

**ผลของการฉายรังสียูวีบีต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง
ของเปลือกผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม**
Effect of UV-B Irradiation on Chlorophyll Degradation and Chlorophyll Degrading Enzyme Activities of
'Siam Red Ruby' Pumelo (*Citrus maxima* (Burm.) Merr) Peel

ณัฐวุฒิ คงพูน¹ และสมัคร แก้วสุกแสง¹
Natthawut Kongpoon¹ and Samak Kaewsuksaeng¹

Abstract

Peel yellowing of 'Siam Red Ruby' pumelo during the postharvest period which unacceptable of consumer and reduce the value that usually occurs with the progress of chlorophyll degradation. The study of UV-B irradiation doses as 18, 27, 36, 45 and 54 kJ m⁻² and then kept in darkness at 25 °C was applied to 'Siam Red Ruby' pumelo to investigate their effects on chlorophyll degradation and chlorophyllase and pheophytinase activities. UV-B doses of 27 kJ m⁻² resulted on the longest shelf-life as 40 days compared with control as 30 days. The results showed that UV-B doses of 27 kJ m⁻² efficiently delayed the decreasing the contents of chlorophyll a and b and protein content of peel compare to control. Moreover, UV-B doses of 27 kJ m⁻² found significantly the reduction of chlorophyllase and pheophytinase activities during storage than control. Conclusion, UV-B of 27 kJ m⁻² effectively suppressed chlorophyll degradation in pumelo during storage, suggesting that this effect could be due to the suppression of chlorophyll-degrading enzyme activities.

Keywords: 'Siam Red Ruby' pumelo, chlorophyll degradation, UV-B, chlorophyllase, pheophytinase

บทคัดย่อ

การเหลืองของเปลือกผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและมีมูลค่าลดลง การศึกษาผลของการฉายรังสียูวีบีที่ความเข้ม 9, 18, 27, 36, 45 และ 54 กิโลจูลต่อตารางเมตร เปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ฉายรังสียูวีบี (ชุดควบคุม) ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และกิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase และ pheophytinase ของเปลือกผลส้มโอ เก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส ในที่มืด พบว่าการฉายรังสียูวีบีความเข้ม 27 กิโลจูลต่อตารางเมตร มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด 40 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการวางจำหน่าย 30 วัน และยังสามารถชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เอและ บี และปริมาณโปรตีนของเปลือกผล ตลอดจนระยะเวลาการรักษาดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม นอกจากนี้การฉายรังสียูวีบีความเข้ม 27 กิโลจูลต่อตารางเมตร มีผลลดกิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase และ pheophytinase ให้ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดังนั้นการฉายรังสียูวีบีที่ความเข้ม 27 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถลดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ อาจเป็นผลมาจากการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ที่เร่งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์

คำสำคัญ: ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม การเหลือง รังสียูวีบี

คำนำ

ส้มโอมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Citrus maxima* (Burm.) Merr) เป็นไม้ผลเขตร้อน (sub-tropical fruit) อยู่ในวงศ์ Rutaceae ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเป็นพันธุ์ที่มีการปลูกแพร่หลายของประเทศไทยคือ เขตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีเนื้อสีแดงเข้ม สีทับทิม รสชาติหวาน หอม มีมูลค่าสูงและตลาดต้องการเป็นอย่างมากทั้งในและต่างประเทศ (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2552) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าหลังจากการเก็บเกี่ยวส้มโอมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพภายนอกอย่างรวดเร็ว ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองอันเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ส่งผลให้ไม่เป็นที่ต้องการและยอมรับของผู้บริโภค (สมัครและคณะ, 2557)

¹ สาขาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93210

¹ Department of Plant Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Campus 93110

