B. H. and Ku, V. V. V. 1998. Evidence for the function of the free radical gas – nitric oxide (NO\*) as an endogenous maturation and senescence regulating factor in higher plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 36: 825–833.
- Lai, T., Wang, Y., Li, B., Qin, G. and Tian, S. 2011. Defense responses of tomato fruit to exogenous nitric oxide during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 62(2): 127-132.

- Lichanporn, I. and Techavuthiporn, C. 2003. The effects of nitric oxide and nitrous oxide on enzymatic browning in longkong (*Aglaia dookoo* Griff.). *Postharvest Biology and Technology* 86: 62–65.
- Loaiza-Velarde, J. G. and Saltveit, M. E. 2001. Heat shocks applied either before or after wounding reduce browning of lettuce leaf tissue. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 126(2): 227–234.
- Manganaris, G.A., Vasilakakis, M. Diamantidis, G. and Mignani, I. 2007. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chemistry* 4: 1385–1392.
- Mattoo, A. K. and Handa, A. K. 2008. Higher polyamines restore and enhance metabolic memory in ripening fruit. *Plant Science* 174: 386–393.
- Martin-Diana, A.B., Rico, D., Frias, J.M., Barat, J.M., Henehan, G.T.M. and Barry-Ryan, C. 2005. Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Trends in Food Science and Technology* 18: 210-218.
- Martinez, M.V. and Whitaker, J.R. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends in Food Science and Technology*: 195–200.
- McEvily, A.J., Inengar, R. and Otwell, W.S., 1992. Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. *Critical reviews in food science and nutrition* 32: 253-273.
- Morris, S.M., 2007. Arginine metabolism: boundaries of our knowledge. *Journal of Nutrition* 137: 1602S–1609S.
- Nasibi, F., Farahmand, H., Kamyab, A. and Alipour, S. 2014. Effects of arginine, cysteine and 5-sulfosalicylic acid on of vase life of tuberose cut flowers. *Agricultural Communications* 2(2): 35-41.
- Peiser, G., López-Gálvez, D., Cantwell, M. and Saltveit, M.E. 1998. Phenylalanine ammonia-lyase inhibitors control browning of cut lettuce. *Plant Physiology and Biochemistry* 14: 171–177.
- Peiser, G. Lo´pez-Ga´lvez, G., Cantwell, M. and Saltveit, M. E. 1998. Phenylalanine ammonia lyase inhibitors control browning of cut lettuce. *Postharvest Biology and Technology* 14: 171–177.
- Razzoli, M., Frontini, A., Gurney, A., Mondini, E., Cubuk, C., Katz, L. S., Cero, C., Bolan, P.J., Dopazo, J., Vidal-Puig, A., Cinti, S. and Bartolomucci, A. 2015. Stress-induced activation of brown adipose tissue prevents obesity in conditions of low adaptive thermogenesis. *Molecular Metabolism* 1-15.
- Richard-Forget, F. C., & Gaillard, F. A. 1997. Oxidation of chlorogenic acid, catechins, and 4-methylcatechol in model solutions by combinations of pear (*Pyrus communis* cv. Williams) polyphenol oxidase and peroxidase: A possible involvement of peroxidase in enzymatic browning. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 2472–2476.

- Rico, D., Martin-Diana, A. B., Henehan, G. T. M., Frias, J., Barat, J. M. and Barry-Ryan, C. 2007. Improvement in texture using calcium lactate and heat-shock treatments for stored ready-to-eat carrots. *Journal of Food Engineering* 79: 1196-1206.
- Saltveit, M. E. 2000. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. *Postharvest Biology and Technology* 21: 61-69.
- Shi, J., Gao, L., Zuo, J., Wang, Q., Wang, Q. and Fan, L. 2016. Exogenous sodium nitropusside treatment of broccoli florets extends shelf life, enhances antioxidant enzyme activity, and inhibits chlorophyll-degradation. *Plant Physiology and Biochemistry* 116: 98-104.
- Skorzynska, E. 2007. Lipid peroxidation in plant cells, its physiological role and changes under heavy metal stress. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 76: 49-54.
- Tomás-Barberán, F.A., Loaiza-Velarde, J., Bonfanti, A. and Saltveit, M.E. 1997. Early wound- and ethylene-induced changes in phenylpropanoid metabolism in harvested lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122 (3): 399-404.
- Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. *Plant Science* 151: 59-66.
- Wang, Y., Luo, Z., Khan, Z.U., Mao, L. and Ying, T. 2015. Effect of nitric oxide on energy metabolism in postharvest banana fruit in response to chilling stress. *Postharvest Biology and Technology* 108: 21-27.
- Wills, R. B. H. and Li, Y. 2016. Use of arginine to inhibit browning on fresh cut apple and lettuce. *Postharvest Biology and Technology* 113: 66-68.
- Wills, R.B.H., Pristijono, P., Golding, J.B., 2008. Browning on the surface of cut lettuce slices inhibited by short term exposure to nitric oxide (NO). *Food Chemistry*: 107: 1387-1392.
- Xu, M., Dong, J., Zhang, M., Xu, X. and Sun, L. 2012. Cold-induced endogenous nitric oxide generation plays a role in chilling tolerance of loquat fruit during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 65: 5-12.
- Zhang, X., Ji, N., Zhen, F., Ren, P. and Li, F. 2014. Metabolism of endogenous arginine in tomato fruit harvested at different ripening stages. *Scientia Horticulturae*. 179: 349-355.
- Zhang, X., Shen, L., Li, F., Meng, D. and Sheng, J. 2013. Amelioration of chilling stress by arginine in tomato fruit: Change in endogenous arginine catabolism. *Postharvest Biology and Technology* 76: 106-111.
- Zhang, X., Shen, L., Li, F., Zhang, Y., Meng, D., Sheng, J., 2010. Up-regulating arginase contributes to amelioration of chilling stress and the antioxidant system in cherry tomato fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90: 2195-2202.

Zhang, X., Sheng, J., Li, F., Meng, D. and Shen, L. 2012. Methyl jasmonate alters arginine catabolism and improve postharvest chilling tolerance in cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 64: 160-167.

ภาคผนวก ก.  
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตารางที่ ก.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

ชุดการทดลอง	การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	0.00	1.95±0.24	4.33±0.54	6.57±0.52	8.06±0.66
0.5mM Arginine	0.00	1.60±0.35	3.21±0.30	6.38±0.30	6.97±0.68
1.0mM Arginine	0.00	2.55±0.59	3.48±0.24	5.84±0.60	6.74±0.20
5.0mM Arginine	0.00	1.97±0.30	2.35±0.48	5.80±0.53	6.91±0.69
10.0mM Arginine	0.00	1.65±0.22	3.35±0.38	5.36±0.35	6.76±0.25
20.0mM Arginine	0.00	1.97±0.08	2.86±0.39	4.51±0.78	6.57±0.24
% CV	0.00	0.298	0.262	0.182	0.127
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.2 ค่าการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

