Agric. Sci. Innov. J. 55 : 1 (Suppl.) : 205 - 209 (2024) ว. วิทย. นวัต. กษ. 55 : 1 (พิเศษ) : 205 - 209 (2567)

ผลของไอระเหยปลดปล่อยในบรรจุภัณฑ์บรรยากาศดัดแปรแอคทีฟที่มีส่วนประกอบของขี้ซีชันไม้จิกต่อการเปลี่ยนสีและปริมาณกรดแอสคอร์บิคของมะเขือเทศสด

Effects of Volatiles Released in Active Modified Atmosphere Package Containing Tangwood Balau Tree Resin (Locally Called Kee Cee) on Color and Ascorbic Acid Content Changes of Fresh Tomatoes

อิสราภรณ์ วุฒิทา[1] พรนภา นาคสังข์[1] หทัยพร กัมพวงศ์[1] เรวัติ ชัยราช[1,2] กฤตยา อุทโธ[3] และวีรเวทย์ อุทโธ[1,2,4]

Israporn Wuttitha[1], Pornnapa Naksung[1], Hataiporn Kampawong[1], Raywat Chairat[1,2], Grittaya Utto[3] and Weerawate Utto[1,2,4]

Abstract

The objective of this research was to study effects of vapors released within active modified atmosphere packages on changes of color and ascorbic acid of fresh 'Srida variety' tomatoes. Prototype of vapor controlled release sachet was developed. This was made of multilayer film containing resin of Tangwood Balau tree (*Shorea obtusa* Wall or called KC material) laminated with ethylene vinyl acetate (EVA) and low density polyethylene (LDPE) films. The films later was formed into a sachet (7x7cm size) into which a filter paper pre-adsorbed with 0.5 ml-liquid ethanol was inserted, and heat-sealed. The sachet was packaged into the solid plastic tray (1 sachet for 1 tray) together with 150g fresh tomatoes. Individual trays were packaged into LDPE plastic bags, and heat-sealed (KC sachet treatment). These were kept at 10°C for 7 days and were compared to similar packages containing either sachets made of LDPE and having no KC material (LDPE sachet treatment) or no sachet (control). Experimental results show that increases of red color (a* values) and decreases of ascorbic contents of the tomatoes in the KC sachet treatment apparently were slower than those of other treatments. These were results of interactions between tomatoes and vapors containing ethanol and KC material-released vapors accumulated in the KC sachet packages. Kinetic changes of a* values and ascorbic contents of the tomatoes in all treatment were well predicted by the first-order fractional conversion model of which the root mean square of errors (RMSE) were in a range of 0.82-1.17.

Keywords: Tangwood Balau tree resin, active modified atmosphere packaging, tomatoes

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของไอระเหยที่ปลดปล่อยภายในบรรจุภัณฑ์บรรยากาศดัดแปรแอคทีฟต่อการเปลี่ยนสีและปริมาณกรดแอสคอร์บิคของมะเขือเทศสดสายพันธุ์สีดา ต้นแบบซองควบคุมการปล่อยไอระเหยพัฒนาขึ้นจากฟิล์มพลาสติกหลายชั้นซึ่งมีวัสดุขี้ซีชันไม้จิก (*Shorea obtusa* Wall) เชื่อมประกอบกับฟิล์มพลาสติก ethylene vinyl acetate (EVA) และ low density polyethylene (LDPE) จากนั้นขึ้นรูปเป็นซองขนาดเล็ก (ขนาด 7x7 cm) โดยใส่กระดาษกรองที่เอิบชุ่มด้วยเอทานอลเหลวปริมาตร 0.5 ml ลงในซองและปิดผนึกด้วยความร้อน ซองควบคุมฯ บรรจุลงในถาดพลาสติกแข็ง (1 ซอง ต่อ 1 ถาด) และบรรจุกับมะเขือเทศน้ำหนัก 150g จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติก LDPE และปิดผนึกด้วยความร้อน (สิ่งทดลอง KC sachet) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน โดยทำการเปรียบเทียบกับการบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบเดียวกัน ซึ่งมีซองควบคุมฯ ทำจากวัสดุฟิล์ม LDPE (สิ่งทดลอง LDPE sachet) หรือไม่มีซองควบคุมฯ (สิ่งทดลองควบคุม) ผลการทดลอง พบว่า การเพิ่มขึ้นของค่าสีแดง (a*) และการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิคของมะเขือเทศในสิ่งทดลอง KC sachet มีแนวโน้มเกิดขึ้นได้ช้ากว่าสิ่งทดลองอื่นๆ

