รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2558

การชะลอการเหลืองและควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามโดยการฉายรังสียูวีบีและการใช้ไอร้อนแห้ง

Delaying of the yellowing and postharvest quality control of pumelo (*Citrus maxima (Burm).* Merr) CV. Tubtimsiam by UV-B irradiation and hot air treatment

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง
มหาวิทยาลัยทักษิณ

ตุลาคม 2558

รหัสโครงการ 2558A10562004

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การชะลอการเหลืองและควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามโดยการฉายรังสียูวีบีและการใช้ไอร้อนแห้ง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง
มหาวิทยาลัยทักษิณ

สนับสนุนโดย สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษา
และพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2558

ผศ.ดร.สมัคร แก้วสุกแสง

บทคัดย่อ

การศึกษาการชะลอการเหลืองและควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามโดยการฉายรังสียูวีบีและการใช้ไอร้อนแห้งโดยทำการฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 18 27 36 45 และ 54 กิโลจูลย์ต่อตารางเมตร เปรียบเทียบกับไม่ฉายรังสียูวีบี (ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส ในที่มืด พบว่าส้มโอทับทิมสยามที่ฉายรังสีที่ความเข้มข้น 45 กิโลจูลย์ต่อตารางเมตร สามารถชะลอการเหลืองของเปลือกผล โดยชะลอการลดลงของค่า Hue angle และการเพิ่มขึ้นของค่า L รวมทั้งลดการสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และเมื่อศึกษาผลของการฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) และ 45 กิโลจูลย์ต่อตารางเมตรต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายในหลังการเก็บเกี่ยวพบว่า การฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 กิโลจูลย์ต่อตารางเมตร สามารถชะลอการเหลืองและยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด 50 วัน โดยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ค่า L และชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีได้ดีกว่าชุดควบคุม ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 40 วัน นอกจากนี้ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่มีการฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 กิโลจูลย์ต่อตารางเมตร มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าชุดควบคุม และมีปริมาณของกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้สูงกว่าชุดควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

การอบไอร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 45 48 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 และ10 นาทีพบว่าส้มโอทับทิมสยามที่อบไอร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที สามารถชะลอการเหลืองได้ดีที่สุดโดยชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า Hue angle และค่า Lเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ นอกจากนี้ได้ศึกษาผลของการใช้การใช้ไอร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และคุณภาพในของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม พบว่าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า Hue angle ค่า L ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 40 วัน อย่างไรก็ตามการใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายในได้แก่ ปริมาณของกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และการยอมรับด้านรสชาติระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ส้มโอ รังสียูวีบี ไอร้อน คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

Abstract

UV-B irradiation was applied to pumelo (*Citrus maxima (Burm).* Merr) cv. Tubtimsiam to investigate their effects on peel yellowing and postharvest quality. Peels were irradiated with fives UV-B doses as 18, 27, 36, 45 and 54 kJ m^{-2} and then kept in darkness at 25 ˚C. UV-B doses of 45 kJ m^{-2} resulted on surface color with a higher hue angle and the lowest of L value and weight loss as compare with others. UV-B doses of 45 kJ m^{-2} for application on chlorophyll degradation and postharvest internal quality. The results showed that UV-B dose of 45 kJ m^{-2} efficiently delayed the decrease of hue angle value and the contents of chlorophyll a and b with lower of L value. Moreover, UV-B prolonged storage life for 50 days in fruit treated and 40 days in control fruit. UV-B doses of 45 kJ m^{-2} maintained the highest total acidity and delayed the increase of total soluble solids contents during storage.

The influence of postharvest heat treatment by using hot air was applied to pumelo fruit to investigate its effect on yellowing, chlorophyll -degradation and postharvest quality during storage. Mature pumelo fruits were treated without hot air (control) or with hot air at 45, 48 and 50 ˚C for 5 and 10 min and then kept at 25 ˚C in darkness. The results showed that hot air treatment at 50 ˚C for 10 min efficiently a showed a higher hue angle and the lowest L value compare to others. The effect on hot air treatment at 50 ˚C for 10 min on chlorophyll degradation and postharvest quality was continually determined. The results found that hot air treatment at 50 ˚C for 10 min delayed the decrease of hue angle value and the content of chlorophyll a and b. Moreover, UV-B prolonged storage life for 40 days in treated fruit and 30 days in control fruit. However, the total acidity, total soluble solids contents, weight loss and sensory during storage were not significantly different both control and hot air treatment.

Keywords: Pumelo**,** UV-B, hot air**,** postharvest quality

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ง
รายการตาราง	ฉ
รายการรูปภาพประกอบ	ฌ
บทนำ	
ที่มาของงานวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
ขอบเขตของงานวิจัย	3
ตรวจเอกสาร	
ลักษณะทั่วไป	4
ดัชนีการเก็บเกี่ยวของส้มโอ	5
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอ	7
การสลายตัวของคลอโรฟิลล์	7
บทบาทของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวคลอโรฟิลล์	8
การควบคุมคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาส้มโอ	10
วิธีการดำเนินงานวิจัย	
การทดลองที่ 1	18
การทดลองที่ 2	18
การทดลองที่ 3	22
การทดลองที่ 4	22
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	26
ผลการวิจัย	
ผลของการฉายรังสียูวีบี (UV-B) ต่อการเหลืองและอายุการเก็บรักษาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม	27
ผลของการฉายรังสียูวีบี (UV-B) ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม	31

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ผลของไอร้อนแห้ง (Hot air) ต่อการเหลืองและอายุการเก็บรักษาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม	45
ผลการให้ไอร้อนแห้ง (Hot air) ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม	47
วิจารณ์ผล	63
สรุป	66
ผลผลิตที่เกิดขึ้นในช่วงรับทุน	67
รายงานการเงิน	68
บรรณานุกรม	69
ภาคผนวก	73
ประวัตินักวิจัย	102

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 ค่า Hue angle ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามฉายรังสียูวีบี	28
ตารางที่ 2 ค่า L value ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามฉายรังสียูวีบี	29
ตารางที่ 3 การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามสยามฉายรังสียูวีบี	30
ตารางที่ 4 ค่า Hue angle ค่า L value การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน	45
ตาราง ผ. 1 การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	74
ตาราง ผ. 2 ค่า Hue angle ของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	75
ตาราง ผ. 3 ค่า Hue angle ของเนื้อส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	76
ตาราง ผ. 4 ค่าความสว่างของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	77
ตาราง ผ. 5 ค่าความสว่างของเนื้อส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	78
ตาราง ผ. 6 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	79
ตาราง ผ. 7 ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	80
ตาราง ผ. 8 กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	81
ตาราง ผ. 9 กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	82
ตาราง ผ. 10 กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	83
ตาราง ผ. 11 กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll-degrading-peroxidase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	84
ตาราง ผ. 12 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	85

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

ตาราง ผ. 13 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม) 86

ตาราง ผ. 14 คะแนนการยอมรับด้านรสชาติของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม) 87

ตารางที่ ผ.15 ค่า Hue angle ของเปลือกส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม 88

ตารางที่ ผ.16 ค่า Hue angle ของเนื้อส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม 89

ตารางที่ ผ.17 ค่าความสว่างของเปลือกส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม 90

ตารางที่ ผ.18 ค่าความสว่างของเนื้อส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม 91

ตารางที่ ผ.19 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม 92

ตารางที่ ผ. 20 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม 93

ตารางที่ ผ. 21 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม 94

ตารางที่ ผ. 22 ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม 95

ตารางที่ ผ. 23 กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase ของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม 96

ตารางที่ ผ. 24 กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม) 97

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตารางที่ ผ. 25 กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase ของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม	98
ตารางที่ ผ. 26 กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll-degrading peroxidase ของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม	99
ตารางที่ ผ.27 การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม	100
ตารางที่ ผ.28 คะแนนการยอมรับด้านรสชาติของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม	101

รายการรูปภาพประกอบ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 1 การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	31
รูปที่ 2 ค่า Hue angle เปลือกของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	32
รูปที่ 3 ค่า Hue angle เนื้อของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	33
รูปที่ 4 ค่า L value เปลือกของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	34
รูปที่ 5 ค่า L value เนื้อของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	35
รูปที่ 6 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	36
รูปที่ 7 ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	37
รูปที่ 8 กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	38
รูปที่ 9 กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	39
รูปที่ 10 กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	40
รูปที่ 11 กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll degrading-peroxidase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	41
รูปที่ 12 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	42
รูปที่ 13 ปริมาณของกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	43
รูปที่ 14 คะแนนการยอมรับด้านรสชาติของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)	44

รายการรูปภาพประกอบ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 15 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 35 ที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45 48 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 10 นาที	46
รูปที่ 16 ค่า Hue angle ของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุมที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	47
รูปที่ 17 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเมื่อมีการใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาทีและชุดควบคุม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	48
รูปที่ 18 ค่า Hue angle ของเนื้อส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	49
รูปที่ 19 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อเมื่อมีการใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาทีและชุดควบคุม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	50
รูปที่ 20 ค่า L value ของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	51
รูปที่ 21 ค่า L value ของเนื้อส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	52
รูปที่ 22 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	53
รูปที่ 23 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	54

รายการรูปภาพประกอบ (ต่อ)

รูปภาพ		หน้า
รูปที่ 24	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุมที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	55
รูปที่ 25	ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุมที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	56
รูปที่ 26	กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	57
รูปที่ 27	กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	58
รูปที่ 28	กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	59
รูปที่ 29	กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll degrading-peroxidase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	60
รูปที่ 30	การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	61
รูปที่ 31	คะแนนการยอมรับด้านรสชาติของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	62

บทนำ

ที่มาของงานวิจัย

ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่ทุกคนรู้จักกันดีในจังหวัดนครศรีธรรมราช จากข้อมูลโดยสำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช (2552) ตามโครงการพัฒนาคุณภาพส้มโอในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริเพื่อการส่งออก พบว่าพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ซึ่งขึ้นทะเบียนเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ โดยลักษณะเด่นประจำพันธุ์คือ มีเนื้อสีชมพูค่อนข้างแดงหรือมีเนื้อสีแดงเข้มเหมือนสีทับทิม รสชาติหวาน หอม นุ่ม ตรงกับความต้องการของตลาดหรือผู้บริโภคทั้งในประเทศโดยเฉพาะตลาด modern trade เฉลี่ยราคาผลละ 150-500 บาท ขึ้นอยู่กับเกรดคุณภาพของผล นอกจากนี้ส่งออกต่างประเทศได้แก่ จีนและญี่ปุ่น รวมทั้งปัจจุบันเป็นที่นิยมในตลาดประชาคมอาเซียนได้แก่ มาเลเซีย สิงคโปร์และอินโดนีเซีย สร้างรายได้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนการผลิตส้มโอเพื่อส่งออกและกลุ่มเกษตรกร แม้กระทั่งเกษตรกรรายเดี่ยวในส่วนของคุณค่าทางอาหารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญและสารออกฤทธิ์ที่สำคัญของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม พบว่ามีปริมาณสารต่อต้านอนุมูลอิสระเช่น α -tocopherol กรด ascorbic และ dehydroascorbic ในขณะที่ปริมาณสาร flavonoid ที่พบในเนื้อผล 4 ชนิดได้แก่ Naringin Narirutin Hesperidin และ Neohesperidin และปริมาณสารแอนโทไซยานินในเนื้อผลคือ Cyanidin-3-glucoside (สมัครและพีรพงค์, 2555) สมัคร และคณะ (2557) รายงานว่าดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ที่อายุต้น 4 และ 7 ปีคือ 160 และ 210 วันหลังการติดผลตามลำดับโดยมีการยอมรับด้านรสชาติได้ดีที่สุด โดยส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามอายุต้น 4 ปีที่เก็บเกี่ยว 160 วันหลังการติดผลมีค่า Hue angle ของเนื้อผลเป็นสีแดงอ่อนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 9 องศาบริกซ์และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 0.58 % ขณะที่อายุต้น 7 ปีเก็บเกี่ยวที่ 210 วันหลังการติดผลมีค่า Hue angle ของสีเนื้อเป็นสีแดงอ่อนเช่นเดียวกันและมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 9 องศาบริกซ์และ 0.58 % ตามลำดับนอกจากนี้ยังศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม พบว่าอุณหภูมิการเก็บรักษา ที่ 10 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 45 วัน และมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพช้าที่สุด โดยไม่ปรากฏอาการสะท้านหนาว รองลงมาที่อุณหภูมิ 13 และ 25 องศาเซลเซียส โดยมีอายุการเก็บรักษาเท่ากัน 40 และ 30 วัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปัญหาทางด้านคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวที่พบคือการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลคือการเหลือง โดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การเหลืองของเปลือกเริ่มเกิดขึ้นในวันที่ 6 (ปลายสัปดาห์ที่ 1) ของการเก็บรักษา และ

พัฒนาการเหลืองของเปลือกถึง 100 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา (สมัคร, 2557) ส่งผลให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมูลค่าของส้มโอทับทิมสยามลดลงเมื่ออยู่บนชั้นวางจำหน่าย โดยคุณภาพที่ดีของส้มโอทับทิมสยามคือสีเปลือกเขียวเข้ม การปรากฏของต่อมน้ำมัน (oil grand) ผลไม่เหี่ยวและความหวานประมาณ 8-9 องศาบริกซ์ ในขณะที่อุณหภูมิต่ำที่ 10 และ 13 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเหลืองได้ดีกว่าอุณหภูมิปกติ ซึ่งการเหลืองหรือการสูญเสียสีเขียวเกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากการสลายตัวของสารสีคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) โดยเฉพาะคลอโรฟิลล์เอ โดยกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ถูกกระตุ้นโดยกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้แก่ chlorophyllase, Mg-chelatase หรือ Mg-dechelating substance, pheophorbidase (Matile et al., 1999) และ chlrophyll-degrading peroxidase (Yamauchi et al., 2004) เป็นต้น ซึ่งแต่ละเอนไซม์มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการทำลายหรือย่อยโครงสร้างของสารสีคลอโรฟิลล์ก่อให้เกิดการสะสมอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์แต่ละชนิด เช่น chlorophyllide, pheophytin, pheophorbide และ$C13^2$-hydroxychlorophyll เป็นต้น และสุดท้ายอนุพันธุ์เหล่านี้สลายตัวเป็นสารไม่มีสีซึ่งมีขนาดโมเลกุลขนาดเล็ก (colorlesslow molecular weight compound) (Matile et al., 1999) ปัจจุบันมีการนำเอาเทคโนโลยีการฉายรังสียูวีบี (UV-B irradiation) และการให้ความร้อน (Heat treatment) ซึ่งทั้งสองอย่างเป็นการทำให้เกิดภาวะเครียดของพืช (stress treatment) มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว สามารถชะลอการเหลืองและปรับปรุงทางด้านคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ Aiamla-or et al. (2010) รายงานว่าการฉายรังสี UV-B ที่ความเข้มข้น 8.8 kJ m^{-2} ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 15 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเหลืองของช่อดอกบร็อคโคลี โดยชะลอการลดลงของค่า hue angle value และปริมาณคลอโรฟิลเอและบี เช่นเดียวกันการฉายรังสี UV-B ในมะนาวพันธุ์ตาฮิติที่ความเข้มข้น 19.0 kJ m^{-2} แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และลดกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้แก่ chlorophyllase, Mg-chelatase, chlrophyll-degrading peroxidase และ pheophytinaseโดยมีอายุการเก็บรักษา 30 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 20 วัน (Kaewsuksaeng et al., 2011) นอกจากนี้การให้ความร้อนสามารถทำได้หลายวิธีได้แก่ การใช้ไอน้ำร้อน (vapor hot water) การใช้ไอร้อนแห้ง (hot air) และการใช้น้ำร้อน (hot water) ในการรักษาคุณภาพของผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว Funamoto et al. (2002) รายงานว่าการใช้ไอร้อนแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในบร็อคโคลี่สามารถชะลอการเหลืองและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ Costa et al. (2006) การใช้ไอร้อนแห้งที่ 48 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในบร็อคโคลี่สามารถชะลอการเหลืองและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ล่าสุด Kaewsuksaeng et al. (2015) ได้จุ่มน้ำร้อนในมะนาวพันธุ์แป้นที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที สามารถชะลอการเหลืองและควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีที่สุด โดยมีอายุการ

เก็บรักษาเท่ากับ 35 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 25 วัน จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจึงนำมาสู่การประยุกต์ใช้ของการฉายรังสี UV-B และทดสอบประสิทธิภาพของการให้ความร้อนในรูปแบบของไอร้อนแห้ง (hot air) ในการชะลอการเหลืองและควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งยืดอายุการเก็บรักษาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม โดยนักวิจัยคิดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อกลุ่มวิสาหกิจชุมชนการผลิตส้มโอทับทิมสยามเพื่อการส่งออกและกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่นี้ในการนำไปใช้จริงได้

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาผลของการฉายรังสียูวีบี (UV-B) ต่อการเหลืองและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม
2. ศึกษาผลของการฉายรังสียูวีบี (UV-B) ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามได้
3. ศึกษาผลของใช้ไอร้อนแห้ง (hot air) ต่อการเหลืองและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม
4. ศึกษาผลของการใช้ไอร้อนแห้ง (hot air) ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ศึกษาผลของการฉายรังสียูวีบี (UV-B) ที่ความเข้มข้นได้แก่ 0 (ชุดควบคุม), 18, 27, 36, 45 และ 54 kJ m^{-2} ต่อการเหลืองและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอทับทิมสยาม โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
2. ศึกษาผลของใช้ไอร้อนแห้ง (hot air) ที่อุณหภูมิ 45, 48, และ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 และ 10 นาที ต่อการเหลืองและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอทับทิมสยาม โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ตรวจเอกสาร

ส้มโอ (*Citrus maxima (Burm.*) Merr) เป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อน (Sub-tropical fruit) อยู่ในวงศ์ Rutaceae ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกส้มโอส่วนใหญ่อยู่ในแถบภาคกลาง ภาคเหนือและภาคใต้ เช่น สมุทรสงคราม พิจิตร เชียงราย ชุมพร และนครศรีธรรมราช โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อการค้า ได้แก่ พันธุ์ขาวทองดี หอมหาดใหญ่ และทับทิมสยาม โดยเฉพาะพันธุ์ทับทิมสยาม ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการปลูกแห่งเดียวของประเทศไทยคือ เขตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริเพื่อการส่งออก จ.นครศรีธรรมราช ส้มโอพันธุ์นี้มีเนื้อสีแดงเข้ม (สีทับทิม) รสชาติหวาน หอม นุ่ม น่ารับประทาน จึงเป็นที่รู้จัก มีมูลค่าสูงและตลาดต้องการเป็นอย่างมาก ลักษณะประจำพันธุ์ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม มีลักษณะใบค่อนข้างกว้าง ปลายใบแหลม ใต้ใบมีขนอ่อนนุ่ม ลักษณะภายนอก ผลมีขนาดใหญ่ ทรงผลกลมมีจุก เส้นรอบผลประมาณ 16- 22 นิ้ว หัวจีบ (คล้ายขาวพวง) ผิวผลมีขนนุ่มปกคลุมทั่วผล คล้ายกำมะหยี่ น้ำหนักผลเฉลี่ย 1,800- 2,000 กรัม ความสูงผล 18- 20 ซม. ผิวผลเรียบเปลือกมีสีเขียวและบาง ถ้าเก็บเกี่ยวหรือขนส่งไม่ดีจะช้ำง่าย เปลือกในและผนังกลีบสีชมพูเข้ม จำนวน 11-13 กลีบ/ ผล เนื้อผลหรือกุ้งมีขนาดปานกลาง สีชมพูเข้มถึงสีแดงเข้มคล้ายทับทิม รสชาติหวานและหอมนุ่ม น้ำหนักเนื้อ 800- 1,000 กรัม (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2551)

คุณค่าทางด้านอาหารและสารออกฤทธิ์ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม มีปริมาณน้ำตาลในเนื้อผลได้แก่ glucose fructose และ sucrose เท่ากับ 6.07 4.52 และ 2.09 กรัม/100 มิลลิลิตรน้ำคั้นในขณะที่ปริมาณกรดอินทรีย์ในเนื้อผลคือ citric และ malic เท่ากับ 1.10 และ 0.15 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรน้ำคั้นปริมาณสารต่อต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลได้แก่ α -tocopherol ascorbic acid และ dehydroascorbic เท่ากับ 42.12 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด 68.22 และ 8.45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ส่วนปริมาณสาร flavonoid ในเนื้อผล ได้แก่ Naringin Narirutin Hesperidin และ Neohesperidin เท่ากับ 2.65 0.11 0.56 และ 0.09 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรน้ำคั่น ในเนื้อผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามพบว่าแอนโทไซยานินหลักคือ Cyanidin-3-glucoside โดยพบว่าเนื้อผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีค่าเท่ากับ 154.35 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด บ่งชี้ได้ว่าสีเนื้อผลของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่เป็นสีชมพู เป็นสารของ anthocyanin คือ Cyanidin-3-glucoside (สมัครและพีรพงค์, 2555)

การปลูกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามในจังหวัดนครศรีธรรมราช จากการสำรวจข้อมูลโดยสำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช (2552) ตามโครงการพัฒนาคุณภาพส้มโอในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องพระราชดำริเพื่อการส่งออก พบว่าพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ จะปลูกมากในพื้นที่ตำบล

คลองน้อย ตำบลเกาะทวดและตำบลปากพนังฝั่งตะวันตก ของอำเภอปากพนัง พื้นที่ปลูกทั้งหมดจำนวน 67.5 ไร่ ผลผลิตที่ได้รับเฉลี่ย 700-800 ผลต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุต้นส้มโอด้วย ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเมื่อผลโตเต็มที่จะเก็บเกี่ยวตามอายุจึงมีสีผิวสีเขียวนวลอมเหลือง ส่วนบนจะมีจุกคล้ายส้มโอพันธุ์ขาวพวง บริเวณผิวผลจะมีขนเล็กๆ ปกคลุมทั่วทั้งผล ขนจะอ่อนนุ่ม บริเวณจุดกึ่งกลางกันของผลเมื่อสุกเต็มจะมีจุดสีน้ำตาลเข้มและขนบริเวณก้นประมาณครึ่งลูกจะหายไป ซึ่งสามารถแบ่งชั้นมาตรฐานของผลส้มโอได้ดังนี้ (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2552)

เส้นรอบวง มากกว่า	21 เซนติเมตร	เรียกว่า จัมโบ้
เส้นรอบวง ระหว่าง	19 -21 เซนติเมตร	เรียกว่า เบอร์ 1
เส้นรอบวง ระหว่าง	18 – 19 เซนติเมตร	เรียกว่า เบอร์ 2
เส้นรอบวง ระหว่าง	17 เซนติเมตร	เรียกว่า เบอร์ 3

สาหรับคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทุกชั้นมาตรฐานมีการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของเนื้อผลเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาขณะที่ความแน่นเนื้อลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยส้มโอเบอร์ 2 มีการชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด อย่างไรก็ตามส้มโอทุกชั้นมาตรฐานไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (สมัคร และคณะ, 2557)

ดัชนีการเก็บเกี่ยวของส้มโอ

สมัคร และคณะ (2557) ศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามอายุต้น 4 ปีที่ 150 160 170 180 และ 190 วันและอายุต้น 7 ปีที่ 180 190 210 220 และ 230 วันหลังการติดผล พบว่าดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามอายุต้น 4 และ 7 ปีคือ 160 และ 210 วันหลังการติดผลตามลำดับและมีการยอมรับด้านรสชาติได้ดีที่สุดโดยส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามอายุต้น 4 ปีที่เก็บเกี่ยว 160 วันหลังการติดผลมีค่า Hue angle ของเนื้อผลเป็นสีแดงอ่อน ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 9 องศาบริกซ์ และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 0.58 % ขณะที่อายุต้น 7 ปีเก็บเกี่ยวที่ 210 วันหลังการติดผลมีค่า Hue angle ของสีเนื้อเป็นสีแดงอ่อนเช่นเดียวกันและมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 9 องศาบริกซ์ และ 0.58 % ตามลำดับ

ดวงพร และคณะ (2553) ทำการศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของส้มโอพันธุ์ท่าข่อย ซึ่งเก็บเกี่ยวได้ปีละ 2 ครั้ง คือ ช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน และช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนสิงหาคม – ตุลาคม พบว่าช่วงที่ส้มโอแก่จัดอยู่ระหว่าง 7-7.5 เดือน โดยนับจาก

