Agricultural Sci. J. 52 : 2 (Suppl.) : 85-88 (2021) ว. วิทย. กษ. 52 : 2 (พิเศษ) : 85-88 (2564)

ผลของกล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศโดยใช้หน้าต่างซิลิโคนเมมเบรนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเงาะโรงเรียน

Effect of Modified Atmosphere Package using Silicone Membrane Window on Quality and Shelf-life of 'Reong Rean' Rambutan

เรวัติ ชัยราช[1, 2] **และวีรเวทย์ อุทโธ**[2, 3]
Raywat Chairat[1, 2] and Weerawate Utto[2, 3]

Abstract

Rambutan fruit peel consists of special long-hair structure called "spintern". Both peel and spinterns have numerous stomata where high rates of water loss occurs, leading to high rate of water loss from the fruit leading to high deterioration rate of the fruit quality after harvest. The objective of this research was to develop a retail-size modified atmosphere package to maintain quality and reduce loss of 'Reong Rean' rambutan fruit by using polyethylene terephthalate (PET) box. The top lid fitted with a rectangular silicone membrane window (MA_Si-mb box) of 3 different sizes (1x1, 1.5x1.5 and 2x2 cm^2) for gas exchange regulation were used and compared with the control (no package applied). The experiment was conducted at 1 5 ±3 °C, RH 90±3% . Results showed that rambutan fruit kept in MA_Si-mb box showed significantly ($p \leq 0.05$) lower weight loss, had higher fruit firmness and contained greater anthocyanin contents than the control. Total soluble solids content of the control fruit was higher than the fruit kept in MA_Si-mb box, whereas titratable acidity was not significantly different among treatments. Rambutan fruit stored in all 3 membrane window sizes of MA_Si-mb box had higher freshness score, but lower blackening spintern score compared with the control. For instance, the packed fruit could be kept for at least 15 days, while the fruit from control treatment last for only 9 days. These results indicated that MA_Si-mb box could better preserve the rambutan fruit quality and greater extend the shelf-life than the control.

Keywords: rambutan, quality, modified atmosphere package

บทคัดย่อ

เปลือกผลเงาะมีโครงสร้างพิเศษที่ประกอบด้วยขนที่ยาวและมีปากใบจำนวนมากทั้งที่ขนและผิวผล จึงทำให้ผลเงาะมีอัตราการคายน้ำสูงส่งผลให้ผลเงาะมีการสูญเสียคุณภาพอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศขนาดขายปลีกที่ใช้หน้าต่างซิลิโคนเมมเบรน (MA_Si-mb box) เพื่อรักษาคุณภาพและลดการสูญเสียของผลเงาะโรงเรียน โดยใช้กล่องบรรจุทำจากพลาสติกชนิด polyethylene terephthalate (PET) ด้านบนเจาะเป็นช่องสี่เหลี่ยมติดด้วยแผ่นซิลิโคนเมมเบรน (Si-mb) 3 ขนาด คือ 1x1 1.5x1.5 และ 2x2 ตร.ซม. เพื่อควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซระหว่างภายในและภายนอกกล่อง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่บรรจุกล่อง) ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 15±3 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 90±3% ผลการทดลอง พบว่า เงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างมีการสูญเสียน้ำหนักที่ต่ำกว่า มีความแน่นเนื้อสูงกว่า และมีปริมาณแอนโธไซยานินที่เปลือกผลสูงกว่าเงาะในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเงาะในชุดควบคุมมีปริมาณสูงกว่าเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ส่วนปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลอง เงาะที่เก็บรักษาในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างมีค่าคะแนนความสดที่สูงกว่า และค่าคะแนนขนดำที่ต่ำกว่าชุดควบคุม และสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 15 วัน ขณะที่เงาะในชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเพียง 9 วัน ผลการทดลองนี้แสดงว่ากล่องบรรจุ MA_Si-mb สามารถรักษาคุณภาพผลและยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

คำสำคัญ : เงาะ คุณภาพ กล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ

---

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warinchamrap, Ubon Ratchathani 34190, Thailand
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม กทม 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand
[3] สาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
[3] Department of Food Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warinchamrap, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