---

[1] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
[1] Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani 34190
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Commission, Bangkok 10400
[3] คณะบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
[3] Faculty of Management Science, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani 34190
[4] ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารพื้นบ้าน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34190
[4] Indigenous Food Research and Industrial Development Center, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, 34190

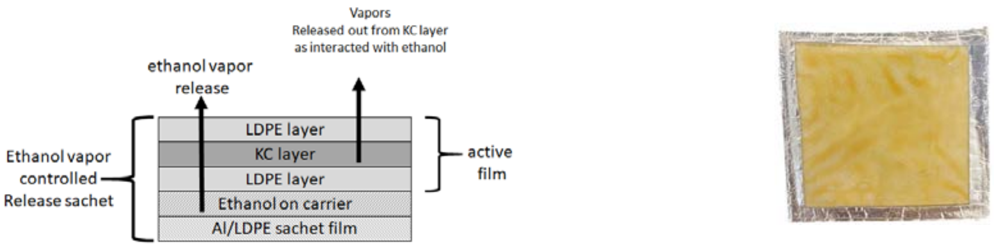
เนื่องจากการทำปฏิกิริยาระหว่างมะเขือเทศและไอระเหยที่มีส่วนผสมของไอระเหยเอทานอลและไอระเหยของขี้ซีชันไม้จิกซึ่งสะสมภายในบรรจุภัณฑ์สิ่งทดลอง KC sachet ทั้งนี้จลนพลศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงค่าสี a* และปริมาณกรดแอสคอร์บิคของมะเขือเทศในทุกสิ่งทดลองสามารถทำนายได้ดีด้วยสมการ first-order fractional conversion model ซึ่งมี ค่า root mean square of errors (RMSE) อยู่ในช่วง 0.82-1.17
คำสำคัญ: ขี้ซีชันไม้จิก การบรรจุภัณฑ์บรรยากาศดัดแปรแอคทีฟ มะเขือเทศ การบรรจุภัณฑ์หลังการเก็บเกี่ยว

คำนำ

การบรรจุภัณฑ์บรรยากาศดัดแปร (modified atmosphere packaging หรือ passive MAP) ได้รับการใช้งานอย่างแพร่หลายเพื่อเก็บรักษาผักและผลไม้สดในรูปแบบของถุงหรือฟิล์มห่อ สภาวะบรรยากาศดัดแปร (สภาวะ MA) ซึ่งเกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์และแตกต่างจากบรรยากาศปกติเป็นผลจากสมดุลของ (1) กระบวนการหายใจ และ (2) กระบวนการซึมผ่านฟิล์มพลาสติกของแก๊ส O_2 และ CO_2 ตัวอย่างความเข้มข้นของแก๊สเมื่อเกิดสภาวะ MA เช่น 5-10% (v/v) O_2 และ 5-10% (v/v) CO_2 ความเข้มข้นดังกล่าวแตกต่างจากในอากาศปกติซึ่งเท่ากับ 20.99 และ 0.03% (v/v) ตามลำดับ ทั้งนี้สภาวะ MA โดยทั่วไปส่งผลให้ผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่ช้าลงและเพิ่มอายุเก็บรักษา (Ranjbar and Ramezanian, 2022) อย่างไรก็ตามสภาวะ MA อาจไม่เพียงพอต่อการควบคุมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และอุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ปัจจุบันการประยุกต์ระบบแอคทีฟ (active system) ร่วมกับการบรรจุภัณฑ์ passive MAP หรือเรียกว่า การบรรจุภัณฑ์ active MAP ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บรักษา ระบบแอคทีฟทำหน้าที่สร้างปฏิสัมพันธ์กับเป้าหมาย เช่น เชื้อจุลินทรีย์ แก๊ส O_2 เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ (วีรเวทย์, 2562) ระบบแอคทีฟในการศึกษานี้ คือ ซองควบคุมการปล่อยไอระเหยที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ โดยไอระเหยเป็นส่วนประกอบของเรซิน (resin) ของต้นจิก (*Shorea obtusa* Wall หรือต้นเต็ง Tangwood Balau tree ในภาษากลาง) ซึ่งเป็นต้นไม้ในวงศ์ยางนา (*Dipterocaparceae*) (Kampawong *et al*., 2023) เรซินของต้นจิก หรือ ขี้ซีชันไม้ มีสมบัติทางการแพทย์เป็นยาปฏิชีวนะ และ แก้โรคบิดและท้องร่วง (Bainsal *et al*., 2020) ขี้ซีชันไม้มีสารประกอบอินทรีย์กลุ่มเทอร์พีน (terpenes) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของน้ำมันหอมระเหยและมีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Ramle *et al*., 2010) งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบซองควบคุมฯ ซึ่งมีส่วนประกอบของขี้ซีชันไม้ และศึกษาผลของไอระเหยที่ปลดปล่อยจากซองควบคุมฯและสะสมในบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพบางประการของมะเขือเทศสด

อุปกรณ์และวิธีการ

การพัฒนาต้นแบบซองควบคุมฯ มีแบบจำลองแนวคิดดังแสดงใน Figure 1-a กล่าวคือ ซองควบคุมฯ ทำจากฟิล์มหลายชั้น หรือเรียกว่าฟิล์มแอคทีฟ KC ประกอบด้วย (1) ชั้นขี้ซีชันไม้ (KC) layer ในภาพที่ 1-a) (2) ชั้นฟิล์ม low density polyethylene (LDPE layer) (3) กระดาษกรองเอิบชุ่มด้วยเอทานอล และ (4) ฟิล์มอะลูมิเนียมลามิเนต Al/PE ขั้นตอนการพัฒนาซองควบคุมฯ (ขนาด 7x7 cm) สรุปดังต่อไปนี้ (ก) เตรียมฟิล์มแอคทีฟ KC ตามวิธีที่รายงานในหทัยพร และคณะ (2566) โดยนำขี้ซีชันไม้ละลายในเอทานอล (95% v/v) อัตราส่วนเท่ากับ 1:2 (w/v) จากนั้นนำสารละลายน้ำหนัก 0.5g ทาลงบนด้านหนึ่งของฟิล์มเอทิลีไวนิลอะซีเตท (ฟิล์ม EVA) ผึ่งให้แห้งในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ผู้วิจัยทำการทาให้ทั่วและไม่ให้เกิดการทาทับรอยเดิม ความหนาของชั้น KC ประมาณ 65 μm (ข) ประกบฟิล์ม EVA ทั้งสองด้านกับฟิล์ม LDPE ความหนา 30μm โดยใช้ความร้อนด้วยทาบแผ่นเหล็กร้อนอุณหภูมิประมาณ 50°C (ค) นำฟิล์มแอคทีฟ KC เชื่อมประกบกับฟิล์ม Al/PE ด้วยความร้อนโดยการใช้เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน (heat sealer) เพื่อขึ้นรูปเป็นซองขนาดเล็ก (sachet) มีปลายเปิด 1 ด้าน (ง) ตัดกระดาษกรองเบอร์ 1 ขนาด 6x6 cm หยดเอทานอล (95% v/v) ปริมาตร 0.5 ml บนกระดาษซึ่งทำหน้าที่ตัวพา (carrier) ของเอทานอล (จ) นำกระดาษกรองใส่ลงในซองขนาดเล็กแล้วปิดผนึก (Figure 1-b)



(a) (b)

Figure 1 A conceptual model for a sachet prototype of which KC resin was incorporated, and for interactions between ethanol vapor released from the carrier and KC subsequently releasing volatiles (a), and a physical sachet of which the brown color seen was attributed to the KC layer laminated in the sachet material (b)