วันดอกบานการเก็บเกี่ยวช่วง 9-9.5 เดือน ส้มโอมีรสเปรี้ยวและขม สำหรับในช่วง 8-8.5 เดือน เป็นช่วงที่ส้มโอแก่เกินไป รสชาติยังดีอยู่แต่เริ่มมีอาการข้าวสาร ส้มโอเก็บเกี่ยวช่วงหลังฝนมีปริมาณน้ำในผล 60-70 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าส้มโอเก็บเกี่ยวช่วงแล้งปริมาณกรดและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ จึงต่ำกว่าส้มโออายุ 6 เดือน ปริมาณกรดสูงเพียง 0.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ส้มโอหน้าแล้งสูงถึง 1.0 แต่ปริมาณกรดของส้มโอทั้ง 2 ฤดูจะลดลงมาอยู่ในระดับพอเหมาะคือ 0.55 เมื่อแก่จัด และการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา พบว่าปริมาณกรดในผลมีแนวโน้มลดลงและปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น ส้มโออายุ 6-6.5 เดือนความเปรี้ยวและความขมลดลง ความหวานเพิ่มขึ้น ส้มโออายุต้น 7-7.5 เดือน มีรสชาติดีขึ้น สำหรับส้มโออายุ 8-8.5 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านรสชาติเล็กน้อย

คมศักดิ์ และคณะ (2547) ศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยว การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและการยืดอายุการเก็บรักษาผลส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ พบว่าอายุที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยว คือผลที่มีอายุ 195 วันหลังดอกบาน โดยเปลือกมีสีเขียวอมเหลือง เนื้อมีสีชมพูเข้มและมีความแน่นเนื้อเฉลี่ย 242.32 นิวตัน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 9.3 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ เฉลี่ย 0.55 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ เฉลี่ย 16.84 นอกจากนี้ทำการเก็บเกี่ยวผลส้มโอที่มีอายุ 5.5 6 6.5 และ 7 เดือนหลังดอกบาน นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แล้วตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและเคมีทุกๆ 5 วัน เป็นเวลา 30 วัน พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทำให้สีเปลือก ความแน่นเนื้อ และการสูญเสียน้ำหนักของผลลดลงตามอายุการเก็บรักษา ผลส้มโอที่มีอายุ 6.5 และ 7 เดือนหลังดอกบาน มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยหลังการเก็บรักษา แต่ผลส้มโอที่มีอายุ 5.5 และ 6 เดือนหลังดอกบาน มีค่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ลดลงมากจึงทำให้อัตราส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นมากกว่า

ปานมนัส และคณะ (2551) ศึกษาสมบัติของเนื้อส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่เปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บเกี่ยว ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 180 190 200 210 และ 220 วัน หลังจากดอกบาน พบว่าอายุการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นเนื้อส้มโอมีสีเข้มขึ้นออกโทนสีชมพู และเนื้อส้มโอนิ่มขึ้นและความเหนียวลดลง แต่เนื้อบริเวณขั้วผลเริ่มแข็งเมื่ออายุการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น ส่วนค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มีค่าลดลงในช่วงอายุการเก็บเกี่ยว 200 และ 210 วัน อาจเกิดจากเป็นช่วงที่มีฝนตกชุก แต่ค่าเพิ่มขึ้นหลังฝนทิ้งช่วงในอายุการเก็บเกี่ยวที่ 220 วัน ตลอดจนปริมาณกรด มีค่าลดลงตามอายุการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น

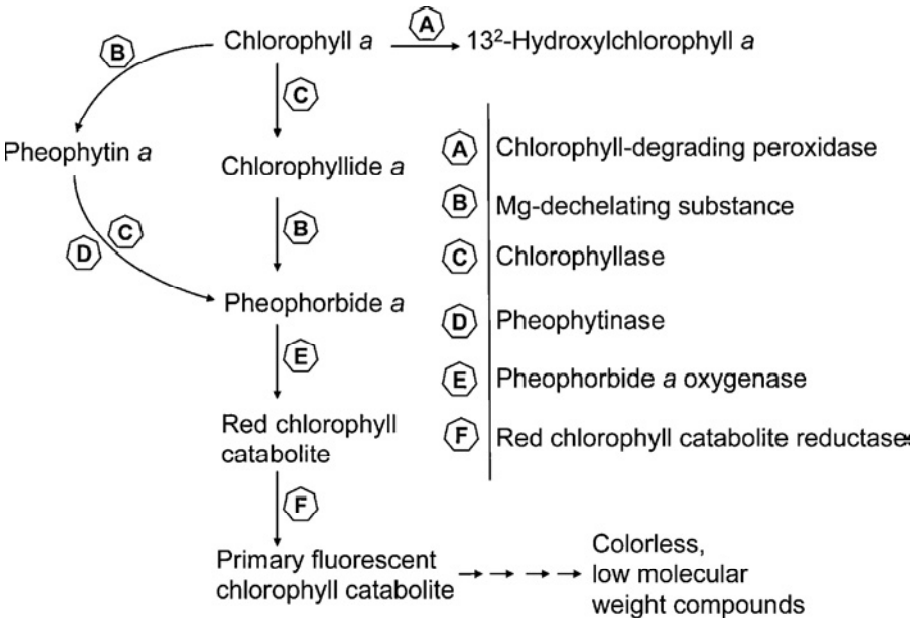
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

สมัคร และคณะ (2557) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม พบว่าอุณหภูมิการเก็บรักษา ที่ 10 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 45 วัน และมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพช้าที่สุด โดยไม่ปรากฏอาการสะท้านหนาว รองลงมาที่อุณหภูมิ 13 และ 25 องศาเซลเซียส โดยมีอายุการเก็บรักษาเท่ากัน 40 และ 30 วัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปัญหาทางด้านคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวที่พบคือการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลคือการเหลือง โดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การเหลืองของเปลือกเริ่มเกิดขึ้นในวันที่ 6 (ปลายสัปดาห์ที่ 1) ของการเก็บรักษา และพัฒนาการเหลืองของเปลือกถึง 100 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา ในขณะที่คุณภาพภายในอันเกี่ยวข้องกับรสชาติ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิเดียวกัน แต่ที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้

การเปลี่ยนแปลงสีผิวเป็นปัญหาสำคัญหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม โดยสีผิวจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองมากขึ้น ทำให้ลักษณะที่ปรากฏไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยผู้บริโภคมักจะเลือกซื้อส้มโอที่มีสีเขียวหรือสีเหลืองน้อย และใช้สีผิวเปลือกเป็นดัชนีบ่งบอกถึงคุณภาพของส้มโอโดยการเปลี่ยนแปลงสีผิวของส้มโอเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จากสารที่มีสีเขียวเป็นสารที่ไม่มีสี ทำให้สีเหลืองของแคโรทีนอยด์ซึ่งเคยถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ปรากฏออกมาให้เห็น

การสลายตัวของคลอโรฟิลล์

การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในผลิตผลสดส่วนใหญ่เกิดขึ้นในคลอโรฟิลล์เอมากกว่าคลอโรฟิลล์บี โดยถูกกระตุ้นในการย่อยหรือทำลายโครงสร้างโดยเอนไซม์สำคัญที่เกี่ยวข้องกับกลไกได้แก่ chlorophyll-degrading peroxidase, Mg-dechelating substance, chlorophyllase, pheophytinase, pheophorbide a oxygenase และ red chlorophyll catabolite reductase โดยแต่ละเอนไซม์มีหน้าที่ย่อยและมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันก่อให้เกิดการสะสมอนุพันธุ์ของสารสีคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดเกิดขึ้น เช่น 13^2-hydroxychlorophylla, pheophytin a chlorophyllide a, pheophorbide a, red chlorophyll catabolite และ primary fluorescent chlorophyll catabolite ท้ายที่สุดแล้วก็จะเปลี่ยนเป็นเป็นสารไม่มีสีที่มีขนาดโมเลกุลที่เล็ก (colorless low molecular weight compounds) ดังภาพ



ภาพที่ 1 กลไกการสลายตัวของคลอโรฟิลล์
ที่มา: Aiamla-or et al. (2012)

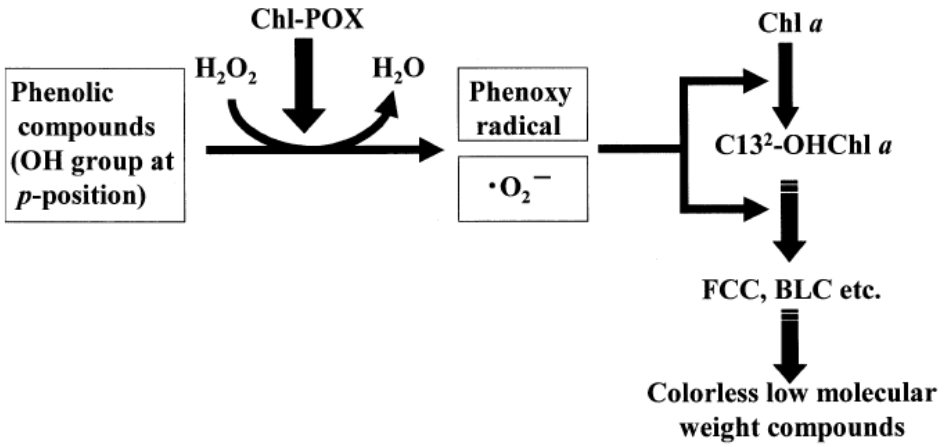
บทบาทของเอนไซม์หลักที่เกี่ยวข้องการสลายตัวคลอโรฟิลล์

1. Chlorophyllase เป็น hydrophobic ของ plasmid membrane (Hirschfied and Goldschmidt, 1983) ทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนไปเป็นอนุพันธุ์ chlorophyllide (Yamauchi and Watada, 1991) และ pheophorbide (Schelbert et al., 2009) โดยเร่งกระบวนการไฮไดรไลซิส (hydrolysis) ของ ester linkage ที่ตำแหน่ง 7-propanoic acid กับหมู่ phytol ในโมเลกุลของ chlorophyll และ pheophytin (Bortlik et al., 1990) เอนไซม์ chlorophyllase ส่วนใหญ่จะพบที่เนื้อเยื่อด้านในไทลาคอยด์ของคลอโรพลาสต์ (Matile et al., 1997)

2. Mg-dechelating substance เป็นสารประกอบที่มีลักษณะการทำงานคล้ายเอนไซม์ ทำหน้าที่ย้ายอะตอมของ Mg^{2+} จาก chlophyllide (Langmeie et al., 1993) แล้วแทนที่ด้วย $2H^{+}$ ทำให้ได้อนุพันธุ์ pheophorbide รายงานส่วนใหญ่พบมากที่ไทลาคอยด์ (Langmeier et al., 1993) โดยคุณสมบัติของ Mg-dechelating substance ใน *Chenopodium album* เป็นสารประกอบที่ขนาดเล็ก 900 ดาลตัล ค่อนข้างทนทานต่อความร้อน (Shioiet al., 1996) Costa et al. (2002) รายงานว่ากิจกรรมของ Mg-dechelation เกี่ยวข้องกับสารประกอบที่มีขนาดโมเลกุลเท่ากับ 2180 ดาลตัล Suzuki et al. (2005) and Kunieda et al. (2005) รายงานว่ากิจกรรมของ Mg-dechelation ใน radish cotyledons และใบของ *Chenopodium album* มีขนาด

โมเลกุลที่เล็กเท่ากับ 3.3 and 1.1 กิโลดาลตัล ตามลำดับ ล่าสุดพบว่าในบร็อคโคลี่เอนไซม์ Mg-dechelation มีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่เท่ากับ 70 กิโลดาลตัล (Kaewsuksaeng et al., 2010)

3. Chlorophyll-degrading peroxidase เป็นเอนไซม์ที่ทำงานร่วมกับ co-factor คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารประกอบฟีนอลจนได้ Phenoxy radical และ superoxide ซึ่งจะเข้าไปย่อยโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ โดยการเปิด porphyrin ring ของคลอโรฟิลล์ จนได้ 13^2-hydroxychlorophyll ซึ่งเป็นอนุพันธุ์ตัวแรกที่เกิดจากการทำงานเอนไซม์ตัวนี้ หลังจากนั้นเกิดเปลี่ยนรูปอนุพันธุ์ไปเรื่อยๆ จนได้สารประกอบที่ปราศจากสีในที่สุด (Funamoto et al., 2002) (ภาพที่ 2) Martinoia et al. (1982) พบว่าเอนไซม์ Chlorophyll-degrading peroxidase ของเมล็ดข้าวบาเลย์ส่วนใหญ่อยู่ในไทลาคอยด์ เช่นเดียวกัน Abeles et al. (1988) รายงานว่า chlorophyll-degrading peroxidase ใน cotyledons แตงกวา (*Cucumis sativus* L.) มีขนาดโมเลกุลเท่ากับ 33 กิโลดาลตัล ส่วนในบร็อคโคลี่มีกิจกรรม Chlorophyll-degrading peroxidase ค่อนข้างสูงในช่อดอกที่เหลือง (Yamauchi and Watada, 1998)



ภาพที่ 2 การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่เกิดจากกระบวนการ Oxidation
ที่มา: Yamauchi et al. (2004)

4. Pheophytinase เป็นเอนไซม์ที่ค้นพบในคลอโรพลาสของ *Arabidopsis* (Schelbert et al., 2009) โดยยีน pheophytin pheophorbide hydrolase, PPH ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายในกลไกการสลายตัวของคลอโรฟิลล์คือ pheophytinase โดยไปย่อยอนุพันธุ์ pheophytinซึ่งเป็นอนุพันธ์สารตั้งต้นเดียวกันของเอนไซม์ chlorophyllase แล้วเกิดการสร้างอนุพันธุ์ pheophorbide Kaewsuksaeng et al. (2011) ได้ศึกษากิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase ในมะนาวพันธุ์ Tahitian (*Citrus latofolia* Tan.) หลังการเก็บเกี่ยวโดยทำการหาวิธีการตรวจวัด

กิจกรรมเอนไซม์ พบว่ากิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase มีกิจกรรมที่สูงในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาสอดคล้องกับการเหลืองของมะนาว

การควบคุมคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาส้มโอ

1. การใช้สารเคลือบผิว

การเคลือบผิวส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและแกนหมึก ความเข้มข้น 0, 1 และ 2% และ Sta-Fresh 360 ความเข้มข้น 70% พบว่า การเคลือบผิวทำให้ส้มโอที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง (28-35องศาเซลเซียส) มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าส้มโอที่ไม่ได้เคลือบผิว ไคโตซานความเข้มข้น 1-2% ไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพการรับประทานของส้มโอ แม้จะเก็บรักษาไว้นาน 5 สัปดาห์ (เบญจมาศและคณะ, 2547)

อิทธิพลของสารเคลือบผิวบางชนิดต่อคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้สารเคลือบผิว 6 ชนิด ได้แก่ Methylcellulose, Corn zein, Chitosan, Wheat gluten, Glucomannan และ Sta-Fresh เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±3 องศาเซลเซียส) พบว่าส้มโอที่เคลือบด้วย Methylcellulose, Corn zein, Chitosan และ Sta-Fresh มีลักษณะเป็นมันเงา สำหรับส้มโอที่เคลือบด้วย Chitosan, Wheat gluten, Glucomannan มีลักษณะด้านไม่เป็นมันเงา ไม่แตกต่างจากส้มโอที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิว สารเคลือบส้มโอทั้ง 6 ชนิด ไม่สามารถยืดอายุการเก็บของส้มโอ และไม่สามารถช่วยลดเปอร์เซ็นต์การเสื่อมเสียได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และพบว่าสารเคลือบทั้ง 6 ชนิดไม่มีอิทธิพลต่อค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และวิตามินซีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม พบว่า Wheat gluten และ Sta-Fersh สามารถช่วยลดการสูญเสียของน้ำหนักได้ในระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเทียบกับส้มโอที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบผิวและสารเคลือบ Wheat gluten ช่วยลดการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของส้มโอได้ เมื่อเก็บรักษาไว้ 21 วัน ส้มโอที่ไม่ได้เคลือบ ส้มโอที่เคลือบด้วย Corn zein, Glucomannan และ Sta-Fersh มีคะแนนความชอบรวมอยู่ระดับชอบปานกลางถึงชอบเล็กน้อย (เบญจมาสและคณะ,2544)

นอกจากนี้มีรายงานการใช้ฟิล์มเคลือบบริโภคได้จากเจลาตินและไคโตซานสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งการพ่นเคลือบฟิล์มเคลือบบริโภคได้ที่ผสมขึ้นจากเจลาตินผสมไคโตซานซึ่งผ่านการคัดเลือกในเบื้องต้นจำนวน 3 สูตร คือ สูตร E1, F1 และ F2 ให้กับเนื้อส้มโอก่อนเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน เนื้อส้มโอกลุ่มที่ได้รับการเคลือบฟิล์มบริโภคมีแนวโน้มสามารถลดลดการสูญเสียน้ำหนัก และมีความแน่นเนื้อมากกว่าเนื้อส้มโอควบคุม (ไม่ได้รับการเคลือบ) การเคลือบ

ฟิล์มนี้ไม่ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามการเคลือบเนื้อส้มโอด้วยฟิล์มเคลือบบริโภคได้มีอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ และปริมาณกรดไม่แตกต่างจากตัวอย่างส้มโอที่ไม่ถูกเคลือบ เมื่อเก็บรักษาเนื้อส้มโอเป็นเวลา 21 วัน พบว่า เนื้อส้มโอที่ไม่ผ่านการเคลือบฟิล์มและผ่านการเคลือบฟิล์มสูตร E1 มีการเข้าทำลายของเชื้อ *Penicillium sp.* ทั้งนี้สูตรที่มีแนวโน้มเป็นที่พอใจของผู้บริโภคมากที่สุดคือ สูตร F2 โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อส้มโอเป็นเวลา 14 วัน เนื่องจากพบการปนเปื้อนของยีสต์เกินกว่ามาตรฐานกำหนดในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา (อภิตา, 2551)

2.การเก็บรักษาแบบควบคุมสภาพบรรยากาศ

การเก็บรักษาส้มโอในสภาพควบคุมบรรยากาศช่วงสั้น โดยการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้งในสภาพควบคุมบรรยากาศที่มี O_2ความเข้มข้น 1% CO_2ความเข้มข้น 80% ระยะเวลาต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิ 2 12 และ 25 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง (28-35 องศาเซลเซียส) พบว่าส้มโอทั้งสองพันธุ์สามารถเก็บรักษาใน 1%O_2 ที่อุณหภูมิ 2 12 และ 25 องศาเซลเซียส ได้นาน 20 8 และ 2 วัน ตามลำดับ สำหรับ O_2 ต่ำจะทำให้ส้มโอมีกลิ่นหมัก และง่ายต่อการเข้าทำลายของโรค ส่วน CO_2 ส่งผลทำให้ผิวส้มโอเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีกลิ่นหมักและเน่าเสีย ส่วนการเก็บส้มโอทั้งสองพันธุ์ในสภาพบรรยากาศดังกล่าวที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน พบว่า ส้มโอแสดงอาการผิดปกติ (เบญจมาส, 2544)

การเก็บรักษาในระบบควบคุมบรรยากาศ (CA) ทำการทดลองกับส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยนำผลส้มโอมาล้างด้วย Sodium orthophenylphenate (SOPP) 0.5 % ผึ่งให้แห้ง เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Sta-Fresh No. 360อัตราส่วน 1 ต่อน้ำ 2 ส่วน และ Citrashine อัตรา 1 ส่วน ต่อน้ำ 1 ส่วน เก็บรักษาในระบบควบคุมบรรยากาศ $O_2$7% และ $CO_2$5% ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เปรียบเทียบกับการเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และตรวจสอบคุณภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศที่มีสัดส่วนของ $O_2$7% และ $CO_2$5% จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งได้เป็นเวลา 5 สัปดาห์ และควรทำการเคลือบผิวส้มโอเพื่อช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและรักษาความสด โดยที่สารเคลือบผิว Citrashine มีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด 1.3% และ Sta-Fresh No. 360 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด 6.5% แต่สภาพควบคุมบรรยากาศที่มีสัดส่วน $O_2$7% และ $CO_2$5% ไม่สามารถใช้เก็บรักษาส้มโอพันธุ์ทองดีได้ เนื่องจากทำให้เกิดความเสียหายจาก CO_2 Chilling injury ที่ผิวเกิดเป็นรอยช้ำสีน้ำตาลไหม้ (รัตตา, 2548)

3. การเก็บรักษาสภาพดัดแปลงบรรยากาศ

ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษา โดยเก็บเกี่ยวผลส้มโอพันธุ์ทองดีที่ระยะความบริบูรณ์เพื่อการส่งออก (อายุประมาณ 7.5 เดือนหลังดอกบาน) หลังจากนั้นนำมาเก็บรักษาในสภาพอากาศดัดแปลงดังต่อไปนี้ การเคลือบผลส้มโอด้วยสาร Honra (Polycthylene wax 13%) และ Citrosol AK (Carnuba wax 18%) ซึ่งเป็นสารเคลือบส้มทางการค้า การหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride; PVC) และการบรรจุแบบ liner ('bag-in-box' type) ในถุงแอคทีฟที่มีอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน (Oxygen Transmission Rate; OTR) 17,000 cc./m^2 .day โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 60 วัน ระหว่างการเก็บรักษาทุก 10 วัน ทำการย้ายผลส้มโอมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน3 วัน โดยตรวจสอบคุณภาพดังต่อไปนี้ ปริมาณแก๊สออกซิเจน (O_2) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ภายในผลส้มโอ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ค่าของสีเปลือก อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable Acidity; TA) ปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด พบว่าการเคลือบผลส้มโอพันธุ์ทองดีด้วยสาร Citrolsol AK มีปริมาณแก๊สออกซิเจนน้อยที่สุด (4-8%O_2) และคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด (9%CO_2) รองลงมาได้แก่ Honra (12%O_2 และ 7%CO_2) ซึ่งการเคลือบผลและถุงแอคทีฟสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกส้มโอได้ แต่อย่างไรก็ตามผลส้มโอที่เคลือบด้วยสาร Citrolsol AK มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากการไม่เคลือบผลและถุงแอคทีฟมีการสูญเสียน้ำได้น้อยที่สุด รองลงมาได้แก่การเคลือบผลด้วยสาร Honra และการหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ตามลำดับ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้แต่พบว่า ส้มโอในชุดควบคุมมีปริมาณวิตามินซีและสารประกอบฟีนอลมากที่สุด หลังการเก็บรักษานาน 50-60 วัน (เสาวภา, 2551)

4. การเก็บรักษาในห้องเย็น

การเก็บรักษาในระบบความเย็น (Cold Treatment, CT) ทำการทดลองกับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยนำผลส้มโอมาล้างด้วย SOPP 0.5 %ผึ่งให้แห้ง เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Citrosol AK และ Citrashine เก็บรักษาในระบบความเย็นที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน และ เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน สามารถเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งได้ โดยมีลักษณะที่ปรากฏผลสด สีผิวเขียว ไม่พบอาการผิดปกติเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ และการเคลือบผิวด้วย Citrashine มีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด 0.4% รองลงมาคือตัวควบคุม 0.9% และ Citrosol AK 0.9% หลังออกจากระบบ CT ส้มโอสามารถเก็บ

รักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน โดยที่คุณภาพเนื้อยังเป็นที่ยอมรับ (รัตตา, 2548)

ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของส้มโอเมื่อเก็บรักษาไว้ที่ระดับอุณหภูมิต่ำที่จะเกิด chilling injury การเก็บรักษาผลส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง อายุ 7.5 เดือน นับจากดอกบาน ที่อุณหภูมิ1$\pm$1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน เพื่อใช้เป็นวิธีการกำจัดแมลงวันทอง พบว่า ภายหลังการเก็บรักษาแล้วย้ายมาที่อุณหภูมิห้อง (29 องศาเซลเซียส) 1 หรือ 7 วัน สีผิวของส้มโอเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย, ความแน่นเนื้อ, ปริมาณกรดและอัตราส่วนของน้ำตาลต่อกรดผันแปรเล็กน้อย ปริมาณ soluble solids และวิตามินซีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณ ethyl alcohol เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะส้มโอที่ย้ายมาเก็บรักษาต่อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน ความเปรี้ยว ความหวาน ความแฉะ เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่พบอาการ chilling injury ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 โดยส้มโอมีกลิ่นและรสที่ผิดปกติไปเมื่อเก็บรักษาผลส้มโอทั้งสองพันธุ์ที่ 1$\pm$1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ แล้วย้ายมาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2, 4 และ 6 สัปดาห์ พบว่า ส้มโอทั้งสองพันธุ์มีการสูญเสียน้ำหนัก สีผิว ปริมาณกรด ปริมาณ soluble solids อัตราส่วนระหว่างกรดต่อน้ำตาล ปริมาณวิตามินซี ความหวาน ความเปรี้ยวความแฉะ กลิ่นและรสเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างไปจากส้มโอที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องตลอดเวลา (Control) แต่ความแน่นเนื้อในพันธุ์ทองดี และปริมาณ Ethyl alcohol กลิ่นและรสผิดปกติ ในพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าเมื่อเก็บไว้ที่ 10 องศาเซลเซียส นานขึ้นส่วนในพันธุ์ทองดีไม่ปรากฏกลิ่นและรสผิดปกติ (อุมาพันธ์, 2533)

5. การทำให้เกิดภาวะเครียดของพืช (Stress treatments)

