

อิทธิพลของอุณหภูมิที่เก็บรักษาต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของผลมะยงชิดพันธุ์ทูลเกล้า

Influence of Storage Temperature on Physico-chemical Properties of Marian Plum (*Bouea macrophylla*) cv. Toon Klaow

ปัทมา สังข์เงิน^{1/} และ พิมพีใจ สีหะนาม^{1/}
Pattama Sang-nguan^{1/} and Pimjai Seehanam^{1/}

Abstract: Marian plum fruit cv. Toon Klaow (*Bouea macrophylla* cv. Toon Klaow) were harvested during their peel color changed from green to yellow (at 75% color break). Then they were stored at 5 ± 1 °C (86 $\pm$ 5%RH) in order to compare with fruit stored at ambient condition (32 ± 3 °C; 86 $\pm$ 5%RH). Subsequently, fruit from both storage conditions were determined for their physico-chemical properties every alternate day until the end of storage. The results showed that the fruit stored at low temperature had longer storage life and lower weight loss than the one stored at ambient temperature. Moreover, the storage at 5 ± 1 °C (86 $\pm$ 5%RH) had higher firmness, titratable acidity (TA), and vitamin C content, but lower total soluble solids (TSS) and TSS/TA ratio compared with those stored at ambient storage condition.

Keywords: Marian plum fruit, storage, temperature, physico-chemical properties

^{1/} คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จ.อุตรดิตถ์ 53000

^{1/} Faculty of Agriculture, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit 53000, Thailand

บทคัดย่อ: ผลมะยงชิดซึ่งเก็บเกี่ยวเมื่อระยะการสุกสีผิวเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง 75 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 86 ± 5 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (32 ± 3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 86 ± 5 เปอร์เซ็นต์ โดยวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลมะยงชิดทุก ๆ 2 วัน พบว่า การเก็บรักษาผลมะยงชิดไว้ที่อุณหภูมิต่ำ สามารถยืดอายุการเก็บรักษานานกว่าและสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ยังพบว่าผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 86 ± 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแน่นเนื้อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีมากกว่า แต่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยกว่าผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

คำสำคัญ: ผลมะยงชิด การเก็บรักษา อุณหภูมิ สมบัติทางกายภาพและเคมี

คำนำ

มะยงชิดจัดอยู่ในวงศ์เดียวกับมะม่วง คือ Anacardiaceae (เต็ม, 2523) จัดเป็นผลไม้ในกลุ่ม non-climacteric (สมโภชน์ และจิรายุ, 2554) ปัจจุบันมะยงชิดและมะปรางหวานถือเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่เกษตรกรนิยมปลูกเป็นการค้า แหล่งผลิตที่สำคัญคือ นครนายก ปราจีนบุรี นครสวรรค์ พิจิตร สุโขทัย อุตรดิตถ์ ชัยนาท เพชรบุรี และระนอง เป็นต้น ปัจจุบันจังหวัดอุตรดิตถ์มีพื้นที่ปลูกมะยงชิดและมะปรางหวานเพิ่มมากขึ้น โดยนิยมปลูกมะยงชิดพันธุ์ทูลเกล้ามากที่สุด (สำนักงานเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์, 2554) มะยงชิดเป็นผลไม้ที่มีรูปทรงผลกลมรี ได้สัดส่วนเหมือนไข่ไก่ สีผิวของผลมีสีเหลืองทอง มีรสหวานมากกว่ารสเปรี้ยว และมีขนาดผลใหญ่กว่ามะปรางหวาน มีเนื้อมาก เสี้ยนน้อย รสชาติหวานอมเปรี้ยว ปัจจุบันนิยมปลูกกันมาก เพราะสามารถสร้างรายได้ให้กับผู้ปลูกได้มาก เนื่องจากได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ทั้งนี้ปัญหาคriticalในการผลิตไม้ผลชนิดนี้คือ ผลผลิตมีคุณภาพต่ำเพราะเกิดความเสียหายได้ง่ายในระหว่างการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการวางจำหน่ายในท้องตลาดเนื่องจากมะยงชิดมีเปลือกบาง ในกรณีที่ผู้บริโภคซื้อมะยงชิดไปรับประทาน มักจะพบปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ มะยงชิดมีอายุการเก็บรักษาสั้น ซึ่งมีการศึกษาเกี่ยวกับการเก็บรักษาผลผลิตพืชสวนหลายชนิดไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เช่น พลับ (สราวุธ และदनัย, 2556) มะม่วง (วิลาวัลย์ และจำนง, 2554) ส้ม และแอปเปิล (Gorris and

