

## การเก็บรักษาเงาะผลสดในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อการส่งออก

### Modified Atmosphere Packaging for Rambutan Exporting

วรภัทร ลัคนทินวงศ์

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121

#### บทคัดย่อ

ศึกษาสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสมของเงาะพันธุ์โรงเรียน โดยนำเงาะผลสดบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Linear low density polyethylene (LLDPE) ความหนา 70 ไมครอน มีอัตราการซึมผ่านออกซิเจน (OTR) 2600 cc/m<sup>2</sup>.day และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) 4.56 g/m<sup>2</sup>.day ขนาดบรรจุ 500 และ 1000 กรัม ทำการเติมก๊าซผสมระหว่าง O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> ความเข้มข้นร้อยละ 5:5, 5:10, 5:15 และไม่เติมก๊าซผสม ทำให้เกิดสภาพดัดแปลงแบบ passive modification คลุมด้วยถุงดำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า สภาพที่เหมาะสมคือ สภาพที่เติมก๊าซผสมระหว่าง O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> ความเข้มข้นร้อยละ 5:5 โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 23 วัน โดยยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับทางการค้า จากนั้นนำสภาพดังกล่าวมาปรับใช้กับถุงพลาสติกชนิดต่างๆโดยบรรจุเงาะผลสดขนาดบรรจุ 500 และ 1,000 กรัม ลงในถุงพลาสติกถุงดำ black low density polyethylene (Black LDPE), poly propylene (PP), height density polyethylene (HDPE), linear low density polyethylene (L-LDPE) มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจน (OTR) เท่ากับ 6,602, 5,636, 5,688 และ 2,600 cc/m<sup>2</sup>.day ตามลำดับ และมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) เท่ากับ 5.28, 7.30, 6.70 และ 4.56 g/m<sup>2</sup>.day ตามลำดับ ทำการเติมก๊าซผสมระหว่าง O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> ความเข้มข้นร้อยละ 5:5 คลุมด้วยถุงดำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า เงาะผลสดที่บรรจุในถุงพลาสติก HDPE มีคุณภาพดีที่สุดสามารถเก็บได้นาน 26 วัน โดยยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับทางการค้า

#### Abstract

Fresh Rambutans (*Nephelium lappaceum* L.) about 500 and 1,000 g. were packed in Linear low density polyethylene (L-LDPE) that was 70 um thickness of which O<sub>2</sub> transmission rate (OTR) and water vapor transmission rate were 2600 cc/m<sup>2</sup>.day and 4.56 g/m<sup>2</sup>.day , respectively. Atmosphere in each packages was modified by passive modification which was flushed with mixed gases that was O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> in concentrations of 5:5, 5:10, 5:15 and non-flushing, respectively. All of them were stored at 10 degree Celsius. It was found that the appropriate passive modification condition in packages was flushed with mixed gases of O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> in concentration of 5:5. Which fresh Rambutans quality was acceptable for commercial. Then the proper condition was applied to other plastic packages by packing fresh Rambutans about 500 and 1000 g in black low density polyethylene (Black LDPE), poly propylene (PP), height density polyethylene (HDPE) and linear low density polyethylene (L-LDPE) , respectively , of which oxygen transmission rates (OTR) and water vapor transmission rate (WVTR) were 6,602, 5,636, 5,688 and 2,600 cc/m<sup>2</sup>.day and 5.28, 7.30, 6.70 and 4.56 g/m<sup>2</sup>.day, respectively. All of them were stored at 10 degree Celsius. It was found that the proper plastic package HDPE was best for keeping fresh fruits quality

## 1. บทนำ

เงาะมีชื่อสามัญว่า Rambutans (*Nephelium lappaceum* L.) เป็นผลไม้เขตร้อน ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เงาะผลสดสามารถส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ ได้แก่ ยุโรป ไต้หวัน สิงคโปร์ บรูไน และยุโรป เป็นต้น เงาะเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric (Lam และคณะ, 1987) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงภายในผลระหว่างการเก็บรักษาไม่มากนัก มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solids) ร้อยละ 22 และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity) ร้อยละ 0.16 (Wanichkul และ Kosiyachinda, 1982) ซึ่งเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเช่นเดียวกับ lemon ที่มีปริมาณ soluble solids และ titratable acidity ลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาไว้ (Biale และ Young, 1962)

ในการส่งออกจำหน่ายทั้งในประเทศหรือตลาดต่างประเทศ เงาะมักถูกบรรจุให้อยู่ในภาชนะที่ไม่เหมาะสม มักอยู่ในกล่องกระดาษหรือลังพลาสติกที่มีรูระบายอากาศ รอบทิศทาง ทั้งยังเก็บรักษาเงาะให้อยู่ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เงาะเสื่อมคุณภาพการบริโภคอย่างรวดเร็ว ผลเงาะสดหลังการเก็บเกี่ยวที่อุณหภูมิห้องมักเสียหายง่าย และอายุการซื้อขายไม่เกิน 3-4 วัน (สุรพงษ์, 2527) การขนส่งผลเงาะสดไปจำหน่ายยังตลาดที่ห่างไกลและใช้เวลาขนส่งนาน เช่น ตลาดต่างประเทศ การวิจัยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลเงาะหลังการเก็บเกี่ยว จึงมีความจำเป็นในการทำให้สภาพผลเงาะยังคงความสดและมีคุณภาพที่ดี ปัจจุบันเทคโนโลยีการบรรจุหีบห่อ โดยเฉพาะการบรรจุหีบห่อแบบการดัดแปลงบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging) ภายหลังการบรรจุมีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในให้เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์นั้นๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์ชนิดต้องการสภาพบรรยากาศที่แตกต่างกันออกไป ข้อมูลผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มักเป็นผลิตภัณฑ์สดจากต่างประเทศที่มีลักษณะต่างจากผลิตภัณฑ์สดของประเทศไทย การศึกษาในแขนงดังกล่าวในประเทศไทยยังมีน้อยไม่สามารถนำไปใช้ได้ทันทีกับผลิตภัณฑ์ที่เราสามารถผลิตได้ Mendoza และคณะ (1972) รายงานว่า

เงาะพันธุ์ Maharlika ในถุงพลาสติกที่ปิดผนึกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 วัน ส่วน Lee และ Leong (1982) ใช้เงาะพันธุ์ Jitlee เก็บรักษาในถุงพลาสติกหนา 0.056 มม. ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสสี่สัปดาห์เลือกเงาะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเล็กน้อยเท่านั้นในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ ยศวัตติ (2527) คือ สามารถเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนและพันธุ์สีชมพูที่บรรจุในถุงพลาสติกหีบปากถุง อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ได้นาน 9 วัน สูญเสียน้ำหนักไปร้อยละ 1.38

ส่วน Paull และ Chen (1987) พบว่าผลเงาะที่บรรจุในถุงกระดาษสีน้ำตาลเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเปลือกเริ่มคล้ำและดำในวันที่ 8 แต่สภาพภายในยังคงเป็นที่ยอมรับถึงวันที่ 20 ของการเก็บรักษา Somboonkaew (2001) พบว่าผลเงาะที่บรรจุในถุง low-density polyethylene (LDPE) และได้รับ CO<sub>2</sub>: O<sub>2</sub> เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 เก็บรักษาในที่ที่บดแสงอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 22 วัน ญฐิยา (2532) พบว่า เก็บรักษาผลเงาะที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเก็บได้นานถึง 24 วัน ในการทดลองเก็บรักษาเนื้อทุเรียนหมอนทองสุกในถาดโฟมโดยใช้ฟิล์มพลาสติกยืด linear low density polyethylene (LLDPE) หุ้มและเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้และยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ปวีณา, 2535)

