Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 171-174 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 171-174 (2553)

การยืดอายุการเก็บรักษาของกล้วยหอมผ่านการบ่มด้วยฟิล์มกำจัดก๊าซเอทิลีน

Shelf Life Extension of Acetylene Treated Mature Green Banana by Highly Ethylene Permeable Films

ปิติรัตน์ กลิ่นธรรม[1], เมธาวดี ถิระสัตย์[1], ดวงพร ศิริกิตติกุล[1] และ อศิรา เฟื่องฟูชาติ[1]
Pitirat Klintham[1], Metawadee Thirasat[1], Doungporn Sirikittikul[1] and Asira Fuongfuchat[1]

Abstract

Packaging of acetylene treated mature green banana by using highly ethylene permeable films (EP) was studied. Three fingers of acetylene treated banana were packed in highly ethylene permeable bags (7 X 12 inch.), comparing with those packed in biaxially oriented polypropylene (BOPP), low density polyethylene (LDPE) and Moderated OTR (PE-1) bags at storage temperature of 13 ^{O}C. The EP films and PE-1 film were developed at National Metal and Materials Technology Center (MTEC). The 4 types of bags, e.g., BOPP, LDPE, PE-1 and EP had OTR of 1200, 3000, 8700 and 8000 cc/m^2.day; and the CO_2TR of 3000, 12000, 34000 and 36000 cc/m^2.day, respectively. It was found that the EP and PE-1 bags slowed down ripening process of banana and prolong shelf-life to 14-17 days. While bananas without bag had a shelf-life of 5-8 days and bananas in BOPP and LDPE bags had a shelf-life of 4 days. Peel discoloration, unusual ripening and off-flavor were found in the BOPP and LDPE bags. Inaddition, ethylene accumulation (3.3-4.5 ppm) were detected in both types of bags; whereas 0.4 ppm was found in EP bags. Along 14 days of storage, percentage weight loss of bananas packed in PE-1 and EP bags was less than 1%. Peel color of bananas in those bags reached ripening stage 5 (yellow with green tip) and starch pattern 5 at day 14. The banana can further develop normal ripening process when removing from the bags and storage at room temperature.

Key word: banana, ethylene-removing, packaging film

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการบรรจุกล้วยหอมระยะก่อนผลสุกซึ่งผ่านการบ่มด้วยถ่านก๊าซ จำนวน 3 ผลต่อหนึ่งกลุ่ม ในถุงกำจัดก๊าซเอทิลีน (EP) ขนาด 7 X 12 นิ้ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการบรรจุในถุงพอลิพอพิลีน (BOPP), ถุงพอลิเอทิลีน (LDPE), ถุงชนิดที่มีค่าซึมผ่านของก๊าซอยู่ในช่วงสูงปานกลาง (PE-1) ซึ่งถุง EP และ PE-1 ถูกพัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ โดยถุง BOPP, LDPE, PE-1 และ EP มีค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 1200, 3000, 8700 และ 8000 cc/m^2.day ตามลำดับ และค่าการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 3000, 12000, 34000 และ36000 cc/m^2.day ตามลำดับ พบว่า การบรรจุกล้วยหอมในถุง EP และ PE-1 สามารถช่วยชะลอการสุกและช่วยยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมได้นาน 14-17 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยหอมที่ไม่บรรจุลงถุงสามารถเก็บรักษาได้เพียง 5-8 วัน ส่วนกล้วยหอมที่บรรจุในถุง BOPP และ LDPE เก็บรักษาได้เพียง 4 วัน เนื่องจากเกิดอาการเปลือกเป็นน้ำตาลและมีกลิ่นผิดปกติอันเนื่องมาจากเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดขึ้นและมีการสะสมของก๊าซเอทิลีนภายในถุงสูงถึง 3.3 และ 4.5 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ในขณะที่ถุงกำจัดเอทิลีนมีการสะสมของก๊าซเอทิลีนน้อยที่สุดทำให้สามารถชะลอการสุกของกล้วยหอมได้ โดยในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา กล้วยหอมที่บรรจุถุง PE-1 และ EP มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าร้อยละ 1 การพัฒนาสีเปลือกกล้วยหอมอยู่ในระดับการสุก 5 (เปลือกมีสีเหลืองบริเวณยอดยังคงมีสีเขียว) แพตเทิร์นของแป้ง (starch pattern) ระดับ 4 ซึ่งเมื่อนำกล้วยหอมออกจากถุงและเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องปกติกล้วยหอมยังสามารถจะพัฒนาการสุกต่อไปได้ถึงระดับ 7