คำนำ

เงาะ (*Nephelium lappaceum* Linn.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่มีศักยภาพในการส่งออกสูง แต่เงาะยังมีปัญหาสำคัญ คือ การมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากผลเงาะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวค่อนข้างรวดเร็ว จากโครงสร้างของเปลือกผลด้านนอกปกคลุมด้วยขนที่ยาว เรียกว่า “spintern” ซึ่งมีปากใบอยู่เป็นจำนวนมากและสูงกว่าส่วนเปลือกผลถึง 5 เท่า จึงทำให้ผลเงาะเกิดการคายน้ำในอัตราที่สูง (Landrigan *et al*., 1994) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีขนและเปลือกผลเป็นสีน้ำตาลที่เร็วและเกิดอาการดำที่ขนในส่วนของปลายขนลงไปถึงโคนและเปลือกในที่สุด อาการขนดำเกิดขึ้นภายในระยะเวลาไม่กี่วันที่อุณหภูมิห้องและมีผลต่อการตัดสินใจในการซื้อเงาะไปบริโภคของผู้บริโภค ดังนั้น การหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อรักษาสภาพความสดภายนอกโดยเฉพาะการลดการเกิดขนดำในเงาะจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

กล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศร่วมกับหน้าต่างซิลิโคนเมมเบรน ใช้หลักการของการดัดแปลงบรรยากาศที่กำหนดให้ก๊าซผ่านเข้าออกรูพรุนของแผ่นเมมเบรนที่เคลือบด้วยซิลิโคน ซึ่งมีคุณสมบัติในการควบคุมการแพร่ผ่านเข้าออกของก๊าซในอัตราค่อนข้างคงที่ โดยพบว่าอัตราการแพร่ของก๊าซผ่านซิลิโคนเมมเบรนขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของและขนาดรูของแผ่นเมมเบรน โดยจากการทดลองในกล้วยหอมทองพันธุ์ Cavendish พบว่าการใช้กล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศร่วมกับหน้าต่างซิลิโคนเมมเบรนสามารถรักษาคุณภาพของกล้วยพันธุ์ดังกล่าวได้ดีกว่าชุดควบคุมและสามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองได้ (Stewart *et al*., 2005; Chauhan *et al*., 2006) ขณะที่ เรวัติ (2553) ได้พัฒนากล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศต้นแบบที่ติดด้วยแผ่นซิลิโคนเมมเบรนในการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้และเงาะโรงเรียน พบว่า กล่องที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้และเงาะโรงเรียนได้ดี ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของกล่องบรรจุโดยใช้หน้าต่างซิลิโคนเมมเบรนในการควบคุมบรรยากาศขนาดขายปลีกเงาะโรงเรียน ที่มีต่อคุณภาพผลภายในและภายนอก และอายุการเก็บรักษาของผลเงาะโรงเรียนที่อุณหภูมิ 15 °C