ปัจจุบันมีการนำเอาเทคโนโลยีการฉายรังสียูวีบี (UV-B irradiation) ซึ่งมีความยาวคลื่นอัลตราไวโอเลทเท่ากับ 280-315 นาโนเมตร ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการชะลอการเหลืองและรักษาคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตรซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญทำให้อายุการเก็บรักษาและอายุการวางจำหน่ายสั้นลง และการให้ความร้อน (Heat treatments)ได้แก่ การใช้ไอน้ำร้อน (vapor heat treatment) การใช้ไอร้อนแห้ง (hot air) และการใช้น้ำร้อน (hot water) ซึ่งปลอดภัยต่อผู้บริโภคและไม่มีสารพิษตกค้างเช่นสารเคมีส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของพืชหรือเซลล์ผิวนั้น อาจจะถูกทำลายไปบ้างในช่วงการเก็บเกี่ยว และเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดยังเข้าทำลายผลิตผลได้ โดยไม่ต้องมีแผลดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อลดการงอกของสปอร์เชื้อราที่ติดมากับผลิตผลวิธีการป้องกันหลังการเก็บเกี่ยวทำได้หลายวิธี ผลิตผลบางชนิดได้รับเชื้อสาเหตุหลังการเก็บเกี่ยวหรือได้รับเชื้อแบบแฝงแล้วก็ตาม อาจป้องกันโรคได้โดยวิธี แช่ลงในน้ำร้อน เป็นระยะเวลาสั้นๆ โดยอุณหภูมิที่ใช้จะต้องสูงกว่าจุดที่จะทำให้จุลินทรีย์ตาย (Thermal Death Point) แต่จะต้องไม่เป็นอันตรายต่อผลิตผล (ดนัย, 2540) การใช้ความร้อนที่มีอุณหภูมิ

ต่ำกว่าอุณหภูมิที่เป็นอันตรายกับผลไม้ 2-3 องศาเซลเซียส สามารถกำจัดหรือยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อโรคได้ การใช้ความร้อนฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์ในแง่ต้นทุนต่ำ ใช้เครื่องมือง่ายๆ และไม่มีสารเคมีตกค้างบนผิวของผลไม้อุณหภูมิที่นิยมใช้โดยทั่วไปมี 2 ระดับคือการใช้อุณหภูมิสูงในระยะเวลานาน (long term) และอุณหภูมิสูงในระยะเวลาสั้นๆ (short term) ในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งทั้งสองเทคโนโลยีเป็นการทำให้เกิดภาวะเครียดของพืช (stress treatment) เกิดการยับยั้งกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ ขึ้นมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว สามารถชะลอการเหลืองและปรับปรุงทางด้านคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้

Aiamla-or et al. (2010) รายงานว่าการฉายรังสี UV-B ที่ความเข้มข้น 8.8 kJ m^{-2} ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 15 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเหลืองของช่อดอกบร็อคโคลี โดยชะลอการลดลงของค่า hue angle value และปริมาณคลอโรฟิลเอและบี มีการนำเอาเทคโนโลยีการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตมาประยุกต์ใช้ในมะนาวได้แก่ การฉายรังสี UV-B ที่ระดับ 8.8 kJ/m^2 ในมะนาวพันธุ์ตาฮิติ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ของเปลือกและชะลอการลดลงของอนุพันธุ์ของคลอโรฟิลล์ต่างๆ ได้แก่ chlorophyllide a, pheophorbide a และ pheophytin a (Srilaong et al., 2011) ต่อมา Kaewsuksaeng et al. (2011) ได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้รังสี UV-B ที่ระดับ 19.0 kJ m^{-2} เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในมะนาวพันธุ์ตาฮิติเช่นกัน พบว่าสามารถชะลอการเหลืองโดยผิวเปลือกเริ่มเหลืองในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา และพัฒนาการเหลืองครบ 100 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 35 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดควบคุมเริ่มเหลืองในวันที่ 3 และพัฒนาการเหลืองครบ 100 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา ซึ่งการฉายรังสียูวีบีในมะนาวนั้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก (เริ่มสีเหลือง) ช้ากว่าชุดควบคุม 4 วัน และสามารถชะลอการพัฒนาการเหลืองครบ 100 เปอร์เซ็นต์ได้ 15 วัน ซึ่งในระยะเวลานี้ช่วยรักษามูลค่าราคาให้คงสูงในการวางจำหน่ายได้ เนื่องจากผิวเปลือกมะนาวยังคงสภาพสีเขียว นอกจากนี้พบว่าการฉายรังสียูวีบี ที่ระดับ 19.0 kJ m^{-2} สามารถลดการทำงานของกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวกับกับสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้แก่ chlorophyllase, Mg-dechelationacitivity, chlorophyll-degrading peroxidase และ pheophytinase และการกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของสารต่อต้านอนุมูลอิสระ เช่น Ascorbic acid นอกจากนี้ยังช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายในทั้งปริมาณกรด citric และ malic และปริมาณน้ำตาล Glucose, Fructose และ Sucrose (Kaewsuksaeng et al., 2011) เมื่อศึกษาถึงการเหี่ยวของผลมะนาวพบว่าการฉายรังสียูวีบี ที่ระดับ 19.0 kJ m^{-2} ลดการสูญเสียน้ำหนักได้ 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และสามารถชักนำให้เกิดการปิดของปากใบ (stomata) ที่เปลือกมะนาวตั้งแต่วันแรกของการฉายรังสี ส่งผลให้มะนาวมีเปลือกผลที่ที่ดูสดและไม่เหี่ยว (Kaewsuksaeng et al., 2012)

นอกจากนี้การให้ความร้อนสามารถทำได้หลายวิธี Funamoto et al. (2002) รายงานว่าการใช้ไอร้อนแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในบร็อคโคลี่สามารถชะลอการเหลืองและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ Yamauchi et al. (2003) พบว่าการใช้สารเคลือบผิว 2 % sucrose laurate ester ร่วมกับการจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเหลืองของส้ม Nagato-yuzukichi Costa et al. (2006) การใช้ไอร้อนแห้งที่ 48 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงในบร็อคโคลี่สามารถชะลอการเหลืองและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ ล่าสุด Kaewsuksaeng et al. (2015) ได้จุ่มน้ำร้อนในมะนาวพันธุ์แป้นที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที สามารถชะลอการเหลืองและควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีที่สุด โดยมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 35 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 25 วัน

นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้ความร้อนในผลิตผลหลายๆ ชนิดในการควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% ภายหลังจากการจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 5 นาทีตามลำดับ พบว่าในชุดควบคุมมีการแสดงลักษณะอาการสะท้านหนาวที่บริเวณเปลือกภายหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ซึ่งสอดคลองกับค่าการรั่วไหลของประจุที่เปลือกของมะม่วงพบว่ามีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองที่ผ่านการให้ความร้อนทั้ง 2 เวลาคือ 2 และ 5 นาทีนอกจากนี้การทดลองยังพบว่าการสูญเสียน้ำหนัก อัตราการหายใจ Peroxidase Lipid peroxidation ในชุดควบคุมมีแนวโน้มที่มากกว่าเช่นเดียวกัน อีกทั้งยังมีการลดลงของลักษณะเนื้อสัมผัสและการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมากกว่าชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนทั้ง 2 เวลาอย่างไรก็ตาม ชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 5 นาทีมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 30 วันซึ่งพบว่ามากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ (เบญจมาส, 2547)

นกน้อยและคณะ (2547) รายงานผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลแตงเมลอนที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์91% พบว่าความร้อนสามารถชะลอกระบวนการสุกและการสูญเสียทางคุณภาพได้ดี การจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน3นาที สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีได้ดีที่สุด โดยมีผลชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อ อัตราการหายใจ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด การผลิตเอทิลีนและกิจกรรม ACC oxidase ของผลแตงเมลอน และยังช่วยป้องกันการเกิดโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* spp.การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคแตงเมลอนที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนพบว่าผลแตงเมลอนที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนได้รับการยอมรับทางด้านรสชาติ (ความหวาน) ความกรอบ และคุณภาพโดยรวมได้ดีกว่าผลแตงเมลอนที่ไม่ได้ผ่านการจุ่มน้ำร้อน

และมีรายงานผลของการจุ่มน้ำร้อนเพื่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของฝรั่งพร้อมบริโภค (พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู) โดยทำการตัดแต่งภายหลังจากการให้ความร้อนที่ระดับ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 30 นาที ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าการให้ความร้อน 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา30 นาทีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลฝรั่ง (ค่า Hue angle) อย่างชัดเจนโดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าสีในชุดการทดลองอื่น อีกทั้งชุดการทดลองดังกล่าวยังส่งผลต่อการเกิดกลิ่นผิดปกติโดยเฉพาะพันธุ์แป้นสีทอง พบว่า มีการตอบสนองต่อความร้อนมากกว่าพันธุ์กิมจู นอกจากนี้การทดสอบการยอมรับด้าน สี กลิ่นและความกรอบ แสดงให้เห็นว่า ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของการลดลงของคะแนนการยอมรับ ที่ความร้อน 40 และ 50 องศาเซลเซียส มีผลต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดีกว่าที่ความร้อน60 องศาเซลเซียส สำหรับพันธุ์ฝรั่ง พบว่าพันธุ์แป้นสีทองมีการลดลงของคะแนนการยอมรับสูงกว่าพันธุ์กิมจู (ชัยรัตน์, 2553)

ในขณะที่ อภิรดีและคณะ (2555) ศึกษาผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงแปลงสีของมะระจีนตัดแต่งพร้อมบริโภคบริโภค นำผลมะระจีนพันธุ์เขียวหยก เบอร์ 16 มาล้างทำความสะอาดแล้วแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้ 1) จุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที 2) จุ่มเอทีฟอน ความเข้มข้น 150 พีพีเอ็ม แล้วตามด้วยการจุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ55 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที 3) จุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ55 องศาเซลเซียส นาน 2 นาทีแล้วตามด้วยการจุ่มในเอทีฟอน ความเข้มข้น 150 พีพีเอ็ม และ 4) จุ่มน้ำประป้า (ชุดควบคุม) หลังจากนั้นผึ่งแห้งแล้วหันเป็นชิ้นขนาด 5 x 6 เซนติเมตร และบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพีวีซีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่ามะระจีนที่จุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ55 องศาเซลเซียส นาน2 นาทีมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดอย่างมรนัยสำคัญ การให้สารเอทีฟอนก่อนหรือหลังการจุ่มน้ำร้อนกระตุ้นให้มะระจีนสูญเสียคลอโรฟิลล์มากที่สุดซึ่งสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส นอกจากนี้การจุ่มน้ำร้อนมีแนวโน้มลดการหายใจและการผลิตเอทิลีนของชิ้นมะระจีนตัดแต่งเปรียบเทียบกับชุดควบคุมดังนั้นเอทิลีนสามารถกระตุ้นให้มะระจีนเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเร็วขึ้นและการจุ่มน้ำร้อนสามารถชะลอการเกิดสีเหลืองได้

นอกจากนี้ผลการศึกษาจากการจุ่มน้ำร้อนต่อการทำงานของสารแอนติออกซิเดนต์และคุณภาพของผลกล้วยหอมทอง โดยได้นำผลกล้วยหอมทองจุ่มในน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน ผลการศึกษาพบว่า กล้วยหอมทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีการสุกในวันที่ 8-10 ของการเก็บรักษา โดยมีแนวโน้มของการชะลอการสุกในกล้วยหอม รวมทั้งมีการชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าความสว่างของสีเปลือก ผลการศึกษาสรุปได้ว่าเมื่อนำกล้วยหอมทองจุ่มน้ำอุณหภูมิดังกล่าว

สามารถชักนำสารแอนติออกซิแดนต์ให้เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการชะลอการสุกของกล้วยระหว่างการเก็บรักษา สามารถเก็บกล้วยหอมทองไว้ได้นานขึ้น เนื่องจากความร้อนจะมีส่วนช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เมตาบอลิซึมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับก๊าซเอทิลีนและกระบวนการสุกของกล้วยหอมทอง (กนกวรรณและคณะ, 2555)

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวางแผนการทดลอง

<u>การทดลองที่ 1</u> ศึกษาผลของการฉายรังสียูวีบี (UV-B) ต่อการเหลืองและอายุการเก็บรักษาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

เก็บเกี่ยวผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม อายุ 160 วันหลังการติดผล มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 9 องศาบริกซ์ และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 0.58% (ดัชนีเก็บเกี่ยวทางการค้า) โดยนำไปฉายรังสียูวีบี ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน ภายใต้พื้นที่ 1 ตารางเมตร ด้วยหลอดยูวีบี ระยะเวลาต่างกันเพื่อคำนวณความเข้มข้นดังต่อไปนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่ฉายรังสี UV-B (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 ฉายรังสี UV-B ความเข้มข้น 18kJ m^{-2}
ชุดการทดลองที่ 3 ฉายรังสี UV-B ความเข้มข้น 27kJ m^{-2}
ชุดการทดลองที่ 4 ฉายรังสี UV-B ความเข้มข้น 36kJ m^{-2}
ชุดการทดลองที่ 5 ฉายรังสี UV-B ความเข้มข้น 45kJ m^{-2}
ชุดการทดลองที่ 6 ฉายรังสี UV-B ความเข้มข้น 54kJ m^{-2}

หลังจากการฉายรังสี UV-B เสร็จใส่ถุง polyethylene film bags (ความหนา 0.03 มม.) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) ที่มืด แล้วตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและบันทึกทุกๆ 5 วัน ของการเก็บรักษา

<u>การทดลองที่ 2</u> ศึกษาผลของการฉายรังสียูวีบี (UV-B) ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่ฉายรังสี UV-B (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 ชุดที่ฉายรังสี UV-B ผลที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1

หลังจากการฉายรังสี UV-B เสร็จใส่ถุง polyethylene film bags (ความหนา 0.03 มม.) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) ที่มืด แล้วตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและบันทึกทุกๆ 5 วัน ของการเก็บรักษา ดังต่อไปนี้

1. ค่าสีเปลือกและสีเนื้อ โดยเครื่องวัดสี Minolta Colorimeter: CR300 โดยใช้ค่า Hue angle ค่า Hue angle เป็นค่าที่รายงานถึงการเปลี่ยนแปลงของโทนสีในระดับต่างๆ ที่เปลี่ยนไปตามค่ามุม ถ้ามีค่าเข้าใกล้มุม 90 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง หากมีค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

Hue angle (H°)= $(\tan^{-1}$ b/a) เมื่อ a >0 และ b > 0

Hue angle (H°) = 180° + $(\tan^{-1}$ b/a) เมื่อ a < 0

Hue angle (H°) = 360°+ $(\tan^{-1}$ b/a) เมื่อ a >0 และ b <0

2. ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบี (Yamauchi and Watada, 1991)

นำเปลือกส้มโอมาหั่นละเอียดปริมาณ 0.5 กรัม ใน N,N-Dimethylformamide 20 ลิตร หลังจากนั้นเก็บไว้ในที่มืด 1 คืน แล้วนำมาวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 664 และ 647 นาโนเมตร คำนวณคลอโรฟิลล์ตามสูตรดังนี้

คลอโรฟิลล์เอ (µg/ml) = 12.64 OD_{664} - 2.99 OD_{647}

คลอโรฟิลล์บี (µg/ml) = -5.6 OD_{664} + 23.26 OD_{647}

คลอโรฟิลล์เอ (mg/100gFW) = คลอโรฟิลล์เอ (µg/ml) x 20.5 x100/0.5x1/1000)

คลอโรฟิลล์บี (mg/100gFW) = คลอโรฟิลล์บี (µg/ml) x 20.5 x100/0.5x1/1000)

3. กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase (Kaewsuksaeng et al., 2011)

นำ crude enzyme จากเปลือกส้มโอ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ Tritron-X100 ที่ความเข้มข้น 1.44 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เติม chlorophyll *a* acetone solution (ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของ acetone) ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และ phosphate buffer (pH 7.5) ที่ความเข้มข้น 0.1 โมล ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องสาเซลเซียส นาน 40 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยเติม acetone ปริมาตร 4 มิลลิลิตร และแยกส่วนของ chlorophyllide *a* ออกจาก chlorophyll *a* โดยเติม hexane ปริมาตร 4 มิลลิลิตร จากนั้นนำส่วนของสารละลายชั้นล่าง มาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง spectrophotometer (Shimadzu, Japan) จากนั้น นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์โดยเทียบกับค่า Coefficient ของ chlorophyllide *a* = 76.79 $mM \cdot cm^{-1}$ โดยมีหน่วยของเอนไซม์คือ $Unit.mg^{-1}$protein

4. กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelatase (Kaewsuksaeng et al., 2011)

นำ crude enzyme จากเปลือกส้มโอ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ phosphate buffer ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และใช้สารตั้งต้น chlorophyll a ความเข้มข้น 500 โมโครลิตรต่อมิลลิลิตร ร่วมกับ coumaric acid ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 โมโครลิตร จากนั้นวัดกิจกรรมเอนไซม์โดยดูการลดลงของ chlorophyll a ที่ความยาวคลื่น 668 นาโนเมตร ต่อนาที ต่อ mg protein ที่ 25 องศาเซลเซียส

5. กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll-degrading peroxidase (Yamauchi et al., 1997)

นำ crude enzyme จากเปลือกส้มโอ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร มาทำปฏิกิริยากับ Tritron-X100 ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และใช้สารตั้งต้น chlorophyllide a ความเข้มข้น 8.80 โมโครกรัม จากนั้นวัดกิจกรรมเอนไซม์โดยดูการเพิ่มขึ้นของ pheophorbide a ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร ต่อนาที ต่อ mg protein

6. กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase (ดัดแปลงจาก Schelbert et al., 2009)

นำ crude enzyme จากเปลือกส้มโอ ปริมาตร 0.5 ml มาทำปฏิกิริยากับ Tris-HCl pH 8 ที่ความเข้มข้น 15 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และ pheophytin *a* ปริมาตร 0.2 ml บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยเติม acetone ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และแยกส่วนของ pheophocide *a* ออกจากชั้นของ pheophytin *a* โดยเติม hexane ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำส่วนของสารละลายชั้นล่างมาวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณเทียบกับค่า coefficient ของ pheophocide *a* = 7.08 $mM \cdot cm^{-1}$ โดยมีหน่วยของเอนไซม์คือ $Unit.mg^{-1}$protein

7. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในเนื้อผล (Total Soluble Solids; TSS) โดยใช้ hand reflactometer

หาความหวานในรูปของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid: TSS) โดยใช้น้ำคั่นจากส้มโอทำการวัด โดยเครื่อง Hand Refractrometer ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)

8. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ในรูปกรดซิตริกในเนื้อผล (tritratable acidity; TA)

นำน้ำคั้นจากส่วนของส้มโอจำนวน 5 มิลลิลิตร ไตเตรทด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 หรือ 1 นอร์มัล โดยใช้สารละลาย Phenolpthalein ความเข้มข้น 0.1 % ปริมาณ 1 – 2 หยด เป็น

indicator จนถึงจุดยุติ (เมื่อสารละลายมีสีชมพู ประมาณ 30 นาที) คำนวณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริก ดังนี้

$$\%TA = \left[\frac{(ml.NaOH)(N\ NaOH)\times meq.wt\ of\ citric\ acid}{ml\ of\ sample}\right]\times 100$$

โดย N NaOH = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH

ml.NaOH = ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

milli equivalent weight (meq.wt) of citric acid = 0.064

9. การสูญเสียน้ำหนัก

ในระหว่างการเก็บรักษา จะทำการบันทึกน้ำหนักก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษาทุก 2 วัน นำน้ำหนักที่ได้มาคิดเป็นร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก โดยให้การสูญเสียน้ำหนักก่อนการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับร้อยละ 0 โดยคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก} = \left(\frac{\text{นน.เริ่มต้น} - \text{นน.หลังการเก็บรักษา}}{\text{นน.เริ่มต้น}}\right)\times 100$$

10. ประเมินการยอมรับของผู้บริโภคด้านรสชาติ

ประเมินโดยให้ผู้บริโภคชิมส้มโอ แล้วให้คะแนนด้านรสชาติ กลิ่นและความพึงพอใจ ประเมินผลตามเกณฑ์ดังนี้

1 คะแนน คือ ยอมรับน้อยมาก

2 คะแนน คือ ยอมรับน้อย

3 คะแนน คือ ยอมรับปานกลาง

4 คะแนน คือ ยอมรับมาก

5 คะแนน คือ ยอมรับมากที่สุด

11. อายุการเก็บรักษา

ประเมินโดยการเหลืองของสีเปลือก 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว

การทดลองที่ 3 ผลของไอร้อนแห้ง (Hot air) ต่อการเหลืองและอายุการเก็บรักษาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

เก็บเกี่ยวผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม อายุ 160 วันหลังการติดผล มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 9 องศาบริกซ์และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 0.58% (ดัชนีเก็บเกี่ยวทางการค้า) ใส่ถุงpolyethylene film bags (ความหนา 0.03 มม.) นำมาบ่มด้วยไอร้อนแห้งโดยใช้เครื่อง Hot air oven แล้วควบคุมอุณหภูมิดังต่อไปนี้

ชุดการทดลองที่	1	ไม่ให้ไอร้อนแห้ง (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่	2	ไอร้อนแห้ง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที
ชุดการทดลองที่	3	ไอร้อนแห้ง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที
ชุดการทดลองที่	4	ไอร้อนแห้ง ที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที
ชุดการทดลองที่	5	ไอร้อนแห้ง ที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที
ชุดการทดลองที่	6	ไอร้อนแห้ง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที
ชุดการทดลองที่	7	ไอร้อนแห้ง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

หลังจากให้ไอร้อนแห้งตามชุดการทดลองข้างต้น นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) ที่มืด แล้วตรวจวิเคราะห์คุณภาพและบันทึกการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวทุกๆ 5 วัน ของการเก็บรักษาเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 4 ผลการให้ไอร้อนแห้ง (Hot air) ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

ชุดการทดลองที่	1	ไม่ให้ทรีทเม้นใดๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่	2	การใช้ไอร้อนแห้ง-ผลที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 3

หลังจากฉายรังสีและให้ไอร้อนแห้งเสร็จ ใส่ถุง polyethylene film bags (ความหนา 0.03 มม.) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) ที่มืด นำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพและบันทึกการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวทุกๆ 5 วันของการเก็บรักษาดังต่อไปนี้

1. ค่าสีเปลือกและสีเนื้อ โดยเครื่องวัดสี Minolta Colorimeter: CR300 โดยใช้ค่า Hue angle Hue angle เป็นค่าที่รายงานถึงการเปลี่ยนแปลงของโทนสีในระดับต่างๆ ที่เปลี่ยนไปตามค่ามุม ถ้ามีค่าเข้าใกล้มุม 90 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง หากมีค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว (รูปที่ 3.1) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

Hue angle (H°)= $(\tan^{-1}$ b/a) เมื่อ a >0 และ b > 0

Hue angle (H°) = 180° + $(\tan^{-1}$ b/a) เมื่อ a <0

Hue angle (H°) = 360°+ $(\tan^{-1}$ b/a) เมื่อ a >0 และ b <0

2. ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบี (Yamauchi and Watada, 1991)
นำเปลือกส้มโอมาหั่นละเอียดปริมาณ 0.5 กรัม ใน *N,N*-Dimethylformamide 20 ลิตร หลังจากนั้นเก็บไว้ในที่มืด 1 คืน แล้วนำมาวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 664 และ 647 นาโนเมตร คำนวณคลอโรฟิลล์ตามสูตรดังนี้

คลอโรฟิลล์เอ (µg/ml) = 12.64 OD_{664} - 2.99 OD_{647}

คลอโรฟิลล์บี (µg/ml) = -5.6 OD_{664} + 23.26 OD_{647}

คลอโรฟิลล์เอ (mg/100gFW) = คลอโรฟิลล์เอ (µg/ml) x 20.5 x100/0.5x1/1000)

คลอโรฟิลล์บี (mg/100gFW) = คลอโรฟิลล์บี (µg/ml) x 20.5 x100/0.5x1/1000)

3. กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase (Kaewsuksaeng et al., 2011)

นำ crude enzyme จากเปลือกส้มโอ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ Tritron-X100 ที่ความเข้มข้น 1.44 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เติม chlorophyll *a* acetone solution (ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของ acetone) ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และ phosphate buffer (pH 7.5) ที่ความเข้มข้น 0.1 โมล ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องสาเซลเซียส นาน 40 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยเติม acetone ปริมาตร 4 มิลลิลิตร และแยกส่วนของ chlorophyllide *a* ออกจาก chlorophyll *a* โดยเติม hexane ปริมาตร 4 มิลลิลิตร จากนั้นนำส่วนของสารละลายชั้นล่าง มาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง spectrophotometer (Shimadzu, Japan) จากนั้น นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์โดยเทียบกับค่า Coefficient ของ chlorophyllide *a* = 76.79 mM·cm^{-1} โดยมีหน่วยของเอนไซม์คือ Unit.mg^{-1}protein

4. กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelatase (Kaewsuksaeng et al., 2011)

นำ crude enzyme จากเปลือกส้มโอ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ phosphate buffer ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และใช้สารตั้งต้น chlorophyll a ความเข้มข้น 500 โมโครลิตรต่อมิลลิลิตร ร่วมกับ coumaric acid ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 โมโครลิตร จากนั้นวัดกิจกรรมเอนไซม์โดยดูการลดลงของ chlorophyll a ที่ความยาวคลื่น 668 นาโนเมตร ต่อนาที ต่อ mg protein ที่ 25 องศาเซลเซียส

5. กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll-degrading peroxidase (Yamauchi et al., 1997)

