

ผลของบรรจุภัณฑ์สุญญากาศต่อคุณภาพของผลพลับพันธุ์ ‘Xichu’ ภายหลังการขจัดความฝาด

Effect of vacuum packaging on quality of ‘Xichu’ persimmon fruit after de-astringency treatments

พวงเพชร เหมรัตน์ตระกูล^{1,2}, คาซุฮิโร นากาโน², พิชญา พูลลาภ^{3,4}, ปาริชาติ เทียนจุมพล⁴,
พิมใจ สีหะนาม¹, พรสวรรค์ ธรรมพุดินันท์¹, พลกฤษณ์ มณีวระ² และ ดนัย บุญเกียรติ^{1,4*}

Phuangphet Hemrattrakun^{1,2}, Kazuhiro Nakano², Pichaya Poonlarp^{3,4},
Parichat Theanjumpol⁴, Pimjai Seehanam¹, Pornsawan Thammapruttinan¹,
Phonkrit Maniwara² and Danai Boonyakiat^{1,4*}

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์สุญญากาศต่อคุณภาพของผลพลับพันธุ์ Xichu ภายหลังการขจัดความฝาด มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาในฤดูกาลที่มีผลพลับออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก ประกอบด้วย 3 กรรมวิธีทดลอง คือ (1) ผลพลับที่ผ่านการขจัดความฝาดโดยการรมด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วบรรจุในถาดพอลิโพรพิลีน (polypropylene tray) หุ้มด้วย PVC Plastic film หรือ (2) บรรจุในถุงสุญญากาศชนิด Nylon-Linear Low Density Polyethylene (Nylon-LLDPE) เปรียบเทียบกับ (3) ผลพลับที่ไม่ผ่านการขจัดความฝาดและบรรจุในถุงสุญญากาศชนิด Nylon-LLDPE โดยทุกกรรมวิธีเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เป็นเวลา 11 วันพบว่า การขจัดความฝาดโดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับการบรรจุในถุงสุญญากาศชนิด Nylon-LLDPE สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อ และยืดอายุการเก็บรักษาของผลพลับได้ดีกว่าการบรรจุในถาดพอลิโพรพิลีนหุ้มด้วย PVC Plastic film ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ทางการค้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน สำหรับผลพลับที่ไม่ผ่านการขจัดความฝาดโดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แล้วบรรจุในถุงสุญญากาศชนิด Nylon-LLDPE เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรักษาผลพลับ ทั้งนี้เพราะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและกำจัดความฝาดของผลพลับได้ในเวลาเดียวกัน แต่ปริมาณแทนนินที่ละลายน้ำได้ซึ่งเป็นสาเหตุของความฝาดจะลดลงอย่างช้าๆ นอกจากนี้การขจัดความฝาดและลักษณะของบรรจุภัณฑ์ยังมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีอีกด้วย

คำสำคัญ: พลับ, บรรจุภัณฑ์สุญญากาศ, แทนนิน

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Department of Plant Science and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² บัณฑิตวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนิงาตะ 9502181 ประเทศญี่ปุ่น

Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata 9502181, Japan

³ สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50100

Division of Food Engineering, Faculty of Agro-industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50100

⁴ ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200/ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200/ Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400

* Corresponding author: danai.b@cmu.ac.th, f15n503f@mail.cc.niigata-u.ac.jp

ABSTRACT: In this research, vacuum packaging was used in persimmon cv. Xichu storage for the purpose of quality preservation and shelf life extension, especially during the large amount of this fruit available in the market. There were 3 treatments, (i) persimmon with CO₂ de-astringency and packed in polypropylene tray wrapping by PVC Plastic film or (ii) vacuum packed by NYLON-LLDPE. The aforementioned treatments were studied along with (iii) persimmon fruit packed in NYLON-LLDPE vacuum packing alone (without CO₂ fumigation). All packaging samples were stored at 5°C, 85-90% relative humidity for 11 days. Results showed that the combination of CO₂ de-astringency with vacuum packed by NYLON-LLDPE significantly retarded the loss of fruit firmness, thus providing a longer storage life than persimmon fruit in polypropylene tray with PVC Plastic film wrapping (commercial packaging). Moreover, persimmon fruit packed in NYLON-LLDPE vacuum packed alone (without CO₂ fumigation) were also found to be an efficient alternative for persimmon storage, which could extend the storage period and remove astringency at the same time. However, as for soluble tannin; a cause of astringent taste was diminished slowly over the storage time. Additionally, de-astringency treatment and packaging type also affected on persimmon fruit physico-chemical quality.