Peppelenbos, 1992) พบว่าอุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บได้นานขึ้น ดังนั้นการวิจัยนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับการเก็บรักษาผลมะยงชิดไว้ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลมะยงชิดพันธุ์ทูลเกล้า

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลมะยงชิดพันธุ์ทูลเกล้าจากสวนของเกษตรกรที่ตั้งอยู่ใน ตำบลบ้านด่านนาขาม อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ วันที่ 5 เมษายน 2554 โดยเก็บเกี่ยวผลมะยงชิดที่ระยะการสุกที่สีผิวผลเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง 75 เปอร์เซ็นต์ แล้วขนส่งโดยรถกระบะที่มีหลังคา มาที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ คัดเลือกผลมะยงชิดที่ไม่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลง หลังจากนั้นตัดขั้วผลให้มีความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร แล้ววางผลมะยงชิดไว้ในตะกร้าที่รองด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 5 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 86 ± 5 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (32 ± 3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 86 ± 5 เปอร์เซ็นต์) วางแผนการทดลองแบบ T-test โดยสุ่มผลมะยงชิดในแต่ละวิธีการจำนวน 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำคือ ผลมะยงชิดจำนวน 3 ผล เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีทุก ๆ 2 วัน

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพของผลมะยงชิดประกอบด้วย การวัดค่าการสูญเสียน้ำหนักสด โดยใช้

เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Adventure™, OHAUS, USA) วัดค่าสีผิวผลด้วยเครื่องวัดสี (Color Flex®, HunterLab, USA) วัดค่าความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง fruit pressure tester (Facchini-48011, Alfonsine, Italy) การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) โดยใช้เครื่อง digital refractometer (Packet PAL-1, Atago, Japan) วัดค่าพีเอช (pH) โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter) (pH Level 1, inoLab, Germany) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) โดยไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติที่ค่าพีเอช 8.2 (AOAC, 2000) และวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยวิธีไทเทรชันด้วยสารละลาย 2,6-ไดคลอโรโรฟีนอลอินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ (Ranganna, 1986) โดยวิเคราะห์และบันทึกผลการทดลองทุก ๆ 2 วัน จนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา ซึ่งการทดลองนี้กำหนดให้ผลมะยงชิดหมดอายุการเก็บรักษาเมื่อบริเวณหัวผลและผิวผลเหี่ยวและ/หรือเกิดการเข้าทำลายของโรค

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์)

ผลการทดลอง พบว่า ผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักสดเท่ากับ 1.79 ± 0.31 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับการสูญเสียน้ำหนักสดของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ที่มีค่าสูงถึง 8.98 ± 1.12 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการเก็บรักษาการสูญเสียน้ำหนักสดของผลมะยงชิดทั้งสองกรรมวิธีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีอัตราการการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นสูงกว่าผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 5 เท่า ส่งผลให้ผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีอายุการเก็บรักษานานกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 1 และ 2 และภาพที่ 1A) การสูญเสียน้ำหนักสดของผลิตผลเกิดจากการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผล ซึ่งทำให้ผลิตผลเกิดการเหี่ยวหดรัดตัว ส่งผลให้คุณภาพลดลง (दनัย และนิธิยา, 2548)

โดยผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาจากต้นแล้วยังคงมีการสูญเสีย น้ำเกิดขึ้นตลอดเวลา โดยเฉพาะผลิตผลทางพืชสวนที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ (จริงแท้, 2544) การสูญเสียน้ำออกจากเซลล์พืชเกิดขึ้นโดยน้ำเคลื่อนที่ไปสู่อากาศภายนอกผ่านทางรูเปิดตามธรรมชาติ และรอยแผลของผลิตผล (จริงแท้, 2544) นอกจากนี้การเก็บรักษาไว้ที่สภาพอุณหภูมิสูงจะทำให้ผลิตผลมีการคายน้ำสูงและสูญเสียน้ำได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เพราะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความดันของไอน้ำในอากาศจะเพิ่มขึ้น คือ ที่อุณหภูมิสูงอากาศสามารถอุ้มไอน้ำไว้ได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (दनัย, 2540) ดังนั้นการเก็บรักษาผลมะยงชิดไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (5 ± 1 องศาเซลเซียส) จึงสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักของแก้วมังกรผลเหลือง หรือ yellow pitaya (*Selenicereus megalanthus*) ซึ่งเก็บเกี่ยวที่ระยะสีผิวเปลี่ยนและคุณภาพด้านการบริโภคดี แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผลแก้วมังกรผลเหลืองที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักสดต่ำกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Nerd and Mizrahi, 1999) ผลการทดลองในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาเกี่ยวกับการเก็บรักษาผลตะลิงปลิงไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่าผลตะลิงปลิงมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นในทุกอุณหภูมิที่เก็บรักษา โดยผลตะลิงปลิงที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด (อดิศักดิ์, 2554)