นำ crude enzyme จากเปลือกส้มโอ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร มาทำปฏิกิริยากับ Tritron-X100 ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และใช้สารตั้งต้น chlorophyllide a ความเข้มข้น 8.80 โมโครกรัม จากนั้นวัดกิจกรรมเอนไซม์โดยดูการเพิ่มขึ้นของ pheophorbide a ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร ต่อนาที ต่อ mg protein

6. กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase (ดัดแปลงจาก Schelbert et al., 2009)

นำ crude enzyme จากเปลือกส้มโอ ปริมาตร 0.5 ml มาทำปฏิกิริยากับ Tris-HCl pH 8 ที่ความเข้มข้น 15 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และ pheophytin *a* ปริมาตร 0.2 ml บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยเติม acetone ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และแยกส่วนของ pheophocide *a* ออกจากชั้นของ pheophytin *a* โดยเติม hexane ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำส่วนของสารละลายชั้นล่างมาวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณเทียบกับค่า coefficient ของ pheophocide *a* = 7.08 $mM \cdot cm^{-1}$ โดยมีหน่วยของเอนไซม์คือ $Unit.mg^{-1}$protein

7. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในเนื้อผล (Total Soluble Solids; TSS) โดยใช้ hand reflactometer

หาความหวานในรูปของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid: TSS) โดยใช้น้ำคั้นจากส้มโอทำการวัด โดยเครื่อง Hand Refractrometer ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)

8. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ในรูปกรดซิตริกในเนื้อผล (tritratable acidity; TA)
นำน้ำคั่นจากส่วนของส้มโอจำนวน 5 มิลลิลิตร ไตเตรทด้วยสารละลาย NaOHความเข้มข้น 0.1 หรือ 1 นอร์มัล โดยใช้สารละลาย Phenolpthaleinความเข้มข้น 0.1 % ปริมาณ 1 – 2 หยด เป็น indicator จนถึงจุดยุติ (เมื่อสารละลายมีสีชมพู ประมาณ 30 นาที) คำนวณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริก ดังนี้

$$\%TA = \left[\frac{(\text{ml.NaOH})(\text{N NaOH}) \times \text{mep.wt of citric acid}}{\text{ml of sample}}\right] \times 100$$

โดย N NaOH = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH
ml.NaOH = ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต
milliequivalent weight (meq.wt) of citric acid = 0.064

9. การสูญเสียน้ำหนัก
ในระหว่างการเก็บรักษา จะทำการบันทึกน้ำหนักก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษาทุก 2 วัน นำน้ำหนักที่ได้มาคิดเป็นร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก โดยให้การสูญเสียน้ำหนักก่อนการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับร้อยละ 0 โดยคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก} = \left(\frac{\text{นน.เริ่มต้น} - \text{นน.หลังการเก็บรักษา}}{\text{นน.เริ่มต้น}}\right) \times 100$$

10. ประเมินการยอมรับของผู้บริโภคด้านรสชาติ
ประเมินโดยให้ผู้บริโภคชิมส้มโอ แล้วให้คะแนนด้านรสชาติ กลิ่นและความพึงพอใจ ประเมินผลตามเกณฑ์ดังนี้

1 คะแนน คือ ยอมรับน้อยมาก
2 คะแนน คือ ยอมรับน้อย
3 คะแนน คือ ยอมรับปานกลาง
4 คะแนน คือ ยอมรับมาก
6 คะแนน คือ ยอมรับมากที่สุด

12. อายุการเก็บรักษา
ประเมินโดยการเหลืองของสีเปลือก 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นทีผิว

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองที่ 1 2 3 และ 4 มีการวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) 4 ซ้ำ นำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการฉายรังสียูวีบี (UV-B) ต่อการเหลืองและอายุการเก็บรักษาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

ผลการทดลองพบว่า ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามในชุดควบคุม (ไม่ฉายรังสียูวีบี) และชุดที่มีการฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 18 27 36 45 และ 54 kJ m^{-2} มีแนวโน้มการลดลงของค่า Hue angle (ตารางที่ 1) และการเพิ่มขึ้นของค่า L (ตารางที่ 2) รวมทั้งการสูญเสียน้ำหนัก (ตารางที่ 3) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 50 โดยพบว่าการฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} สามารถชะลอการเหลืองและการลดลงของ Hue angle ได้ดีที่สุด มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ และมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 50 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 20 วัน ดังนั้นจึงเลือกการฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มาศึกษาต่อในการทดลองที่ 2

ตารางที่ 1 ค่า Hue angle ของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

UV-B treatment ($kJ.m^{-2}$)	Hue angle								
	Day 0	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20	Day 25	Day 30	Day 40	Day 50
Control	100.42±0.01	109.63±0.01	104.54±0.02	103.4±0.01	99.23±0.02				
18	97.82±0.02	107.03±0.02	101.94±0.01	100.8±0.25	96.63±0.02	96.00±0.01			
27	99.08±0.01	108.29± 0.01	103.20 ±0.02	102.06±0.01	97.89±0.01	97.26 ±0.01			
36	97.43±0.01	100.35±0.01	93.93±0.02	101.7±0.01	96.7±0.01	93.7±0.02	94.07±0.01		
45	98.63±0.01	108.35±0.01	101.93±0.17	109.7±0.01	104.7±0.01	101.7±0.01	102.07±0.01	96.01±0.01	97.51±0.02
54	98.71±0.01	112.4±0.02	104.54±0.02	109.85±0.01	102.74±0.01	98.92±0.01	94.64±0.02	95.23±0.02	94.23±0.01

ตารางที่ 2 ค่า L value ของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

UV-B treatment ($kJ.m^{-2}$)	L value								
	Day 0	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20	Day 25	Day 30	Day 40	Day 50
Control	52.01 ± 0.02	50.47 ± 0.02	53.41 ± 0.02	57.42 ± 0.02	62.03 ± 0.02				
18	52.88 ±0.02	51.39 ± 0.02	50.25 ± 0.01	49.24 ±0.01	51.96 ± 0.01	51.83±0.01			
27	50.51 ±0.02	48.97 ± 0.02	51.91 ±0.01	55.92 ±0.02	60.53± 0.02	62.63±0.02			
36	50.02 ±0.01	46.93 ± 0.02	50.16 ± 0.02	52.64 ±0.01	56.57 ± 0.01	59.35±0.01	62.1± 0.15		
45	51.92 ±0.02	48.83 ± 0.02	52.06 ± 0.01	54.54 ±0.01	58.47 ± 0.01	61.25±0.02	64.0± 0.05	69.15±0.01	70.58±0.01
54	49.82 ±0.02	46.73 ± 0.01	49.96 ± 0.01	52.44 ±0.02	56.37±0.01	59.15±0.01	61.9± 0.06	67.05±0.01	73.56±0.01

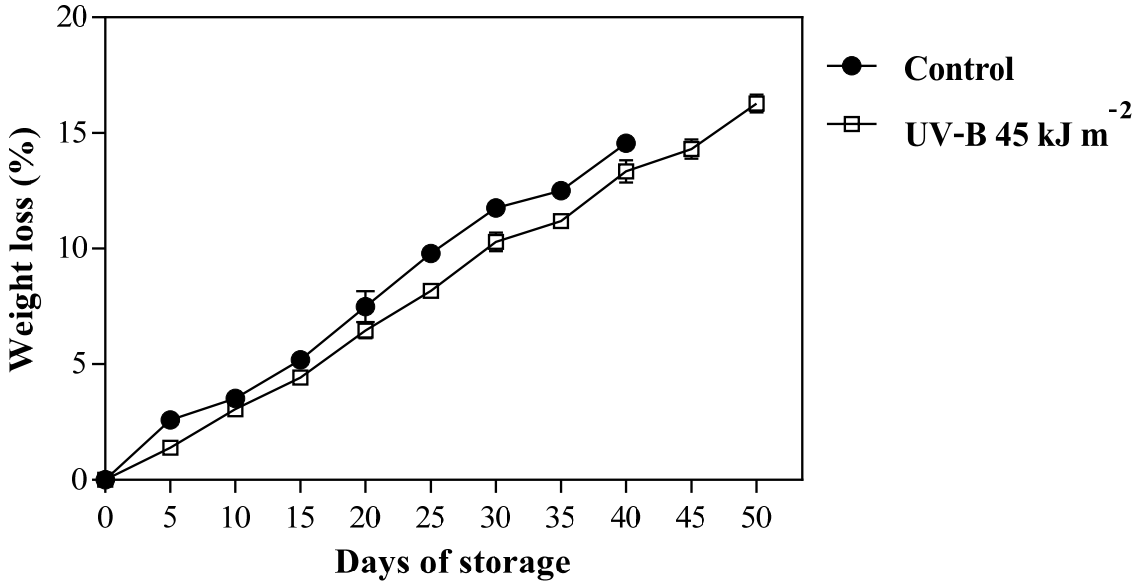
ตารางที่ 3 การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

UV-B treatment ($kJ.m^{-2}$)	Weight loss (%)								
	Day 0	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20	Day 25	Day 30	Day 40	Day 50
Control	0	2.41 ±0.01	5.61 ± 0.01	9.42 ±0.02	12.81 ± 0.03				
18	0	2.38 ± 0.02	6 ± 0.01	9.61 ±0.01	10.22 ± 0.01	14.89 ±0.10			
27	0	1.98 ± 0.02	4.26 ± 0.02	8.56 ±0.01	11.26 ± 0.01	13.45 ± 0.01			
36	0	1.78 ± 0.01	3.2 ±0.15	5.26 ±0.02	7.26 ± 0.01	7.87 ± 0.06	9.43 ±0.01		
45	0	0.38 ± 0.01	1.0 ± 0.01	1.61 ± 0.01	2.22 ±0.02	2.81 ± 0.05	3.98 ± 0.01	4.85 ± 0.01	5.62 ± 0.01
54	0	0.87 ± 0.01	2.39 ± 0.01	4.49 ± 0.01	6.32 ± 0.01	8.17 ± 0.01	7.56 ± 0.01	9.26 ± 0.01	10.12 ± 0.01

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการฉายรังสียูวีบี (UV-B) ต่อการเสลายตัวของคลอโรฟิลล์และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

1. การสูญเสียน้ำหนัก

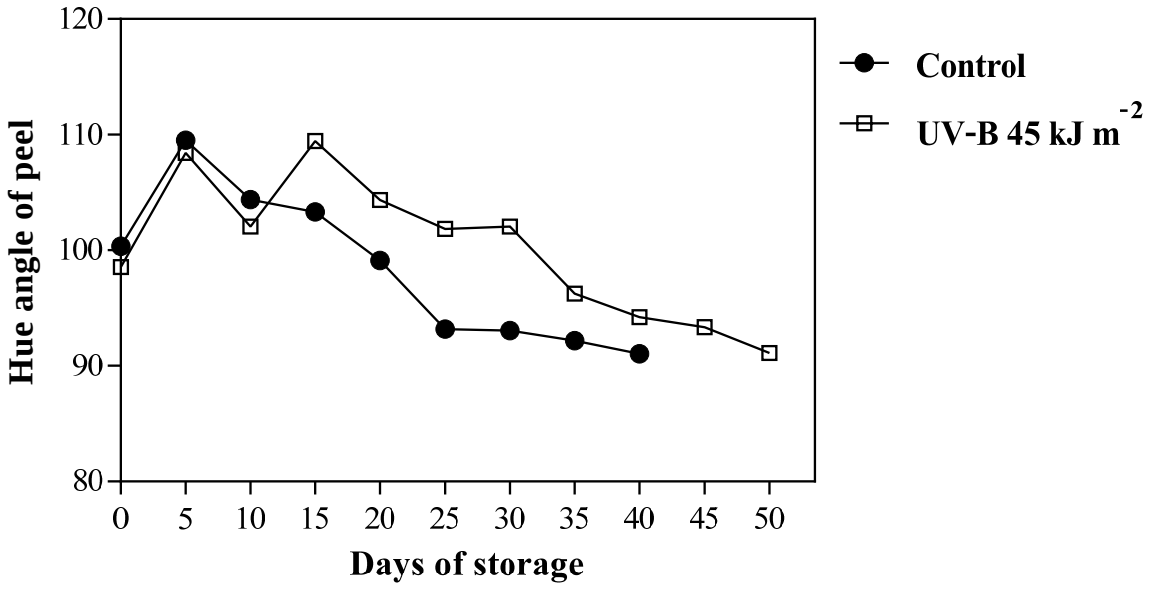
การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีการเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 1) ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับ 14.55 % และชุดที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีค่าการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับ 16.28 % และมีอายุการเก็บรักษา 40 และ 50 วัน ตามลำดับ ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 1)



รูปที่ 1 การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

2. ค่า Hue angle ของเปลือก

การเปลี่ยนแปลงของค่า Hue angle เปลือกของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองมีการเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 และลดลงในวันที่ 10 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีค่า Hue angle น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 2) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 2) การลดลงของค่า Hue angle อย่างรวดเร็วแสดงให้เห็นว่าสีเปลือกส้มโอมีการพัฒนาจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองมากขึ้น

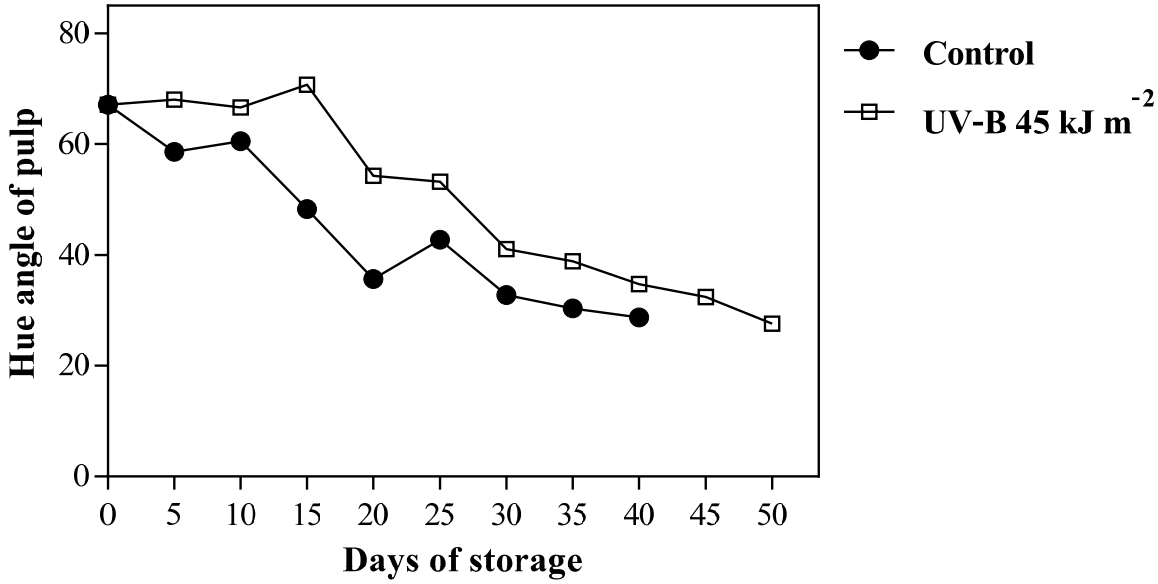


รูปที่ 2 ค่า Hue angle เปลือกของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

3. ค่า Hue angle ของเนื้อ

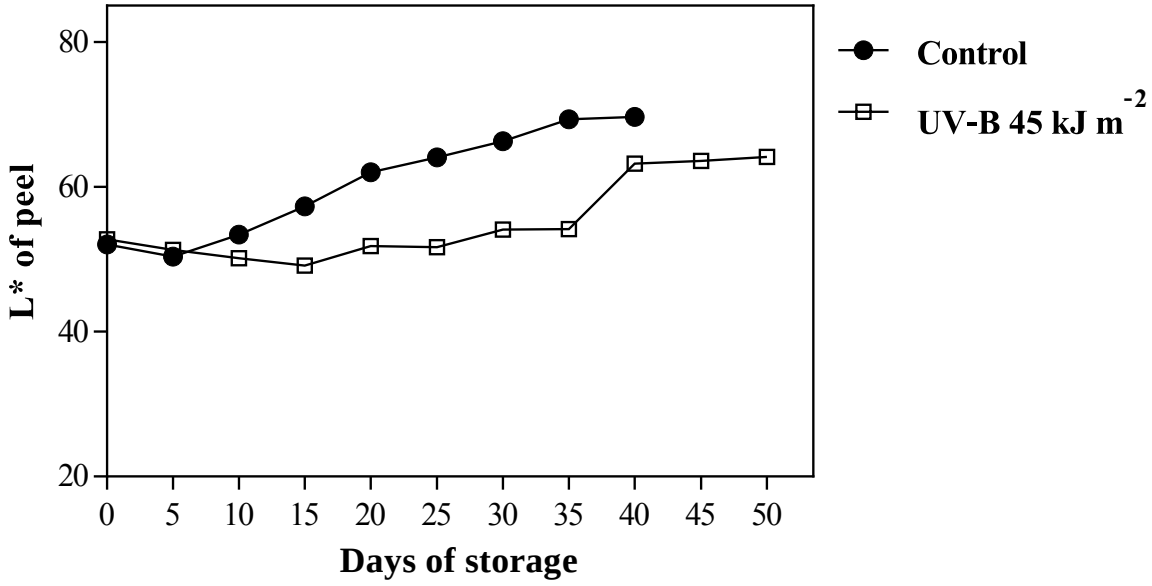
การเปลี่ยนแปลงของค่า Hue angle เนื้อของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีค่า Hue angle น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 3) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 3)



รูปที่ 3 ค่า Hue angle เนื้อของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

4. ค่า L value ของเปลือก

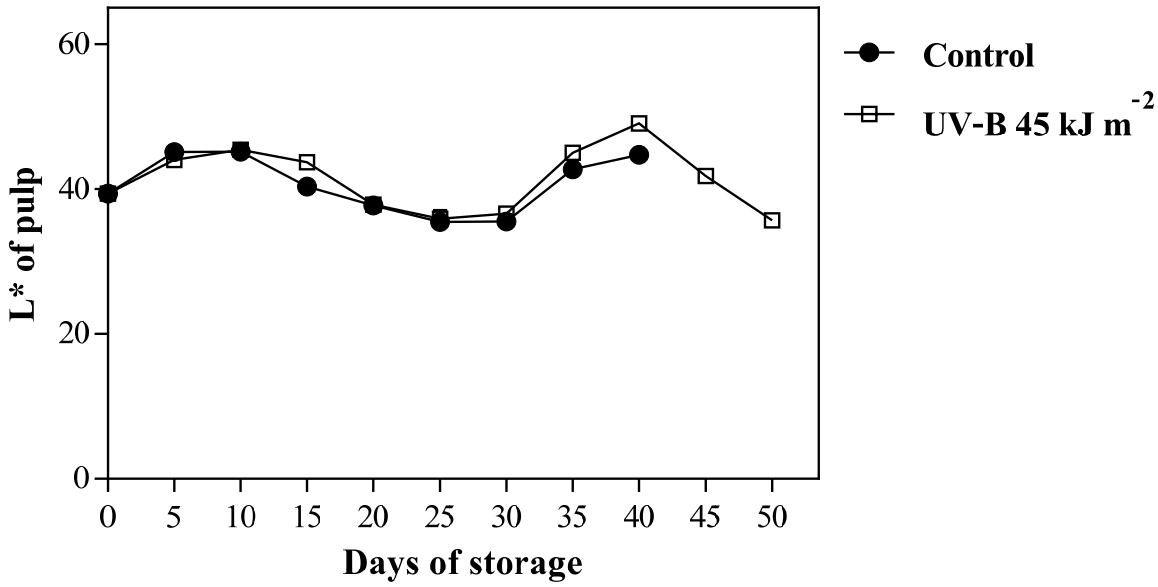
การเปลี่ยนแปลงของค่า L พบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีค่า L น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 4) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 4)



รูปที่ 4 ค่า L value เปลือกของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

5. ค่า L value ของเนื้อ

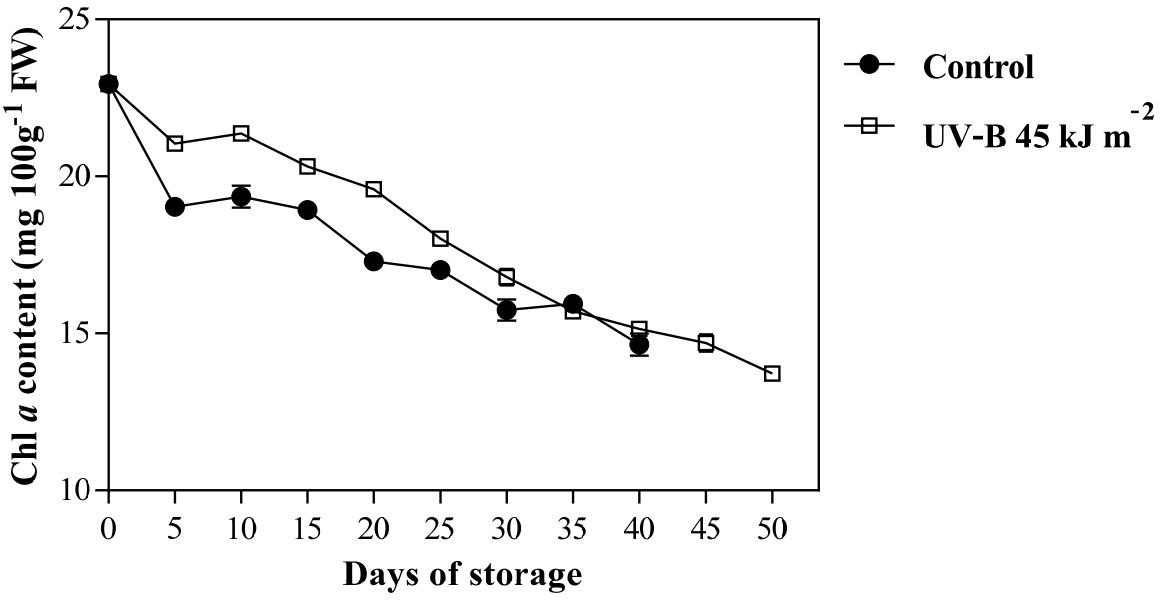
การเปลี่ยนแปลงของค่า L เนื้อของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 4.5) โดยพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีค่า L เท่ากับ 44.70 และชุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่า L เท่ากับ 35.69 (รูปที่ 5) และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 5)



รูปที่ 5 ค่า L value เนื้อของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

6. ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

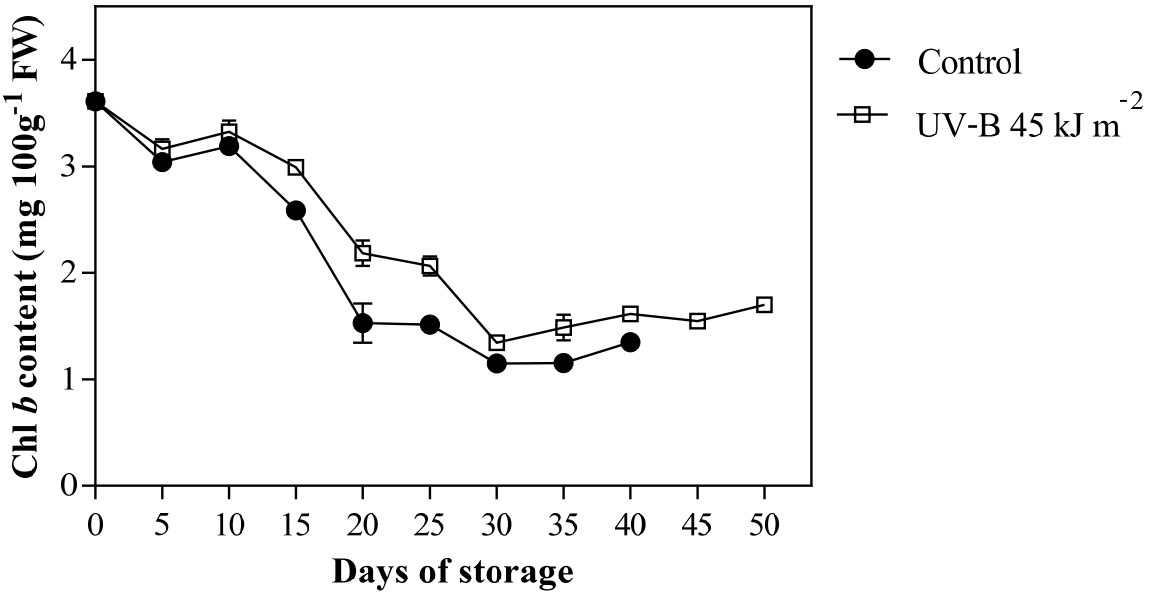
ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองพบว่า มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เอน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 6) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) ในวันที่ 30 (ตาราง ผ. 6) วันสุดท้ายของการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ เท่ากับ 14.64 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และชุดที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ เท่ากับ 13.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด



รูปที่ 6 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม) I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