Keywords: persimmon, vacuum packaging, tannin

บทนำ

พลับเป็นผลไม้ที่มีประวัติความเป็นมายาวนานมากกว่าพันปี เชื่อว่ามีต้นกำเนิดจากแถบประเทศจีน ปัจจุบันได้รับความนิยมและปลูกอย่างแพร่หลายไปทั่วโลก พลับอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) หลายชนิดที่มีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น วิตามินซี แทนนิน และแคโรทีนอยด์ (Plaza et al., 2011) ผู้บริโภคสามารถจำแนกชนิดของพลับตามรสชาติได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ พลับหวาน และพลับฝาด สำหรับพลับหวานนั้นมีสารแทนนินที่ละลายน้ำได้ (soluble tannins) ในปริมาณน้อย จึงสามารถรับประทานได้ทันทีเมื่อผลสุกแก่เต็มที่ สำหรับพลับฝาดในระยะที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่นั้น ผลพลับมีสารแทนนินที่ละลายน้ำได้ในปริมาณสูง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้พลับยังคงมีรสชาติฝาดภายหลังการเก็บเกี่ยว (Yonemori et al., 2000; Chen et al., 2008; George and Redpath, 2008) พลับพันธุ์ Xichu เป็นพลับฝาดซึ่งมูลนิธิโครงการหลวงส่งเสริมให้เกษตรกรสมาชิกมีการเพาะปลูกในปริมาณมากโดยนำเข้ามาจากไต้หวัน (Krisanapook et al., 1997) ซึ่งการชะลอความฝาดของผลพลับก่อนนำไปจำหน่ายเป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้ได้ผลพลับที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภค คือ มีรสชาติหวานไม่ฝาดและเนื้อกรอบ วิธีชะลอความฝาดที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ การรวมผลพลับด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยวิธีนี้จะกระตุ้นให้เกิดการ

สังเคราะห์แอสทิตไฮด์จากกระบวนการหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจนในระหว่างการชะลอความฝาด ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยากับแทนนินที่ละลายน้ำได้ภายในเซลล์ ทำให้โครงสร้างเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ รสฝาดของผลพลับจึงหายไป (Fukushima et al., 1991; Matsuo et al., 1991) มีรายงานการชะลอความฝาดของผลพลับพันธุ์ Rojo Brillante ด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ความเข้มข้น 95-98 % ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสามารถชะลอความฝาดของผลพลับได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งการรวมผลพลับด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ยังให้ผลเป็นที่น่าพึงพอใจมากกว่าการชะลอความฝาดด้วยวิธีอื่น เช่น การใช้ความร้อน หรือเอทานอล เป็นต้น (Jeong et al., 2001; Salvador et al., 2007) แต่การชะลอความฝาดโดยวิธีนี้มักจะทำให้เกิดลักษณะผิดปกติที่สังเกตเห็นได้ชัดเจน คือ การนิ่มของผลบริเวณก้นผลภายหลังการชะลอความฝาด นอกจากนี้ยังเกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำในส่วนของเปลือกและเนื้อผลอีกด้วย เนื่องจากเกิดการออกซิโดสของสารประกอบฟีนอล ส่งผลให้ผลิตผลไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (ลำแพน, 2555; Cia et al., 2006) ในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ (vacuum packaging) ได้รับความนิยมในการนำมาใช้อย่างแพร่หลายกับผลิตภัณฑ์เกษตรหลายชนิด เนื่องจากได้มีการศึกษาวิจัยพบว่าเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมกับผลิตผลที่มีออกซิเจนเป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีและชีวเคมี ซึ่งอาจส่งผลให้คุณภาพ

ของผลิตผลลดลง (Denoya et al., 2015) ในสภาวะที่ปริมาณออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศมีอยู่อย่างจำกัด มีผลให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลงตามไปด้วย สามารถชะลอการเสื่อมสภาพและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลให้นานขึ้นได้ (Özkaya et al., 2016)

