Agric. Sci. Innov. J. 55 : 1 (Suppl.) : 117 - 121 (2024) ว. วิทย. นวัต. กษ. 55 : 1 (พิเศษ) : 117 - 121 (2567)

ผลของสารเคลือบผิวทำจากขี้ซีชันไม้จิกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะละกอสุก
Effects of Coating Materials Made from the Resin of Taengwood Balau on Postharvest Quality Changes of Ripe Papaya

สายฝน อินทนาม[1]* หทัยพร กัมพวงศ์[1] ฤทธิรงค์ พฤฑฒิกุล[2] และวีรเวทย์ อุทโธ[3,4]
Saifon Ainthamnam[1,*], Hataiporn Kampawong[1], Rittirong Pruthtikul[2] and Weerawate Utto[3,4]

Abstract

This research aimed to study effects of coating material made from the resin of Taengwood Balau (*Shorea obtusa* Wall.) (Locally called Kee Cee or KC) on postharvest quality changes of ripe papaya fruit stored at 30 °C for 14 days. The quality changes of papaya coated with KC were compared to those coated with the shellac material (SHL) and non-coated (control). Experimental results showed that respiration rates of the KC- and SHL-coated papaya were 2.33 and 1.46 mmol s^{-1} kg^{-1}, respectively and these were lower than that of the control (3.89 mmol s^{-1} kg^{-1}). Reductions in ascorbic acid contents of both KC- and SHL-coated papaya were lower than non-coated papayas. The SHL material could provide the better effect on delaying fresh weight loss, compared to the KC material, especially on day 7 thereafter, which could be attributed to the drying and cracking of the KC. However, both surface coatings could give better delaying the weight loss, compared to the control. Ethanol concentrations in tissues of coated papaya fruits were higher than those of the control, except on day 14 when the ethanol contents in the KC treatment were lower than others. Although both coating materials gave the glossier appearances for the papaya fruit, there were no differences in the extent of visual microbial growth between treatments.
Keywords: Taengwood Balau resin, coating material, papaya, postharvest management

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของสารเคลือบผิวจากขี้ซีชันไม้จิก (KC) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะละกอสุก ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 14 วัน โดยเปรียบเทียบคุณภาพกับผลมะละกอสุกที่เคลือบผิวด้วยเชลแล็ก (SHL) และไม่เคลือบผิว (ชุดทดลองควบคุม) ผลการศึกษา พบว่า ผลมะละกอสุกเคลือบด้วย KC และ SHL มีอัตราการหายใจ เท่ากับ 2.33 และ 1.46 mmol s^{-1} kg^{-1} ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ามะละกอในชุดทดลองควบคุม (3.89 mmol s^{-1} kg^{-1}) ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของผลมะละกอสุกเคลือบด้วย KC และ SHL ลดลงต่ำกว่ามะละกอที่ไม่เคลือบผิว ทั้งนี้สารเคลือบผิว SHL ชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดได้ดีกว่าสารเคลือบผิว KC โดยเฉพาะหลังวันที่ 7 โดยเกิดจากการแห้งและแยกตัวของสารเคลือบผิว KC อย่างไรก็ตามการเคลือบผิวด้วยสารทั้งสองประเภทลดการสูญเสียน้ำหนักสดของมะละกอได้ดีกว่าการไม่เคลือบผิว ความเข้มข้นของเอทานอลในเนื้อเยื่อของมะละกอที่เคลือบผิวมีค่าสูงกว่าในชุดทดลองควบคุม ยกเว้นในวันที่ 14 พบว่า ปริมาณเอทานอลในเนื้อมะละกอเคลือบผิวด้วย KC ต่ำกว่าในชุดทดลองอื่น ๆ แม้ว่าสารเคลือบผิวทั้งสองให้ความแวววาวแก่มะละกอมากกว่าชุดทดลองควบคุม แต่ระดับของการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเห็นได้ด้วยตาเปล่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดทดลอง
คำสำคัญ: ขี้ซีชันไม้จิก สารเคลือบผิว มะละกอ คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
[1] Department of food Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Rathchathani University
[2] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
[2] National Metal and Materials Technology (MTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Ministry of Science and Technology
[3] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี
[3] Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani
[4] ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารพื้นบ้าน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี
[4] Indigenous Food Research and Industrial Development, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani
*E-mail: saifon.ai.65@ubu.ac.th

