ผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศที่มีระดับสีแตกต่างกัน

EFFECTS OF STORAGE CONDITIONS ON LYCOPENE CONTENT AND FIRMNESS OF TOMATOES AT DIFFERENT COLOR STAGES

สิริรัตน์ นาประเสริฐ

SIRIRAT NAPRASERT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-200-2

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศที่มีระดับสีแตกต่างกัน

EFFECTS OF STORAGE CONDITIONS ON LYCOPENE CONTENT AND FIRMNESS OF TOMATOES AT DIFFERENT COLOR STAGES

สิริรัตน์ นาประเสริฐ
SIRIRAT NAPRASERT

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....49427
วัน, เดือน, ปี...20 ก.พ. 2547

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-290-2

EFFECTS OF STORAGE CONDITIONS ON LYCOPENE CONTENT AND FIRMNESS OF TOMATOES AT DIFFERENT COLOR STAGES

SIRIRAT NAPRASERT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2003

ISBN 974-324-290-2

COPYRIGHT 2003
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อปริมาณไลโคพีน และความแน่นเนื้อของมะเขือเทศที่มีระดับสีแตกต่างกัน

EFFECTS OF STORAGE CONDITIONS ON LYCOPENE CONTENT AND FIRMNESS OF TOMATOES AT DIFFERENT COLOR STAGES

ชื่อนักศึกษา นางสาวสิริรัตน์ นาประเสริฐ

รหัสประจำตัว 44066006

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร.พอใจ ถามากร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.พอใจ ถามากร	
ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ	
รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 27 มีนาคม 2546 เวลา 10.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องสัมมนา ห้อง D 213 อาคารเจ้าคุณทหาร

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 28 **เดือน** เมษายน **พ.ศ.** 2546

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศที่มีระดับสีแตกต่างกัน
นักศึกษา	นางสาวสิริรัตน์ นาประเสริฐ
รหัสประจำตัว	44066006
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.พอใจ ถามากร

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน พบว่ามีปริมาณไลโคพีนแตกต่างกัน โดยมะเขือเทศสีผิวสีเขียวมีปริมาณไลโคพีนต่ำที่สุดคือ 0.014 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสด และเพิ่มขึ้นตามลำดับสำหรับมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวสีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว สีส้ม และสีแดงซึ่งมีปริมาณไลโคพีนสูงสุดคือ 4.704 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ค่า L, a, b และ hue angle สามารถบอกความแตกต่างของสีในมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน และสามารถใช้ค่า a/b ของมะเขือเทศบดในการทำนายปริมาณไลโคพีน (R^2=0.824) โดยใช้สมการถดถอยเส้นตรง ความแน่นเนื้อมีค่าลดลงเมื่อมะเขือเทศมีสีผิวสีแดงเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาวะการเก็บรักษาที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างในการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน 3 สีผิว ต่อปริมาณไลโคพีน การเปลี่ยนแปลงสี และความแน่นเนื้อ พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณไลโคพีน การเปลี่ยนแปลงค่าสี และความแน่นเนื้อ โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ปริมาณไลโคพีนมีค่าต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) และมีการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) ของมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่สีผิวสีเขียวและสีส้มอมเขียวน้อยกว่าที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) แต่ทั้ง 2 อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีในการเก็บรักษามะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่สีผิวสีแดง การเปลี่ยนแปลงสีสามารถสังเกตได้ชัดเจนจากค่าสีที่ได้จากการวัดในมะเขือเทศบดมากกว่าจากการวัดที่บริเวณผิวผล สามารถสร้างสมการการทำนายปริมาณไลโคพีนในการเก็บรักษาเฉพาะในมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่สีผิวสีเขียวเท่านั้น โดยใช้ค่า a/b จากการวัดที่บริเวณผิวผลสำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส (R^2=0.891) และค่า a/b ร่วมกับค่า hue angle ในการสร้างสมการการทำนายสำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) (R^2=0.822) นอกจากนี้ยังพบว่ามะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่สีผิวสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10

องศาเซลเซียส ความแน่นเนื้อมีค่าสูงกว่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) แต่อุณหภูมิการเก็บไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อในมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่สีผิวสีส้มอมเขียวและสีแดง ในขณะที่แสงสว่างในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณไลโคพีน การเปลี่ยนแปลงค่าสี และความแน่นเนื้อในการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ท้อทั้ง 3 สีผิว

Thesis Title	Effects of Storage Conditions on Lycopene Content and Firmness of Tomatoes at Different Color Stages
Student	Miss Sirirat Naprasert
Student ID.	44066006
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2002
Thesis Advisor	Dr. Porjai Thamakorn

ABSTRACT

Lycopene content of tomatoes (*Lycopersicon Esculentum Mill Var. Tor*) harvested at different color stages was determined. Lycopene content increased from green to red tomatoes. Lowest lycopene content was 0.014 mg/100g for green tomatoes and highest was 4.704 mg/100g for red tomatoes. L, a, b and hue angle of tomatoes that harvested at different color stages were measured. a/b ratio from blended tomatoes produced the best equation for prediction the lycopene content of tomatoes (R^2=0.824) by linear regression. Firmness decreased when tomatoes had more red color.

Effects of temperature and light during storage of tomatoes harvested at different color stages on lycopene content, color development, and texture firmness was studied. It was found that lycopene content of tomatoes which storage for 21 days at 8-10°C was significantly lower than tomatoes which storage at room temperature (29-30° C). ΔE values during storage period of green and orange-green tomatoes storage at 8-10°C were lower when compared with tomatoes storage at room temperature (29-30° C). Color development of red harvested tomatoes was not effected by temperature. Color development of tomatoes was rather measured from blended tomatoes than surface color. Equation for prediction lycopene content of green harvested tomatoes that storage at 8-10°C was developed from a/b ratio of surface color reading (R^2=0.891), and for storage at room temperature was developed from both a/b ratio and hue angle (R^2=0.822). Firmness of green tomatoes during storage at 8-10°C was higher than those storage at room temperature, whereas no significant differences between

firmness of orange-green and red tomatoes storage at two temperature. Light was not significant affect on lycopene content of the storage tomatoes harvested at different color stages.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.พอใจ ถามากร ที่ได้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น แนวทางการแก้ปัญหาและให้ความช่วยเหลือในทุกด้านแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ และ รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจน ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม คณะกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา ที่ให้คำปรึกษา และแนวทางในการแก้ปัญหาในด้านการวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้านสถิติแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนให้ข้อคิด มุมมองและแนวทางอันก่อประโยชน์แก่ข้าพเจ้าในการศึกษาค้นคว้า จัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณ คุณสุวรรณา เชาวะวนิชย์ และเพื่อนๆ FOOD รุ่น 9 มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้ความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือในด้านต่างๆ คุณสุชาดา ไม้สนธิ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการติดต่อไร่มะเขือเทศ และพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ นักศึกษาปริญญาโททุกคนและบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุน ตลอดจนความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณคุณแม่ ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง รวมทั้งพี่ชายและพี่สาว ที่ได้ให้กำลังใจให้การสนับสนุนและช่วยเหลือทุกด้านตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สิริรัตน์ นาประเสริฐ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III

กิตติกรรมประกาศ..... V

สารบัญ..... VI

สารบัญตาราง..... VIII

สารบัญภาพ..... XII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 ของเขตของการวิจัย..... 2

1.3 วัตถุประสงค์..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 ระยะการสุกของมะเขือเทศ..... 3

2.2 ปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสดที่ระยะต่างๆ..... 5

2.3 สีในมะเขือเทศสด..... 10

2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศ..... 17

2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสีกับปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสด..... 19

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย..... 22

3.1 วัตถุดิบ..... 22

3.2 อุปกรณ์..... 22

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง..... 22

3.4 สถานที่ทำการทดลอง..... 23

3.5 วิธีการทดลอง..... 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 25

4.1 ศึกษาปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน..... 25

4.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา และสภาวะการเก็บรักษาที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างต่อปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน..... 32

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 65

ข้อเสนอแนะ..... 67

บรรณานุกรม..... 68

ภาคผนวก..... 71

ประวัติผู้เขียน..... 98

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ต่างๆ	7
2.2 ปริมาณไลโคพีน (μg/100g) ในมะเขือเทศต่างชนิดที่ระยะแก่จัด (mature green), ระยะบีกเกอร์ (beaker) และระยะสุก (red ripe) ที่เวลา 0, 6, 9 และ 12 วัน	9
2.3 ผลกระทบของอุณหภูมิในการสุกต่อสีของมะเขือเทศ	13
2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความแม่นยำ (R^2) สำหรับการเลือกค่าสีเพื่อใช้ในการทำนายปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศ 3 พันธุ์	20
2.5 ค่าสหสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ Laura	21
4.1 ค่าสีบริเวณผิวผลและมะเขือเทศบดของมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน	27
4.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศที่สีผิวแตกต่างกัน	29
4.3 ค่าสหสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่สีผิวแตกต่างกัน	31
4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ	55
4.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ	56
4.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ	57
จ1 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศพันธุ์ท้อสีผิวต่างๆ	78
จ2 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะการจัดเก็บต่างๆ	79
จ3 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะการจัดเก็บต่างๆ	80
จ4 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะการจัดเก็บต่างๆ	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ฉ1 ค่าสีบริเวณผิวผลของมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะการจัดเก็บต่างๆ..... 82

ฉ2 ค่าสีของมะเขือเทศสีเขียวบดที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะการจัดเก็บต่างๆ..... 83

ฉ3 ค่าสีบริเวณผิวผลของมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะการจัดเก็บต่างๆ..... 84

ฉ4 ค่าสีของมะเขือเทศสีส้มอมเขียวบดที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะการจัดเก็บต่างๆ..... 85

ฉ5 ค่าสีบริเวณผิวผลของมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21วัน ณ. สภาวะการจัดเก็บต่างๆ..... 86

ฉ6 ค่าสีของมะเขือเทศสีแดงบดที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21วัน ณ. สภาวะการจัดเก็บต่างๆ..... 87

ช1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่สีผิวแตกต่างกัน... 88

ช2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีแสงสว่างนาน 21 วัน..... 88

ช3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างนาน 21 วัน..... 88

ช4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในสภาวะที่มีแสงสว่างนาน 21 วัน..... 88

ช5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างนาน 21 วัน..... 89

ช6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีแสงสว่างนาน 21 วัน..... 89

ช7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างนาน 21 วัน..... 89

ช8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในสภาวะที่มีแสงสว่างนาน 21 วัน..... 89

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ช9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างนาน 21 วัน..... 90

ช10ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีแสงสว่างนาน 21 วัน..... 90

ช11ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างนาน 21 วัน..... 90

ช12ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในสภาวะที่มีแสงสว่างนาน 21 วัน..... 90

ช13ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างนาน 21 วัน..... 91

ช14ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 0..... 91

ช15ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 3..... 91

ช16ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 7..... 92

ช17ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 11..... 92

ช18ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 16..... 92

ช19ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 21..... 93

ช20ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 0..... 93

ช21ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 3..... 93

ช22ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 7..... 94

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ช23ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 11..... 94

ช24ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 16..... 94

ช25ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 21..... 95

ช26ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 0..... 95

ช27ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 3..... 95

ช28ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 7..... 96

ช29ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 11..... 96

ช30ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 16..... 96

ช31ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 21..... 97

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 การเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึม (metabolism) และองค์ประกอบของมะเขือเทศในระหว่างกระบวนการสุก..... 3

2.2 โครงสร้างของไลโคพีนชนิดต่างๆ..... 6

2.3 การเปลี่ยนแปลงของ Surface color ของการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ Nemato เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิคงที่ระหว่าง 13 และ 21 องศาเซลเซียส..... 14

2.4 การเปลี่ยนแปลงค่าสีในระบบ L*,a*,b* ของมะเขือเทศ Laura ที่ระยะการสุกต่างๆ..... 15

2.5 ลักษณะกราฟของ Light-transmittance spectal ในมะเขือเทศ Floradel ในระหว่างการสุก..... 16

2.6 การเปลี่ยนแปลงค่า a/b ในมะเขือเทศที่เกิดการสุก..... 17

2.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไลโคพีนและค่า $(a^*/b^*)^2$ ในมะเขือเทศพันธุ์ Laura แบบ Linear regression..... 21

4.1 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศพันธุ์ท้อสีผิวต่างๆ..... 25

4.2 ตำแหน่งค่าสีหลักของมะเขือเทศสีผิวต่างๆ บนกราฟ..... 28

4.3 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะเขือเทศที่สีผิวแตกต่างกัน..... 30

4.4 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศพันธุ์ท้อสีผิวสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ..... 35

4.5 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศพันธุ์ท้อสีผิวสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ.. 35

4.6 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศพันธุ์ท้อสีผิวสีแดงที่อายุการเก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ..... 35

4.7 ค่า L, a, b บริเวณผิวผลของมะเขือเทศสีเขียวที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ..... 39

4.8 ค่า L, a, b ของมะเขือเทศสีเขียวบดที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ..... 40

4.9 ค่า L, a, b บริเวณผิวผลของมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.10 ค่า L, a, b ของมะเขือเทศสีส้มอมเขียวบดที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ..... 42

4.11 ค่า L, a, b บริเวณผิวผลของมะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 43

4.12 ค่า L, a, b ของมะเขือเทศสีแดงบดที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะการจัดเก็บต่างๆ..... 44

4.13 ค่า ΔE ของมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 45

4.14 ค่า ΔE ของมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 46

4.15 ค่า ΔE ของมะเขือเทศสีผิวสีแดงที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 47

4.16 ค่า a/b ของมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 48

4.17 ค่า a/b ของมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 49

4.18 ค่า a/b ของมะเขือเทศสีผิวสีแดงที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 50

4.19 ค่าสีหลัก (hue angle) ของมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 51

4.20 ค่าสีหลัก (hue angle) ของมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 52

4.21 ค่าสีหลัก (hue angle) ของมะเขือเทศสีผิวสีแดงที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 53

4.22 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 58

4.23 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษา 0, 3,

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 58

4.24 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะเขือเทศสีผิวสีแดงที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ..... 58

ก1 มะเขือเทศพันธุ์ท้อสีผิวต่างๆ..... 71

ข1 มะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ..... 72

ข2 มะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ..... 73

ข3 มะเขือเทศสีผิวสีแดงที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ..... 74

ค1 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture measuring system, รุ่น TA-XT2I)..... 75

ค2 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer, Shimadzu รุ่น UV-1601)..... 75

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไลโคพีน (lycopene) เป็นแคโรทีนอยด์ (carotenoid) หลัก ที่ให้สีแดงในมะเขือเทศ มีคุณสมบัติในการเป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ (antioxidant) สามารถยับยั้ง reactive oxygen ที่เกิดขึ้นจาก aerobic cellular metabolism โดยเฉพาะมีประสิทธิภาพในการยับยั้ง singlet oxygen สูงกว่าเบต้าแคโรทีน (β-carotene) ถึง 2 เท่า และเนื่องจากไลโคพีนมีพันธะคู่ 11 พันธะ จึงสามารถจับเปอร์ออกซิลเรดิคอล (peroxyl radical, $ROO^{\cdot}$) ได้ ทำให้เซลล์ในร่างกายเกิดความเสถียรไม่ถูกทำลาย (Chew, 1995) เป็นผลให้สามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งโดยเฉพาะมะเร็งต่อมลูกหมาก

ไลโคพีนมีความสัมพันธ์กับสีของมะเขือเทศที่มองเห็น ซึ่งสีของมะเขือเทศที่เปลี่ยนแปลงเกิดจากปริมาณของคลอโรฟิลล์ซึ่งให้สีเขียวและสีแดงของแคโรทีนอยด์โดยเฉพาะไลโคพีน โดยถ้าหากมีปริมาณไลโคพีนมากสีของมะเขือเทศจะยิ่งแดงขึ้น การเปลี่ยนแปลงของสีมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษาขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการเก็บรักษา แสงสว่าง และระดับความสุกในช่วงที่เก็บเกี่ยวมะเขือเทศ ซึ่งมักสังเกตพบว่ามะเขือเทศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการเปลี่ยนแปลงสีน้อยกว่ามะเขือเทศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่แสงสว่างก็จำเป็นในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ดังนั้นปัจจัยดังกล่าวจึงอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศได้ ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาวะในการเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศ ซึ่งทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษามะเขือเทศเพื่อให้มีปริมาณไลโคพีนสูงที่สุด และแม้ว่าการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี (spectrophotometric) จะให้ผลที่แม่นยำ แต่ต้องใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูงจากสารเคมีที่ใช้ตลอดจนต้องมีการสูญเสียมะเขือเทศในขณะที่ทำการวิเคราะห์ ในขณะที่การวัดลักษณะทางกายภาพซึ่งโดยปกติมักใช้เป็นดัชนีในการวัดคุณภาพของมะเขือเทศ เช่นการวัดสี หรือการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส มีความสะดวก รวดเร็ว และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยกว่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัสกับปริมาณไลโคพีน เพื่อใช้ในการทำนายปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศที่เก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ สีผิวสีเขียว สีผิวสีเขียวอมส้ม สีผิวสีส้มอมเขียว สีผิวสีส้ม และสีผิวสีแดง และศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาและสภาวะการเก็บรักษาแบบมีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างต่อปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ สีผิวสีเขียว สีผิวสีส้มอมเขียว และสีผิวสีแดง

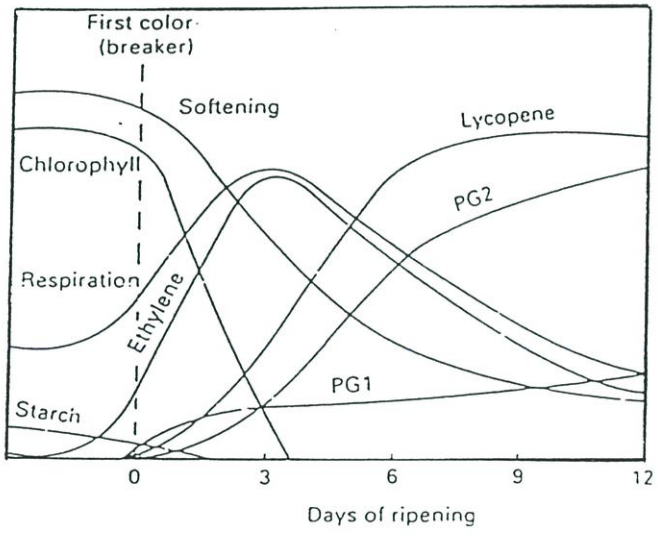
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน

2. ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาและสภาวะการเก็บรักษาแบบมีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างต่อปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

มะเขือเทศ (Tomato) อยู่ใน genus *Lycopersicon* ของ family *Soltanaceae* จัดเป็น Climacteric fruits คือเป็นผลไม้ที่มีการสุกเมื่อแก่จัด หลังจากแก่จัดจะมีอัตราการหายใจต่ำลงมาก เมื่อเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุกอัตราการหายใจจะสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการเพิ่มอัตราการหายใจนี้จะเพิ่มอย่างรวดเร็วและสูงมากด้วย เมื่อสุกเต็มที่แล้วอัตราการหายใจก็จะค่อยๆลดต่ำลงจนเข้าระยะเสื่อมสลาย (senescence) (ภาพที่ 2.1) ดังนั้นมะเขือเทศจึงสามารถเก็บแล้วนำมาบ่มให้สุกได้ในภายหลังการเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึม (metabolism) และองค์ประกอบของมะเขือเทศในระหว่างกระบวนการสุก (PG หมายถึง Polygalacturonase)

ที่มา : Salunkhe และ Madhavi (1998)

2.1 ระยะการสุกของมะเขือเทศ

มะเขือเทศมีอายุการเก็บเกี่ยวนับจากดอกบาน 35-60 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์และการเจริญเติบโตของผล ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือระยะที่ผลเจริญเต็มที่ จะใช้เวลาประมาณครึ่งหนึ่งของอายุผล เป็นระยะที่น้ำตาลในผลถูกเปลี่ยนเป็นแป้งผิวผลยังคงมีสีเขียว และระยะที่ผิวผลเริ่มเปลี่ยนสี เป็นระยะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ในผลเริ่มลดลง เกิดกระบวนการสุกของผล เช่นการ

สร้างเอทธิลีน (ethylene) การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลและการเกิดกลิ่น (ภาพที่ 2.1) ผลที่สุกแดงคาต้นจะมีปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid) และน้ำตาลในผลสูง การเก็บเกี่ยวมะเขือเทศในฤดูกาลจะเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม-พฤษภาคม แต่ปริมาณมะเขือเทศสดจะออกสู่ตลาดในเดือนกุมภาพันธ์ -พฤษภาคม ของทุกปี

สีของผลเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ใช้เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวและบ่งบอกถึงคุณภาพของมะเขือเทศ

วัฒนา (2529) แบ่งระยะการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศเป็น 5 ระยะ คือ

1. ระยะผลสีเขียว ผลโตเต็มที่ แต่ผลยังคงเป็นสีเขียวทั้งผล เมล็ดยังไม่มีเมือกหุ้มถ้าใช้มีดผ่าตามขวาง เมล็ดจะถูกตัดขาดจากกันได้ ผลมะเขือเทศพวกนี้ถ้าเก็บมาจะสุกได้ในระยะเวลาประมาณ 15-25 วัน แต่คุณภาพของผลจะไม่ค่อยดี

2. ระยะผลแก่แต่ยังเป็นสีเขียว ผลมีสีเขียวแต่รอบๆ เมล็ดมีเมือกหุ้มโดยรอบ ถ้าใช้มีดผ่าตามขวาง เมล็ดจะสามารถหลบคมมีดได้ หรือไม่โดนตัดขาด ผลพวกนี้จะสุกภายในเวลาประมาณ 9-12 วัน หรือไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 15 วันหลังเก็บเกี่ยวจากต้น

3. ระยะผลเริ่มเปลี่ยนสี ผลเริ่มปรากฏสีชมพู สีเหลืองเห็นได้ชัดเจน ผลพวกนี้จะสุกภายหลังจากเก็บจากต้นประมาณ 6-9 วัน และไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 15 วันหลังเก็บเกี่ยว

4. ระยะผลสุก ผลมะเขือเทศเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนๆ ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของผล ผลพวกนี้จะสุกภายในเวลา 3-6 วันหลังเก็บจากต้น และไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 15 วันหลังจากเก็บเกี่ยวจากต้นเช่นกัน

5. ระยะผลสุกเต็มที่ หรือสุกคาต้น ผลมีสีแดงเข้มทั้งผล ผลพวกนี้เมื่อเก็บแล้วควรส่งตลาด หรือโรงงานทันที

สมภพ (2530) แบ่งระดับสีของผลมะเขือเทศสำหรับเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวเป็น 3 ระยะ คือ

1. ระยะแก่จัด (mature green) ผลของมะเขือเทศยังคงมีไหล่เขียว สีของผิวผลส่วนล่างหรือที่ก้น เริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีครีม หรือสีเขียวอ่อน เนื้อรอบๆเมล็ดมีลักษณะเป็นเมือกหรือวุ้น ทำให้เมื่อผ่าผลของมะเขือเทศด้วยมีดเมล็ดจะหนีจากคมมีดไม่ถูกตัดขาด การเก็บเกี่ยวในระยะนี้เหมาะสำหรับมะเขือเทศรับประทานสดและขนส่งไปขายยังตลาดไกลๆ

2. ระยะเริ่มสุก (beaker หรือ pink) ผิวของผลมะเขือเทศจะมีสีผิวเป็นสีชมพูหนึ่งในสามส่วน (beaker) หรือสามในสี่ส่วน (pink) การเก็บเกี่ยวในระยะนี้เหมาะสำหรับมะเขือเทศรับประทานสดเพื่อส่งตลาดในท้องถิ่นหรือตลาดใกล้แหล่งผลิต

3. ระยะสุก (red ripe) ผลมะเขือเทศจะมีสีผิวเป็นสีชมพูหรือแดงทั้งผล การเก็บเกี่ยวในระยะนี้เหมาะสำหรับมะเขือเทศเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป เพราะจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์

ที่มีคุณภาพสูง และเหมาะสำหรับมะเขือเทศรับประทานสดที่ส่งตลาดท้องถิ่นหรือปลูกไว้รับประทานเอง

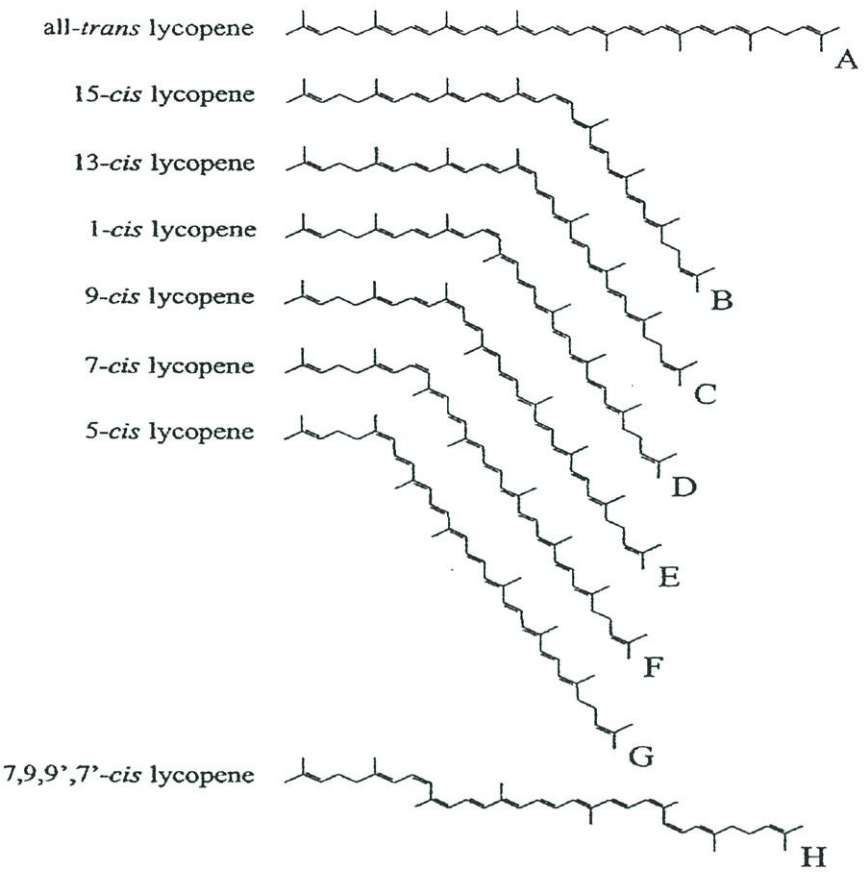
Jones (1999) แบ่งคุณภาพมะเขือเทศเป็น 6 ระดับโดยใช้สีเป็นมาตรฐาน คือ

1. Mature green ผิวของผลมีสีเขียวแก่จัดไม่มีสีอื่น ค่อนข้างกลมมนไม่มีเหลี่ยม
2. Beaker ผิวของผลมีการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเหลือง หรือชมพู หรือแดง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10%ของพื้นที่ผิวผล
3. Turning ผิวของผลมากกว่า 10% แต่ไม่เกิน 30% มีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลเหลือง หรือชมพู หรือแดงหรือเปลี่ยนเป็นสีดังกล่าวร่วมกัน
4. Pink ผิวของผลมากกว่า 30% แต่ไม่เกิน 60% มีการเปลี่ยนสีเป็นสีชมพู หรือแดง
5. Light red ผิวของผลมากกว่า 60% แต่ไม่เกิน 90% มีการเปลี่ยนสีเป็นสีชมพู หรือแดง
6. Red ผิวของผลมากกว่า 90% เป็นสีแดง

ผลมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวในระยะต่างๆกัน เมื่อปล่อยไว้จนสุกเต็มที่จะมีคุณภาพของผลสุกแตกต่างกันออกไป เช่น ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด คุณภาพของน้ำคั้น ความแน่นของเนื้อ ปริมาณวิตามินในผล เป็นต้น กล่าวได้ว่าผลระยะสุกเต็มที่จะมีคุณภาพของผลดีที่สุด รองลงมาคือระยะผลสุก

2.2 ปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสดที่ระยะต่าง ๆ

ไลโคพีน (lycopene) เป็นแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ชนิดหนึ่งซึ่งเป็นสารให้สีแดง แต่ไม่มี provitamin A activity พบมากในมะเขือเทศ คือมีถึง 90% ของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และชื่อของไลโคพีนมาจากชื่อของ genus ของมะเขือเทศคือ *Lycopersicon* มีโครงสร้างโดยทั่วไปเป็น Aliphatic hydrocarbon มีสูตรโมเลกุล $C_{40}H_{56}$ มีคาร์บอนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะคู่ 11 พันธะ (ภาพที่ 2.2) ทำให้ละลายได้ในน้ำมันและไขมัน และเป็นสารธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ (free radical) ได้ ซึ่งอนุมูลอิสระนี้มีความว่องไวและมีบทบาทในการทำอันตรายต่อร่างกายเมื่อมีปริมาณที่สูงผิดปกติอันเนื่องจากปัจจัยต่างๆ จะส่งผลต่อการทำลายโมเลกุลของไขมัน โปรตีน เซลล์ภายในร่างกายและ DNA ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดโรคเรื้อรังต่างๆ แต่เนื่องจากไลโคพีนมีโครงสร้างที่มีความพิเศษจึงทำหน้าที่เป็นตัวต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยให้อิเลคตรอนแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระนั้นมีเสถียรภาพก่อนที่จะทำอันตรายต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของไลโคพีนชนิดต่างๆ

ที่มา : Nguyen และ Schwartz (1999)

ในมะเขือเทศสดไลโคพีนอยู่ในรูป all-trans และสามารถเกิดไอโซเมอร์จาก trans form เป็น mono หรือ poly-cis form ได้ ภายใต้สภาวะที่มีการชักนำโดย ความร้อน แสง หรือปฏิกิริยาเคมี แสง ความร้อน และกรดเป็นปัจจัยที่ทำให้ไลโคพีนเสื่อมสลาย ส่วนไอออนของโลหะ เช่น Cu^{2+} และ Fe^{3+} เป็นตัวเร่งให้ไลโคพีนเกิดออกซิเดชัน

มะเขือเทศโดยทั่วไปมีปริมาณไลโคพีน 3.10-7.74 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด แต่ในมะเขือเทศพันธุ์ *Lycopersicon esculentum* พบไลโคพีนถึง 40 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด (Nguyen and Schwartz, 1999) ไลโคพีนในมะเขือเทศสดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ (ตารางที่ 2.1) ความสุก และสภาวะแวดล้อมในการบ่มให้สุก และ Gould (1992) พบว่ามะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวในขณะที่ผลแก่มีสีเขียวแล้วนำมาบ่มให้สุก มีปริมาณไลโคพีนต่ำกว่ามะเขือเทศที่สุกบนต้น ในขณะที่ Vogele (1937) รายงานว่าในการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จะขึ้นอยู่กับแสง แต่สำหรับการสังเคราะห์ไลโคพีน ในสภาพของอากาศและอุณหภูมิที่เหมาะสมสภาวะที่มีแสงสว่างหรือไม่มีแสงสว่างจะส่งผลต่อการสังเคราะห์ไลโคพีนไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.1 ปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ต่างๆ

ตัวอย่าง	ปริมาณไลโคพีน (mg/100 g นน.สด)
น้ำมะเขือเทศจากมะเขือเทศสุก } ปลูกในฟินแลนด์	3.71
น้ำมะเขือเทศจากมะเขือเทศสีเขียว } ปลูกในฟินแลนด์	0.171
น้ำมะเขือเทศจากมะเขือเทศสุกบางส่วน (สีเหลืองแดง) (ใช้มะเขือเทศที่ปลูกในอินเดีย)	0.240
มะเขือเทศพันธุ์ VT-145-7879 (ปลูกในเมืองเดวิส อเมริกา)	
สีชมพู	12.18
สีแดงปานกลางมีจุดสีส้ม	20.71
สีแดงทั้งผล (สุกเต็มที่)	30.16
มะเขือเทศสด (ปลูกเดือนมิ.ย.-ส.ค.)	3.8-6.6
มะเขือเทศสด (ปลูกเดือนต.ค.-มี.ค.)	2.6-3.1
มะเขือเทศสด (ปลูกในมาเลเซีย)	0.723
มะเขือเทศสด (ปลูกในอเมริกา)	8.25-10.29
พันธุ์ที่ผลมีสีแดง	
Cherry	3.780
Flavourtop	5.653
Tigerella	1.582
Ida F1hybrid	1.711
Shirley F1	2.347
Craig	3.907
Moneymaker	4.255
Allicanti	4.037
Beefsteak	4.833
พันธุ์ที่ผลมีสีเหลือง	
Sungold	0.528
Gold sunrise	0.021
Ohio-8245	9.65-10.21
92-7136	7.72-7.80
92-7025	6.23-6.59
H-9035	10.16-10.22
CC-164	10.64-10.76

ที่มา : Shi และ Le Maguer (2000)

ในระหว่างกระบวนการสุก การสังเคราะห์ไลโคพีนจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่คลอโรพลาสต์ (chloroplast) เปลี่ยนไปเป็นโครโมพลาสต์ (chromoplast) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใน outer double membrane ของคลอโรพลาสต์ เป็นกระบวนการเมตามอร์ฟอซิส (metamorphosis) ของคลอโรพลาสต์ หรือกระบวนการเปลี่ยนจากคลอโรพลาสต์เป็นโครโม-พลาสต์ (chromoplast) ขั้นแรกเกิดการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์และสูญเสีย grana ขั้นตอนต่อไปเป็นการสร้าง osmiophilic globule และ thylakoid มี grana หลงเหลืออยู่เล็กน้อย เกิดการสร้างแคโรทีนอยด์ขึ้นเป็นครั้งแรกในขั้นตอนการพัฒนาไปเป็นโครโมพลาสต์ และแคโรทีนอยด์มีจำนวนเพิ่มขึ้น ไม่มี grana หลงเหลืออยู่อีกเลย ส่วน granum เกิดการบวม เมื่อส่องดูแคโรทีนอยด์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่าแคโรทีนอยด์มีรูปร่างขดไปมา ในขั้นตอนนี้มะเขือเทศสุกมีสีส้ม ขั้นตอนสุดท้ายเกิดการสร้างผลึกไลโคพีนจำนวนมาก โครโมพลาสต์ (chromoplasts) ในมะเขือเทศแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ Globulous Chromoplasts ซึ่งพบ เบต้า-แคโรทีน (β-carotene) เป็นส่วนใหญ่ในส่วน jelly ของ pericarp ขณะที่โครโมพลาส์ในส่วนนอกของ pericarp มีไลโคพีนจำนวนมาก Arias และคณะ (2000a) พบว่าปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ Laura (*Lycopersicon esculentum* Mill cv. Laura) เพิ่มขึ้นตามระยะการสุกจากระยะที่มีผลสีเขียว (green) จนกระทั่งถึงระยะที่ผลมีสีแดง (red)

Thompson และคณะ (2000) ศึกษาผลกระทบของปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศ 4 พันธุ์ ที่ระยะการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ คือ ระยะแก่จัด (green mature), ระยะบีกเกอร์ (beaker) และระยะสุก (red) พบว่ามะเขือเทศที่ระยะสุกของทั้ง 4 พันธุ์ มีปริมาณไลโคพีนสูงที่สุด รองลงมาคือระยะบีกเกอร์ และมะเขือเทศที่ระยะบีกเกอร์ มีปริมาณไลโคพีนสูงกว่ามะเขือเทศที่ระยะแก่จัดซึ่งผ่านการบ่มด้วยแก๊สเอทธิลีนซึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (22-23 องศาเซลเซียส) นาน 6 วันเช่นกัน แต่เมื่อเก็บไว้นานขึ้นพบว่าปริมาณไลโคพีนไม่แตกต่างกันเนื่องจากมะเขือเทศทั้ง 2 ระยะเข้าสู่ระยะสุกเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณไลโคพีน (μg/100g) ในมะเขือเทศต่างชนิดที่ระยะแก่จัด (mature green), ระยะบีกเกอร์ (beaker) และระยะสุก (red ripe) ที่เวลาเก็บ 0, 6, 9 และ 12 วัน

พันธุ์และระยะการสุก	วันที่ 0	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12
Agriset				
Green	8 (11)	1598^{d}(308)	3744^{cd}(809)	2564^{f}(349)
Beaker	942^{b}(415)	4574^{b}(1030)	3174^{d}(854)	4276^{bcde}(1152)
Red	4154^{c}(856)	ND	ND	ND
Solar set				
Green	7 (5)	2502^{cd}(552)	4803^{b}(602)	3638^{def}(620)
Beaker	1084^{b}(321)	5636^{a}(1008)	4267^{bc}(797)	4489^{abcde}(1380)
Red	4419^{bc}(742)	ND	ND	ND
Suncoast (og)				
Green	8 (9)	3326^{c}(323)	4847^{b}(1786)	4257^{bcde}(842)
Beaker	1210^{ab}(218)	6207^{a}(1807)	6178^{a}(678)	4571^{abcde}(1694)
Red	5274^{ab}(998)	ND	ND	ND
FL7692D(og)				
Green	7 (6)	2015^{d}(362)	4528^{bc}(630)	3699^{cdef}(1036)
Beaker	1511^{a}(216)	4589^{b}(917)	4616^{bc}(784)	3077de(1148)
Red	5560^{a}(597)	ND	ND	ND

$^{a-f}$ วันที่ 0 เปรียบเทียบตัวอย่างมะเขือเทศ 4 พันธุ์ที่ระยะการสุกเดียวกันภายในคอลัมน์ ในขณะที่ระยะการสุกในวันที่ 6, 9 และ 12 เปรียบเทียบกันภายในคอลัมน์ และค่าเฉลี่ย (ค่าความแปรปรวน) ที่มีตัวอักษรแตกต่างกันคือมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ND หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ที่มา : Thompson และคณะ (2000)

2.3 สีในมะเขือเทศสด

สี (color) เป็นสิ่งสำคัญที่สุดสิ่งหนึ่งในการบ่งบอกถึงคุณภาพของมะเขือเทศ สีของมะเขือเทศที่เปลี่ยนแปลงในขณะที่เกิดกระบวนการสุกและภายหลังการเก็บเกี่ยวเกิดจากความเปลี่ยนแปลงปริมาณของคลอโรฟิลล์(chlorophyll) และแคโรทีนอยด์(carotenoid) ซึ่งสีจะปรากฏตามชนิดและความเข้มข้นของรงควัตถุ (pigment) ที่มี โดยคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุที่ให้สีเขียว ส่วนแคโรทีนอยด์ซึ่งได้แก่ แคโรทีน (carotene) และไลโคพีน (lycopene) จะให้สีเหลืองและแดงตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงสีของมะเขือเทศสามารถตรวจสอบได้โดยการวิเคราะห์ทางเคมี และการวิเคราะห์ทางเคมีไม่เพียงแต่สามารถระบุชนิดและปริมาณที่มีอยู่ได้ แต่ยังบ่งชี้ถึงรงควัตถุเฉพาะที่สัมพันธ์กับสี และสามารถวิเคราะห์คุณภาพของสีโดยประมาณได้ด้วย

แต่การวัดคุณลักษณะทางกายภาพของสีมีความสะดวก และยุ่งยากน้อยกว่า รวมถึงยังมีความสัมพันธ์กับการรับรู้ได้ด้วยสายตาเป็นอย่างมากโดยเราสามารถมองเห็นสีของวัตถุได้เมื่อมีแสงมากระทำต่อวัตถุซึ่งมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเห็นสีอยู่ 3 ประการคือ