ชุดการทดลอง	ค่าการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) (1-5 คะแนน)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	0.00	0.27±0.08 <sup>ab</sup>	1.07±0.05 <sup>a</sup>	2.77±0.08 <sup>a</sup>	3.67±0.09 <sup>a</sup>
0.5mM Arginine	0.00	0.37±0.09 <sup>ab</sup>	0.53±0.09 <sup>b</sup>	2.47±0.09 <sup>ab</sup>	3.47±0.09 <sup>a</sup>
1.0mM Arginine	0.00	0.43±0.09 <sup>ab</sup>	0.23±0.08 <sup>c</sup>	2.43±0.09 <sup>bc</sup>	3.00±0.00 <sup>b</sup>
5.0mM Arginine	0.00	0.07±0.05 <sup>bc</sup>	0.23±0.08 <sup>c</sup>	2.13±0.06 <sup>cd</sup>	3.33±0.09 <sup>ab</sup>
10.0mM Arginine	0.00	0.00±0.00 <sup>c</sup>	0.07±0.05 <sup>c</sup>	2.10±0.06 <sup>d</sup>	2.50±0.09 <sup>c</sup>
20.0mM Arginine	0.00	0.00±0.00 <sup>c</sup>	0.00±0.00 <sup>c</sup>	1.10±0.06 <sup>e</sup>	2.23±0.09 <sup>c</sup>
% CV	0.00	2.08	1.41	0.31	0.23
F-test	ns	***	***	***	***

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยนี้โดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.3 ค่า L ปริมาณเส้นใยของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

ชุดการทดลอง	ค่า L ปริมาณเส้นใย				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	55.31±0.97	52.34±0.58 <sup>a</sup>	52.94±0.62 <sup>a</sup>	55.39±0.42	55.59±0.64
0.5mM Arginine	55.31±0.97	51.53±0.77 <sup>a</sup>	53.27±0.66 <sup>a</sup>	56.15±0.74	55.71±0.52
1.0mM Arginine	55.31±0.97	53.83±0.76 <sup>a</sup>	53.81±0.57 <sup>a</sup>	56.19±0.64	53.52±0.69
5.0mM Arginine	55.31±0.97	55.55±0.62 <sup>b</sup>	52.76±0.67 <sup>a</sup>	54.25±0.51	56.08±0.76
10.0mM Arginine	55.31±0.97	54.41±0.78 <sup>ab</sup>	53.93±0.70 <sup>a</sup>	54.79±0.76	56.11±0.50
20.0mM Arginine	55.31±0.97	54.93±0.58 <sup>ab</sup>	55.95±0.57 <sup>b</sup>	56.10±0.65	57.13±0.61
% CV	0.076	0.058	0.053	0.049	0.153
F-test	ns	***	**	ns	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.4 ค่า a\* บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

ชุดการทดลอง	ค่า a* บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	-8.45±0.34	-5.52±0.28	-5.21±0.24 <sup>ab</sup>	-1.95±0.23 <sup>a</sup>	-1.91±0.62
0.5mM Arginine	-8.45±0.34	-5.27±0.27	-4.86±0.28 <sup>ab</sup>	-3.42±0.27 <sup>b</sup>	-2.13±0.47
1.0mM Arginine	-8.45±0.34	-5.16±0.18	-4.85±0.37 <sup>ab</sup>	-3.73±0.36 <sup>b</sup>	-2.66±0.42
5.0mM Arginine	-8.45±0.34	-5.26±0.18	-5.51±0.28 <sup>a</sup>	-4.76±0.28 <sup>bc</sup>	-2.38±0.29
10.0mM Arginine	-8.45±0.34	-5.41±0.33	-5.55±0.23 <sup>a</sup>	-5.02±0.43 <sup>c</sup>	-2.68±0.40
20.0mM Arginine	-8.45±0.34	-4.56±0.28	-4.12±0.37 <sup>b</sup>	-4.32±0.47 <sup>bc</sup>	-3.61±0.38
% CV	0.178	0.213	0.268	0.464	0.063
F-test	ns	ns	*	***	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.5 ค่า b\* บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

ชุดการทดลอง	ค่า b* บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	26.51±0.69	18.39±0.54 <sup>a</sup>	20.04±0.38 <sup>a</sup>	17.36±0.56 <sup>a</sup>	18.46±0.86
0.5mM Arginine	26.51±0.69	19.35±0.51 <sup>ab</sup>	21.25±0.66 <sup>ab</sup>	20.15±0.43 <sup>b</sup>	20.32±0.78
1.0mM Arginine	26.51±0.69	20.84±0.89 <sup>b</sup>	21.76±0.59 <sup>ab</sup>	21.31±0.50 <sup>bc</sup>	20.03±0.72
5.0mM Arginine	26.51±0.69	20.65±0.45 <sup>ab</sup>	22.04±0.42 <sup>ab</sup>	21.67±0.63 <sup>bc</sup>	19.43±0.57
10.0mM Arginine	26.51±0.69	19.79±0.54 <sup>ab</sup>	22.67±0.42 <sup>b</sup>	21.73±0.78 <sup>bc</sup>	19.03±0.62
20.0mM Arginine	26.51±0.69	19.60±0.49 <sup>ab</sup>	21.34±0.53 <sup>ab</sup>	22.95±0.64 <sup>c</sup>	22.10±0.68
% CV	0.113	0.126	0.105	0.147	0.073
F-test	ns	*	*	***	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.6 ค่า Hue angle บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

ชุดการทดลอง	ค่า Hue angle บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	107.57±0.33	106.61±0.63 <sup>a</sup>	104.51±0.51 <sup>a</sup>	95.11±1.03 <sup>a</sup>	94.66±1.94
0.5mM Arginine	107.57±0.33	105.26±0.73 <sup>ab</sup>	102.94±0.61 <sup>ab</sup>	99.49±0.66 <sup>b</sup>	95.63±1.19
1.0mM Arginine	107.57±0.33	104.37±0.44 <sup>ab</sup>	102.24±0.64 <sup>ab</sup>	99.78±0.73 <sup>b</sup>	97.41±1.09
5.0mM Arginine	107.57±0.33	104.30±0.42 <sup>ab</sup>	103.92±0.53 <sup>a</sup>	102.45±0.56 <sup>b</sup>	96.86±0.75
10.0mM Arginine	107.57±0.33	105.13±0.57 <sup>ab</sup>	103.81±0.42 <sup>a</sup>	102.66±0.74 <sup>b</sup>	97.59±1.07
20.0mM Arginine	107.57±0.33	103.05±0.71 <sup>b</sup>	101.01±0.74 <sup>b</sup>	100.47±0.83 <sup>b</sup>	99.01±0.83
% CV	0.014	0.025	0.026	0.041	0.016
F-test	ns	**	***	***	ns

#### หมายเหตุ

- ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ  
 \*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์  
 \*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์  
 \* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์  
 1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)  
 ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.7 ค่า Chroma บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

ชุดการทดลอง	ค่า Chroma บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	28.13±0.73	19.19±0.58	20.72±0.41 <sup>a</sup>	17.63±0.57 <sup>a</sup>	18.66±0.88
0.5mM Arginine	28.13±0.73	20.09±0.53	21.83±0.69 <sup>ab</sup>	20.47±0.45 <sup>b</sup>	20.50±0.80
1.0mM Arginine	28.13±0.73	20.81±0.36	22.43±0.64 <sup>ab</sup>	21.66±0.56 <sup>bc</sup>	20.26±0.74
5.0mM Arginine	28.13±0.73	21.31±0.46	22.73±0.46 <sup>ab</sup>	22.20±0.66 <sup>bc</sup>	19.60±0.56
10.0mM Arginine	28.13±0.73	20.54±0.60	23.19±0.44 <sup>b</sup>	22.33±0.85 <sup>bc</sup>	19.27±0.65
20.0mM Arginine	28.13±0.73	20.14±0.51	21.77±0.57 <sup>ab</sup>	23.41±0.70 <sup>c</sup>	22.39±0.70
% CV	0.113	0.109	0.109	0.153	0.068
F-test	ns	ns	*	***	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.8 ค่า L ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