ค่าสีผิวผล

ค่า L^* ของสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ เท่ากับ 65.48 ± 1.60 และ 64.78 ± 1.38 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น พบว่า ค่า L^* ของสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่ทั้งสองอุณหภูมิ มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้นทำการทดลอง (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1B)

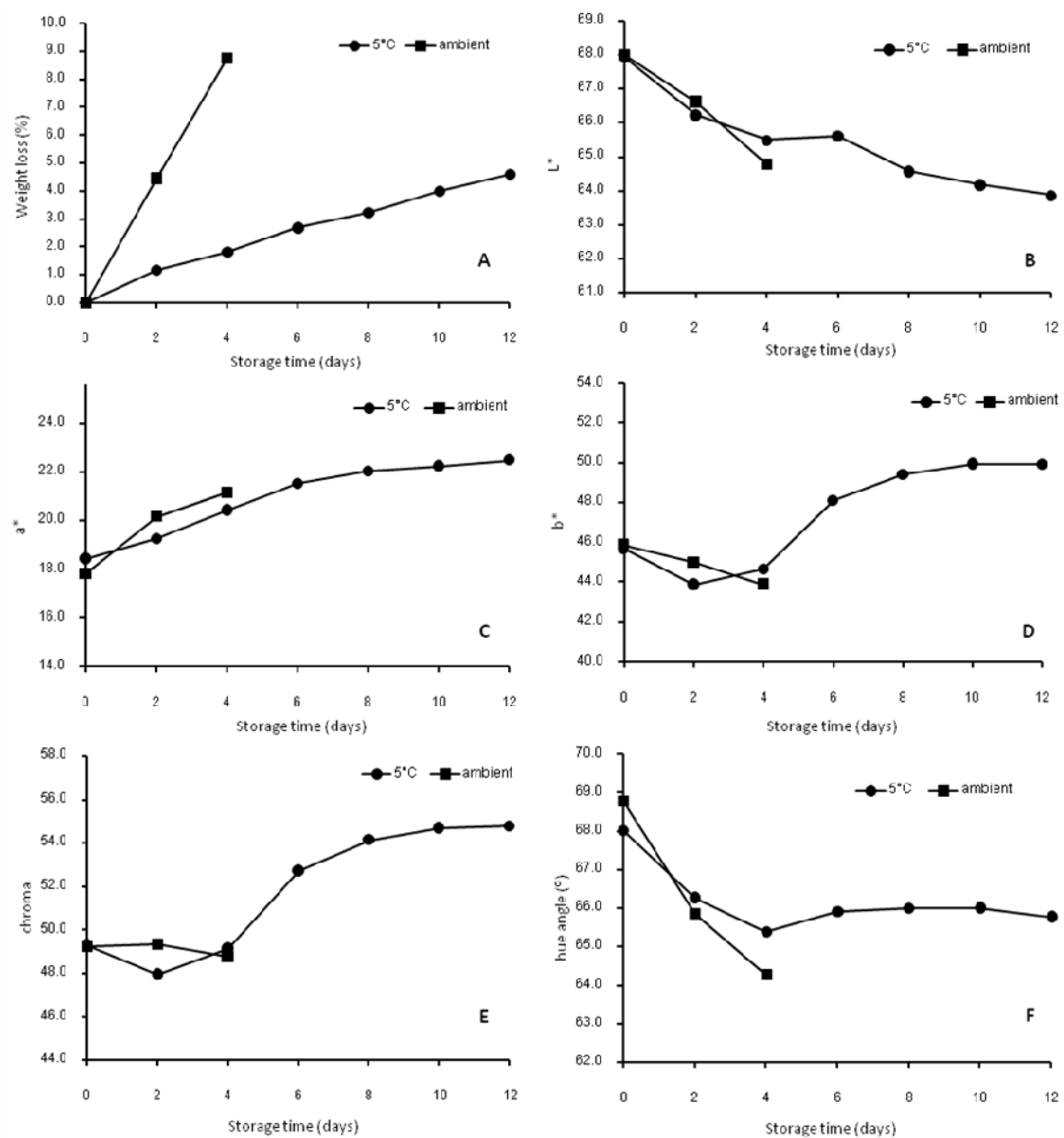


Figure 1 Change in weight loss (A) and peel color (B-F) of marian plum fruit cv. Toon Klaow during storage at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ ($86 \pm 5\%\text{RH}$) and ambient temperature ($32 \pm 3^\circ\text{C}$ and $86 \pm 5\%\text{RH}$)