Lee and Baek (2008) รายงานว่า การจุ่มสารเคมีฆ่าเชื้อร่วมกับการบรรจุผักปวยเล้งในสภาพสุญญากาศ สามารถควบคุมอัตราการเจริญของเชื้อ E. Coli ได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับการบรรจุในสภาพดัดแปรบรรยากาศ (Modified atmosphere; MAP) นอกจากนี้การศึกษายังเกี่ยวกับชนิดของบรรจุภัณฑ์และคุณภาพของผลพลับในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า การบรรจุผลพลับในบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE สามารถชะลอการสุกของผลพลับได้ (Ben-Arie et al., 1991) เช่นเดียวกับงานวิจัยในประเทศบราซิล ซึ่งรายงานว่ ภาชนะผลิตจากแผ่นฟิล์มชนิด LDPE ความหนา 40 μm ช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผลพลับพันธุ์ Fuyu และ Rama Forte ได้นานถึง 2 เดือน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์สุญญากาศต่อคุณภาพของผลพลับพันธุ์ Xichu ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการประกอบการพัฒนาการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของผลพลับให้มีคุณภาพดีและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้จัดเป็นครั้งนีวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) โดยเก็บเกี่ยวพลับพันธุ์ Xichu 150 วันหลังดอกบานจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวงอำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ขนส่งผลพลับมายังศูนย์ผลิตผลโครงการหลวง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ คัดเลือกผลพลับที่มีขนาดสม่ำเสมอ คุณภาพดี ปราศจากการเข้าทำลายของโรคและแมลง แล้วจัดความฝาดด้วย

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้น 100% เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$) (สราวุธ, 2554) จากนั้นบรรจุผลพลับที่ผ่านการจัดความฝาดในบรรจุภัณฑ์สองชนิด ได้แก่ ภาชนะโพลิโพรพิลีนแล้วหุ้มด้วย PVC Plastic film และถุงสุญญากาศชนิด Nylon-linear low density polyethylene (Nylon-LLDPE) โดยบรรจุผลพลับจำนวน 4 ผล/หน่วย เปรียบเทียบกับผลพลับที่ไม่ผ่านกระบวนการจัดความฝาด ซึ่งบรรจุในถุงสุญญากาศชนิด Nylon-LLDPE เก็บรักษาผลพลับทุกกรรมวิธีไว้ที่อุณหภูมิ 5°C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% (दनัย และคณะ, 2540) โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและส่วนประกอบทางเคมีดังต่อไปนี้ วัดค่าสีเปลือกด้วยเครื่องวัดสี (CR-400, Minolta, Japan) ผลละ 2 จุด ที่ตำแหน่งกลางผล เป็นจำนวน 12 ผล/กรรมวิธี/วัน โดยแสดงค่า Lightness (L^*), chroma และ hue angle เมื่อค่า L^* หมายถึงความสว่างของสี ค่า chroma คือ ค่าความเข้มของสี และค่า hue angle คือ ค่าแสดงช่วงสี วัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ผลละ 2 จุด ที่ตำแหน่งกลางผล เป็นจำนวน 12 ผล/กรรมวิธี/วัน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TA.XT.Plus, Stable Micro System, UK) โดยวิธีทดสอบแบบกดทะลุ (Penetration test) ด้วยหัววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร โดยทำการผ่าครึ่งผลตามยาว และเฉือนเปลือกบริเวณที่ใช้วัดค่าความแน่นเนื้อออกเล็กน้อย ทำการบันทึกค่าความแน่นเนื้อของผลพลับแต่ละซีก (Ioannides et al., 2009) โดยรายงานเป็นค่าความต้านทานต่อแรงกดในหน่วยกิโลกรัม วัดการสูญเสียน้ำหนักสดด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียดชนิดนิยม 2 ตำแหน่ง (PB1502-S, Mettler-Toledo, Switzerland) วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids, TSS) โดยใช้เครื่อง digital refractometer (PAL2, Atago, Japan) ประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของปริมาณแทนนินที่ละลายน้ำได้ ซึ่งวัดจากวิธี Tannin print (Matsuo and Ito, 1997) โดยนำชิ้นส่วนของผลพลับที่ผ่าตามขวางมากดลงบนกระดาษชกรองที่ชุบด้วย FeCl_3 2% จากนั้นสังเกตการปรากฏของสีน้ำเงินดำบนแผ่นกระดาษชกรอง

ซึ่งเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่าง FeCl_3 และแทนนินที่ละลายน้ำได้ กำหนดการให้คะแนนความฟาดจาก 1 ถึง 5 โดยผู้ทดสอบจำลองผู้บริโภคซึ่งมาจากกลุ่มนักศึกษาและผู้ร่วมงานของมหาวิทยาลัยจำนวน 10 คน เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของการปรากฏสีต่อพื้นที่หน้าตัดของผล โดยกำหนดให้ระดับคะแนน = 1 หมายถึง เกิดสี 0-20% ของพื้นที่หน้าตัดและคะแนน = 5 หมายถึง เกิดสี 81-100% ของพื้นที่หน้าตัด วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลพลับทุกๆ 7 วัน จนหมดอายุการเก็บรักษา ระยะเวลาในการศึกษาทั้งหมดรวม 46 วัน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) ทำการทดลองกรรมวิธีละ 12 ซ้ำและวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และความแตกต่างค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 21

