# คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของมะม่วงโชคอนันต์ภายใต้สภาพควบคุมบรรยากาศ

# Quality and Storage Life of 'Chok Anan' mangoes under Controlled Atmosphere

**กันยารัตน์ วิมลวัฒน์[1] ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1] อรพิน เกิดชูชื่น[2]**
**วิษณุ นิยมเหลา[1] และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์[1]**
Kanyarat Wimonwat[1], Songsin Photchanachai[1], Orapin Kerdchoechuen[2],
Wissanu Niyomloa[1] and Sirichai Kanlayanarat[1]

## Abstract

Effect of controlled atmosphere (CA) on quality and storage life on 'Chok Anan' mangoes (~80% mature green stage) were studied. Mangoes were stored under low $O_2$ (3 and 5%$O_2$) and elevated $CO_2$ (5 and 10%$CO_2$) condition. Storage was done at 13 $^{o}$C and 90$\pm$5 %RH. Result showed that 10% $CO_2$ was the most promising CA treatment in reducing respiration rate, ethylene production, delaying firmness and peel and fresh color changes, maintaining quality and increasing shelf life to longer than 30 days. Other low and /or high treatment resulted in shorter storage life of about 20-25 days.

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสภาพควบคุมบรรยากาศต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของมะม่วงโชคอนันต์ (ความแก่ประมาณ 80%) โดยนำผลมะม่วงมาทำการเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำ (ร้อยละ 3 และ 5) และสภาพบรรยากาศที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง (ร้อยละ 5 และ 10) อุณหภูมิและความชื้นในการเก็บรักษาเท่ากับ 13°C และ 90$\pm$5 เปอร์เซ็นต์ตลอดการทดลอง จากผลการทดลองพบว่า สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 สามารถลดอัตราการหายใจ การผลิตเอธิลีน ชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ รักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 30 วัน สำหรับการเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำหรือสภาพที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงอื่นๆ สามารถเก็บรักษามะม่วงได้นาน 20-25 วัน

## คำนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) เป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย เพราะนอกจากจะมีศักยภาพในการผลิตและการตลาดอยู่ในระดับสูงแล้ว แนวโน้มและลู่ทางในการขยายการส่งออกยังเป็นไปได้มาก (สุจิรา กิจเจริญ, 2544) จากสถิติการส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายตลาดต่างประเทศ ของกรมส่งเสริมการเกษตร (2543) พบว่ามีมูลค่าการส่งออกปริมาณ 8,755 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 164.9 ล้านบาท มะม่วงที่มีการส่งออกส่วนใหญ่เป็นมะม่วงที่บริโภคเมื่อผลสุก ตลาดรับซื้อมะม่วงมีทั้งตลาดในทวีปเอเชีย เช่น มาเลเซีย ฮ่องกง สิงคโปร์ ญี่ปุ่น ไต้หวัน ตลาดยุโรป เช่น อังกฤษ เยอรมัน ฝรั่งเศส เนเธอแลนด์ และตลาดอื่นๆ เช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย (คีรี อำพันสวัสดิ์, 2540) และจากการจัดสัมมนาโต๊ะกลมของกรมวิชาการเกษตรเรื่องพันธุ์มะม่วงไทยกับอนาคตการตลาดเมื่อวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2543 ที่ประชุมมีความเห็นว่า มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ เป็นมะม่วงพันธุ์หนึ่งที่มีศักยภาพสูงสามารถแข่งขันในตลาดเอเชียได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2543) และจากการทดลองวางจำหน่ายมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ของบริษัทเครือเจริญโภคภัณฑ์ (เอกสารของบริษัทเครือเจริญโภคภัณฑ์, 2545) ในงานเทศกาลผลไม้ไทย ห้างโลตัส นครเซียงไฮ้ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนพบว่าได้รับการตอบรับเป็นอย่างดี

อย่างไรก็ตามการส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายตลาดต่างประเทศมีข้อจำกัดในเรื่อง โรคแอนแทรคโนสเมื่อไปถึงตลาดปลายทางและปัญหาเรื่องการขนส่งซึ่งปัจจุบันมีการขนส่ง เฉพาะทางเครื่องบิน แนวทางแก้ไขคือ การพัฒนาขบวนการผลิต การดูแลรักษา วิธีการเก็บเกี่ยว การเตรียมการก่อนการขนส่ง และที่สำคัญได้พัฒนาวิธีการขนส่งจากทางอากาศเป็นการขนส่งทางคอนเทนเนอร์ควบคุมบรรยากาศ (สุจิรา กิจเจริญ, 2544) ร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำ เพื่อรักษาคุณภาพและเพิ่มอายุการเก็บรักษา (Thompson, 1998)

---

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
Division of Postharvest Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien, Bangkok, Thailand 10150
[2] สายวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
Division of Postharvest Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien, Bangkok, Thailand 10150