ปัจจุบันมีการนำเอาเทคโนโลยีต่างๆมาใช้ในการชะลอการเหลืองและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวในผลไม้ตระกูลส้ม เช่น การฉายรังสียูวีบี (UV-B irradiation) และการใช้ความร้อน (heat treatment) ซึ่งทั้งสองวิธีเป็นการทำให้เกิดภาวะเครียดของพืชซึ่งมีการนำมาใช้เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การฉายรังสียูวีบีในมะนาวพันธุ์ตาวิตีที่ความเข้ม 19.0 กิโลจูลต่อตารางเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เอและบีได้ และยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เช่น chlorophyllase, chlorophyll-degrading peroxidase และ pheophytinase โดยมีอายุการเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 20 วัน (Kaewsuksaeng *et al.*, 2011) จากข้อมูลดังกล่าวจึงนำมาสู่การศึกษาผลของการฉายรังสียูวีบีในส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งยี่ดอายุการวางจำหน่าย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ผลของการฉายรังสียูวีบีต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

นำผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมาฉายรังสี UV-B ที่ความเข้ม 9, 18, 27, 36, 45 และ 54 กิโลจูลต่อตารางเมตร หลังจากนั้นนำผลส้มโอไปเก็บที่อุณหภูมิห้องประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ดังนี้ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก รายงานผลเป็นค่า hue angle และอายุการวางจำหน่ายซึ่งส้มโอที่มีเปลือกเหลือง 50 เปอร์เซ็นต์จะถือว่าหมดอายุการวางจำหน่าย

2. ผลของการฉายรังสียูวีบีต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

ทำการเปรียบเทียบระหว่างชุดควบคุมและชุดที่ฉายรังสี UV-B ที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 หลังจากนั้นนำส้มโอไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี (Yamauchi and Watada, 1991) กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase (Kaewsuksaeng *et al.*, 2011) pheophytinase (Schelbert *et al.*, 2009) และปริมาณโปรตีนทั้งหมด (Bradford, 1976)

ผล

การเปลี่ยนแปลงของค่า Hue angle ของเปลือกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทุกชุดการทดลองมีการลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้ม 27 กิโลจูลต่อตารางเมตร มีการลดลงของค่า Hue angle น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น (Figure 1A) และมีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด เท่ากับ 40 วัน (Figure 1B) การลดลงของค่า Hue angle อย่างรวดเร็วแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสีเขียวไปเป็นสีเหลืองของผลเปลือกส้มโอ

เมื่อศึกษาถึงการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บีของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองพบว่ามีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้ม 27 กิโลจูลต่อตารางเมตร มีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี น้อยกว่าชุดควบคุม (Figure 2A, B) และยังคงมีสีเขียวตลอดจนถึงวันที่ 25 (Figure 5) ในขณะที่กิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase และ pheophytinase ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามทั้งสองชุดการทดลองพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยชุดการทดลองที่ฉายรังสียูวีบีที่ความเข้ม 27 กิโลจูลต่อตารางเมตร มีกิจกรรมเอนไซม์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 3A, B) และยังสามารถชะลอการลดลงของปริมาณโปรตีนได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 4)

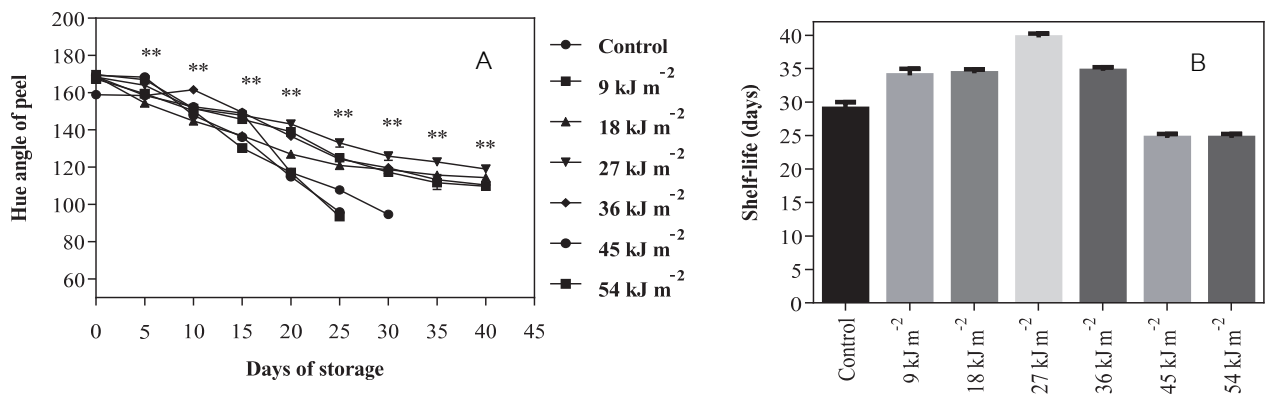


Figure 1 Changes of hue angle value (A) and shelf-life (B) of 'Siam Red Ruby' pumelo fruit as influenced by UV-B irradiation