คำสำคัญ กล้วยหอม, กำจัดก๊าซเอทิลีน, ฟิล์มบรรจุภัณฑ์

[1] เทคโนโลยีโพลิเมอร์ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120
[1] Polymer Technology, National Metal and Materials Technology Center, National Science and Technology Development Agency, Pathumthani 12120

คำนำ

กล้วยหอม (*Musa spp.*) จัดเป็นผลไม้ชนิด climacteric และมีการผลิตก๊าซเอทิลีนออกมาในระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งก๊าซเอทิลีนจัดเป็นฮอร์โมนพืชที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับการเสื่อมเสียของผักและผลไม้สดรวมทั้งกล้วยหอมด้วย การนำเทคโนโลยีการบรรจุ เช่น การใช้ภาชนะบรรจุที่มีความสามารถในการกำจัดก๊าซเอทิลีนได้มีการศึกษาในต่างประเทศอยู่บ้าง แต่อย่างไรก็ตามการนำเข้าวัสดุบรรจุที่มีความสามารถในการกำจัดก๊าซเอทิลีนจากต่างประเทศเข้ามาใช้งานยังคงมีต้นทุนที่สูง ซึ่งในปัจจุบันศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติได้มีการศึกษาและพัฒนาวัสดุฟิล์มพลาสติกที่มีความสามารถในการให้ก๊าซเอทิลีนผ่านได้สูง (Highly Ethylene Permeable Films) เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพลาสติกที่มีอยู่ทั่วไปตามท้องตลาดและจากปัญหาของกล้วยหอมที่วางจำหน่ายในท้องตลาดโดยทั่วไปที่ผ่านการบ่มด้วยถ่านก๊าซทำให้เมื่อมีอายุการเก็บรักษาเพียง 2-4 วัน ทางคณะวิจัยจึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้งานฟิล์มดังกล่าวกับกล้วยหอมและผลิตผลอื่นๆ ที่มีความเสี่ยงจากการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากการได้รับก๊าซเอทิลีนที่มากเกินความต้องการ

อุปกรณ์และวิธีการ

กล้วยหอมทองผ่านการบ่มด้วยถ่านก๊าซจากตลาดไท ระยะความบริบูรณ์ของกล้วยหอมระดับ 2 แพตเทิร์นของแป้งระดับ 2 (Kader, 1993) นำมาตัดให้ได้ 3 ผลต่อหนึ่งกลุ่ม โดยเลือกเอาเฉพาะกล้วยที่อยู่บริเวณกลางหวี โดยกำหนดน้ำหนักต่อหนึ่งกลุ่มให้อยู่ในช่วง 450-500 กรัม ตั้งทิ้งไว้ให้ยางแห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (26 องศาเซลเซียส) บรรจุลงถุงบรรจุภัณฑ์ 4 ชนิด ซึ่งมีขนาด 7x12 นิ้ว โดยประกอบด้วย (1) ถุงพอลิพรอพิลีน (BOPP), (2) ถุงพอลิเอทิลีน (LDPE), (3) ถุงชนิดที่มีค่าซึมผ่านของแก๊สอยู่ในช่วงสูงปานกลาง (PE-1), และ (4) ถุงกำจัดก๊าซเอทิลีน (EP) ซึ่งถุงชนิดที่ 3 และ 4 พัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ซึ่งฟิล์มที่ใช้และบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด มีค่าการผ่านของก๊าซแสดงดังแสดงในตารางที่ 1 (Table 1) ทั้งนี้ทดสอบการเก็บรักษากล้วยหอมที่อุณหภูมิ 13±2^{O}C โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ทำการบันทึกผลการทดลองในวันที่ 0, 4, 8 และ 14 ของการเก็บรักษา มีการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของ CO_2 และ O_2 ภายในภาชนะบรรจุ โดยสุ่มเก็บก๊าซจากช่องว่างบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุกล้วยหอมโดยใช้เครื่อง Dual head space analyzer mocon pack check^{TM} model 650 รายงานค่าในหน่วยร้อยละ (%) ปริมาณก๊าซเอทิลีนภายในภาชนะบรรจุ โดยเครื่อง ethylene sensor Biocondervacion รายงานค่าในหน่วยความเข้มข้นหนึ่งในล้านส่วน (ppm) การสูญเสียน้ำหนักโดยทำลายตัวอย่างทิ้งในครั้งเดียวของแต่ละวันในการบันทึกผลการทดลองรายงานค่าในหน่วยร้อยละ (%) วัดการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเปลือก 3 ตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณใกล้ปลายยอดผล กึ่งกลางผลและใกล้โคนผลและสีเนื้อของกล้วยหอมโดย เครื่องวัดสี MiniscanEZ HunterLab รายงานค่าในหน่วย L a b และวัดการเปลี่ยนแปลงของแป้งในเนื้อกล้วยหอม โดยดูแพตเทิร์นของแป้งจากการการย้อมสีแป้งด้วยไอโอดีนความเข้มข้น ร้อยละ 1 (Kader, 1993)