ชุดการทดลอง	ค่า L ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	48.59±0.40	46.35±0.63	46.30±0.54 <sup>a</sup>	49.31±0.89	47.71±0.63 <sup>a</sup>
0.5mM Arginine	48.59±0.40	48.06±0.61	46.66±0.55 <sup>a</sup>	50.05±0.59	49.90±0.75 <sup>ab</sup>
1.0mM Arginine	48.59±0.40	46.25±0.44	47.87±0.52 <sup>a</sup>	49.93±0.66	49.26±0.36 <sup>ab</sup>
5.0mM Arginine	48.59±0.40	47.33±0.72	46.89±0.50 <sup>a</sup>	48.90±0.61	50.60±0.70 <sup>b</sup>
10.0mM Arginine	48.59±0.40	46.46±0.40	48.00±0.47 <sup>a</sup>	49.65±0.41	48.73±0.50 <sup>ab</sup>
20.0mM Arginine	48.59±0.40	46.76±0.59	50.52±0.52 <sup>b</sup>	50.41±0.66	49.94±0.50 <sup>ab</sup>
% CV	0.036	0.052	0.052	0.054	0.052
F-test	ns	ns	***	ns	*

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.9 ค่า a\* ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

ชุดการทดลอง	ค่า a* ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	-11.74±0.16	-10.10±0.26	-10.18±0.11	-10.07±0.15	-10.21±0.14 <sup>ab</sup>
0.5mM Arginine	-11.74±0.16	-10.11±0.12	-10.51±0.17	-10.07±0.20	-9.93±0.23 <sup>a</sup>
1.0mM Arginine	-11.74±0.16	-10.47±0.12	-10.46±0.16	-10.15±0.16	-10.24±0.16 <sup>ab</sup>
5.0mM Arginine	-11.74±0.16	-10.42±0.18	-10.67±0.13	-10.31±0.17	-10.11±0.21 <sup>ab</sup>
10.0mM Arginine	-11.74±0.16	-10.42±0.27	-10.16±0.36	-10.32±0.12	-10.79±0.13 <sup>b</sup>
20.0mM Arginine	-11.74±0.16	-10.50±0.16	-9.83±0.14	-10.16±0.14	-10.13±0.17 <sup>ab</sup>
% CV	0.061	0.079	0.093	0.063	0.073
F-test	ns	ns	ns	ns	*

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.10 ค่า b\* ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

ชุดการทดลอง	ค่า b* ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	32.07±0.55	27.78±0.58 <sup>a</sup>	27.90±0.55 <sup>a</sup>	30.47±0.56	30.51±0.69
0.5mM Arginine	32.07±0.55	30.11±0.35 <sup>b</sup>	31.81±0.52 <sup>b</sup>	31.19±0.52	32.19±0.84
1.0mM Arginine	32.07±0.55	29.90±0.44 <sup>ab</sup>	31.62±0.62 <sup>b</sup>	30.49±0.36	32.07±0.49
5.0mM Arginine	32.07±0.55	29.82±0.74 <sup>ab</sup>	30.22±0.57 <sup>ab</sup>	30.86±0.60	33.16±0.54
10.0mM Arginine	32.07±0.55	29.89±0.54 <sup>ab</sup>	31.50±0.73 <sup>b</sup>	29.87±0.61	32.94±0.49
20.0mM Arginine	32.07±0.55	29.47±0.41 <sup>ab</sup>	30.74±0.48 <sup>b</sup>	31.21±0.57	32.52±0.72
% CV	0.076	0.078	0.091	0.073	0.084
F-test	ns	*	***	ns	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.11 ค่า Hue angle ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

ชุดการทดลอง	ค่า Hue angle ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	110.09±0.20	109.92±0.41	109.78±0.22 <sup>a</sup>	108.38±0.40	108.66±0.46 <sup>a</sup>
0.5mM Arginine	110.09±0.20	108.60±0.32	108.33±0.34 <sup>ab</sup>	107.96±0.35	107.09±0.42 <sup>b</sup>
1.0mM Arginine	110.09±0.20	109.34±0.29	107.82±0.54 <sup>b</sup>	108.46±0.40	107.73±0.27 <sup>ab</sup>
5.0mM Arginine	110.09±0.20	109.49±0.78	109.48±0.33 <sup>ab</sup>	108.24±0.57	106.99±0.34 <sup>b</sup>
10.0mM Arginine	110.09±0.20	109.30±0.42	108.09±0.80 <sup>ab</sup>	109.17±0.40	108.05±0.44 <sup>ab</sup>
20.0mM Arginine	110.09±0.20	109.57±0.21	107.65±0.48 <sup>b</sup>	108.12±0.38	107.40±0.37 <sup>ab</sup>
% CV	0.008	0.017	0.020	0.016	0.016
F-test	ns	ns	**	ns	*

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.12 ค่า Chroma ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายอาร์จินีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10 และ 20mM

ชุดการทดลอง	ค่า Chroma ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	34.34±0.54	29.69±0.58	29.77±0.46 <sup>a</sup>	32.16±0.55	32.14±0.64 <sup>a</sup>
0.5mM Arginine	34.34±0.54	31.77±0.33	33.51±0.51 <sup>b</sup>	32.72±0.53	33.72±0.69 <sup>ab</sup>
1.0mM Arginine	34.34±0.54	31.70±0.42	33.31±0.62 <sup>b</sup>	32.15±0.32	33.67±0.49 <sup>ab</sup>
5.0mM Arginine	34.34±0.54	31.12±0.84	32.06±0.56 <sup>ab</sup>	32.75±0.61	34.67±0.53 <sup>b</sup>
10.0mM Arginine	34.34±0.54	31.37±0.58	33.16±0.66 <sup>b</sup>	31.62±0.58	34.58±0.43 <sup>b</sup>
20.0mM Arginine	34.34±0.54	31.35±0.40	32.43±0.52 <sup>b</sup>	32.83±0.52	34.07±0.68 <sup>ab</sup>
% CV	0.068	0.077	0.078	0.068	0.075
F-test	ns	ns	***	ns	*

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.13 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

ชุดการทดลอง	การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	0.00	2.77±0.47	3.99±0.26	5.22±0.35	7.23±0.45 <sup>a</sup>
1.0% Calcium lactate	0.00	2.52±0.06	4.06±0.43	5.25±0.47	10.32±0.78 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	0.00	2.30±0.24	3.42±0.48	5.16±0.51	8.07±0.27 <sup>ab</sup>
2.0% Calcium lactate	0.00	2.87±0.33	3.49±0.94	4.87±0.14	6.90±0.53 <sup>a</sup>
2.5% Calcium lactate	0.00	2.13±0.13	3.78±0.16	5.34±0.04	6.62±0.42 <sup>a</sup>
3.0% Calcium lactate	0.00	2.35±0.24	3.50±0.29	5.45±0.47	6.38±0.53 <sup>a</sup>
% CV	0.00	0.195	0.208	0.207	0.207
F-test	ns	ns	ns	ns	**

