Agricultural Sci. J. 44 : 3 (Suppl.) : 41-44 (2013) ว. วิทย. กษ. 44 : 3 (พิเศษ) : 41-44 (2556)

การใช้สภาวะปราศจากออกซิเจนระยะสั้นเพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด

The Use of Short-Term Anoxia Conditions to Reduce Internal Browning Symptoms in Pineapple

หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล[1] และ ธนิตชยา พุทธมี[2,3]

Hataitip Nimitkeatkai[1] and Thanidchaya Puthmee[2,3]

Abstract

The effects of short-term anoxia conditions on quality and internal browning symptoms were investigated in pineapple fruit [*Ananas comosus* (L.) Merr.] cv. Trad-Seethong. Oxygen gas in the atmosphere around fruit was replaced with nitrogen gas for 0 (control), 6, 12 and 24 hours before the storage of pineapple. Fruits were stored at 10°C, 85% RH for 10 and 20 days, then moved to 28°C (room temperature) for 3 days to examine the quality. The results showed that anoxia conditions for 12 and 24 hours reduced respiration rate and maintained the level of total soluble solid. Lightness (L* value) of fruit pulp decreased in all treatments especially in control fruit which related to the internal browning score. At 3 days of shelf-life after stored for 10 days, anoxia conditions for 12 and 24 hours delayed internal browning symptom followed by anoxia conditions for 6 hours and control, respectively. However, there were no significant difference in lightness and internal browning score of fruit after stored for 20 days. Furthermore, short-term anoxia conditions induced an accumulation of ethanol in fruit pulp which varied according to the exposure time.

Keywords: anoxia condition, internal browning symptom, pineapple

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้สภาวะบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจน (anoxia condition) ระยะสั้นก่อนเก็บรักษาต่อคุณภาพและอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง โดยการผ่านก๊าซไนโตรเจนเพื่อแทนที่ก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศเป็นระยะเวลา 0 (ชุดควบคุม), 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 นาน 10 และ 20 วัน จากนั้นจึงย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เป็นระยะเวลา 3 วัน เพื่อศึกษาคุณภาพระหว่างการวางจำหน่าย จากการทดลองพบว่า สภาวะ anoxia ที่ระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง มีผลในการลดอัตราการหายใจและชะลอการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ส่วนความสว่าง (L* value) ของเนื้อสับปะรดมีค่าลดลงในทุกชุดทดลองโดยเฉพาะในชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนอาการ ไส้สีน้ำตาลของเนื้อสับปะรดที่ผ่านสภาวะ anoxia นาน 12 และ 24 ชั่วโมง หลังจากเก็บรักษานาน 10 วัน พบว่าในวันที่ 3 ของการวางจำหน่าย สับปะรดที่ผ่านสภาวะ anoxia นาน 12 และ 24 ชั่วโมง มีคะแนนอาการไส้สีน้ำตาลต่ำกว่าสับปะรด ที่ผ่านสภาวะ anoxia นาน 6 ชั่วโมงและชุดควบคุม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความสว่างและคะแนนอาการไส้สีน้ำตาลในเนื้อสับปะรดจากแต่ละชุดทดลอง หลังจากเก็บรักษานาน 20 วัน นอกจากนี้การใช้สภาวะ anoxia ระยะสั้น มีผลทำให้ปริมาณเอทานอลสะสมในเนื้อสับปะรดสูงกว่าในชุดควบคุม โดยปริมาณเอทานอลจะ แปรผันตามระยะเวลาที่สับปะรดได้รับสภาวะ anoxia

คำสำคัญ : สภาวะปราศจากออกซิเจน, อาการไส้สีน้ำตาล, สับปะรด

คำนำ

สับปะรดจัดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญคือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ตราด ระยอง และชุมพร สับปะรดนอกจากจะเป็นที่นิยมของผู้บริโภคภายในประเทศแล้ว ยังเป็นผลิตผลส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ ปัญหาที่สำคัญที่เกิดกับผลสับปะรดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา

[1] สาขาวิชาความปลอดภัยทางอาหารในธุรกิจเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จ. พะเยา 56000

[1] Division of Food Safety in Agri-Business, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, 56000

[2] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[2] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

[3] The United Graduate School of Agricultural Sciences, Iwate University, Tsuruoka, 997-8555 Japan

นานๆ เช่นการขนส่งทางเรือ หรือห้องเย็น คืออาการไส้สีน้ำตาล (จริงแท้, 2538) หรือ chilling injury ซึ่งเป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลสับปะรด โดยมีลักษณะเป็นจุดสีคล้ำบริเวณเนื้อภายในใกล้แกนกลางของผล และจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยววิธีการต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาอาการไส้สีน้ำตาลและยืดอายุการเก็บรักษาสับปะรด ได้แก่ การเก็บรักษาในสภาพควบคุมและดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (Wijeratnam *et al*., 1997) และการเคลือบผิว (Nimitkeatkai *et al*., 2006) เป็นต้น