Table 1 Gas transmission rates of BOPP, LDPE, PE-1 and EP films and package

Film	Thickness (μm)	WVTR (g/m^2/day)	OTR* (cc/m^2/day)	CO_2TR* (cc/m^2/day)	Permeability ratio ($\beta=P_{CO2}/P_{O2}$)	OTR of package** (cc/pkg.day)	CO_2TR of package** (cc/pkg.day)	WVTR of package** (g/pkg.day)
BOPP	25 ± 1	4.5 ± 0.8	1200 ± 100	3000 ± 100	2.5 ± 0.1	130 ± 10	320 ± 20	0.50 ± 0.05
LDPE	55 ± 1	6.5 ± 0.5	3000 ± 50	12000 ± 1000	3.7 ± 0.1	320 ± 10	1200 ± 20	0.70 ± 0.05
Moderate OTR (PE-1)	26 ± 1	21.0 ± 0.5	8700 ± 200	34000 ± 500	4.0 ± 0.2	900 ± 10	3500 ± 100	2.30± 0.05
Highly ethylene permeable films (EP)	35 ± 1	23.0 ± 0.5	8000 ± 600	36000 ± 2000	4.5 ± 0.3	860 ± 10	3800 ± 100	2.50 ± 0.05

Note: * tested at 23^{O}C, 0%RH, ** Bags size 7X12 inch.

ผลและวิจารณ์

จากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจนและก๊าซเอทิลีน ภายในถุงบรรจุกล้วยหอมทั้ง 4 ชนิดดังภาพที่ 1 และ 2 (Figure 1และ 2) การเปลี่ยนแปลงของ CO_2 และ O_2 ภายในถุงบรรจุกล้วยหอมสอดคล้องกับอัตราการหายใจ คุณสมบัติของฟิล์มพลาสติกที่นำมาทำภาชนะบรรจุ พื้นที่ในการซึมผ่านของก๊าซ และอุณหภูมิ ผลจากการศึกษา พบว่า ถุงกล้วยหอมชนิดพอลิพรอพิลีน (BOPP) และพอลิเอทิลีน (LDPE) เกิดการสะสมของประมาณ CO_2 สูง (Figure 1) และเกินระดับความเข้มข้น CO_2 ที่กล้วยหอมสามารถทนทานและไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติได้ (Tolerance) (Kader, 1997) นอกจากนี้ยังพบว่า ถุงบรรจุกล้วยหอมชนิด BOPP และ LDPE มีการลดลงของปริมาร O_2 ภายถุงอย่างรวดเร็วและเหลือน้อยกว่าระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่กล้วยหอมสามารถทนทานได้ (Kader, 1997) เมื่อเปรียบเทียบกับถุงชนิดที่มีค่าซึมผ่านของแก๊สอยู่ในช่วงสูงปานกลาง (PE-1) และถุงกำจัดก๊าซเอทิลีน (EP) และพบว่าในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา กล้วยหอมที่บรรจุในถุง BOPP และ LDPE เสื่อมเสียและมีกลิ่นผิดปกติอันเนื่องจากภายในถุงมีการสะสมของ CO_2 สูงและมี O_2 ที่ต่ำ ทำให้กล้วยหอมเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนและยังพบว่ากล้วยหอมที่บรรจุในถุงชนิด BOPP และ LDPE มีลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากเกิดรอยช้ำสีน้ำตาลบนเปลือกและเนื้อมีอาการนิ่มเละ สอดคล้องกับการรายงานของ Kader (1997) ระดับ O_2 ที่น้อยเป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือก การนิ่มเละของเนื้อและกลิ่นที่ผิดปกติในกล้วยหอมและปริมาณ CO_2 ร้อยละ 6 ถึง 8 ทำให้กล้วยหอมเกิดอาการเนื้อนิ่มถึงแม้ว่าเปลือกจะยังคงสีเขียวได้ (Wei and Thompson, 1993; Kader, 1997) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเอทิลีนภายในถุงที่บรรจุกล้วยหอมทั้ง 4 ชนิด พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยพบว่าถุงชนิด BOPP มีการสะสมของปริมาณก๊าซเอทิลีนภายในถุงสูง รองลงมาในถุง LDPE PE-1 และ EP ตามลำดับ (Figure 2)