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของผลพลับในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เป็นเวลา 11 วัน สามารถอธิบายผลการศึกษาดังนี้

คุณภาพทางกายภาพของพลับ

สีเปลือกและสีเนื้อ

เมื่อพิจารณาค่า L^* , chroma และ hue angle ของเปลือกผลพลับเปรียบเทียบกับ color chart พบว่า การขจัดความฟาดด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลให้ผลพลับมีสีเปลือกเข้มขึ้น โดยจาก Table 1 แสดงให้เห็นว่า ภายหลังจากการรมด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ค่าความสว่าง (L^*) ของสีเปลือกผลพลับจากทั้งสอง

กรรมวิธีมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 67.91 ถึง 68.04 เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ผ่านการรมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งแสดงค่า L^* สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) คือ 70.11 ± 2.77 สำหรับค่า chroma นั้น พบความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีที่ผ่านการรมด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งบรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน โดยผลพลับในถาดพอลิโพรพิลีนหุ้มด้วย PVC Plastic film มีค่า chroma มากกว่า เท่ากับ 71.39 ± 4.52 ในขณะที่ผลพลับในถุงสุญญากาศชนิด Nylon-LLDPE มีค่า chroma เท่ากับ 66.03 ± 8.45 เท่านั้น ส่วนค่า Hue angle ของเปลือกผลพลับทั้ง 3 กรรมวิธีนั้น พบว่ามีเพียงผลพลับที่ถูกรมด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และบรรจุในถุงสุญญากาศชนิด Nylon-LLDPE ซึ่งมีค่า Hue angle ของสีเปลือกสูงสุดเท่ากับ 77.99 ± 2.58

ในขณะที่สีเนื้อพลับทั้งก่อนและหลังการขจัดความฟาด รวมทั้งในระหว่างการเก็บรักษามีค่าค่อนข้างคงที่ มีเพียงค่า chroma ที่แตกต่างกัน โดยสีเนื้อของผลพลับในบรรจุภัณฑ์ทางการค้ามีค่ามากที่สุดเท่ากับ 68.18 ± 4.25 สอดคล้องกับผลการทดลองของ Salvador et al. (2007) ที่พบว่า การขจัดความฟาดของพลับพันธุ์ Rojo Brillante ด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้มข้น 95% ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่งผลให้สีเปลือกเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อสีเนื้อพลับแต่อย่างใด ทั้งนี้การขจัดความฟาดด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้พืชอยู่ในสภาวะเครียด (stress) กระตุ้นอัตราการหายใจและการผลิตแก๊สเอทิลีนให้สูงขึ้น (Harima et al., 2003; Ishimaru et al., 2001) ซึ่งมีผลเร่งกระบวนการสุกและทำให้สีผิวของผลพลับเกิดเปลี่ยนแปลงภายหลังการขจัดความฟาด

Table 1 L*, chroma and hue angle of persimmon fruit peel and pulp color after CO₂ treatment and packed in vacuum Nylon-LLDPE (CO₂ + VP) bag, polypropylene tray wrapped with PVC Plastic film (CO₂ + PVC), and the fruit without CO₂ treatment and packed in vacuum Nylon-LLDPE (VP) bag during storage at 5°C, 85-90% RH for 11 days

Treatment	Peel			Pulp		
	L*	chroma	hue angle	L*	chroma	hue angle
CO ₂ + VP	67.91±4.40 ^b	66.03±8.45 ^b	77.99±2.58 ^a	78.98±6.42 ^{ns}	54.09±6.02 ^c	78.00±2.58
CO ₂ + PVC	68.04±2.57 ^b	71.39±4.52 ^a	65.45±1.85 ^b	82.14±3.24 ^{ns}	68.18±4.25 ^a	78.29±1.84
VP	70.11±2.77 ^a	68.13±5.41 ^{ab}	66.69±2.38 ^b	81.22±2.81 ^{ns}	62.45±4.90 ^b	78.65±2.71

*Means±standard deviation (S.D.) with different letters in the same column indicate significant differences between treatment at P<0.05. **ns = not significant