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่มีอายุ 90 วันหลังดอกบาน คัดเลือกผลมะม่วงให้มีความสม่ำเสมอทั้งขนาดและวัย นำมาล้างทำความสะอาด บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PVC ขนาด 8 x 12 x 4.5 นิ้ว กล่องละ 3 ผล ปิดฝากล่องให้สนิท เติมก๊าซไนโตรเจนเพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในกล่อง หลังจากนั้นเติมก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ได้ความเข้มข้นที่กำหนด คงสภาพบรรยากาศให้คงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90±5 บันทึกผลการทดลองทุก 5 วัน ทำการตรวจวัดผลการทดลองต่างๆ ดังนี้ อัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอธิลีน การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ และปริมาณเอทานอลในเนื้อมะม่วง

## ผลและวิจารณ์

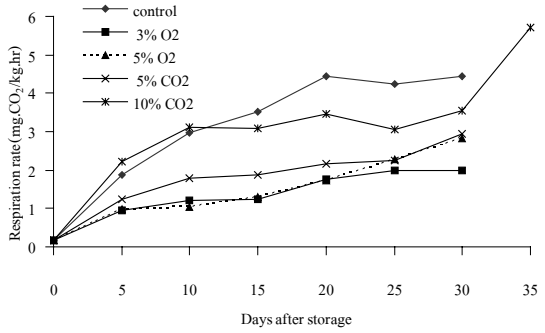
อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา (รูปที่ 1) โดยในสภาพบรรยากาศปกติ (ชุดควบคุม) มีอัตราการหายใจมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพควบคุมบรรยากาศอื่นๆ เนื่องจากการหายใจของผลิตผลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของบรรยากาศรอบๆ จากการศึกษาของ Noguchi และคณะ (1998) พบว่า สภาพที่มีก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของสารตัวกลางในกระบวนการ glycolysis ได้ ส่วนสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงมีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ succinic dehydroganase ใน Kreb's cycle ทำให้กระบวนการหายใจดำเนินไปตามปกติไม่ได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538) อัตราการผลิตเอธิลีน (รูปที่ 2) พบว่าชุดควบคุมเริ่มผลิตเอธิลีนในวันที่ 15 และค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนเพิ่มขึ้นมากที่สุดในวันที่ 30 ส่วนสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงไม่สามารถตรวจวัดการผลิตเอธิลีนได้ในช่วงแรก จนกระทั่งวันที่ 20-25 วัน สภาพที่มีก๊าซออกซิเจนร้อยละ 3 เริ่มผลิตเอธิลีน และเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในวันที่ 25 ในขณะที่สภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 ผลิตเอธิลีนเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 35 ส่วนสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ผลิตเอธิลีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 30 ซึ่ง Gorny และ Kader (1996) กล่าวว่า สภาพควบคุมบรรยากาศสามารถยับยั้งการสังเคราะห์เอธิลีนแบบ autocatalytic (system II) ในเนื้อเยื่อพืชได้ โดยมีผลในการลดกิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase (Vriezen และคณะ, 1999) และเอนไซม์ ACC synthase (Gorny และ Kader, 1996)

การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อพบว่า ใน 20 วันแรกทุกวิธีการทดลองความแน่นเนื้อค่อยๆ ลดลง หลังจากนั้นในวันที่ 25 ชุดควบคุมและสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำ (ร้อยละ 3 และ 5) ความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่สภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 30 ส่วนสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 ความแน่นเนื้อเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วง 30 วัน หลังจากนั้นในวันที่ 35 ความแน่นเนื้อจึงเริ่มลดลง (รูปที่ 3) เนื่องจากสภาพควบคุมบรรยากาศสามารถลดอัตราการหายใจและการผลิตเอธิลีนได้ (Kader, 1986) ซึ่งส่งผลทำให้ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ polygalacturonase (PG) ได้ (Wei-Zhou และคณะ, 2000) จึงทำให้ผลมะม่วงมีความแน่นเนื้อสูงกว่าชุดควบคุม