1. ต้นกำเนิดแสง ช่วงคลื่นแสงที่ตาคนสามารถมองเห็นได้คือ 380-770 นาโนเมตร แสงในแต่ละช่วงคลื่นจะให้สีต่างๆกัน ในการวัดสีจำเป็นต้องใช้ต้นกำเนิดแสงอย่างเดียวกันทุกครั้ง ถ้าต้องการเปรียบเทียบผลของการวัดแต่ละครั้ง

2. วัตถุที่รับแสง เมื่อมีแสงมาตกกระทบวัตถุจะเกิดการดูดกลืนแสง หักเห หรือการสะท้อนของแสง ขึ้นกับลักษณะสมบัติของวัตถุที่รับแสง ดังนั้นแสงซึ่งตกกระทบวัตถุแล้วกลับคืนมาสู่นัยน์ตาหรือเครื่องบันทึกปริมาณแสงจึงแตกต่างกันไปทำให้เห็นสีต่างๆกัน หรือมีความมันวาวแตกต่างกัน

3. ตัวบันทึกปริมาณแสง เมื่อมองดูวัตถุ นัยน์ตาคือตัวบันทึกปริมาณแสง โดยทั่วไปนัยน์ตาคนจะสามารถบันทึกปริมาณแสงในช่วงคลื่นประมาณ 380-770 นาโนเมตรเท่านั้น ถ้านัยน์ตามีความผิดปกติจะทำให้การเห็นสีผิดไปได้ ในกรณีของเครื่องมือวัดสี ตัวที่บันทึกปริมาณแสงคือชิ้นส่วนในเครื่องซึ่งมีความไวต่อปริมาณแสงเช่น photosensitive cell ในเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เป็นต้น

จากปัจจัยในการเห็นสีดังกล่าว ทำให้เกิดวิธีการวัดสีแบบต่างๆ กัน เช่น

1. การตรวจสอบสีโดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งวัดสีของวัตถุโดยการวัดปริมาณแสงที่สะท้อน หรือแสงที่ถูกดูดกลืน หรือแสงที่ผ่านลอดมาจากวัตถุที่ความยาวคลื่นหนึ่งๆ ในช่วงความยาวคลื่น 380-770 นาโนเมตร ใช้ความสัมพันธ์ของปริมาณสารให้สีกับปริมาณแสงที่บันทึกได้ นำมาคำนวณหาปริมาณสารให้สีที่อยู่ในวัตถุหนึ่งๆ เช่นการวัดสีในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ซึ่งจะวัดออกมาในรูปของสัดส่วนของเม็ดสีต่างๆที่อยู่ในเนื้อ เช่น ไมโอโกลบิน เมตไมโอโกลบิน และ

ออกซีไมโอโกลบิน เป็นต้น

2. การวัดสีโดยใช้ระบบ CIE ซึ่งเป็นวิธีการวัดสีที่กำหนดขึ้นโดยองค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยเรื่องของแสงและสี ระบบนี้จะวัดในรูปตัวแปร 3 ตัว คือ x,y,Y หรือเรียกว่า chromaticity co-ordinate ถ้าต้องการบอกสีในรูปของสีที่เห็นตามความรู้สึกของคนทั่วไปจะต้องนำค่า x,y ไปหาตำแหน่งบน Chromaticity Diagram

3. การวัดสีโดยใช้ระบบสีของมันเซลล์ (Muncell Color System) ในระบบสีของมันเซลล์จะบอกค่าสีเป็น 3 ตัวแปรคือ

- Hue ใช้เรียกสีซึ่งมีความแตกต่างกัน เช่น แดง น้ำเงิน เหลือง โดยมีช่วงสเกลจาก 0-10 และมีการเรียงลำดับ
- Value หรือ lightness คือความสว่างของสี ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างแสงที่สะท้อนและแสงที่ถูกดูดกลืนโดยวัตถุ โดยไม่คำนึงว่าเป็นแสงที่ความยาวคลื่นใด การแบ่งสเกลเริ่มจาก 0 หรือสว่างน้อยจนเป็นสีดำ ถึง 10 คือสว่างมากจนเป็นสีขาว
- Chroma หรือ saturatiion หรือ purity เป็นสิ่งที่บอกถึงการสะท้อนของแสงที่ความยาวคลื่นที่กำหนด โดยบอกเป็นความเข้มข้นของสีซึ่งเปรียบเทียบว่าต่างจากสีเทาที่ค่า value เดียวกันอย่างไร สเกลของ chroma จะเป็นค่ามากกว่าศูนย์โดยค่ายิ่งมาก แสดงว่ามีความเข้มของสีมาก

ด้วยการจัดระบบสีเช่นนี้จึงได้สีต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย และเรียกกันตามรหัสเช่น 4YR 5/8 ซึ่งหมายถึง hue = 4YR คือสีส้มอมแดง; value = 5 คือมีความสว่างปานกลาง และ chroma = 8 คือมีความเข้มของสีต่างจากสีที่เป็นกลาง 8 เท่า เป็นต้น

4. การวัดสีโดยใช้ระบบสีของฮันเตอร์ (Hunter Color System) ระบบสีของฮันเตอร์ประกอบด้วยตัวแปรของสี 3 ตัวคือ L a b ซึ่งมีความหมายดังนี้

L คือ ความสว่างของสีซึ่งมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง ที่อยู่ในตัวอย่าง โดยค่า a+ แสดงถึง ความเป็นสีแดง ค่า a- แสดงความเป็นสีเขียว

b คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน โดยค่า b+ แสดงถึงความเป็นสีเหลือง และ b- แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

การวัดสีในระบบนี้มีเครื่องวัดสีคือ Hunter Color-Difference Meter ซึ่งวัดสีตัวอย่างออกมาเป็นค่า L a และ b

ค่าของสีในระบบต่างๆ ดังกล่าวสามารถเปลี่ยนปรับเป็นค่าของสีในระบบอื่นๆ ได้ นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้นำเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าสีทางกายภาพด้วยระบบต่างๆมาใช้ในการวัด

สีของมะเขือเทศ เช่น เครื่อง Hunter colorimeter และ Minolta chroma meters รุ่นต่างๆ ซึ่งระบุผลการวัดเป็นระบบ CIE (Y, x, y) , CIELAB (L*, a*, b*) หรือ ระบบ hunter แบบเก่า (L_L, a_L, b_L)

มะเขือเทศที่เปลี่ยนสีจากเขียวเป็นแดง ค่า L, a และ b ที่ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน โดยค่า L (ความสว่าง) ต่ำลง ค่า a (เขียว-แดง) เปลี่ยนจาก –a เป็น +a และค่า b (น้ำเงิน-เหลือง) มีค่า +b ลดลง และเนื่องจากค่า a และ b ที่วัดได้มักเกิดการแปรปรวนและยังขึ้นกับการสอบเทียบของเครื่องมือที่ใช้วัดกับมาตรฐาน ดังนั้นค่าสีส่วนใหญ่จึงมักใช้เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างค่า a และ b (a/b)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีในมะเขือเทศได้แก่ ระยะเวลา อุณหภูมิ แสง ระยะการสุกที่เก็บเกี่ยว และ ความเสียหายทางกายภาพ แต่ภายใต้สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษามะเขือเทศ การเปลี่ยนแปลงสีส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ระยะการสุกเริ่มต้น และระยะเวลาในการเก็บ

2.3.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิในระหว่างกระบวนการสุกไม่เพียงมีอิทธิพลต่ออัตราการเปลี่ยนสี แต่ยังมีอิทธิพลต่อปริมาณสีที่เกิดขึ้น ตัวอย่างที่มีสีแดงต่ำ ที่อุณหภูมิต่ำการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ลดลง โดยปกติกระบวนการสุกจะไม่เกิดที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส และต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส

Koskitalo และ Ormrod (1972) ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อการพัฒนาของเม็ดสีในผลไม้พบว่า Surface และ Internal lightness (L) และสีเหลือง (b_L) ลดลงในขณะที่สีแดง (a_L) เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและเมื่ออายุการเก็บเกี่ยวนานขึ้น (ตารางที่ 2.3)

Throne และ Alvarez (1982) พบว่าที่อุณหภูมิในการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ Nemato สูงขึ้น อัตราส่วนระหว่างค่า a/b เพิ่มขึ้น และที่อุณหภูมิต่ำ (13 องศาเซลเซียส) การเพิ่มขึ้นของค่าอัตราส่วนระหว่าง a/b ช้ากว่าที่อุณหภูมิสูง (21 องศาเซลเซียส) (ภาพที่ 2.3)

มะเขือเทศที่เก็บที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส หรือที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียสจะเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองแทนสีแดง และแม้ที่อุณหภูมิปกติ 12-25 องศาเซลเซียส สีแดงจะมีความเข้มเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิสูงมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจาก (Shewfelt, 1988)

1) ที่อุณหภูมิปกติ 12-25 องศาเซลเซียส คลอโรฟิลล์เกิดการสลายตัว ไลโคพีนและเบต้าแคโรทีนจำนวนเล็กน้อยจะเกิดขึ้น เป็นผลให้เกิดสีแดงขึ้นในมะเขือเทศ

2) ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส คลอโรฟิลล์ไม่เกิดการสลายตัว และไลโคพีนไม่เกิดการสะสม และถ้าใช้ระยะเวลาในการแช่เย็นนานขึ้นจะทำให้ความสามารถในการเกิดกระบวนการสุกของมะเขือเทศลดลงแม้เกิดกระบวนการสุกที่อุณหภูมิปกติ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดสีเขียวค่อนข้างเหลืองในมะเขือเทศ

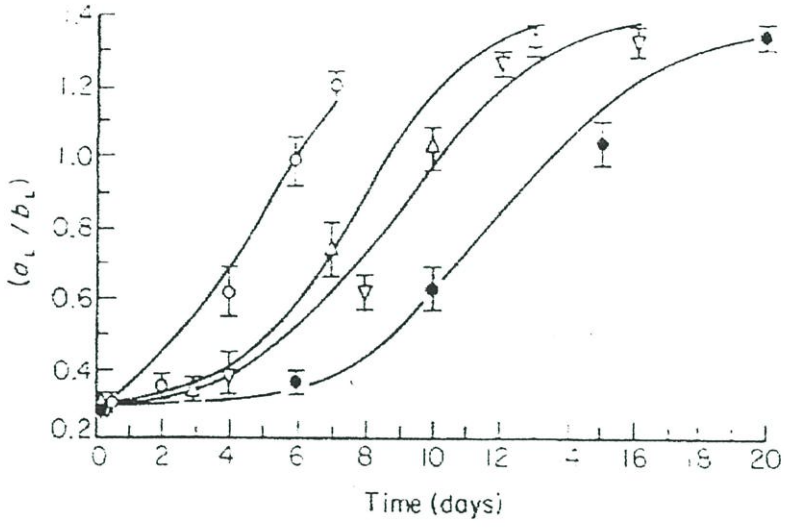
3) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส คลอโรฟิลล์หายไป และเบต้าแคโรทีนเกิดการสะสมขึ้น แต่การสังเคราะห์ไลโคพีนถูกยับยั้ง เป็นผลให้เกิดสีส้ม-เหลืองในมะเขือเทศ

ตารางที่ 2.3 แสดงผลกระทบของอุณหภูมิในการสุกต่อสีของมะเขือเทศ

ค่าสี	อุณหภูมิ	Surface color วันที่เก็บรักษา (ระยะเวลาหลังจากระยะ Beaker)			Internal color	
		7	14	21	7	14
L	17.8/25.6	12.86*c	12.42d	12.30c	32.83c	30.75c
	7.2/18.3	14.80b	13.38c	12.91c	44.03b	36.11b
	4.4/15.6	16.30a	14.34b	13.81b	48.84a	42.06a
	2.8/13.9	16.26a	15.25a	14.56a	49.54a	46.20a
a_L	17.8/25.6	10.47a	10.15b	9.45b	28.21a	28.34a
	7.2/18.3	9.69a	11.33a	10.84a	20.72b	26.67a
	4.4/15.6	7.77b	10.74ab	11.29a	13.23c	21.98b
	2.8/13.9	6.25c	8.68c	10.09b	9.67d	16.85c
b_L	17.8/25.6	4.40c	3.97d	3.88d	11.26c	11.40d
	7.2/18.3	5.84b	4.86c	4.45c	16.34b	13.16c
	4.4/15.6	6.84a	5.70b	5.29b	19.09a	15.62b
	2.8/13.9	6.72a	6.25a	5.83a	21.05a	18.45a

* ข้อมูลจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ. ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ด้วยวิธี Duncan's range test

ที่มา : Koskitalo และ Ormrod (1972)



ภาพที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงของ Surface color ของการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ Nemato เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิคงที่ระหว่าง 13 และ 21 องศาเซลเซียส ; ——— แทนเส้นการทำนาย, ● แทน 13 , ∇ แทน 15, Δ แทน 17 และ ° แทน 21 องศาเซลเซียส

ที่มา : Throne และ Alvarez (1982)

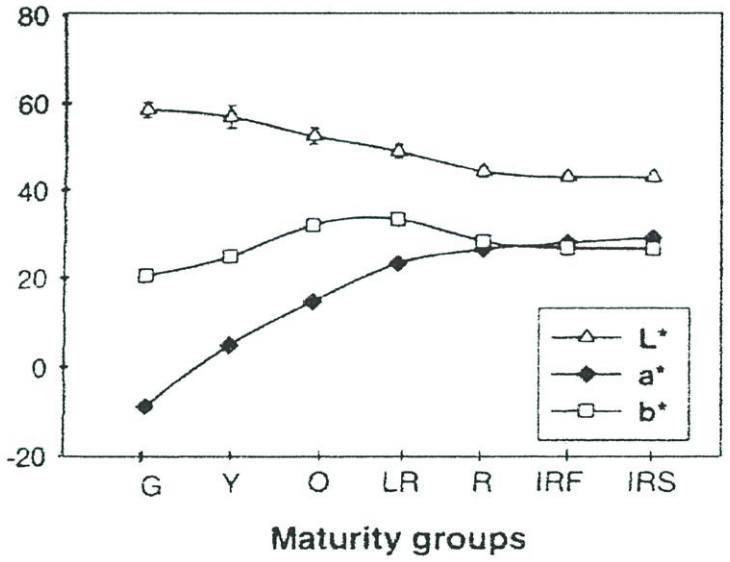
2.3.2 ระยะการสุกเริ่มต้น

Hobson และคณะ (1983) ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าสี a และ b ของมะเขือเทศ 5 ระยะการสุกที่บริเวณด้านข้างของผลและที่ blossom-end โดยใช้ Hunter Color Differrence Meter (CDM) พบว่าค่าสี a และ b ที่ได้มีความแตกต่างกันในทุกระยะการสุก โดยค่า b ลดลงเมื่อระยะการสุกเพิ่มขึ้นเนื่องจากเบต้าแคโรทีนที่ให้สีเหลืองลดลง แต่ค่า a เพิ่มขึ้นเป็น +a มากขึ้น แต่เฉพาะที่ blossom-end ที่ระยะการสุกที่มีสีส้ม และสีแดง ค่าสีไม่มีความแตกต่างกัน และได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วน a/b และค่าความสว่าง (L) พบว่าค่าอัตราส่วน a/b และค่า L มีความแตกต่างกันในทุกระยะการสุก ยกเว้นค่า L ในระยะแก่จัด และระยะที่มีสีเขียว-ส้มที่ได้จากการวัดที่ด้านข้างของผลไม่มีความแตกต่างกัน

G'omez และคณะ (1998) เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของระบบ CIE Yxy และ CIELAB ของมะเขือเทศ 12 พันธุ์ ที่ระยะการสุก 4 ระยะ (แก่จัด เทิร์นนิง (turning) ระยะที่มีสีแดงเนื้อแน่น (red firm) และระยะสุกแดง (red ripe) พบว่าค่า Luminosity (L*), a*, a*/b*, hue angle (h*), dominant wavelength (DW) และค่า Tomato Color Index (TCI_f) ซึ่งได้จากสมการ

TCI_f = 2000xa*/(L*x(a^{*2}+b^{*2})$^{1/2}$) (Hobson และคณะ, 1983) เป็นพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการประเมินความสุกที่แตกต่างกันของมะเขือเทศทั้ง 12 พันธุ์

Arias และคณะ (2000a) วัดค่าสีที่ผิวมะเขือเทศที่ระยะการสุกต่างๆ โดยใช้ Minolta Chroma Meter CR-200 พบว่าค่า L ค่า a และ ค่า b มีความแตกต่างในทุกระยะการสุกของมะเขือเทศ Laura โดยค่า L และค่า a มีค่าบวกเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่า b มีค่าลดลง (ภาพที่ 2.4) นอกจากนั้นยังพบว่าค่า a* แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับระยะการสุกของมะเขือเทศ โดยค่า a* เพิ่มขึ้นจาก –10.37 เป็น 29.25 เนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์ไลโคพีนสีจึงเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นแดง ส่วนค่าความสว่าง (L*) ลดลงระหว่างการสุกระยะแรกและค่อนข้างคงที่ที่ระยะต่อมา แต่ค่า b*, hue และ chroma มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับระยะการสุกของมะเขือเทศต่ำ ค่า a*/b* และ ค่า $(a^*/b^*)^2$ สามารถใช้เป็นดัชนีที่บ่งถึงระยะการสุกได้ดีเช่นเดียวกัน

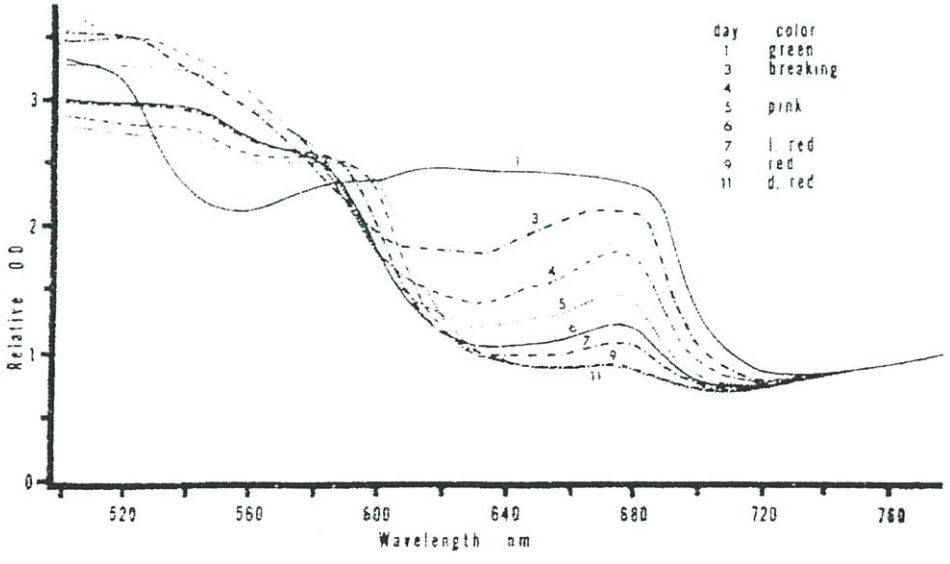


ภาพที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงค่าสีในระบบ L*,a*,b* ของมะเขือเทศ Laura ที่ระยะการสุกต่างๆ (แกน x แทนระยะการสุก G หมายถึงระยะ Green, Y หมายถึงระยะ Yellow, O หมายถึงระยะ Orange, LR หมายถึงระยะ Light Red, R หมายถึงระยะ Red, IRF หมายถึงระยะ Intense Red Firm, IRS หมายถึงระยะ Intense Red Soft)

ที่มา : Arias และคณะ (2000a)

2.3.3 ระยะเวลาในการเก็บ

ในมะเขือเทศ Floradel มีการเปลี่ยนแปลง density ของ spectrum 2 ช่วง ในระหว่างการสุกดังแสดงในภาพที่ 2.5 ซึ่งที่ 620-700 nm แสดงถึงการลดลงของ Optical Density (OD) กับการสูญเสียคลอโรฟิลล์ในระหว่างการสุก และที่ 540 ถึง 580 nm มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของ Optical Density (OD) ในช่วงเริ่มต้นตามการลาดเอียงของรูป ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงเม็ดสีที่ซับซ้อนของการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ทั้งภายในและภายนอกของเนื้อเยื่อ ซึ่งตรวจสอบจากการสูญเสียคลอโรฟิลล์ในระหว่างการสุก Jahn (1975) พบว่าวิธีการตรวจวัดที่มีประสิทธิภาพในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของสีในการสุกของมะเขือเทศ (Lycopersicon esculentum Mill) ประกอบด้วยระบบ Light-reflectance และ Light-transmittance ซึ่งในแต่ละระบบทดสอบด้วยความยาวคลื่นคู่ที่ 500-595, 540-595 และ 595-650 nm วิธีการตรวจวัดเป็น photomultipliers ที่เหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปมีความไวต่อการเปลี่ยนสีมากกว่าการสังเกตด้วยตา แต่ระบบ Light-transmittance ที่วัดที่ 595-650 nm มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับสีที่มองเห็นได้ด้วยตาในระหว่างการสุก และ Light-transmittance ที่วัดที่ 540-595 nm มีอิทธิพลต่อการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนแรกๆ มากกว่า reflective อื่น หรือการสังเกตด้วยตา เนื่องจากความซับซ้อนของการเปลี่ยนแปลงเม็ดสี ค่าที่วัดได้นี้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างระยะการสุกเริ่มต้นและลดลงในระยะหลัง ทำให้มีความยากมากที่จะทำให้มีความสัมพันธ์กับการมองเห็นสี



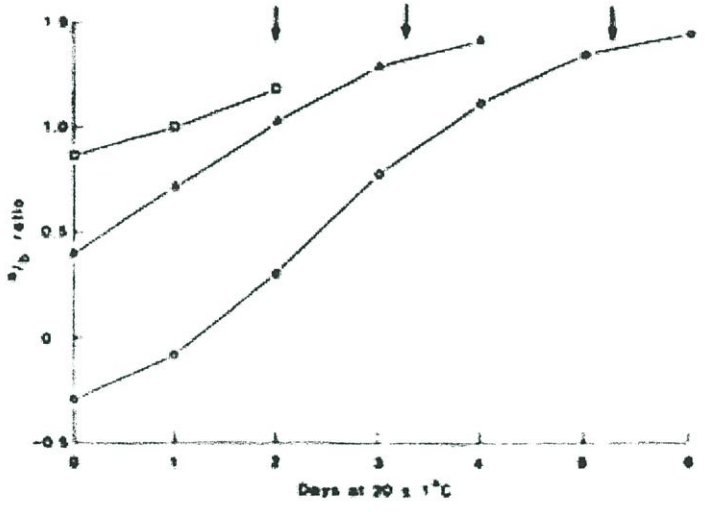
ภาพที่ 2.5 ลักษณะกราฟของ Light-transmittance spectral ในมะเขือเทศ Floradel ในระหว่างการสุก

ที่มา : Jahn (1975)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Throne และ Alvarez (1982) พบว่าที่ระยะเวลาในการเก็บนานขึ้นที่อุณหภูมิเดียวกัน ค่าอัตราส่วนระหว่าง a/b เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2.3)

Hobson และคณะ (1983) พบว่าค่าอัตราส่วนระหว่าง a/b เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บนานขึ้นที่อุณหภูมิ 20±1 องศาเซลเซียส สำหรับมะเขือเทศในระยะที่มีสีส้ม, ระยะที่มีสีส้มอมเขียว และระยะที่มีสีเขียวอมส้ม (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลงค่า a/b ในมะเขือเทศที่เกิดการสุก (□ แทนระยะการสุก Orange, o แทน ระยะการสุก Orange-green, Δ แทนระยะการสุก Green-orange)
ที่มา : Hobson และคณะ (1983)

2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศ

ผลไม้ทุกชนิดเมื่อเริ่มสุกจะเกิดการนิ่มของเนื้อเยื่อ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ โดยส่วนที่เชื่อมผนังเซลล์ (Middle lamella) และผนังเซลล์ชั้นที่ 1 (Primary cell wall) ประกอบด้วยเพกติน (pectin) เป็นส่วนสำคัญ ผลไม้ที่ยังไม่สุกจะประกอบด้วยเพกตินที่ไม่ละลายน้ำจำนวนมาก เมื่อผลไม้เริ่มสุกจะมีจำนวนเพกตินไม่ละลายน้ำน้อยลง และมีเพกตินที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น เช่นมะเขือเทศผลดิบมีปริมาณเพกตินรวม (Total pectin) 60-100 % ส่วนผลสุกจะมี 13-17 % การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นโดยกระบวนการย่อยมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง 2 ชนิดคือ Pectin Methylesterase (Pectinestrease) และ Polygalacturonase ซึ่งจะไปเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของเพกตินที่ไม่ละลายน้ำให้เป็น Galacturonic acid ซึ่งละลายน้ำ ทำให้เซลล์ซึ่งเคยยึดเกาะกันแน่นในผลไม้ดิบกลับมาอยู่ในสภาพที่เกาะกันหลวมๆในผลไม้สุก ดังนั้นผลไม้สุกจึงอ่อนตัวลง ความ

49427

นิ่มของผลอาจใช้เป็นดัชนีของการสุกของผลในทางการค้า โดยอาศัยเครื่องมือ Fruit Pressure Tester เป็นเครื่องมือวัดความนิ่ม

มีการวัดความแน่นเนื้อ (firmness) ในมะเขือเทศด้วยกันหลายวิธี เช่น การวัด Compression การใช้ Durometer (Fallik, *et al.*, 1993) การใช้ Mechanical thumb

Mizrach และคณะ (1992) พัฒนาระบบการวัดความแน่นเนื้อของเครื่อง Mechanical thumb ในมะเขือเทศ โดยพบว่าความแข็ง (stiffness) ของมะเขือเทศในระยะ green สูงกว่าในระยะ Turning-red Red (firm) และ Red (soft) ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบการวัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Mechanical thumb ที่ใช้ระดับ K = 360 grf/mm กับการคัดเกรดมะเขือเทศด้วยมือโดยใช้สีเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง พบว่าสามารถแยกความแตกต่างของมะเขือเทศสีแดงได้ 100% จากมะเขือเทศสีเขียว 100% และจากมะเขือเทศ Turning-red 52%

Choi และคณะ (1995) ใช้เครื่อง Instron Universal Tester (Model 4201) ซึ่งมี flat plate ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 57 มม. วัดความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะเขือเทศที่ระยะการสุก 6 ระยะ โดยให้แรงกดลงบนมะเขือเทศทั้งลูกจากบริเวณ blossom end ถึงบริเวณ stem end เป็นระยะ 1 มม. โดยทั่วไปความแน่นเนื้อลดลงเมื่อมะเขือเทศมีการสุกเพิ่มขึ้น แต่หลังจากระยะ Turning จนถึงระยะ Red พบว่าค่าความแน่นเนื้อมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นค่าความแน่นเนื้ออาจไม่สามารถใช้แยกระยะการสุกได้ แต่ได้มีความพยายามหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการสุกของมะเขือเทศ (Tomato maturity index; TMI) (TMI พัฒนาขึ้นมาสำหรับประมาณระดับการสุกภายในแต่ละระยะของมะเขือเทศทุกระยะ มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 โดยค่า 0 สำหรับระยะ Green 1–9 สำหรับระยะ Breakers 10-29 สำหรับระยะ Turning 30-59 สำหรับระยะ Pink 60-89 สำหรับระยะ Light red และ 90 ขึ้นไปสำหรับระยะ Red) กับค่า Fresh firmness ได้เป็นสมการ Fresh firmness = $1.63-0.23 \log_e(TMI+1)$ $[R^2 = 0.6574]$

Sozzi และคณะ (1999) ใช้ Hand-held Effegi pressure tester (Model FT327) เส้นผ่าศูนย์กลางของหัว plunger 11 มม. วัดความแน่นเนื้อในมะเขือเทศระยะ green-mature ที่เก็บในสภาวะ ออกซิเจน (O_2) 3% หรือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 20% นาน 150 ชั่วโมง โดยพบว่าค่าความแน่นเนื้อมากกว่ามะเขือเทศที่เก็บที่สภาวะอากาศปกติ และในสภาวะดังกล่าวความแน่นเนื้อไม่มีความแตกต่างกันแม้เมื่อมีการให้เอทธิลีน 100 ppm ร่วมด้วย

Arias และคณะ (2000b) ใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analysis) TA.XT2 วัดความแน่นเนื้อของมะเขือเทศด้วยแรงกด (compression) โดยใช้หัววัดแบบ Spherical เส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว ระยะกด 5 มิลลิเมตร ความเร็วหัววัด 1 มิลลิเมตร/วินาที วัดโดยรอบบริเวณกลางผลมะเขือเทศ และคำนวณค่าความแน่นเนื้อจากแรงที่ใช้กดต่อระยะทางที่กด เนื่องจากการวัดด้วยวิธีนี้จะทำให้มะเขือเทศมีความเสียหายทางกายภาพน้อยที่สุด

2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสีกับปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสด

Koskitalo และ Ormand (1972) พบว่าที่ความเข้มข้นของไลโคพีน 32-43 μg/g สีของมะเขือเทศเปลี่ยนจากสีส้มเป็นสีแดง และที่ความเข้มข้นของไลโคพีนมากกว่า 40 μg/g มีการเปลี่ยนแปลงสีของมะเขือเทศเพียงเล็กน้อย

Watada และคณะ (1976) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์กับค่าสี ด้วย Spectrophotometer ในมะเขือเทศที่ถูกแบ่งตามสีและค่าการดูดกลืนแสงที่ 510, 600 และ 690 nm. ด้วย Photometer และทำการวัดค่าการสะท้อนแสงด้วย Hunter color meter พบว่าค่า L*, a*, b*, X, Y และ Z มีความสัมพันธ์กับปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศ และค่า L* เป็นพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด (R^2 = 0.94) ที่ใช้ในการทำนายปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศในการวัดค่าการสะท้อนแสง และค่า ΔA 570-580 nm (ผลต่างของค่าการดูดกลืนแสง) มีความสัมพันธ์กับปริมาณไลโคพีนที่ 0.2-46.7 μg/g น้ำหนักสด (R^2 = 0.97) ซึ่งการวัดด้วยค่า ΔA (ผลต่างของค่าการดูดกลืนแสง) จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ที่สูงกว่าการใช้ค่าการสะท้อนแสง

D'Souza และคณะ (1992) ศึกษาความเข้มข้นของไลโคพีนกับค่าสีของมะเขือเทศจากบริเวณ skin disks และ pericarp plugs พบว่าค่า L* เป็นพารามิเตอร์ที่ดีกว่าค่า a* และ b* แต่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า $(a^*/b^*)^2$ กับปริมาณไลโคพีนที่บริเวณ skin disks (R^2 = 0.77) มีค่าที่ดีกว่าที่บริเวณ pericarp plugs (R^2 = 0.73) และค่า hue angle ($\tan^{-1} b^*/a^*$) และค่า chroma ($\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$) ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไลโคพีน (ตารางที่ 2.4)

Thompson และคณะ (2000) พบว่าค่า hue ที่ระดับค่าบวกต่ำแสดงถึงสีแดงที่เพิ่มขึ้น และค่า hue ที่ได้จากมะเขือเทศบดบ่งชี้ถึงปริมาณไลโคพีนได้ดีกว่าค่า hue ที่ได้จากการวัดที่ผิวของมะเขือเทศทั้งในระยะ mature green beaker และ red ripe

Arias และคณะ (2000a) ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าสีกับปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ Laura สำหรับแต่ระยะของการสุกโดยวัดปริมาณไลโคพีนด้วย HPLC และใช้ความยาวคลื่นแสงหลักที่ 471 nm พบว่าไลโคพีนเพิ่มขึ้นจากระยะ green (0.11 mg/100g) และสูงสุดที่ระยะ intense red (12.20 mg/100g) และค่า L* ให้ความสัมพันธ์ที่ดีกับปริมาณไลโคพีน (ตารางที่ 2.5) โดยปริมาณไลโคพีนเพิ่มขึ้นค่า L* ลดลง และมะเขือเทศเปลี่ยนสีจากสว่างเป็นคล้ำลง, ค่า b* ไม่สามารถใช้ทำนายปริมาณไลโคพีนได้ ส่วนการเพิ่มขึ้นของค่า a* เกี่ยวข้องโดยตรงกับการสังเคราะห์ไลโคพีน นอกจากนี้ยังพบว่าค่า a*/b* และค่า $(a^*/b^*)^2$ (ภาพที่ 2.7) ล้วนเป็นค่าที่ดีในการใช้ทำนายปริมาณไลโคพีน แต่เนื่องจากค่า a*/b* มีความแตกต่างน้อยกว่า $(a^*/b^*)^2$ จากจำนวน

6 ใน 7 ระยะของมะเขือเทศ จึงอาจใช้ค่า a*/b* ในการทำนายปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ Laura

ตารางที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความแม่นยำ (R^2) สำหรับการเลือกค่าสีเพื่อใช้ในการทำนายปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศ 3 พันธุ์

ค่าสี	พันธุ์มะเขือเทศ	บริเวณที่วัดค่าสี	
		Skin disks	Pericarp plugs
L*	Celebrity	0.69*	0.66*
	Early Pick	0.77*	0.64*
	Mountain delight	0.82*	0.77*
a*	Celebrity	0.55*	0.75*
	Early Pick	0.58*	0.69*
	Mountain delight	0.68*	0.63*
b*	Celebrity	0.31*	0.07 ^{NS}
	Early Pick	0.34*	0.01 ^{NS}
	Mountain delight	0.06 ^{NS}	0.14 ^{NS}
(a*/b*)	Celebrity	0.71*	0.73*
	Early Pick	0.73*	0.72*
	Mountain delight	0.69*	0.72*
$(a^*/b^*)^2$	Celebrity	0.83*	0.67*
	Early Pick	0.71*	0.77*
	Mountain delight	0.80*	0.75*
$\tan^{-1}$ b*/a* (hue angle)	Celebrity	0.22 ^{NS}	0.26 ^{NS}
	Early Pick	0.14 ^{NS}	0.24 ^{NS}
	Mountain delight	0.29 ^{NS}	0.22 ^{NS}
$\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$ (chroma)	Celebrity	0.10 ^{NS}	0.67*
	Early Pick	0.08 ^{NS}	0.26 ^{NS}
	Mountain delight	0.26 ^{NS}	0.01 ^{NS}

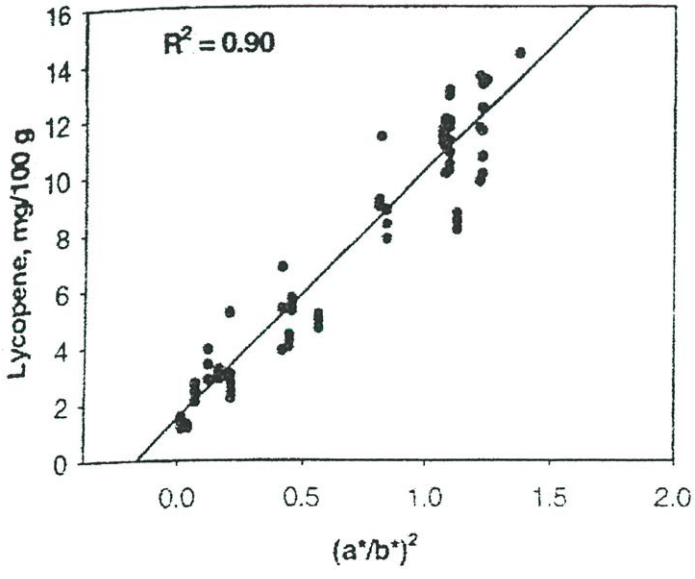
^{NS},* มีความแตกต่าง หรือไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ที่มา : D'Souza และคณะ (1992)

ตารางที่ 2.5 ค่าสหสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆต่อปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ Laura

ปัจจัย	Linear regression R^2	Exponential regression R^2	Correlation coefficient	Probability level
L*	0.84	0.93	-0.92	<0.0001
a*	0.82	0.96	0.87	<0.0001
b*	0.05	-	0.12	0.26
a*/b*	0.88	0.96	0.93	<0.0001
$(a^*/b^*)^2$	0.90	0.85	0.95	<0.0001
hue	0.55	0.80	0.74	<0.0001
chroma	0.35	0.88	0.28	0.78

ที่มา : Arias และคณะ (2000a)



ภาพที่ 2.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไลโคพีนและค่า $(a^*/b^*)^2$ ในมะเขือเทศพันธุ์ Laura แบบ Linear regression

ที่มา : Arias และคณะ (2000a)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

มะเขือเทศสดพันธุ์ท้อ (*Lycopersicon Esculentum Mill Var. Tor)* จากไร่คุณนิรันดร ไชยสุระ ต.โพนทอง อ.บ้านแพง จ.นครพนม โดยมะเขือเทศสีผิวสีเขียว สีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว สีส้ม และสีแดง ใช้ในการศึกษาปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่มีระดับสีแตกต่างกัน และมะเขือเทศสีผิวสีเขียว สีส้มอมเขียว และสีแดง ใช้ในการศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาและสภาวะการเก็บรักษาที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างต่อปริมาณ ไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่มีระดับสีแตกต่างกัน

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ในการเก็บรักษามะเขือเทศสด

3.2.1.1 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

3.2.1.2 ถุงโพลีโพรไพลีน (PP) ชนิดใส

3.2.1.3 ถุงโพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) สีดำ

3.2.1.4 ถุง PET12/PE30/ALU8/LL70

3.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.2.2.1 เครื่องวัดสี (Chroma colorimeter)	Minolta CR-30D	ญี่ปุ่น
3.2.2.2 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)	Shimadzu	ญี่ปุ่น
3.2.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก	Mettler AJ 100	
3.2.2.4 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส	Texture Measuring System, TA-XT2I	

3.2.2.5 กรวยแยก

3.2.2.6 เครื่องแก้ว

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 Petroleum ether (b.p. 80^0-100^0C)	Analytical grade	BDH	อังกฤษ

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การศึกษาปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน

นำมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อสีผิวต่างๆ ที่เก็บเกี่ยวจากไร่ในเวลาเย็นและขนส่งมาทำการทดลองในเวลาเช้าของวันรุ่งขึ้น มาทำการคัดแยกสีผิวที่แตกต่างกันด้วยสายตาเป็น 5 ระดับคือ สีผิวสีเขียว สีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว สีส้ม และสีแดง (ภาคผนวก ก) จากนั้นนำมาวิเคราะห์

3.5.1.1 วัดสีบริเวณผิวผลมะเขือเทศที่บริเวณกึ่งกลางระหว่างขั้วผลและก้นผลของมะเขือเทศทั้ง 4 ทิศ ด้วย Chroma colorimeter (D'souza, *et al.*, 1992)

3.5.1.2 วัดสีมะเขือเทศบดด้วย Chroma colorimeter โดยนำมะเขือเทศสดคว้านเมล็ดมาบดละเอียดด้วยเครื่องบด (blender) บรรจุในกล่องใส่ฟิล์มสีดำ ปิดด้วยแผ่นพลาสติกใสด้านบน

3.5.1.3 วัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT2i ใช้หัววัดแบบ Needle (P/2N) ความเร็วหัววัด 1.0 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทางที่กด 12 มิลลิเมตร

3.5.1.4 ปริมาณไลโคพีนโดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี (ดัดแปลงจากวิธีที่รายงานในลักขณา รุจนะไกรกานต์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2540) เตรียมตัวอย่างโดยนำมะเขือเทศสดคว้านเมล็ดมาบดละเอียดด้วยเครื่องบด (blender) และบรรจุถุง PET12/PE30/ALU8/LL70 แช่แข็งที่อุณหภูมิ –18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