ดังนั้นหากเราสามารถนำเอาหลักการดังกล่าวมาประยุกต์และปรับปรุงให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะผลเงาะสดที่มีศักยภาพในการส่งออกต่างประเทศได้จักเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและผู้ประกอบการส่งออกของไทย ให้สามารถรักษาตลาดภายนอกประเทศไว้ได้โดยทำการส่งออกทางเรือเดินสมุทร จักเป็นการลดต้นทุนการขนส่งทางอากาศที่มีค่าระวางค่อนข้างสูง ทั้งยังสามารถรักษาคุณภาพของเงาะผลสดให้มีคุณภาพดี ส่งผลต่อเศรษฐกิจและนำเงินตราเข้าประเทศ ทั้งยังลดค่าใช้จ่ายในการซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศอีกด้วย

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

### การทดลองที่ 1 ศึกษาสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาเงาะผลสด

ทำการเก็บผลเงาะสดจากแปลงเกษตรกร ล้างทำความสะอาด เป่าลมให้แห้ง ซึ่งน้ำหนัก 500 และ 1,000 กรัม นำมาบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด linear low density polyethylene (L-LDPE) มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจน (oxygen transmission rate :OTR) เท่ากับ 2,600 cc/m<sup>2</sup>.day และมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate: WVTR) เท่ากับ 4.56 g/m<sup>2</sup>.day ตามลำดับ จากนั้นทำการเติมอากาศที่ผสมลงในถุงพลาสติกชนิด LLDPE นำถุงเงาะทั้งหมดมาใส่ถุงพลาสติกสีดำ (Black Low density polyethylene (LDPE)) แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 10±1 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design: CRD) ทำการจัดสิ่งทดลอง (Treatment) แบบ Factorial มีปัจจัยดังต่อไปนี้

ปัจจัย A น้ำหนักบรรจุมี 2 ระดับ คือ 500 และ 1000 กรัม

ปัจจัย B สภาพบรรยากาศมี 4 ระดับ ทำการเติมก๊าซผสมระหว่าง O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> ความเข้มข้นร้อยละ 5:5, 5:10, 5:15 และไม่เติมก๊าซผสม

ทำการบันทึกผลการทดลองดังนี้ อัตราการหายใจ โดยการวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนภายในภาชนะด้วยเครื่อง Gas chromatography (GC) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC 14 A โดยใช้คอลัมน์ WG 100 และวิเคราะห์ปริมาณก๊าซด้วย Thermal conductivity detector (TCD) ที่อุณหภูมิ 95 และ 110 องศาเซลเซียสตามลำดับ ใช้แก๊สฮีเลียมเป็น mobile phase ที่ความเร็ว 70 มิลลิลิตรต่อนาที วิเคราะห์อัตราหายใจตามวิธีการของ Thomson (1996) วัดสีผิวผลด้วยเครื่องวัดสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR 300 ในหน่วยของ CIE L, a, และ b วัดปริมาณน้ำตาล total sugar ตามวิธีการของ ตามวิธีการของ Dubois และคณะ (1956) reducing sugar ตามวิธีการของ Khallafalla และ Palskill (1990) โดยเตรียมค่ามาตรฐานตามวิธีการของ Hodge และ Hofreiter (1962) และทำการวิเคราะห์ unknown ด้วยวิธี least square ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

(soluble solid: SS) ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (titratable acidity: TA) ปริมาณกรดมาลิก (malic acid) ความแน่นเนื้อ (firmness) อัตราการสูญเสียน้ำหนัก อายุการเก็บรักษา และลักษณะการเสื่อมคุณภาพ

### การทดลองที่ 2 พัฒนาภาชนะบรรจุที่เหมาะสม

เมื่อได้ข้อมูลการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา จากนั้นทำการออกแบบภาชนะและเลือกใช้วัสดุที่มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยน ทำการเก็บผลเงาะสดจากแปลงเกษตรกร ล้างทำความสะอาด เป่าลมให้แห้ง ซึ่งน้ำหนัก 500 และ 1,000 กรัม นำมาบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ โดยทำการเลือกถุงพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิดได้แก่ ถุงดำ low density polyethylene (Black LDPE), poly propylene (PP), high density polyethylene (HDPE), linear low density polyethylene (L-LDPE) มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจน (OTR) เท่ากับ 6,602, 5,636, 5,688 และ 2,600 cc/m<sup>2</sup>.day ตามลำดับ และมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) เท่ากับ 5.28, 7.30, 6.70 และ 4.56 g/m<sup>2</sup>.day ตามลำดับ (ข้อมูลได้จากการนำถุงพลาสติกแต่ละชนิดไปทดสอบคุณสมบัติดังกล่าวที่ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย) ทำการเติมก๊าซผสมที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนเข้มข้นร้อยละ 5:5 นำถุงเงาะทั้งหมดมาใส่ถุงพลาสติกสีดำ (Black LDPE) แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 10±1 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85-90 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design) โดยมีสิ่งทดลอง แบบ Factorial

ปัจจัย A น้ำหนักบรรจุมี 2 ระดับ คือ 500 และ 1000 กรัม

ปัจจัย B ชนิดถุงพลาสติก Black LDPE, PP, HDPE, L-LDPE

บันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1

### สถานที่ทำการทดลอง และระยะเวลา

ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี อ.ขลุง จ.จันทบุรี และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยี การเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต และ บริษัทเอกชนที่เข้า