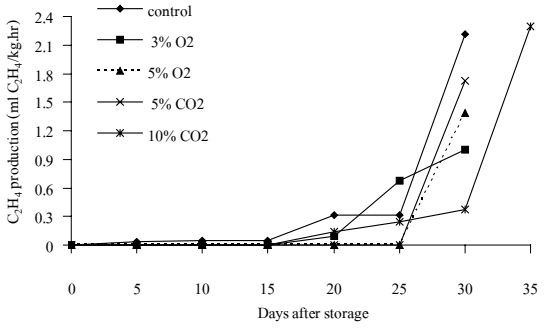
การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อพิจารณาจากการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างค่า L a และ b Hunter Scale โดยคำนวณเป็นดัชนีการเกิดสีเหลือง (Yellow Index) พบว่า ในช่วง 20 วันแรกของการเก็บรักษาทุกวิธีการทดลองเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเพียงเล็กน้อย (รูปที่ 4 ) หลังจากนั้นในวันที่ 30 ชุดควบคุมเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกอย่างรวดเร็ว ส่วนสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำ (ร้อยละ 3 และ 5) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง (ร้อยละ 5 และ 10) สีเปลือกเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา สำหรับดัชนีการเกิดสีเหลืองของสีเนื้อ ในวันที่ 25 ชุดควบคุมมีดัชนีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมากที่สุด (รูปที่ 5) สภาพที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำ (ร้อยละ 3 และ 5) ในวันที่ 25 และ 30 สีเนื้อเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่วนสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง (ร้อยละ 5 และ 10) ช่วง 25 วันเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จนกระทั่งวันที่ 30 สภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 สีเนื้อเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ส่วนสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 สีเนื้อเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา แสดงว่าสภาพควบคุมบรรยากาศสามารถชะลอการสลายตัวของคลอโรฟีลล์ (Makhloufet และคณะ, 1989; Yamauchi และ Watada, 1996) โดยมีผลยับยั้งการผลิตเอธิลีนและลดกิจกรรมของเอนไซม์ pheophobide oxygenase (Matile และคณะ, 1999) ซึ่งทำหน้าที่ในการเปลี่ยนคลอโรฟีลล์ให้อยู่ในรูปไม่มีสี (colorless) จึงทำให้สีของเปลือกผลมะม่วงยังคงสีเขียวได้เป็นเวลานาน

จากการศึกษาปริมาณเอทานอลในเนื้อมะม่วง พบว่าเอทานอลมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 5 วันแรกและค่อนข้างคงที่จนกระทั่งวันที่ 20 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 6) หลังจากนั้นในวันที่ 25 ชุดควบคุมมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากกว่าสภาพบรรยากาศอื่นๆ จนกระทั่งวันที่ 30 ทุกวิธีการทดลองมีปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ยกเว้นในสภาพที่มีก๊าซ

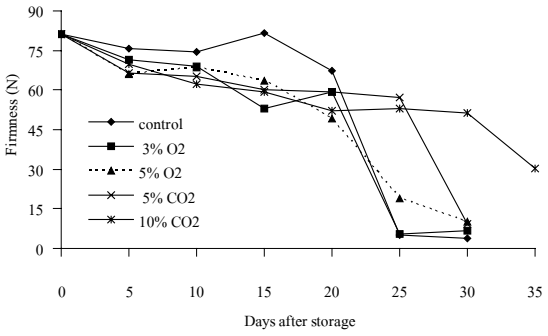
คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 แต่เมื่อเก็บรักษาต่อไปนาน 35 วัน พบว่าเอทานอลในผลมะม่วงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเกิดกระบวนการหมัก (Ke และคณะ, 1995) ส่งผลให้ผลิตผลมีกลิ่นรสที่ผิดปกติ (Ke และคณะ, 1994)



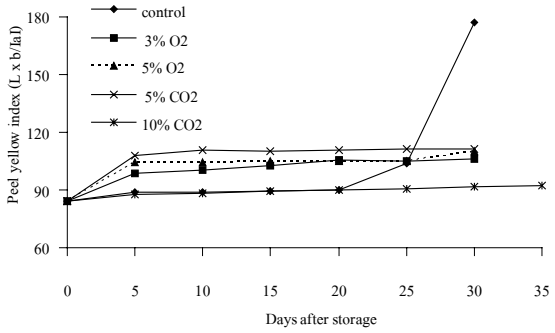

**รูปที่ 1** อัตราการหายใจของผลมะม่วงที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างๆ ที่อุณหภูมิ 13°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90±5



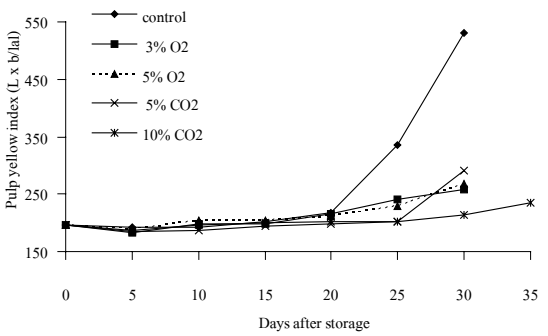

**รูปที่ 2** อัตราการผลิตเอธิลีนของผลมะม่วงที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างๆ ที่อุณหภูมิ 13°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90±5