บทนำ

การเคลือบผิวเป็นเครื่องมือการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งนิยมใช้กับผลไม้สด เนื่องจากชะลอการแลกเปลี่ยนแก๊สและความชื้นระหว่างผลิตผลและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจน (O_2) ในกระบวนการหายใจและการสูญเสียความชื้นจากผลิตผลอันเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียน้ำหนักสดและคุณภาพด้านอื่นๆ (Mendy *et al.,* 2019) ตัวอย่างของสารเคลือบผิวผักและผลไม้สดที่ใช้กันทั่วไป เช่น เชลแล็ค (shellac) ไขขี้ผึ้ง และไขคาร์นูบาร์ (carnauba wax) กลไกสำคัญของสารเคลือบผิวในการแลกเปลี่ยนแก๊สและไอน้ำเกี่ยวข้องกับการเพิ่มระยะทางในการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางอันเป็นผลจากชั้นฟิล์มของสารเคลือบผิวที่เกิดขึ้นบนผิวหน้าของผลิตผล ทั้งนี้อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความหนาของตัวกลางตามกฎการแพร่ของฟิกก์ (Fick's laws of diffusion) (วีรเวทย์, 2562) ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สนใจพัฒนาสารเคลือบผิวจากขี้ซีชันไม้ ซึ่งเป็นเรซิน (hard resin หรือ dammar gum) ที่ไหลจากต้นไม้จิก (*Shorea obtusa* Wall. หรือ ต้นไม้เต็งในภาษากลาง Taengwood Balau) มีสมบัติการยึดติดกับผิวได้ดี และใช้เป็นส่วนประกอบของยาสมุนไพรเพื่อรักษาโรคบิดและท้องร่วง (Bainsal *et al.,* 2020) นอกจากนี้ขี้ซีชันไม้มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์กลุ่มเทอร์พีน (terpene) ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Ramle *et al.,* 2010) การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเบื้องต้นในผลของการเคลือบผิวด้วยขี้ซีชันไม้ต่อคุณภาพบางประการของมะละกอสุกทั้งลูก

