Agricultural Sci. J. 43: 3 (Suppl.): 288-291 (2012) ว. วิทย. กษ. 43: 3 (พิเศษ): 288-291 (2555)

การใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์พอลิเมอร์คอมพอสิตในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4

Use of Polymer Composite Packaging Film Maintains Quality and Extends the Storage Life of Mango Fruits cv. Nam Dork Mai 4

อภิตา บุญศิริ[1, 2] จิตติมา จิรโพธิธรรม[1] ยุพิน อ่อนศิริ[1] สมนึก ทองบ่อ[1] อนงค์นาฏ สมหวังธนโรจน์[3] และ พิษณุ บุญศิริ[4]

Apita Bunsiri[1, 2], Jittima Jirapothithum[1], Yupin Onsiri[1], Somnuk Thongbor[1], Anongnat Somwangtanaroj[3] and Phitsanu Bunsiri[4]

Abstract

The storage of Mangifera indica L. cv. Nam Dork Mai 4 without plastic bags and with LDPE, CF1, FF3 and FF5 at 12±1°C, 90±5% RH was studied. It was found that unriped mango fruits packed with plastic bags had storage life of 5 weeks while fruits without plastic bags had storage life only 4 weeks. Mango packed with LDPE, FF3 and CF1 tended to have lower fruit rots than fruits packed with FF5 and nonpacked fruits, respectively, while the ripening fruits in all treatments had storage life only 4 weeks. It was found that with longer storage life, mango fruits ripening development is increased. Non-packed mango fruits had higher a*-value of peel than those packed with plastic bags. Additionally, the concentration of C_2H_4 and CO_2 were increased continuously with the longer storage. It was found that the concentration of C_2H_4 of fruits packed with FF3 and FF5 was higher than those packed with LDPE and CF1. On the other hand, the concentration of CO_2 of fruits packed with LDPE and CF1 was higher than those packed with FF3 and FF5, respectively.

Keywords: polymer composite packaging film, quality, shelf life, mango

บทคัดย่อ

การเก็บรักษาผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่ไม่บรรจุและบรรจุถุงพลาสติก LDPE, CF1, FF3 และ FF5 ที่อุณหภูมิ 12±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผลมะม่วงก่อนบ่มสุกที่บรรจุถุงพลาสติกมีอายุการเก็บรักษานาน 5 สัปดาห์ ขณะที่ผลมะม่วงที่ไม่บรรจุถุงพลาสติกมีอายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ทั้งนี้มีแนวโน้มว่าผลมะม่วงในถุงพลาสติก LDPE, FF3 และ CF1 มีการเน่าเสียต่ำกว่าผลมะม่วงที่บรรจุถุงพลาสติก FF5 และไม่บรรจุถุงพลาสติก ตามลำดับ ขณะที่มะม่วงหลังบ่มสุกในทุก ทรีทเมนต์ มีอายุการเก็บรักษาเพียง 4 สัปดาห์ การทดลองพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นมะม่วงมีการสุกมากขึ้น โดยพบค่า a* ของเปลือกผลมะม่วงที่ไม่บรรจุถุงพลาสติกมีค่าสูงกว่าผลที่บรรจุถุงพลาสติก นอกจากนี้ความเข้มข้นของก๊าซเอทีลีนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยพบว่าความเข้มข้นของก๊าซเอทีลีนในถุงพลาสติกชนิด FF3 และ FF5 สูงกว่าถุงพลาสติกประเภท LDPE และ CF1 ขณะที่ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถุง LDPE และ CF1 สูงกว่า FF3 และ FF5 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ฟิล์มบรรจุภัณฑ์พอลิเมอร์คอมพอสิต คุณภาพ อายุการเก็บรักษา มะม่วง

[1] ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, จ.นครปฐม 73140

[1] Postharvest Technology Center, Research and Development Institute at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, จ.นครปฐม 73140

[2] Postharvest Technology Innovation Center at Kasetsart University, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

[3] ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์เคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ปทุมวัน, กรุงเทพฯ 10330

[3] Department of Chemistry Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok 10330

[4] ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง, สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, จ.นครปฐม 73140

[4] Central Laboratory and Greenhouse Complexes, Research and Development Institute at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