ร่วมโครงการฯ ทำการทดลองระหว่างเดือน พฤศจิกายน  
2546 - มิถุนายน 2547

### 3. ผลและวิจารณ์

#### การทดลองที่ 1 ศึกษาสภาพที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาเงาะ ผลสด

อัตราการหายใจของเงาะในถุงพลาสติก L-LDPE ขนาดบรรจุ 500 กรัมมีอัตราการหายใจน้อยกว่าถุงที่มีขนาดบรรจุ 1,000 กรัม ( $P < 0.05$ ) ทุกสภาพการเติมก๊าซผสม ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากภายในถุงพลาสติกมีการหายใจ ทำให้สภาพบรรยากาศในถุงมีการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติมีลักษณะที่เรียกว่า passive modification เงาะใช้ออกซิเจนที่มีอยู่น้อยร้อยละ 5 ในตอนเริ่มต้นภายในถุงที่บรรจุไปจากการหายใจขณะเดียวกันคาร์บอนไดออกไซด์ถูกผลิตขึ้นขึ้นมา (Thomson, 1996) ตามจำนวนน้ำหนักบรรจุหรือพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับบรรยากาศยิ่งมากยิ่งมีอัตราการหายใจสูงมากขึ้น (Kay, 1991) เมื่อพิจารณาเงาะขนาดบรรจุ 500 กรัมทุกสภาพการเติมก๊าซผสม พบว่ามีอัตราการหายใจไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) ขณะที่ ขนาดบรรจุ 1,000 กรัม เงาะที่เติมก๊าซผสม  $O_2:CO_2$  ในอัตราส่วนร้อยละ 5:15 มีอัตราการหายใจมากกว่าสภาพการเติมก๊าซผสม  $O_2:CO_2$  ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 5:5, 5:10 และไม่เติมก๊าซตามลำดับ ( $P < 0.05$ ) (ไม่แสดงข้อมูลทางสถิติ) (ภาพที่ 1) อาจเนื่องมาจากปริมาณ  $CO_2$  ที่มีความเข้มข้นสูงเกินไปอาจไปกระตุ้นให้เกิดความเครียดทางสรีรวิทยา (physiological stress) ส่งผลให้เกิดการหายใจที่สูงขึ้นได้ (Kay, 1991) เช่นกัน การเติมก๊าซผสม  $O_2:CO_2$  ลงไปในภาชนะบรรจุเพื่อดัดแปลงสภาพบรรยากาศ พบว่าการเติมก๊าซผสม  $O_2:CO_2$  ที่มีอัตราส่วนปริมาณความเข้มข้นเท่ากับร้อยละ 5:5 กับไม่เติมก๊าซผสมมีอัตราการหายใจใกล้เคียงกัน อาจเนื่องมาจากการเติมก๊าซผสมทำให้เงาะผลสดเข้าสู่สภาพสมดุล (equilibrium modified atmosphere (EMA)) หรือสภาพที่เรียกว่า steady state ได้เร็วขึ้นนั้นเนื่องมาจาก ปกติพืชจะมีการปรับตัวในสภาพที่บรรยากาศผิดปกติหากมีปริมาณ  $CO_2$  เพิ่มขึ้นและ  $O_2$  ลดลง พืชจะมีอัตราการหายใจที่ลดลง จริงแท้ (2538) กล่าวว่าการคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นสูงมากจะยับยั้งการหายใจของผลผลิตได้โดยอาจไปยับยั้งปฏิกิริยา

decarboxylation ต่างๆ ในกระบวนการหายใจ โดยจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ succinicdehydro genase ใน Krebs cycle ทำให้กระบวนการหายใจปกติดำเนินต่อไปไม่ได้

สีของผลเงาะ ค่า L a และ b ของผลเงาะไม่ปัจจัยที่เติมและไม่เติมก๊าซผสม ระหว่างออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) และปัจจัยของขนาดบรรจุ 500 และ 1,000 กรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) เช่นกัน (ตารางที่ 1) ปริมาณน้ำตาล total sugar (TS) และ reducing sugar (RS) ของผลเงาะทุกปัจจัยที่ไม่เติมก๊าซและเติมก๊าซผสมระหว่างออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) เมื่อพิจารณาปัจจัยเรื่องขนาดบรรจุ พบว่าปริมาณ TS ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) เช่นกัน (ตารางที่ 2) ปกติเงาะเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric (สายซล และอรชชา, 2534) เมื่อเวลาแก่ทางสรีรวิทยาแล้ว aril มีการสะสมน้ำตาลมากขึ้น เมื่อเก็บรักษาแล้วปริมาณน้ำตาลมักจะลดลงเนื่องจากถูกนำไปในกระบวนการหายใจ (Kay, 1991) แต่ที่ปริมาณน้ำตาลทั้ง RS และ TS ไม่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากเงาะที่นำมาวิเคราะห์ก่อนหั่นหั่นหั่นมาเก็บรักษา ในขณะนั้นๆ ปริมาณน้ำตาลที่เหลืออยู่จึงไม่แตกต่างกัน

ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของขนาดบรรจุ 1,000 กรัม มีค่าเฉลี่ยมากกว่าขนาดบรรจุ 500 กรัม เท่ากับ 0.37  $kg/cm_2$  ( $P < 0.01$ ) เช่นเดียวกับค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยของเงาะที่เติมก๊าซผสม  $O_2:CO_2$  ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 5: 15 มากที่สุด คือ 2.36  $kg/cm_2$  รองลงมาเป็นถุงที่เติมก๊าซผสม  $O_2:CO_2$  ความเข้มข้นร้อยละ 5:5 และไม่เติมก๊าซผสม และถุงที่เติมก๊าซผสม  $O_2:CO_2$  ความเข้มข้นร้อยละ 5:10 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.08 1.96 และ 1.63  $kg/cm_2$  ตามลำดับ ( $P < 0.01$ ) อัตราการสูญเสียน้ำหนักของปัจจัยขนาดบรรจุทั้ง 2 ขนาดบรรจุมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ขนาดบรรจุ 500 กรัมมีอัตราการการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าขนาดบรรจุ 1,000 กรัมโดยมีค่าเฉลี่ยคือ 2.46 และ 1.42 ตามลำดับ ส่วนปัจจัยการเติมก๊าซผสม มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) (ตารางที่ 3) จากการรายงานของ ยศวัตติ (2527) สามารถเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน และพันธุ์สีชมพูที่บรรจุในถุงพลาสติกห่อปากถุง อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ได้นาน 9 วัน สูญเสียน้ำหนักไปร้อยละ 1.38 การสูญเสียน้ำหนัก

ของเงาะผลสด เนื่องมาจากเงาะยังเป็นผลผลิตที่ยังมีชีวิตมีการหายใจ ในกระบวนการหายใจ (respiration metabolism) มีการสลายอาหารที่เก็บสะสมไว้สำหรับเงาะน่าจะเป็นกรดและน้ำตาลที่สะสมไว้ในเนื้อ (ari) และผลิตภัณฑ์  $\text{CO}_2$  และน้ำออกมา น้ำที่ผลิตอาจเสียไปจากการหายใจ เพื่อลดความร้อนจากการหายใจหรือสูญเสียจากการคายน้ำออกจากตัวผลผลิตผล ทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลิตลดลง (Kay, 1991)

อายุการเก็บรักษาสำหรับเงาะสำหรับปัจจัยที่เดิมและไม่เดิมก๊าซผสมปริมาณต่างๆ เงาะที่ไม่เดิมก๊าซผสมและเดิมก๊าซผสม  $\text{O}_2:\text{CO}_2$  ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 5:5 และ 5:10 มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 23 วันมากกว่าที่เดิมก๊าซผสม  $\text{O}_2:\text{CO}_2$  ความเข้มข้นร้อยละ 5:15 มีอายุการเก็บรักษานานประมาณ 21 วัน ( $P<0.05$ ) เมื่อพิจารณาปัจจัยเรื่องขนาดบรรจุ ขนาดบรรจุ 500 กรัมจะมีอายุการเก็บรักษามากกว่าขนาดบรรจุ 1,000 กรัม คือ 23 วัน ยกเว้นเงาะที่ขนาดบรรจุ 500 กรัมและเดิมก๊าซผสมปริมาณร้อยละ 15 มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับเงาะที่ขนาดบรรจุ 1,000 กรัม คือ 21 วัน ( $P<0.05$ ) (ภาพที่ 3) Somboonkaew (2001) ได้รายงาน ว่า สามารถเก็บรักษาเงาะผลสดในถุงพลาสติกชนิด LDPE ในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ โดยเดิมก๊าซผสม  $\text{O}_2:\text{CO}_2$  ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5:5 สามารถเก็บรักษาเงาะผลสดได้นาน 22 วัน โดยเงาะยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ลักษณะการเสื่อมคุณภาพ เงาะที่บรรจุ 500 และ 1,000 กรัม ในสภาพ ที่เก็บรักษาส่วนใหญ่จะมีความสดขุ่นตั้งตรงใน 2 สัปดาห์แรก แต่เงาะจะปรากฏอาการเหี่ยวเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ หลังจากสองสัปดาห์แรก โดยเฉพาะด้านที่สัมผัสกับภาชนะที่ใช้เก็บรักษา ขนแบนราบเร็วกว่าด้านอื่น เปลือกผลคล้ำลงและมีจุดสีน้ำตาลเข้มปรากฏที่โคนขนบนผิวเปลือกของผลเป็นส่วนใหญ่ เงาะที่ขนาดบรรจุ 500 กรัม มีความสดอยู่มากกว่าเงาะที่ขนาดบรรจุ 1,000 กรัมตลอดการเก็บรักษา ยกเว้นเงาะขนาดบรรจุ 500 กรัมและเดิม  $\text{O}_2:\text{CO}_2$  ร้อยละ 5:15 ที่มีความสดน้อยกว่าเงาะที่ขนาดบรรจุเดียวกัน