วิธีการวิจัย

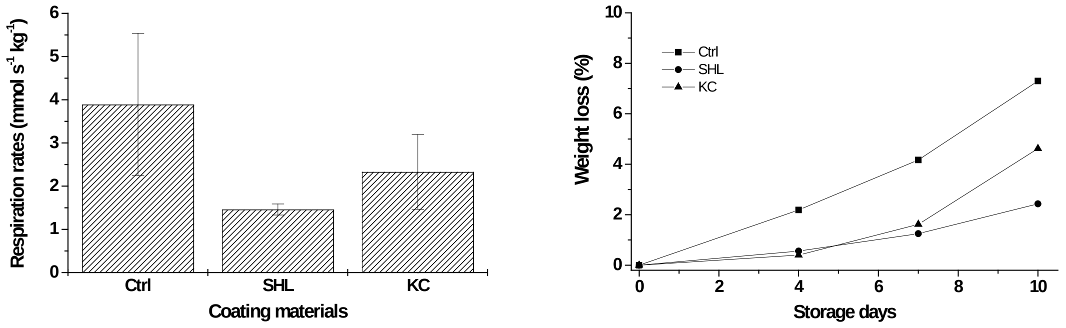
การพัฒนาสารเคลือบผิวจากขี้ซีชันไม้ ประยุกต์จากงานวิจัยของ Kampawong *et al.* (2023) ทำการละลายขี้ซีชันไม้ผง (40 mesh ตราหัวเรือ บริษัท แอล เค อาร์อุตสาหกรรม จำกัด) ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ (95 % v/v) ในอัตรา 1:2 (W/V) ละลายในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 65-70 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงและคนอย่างต่อเนื่อง พร้อมกับ เติมกลีเซอรอล 2.5% (w/w) ภายหลังจากนั้นทำการเคลือบผิวมะละกอด้วยสารละลายปริมาตรเท่ากับ 10 ml ด้วยการทาให้ทั่วลูก (น้ำหนักสด เท่ากับ 600-1,000 g) ด้วยแปรง (สิ่งทดลอง KC) ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง (30°C) และเปรียบเทียบกับมะละกอที่เคลือบผิวด้วยสารละลายเชลแล็ก 1% (w/v) ละลายในเอทานอลและเติมกลีเซอร์รอล 1% (v/v) ประยุกต์วิธีของพนิดา และคณะ (2564) (สิ่งทดลอง SHL) และไม่เคลือบผิว (สิ่งทดลอง Ctrl**) การวิเคราะห์คุณภาพของมะละกอ**ในสิ่งทดลองต่างๆ ประกอบด้วย (1) อัตราการหายใจ (การผลิตแก๊ส CO_2) ภายหลังจากการเคลือบ 3 ชั่วโมง และ (2) ร้อยละการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (3) ปริมาณกรดแอสคอร์บิกด้วยการไตรเตรทด้วยสารละลาย indophenol ในระหว่างการเก็บรักษา 14 วัน ด้วยการประยุกต์วิธีที่รายงานโดยสุกัญญา และคณะ (2565) และ (4) ปริมาณเอทานอลในเนื้อเยื่อมะละกอด้วยเครื่อง Flame-ionized detector & Packed gas chromatography columns (FID-GC 2014, Shimadzu, Japan) ด้วยการประยุกต์วิธีของหทัยพร และคณะ (2564) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอร์บิกโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ first-order fractional conversion model (Eq. 1) ด้วย non-linear regression รายงานโดยสุกัญญา และคณะ (2565) ทั้งนี้ตัวแปรใน Eq. 1 ประกอบด้วย C_t^{ACA} คือ ความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกที่เวลาใดๆ (t) (mg 100g^{-1}) C_0^{ACA} คือ ความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกที่เวลาเริ่มต้น ($t = 0$) (mg 100g^{-1}) C_∞^{ACA} คือ ความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกเมื่อเข้าสมดุล ($t \cong \infty$) k_{1st}^{ACA} คือ ค่าคงที่ของอัตราการเปลี่ยนแปลงกรดแอสคอร์บิกแบบปฏิกิริยาอันดับที่ 1 (day^{-1}) และ t คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา (day)

$$\frac{C_t^{ACA} - C_\infty^{ACA}}{C_0^{ACA} - C_\infty^{ACA}} = \exp\left(-k_{1st}^{ACA} \cdot t\right) \qquad \text{Eq.1}$$

ผลและการอภิปรายผล

อัตราการหายใจของมะละกอในสิ่งทดลองต่างๆ แสดงใน Fig. 1-a พบว่า อัตราการหายใจในสิ่งทดลองควบคุมมีค่าสูงที่สุด (3.89 mmol s^{-1} kg^{-1}) เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลอง KC และ SHL ซึ่งเท่ากับ 2.33 และ 1.46 mmol s^{-1} kg^{-1} ตามลำดับ ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้ทราบถึงผลของการเคลือบผิวในการชะลอการแลกเปลี่ยนแก๊สซึ่งเป็นการลดการใช้แก๊ส O_2 ในกระบวนการหายใจจึงส่งผลให้ผลิตแก๊ส CO_2 ในปริมาณและอัตราที่ช้าลง (Phungam *et al.*, 2018)ในขณะที่มะละกอไม่ได้เคลือบผิวแลกเปลี่ยนแก๊สและดำเนินกระบวนการหายใจได้ด้วยอัตราเร็วกว่ามะละกอที่เคลือบผิว อัตราการหายใจของสิ่งทดลอง SHL มีค่าต่ำกว่าสิ่งทดลอง KC อาจเป็นผลจากการแห้งและแยกตัวออกของชั้นฟิล์ม KC แม้ว่ามีการเติมกลีเซอรอลเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของฟิล์ม ในทางตรงกันข้ามชั้นฟิล์ม SHL ไม่เกิดการแยกหรือแตกของฟิล์ม การสูญเสียน้ำหนักสดของมะละกอในสิ่งทดลองต่างๆ (Fig. 1-b) พบว่า มีการสูญเสียน้ำหนักสดอย่างต่อเนื่อง สิ่งทดลองควบคุมมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด และมีค่าสูงกว่าร้อยละ 5 ภายหลังเก็บรักษา 4 วัน ข้อมูลนี้สนับสนุนผลด้านบวกของการเคลือบผิวต่อการชะลอการสูญเสียความชื้นและน้ำหนักสด