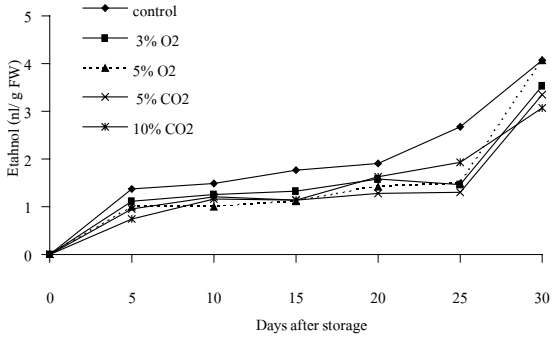

**รูปที่ 3** ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างๆ ที่อุณหภูมิ 13°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90±5




**รูปที่ 4** ดัชนีการเกิดสีเหลืองของสีเปลือกของผลมะม่วงที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างๆ ที่อุณหภูมิ 13°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90±5




**รูปที่ 5** ดัชนีการเกิดสีเหลืองของสีเนื้อของผลมะม่วงที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างๆ ที่อุณหภูมิ 13°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90±5




**รูปที่ 6** ปริมาณเอทานอลของเนื้อผลมะม่วงที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างๆ ที่อุณหภูมิ 13°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90±5

**สรุป**

จากการทดลองพบว่าการเก็บรักษามะม่วงโชคอนันต์ในสภาพควบคุมบรรยากาศสามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาได้ โดยเฉพาะสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นสภาพที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์โชคอนันต์


## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้รับทุนสนับสนุนจาก โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว


## เอกสารอ้างอิง


กรมวิชาการเกษตร, 2543, "มะม่วงเพื่อการส่งออก", **วารสารเคหการเกษตร**, ปีที่ 24, ฉบับที่ 4, หน้า 76-80.

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543, "**สถิติการส่งออกผักและผลไม้**", ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผักและผลไม้, ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2 หน้า.

คีรี อำพันสวัสดิ์, 2540, "มะม่วง", ใน **ไม้ผลเศรษฐกิจ**, พิมพ์ครั้งที่ 1, 159 หน้า.

เครือเจริญโภคภัณฑ์, 2545, "พันธุ์มะม่วงโชคอนันต์เพื่อการส่งออก", **วารสารบัวบาน**, ปีที่ 22 ฉบับที่ 282, 12 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช, 2538, "องค์ประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว", ใน **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 396 หน้า.

สุจิรา กิจเจริญ, 2544, "เรื่องผลไม้ไทยศักยภาพการส่งออกของประเทศ", **วารสารส่งเสริมการเกษตร**,กองเกษตรสัมพันธ์, ปีที่ 32 ฉบับที่ 159, หน้า 2-4.

Gorney, J. R. and Kader, A. A., 1996, "Relation of Ethylene Biosynthesis in Climacteric Apple Fruit by Elevated $CO_2$ and Reduced $O_2$ Atmosphere", **Postharvest Biology and Technology**, Vol. 9, pp. 311-323.

Ke, D., Yahia, E., Mateos, M. and Kader, A. A., 1994, "Ethanolic Fermentation of Bartlett Pears as Influenced by Ripening Stage and Atmospheric Composition", **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Vol. 119, pp. 976-982.

Ke, D., Yahia, E., Hes, B., Zhou, L. and Kader, A. A., 1995, "Regulation of Fermentative Metabolism in Avocado Fruit under Oxygen and Carbon Dioxide Stress", **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Vol. 120, No. 3 pp. 481-490.

Matile, P., Hortensteiner, S. and Thomas, H., 1999, "Chlorophyll Degradation", **Annual Review. Plant Physiology**, Vol. 50, pp. 67-95.

Makhloufet, J., Willemot, C., Arul, J., castaigne, F. and Emond, J. P., 1989, "Long Term Storage of Broccoli under Controlled Atmosphere", **HortScience**, Vol. 24, pp. 637-639.

Noguchi, H. K., Watada, A. E. and Qi. L., 1998, "Glycolysis of Carrot Shreds Increased under Low $O_2$ Atmosphere", **Acta Horticulturae**, Vol. 464, pp. 243-247.

Thompson, A. K., 1998, "Controlled Atmosphere Storage in UK", In **Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables**, CAB International, New York, pp. 6-9.

Vriezen, W. H., Hulzink, R., Mariani, C. and Voesenek, L. A. C. J., 1999, "1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate Oxidase Activity Limits Ethylene Biosynthesis in *Rumex palustris* during Submergence", **Plant Physiology**, Vol.121, pp. 189-195.

Wei-Zhou, H., Lurie, S., Lers, A., Khatchitski, A., Sonego., and Ben-Arie, R., 2000, "Delayed Storage and Controlled Atmosphere Storage of Nectarines : Two Strategies to Prevent Wooliness", **Postharvest Biology and Technology**, Vol. 18, pp. 133-141.

Yamaguchi, N. and Watada, A. E., 1996, "Mechanism of Chlorophyll Degradation in Broccoli Flower Buds", **Journal of the Japan Society for Horticultural Science**, Vol. 65, pp. 544-545.