ทำการทดลอง 10 ซ้ำๆ ละ 1 ผล วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการวิเคราะห์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 9.0

3.5.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา และสภาวะการเก็บรักษาที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างต่อปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน

นำมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อสีผิวต่างๆ ที่เก็บเกี่ยวจากไร่ในเวลาเย็นและขนส่งมาทำการทดลองในเวลาเช้าของวันรุ่งขึ้น มาทำการคัดแยกสีผิวที่แตกต่างกันด้วยสายตาเป็น 3 ระดับ คือ สีผิว สีเขียว สีส้มอมเขียว และสีแดง จากนั้นทำการบรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) ชนิดใสเจาะรูทั่วทั้งถุง และถุงโพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) สีดำเจาะรูทั่วทั้งถุง นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์

3.5.2.1 วัดสีบริเวณผิวผลมะเขือเทศที่บริเวณกึ่งกลางระหว่างขั้วผลและก้นผลของมะเขือเทศทั้ง 4 ทิศ ด้วย Chroma colorimeter (D'souza *et al.*, 1992)

3.5.2.2 วัดสีมะเขือเทศบดด้วย Chroma colorimeter โดยนำมะเขือเทศสดคว้านเมล็ดมา บดละเอียดด้วยเครื่องบด (blender) บรรจุในกล่องใส่ฟิล์มสีดำ ปิดด้วยแผ่นพลาสติกใสด้านบน

3.5.2.3 วัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT2i ใช้หัววัดแบบ Needle (P/2N) ความเร็วหัววัด 1.0 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทางที่กด 12 มิลลิเมตร

3.5.2.4 ปริมาณไลโคพีนโดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี (ดัดแปลงจากวิธีที่รายงานในลักขณา รุจนะไกรกานต์ และนิธิยา รัตนาปนท์, 2540) ณ. วันที่ 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 เตรียมตัวอย่างโดยนำมะเขือเทศสดคว้านเมล็ดมาบดละเอียดด้วยเครื่องบด (blender) และบรรจุถุง PET12/PE30/ALU8/LL70 แช่แข็งที่อุณหภูมิ –18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

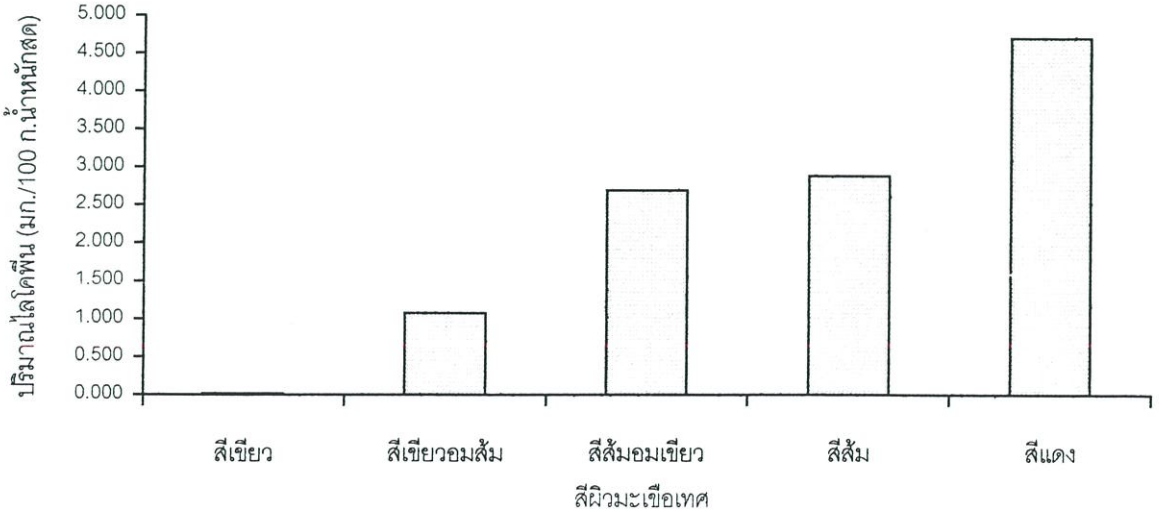
ทำการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 2 ผล วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการวิเคราะห์โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Complete Randomized Design (CRD) ขนาด 2 X 2 X 6 และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 9.0

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน

4.1.1 ปริมาณไลโคพีน

หลังจากนำมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อสีผิวต่างๆ ที่เก็บเกี่ยวจากไร่ในเวลาเย็นและขนส่งมาทำการทดลองในเวลาเช้าของอีกวัน มาทำการคัดแยกสีผิวที่แตกต่างกันด้วยสายตาเป็น 5 ระดับคือ สีผิวสีเขียว สีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว สีส้ม และสีแดง (ภาคผนวก ก) มาทำการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี พบว่าปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่มีสีผิวแตกต่างกันมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยมะเขือเทศสีผิวสีเขียวมีปริมาณไลโคพีนต่ำที่สุดคือ 0.014 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสด และจะเพิ่มขึ้นตามลำดับสำหรับมะเขือเทศสีผิวสีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว สีส้ม และสีแดงซึ่งมีปริมาณไลโคพีนสูงสุดคือ 4.704 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด (ภาพที่ 4.1) เช่นเดียวกับ Arias และคณะ (2000a) ซึ่งพบว่าปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ Laura (*Lycopersicon esculentum Mill cv. Laura*) เพิ่มขึ้นตามระยะการสุกจากระยะที่มีผลสีเขียวจนกระทั่งถึงระยะที่มีผลสีแดง สำหรับในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวมีปริมาณไลโคพีนต่ำกว่ามะเขือเทศสีส้มอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ตารางผนวกที่ จ1) เนื่องจากมะเขือเทศสีส้มอมเขียวมีสีผิวใกล้เคียงกับมะเขือเทศพันธุ์ท้อสีส้มมากโดยมีสีเขียวเพียงเล็กน้อยที่บริเวณใกล้ขั้วผล เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนจึงพบความแตกต่างเพียงเล็กน้อย



ภาพที่ 4.1 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศพันธุ์ท้อสีผิวต่างๆ

การที่มะเขือเทศมีปริมาณไลโคพีนแตกต่างกันเนื่องจากในมะเขือเทศมีคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุที่ให้สีเขียวและมีแคโรทีนอยด์เช่น แคโรทีน และไลโคพีน ซึ่งให้สีเหลืองและแดงตามลำดับ เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยมะเขือเทศสีเขียวมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่ารงควัตถุอื่นและเมื่อมะเขือเทศเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก คลอโรฟิลล์เกิดการสลายตัว มีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์เพิ่มมากขึ้น โดยช่วงแรกสัดส่วนของปริมาณเบต้าแคโรทีนจะมากกว่าปริมาณไลโคพีนจึงทำให้เกิดสีเหลืองถึงสีส้มขึ้น จากนั้นเบต้าแคโรทีนเกิดการสลายตัวและไลโคพีนมีการสังเคราะห์เพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้มะเขือเทศมีสีแดงขึ้น (Koskitalo and Omrod, 1972)

4.1.2 ค่าสี

จากการวัดค่าสีที่บริเวณผิวผลและในมะเขือเทศบด (ตารางที่ 4.1) พบว่าค่า L หรือความสว่าง (0 = มืด, 100 = สว่าง) ของมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่วัดได้จากบริเวณผิวผลและจากมะเขือเทศบดมีค่าสูงที่สุดและมะเขือเทศสีผิวสีแดงมีค่าความสว่างต่ำที่สุด เช่นเดียวกับค่า b ในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวซึ่งแสดงถึงสีน้ำเงินและสีเหลือง (- = สีน้ำเงิน, + = สีเหลือง) มีค่าบวกสูงกว่ามะเขือเทศสีผิวอื่นๆ แสดงถึงการมีสีเหลืองมากกว่า ในขณะที่ค่า a หรือค่าสีแดง (- = สีเขียว, + = สีแดง) ในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวมีค่าติดลบนั่นแสดงถึงสีเขียว และค่าสีแดงเพิ่มขึ้นตามลำดับในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว สีส้ม และมีค่าบวกสูงสุดในมะเขือเทศสีผิวสีแดง

จากการวัดค่า L พบว่าค่าที่ได้จากการวัดจากบริเวณผิวผลมีค่าน้อยกว่าที่ได้จากการวัดในมะเขือเทศบดทั้งนี้อาจเนื่องจากความเลื่อมมันที่บริเวณผิวผลซึ่งมีไข (wax) เคลือบอยู่

สำหรับค่าสีหลัก (hue angle) เป็นค่าที่แสดงว่าสีอยู่ที่ตำแหน่งใดในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา (ซึ่งได้จากสูตรการคำนวณ $\tan^{-1}(b/a)$ โดยถ้าค่าที่ได้เท่ากับ 0 แสดงว่าเป็นสีแดง, 90° แสดงว่าเป็นสีเหลือง, 180° แสดงว่าเป็นสีเขียว และ 270° แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน) ค่าสีหลักของมะเขือเทศทั้ง 5 สีผิวที่ได้จากบริเวณผิวผลและมะเขือเทศบดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าสีหลักของมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่บริเวณผิวมีค่า 106.89° และ 109.09° ในมะเขือเทศบด ซึ่งแสดงถึงตำแหน่งของสีที่อยู่ระหว่างสีเขียวและสีเหลือง ส่วนมะเขือเทศสีผิวสีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว สีส้ม และสีแดง มีค่าสีหลักอยู่ในตำแหน่งระหว่างสีเหลืองและสีแดงโดยมีการเพิ่มขึ้นของสีแดงตามค่าขององศาที่ลดลงตามลำดับดังในภาพที่ 4.2

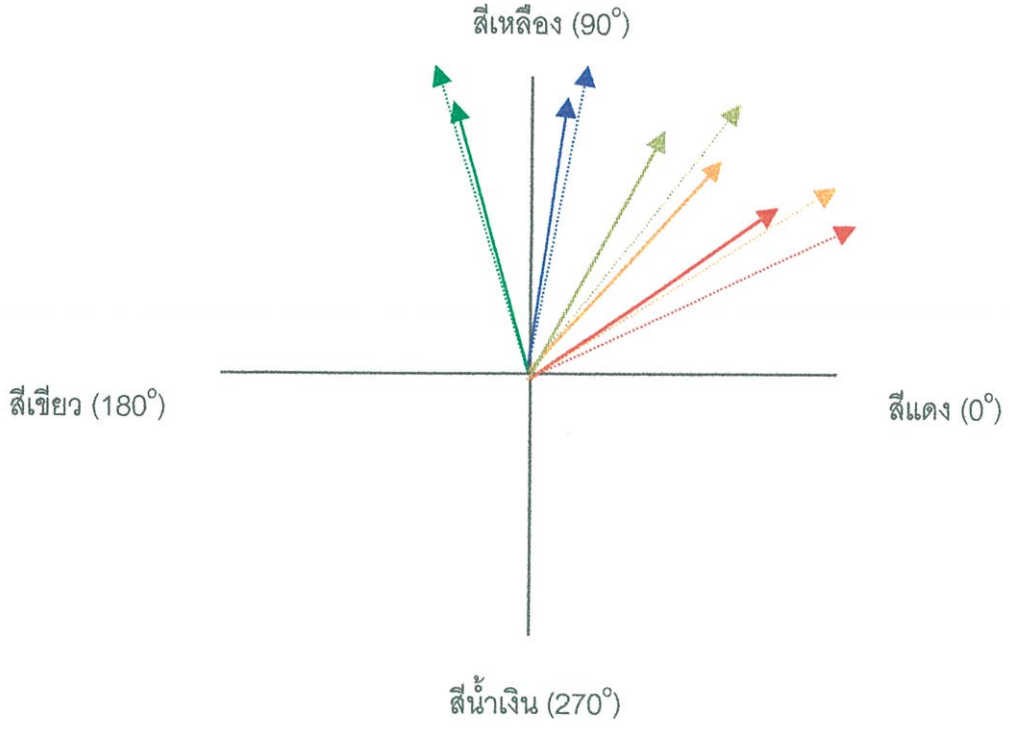
ค่าอัตราส่วนระหว่าง a ต่อ b (a/b) ก็สามารถบอกความแตกต่างของสีของมะเขือเทศสีผิวต่างๆ ได้เช่นเดียวกันโดยค่า a/b ในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวมีค่าน้อยที่สุดคือ –0.31 (ที่บริเวณผิวผล) และ –0.35 (มะเขือเทศบด) และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.17, 0.61, 0.90 และ 1.16 (ที่บริเวณผิวผล) และ 0.27, 0.83, 1.35 และ 1.72 (มะเขือเทศบด) ในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว สีส้ม และสีแดง ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ค่าสีบริเวณผิวผลและมะเขือเทศบดของมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน

สีผิวมะเขือเทศ	ค่าสี									
	บริเวณผิวผล					มะเขือเทศบด				
	L	a	b	Hue	a/b	L	a	b	Hue	a/b
สีเขียว	59.11±2.80 ^{e}	-10.94±2.66 ^{a}	35.86±3.08 ^{d}	106.89±3.86 ^{e}	-0.31±0.07 ^{a}	65.15±3.55 ^{e}	-10.76±2.67 ^{a}	30.88±2.47 ^{e}	109.09±4.48 ^{e}	-0.35±0.09 ^{a}
สีเขียวอมส้ม	55.92±1.77 ^{d}	6.87±3.54 ^{b}	40.52±1.88 ^{e}	80.39±5.10 ^{d}	0.17±0.09 ^{b}	60.19±2.10 ^{d}	7.66±1.24 ^{b}	28.08±0.96 ^{d}	74.79±2.37 ^{d}	0.27±0.04 ^{b}
สีส้มอมเขียว	47.54±1.97 ^{c}	19.57±3.15 ^{c}	32.25±2.47 ^{c}	58.79±5.31 ^{c}	0.61±0.13 ^{c}	53.59±2.90 ^{c}	17.80±1.49 ^{c}	21.65±1.76 ^{c}	50.54±3.95 ^{c}	0.83±0.12 ^{c}
สีส้ม	43.53±0.96 ^{b}	24.02±1.32 ^{d}	26.60±1.09 ^{b}	47.95±2.03 ^{b}	0.90±0.06 ^{d}	51.36±1.27 ^{b}	24.52±0.62 ^{d}	18.20±0.49 ^{b}	36.61±0.79 ^{b}	1.35±0.04 ^{d}
สีแดง	40.14±0.68 ^{a}	27.37±1.70 ^{e}	23.61±1.34 ^{a}	40.81±1.05 ^{a}	1.16±0.04 ^{e}	45.57±1.66 ^{a}	28.55±1.02 ^{e}	16.58±0.60 ^{a}	30.17±0.99 ^{a}	1.72±0.07 ^{e}

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากจำนวนตัวอย่าง 10 ซ้ำ



ภาพที่ 4.2 ตำแหน่งค่าสีหลักของมะเขือเทศสีผิวต่างๆ บนกราฟ
(——► แสดงค่าสีหลักจากบริเวณผิวผล, ·····► แสดงค่าสีหลักจากมะเขือเทศบด, สีเขียว แทนมะเขือเทศสีผิวสีเขียว, สีน้ำเงิน แทนมะเขือเทศสีผิวสีเขียวอมส้ม, สีเขียวแก่ แทนมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียว, สีส้ม แทนมะเขือเทศสีผิวสีส้ม, สีแดง แทน มะเขือเทศสีผิวสีแดง)

4.1.3 เนื้อสัมผัส

จากตารางที่ 4.2 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศที่สีผิวแตกต่างกัน พบว่ามะเขือเทศสีผิวสีเขียวมีค่าแรงกดสูงสุดคือ 288.62 กรัมและค่าพื้นที่ใต้กราฟ 2088.86 กรัม.มิลลิเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากมะเขือเทศสีผิวอื่นๆ โดยมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากมะเขือเทศสีผิวสีเขียวมีความแข็งจึงทำให้ต้องใช้แรงมากในการกด สำหรับมะเขือเทศสีผิวสีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียวและสีส้มมีค่าแรงกดสูงสุดและค่าพื้นที่ใต้กราฟพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าใกล้เคียงกันแต่มีค่าน้อยกว่ามะเขือเทศสีผิวสีเขียวตามลำดับ ส่วนมะเขือเทศสีผิวสีแดงเมื่อสัมผัสด้วยมือมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มกว่ามะเขือเทศทุกสีผิวและเมื่อทำการวัดค่าแรงกดสูงสุดด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสมีค่าน้อยที่สุดคือ 82.48 กรัม เช่นเดียวกับค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ได้เท่ากับ 601.94 กรัม.มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศที่สีผิวแตกต่างกัน

สีผิว มะเขือเทศ	ค่าแรงกดสูงสุด (max. force; g)	พื้นที่ใต้กราฟ (area; g.mm)	ระยะทางที่กด (distance; mm)	ความแน่นเนื้อ (firmness; g/mm)
สีเขียว	288.62±36.21 ^{c}	2088.86±224.34 ^{c}	11.52±0.31 ^{b}	23.08±7.31 ^{c}
สีเขียวอมส้ม	139.84±16.84 ^{b}	1115.70±138.76 ^{b}	11.70±0.20 ^{b}	11.95±1.40 ^{b}
สีส้มอมเขียว	131.96±22.74 ^{b}	1036.28±187.24 ^{b}	11.61±0.26 ^{b}	11.35±1.79 ^{b}
สีส้ม	129.48±15.60 ^{b}	1000.52±128.62 ^{b}	11.44±0.17 ^{b}	11.31±1.31 ^{b}
สีแดง	82.48±7.34 ^{a}	601.94±55.21 ^{a}	10.85±0.57 ^{a}	7.64±0.91 ^{a}

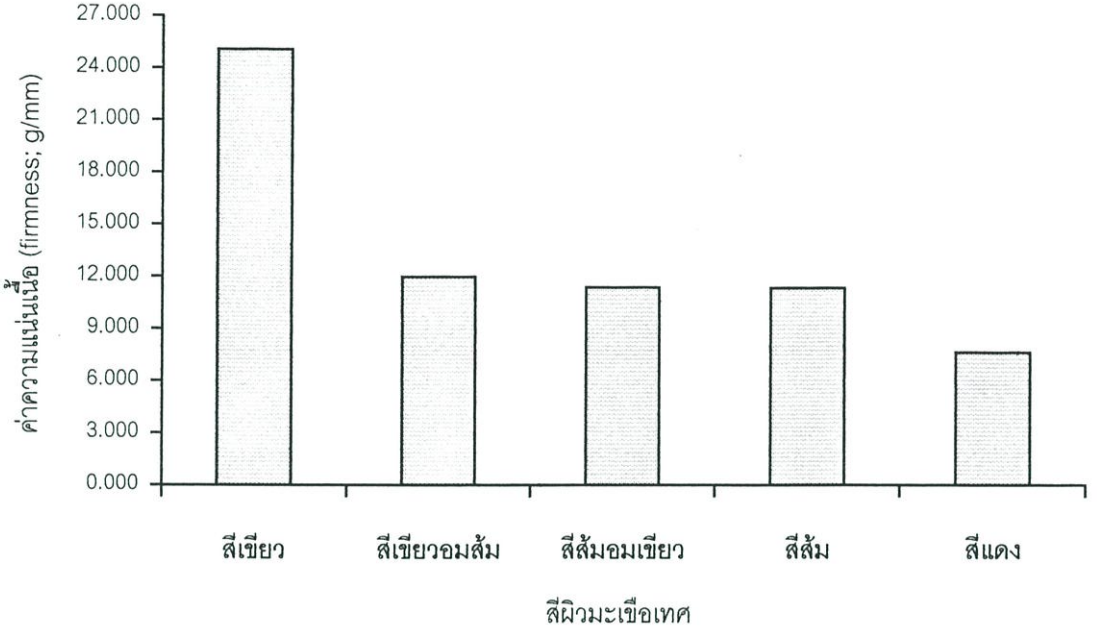
หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากจำนวนตัวอย่าง 10 ซ้ำ

เมื่อพิจารณาความแน่นเนื้อ (firmness) ที่ได้จากอัตราส่วนระหว่างค่าแรงกดสูงสุดต่อระยะทางที่กดได้ซึ่งก็คือความชัน (gradient) ของกราฟที่ได้จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสนั่นเอง พบว่าความแน่นเนื้อในมะเขือเทศมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมะเขือเทศสีผิวสีเขียวมีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุดคือ 23.08 กรัม/มิลลิเมตร (ภาพที่ 4.3) และมะเขือเทศสีผิวสีแดงมีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุดเท่ากับ 7.64 กรัม/มิลลิเมตร แต่มะเขือเทศสีผิวสีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียวและสีส้มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่มีแนวโน้มที่ความแน่นเนื้อมีค่าลดลงในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว และสีส้มตามลำดับ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Choi และคณะ (1995) ที่พบว่าความแน่นเนื้อมีค่าลดลงเมื่อมะเขือเทศมีการสุกมากขึ้น แต่หลังจากระยะ Turning จนถึงระยะ Red ค่าความแน่นเนื้อไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้เครื่อง Instron Universal Tester วัดมะเขือเทศที่ระยะการสุก 6 ระยะและสรุปว่าค่าความแน่นเนื้ออาจไม่สามารถใช้แยกระยะการสุกได้

การที่มะเขือเทศมีค่าความแน่นเนื้อลดลงเนื่องจากในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวประกอบด้วยเพกติน (pectin) ที่ไม่ละลายน้ำจำนวนมากในส่วนที่เชื่อมผนังเซลล์ (middle lamella) และผนังเซลล์ชั้นที่ 1 (primary cell wall) และเมื่อมะเขือเทศเริ่มเข้าสู่ระยะการสุกซึ่งสังเกตได้จากการเปลี่ยนสีของมะเขือเทศจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ โดยมีการเพิ่มมากขึ้นของเอนไซม์ pectin methylesterase (pectinesterase) และ polygalacturonase ซึ่งจะช่วยในกระบวนการย่อยสลายเพกตินที่ไม่ละลายน้ำให้เป็น galacturonic acid ซึ่งละลายน้ำ ทำให้เซลล์ซึ่งเคยยึดเกาะกันแน่นในผลดิบกลับมาอยู่ในสภาพที่เกาะกันหลวมๆในผลสุก ส่งผลให้ผลไม้สุกอ่อนตัวลง ดังนั้นในการขนส่งมะเขือเทศเพื่อนำไปจำหน่ายในระยะทางไกลๆ จึงมักนิยมขนส่งมะเขือเทศสีผิว

สีเขียวเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากมีความแน่นเนื้อสูงสามารถทนต่อการบอบช้ำจากการขนส่งได้ดีกว่ามะเขือเทศสีผิวสีแดงที่มีความแน่นเนื้อต่ำ



ภาพที่ 4.3 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะเขือเทศที่สีผิวแตกต่างกัน

4.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีและความแน่นเนื้อต่อปริมาณไลโคพีน

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่สีผิวแตกต่างกัน พบว่าค่าสีและความแน่นเนื้อมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่มีสีผิวแตกต่างกันค่อนข้างสูง โดยค่า L, b, hue angle, ค่าแรงกดสูงสุด, ค่าพื้นที่ใต้กราฟ และค่าความแน่นเนื้อ มีความสัมพันธ์เป็นไปในเชิงลบ คือจะมีค่าลดลงในขณะที่ปริมาณไลโคพีนเพิ่มขึ้น แต่ค่า a และ a/b มีความสัมพันธ์เป็นไปในเชิงบวกกับปริมาณไลโคพีน ค่าสีที่ได้จากการวัดในมะเขือเทศบด เช่นค่า L, b, a/b และ $(a/b)^2$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าที่ได้จากการวัดค่าสีที่บริเวณผิวผล ส่วนค่า a และค่า hue angle มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการวัดทั้งที่บริเวณผิวผลและในมะเขือเทศบดใกล้เคียงกัน ในขณะที่ผลการทดลองของ Thompson และคณะ (2000) พบว่าในมะเขือเทศพันธุ์ Agriset, Solar set, Suncoast (*og*) และ FL7692D (*og*) ค่า hue ที่วัดได้จากมะเขือเทศบดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับปริมาณไลโคพีนที่ดีกว่าค่า hue ที่ได้จากการวัดที่บริเวณผิวผล ดังนั้นจึงอาจใช้ค่าสีจากการวัดในมะเขือเทศบดในการทำนายปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่สีผิวแตกต่างกันได้

ตารางที่ 4.3 ค่าสหสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่สีผิวแตกต่างกัน

ปัจจัย	บริเวณผิวผล			มะเขือเทศบด		
	Linear regression (r^2)	Correlation coefficient (r)	Probability level	Linear regression (r^2)	Correlation coefficient (r)	Probability level
L	0.750	-0.869	<0.01	0.825	-0.910	<0.01
a	0.755	0.872	<0.01	0.763	0.876	<0.01
b	0.545	-0.744	<0.01	0.764	-0.877	<0.01
a/b	0.807	0.878	<0.01	0.824	0.910	<0.01
$(a/b)^2$	0.724	0.854	<0.01	0.739	0.863	<0.01
hue	0.772	-0.881	<0.01	0.768	-0.879	<0.01
force	0.582	-0.769	<0.01	-	-	-
area	0.621	-0.793	<0.01	-	-	-
firmness	0.560	-0.754	<0.01	-	-	-

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ของค่าสีกับปริมาณไลโคพีนมีค่าที่สูงกว่าค่าที่ได้จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส แสดงถึงมีความเป็นไปได้ในการที่จะใช้ค่าสีในการทำนายปริมาณไลโคพีนได้เหมาะสมมากกว่า ซึ่งอาจใช้ค่า L หรือค่า a/b ในการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงเนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงที่สุด โดยถ้าใช้ค่า L จะได้สมการคือ ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 14.3012-0.2180L (r^2=0.825) และปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 0.6545+2.1145(a/b) (r^2=0.824) สำหรับค่า a/b และหากจะใช้สมการถดถอยเชิงพหุคูณ (multiple regression) จะได้สมการที่เหมาะสมคือ ปริมาณ lycopene = 7.7235-0.1137L+1.0770(a/b) (r^2=0.847)

เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (determination coefficient, r^2) ของสมการที่ได้จากการใช้พารามิเตอร์ L, a/b และ L กับ a/b ทั้ง 3 สมการ พบว่ามีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และเพื่อให้ได้สมการในการทำนายอย่างง่ายโดยมีค่าพารามิเตอร์น้อยที่สุดจึงอาจใช้สมการที่มีพารามิเตอร์ a/b ในการทำนายปริมาณไลโคพีนได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Arias และคณะ (2000a) ที่พบว่าค่า a/b เป็นค่าที่ดีที่สุดที่ใช้ในการทำนายปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ Laura ด้วยสมการปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 1.5471+11.848(a/b) (r^2=0.88)

4.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา และสภาวะการเก็บรักษาที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างต่อปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน

4.2.1 ปริมาณไลโคพีน

จากผลการทดลองในข้อ 4.1 พบว่าปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกันมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยมะเขือเทศสีผิวสีเขียวมีปริมาณไลโคพีนต่ำที่สุดและเพิ่มขึ้นตามลำดับสำหรับมะเขือเทศสีผิวสีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว สีส้ม และสีแดง แต่มะเขือเทศสีส้มอมเขียวมีปริมาณไลโคพีนต่ำกว่ามะเขือเทศสีส้มอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ตารางผนวกที่ จ1) ดังนั้นเพื่อให้สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของผลการทดลองในข้อ 4.2 ได้อย่างชัดเจน จึงทำการคัดแยกมะเขือเทศเป็น 3 สีผิว คือ สีเขียว สีส้มอมเขียว และสีแดงเท่านั้น

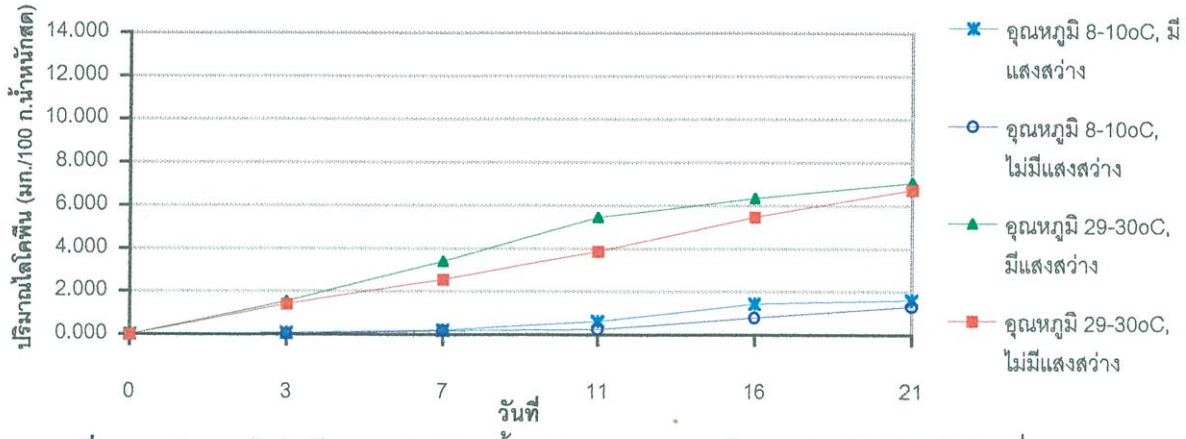
จากการทดลองเก็บรักษามะเขือเทศพบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นมะเขือเทศที่มีสีผิวสีเขียวและสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ทั้งในสภาวะที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างมีปริมาณไลโคพีนเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.4 และ 4.5) เนื่องจากมะเขือเทศเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก คลอโรฟิลล์เกิดการสลายตัวและมีการสังเคราะห์ไลโคพีนมากขึ้น แต่สำหรับมะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ถึงแม้จะมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของไลโคพีนเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ภาพที่ 4.6) นอกจากนี้ยังพบว่ามะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ทั้งในสภาวะที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างปริมาณไลโคพีนเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 16 และลดลงในวันที่ 21 เนื่องจากมะเขือเทศเริ่มเข้าสู่ระยะเสื่อมสลายจึงไม่มีการสังเคราะห์ไลโคพีนเพิ่มขึ้นแต่กลับมีการสลายตัว เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Arias และคณะ (2000a) ที่พบว่ามะเขือเทศที่ระยะการสุกที่มีสีแดงและมีเนื้อสัมผัสนุ่มซึ่งเข้าสู่ระยะการสุกมากกว่ามีปริมาณไลโคพีนต่ำกว่ามะเขือเทศสีแดงที่มีเนื้อสัมผัสแน่น นอกจากนี้ยังพบว่ามะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวขณะสีผิวสีแดงมีปริมาณไลโคพีนเฉลี่ย 4.643 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด (ค่าเฉลี่ยจากปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีผิวสีแดง ณ.วันที่ 0 (ตารางผนวกที่ จ4)) ซึ่งสูงกว่ามะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวขณะมีสีผิวสีเขียว หรือสีส้มอมเขียวที่นำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) จนสุก (มีสีแดง) (ภาพผนวกที่ ข1 และ ข2) ซึ่งมีปริมาณไลโคพีนเฉลี่ยเท่ากับ 3.921 (ค่าเฉลี่ยจากปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ณ.วันที่ 7 และ 11 (ตารางผนวกที่ จ2)) และ 4.121 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด (ค่าเฉลี่ยจากปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ณ.วันที่ 3 (ตารางผนวกที่ จ3))

ตามลำดับ เช่นเดียวกับที่ Gould (1992) พบว่ามะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวในขณะที่ผลแก่มีสีเขียวแล้วนำมาบ่มให้สุก มีปริมาณไลโคพีนต่ำกว่ามะเขือเทศที่สุกบนต้น

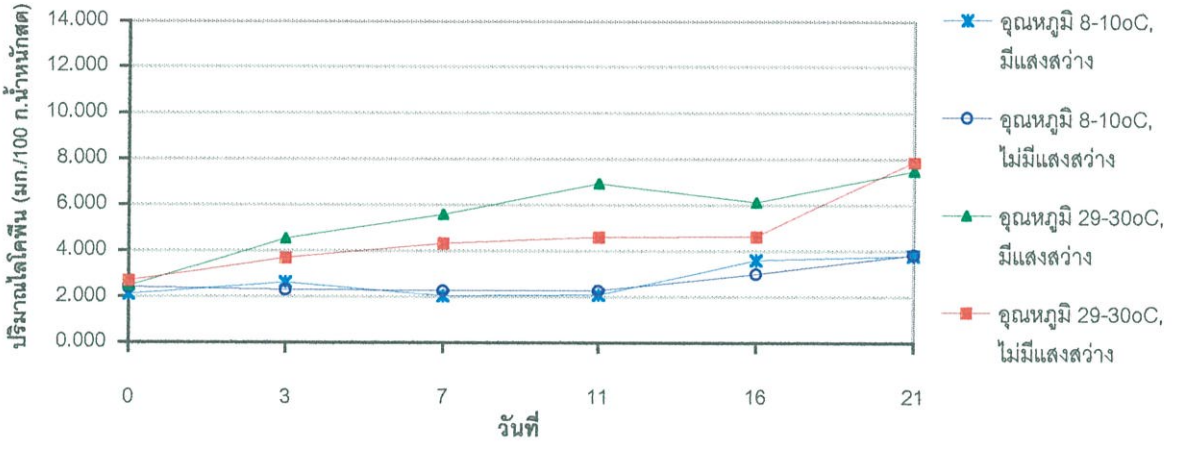
อุณหภูมิในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสด (ภาพที่ 4.4, 4.5 และ 4.6) จากการทดลองพบว่ามะเขือเทศสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (29-30 องศาเซลเซียส) มะเขือเทศเปลี่ยนเป็นสีส้มในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และเปลี่ยนเป็นสีแดงภายในวันที่ 11 (ภาพผนวกที่ ข1) ซึ่งปริมาณไลโคพีนมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 21 ส่วนมะเขือเทศสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนสีเป็นสีเขียวอมส้มในวันที่ 11 และเริ่มเปลี่ยนเป็นสีส้มอมเขียวในวันที่ 21 (ภาพผนวกที่ ข1) โดยที่ปริมาณไลโคพีนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงแรกของการเก็บรักษา และเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานประมาณ 11 วัน ในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) สีผิวของมะเขือเทศเปลี่ยนเป็นสีแดงในวันที่ 3 และมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณไลโคพีนอย่างรวดเร็วเช่นกันตั้งแต่วันที่ 3 และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส สีผิวของมะเขือเทศมีการเปลี่ยนเป็นสีส้มวันที่ 16 และในวันที่ 21 สีผิวเปลี่ยนเป็นสีแดง (ภาพผนวกที่ ข2) โดยปริมาณไลโคพีนมีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วง 11 วันแรกของการเก็บรักษาและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 16 มะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสไม่พบการเปลี่ยนแปลงสีผิว (ภาพผนวกที่ ข3) แต่พบว่ามะเขือเทศมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มลงเมื่อเวลาเก็บรักษานานขึ้น ส่วนปริมาณไลโคพีนมีการเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 3 จนถึงวันที่ 16 และลดลงในวันที่ 21 ในการเก็บรักษามะเขือเทศสีแดงที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) แตกต่างจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ซึ่งปริมาณไลโคพีนค่อนข้างคงที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เมื่ออายุการเก็บรักษานานจนถึง 21 วัน การที่ปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศทุกสีผิวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) เพิ่มขึ้นสูงกว่ามะเขือเทศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสทั้งในสภาวะที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่าง ณ.วันที่เก็บรักษาเดียวกัน เป็นผลมาจากคลอโรฟิลล์ไม่เกิดการสลายตัวและไลโคพีนไม่เกิดการสะสมที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ในการทดลองของ Shewfelt (1988) ยังพบว่าถ้าใช้เวลาในการแช่เย็นนานขึ้นจะทำให้ความสามารถในการเกิดกระบวนการสุกของมะเขือเทศที่อุณหภูมิปกติลดลงจึงเป็นสาเหตุให้เกิดสีเขียวค่อนข้างเหลืองมากกว่าที่จะเกิดสีแดงในมะเขือเทศ

ถึงแม้ปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศที่มีสีผิวสีเขียว สีส้มอมเขียว และสีแดงซึ่งเก็บรักษาในสภาวะที่มีแสงสว่างจะมีแนวโน้มสูงกว่ามะเขือเทศที่เก็บรักษาในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างทั้งที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) เล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ภาพที่ 4.4, 4.5 และ 4.6) ซึ่งตรงกับรายงานของ Vogele

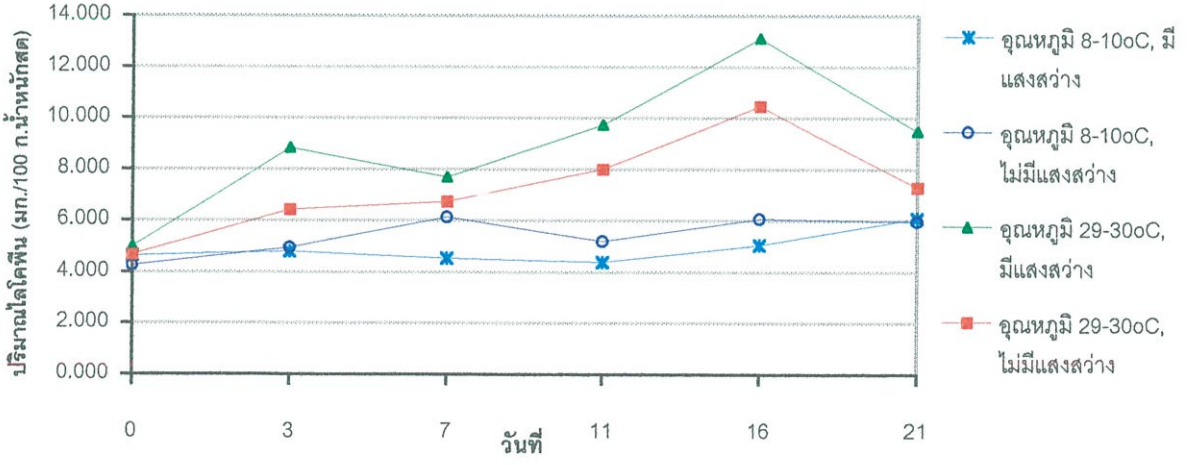
(1937) ที่ว่าในการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จะขึ้นอยู่กับแสง แต่สำหรับการสังเคราะห์ไลโคพีนในสภาพของอากาศและอุณหภูมิที่เหมาะสม สภาวะที่มีแสงสว่างหรือไม่มีแสงสว่างจะส่งผลต่อการสังเคราะห์ไลโคพีนไม่แตกต่างกัน และสอดคล้องกับรายงานของ Shewfelt (1988) ที่ว่าการปราศจากแสงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการสร้างไลโคพีน แต่สำหรับผลการทดลองในการเก็บรักษามะเขือเทศที่มีสีส้มอมเขียว และสีแดงในสภาวะมีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างที่อุณหภูมิห้องบางวัน (วันที่ 11 และวันที่ 16 สำหรับมะเขือเทศสีส้มอมเขียว และวันที่ 3 และ 11 สำหรับมะเขือเทศสีแดง) พบปริมาณไลโคพีนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมะเขือเทศที่เก็บในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างจะมีปริมาณไลโคพีนต่ำกว่ามะเขือเทศที่เก็บในสภาวะที่มีแสง



ภาพที่ 4.4 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศพันธุ์ท้อสีผิวสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการเก็บต่างๆ



ภาพที่ 4.5 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศพันธุ์ท้อสีผิวสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการเก็บต่างๆ