อุปกรณ์และวิธีการ

กล่องดัดแปลงบรรยากาศพัฒนาจากกล่องพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ด้านบนฝาปิดเจาะช่องสี่เหลี่ยมสำหรับวางแผ่นซิลิโคนเมมเบรนที่ผลิตตามวิธีการของเรวัติ (2553) ส่วนเงาะโรงเรียนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เก็บเกี่ยวมาจากสวนเกษตรกรในเขตอำเภอขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ และขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และใช้ในการทดลองในวันเดียวกัน โดยทำการคัดเลือกผลเงาะที่มีขนาดและสีผิวที่ใกล้เคียงกัน ปราศจากตำหนิ และการปนเปื้อนของโรคหรืออาการผิดปกติอื่นใด ก่อนนำมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (200 ppm) นาน 3-5 นาทีเพื่อล้างฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวผล ผึ่งให้แห้ง แล้วทำการบรรจุลงในกล่องบรรจุที่ติดด้วยแผ่นซิลิโคนเมมเบรน 3 ขนาด คือ 1x1 1.5x1.5 และ 2x2 cm^2 ขนาดบรรจุ 200-300 กรัมต่อกล่อง (1 กล่องคือ 1 ซ้ำ) ทำการปิดกล่องด้วยเทปอลูมิเนียมให้สนิทเพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซผ่านแผ่นเมมเบรนเท่านั้น โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมไม่มีการบรรจุกล่อง (Negative Control) แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่ 15°C ทำการบันทึกผลค่าเริ่มต้น (Initial) และทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 18 วัน โดยบันทึกค่า การสูญเสียน้ำหนัก (%) ความแน่นเนื้อด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Effegi, Japan) ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (%) ด้วยวิธีการไตเตรทและใช้ค่าสมมูลของกรด Citric acid (0.064) ในการคำนวณ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%) ด้วยเครื่อง Hand-held refractometer (Atago, Japan) ปริมาณแอนโธไซยานิน (anthocyanin) ของเปลือกผลเงาะ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Shimadzu, Japan) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Zheng and Tian (2006) ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 530 620 และ 650 nm ตามลำดับ และคำนวณหาปริมาณสารแอนโธไซยานิน ตามสูตร $\Delta A\ g^{-1}\ FW = (A530 - A620) - 0.1\ (A650 - A620)$ การประเมินค่าคะแนนความสดของผล 5 ระดับ (5 = สูงที่สุด และ 1 = ต่ำที่สุด) และค่าคะแนนการเกิดขนดำ 5 ระดับ (1 = น้อยที่สุด และ 5 = มากที่สุด) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองพบว่าเงาะในชุดควบคุม (Control) มีการสูญเสียน้ำหนักที่สูงกว่าเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศด้วยหน้าต่างซิลิโคน (MA_Si-mb) ทุกขนาดหน้าต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา (Figure 1a) โดยเงาะในชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าประมาณ 10 เท่า ขณะที่เงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำ (น้อยกว่า 3%) ตลอดอายุการเก็บรักษา และสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 15 วัน ขณะที่เงาะในชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเพียง 9 วัน ที่อุณหภูมิ 15±3 °C เงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุแบบ MA_Si-mb ขนาดหน้าต่าง 2x2 cm^2 มีความแน่นเนื้อสูงกว่าเงาะในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในวันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษา แต่ไม่แตกต่างกับเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุแบบ MA_Si-mb อีกทั้งสองขนาด (Figure 1b) ขณะที่

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเงาะในทุกสิ่งทดลองลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา โดยเงาะในชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงกว่าเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ขนาดหน้าต่าง 2x2 cm^2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และสูงกว่าเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ขนาดหน้าต่าง 1x1 cm^2 ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา (Figure 1c) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของเงาะในทุกสิ่งทดลองเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษาและไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ยกเว้นในวันที่ 18 ของการเก็บรักษาปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุแบบ MA_Si-mb ขนาดหน้าต่าง 1.1x1.1 cm^2 สูงกว่าเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุแบบ MA_Si-mb ขนาดหน้าต่าง 1.5x1.5 และ 2x2 cm cm^2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Figure 1d)