#### การทดลองที่ 2 พัฒนาภาชนะบรรจุที่เหมาะสม

อัตราการหายใจของผลเงาะที่บรรจุ 500 กรัม ของถุง Black low density polyethylene (B-LDPE),

Polypropylene (PP), High density polyethylene (HDPE), Linear low density polyethylene (L-LDPE) ที่บรรจุมีอัตราหายใจแตกต่างกัน โดยถุงบรรจุชนิด L-LDPE มีอัตราการหายใจมากที่สุด ( $P<0.05$ ) นอกนั้นไม่แตกต่างกัน ขณะที่ขนาดบรรจุ 1,000 กรัมมีอัตราการหายใจแตกต่างกัน ( $P<0.05$ ) โดยถุงพลาสติกชนิด L-LDPE ( $P<0.05$ ) มีอัตราการหายใจมากที่สุด ส่วนถุงพลาสติกชนิดอื่นนอกนั้นไม่แตกต่างกันเช่นกัน ( $P>0.05$ ) (ภาพที่ 2) สีผิวผลเงาะพบว่า ค่า L ของทั้ง 2 ขนาดบรรจุไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่ปัจจัยชนิดถุงมีความแตกต่างทางสถิติ ( $P<0.05$ ) โดยถุงชนิด HDPE มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาก็คือ PP, B-LDPE และ L-LDPE ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยคือ 27.55, 26.77, 26.65 และ 22.43 ตามลำดับ ค่าสีแดง (a) ของปัจจัยขนาดบรรจุไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่ปัจจัยชนิดถุงมีความแตกต่างทางสถิติ ( $P<0.01$ ) ถุงชนิด HDPE มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาก็คือ L-LDPE, PP และ B-LDPE ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยคือ 13.13, 12.26, 11.03 และ 10.89 ตามลำดับ ค่าสีเหลือง (b) ของทั้งสองปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ ) (ตารางที่ 4)

ปริมาณน้ำตาล total sugar (TS) ของทั้ง 2 ขนาดบรรจุไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่ชนิดถุงมีความแตกต่างทางสถิติ ( $P<0.01$ ) ถุงชนิด L-LDPE มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาก็คือ PP, B-LDPE และ HDPE ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยคือ 311.37, 176.88, 171.70 และ 170.91 g/L ตามลำดับ ปริมาณ reducing sugar (RS) ของทั้ง 2 ขนาดบรรจุไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่ชนิดถุงมีความแตกต่างทางสถิติ ( $P<0.01$ ) ถุงชนิด B-LDPE มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาก็คือ L-LDPE, HDPE และ PP ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยคือ 63.64, 56.73, 46.64 และ 36.46 g/L ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ soluble solid (SS) ของปัจจัยขนาดบรรจุไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่ชนิดถุงมีความแตกต่างทางสถิติ ( $P<0.01$ ) ถุงชนิด L-LDPE มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาก็คือ PP, HDPE และ B-LDPE โดยมีค่าเฉลี่ยคือ 17.00, 16.35, 14.69 และ 14.46 °Brix ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ titrated acidity (TA) ของปัจจัยขนาดบรรจุไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $Pr>0.05$ ) แต่ชนิดถุงมีความแตกต่างทางสถิติ ( $Pr<0.05$ ) ถุงชนิด B-LDPE มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาคือ PP, L-LDPE และ HDPE ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยคือ 2.29, 2.19, 1.93 และ 1.91 ml ตามลำดับ ปริมาณกรด Malic ของทั้ง 2 ขนาดบรรจุไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $Pr>0.05$ ) แต่ชนิดถุงมีความแตกต่างทางสถิติ ( $Pr<0.05$ ) ถุงชนิด B-LDPE มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาคือ PP, L-LDPE และ HDPE ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยคือ 0.0787, 0.0653, 0.0310 และ 0.0285ตามลำดับ ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของทั้ง 2 ขนาดบรรจุไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $Pr>0.05$ ) แต่ชนิดถุงมีความแตกต่างทางสถิติ ( $Pr<0.01$ ) ถุงชนิด L-LDPE มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาคือ HDPE, B-LDPE และ PP ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยคือ 2.14, 1.54, 1.49 และ 1.32 กก./ซม<sup>2</sup> ตามลำดับ อัตราการสูญเสียน้ำหนักของทั้ง 2 ขนาดบรรจุมีความแตกต่างทางสถิติ ( $Pr<0.01$ ) ขนาดบรรจุ 500 กรัมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ ขนาดบรรจุ 1000 กรัมโดยมีค่าเฉลี่ยคือ 3.26 และ 1.97 ตามลำดับ ส่วนชนิดถุงที่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $Pr<0.01$ ) ถุงชนิด HDPE มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาคือ PP, B-LDPE, และ L-LDPE ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยคือ 3.24, 3.13, 2.23 และ 1.86 ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

อายุการเก็บรักษา ถุงชนิด L-LDPE ทั้ง 2 ขนาดบรรจุเป็นถุงที่ใช้เก็บรักษาผลเงาะได้สั้นที่สุดคือ 21 วัน ส่วนถุงชนิด PP ทั้ง 2 ขนาดบรรจุ และถุงชนิด B-LDPE ทั้ง 2 ขนาดบรรจุ ใช้เก็บรักษาผลเงาะได้นานขึ้นคือ 23 วัน แต่ถุงชนิด HDPE ทั้ง 2 ขนาดบรรจุ สามารถใช้เก็บรักษาผลเงาะได้นานที่สุดคือ 26 วัน (ภาพที่ 3) ลักษณะการเสื่อมคุณภาพ ผลเงาะที่เก็บรักษาในทุกการทดลองจะยังคงมีความสดอยู่ในช่วง 13 วันแรก โดยขณะตั้งตรงอยู่ได้ หลังจากนั้นจะเริ่มปรากฏอาการเหี่ยวมากขึ้น จนเริ่มแบนราบโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลเงาะที่อยู่ด้านล่างหรือด้านที่ติดภาชนะที่ใช้เก็บรักษาขณะยังแบนราบมากกว่าด้านอื่น สีผลจะเริ่มเปลี่ยนเป็นคล้ำมากขึ้น หลังจากนั้นขนเงาะก็จะเปลี่ยนตามไปด้วยจนกลายเป็นสีดำทั้งผลเมื่อหมดคุณภาพ สายซลและอรธา (2534) ได้ทำการเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียน ในกล่องที่กรุด้วยพลาสติก PE และ PVC นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8, 10 และ