เนื่องจากประเทศไทยมีการส่งออกผักและผลไม้ไปยังตลาดต่างประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท จากรายงาน ของสำนักเศรษฐกิจการเกษตร (2555) พบว่า ในปี 2553 ถึงปี 2555 ปริมาณการส่งออกมะม่วงสดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 22,369.083 ตัน คิดเป็นมูลค่า 505 ล้านบาท ในปี 2553 (มกราคม-ธันวาคม 2553) เพิ่มขึ้นอย่างมากในปี 2555 เพียง 6 เดือน (มกราคม-มิถุนายน 2555) ปริมาณการส่งออกสูงถึง 55,792.836 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,544 ล้านบาท อย่างไรก็ตามการส่งออกยังคงประสบปัญหาความเสียหายต่างๆ ของผลิตผลเมื่อส่งไปถึงตลาดปลายทางแล้ว อันเนื่องมาจากสรีรวิทยาของผลิตผลเอง และจากการปฏิบัติงานต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดความบอบช้ำ และการเน่าเสียอันเกิดจากโรคที่มีเชื้อราชนิดต่างๆ เป็นสาเหตุ แนวทางหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาได้คือ การบรรจุผลิตผลในถุงพลาสติก ซึ่งเป็นการเก็บรักษาแบบดัดแปลงบรรยากาศ ก่อนบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก จะช่วยลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ชะลอการเสื่อมเสีย ทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Kader, 2002) จากการทดสอบฟิล์มบรรจุภัณฑ์คอมพอสิตที่พัฒนาขึ้นโดย ผศ.ดร.อนงค์นาฏ สมหวังธนโรจน์ จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บรรจุมะม่วง 1 ผล/ 1 ถุง สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงน้ำดอกไม้ได้นาน 5 สัปดาห์ แต่ยังไม่มีการทดสอบในระดับการค้าที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ส่งออกและผู้ประกอบการผักและผลไม้สด ทั้งนี้เนื่องจากการบรรจุผลิตผลสดในฟิล์มบรรจุภัณฑ์ในปริมาณที่มากขึ้น ย่อมทำให้คุณสมบัติต่างๆ ทั้งทางกายภาพ ทางกล และทางความร้อน รวมทั้งการยอมให้ก๊าซออกซิเจน (O_2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไอน้ำผ่านเข้าออกได้แตกต่างกันไปด้วยเช่นกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำฟิล์มบรรจุภัณฑ์คอมพอสิตของ ผศ.ดร.อนงค์นาฏ สมหวังธนโรจน์ มาขยายขนาดเพื่อบรรจุสำหรับรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับฟิล์มบรรจุภัณฑ์พอลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene, LDPE) และถุงพลาสติกที่ผลิตโดยบริษัท ทานตะวันอุตสาหกรรม จำกัด (มหาชน)

อุปกรณ์และวิธีการ

ขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากสวนเกษตรกรในเขตจังหวัดนครราชสีมา ด้วยรถห้องเย็นมายังศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ตัดขั้วผล สะเด็ดยาง ล้างทำความสะอาดในน้ำผสมโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 200 พีพีเอ็ม และควบคุมกำจัดโรคโดยใช้ความร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ก่อนจุ่มในน้ำยาฆ่าเชื้อราโปรคลอราซ 250 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 3 นาที ผึ่งให้หมาด นำมาบรรจุในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ ได้แก่ **LDPE CF1** (เป็นถุงพลาสติก LDPE ที่ผลิตโดย ผศ.ดร.อนงค์นาฏ สมหวังธนโรจน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) **FF3 และ FF5** (เป็นถุงพลาสติก LDPE ที่ผลิตโดยบริษัท ทานตะวันอุตสาหกรรม จำกัด (มหาชน)) เปรียบเทียบกับการไม่บรรจุถุงพลาสติก (ชุดควบคุม) ทำทั้งหมด 5 ทรีทเมนต์ๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 1 ถุงๆ ละ 5 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5% บันทึกผลทุกสัปดาห์เป็นเวลา 5 สัปดาห์ บันทึกความเข้มข้น CO_2, O_2 และเอทิลีน (C_2H_4) ภายในถุงพลาสติกด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ การเน่าเสียของผลมะม่วงก่อนและหลังบ่มสุก การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง Effegi ประเทศอิตาลี การเปลี่ยนแปลงสี ด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR400 ประเทศญี่ปุ่น อ่านค่าสีเป็น L*, a*, b*, C และ ^{o}H ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) ด้วยเครื่อง hand refractometer (Atago, Japan) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity, TA) อัตราส่วน TSS/TA อายุการเก็บรักษาโดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียหากสูงกว่า 30% ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา

ผล

1. ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และเอทิลีน ภายในถุงพลาสติก

ความเข้มข้นของ CO_2 มีค่าเพิ่มสูงขึ้นในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา และหลังจากสัปดาห์ที่ 2 จนกระทั่งถึงสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จากการวัดความเข้มข้นของ CO_2 พบว่า ถุงพลาสติกชนิด LDPE และ CF1 มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุด ประมาณ 15-20% มีค่าไม่แตกต่างกัน และสำหรับถุงพลาสติกชนิด FF3 และ FF5 ปริมาณ CO_2 ประมาณ 7-12% และไม่พบความแตกต่างกัน (Figure 1A)

ความเข้มข้นของ O_2 มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลา 5 สัปดาห์ของการเก็บรักษา โดยพบว่า ถุงพลาสติกชนิด FF5 มีค่าแตกต่างกับถุงพลาสติกชนิดอื่นๆ ในสัปดาห์ที่ 1 และหลังจากนั้นมีค่าไม่แตกต่างกับถุงพลาสติกชนิดอื่นๆ (Figure 1B)

ความเข้มข้นของ C_2H_4 มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยพบว่าในช่วงสัปดาห์ของการเก็บรักษาที่ 4 และ 5 ความเข้มข้นของ C_2H_4 ในถุงพลาสติกชนิด FF3 และ FF5 มีความเข้มข้นของ C_2H_4 ที่สูงกว่าถุงพลาสติกประเภท LDPE

และ CF1 นั้นแสดงให้เห็นว่าถุงพลาสติกชนิด LDPE และ CF1 มีความสามารถในการซึมผ่านของ C_2H_4 น้อยกว่าถุงพลาสติกชนิด FF3 และ FF5 แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างกันของถุงพลาสติกทุกชนิด (Figure 1C)

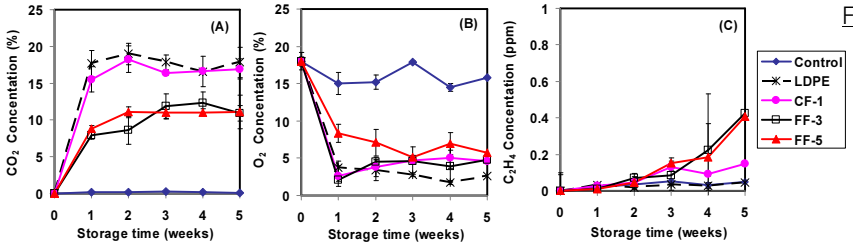

Figure1 CO_2(A), O_2 (B) and C_2H_4 (C) concentrations inside packaging of mango fruits packed without (control) and with LDPE, CF1, FF3 and FF5 plastic bags kept at 12±1°C, 90±5%RH for 5 weeks

2. การเน่าเสียของผลมะม่วงก่อนและหลังบ่ม การสูญเสียน้ำหนัก และความแน่นเนื้อของผลมะม่วง

ผลมะม่วงที่ไม่ได้บรรจุถุงพลาสติกมีการเน่าเสียเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์ สำหรับมะม่วงที่บรรจุถุงพลาสติกชนิดต่างๆ เริ่มมีการเน่าเสียในสัปดาห์ที่ 4 และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยพบการเน่าเสียของมะม่วงที่ไม่บรรจุถุงพลาสติกมากที่สุด และมะม่วงที่บรรจุถุงพลาสติก FF5 มีการเน่าเสียประมาณ 8% สำหรับถุงพลาสติก LDPE, CF1 และ FF3 มีการเน่าเสียประมาณ 3% (Figure 2A) สำหรับมะม่วงผลสุกมีการเน่าเสียเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์ และมะม่วงที่ไม่บรรจุและบรรจุถุงพลาสติกชนิด FF5 มีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียมากกว่ามะม่วงที่บรรจุถุงพลาสติก LDPE, CF1 และ FF3 ตามลำดับ (Figure 2B)