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.14 ค่าการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภครวมการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

ชุดการทดลอง	ค่าการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) (1-5 คะแนน)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	0.00	0.30±0.09	0.33±0.09 <sup>ab</sup>	2.37±0.09	3.53±0.09 <sup>a</sup>
1.0% Calcium lactate	0.00	0.23±0.08	0.57±0.09 <sup>ab</sup>	2.27±0.08	4.00±0.00 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	0.00	0.27±0.08	0.10±0.06 <sup>b</sup>	2.37±0.09	3.00±0.00 <sup>c</sup>
2.0% Calcium lactate	0.00	0.20±0.07	1.10±0.11 <sup>c</sup>	2.37±0.09	3.00±0.00 <sup>c</sup>
2.5% Calcium lactate	0.00	0.23±0.08	0.37±0.09 <sup>ab</sup>	2.13±0.06	3.00±0.00 <sup>c</sup>
3.0% Calcium lactate	0.00	0.23±0.08	0.23±0.08 <sup>ab</sup>	2.20±0.07	3.00±0.00 <sup>c</sup>
% CV	0.00	1.763	1.271	0.198	0.134
F-test	ns	ns	***	ns	***

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.15 ค่า L บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

ชุดการทดลอง	ค่า L บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	55.31±0.97	52.55±0.79 <sup>a</sup>	53.04±0.58	55.54±0.67	55.69±0.85
1.0% Calcium lactate	55.31±0.97	52.45±0.65 <sup>a</sup>	54.59±0.55	55.98±0.43	56.92±0.51
1.5% Calcium lactate	55.31±0.97	54.48±0.43 <sup>b</sup>	54.78±0.39	55.01±0.52	55.27±0.56
2.0% Calcium lactate	55.31±0.97	54.56±0.65 <sup>b</sup>	55.09±0.68	56.16±0.67	56.80±0.51
2.5% Calcium lactate	55.31±0.97	56.32±0.50 <sup>b</sup>	53.84±0.56	54.15±0.87	56.46±0.66
3.0% Calcium lactate	55.31±0.97	54.04±0.62 <sup>b</sup>	53.44±0.66	55.20±0.76	57.15±0.66
% CV	0.076	0.053	0.045	0.051	0.048
F-test	ns	***	ns	ns	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.16 ค่า a\* บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

ชุดการทดลอง	ค่า a* บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	-8.45±0.34	-5.76±0.29 <sup>a</sup>	-5.05±0.25 <sup>a</sup>	-4.21±0.36 <sup>a</sup>	-2.66±0.32
1.0% Calcium lactate	-8.45±0.34	-5.06±0.25 <sup>ab</sup>	-4.03±0.36 <sup>ab</sup>	-1.73±0.41 <sup>b</sup>	-1.49±0.39
1.5% Calcium lactate	-8.45±0.34	-4.49±0.26 <sup>bc</sup>	-4.86±0.26 <sup>a</sup>	-3.73±0.47 <sup>a</sup>	-2.54±0.41
2.0% Calcium lactate	-8.45±0.34	-3.69±0.35 <sup>c</sup>	-3.33±0.39 <sup>b</sup>	-3.44±0.42 <sup>a</sup>	-1.96±0.50
2.5% Calcium lactate	-8.45±0.34	-3.42±0.25 <sup>c</sup>	-4.79±0.38 <sup>a</sup>	-4.79±0.38 <sup>a</sup>	-2.74±0.36
3.0% Calcium lactate	-8.45±0.34	-4.65±0.38 <sup>ac</sup>	-4.25±0.32 <sup>a</sup>	-4.25±0.32 <sup>a</sup>	-2.52±0.43
% CV	0.178	0.320	0.349	0.518	0.755
F-test	ns	***	**	***	ns

#### หมายเหตุ

- ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ  
 \*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์  
 \*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์  
 \* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์  
 1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)  
 ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.17 ค่า b\* บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

ชุดการทดลอง	ค่า b* บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	26.51±0.69	20.41±0.66	20.30±0.36	20.44±0.54	18.88±0.62
1.0% Calcium lactate	26.51±0.69	20.86±0.76	20.01±0.85	20.96±0.70	20.31±0.76
1.5% Calcium lactate	26.51±0.69	21.57±0.44	21.86±0.59	20.87±0.66	20.56±0.98
2.0% Calcium lactate	26.51±0.69	21.55±0.64	19.95±0.50	21.95±0.50	19.31±0.64
2.5% Calcium lactate	26.51±0.69	20.03±0.74	20.79±0.57	22.27±0.84	22.02±0.81
3.0% Calcium lactate	26.51±0.69	21.43±0.67	21.61±0.66	21.49±0.42	19.93±0.83
% CV	0.113	0.129	0.127	0.124	0.168
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.18 ค่า Hue angle บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโศคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

ชุดการทดลอง	ค่า Hue angle บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	107.57±0.33	105.72±0.56 <sup>a</sup>	103.93±0.61 <sup>a</sup>	101.29±0.85 <sup>a</sup>	97.79±0.89
1.0% Calcium lactate	107.57±0.33	103.90±0.77 <sup>b</sup>	100.92±0.79 <sup>ab</sup>	94.24±1.11 <sup>b</sup>	93.85±1.15
1.5% Calcium lactate	107.57±0.33	101.66±0.52 <sup>c</sup>	102.57±0.50 <sup>a</sup>	99.70±1.09 <sup>a</sup>	97.00±0.93
2.0% Calcium lactate	107.57±0.33	99.43±0.73 <sup>d</sup>	99.34±0.99 <sup>b</sup>	98.53±0.98 <sup>a</sup>	95.17±1.48
2.5% Calcium lactate	107.57±0.33	99.28±0.47 <sup>d</sup>	103.02±0.62 <sup>a</sup>	102.53±0.66 <sup>a</sup>	96.97±0.79
3.0% Calcium lactate	107.57±0.33	102.02±0.60 <sup>bc</sup>	102.40±1.02 <sup>a</sup>	101.04±0.72 <sup>a</sup>	96.91±1.04
% CV	0.014	0.033	0.035	0.047	0.048
F-test	ns	***	**	***	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.19 ค่า Chroma บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

ชุดการทดลอง	ค่า Chroma บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	28.13±0.73	21.22±0.69	20.94±0.37	20.95±0.60	19.10±0.64
1.0% Calcium lactate	28.13±0.73	21.49±0.76	20.43±0.89	20.54±0.56	20.45±0.77
1.5% Calcium lactate	28.13±0.73	22.05±0.48	22.14±0.48	20.98±0.58	20.76±1.00
2.0% Calcium lactate	28.13±0.73	21.89±0.68	20.49±0.47	22.20±0.54	19.55±0.67
2.5% Calcium lactate	28.13±0.73	20.48±1.01	21.36±0.58	23.06±0.81	22.23±0.83
3.0% Calcium lactate	28.13±0.73	22.01±0.72	22.21±0.74	23.60±1.79	20.15±0.86
% CV	0.113	0.131	0.125	0.183	0.171
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

#### หมายเหตุ

- ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ  
 \*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์  
 \*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์  
 \* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์  
 1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)  
 ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.20 ค่า L ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคน้ำที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