7.ปริมาณคลอโรฟิลล์บี

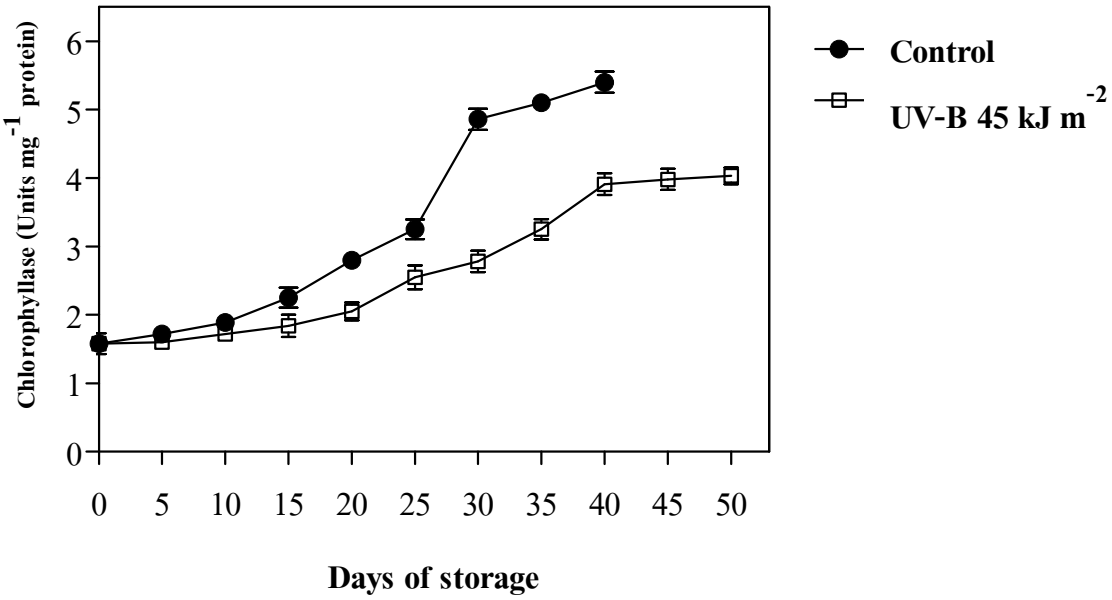
ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองพบว่า มีแนวโน้มลดลงจนถึงวันที่ 30 หลังจากนั้นคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชุดที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2}มีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 7) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 7)



รูปที่ 7 ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

8. กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase

กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลอง พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชุดที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 8) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 8)

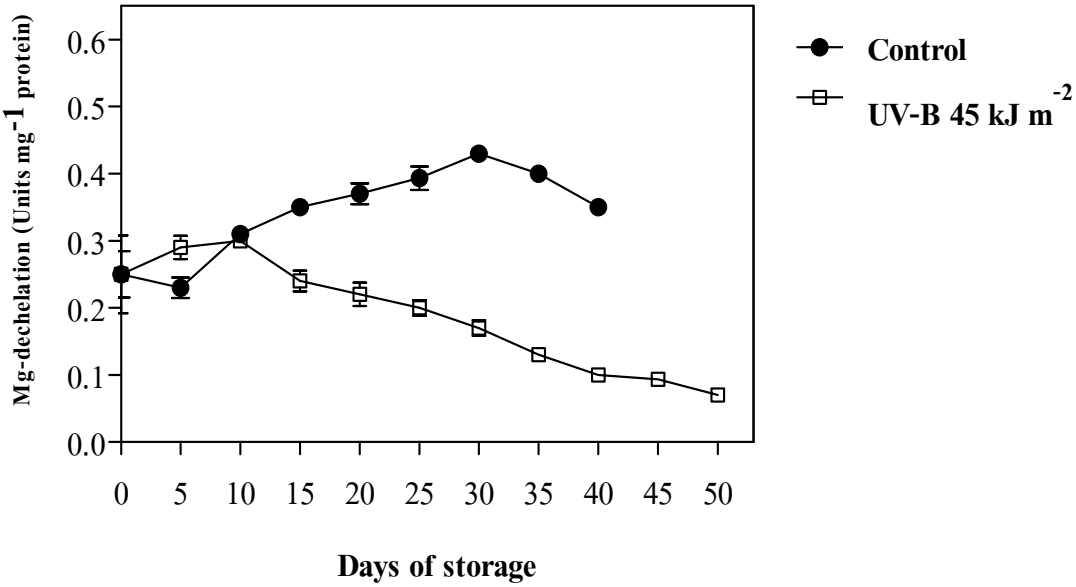


รูปที่ 8 กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

9.กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation

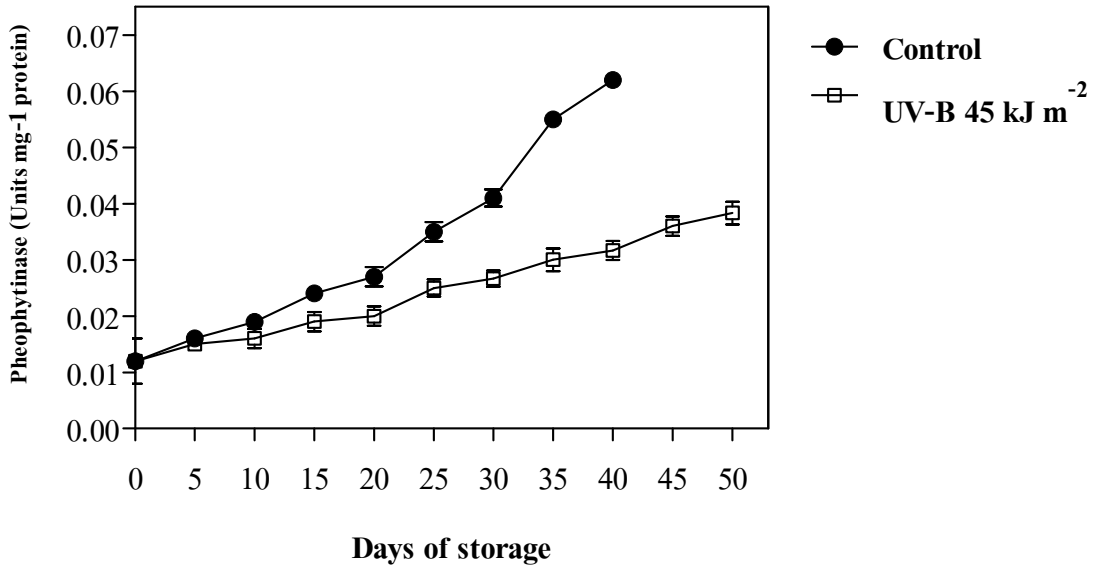
กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามชุดควบคุม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 35 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่าและลดลงเรื่อยๆ ตลอกระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 9) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 9)



รูปที่ 9 กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

10. กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase

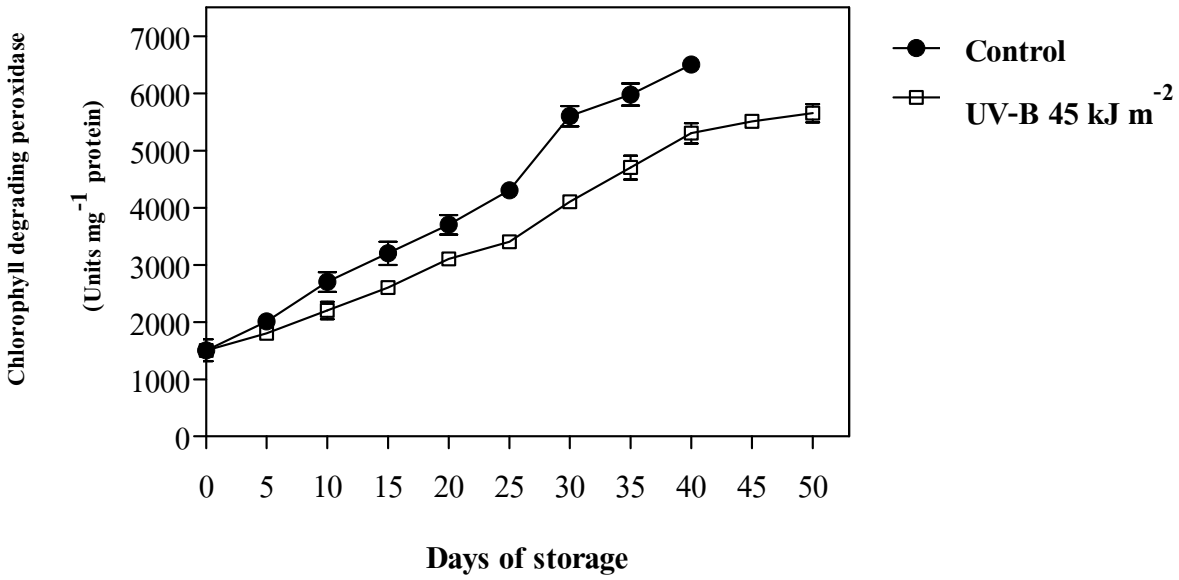
กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลอง พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชุดที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 10) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 10)



รูปที่ 10 กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

11. กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll degrading-peroxidase

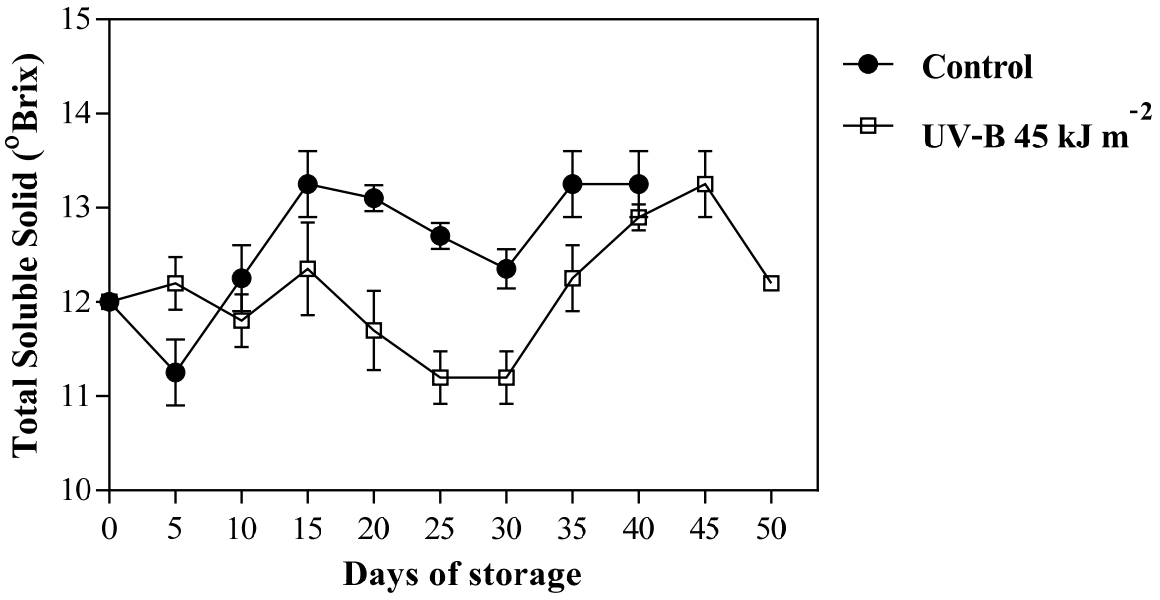
กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll degrading-peroxidase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองพบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชุดที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 11) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 11)



รูปที่ 11 กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll degrading-peroxidase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

12. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

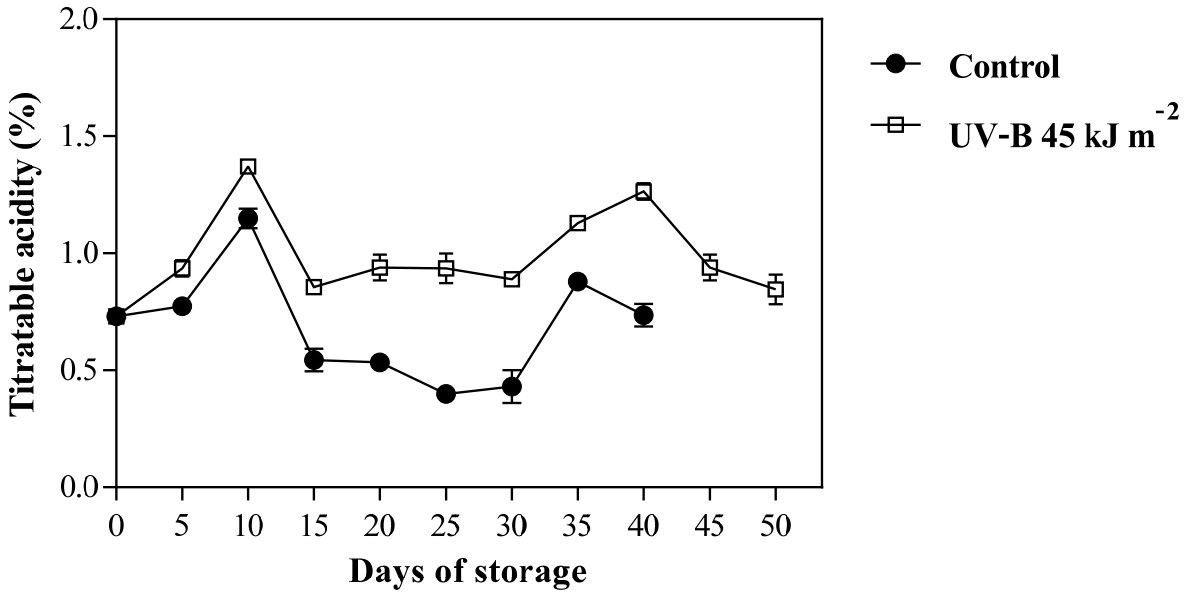
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จากน้ำคั้นของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 12) โดยชุดที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) วันที่ 40 ของการเก็บรักษา (ตาราง ผ. 12) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่า ชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 14.10 °Brix และชุดที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 12.20 °Brix



รูปที่ 12 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

13. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 10 หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 13) โดยชุดที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 13)

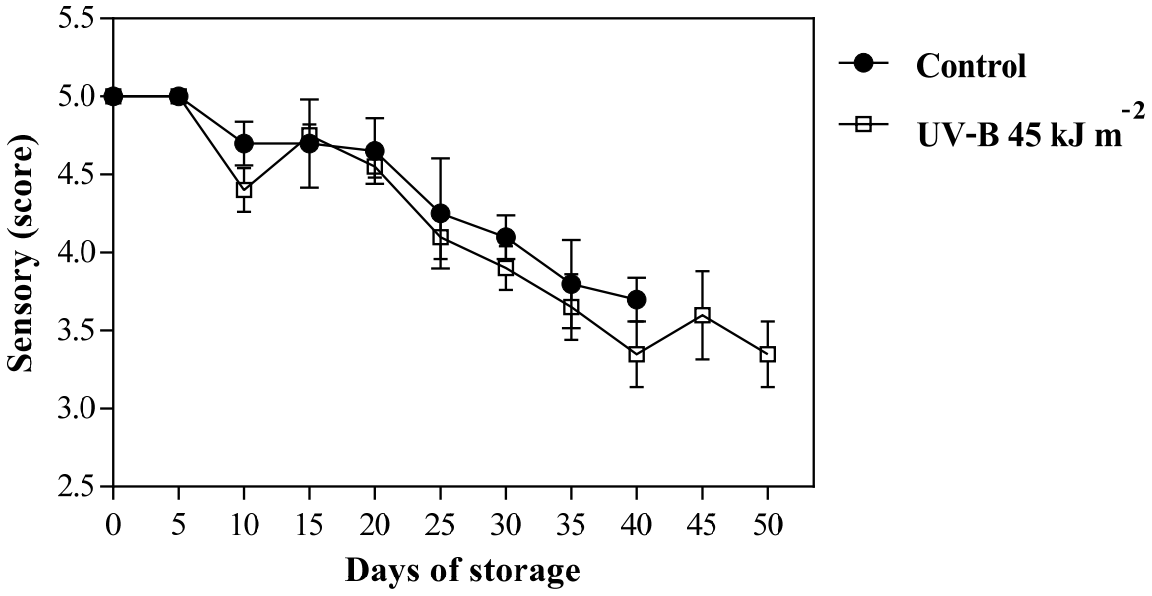


รูปที่ 13 ปริมาณของกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

14. คะแนนการยอมรับด้านรสชาติ

คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลอง มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 14) โดยพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 3.70และชุดที่ที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีค่าเท่ากับ 3.35 อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 14)



รูปที่ 14 คะแนนการยอมรับด้านรสชาติของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

การทดลองที่ 3 ผลของไอร้อนแห้ง (Hot air) ต่อการเหลืองและอายุการเก็บรักษาของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

ตารางที่ 4 ค่า Hue angle ค่า L value และการสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบไอร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน

Treatment	ค่า Hue angle	ค่า L	Weight loss
Day 0			
Control	113.86 ± 6.06	49.06 ±2.64	0
Day 35			
Control	83.00 ± 1.02a	70.33 ± 0.78a	18.56 ± 2.82
45˚C 5 min	103.21 ± 0.16ab	52.48 ± 2.64ab	16.76 ± 1.65
45˚C 10 min	101.51 ± 0.74a	53.93 ± 1.09a	15.74 ± 2.31
48˚C 5 min	96.32 ± 1.58ab	54.86 ± 1.70a	19.76 ± 2.64
48˚C 10 min	99.00 ± 0.32a	52.44 ± 1.03ab	19.84 ± 5.61
50˚C 5 min	100.46 ± 1.99a	53.63 ± 1.20a	17.49 ± 3.04
50˚C 10 min	104.50 ± 1.03a	49.64 ± 1.34b	14.50 ± 3.70
F-test	*	*	NS
C.V. (%)	56.05	58.03	65.06

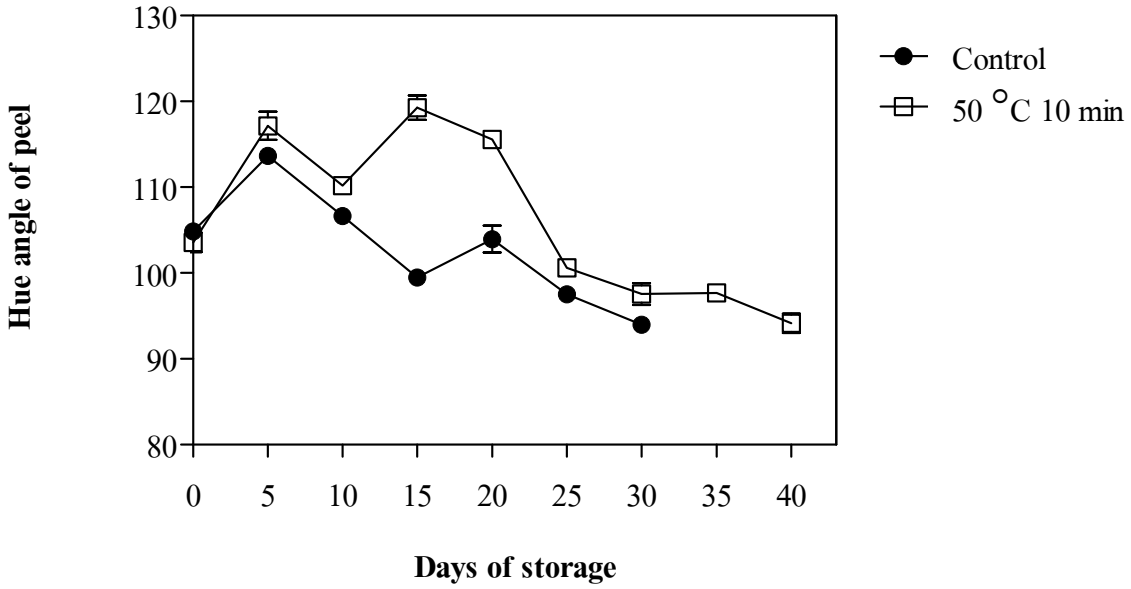
จากตารางที่ 4 ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามในชุดควบคุม (ไม่อบไอร้อน) และชุดที่มีการอบไอร้อนที่อุณหภูมิ 45 48 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 และ 10 นาที มีแนวโน้มการลดลงของค่า Hue angle และการเพิ่มขึ้นของค่า L รวมทั้งการสูญเสียน้ำหนัก จนถึงวันที่ 35 ของการเก็บรักษา โดยพบว่าการอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที ในวันที่ 35 ของการเก็บรักษา มีค่า Hue angle สูงที่สุดเท่ากับ 104.50 และค่า L ต่ำที่สุด 49.64 แสดงให้เห็นว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีสีเปลือกที่เขียวเข้มกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ซึ่งแสดงในรูปที่ 15 และนอกจากนั้นสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก โดยพบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ

รูปที่ 15 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 35 ที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45 48 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 10 นาทีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

<u>การทดลองที่ 4</u> ผลการให้ไอร้อนแห้ง (Hot air) ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

1. ค่า Hue angle ของเปลือก

การเปลี่ยนแปลงของค่า Hue angle เปลือกของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองมีการเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 และหลังจากนั้นลดลงในวันที่ 25 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีค่า Hue angle น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 16) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในวันที่ 30 ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 15) การลดลงของค่า Hue angle อย่างรวดเร็วแสดงให้เห็นว่าสีเปลือกส้มโอมีการพัฒนาจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองมากขึ้น ซึ่งแสดงในรูปที่ 17

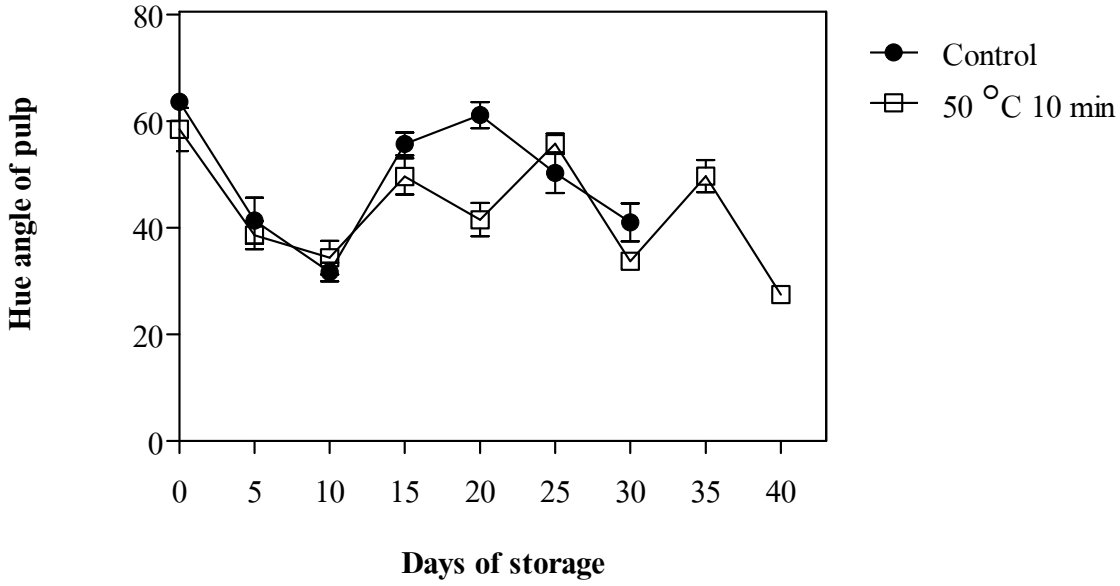


รูปที่ 16 ค่า Hue angle ของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

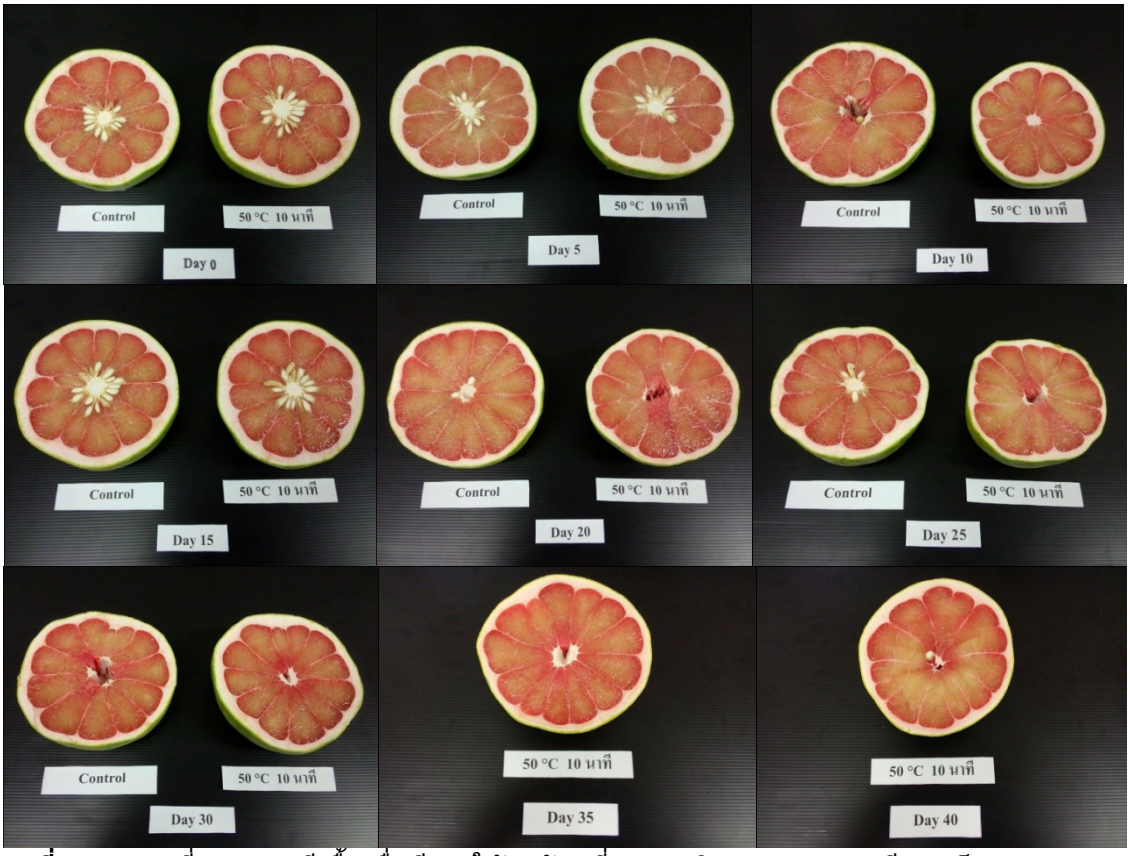
รูปที่ 17 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเมื่อมีการใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที และชุดควบคุม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2. ค่า Hue angle ของเนื้อ