การใช้สภาพบรรยากาศแบบ anoxia หรือ สภาพที่ไม่มีออกซิเจน เป็นระยะเวลาสั้นๆ ก่อนเก็บรักษา พบว่าสามารถชะลอการสุกและลดการเกิดอาการผิดปกติทางสรีระได้ (Pesis *et al*., 1993; Song *et al*., 2009) และยังเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายอีกวิธีหนึ่ง แต่ในปัจจุบันงานวิจัยกับผลไม้ที่ใช้วิธีนี้ยังมีน้อย เนื่องจากมีข้อจำกัดในการใช้วิธีนี้คือ ระยะเวลาในการใช้สภาพ anoxia ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล โดยผลไม้ต่างชนิดกันจะมีความทนทานต่อสภาพขาดออกซิเจนที่แตกต่างกัน

ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่จะศึกษาความไวในการตอบสนองต่อสภาพ anoxia และความเป็นไปได้ในการใช้สภาพ anoxia ในระยะสั้น ก่อนการเก็บรักษา ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ โดยเฉพาะการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล และยืดอายุการเก็บรักษาของสับปะรด

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองจากสวนของเกษตรกร ที่ทำการเก็บเกี่ยวผลที่มีความบริบูรณ์โดยพิจารณาจากการเกิดสีเหลืองของตาจำนวน 2 แถว คัดเลือกผลที่มีความสม่ำเสมอ ขนาดใกล้เคียงกันและไม่มีตำหนิหรือบาดแผล นำสับปะรดมาทำการล้างให้สะอาดและจุ่มในสารละลายเบโนมิล 500 ppm นาน 5 นาที เพื่อควบคุมการเข้าทำลายของเชื้อรา แล้วปล่อยให้แห้ง จากนั้นทำการทดลองตามวิธีการต่างๆ ที่กำหนด

นำสับปะรดเก็บรักษาในกล่องพลาสติกขนาด 20 ลิตร โดยมีการผ่านก๊าซไนโตรเจนที่ความเร็ว 80 มิลลิลิตรต่อนาที ตามระยะเวลาที่กำหนด คือ 0 (ชุดควบคุม) 6 12 และ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85-90 เป็นเวลา 10 และ 20 วัน จึงย้ายออกมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) ทำการบันทึกข้อมูลในวันที่ 3 สุ่มตัวอย่างสับปะรดจากแต่ละชุดทดลองมาตรวจวัดอัตราการหายใจ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าความสว่าง (L* value) ของเปลือกและเนื้อ คะแนนอาการไส้สีน้ำตาล และปริมาณเอทานอลในเนื้อสับปะรด โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ในแต่ละชุดทดลองมี 3 ซ้ำๆ ละ 1 ผล

ผล

อัตราการหายใจของสับปะรดในชุดควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 26.28 mg CO_2/kg. h เป็น 55.92 mg CO_2/kg.h ภายหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 10 วันแล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน ส่วนสับปะรดที่ผ่านการรมด้วยก๊าซไนโตรเจนเป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่สับปะรดที่ผ่านสภาวะ anoxia นาน 6 ชั่วโมง มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจเช่นเดียวกับสับปะรดในชุดควบคุม (Figure 1A)

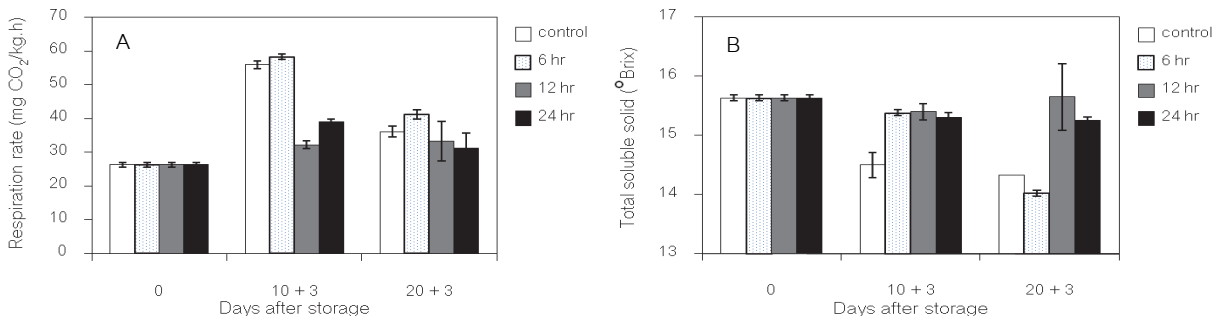

Figure 1 Respiration rate (A) and total soluble solid (B) of pineapple after short-term anoxic treatment after storage at 10°C for 10 and 20 days and transferred to 28°C for 3 days.

สับปะรดในชุดควบคุมมีการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อย่างรวดเร็วในระหว่างเก็บรักษา ส่วนสับปะรดที่ผ่านสภาวะ anoxia มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ยกเว้นสับปะรดที่ผ่านสภาวะ anoxia นาน 6 ชั่วโมง ที่มีการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน (Figure 1B)

ค่าความสว่างของเนื้อสับปะรด แสดงในรูปของ L* value ถ้าค่า L* สูงแสดงว่ามีความสว่างมาก แต่ถ้าค่า L* ต่ำแสดงว่ามีสีเข้ม (Figure 2A) จากการทดลองพบว่าในวันที่ 3 ของการวางจำหน่าย ค่าความสว่างของสับปะรดในชุดควบคุมลดลงมากกว่าสับปะรดที่ผ่านสภาวะ anoxia ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน เช่นเดียวกับคะแนนอาการไส้สีน้ำตาล ที่พบว่าสับปะรดในชุดควบคุมแสดงอาการไส้สีน้ำตาลสูงที่สุด (Figure 2B) อย่างไรก็ตามภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน ไม่พบความแตกต่างของค่าความสว่างและคะแนนอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดในชุดควบคุมและในชุดที่ผ่านสภาวะ anoxia

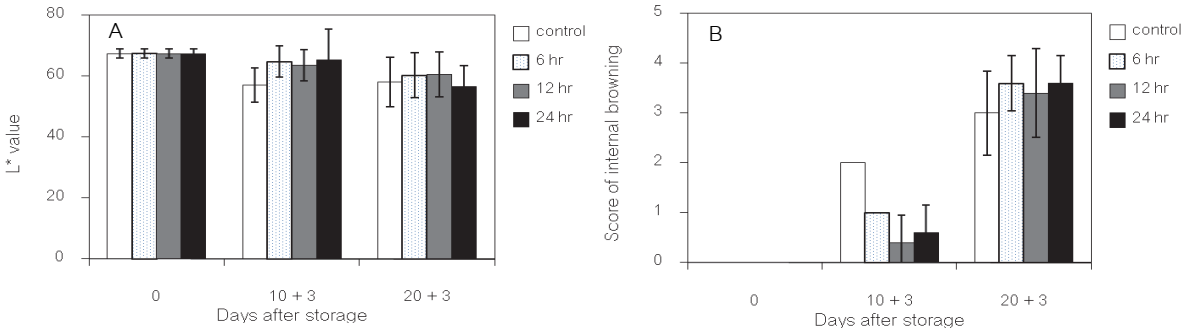

Figure 2 L* value (A) and score of internal browning (B) of pineapple after short-term anoxic treatment after storage at 10°C for 10 and 20 days and transferred to 28°C for 3 days.

สับปะรดที่ผ่านสภาวะ anoxia เริ่มมีการสะสมแอลกอฮอล์ในเนื้อหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน และมีการสะสมเพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน และมีปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าสับปะรดในชุดควบคุม โดยสับปะรดที่ผ่านสภาวะ anoxia นาน 24 ชั่วโมง มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ผ่านสภาวะ anoxia นาน 12 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ (Figure 3)

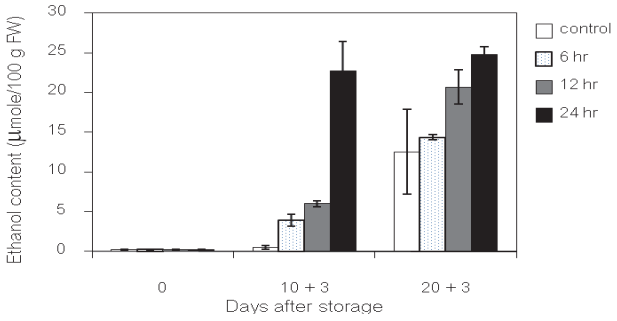

Figure 3 Ethanol content of pineapple after short-term anoxic treatment after storage at 10°C for 10 and 20 days and transferred to 28°C for 3 days.

วิจารณ์ผลการทดลอง

สับปะรดที่ผ่านสภาวะ anoxia เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ก่อนเก็บรักษามีอัตราการหายใจต่ำกว่าชุดควบคุม เช่นเดียวกับที่มีรายงานในพริกหวาน พบว่าการเก็บรักษาในสภาพไร้ออกซิเจนสามารถลดอัตราการหายใจได้ถึงร้อยละ 60 แสดงถึงการชะลอขั้นตอน tricarboxylic acid cycle ของกระบวนการหายใจ (Zukermann *et al*., 1997) ในสภาพบรรยากาศที่ขาดก๊าซออกซิเจนมีผลทำให้การถ่ายทอดอิเลคตรอนจาก NADH ในขั้นตอน electron transport system เกิดขึ้นไม่ได้ การหายใจทั้งกระบวนการจึงถูกยับยั้ง (จริงแท้, 2549) นอกจากนี้สภาวะ anoxia ยังช่วยชะลอการลดลงของของแข็งที่ละลายน้ำได้ เนื่องจากน้ำตาลเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการหายใจและกิจกรรมต่างๆ ภายในเซลล์