ชุดการทดลอง	ค่า L ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	48.59±0.40	46.96±0.73 <sup>ab</sup>	47.91±0.54	49.03±0.52	51.56±0.66
1.0% Calcium lactate	48.59±0.40	44.73±0.84 <sup>ab</sup>	48.39±0.84	51.07±0.54	51.89±0.62
1.5% Calcium lactate	48.59±0.40	48.48±0.56 <sup>b</sup>	47.91±0.48	50.53±0.63	51.51±0.53
2.0% Calcium lactate	48.59±0.40	49.07±0.59 <sup>b</sup>	49.79±0.61	51.21±0.65	51.75±0.82
2.5% Calcium lactate	48.59±0.40	49.13±0.53 <sup>b</sup>	48.78±0.48	51.07±0.52	51.40±0.61
3.0% Calcium lactate	48.59±0.40	49.18±0.67 <sup>b</sup>	48.83±0.59	49.95±0.65	52.44±0.66
% CV	0.036	0.067	0.053	0.051	0.053
F-test	ns	***	ns	ns	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.21 ค่า a\* ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคน้ำที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

ชุดการทดลอง	ค่า a* ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	-11.74±0.16	-10.46±0.17 <sup>a</sup>	-10.21±0.15	-10.18±0.15 <sup>ab</sup>	-9.42±0.19
1.0% Calcium lactate	-11.74±0.16	-10.57±0.11 <sup>a</sup>	-10.45±0.21	-9.73±0.24 <sup>ab</sup>	-8.37±1.12
1.5% Calcium lactate	-11.74±0.16	-9.96±0.19 <sup>ab</sup>	-10.40±0.16	-9.65±0.25 <sup>ab</sup>	-9.41±0.26
2.0% Calcium lactate	-11.74±0.16	-9.52±0.19 <sup>b</sup>	-10.28±0.19	-9.31±0.31 <sup>a</sup>	-8.36±1.17
2.5% Calcium lactate	-11.74±0.16	-9.25±0.25 <sup>b</sup>	-10.11±0.16	-9.87±0.14 <sup>ab</sup>	-8.85±0.40
3.0% Calcium lactate	-11.74±0.16	-9.66±0.27 <sup>b</sup>	-10.36±0.22	-10.29±0.19 <sup>b</sup>	-9.68±0.17
% CV	0.061	0.094	0.075	0.100	0.325
F-test	ns	***	ns	*	ns

#### หมายเหตุ

- ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ  
 \*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์  
 \*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์  
 \* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์  
 1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)  
 ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.22 ค่า b\* ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

ชุดการทดลอง	ค่า b* ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	32.07±0.55	30.12±0.61	30.08±0.65 <sup>a</sup>	30.48±0.56	31.16±0.77
1.0% Calcium lactate	32.07±0.55	29.97±0.60	32.92±0.43 <sup>b</sup>	31.80±0.51	32.57±0.34
1.5% Calcium lactate	32.07±0.55	31.07±0.47	31.64±0.71 <sup>ab</sup>	31.71±0.50	33.26±0.64
2.0% Calcium lactate	32.07±0.55	30.60±0.55	32.29±0.63 <sup>ab</sup>	33.44±1.82	32.59±0.62
2.5% Calcium lactate	32.07±0.55	31.64±0.80	32.13±0.52 <sup>ab</sup>	31.55±0.54	32.25±0.58
3.0% Calcium lactate	32.07±0.55	30.69±0.66	32.51±0.46 <sup>b</sup>	33.08±0.42	32.82±0.42
% CV	0.076	0.082	0.080	0.118	0.077
F-test	ns	ns	*	ns	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.23 ค่า Hue angle ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการรุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

ชุดการทดลอง	ค่า Hue angle ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	110.09±0.20	109.24±0.42	108.89±0.50	108.57±0.45	106.97±0.54
1.0% Calcium lactate	110.09±0.20	109.53±0.36	107.64±0.42	107.06±0.48	106.35±0.34
1.5% Calcium lactate	110.09±0.20	107.82±0.40	108.24±0.33	106.87±0.46	106.03±0.53
2.0% Calcium lactate	110.09±0.20	107.46±0.41	107.74±0.38	106.48±0.62	106.46±0.58
2.5% Calcium lactate	110.09±0.20	106.37±0.58	107.54±0.41	107.43±0.33	105.58±0.81
3.0% Calcium lactate	110.09±0.20	107.51±0.42	107.72±0.39	107.31±0.38	106.48±0.38
% CV	0.008	0.046	0.508	0.939	0.022
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

#### หมายเหตุ

- ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ  
 \*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์  
 \*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์  
 \* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์  
 1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยนี้โดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)  
 ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.24 ค่า Chroma ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการจุ่มสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0%

ชุดการทดลอง	ค่า Chroma ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	34.34±0.54	31.90±0.59	31.84±0.59 <sup>a</sup>	32.15±0.53 <sup>a</sup>	32.57±0.73
1.0% Calcium lactate	34.34±0.54	31.90±0.59	34.57±0.39 <sup>b</sup>	33.28±0.49 <sup>ab</sup>	33.92±0.32
1.5% Calcium lactate	34.34±0.54	32.64±0.45	33.31±0.69 <sup>ab</sup>	33.06±0.50 <sup>ab</sup>	34.27±0.56
2.0% Calcium lactate	34.34±0.54	32.07±0.53	33.90±0.62 <sup>ab</sup>	33.03±0.55 <sup>ab</sup>	34.00±0.61
2.5% Calcium lactate	34.34±0.54	32.95±0.91	33.70±0.49 <sup>ab</sup>	33.07±0.52 <sup>ab</sup>	33.34±0.56
3.0% Calcium lactate	34.34±0.54	32.19±0.67	34.14±0.46 <sup>b</sup>	34.65±0.40 <sup>b</sup>	34.21±0.40
% CV	0.068	0.046	0.073	0.066	0.070
F-test	ns	ns	*	*	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.25 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคน้ำหนักที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	0.00	1.97±0.13	2.99±0.30	5.82±0.62	8.97±2.06
20mM Arginine	0.00	2.53±0.27	3.18±0.48	6.52±0.19	5.98±0.57
1.5% Calcium lactate	0.00	1.81±0.18	3.42±0.22	4.31±0.85	6.25±1.47
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	0.00	2.19±0.12	4.18±0.37	3.96±0.71	6.32±0.68
% CV	0.00	0.185	0.205	0.283	0.342
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.26 ค่าการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคน้ำตาลที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ค่าการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) (1-5 คะแนน)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	0.00	0.00±0.00	0.70±0.09 <sup>a</sup>	2.47±0.09 <sup>a</sup>	3.33±0.09 <sup>a</sup>
20mM Arginine	0.00	0.00±0.00	0.17±0.07 <sup>b</sup>	1.40±0.10 <sup>bc</sup>	1.77±0.17 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	0.00	0.00±0.00	0.47±0.09 <sup>a</sup>	1.67±0.12 <sup>b</sup>	2.00±0.17 <sup>b</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	0.00	0.00±0.00	0.10±0.06 <sup>b</sup>	1.10±0.06 <sup>c</sup>	1.57±0.18 <sup>b</sup>
% CV	0.00	0.00	1.34	1.66	2.17
F-test	ns	ns	***	***	***