การเปลี่ยนแปลงของค่า Hue angle ของเนื้อส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 18) โดยพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีค่า Hue angle เท่ากับ 41.03 และชุดที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีค่า Hue angle เท่ากับ 27.50 (รูปที่ 19) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 16)



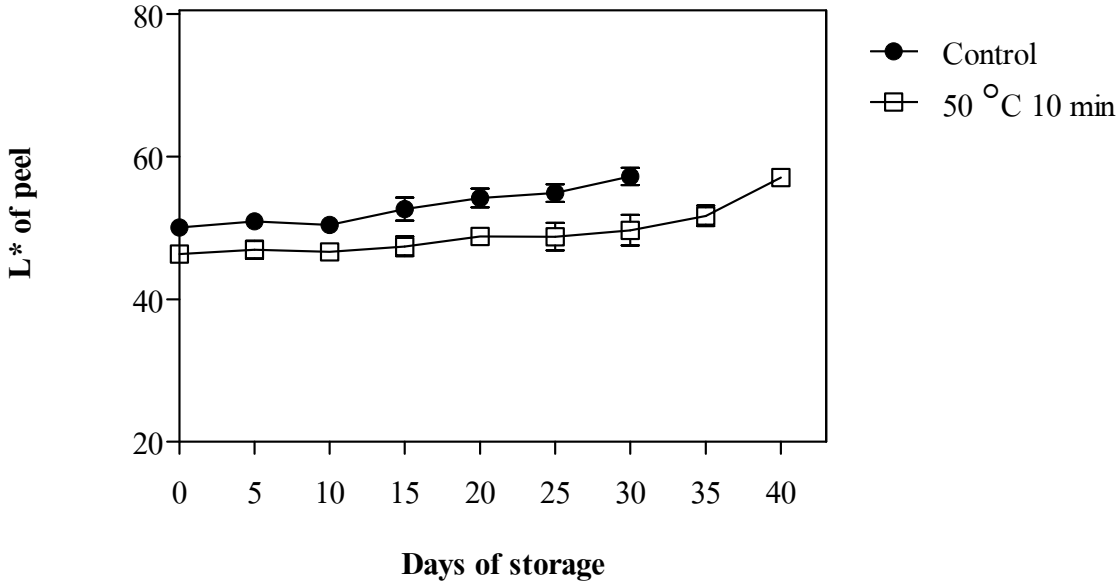
รูปที่ 18 ค่า Hue angle ของเนื้อส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ



รูปที่ 19 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อเมื่อมีการใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที และชุดควบคุม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3. ค่า L value ของเปลือก

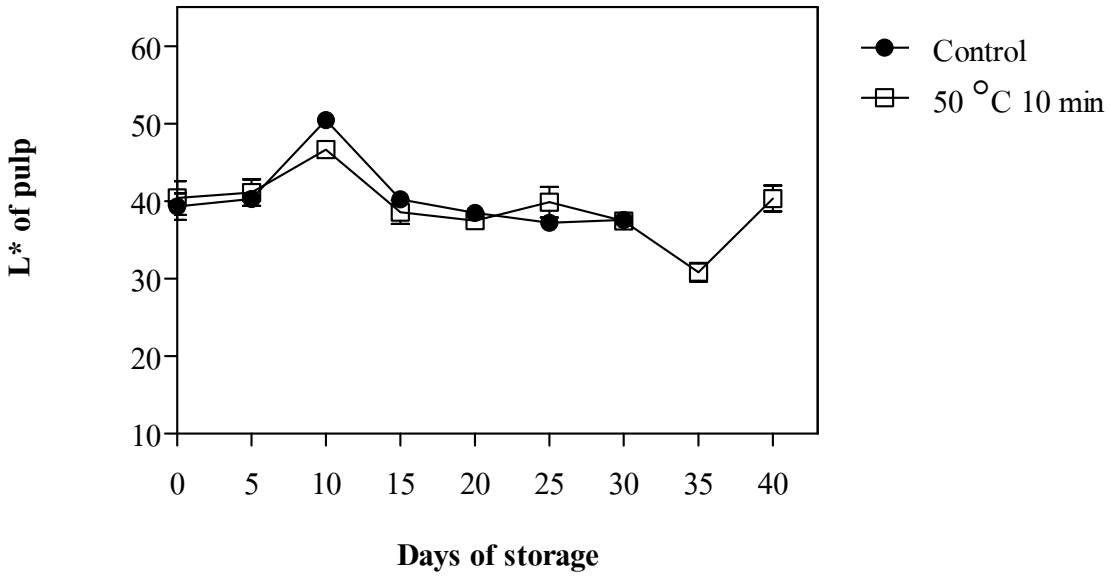
การเปลี่ยนแปลงของค่า Lของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีการเปลี่ยนแปลงค่า L น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 20) แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 17)



รูปที่ 20 ค่า L value ของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

4. ค่า L value ของเนื้อ

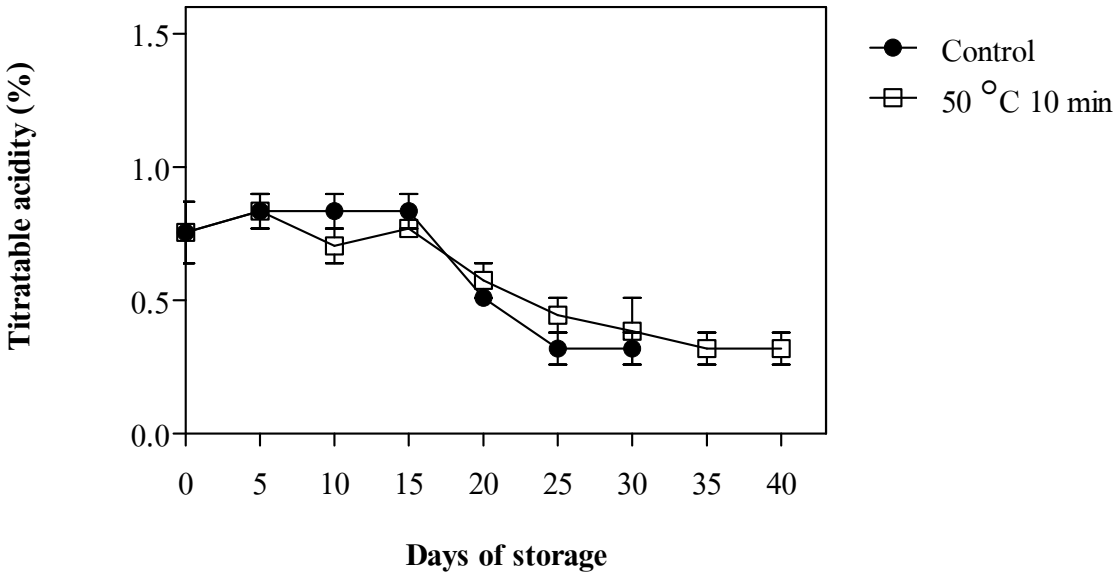
การเปลี่ยนแปลงของค่า L ของเนื้อส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีค่า L เท่ากับ 37.57 และชุดที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีการเปลี่ยนแปลงค่า L เท่ากับ 40.33 (รูปที่ 21) และไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 18)



รูปที่ 21 ค่า L value ของเนื้อส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

5. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

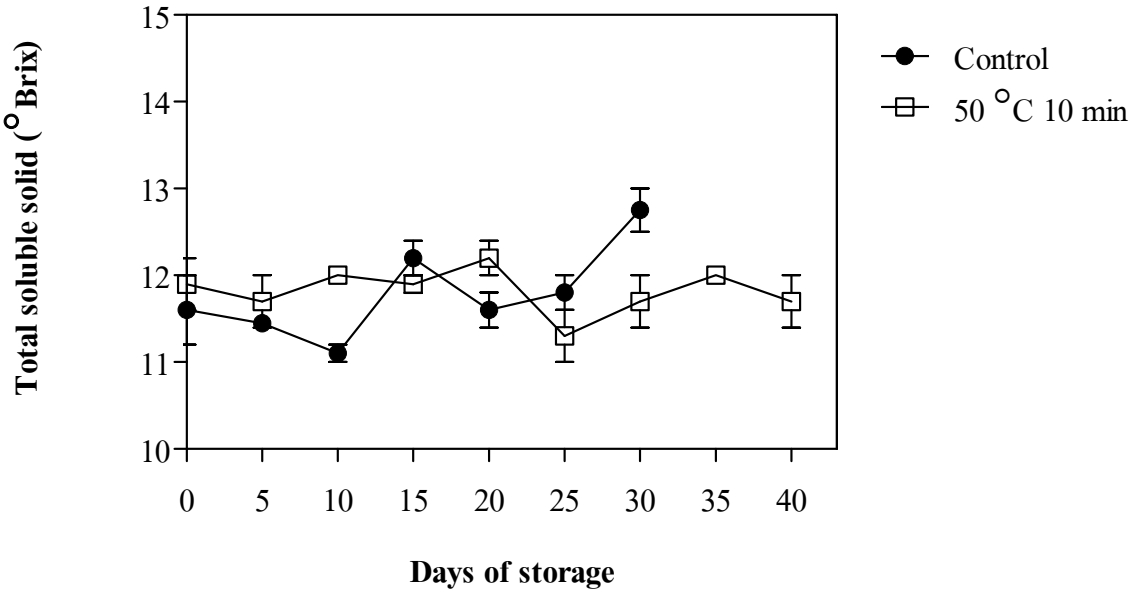
ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลอง มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่และหลังจากนั้นลดลงในวันที่ 20 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 22) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 19) โดยพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.32 % และชุดที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีค่าเท่ากับ 0.32 %



รูปที่ 22 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

6. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จากน้ำคั้นของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลอง มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 23) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 20) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่า ชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 12.75 °Brix และชุดที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 11.70 °Brix

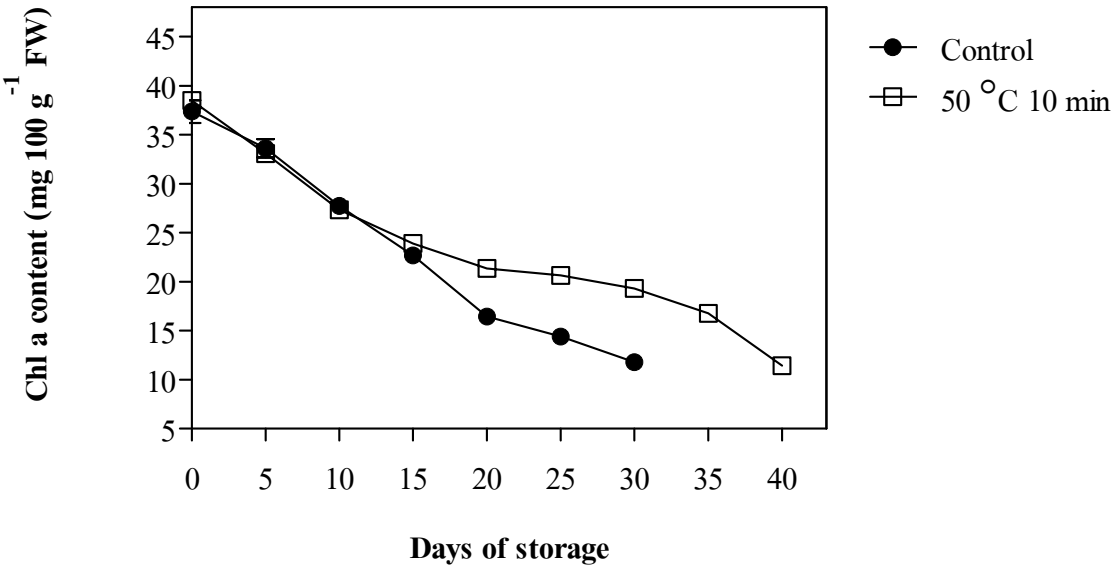


รูปที่ 23 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

7. ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

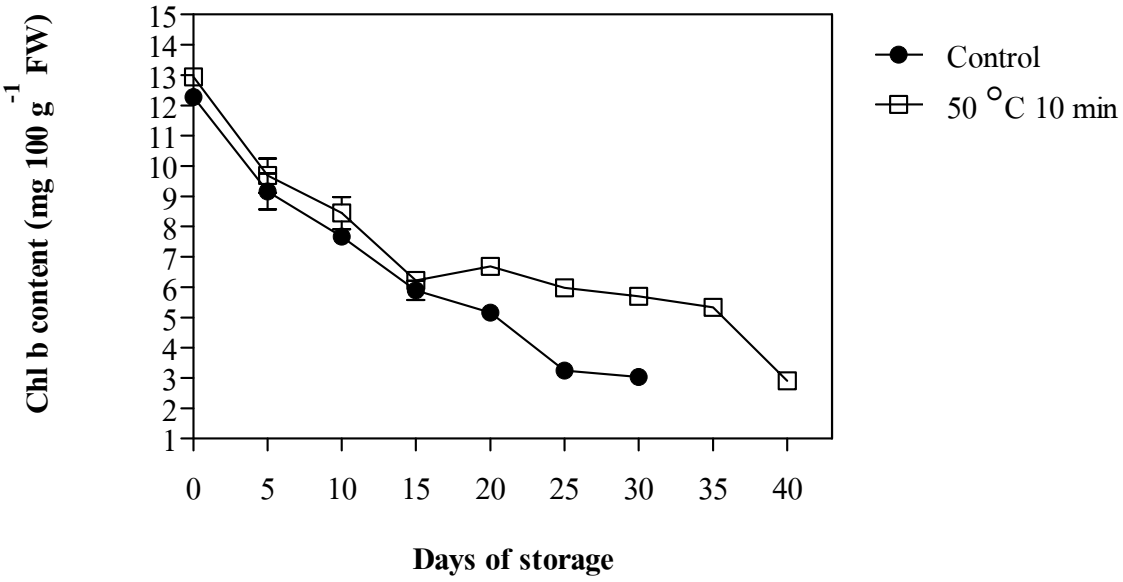
ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองพบว่า มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่เก็บรักษาที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เอน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 24) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 21) ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ เท่ากับ 11.81 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และชุดที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ เท่ากับ 11.44 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด



รูปที่ 24 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

8. ปริมาณคลอโรฟิลล์บี

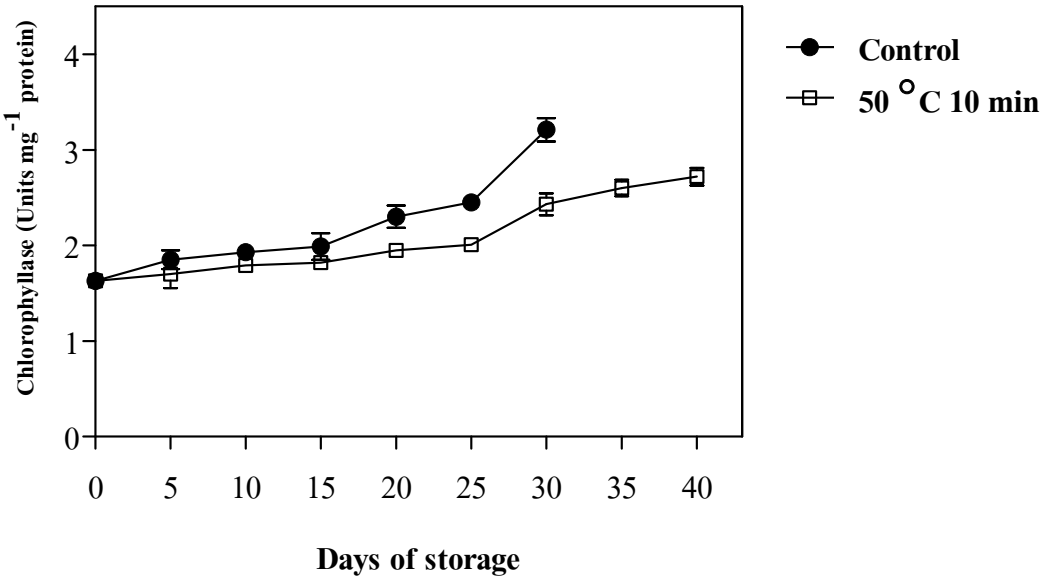
ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองพบว่า มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชุดที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา10 นาที มีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 25) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 22) ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์บี เท่ากับ 3.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และชุดที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีปริมาณคลอโรฟิลล์บี เท่ากับ 2.91 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด



รูปที่ 25 ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

9. กิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase

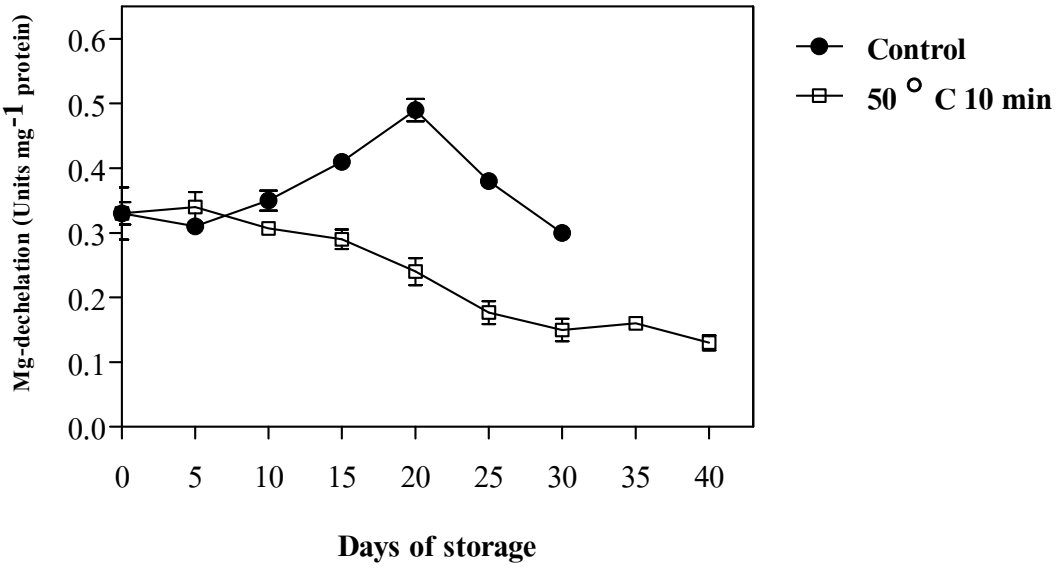
กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลอง พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชุดที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 26) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 23)



รูปที่ 26 กิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

10. กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation

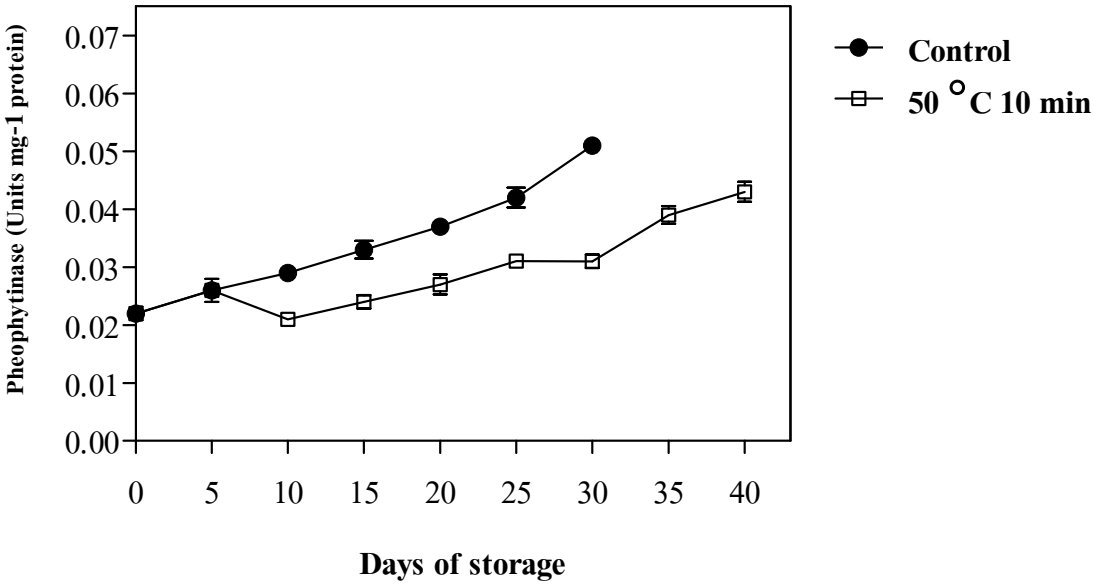
กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามชุดควบคุม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดที่อบลมร้อยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่าและลดลงเรื่อยๆ ตลอกระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 27) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 24)



รูปที่ 27 กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

11. กิจกรรมเอนไซม์ Pheophytinase

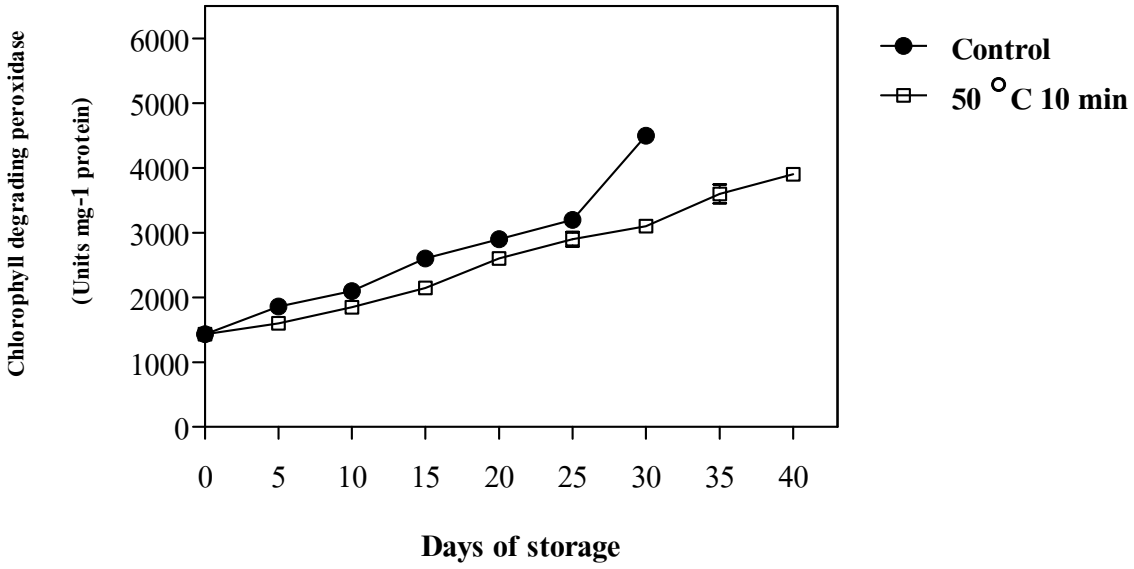
กิจกรรมเอนไซม์ Pheophytinase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลอง พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชุดที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 28) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 25)



รูปที่ 28 กิจกรรมเอนไซม์ Pheophytinase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

12. กิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyll-degrading peroxidase

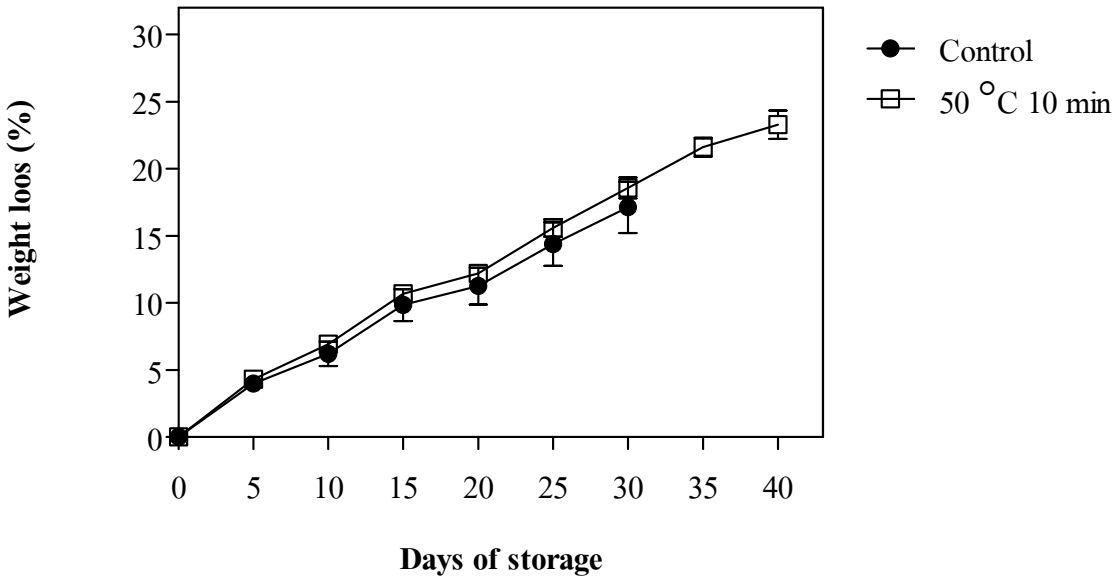
กิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyll degrading-peroxidase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองพบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชุดอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (รูปที่ 29) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตารางผ. 26)