12 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถเก็บรักษาเงาะได้นาน โดยเฉลี่ย 8-14 วัน โดยอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสเงาะเกิดเสื่อมสภาพจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำหรือที่เรียกว่า อาการสะท้อนหนาว (chilling injury) เงาะที่เก็บในกล่องกระดาษที่กรุด้วยพลาสติก PE และ PVC เก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 14 วัน เท่านั้น ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากถุงพลาสติก HDPE ขุ่นมีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนค่อนข้างสูง กอปรกับการเติมก๊าซเพื่อให้เงาะมีการปรับสภาพให้มีอัตราการหายใจที่ต่ำลงอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งจะทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น โดยปกติผลสดทางการเกษตรภายหลังจากการเก็บเกี่ยวมาแล้วผลิตผลยังมีการหายใจและการคายน้ำ ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวเป็นการเร่งการเสื่อมสภาพของผลิตผลสด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดอัตราการหายใจของผลิตผลลง เพื่อให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น (Thomson, 1996)

#### 4. สรุปผลการทดลอง

ศึกษาสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาเงาะผลสด ผลเงาะที่บรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด linear low density polyethylene (LLDPE) จากนั้นทำการเติมอากาศที่ผสมลงในถุงพลาสติกชนิด LLDPE ผลเงาะทั้งหมดมาใส่ถุงพลาสติกสีดำ (Black low density polyethylene (B-LDPE) ขนาดบรรจุ 1000 กรัมจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าที่ขนาดบรรจุ 500 กรัม สีของผลเงาะ, ปริมาณน้ำตาล, Soluble solid และปริมาณกรด malic ของทุกปัจจัยไม่แตกต่างกัน ผลเงาะขนาดบรรจุ 1000 กรัมมีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด เงาะที่เติมก๊าซผสม  $O_2:CO_2$  ในอัตราส่วนร้อยละ 5:15 มีอัตราการหายใจมากกว่าสภาพการเติมก๊าซผสม  $O_2:CO_2$  ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 5:5, 5:10 และไม่เติมก๊าซตามลำดับ, ปัจจัยของขนาดบรรจุไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของผลเงาะ, ปริมาณ reducing sugar และ total sugar, soluble solid และปริมาณกรด malic ผลเงาะที่เติมก๊าซ  $O_2:CO_2$  ความเข้มข้นร้อยละ 5:15 มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด ผลเงาะขนาดบรรจุ 500 กรัม ที่เติมก๊าซผสม  $O_2:CO_2$  ความเข้มข้นร้อยละ 5:10 สามารถเก็บรักษาผลเงาะได้นานที่สุดคือ 23 วัน โดยที่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของตลาด ปลายขนเงาะมีอาการโค้งงอบ้างเล็กน้อย สีของผลเงาะยังคงแดงเข้มอยู่ การพัฒนา

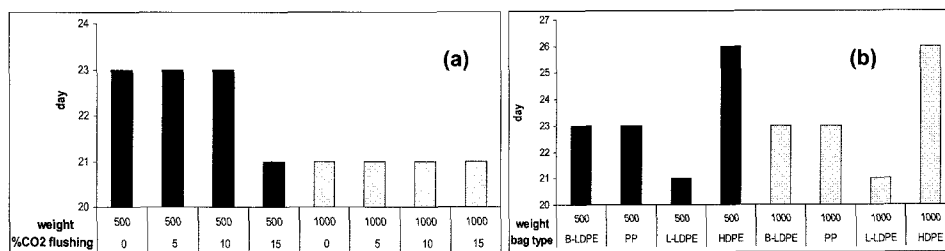
ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมผลจะขนาดบรรจุที่ 1000 กรัมทุก  
ภาชนะบรรจุมีอัตราการหายใจสูงมากกว่าที่ขนาดบรรจุ 500 กรัม  
ปัจจัยของขนาดบรรจุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของผลเงาะ,  
ปริมาณ reducing sugar และ total sugar, soluble solid,  
ปริมาณกรด malic และค่าความแน่นเนื้อ ของชนิด L-LDPE ทำ  
ให้ผลเงาะมีอัตราการหายใจสูงที่สุด, ของชนิด HDPE ทำให้สีผล  
เงาะเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มมากที่สุด, ของชนิด B-LDPE ทำให้  
ปริมาณกรดสูงมากที่สุด และของชนิด L-LDPE มีปริมาณน้ำตาล  
เพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด, มีปริมาณ soluble solid ลดลงน้อยที่สุด  
และให้ค่าความแน่นเนื้อสูงมากที่สุด ของชนิด HDPE สามารถ  
เก็บรักษาผลเงาะได้นานที่สุดคือ 26 วัน โดยที่คุณภาพยังเป็น  
ที่ยอมรับของตลาด ขนเงาะมีการโค้งงอบ้างเล็กน้อย สีของผล  
เงาะยังคงแดงเข้มอยู่