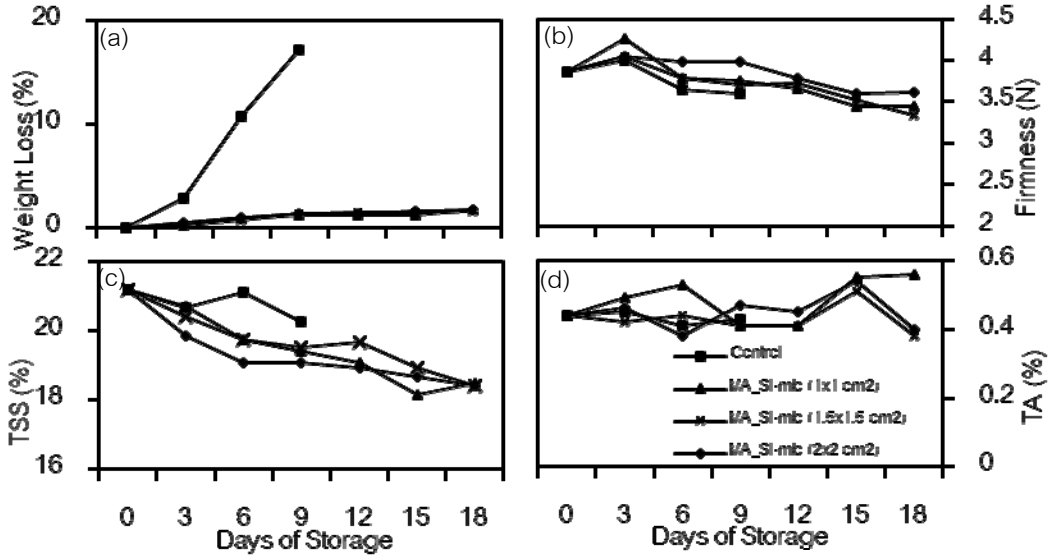

Figure 1 Weight loss (a), firmness (b), total soluble solids (c), and titratable acidity (d) of 'Reong Rean' rambutan fruit after storing in modified atmosphere chambers with different silicone membrane window size (MA_Si-mb) for 15 days at 15°C

ปริมาณแอนโธไซยานินในเปลือกเงาะลดลงจากค่าเริ่มต้นในทุกสิ่งทดลองตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา เงาะในชุดควบคุมและเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่าง มีปริมาณแอนโธไซยานินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในวันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา เงาะในชุดควบคุมมีปริมาณแอนโธไซยานินต่ำที่สุด (Table 1) ส่วนค่าคะแนนความสดของเงาะในชุดควบคุมลดลงอย่างรวดเร็วจากค่าเริ่มต้น ในขณะที่เงาะที่เก็บในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างมีค่าคะแนนความสดสูงกว่าเงาะในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในช่วงระยะเวลา 6-9 วันของการเก็บรักษา (Figure 2a) ขณะที่ค่าคะแนนการเกิดขนดำของเงาะในชุดควบคุมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากค่าเริ่มต้นและมีค่าสูงกว่าเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Figure 2b) เงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างมีค่าคะแนนความสดและค่าคะแนนขนไม่แตกต่างกันจนวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

Table 1 Changes of anthocyanin content of 'Reong Rean' rambutan fruit peel after storing in modified atmosphere chambers with different silicone membrane window size (MA_Si-mb) for 15 days at 15°C

Treatment	Initial	Anthocyanin Contents (ΔA g^{-1} FW)[1]					
		Day 3	Day 6	Day 9	Day 12	Day 15	Day 18
Control	0.42	0.48	0.31ab	0.22b	-	-	-
MA_Si-mb (1x1 cm^2)	0.42	0.53	0.33a	0.37a	0.34	0.32	0.25
MA_Si-mb (1.5x1.5 cm^2)	0.42	0.42	0.29ab	0.38a	0.28	0.33	0.31
MA_Si-mb (2x2 cm^2)	0.42	0.37	0.21b	0.28a	0.26	0.31	0.32
F-test	-	ns	*	*	ns	ns	ns
CV (%)	-	25.83	20.57	28.14	15.82	37.69	18.54

*, ns Significant or non-significant at 95% level1

Means within the same column with different letters are significantly different at 95% level

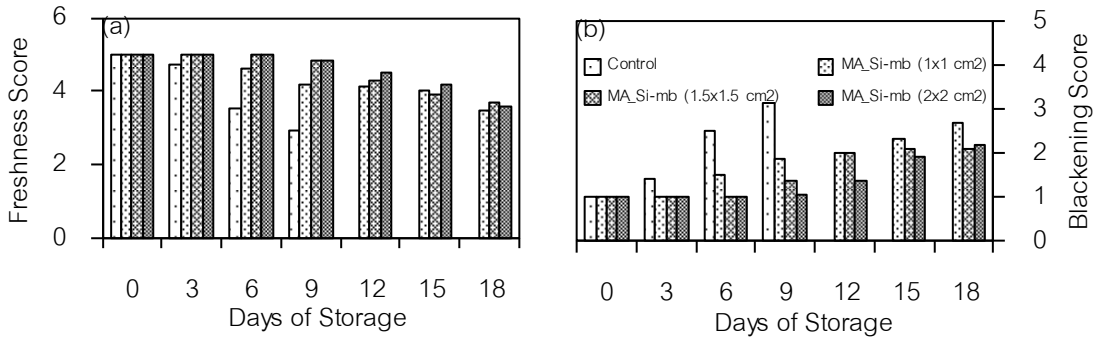

Figure 2 Freshness score (a) and spintern blackening score (b) of 'Reong Rean' rambutan fruit after storing in modified atmosphere chambers with different silicone membrane window size (MA_Si-mb) for 15 days at 15°C

