Agricultural Sci. J. 38 : 5 (Suppl.) : 238-241 (2007) ว. วิทย. กษ. 38 : 5 (พิเศษ) : 238-241 (2550)

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดและออกซิเจนต่ำสุดที่ทนได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ในสภาพบรรยากาศควบคุม

Maximum CO_2 and minimum O_2 tolerance of 'Nam Dok Mai See Thong' mangoes in controlled atmosphere storage

กาญจนา บุญเรือง[1] วาณี ชนเห็นชอบ[2] วรรณี ฉินศิริกุล[1] อศิรา เฟื่องฟูชาติ[1] นภดล เกิดดอนแฝก[1]
สรญา พิบูลย์กุลสัมฤทธิ์[1] และ ชาริณี วิโนทพรรษ์[1]
Kanchana Boonruang[1], Vanee Chonhenchob[2], Wannee Chinsirikul[1], Asira Fuongfuchat[1], Noppadol Kerddonfag[1], Sorraya Phiboonkulsamrit[1] and Charinee Winotapun[1]

Abstract

Study of maximum CO_2 tolerance of 'Nam Dok Mai See Thong' mangoes in controlled atmosphere storage of 0.03 (control), 5, 10, 15 and 20% CO_2 with 17-20% O_2 (balance N_2) in 13°C. Average respiration rate of mangoes are 41.80, 31.55, 32.14, 44.73 และ 50.16 $mlCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ respectively. Elevated CO_2 concentrations decreased weight loss, delay ripening and reduced ethanol accumulation in pulp. Storage atmosphere of 20% CO_2 inhibited anthracnose symptom while another concentrations this symptom occurred after 15 days of storage. Study of minimum O_2 tolerance in controlled atmosphere storage of 20 (control), 15, 10, 5 and 0% O_2 with 0.03% CO_2 (balance N_2). Average respiration rate of mangoes are 43.01, 46.20, 40.78, 29.37 and 14.82 $mlCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ respectively. Reduced O_2 concentrations increased weight loss of mangoes. Storage atmosphere of 0% O_2 inhibited anthracnose symptom and ripening but generated high ethanol accumulation and caused fermentation. Other O_2 concentrations did not cause fermentation but presented anthracnose symptom and appeared of black vessel disorder in peel and pulp after 15 days of storage.

Keywords: 'Nam Dok Mai See Thong' mango, Controlled atmosphere storage, Tolerance

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดที่มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทนได้ ในการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม โดยให้ความเข้มข้นของออกซิเจนคงที่ 18-20% และปรับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เป็น 0.03, 5, 10, 15 และ 20% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C มะม่วงมีอัตราการหายใจเฉลี่ย 41.80, 31.55, 32.14, 44.73 และ 50.16 $mlCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ ตามลำดับ การเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ทุกความเข้มข้นช่วยลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการสุกโดยลดสัดส่วนของ TSS/TA และลดการเกิดเอทานอล มะม่วงที่เก็บรักษาในสภาพที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 5. 10 และ 15% ปรากฏอาการของโรคแอนแทรคโนสวันที่ 20 ส่วนที่คาร์บอนไดออกไซด์ 20% ไม่เกิดโรคและสามารถชะลอการสุกได้นานที่สุดโดยไม่เกิดอาการผิดปกติ มีอายุเก็บรักษา 20-25 วัน การศึกษาปริมาณออกซิเจนต่ำสุดโดยให้ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์คงที่ 0.03% และปรับความเข้มข้นของออกซิเจนเป็น 15, 10, 5 และ 0% มะม่วงมีอัตราการหายใจเฉลี่ย 43.01, 46.20, 40.78, 29.37 และ 14.82 $mlCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ ตามลำดับ การลดความเข้มข้นของออกซิเจนทุกความเข้มข้นทำให้มะม่วงมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากกว่า Control มะม่วงทุกทรีทเม้นท์ยกเว้นที่เก็บรักษาในสภาพที่ออกซิเจนเป็น 0% ปรากฏอาการเน่าของโรคแอนแทรคโนสเป็นจุดดำที่ผิวหลังวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ร่วมกับอาการท่อลำเลียงเป็นสีดำทั้งที่บริเวณเปลือกและเนื้อผลอย่างเด่นชัดในวันที่ 20 ในสภาพที่ออกซิเจนเป็น 0% ยับยั้งการสุก เกิดการสร้างเอทานอลสูงและทำให้มะม่วงเกิดการหมักดอง

คำสำคัญ: มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง, สภาพบรรยากาศควบคุม, ความต้านทาน