รูปที่ 29 กิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyll-degrading peroxidase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทีอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

13. การสูญเสียน้ำหนัก

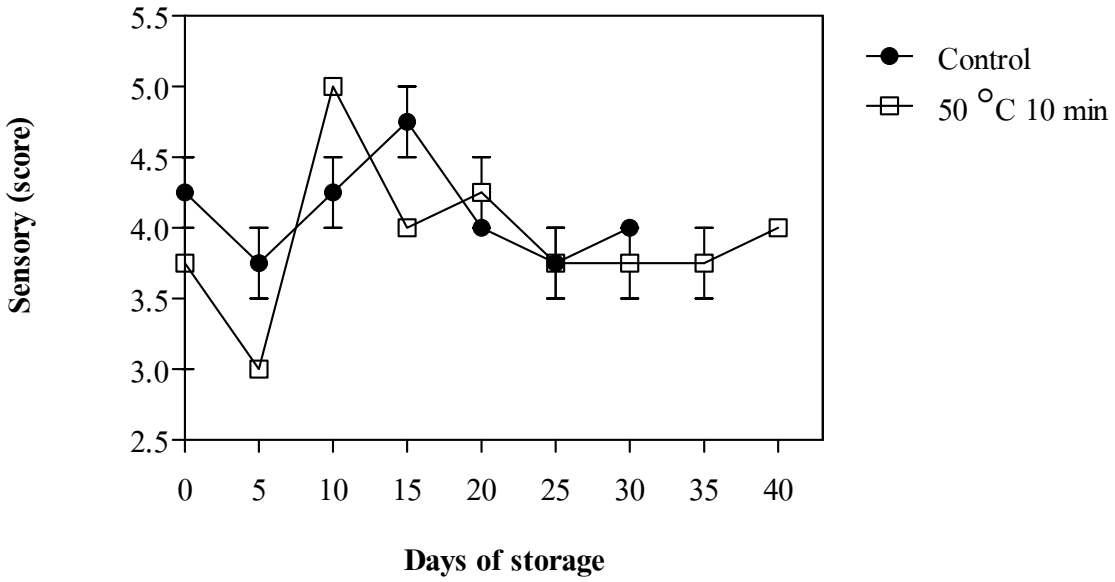
การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 30) โดยพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับ 17.13 % และชุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีค่าการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับ 23.29 % และมีอายุการเก็บรักษา 30 และ 50 วัน อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 27)



รูปที่ 30 การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

10. คะแนนการยอมรับด้านรสชาติ

คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลอง มีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 31) โดยพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ชุดควบคุมมีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.00 และชุดที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีค่าเท่ากับ 4.00 อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (ตาราง ผ. 28)



รูปที่ 31 คะแนนการยอมรับด้านรสชาติของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที กับชุดควบคุม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
I = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ตัวอย่างผลส้มโอจำนวน 3 ซ้ำ

วิจารณ์ผล

การใช้เทคโนโลยีการฉายรังสียูวีบี (UV-B irradiation) ซึ่งมีความยาวคลื่นอัลตราไวโอเลทเท่ากับ 280-315 นาโนเมตร ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการชะลอการเหลืองและรักษาคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตรซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญทำให้อายุการเก็บรักษาและอายุการวางจำหน่ายสั้นลง และการให้ความร้อน (Heat treatments) ได้แก่ การใช้ไอน้ำร้อน (vapor hot water) การใช้ไอร้อนแห้ง (hot air) และการใช้น้ำร้อน (hot water) ซึ่งปลอดภัยต่อผู้บริโภคและไม่มีสารพิษตกค้างเช่นสารเคมีซึ่งสองวิธีดังกล่าวเป็นการทำให้ผลิตผลเกิดการเครียด (Stress treatment) เกิดการยับยั้งกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ ขึ้นมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว สามารถชะลอการเหลืองและปรับปรุงทางด้านคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้จากการทดลองพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่มีฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} สามารถชะลอการเหลืองโดยชะลอการลดลงของค่า Hue angle และการเพิ่มขึ้นของค่า L รวมทั้งลดการสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามได้ดีกว่าการทดลองอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากการฉายรังสียูวีบีอาจจะมีผลต่อการชะลอกระบวนการการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในเปลือกส้มโอซึ่งการเหลืองหรือการสูญเสียสีเขียวเกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากการสลายตัวของสารสีคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) โดยเฉพาะคลอโรฟิลล์เอ โดยกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ถูกกระตุ้นโดยกิจกรรมเอนไซม์และสารประกอบที่เกี่ยวข้องกับกลไกการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ได้แก่ chlorophyllase, Mg-chelatase หรือ Mg-dechelating substance, pheophorbidase (Matile et al., 1999) และ chlrophyll-degrading peroxidase (Yamauchi et al., 2014) เป็นต้น ซึ่งแต่ละเอนไซม์มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการทำลายหรือย่อยโครงสร้างของสารสีคลอโรฟิลล์ก่อให้เกิดการสะสมอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ เช่น chlorophyllide, pheophytin, pheophorbide, pyropheophorbide และ $C13^{2}$-hydroxychlorophyll เป็นต้น และสุดท้ายอนุพันธุ์เหล่านี้สลายตัวเป็นสารไม่มีสีซึ่งมีขนาดโมเลกุลขนาดเล็ก (colorless low molecular weight compound) (Matile et al., 1999) ซึ่งเมื่อทำการทดลองต่อพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่มีการฉายรังสียูวีบีความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} สามารถชะลอการลดลงปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีระหว่างการเก็บรักษาได้ และลดกิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase, Mg-chelation, pheophytinase และ chlorophyll-degrading peroxidase และอายุมีการเก็บรักษาถึง 50 วัน

Aiamla-or et al. (2010) รายงานว่าการฉายรังสี UV-B ที่ความเข้มข้น 8.8 kJ m^{-2} ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 15 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเหลืองของช่อดอกบร็อคโคลี โดยชะลอการลดลงของค่า hue angle value และปริมาณคลอโรฟิลเอและบี มีการนำเอาเทคโนโลยีการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตมาประยุกต์ใช้ในมะนาวได้แก่ การฉายรังสี UV-B ที่ระดับ 8.8 kJ m^{-2} ในมะนาวพันธุ์ตาฮิติ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการ

สลายตัวของคลอโรฟิลล์ของเปลือกและชะลอการลดลงของอนุพันธุ์ของคลอโรฟิลล์ต่าง ๆ ได้แก่ chlorophyllide a, pheophorbide a และ pheophytin a (Srilaong et al., 2011) ต่อมา Kaewsuksaeng et al. (2011) ได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้รังสี UV-B ที่ระดับ 19.0 kJ m^{-2} เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในมะนาวพันธุ์ตาฮิติเช่นกัน พบว่าสามารถชะลอการเหลืองโดยผิวเปลือกเริ่มเหลืองในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา และพัฒนาการเหลืองครบ 100 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 35 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดควบคุมเริ่มเหลืองในวันที่ 3 และพัฒนาการเหลืองครบ 100 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา ซึ่งการฉายรังสียูวีบีในมะนาวนั้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก (เริ่มสีเหลือง) ช้ากว่าชุดควบคุม 4 วัน และสามารถชะลอการพัฒนาการเหลืองครบ 100 เปอร์เซ็นต์ได้ 15 วัน ซึ่งในระยะเวลานี้ช่วยรักษามูลค่าราคาให้คงสูงในการวางจำหน่ายได้ เนื่องจากผิวเปลือกมะนาวยังคงสภาพสีเขียว นอกจากนี้พบว่าการฉายรังสียูวีบี ที่ระดับ 19.0 kJ/m^2 สามารถลดการทำงานของกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวกับกับสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้แก่ chlorophyllase, Mg-dechelation acitivity, chlorophyll-degrading peroxidase และ pheophytinase และการกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของสารต่อต้านอนุมูลอิสระ เช่น Ascorbic acid นอกจากนี้ยังช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายในทั้งปริมาณกรด citric และ malic และปริมาณน้ำตาล Glucose Fructose และ Sucrose (Kaewsuksaeng et al., 2011) เมื่อศึกษาถึงการเหี่ยวของผลมะนาวพบว่าการฉายรังสียูวีบี ที่ระดับ 19.0 kJ m^{-2} ลดการสูญเสียน้ำหนักได้ 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และสามารถชักนำให้เกิดการปิดของปากใบ (stomata) ที่เปลือกมะนาวตั้งแต่วันแรกของการฉายรังสี ส่งผลให้มะนาวมีเปลือกผลที่ที่ดูสดและไม่เหี่ยว (Kaewsuksaeng et al., 2011)จากผลการทดลองจึงเป็นไปได้ว่าการใช้ฉายรังสียูวีบีในส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามสามารถลดกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ส่งผลให้เกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ช้าลง ทำให้รักษาสีเขียวของสีเปลือกได้นานกว่าชุดควบคุมนอกจากนี้ส้มโอพบว่าที่มีการฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าชุดควบคุม และมีปริมาณของกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้สูงกว่าชุดควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าการฉายรังสรยูวีบีสามารถลดอัตราการหายใจ ส่งให้ผลให้ปริมาณกรดอินทรีย์ในวัฏจักรเครบ์สูญเสียน้อย ทำให้เกิดการสะสมของปริมาณกรดมากกว่าชุดควบคุม และการใช้ฉายรังสียังสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของส้มโอทับทิมสยาม สอดคล้องกับผลการทดลองที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่าชุดควบคุม อันเนื่องมากจากการสะสมของปริมาณน้ำตาลน้อยกว่าปกติ

การให้ความร้อนสามารถทำได้หลายวิธี Funamoto et al. (2002) รายงานว่าการใช้ไอร้อนแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในบร็อคโคลี่สามารถชะลอการเหลืองและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ Yamauchi et al. (2003) พบว่าการใช้สารเคลือบผิว 2 % sucrose laurate ester ร่วมกับการจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเหลืองของ

ส้ม Nagato-yuzukichi Costa et al. (2006) การใช้ไอร้อนแห้งที่ 48 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมงในบร็อคโคลี่สามารถชะลอการเหลืองและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ ล่าสุด Kaewsuksaeng et al. (2015) ได้จุ่มน้ำร้อนในมะนาวพันธุ์แป้นที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที สามารถชะลอการเหลืองและควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีที่สุด โดยมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 35 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 25 วัน

จากผลการศึกษาผลของลมร้อนต่อคุณภาพภายนอกของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม พบว่า การอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ให้ผลที่ดีที่สุด สามารถชะลอการเหลืองของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม มีการลดลงของค่า Hue angle น้อย และชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า L ซึ่งความร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส สามารถไปช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ทั้งหมด คลอโรฟิลล์เอและบี อันเกี่ยวเนื่องการทำงานของกิจกรรมเอมไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เช่น chlorophyllase, pheophytinase, chlorophyll-degrading peroxidase และ Mg-dechelating substance (Kaewsuksaeng et al., 2011)ความร้อนน่าจะไปมีผลต่อการยับยั้งการทำงานของกิจกรรมดังกล่าว ซึ่งขณะที่ผลการศึกษาพบว่าการอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ สี การสูญเสียน้ำหนัก แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายในได้แก่ สีเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดทั้งหมดที่ ไทเทรตได้ เนื่องจากส้มโอเป็นผลไม้กลุ่ม non-climacteric fruit มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อยและต้องใช้ช่วงระยะเวลานานมากในการเปลี่ยนแปลง (ดนัย บุณยเกียรติ, 2534) จากผลดังกล่าวน่าจะไปมีผลต่อการยับยั้งหรือลดอัตราการหายใจในส้มโอทับทิมสยาม ปัจจุบันมีการใช้ความร้อนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลสด โดยมีการให้ความร้อน 3 วิธี น้ำร้อน ลมร้อน และไอร้อนซึ่งรูปแบบการใช้ก็จะแตกต่างกันในแต่ละผลิตผล มีรายงานการให้ความร้อน โดยจุ่มมะนาวพันธุ์แป้นในน้ำร้อน 50 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 5 นาทีและ 10 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสที่ความมืด พบว่าสามารถชะลอการเหลืองและการลดลงค่า Hue angle และยืดอายุการเก็บรักษาได้ 35 วัน (Kaewsuksaeng et al., 2014) นอกจากนี้การจุ่มน้ำร้อนในมะนาวพันธุ์แป้นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 และ 5 นาที สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 28 วัน (สุจิตรา, 2548)

สรุปผล

1. การฉายรังสียูวีบีในส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ความเข้มข้น 18, 27, 36, 45 และ 54kJ m^{-2} สามารถชะลอการเหลืองของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามได้ดีกว่าชุดควบคุม โดยชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า Hue angle และค่า L

2. การฉายรังสียูวีบีในส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} สามารถชะลอการเหลืองของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามได้ดีที่สุด โดยชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า Hue angle และค่า L นอกจากนั้นสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และการยอมรับด้านรสชาติไม่แตกต่างกับชุดควบคุมยัง และชะลอการสลายตัวของปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บี นอกจากนี้ส้มโอที่มีการฉายรังสียูวีบีที่ความเข้มข้น 45 kJ m^{-2} มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าชุดควบคุม และมีปริมาณของกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้สูงกว่าชุดควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

3. การใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที สามารถชะลอการเหลืองของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามได้ดีที่สุด โดยชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า Hue angle และค่า L

4. การใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า Hue angle ค่า L และปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบี และยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 40 วัน และไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายใน ได้แก่ ปริมาณของกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และการยอมรับด้านรสชาติของผู้บริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ผลผลิตที่เกิดขึ้นในช่วงที่รับทุน

1. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

พงศ์พนิช เกื้อทอง นพรัตน์ ทัดมาลา และสมัคร แก้วสุกแสง. 2558. การชะลอการเหลืองของเปลือกและการควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามโดยใช้ไอร้อนแห้ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ฉบับพิเศษ: (ตอบรับการตีพิมพ์).
ณัฐวุฒิ คงพูน นพรัตน์ ทัดมาลา และสมัคร แก้วสุกแสง. 2559. การฉายรังสียูวีบีต่อการชะลอการเหลืองและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม. วารสารแก่นเกษตร. ฉบับพิเศษ 1. (ตอบรับการตีพิมพ์).

2. การเผยแพร่ผลงาน

นำเสนอผลงานภาคนิทัศน์เรื่อง “การชะลอการเหลืองของเปลือกและการควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามโดยใช้ไอร้อนแห้ง” ในงานประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 13 ระหว่างวันที่ 17-19 มิถุนายน 2558 ณ กรีนเนอรี่ เขาใหญ่

รายงานสรุปการเงินประจำปี 2558

เลขที่โครงการ 2558A10562004

โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ชื่อมหาวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยทักษิณ

ชื่อโครงการ: การชะลอการเหลืองและควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม โดยการฉายรังสียูวีบีและการใช้ไอร้อนแห้ง

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน :ผศ.ดร. สมัคร แก้วสุกแสง

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่1 ตุลาคม พ.ศ. 2557 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2558

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558

<u>รายจ่าย</u>

หมวด	งบประมาณรวมทั้งโครงการ(บาท)	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน (บาท)	คงเหลือ(หรือเกิน)(บาท)
1. ค่าตอบแทน	-	-	-
2. ค่าจ้าง	50,000	50,000	0
3. ค่าวัสดุ	104,900	104,900	0
4. ค่าใช้สอย	45,100	45,100	0
5. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	-	-	-
รวม	200,000	200,000	0

<u>จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินคงเหลือ</u>

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1	100,000.00	บาท	เมื่อ 15 ธันวาคม 2557
งวดที่ 2	80,000.00	บาท	เมื่อ 4 มิถุนายน 2558
งวดที่ 3	-	บาท	เมื่อ -
รวม	135,000	บาท	

.....

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

วันที่.....

.....

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ

วันที่.....

บรรณานุกรม

กรมวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนา เขตที่ 5. 2554. รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่อง กลยุทธการผลักดันการส่งส้มโอ.

คมศักดิ์ สุวรรณโณซัลมา ยีกะจี และสุรินทร์ ยี่สุ่นทรง. 2547. ดัชนีการเก็บเกี่ยว การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและการยืดอายุการเก็บรักษาผลส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่.การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 4. 4-7 พฤษภาคม 2547 ณ โรงแรมเจบีหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา. 196 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์และฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. นครปฐม. 396 หน้า.

ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2553. ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพของฝรั่งพร้อมบริโภค (พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41(1): 421-424.

ดนัย บุญเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน. ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 225 หน้า.

ดวงพร อมัติรัตนะ สุนทรเกษมสุข ประกิจ ดวงพิกุล และชำนาญ ทองกลัด. 2533. การศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวส้มโอพันธุ์ท่าข่อย. รายงานประจำปี 2532 ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, พิจิตร. 255 หน้า.

นกน้อย ชูคงคาผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ ศิริชัย กัลยาณรัตน์ และวิษณุ นิยมเหลา. 2547. ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลแตงเมลอน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 35(5): 89-92.

บรรณ บูรณะชนบท. 2547. สวนส้มโอ.โรงพิมพ์เทพพิทักษ์การพิมพ์. กรุงเทพฯ. 61 หน้า.

เบญจมาส รัตนชินกร นันท์ชนก นันทะไชย อนุวัตร แจ้งชัด และสุธน สุวรรณบุตร. 2544. อิทธิพลของสารเคลือบผิวบางชนิดต่อคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดีระหว่างการเก็บรักษา. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

เบญจมาส รัตนชินกร วีระอนงค์ คำศิริสุพัตรา ไกรศรี ยสวันต์ บุษปวนิช และจตุพร สิงห์โต. 2547. ผลของไคโตซานต่อคุณภาพการเก็บรักษาส้มโอที่อุณหภูมิห้อง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 35(6): 419-421.

เบญจมาส รัตนชินกร. 2544. การเก็บรักษาส้มโอ. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 79 หน้า.

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ จรูญพงศ์ เทียมประทีป รวิภัทร ลาภเจริญสุข และจิตรา ด้วงช้าง. 2551. คุณภาพเนื้อผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 18.

รัตตา สุทธยาคม. 2548. การยืดอายุการเก็บรักษาส้มโอหลังการเก็บเกี่ยวด้วยระบบควบคุมบรรยากาศในอุณหภูมิต่ำในเชิงการค้า.กองทุนสนับสนุนงานวิจัยด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. กรุงเทพฯ. 364 หน้า.

สมัคร แก้วสุกแสง และ พีรพงค์ แสงวนางค์กูล. 2555. รายงานวิจัยเรื่องคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ของผลไม้ตระกูลส้มในภาคใต้. สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 44 หน้า.

สมัคร แก้วสุกแสง นพรัตน์ ทัดมาลา และพงศ์พณิช เกื้อทอง. 2557. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องดัชนีการเก็บเกี่ยวและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธ์ทับทิมสยามใน จ. นครศรีธรรมราช. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.). 73 หน้า.

สำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช. 2552. เทคนิคการผลิตส้มโอให้มีคุณภาพ. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเกษตรกรโครงการพัฒนาคุณภาพส้มโอในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อการส่งออกปี 2552.

สำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช.2551. กลุ่มพัฒนาไม้ผลส้มโอลุ่มน้ำปากพนัง.

สุจิตรา สง่า. 2548. ผลของ 1-methylcyclopropene ต่อการสูญเสียคลอโรฟิลล์ของเปลือกมะนาว พันธุ์แป้น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. กรุงเทพฯ. 143หน้า .

เสาวภา ไชยวงศ์ และธีรพงษ์ เทพกรณ์. 2551. ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของส้มโอพันธ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39(3): 287-290

อภิตา บุญศิริ โศรดา กนกพานนท์ ศิริพร วิหคโต และประกิต โรจน์ปัญญากิจ. 2551. ฟิล์มเคลือบบริโภคได้จากเจลาตินและไคโตซานสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง. การสัมมนาวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 6. 14-15 สิงหาคม 2551 ณ โรงแรมเจริญธานี ปริ๊นเซส จังหวัดขอนแก่น. 182 หน้า.

อุมาพันธ์ จิราภรณ์. 2533. คุณภาพของส้มโอเมื่อเก็บรักษาไว้ที่ระดับอุณหภูมิที่จะเกิด chilling injury. วิทยานิพนธ์ (วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตเกษตรศาสตร์). สาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 79 หน้า.

Abeles, F.B. 1973. Ethylene in Plant Biology, Academic press, London, UK, 302 p.

Aiamla-or, S., Kaewsuksaeng, S., Shigyo, M., Yamauchi, N. 2010.Impack of UV-B on chlorophyll degradation and chlorophyll-degrading enzyme activities in stored broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) florets. Food chemistry. 120. 645–651.

Aiamla-or, S., Nakajima, T., Shigyo, M., Yamauchi, N., 2012. Pheophytinase activity and gene expression of chlorophyll-degrading enzymes relating to UV-B treatment in postharvest broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) florets. Postharvest Biol. Technol. 63, 60–66.

Costa, M. L., Civello, P. M., Chaves, A. R., Martinez, G. A., 2006. Hot air treatment decreases chlorophyll catabolism during postharvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) heads. J. Sci. Food Agric. 86, 1125–1131.

Funamoto, Y., Yamauchi, N., Shigenaga, T., Shigyo, M., 2002. Effects of heat treatment on chlorophyll degradation enzymes in stored broccoli (*Brassica oleracea* L.). Postharvest Biol. Technol. 24, 163–170.

Kaewsuksaeng, S. 2011. Chlorophyll degradation in horticultural crops. Walailak J. Sci&Technol. 8(1): 9-19.

Kaewsuksaeng, S., Yamauchi, N., Funamoto, Y., Aiamla-or, S., Mori, T.,Shigyo, M., Kanlayanarat, S., 2010. Partially purification of Mg-dechelatase in relation to chlorophyll degradation in broccoli (*Brassicaoleracea* L. Italica Group) florets**.** Acta Hort. 875. 509 – 514.

Kaewsuksaeng, S., Urano, Y., Aiamla-or, S., Shigyo, M. and Yamauchi, N. 2011.Effect of UV-B irradiation on chlorophyll-degrading enzyme activities and postharvest quality in stored lime (*Citrus latifolia*Tan.) fruit.Postharvest Biol. Technol. 61: 124-130.

Kaewsuksaeng, S., Tatmala, N.,Srilaong, V. and Pongprasert, N. 2015. Postharvest heat treatment delays chlorophyll degradation and maintains quality in Thai lime (*Citrus aurantifolia*Swingle cv. Paan) fruit. Postharvest Biol. Technol. 100: 1-7.

Kunieda, T., Amano, T. and Shioi, Y. 2005. Search for chlorophyll degradation enzyme, Mg-dechelatase, from extracts of *Chenopodium album* with native and artificial substrates. Plant Sci. 169. 177 – 183.

Langmeier, M., Ginsburg, S. and Matile, P. 1993. Chlorophyll breakdown in senescent leaves: demonstration of Mg-dechelatase activity. Physiologia Plantarum. 89. 347-353.

Matile, P., Schellenberg, M. and Vicentini, F. 1997. Localization of chlorophyllase in the chloroplast envelope. Planta.201. 96–99.

Matile, P., Hörtensteiner, S., Tomas, H., 1999. Chlorophyll degradation, Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 50, 69 – 75.

Schelbert, S., Aubry, S., Burla, B., Agne, B., Kessler, F., Krupinska, K., Hörtensteiner, S. 2009. Pheophytinpheophorbide hydrolase (Pheophytinase) is involved in chlorophyll breakdown during leaf senescence in *Arabidopsis*. Plant Cell. 21, 767 – 785.

Shioi, Y., Tomita, N., Tsuchiya, T., Takamiya, K. 1996. Conversion of chlorophyllide to pheophorbide by Mg-dechelating substance in extracts of *Chenopodium album*. Plant Physiol. Biochem. 34, 41 – 47.

Srilaong, V., Aiamla-or, S., Soontornwat, A., Shigyo, M., Yamauchi, N. 2011. UV-B irradiation retards chlorophyll degradation in lime (*Citrus latifolia* Tan.) fruit. Postharvest Biol. Technol. 59.110–112.

Suzuki, T., Kunieda, T., Murai, F., Morioka, S., Shioi, Y. 2005. Mg-dechelation activity in radish cotyledons with artificial and native substrates, Mg-chlorophyllin*a* andchlorophyllide*a*. Plant Physiol. Biochem. 43. 459 – 464.