แนวคิดการปล่อยไอระเหยจากซองควบคุมฯ (Figure 1-a) มีพื้นฐานจากกระบวนการถ่ายโอนมวล ประกอบด้วย (ก) การปล่อยไอระเหยเอทานอลจากกระดาษกรอง (2) การซึมผ่านฟิล์ม LDPE ของไอระเหยเอทานอลและทำปฏิกิริยากับขี้ซีชันไม้ ส่งผลให้ปลดปล่อยไอน้ำมันหอมระเหย (3) การซึมผ่านของไอน้ำมันหอมระเหยและเอทานอลผ่านฟิล์ม LDPE ชั้นนอกสุดไปยังภายนอก ในขณะที่ชั้นฟิล์ม Al/PE ป้องกันการซึมผ่านของไอระเหยได้ดี จึงส่งผลให้การปล่อยไอระเหยจากซองควบคุมฯ เกิดขึ้นในทิศทางเดียว การพัฒนาต้นแบบบรรจุภัณฑ์ active MAP บรรจุมะเขือเทศสด 100g พร้อมซองควบคุมฯ (หันด้านฟิล์ม LDPE ขึ้น Figure 1-b) ลงในถาดพลาสติกแข็งขนาด 10x20x5 cm จากนั้นบรรจุถาดในถุงฟิล์ม LDPE แบบ tray-in-bag ปิดผนึกฟิล์มด้วยความร้อนให้แนบชิดกับขอบถาด เก็บรักษาที่ 10°C เป็นเวลา 7 วัน เพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงสี (ค่า L* a* และ b*) และปริมาณกรดแอสคอร์บิคของมะเขือเทศในสิ่งทดลองนี้ (สิ่งทดลอง KC sachet) โดยประยุกต์วิธีที่รายงานใน ศศิมลและคณะ (2566) และเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่นๆ คือ สิ่งทดลอง LDPE sachet คือ บรรจุภัณฑ์ที่มีซองควบคุมฯ แต่ไม่มีขี้ซีชันไม้ในฟิล์ม จึงปลดปล่อยไอระเหยเอทานอลดังในรายงานของหทัยพร (2563) และสิ่งทดลองควบคุม (control) คือ บรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีซองควบคุมฯ นอกจากนี้จลนพลศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงค่าสี a* และปริมาณกรดแอสคอร์บิคได้ศึกษาโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ประเภท first-order fractional conversion model (FOFC) ดังแสดงใน Eq. 1 และ Eq. 2 ตามลำดับ ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของ FOFC ด้วยวิธี non-linear regression รายงานโดยสุดาทิพย์ และคณะ (2565)

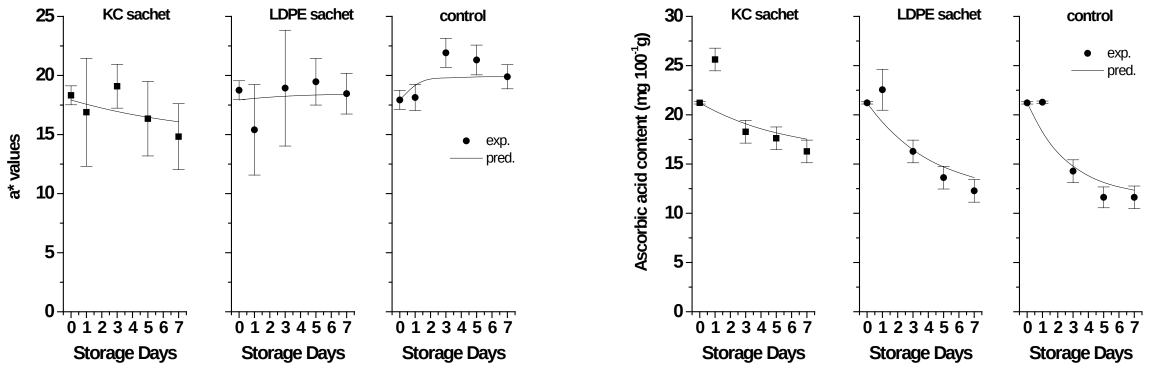
$$\frac{a_t^* - a_{t_\infty}^*}{a_{t_0}^* - a_{t_\infty}^*} = \exp\left(-k_{a^*}t\right) \qquad \textbf{(Eq. 1)}$$

$$\frac{C_t^{AA} - C_{t_\infty}^{AA}}{C_{t_0}^{AA} - C_{t_\infty}^{AA}} = \exp\left(-k_{AA}t\right) \qquad \textbf{(Eq. 2)}$$

โดย a_t^* คือ ค่าสี a^* ณ เวลาใดๆ a_∞^* คือ ค่าสี a^* ณ infinite time (ณ ที่นี้ คือ 7 วัน) $a_{t_0}^*$ คือ ค่าสี a^* เริ่มต้น k_{a^*} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* (day^{-1}) C_t^{AA} คือ ความเข้มข้นกรดแอสคอร์บิค ณ เวลาใดๆ (mg 100^{-1}g) $C_{t\infty}^{AA}$ คือ ความเข้มข้นกรดแอสคอร์บิค ณ infinite time (mg 100^{-1}g) C_{t0}^{AA} คือ ความเข้มข้นกรดแอสคอร์บิคเริ่มต้น (mg 100^{-1}g) k_{AA} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นกรดแอสคอร์บิค (day^{-1}) และ t คือ เวลาเก็บรักษา (day)