[1] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
[1] National Metal and Materials Technology Center, National Science and Technology Development Agency, Pathumthani 12120 Thailand
[2] ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรุงเทพฯ 10900
[2] Department of Packaging Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900 Thailand

คำนำ

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของไทยในปัจจุบัน และเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก (Suwaphanich and Haewsungcharern, 2005) โดยเฉพาะญี่ปุ่นซึ่งมีอำนาจการซื้อสูง และมีปริมาณความต้องการเพิ่มขึ้นทุกปี แต่การส่งออกมะม่วงไทยมีปัญหาเรื่องการขนส่งทางอากาศ ที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง และเที่ยวบินไม่เพียงพอ ทำให้ผลผลิตเน่าเสียง่ายเพราะตกเที่ยวบินที่จองไว้ การขนส่งทางเรือจึงเป็นทางเลือกหนึ่งเพราะสามารถส่งได้ปริมาณมากกว่าและค่าใช้จ่ายต่ำกว่า แต่ใช้เวลาในการขนส่งนาน ทางหนึ่งที่จะช่วยรักษาคุณภาพของผลิตผลไว้ได้ก็คือ การใช้สภาพบรรยากาศควบคุม / ดัดแปลง (Controlled / Modified atmosphere) (Mitra and Baldwin, 1997) ซึ่งหากมีการพัฒนาสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสม เช่น เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์แอคทีฟที่ช่วยชะลอการสุก ยืดอายุเก็บรักษา และรักษาคุณภาพของผลิตผลให้เป็นที่ยอมรับของตลาดได้ จะช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายได้อย่างมาก ในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับความทนต่อการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์และการลดออกซิเจน และศึกษาผลของก๊าซที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อสรีรวิทยาและคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เพื่อสร้างเป็นฐานข้อมูลและนำมาใช้ในการพัฒนาวิธีการเก็บรักษาและการบรรจุในสภาพบรรยากาศควบคุม / ดัดแปลงที่เหมาะสมกับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองความแก่ประมาณ 85% น้ำหนักประมาณ 300 กรัม ผ่านกระบวนการ Hot Dip และอบไอน้ำจากบริษัทสยามเอ็กซ์พอร์ตมาร์ท (Siam Export Mart) นำมาทำการคัดความแก่อีกครั้ง โดยการจุ่มน้ำและลอยในน้ำเกลือ 2% นำไปล้างในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 200 ppm ผึ่งให้แห้งและนำไปเข้าระบบบรรยากาศควบคุม ที่มีอุณหภูมิ 13°C โดยบรรจุมะม่วงในโหลแก้วปริมาตร 3,200 มล.ที่ต่อกับ Flow Board ที่ต่อสาย CA ซึ่งปรับความเข้มข้นของแก๊สตามที่กำหนดและมีความเร็วลมประมาณ 150 มล./นาที โหลละ 2 ผล โดยมีทรีทเม้นท์ ดังนี้ การทดลองหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดที่มะม่วงทนได้ ปรับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละทรีทเม้นท์เป็น 0.3, 5, 10, 15 และ 20% โดยให้ออกซิเจนมีความเข้มข้นคงที่ 17-20% และการทดลองหาปริมาณออกซิเจนต่ำสุดที่มะม่วงทนได้ ปรับความเข้มข้นของออกซิเจนแต่ละทรีทเม้นท์เป็น 21, 15, 10, 5 และ 0% ตามลำดับ บันทึกผลทุก 5 วัน ได้แก่ อัตราการหายใจและปริมาณแก๊สในระบบ (GC, Agilent 6890) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก สีเปลือกและสีเนื้อ (Minolta CR310) ความแน่นเนื้อ (Testometric, 0.75 mm probe) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) (ATAGO, Hand Refractometer) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และปริมาณเอทานอลในเนื้อ (Chrompac CP 2002) ระยะเวลาในการทำการทดลอง: 6 กุมภาพันธ์ ถึง 3 มีนาคม 2550