ภาพที่ 4.6 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศพันธุ์ท้อสีผิวสีแดงที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการเก็บต่างๆ

4.2.2 ค่าสี

จากการวัดค่าสีของมะเขือเทศที่บริเวณผิวผลและมะเขือเทศบด พบว่าค่า L หรือความสว่าง (0 = มืด, 100 = สว่าง) ในมะเขือเทศบดมีค่ามากกว่าหรือมีความสว่างมากกว่าที่บริเวณผิวผล เนื่องจากความเลื่อมมันของผิวมะเขือเทศที่มีไข (wax) เคลือบอยู่ทำให้ค่าความสว่างที่วัดได้น้อยกว่าที่ควรจะเป็น และในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่มีสีผิวเป็นสีเขียวเข้มแต่ในส่วนเนื้อมะเขือเทศมีสีอ่อนกว่าจะทำให้ค่าความสว่างที่วัดจากมะเขือเทศบดซึ่งเป็นการบดผสมระหว่างส่วนที่เป็นเนื้อมะเขือเทศกับส่วนที่เป็นผิวผลมีค่ามากกว่าค่าที่ได้การวัดเฉพาะที่บริเวณผิวผลด้วยเช่นกัน แต่ค่า a หรือค่าสีแดง (- = สีเขียว, + = สีแดง) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการวัดทั้ง 2 ในขณะที่ค่า b ซึ่งแสดงถึงสีน้ำเงินและสีเหลือง (- = สีน้ำเงิน, + = สีเหลือง) ในมะเขือเทศบดมีค่าบวกต่ำกว่าคือมีสีเหลืองน้อยกว่าที่วัดได้จากบริเวณผิวผล (ตารางผนวกที่ ฉ1-ฉ6)

จากภาพที่ 4.13-4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) (คำนวณจากสูตรในภาคผนวก ง2) ของมะเขือเทศที่บริเวณผิวผลและในมะเขือเทศบด พบว่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) ในมะเขือเทศบดมีค่าเพิ่มขึ้นสูงมากกว่าค่าที่ได้จากบริเวณผิวผล ทำให้สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีได้ชัดเจนจากค่าสีที่วัดได้จากมะเขือเทศบดมากกว่าค่าสีที่ได้จากการวัดที่บริเวณผิวผล

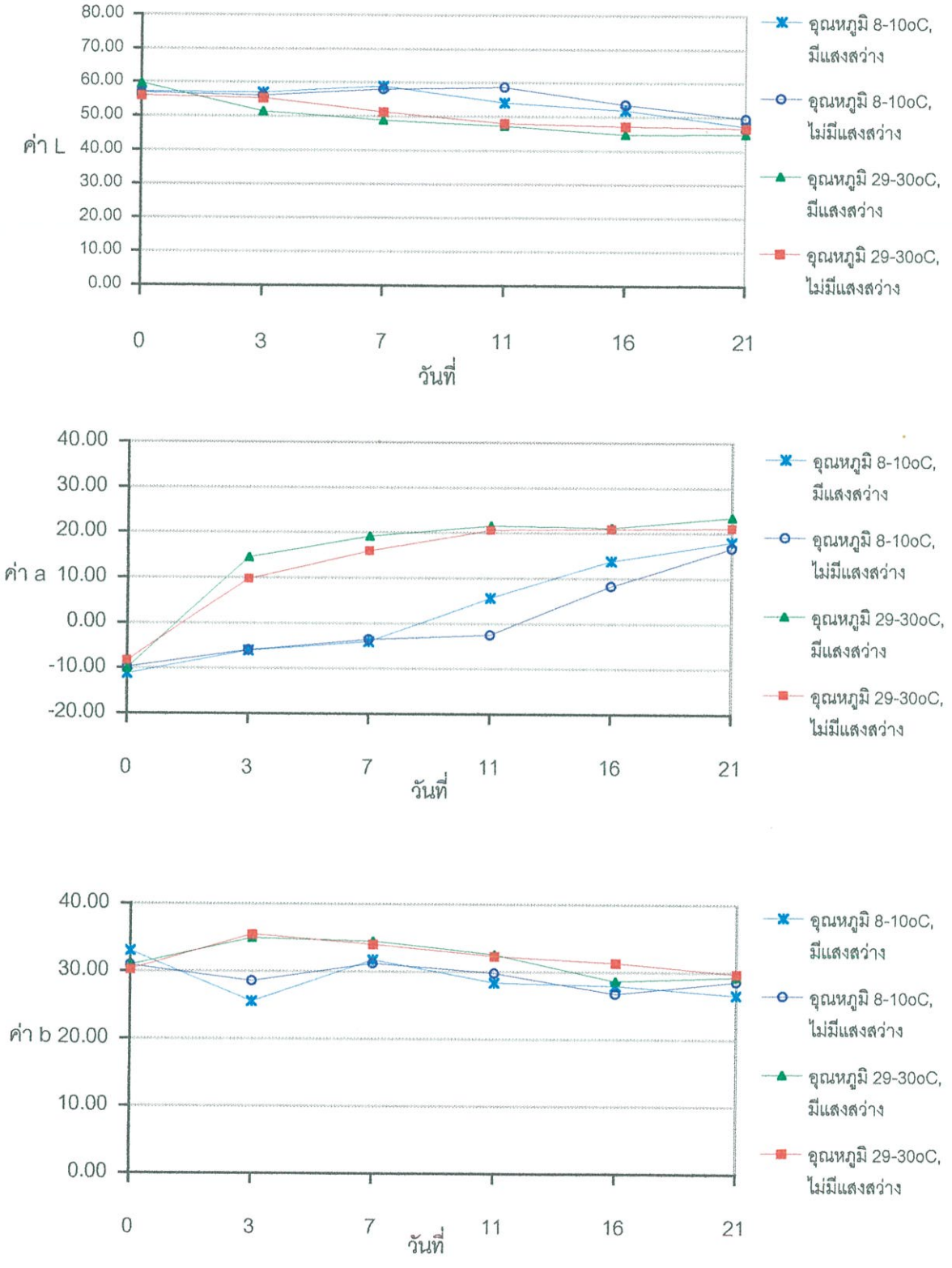
มะเขือเทศสีผิวสีเขียวเมื่อแรกเริ่มทำการเก็บรักษามีค่าความสว่าง (L) มากกว่ามะเขือเทศสีส้มอมเขียวและสีแดงตามลำดับ และมีค่าสีแดง (a) ที่วัดได้ติดลบนั่นแสดงถึงมะเขือเทศมีสีเขียวและค่าสีแดงที่มีค่าบวกมากที่สุดพบในมะเขือเทศสีแดง ส่วนค่าสีน้ำเงินหรือสีเหลือง (b) ในมะเขือเทศสีแดงมีค่าน้อยกว่ามะเขือเทศทั้ง 2 สีผิว เมื่อทำการเก็บรักษามะเขือเทศทั้ง 3 สีผิวเป็นเวลานาน 21 วันในทุกสภาวะการเก็บรักษาค่าความสว่าง (L) ของมะเขือเทศสีผิวสีเขียวและสีส้มอมเขียวมีค่าลดลง และค่าสีแดง (a) เพิ่มขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์ไลโคพีนสีจึงเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นแดง ทั้งที่วัดได้จากบริเวณผิวผลและจากมะเขือเทศบด ในขณะที่ค่าสีน้ำเงินหรือสีเหลือง (b) มีแนวโน้มที่ลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แต่ค่าสีน้ำเงินหรือสีเหลือง (b) ที่วัดจากมะเขือเทศสีผิวสีเขียวบดมีค่าลดลงอย่างชัดเจนคือมีสีเหลืองลดลงเนื่องจากเบต้าแคโรทีนที่ให้สีเหลืองลดลงเมื่อระยะการสุกเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.7-4.12) และมีการเพิ่มขึ้นของค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) ค่า a/b (ภาพที่ 4.16-4.17) ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงค่าสีหลัก (hue angle) ที่มีองศาลดลง (ภาพที่ 4.19-4.20) ในมะเขือเทศทั้ง 2 สีผิวอย่างมาก สำหรับมะเขือเทศสีผิวสีแดงค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีน้ำเงินหรือเหลือง (b) ค่อนข้างคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลานาน 21 วันในทุกสภาวะการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.11 และ 4.12) ถึงแม้ว่าค่าสีแดงจะมีแนวโน้มที่เพิ่มเล็กน้อย และจากภาพที่ 4.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) ของมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวสีผิวสีแดงที่บริเวณผิวผลและในมะเขือเทศบด พบว่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) มีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และหลังจาก

นั้นจะเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนค่า a/b และค่าสีหลัก (hue angle) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 4.18 และ 4.21)

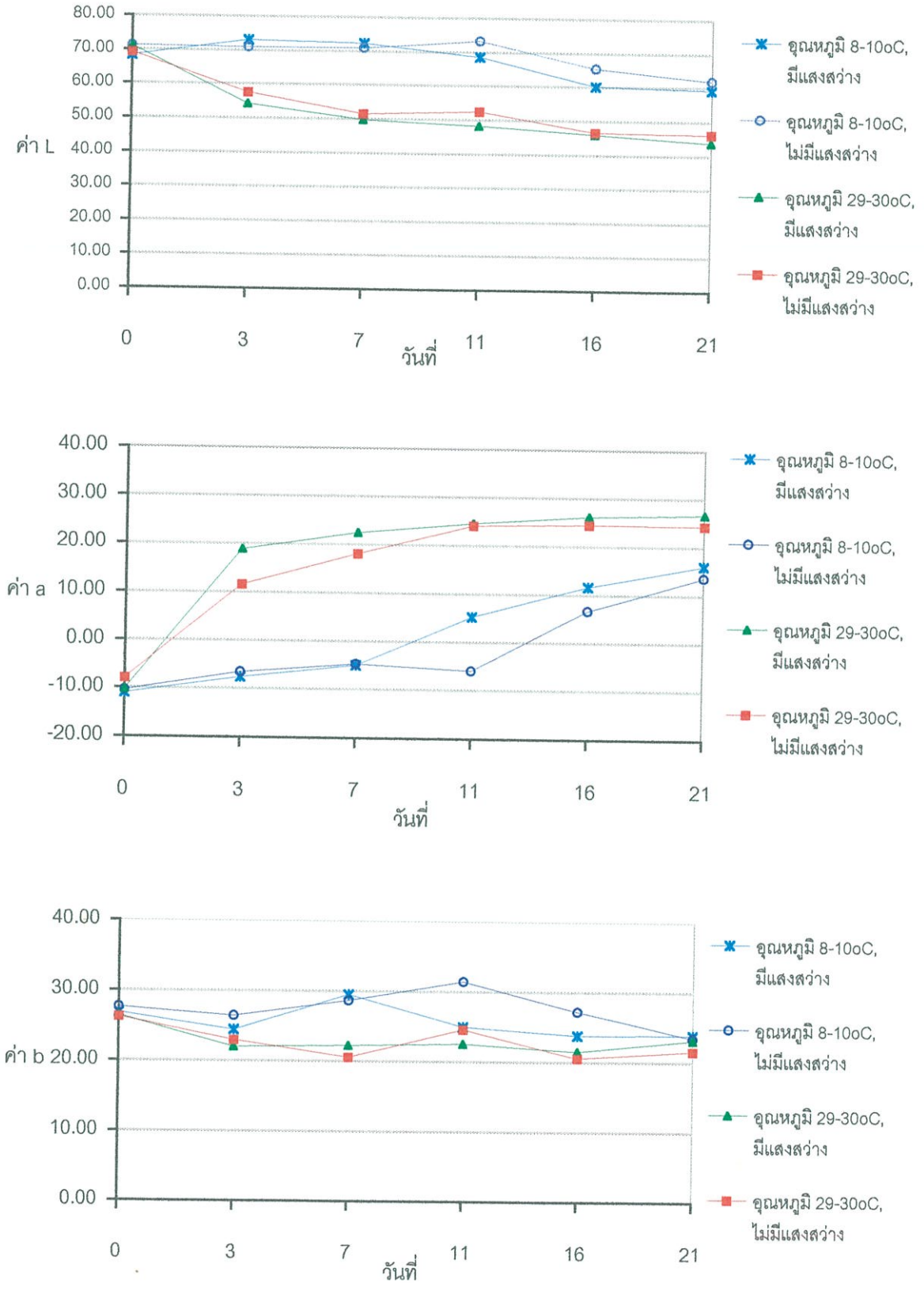
ที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสในการเก็บรักษามะเขือเทศสีเขียว และสีส้มอมเขียว ค่าความสว่าง (L) มีค่ามากกว่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า และมีค่าสีแดง (a) ต่ำกว่าแต่ค่าสีน้ำเงินหรือสีเหลือง (b) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ทั้งในสภาวะที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่าง โดยจะเห็นการเปลี่ยนแปลงสีได้ชัดเจนจากค่า ΔE (ภาพที่ 4.13 (ข) และ 4.14 (ข)) ค่า a/b (ภาพที่ 4.16 (ข) และ 4.17 (ข)) และค่าสีหลัก (hue angle) (ภาพที่ 4.19 (ข) และ 4.20 (ข)) ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสจากมะเขือเทศบดที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) การที่มะเขือเทศทั้ง 2 สีผิวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสมีค่าความสว่างมากกว่าและมีค่าสีแดงน้อยกว่าเป็นผลมาจากที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส การสังเคราะห์ไลโคพีนถูกยับยั้งทำให้การสะสมของไลโคพีนในระหว่างกระบวนการสุกเกิดได้ช้าลงมะเขือเทศจึงมีสีแดงน้อยกว่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงแต่ไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส เพราะถ้ามะเขือเทศเกิดกระบวนการสุกที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียสจะเกิดการสะสมของเบต้าแคโรทีนมากกว่าไลโคพีน ทำให้มะเขือเทศมีสีเหลืองอมส้มมากกว่าที่จะมีสีแดง และการเก็บรักษามะเขือเทศที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำจะมีผลต่อกระบวนการสุกเนื่องจากเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสุกจะมีความสามารถลดลงที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียสและเอนไซม์ดังกล่าวจะไม่สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และในการเก็บรักษาผลไม้ประเภท Climacteric ในสภาพผลดิบที่อุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็งจะชะลอการสุกและเกิดอาการผิดปกติทางสรีระที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury) เมื่อเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่งลักษณะผิดปกติที่เห็นเด่นชัดคือการสุกที่ผิดปกติ เช่น สีไม่สม่ำเสมอ และจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อเคลื่อนย้ายผลผลิตไปไว้ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น (จิรา ณ หนองคาย, 2531) ส่วนมะเขือเทศสีผิวสีแดงที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีน้ำเงินหรือเหลือง (b) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ภาพที่ 4.11 และ 4.12) และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) จากภาพที่ 4.15 ค่า a/b จากภาพที่ 4.18 และค่าสีหลัก (hue angle) จากภาพที่ 4.21 ก็พบว่าไม่มีความแตกต่างเช่นเดียวกัน

ในสภาวะการเก็บรักษาแบบมีแสงสว่างค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีน้ำเงินหรือเหลือง (b) ค่า ΔE ค่า a/b และค่า hue angle ในมะเขือเทศทั้ง 3 สีผิวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับเมื่อเก็บรักษาในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่าง ทั้งที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสหรือที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 21 วัน แต่มีแนวโน้มที่ค่าสีแดง (a) ค่า ΔE และค่า a/b ในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวและสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาในสภาวะที่มีแสงสว่างมี

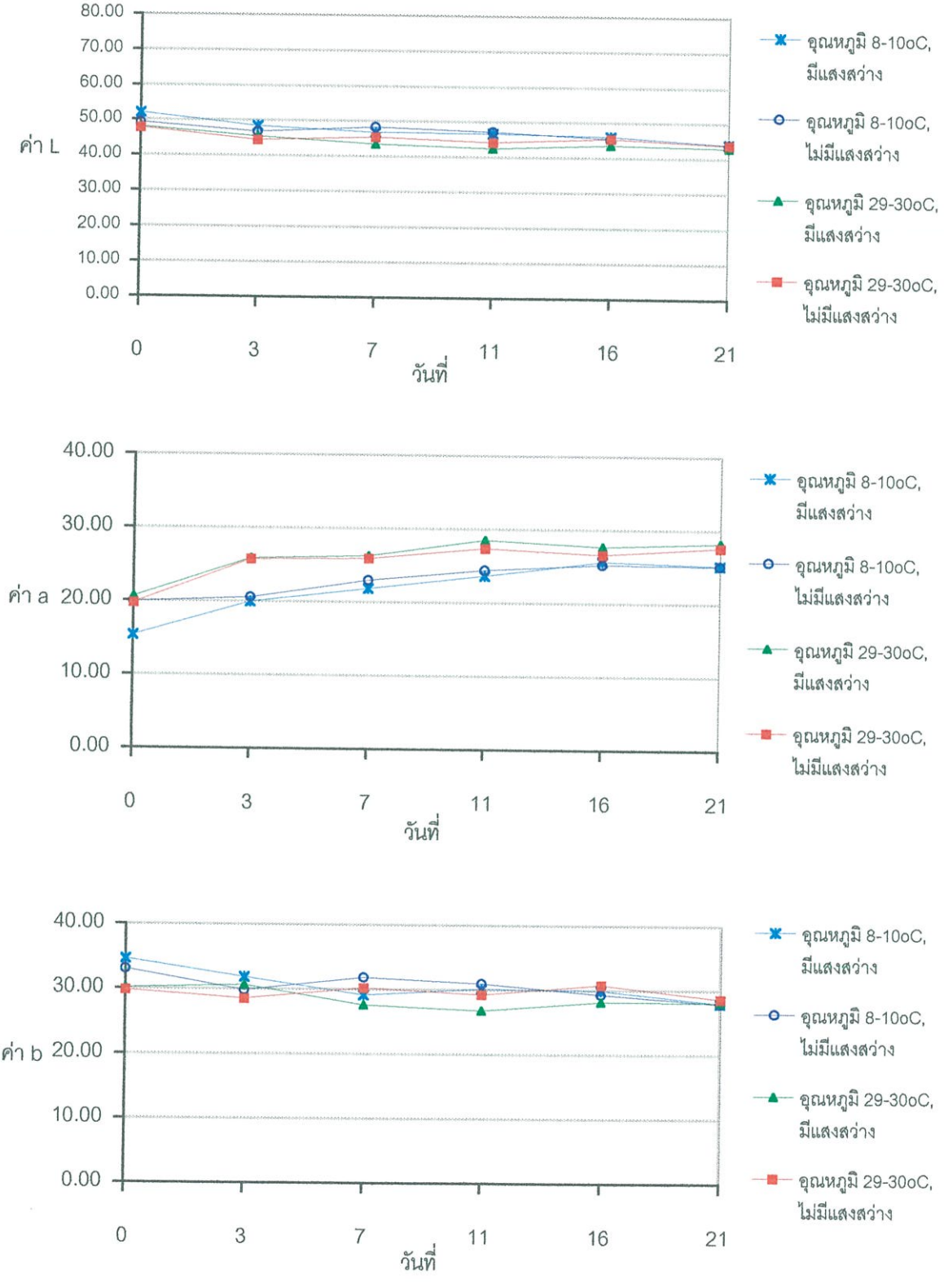
ค่ามากกว่าที่เก็บรักษาในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่าง ในขณะที่ค่าสีน้ำเงินหรือสีเหลือง (b) มีแนวโน้มมีค่าน้อยกว่าในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่าง เช่นเดียวกันกับค่า hue angle ที่มีแนวโน้มมีค่าน้อยกว่าในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างซึ่งแสดงถึงการมีสีแดงที่น้อยกว่าในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่าง



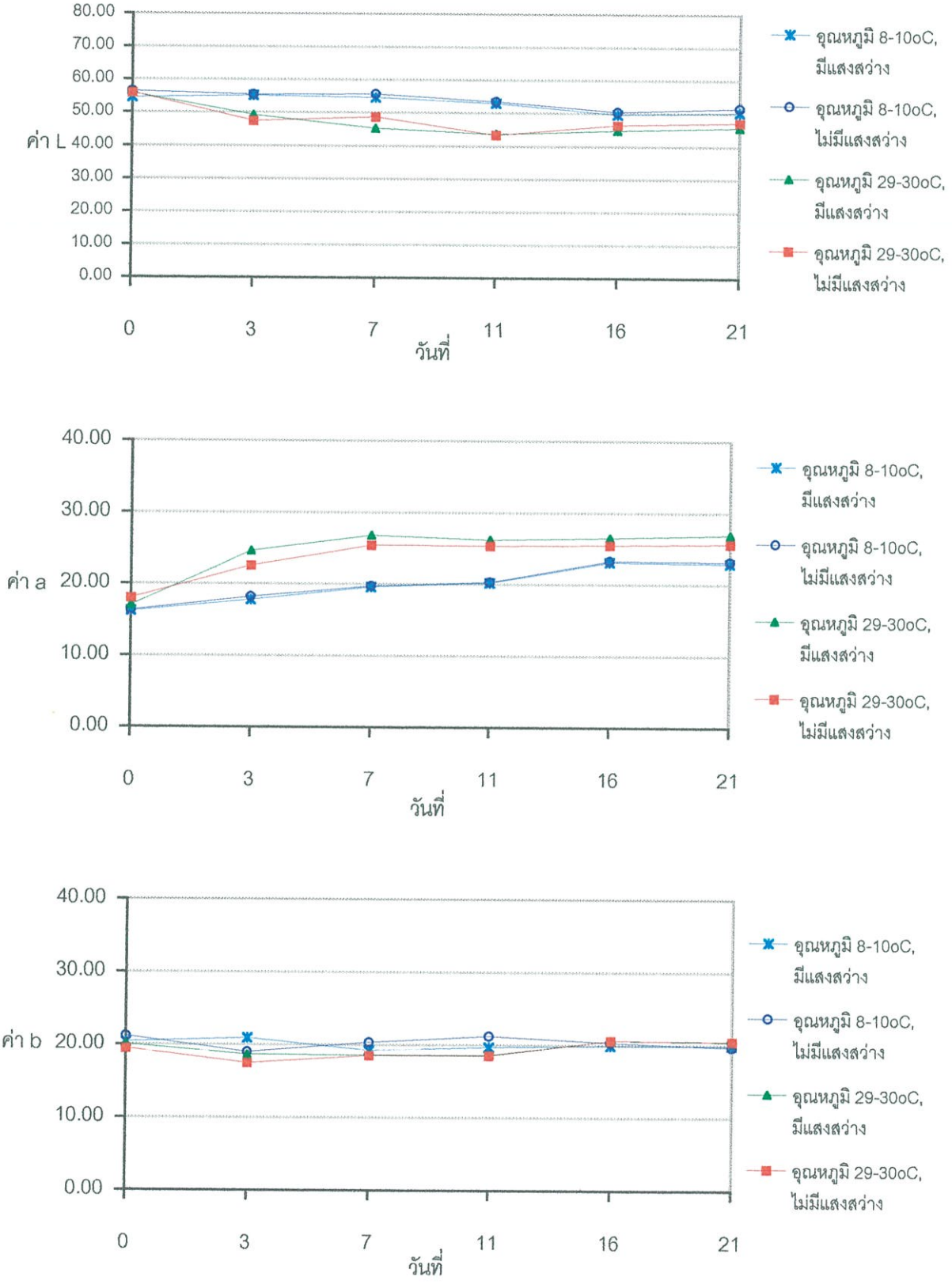
ภาพที่ 4.7 ค่า L, a, b บริเวณผิวผลของมะเขือเทศสีเขียวที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ



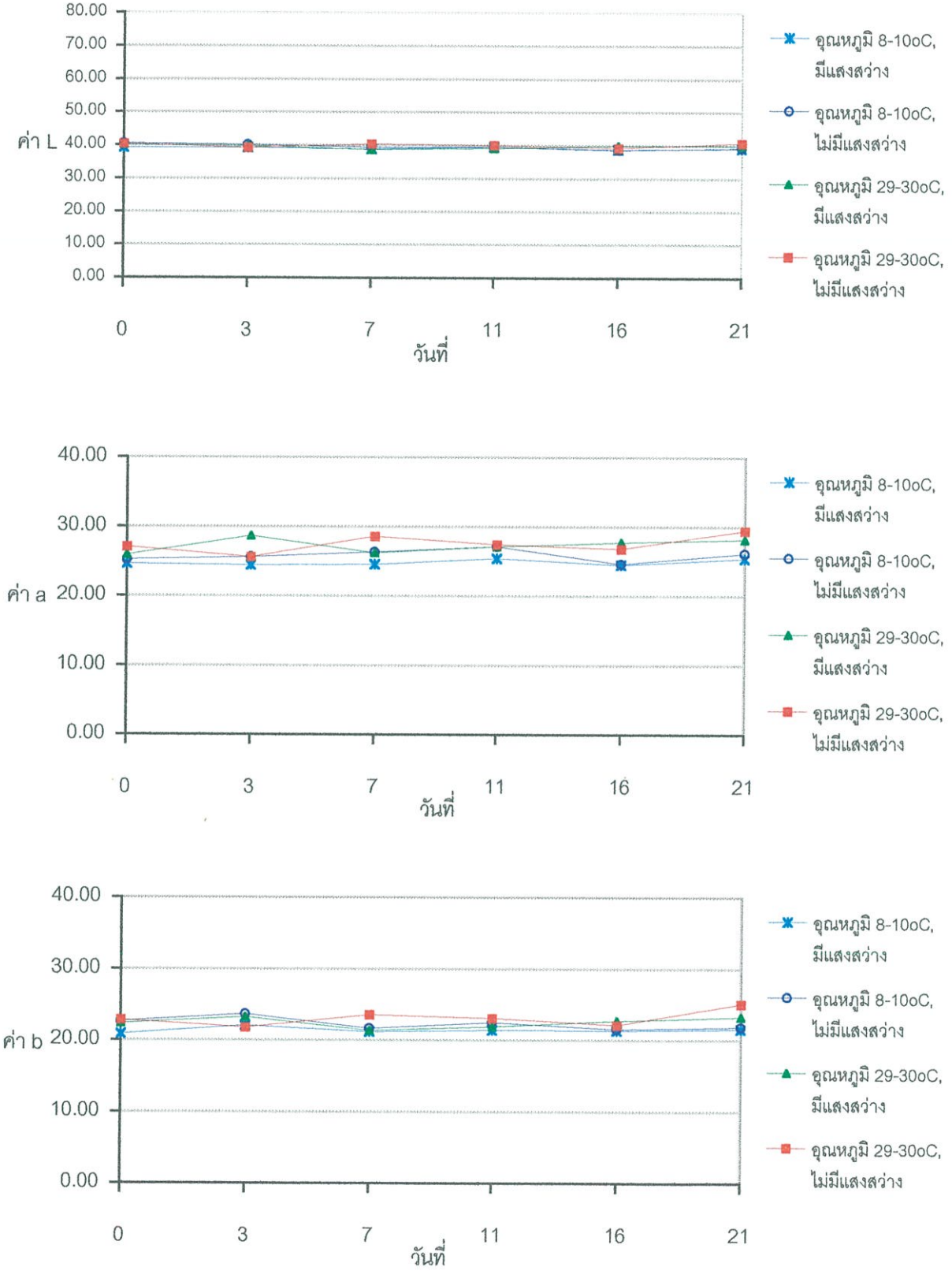
ภาพที่ 4.8 ค่า L, a, b ของมะเขือเทศสีเขียวบดที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ



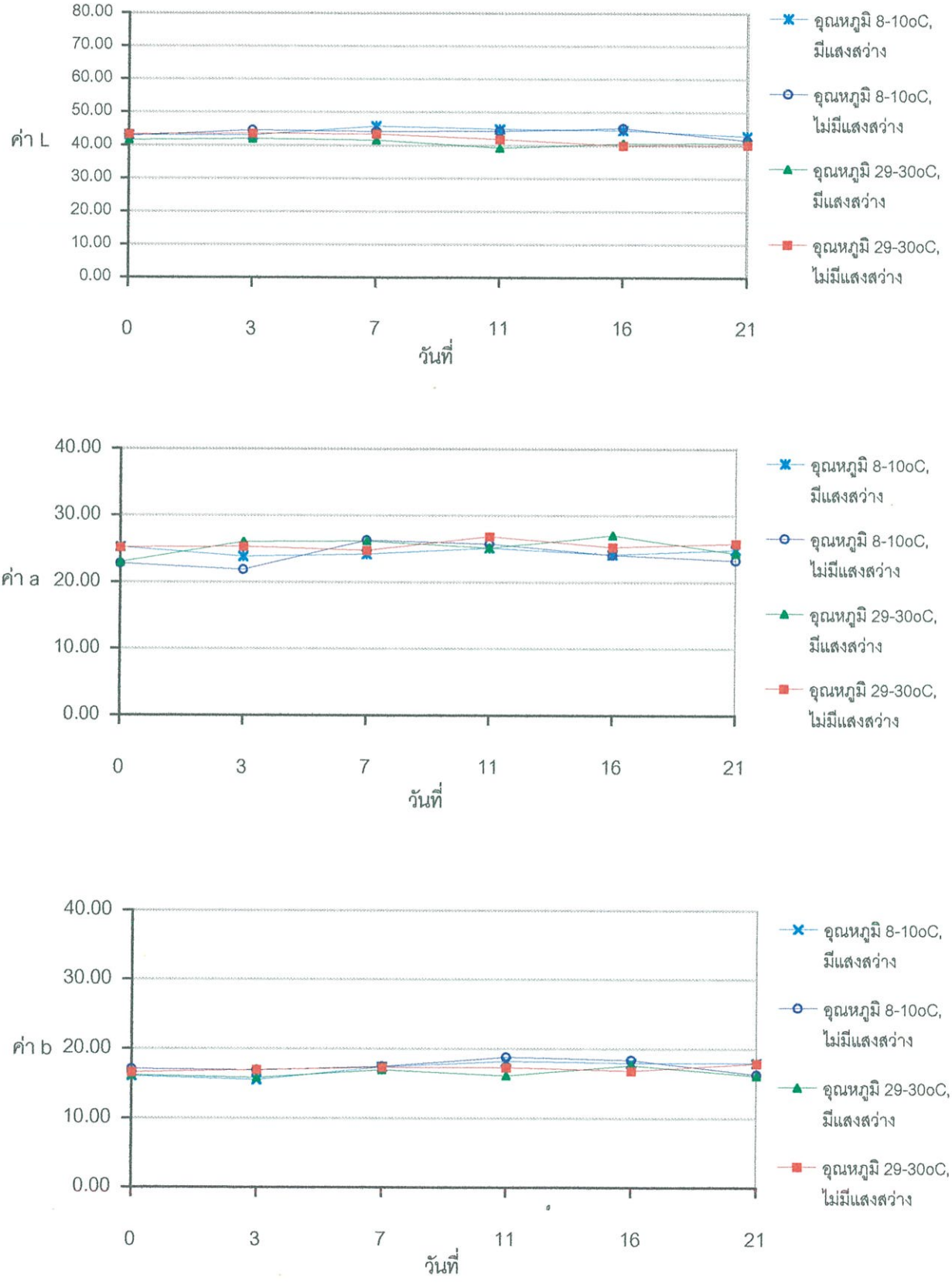
ภาพที่ 4.9 ค่า L, a, b บริเวณผิวผลของมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ



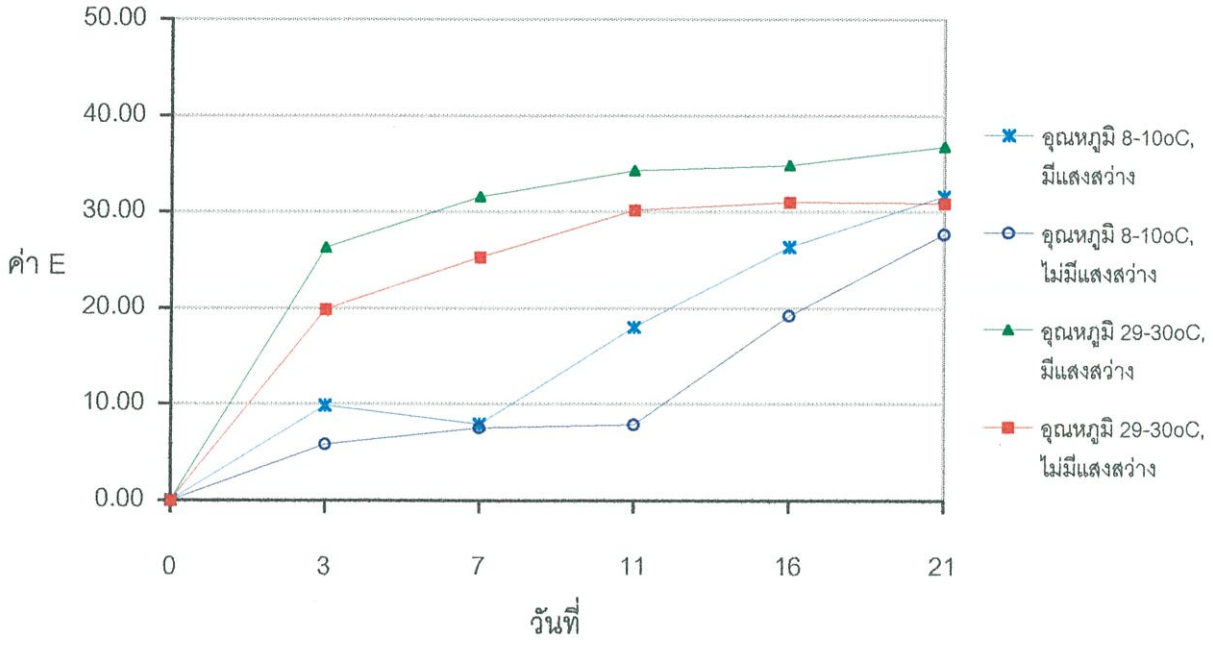
ภาพที่ 4.10 ค่า L, a, b ของมะเขือเทศสีส้มอมเขียวบดที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะต่างๆ



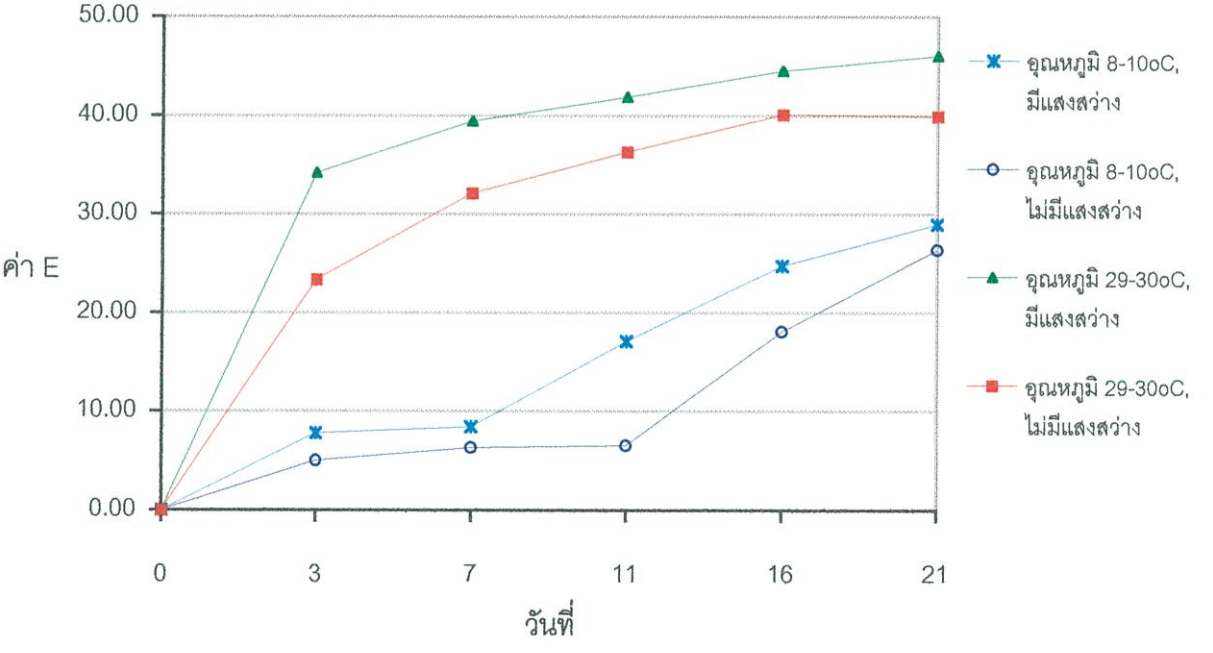
ภาพที่ 4.11 ค่า L, a, b บริเวณผิวผลของมะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ



ภาพที่ 4.12 ค่า L, a, b ของมะเขือเทศสีแดงบดที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ

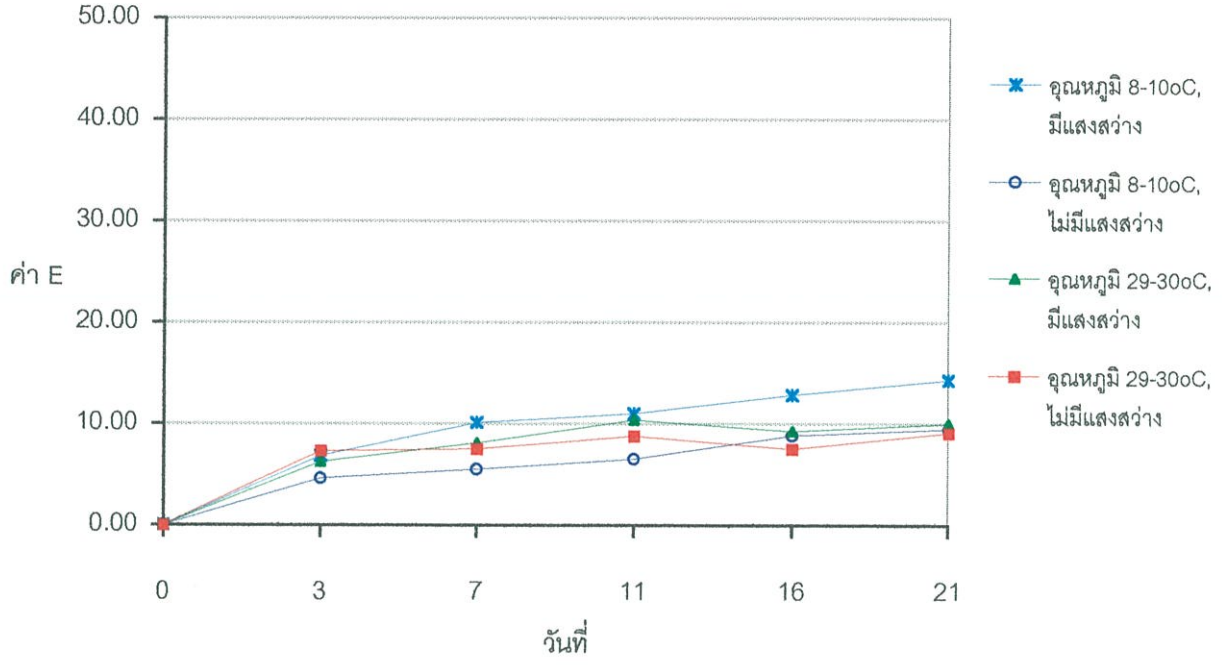


(ก)