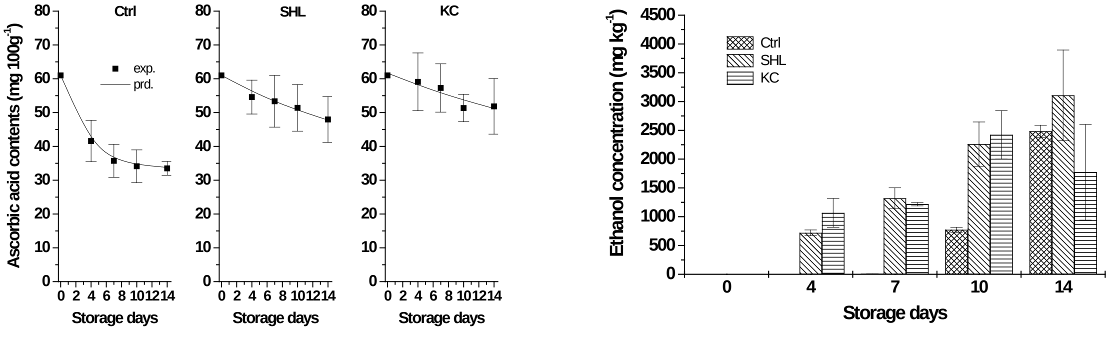
ทั้งนี้ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสดในสิ่งทดลอง KC และ SHL มีค่าใกล้เคียงกันมากในระหว่าง 7 วัน แต่ในวันที่ 10 พบว่า การสูญเสียน้ำหนักของสิ่งทดลอง KC มีค่าสูงกว่าสิ่งทดลอง SHL ประมาณ 2 เท่า ค่าที่เพิ่มสูงขึ้นของสิ่งทดลอง KC เป็นผลจากการแตกและแยกของชั้นฟิล์ม KC ดังอภิปรายในอัตราการหายใจ ทั้งนี้การสูญเสียน้ำหนักรายงานเพียง 10 วัน เนื่องจากในวันที่ 14 มะละกอในทุกสิ่งทดลองมีผิวที่เปื่อยเละ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์เพียงปริมาณกรดแอสคอร์บิกและเอทานอลในเนื้อมะละกอที่เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน



(a) (b)

Fig. 1 Respiration rates (a) and weight loss (b) of fresh papaya coated with different coating materials including shellac (SHL), KC, and non-coated (Ctrl)

ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในทุกสิ่งทดลองมีการลดลงจากค่าเริ่มต้น (Fig. 2-a) การเปลี่ยนแปลงในสิ่งทดลอง KC และ SHL เกิดขึ้นช้ากว่าสิ่งทดลองควบคุม ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในวันที่ 14 สูงกว่าสิ่งทดลองควบคุมประมาณ 2 เท่า (Fig. 2-a) ข้อมูลดังกล่าวทำนายได้ดีด้วย Eq. (1) โดยมีค่า RMSE อยู่ระหว่าง 0.04-0.13 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 2 แสดงให้ทราบว่า Eq. (1) มีความน่าเชื่อถือและทำนายค่าที่ได้จากการทดลองได้ดี (Yang and Chinnan, 1988) ค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.87-0.99 โดยเป็นค่าที่สูงแสดงให้ทราบว่าค่าจากการทำนายเป็นตัวแทนที่ดีของค่าที่ได้จากการศึกษา ข้อมูล ค่า k_{1st}^{ACA} ของสิ่งทดลอง KC และ SHL ต่ำกว่าในสิ่งทดลอง Ctrl ประมาณ 10 เท่า (Table 1) ผลการทดลองสนับสนุนผลดีของการเคลือบผิวที่ชะลอการแลกเปลี่ยนแก๊ส O_2 ซึ่งมีบทบาทสำคัญในปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้กรดแอสคอร์บิกเปลี่ยนเป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก (dehydroascorbic acid; DHA) (Yin *et al*., 2022)



(a) (b)

Fig. 2 Changes of ascorbic acid contents of papaya coated with different coating materials including shellac (SHL), KC and non-coated (Ctrl). (a)Symbols with standard deviation bars and lines represented experiment (exp.) and Eq. 2 predicted (prd.)data. Ethanol concentrations measured in tissues of papaya coated with different coating material (b). All treatments were kept at 30C for 14 days.

Table 1 values of k_{1st}^{ACA}, Root Mean Squared Error (RMSE) and R^2 estimated from the non-linear regression of Eq. 1

Treatments	k_{1st}^{ACA}	$RMSE$	R^2
Ctrl	0.32	0.04	0.99
SHL	0.04	0.08	0.97
KC	0.03	0.12	0.87

ทั้งนี้ค่า k_{1st}^{ACA} ของสิ่งทดลอง SHL สูงกว่า KC เล็กน้อย (Table 1) แสดงให้ทราบว่าสารเคลือบผิว KC มีแนวโน้มชะลอการลดลงของกรดแอสคอร์บิกได้ดีกว่าสารเคลือบผิว SHL อาจเป็นผลจากน้ำมันหอมระเหยและสารประกอบเทอร์พีนขี้ซีชันไม้ชะลอการชราภาพของผลิตผล ดังกรณีของการชะลอการชราภาพของมะเขือเทศสดด้วยน้ำมันหอมระเหยจากต้นเสก (sage plant essential oils) (Chrysargyris *et al.*, 2021) หรือผลส้มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบต้นยูคาลิปตัส (Abdul-Rahaman *et al.*, 2023) ดังนั้นจึงคาดคะเนในเบื้องต้นว่าน้ำมันหอมระเหยหรือสารประกอบของน้ำมันหอมระเหยในขี้ซีเป็นสาเหตุสำคัญในการชะลอการสูญเสียกรดแอสคอร์บิก ปัจจุบันยังไม่พบการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจาก ขี้ซีหรือการใช้ขี้ซีเป็นสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะละกอหรือพืชอื่นๆ เมื่อพิจารณาใน Fig. 2-b พบว่า ความเข้มข้นของเอทานอลในเนื้อเยื่อของมะละกอที่มีการเคลือบผิวทั้งสองประเภทสามารถตรวจพบได้ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาแต่ในสิ่งทดลองควบคุมพบในวันที่ 10 แต่ยังมีความเข้มข้นที่ต่ำกว่าในสิ่งทดลอง SHL และ KC (Fig. 2-b) ในวันที่ 14 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของเอทานอลในสิ่งทดลองควบคุมและ SHL มีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่สิ่งทดลอง KC มีค่าลดลงแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อมูลดังกล่าวนี้แสดงให้ทราบถึงผลของการเคลือบผิวต่อการเพิ่มปริมาณเอทานอลในเนื้อเยื่อที่อาจเป็นผลจากความเครียดและนำไปสู่การเพิ่มการผลิตสารให้กลิ่นรส (Tiwari *et al.,* 2020)

สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษานี้แสดงให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาสารเคลือบผิวด้วยขี้ซีชันไม้ เนื่องจากยึดติดผิวหน้าได้ แต่ฟิล์มที่เกิดขึ้นจากการเคลือบผิวยังต้องพัฒนาเพื่อลดการแห้งและแตก ทั้งนี้สารเคลือบผิวมีแนวโน้มชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว ผู้วิจัยได้วางแผนศึกษากลไกการควบคุมคุณภาพของสารเคลือบผิวขี้ซีชันไม้ต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สนับสนุนเงินทุนการศึกษา TGIST ประจำปี 2566 และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สนับสนุนอุปกรณ์ และเครื่องมือวิจัย

เอกสารอ้างอิง

พนิดา พิมพ์สุวรรณ, วีรเวทย์ อุทโธ, เรวัติ ชัยราช, วัชรพงษ์ วัฒนกูล, อดุลย์ อภินันทร์, นิตยา ภูงาม และ จินดามณี แสงกาญจนวนิช. 2564. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 52(2)(พิเศษ): 97-101.

วีรเวทย์ อุทโธ. 2562. การบรรจุภัณฑ์บรรยากาศดัดแปรแอคทีฟสำหรับผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 192 หน้า.

สุกัญญา บุญตะนัย, หทัยพร กัมพวงศ์, นิตยา ภูงาม, กฤตยา อุทโธ, เรวัติ ชัยราช และ วีรเวทย์ อุทโธ. 2565. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวอเตอร์เครส. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ “ราชมงคลสุรินทร์ ครั้งที่ 13” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์. หน้า A498-A509.

หทัยพร กัมพวงศ์. 2564.การพัฒนาซองควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอลด้วยการกระตุ้นโดยความชื้นเพื่อการบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับพริกหวานสด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

Abdul-Rahaman, A., S.V. Irtwange and K. Aloho. 2023. Preservative potential of biobased oils on the physiochemical quality of orange fruits during storage. Journal of Food Processing and Preservation 2023: 9952788.

Bainsal, N., P. Goyal and Singh. 2020. *Shorea robusta Gaertn*. F.: A multi-therapeutic potential indigenous drug. Plant Archives (2)20:3313-3322 .

Chrysargyris A. C. Rousos. P. Xylia and N. Tzortzakis. 2021. Vapour application of sage essential oil maintain tomato fruit quality in breaker and red ripening stages. Plants (Basel) 10(12): 2645.

Kampawong, H., N. Phungam, R. Pruthtikul, B. Utto and W. Utto. 2023. Effects of surface coating material made from Taengwood Balau resin and storage temperatures on effective skin permeances to water vapor and respiration rates of fresh cherry tomato. Food Research 7(3): 214-220.

Mendy, T., A. Misran, T. Mahmud and S. Ismail. 2019. Application of Aloe vera coating delays ripening and extend the shelf life of papaya fruit. Scientia Horticulturae 246: 769-776.

Phungam, N., W. Utto and R. Pruthikul. 2018. Interaction between surface coating using cabbage leaf wax extract and temperature on water vapour and gas exchange properties of fresh okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). International Food Research Journal 25(5):1885-1892.

Ramle, S.F.M., F. Kawamura, O. Sulaiman, R. Hashim and S. Ohara. 2010. Antifungal properties and radical scavenging activities of *Dipterocarpaceae* family from selected Malaysian timbers. *In* Proceedings International Conference on Environmental Research and Technology. pp. 70-74.

Tiwari, S., A. Kate, D. Mohapatra, M.K. Tripathi, H. Rav, A. Akuli, A. Ghosh and B. Modhera. 2020. Volatile organic compounds (VOCs): Biomarkers for quality management of horticultural commodities during storage through e-sensing. Trends in Food Science & Technology 106: 417-433.

Yang, C. C. and M.S. Chinnan. 1988. Modeling the effect of O_2 and CO_2 on respiration and quality of stored tomatoes. Transactions of the ASAE 31: 920-925.

Yin, X., K. Chen, H. Cheng, X. Chen, S. Fena, Y. Sona and L. Liana. 2022. Chemical stability of ascorbic acid integrated into commercial products. A Review on Bioactivity and Delivery Technology Antioxidants 11(1):153.