Table 1 Weight loss and peel color of marian plum cv. Toon Kloaw stored at 5 ± 1 °C ($86 \pm 5\%$ RH) and ambient temperature (32 ± 3 °C and $86 \pm 5\%$ RH) for 4 days

Storage temperature	Weight loss (%)	Peel color				
		L*	a*	b*	chroma	hue angle (°)
5 °C	1.79 ± 0.31^b	65.48 ± 1.60	20.43 ± 2.03	44.66 ± 3.91	49.14 ± 4.01	65.38 ± 2.12
ambient	8.98 ± 1.12^a	64.78 ± 1.38	21.16 ± 1.85	43.90 ± 1.79	48.76 ± 2.15	64.28 ± 1.69
2-tailed Sig.	0.00	0.21	0.30	0.50	0.75	0.13

Means followed by different superscript letters within a column are significantly different (2-tailed Sig. ≤ 0.05)

ค่า a^* ของสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 20.43 ± 2.03 ซึ่งไม่แตกต่างกับค่า a^* ของสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ที่มีค่าเท่ากับ 21.16 ± 1.85 ทั้งนี้ค่า a^* ของสีผิวผลมะยงชิดทั้งสองกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นทำการทดลอง (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1C)

ผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องมีค่า b^* ของสีผิวผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ เท่ากับ 44.66 ± 3.91 และ 43.90 ± 1.79 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 1D พบว่า ค่า b^* ของสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าลดลง ในขณะที่ค่า b^* ของสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่ 5 องศาเซลเซียส มีค่าเพิ่มขึ้น

ค่า chroma ของสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ค่า chroma ของสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากวันเริ่มต้นทำการทดลอง ในขณะที่ค่า chroma ของสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1E)

ค่า hue angle ของสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้องมีค่าใกล้เคียงกันมาก คือ 65.38 ± 2.12 และ 64.28 ± 1.69 องศา ตามลำดับ ในระหว่างการเก็บรักษา ค่า hue angle ของสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่ทั้งสองอุณหภูมิมีค่าลดลง (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1F)

การเปลี่ยนแปลงของค่าสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่ทั้งสองอุณหภูมิแสดงว่าสีผิวผลของผลมะยงชิดมีสีเขียวอ่อนลง และมีสีเหลือง-ส้มเกือบทั่วทั้งผล โดยสีผิวผลของมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง-ส้มเข้มขึ้นเร็วกว่าผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากค่า L^* , a^* , b^* , chroma และ hue angle ของสีผิวผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่ทั้งสองอุณหภูมินั้นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งอาจจะเป็นเพราะผลมะยงชิดที่นำมาทำการทดลองในครั้งนี้เก็บเกี่ยวที่ระยะสีผิวผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง-ส้ม เกือบทั่วทั้งผลแล้ว ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก จากผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยเกี่ยวกับมะยงชิด ที่รายงานว่า ผลมะยงชิดที่มีอายุ 65 และ 75 วันหลังดอกบาน มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่า a^* และค่า b^* ลดลง หลังจากการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 5, 10 และ 13 องศาเซลเซียส โดยผลมะยงชิดที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 65 และ 75 วันหลังดอกบาน มีค่าเฉลี่ยของค่า a^* และค่า b^* ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา (สิริลดา และศศิธร, 2554) ซึ่งการลดลงของค่า a^* และค่า b^* แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีจากสีเหลืองแกมเขียวเป็นสีส้มเข้ม เนื่องจากมีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในขณะใดก็ตามที่น้อยที่สุดสังเคราะห์มากขึ้นและปรากฏให้เห็นได้เด่นชัดขึ้น โดยการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์มากขึ้นนี้อาจถูกควบคุมโดยยีนซึ่งควบคุมการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ทั้งนี้วิธีการสังเคราะห์จะแตกต่างกันตามชนิดและเนื้อเยื่อของผลไม้ (จริงแท้, 2550)

ความแน่นเนื้อ (firmness)

ความแน่นเนื้อของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ±1 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 3.48 ±0.43 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าค่าความแน่นเนื้อของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ที่มีค่าเท่ากับ 1.88 ±0.27 กิโลกรัม (ตารางที่ 2) โดยความแน่นเนื้อของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่ทั้งสองอุณหภูมิมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อของผลมะยงชิดได้ คือ มีการลดลงของความแน่นเนื้อในอัตราที่ช้ากว่าผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ภาพที่ 2A)