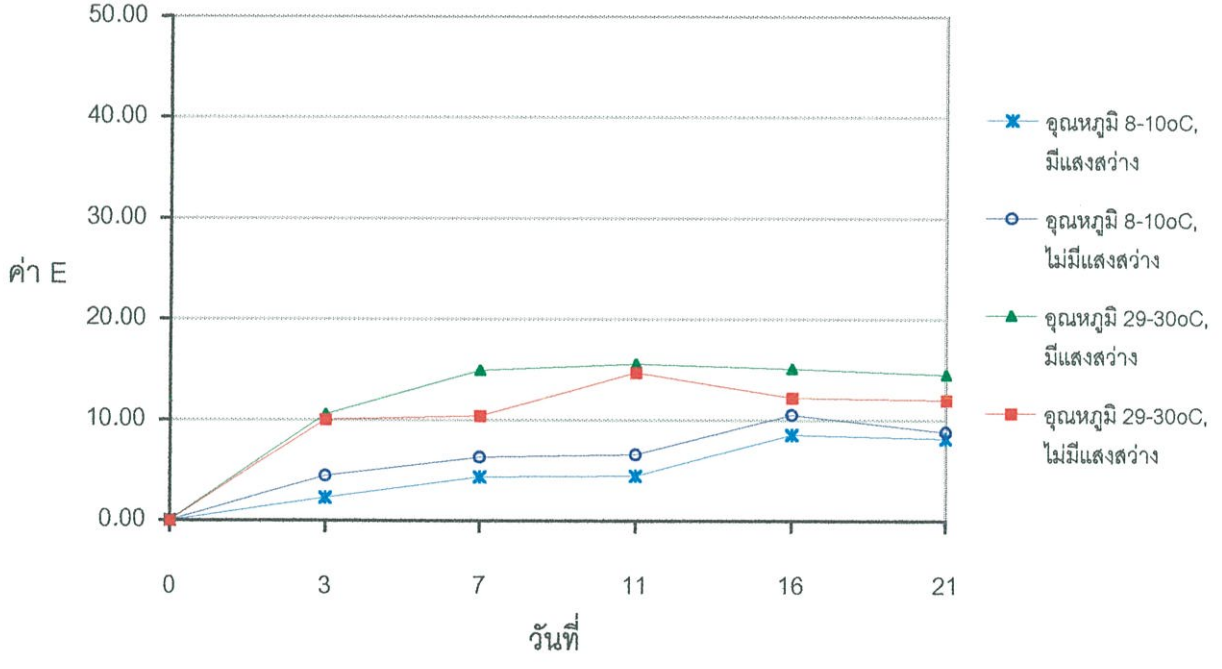


(ข)

ภาพที่ 4.13 ค่า ΔE ของมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ (ภาพ (ก) จากการวัดที่บริเวณผิวผล , ภาพ (ข) จากการวัดในมะเขือเทศบด)

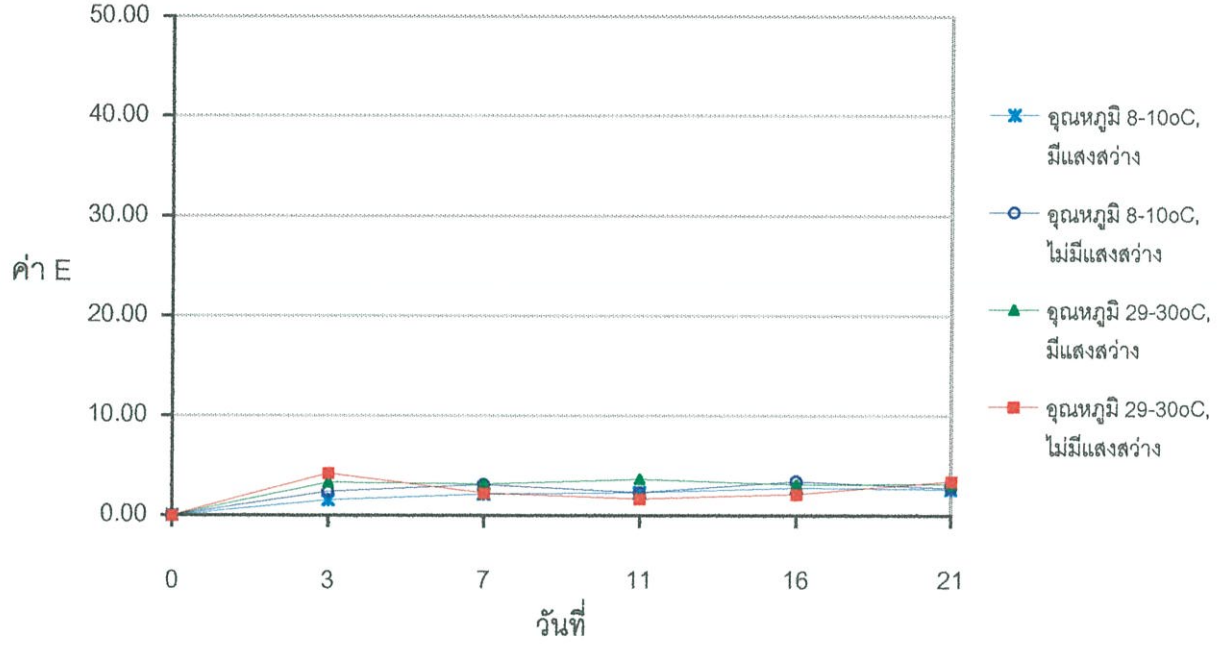


(ก)

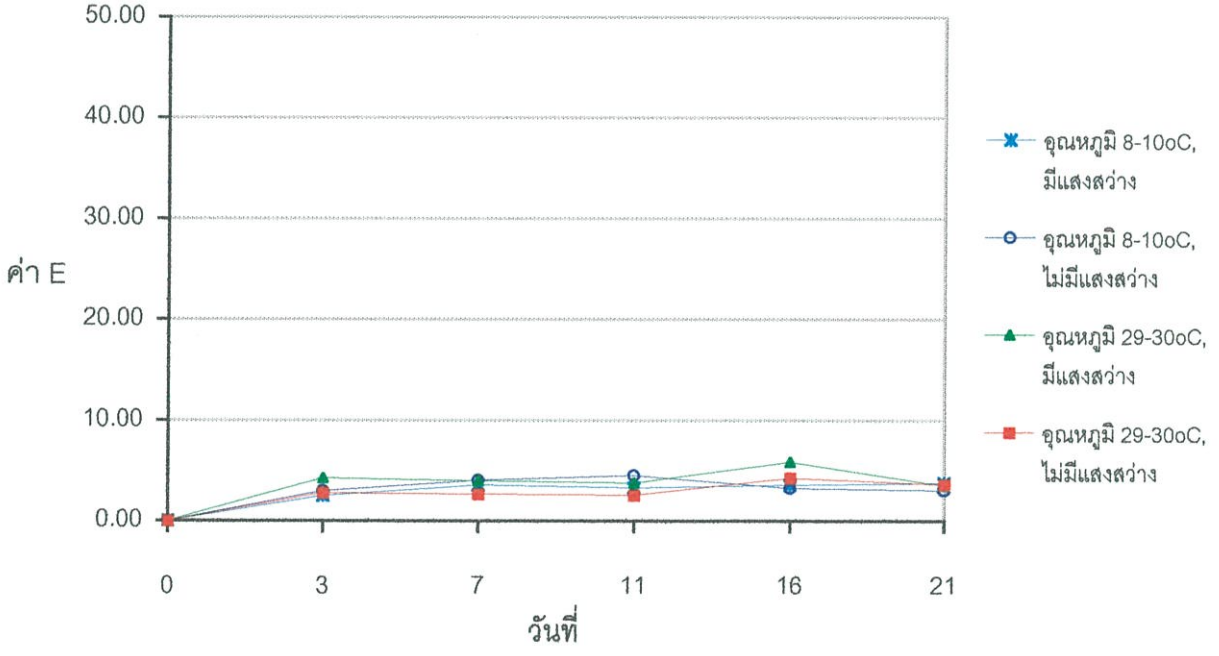


(ข)

ภาพที่ 4.14 ค่า ΔE ของมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ (ภาพ (ก) จากการวัดที่บริเวณผิวผล , ภาพ (ข) จากการวัดในมะเขือเทศบด)

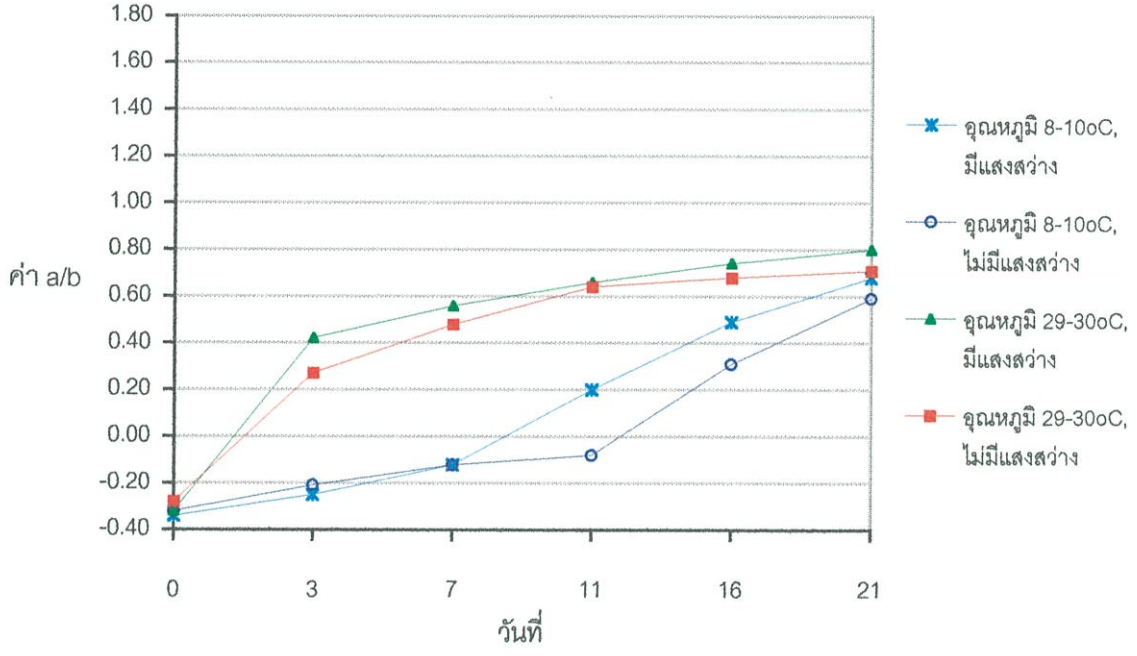


(ก)

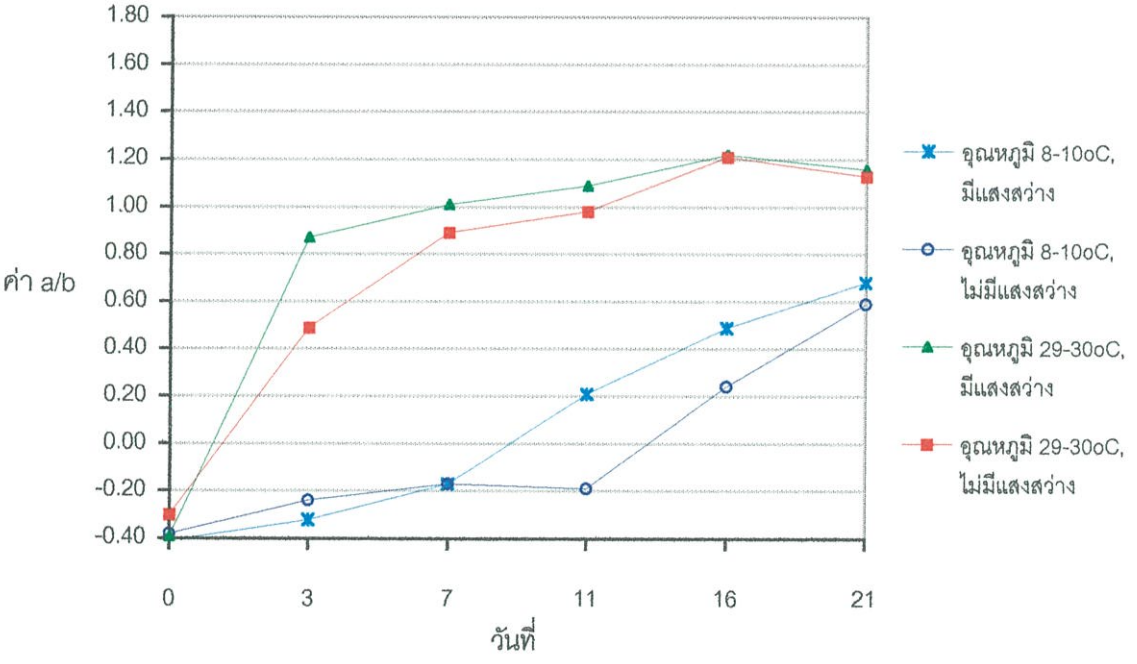


(ข)

ภาพที่ 4.15 ค่า ΔE ของมะเขือเทศสีผิวสีแดงที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ (ภาพ (ก) จากการวัดที่บริเวณผิวผล , ภาพ (ข) จากการวัดในมะเขือเทศบด)

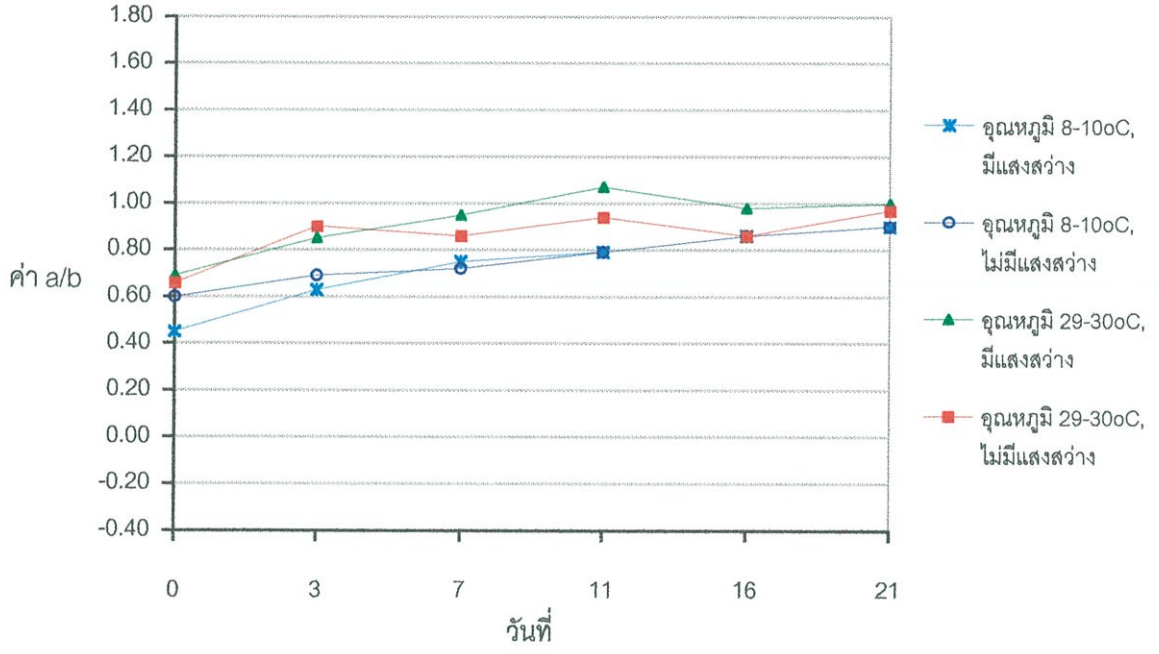


(ก)

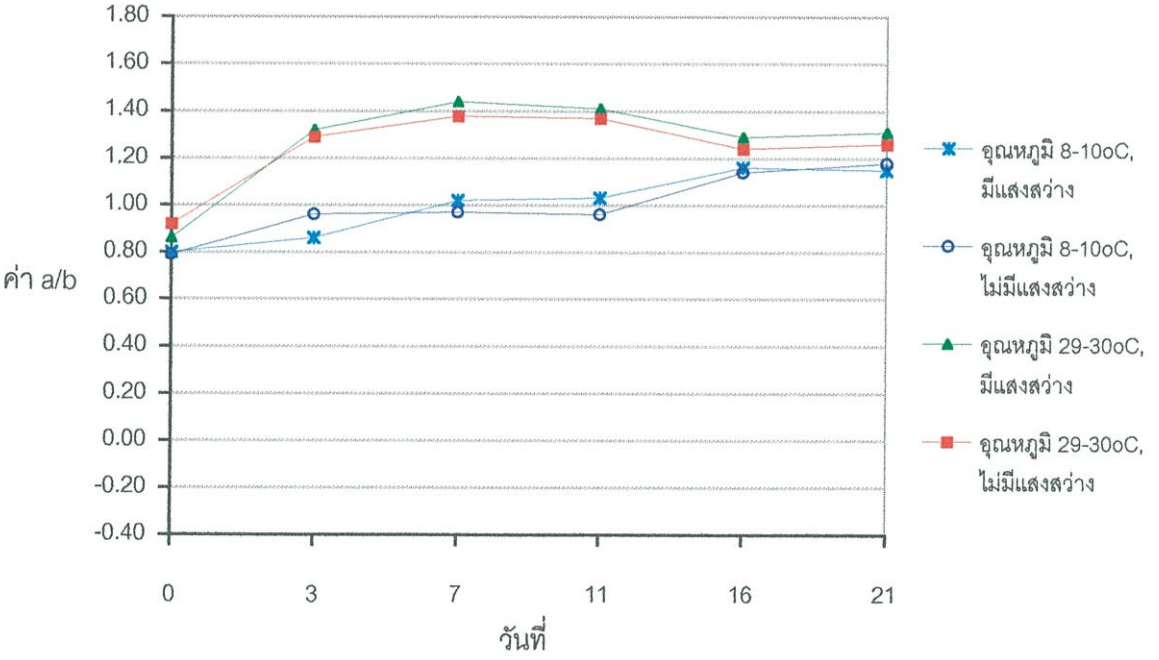


(ข)

ภาพที่ 4.16 ค่า a/b ของมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ (ภาพ (ก) จากการวัดที่บริเวณผิวผล , ภาพ (ข) จากการวัดในมะเขือเทศบด)

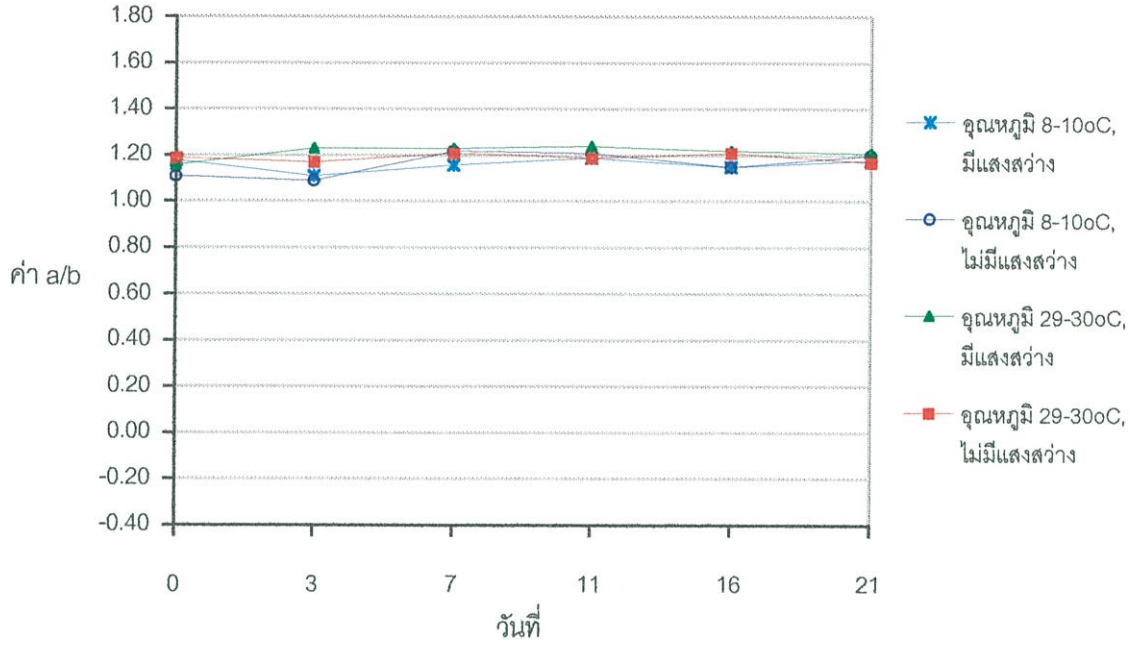


(ก)

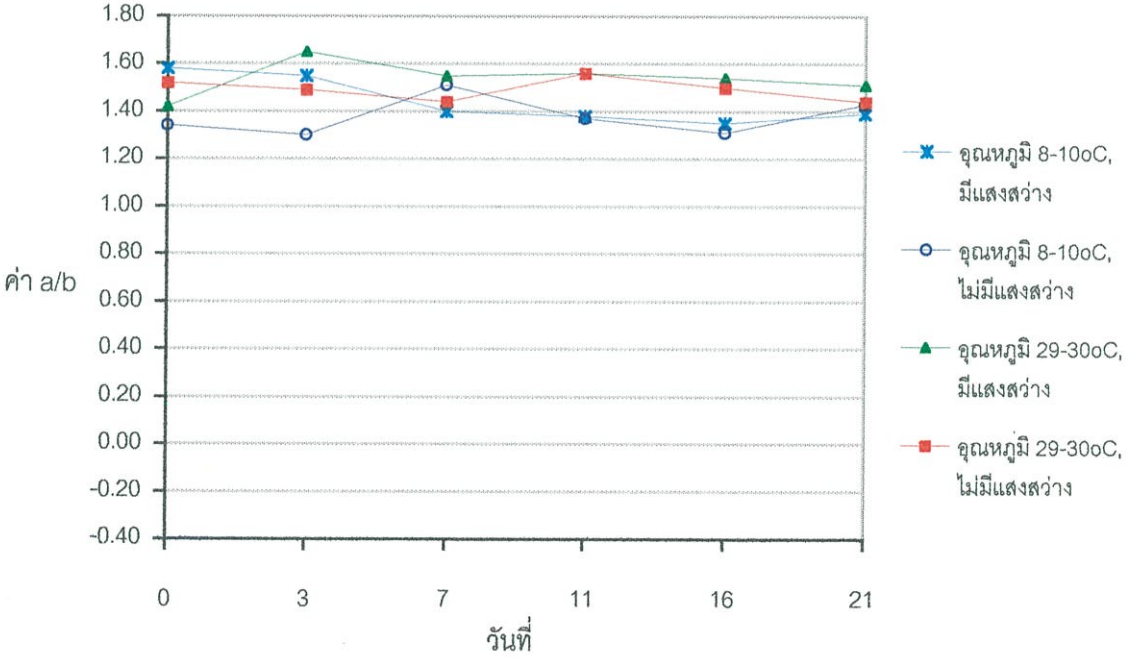


(ข)

ภาพที่ 4.17 ค่า a/b ของมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ (ภาพ (ก) จากการวัดที่บริเวณผิวผล , ภาพ (ข) จากการวัดในมะเขือเทศบด)

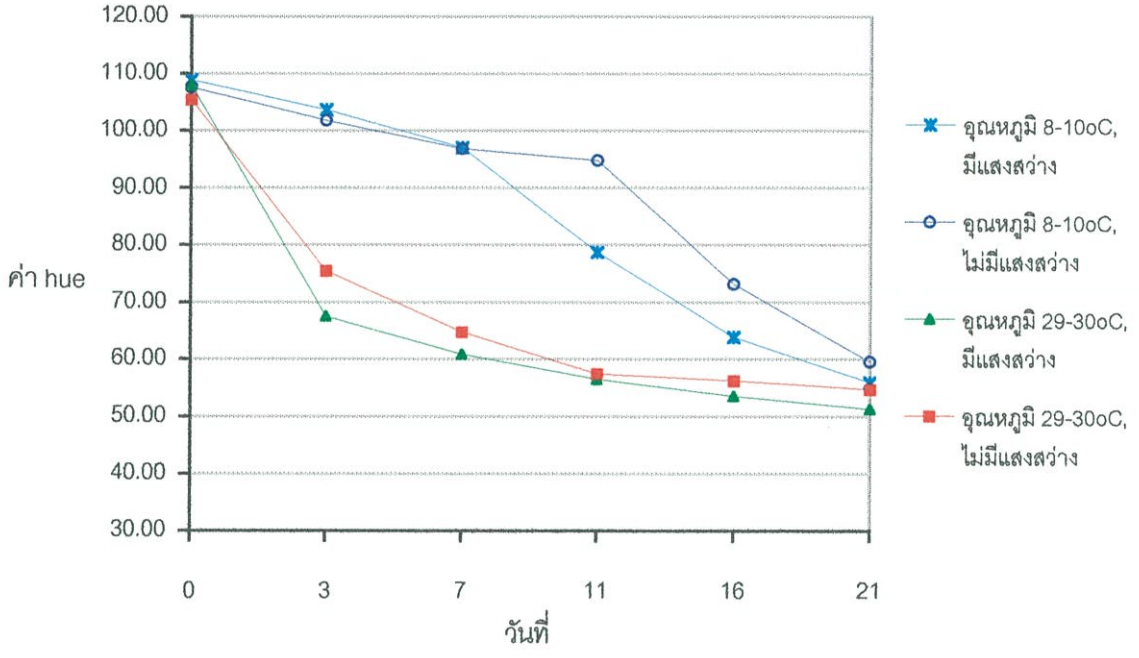


(ก)

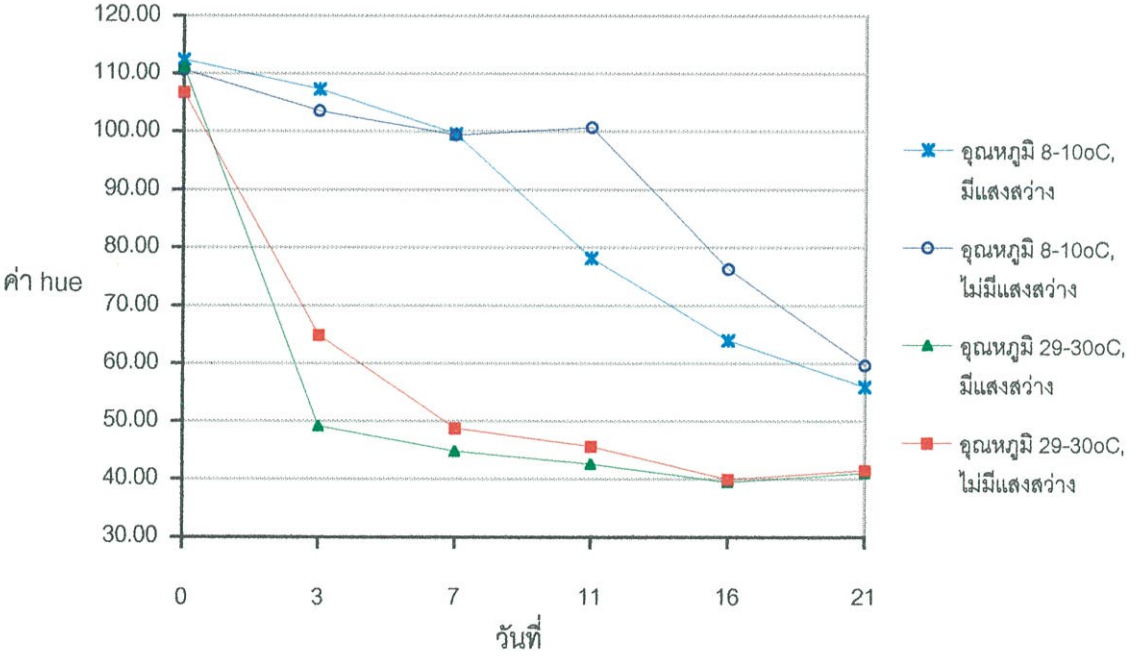


(ข)

ภาพที่ 4.18 ค่า a/b ของมะเขือเทศสีผิวสีแดงที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ (ภาพ (ก) จากการวัดที่บริเวณผิวผล , ภาพ (ข) จากการวัดในมะเขือเทศบด)

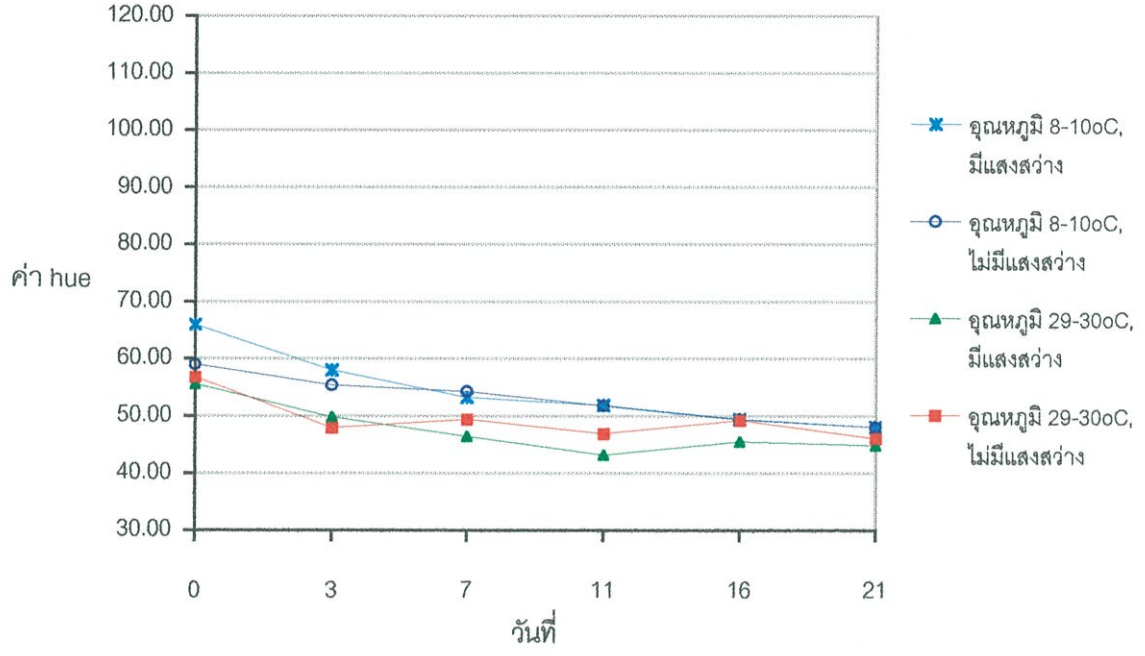


(ก)

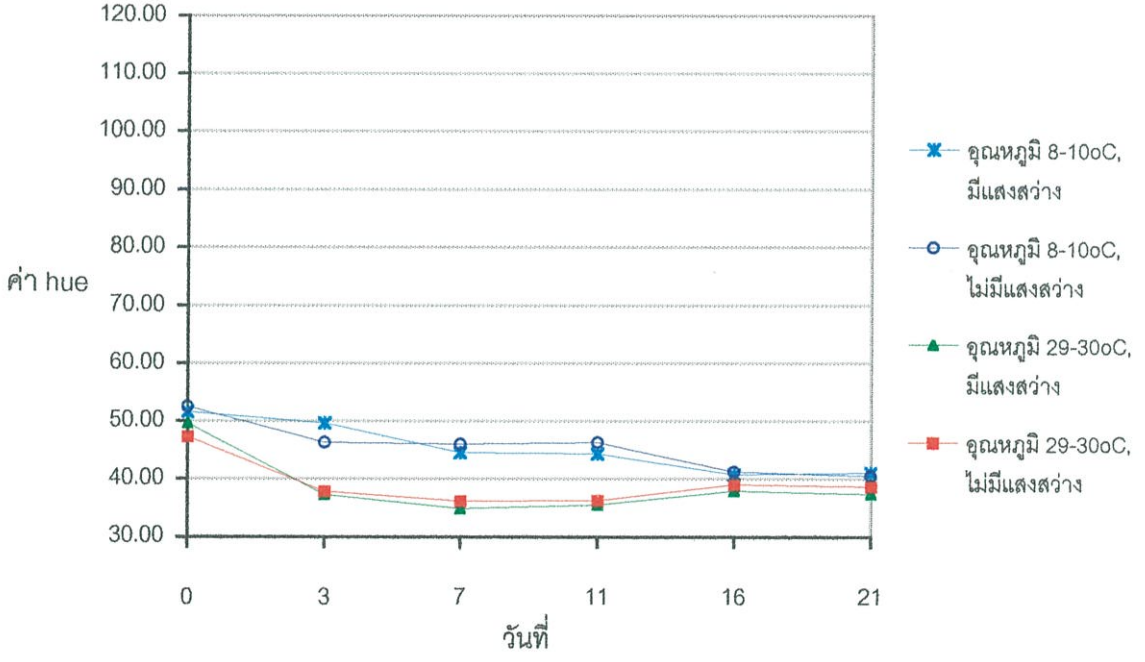


(ข)

ภาพที่ 4.19 ค่าสีหลัก (hue angle) ของมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ (ภาพ (ก) จากการวัดที่บริเวณผิวผล , ภาพ (ข) จากการวัดในมะเขือเทศบด)

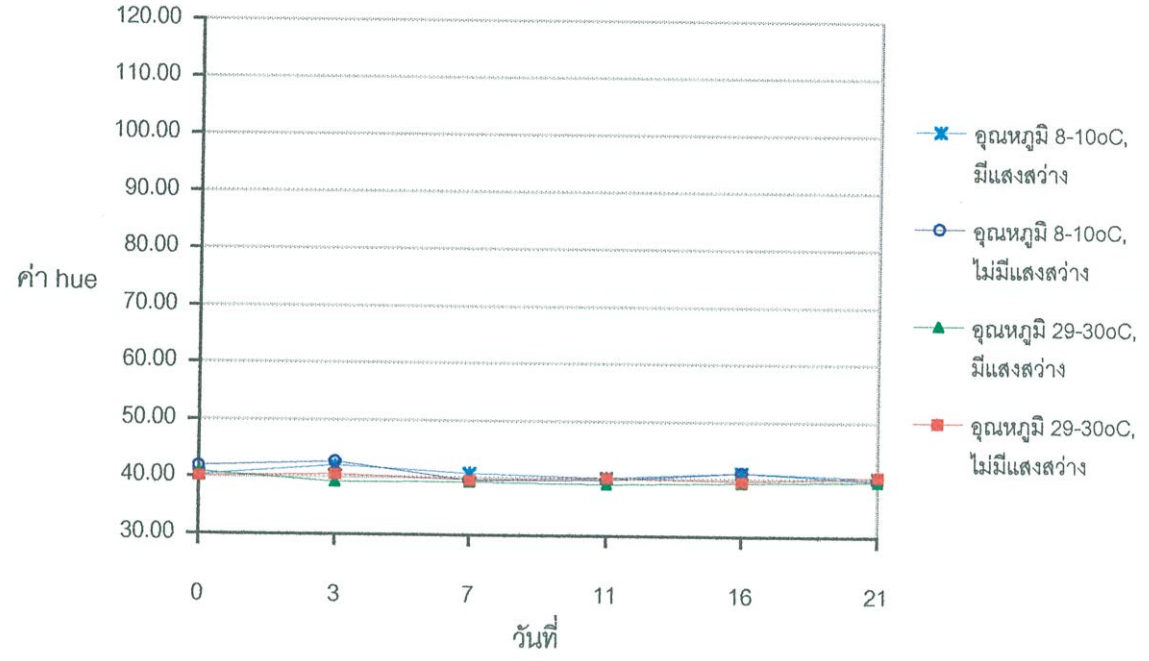


(ก)

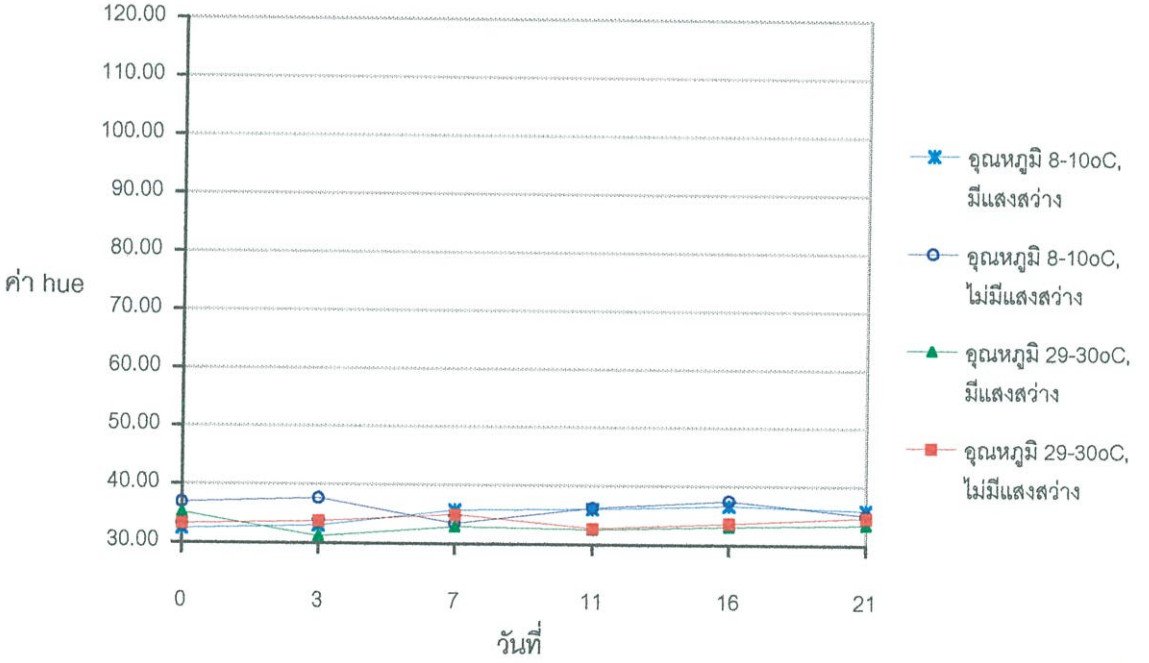


(ข)

ภาพที่ 4.20 ค่าสีหลัก (hue angle) ของมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ (ภาพ (ก) จากการวัดที่บริเวณผิวผล , ภาพ (ข) จากการวัดในมะเขือเทศบด)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.21 ค่าสีหลัก (hue angle) ของมะเขือเทศสีผิวสีแดงที่เก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ. สภาวะต่างๆ (ภาพ (ก) จากการวัดที่บริเวณผิวผล , ภาพ (ข) จากการวัดในมะเขือเทศบด)

4.2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

มะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวสีผิวสีเขียวและสีส้มอมเขียวที่ทำการเก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เมื่อนำมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) พบว่าค่าแรงกดสูงสุด (maximum force) และค่าพื้นที่ใต้กราฟ (area) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.4 และ 4.5) และจากค่าแรงกดสูงสุดที่ลดลงจึงส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะเขือเทศทั้ง 2 สีผิวมีค่าลดลงดังในภาพที่ 4.22 และ 4.23 สำหรับมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวสีผิวสีแดงเมื่อเก็บรักษานาน 21 วันจะสังเกตเห็นลักษณะปรากฏของมะเขือเทศสีผิวสีแดงมีผิวที่เหี่ยวย่นในวันที่เก็บรักษาวันที่ 16 และ 21 เมื่อนำมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าค่าแรงกดสูงสุด (maximum force) และค่าพื้นที่ใต้กราฟ (area) มีแนวโน้มลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$) (ตารางที่ 4.6) เช่นเดียวกันกับค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ในภาพที่ 4.24 ที่มีแนวโน้มลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$)

มะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส มีค่าความแน่นเนื้อแตกต่างจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่า ณ. วันที่เก็บรักษาเดียวกัน และมีการลดลงของค่าความแน่นเนื้อที่น้อยกว่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) โดยค่าความแน่นเนื้อของการเก็บรักษามะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาแต่ค่าความแน่นเนื้อของการเก็บรักษามะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยในวันที่ 3 แต่มีค่าลดลงมากเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 11 วัน เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำจะเกิดการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ pectin methylesterase (pectinesterase) และ polygalacturonase ซึ่งทำให้กระบวนการย่อยสลายเพกตินในผนังเซลล์เกิดขึ้นได้ช้ากว่าที่อุณหภูมิสูง แต่ในการเก็บรักษามะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวสีผิวสีส้มอมเขียวและสีแดงที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) พบว่าค่าความแน่นเนื้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$) และมะเขือเทศสีผิวสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มของค่าความแน่นเนื้อที่น้อยกว่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นผลมาจากอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ที่เกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาผลไม้ที่อุณหภูมิต่ำ

มะเขือเทศทั้ง 3 สีผิวที่เก็บรักษาในสภาวะที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของมะเขือเทศทั้ง 3 สีผิว

ตารางที่ 4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ

เนื้อสัมผัส	อุณหภูมิ	สภาวะการจัดเก็บ	วันที่เก็บรักษา					
			0	3	7	11	16	21
แรงกดสูงสุด	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$366.48±27.34 ^{b}	$^{a}_{a}$364.83±108.24 ^{b}	$^{a}_{a}$359.06±92.48 ^{b}	$^{a}_{a}$227.13±7.13 ^{a}	$^{a}_{a}$172.10±43.47 ^{a}	$^{a}_{a}$138.66±8.53 ^{a}
(max. force;		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$361.63±22.02 ^{c}	$^{a}_{a}$307.24±38.52 ^{bc}	$^{a}_{a}$248.00±44.32 ^{b}	$^{a}_{a}$245.99±63.87 ^{b}	$^{a}_{a}$147.56±21.17 ^{a}	$^{a}_{a}$146.91±27.78 ^{a}
g)	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$365.22±33.95 ^{c}	$^{b}_{a}$136.55±12.47 ^{b}	$^{b}_{a}$102.54±9.84 ^{a}	$^{b}_{a}$91.93±7.02 ^{a}	$^{b}_{a}$95.11±12.79 ^{a}	$^{b}_{a}$94.46±13.37 ^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$289.94±69.60 ^{c}	$^{b}_{a}$173.40±49.84 ^{c}	$^{b}_{a}$122.35±13.15 ^{ab}	$^{b}_{a}$98.15±14.11 ^{a}	$^{b}_{a}$93.88±12.59 ^{a}	$^{b}_{a}$93.40±4.59 ^{a}
พื้นที่ใต้กราฟ	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$2533.97±201.59 ^{c}	$^{a}_{a}$2550.78±634.66 ^{c}	$^{a}_{a}$2527.59±561.47 ^{c}	$^{a}_{a}$1686.17±58.75 ^{b}	$^{a}_{a}$1291.74±319.33 ^{ab}	$^{a}_{a}$955.54±43.71 ^{a}
(area; g.mm)		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$2506.71±136.50 ^{c}	$^{a}_{a}$2173.79±260.83 ^{bc}	$^{a}_{a}$1826.46±270.03 ^{b}	$^{a}_{a}$1762.58±484.32 ^{b}	$^{a}_{a}$1129.20±185.12 ^{a}	$^{a}_{a}$1126.64±138.74 ^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$2492.96±114.40 ^{c}	$^{b}_{a}$1011.50±108.15 ^{b}	$^{b}_{a}$789.65±56.47 ^{ab}	$^{b}_{a}$678.85±94.26 ^{a}	$^{b}_{a}$634.05±183.56 ^{a}	$^{b}_{a}$625.98±197.05 ^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$2058.71±114.40 ^{c}	$^{b}_{a}$1257.07±340.92 ^{b}	$^{b}_{a}$878.62±90.89 ^{ab}	$^{b}_{a}$726.48±101.72 ^{a}	$^{b}_{a}$681.40±70.99 ^{a}	$^{b}_{a}$624.47±37.06 ^{a}
ระยะทางที่กด	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$11.59±0.13 ^{b}	$^{a}_{a}$11.67±0.05 ^{b}	$^{a}_{a}$11.86±0.03 ^{b}	$^{a}_{a}$11.65±0.23 ^{b}	$^{a}_{a}$11.77±0.16 ^{b}	$^{a}_{a}$10.36±0.48 ^{a}
(distance;		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$11.76±0.11 ^{a}	$^{a}_{a}$11.74±0.14 ^{a}	$^{a}_{a}$11.83±0.12 ^{a}	$^{a}_{a}$11.44±0.62 ^{a}	$^{a}_{a}$11.34±0.49 ^{a}	$^{a}_{a}$11.36±0.37 ^{a}
mm)	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$11.76±0.09 ^{a}	$^{a}_{a}$11.59±0.19 ^{a}	$^{a}_{a}$11.91±0.03 ^{a}	$^{a}_{a}$11.19±0.56 ^{a}	$^{a}_{a}$10.09±1.83 ^{a}	$^{a}_{a}$10.86±0.84 ^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$11.57±0.26 ^{b}	$^{a}_{a}$11.65±0.26 ^{b}	$^{a}_{a}$11.75±0.21 ^{b}	$^{a}_{a}$11.08±0.46 ^{ab}	$^{a}_{a}$10.44±0.69 ^{a}	$^{a}_{a}$10.37±0.97 ^{a}
ความแน่นเนื้อ	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$31.62±2.02 ^{b}	$^{a}_{a}$31.26±9.20 ^{b}	$^{a}_{a}$30.28±7.84 ^{b}	$^{a}_{a}$19.49±0.87 ^{a}	$^{a}_{a}$14.63±3.65 ^{a}	$^{a}_{a}$13.38±1.42 ^{a}
(firmness;		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$30.74±1.89 ^{c}	$^{a}_{a}$26.18±3.41 ^{bc}	$^{a}_{a}$20.97±3.68 ^{b}	$^{a}_{a}$21.50±4.58 ^{b}	$^{a}_{a}$13.02±1.41 ^{a}	$^{a}_{a}$12.93±2.54 ^{a}
g/mm)	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$31.07±3.13 ^{c}	$^{b}_{a}$11.78±1.17 ^{b}	$^{b}_{a}$8.61±0.85 ^{a}	$^{b}_{a}$8.22±0.23 ^{a}	$^{b}_{a}$9.42±1.08 ^{ab}	$^{b}_{a}$8.70±1.66 ^{ab}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$25.07±5.75 ^{b}	$^{b}_{a}$14.89±3.92 ^{a}	$^{b}_{a}$10.41±1.29 ^{a}	$^{b}_{a}$8.86±1.51 ^{a}	$^{b}_{a}$8.99±1.82 ^{a}	$^{b}_{a}$9.01±1.13 ^{a}

2	1
3	

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างภายในวันที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ตัวอักษรทางด้านซ้ายบนที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษาในวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรทางด้านซ้ายล่างที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิและวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4) ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ

เนื้อสัมผัส	อุณหภูมิ	สภาวะการจัดเก็บ	วันที่เก็บรักษา					
			0	3	7	11	16	21
แรงกดสูงสุด	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$140.63±7.22^{c}	$^{a}_{a}$124.76±25.01^{bc}	$^{a}_{a}$107.28±11.40^{ab}	$^{a}_{a}$103.71±14.89^{ab}	$^{a}_{a}$90.13±11.56^{a}	$^{a}_{a}$84.20±8.68^{a}
(max. force;		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$137.72±15.57^{d}	$^{a}_{a}$115.70±9.23^{c}	$^{a}_{a}$107.17±13.48^{bc}	$^{a}_{a}$86.34±9.11^{a}	$^{a}_{a}$90.80±6.64^{ab}	$^{a}_{a}$86.34±4.49^{a}
g)	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$144.36±18.16^{c}	$^{a}_{a}$99.34±7.89^{b}	$^{b}_{a}$90.19±8.08^{ab}	$^{a}_{a}$80.13±6.53^{ab}	$^{a}_{a}$78.71±5.75^{a}	$^{a}_{a}$74.80±10.43^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$132.70±6.90^{c}	$^{a}_{a}$111.71±19.55^{b}	$^{b}_{a}$90.72±6.91^{a}	$^{a}_{a}$85.67±5.11^{a}	$^{a}_{a}$96.19±6.10^{ab}	$^{a}_{a}$80.93±10.98^{a}
พื้นที่ใต้กราฟ	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$1083.76±42.31^{c}	$^{a}_{a}$931.40±208.17^{bc}	$^{a}_{a}$798.13±46.40^{ab}	$^{a}_{a}$766.12±77.06^{ab}	$^{a}_{a}$671.52±84.89^{a}	$^{a}_{a}$619.21±79.20^{a}
(area; g.mm)		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$1073.60±77.50^{a}	$^{a}_{a}$881.39±27.71^{a}	$^{a}_{a}$628.30±466.43^{a}	$^{a}_{a}$673.48±136.03^{a}	$^{a}_{a}$681.39±32.14^{a}	$^{a}_{a}$602.72±24.45^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$1099.94±142.70^{c}	$^{a}_{a}$746.24±46.42^{b}	$^{a}_{a}$591.84±33.93^{ab}	$^{b}_{a}$517.77±115.72^{a}	$^{b}_{a}$472.76±122.07^{a}	$^{a}_{a}$536.64±62.26^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$1061.14±75.54^{c}	$^{a}_{a}$835.28±165.36^{b}	$^{a}_{a}$622.22±90.54^{a}	$^{b}_{a}$541.26±75.23^{a}	$^{b}_{a}$653.66±40.81^{a}	$^{a}_{a}$548.35±104.48^{a}
ระยะทางที่กด	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$11.78±0.13^{b}	$^{a}_{a}$11.36±0.34^{ab}	$^{a}_{a}$11.00±0.31^{a}	$^{a}_{a}$10.94±0.39^{a}	$^{a}_{a}$10.95±0.28^{a}	$^{a}_{a}$10.96±0.39^{a}
(distance;		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$11.66±0.15^{a}	$^{a}_{a}$11.37±0.52^{a}	$^{a}_{a}$11.18±0.50^{a}	$^{a}_{a}$10.55±1.06^{a}	$^{a}_{a}$10.50±0.28^{a}	$^{a}_{a}$10.40±0.49^{a}
mm)	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$11.52±0.30^{a}	$^{a}_{a}$10.96±0.13^{a}	$^{b}_{a}$9.57±0.54^{a}	$^{a}_{a}$9.50±2.07^{a}	$^{a}_{a}$8.85±1.71^{a}	$^{a}_{a}$10.40±0.77^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$11.77±0.23^{b}	$^{a}_{a}$10.96±0.70^{ab}	$^{b}_{a}$10.13±0.96^{a}	$^{a}_{a}$9.41±0.95^{a}	$^{a}_{a}$10.43±0.50^{ab}	$^{a}_{a}$9.65±1.28^{a}
ความแน่นเนื้อ	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$11.94±0.67^{c}	$^{a}_{a}$10.94±1.84^{bc}	$^{a}_{a}$9.78±1.34^{abc}	$^{a}_{a}$9.51±1.65^{ab}	$^{a}_{a}$8.22±0.90^{a}	$^{a}_{a}$7.67±0.58^{a}
(firmness;		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$11.82±1.42^{b}	$^{a}_{a}$10.21±1.21^{ab}	$^{a}_{a}$9.58±1.01^{ab}	$^{a}_{a}$8.30±1.75^{a}	$^{a}_{a}$8.66±0.84^{a}	$^{a}_{a}$8.32±0.72^{a}
g/mm)	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$12.52±1.50^{b}	$^{a}_{a}$9.06±0.64^{a}	$^{a}_{a}$9.47±1.37^{a}	$^{a}_{a}$8.66±1.60^{a}	$^{a}_{a}$9.05±1.26^{ab}	$^{a}_{a}$7.25±1.39^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$11.27±0.41^{b}	$^{a}_{a}$10.15±1.19^{ab}	$^{a}_{a}$8.98±0.49^{a}	$^{a}_{a}$9.18±1.13^{a}	$^{a}_{a}$9.25±1.00^{a}	$^{a}_{a}$8.46±1.30^{a}

2	1
3	

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างภายในวันที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ตัวอักษรทางด้านซ้ายบนที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษาในวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรทางด้านซ้ายล่างที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิและวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4) ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ

เนื้อสัมผัส	อุณหภูมิ	สภาวะการจัดเก็บ	วันที่เก็บรักษา					
			0	3	7	11	16	21
แรงกดสูงสุด	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$76.68±7.06	$^{a}_{a}$76.29±10.49	$^{a}_{a}$63.51±3.14	$^{a}_{a}$68.92±9.46	$^{a}_{a}$59.97±7.02	$^{a}_{a}$59.74±6.10
(max. force;		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$73.29±13.88	$^{a}_{a}$68.86±5.46	$^{a}_{b}$65.62±2.64	$^{a}_{a}$73.80±3.00	$^{a}_{a}$68.81±0.30	$^{a}_{a}$63.44±3.01
g)	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$81.07±8.68	$^{a}_{a}$77.06±10.25	$^{a}_{a}$63.46±3.34	$^{a}_{a}$70.61±5.63	$^{b}_{a}$71.18±4.28	$^{b}_{a}$68.14±5.86
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$78.01±15.92	$^{a}_{a}$70.86±8.14	$^{a}_{b}$79.84±9.69	$^{a}_{a}$75.39±4.87	$^{b}_{a}$68.75±0.76	$^{b}_{a}$74.50±3.11
พื้นที่ใต้กราฟ	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$506.99±67.72	$^{a}_{a}$486.37±95.98	$^{a}_{a}$376.50±70.40	$^{a}_{a}$431.99±58.74	$^{a}_{a}$320.01±119.41	$^{a}_{a}$395.21±82.24
(area; g.mm)		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$479.26±103.10	$^{a}_{a}$467.96±7.15	$^{a}_{a}$398.19±15.89	$^{a}_{a}$436.69±73.34	$^{a}_{a}$402.62±56.78	$^{a}_{a}$413.65±14.89
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$562.94±154.42	$^{a}_{a}$462.19±111.87	$^{a}_{a}$383.88±61.77	$^{a}_{a}$431.74±96.20	$^{a}_{a}$463.83±43.53	$^{a}_{a}$379.86±143.08
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$565.12±116.56	$^{a}_{a}$482.91±90.93	$^{a}_{a}$488.54±112.71	$^{a}_{a}$504.10±18.25	$^{a}_{a}$421.87±20.37	$^{a}_{a}$482.48±41.21
ระยะทางที่กด	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$9.34±0.52	$^{a}_{a}$9.54±1.67	$^{a}_{a}$9.00±1.40	$^{a}_{a}$9.25±0.40	$^{a}_{a}$7.81+2.17	$^{a}_{a}$9.91+1.37
(distance;		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$9.91±0.27	$^{a}_{a}$9.38±0.58	$^{a}_{a}$8.02±1.31	$^{a}_{a}$8.94±1.00	$^{a}_{a}$9.43+0.74	$^{a}_{a}$9.25+1.65
mm)	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$9.19±1.66	$^{a}_{a}$9.56±1.16	$^{a}_{a}$8.88±0.49	$^{a}_{a}$8.26±1.46	$^{a}_{a}$9.07+1.53	$^{a}_{a}$7.87+2.76
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$10.80±0.14	$^{a}_{a}$10.16±0.75	$^{a}_{a}$9.44±1.23	$^{a}_{a}$10.00±0.60	$^{a}_{a}$9.53+0.54	$^{a}_{a}$9.91+1.33
ความแน่นเนื้อ	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$8.21±0.97	$^{a}_{a}$8.00±1.69	$^{a}_{a}$7.05±0.81	$^{a}_{a}$7.45±0.88	$^{a}_{a}$7.68±1.20	$^{a}_{a}$6.03±0.27
(firmness;		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$7.40±1.21	$^{a}_{a}$7.34±1.00	$^{a}_{b}$8.18±1.27	$^{a}_{a}$8.26±0.98	$^{a}_{a}$7.30±0.60	$^{a}_{a}$6.86±1.71
g/mm)	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$8.82±1.27	$^{a}_{a}$8.06±0.82	$^{a}_{a}$7.15±0.03	$^{a}_{a}$8.54±2.01	$^{a}_{a}$7.85±1.17	$^{a}_{a}$8.66±5.17
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$7.23±1.50	$^{a}_{a}$6.98±0.56	$^{a}_{b}$8.46±0.09	$^{a}_{a}$7.54±0.91	$^{a}_{a}$7.21±0.41	$^{a}_{a}$7.52±1.14

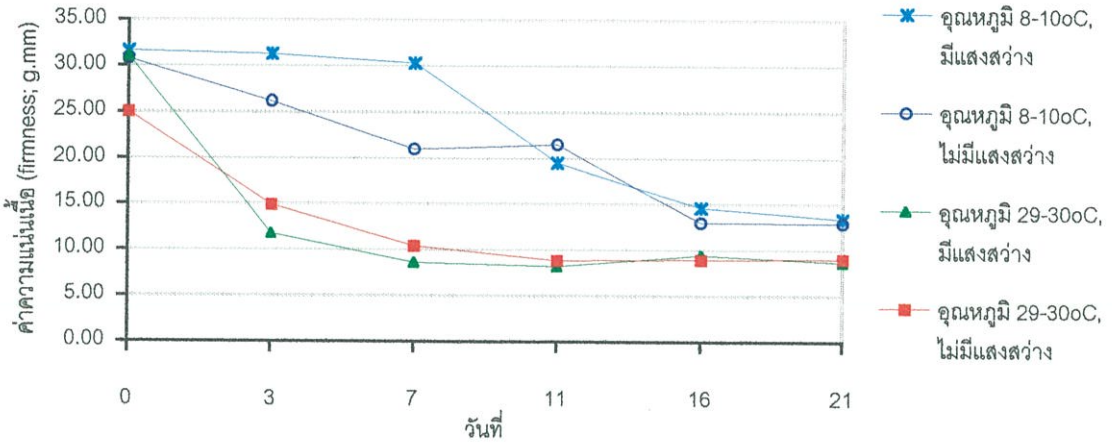
2	1
3	

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างภายในวันที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

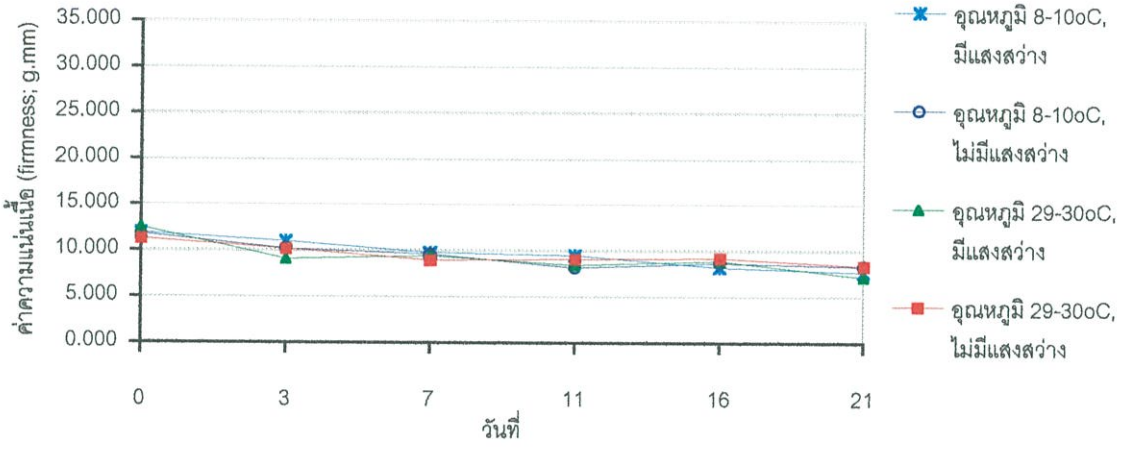
2) ตัวอักษรทางด้านซ้ายบนที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษาในวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรทางด้านซ้ายล่างที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิและวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

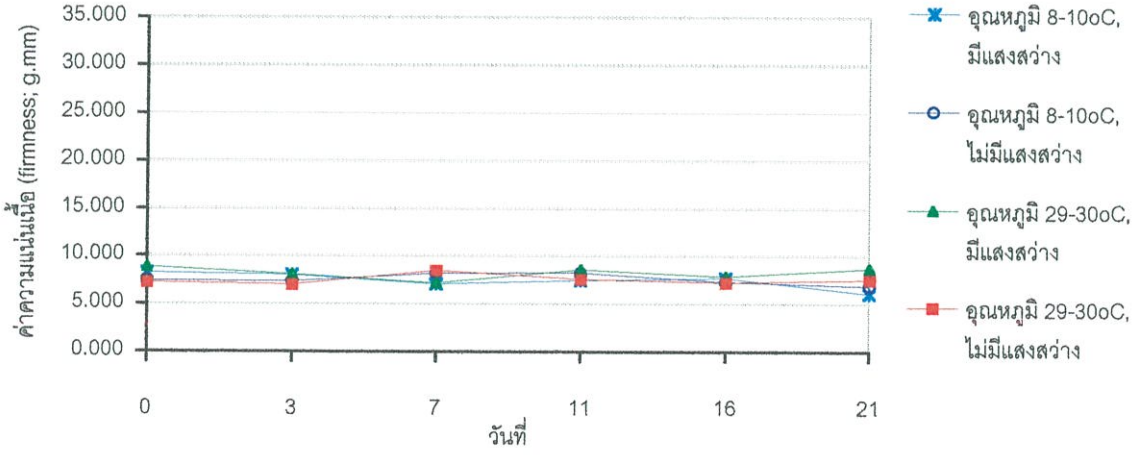
4) ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ



ภาพที่ 4.22 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ



ภาพที่ 4.23 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ



ภาพที่ 4.24 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะเขือเทศสีผิวสีแดงที่เก็บรักษา 0, 3, 7, 11, 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ

4.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไลโคพีนกับค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศที่เก็บรักษา ณ. สภาวะต่างๆ

จากผลการทดลองในข้อ 4.2.1-4.2.3 พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณไลโคพีน ค่าสี และค่าความแน่นเนื้อในมะเขือเทศที่สีผิวแตกต่าง แต่การเก็บรักษาในสภาวะที่มีแสงสว่างหรือไม่มีแสงสว่างไม่มีผลต่อค่าดังกล่าว ดังนั้นในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไลโคพีนกับค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของมะเขือเทศที่เก็บรักษาจึงพิจารณาเฉพาะปัจจัยของอุณหภูมิในการเก็บรักษาเท่านั้น โดยมีค่าความสัมพันธ์ดังแสดงในตารางที่ 4.6-4.8 เมื่อพิจารณาค่าความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆต่อปริมาณไลโคพีน พบว่ามะเขือเทศสีผิวสีเขียวมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่างค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสกับปริมาณไลโคพีนสูงที่สุด (ค่าที่สูงที่สุดเท่ากับ 0.953) ทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) และมีค่ารองลงมาในมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียว (ค่าที่สูงที่สุดเท่ากับ 0.786) ในขณะที่มะเขือเทศสีผิวสีแดงมีค่าต่ำที่สุด (ค่าที่สูงที่สุดเท่ากับ 0.416) เนื่องจากในการเก็บรักษามะเขือเทศสีผิวสีเขียวมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (ΔE) (ภาพที่ 4.13) อย่างชัดเจนควบคู่ไปกับปริมาณไลโคพีนที่สะสมเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 4.4) แต่มะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวและสีผิวสีแดงมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (ΔE) ที่น้อยกว่าซึ่งเห็นได้ชัดจากภาพที่ 4.14 และ 4.15 เช่นเดียวกันกับค่าที่ได้จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ค่าแรงกดสูงสุด ค่าพื้นที่ใต้กราฟ และค่าความแน่นเนื้อ ที่มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยและสังเกตได้ไม่ชัดเจนเท่ากับในมะเขือเทศสีผิวสีเขียว จึงทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระ-หว่างค่าสีและและลักษณะเนื้อสัมผัสกับปริมาณไลโคพีนต่ำ ซึ่งทำให้ในการพิจารณาค่าความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆกับปริมาณไลโคพีน และในการสร้างสมการถดถอยเพื่อใช้ทำนายปริมาณไลโคพีนอาจใช้ได้เฉพาะค่าความสัมพันธ์ที่ได้จากการเก็บรักษามะเขือเทศสีผิวสีเขียวเพียงสีผิวเดียว

ที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสในการเก็บรักษามะเขือเทศสีผิวสีเขียว พบว่าค่า L, a, b, a/b และค่า hue angle มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับปริมาณไลโคพีนของการวัดจากมะเขือเทศบดที่สูงกว่าจากการวัดที่บริเวณผิวผลแต่ไม่แตกต่างกันมากนัก เช่นเดียวกันกับมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียว แต่ในมะเขือเทศสีผิวสีแดงกลับมีค่าต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย แต่ในการวัดค่าสีที่ง่ายและสะดวกไม่จำเป็นต้องทำให้มะเขือเทศเสียสภาพโดยการบดและจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงกว่ากันไม่มากนัก จึงอาจพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไลโคพีนกับค่าสีที่ได้จากการวัดที่บริเวณผิวผล และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไลโคพีนกับค่า a, a/b และค่า hue angle ในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่บริเวณผิวผลมีค่าสูงคือ 0.948, 0.946 และ –0.945 ตามลำดับ โดยค่าที่ได้จากค่า a และค่า a/b มีค่าเป็นบวกแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นไปในเชิงบวกคือเมื่อค่า a หรือค่า a/b เพิ่มขึ้นปริมาณไลโคพีนจะเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่สำหรับค่า hue angle มีความ

สัมพันธ์ในเชิงลบ คือเมื่อค่า hue angle ลดลง (มีสีแดงมากขึ้น) ปริมาณไลโคพีนจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับในการสร้างสมการถดถอยในการทำนายปริมาณไลโคพีนเนื่องจากทำให้สมการที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (determination coefficient, r^2) ที่สูงดังแสดงในตารางที่ 4.6 ดังนั้นจะได้สมการถดถอยเชิงเส้นตรงที่ได้จากการใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมคือ ค่า a a/b และค่า hue angle ดังนี้ สำหรับค่า a ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 0.4541+0.0554a (r^2=0.896) สำหรับค่า a/b ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 0.4347+1.5624a/b (r^2=0.891) สำหรับค่า hue angle ($\tan^{-1}$ b/a) ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 3.1019-0.0295($\tan^{-1}$ b/a) (r^2=0.890) หรืออาจสร้างสมการถดถอยเชิงพหุคูณได้โดยใช้พารามิเตอร์ L และ a คือ ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 2.2669-0.0327L+0.0451a (r^2=0.905) หรือใช้พารามิเตอร์ a/b กับ hue angle ร่วมกันดังสมการ ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 0.4756+1.5385(a/b)-0.0004($\tan^{-1}$ b/a) (r^2=0.888) ส่วนค่า b มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ต่ำมากจึงไม่เหมาะสำหรับนำมาสร้างสมการในการทำนาย และค่าที่วัดได้จากลักษณะเนื้อสัมผัสก็เช่นเดียวกันเนื่องจากจะทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ต่ำกว่าการใช้พารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดค่าสีมาก

ที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในการเก็บรักษามะเขือเทศสีผิวสีเขียว พบว่าค่า L, b, a/b, $(a/b)^2$ และค่า hue angle มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับปริมาณไลโคพีนของการวัดจากบริเวณผิวผลของมะเขือเทศที่สูงกว่าจากการวัดในมะเขือเทศบดที่แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก เช่นเดียวกันกับมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียว แต่ในมะเขือเทศสีผิวสีแดงกลับมีค่าต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย ส่วนค่า a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกัน และเนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไลโคพีนกับค่า L, a/b, $(a/b)^2$ และค่า hue angle ในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่บริเวณผิวผลมีค่าสูงคือ -0.871, 0.840, 0.892 และ –0.816 จึงเหมาะสำหรับในการสร้างสมการถดถอยในการทำนายปริมาณไลโคพีน ดังนั้นจะได้สมการถดถอยเชิงเส้นตรงที่ได้จากการใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมคือ ค่า L, a/b, $(a/b)^2$ และค่า hue angle ดังนี้ สำหรับค่า L ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 27.2265-0.4705L (r^2=0.752) สำหรับค่า a/b ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 1.0302+5.89a/b (r^2=0.696) สำหรับค่า $(a/b)^2$ ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = -0.2815+11.6196$(a/b)^2$ (r^2=0.790) สำหรับค่า hue angle ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 11.2365-0.1120($\tan^{-1}$ b/a) (r^2=0.656) หรืออาจสร้างสมการถดถอยเชิงพหุคูณได้โดยใช้พารามิเตอร์ a/b และ hue angle คือ ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = -64.6886+42.9523(a/b)+0.7271($\tan^{-1}$ b/a) (r^2=0.822) ส่วนค่า b และค่าที่วัดได้จากลักษณะเนื้อสัมผัส มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ต่ำมากจึงไม่เหมาะสำหรับนำมาสร้างสมการในการทำนาย

จากสมการถดถอยเชิงเส้นตรงต่างๆในการทำนายปริมาณไลโคพีนเราอาจสามารถเลือกใช้พารามิเตอร์ a/b เป็นพารามิเตอร์กลางในการสร้างสมการการทำนายปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่มีสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส หรือที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ได้ ในขณะที่สมการถดถอยเชิงพหุคูณใช้พารามิเตอร์ถึง 2 ตัว โดยอาจเลือกใช้สมการถดเชิงพหุคูณที่มีพารามิเตอร์ a/b กับ hue angle ในกรณีที่ต้องการความแม่นยำมากขึ้น เนื่องจากมีค่า r^2=0.888 และ r^2=0.822 สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ตามลำดับ และจะสังเกตเห็นได้ว่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทำนายเกี่ยวข้องกับค่า a ทั้งสิ้นทั้งนี้เนื่องจากค่า a เป็นค่าที่แสดงถึงค่าสีแดงในมะเขือเทศซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการสะสมปริมาณไลโคพีนที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง

ตารางที่ 4.6 ค่าสหสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิที่เก็บรักษา	ปัจจัย	บริเวณผิวผล		มะเขือเทศบด	
		Linear regression (r^2)	Correlation coefficient (r)	Linear regression (r^2)	Correlation coefficient (r)
8-10°C	L	0.741	-0.865	0.808	-0.902
	a	0.896	0.948	0.903	0.952
	b	0.081^{ns}	-0.328^{ns}	0.204	-0.476
	a/b	0.891	0.946	0.906	0.953
	$(a/b)^2$	0.603	0.784	0.497	0.715
	hue	0.890	-0.945	0.902	-0.951
	force	0.606	-0.786	-	-
	area	0.639	-0.806	-	-
	firmness	0.584	-0.772	-	-
29-30°C	L	0.752	-0.871	0.723	-0.855
	a	0.614	0.791	0.616	0.792
	b	0.161	-0.430	0.224	-0.496
	a/b	0.696	0.840	0.636	0.804
	$(a/b)^2$	0.790	0.892	0.769	0.881
	hue	0.656	-0.816	0.556	-0.754
	force	0.525	-0.734	-	-
	area	0.570	-0.763	-	-
	firmness	0.482	-0.705	-	-

หมายเหตุ : ตัวอักษร ns หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

ตารางที่ 4.7 ค่าสหสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิที่เก็บรักษา	ปัจจัย	บริเวณผิวผล		มะเขือเทศบด	
		Linear regression (r^2)	Correlation coefficient (r)	Linear regression (r^2)	Correlation coefficient (r)
8-10°C	L	0.442	-0.677	0.527	-0.735
	a	0.321	0.583	0.465	0.693
	b	0.289	-0.556	-0.012 ns	-0.129 ns
	a/b	0.425	0.664	0.436	0.673
	$(a/b)^2$	0.475	0.700	0.492	0.712
	hue	0.381	-0.631	0.374	-0.626
	force	0.157	-0.426	-	-
	area	0.066 ns	-0.304 ns	-	-
	firmness	0.138 ns	-0.403 ns	-	-
29-30°C	L	0.571	-0.764	0.356	-0.612
	a	0.535	0.740	0.541	0.745
	b	0.229	-0.501	-0.016 ns	0.115 ns
	a/b	0.606	0.786	0.342	0.600
	$(a/b)^2$	0.607	0.786	0.321	0.584
	hue	0.589	-0.775	0.350	-0.607
	force	0.545	-0.747	-	-
	area	0.477	-0.702	-	-
	firmness	0.428	-0.667	-	-

หมายเหตุ : ตัวอักษร ns หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

ตารางที่ 4.8 ค่าสหสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีผิวสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิที่เก็บรักษา	ปัจจัย	บริเวณผิวผล		มะเขือเทศบด	
		Linear regression (r^2)	Correlation coefficient (r)	Linear regression (r^2)	Correlation coefficient (r)
8-10°C	L	0.045 ns	-0.269 ns	0.017 ns	-0.213 ns
	a	0.104 ns	0.360 ns	0.033 ns	0.246 ns
	b	0.001 ns	0.173 ns	-0.029 ns	-0.016 ns
	a/b	0.133 ns	0.397 ns	0.013 ns	0.202 ns
	$(a/b)^2$	0.138 ns	0.403 ns	0.009 ns	0.193 ns
	hue	0.132 ns	0.396 ns	0.018 ns	-0.214 ns
	force	-0.023 ns	-0.081 ns	-	-
	area	-0.029 ns	-0.025 ns	-	-
	firmness	-0.028 ns	-0.035 ns	-	-
29-30°C	L	-0.002 ns	0.163 ns	0.102 ns	-0.357 ns
	a	0.026 ns	0.233 ns	0.149 ns	0.416 ns
	b	-0.028 ns	-0.035 ns	-0.026 ns	0.060 ns
	a/b	0.122 ns	0.384 ns	0.142 ns	0.408 ns
	$(a/b)^2$	0.124 ns	0.386 ns	0.142 ns	0.408 ns
	hue	0.117 ns	-0.377 ns	0.146 ns	-0.143 ns
	force	-0.007 ns	-0.148 ns	-	-
	area	0.065 ns	-0.302 ns	-	-
	firmness	-0.001 ns	0.166 ns	-	-

หมายเหตุ : ตัวอักษร ns หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาปริมาณไลโคพีนและความแน่นเนื้อของมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน และการศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาวะการเก็บรักษาที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างในการเก็บรักษามะเขือเทศสด พบว่า

1. การวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกัน พบว่ามีปริมาณไลโคพีนแตกต่างกัน โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวจนสูงสุดในมะเขือเทศสีผิวสีแดง

2. ค่า L, a, b, a/b และ hue angle ที่ได้จากการวัดที่บริเวณผิวผลและจากมะเขือเทศบดสามารถบอกความแตกต่างของสีในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกันได้ โดยค่าที่วัดได้จากมะเขือเทศบดจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสีของมะเขือเทศพันธุ์ท้อมากกว่าค่าที่วัดได้จากบริเวณผิวผล

3. ค่าความแน่นเนื้อในมะเขือเทศมีค่าลดลงเมื่อมะเขือเทศมีสีผิวที่แดงขึ้น แต่ไม่สามารถใช้เป็นดัชนีในการบ่งถึงระยะการสุกของมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกันได้ เนื่องจากในมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่สีผิวสีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว และสีส้ม มีค่าความแน่นเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4. ค่า a/b ที่ได้จากการวัดในมะเขือเทศบดเป็นพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการสร้างสมการทำนายปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีผิวแตกต่างกันโดยมีสมการการทำนายคือ ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 0.6545+2.1145(a/b) (r^2=0.824)

5. ในการศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาวะการเก็บรักษาที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างในการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ท้อต่อปริมาณไลโคพีน การเปลี่ยนแปลงสี และความแน่นเนื้อ พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณไลโคพีนและการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) โดยที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ปริมาณไลโคพีนต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) โดยเปลี่ยนเป็นสีแดงในมะเขือเทศที่มีสีผิวสีเขียวและสีส้มอมเขียวน้อยกว่าที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) เช่นเดียวกับความแน่นเนื้อในมะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสมีค่าสูงกว่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) แต่ทั้ง 2 อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีในการเก็บรักษามะเขือเทศสีผิวสีแดง และไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อในมะเขือเทศสีผิวสีส้ม

อมเขียวและสีแดง ในขณะที่แสงสว่างไม่มีผลต่อปริมาณไลโคพีน การเปลี่ยนแปลงค่าสี และความแน่นเนื้อในการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ท้อทั้ง 3 สีผิว

6. สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงค่าสีในการเก็บรักษามะเขือเทศในสภาวะต่างๆได้ชัดเจนจากค่าสีที่ได้จากการวัดในมะเขือเทศบดมากกว่าค่าสีที่ได้จากการวัดที่บริเวณผิวผล และการเก็บรักษามีผลต่อค่าความสว่าง (L) และค่าสีน้ำเงินหรือเหลือง (b) ของสีมะเขือเทศ โดยค่าทั้ง 2 จะลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น แต่ค่าสีแดง (a) มีค่าเพิ่มขึ้นในมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่สีผิวสีเขียวและสีส้มอมเขียว แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าสีดังกล่าวในมะเขือเทศสีผิวสีแดง หากต้องการดูความเปลี่ยนแปลงของสี หรือดูความแตกต่างของสีควรใช้เนื้อมะเขือเทศบดจะให้ค่าชัดเจนกว่า

7. การเก็บรักษามะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่สีผิวสีเขียวและสีส้มอมเขียว จะทำให้มะเขือเทศมีการสุกเพิ่มขึ้น มีสีแดงมากขึ้น มีความแน่นเนื้อลดลง และปริมาณไลโคพีนเพิ่มขึ้น แต่ในมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่สีผิวสีแดงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณไลโคพีนจะเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อมะเขือเทศเข้าสู่ระยะเสื่อมสลาย (senescence)

8. มะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่สีผิวสีเขียวและสีส้มอมเขียวเมื่อเข้าสู่ระยะสุกที่มีสีผิวแดง ปริมาณไลโคพีนมีค่าต่ำกว่ามะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวสีผิวสีแดง และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณไลโคพีนต่ำกว่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

9. ค่า a/b ที่ได้จากการวัดบริเวณผิวผลมะเขือเทศเป็นพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการสร้างสมการทำนายปริมาณไลโคพีนในการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ท้อที่เก็บเกี่ยวที่สีผิวสีเขียว โดยมีสมการการทำนายสำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส คือ ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 0.4347+1.5624a/b (r^2=0.891) และสำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 1.0302+5.89a/b (r^2=0.696) แต่อาจใช้พารามิเตอร์ a/b กับ hue angle ($\tan^{-1}$ b/a) ในการสร้างสมการถดถอยเชิงพหุคูณในการทำนายปริมาณไลโคพีนโดยมีสมการการทำนายสำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส คือ ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = 0.4756+1.5385(a/b)-0.0004($\tan^{-1}$ b/a) (r^2=0.888) และสำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ปริมาณ lycopene (มิลลิกรัม/100กรัม) = -64.6886+42.9523(a/b)+0.7271($\tan^{-1}$ b/a) (r^2=0.822)

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองเก็บรักษามะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีแตกต่างกันในสภาวะต่างๆ พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน มีเพียงลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มลงและผิวผลที่เหี่ยวขึ้น แต่ยังไม่เกิดการเสื่อมเสีย ดังนั้นเพื่อให้สามารถเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไลโคพีนที่สูงที่สุด จึงควรทำการเก็บรักษาจนกระทั่งมะเขือเทศเสื่อมเสีย

2. อาจทำการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับการเก็บรักษามะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวที่ระดับสีแตกต่างกันภายหลังจากที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมะเขือเทศดังกล่าวมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

บรรณานุกรม

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2540. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กทม.