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.27 ค่า L บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคน้ำที่ไม่มีสารจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ค่า L บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	53.87±0.42	50.92±0.43 <sup>a</sup>	53.59±0.53 <sup>a</sup>	52.95±0.37 <sup>a</sup>	52.27±0.58 <sup>a</sup>
20mM Arginine	53.87±0.42	51.61±0.56 <sup>a</sup>	51.70±0.60 <sup>b</sup>	53.54±0.42 <sup>a</sup>	52.57±0.51 <sup>a</sup>
1.5% Calcium lactate	53.87±0.42	50.71±0.45 <sup>a</sup>	52.26±0.56 <sup>b</sup>	53.06±0.49 <sup>a</sup>	54.21±0.57 <sup>b</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	53.87±0.42	53.29±0.59 <sup>b</sup>	52.86±0.55 <sup>ab</sup>	54.89±0.33 <sup>b</sup>	54.36±0.49 <sup>b</sup>
% CV	0.042	0.057	0.047	0.044	0.057
F-test	ns	**	*	**	**

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.28 ค่า a\* บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ค่า a* บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	-5.69±0.16	-5.81±0.16 <sup>a</sup>	-5.64±0.18	-3.33±0.20 <sup>a</sup>	-2.94±0.35 <sup>a</sup>
20mM Arginine	-5.69±0.16	-5.18±0.19 <sup>b</sup>	-6.12±0.15	-4.80±0.17 <sup>b</sup>	-4.20±0.29 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	-5.69±0.16	-5.48±0.14 <sup>ab</sup>	-5.93±0.15	-4.49±0.16 <sup>b</sup>	-4.15±0.21 <sup>b</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	-5.69±0.16	-4.98±0.19 <sup>b</sup>	-5.75±0.19	-4.98±0.15 <sup>b</sup>	-4.19±0.30 <sup>b</sup>
% CV	0.148	0.183	0.123	0.257	0.427
F-test	ns	**	ns	***	**

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.29 ค่า b\* บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ค่า b* บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	20.38±0.42	19.52±0.33 <sup>a</sup>	21.09±0.45	20.75±0.29	22.20±0.46 <sup>a</sup>
20mM Arginine	20.38±0.42	19.22±0.37 <sup>a</sup>	21.41±0.59	19.88±0.42	20.01±0.46 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	20.38±0.42	18.93±0.39 <sup>a</sup>	21.14±0.41	20.49±0.39	21.84±0.40 <sup>a</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	20.38±0.42	21.03±0.56 <sup>b</sup>	21.37±0.34	20.46±0.30	21.40±0.36 <sup>a</sup>
% CV	0.111	0.123	0.091	0.096	0.014
F-test	ns	**	ns	ns	**

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.30 ค่า Hue angle บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโกลที่<sup>1</sup>ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ค่า Hue angle บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	105.56±0.26	106.56±0.32 <sup>a</sup>	105.17±0.45	99.04±0.57 <sup>a</sup>	97.57±0.90 <sup>a</sup>
20mM Arginine	105.56±0.26	105.11±0.52 <sup>b</sup>	106.08±0.55	103.68±0.51 <sup>b</sup>	101.95±0.84 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	105.56±0.26	106.31±0.38 <sup>a</sup>	105.89±0.44	102.52±0.54 <sup>b</sup>	100.93±0.61 <sup>b</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	105.56±0.26	103.50±0.58 <sup>c</sup>	105.05±0.41	103.68±0.33 <sup>b</sup>	101.33±0.84 <sup>b</sup>
% CV	0.013	0.026	0.019	0.032	0.047
F-test	ns	***	ns	***	***

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.31 ค่า Chroma บริเวณเส้นใบของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ค่า Chroma บริเวณเส้นใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	21.17±0.43	20.38±0.35 <sup>ab</sup>	21.58±0.34	21.04±0.29	22.80±0.35 <sup>a</sup>
20mM Arginine	21.17±0.43	19.93±0.38 <sup>a</sup>	22.19±0.53	20.48±0.42	20.49±0.46 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	21.17±0.43	19.63±0.40 <sup>a</sup>	21.99±0.40	21.03±0.37	22.27±0.39 <sup>a</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	21.17±0.43	21.65±0.54 <sup>b</sup>	22.14±0.35	21.06±0.31	21.81±0.35 <sup>ab</sup>
% CV	0.111	0.119	0.079	0.092	0.104
F-test	ns	**	ns	ns	***

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.32 ค่า L ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโคที่<sup>1</sup>ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ค่า L ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	46.68±0.37	45.56±0.44 <sup>a</sup>	45.83±0.62	46.52±0.36	45.52±0.38 <sup>a</sup>
20mM Arginine	46.68±0.37	46.15±0.42 <sup>ab</sup>	45.02±0.37	45.60±0.38	46.62±0.42 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	46.68±0.37	45.58±0.40 <sup>ab</sup>	44.27±0.70	45.89±0.30	47.16±0.36 <sup>b</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	46.68±0.37	47.19±0.48 <sup>b</sup>	45.96±0.38	46.36±0.38	47.42±0.41 <sup>b</sup>
% CV	0.042	0.053	0.066	0.043	0.048
F-test	ns	*	ns	ns	**

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.33 ค่า a\* ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคน้ำที่ไม่มีสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ค่า a* ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	-10.44±0.11	-10.36±0.31	-10.61±0.16	-10.44±0.06 <sup>a</sup>	-10.57±0.10 <sup>a</sup>
20mM Arginine	-10.44±0.11	-10.05±0.16	-10.82±0.07	-10.34±0.11 <sup>a</sup>	-9.96±0.14 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	-10.44±0.11	-10.49±0.07	-10.89±0.11	-10.43±0.06 <sup>a</sup>	-10.04±0.16 <sup>b</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	-10.44±0.11	-9.75±0.20	-10.66±0.10	-10.00±0.15 <sup>b</sup>	-9.96±0.13 <sup>b</sup>
% CV	0.058	0.114	0.058	0.057	0.077
F-test	ns	ns	ns	**	**

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.34 ค่า b\* ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคน้ำที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ค่า b* ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	29.80±0.47	29.73±0.42	29.36±0.52	28.28±0.42	28.04±0.47
20mM Arginine	29.80±0.47	29.23±0.44	29.03±0.48	27.75±0.44	27.97±0.45
1.5% Calcium lactate	29.80±0.47	29.02±0.40	29.26±0.50	28.12±0.32	28.32±0.32
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	29.80±0.47	29.65±0.50	29.32±0.39	28.28±0.49	27.75±0.39
% CV	0.086	0.082	0.088	0.082	0.080
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.35 ค่า Hue angle ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ค่า Hue angle ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	109.38±0.30	109.83±0.35 <sup>a</sup>	110.02±0.43	110.06±0.39	110.86±0.29 <sup>a</sup>
20mM Arginine	109.38±0.30	109.07±0.41 <sup>ab</sup>	110.68±0.32	110.55±0.36	109.73±0.41 <sup>ab</sup>
1.5% Calcium lactate	109.38±0.30	109.95±0.26 <sup>a</sup>	110.53±0.32	110.46±0.25	109.55±0.30 <sup>b</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	109.38±0.30	108.35±0.50 <sup>b</sup>	110.06±0.29	109.27±0.45	109.84±0.39 <sup>ab</sup>
% CV	0.015	0.020	0.017	0.019	0.018
F-test	ns	*	ns	ns	*