## 5. เอกสารอ้างอิง

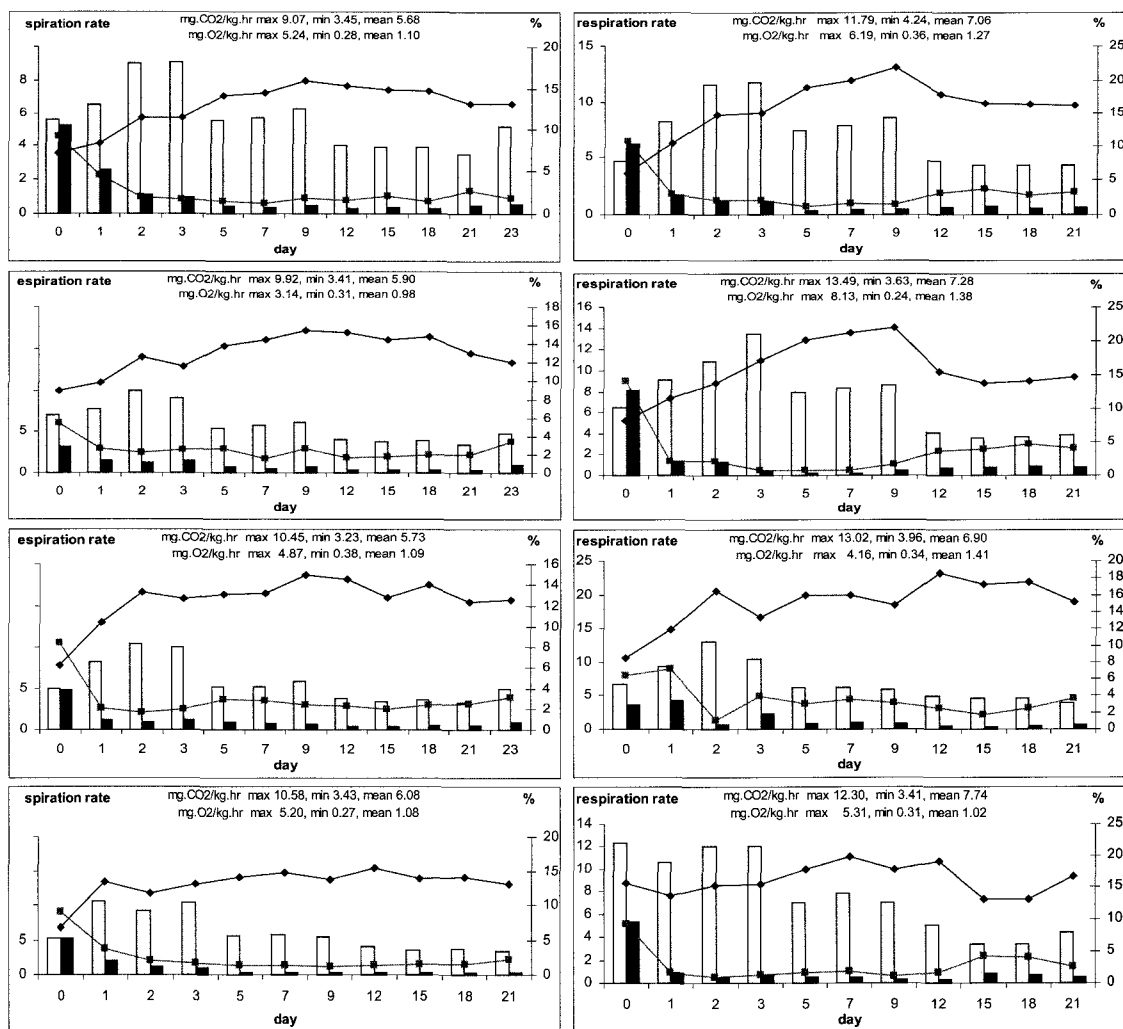
- [1] จริ่งแท้ ศิริพานิช. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 396 น. 2538.
- [2] ณัฐยา เจริญผล. อิทธิพลของสารกำจัดเชื้อรา mancozeb อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่มีต่อการเก็บรักษาของผลเงาะพันธุ์โรงเรียน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2532.
- [3] ปวีณา ปาณวรร. การเก็บรักษาเนื้อของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรีมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2535.
- [4] ยศวดี สมบูรณ์. อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาแก่ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีระหว่างการเก็บรักษาของผลเงาะ (*Nephelium lappaceum* Linn.) พันธุ์สีชมพูและพันธุ์โรงเรียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2527.
- [5] ยศวดี สมบูรณ์. อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาแก่ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีระหว่างการเก็บรักษาของผลเงาะ (*Nephelium lappaceum* Linn.)

- พันธุ์สีชมพูและพันธุ์โรงเรียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2527.
- [6] สายชล เกตุษา และ อรษา แก้วเกษตรภรณ์. การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกผลเงาะ. รายงานผลการวิจัยประจำปี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. น.29 - 82. 2534.
- [7] สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. การปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวบางประการของทุเรียนเงาะ และมังคุด. น.62-65. ใน รายงานการสัมมนาเรื่องการบริหารจัดการเก็บเกี่ยวของทุเรียน เงาะและมังคุด. โรงแรมอีสเทอร์น, จันทบุรี. 2527.
- [8] A.O.A.C. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia 1298p. 1990. [9] Gould, W.A. Food Quality Assurance. The AVI Publishing Company, Inc., Connecticut. 314 p. 1977.
- [10] Biale, J.B. and R.E. Young. The biochemistry of fruit maturation. Endeavour. 21(83-84): pp. 164-174. 1962.
- [11] Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. Colormetric methode for determination of sugars and related substance. Anal. Chem. 28, pp. 350-356. 1956.
- [12] Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. Determination of reducing sugar and carbohydrate, pp. 380-394. In R.L. Whistler and M.L. Wolfrom (eds.). Methods in Carbohydrate Chemistry. Academic Press, New York. 1962.
- [13] Kader, A.A., D. Zagory and E.L. Kerbel. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. CRC. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 28(1), pp. 1-30. 1989.

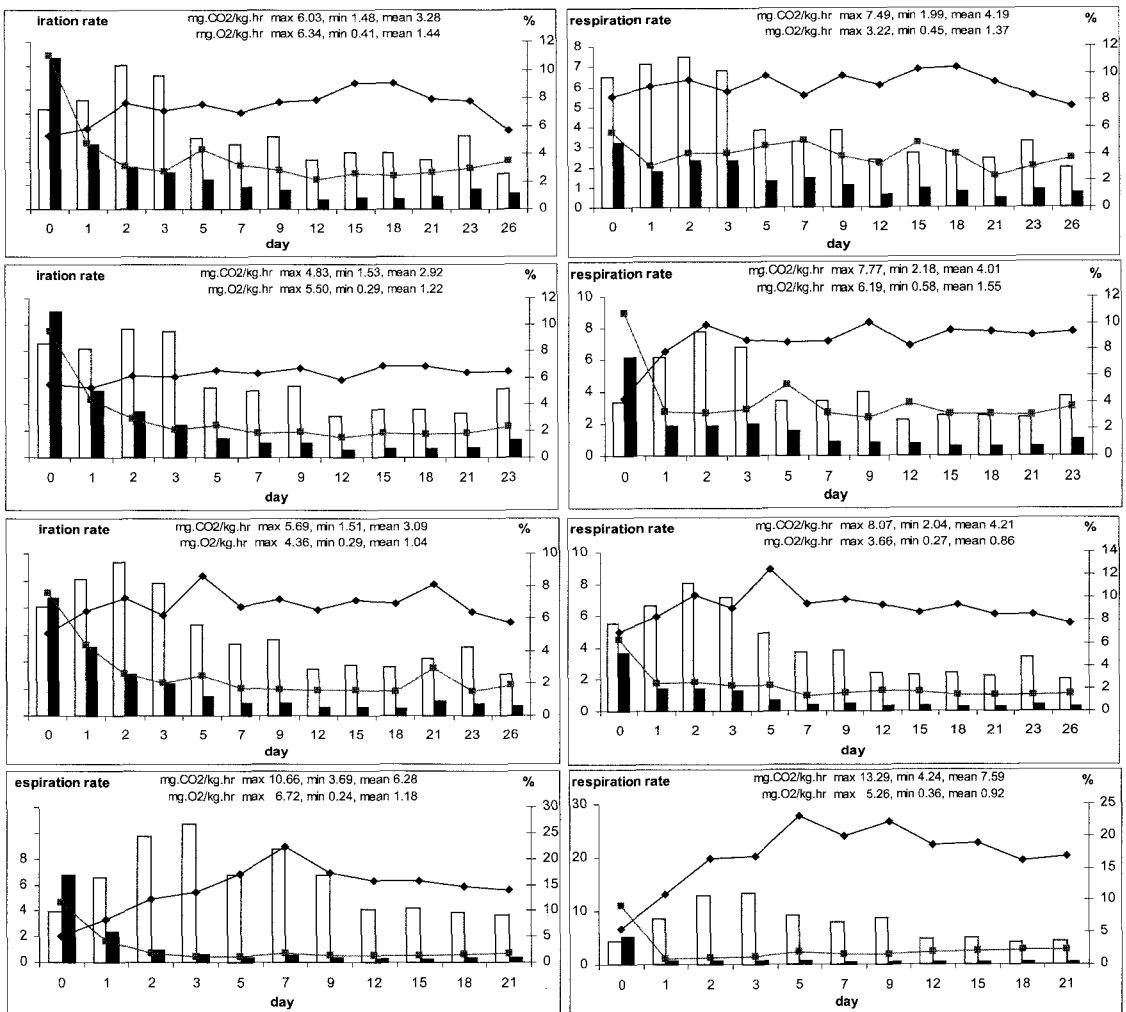
- [14] Kays, S. J. Postharvest Technology of Perishable Plant Products. Van Nostrand Reinhold. New York. 532 p. 1991.
- [15] Khalafalla, M.S. and D.A. PalzKill. Carbohydrates and proline in jojoba clone that differ in frost susceptibility. HortSci. 25(1) , pp. 103-105. 1990.
- [16] Lam, P.F., S. Kosiyachinda, M.C.C. Lizada, D.B. Mendoza., Jr., S. Prabawati and S.K. Lee. Postharvest physiology and storage of rambutan, pp. 39-50. In P.F. Lam and S. Kosiyachinda (eds.) Rambutan: Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing in ASEAN. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur. 1987.
- [17] Lee, S.K. and P.C. Leong. Storage studies on the rambutan in Singapore , pp.172-175. In Proc. Workshop on Mango and Rambutan, University of Philippines, Los Banos. 1982.
- [18] Mendoza, D.B., Jr., Er.B. Pantastico and F.B. Javier. Storage and handling of rambutan. Phil. Agric. 55 , pp. 322-332. 1972.
- [19] Paul, R.E. and N.M. Chen.. a. Changes in longan and rambutan during postharvest storage. Hortsci. 22 , pp. 1303-1304. 1987.
- [20] Somboonkaew, N. Modified Atmosphere Packaging for Rambutan (*Nephelium lappaceum* Linn.cv Rongrien). MSc Thesis (Postharvest Technology.) Writtle College. 2001.
- [21] Thomson, A. K. Postharvest Technology of Fruit and Vegetables. Oxford University Press. Canada. 410 p. 1996.
- [22] Wanichkul K. and Kosiyachinda, S. Fruit development and harvesting index of rambutan (*Nephelium lappaceum* Linn.) var. Seechompoo. In Proceedings of Workshop on Mango and Rambutan. Los Banos: University of the Philippines. , pp. 172-175. 1982.
- [23] Wiley. R.C. Introduction to Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. Chapman. And Hall. New York. 1994.