เมื่อผลไม้สุกจะมีลักษณะเนื้ออ่อนนุ่มลง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพกทิน ซึ่งเพกทินเป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ โดยอยู่ในส่วนที่เรียกว่า middle lamella ทำหน้าที่เชื่อมให้เซลล์ติดกัน สารประกอบเพกทินที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของผลไม้ดิบจะอยู่ในรูปของ protopectin ซึ่งไม่ละลายน้ำ (insoluble pectin) เมื่อผลไม้สุก protopectin จะถูกสลายกลายเป็นเพกทินและกรดเพกติก (pectic acid) ซึ่งละลายน้ำ (soluble pectin) ทำให้เนื้อผลไม้อ่อนนุ่มลง (दनัย, 2540) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานผลการวิจัยเกี่ยวกับผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เก็บเกี่ยวที่ระยะแก่ทางการค้า แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 13 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน ผลการทดลองพบว่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วงลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ศศิธร และนิธิยา, 2546) ผลการทดลองในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์ Keitt ที่อุณหภูมิ 5 และ 14 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน พบว่าผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อลดลงน้อยกว่าผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส (Lederman *et al.*, 1997)

ค่าพีเอชและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA)

ในระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ส่งผลให้ค่าพีเอชของผลมะยงชิดเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ±1 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2B) อย่างไรก็ตาม ณ วันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่า ค่าพีเอชของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่ 5 ±1 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้องมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 2.82 ±0.06 และ 3.08 ±0.14 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ภาพที่ 2B ยังแสดงให้เห็นว่าค่าพีเอชของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าพีเอชของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ±1 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่าผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 1.11 ±0.07 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ±1 องศาเซลเซียส ที่มีค่าเท่ากับ 1.47 ±0.09 เปอร์เซ็นต์ และในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะยงชิดทั้งสองกรรมวิธีมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้นทำการทดลอง โดยผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีอัตราการลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากกว่าผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ±1 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 3 และภาพที่ 2D)

จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ค่าพีเอชและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือในระหว่างการเก็บรักษาเมื่อค่าพีเอชเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลง สำหรับค่าพีเอชและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ±1 องศาเซลเซียส มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง

Table 2 Storage life of marian plum cv. Toon Kloaw stored at 5 ±1 °C (86 ±5%RH) and ambient temperature (32 ±3 °C and 86 ±5%RH) for 4 days

Storage temperature	Storage life (days)
5 °C	12 ±0.00 ^a
ambient	4 ±0.00 ^b
2-tailed Sig.	0.00

Means followed by different superscript letters within a column are significantly different (2-tailed Sig. ≤ 0.05)