ผลและวิจารณ์

ค่าสี a* ของมะเขือเทศในสิ่งทดลอง control เพิ่มขึ้นมากกว่าในสิ่งทดลองอื่นๆ ในขณะที่ค่าสี a* ในสิ่งทดลอง KC sachet เปลี่ยนแปลงที่ช้ากว่า LDPE sachet (Figure 2-a) เนื่องจากผลของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอระเหยผสม (ไอระเหยเอทานอลและไอระเหยจากขี้ซียางไม้) กับมะเขือเทศ ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับองค์ความรู้ไอระเหยเอทานอลชะลอการเปลี่ยนสีของผักและผลไม้สด เช่น พริกหวานสด (หทัยพร, 2563) และมะม่วงน้ำดอกไม้ (เจนจิรา และคณะ, 2561) เนื่องจากไอระเหยเอทานอลชะลอการชราภาพ (senescence) ของผลผลิตทำให้การเปลี่ยนแปลงรงควัตถุเกิดขึ้นช้าลง นอกจากนี้ไอน้ำมันหอมระเหยชะลอการชราภาพคล้ายกับไอระเหยเอทานอล (วีรเวทย์, 2562) ดังนั้นไอระเหยผสมในบรรจุภัณฑ์ KC sachet จึงลดการเปลี่ยนสีได้ช้ากว่าในบรรจุภัณฑ์ LDPE sachet ซึ่งปล่อยไอระเหยเอทานอลเพียงชนิดเดียว



(a) (b)

Figure 2 Changes of a* values (a) and ascorbic acid contents (b) of tomatoes packaged in KC sachet, LDPE sachet and control treatments, kept at 10°C for 7 days (a). Note: dots and lines represent data experimentally collected (exp.) (n=3, average data with standard deviation bars at individual times) and those predicted by the FOFC model (pred.) respectively.

ผลการวิจัยในค่าสี a* (Figure2-a) ทำให้ทราบในเบื้องต้นว่าไอระเหยผสมมีแนวโน้มให้ผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีกว่าไอระเหยเอทานอลเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับรายงานวิจัยซึ่งได้รายงานว่าไอระเหยซึ่งมีส่วนประกอบมากกว่า 1 ชนิดให้ผลดีส่งเสริมกัน (synergistic effects) ในการควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีกว่าเพียงชนิดเดียว เช่น Xiang *et al.* (2020) รายงานว่า ไอระเหยซึ่งเกิดจากน้ำมันหอมระเหยกานพลู ออริกาโน และตะไคร้ให้การควบคุมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ *Aspergillus flavus* NRRL 3357 ปัจจุบันงานวิจัยคู่ขนานและอยู่ในระหว่างดำเนินการ ผู้วิจัยได้ศึกษาองค์ประกอบในโครงสร้างของฟิล์ม LDPE ชั้นนอกสุดของซองควบคุมฯ ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared (FTIR) โดยจากผลสเปกตรัม พบ เอทานอล (O-H stretching vibration) และเทอร์พีน (aromatic C-H & C=C bending vibration) (ไม่เปิดเผยข้อมูล) ข้อมูล FTIR นี้สนับสนุนการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอระเหยเอทานอลกับขี้ซีชันไม้ส่งผลให้เกิดการปล่อยและการซึมผ่านชั้นฟิล์มของไอระเหยผสมจึงส่งผลดีต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอร์บิคของมะเขือเทศในสิ่งทดลอง control เกิดขึ้นได้เร็วกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ (Figure 2-b) เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งทดลอง LDPE Sachet และ KC sachet พบว่า การลดลงของกรดแอสคอร์บิกในสิ่งทดลอง KC sachet เกิดขึ้นได้ช้ากว่า เนื่องจากการทำปฏิกิริยาระหว่างไอระเหยหลายประเภทที่ปลดปล่อยจากซองควบคุมฯ และมะเขือเทศในบรรจุภัณฑ์ และให้การชะลอการเปลี่ยนแปลงได้ดีกว่าไอระเหยเอทานอลอย่างเดียว ทั้งนี้จลนพลศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงค่าสี a* (Figure 2-a) พบว่า สามารถทำนายได้ดีด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ FOFC (Table 1) ค่า RMSE มีค่าต่ำกว่า 2 แสดงให้ทราบว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์มีความน่าเชื่อถือและสามารถทำนายค่าที่ได้จากการทดลองได้ดี (Yang and Chinnan, 1988) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ k_{a^*} และ k_{AA} ซึ่งแสดงถึงอัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a* และ ปริมาณกรดแอสคอร์บิค พบว่าสิ่งทดลอง control มีค่าสูงสุด ในขณะที่สิ่งทดลอง KC sachet มีค่าต่ำที่สุด ข้อมูลจากการศึกษาจลนพลศาสตร์สนับสนุนข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่รายงานใน Figure 2