Yamauchi, N. and Watada, A. E. 1991. Regulate chlorophyll degradation in spinach leaves during storage. Journal of the American Society for Horticultural Science.116. 58-62.

Yamauchi, N., Harada, K., Watada, A. E., 1997. In vitro chlorophyll degradation in stored broccoli (*Brassica oleracea* L var. italica Plen) florets. Postharvest Biol. Technol., 12(3), 239–245.

Yamauchi, N., Eguchi, K., Tokuhara, Y., Yamashita, Y., Oshima, A., Shigyo, M., Sugimoto, K., 2003. Control of degreening by sucrose laurate ester and heat treatment of *Citrusnagato-yuzukichi* fruit. J. Hort. Sci. Biotech. 78, 563 – 567.

Yamauchi, N, Funamoto, Y and Shigyo, M. 2004. Peroxidase-mediated chlorophyll degradation in horticultural crops. Phytochem. Reviews. 3(1-2), 221–228.

ภาคผนวก

ตารางที่ ผ.1 การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	0	2.59a	3.53a	5.18a	7.49	9.78a	11.75a	12.50a	14.55	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	0	1.39b	3.06b	4.42b	6.46	8.18b	10.28b	11.20b	13.34	14.30	16.28
F-test	-	**	**	NS	NS	*	**	*	NS	-	-
C.V.%	0	9.64	3.43	4.45	6.97	3.30	2.62	2.60	2.75	2.40	-

NS =ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.2 ค่า Hue angle ของเนื้อสัมโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	ค่า Hue angle ของเนื้อ										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	67.14	58.63c	60.54c	48.27c	35.68c	42.73b	32.74c	30.36c	28.70c	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	67.14	62.08b	63.16b	58.40b	43.53b	44.78b	38.60b	34.10b	31.04b	27.87	-
F-test	NS	**	**	**	**	**	**	**	**	-	-
C.V.%	0	0.32	0.49	1.09	0.47	1.99	0.39	0.48	0.76	-	-

NS =ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.3 ค่า Hue angle ของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	ค่า Hue angle ของเปลือก										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	100.36a	109.51b	104.37a	103.30b	99.11c	93.17c	93.03c	92.17c	91.05c	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	98.56b	108.42c	102.06b	109.45a	104.35a	101.85	102.03a	96.25a	94.20a	93.36	91.24
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	-
C.V.%	0.11	0.12	0.21	0.22	0.41	0.23	0.10	0.28	0.25	-	-

** =มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.4 ค่าความสว่างของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	ค่าความสว่างของเปลือก										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	52.01b	50.38b	53.40a	57.31a	62.01a	64.06a	66.28a	69.33a	68.13a	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	52.74a	51.29a	50.12c	49.12c	51.83c	51.56c	54.11c	54.16b	63.19b	63.59b	64.21
F-test	*	**	**	**	**	**	**	**	**	-	-
C.V.%	0.23	0.21	0.20	0.35	0.26	0.30	0.45	0.44	0.29	-	-

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.5 ค่าความสว่างของเนื้อส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	ค่าความสว่างของเนื้อ										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	39.37	45.10b	45.16b	40.32b	37.75	35.47b	35.48c	42.70c	44.74c	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	39.37	44.02c	45.43	43.68a	37.85	35.86b	36.60b	45.01b	49.04a	41.77	35.69
F-test	-	**	*	**	NS	*	**	**	**	-	-
C.V.%	0	0.34	0.49	0.38	1.08	1.94	0.30	0.27	0.26	-	-

NS =ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	22.94	19.03b	19.35b	18.93b	17.29b	17.01b	15.74b	15.95a	14.64a	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	22.94	21.04a	21.37a	20.32a	19.59a	18.02a	16.79a	15.70a	15.15a	13.60	13.71
F-test	-	**	**	**	**	**	*	*	**	-	-
C.V.%	0	0.30	1.39	0.37	1.06	0.57	1.84	0.78	1.65	-	-

NS =ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	3.61	3.04	3.19	2.58b	1.53b	1.51b	1.15	1.15b	1.35b	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	3.61	3.16	3.32	2.99a	2.18a	2.06a	1.34	1.48a	1.61a	1.54	1.70
F-test	-	NS	*	**	*	*	NS	*	*	-	-
C.V.%	0	2.06	3.98	3.70	7.02	5.41	4.33	6.78	3.15	-	-

NS =ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.8 กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase (Units mg^{-1} protein)										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	1.58	1.72	1.89	2.25	2.8a	3.25a	4.86a	5.10a	5.40a	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	1.58	1.60	1.72	1.84	2.05b	2.55b	2.78b	3.25b	3.91b	3.98	4.03
F-test	-	NS	NS	NS	*	*	**	**	**	-	-
C.V.%	0	3.43	5.44	12.98	8.87	9.53	7.05	5.46	5.79	-	-

NS =ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.9 กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation (Units mg^{-1} protein)										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	0.25	0.23	0.31	0.35a	0.37a	0.39a	0.43a	0.40a	0.35a	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	0.25	0.29	0.30	0.24b	0.22b	0.20b	0.17b	0.13b	0.10b	0.093	0.070
F-test	-	NS	NS	**	**	**	**	**	**	-	-
C.V.%	0	10.87	5.18	7.95	9.59	8.70	6.66	5.97	6.29	-	-

NS =ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.10 กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase (Units mg^{-1} protein)										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	0.012	0.016	0.0190	0.024a	0.027a	0.035a	0.041a	0.055a	0.062a	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	0.012	0.015	0.016	0.019b	0.020b	0.025b	0.026b	0.030b	0.033a	0.036	0.038
F-test	-	NS	NS	NS	*	**	**	**	**	-	-
C.V.%	0	10.20	13.99	10.40	12.77	9.43	7.63	6.65	4.36	-	-

NS =ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.11 กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll-degrading-peroxidase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll-degrading-peroxidase (Units mg^{-1} protein)										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	1506	2010	2700	3200a	3700a	4300a	5600a	6011a	6500a	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	1506	1800	2200	2600b	3100b	3400b	4100b	4700b	5300b	5500	5650
F-test	-	NS	NS	NS	*	**	**	**	**	-	-
C.V.%	0	5.69	11.51	9.17	6.58	4.79	4.98	6.55	4.43	-	-

NS =ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.12 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	12.00	11.50	12.25	14.10a	13.10a	12.70a	12.35a	14.05	14.10a	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	12.00	12.20	11.80	12.35b	11.70b	11.20b	11.20b	12.35	12.90b	13.35	12.20
F-test	-	NS	NS	*	*	*	*	NS	**	-	-
C.V.%	0	3.7	2.27	2.41	2.95	2.27	1.76	4.28	0.91	-	-

NS =ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.13 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	0.73	0.77b	1.50	0.54b	0.53b	0.40	0.43c	0.88b	0.73b	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	0.73	0.93a	1.37	0.85a	0.94a	1.46	0.89a	1.13a	1.26a	0.94	0.84
F-test	NS	NS	NS	*	**	NS	**	*	**	-	-
C.V.%	3.87	4.43	17.03	5.93	5.46	41.15	6.91	4.24	5.66	-	-

NS =ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.14 คะแนนการยอมรับด้านรสชาติของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีและไม่ฉาย (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลอง	คะแนนการยอมรับด้านรสชาติ										
	วันที่เก็บรักษา										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ชุดควบคุม	5.00	5.00	4.70	4.70	4.65	4.25	4.10	3.80	3.70	-	-
UV-B 45 kJ m^{-2}	5.00	5.00	4.40	4.75	4.55	4.10	3.90	3.65	3.35	3.60	3.35
F-test	-	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	-
C.V.%	0	0	3.64	3.96	2.97	5.65	8.95	7.29	4.97	-	-

NS =ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.15 ค่า Hue angle ของเปลือกส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	ค่า Hue angle ของเปลือก								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	104.84	113.65	106.66b	99.47b	103.96b	97.53b	93.99	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	103.55	117.17	110.19a	119.29a	115.57a	100.61a	97.56	97.70	94.15
F-test	NS	NS	**	**	*	*	NS	-	-
C.V.%	1.16	1.55	0.22	1.29	1.64	0.57	1.34	-	-

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.16 ค่า Hue angle ของเนื้อส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	ค่า Hue angle ของเนื้อ								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	63.62	41.33	31.71	55.72	61.13a	50.27	41.03	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	58.44	38.59	34.40	49.64	41.51b	55.76	33.71	49.68	27.50
F-test	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	-	-
C.V.%	6.87	12.68	10.88	7.59	7.75	7.95	9.56	-	-

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.17 ค่าความสว่างของเปลือกส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	ค่าความสว่างของเปลือก								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	50.07	50.95	50.44	52.66	54.21	54.90	57.24	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	46.36	46.96	46.63	47.43	48.81	48.79	49.70	51.70	57.09
F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	-
C.V.%	2.21	3.36	2.24	4.22	2.78	4.46	4.61	-	-

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.18 ค่าความสว่างของเนื้อสัมโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	ค่าความสว่างของเนื้อ								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	39.31	40.27	50.44	40.21	38.48	37.19	37.57	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	40.39	41.10	46.63	38.59	37.49	39.86	37.44	30.83	40.33
F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	-
C.V.%	6.94	4.20	2.24	4.12	2.25	5.24	2.88	-	-

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.19 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	0.76	0.84	0.84	0.84	0.58	0.32	0.32	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	0.76	0.84	0.71	0.77	0.51	0.45	0.39	0.32	0.32
F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	-
C.V.%	21.54	11.01	11.94	8.10	11.98	23.13	39.34	-	-

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.20 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	11.60	11.45	11.10b	12.20	11.60	11.80	12.75	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	11.90	11.70	12.00a	11.90	12.20	11.30	11.70	12.00	11.70
F-test	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	-	-
C.V.%	4.26	2.63	0.87	1.86	2.38	3.12	3.19	-	-

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.21 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	37.36	33.62	27.75	22.70	16.47b	14.40b	11.81b	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	38.49	33.08	27.34	23.89	21.37a	20.66a	19.33a	16.77	11.44
F-test	NS	NS	NS	NS	*	**	**	-	-
C.V.%	3.34	2.82	2.45	2.73	2.69	2.82	2.67	-	-

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.22 ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	12.27	9.17	7.67	5.90	5.16b	3.24b	3.04b	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	12.94	9.69	8.45	6.22	6.69a	5.98a	5.70a	5.33	2.91
F-test	NS	NS	NS	NS	*	**	**	-	-
C.V.%	2.45	8.71	6.97	6.12	3.47	4.89	5.34	-	-

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.23 กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase ของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase (Units mg^{-1} protein)								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	1.63	1.85	1.93	1.99	2.30a	2.45a	3.21a	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	1.63	1.7	1.79	1.82	1.95b	2.01b	2.43b	2.6	2.72
F-test	-	NS	NS	NS	*	**	**	-	-
C.V.%	0	12.04	6.01	9.28	6.86	3.69	7.27	8.16	8.32

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.24 กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation ของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelation (Units mg^{-1} protein)								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	0.33	0.31	0.35	0.41a	0.49a	0.38a	0.30a	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	0.33	0.34	0.31	0.29b	0.24b	0.21b	0.15b	0.16	0.13
F-test	-	NS	NS	**	**	**	**	-	-
C.V.%	0	8.97	5.83	5.71	9.09	9.28	11.33	2.32	21.75

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ. 25 กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase ของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	กิจกรรมเอนไซม์ pheophytinase (Units mg^{-1} protein)								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	0.022	0.026	0.029a	0.033a	0.037a	0.042a	0.051a	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	0.022	0.026	0.021b	0.024b	0.027b	0.031b	0.031b	0.039	0.043
F-test	-	NS	**	**	**	**	**	-	-
C.V.%	0	10.88	6.32	8.22	7.97	6.13	4.88	9.59	9.87

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ. 26 กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll-degrading peroxidase ของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyll-degrading-peroxidase (Units mg^{-1} protein)								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	1430	1860	2100	2600a	2900a	3200a	4500a	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	1430	1600	1850	2150b	2600b	2900a	3100b	3600	3900
F-test	-	Ns	Ns	**	**	Ns	**	-	-
C.V.%	0	7.25	6.77	4.64	0.025	6.56	3.40	9.90	1.60

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.27 การสูญเสียน้ำหนักของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	0	3.99	6.20	9.84	11.26	14.38	17.13	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	0	4.32	6.92	10.68	12.21	15.58	18.58	21.62	23.29
F-test	0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	-
C.V.%	0	13.54	14.95	12.49	12.71	11.76	11.50	-	-

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ตารางที่ ผ.28 คะแนนการยอมรับด้านรสชาติของส้มโอทับทิมสยามที่อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดการทดลอง	คะแนนการยอมรับด้านรสชาติ								
	วันที่เก็บรักษา								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ชุดควบคุม	4.25	3.75	4.25	4.75	4.00	3.75	4.00	-	-
50 องศาเซลเซียส 10 นาที	3.75	3.00	5.00	4.00	4.25	3.75	3.75	3.75	4.00
F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	-
C.V.%	19.76	7.41	5.41	5.71	6.06	9.43	6.45	-	-

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple rang test (DMRT)

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายสมัคร แก้วสุกแสง
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Samak Kaewsuksaeng

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3940200078093

3. ตำแหน่งปัจจุบันผู้ช่วยศาสตราจารย์
   เวลาที่ใช้ทำวิจัย (10 ชั่วโมง : สัปดาห์)

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
   สาขาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน
   มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
   222 หมู่ 2 ต. บ้านพร้าว อ. ป่าพะยอม
   จ.พัทลุง 93110
   โทรศัพท์ : 074-693996 โทรสาร : 074-693996
   E-mail: samak@tsu.ac.th/samak@scholar.tsu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา
   วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ม.สงขลานครินทร์ 2545
   วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี2547
   ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2550

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   -Postharvest Handling System of Fruits and vegetables
   -Physiology and Biochemistry of Fruits, vegetables and ornamental after harvesting
   -Plant pigment
   -Protein Purification in plant

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

1. การลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลลองกองด้วยการฉีดพ่น Gibberellic acid และ Chitosan ก่อนการเก็บเกี่ยวงบประมาณ 120,000 บาท มิ.ย. 2551 – พ.ค. 2552 สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

2. ศึกษาสัณฐานวิทยาการหลุดร่วงและบรรเทาการหลุดร่วงของผลลองกองหลังการเก็บเกี่ยวด้วยการฉายรังสี UV-B และ UV-C พ.ย. 2551 – พ.ย. 2552 ‘งบประมาณ 370,000 บาท งบประมาณแผ่นดิน

3. การจำแนกสารประกอบฟีนอลและการทำบริสุทธิเอนไซม์ Polyphenol oxidase ในเปลือกผลลองกองระยะเวลา 2 ปี (2553-54) งบประมาณ 480,000 บาท จากทุนสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

4.การวิจัยและพัฒนาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลลองกองใน จ.นราธิวาส เพื่อการส่งออก ระยะเวลา 12 เดือน (2553) งบประมาณ 200,000 บาท จากทุนช่วยเหลือทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มูลนิธิโทเร เพื่อการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ประเทศไทย

5. กลไกการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในมะนาวหลังการเก็บเกี่ยวร่วมกับ Yamaguchi university ระยะเวลา 12 เดือน (2553-2554) งบประมาณ 440,000 บาท จากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ

6. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับเงาะนอกฤดูกาลก.ย. 2553 – ส.ค. 2554 งบประมาณ 125,000 บาท สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

7. Nutritional value and bioactive compound contents in citrus family locally cultivalted in southern มิ.ย. 2554-พ.ค. 2555 งบประมาณ 369,200 บาท สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

8. ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะนอกฤดูกาลพันธ์โรงเรียนใน จ.นครศรีธรรมราช ม.ค. 2555– ธ.ค. 2556 งบประมาณ 400,000 บาท งบประมาณแผ่นดิน

9. ดัชนีการเก็บเกี่ยวและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธ์ทับทิมสยามใน จ.นครศรีธรรมราชพ.ย. 2556-ก.ย. 2557 งบประมาณ 150,000 บาท จากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

10. การทำบริสุทธิเอนไซม์ Pheophytinase และ Chlorophyllase ที่มีผลต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในมะนาวหลังการเก็บเกี่ยว ต.ค. 2557 – พ.ย. 2558 งบประมาณ 285,000 บาท งบประมาณแผ่นดิน

11. การชะลอการเหลืองและควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามโดยการฉายรังสียูวีบีและการใช้ไอร้อนแห้ง ต.ค. 2557-ก.ย. 2558 งบประมาณ 200,000 บาท จากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

12. Cellular-level analysis of morphological changes during aging in Anthurium plant, March 2015-February 2016, Total budget 750,000 Japanese Yen from HEIWA NAKAJIMA FOUNDATION

13. Quality maintenance by stress treatments during long distance transport of horticultural crop, July 2015-May 2016, Total budget 400,000 Japanese Yen from JSPS

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

1. การลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลลองกองด้วยการฉีดพ่น Gibberellic acid และ Chitosan ก่อนการเก็บเกี่ยวงบประมาณ 120,000 บาท มิ.ย. 2551 – พ.ค. 2552 สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

2. ศึกษาสัณฐานวิทยาการหลุดร่วงและบรรเทาการหลุดร่วงของผลลองกองหลังการเก็บเกี่ยวด้วยการฉายรังสี UV-B และ UV-C พ.ย. 2551 – พ.ย. 2552 ‘งบประมาณ 370,000 บาท งบประมาณแผ่นดิน

3. การจำแนกสารประกอบฟีนอลและการทำบริสุทธิเอนไซม์ Polyphenol oxidase ในเปลือกผลลองกองระยะเวลา 2 ปี (2553-54) งบประมาณ 480,000 บาท จากทุนสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

4. การวิจัยและพัฒนาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลลองกองใน จ.นราธิวาสเพื่อการส่งออก ระยะเวลา 12 เดือน (2553) งบประมาณ 200,000 บาท จากทุนช่วยเหลือทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มูลนิธิโทเร เพื่อการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ประเทศไทย

5. กลไกการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในมะนาวหลังการเก็บเกี่ยวร่วมกับ Yamaguchi university ระยะเวลา 12 เดือน (2553-2554) งบประมาณ 440,000 บาท จากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ

6. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับเงาะนอกฤดูกาลก.ย. 2553 – ส.ค. 2554 งบประมาณ 125,000 บาท สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

7. Nutritional value and bioactive compound contents in citrus family locally cultivalted in southern มิ.ย. 2554-พ.ค. 2555 งบประมาณ 369,200 บาท สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

8. ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะนอกฤดูกาลพันธ์โรงเรียนใน จ.นครศรีธรรมราช ม.ค. 2555–ธ.ค. 2556 งบประมาณ 400,000 บาท งบประมาณแผ่นดิน

9. ดัชนีการเก็บเกี่ยวและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธ์ทับทิมสยามใน จ.นครศรีธรรมราชพ.ย. 2556-ก.ย. 2557 งบประมาณ 150,000 บาท จากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

10. การชะลอการเหลืองและควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามโดยการฉายรังสียูวีบีและการใช้ไอร้อนแห้ง ต.ค. 2557-ก.ย. 2558 งบประมาณ 200,000 บาท จากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

1. การทำบริสุทธิเอนไซม์ Pheophytinase และ Chlorophyllase ที่มีผลต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในมะนาวหลังการเก็บเกี่ยว ต.ค. 2557 – พ.ย. 2558 งบประมาณ 285,000 บาท งบประมาณแผ่นดิน ดำเนินการ 90 เปอร์เซ็นต์

2. Cellular-level analysis of morphological changes during aging in Anthurium plant, March 2015-February 2016, Total budget 750,000 Japanese Yen from HEIWA NAKAJIMA FOUNDATION (80%)

3. Quality maintenance by stress treatments during long distance transport of horticultural crop, July 2015-May 2016, Total budget 400,000 Japanese Yen from JSPS (70%)

---

8. ผลงานที่มีการตีพิมพ์เผยแพร่

<u>ระดับนานาชาติ</u>

Kaewsuksaeng, S., Tatmala, N., Srilaong, V. and Pongprasert, N. 2015. Postharvest heat treatment delays chlorophyll degradation and maintain quality in Thai lime (*Citrus aurantifolia*Swingle cv. Paan) fruit. **Postharvest Biol. Technol.** 100: 1-7.

Kaewsuksaeng, S., Aiamla-or, S., Shigyo, M. and Yamauchi, N. 2012. Effect of UV-B irradiation on chlorophyll degradation and postharvest physiology in stored lime (*Citrus latifolia* Tan.)Fruit. **Acta Horticulturae**. 945: 105-112.

Kaewsuksaeng, S., Urano, Y., Aiamla-or, S., Shigyo, M. and Yamauchi, N. 2011. Effect of UV-B irradiation on chlorophyll-degrading enzyme activities and postharvest

quality in stored lime (*Citrus latifolia*Tan.) fruit. **Postharvest Biol. Technol.** 61: 124-130.

Kaewsuksaeng, **S.** 2011. Chlorophyll degradation in horticultural crops. **Walailak J. Sci. & Technol.** 8(1): 9-19. (Review).

Kaewsuksaeng S., Yamauchi N., Funamoto Y., Aiamla-or S., Mori T., Shigyo M. and Kanlayanarat S. 2010. Partially purification of Mg-dechelatase in relation to chlorophyll degradation in broccoli (*Brassicaoleracea* L. Italica Group) florets. **Acta Horticulturae**. 875: 509-514.

Kaewsuksaeng S.,Techavuthiporn C., Sornwisai Y and Kanlayanarat S. 2010. Effect of UV-C Radiation on Biochemical changes of Longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) after harvesting.**Acta Horticulturae** 875: 133-136.

Kaewsuksaeng S.,Techavuthiporn C., Sornwisai Y and Kanlayanarat S.2010. Pericarp Browning Alleviation and Maintain Postharvest Quality of Longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) by Using UV-C Radiation. **Acta Horticulturae.** 875: 127-131.

Kaewsuksaeng S., Uthairattanakij A. and Kanlayanarat S. 2010. High O_2 effects on peel browning and phenolics changes in Longan (*Dimocarpus longan* Lour) fruit. **Acta Horticulturae**. 857: 389-394.

Kaewsuksaeng S., Uthairattanakij A. and Kanlayanarat S. 2010. Inhibition of pericarp browning and phenolics oxidation in Longan (*Dimocarpus longan* Lour) fruit during controlled atmosphere storage. **Acta Horticulturae.** 857: 395-400.

Kaewsuksaeng S.,Uthairattanakij A. and Kanlayanarat S. 2010. Physiological changes in Longan (*Dimocarpus longan* Lour) fruit during controlled atmosphere storage. **Acta Horticulturae.** 857: 401-404.

Aiamla-or S., **Kaewsuksaeng S.,** Shigyo M. and Yamauchi N. 2009. Impact of UV-B irradiation on chlorophyll degradation and chlorophyll-degrading enzyme activities in stored broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) florets. **Journal of Food Chemistry.** 120: 645-651.

Kaewsuksaeng S.,Uthairattanakij A., Srilaong V. and Kanlayanarat S. 2008. High O_2 effects on physiological changes in Longan (*Dimocarpus longan* Lour) fruits. **Acta Horticulturae**. 804: 527-530.

Kaewsuksaeng S., Yamauchi N., Funamoto Y.,Shigyo M. and Kanlayanarat S. 2007. Effect of heat treatment on Mg-dechelation activity in relation to chlorophyll degradation during storage ofbroccoli florets. **Acta Horticulturae.** 746: 375-379.

Kaewsuksaeng S., Yamauchi N., Funamoto Y., Mori T.,Shigyo M. and Kanlayanarat S. 2007. Effect of Heat Treatment on Catabolites Formation in Relation to Chlorophyll Degradation during Storage ofBroccoli(*Brassica olearacea* L. cv. Italica Group) Florets. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**. 76(4): 338-344.

Kaewsuksaeng S., Yamauchi N., Funamoto Y., Shigyo M. and Kanlayanarat S. 2006. Effect of Mg-dechelation Activity on Chlorophyll Degradation in Stored Broccoli Florets.**Acta Horticulturae**. 712(2): 705-709.

ระดับชาติ

สมัคร แก้วสุกแสง และพีรพงค์ แสงวนางค์กูล. 2558. ปริมาณสารออกฤทธิ์ของผลไม้ตระกูลส้มที่ปลูกในภาคใต้. แก่นเกษตร 43 ฉบับพิเศษ 1. 799-804.

วัลลดา นวลศรี นพรัตน์ ทัดมาลา และสมัคร แก้วสุกแสง. 2558. ดัชนีการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม. แก่นเกษตร 43 ฉบับพิเศษ 1. 805-810.

นพรัตน์ ทัดมาลา และสมัคร แก้วสุกแสง. 2558. การเปลี่ยนแปลงสีและผลของสารเคลือบผิว sucrose fatty acid ester ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเงาะนอกฤดูกาลพันธุ์โรงเรียน. แก่นเกษตร 43 ฉบับพิเศษ 1. 811-817.

สมัคร แก้วสุกแสงและนพรัตน์ ทัดมาลา. 2558. การรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเงาะพันธุ์โรงเรียนและยืดอายุการเก็บรักษาด้วยการเคลือบผิว Carboxymethyl cellulose. แก่นเกษตร 43 ฉบับพิเศษ1. 818-822.