ความแน่นเนื้อ

ผลการทดลองบ่งชี้ว่า การจัดการความฝาดด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีอิทธิพลต่อความแน่นเนื้อของผลพลับระหว่างการเก็บรักษา (Figure 1b) โดยผลพลับที่ผ่านการจัดการความฝาดแล้วบรรจุในถาดพอลิโพรพิลีนหุ้มด้วย PVC Plastic film และถุงสุญญากาศชนิด Nylon-LLDPE มีค่าความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 0.41-0.44 กก. ในขณะที่ผลพลับที่บรรจุในถุงสุญญากาศชนิด Nylon-LLDPE โดยไม่ผ่านการจัดการความฝาดมีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด เท่ากับ 0.65±0.11 กก. (Table 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Salvador et al. (2007) ที่รายงานว่า การจัดการความฝาดผลพลับด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้มข้น เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังเซลล์ (cell wall) เป็นสาเหตุให้ผลพลับนิ่มลง นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้บรรจุภัณฑ์สุญญากาศสามารถชะลอการนิ่มของผล

พลับได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการบรรจุผลพลับในถาดพอลิโพรพิลีนหุ้มด้วย PVC Plastic film ซึ่งพบอาการผลนิ่มและช้ำน้ำ (water soaking) ทำให้ผลพลับหมดอายุการเก็บรักษาเร็วขึ้น สภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในถุงสุญญากาศที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูง เป็นสาเหตุให้ผลผลิตมีอัตราการทำลายใจลดลง ทำให้ชะลอการสุกและลดการผลิตแก๊สเอทิลีน ทำให้อาการผลนิ่มเกิดช้าลง (Jia et al., 2009; Sivakumar et al., 2012) Nakano et al. (2001) รายงานว่า สภาพแวดล้อมที่เกิดจากการสูญเสีย น้ำ เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการนิ่มของผลพลับ เนื่องจากการสูญเสีย น้ำมากจะกระตุ้นให้ผลพลับผลิตแก๊สเอทิลีนเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติช่วยลดการสูญเสีย น้ำของผลผลิต เช่น ถังพอลิเอทิลีนสามารถลดการผลิตแก๊สเอทิลีน และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลผลิตให้นานขึ้นได้

Table 2 Weigh loss, firmness, total soluble solids (TSS) and tannin evaluation of persimmon fruit after CO₂ treatment and packed in vacuum Nylon-LLDPE (CO₂ + VP) bag, polypropylene tray wrapped with PVC film (CO₂ + PVC), and the fruit without CO₂ treatment and packed in vacuum Nylon-LLDPE (VP) bag during storage at 5°C, 85-90% RH for 11 days

Treatment	Weight loss (%)	Firmness (kg.)	TSS (%)	Tannin (Score)
CO ₂ + VP	0.06±0.02 ^b	0.44±0.13 ^b	17.33±0.49 ^b	1.00±0.00 ^b
CO ₂ + PVC	0.29±0.05 ^a	0.41±0.11 ^b	18.08±0.33 ^a	1.00±0.00 ^b
VP	0.04±0.02 ^b	0.65±0.11 ^a	17.47±0.04 ^b	2.58±0.65 ^a

*Means±standard deviation (S.D.) with different letters in the same column indicate significant differences between treatment at P<0.05. **ns = not significant

*Tannin score

1 = 0-20% of color development

2 = 21-40% of color development

3 = 41-60% of color development

4 = 61-80% of color development

5 = 81-100% of color development

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและส่วนประกอบทางเคมีของผลพลับ

การสูญเสียน้ำหนัก

ผลการทดลองพบว่า ผลพลับที่บรรจุในถุงสุญญากาศชนิด Nylon-LLDPE ทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการขจัดความฝาด มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.04-0.06 % ในขณะที่ผลพลับซึ่งผ่านการขจัดความฝาดและบรรจุในภาชนะโพรพิลีนหุ้มด้วย PVC Plastic film มีการสูญเสียน้ำหนักสูงมากถึง 0.29±0.05% (Table 2) และในระหว่างการเก็บรักษาผลพลับในกรรมวิธีนี้ มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดที่สุด (Figure 1a) ซึ่งเป็นสาเหตุให้ผลพลับนิ่มและหมดอายุเร็วขึ้น การป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและแก๊สระหว่างภายในบรรจุภัณฑ์และสภาพบรรยากาศภายนอก เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสดของผลิตผล เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุทั้งสองชนิดที่นำมาใช้ในการบรรจุผลพลับ พบว่าพลาสติกชนิด Nylon-LLDPE มีคุณสมบัติการขวางกั้น (barrier properties) ของไอน้ำและก๊าซต่างๆ ที่ดีกว่า PVC Plastic film จึงสามารถช่วยรักษาระดับความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำหนักลดลงในระหว่างการเก็บรักษา (Mangaraj et al., 2009)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS)