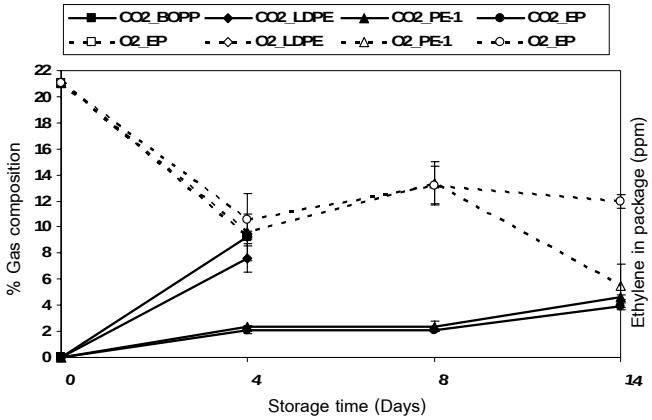

Figure 1 Oxygen and carbon dioxide concentration (%) in packages: BOPP, LDPE, PE-1 and EP bags during storage at 13°C.

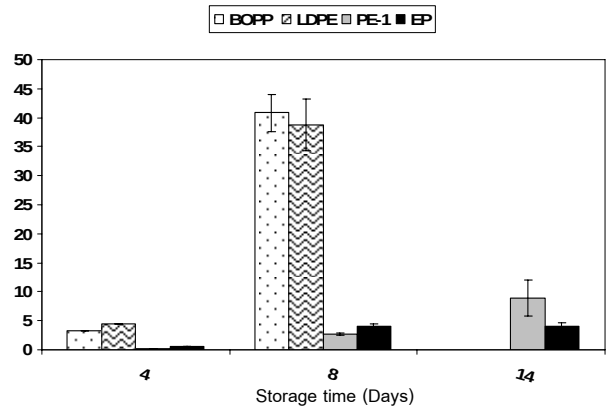

Figure 2 Ethylene concentration (ppm/pack) in BOPP, LDPE, PE-1 and EP bags during storage at 13°C.

จากการทดลองพบว่า ถุง EP และ PE-1 สามารถชะลอการสุกของกล้วยหอมได้นาน 14-17 วัน ซึ่งมากกว่ากล้วยหอมที่ไม่ได้บรรจุลงถุง (ชุดควบคุม) ซึ่งเก็บรักษาได้นานเพียง 4-8 วันจะสุกงอมและเสื่อมสภาพไป แต่เนื่องจากในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา กล้วยหอมที่บรรจุในถุง EP และ PE-1 เกิดการปรากฏของเชื้อราขึ้นบริเวณขั้วผลซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผู้วิจัยจึงหยุดการทดลองในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเอทิลีนภายในถุงพบว่า ถุงชนิด PE-1 จะมีการสะสมของปริมาณก๊าซเอทิลีนภายในถุงมากกว่าถุง EP ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของฟิล์มกำจัดเอทิลีนที่นำมาใช้ทำถุง EP ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการปล่อยปลดเอทิลีนออกจากภายในถุงได้ดีกว่าถุงชนิด PE-1 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเปลือกของกล้วยหอมที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดระดับการสุกของกล้วย (Kader, 1993) การเปลี่ยนแปลงของเปลือกกล้วยหอม พบว่าค่าความสว่าง (L value) มีแนวโน้มลดลงในทุกสิ่งทดลองและค่าสีเขียว (a value) ลดลงสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าสีเหลือง (b value) เปลือกของกล้วยหอมมีการพัฒนาจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวปนเหลืองในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาและในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา เปลือกของกล้วยหอมที่บรรจุถุง PE-1 และ EP มีสีเหลืองโดยบริเวณยอดผลยังคงสีเขียว (การสุกระดับ 5, (Kader,1993)) ส่วนการเปลี่ยนแปลงแพตเทิร์นของแป้ง ซึ่งเป็นการดูการพัฒนาการสุกของกล้วยหอมแบบง่าย โดยดู