จิรา ณ หนองคาย. 2531. **เทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยวผัก ผลไม้ และดอกไม้.** สำนักพิมพ์ แมส พับลิช-ชิ่ง. กทม.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ ลักขณา รุจิระไกรกานต์. 2540. **หลักการวิเคราะห์อาหาร.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

วัฒนา สวรรยาธิปิติ. 2529. **การปลูกมะเขือเทศ.** ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติสำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กทม.

สมภพ ฐิตะวสันต์. 2530. **การผลิตมะเขือเทศเพื่อการค้า.** ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กทม.

Arias, R., Lee. T.-C., Logendra, L., and Janes, H. 2000a. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*,a*,b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. **J. Agric Food Chem.** 48: 1697-1702.

Arias, R., Lee, T.-C., Specca, D., and Janes, H. 2000b. Quality comparison of hydroponic tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) ripened on and off vine. **J. Food Sci.** 65: 545-548.

Chew, B.P. 1995. Antioxidant vitamins affect food animal immunity and health. **J. Nutrit.** 125: 1804-1808.

Choi, K., Lee, G., Han, Y.J., and Bunn, J.M. 1995. Tomato maturity evaluation using color image analysis. **Trans. Of the ASAE.** 38: 171-176.

D'Souza, M.C., Singha, S., and Ingle, M. 1992. Lycopene concentration of tomato fruit can be estimated from chromaticity values. **HortScience.** 27: 465-466.

Fallik, E., Klein, J., Grinberg, S., Lomaniec, E., Lurie, S., and Lalazar, A. 1993. Effect of postharvest heat treatment of tomatoes on fruit ripeness and decay caused by Botrytis cinerea. **Plant Disease.** 77: 985-988.

Fraser, P.D., Truesdale, M.R., Bird, C.R., Schuch, W., and Bramley, P.M. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. **Plant Physiol.** 105: 405-413.

Gould, W.V. 1992. **Tomato Production, Processing, and Technology.** Baltimore : CTI Publications.

G'omez, R., Varon, R., Amo, M., Tardaguila, J., and Pardo, J.E. 1998. Differences in the rate

of coloration in tomato fruit. **J. Food Quality.** 21: 329-339.

Hobson, G.E., Adams, P., and Dixon, T.J. 1983. Assessing the color of tomato fruit during ripening. **J. Sci. Food Agric.** 34: 286-292.

Jahn, O.L. 1975. Comparison of instrumental method for measuring ripening changes of intact tomato fruit. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 100: 688-691.

Jones, J.B. 1999. **Tomato plant culture.** CRC Press LLC., Florida, USA.

Koskitalo, L.N. and Ormrod, D.P. 1972. effects of sub-optimal ripening temperature on the color quality and pigment composition of tomato fruit. **J. Food Sci.** 37: 56-59.

McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurement. **HortScience.** 27: 1254-1255.

Nguyen, M.L. and Schwartz, S.J. 1999. Lycopene: chemical and biological properties. **Food Technol.** 53: 38-45.

Raymundo, L.C., Chichester, C.O., and Simpson, K.L. 1976. Light-dependent carotenoid synthesis in the tomato fruit. **J. Agric Food Chem.** 24: 59-64.

Salunkhe, D. K. and Madhavi, D.L. 1998. **Handbook of vegetable science and technology : production, composition, storage, and processing.** Edited by Kadam. S.S. and Salunkhe. D.K. Marcel Dekker Inc., NewYork, U.S.A.

Shewfelt, R.L., Thai, C.N., and Davis, J.W. 1988. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. **J. Food Sci.** 53: 1433-1437.

Shi, J. and Le Maguer, M. 2000. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. **Critical Review in Food Science and Nutrition.** 40(1): 1-42.

Sozzi, G.O., Trinchero, G.D., and Fraschina, A.A. 1999. Controlled-atmosphere storage of tomato fruit : low oxygen or elevated carbon dioxide levels alter galactosidase activity and inhibit exogenous ethylene action. **J. Sci. Food Agric.** 79: 1065-1070.

Thompson, K.A., Marshall, M.R., Sims, C.A., Wei, C.I., Sargent, S.A., and Scott, J.W. 2000. Cultivar, maturity, and heat treatment on lycopene content in tomatoes. **J. Food Sci.** 65: 791-795.

Thorne, S. and Alvarez, J.S.S. 1982. The effect of irregular storage temperatures on firmness and surface colour in tomatoes. **J. Sci. Food Agric.** 33: 671-676.

Tijskens, L.M.M. and Evelo, R.G. 1994. Modeling colour of tomatoes during postharvest storage. **Postharvest Biol. Technol.** 4: 85-98.

Vogele, A.C. 1937. Effect of environmental factors upon the color of the tomato and the

watermelon. **Plant Physiol.** 12: 929-955.

Watada, A.E., Norris, K.H., Worthington, J.T., and Massie, D.R. 1976. Estimation of chlorophyll and carotenoid contents of whole tomato by light absorbance technique. **J. Food Sci.** 41: 329-332.

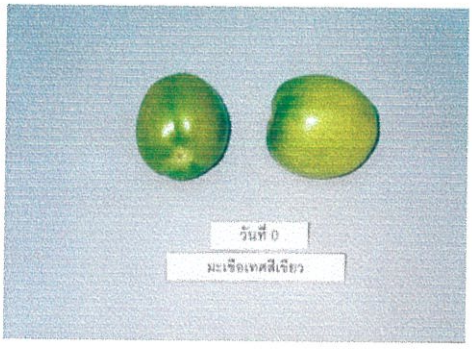
Worthington, J.T., Penney, R.W., and Yeatman, J.N. 1969. Evaluation of light source and temperature on tomato color development during ripening. **HortScience.** 4: 64-65.

ภาคผนวก ก

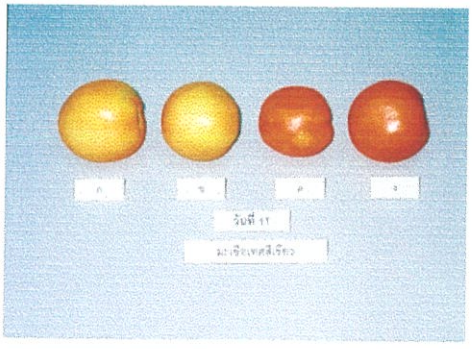
สีเขียว สีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว สีส้ม สีแดง

ภาพที่ ก1 มะเขือเทศพันธุ์ท้อสีผิวต่างๆ

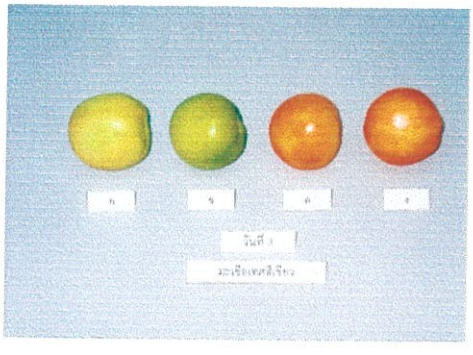
ภาคผนวก ข



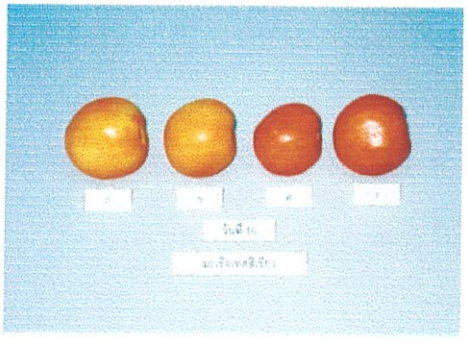
วันที่ 0



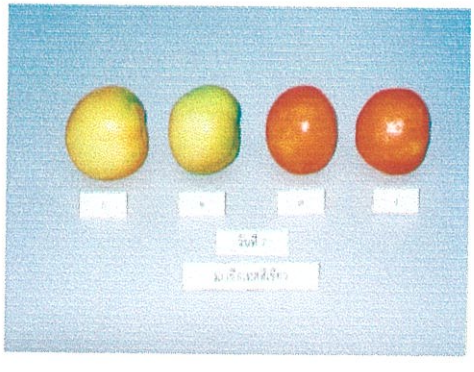
วันที่ 11



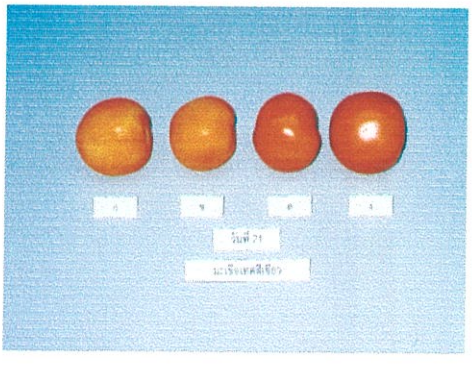
วันที่ 3



วันที่ 16



วันที่ 7

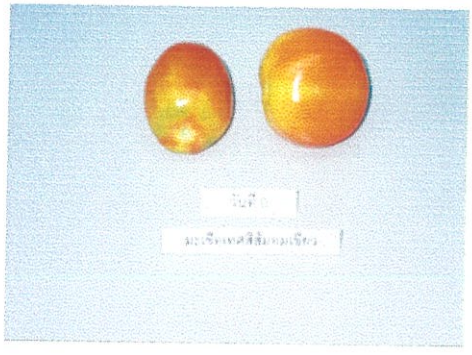


วันที่ 21

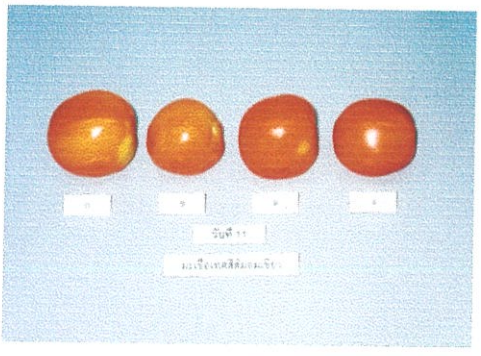
ภาพที่ ข1 มะเขือเทศสีผิวสีเขียวที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ

(ก = อุณหภูมิ 8-10°C มีแสงสว่าง, ข = อุณหภูมิ 8-10°C ไม่มีแสงสว่าง,

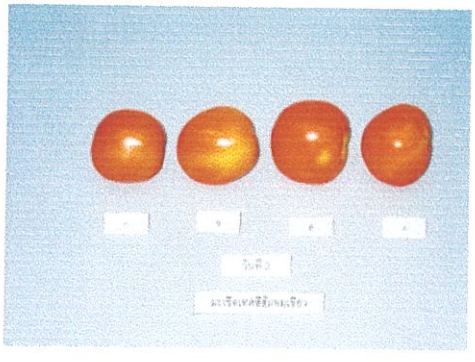
ค = อุณหภูมิ 29-30°C มีแสงสว่าง, ง = อุณหภูมิ 29-30°C ไม่มีแสงสว่าง)



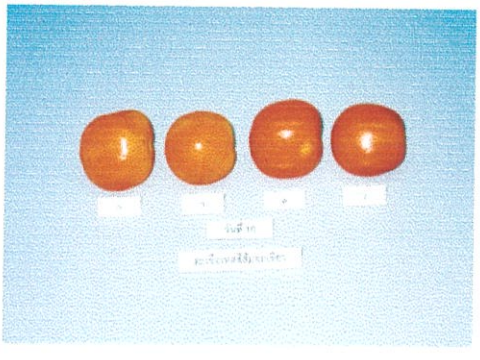
วันที่ 0



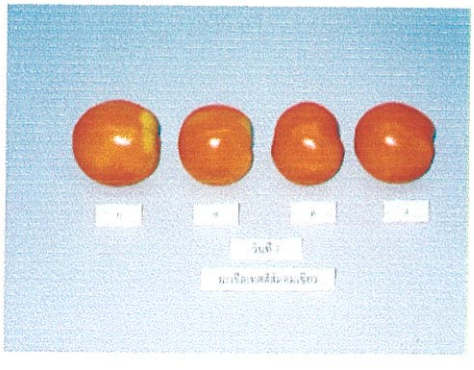
วันที่ 11



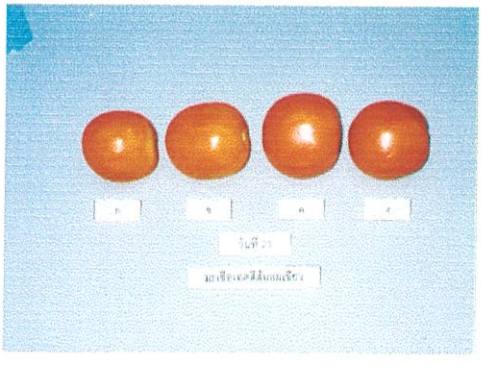
วันที่ 3



วันที่ 16



วันที่ 7



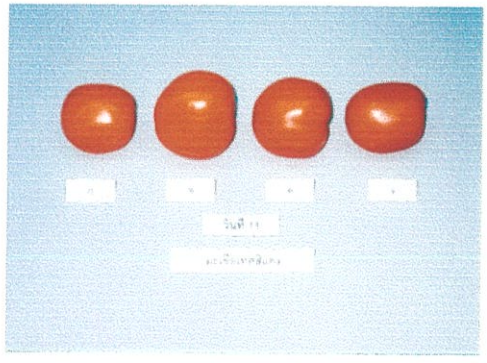
วันที่ 21

ภาพที่ ข2 มะเขือเทศสีผิวสีส้มอมเขียวที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ

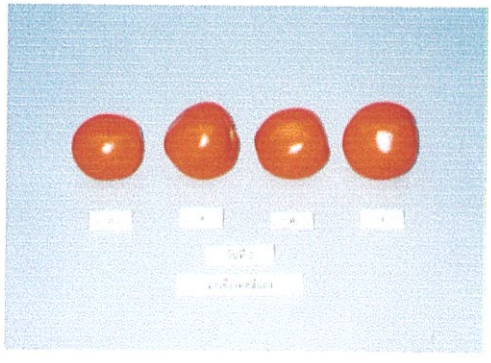
(ก = อุณหภูมิ 8-10°C มีแสงสว่าง, ข = อุณหภูมิ 8-10°C ไม่มีแสงสว่าง,

ค = อุณหภูมิ 29-30°C มีแสงสว่าง, ง = อุณหภูมิ 29-30°C ไม่มีแสงสว่าง

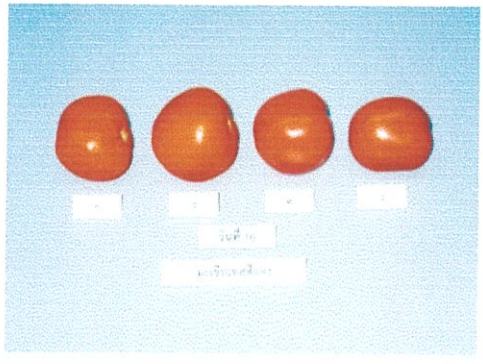
วันที่ 0



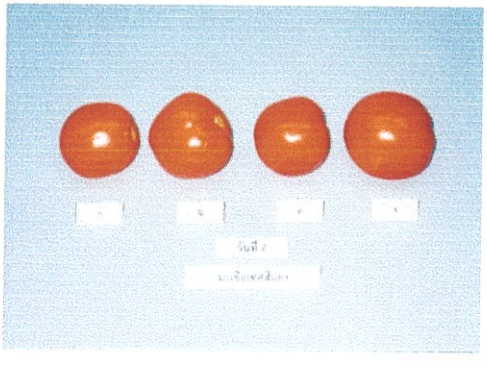
วันที่ 11



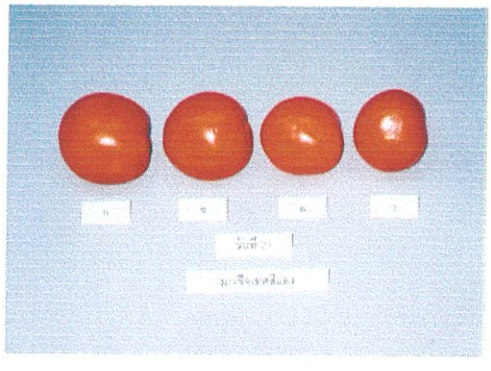
วันที่ 3



วันที่ 16



วันที่ 7



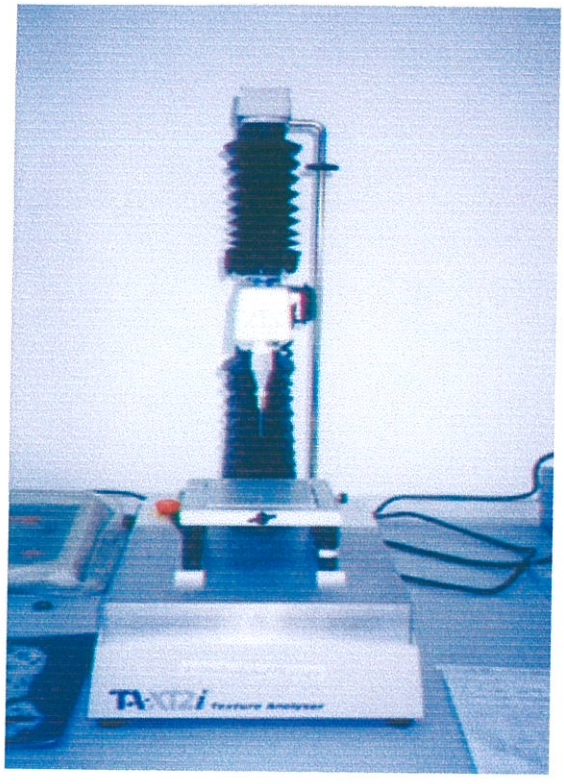
วันที่ 21

ภาพที่ ข3 มะเขือเทศสีผิวสีแดงที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ

(ก = อุณหภูมิ 8-10°C มีแสงสว่าง, ข = อุณหภูมิ 8-10°C ไม่มีแสงสว่าง,

ค = อุณหภูมิ 29-30°C มีแสงสว่าง, ง = อุณหภูมิ 29-30°C ไม่มีแสงสว่าง)

ภาคผนวก ค



ภาพที่ ค1 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture measuring system, รุ่น TA-XT2i)

ภาพที่ ค2 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer, Shimadzu รุ่น UV-1601)

ภาคผนวก ง

ง1. ปริมาณไลโคพีนโดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี (ดัดแปลงจากวิธีที่รายงานในลักขณา รุจนะไกรกานต์ และนิธิยา รัตนาปนท์, 2540)

1.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1.1.1 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

1.1.2 กรวยแยก (Separating funnel)

1.1.3 ปิโตรเลียมอีเทอร์ (จุดเดือด 80^0-100^0ซ)

1.1.4 อลูมิเนียมฟอยล์

1.2 วิธีวิเคราะห์

1.2.1 ชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มล. เทใส่กรวยแยกซึ่งหุ้มด้วยอลูมิเนียม-ฟอยล์เพื่อป้องกันแสง

1.2.2 เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มล. เขย่านาน 15 นาที

1.2.3ปล่อยทิ้งไว้ให้แยกชั้นแล้วจึงแยกชั้นของปิโตรเลียมมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 472 nm โดยมีปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นแบลงค์

1.3 การคำนวณปริมาณไลโคพีน

ตัวอย่างมะเขือเทศสดทั้งผล ในการสกัดครั้งที่ 1 มีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.0820 มีวิธีการคำนวณดังนี้

1.3.1 จากสูตร $A = E^{1\%}_{1cm}\, bc$

A คือ ค่าการดูดกลืนแสง

$E^{1\%}_{1cm}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง เท่ากับ 3450 หมายความว่า ถ้าวัดการดูดกลืนแสงได้เท่ากับ 3450 โดยใช้คิวเวตต์กว้าง 1 ซม. แสดงว่าสารละลายนั้นมีความเข้มข้นของไลโคพีนเท่ากับ 1%

b คือ ความกว้างของคิวเวตต์เท่ากับ 1 ซม.

c คือ ความเข้มข้นของไลโคพีน (%)

1.3.2 แทนค่า A ในสูตรเพื่อหาค่า c

$0.0820 = 3450 \times 1 \times c$

จะได้ $c = 2.3768 \times 10^{-5}\%$

1.3.3 คำนวณปริมาณไลโคพีนเป็น มก./100 กรัม นน.สด

สารสกัด 100 มล. มีไลโคพีน 2.3768×10^{-5} กรัม

สารสกัด 25 มล. มีไลโคพีน $((2.3768 \times 10^{-5}) \times 25) / 100$ เท่ากับ 5.94×10^{-6} กรัม

ในการสกัดใช้ตัวอย่าง 0.1 กรัม ดังนั้นมีไลโคพีน 5.94×10^{-6} กรัม/ 0.1 กรัม นน. สด หรือ 5.94×10^{-3} กรัม/100 กรัม นน.สด หรือ 5.94 มก./100 กรัม นน.สด

ง2. ค่าสี

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 เครื่องวัดสี (Chroma colorimeter)

2.2 วิธีวิเคราะห์

2.2.1 วัดค่า L a และ b ด้วยเครื่องวัดสี

2.2.2 คำนวณค่า ΔE ด้วยสูตร

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

2.2.3 คำนวณค่าสีหลัก (hue angle) ด้วยสูตร

$$\text{hue angle} = \tan^{-1}(b/a)$$

ถ้าค่า a เป็นค่าติดลบ ค่า hue angle = $\tan^{-1}(b/a) + 180^{\circ}$

ภาคผนวก จ

ตารางที่ จ1 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศพันธุ์ท้อสีผิวต่างๆ

สีผิวมะเขือเทศ	ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด)
สีเขียว	0.014±0.025 [a]
สีเขียวอมส้ม	1.076±0.208 [b]
สีส้มอมเขียว	2.692±0.720 [c]
สีส้ม	2.878±0.592 [c]
สีแดง	4.704±1.132 [d]

หมายเหตุ : 1) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 10 ซ้ำ

ตารางที่ จ2 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ

อุณหภูมิ	สภาวะการจัดเก็บ	วันที่เก็บรักษา					
		0	3	7	11	16	21
8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}0.012\pm0.021^{a}$	$^{a}_{a}0.083\pm0.053^{a}$	$^{a}_{a}0.189\pm0.074^{a}$	$^{a}_{a}0.616\pm0.046^{b}$	$^{a}_{a}1.441\pm0.243^{c}$	$^{a}_{a}1.600\pm0.316^{c}$
	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}0.000\pm0.000^{a}$	$^{a}_{a}0.035\pm0.034^{a}$	$^{a}_{a}0.177\pm0.060^{a}$	$^{a}_{a}0.237\pm0.163^{a}$	$^{a}_{a}0.804\pm0.136^{b}$	$^{a}_{a}1.324\pm0.211^{c}$
อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}0.012\pm0.021^{a}$	$^{b}_{a}1.543\pm0.250^{ab}$	$^{b}_{a}3.400\pm0.823^{b}$	$^{b}_{a}5.459\pm1.846^{c}$	$^{b}_{a}6.341\pm1.178^{c}$	$^{b}_{a}7.072\pm1.072^{c}$
(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}0.012\pm0.021^{a}$	$^{b}_{a}1.423\pm0.840^{ab}$	$^{b}_{a}2.561\pm1.073b^{c}$	$^{b}_{a}3.863\pm0.829^{cd}$	$^{b}_{a}5.480\pm2.556^{de}$	$^{b}_{a}6.744\pm0.610^{e}$

หมายเหตุ :

2	1
3	

1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างภายในวันที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ตัวอักษรทางด้านซ้ายบนที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษาในวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3) ตัวอักษรทางด้านซ้ายล่างที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิและวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

4) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ จ3 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ

อุณหภูมิ	สภาวะการจัดเก็บ	วันที่เก็บรักษา					
		0	3	7	11	16	21
8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$2.110±0.359^{a}	$^{a}_{a}$2.642±0.233^{a}	$^{a}_{a}$2.045±0.272^{a}	$^{a}_{a}$2.072±0.293^{a}	$^{a}_{a}$3.617±0.587^{b}	$^{a}_{a}$3.801±0.084^{b}
	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$2.397±0.558^{a}	$^{a}_{a}$2.301±0.683^{a}	$^{a}_{a}$2.258±0.551^{a}	$^{a}_{b}$2.273±0.227^{a}	$^{a}_{b}$3.004±0.260^{ab}	$^{a}_{a}$3.848±0.551^{b}
อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$2.468±0.893^{a}	$^{b}_{a}$4.531±0.330^{b}	$^{b}_{a}$5.566±0.256^{c}	$^{b}_{a}$6.926±0.477^{de}	$^{b}_{a}$6.101±0.586^{cd}	$^{b}_{a}$7.482±0.031^{e}
(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$2.702±0.326^{a}	$^{b}_{a}$3.710±0.620^{ab}	$^{b}_{a}$4.331±1.567^{b}	$^{b}_{b}$4.605±0.884^{b}	$^{b}_{b}$4.621±0.442^{b}	$^{b}_{a}$7.879±0.483^{c}

หมายเหตุ :

2	1
3	

1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างภายในวันที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ตัวอักษรทางด้านซ้ายบนที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษาในวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรทางด้านซ้ายล่างที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิและวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ จ4 ปริมาณไลโคพีน (มก./100 ก.น้ำหนักสด) ของมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ

อุณหภูมิ	สภาวะการจัดเก็บ	วันที่เก็บรักษา					
		0	3	7	11	16	21
8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$4.631±0.673^{a}	$^{a}_{a}$4.813±0.473^{a}	$^{a}_{a}$4.524±0.371^{a}	$^{a}_{a}$4.399±0.449^{a}	$^{a}_{a}$5.048±1.350^{a}	$^{a}_{a}$6.087±0.970^{a}
	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$4.262±0.337^{a}	$^{a}_{a}$4.957±0.565^{a}	$^{a}_{a}$6.128±0.260^{a}	$^{a}_{a}$5.205±0.622^{a}	$^{a}_{a}$6.050±1.116^{a}	$^{a}_{a}$5.954±1.909^{a}
อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$4.989±0.938^{a}	$^{b}_{a}$8.839±1.684^{b}	$^{b}_{a}$7.686±1.682^{ab}	$^{b}_{a}$9.737±1.103^{b}	$^{b}_{a}$13.129±2.499^{c}	$^{b}_{a}$9.483±1.643^{b}
(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$4.688±0.573^{a}	$^{b}_{a}$6.416±0.605^{b}	$^{b}_{a}$6.737±1.519^{b}	$^{b}_{a}$8.001±0.464^{b}	$^{b}_{a}$10.469±0.852^{c}	$^{b}_{a}$7.295±1.134^{b}

หมายเหตุ :

2	1
3	

1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างภายในวันที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ตัวอักษรทางด้านซ้ายบนที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษาในวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรทางด้านซ้ายล่างที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิและวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ภาคผนวก ฉ

ตารางที่ ฉ1 ค่าสีบริเวณผิวผลของมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ

ค่าสี	อุณหภูมิ	สภาวะการจัดเก็บ	วันที่เก็บรักษา					
			0	3	7	11	16	21
L	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$57.10±1.29^{d}	$^{a}_{a}$56.92±1.14^{d}	$^{b}_{a}$58.86±1.18^{e}	$^{b}_{a}$54.01±0.41^{c}	$^{b}_{a}$51.93±0.90^{b}	$^{b}_{a}$47.19±0.52^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$56.81±2.00^{e}	$^{a}_{a}$56.15±0.96^{be}	$^{b}_{a}$57.94±1.77^{e}	$^{b}_{a}$58.64±2.55^{e}	$^{b}_{a}$53.49±1.08^{b}	$^{b}_{a}$49.53±1.09^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$59.66±1.24^{d}	$^{a}_{a}$51.44±1.72^{e}	$^{a}_{a}$48.82±1.80^{b}	$^{a}_{a}$47.19±0.87^{ab}	$^{a}_{a}$44.75±0.80^{a}	$^{a}_{a}$44.86±1.73^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$55.91±2.29^{b}	$^{a}_{a}$55.33±4.29^{b}	$^{a}_{a}$51.20±2.26^{ab}	$^{a}_{a}$48.00±2.02^{a}	$^{a}_{a}$47.19±3.53^{a}	$^{a}_{a}$46.69±0.60^{a}
a	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-11.25±0.14^{a}	$^{a}_{a}$-6.03±2.26^{b}	$^{a}_{a}$-4.02±2.82^{b}	$^{a}_{b}$5.60±1.41^{c}	$^{a}_{a}$13.80±2.58^{d}	$^{a}_{b}$18.01±1.38^{e}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-9.78±0.78^{a}	$^{a}_{a}$-5.93±2.36^{b}	$^{a}_{a}$-3.57±1.79^{b}	$^{a}_{a}$-2.50±1.43^{b}	$^{a}_{a}$8.32±3.58^{c}	$^{a}_{a}$16.66±1.61^{d}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-10.08±2.22^{a}	$^{b}_{a}$14.51±3.05^{b}	$^{b}_{a}$19.21±0.73^{c}	$^{b}_{b}$21.54±1.74^{cd}	$^{b}_{a}$21.18±0.95^{cd}	$^{b}_{b}$23.45±0.28^{d}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-8.36+±1.92^{a}	$^{b}_{a}$9.67±9.60^{b}	$^{b}_{a}$15.97±3.86^{bc}	$^{b}_{a}$20.57±0.28^{c}	$^{b}_{a}$20.91±3.70^{c}	$^{b}_{a}$21.07±0.98^{c}
b	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$32.98±1.07^{c}	$^{a}_{a}$25.54±3.20^{a}	$^{a}_{a}$31.69±1.30^{bc}	$^{a}_{a}$28.38±2.80^{ab}	$^{a}_{a}$27.91±3.19^{ab}	$^{a}_{a}$26.60±1.83^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$30.87±1.26^{a}	$^{a}_{a}$28.59±1.74^{a}	$^{a}_{a}$31.18±5.65^{a}	$^{a}_{a}$29.82±0.84^{a}	$^{a}_{a}$26.78±1.87^{a}	$^{a}_{a}$28.55±3.18^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$30.91±2.28^{ab}	$^{b}_{a}$34.94±1.10^{b}	$^{a}_{a}$34.50±1.92^{b}	$^{a}_{a}$32.55±2.64^{ab}	$^{a}_{a}$28.64±2.57^{a}	$^{a}_{a}$29.29±1.75^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$30.22±1.29^{a}	$^{b}_{a}$35.44±0.88^{a}	$^{a}_{a}$34.03±3.42^{a}	$^{a}_{a}$32.29±2.48^{a}	$^{a}_{a}$31.35±3.61^{a}	$^{a}_{a}$29.70±0.25^{a}
a/b	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-0.34±0.01^{a}	$^{a}_{a}$-0.25±0.13^{ab}	$^{a}_{a}$-0.12±0.08^{b}	$^{a}_{b}$0.20±0.07^{c}	$^{a}_{a}$0.49±0.06^{d}	$^{a}_{b}$0.68±0.03^{e}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-0.31±0.02^{a}	$^{a}_{a}$-0.21±0.09^{ab}	$^{a}_{a}$-0.12±0.08^{b}	$^{a}_{a}$-0.09±0.05^{b}	$^{a}_{a}$0.31±0.12^{c}	$^{a}_{a}$0.59±0.12^{d}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-0.32±0.04^{a}	$^{b}_{a}$0.42±0.10^{b}	$^{b}_{a}$0.56±0.04^{c}	$^{b}_{b}$0.66±0.04^{d}	$^{b}_{a}$0.74±0.04^{de}	$^{b}_{b}$0.80±0.05^{e}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-0.28±0.06^{a}	$^{b}_{a}$0.27±0.27^{b}	$^{b}_{a}$0.48±0.14^{bc}	$^{b}_{a}$0.64±0.06^{c}	$^{b}_{a}$0.68±0.19^{c}	$^{b}_{a}$0.71±0.03^{c}
°Hue	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$108.81±0.77^{e}	$^{b}_{a}$103.67±6.74^{de}	$^{b}_{a}$97.03±4.64^{d}	$^{b}_{a}$78.74±3.56^{c}	$^{b}_{a}$63.82±2.68^{b}	$^{b}_{a}$55.92±1.25^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$107.53±1.10^{d}	$^{b}_{a}$101.81±5.24^{cd}	$^{b}_{a}$96.87±4.04^{c}	$^{b}_{b}$94.77±2.80^{c}	$^{b}_{a}$73.19±5.99^{b}	$^{b}_{b}$59.59±5.04^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$107.88±2.57^{e}	$^{a}_{a}$67.51±4.78^{d}	$^{a}_{a}$60.88±2.02^{c}	$^{a}_{a}$56.51±1.42^{bc}	$^{a}_{a}$53.48±1.27^{ab}	$^{a}_{a}$51.30±1.86^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$105.41±3.56^{c}	$^{a}_{a}$75.50±14.52^{b}	$^{a}_{a}$64.80±6.56^{ab}	$^{a}_{b}$57.46±2.21^{a}	$^{a}_{a}$56.19±7.60^{a}	$^{a}_{b}$54.69±1.38^{a}
ΔE	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$9.85±2.58^{b}	$^{a}_{a}$7.91±2.17^{b}	$^{a}_{b}$17.97±1.79^{c}	$^{a}_{b}$26.35±2.08^{d}	$^{a}_{b}$31.62±1.18^{e}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$5.82±6.66^{b}	$^{a}_{a}$7.54±3.22^{b}	$^{a}_{a}$7.87±1.80^{b}	$^{a}_{a}$19.23±3.30^{c}	$^{a}_{a}$27.68±2.44^{d}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{b}_{a}$26.29±1.68^{b}	$^{b}_{a}$31.56±2.20^{c}	$^{b}_{b}$34.29±0.71^{cd}	$^{b}_{b}$34.81±2.51^{d}	$^{b}_{b}$36.77±1.39^{d}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{b}_{a}$19.90±8.78^{b}	$^{b}_{a}$25.32±6.02^{bc}	$^{b}_{a}$30.16±2.00^{c}	$^{b}_{a}$31.00±5.38^{c}	$^{b}_{a}$30.87±3.02^{c}

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างภายในวันที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ตัวอักษรทางด้านซ้ายบนที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษาในวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรทางด้านซ้ายล่างที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิและวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ฉ2 ค่าสีของมะเขือเทศสีเขียวบดที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ

ค่าสี	อุณหภูมิ	สภาวะการจัดเก็บ	วันที่เก็บรักษา					
			0	3	7	11	16	21
L	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$68.37±1.98^{b}	$^{b}_{a}$73.09±3.72^{b}	$^{b}_{a}$72.29±1.96^{b}	$^{b}_{a}$68.58±0.94^{b}	$^{b}_{a}$60.11±5.03^{a}	$^{b}_{a}$59.25±3.26^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$71.22±1.10^{c}	$^{b}_{a}$71.01±1.40^{c}	$^{b}_{a}$70.92±0.99^{c}	$^{b}_{a}$73.29±2.88^{c}	$^{b}_{a}$65.45±1.43^{b}	$^{b}_{a}$62.05±1.58^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$71.10±2.58^{e}	$^{a}_{a}$54.26±2.41^{d}	$^{a}_{a}$49.68±1.53^{c}	$^{a}_{a}$48.20±2.02^{bc}	$^{a}_{a}$45.97±0.84^{ab}	$^{a}_{a}$43.78±1.35^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$69.16±2.29^{d}	$^{a}_{a}$57.60±0.97^{c}	$^{a}_{a}$51.50±1.28^{b}	$^{a}_{a}$52.52±1.83^{b}	$^{a}_{a}$46.66±2.15^{a}	$^{a}_{a}$46.32±0.66^{a}
a	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-11.05±0.08^{a}	$^{a}_{a}$-7.60±2.18^{ab}	$^{a}_{a}$-5.03±3.51^{b}	$^{a}_{b}$5.30±1.59^{c}	$^{a}_{b}$11.65±2.25^{d}	$^{a}_{b}$16.11±0.75^{e}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-10.42±0.88^{a}	$^{a}_{a}$-6.53±3.17^{b}	$^{a}_{a}$-4.70±0.49^{b}	$^{a}_{a}$-5.92±1.23^{b}	$^{a}_{a}$6.66±0.69^{c}	$^{a}_{a}$13.66±0.48^{d}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-10.24±0.53^{a}	$^{b}_{a}$18.94±0.77^{b}	$^{b}_{a}$22.48±2.33^{c}	$^{b}_{b}$24.57±2.02^{cd}	$^{b}_{b}$26.14±2.02^{d}	$^{b}_{b}$26.69±2.22^{d}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-7.95±2.26^{a}	$^{b}_{a}$11.59±7.30^{b}	$^{b}_{a}$8.12±2.87^{bc}	$^{b}_{a}$24.12±2.52^{c}	$^{b}_{a}$24.52±2.52^{c}	$^{b}_{a}$24.42±0.86^{c}
b	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$26.85±2.39^{ab}	$^{a}_{a}$24.38±1.85^{a}	$^{b}_{a}$29.46±1.48^{b}	$^{a}_{a}$24.96±2.81^{a}	$^{ab}_{a}$23.83±2.01^{a}	$^{a}_{a}$23.87±0.75^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$27.63±1.66^{bc}	$^{a}_{a}$26.41±1.27^{ab}	$^{b}_{a}$28.65±3.36^{bc}	$^{b}_{a}$31.41±2.19^{c}	$^{b}_{a}$27.21±0.79^{ab}	$^{a}_{a}$23.44±2.58^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$26.40±0.24^{b}	$^{a}_{a}$21.97±2.27^{a}	$^{a}_{a}$22.27±0.71^{a}	$^{a}_{a}$22.53±0.51^{a}	$^{a}_{a}$21.49±1.37^{a}	$^{a}_{a}$23.14±0.94^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$26.21±0.61^{c}	$^{a}_{a}$22.97±2.41^{abc}	$^{a}_{a}$20.52±0.86^{a}	$^{a}_{a}$24.59±1.24^{bc}	$^{a}_{a}$20.57±3.36^{a}	$^{a}_{a}$21.59±0.17^{ab}
a/b	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-0.41±0.03^{a}	$^{a}_{a}$-0.32±0.11^{ab}	$^{a}_{a}$-0.17±0.12^{b}	$^{a}_{b}$0.21±0.04^{c}	$^{a}_{a}$0.49±0.11^{d}	$^{a}_{a}$0.68±0.07^{e}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-0.38±0.02^{a}	$^{a}_{a}$-0.24±0.11^{b}	$^{a}_{a}$-0.17±0.03^{b}	$^{a}_{a}$-0.19±0.04^{b}	$^{a}_{a}$0.24±0.03^{c}	$^{a}_{a}$0.59±0.08^{d}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-0.39±0.02^{a}	$^{b}_{a}$0.87±0.10^{b}	$^{b}_{a}$1.01±0.13^{bc}	$^{b}_{b}$1.09±0.10^{c}	$^{b}_{a}$1.22±0.12^{c}	$^{b}_{a}$1.16±0.14^{c}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$-0.30±0.08^{a}	$^{b}_{a}$0.49±0.30^{b}	$^{b}_{a}$0.89±0.17^{c}	$^{b}_{a}$0.98±0.13^{c}	$^{b}_{a}$1.21±0.22^{c}	$^{b}_{a}$1.13±0.04^{c}
Hue	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$112.41±1.63^{e}	$^{b}_{a}$107.35±5.52^{e}	$^{b}_{a}$99.54±6.57^{d}	$^{b}_{a}$78.23±2.46^{c}	$^{b}_{a}$63.96±5.00^{b}	$^{b}_{a}$55.93±2.82^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$110.62±1.22^{d}	$^{b}_{a}$103.58±5.81^{c}	$^{b}_{a}$99.40±1.78^{c}	$^{b}_{b}$100.67±2.35^{c}	$^{b}_{a}$76.28±1.54^{b}	$^{b}_{a}$59.63±3.60^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$111.15±0.89^{c}	$^{a}_{a}$49.17±3.15^{b}	$^{a}_{a}$44.84±3.97^{ab}	$^{a}_{a}$42.60±2.73^{a}	$^{a}_{a}$39.45±2.58^{a}	$^{a}_{a}$41.02±3.51^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$106.74±4.37^{c}	$^{a}_{a}$64.88±14.51^{b}	$^{a}_{a}$48.76±5.77^{a}	$^{a}_{b}$45.64±3.96^{a}	$^{a}_{a}$39.94±5.43^{a}	$^{a}_{a}$41.51±0.94^{a}
ΔE	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{b}$7.81±2.57^{b}	$^{a}_{b}$8.45±2.82^{b}	$^{a}_{b}$17.10±0.52^{c}	$^{a}_{b}$24.75±3.59^{d}	$^{a}_{b}$28.98±1.52^{e}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$5.05±3.36^{b}	$^{a}_{a}$6.33±0.88^{b}	$^{a}_{a}$6.53±1.03^{b}	$^{a}_{a}$18.08±1.67^{c}	$^{a}_{a}$26.37±1.29^{d}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{b}_{b}$34.16±3.39^{b}	$^{b}_{b}$39.42±2.90^{c}	$^{b}_{b}$41.90±1.82^{cd}	$^{b}_{b}$44.51±2.10^{d}	$^{b}_{b}$46.07±2.30^{d}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{b}_{a}$23.37±5.71^{b}	$^{a}_{a}$32.14±2.20^{c}	$^{b}_{a}$36.27±1.52^{cd}	$^{b}_{a}$40.08±4.34^{d}	$^{b}_{a}$39.93±1.27^{d}