Table 1 Values of k_{a^*} k_{AA} and RMSE estimated from the non-linear regression for changes in a* values and ascorbic acid contents values predicted by the FOFC models Eq. 1 and Eq. 2, respectively

Treatments	a^* values (Eq.1)		Ascorbic Acid Contents (Eq. 2)	
	k_{a^*} (day^{-1})	RMSE	k_{AA} (day^{-1})	RMSE
KC sachet	0.13	0.83	0.19	1.74
LDPE sachet	0.323	0.98	0.27	1.21
Control	0.99	0.87	0.37	1.10

สรุปผลการทดลอง

ไอระเหยปลดปล่อยจากซองควบคุมฯ ซึ่งมีชั้นของขี้ซีชันไม้ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณกรดแอสคอร์บิคของมะเขือเทศสด การเปลี่ยนแปลงสามารถทำนายได้ดีด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ FOFC ผลการวิจัยนี้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาซองควบคุมฯ ต่อไป โดยเฉพาะการปล่อยไอระเหยภายใต้สภาวะเงื่อนไข (conditional) เช่น การปล่อยไอระเหยเมื่อเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอระเหยเอทานอลกับชั้นขี้ซีชันไม้ ทั้งนี้หากไม่มีเงื่อนไขดังกล่าวเกิดขึ้น ซองควบคุมฯจะไม่ปล่อยไอระเหย ดังนั้นแนวทางนี้จึงช่วยรักษาประสิทธิภาพของซองควบคุมฯ ก่อนใช้งานได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ สถานที่ และอุปกรณ์การวิจัย

เอกสารอ้างอิง

เจนจิรา พกาวัลย์, สมโภชน์ น้อยจินดา, เฉลิมชัย วงษ์อารี, วีรเวทย์ อุทโธ, พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และ ปฐมพงศ์ ใหญ่ไขยา. 2561. การใช้ไอระเหยเอทานอลในการควบคุมโรคขั้วผลเน่าและโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สี่. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49(4) (พิเศษ): 11-14.

วีรเวทย์ อุทโธ .2562. การบรรจุภัณฑ์บรรยากาศดัดแปรแอคทีฟสำหรับผักและผลไม้. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี. 192 หน้า.

ศศิมล มุ่งหมาย, วัชรพงษ์ วัฒนกูล, ทิตา สุนทรวิภาค, อดุลย์ อภินันท์, และ วีรเวทย์ อุทโธ. 2566. การเปลี่ยนแปลงสีและองค์ประกอบของน้ำสกัดใบไชยาที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษา. วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี 4(1): 29-42.

สุดาทิพย์ นิระภาพ, สุทธิดา พันแสน, เรวัติ ชัยราช, วัชรพงษ์ วัฒนกูล, อดุลย์ อภินันทร์ และ วีรเวทย์ อุทโธ. 2565. จลนพลศาสตร์การกำจัดเอทิลีนของวัตถุดูดซับเอทิลีนประเภทแกลบข้าวที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 53(3)(พิเศษ): 84-87.

หทัยพร กัมพวงศ์ .2563. การพัฒนาซองควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอลด้วยการกระตุ้นโดยความชื้นเพื่อการบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับพริกหวานสด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

หทัยพร กัมพวงค์, ฤทธิรงค์ พฤฑฒิกุล และ วีรเวทย์ อุทโธ 2566. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ขี้ซีชันไม้จิกกับฟิล์มพลาสติกหลายชั้นสำหรับเป็นวัสดุของซองควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอลในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ. วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี 4(2): 45-58.

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

Kampawong, H., N. Phungam, R. Pruthtikul, G. 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.

Ranjbar, A. and A. Ramezanian. 2022. Antifungal activity of thymol against the main fungi causing fruit rot in in vitro conditions. Chemistry Proceedings 10 (1): 79.

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* International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT 2010) 2-4 June 2010. Penang. Malaysia. pp. 70-74.

Xiang, F., Q. Zhao, K. Zhao, H. Pei and F. Tao. 2020. The efficacy of composite essential oils against aflatoxigenic fungus Aspergillus flavus in Maize. Toxins 12(9): 562-582.

Yang, C.C. and M.S. Chinnan. 1988. Modeling the effect of O2 and CO2 on respiration and quality of stored tomatoes. Transactions of the ASAE 31: 920-925.