ผลและวิจารณ์

การศึกษาการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่มะม่วงทนได้ มะม่วงมีอัตราการหายใจเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 จาก 5-20% มีค่า 31.55, 32.14, 44.73 และ 50.16 $mlCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ ตามลำดับ Control มีอัตราการหายใจเฉลี่ย 41.80 $mlCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ การเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 ช่วยชะลอและลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ในวันที่ 15 มะม่วงที่เก็บรักษาใน CO_2 10, 5 และ 20% มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำใกล้เคียงกัน มีค่า 2.01, 2.05 และ 2.06% ตามลำดับ ใน CO_2 15% มะม่วงมีการสูญเสียน้ำหนัก 2.51% Control มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าทุกทรีทเม้นท์และมีค่าสูงสุดในวันที่ 15 เท่ากับ 2.62% ความแน่นเนื้อของมะม่วงวันเริ่มต้นมีค่า 83.7 N จากนั้นวันที่ 5 มะม่วงที่เก็บใน CO_2 20 และ 15% มีความแน่นเนื้อสูงกว่า Control, CO_2 5 และ 10% เท่ากับ 20.89, 19.16, 14.14. 12.83 และ 8.02 N ตามลำดับ จากนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน วันที่ 15 ค่าความแน่นเนื้ออยู่ระหว่าง 2.79-3.66 N สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) Control และ CO_2 5% เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าใกล้เคียงกัน วันที่ 15 มะม่วงที่เก็บรักษาใน CO_2 5%, Control, CO_2 10, 15 และ 20% มีค่า TSS/TA 28.13, 23.11, 15.89, 14.76 และ 9.95 ตามลำดับ (Figure 1 A) สีเปลือกที่ CO_2 20% เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลืองช้าที่สุด รองลงมาคือ CO_2 15% ส่วนสีเนื้อทุกทรีทเม้นท์ไม่ค่อยแตกต่างกัน จากผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า CO_2 ความเข้มข้น 20% ช่วยชะลอการสุกของมะม่วงได้ (Rothan *et al.,* 1997) ทำให้สัดส่วน TSS/TA ต่ำกว่าทุกทรีทเม้นท์ และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีและความแน่นเนื้อในช่วงวันแรกๆ แต่หลังจากนั้นที่ความแน่นเนื้อของมะม่วงลดลงไม่แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะ CO_2 ไม่มีผลในการช่วยรักษาความแน่นเนื้อ ปริมาณเอทานอลในเนื้อมะม่วงในวันเริ่มต้นมีค่า 1.22% จากนั้นตรวจพบปริมาณลดลงในวันที่ 5 และ 10 และส่วนใหญ่เพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 15 โดย CO_2 15, 5 และ 20% มีปริมาณเอทานอล 2.23, 2.19 และ 1.96% ตามลำดับ คล้ายคลึงกับที่พบว่ามีปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้นในสตรอเบอร์รี่พันธุ์ 'Aramas' และ 'Selva' ที่เก็บรักษาใน CO_2 20% (Pelayo *et al.,* 2003) ส่วน Control มีค่า 0.92% แต่มะม่วงที่ CO_2 10%

มีปริมาณเอทานอลลดลง มีค่า เท่ากับ 0.32% (Figure 1 B) วันที่ 20 Control, CO_2 5 และ 10% ปรากฏอาการของโรคแอนแทรคโนสเด่นชัด ส่วน CO_2 15% ปรากฏอาการของโรคเล็กน้อย และมะม่วงที่เก็บรักษาที่ CO_2 20% ไม่ปรากฏอาการของโรคเลย คาดว่า CO_2 ที่ความเข้มข้นสูงช่วยยับยั้งอาการของโรคแอนแทรคโนสได้ เช่นเดียวกับอโวคาโดที่ได้รับ CO_2 30% ช่วยยับยั้งผลเน่าจากเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุของโรคแอนแทรคโนสได้ดีกว่าที่ความเข้มข้นต่ำลงมา (Prusky *et al.*, 1993) มะม่วงที่ได้รับ CO_2 20% มีอายุเก็บรักษานานที่สุด 20-25 วัน รองลงมาได้แก่ มะม่วงที่ได้รับ CO_2 15% มีอายุเก็บรักษา 15-20 วัน ส่วนที่ CO_2 10 และ 5% และ Control มีอายเก็บรักษา 15 วัน (Figure 3 A)