**figur 3** (a) Fresh Rambutans storage life packed in Linear low density polyethylene (L-LDPE) were non flushed and flushed with mixed gases O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> in concentration ratio 5:5, 5:10 and 5:15 %v/v respectively (b) Storage life of fresh Rambutans packed in Black low density polyethylene (B-LDPE), Polypropylene (PP), Linear low density polyethylene (L-LDPE) และ High density polyethylene (HDPE) were flushed with mixed gases O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> in concentration ratio 5:5. The signs showed packing weigh 500 (■) and 1,000 g (▨) respectively.



**Figure 1** Fresh Rambutan respiration rate [mg.CO<sub>2</sub>/kg.hr (■)] and mg.O<sub>2</sub>/kg.hr (□)] which were packed in L-LDPE non flushed of which packing weigh was (a) 500 and (b) 1000 g. and flushed with mixed gases O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> in concentration ratio 5:5 %v/v of which was (c) 500 and (d) 1000 g, concentration ratio 5:10 %v/v of which was (e) 500 and (f) 1000 g, and concentration ratio 5:15 %v/v of which packing weigh was (g) 500 and (h) 1000 g respectively. CO<sub>2</sub> (◆) and O<sub>2</sub> (■) were changed in package.



**Figure 2** Fresh Rambutan respiration rate [mg.CO<sub>2</sub>/kg.hr (■) and mg.O<sub>2</sub>/kg.hr (□)] which were flushed with mixed gases O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> in concentration ratio 5:5 %v/v packed in B-LDPE bag of which was packing weigh (a) 500 and (b) 1000 g, PP bag of which packing weigh was (c) 500 and (d) 1000 g, HDPE bag of which packing weigh was (e) 500 and (f) 1000 g and L-LDPE bag of which packing weigh was (c) 500 and (d) 1000 g. respectively. CO<sub>2</sub> (◆) and O<sub>2</sub> (■) were changed in packages.

**Table 1** L a and b of Rambutans, in which were packed plastic bags: [500 and 1,000 g/pack] which were flushed with CO<sub>2</sub>:O<sub>2</sub> ratio 5:5, 10:5 and 15:5 respectively and none.

| Weight (g)        | Mean  |       |       | % CO <sub>2</sub> | Mean  |       |       |
|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
|                   | L     | a     | b     |                   | L     | a     | b     |
| 500               | 27.40 | 13.09 | 21.83 | 0                 | 26.67 | 13.26 | 21.61 |
| 1000              | 26.40 | 12.40 | 21.96 | 5                 | 27.49 | 12.64 | 22.64 |
|                   |       |       |       | 10                | 26.96 | 12.95 | 21.96 |
|                   |       |       |       | 15                | 26.48 | 12.13 | 21.37 |
| F-test            |       |       |       |                   | L     | a     | b     |
| Weight            |       |       |       |                   | ns    | ns    | ns    |
| % CO <sub>2</sub> |       |       |       |                   | ns    | ns    | ns    |
| Interaction       |       |       |       |                   | ns    | ns    | ns    |
| CV                |       |       |       |                   | 14.64 | 13.86 | 14.83 |

**Table 2** Total sugar (RS), reducing sugar (mg/l) and soluble solid (°Brix) b of Rambutans, in which were packed plastic bags: [500 and 1,000 g/pack] which were flushed with CO<sub>2</sub>:O<sub>2</sub> ratio 5:5, 10:5 and 15:5 respectively and none.

| Weight (g)        | Mean   |       |       | % CO <sub>2</sub> | Mean   |       |       |
|-------------------|--------|-------|-------|-------------------|--------|-------|-------|
|                   | TS     | RS    | Brix  |                   | TS     | RS    | Brix  |
| 500               | 201.42 | 36.96 | 17.38 | 0                 | 209.48 | 38.18 | 17.34 |
| 1000              | 219.17 | 44.48 | 17.28 | 5                 | 231.35 | 46.24 | 17.18 |
|                   |        |       |       | 10                | 190.01 | 38.50 | 17.36 |
|                   |        |       |       | 15                | 210.34 | 39.98 | 17.44 |
| F-test            |        |       |       |                   | TS     | RS    | Brix  |
| Weight            |        |       |       |                   | ns     | ns    | ns    |
| % CO <sub>2</sub> |        |       |       |                   | ns     | ns    | ns    |
| Interaction       |        |       |       |                   | ns     | ns    | ns    |
| CV                |        |       |       |                   | 19.38  | 28.49 | 3.42  |

**Table 3** Titratable acidity (% ), Malic (% ),Firmness (kg/cm<sup>2</sup>) and weight loss (WL) of Rambutans, in which were packed plastic bags: [500 and 1,000 g/pack] which were flushed with CO<sub>2</sub>:O<sub>2</sub> ratio 5:5, 10:5 and 15:5 respectively and none.