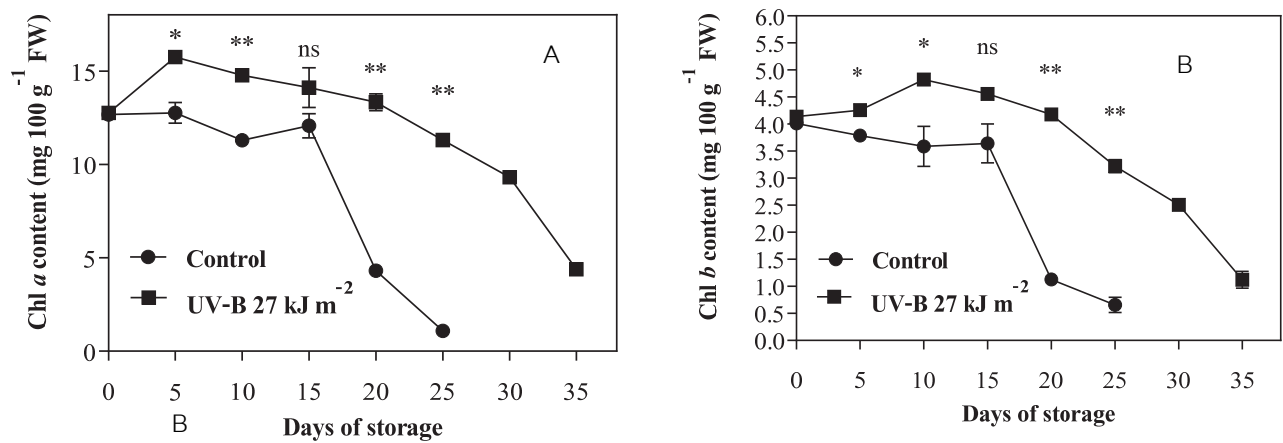


Figure 2 Changes of chlorophyll a (A) and chlorophyll b (B) contents as influenced by UV-B irradiation and control

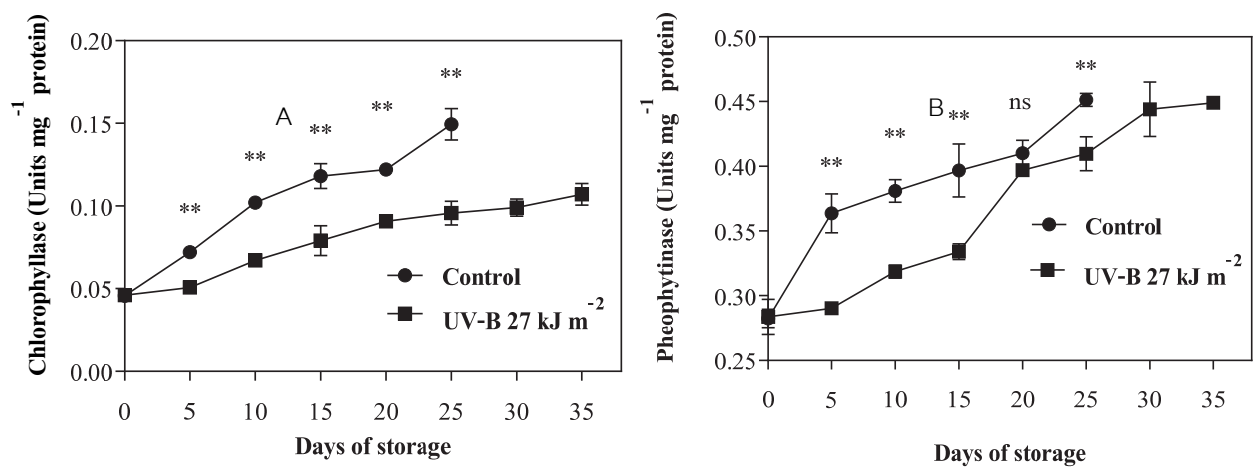


Figure 3 Changes of chlorophyllase (A) and pheophytinase activities (B) as influenced by UV-B irradiation and control