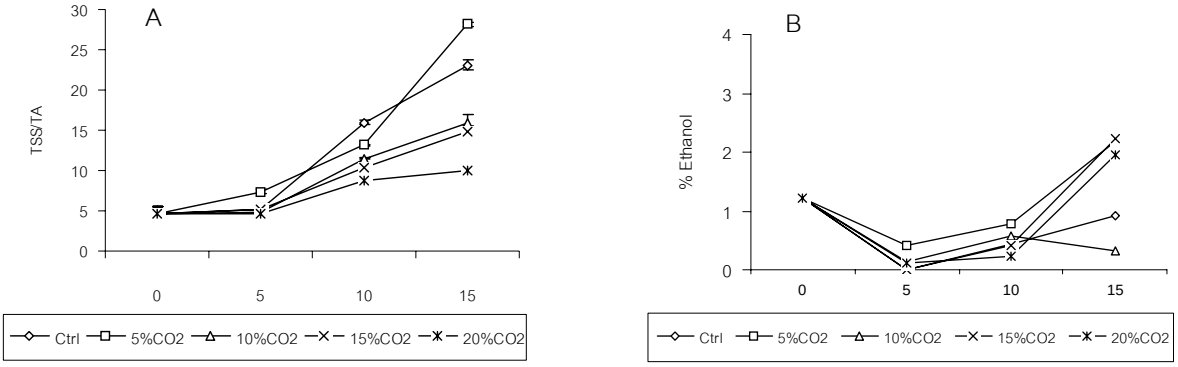

Figure 1 TSS/TA (A) and ethanol concentration (B) of 'Nam Dok Mai See Thong' mangoes in various CO_2 concentration under controlled atmosphere storage at 13°C

การศึกษาการลดปริมาณออกซิเจนที่มะม่วงทนได้ มะม่วงมีอัตราการหายใจเฉลี่ยลดลงเมื่อลดความเข้มข้นของ O_2 จาก 21-0% มีค่า 43.01, 46.20, 40.78, 29.37 และ 14.82 $mlCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ตามลำดับ และที่ O_2 0 และ 5% ไม่เกิดการหายใจแบบ climacteric การลด O_2 ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า Control โดยมีการสูญเสียน้ำหนักดังนี้ คือที่ O_2 5, 0, 15 และ 10% และ Control มีค่า 2.59, 2.57, 2.42, 2.40 และ 2.19% ตามลำดับ มะม่วงที่ได้รับ O_2 ลดลง มีความแน่นเนื้อต่ำกว่า Control ยกเว้นที่ O_2 0% มีความแน่นเนื้อสูงกว่าอย่างเด่นชัด ในวันที่ 15 มีค่า 11.66 N ส่วนทรีทเม้นท์อื่นมีค่าอยู่ในช่วง 2.82-3.15 N สัดส่วน TSS/TA ของมะม่วงที่ O_2 0% มีการเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด คือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย รองลงมาได้แก่ที่ O_2 5% มีสัดส่วน TSS/TA ในวันที่ 15 เท่ากับ 6.47 และ 10.92 ตามลำดับ ส่วน O_2 10, 15% และ Control เท่ากับ 28.88, 28.61 และ 18.98 ตามลำดับ (Figure 2 A) มะม่วงที่ O_2 0% มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกช้าที่สุด และเนื้อไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง จากข้อมูลข้างต้นชี้ให้เห็นว่า การลด O_2 มีผลต่อการชะลอและลดอัตราหายใจแบบ Climacteric ของมะม่วง และมีผลชะลอการสุกอย่างเด่นชัด คล้ายกับในกล้วย (Wade, 1974) ปริมาณเอทานอลในเนื้อมะม่วงที่ O_2 0% สูงกว่าทรีทเม้นท์อื่นอย่างเด่นชัด วันที่ 15 มีค่า 3.38% ส่วนทรีทเม้นท์อื่นมีค่าอยู่ในช่วง 0.2-1.06% (Figure 2 B) วันที่ 20 ทุกทรีทเม้นท์ยกเว้นที่ O_2 0% ปรากฏอาการของโรคแอนแทรคโนส และท่อลำเลียงบริเวณเปลือกและเนื้อเปลี่ยนเป็นสีดำ ซึ่งอาการนี้ยังไม่สามารถระบุสาเหตุได้แน่ชัด

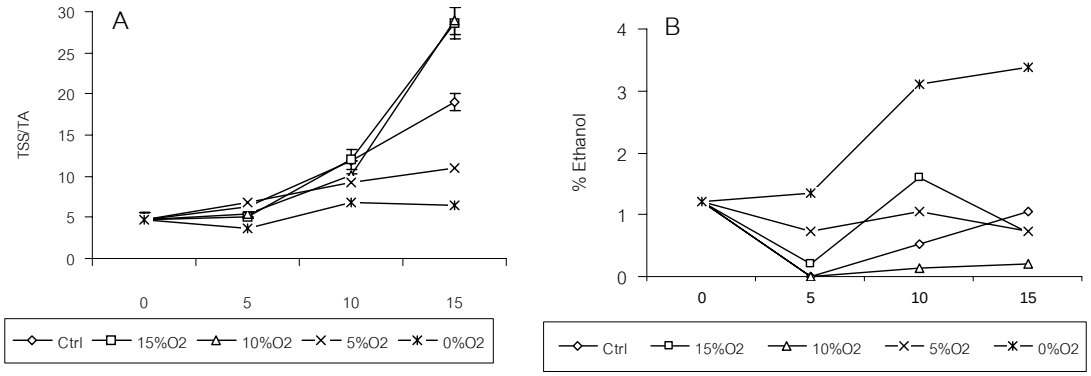

Figure 2 TSS/TA (A) and ethanol concentration (B) of 'Nam Dok Mai See Thong' mangoes in various O_2 concentration under controlled atmosphere storage at 13°C