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลพลับมีค่าลดลงหลังผ่านการขจัดความฝาด เช่นเดียวกันกับปริมาณแทนนินที่ละลายน้ำได้ ซึ่งมีปริมาณลดลงเช่นเดียวกัน แทนนินที่ละลายน้ำได้เป็นสาเหตุของความฝาด และเป็นองค์ประกอบของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลพลับ หลังผ่านการขจัดความฝาด สารแทนนินส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลงตามไปด้วย (Arnal and Del Río, 2003) ก่อนและหลังการขจัดความฝาดด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ผลพลับมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยลดลงจาก 22.47% เหลือเพียง 17.88-17.95% (Figure 1c)

หลังเก็บรักษานาน 11 วัน ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลพลับในบรรจุภัณฑ์ทางการค้ามีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 18.08±0.33 % ในขณะที่ผลพลับอีก

สองกรรมวิธีซึ่งบรรจุอยู่ในถุงสุญญากาศ ทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการขจัดความฝาดด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เท่ากับ 17.33±0.49% และ 17.47±0.04% ตามลำดับ (Table 2) ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการสูญเสียน้ำหนักสดของผลพลับในบรรจุภัณฑ์ทางการค้า ซึ่งพบว่าการสูญเสียน้ำหนักสดมากถึง 0.29±0.05% ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ภายในเซลล์มีความเข้มข้นมากกว่า ในขณะที่ผลพลับที่บรรจุในถุงสุญญากาศทั้งสองกรรมวิธี สูญเสียน้ำหนักสดเพียง 0.04-0.06% เท่านั้น

ปริมาณแทนนิน

ผลพลับที่ผ่านการขจัดความฝาดด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้รับคะแนนประเมินปริมาณแทนนินเท่ากับ 1.00 คะแนน ซึ่งให้เห็นว่า ผลพลับมีปริมาณแทนนินอยู่ในระดับต่ำและไม่มีรสฝาด สอดคล้องกับผลการศึกษาการขจัดความฝาดในพลับพันธุ์ Rojo Brillante พบว่า ภายหลังการขจัดความฝาดด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ผลพลับมีปริมาณแทนนินที่ละลายน้ำได้ลดลงเหลือเพียง 0.01-0.02% ต่อน้ำหนักสด โดยปัจจัยสำคัญคือการสังเคราะห์แอสทิลไฮโดรที่สูงขึ้นหลังจากถูกกระตุ้นโดยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของปริมาณแทนนินที่ละลายน้ำได้ (Salvador et al., 2007) ในขณะที่ผลพลับซึ่งถูกบรรจุในถุงสุญญากาศโดยไม่ผ่านการขจัดความฝาด ได้รับคะแนนการประเมินเท่ากับ 2.58±0.65 คะแนน (Table 2) บ่งชี้ว่าผลพลับมีปริมาณแทนนินอยู่ค่อนข้างมากและยังคงมีรสฝาด ทั้งนี้รสฝาดของผลพลับซึ่งบรรจุในถุงสุญญากาศโดยไม่ผ่านการขจัดความฝาดมาก่อน มีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ และเมื่อเก็บรักษาผลพลับในถุงสุญญากาศอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 25 วัน ผลพลับจะมีคะแนนประเมินปริมาณแทนนินอยู่ในระดับใกล้เคียงกับผลพลับที่ผ่านการรมด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) การลดลงของปริมาณแทนนินที่ละลายน้ำได้นั้นเป็นผลมาจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งถูกกระตุ้นจากสภาพแวดล้อมที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำและ/หรือคาร์บอนไดออกไซด์สูงทำให้เกิดการสังเคราะห์แอสทิลไฮโดร แล้วเกิดปฏิกิริยาการจับกันระหว่าง

แอซิติลดีไฮด์และแทนนินที่อยู่ภายในเซลล์ (Amal and Del Rio, 2003) ทำให้สารแทนนินส่วนใหญ่ที่มีอยู่ถูก

เปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ผลพลับจึงหายฝาดในที่สุด

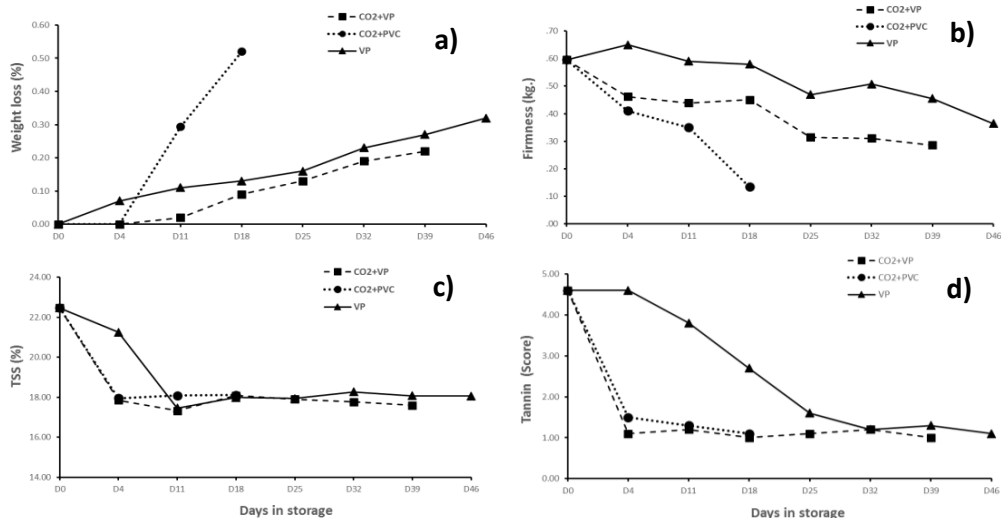


Figure 1 Changes in weight loss (a), firmness (b), TSS (c) and Tannin content (d) of 'Xichu' persimmon fruit after CO₂ treatment and packed in vacuum Nylon-LLDPE (CO₂ + VP) bag, polypropylene tray wrapped with PVC Plastic film (CO₂ + PVC), and the fruit without CO₂ treatment and packed in vacuum Nylon-LLDPE (VP) bag during storage at 5°C, 85-90% RH.

สรุป

การใช้บรรจุภัณฑ์สุญญากาศร่วมกับการจัดการความฝาดด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถชะลอการสุกและรักษาคุณภาพของผลพลับได้ดีกว่าการบรรจุผลพลับในถาดพอลิโพรพิลีนหุ้มด้วย PVC Plastic film ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้ในทางการค้าในปัจจุบัน นอกจากนี้ การบรรจุผลพลับในถุงสุญญากาศชนิด Nylon-LLDPE โดยตรงยังสามารถจัดการความฝาดของผลพลับได้อีกด้วย แต่ทั้งนี้ต้องใช้เวลาประมาณ 1 เดือน ความฝาดของผลพลับจึงจะลดลงอยู่ในระดับที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง ปีงบประมาณ พ.ศ.2559 ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงาน

คณะกรรมการการอุดมศึกษา ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่วิจัย

เอกสารอ้างอิง

- दनय नुनयैरति, सुरेक्षी, चाणुशानि, औरमानोष, प्राकृष. 2540. คุณภาพของผลพลับพันธุ์ Xichu ที่กำจัดความฝาดโดยสภาพสุญญากาศ. วารสารเกษตร. 13(2): 117-126.
- ลำแพน ขวัญพูล. 2555. กลไกการซ้ำในผลไม้. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 30(2): 107-116.
- สรารุณ ศรีวรรณ. 2554. ผลของการเก็บเกี่ยว วิธีการจัดการความฝาด และอุณหภูมิเก็บรักษาต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของพลับพันธุ์ พี 2. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 137 น.
- Amal, L., and M.A. Del Río. 2003. Removing astringency by carbon dioxide and nitrogen enriched atmospheres in persimmon fruit cv. 'Rojo brillante'. J. Food Sci. 68: 1516-1518.