ผลมะม่วงมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์ มะม่วงที่ไม่บรรจุถุงพลาสติก มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดประมาณ 6% และมะม่วงที่บรรจุถุงพลาสติกแต่ละชนิดมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ถุงพลาสติกสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ถึง 5% (Figure 2C)

ความแน่นเนื้อของมะม่วงลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์ โดยลดลงอย่างมากในช่วง 3 สัปดาห์แรก และลดลงเล็กน้อยหลังจากนั้นจนกระทั่งถึงสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา (Figure 2D)

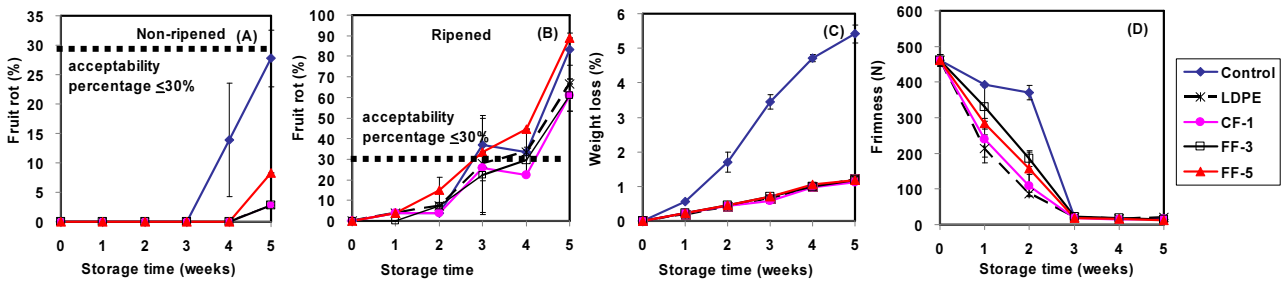

Figure2 Fruit rot of non-ripened (A) and ripened (B) mango fruits, weight loss (C) and firmness (D) of mango fruits packed without (control) and with LDPE, CF1, FF3 and FF5 plastic bags kept at 12±1°C, 90±5% RH for 5 weeks

3. การเปลี่ยนแปลงสี

การเปลี่ยนแปลงสีทั้งค่า L*, b*, C และ °H ของผลมะม่วงที่ไม่บรรจุและบรรจุถุงพลาสติกไม่แตกต่างกัน (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ยกเว้นค่า a* ของมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษามะม่วงเป็นเวลานานขึ้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากเขียวไปเป็นเหลืองมากขึ้น (Figure 3)

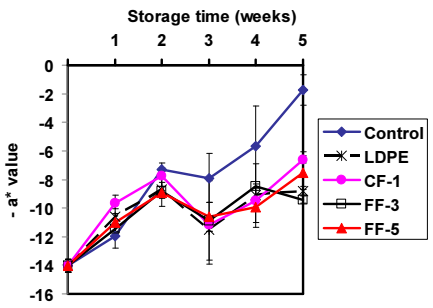

Figure3 a* value of mango fruits packed without (control) and with LDPE, CF1, FF3 and FF5 plastic bags kept at 12±1°C, 90±5%RH for 5 weeks

4. TSS, TA และ TSS/TA

TSS และ TSS/TA ของมะม่วงทั้งที่ไม่บรรจุและบรรจุถุงพลาสติก มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในทางตรงข้าม TA ในทุกทรีทเมนต์มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น อย่างไรก็ตามการทดลองไม่พบความแตกต่างของปริมาณ TSS, TA และ TSS/TA ในทุกทรีทเมนต์ (ไม่แสดงข้อมูล)

5. อายุการเก็บรักษา

ผลมะม่วงบรรจุถุงพลาสติก LDPE, CF1 และ FF3 ก่อนการบ่มสุกมีอายุการเก็บรักษานาน 5 สัปดาห์ (Figure 2A) หลังจากบ่มสุกแล้วมีอายุการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ (Figure 2B) ขณะที่ผลมะม่วงที่ไม่บรรจุและบรรจุถุงพลาสติก FF5 มีอายุการเก็บรักษานาน 3 สัปดาห์ (Figure 2A) หลังจากบ่มสุกแล้วมีอายุการเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์ (Figure 2B)