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.36 ค่า Chroma ของใบผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ค่า Chroma ของใบ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	31.59±0.46	31.60±0.39	31.26±0.49	30.16±0.41	29.85±0.46
20mM Arginine	31.59±0.46	30.92±0.42	30.84±0.49	29.62±0.42	29.71±0.42
1.5% Calcium lactate	31.59±0.46	30.87±0.39	31.24±0.49	29.94±0.30	30.06±0.32
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	31.59±0.46	31.24±0.46	31.21±0.37	30.03±0.46	29.50±0.37
% CV	0.078	0.073	0.080	0.073	0.072
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.37 ปริมาณ Ascorbic acid ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ปริมาณ Ascorbic acid (mg/100g)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	3.43±0.26	5.38±0.16 <sup>a</sup>	4.36±0.16 <sup>a</sup>	4.58±0.16 <sup>a</sup>	4.78±0.26 <sup>a</sup>
20mM Arginine	3.43±0.26	3.99±0.25 <sup>b</sup>	2.58±0.18 <sup>b</sup>	2.73±0.07 <sup>b</sup>	3.35±0.12 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	3.43±0.26	3.58±0.14 <sup>b</sup>	4.63±0.19 <sup>a</sup>	2.98±0.14 <sup>bc</sup>	3.35±0.19 <sup>b</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	3.43±0.26	4.55±0.14 <sup>c</sup>	3.54±0.17 <sup>c</sup>	3.24±0.13 <sup>c</sup>	3.13±0.10 <sup>b</sup>
% CV	0.202	0.194	0.234	0.237	0.230
F-test	ns	***	***	***	***

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.38 ปริมาณ Dehydroascorbic acid ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ปริมาณ Dehydroascorbic acid (mg/100g)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	2.62±0.10	4.62±0.15 <sup>a</sup>	3.76±0.17 <sup>a</sup>	3.82±0.14 <sup>a</sup>	4.62±0.14 <sup>a</sup>
20mM Arginine	2.62±0.10	3.14±0.13 <sup>b</sup>	2.89±0.16 <sup>b</sup>	2.42±0.10 <sup>b</sup>	2.99±0.13 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	2.62±0.10	2.87±0.11 <sup>b</sup>	3.88±0.24 <sup>a</sup>	2.62±0.17 <sup>bc</sup>	2.96±0.05 <sup>b</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	2.62±0.10	3.10±0.19 <sup>c</sup>	3.55±0.14 <sup>a</sup>	3.00±0.14 <sup>c</sup>	2.95±0.10 <sup>b</sup>
% CV	0.083	0.239	0.180	0.222	0.220
F-test	ns	***	***	***	***

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.39 ปริมาณสารประกอบฟีนอลของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคนอกที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ปริมาณสารประกอบฟีนอล (mg/100g)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	9.55±0.33	15.33±0.16 <sup>ac</sup>	12.12±0.42 <sup>a</sup>	11.91±0.71 <sup>a</sup>	15.40±0.28 <sup>a</sup>
20mM Arginine	9.55±0.33	11.39±0.48 <sup>b</sup>	7.97±0.44 <sup>b</sup>	10.42±0.74 <sup>ab</sup>	11.65±0.31 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	9.55±0.33	14.29±0.41 <sup>a</sup>	13.90±0.02 <sup>c</sup>	11.15±0.19 <sup>ab</sup>	10.28±0.46 <sup>c</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	9.55±0.33	16.43±0.04 <sup>c</sup>	10.83±0.82 <sup>a</sup>	8.91±0.38 <sup>b</sup>	9.60±0.16 <sup>c</sup>
% CV	0.099	0.139	0.217	0.175	0.209
F-test	ns	***	***	*	***

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.40 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO activity) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (unite min <sup>-1</sup> .mg protein <sup>-1</sup> )				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	21.16±0.74	17.57±1.64 <sup>a</sup>	37.85±1.75	38.07±2.27	39.53±2.75
20mM Arginine	21.16±0.74	18.25±2.39 <sup>a</sup>	37.17±1.82	46.28±2.22	41.06±1.54
1.5% Calcium lactate	21.16±0.74	24.52±1.68 <sup>ab</sup>	36.03±1.58	44.63±1.82	40.16±2.36
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	21.16±0.74	27.62±2.33 <sup>b</sup>	41.24±2.31	43.58±2.88	43.45±1.34
% CV	0.080	0.291	0.128	0.142	0.126
F-test	ns	**	ns	ns	ns

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.41 กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonialyase (PAL) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonialyase PAL( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1} \cdot \text{cinnamic acid h}^{-1}$ )				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	12.75 $\pm$ 0.40	16.87 $\pm$ 0.51 <sup>a</sup>	10.75 $\pm$ 0.52 <sup>a</sup>	14.70 $\pm$ 0.71	13.43 $\pm$ 0.46 <sup>a</sup>
20mM Arginine	12.75 $\pm$ 0.40	13.00 $\pm$ 0.59 <sup>b</sup>	10.49 $\pm$ 0.40 <sup>a</sup>	14.01 $\pm$ 0.33	14.87 $\pm$ 0.50 <sup>ab</sup>
1.5% Calcium lactate	12.75 $\pm$ 0.40	11.82 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>	14.44 $\pm$ 0.56 <sup>b</sup>	15.13 $\pm$ 0.44	16.05 $\pm$ 0.28 <sup>b</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	12.75 $\pm$ 0.40	13.73 $\pm$ 1.22 <sup>b</sup>	11.01 $\pm$ 0.81 <sup>a</sup>	13.43 $\pm$ 0.37	14.26 $\pm$ 0.29 <sup>a</sup>
% CV	0.185	0.191	0.182	0.100	0.093
F-test	ns	***	***	ns	***

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า  $\pm$  ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.42 กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD activity) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (unite min <sup>-1</sup> .mg protein <sup>-1</sup> )				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	5.85±0.23	3.55±0.32	3.49±0.18 <sup>ab</sup>	3.16±0.14 <sup>a</sup>	3.95±0.12 <sup>a</sup>
20mM Arginine	5.85±0.23	3.97±0.18	3.33±0.21 <sup>ab</sup>	3.27±0.30 <sup>a</sup>	4.14±0.16 <sup>a</sup>
1.5% Calcium lactate	5.85±0.23	3.86±0.32	3.84±0.15 <sup>a</sup>	3.29±0.25 <sup>a</sup>	3.80±0.06 <sup>ab</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	5.85±0.23	3.55±0.16	3.00±0.16 <sup>b</sup>	4.17±0.23 <sup>b</sup>	3.45±0.13 <sup>b</sup>
% CV	0.324	0.203	0.174	0.230	0.113
F-test	ns	ns	*	*	**