- Ben-Arie, R., Y. Zutkhi, L. Sonego, and J. Klein. 1991. Modified atmosphere packaging for long-term storage of astringent persimmons. *Postharvest Biol. Technol.* 1: 169-179.
- Chen, X.N., J.F. Fan, X. Yue, X.R. Wu, and L.T. Li. 2008. Radical scavenging activity and phenolic compounds in persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Mopan). *J. Food Sci.* 73: 24-28.
- Cia, P, E.A. Benato, J.M.M. Sigrist, C. Sarantópoulos, L.M. Oliverira, and M. Padula. 2006. Modified atmosphere packaging for extending the storage life of 'Fuyu' persimmon. *Postharvest Biol. Technol.* 42: 228-234.
- Denoya, G.I., S.R. Vaudagna, and G. Polenta. 2015. Effect of high pressure processing and vacuum packaging on the preservation of fresh-cut peaches. *LWT Food Sci. Technol.* 62: 801-806.
- Fukushima, T, T. Kitamura, H. Murayama, and T. Yoshida. 1991. Mechanisms of astringency removal by ethanol in "Hiratanenashi" kaki fruits. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 60: 685-694.
- George, A.P., and S. Redpath. 2008. Health and medicinal benefits of persimmon fruit: a review. *Adv. Hortic. Sci.* 22: 244-249.
- Harima, S., R. Nakano, S. Yamauchi, Y. Kitano, Y. Yamamoto, A. Inaba, and Y. Kubo. 2003. Extending shelf-life of astringent persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit by 1-MCP. *Postharvest Biol. Technol.* 29: 319-324.
- Ioannides, Y., J. Seers, M. Defernez, C. Raithatha, M.S. Howarth, A. Smith, and E.K. Kemsley. 2009. Electromyography of the masticatory muscles can detect variation in the mechanical and sensory properties of apples. *Food Qual. Prefer.* 20: 203-215.
- Ishimaru, M., K. Chachin, Y. Wada, and Y. Ueda. 2001. Relationship between fruit softening and the change of pectic or hemicellulosic compounds in cell wall of Japanese persimmon (*Diospyros kaki*) 'Hiratanenashi' treated with different methods for removing astringency. *Food Preserv. Sci.* 27: 197-204.
- Jeong, H.S., H.S. Chuang, H.D. Lee, J.H. Seong, and J.U. Choi. 2001. Controlled atmosphere storage and modified atmosphere packaging of astringency-removed persimmons. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 380-386.
- Jia, C.G., C.J. Xu, J. Wei, J. Yuan, G.F. Yuan, B.L. Wang, and Q.M. Wang. 2009. Effect of modified atmosphere packaging on visual quality and glucosinolates of broccoli florets. *Food Chem.* 114: 28-37.
- Krisanapook, K., S. Subhadrabandhu, S. Saleeto., S. Niraparth, and S. Sirisuk. 1997. Effects of some growth regulators on growth of persimmon fruits cvs. Xichu and Fuyu. *Acta Hort.* 436: 261-266.
- Lee, S.Y., and S.Y. Baek. 2008. Effect of chemical sanitizer combined with modified atmosphere packaging on inhibiting *Escherichia coli* O157:H7 in commercial spinach. *Food Microbiol.* 4: 582-587.
- Li, L.T. 2008. Radical scavenging activity and phenolic compounds in persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Mopan). *J. Food Sci.* 73: 24-28.
- Mangaraj, S., T.K. Goswami, and P.V. Mahajan. 2009. Application of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: A review. *Food Eng. Rev.* 1: 133-158.
- Matsuo, T., and S. Ito. 1997. On mechanism of removing astringency in persimmon fruits by carbon dioxide treatment. I. Some properties of the two processes in the deastringency. *Plant Cell Physiol.* 18: 17-25.
- Matsuo, T., S. Ito, and R. Ben-Arie. 1991. A model experiment for elucidating the mechanism of astringency removal in persimmon fruit using respiration inhibitors. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 60: 437-442.
- Nakano R., S. Harima, Y. Kubo, and A. Inaba. 2001. Delay of fruit softening in forcing-cultured 'Tonewase' Japanese persimmon by packaging in perforated polyethylene bags. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 70: 385-392.
- Özkaya, O., D. Yildirim, Ö. Dündar, and S.S. Tükel. 2016. Effects of 1-methylcyclopropane (1-MCP) and modified atmosphere packaging on postharvest storage quality of nectarine fruit. *Sci. Hort.* 198:454-461.
- Plaza, L., C. Colina, B. Ancos, C. Sánchez-Moreno, and M. Pilar Cano. 2011. Influence of ripening and astringency on carotenoid content of high-pressure treated persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). *Food Chem.* 130: 591-597.
- Salvador, A., L. Arnal, C. Besada, V. Larrea, A. Quiles, and I. Pérez-Munuera. 2007. Physiological and structural changes during ripening and deastringency treatment of persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante'. *Postharvest Biol. Technol.* 46: 181-188.
- Sivakumar, D., F. Van Deventer, L.A. Terry, G.A. Polenta, and L. Korsten. 2012. Combination of 1-methylcyclopropane treatments and controlled atmosphere storage retains overall fruit quality and bioactive compounds in mango. *J. Sci. Food Agric.* 92: 821-830.
- Yonemori, K., A. Sugiura, and M. Yamada. 2000. Persimmon genetics and breeding. *Plant Breed. Rev.* 19: 191-225.