จากการติดสีของแป้งในผลกล้วยหอมเมื่อย้อมด้วยไอโอดีน พบว่า หลังจากการเก็บรักษากล้วยหอม 14 วัน กล้วยหอมในถุง PE-1 และ ถุง EP มีการพัฒนาของแพตเทิร์นของแป้งระดับ 1 เป็นระดับ 4 (Kader,1993)

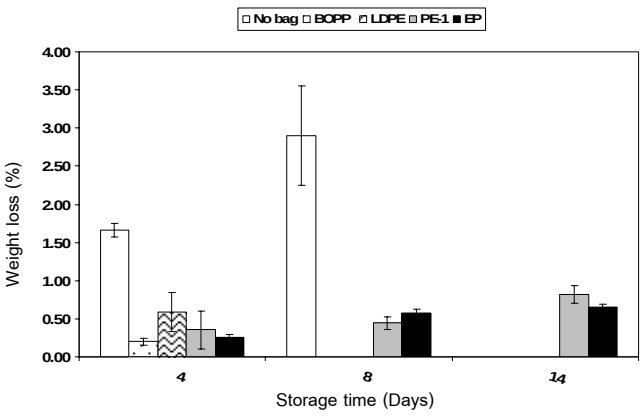

Figure 3. Percentage weight loss of banana were packed in difference bags and storage at 13^{O}C

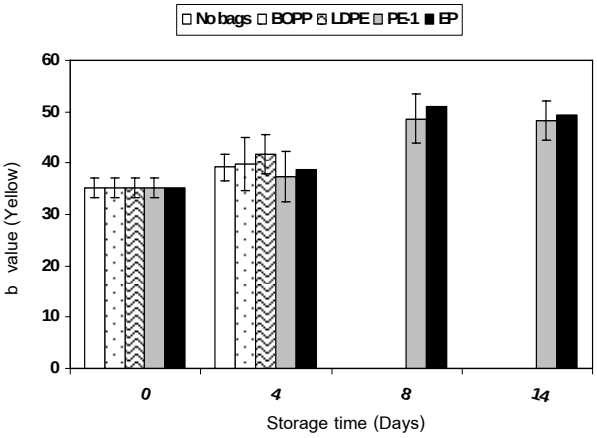

Figure 4. B value (yellow) of banana were packed in BOPP, LDPE, PE-1 and EP bags during storage at 13°C.

การบรรจุกล้วยหอมลงในถุงชนิดต่างๆ สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ โดยกล้วยหอมที่ไม่ได้บรรจุลงถุง พบว่าเกิดการสูญเสียน้ำหนักถึงร้อยละ 3-5 ระหว่างระยะเวลาเก็บรักษาและในวันที่ 14 ของการเก็บรักษาพบว่าหล้วยหอมที่บรรจุลงในถุง PE-1 และ ถุง EP มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าร้อยละ 1 ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา

สรุป

การบรรจุกล้วยหอมระยะก่อนผลสุกซึ่งผ่านการบ่มด้วยถ่านก๊าซในถุงกำจัดก๊าซเอทิลีนสามารถช่วยลดการสะสมของก๊าซเอทิลีนภายในภาชนะบรรจุและชะลอการสุกช่วยยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมได้นาน 14-17 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยหอมที่ไม่บรรจุลงถุงสามารถเก็บรักษาได้เพียง 5-8 วัน และเมื่อนำกล้วยหอมออกจากถุงและเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องปกติกล้วยหอมยังสามารถจะพัฒนาการสุกต่อไปได้ถึงระดับ 7

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ สำหรับเงินทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Kader, A.A. 1993. Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits. In: Postharvest handling of tropical fruits. Proc. Intl. Conf., Chiang Mai, Thailand, July 1993, pp. 239-249.

Kader, A.A. 1997. A summary of CA recommendations for fruits other than apples and pears. In: 7th Intl. Contr. Atmos. Res. Conf., Univ. of California, Davis, July 1997, pp 1-34.

Wei, Y. and A.K. Thompson. 1993. Modified atmosphere packaging of diploid banana *Musa* AA., Postharvest treatment of fruit and vegetables. COST-94 workshop. Leuven, Leuven, pp. 235-246.