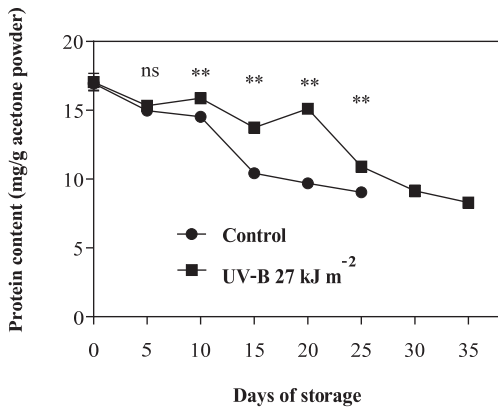


Figure 4 Changes of protein content as influenced by UV-B irradiation and control

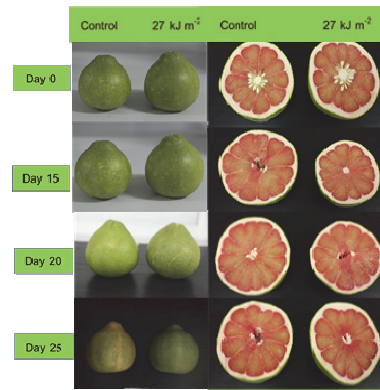


Figure 5 Changes of peel color as influenced by UV-B irradiation and control

วิจารณ์ผล

การฉายรังสียูวีบีเป็นวิธีการที่ทำให้ผลผลิตผลเกิดภาวะเครียดส่งผลให้เกิดการยับยั้งหรือการชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึม เช่น กระบวนการหายใจหรือการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ซึ่งการเหลืองหรือการสูญเสียสีเขียวเกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากการสลายตัวของสารสีคลอโรฟิลล์ โดยกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ถูกกระตุ้นโดยกิจกรรมเอนไซม์และสารประกอบที่เกี่ยวข้องกับกลไกการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ได้แก่ chlorophyllase, Mg-dechelation activity, chlorophyll-degrading peroxidase และ pheophytinase (Kaewsuksaeng *et al.*, 2011) จากผลการทดลองการฉายรังสียูวีบีที่ความเข้ม 27 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase และ pheophytinase ในส้มโอได้ ส่งผลให้ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวได้โดยผลส้มโอยังคงมีสีเขียว และมีอายุการวางจำหน่ายนานกว่าชุดควบคุมได้ผลเช่นเดียวกันกับในมะนาวพันธุ์ตาฮิติ (Kaewsuksaeng *et al.*, 2011)

สรุปผล

การฉายรังสียูวีบีในส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ความเข้ม 27 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถชะลอการเหลืองของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามได้ดีที่สุด โดยชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า Hue angle และชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี นอกจากนี้ยังสามารถลดกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ได้แก่ chlorophyllase และ pheophytinase รวมทั้งชะลอการลดลงของปริมาณโปรตีนได้ดีกว่าชุดควบคุม

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีการศึกษา 2558

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช. 2552. เทคนิคการผลิตส้มโอให้มีคุณภาพ. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเกษตรกรโครงการพัฒนาคุณภาพส้มโอในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อการส่งออกปี 2552.

สมัคร แก้วสุกแสง, นพรัตน์ ทัดมาลา และพงศพนิช เกื้อทอง. 2557. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องดัชนีการเก็บเกี่ยวและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามในจังหวัดนครศรีธรรมราช. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) 73 หน้า.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analysis Biochemistry* 72: 248-254.

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

Schelbert, S., S. Aubry, B. Burla, F. Kessler, K. Krupinska and S. Hortensteiner. 2009. Pheophytin pheophorbide hydrolase (Pheophytinase) is involved in chlorophyll breakdown during leaf senescence in Arabidopsis. *Plant Cell* 21: 767-785.

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