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า ± ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.43 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ปริมาณ Malondialdehyde ( $\mu\text{mol.g}^{-1}$ )				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	96.72 $\pm$ 2.63	123.41 $\pm$ 3.96 <sup>a</sup>	110.48 $\pm$ 1.51 <sup>a</sup>	117.83 $\pm$ 3.18 <sup>a</sup>	123.23 $\pm$ 3.96 <sup>a</sup>
20mM Arginine	96.72 $\pm$ 2.63	94.85 $\pm$ 2.64 <sup>b</sup>	73.23 $\pm$ 2.60 <sup>b</sup>	86.55 $\pm$ 2.22 <sup>b</sup>	105.64 $\pm$ 1.95 <sup>b</sup>
1.5% Calcium lactate	96.72 $\pm$ 2.63	131.08 $\pm$ 3.87 <sup>a</sup>	122.11 $\pm$ 1.93 <sup>c</sup>	126.45 $\pm$ 2.24 <sup>a</sup>	128.18 $\pm$ 3.00 <sup>a</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	96.72 $\pm$ 2.63	116.87 $\pm$ 2.12 <sup>c</sup>	123.39 $\pm$ 1.62 <sup>c</sup>	117.01 $\pm$ 3.19 <sup>a</sup>	122.80 $\pm$ 1.93 <sup>a</sup>
% CV	0.062	0.138	0.180	0.139	0.097
F-test	ns	***	***	***	***

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

<sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า  $\pm$  ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

ตารางที่ ก.44 ปริมาณ Hydrogen peroxide ของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการจุ่มสารละลายและจุ่มสารละลาย 20mM arginine, 1.5% calcium lactate และ 20mM arginine + 1.5% calcium lactate

ชุดการทดลอง	ปริมาณ Hydrogen peroxide ( $\mu\text{mol.g}^{-1}$ )				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	5	10	15
Control	60.78 $\pm$ 5.37	118.47 $\pm$ 7.11 <sup>a</sup>	77.58 $\pm$ 2.12 <sup>a</sup>	84.89 $\pm$ 4.81 <sup>a</sup>	45.08 $\pm$ 2.03 <sup>a</sup>
20mM Arginine	60.78 $\pm$ 5.37	71.17 $\pm$ 5.28 <sup>b</sup>	36.68 $\pm$ 2.12 <sup>b</sup>	37.64 $\pm$ 1.06 <sup>b</sup>	46.54 $\pm$ 2.52 <sup>a</sup>
1.5% Calcium lactate	60.78 $\pm$ 5.37	109.23 $\pm$ 5.00 <sup>a</sup>	73.29 $\pm$ 1.28 <sup>a</sup>	52.87 $\pm$ 2.22 <sup>b</sup>	37.08 $\pm$ 1.81 <sup>b</sup>
20mM Arginine + 1.5% Calcium lactate	60.78 $\pm$ 5.37	50.96 $\pm$ 2.28 <sup>c</sup>	61.40 $\pm$ 4.19 <sup>c</sup>	49.76 $\pm$ 4.15 <sup>b</sup>	48.52 $\pm$ 1.84 <sup>a</sup>
% CV	0.202	0.339	0.347	0.350	0.155
F-test	ns	***	***	***	**

#### หมายเหตุ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

\*\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 เปอร์เซ็นต์

\*\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.0 เปอร์เซ็นต์

\* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซ็นต์

1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD)

ค่า  $\pm$  ในตารางแสดงค่า Standard Error (S.E.)

## ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นส. พฤติยา นิลประพุกษ์  
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs. Phrutiya NILPRAPRUCK
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์มหาวิทยาลัยศิลปากร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
3. ตำแหน่งทางวิชาการปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก  
เลขที่ 1 หมู่ 3 คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ต.สามพระยา อ. ชะอำ จ.เพชรบุรี 76120 E-mail; nilprapruck\_p@silpakorn.edu phrutiya@hotmail.com โทร 032-594038, 086-8841766
5. ประวัติการศึกษา  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี - 2542 – 2545 ศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรและเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีอาหาร) มหาวิทยาลัยศิลปากร - 2539 – 2542 ศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)  
ชำนาญด้านสาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา โดยเน้นวิทยาศาสตร์การอาหาร และสรีรวิทยาพืชทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว
7. ผลงานวิจัย/ผลงานสร้างสรรค์  
**Nilprapruck, P and Kanlayanarat, S.** 2001. Effect of High CO<sub>2</sub> Conditioning on Fruit Quality and Storage Life of ‘Rong-Rein’ Rambutan (*Nephellium Lappaceum* L.). Research of Development Student 2000-2001, Bangkok, pp. 566-569.  
**Kongcharoen, A., Chujaroen, S., Nilprapruck, P., Pummarin, P. and Na Chiangmai, P.** 2006 Comparison of Nutritional Values in Various Species of *Vigna* sp. 2 0 0 6 . Kamphaengsaen Academic Journal 4: 740-746.  
**Nilprapruck, P.** 2007 Effect of Chitosan Application on the Level of Fat and Cholesterol Content in Broilers. 1st Silpakorn University Research Fair . Proceeding.  
**Nilprapruck, P., Pradisthakarn, N., Authanithe, F. and Keebjan, P.** 2 0 0 8 . Effect of Exogenous Methyl Jasmonate on Chilling Injury and Quality of Pineapple (*Ananas comosus* L.) cv. Pattavia. Silpakorn University Science and Technology Journal 2: 33-42.  
**Nilprapruck, P. and Yodmingkwan, P.** 2009. Effect of Exogenous Methyl Jasmonate on the Internal Browning of Pineapple Fruit (*Ananas comosus* L.) cv. Pattavia. KRU Reasearch Journal 14: 489-498.

- Na Chiangmai, P., Yodmingkhwan, P., **Nilprapruck, P.**, Aekatasanawan, C. and Kanjanamaneesathian, M. 2011. Screening of Phytic acid and Inorganic Phosphorus Contents in Corn Inbred Lines and F1 Hybrids in Tropical Environment. *Maydica* 56(4): 331-339.
- Na Chiangmai, P., Yodmingkhwan, P., **Nilprapruck, P.** and Aekatasanawan, C. 2011. Variability of Phytic Acid and Inorganic Phosphorus Contents in Seeds of Tropical Maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology A 1*: 1322-1325.
- Na Chiangmai, P., Yodmingkhwan, P., **Nilprapruck, P.** and Aekatasanawan, C. 2011. The Genetic Variances for the Phytic Acid and Inorganic Phosphorus Contents of Elite Inbred Lines in Tropical Maize. *Journal of Agricultural Science and Technology A1*: 1326-1328.
- 3M Food Safety, 3M Thailand Ltd., Fuangpaiboon, J., Phuchivatanapong, **P., Nilprapruck, P.** and Manatriron, S. 2013. The Contamination of Antibiotics Residues and Microorganisms in Raw Cattle Milk Collected from Cha-Am District, Phetchaburi Province, Thailand. Poster, International Association for Food Protection. July 28-31 in Charlotte, North Carolina.
- Nilprapruck, P.**, Meetum, P. and Chanthasa, C. 2016. Influence of Exogenous Spermidine on to Peel Color Change and Browning Symptom of Musa (AAA group) cv. Kluai Hom Thong at Low Temperature Storage. *Silpakorn University Science and Technology* 10(1): 38-42.
- Morgado, C.M.A., Sallanon, H., Mattiuz, B.H. **Nilprapruck, P.** and Charles, F. 2016. Heat treatment and active packaging to improve the storage of fresh-cut melons (*Cucumis melo* L.). *Fruits* 71: 9-15.
- Nilprapruck, P.**, Meetum, P. and Chanthasa, C. 2017. Role of Exogenous Putrescine and Spermine Applications for Improving Fruit. Quality of Banana cv. Hom Thong at Low Temperature Storage. *Silpakorn University Science and Technology* 11(3): 9-16.