วิจารณ์ผล

จากการทดสอบการใช้ถุงพลาสติก LDPE, CF1 และ FF3 บรรจุผลมะม่วงมีอายุการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ ขณะที่ผลมะม่วงที่ไม่บรรจุและบรรจุพลาสติก FF5 มีอายุการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ เนื่องจากพบการเน่าเสียของผลมะม่วงหลังจากบ่มสุกมากกว่า 30% เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นมะม่วงในทุกทรีทเมนต์มีการสุกเพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของค่า a* ของเปลือกผลมะม่วง ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากเขียวเป็นเหลืองเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสลายของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสารสีที่มีอยู่ในเซลล์ โดยสารสีนั้นจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาหลังการเก็บเกี่ยว การสลายของสีเขียวของคลอโรฟิลล์ทำให้สีเหลืองปรากฏขึ้นอย่างชัดเจน (จริงแท้, 2546) นอกจากนี้การผลิต C_2H_4 ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เร่งการสุกของผลมะม่วงในทุกทรีทเมนต์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการหายใจของผลมะม่วงเพิ่มขึ้น (ปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มขึ้น และปริมาณ O_2 ลดต่ำลง) มะม่วงมีความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่ง 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นจึงลดลงอย่างช้าๆ เนื่องจากการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยผลมะม่วงที่ไม่บรรจุถุงพลาสติกมีการสูญเสียน้ำหนักผลมะม่วงบรรจุถุงพลาสติก เนื่องจากมะม่วงที่บรรจุถุงพลาสติกอยู่ในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่ามะม่วงที่ไม่บรรจุถุงพลาสติกจึงมีการสูญเสียน้ำน้อยกว่า แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้น น้ำมีการระเหยออกภายนอกถุงพลาสติกมากขึ้น ทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่างกันทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงที่ไม่บรรจุถุงพลาสติกและบรรจุถุงพลาสติกมีค่าที่แตกต่างกัน (Simmonds, 1996) นอกจากนี้ยังเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของแป้งไปเป็นน้ำตาลจากโมเลกุลที่ไม่ละลายน้ำเป็นโมเลกุลที่ละลายน้ำ (จริงแท้, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของ TSS และ TSS/TA ตลอดจนการลดลงของ TA ทำให้รสชาติหวานขึ้น และความเปรี้ยวลดลง

สรุป

ผลมะม่วงบรรจุถุงพลาสติก LDPE, FF3 และ CF1 มีอายุการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ โดยพบการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ และการเน่าเสียต่ำกว่ามะม่วงที่บรรจุถุงพลาสติก FF5 และไม่บรรจุถุงพลาสติก และเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นมะม่วงมีการสุกมากขึ้น โดยค่า a ของเปลือกผลมะม่วงที่ไม่บรรจุถุงพลาสติกมีค่าสูงกว่าผลที่บรรจุถุงพลาสติก และการเพิ่มขึ้นของ TSS และ TSS/TA ตลอดจนการลดลงของ TA นอกจากนี้ความเข้มข้นของ C_2H_4 และ CO_2 เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยพบว่าความเข้มข้นของ C_2H_4 ในถุงพลาสติกชนิด FF3 และ FF5 สูงกว่าถุงพลาสติกประเภท LDPE และ CF1 ขณะที่ความเข้มข้นของ CO_2 ภายในถุง LDPE และ CF1 สูงกว่า FF3 และ FF5 ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และบริษัท ทานตะวันอุตสาหกรรม จำกัด (มหาชน) ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. สรีรวิทยา และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. ปริมาณและมูลค่าสินค้าเกษตรกรรมส่งออก พ.ศ. 2553-2555. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: www.oae.go.th/statistic/export/QVExp.xls. (วันที่18 สิงหาคม 2555)

Kader, A.A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops, Third Edition. The Regents of University of Carifornia Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3311. 535p.

Simmonds, N.W. 1996. Banana. Longman Group Limited, London. 512p.