กล่องบรรจุแบบ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างสามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะได้ดีกว่าชุดควบคุม เนื่องมาจากกล่องดังกล่าวสามารถรักษาระดับความชื้นภายในให้อยู่ในระดับที่สูงเนื่องจากปิดสนิท ทำให้ผลเงาะมีการคายน้ำน้อยกว่าผลที่ไม่ได้บรรจุลงในกล่อง จึงช่วยลดการเกิดขนดำและรักษาสภาพความสดได้ดี ซึ่งจากการศึกษาของ Landrigan *et al*. (1994) พบว่าอัตราการคายน้ำผ่านปากใบที่ขนและเปลือกผลมีความสัมพันธ์กับการปลี่ยนแปลงของสีขนและเปลือกผลเงาะ นอกจากนี้ การเกิดขนดำที่สูงของเงาะในชุดควบคุมน่าจะสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณแอนโธไซยานินของเปลือกที่สูงกว่า ดั่งรายงานการเกิดผลสีน้ำตาลของผิวผลลิ้นจี่ที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโธไซยานินที่ผิวผล (Zheng and Tian, 2006) ดังนั้น ประเด็นดังกล่าวควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโธไซยานินกับการเกิดขนดำในเงาะ อย่างไรก็ตาม ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (18 วัน) พบว่ามีการเข้าทำลายของเชื้อโรคในผลเงาะบางส่วน ดังนั้น จึงควรมีการทดสอบกล่องบรรจุดังกล่าวร่วมกับวิธีการควบคุมโรคที่เหมาะสมหรือการใช้ร่วมกับซองควบคุมที่สามารถควบคุมโรคได้ น่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะโรงเรียนได้นานขึ้นกว่าเดิม

สรุป

เงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างสามารถคงคุณภาพด้านต่างๆ ได้ดีกว่าเงาะในชุดควบคุม โดยมีการสูญเสียน้ำหนักที่ต่ำกว่า มีค่าความแน่นเนื้อที่สูง มีค่าคะแนนความสดที่สูง ขณะที่ค่าคะแนนขนดำที่ต่ำกว่า และมีปริมาณแอนโธไซยานินที่เปลือกผลสูงกว่าเงาะในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเงาะที่บรรจุในกล่องบรรจุ MA_Si-mb ทุกขนาดหน้าต่างมีสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 15 วัน ขณะที่เงาะในชุดควบคุมเก็บรักษาได้เพียง 9 วัน ที่อุณหภูมิ 15±3 °C

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2561 จากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณคณะเกษตรศาสตร์ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

เรวัติ ชัยราช. 2553. การพัฒนาและประยุกต์ใช้กล่องบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศโดยใช้หน้าต่างซิลิโคนเมม
เบรนในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ไทย. รายงานการวิจัยปีงบประมาณ 2552 ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 41 หน้า.

Chauhan, O.P., P.S. Raju, D.K. Dasgupta and A.S. Bawa. 2006. Passive modified atmosphere packaging of banana (Cv. Cavendish) using silicone membrane. Am. J. Food Technol. 1 (2): 129-138.

Landrigan, M., V. Sarafis, S.C. Morris and W.B. McGlasson. 1994. Structural aspects of rambutan fruits and their relation to postharvest browning. J. Hort. Sci. 69:571–579.

Stewart, O.J., G.S.V. Raghavan, D.G. Kerith and Y. Gariepy. 2005. MA storage of Cavendish bananas using silicone membrane and diffusion channel systems. Postharvest Biol. Technol. 35, 309 – 317.

Zheng, X. and S. Tian. 2006. Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit. Food Chem. 96: 519-523.