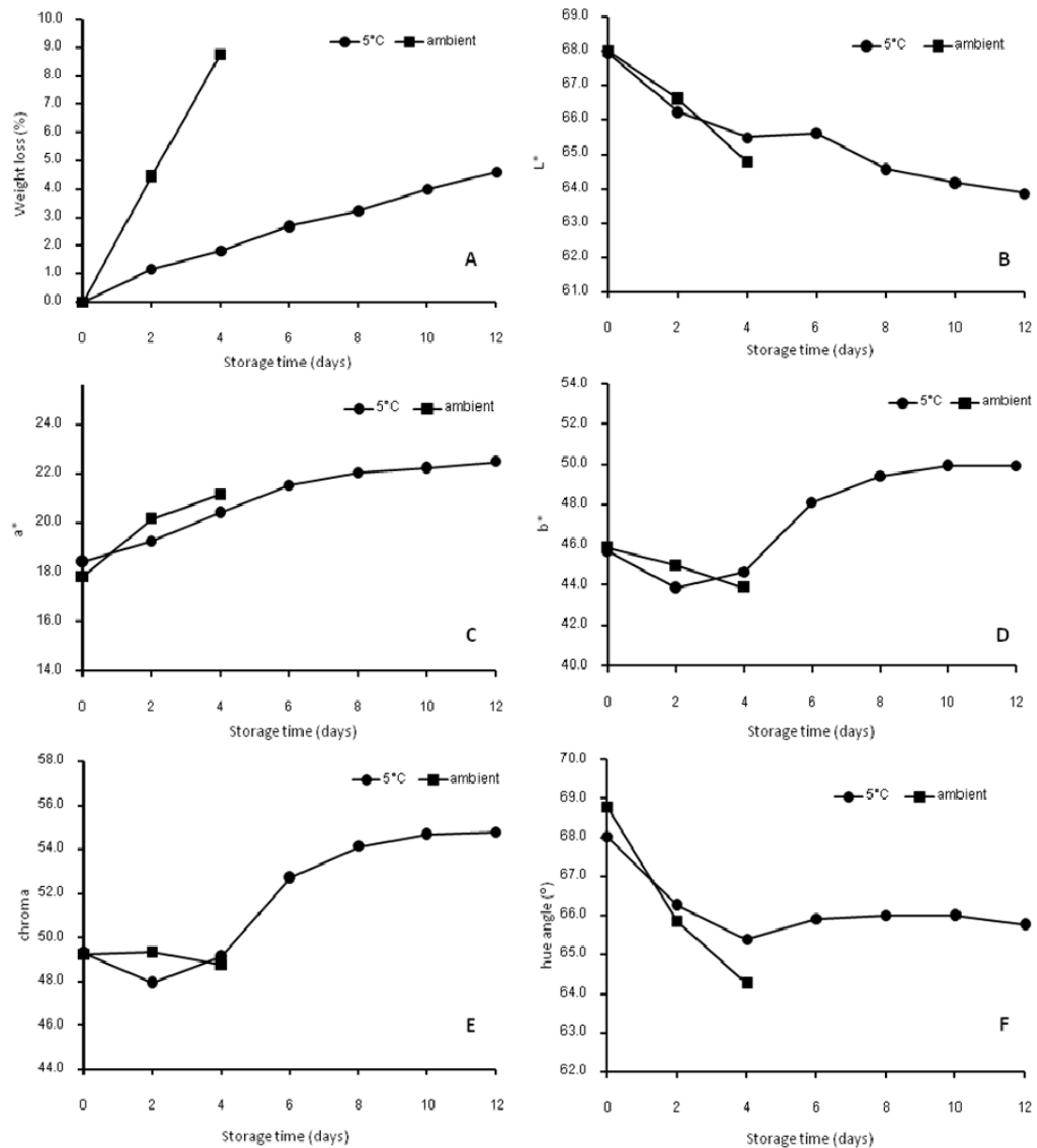


Figure 2 Change in Firmness (A), pH (B), total soluble solids (C), titratable acidity (D), TSS/TA ratio (E) and vitamin C contents (F) of marian plum fruit cv. Toon Klaow during storage at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ ($86 \pm 5\%\text{RH}$) and ambient temperature ($32 \pm 3^\circ\text{C}$ and $86 \pm 5\%\text{RH}$)

Table 3 Firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), TSS/TA ratio, pH and vitamin C content of marian plum cv. Toon Kloaw stored at 5 ± 1 °C ($86 \pm 5\%$ RH) and ambient temperature (32 ± 3 °C and $86 \pm 5\%$ RH) for 4 days

Storage temperature	Firmness (kg)	pH	TSS (%)	TA (%)	TSS/TA ratio	Vitamin C (mg/100 g FW)
5 °C	3.48 ± 0.43^a	2.82 ± 0.06	14.13 ± 0.78^b	1.47 ± 0.09^a	9.65 ± 1.02^b	20.05 ± 0.99^a
ambient	1.88 ± 0.27^b	3.08 ± 0.14	17.07 ± 0.38^a	1.11 ± 0.07^b	15.42 ± 1.04^a	8.62 ± 0.00^b
2-tailed Sig.	0.00	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00

Means followed by different superscript letters within a column are significantly different (2-tailed Sig. ≤ 0.05)

ที่คล้ายคลึงกัน คือ เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้นทำการทดลอง มีรายงานว่า ในระหว่างการเก็บรักษาผลตะลิงปลิงไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าพีเอชของผลตะลิงปลิง เพิ่มขึ้น (อดิศักดิ์, 2554) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ผลมะยงชิดที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 65 และ 75 วันหลังดอกบาน แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (สิริลดา และศศิธร, 2554)

ผักและผลไม้มีกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ มากมาย ซึ่งเป็นกรดที่อยู่ในวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) ถูกสร้างขึ้นในระหว่างการเกิดกระบวนการหายใจภายในเซลล์ โดยการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรต และกรดอินทรีย์จะถูกสะสมอยู่ในแวคิวโอลของเซลล์ผักและผลไม้ (दनัย, 2540) โดยปกติพืชจะมีการนำกรดอินทรีย์ไปใช้ในกระบวนการหายใจ จึงทำให้ปริมาณกรดอินทรีย์ของผลผลิตลดลง (จริงแท้, 2544) โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูงมักจะกระตุ้นให้เกิดการนำกรดอินทรีย์ไปใช้เร็วขึ้น และการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอกระบวนการหายใจของผลผลิต ดังนั้นจึงชะลอการนำกรดไปใช้ให้เกิดขึ้นช้าลง มีรายงานว่าผล แก้วมังกรสีเหลือง (yellow pitaya) ซึ่งเก็บเกี่ยวที่ระยะสีผิวผลเปลี่ยนและคุณภาพด้านการบริโภคดี แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเก็บรักษาผลมังกรสีเหลืองไว้ที่ทั้งสองอุณหภูมิมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงจากวันเริ่มต้นทำการทดลอง โดยผลแก้วมังกรสีเหลืองที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงในอัตราที่ช้ากว่าการเก็บ

รักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Nerd *et al.*, 1999) และมีรายงานว่า มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 100-110 วันหลังดอกบาน แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15, 25 และ 35 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ทั้งสามอุณหภูมิ (วรรณวรงค์ และคณะ, 2554)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids: TSS)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าเท่ากับ 17.07 ± 0.38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส ที่มีค่าเท่ากับ 14.13 ± 0.78 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นทำการทดลอง ในขณะที่ผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยมาก (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2C)

โดยปกติแล้วพืชที่สูญเสียน้ำมากจะส่งผลให้ความเข้มข้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ภายในเซลล์ของพืช ซึ่งส่วนประกอบส่วนใหญ่ คือ น้ำตาล เพิ่มขึ้นได้ (จริงแท้, 2544) เมื่อพิจารณาจากการสูญเสียน้ำของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่ทั้งสองอุณหภูมิ พบว่า ผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำ

มากกว่าผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส ถึง 5 เท่า ดังนั้นจึงอาจจะส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่ามากกว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio)

อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าสูงกว่าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส คือเท่ากับ 15.42 ± 1.04 และ 9.65 ± 1.02 ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา พบว่า อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในขณะที่ผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้นทำการทดลอง (ตารางที่ 3 และภาพที่ 2E)

เมื่อพิจารณาจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะยงชิดแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่ทั้งสองอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากวันเริ่มต้นทำการทดลอง ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลงอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะยงชิดมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าลดลงมากกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นจึงส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าสูงกว่าของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการเก็บเกี่ยว

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ระยะแก่ทางการค้าแล้ว เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 13 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ค่อนข้างคงที่ แต่ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีค่าเพิ่มขึ้น (ศศธร และนิธิยา, 2546) และยังสอดคล้องกับการศึกษาเกี่ยวกับผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก ซึ่งเก็บเกี่ยวผลที่มีระยะแตกต่างกัน ได้แก่ 98, 105, 112, 119, 126 และ 133 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์ แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่มีอายุ 98 และ 105 วันหลังดอกบาน มีค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่ำที่สุด (กานดา และคณะ, 2553)

ปริมาณวิตามินซี

เมื่อเก็บรักษาผลมะยงชิดไว้เป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส พบว่า มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง คือ 20.05 ± 0.99 และ 8.62 ± 0.00 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ และในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณวิตามินซีของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าลดลง ส่วนปริมาณวิตามินซีของผลมะยงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส มีค่าค่อนข้างคงที่ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 3 และภาพที่ 2F)

ภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณวิตามินซีของผลิตผลมักมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก ซึ่งผักบร็อกโคลีและช็อคดอกจะมีการสูญเสียวิตามินซีค่อนข้างสูง แต่ในผลไม้ไม่ค่อยมีการสูญเสียวิตามินซีมากนัก อาจจะเป็นเพราะในผลไม้มีกรดอินทรีย์อยู่มาก ซึ่งสามารถยับยั้งการสลายตัวของวิตามินซีได้ (จริงแท้, 2544) สำหรับการสูญเสียวิตามินซีในผลิตผลเกิดจากปัจจัยหลายประการ

คือ กิจกรรมของเอนไซม์ เช่น Ascorbic acid oxidase, Polyphenol oxidase และ Peroxidase และยังเกิดจากกระบวนการออกซิเดชันด้วย นอกจากนี้การสูญเสียวิตามินซียังเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและระยะเวลาของการเก็บรักษา ซึ่งการเก็บรักษาผลผลิตไว้ที่อุณหภูมิสูง มักจะมีการสูญเสียวิตามินซีมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ แต่บางกรณีการเก็บรักษาผลผลิตไว้ที่อุณหภูมิต่ำอาจจะเป็นสาเหตุให้ผลผลิตมีการสูญเสียวิตามินซีมากขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น การเก็บรักษามันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิต่ำทำให้มีการสูญเสียวิตามินซีมากกว่าที่อุณหภูมิสูง (จริงแท้, 2544) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการเก็บรักษาผลตะลิงปลิงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา (อดิศักดิ์, 2554) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของศศิเมษ และคณะ (2554) ที่รายงานว่า ผลต่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งไว้ที่อุณหภูมิ 10 $\pm$ 2 และ 16 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างช้า ๆ และมีรายงานว่า การเก็บรักษาผลส้มพันธุ์ Tarocco Meli, Valencia และ Moro ที่อุณหภูมิ 6 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 65 วัน ผลการทดลอง พบว่า ผลส้ม Tarocco Meli และ Moro มีปริมาณวิตามินซีลดลงเล็กน้อย (Rapisarda *et al.*, 2008)