เมื่อเก็บมะม่วงที่ O_2 0% ต่อไปจนถึงวันที่ 25 พบว่าเกิดการหมักอย่างรุนแรง เช่นเดียวกับที่พบในลูกแพร์ (Ke *et al*, 1994) เพราะในสภาวะที่ไม่มี O_2 จะชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากกระบวนการหายใจไปสู่การหมัก (Fermentation) แสดงให้เห็นว่าไม่สามารถเก็บรักษามะม่วงในสภาพที่มี O_2 ต่ำถึง 0%ได้ และเนื่องจากการเกิดโรคใน Control, O_2 15, 10 และ 5% และการหมักใน O_2 0% อายุเก็บรักษาในการทดลองนี้จึงเท่ากับ 15 วันทุกทรีทเม้นท์ (Figure 3 B)

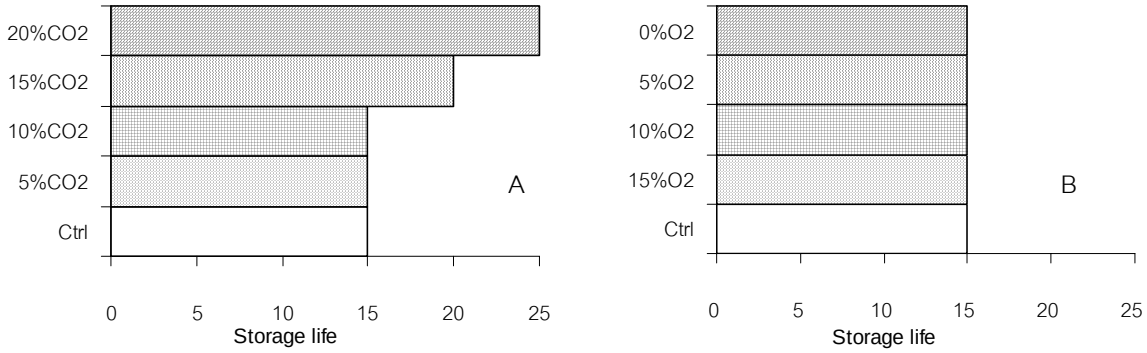

Figure 3 Storage life of 'Nam Dok Mai See Thong' mangoes in various CO_2 concentration (A) and O_2 concentration (B) under controlled atmosphere storage at 13°C

สรุป

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสามารถทนการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 20% โดยมีผลช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการสุก และยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนส แต่การลดออกซิเจนถึง 0% ทำให้มะม่วงเกิดการหมัก แม้จะช่วยชะลอการสุกในช่วงแรกและยังยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสและอาการท่อลำเลียงเป็นสีดำในเปลือกและเนื้อได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

Ke D., E. Yahia, M. Mateos and A.A. Kader. 1994. Ethanolic fermentation of 'Bartlett' pears as influenced by ripening stage and atmospheric composition. J. Am. Soc. Hort. Sci. 119: 976–982.

Mitra, S. and E.A. Baldwin. 1997. Mango, pp 85-122. *In* S. Mitra (ed.). Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. CAB International, Wallingford.

Pelayo, C., S.E. Ebeler and A.A. Kader. 2003. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5°C in air or air + 20 kPa CO_2. 27: 171-183.

Prusky, D., R.A. Plumbley., I. Kobiler., G. Zauberman and Y. Fuchs. 1993. The effect of elevated CO_2 levels on the symptom expression of *Colletotrichum gloeosporioides* on avocado fruits. Plant Pathol. 42(6): 900-904.

Rothan, C., S. Duret, C. Chevalier and P. Raymond. 1997. Suppression of ripening-associated gene expression in tomato fruits subjected to a high CO_2 concentration. Plant Physiol. 114: 255-263.

Suwaphanich, R and M. Haewsungcharern. 2005. Application of Thermal Properties for Predict Chilling Injury in Mango Fruits cv. Nam Dok Mai Si Thong. 31st Congress on Science and Technology of Thailand at Suranaree University of Technology, 18 – 20 October 2005.

Wade, N.L. 1974. Effects of oxygen concentration and ethephon upon the respiration and ripening of banana fruits. J. Exp. Bot. 25(5): 955-964.