2	1
3	

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างภายในวันที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ตัวอักษรทางด้านซ้ายบนที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษาในวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรทางด้านซ้ายล่างที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิและวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ฉ3 ค่าสีบริเวณผิวผลของมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ

ค่าสี	อุณหภูมิ	สภาวะการจัดเก็บ	วันที่เก็บรักษา					
			0	3	7	11	16	21
L	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$51.91±2.58^{c}	$^{b}_{a}$48.42±0.60^{b}	$^{b}_{a}$46.79±0.43^{b}	$^{b}_{a}$46.67±1.87^{b}	$^{b}_{a}$46.09±0.68^{ab}	$^{a}_{a}$43.96±0.80^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$49.21±1.87^{c}	$^{b}_{a}$46.74±2.08^{bc}	$^{b}_{a}$48.27±1.32^{c}	$^{b}_{a}$47.11±0.42^{bc}	$^{b}_{a}$45.40±1.24^{ab}	$^{a}_{a}$43.85±0.91^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$47.94±1.00^{c}	$^{a}_{a}$45.44±0.78^{b}	$^{a}_{a}$43.50±0.34^{a}	$^{a}_{a}$42.44±1.27^{a}	$^{a}_{a}$43.56±0.99^{a}	$^{a}_{a}$42.94±1.46^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$47.79±2.28^{b}	$^{a}_{a}$44.47±0.50^{a}	$^{a}_{a}$45.39±0.57^{ab}	$^{a}_{a}$44.14±1.64^{a}	$^{a}_{a}$45.39±0.39^{ab}	$^{a}_{a}$43.76±1.36^{a}
a	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$15.35±2.31^{a}	$^{a}_{a}$19.95±1.07^{b}	$^{a}_{a}$21.84±2.04^{bc}	$^{a}_{a}$23.68±0.75^{cd}	$^{a}_{a}$25.66±0.28^{d}	$^{a}_{a}$25.21±0.68^{d}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$19.85±2.89^{a}	$^{a}_{a}$20.56±1.40^{a}	$^{a}_{a}$22.95±2.06^{ab}	$^{a}_{a}$24.40±1.21^{b}	$^{a}_{a}$25.24±2.09^{b}	$^{a}_{a}$25.13±1.12^{b}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$20.59±0.28^{a}	$^{b}_{a}$25.84±0.82^{b}	$^{b}_{a}$26.23±1.02^{bc}	$^{b}_{a}$28.47±0.77^{d}	$^{b}_{a}$27.69±0.73^{cd}	$^{b}_{a}$28.17±1.23^{d}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$19.70±4.47^{a}	$^{b}_{a}$25.72±0.15^{b}	$^{b}_{a}$25.87±1.49^{b}	$^{b}_{a}$27.35±0.12^{b}	$^{b}_{a}$26.61±1.03^{b}	$^{b}_{a}$27.63±0.67^{b}
b	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$34.63±2.88^{c}	$^{a}_{a}$31.87±0.90^{b}	$^{a}_{a}$29.11±0.4^{ab}	$^{a}_{a}$30.15±1.48^{ab}	$^{a}_{a}$29.92±0.72^{ab}	$^{a}_{a}$28.01±1.13^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$33.08±2.82^{a}	$^{a}_{a}$29.82±1.86^{a}	$^{a}_{a}$31.87±1.43^{a}	$^{a}_{a}$30.94±1.17^{a}	$^{a}_{a}$29.35±1.97^{a}	$^{a}_{a}$27.95±1.34^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$30.15±3.13^{a}	$^{a}_{a}$30.61±1.56^{a}	$^{a}_{a}$27.57±0.48^{a}	$^{a}_{a}$26.77±2.15^{a}	$^{a}_{a}$28.21±1.45^{a}	$^{a}_{a}$28.10±2.23^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$29.80±0.99^{a}	$^{a}_{a}$28.51±1.26^{a}	$^{a}_{a}$30.20±1.62^{a}	$^{a}_{a}$29.26±2.50^{a}	$^{a}_{a}$30.82±0.49^{a}	$^{a}_{a}$28.66±1.28^{a}
a/b	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.45±0.09^{a}	$^{a}_{a}$0.63±0.02^{b}	$^{a}_{a}$0.75±0.08^{c}	$^{a}_{a}$0.79±0.06^{cd}	$^{a}_{a}$0.86±0.03^{cd}	$^{a}_{a}$0.90±0.05^{d}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.60±0.10^{a}	$^{a}_{a}$0.69±0.09^{ab}	$^{a}_{a}$0.72±0.04^{ab}	$^{a}_{a}$0.79±0.01^{bc}	$^{a}_{a}$0.86±0.05^{c}	$^{a}_{a}$0.90±0.08^{c}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.69±0.07^{a}	$^{b}_{a}$0.85±0.06^{b}	$^{b}_{a}$0.95±0.04^{bc}	$^{b}_{a}$1.07±0.12^{c}	$^{a}_{a}$0.98±0.08^{bc}	$^{b}_{a}$1.00±0.05^{c}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.66±0.16^{a}	$^{b}_{a}$0.90±0.04^{b}	$^{b}_{a}$0.86±0.06^{b}	$^{b}_{a}$0.94±0.08^{b}	$^{a}_{a}$0.86±0.03^{b}	$^{b}_{a}$0.97±0.04^{b}
Hue	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$66.01±4.59^{d}	$^{b}_{a}$58.00±0.99^{c}	$^{b}_{a}$53.20±2.96^{b}	$^{b}_{a}$51.86±2.19^{ab}	$^{a}_{a}$49.41±0.83^{ab}	$^{b}_{a}$48.02±1.67^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$59.05±4.44^{d}	$^{b}_{a}$55.39±3.44^{cd}	$^{b}_{a}$54.31±1.56^{bcd}	$^{b}_{a}$51.78±0.47^{abc}	$^{a}_{a}$49.36±1.53^{ab}	$^{b}_{a}$48.06±2.61^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$55.58±2.58^{c}	$^{a}_{a}$49.84±1.99^{b}	$^{a}_{a}$46.46±1.26^{ab}	$^{a}_{a}$43.21±3.09^{a}	$^{a}_{a}$45.53±2.20^{a}	$^{a}_{a}$44.91±1.53^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$56.81±6.51^{b}	$^{a}_{a}$47.95±1.29^{a}	$^{a}_{a}$49.44±1.95^{a}	$^{a}_{a}$46.89±2.57^{a}	$^{a}_{a}$49.23±1.06^{a}	$^{a}_{a}$46.06±1.33^{a}
ΔE	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$6.82±3.37^{ab}	$^{a}_{a}$10.15±2.61^{b}	$^{a}_{a}$11.04±5.77^{b}	$^{a}_{a}$12.84±4.23^{b}	$^{a}_{a}$14.33±4.97^{b}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$4.60±2.25^{b}	$^{a}_{a}$5.50±2.32^{bc}	$^{a}_{a}$6.53±2.00^{bc}	$^{a}_{a}$8.81±2.11^{bc}	$^{a}_{a}$9.44±3.90^{c}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$6.22±0.49^{b}	$^{a}_{a}$8.10±1.16^{bc}	$^{a}_{a}$10.37±1.34^{c}	$^{a}_{a}$9.23±2.75^{bc}	$^{a}_{a}$10.04±2.21^{c}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$7.29±5.20^{a}	$^{a}_{a}$7.49±5.30^{a}	$^{a}_{a}$8.77±4.11^{a}	$^{a}_{a}$7.49±5.44^{a}	$^{a}_{a}$9.06±5.25^{a}

2 1
3

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างภายในวันที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ตัวอักษรทางด้านซ้ายบนที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษาในวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรทางด้านซ้ายล่างที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิและวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ฉ4 ค่าสีของมะเขือเทศสีส้มอมเขียวบดที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ

ค่าสี	อุณหภูมิ	สภาวะการจัดเก็บ	วันที่เก็บรักษา					
			0	3	7	11	16	21
L	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$54.52±0.51^{b}	$^{b}_{a}$55.20±0.17^{b}	$^{b}_{a}$54.68±1.28^{b}	$^{b}_{a}$53.03±0.99^{b}	$^{b}_{a}$49.71±0.93^{a}	$^{b}_{a}$50.32±2.39^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$56.43±2.46^{a}	$^{b}_{a}$55.48±4.39^{a}	$^{b}_{a}$55.74±1.55^{a}	$^{b}_{a}$53.48±0.95^{a}	$^{b}_{a}$50.48±1.86^{a}	$^{b}_{a}$51.63±2.15^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$55.79±2.08^{c}	$^{a}_{a}$49.23±2.22^{b}	$^{a}_{a}$45.25±2.18^{a}	$^{a}_{a}$43.60±2.47^{a}	$^{a}_{a}$44.81±2.10^{a}	$^{a}_{a}$45.67±0.92^{ab}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$55.94±1.07^{c}	$^{a}_{a}$47.46±2.14^{ab}	$^{a}_{a}$48.77±0.46^{b}	$^{a}_{a}$43.34±2.44^{a}	$^{a}_{a}$46.48±1.92^{ab}	^{a}47.21±3.63^{ab}
a	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$16.17±0.16^{a}	$^{a}_{a}$17.77±1.51^{a}	$^{a}_{a}$19.57±1.54^{b}	$^{a}_{a}$20.17±0.91^{b}	$^{a}_{a}$23.13±0.35^{c}	$^{a}_{a}$22.92±0.32^{c}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$16.28±3.51^{a}	$^{a}_{a}$18.19±1.49^{a}	$^{a}_{a}$19.67±2.28^{ab}	$^{a}_{a}$20.32±1.35^{ab}	$^{a}_{a}$23.39±2.37^{b}	$^{a}_{a}$23.20±1.81^{b}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$17.00±1.79^{a}	$^{b}_{a}$24.63±1.37^{b}	$^{b}_{a}$26.77±0.92^{b}	$^{b}_{a}$26.21±1.40^{b}	$^{b}_{a}$26.49±0.51^{b}	$^{b}_{a}$26.93±0.62^{b}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$17.99±1.81^{a}	$^{b}_{a}$22.55±1.25^{b}	$^{b}_{a}$25.45±0.09^{bc}	$^{b}_{a}$25.34±2.07^{bc}	$^{b}_{a}$25.52±1.37^{bc}	$^{b}_{a}$25.69±1.94^{c}
b	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$20.40±1.62^{a}	$^{a}_{a}$20.91±2.16^{a}	$^{a}_{a}$19.22±1.28^{a}	$^{a}_{a}$19.70±1.16^{a}	$^{a}_{a}$19.93±0.72^{a}	$^{a}_{a}$19.92±0.52^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$21.19±2.91^{a}	$^{a}_{a}$19.00±1.19^{a}	$^{a}_{a}$20.35±2.60^{a}	$^{a}_{a}$21.23±1.20^{a}	$^{a}_{a}$20.37±1.99^{a}	$^{a}_{a}$19.73±1.30^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$20.07±2.72^{a}	$^{a}_{a}$18.68±0.74^{a}	$^{a}_{a}$18.61±1.11^{a}	$^{a}_{a}$18.62±0.37^{a}	$^{a}_{a}$20.65±1.99^{a}	$^{a}_{a}$20.49±0.51^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$19.45±0.94^{a}	$^{a}_{a}$17.49±1.21^{a}	$^{a}_{a}$18.53±0.95^{a}	$^{a}_{a}$18.57±1.96^{a}	$^{a}_{a}$20.63±0.21^{a}	$^{a}_{a}$20.51±1.98^{a}
a/b	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.80±0.06^{a}	$^{a}_{a}$0.86±0.16^{ab}	$^{a}_{a}$1.02±0.09^{bc}	$^{a}_{a}$1.03±0.10^{bc}	$^{a}_{a}$1.16±0.03^{c}	$^{a}_{a}$1.15±0.04^{c}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.79±0.25^{a}	$^{a}_{a}$0.96±0.13^{ab}	$^{a}_{a}$0.97±0.02^{ab}	$^{a}_{a}$0.96±0.04^{ab}	$^{a}_{a}$1.14±0.01^{b}	$^{a}_{a}$1.18±0.011^{b}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.86±0.19^{a}	$^{b}_{a}$1.32±0.12^{b}	$^{b}_{a}$1.44±0.09^{b}	$^{b}_{a}$1.41±0.10^{b}	$^{b}_{a}$1.29±0.12^{b}	$^{b}_{a}$1.31±0.01^{b}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.92±0.06^{a}	$^{b}_{a}$1.29±0.02^{b}	$^{b}_{a}$1.38±0.07^{b}	$^{b}_{a}$1.37±0.14^{b}	$^{b}_{a}$1.24±0.07^{b}	$^{b}_{a}$1.26±0.09^{b}
Hue	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$51.56±2.10^{b}	$^{b}_{a}$49.59±5.20^{b}	$^{b}_{a}$44.52±2.40^{a}	$^{b}_{a}$44.34±2.65^{a}	$^{b}_{a}$40.77±0.83^{a}	$^{b}_{a}$41.00±0.92^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$52.46±9.30^{a}	$^{b}_{a}$46.28±3.87^{a}	$^{b}_{a}$45.98±0.59^{a}	$^{b}_{a}$46.29±1.21^{a}	$^{b}_{a}$41.20±0.23^{a}	$^{b}_{a}$40.42±2.76^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$49.61±6.61^{b}	$^{a}_{a}$37.24±2.65^{a}	$^{a}_{a}$34.81±1.67^{a}	$^{a}_{a}$35.44±1.93^{a}	$^{a}_{a}$37.90±2.50^{a}	$^{a}_{a}$37.28±0.16^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$47.34±1.77^{b}	$^{a}_{a}$37.80±0.38^{a}	$^{a}_{a}$36.06±1.32^{a}	$^{a}_{a}$36.24±2.78^{a}	$^{a}_{a}$39.01±1.66^{a}	$^{a}_{a}$38.59±2.06^{a}
ΔE	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$2.27±1.09^{b}	$^{a}_{a}$4.37±0.48^{c}	$^{a}_{a}$4.47±0.94^{c}	$^{a}_{a}$8.57±0.51^{d}	$^{a}_{a}$8.15±0.91^{d}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$4.47±1.97^{ab}	$^{a}_{a}$6.32±2.46^{bc}	$^{a}_{a}$6.60±2.35^{bc}	$^{a}_{a}$10.50±2.41^{c}	$^{a}_{a}$8.79±4.88^{bc}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{b}_{a}$10.58±3.69^{b}	$^{b}_{a}$14.92±3.00^{b}	$^{b}_{a}$15.56±3.30^{b}	$^{b}_{a}$15.09±3.61^{b}	$^{b}_{a}$14.50±2.41^{b}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{b}_{a}$10.05±1.62^{b}	$^{b}_{a}$10.41±2.19^{bc}	$^{b}_{a}$14.69±1.89^{c}	$^{b}_{a}$12.22±2.68^{bc}	$^{b}_{a}$11.98±3.82^{bc}

2	1
3	

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างภายในวันที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ตัวอักษรทางด้านซ้ายบนที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษาในวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรทางด้านซ้ายล่างที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิและวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ฉ5 ค่าสีบริเวณผิวผลของมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ

ค่าสี	อุณหภูมิ	สภาวะการจัดเก็บ	วันที่เก็บรักษา					
			0	3	7	11	16	21
L	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$39.28±0.21^{a}	$^{a}_{a}$39.26±0.79^{a}	$^{a}_{a}$38.90±0.16^{a}	$^{a}_{a}$39.45±0.29^{a}	$^{a}_{a}$38.67±0.29^{a}	$^{a}_{a}$39.09±0.50^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$40.55±0.60^{a}	$^{a}_{a}$40.10±0.78^{a}	$^{a}_{a}$39.38±1.06^{a}	$^{a}_{a}$39.46±0.43^{a}	$^{a}_{a}$38.62±2.43^{a}	$^{a}_{a}$39.22±1.26^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$40.15±0.95^{c}	$^{a}_{a}$39.74±0.35^{abc}	$^{a}_{a}$38.78±0.52^{a}	$^{a}_{a}$39.12±0.25^{ab}	$^{a}_{a}$39.89±0.39^{bc}	$^{a}_{a}$39.96±0.34^{bc}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$40.32±0.65^{a}	$^{a}_{a}$39.30±0.80^{a}	$^{a}_{a}$40.43±0.57^{a}	$^{a}_{a}$40.01±1.08^{a}	$^{a}_{a}$39.23±0.72^{a}	$^{a}_{a}$40.77±0.17^{a}
a	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$24.64±1.52^{a}	$^{a}_{a}$24.43±1.37^{a}	$^{a}_{a}$24.59±1.27^{a}	$^{a}_{a}$25.43±1.08^{a}	$^{a}_{a}$24.48±1.98^{a}	$^{a}_{a}$25.38±1.02^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$25.23±1.40^{a}	$^{a}_{a}$25.62±0.31^{a}	$^{a}_{b}$26.31±1.29^{a}	$^{a}_{a}$27.11±2.03^{a}	$^{a}_{a}$24.62±0.84^{a}	$^{a}_{a}$26.13±1.49^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$25.87±2.78^{a}	$^{a}_{a}$28.63±0.59^{a}	$^{b}_{a}$26.18±0.37^{a}	$^{a}_{a}$27.09±1.06^{a}	$^{b}_{a}$27.73±1.09^{a}	$^{b}_{a}$28.15±1.43^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$27.03±0.61^{a}	$^{a}_{a}$25.61±3.59^{a}	$^{b}_{b}$28.55±1.43^{a}	$^{a}_{a}$27.43±0.73^{a}	$^{b}_{a}$26.79±0.18^{a}	$^{b}_{a}$29.42±1.25^{a}
b	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$20.88±0.45^{a}	$^{a}_{a}$22.05±0.51^{a}	$^{a}_{a}$21.17±0.49^{a}	$^{a}_{a}$21.44±0.30^{a}	$^{a}_{a}$21.36±0.50^{a}	$^{a}_{a}$21.51±1.47^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$22.64±1.28^{a}	$^{a}_{a}$23.65±1.38^{a}	$^{a}_{a}$21.66±1.19^{a}	$^{a}_{a}$22.45±1.28^{a}	$^{a}_{a}$21.56±2.64^{a}	$^{a}_{a}$21.84±1.87^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$22.35±1.34^{ab}	$^{a}_{a}$23.22±0.52^{b}	$^{a}_{a}$21.36±0.38^{a}	$^{a}_{a}$21.87±0.32^{ab}	$^{a}_{a}$22.69±0.68^{ab}	$^{b}_{a}$23.24±0.55^{b}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$22.80±0.95^{a}	$^{a}_{a}$21.78±1.52^{a}	$^{a}_{a}$23.56±0.76^{ab}	$^{a}_{a}$23.09±1.30^{a}	$^{a}_{a}$22.15±0.96^{a}	$^{b}_{a}$25.06±0.14^{b}
a/b	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$1.18±0.05^{a}	$^{a}_{a}$1.11±0.08^{a}	$^{a}_{a}$1.16±0.05^{a}	$^{a}_{a}$1.19±0.06^{a}	$^{a}_{a}$1.15±0.08^{a}	$^{a}_{a}$1.18±0.08^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$1.11±0.02^{a}	$^{a}_{a}$1.09±0.07^{a}	$^{a}_{a}$1.22±0.03^{a}	$^{a}_{a}$1.21±0.03^{a}	$^{a}_{a}$1.15±0.11^{a}	$^{a}_{a}$1.20±0.04^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$1.16±0.05^{a}	$^{b}_{a}$1.23±0.04^{a}	$^{a}_{a}$1.23±0.02^{a}	$^{a}_{a}$1.24±0.03^{a}	$^{a}_{a}$1.22±0.08^{a}	$^{a}_{a}$1.21±0.05^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$1.19±0.02^{a}	$^{b}_{a}$1.17±0.09^{a}	$^{a}_{a}$1.21±0.02^{a}	$^{a}_{a}$1.19+0.10^{a}	$^{a}_{a}$1.21±0.05^{a}	$^{a}_{a}$1.17±0.04^{a}
Hue	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$40.34±1.17^{a}	$^{b}_{a}$42.12±2.18^{a}	$^{a}_{a}$40.77±1.13^{a}	$^{a}_{a}$40.18±1.53^{a}	$^{a}_{a}$41.20±2.12^{a}	$^{a}_{a}$40.28±1.94^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$41.92±0.51^{a}	$^{b}_{a}$42.70±1.85^{a}	$^{a}_{a}$39.47±0.68^{a}	$^{a}_{a}$39.68±0.73^{a}	$^{a}_{a}$41.12±2.70^{a}	$^{a}_{a}$39.87±1.05^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$40.92±1.34^{a}	$^{a}_{a}$39.07±0.95^{a}	$^{a}_{a}$39.23±0.34^{a}	$^{a}_{a}$38.95±0.72^{a}	$^{a}_{a}$39.33±1.92^{a}	$^{a}_{a}$39.58±1.22^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$40.16±0.57^{a}	$^{a}_{a}$40.55±2.34^{a}	$^{a}_{a}$39.56±0.50^{a}	$^{a}_{a}$40.09±2.34^{a}	$^{a}_{a}$39.60±1.24^{a}	$^{a}_{a}$40.46±1.03^{a}
ΔE	8-10°C	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$1.56±0.43^{b}	$^{a}_{a}$2.15±1.30^{b}	$^{a}_{a}$2.27±0.34^{b}	$^{a}_{a}$2.80±1.20^{b}	$^{a}_{a}$2.63±0.92^{b}
		ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$2.41±1.80^{a}	$^{a}_{a}$3.12±1.31^{a}	$^{a}_{a}$2.28±0.87^{a}	$^{a}_{a}$3.43±1.58^{a}	$^{a}_{a}$2.71±1.00^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$3.33±2.06^{a}	$^{a}_{a}$3.17±1.92^{a}	$^{a}_{a}$3.65±1.34^{a}	$^{a}_{a}$3.07±2.00^{a}	$^{a}_{a}$3.14±1.62^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$^{a}_{a}$0.00±0.00^{a}	$^{a}_{a}$4.20±2.28^{c}	$^{a}_{a}$2.24±1.14^{abc}	$^{a}_{a}$1.16±0.39^{ab}	$^{a}_{a}$2.11±1.27^{abc}	$^{a}_{a}$3.41±1.13^{bc}

2	1
3	

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างภายในวันที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ตัวอักษรทางด้านซ้ายบนที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษาในวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรทางด้านซ้ายล่างที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิและวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ ฉ6 ค่าสีของมะเขือเทศสีแดงบดที่อายุการเก็บรักษา 0 3 7 11 16 และ 21 วัน ณ.สภาวะการจัดเก็บต่างๆ

ค่าสี	อุณหภูมิ	สภาวะการจัดเก็บ	วันที่เก็บรักษา					
			0	3	7	11	16	21
L	8-10°C	มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$43.07±0.51^{a}	$_{a}^{a}$43.10±1.72^{a}	$_{a}^{b}$45.81±0.65^{a}	$_{a}^{b}$44.90±2.27^{a}	$_{a}^{a}$44.55±1.48^{a}	$_{a}^{a}$42.77±2.67^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$42.78±0.45^{a}	$_{a}^{a}$44.52±1.74^{a}	$_{a}^{b}$44.20±0.88^{a}	$_{a}^{b}$44.28±2.45^{a}	$_{a}^{a}$45.13±1.37^{a}	$_{a}^{a}$41.51±1.96^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$41.51±1.89^{a}	$_{a}^{a}$41.90±1.18^{a}	$_{a}^{a}$41.58±1.65^{a}	$_{a}^{a}$39.18±0.80^{a}	$_{a}^{a}$40.58±3.20^{a}	$_{a}^{a}$40.70±3.31^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$43.27±0.90^{a}	$_{a}^{a}$43.52±0.95^{a}	$_{a}^{a}$43.48±2.10^{a}	$_{a}^{a}$41.75±1.04^{a}	$_{a}^{a}$39.95±3.00^{a}	$_{a}^{a}$40.19±1.28^{a}
a	8-10°C	มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$25.23±1.48^{a}	$_{a}^{a}$23.79±0.11^{a}	$_{a}^{a}$24.21±1.65^{a}	$_{a}^{a}$25.12±0.20^{a}	$_{a}^{a}$24.13±1.17^{a}	$_{a}^{a}$24.85±1.10^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$22.78±1.71^{ab}	$_{a}^{a}$21.83±1.92^{a}	$_{a}^{a}$26.28±0.26^{c}	$_{b}^{a}$25.73±0.30^{bc}	$_{a}^{a}$24.09±2.42^{abc}	$_{a}^{a}$23.27±1.75^{abc}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$22.95±0.63^{a}	$_{b}^{a}$26.08±1.42^{a}	$_{a}^{a}$26.14±0.98^{a}	$_{a}^{a}$25.14±1.25^{a}	$_{a}^{a}$27.01±1.52^{a}	$_{a}^{a}$24.30±2.34^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$25.19±1.00^{a}	$_{b}^{a}$25.30±1.48^{a}	$_{a}^{a}$24.72±1.20^{a}	$_{b}^{a}$26.86±0.88^{a}	$_{a}^{a}$25.24±2.01^{a}	$_{a}^{a}$25.80±1.74^{a}
b	8-10°C	มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$16.03±0.54^{ab}	$_{a}^{a}$15.49±1.77^{a}	$_{a}^{a}$17.36±1.58^{abc}	$_{a}^{b}$18.20±0.54^{c}	$_{a}^{a}$17.91±0.54^{bc}	$_{a}^{a}$17.93±0.47^{bc}
		ไม่มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$17.02±0.42^{a}	$_{a}^{a}$16.84±1.94^{a}	$_{a}^{a}$17.38±0.66^{a}	$_{a}^{b}$18.80±0.66^{a}	$_{a}^{a}$18.36±0.47^{a}	$_{a}^{a}$16.29±0.86^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$16.13±0.49^{a}	$_{a}^{a}$15.79±0.87^{a}	$_{a}^{a}$16.91±0.51^{a}	$_{a}^{a}$16.11±1.51^{a}	$_{a}^{a}$17.59±0.51^{a}	$_{a}^{a}$16.06±1.57^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$16.57±1.42^{a}	$_{a}^{a}$16.94±1.11^{a}	$_{a}^{a}$17.25±1.00^{a}	$_{a}^{a}$17.26±0.70^{a}	$_{a}^{a}$16.80±0.95^{a}	$_{a}^{a}$17.87±1.34^{a}
a/b	8-10°C	มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$1.58±0.14^{a}	$_{b}^{a}$1.55±0.17^{a}	$_{a}^{a}$1.40±0.12^{a}	$_{a}^{a}$1.38±0.05^{a}	$_{a}^{a}$1.35±0.03^{a}	$_{a}^{a}$1.39±0.10^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$1.34±0.13^{a}	$_{a}^{a}$1.30±0.04^{a}	$_{a}^{a}$1.51±0.06^{a}	$_{a}^{a}$1.37±0.03^{a}	$_{a}^{a}$1.31±0.15^{a}	$_{a}^{a}$1.43±0.13^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$1.42±0.07^{a}	$_{b}^{b}$1.65±0.04^{a}	$_{a}^{a}$1.55±0.06^{a}	$_{b}^{a}$1.56±0.07^{a}	$_{a}^{b}$1.54±0.13^{a}	$_{a}^{a}$1.51±0.00^{a}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$1.52±0.07^{a}	$_{a}^{b}$1.49±0.01^{a}	$_{a}^{a}$1.44±0.12^{a}	$_{a}^{b}$1.56±0.01^{a}	$_{a}^{b}$1.50±0.04^{a}	$_{a}^{a}$1.44±0.02^{a}
Hue	8-10°C	มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$32.49±2.33^{a}	$_{a}^{b}$33.02±3.03^{a}	$_{a}^{a}$35.66±2.40^{a}	$_{a}^{b}$35.93±1.02^{a}	$_{a}^{b}$36.61±0.64^{a}	$_{a}^{a}$35.85±1.93^{a}
		ไม่มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$36.85±2.53^{a}	$_{b}^{b}$37.62±0.79^{a}	$_{a}^{a}$33.49±1.04^{a}	$_{a}^{b}$36.17±0.66^{a}	$_{a}^{b}$37.45±3.13^{a}	$_{a}^{a}$35.06±2.48^{a}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$35.12±1.38^{b}	$_{a}^{a}$31.21±0.66^{a}	$_{a}^{a}$32.92±1.06^{ab}	$_{a}^{a}$32.62±1.17^{a}	$_{a}^{a}$33.14±2.13^{ab}	$_{a}^{a}$33.48±0.03^{ab}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$33.30±1.24^{a}	$_{b}^{a}$33.81±0.25^{a}	$_{a}^{a}$34.94±2.21^{a}	$_{a}^{a}$32.74±0.23^{a}	$_{a}^{a}$33.70±0.75^{a}	$_{a}^{a}$34.71±0.29^{a}
ΔE	8-10°C	มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$0.00±0.00^{a}	$_{a}^{a}$2.49±0.74^{b}	$_{a}^{a}$3.54±1.16^{b}	$_{a}^{a}$3.28±1.18^{b}	$_{a}^{a}$3.56±1.14^{b}	$_{a}^{a}$3.76±0.59^{b}
		ไม่มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$0.00±0.00^{a}	$_{a}^{a}$2.98±1.18^{b}	$_{a}^{a}$4.01±1.27^{b}	$_{a}^{a}$4.49±0.20^{b}	$_{a}^{a}$3.26±1.49^{b}	$_{a}^{a}$3.05±0.57^{b}
	อุณหภูมิห้อง	มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$0.00±0.00^{a}	$_{a}^{a}$4.27±0.95^{b}	$_{a}^{a}$3.98±0.43^{b}	$_{a}^{a}$3.76±0.72^{b}	$_{a}^{a}$5.85±2.44^{b}	$_{a}^{a}$3.51±1.35^{b}
	(29-30°C)	ไม่มีแสงสว่าง	$_{a}^{a}$0.00±000^{a}	$_{a}^{a}$2.76±0.82^{b}	$_{a}^{a}$2.63±0.65^{b}	$_{a}^{a}$2.55±0.88^{b}	$_{a}^{a}$4.22±1.13^{b}	$_{a}^{a}$3.62±1.26^{b}

2	1
3	

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรทางด้านขวาที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างภายในวันที่เก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ตัวอักษรทางด้านซ้ายบนที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เก็บรักษาในวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3) ตัวอักษรทางด้านซ้ายล่างที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างของสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิและวันที่เก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4) ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ภาคผนวก ช

ตารางที่ ช1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศพันธุ์ท้อที่สีผิวแตกต่างกัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	129.857	4	32.464	73.998	0.000
Within Groups	19.742	45	0.439		
Total	149.599	49			

ตารางที่ ช2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสในสภาวะที่มีแสงสว่างนาน 21 วัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.409	5	1.482	52.168	0.000
Within Groups	0.341	12	2.841E-02		
Total	7.750	17			

ตารางที่ ช3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างนาน 21 วัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.146	5	0.829	52.773	0.000
Within Groups	0.189	12	1.571E-02		
Total	4.334	17			

ตารางที่ ช4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในสภาวะที่มีแสงสว่างนาน 21 วัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	118.024	5	23.605	21.194	0.000
Within Groups	13.365	12	1.114		
Total	131.389	17			

ตารางที่ ช5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างนาน 21 วัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	95.381	5	19.076	12.112	0.000
Within Groups	18.900	12	1.575		
Total	114.281	17			

ตารางที่ ช6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสในสภาวะที่มีแสงสว่างนาน 21 วัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.680	5	1.936	16.723	0.000
Within Groups	1.389	12	0.116		
Total	11.069	17			

ตารางที่ ช7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างนาน 21 วัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.357	5	1.671	3.438	0.037
Within Groups	5.835	12	0.486		
Total	14.192	17			

ตารางที่ ช8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในสภาวะที่มีแสงสว่างนาน 21 วัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	49.374	5	9.875	38.403	0.000
Within Groups	3.086	12	0.257		
Total	52.460	17			

ตารางที่ ช9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างนาน 21 วัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	45.626	5	9.125	13.175	0.000
Within Groups	8.311	12	0.693		
Total	53.938	17			

ตารางที่ ช10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสในสภาวะที่มีแสงสว่างนาน 21 วัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.353	5	1.671	1.735	0.201
Within Groups	11.552	12	0.963		
Total	19.905	17			

ตารางที่ ช11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียสในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างนาน 21 วัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.708	5	1.142	1.813	0.185
Within Groups	7.556	12	0.630		
Total	13.264	17			

ตารางที่ ช12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในสภาวะที่มีแสงสว่างนาน 21 วัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	106.994	5	21.399	7.685	0.002
Within Groups	33.414	12	2.784		
Total	140.408	17			

ตารางที่ ช13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29-30 องศาเซลเซียส) ในสภาวะที่ไม่มีแสงสว่างนาน 21 วัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	55.355	5	11.071	12.705	0.000
Within Groups	10.457	12	0.871		
Total	65.811	17			

ตารางที่ ช14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา วันที่ 0

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	1.080E-04	1	1.080E-04	0.333	0.580
Storage	1.080E-04	1	1.080E-04	0.333	0.580
Temperature x Storage	1.080E-04	1	1.080E-04	0.333	0.580
Error	2.592E-03	8	3.240E-04		
Total	3.888E-03	12			

ตารางที่ ช15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา วันที่ 3

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	6.088	1	6.088	31.496	0.001
Storage	2.125E-02	1	2.125E-02	0.110	0.749
Temperature x Storage	3.781E-03	1	3.781E-03	0.020	0.892
Error	1.546	8	0.193		
Total	14.791	12			

ตารางที่ ช16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา วันที่ 7

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	23.475	1	23.475	51.101	0.000
Storage	0.544	1	0.544	1.183	0.308
Temperature x Storage	0.513	1	0.513	1.117	0.321
Error	3.675	8	0.459		
Total	58.240	12			

ตารางที่ ช17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา วันที่ 11

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	53.780	1	53.780	52.168	0.000
Storage	2.924	1	2.924	2.837	0.131
Temperature x Storage	1.110	1	1.110	1.077	0.330
Error	8.247	8	1.031		
Total	143.715	12			

ตารางที่ ช18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษา วันที่ 16

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	68.775	1	68.775	34.403	0.000
Storage	1.683	1	1.683	0.842	0.386
Temperature x Storage	3.741E-02	1	3.741E-02	0.019	0.895
Error	15.993	8	1.999		
Total	234.863	12			

ตารางที่ ช19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 21

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	88.971	1	88.971	213.739	0.000
Storage	0.274	1	0.274	0.658	0.441
Temperature x Storage	2.107E-03	1	2.107E-03	0.005	0.945
Error	3.330	8	0.416		
Total	302.756	12			

ตารางที่ ช20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 0

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	0.329	1	0.329	0.979	0.351
Storage	0.203	1	0.203	0.603	0.460
Temperature x Storage	2.107E-03	1	2.107E-03	0.006	0.939
Error	2.687	8	0.336		
Total	73.444	12			

ตารางที่ ช21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 3

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	8.156	1	8.156	32.142	0.000
Storage	1.013	1	1.013	3.993	0.081
Temperature x Storage	0.172	1	0.172	0.678	0.434
Error	2.030	8	0.254		
Total	141.754	12			

ตารางที่ ช22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 7

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	23.470	1	23.470	32.399	0.000
Storage	0.782	1	0.782	1.080	0.329
Temperature x Storage	1.574	1	1.574	2.173	0.179
Error	5.795	8	0.724		
Total	182.851	12			

ตารางที่ ช23 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 11

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	38.733	1	38.733	135.188	0.000
Storage	3.370	1	3.370	11.761	0.009
Temperature x Storage	4.769	1	4.769	16.646	0.004
Error	2.292	8	0.287		
Total	238.207	12			

ตารางที่ ช24 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 16

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	12.612	1	12.612	53.035	0.000
Storage	3.284	1	3.284	13.812	0.006
Temperature x Storage	0.563	1	0.563	2.369	0.162
Error	1.902	8	0.238		
Total	243.938	12			

ตารางที่ ซ25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีส้มอมเขียวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 21

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	44.598	1	44.598	327.747	0.000
Storage	0.148	1	0.148	1.087	0.328
Temperature x Storage	9.153E-02	1	9.153E-02	0.673	0.436
Error	1.089	8	0.136		
Total	443.022	12			

ตารางที่ ซ26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 0

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	0.460	1	0.460	1.036	0.339
Storage	0.336	1	0.336	0.758	0.409
Temperature x Storage	3.502E-03	1	3.502E-03	0.008	0.931
Error	3.551	8	0.444		
Total	262.993	12			

ตารางที่ ซ27 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 3

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	22.569	1	22.569	24.111	0.001
Storage	3.900	1	3.900	4.166	0.076
Temperature x Storage	4.945	1	4.945	5.282	0.051
Error	7.489	8	0.936		
Total	508.591	12			

ตารางที่ ช28 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 7

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	10.665	1	10.665	7.984	0.022
Storage	0.322	1	0.322	0.241	0.637
Temperature x Storage	4.886	1	4.886	3.657	0.092
Error	10.687	8	1.336		
Total	498.152	12			

ตารางที่ ช29 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 11

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	49.626	1	49.626	98.276	0.000
Storage	0.647	1	0.647	1.282	0.290
Temperature x Storage	4.845	1	4.845	9.595	0.015
Error	4.040	8	0.505		
Total	619.833	12			

ตารางที่ ช30 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 16

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	117.200	1	117.200	46.702	0.000
Storage	2.060	1	2.060	0.821	0.391
Temperature x Storage	10.058	1	10.058	4.008	0.080
Error	20.076	8	2.510		
Total	1052.253	12			

ตารางที่ ช31 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสีแดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 21

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temperature	16.827	1	16.827	7.856	0.023
Storage	4.041	1	4.041	1.887	0.207
Temperature x Storage	3.164	1	3.164	1.477	0.259
Error	17.136	8	2.142		
Total	664.113	12			

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสิริรัตน์ นาประเสริฐ เกิดวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2517 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น ปีการศึกษา 2539 เข้าทำงานที่บริษัทกรุงเทพโปรดิ๊วส จำกัด (มหาชน) ตำแหน่งพนักงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ในระหว่างปี 2539-2544 จากนั้นศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ในปี พ.ศ. 2544 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2546