สรุป

ผลมะขงชิดพันธุ์ทูลเกล้าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (5 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 86 $\pm$ 5 เปอร์เซ็นต์) มีอายุการเก็บรักษานานกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (32 $\pm$ 3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 86 $\pm$ 5 เปอร์เซ็นต์) ประมาณ 5 เท่า โดยผลมะขงชิดหมดอายุการเก็บรักษาเมื่อบริเวณหัวผลและผิวผลเหี่ยวและ/หรือเกิดการเข้าทำลายของโรค และผลมะขงชิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำเกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางกายภาพและเคมีน้อยกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หลักสูตรสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ และหน่วยจัดการงานวิจัย คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ (K-RMU) ที่สนับสนุนทุนเพื่อดำเนินการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กานดา หวังชัย วิลาวัลย์ คำปวน อังคนา เชื้อเจ็ดตน และ จ่านง อุทัยบุตร. 2553. ผลของระยะบริบูรณ์และอุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกหลังการเก็บเกี่ยว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(1) (พิเศษ): 231-234.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางขายของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 453 หน้า.
- दनัย บุญเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 222 หน้า.
- दनัย บุญเกียรติ และนิธิยา รัตนานนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 236 หน้า.
- เต็ม สมิตินันท์. 2523. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ชื่อพฤกษศาสตร์-ชื่อพื้นเมือง). กรมป่าไม้, กรุงเทพมหานคร. 379 หน้า.
- วรรณวรางค์ พัฒนะโพธิ์ ศศิธร การะบุญ วรินทร์ มณวรรณ และ นิธิยา รัตนานนท์. 2554. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลและกรดแอสคอบิกในมะม่วงน้ำดอกไม้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ. หน้า. 201. ใน: ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว.

- บทคัดย่อ การประชุมวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 9. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ.
- วิลาวัลย์ คำปวน และ จำนง อุทัยบุตร. 2554. การใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์พอลิเมอร์คอมโพสิตในการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(3) (พิเศษ): 613-616.
- ศศธร อินอ่อน และ นิธิยา รัตนานนท์. 2546. การตอบสนองของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 34(4-6) (พิเศษ): 33-36.
- ศศิเมษ ฟองสา ศุภศักดิ์ ลิ้มปิติ และ นิธิยา รัตนานนท์. 2554. ผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(1) (พิเศษ): 295-298.
- สมโภชน์ โกมลมณี และ จิรายุ พุทธทอง. 2554. ผลของความบริสุทธิ์และวัสดุบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาของผลมะยงชิด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(1) (พิเศษ): 619-622.
- สราวุธ ศรีวรรณ และ ดนัย บุญเกียรติ. 2556. ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลพลับพลึง 2 ในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ. วารสารเกษตร. 29(2): 169-176.
- สิริลดา สิทธิวิชาพร และ ศศิธร ตรงจิตภักดี. 2554. ผลของอายุการเก็บเกี่ยวและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะยงชิด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(1) (พิเศษ): 291-294.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดอุดรธานี. 2554. รายงานการปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้น จังหวัดอุดรธานี ปี 2551. สำนักงานเกษตร จังหวัดอุดรธานี, กรมส่งเสริมการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 3 หน้า.
- อดิศักดิ์ จูมวงษ์. 2554. ผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลหม่อนสายพันธุ์บุรีรัมย์ 60. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(1) (พิเศษ): 248-250.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC of International. 17th edition. Gaithersburg, Maryland, USA, Association of Analytical Communities. 2200 p.
- Gorris, L. G. M. and H. W. Peppelenbos. 1992. Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. HortTechnology 2(3): 303-309.
- Lederman, I. E., G. Zauberman, A. Weksler, I. Rot and Y. Fuchs. 1997. Ethylene-forming capacity during cold storage and chilling injury development in 'Keitt' mango fruit. Postharvest Biology and Technology 10: 107-112.
- Nerd, A. and Y. Mizrahi. 1999. The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya. Postharvest. Biol. Technol. 15: 99-105.
- Ranganna, S. 1986. Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products. Tats McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 634 p.
- Rapisarda, P., M. L. Bianco, P. Pannuzzo and N. Timpanaro. 2008. Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. Postharvest Biology and Technology 49: 348-354.