| Weight (g)        | Mean |       |                   |                   | % CO <sub>2</sub> | Mean  |       |                    |                   |
|-------------------|------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|-------|--------------------|-------------------|
|                   | TA   | Malic | Firm              | WL                |                   | TA    | Malic | Firm               | WL                |
| 500               | 2.01 | 0.041 | 1.82 <sup>b</sup> | 2.46 <sup>a</sup> | 0                 | 2.01  | 0.043 | 1.96 <sup>b</sup>  | 1.97 <sup>a</sup> |
| 100               | 2.14 | 0.058 | 2.19 <sup>a</sup> | 1.42 <sup>b</sup> | 5                 | 2.19  | 0.065 | 2.08 <sup>ab</sup> | 1.97 <sup>a</sup> |
| 0                 |      |       |                   |                   | 10                | 2.13  | 0.058 | 1.63 <sup>c</sup>  | 1.97 <sup>a</sup> |
|                   |      |       |                   |                   | 15                | 1.98  | 0.036 | 2.36 <sup>a</sup>  | 1.86 <sup>b</sup> |
| F-test            |      |       |                   |                   |                   | TA    | Malic | Firm               | LW                |
| Weight            |      |       |                   |                   |                   | ns    | ns    | **                 | **                |
| % CO <sub>2</sub> |      |       |                   |                   |                   | ns    | ns    | **                 | **                |
| Interaction       |      |       |                   |                   |                   | **    | **    | ns                 | **                |
| CV                |      |       |                   |                   |                   | 13.18 | 74.11 | 14.78              | 3.06              |

**Table 4** L a and b of Rambutans, in which were packed plastic bags: Black low density polyethylene (B-LDPE), Polypropylene (PP), Linear low density polyethylene (L-LDPE) และ High density polyethylene (HDPE). In each pack was 500 and 1,000 g/pack which were flushed with CO<sub>2</sub>:O<sub>2</sub> ratio 5:5,

| Weight (g)  | Mean  |       |       | Bag Type | Mean               |                     |       |
|-------------|-------|-------|-------|----------|--------------------|---------------------|-------|
|             | L     | a     | b     |          | L                  | a                   | b     |
| 500         | 25.30 | 12.27 | 20.12 | B-LDPE   | 26.65 <sup>a</sup> | 10.89 <sup>b</sup>  | 20.24 |
| 1000        | 26.40 | 11.39 | 20.37 | PP       | 26.77 <sup>a</sup> | 11.03 <sup>b</sup>  | 20.16 |
|             |       |       |       | L-LDPE   | 22.43 <sup>b</sup> | 12.26 <sup>ab</sup> | 19.46 |
|             |       |       |       | HDPE     | 27.55 <sup>a</sup> | 13.13 <sup>a</sup>  | 21.11 |
| F-test      |       |       |       |          | L                  | a                   | b     |
| Weight      |       |       |       |          | ns                 | ns                  | ns    |
| Bag Type    |       |       |       |          | *                  | **                  | ns    |
| Interaction |       |       |       |          | *                  | ns                  | **    |
| CV          |       |       |       |          | 12.62              | 11.61               | 12.70 |

**Table 5** Total sugar (RS), reducing sugar (mg/l) and soluble solid (°Brix) b of Rambutans, in which were packed Black low density polyethylene (B-LDPE), Polypropylene (PP), Linear low density polyethylene (L-LDPE) และ High density polyethylene (HDPE). In each pack was 500 and 1,000 g/pack which were flushed with CO<sub>2</sub>:O<sub>2</sub> ratio 5:5,

| Weight (g)  | Mean   |       |       | Bag Type            | Mean                |                     |                    |
|-------------|--------|-------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
|             | TS     | RS    | Brix  |                     | TS                  | RS                  | Brix               |
| 500         | 199.85 | 49.61 | 15.38 | B-LDPE              | 171.70 <sup>b</sup> | 63.64 <sup>a</sup>  | 14.46 <sup>b</sup> |
| 1000        | 215.58 | 52.13 | 15.87 | PP                  | 176.88 <sup>b</sup> | 36.46 <sup>c</sup>  | 16.35 <sup>a</sup> |
|             |        |       |       | L-LDPE              | 311.37 <sup>a</sup> | 56.73 <sup>ab</sup> | 17.00 <sup>a</sup> |
|             |        |       |       | LDPE                |                     |                     |                    |
| HDPE        |        |       |       | 170.91 <sup>b</sup> | 46.64 <sup>bc</sup> | 14.69 <sup>b</sup>  |                    |
| F-test      |        |       |       |                     | TS                  | RS                  | Brix               |
| Weight      |        |       |       |                     | ns                  | ns                  | ns                 |
| Bag Type    |        |       |       |                     | **                  | **                  | **                 |
| Interaction |        |       |       |                     | ns                  | ns                  | ns                 |

**Table 6** Titratable acidity (%), Malic (%), Firmness (kg/cm<sup>2</sup>) and weight loss (WL) of Rambutans, Black low density polyethylene (B-LDPE), Polypropylene (PP), Linear low density polyethylene (L-LDPE) และ High density polyethylene (HDPE). In each pack was 500 and 1,000 g/pack which were flushed with CO<sub>2</sub>:O<sub>2</sub> ratio 5:5,

| Weight (g)  | Mean |        |      |                   | Bag Type | Mean               |                      |                    |                   |
|-------------|------|--------|------|-------------------|----------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
|             | TA   | Malic  | Firm | LW                |          | TA                 | Malic                | Firm               | LW                |
| 500         | 2.11 | 0.0544 | 1.68 | 3.26 <sup>a</sup> | B-LDPE   | 2.29 <sup>a</sup>  | 0.0787 <sup>a</sup>  | 1.49 <sup>bc</sup> | 2.23 <sup>c</sup> |
| 1000        | 2.05 | 0.0473 | 1.57 | 1.97 <sup>b</sup> | PP       | 2.19 <sup>ab</sup> | 0.0653 <sup>ab</sup> | 1.32 <sup>c</sup>  | 3.13 <sup>b</sup> |
|             |      |        |      |                   | L-LDPE   | 1.93 <sup>bc</sup> | 0.0310 <sup>bc</sup> | 2.14 <sup>a</sup>  | 1.86 <sup>d</sup> |
|             |      |        |      |                   | HDPE     | 1.91 <sup>c</sup>  | 0.0285 <sup>c</sup>  | 1.54 <sup>b</sup>  | 3.24 <sup>a</sup> |
| F-test      |      |        |      |                   | TA       | Malic              | Firm                 | LW                 |                   |
| Weight      |      |        |      |                   | ns       | ns                 | ns                   | **                 |                   |
| Bag Type    |      |        |      |                   | *        | *                  | **                   | **                 |                   |
| Interaction |      |        |      |                   | ns       | ns                 | ns                   | **                 |                   |
| CV          |      |        |      |                   | 12.71    | 69.62              | 12.57                | 2.57               |                   |

abc / = Data within column with the same letter are classed in the same group.

ns = Non significantly different from check at 95% (LSD), \* = Significantly different from check at 95 % (LSD),

\*\* = Significantly different from check at 99 % (LSD)