การใช้สภาวะ anoxia โดยเฉพาะที่ระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมงก่อนเก็บรักษา สามารถลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลได้ ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะปราศจากออกซิเจนดังกล่าวจะทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนในผลสับปะรดต่ำลง ซึ่งมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) ที่สามารถเปลี่ยนโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลไปเป็นควิโนน และควิโนนจะเกิดการรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ ทำให้มีสีน้ำตาลปรากฏขึ้น เมื่อเอนไซม์ PPO ขาดออกซิเจน ปฏิกิริยาการออกซิไดส์สารประกอบฟีนอลก็เกิดขึ้นไม่ได้ จึงทำให้ไม่มีสีน้ำตาลเกิดขึ้นทำให้ไม่เห็นอาการผิดปกติ (จริงแท้, 2549) จากการทดลองนี้พบว่าสภาวะ anoxia ได้ผลในการลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในช่วง 10 วันแรก แต่กลับไม่เห็นผลในช่วงท้ายของการเก็บรักษา สันนิษฐานว่าเป็นผลจากกระบวนการป้องกันตัวเองที่ตอบสนองต่อสภาวะ anoxia ในช่วงแรก จากรายงานของ Song *et al*. (2009) พบว่าสภาวะ anoxia จะเพิ่มความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นและความคงตัวของเยื่อหุ้มเซลล์ในผลกีวี เนื่องจากการลดลงของ lipid peroxidation ซึ่งมีส่วนช่วยในการรักษาสภาวะความคงตัวของเนื้อเยื่อ ทำให้เอนไซม์ PPO ไม่สามารถออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลได้ แต่จะกลับเข้าสู่สภาวะปกติหลังจากเก็บรักษานาน 20 วัน อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะ anoxia กับกระบวนการต้านออกซิเดชั่น ที่ระยะเวลาต่างๆ ของการเก็บรักษา

สับปะรดมีการสะสมแอลกอฮอล์ในเนื้อ ภายหลังจากผ่านสภาวะ anoxia โดยปริมาณเอทานอลจะแปรผันตามระยะเวลาที่สับปะรดได้รับสภาวะ anoxia เช่นเดียวกับที่มีการรายงานในบล็อกโคลี (Hansen *et al*., 2001) และกุยช่าย (Imahori *et al*., 2004) Toivonen (1997) กล่าวว่าการสะสมของเอทานอล เกี่ยวข้องกับสภาพบรรยากาศที่ปราศจากก๊าซออกซิเจน โดยจะเกี่ยวข้องกับ glycolytic activity ในเนื้อเยื่อพืช ทำให้เกิดกลิ่นหมัก และอาการผิดปกติเนื่องจากการสะสมของเอทานอล และเกิดอาการฉ่ำน้ำขึ้นที่บริเวณเนื้อของผลสับปะรด

สรุป

การใช้สภาวะ anoxia เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมงก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน สามารถลดการเกิดอาการสีน้ำตาลและยืดอายุการเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองได้ อย่างไรก็ตาม การใช้สภาวะ anoxia เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อาจไม่เหมาะสำหรับสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง เนื่องจากมีการสะสมเอทานอลในเนื้อสูง ซึ่งอาจส่งผลต่อกลิ่นรสและการยอมรับของผู้บริโภคได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนและอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. นครปฐม.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. นครปฐม. 453 หน้า.

Hansen, M.E., Sorensen, H. and Cantwell, M. 2001. Changes in acetaldehyde, ethanol and amino acid concentrations in broccoli florets during air and controlled atmosphere storage. Postharvest Biol. Technol. 22 : 227–237.

Imahori, Y., Suzuki, Y., Uemura, K., Kishioka, I., Fujiwara, H., Ueda, Y. and Chachin, K. 2004. Physiological and quality responses of Chinese chive leaves to low oxygen atmosphere. Postharvest Biol. Technol. 31 : 295-303.

Nimitkeatkai, H., Srilaong, V. and Kanlayanarat, S. 2006. Effect of edible coating on pineapple fruit quality during cold storage. Acta Hort. 712 : 643-648.

Pesis, E., Marinanasky, R., Zauberman, G. and Fuchs, Y. 1993. Reduction of chilling injury symptoms of stored avocado fruit by prestorage treatment with high nitrogen atmosphere. Acta Hort. 343 : 251-255.

Song, S., Gao, H., Chen, H., Mao, J., Zhou, Y., Chen, W. and Jiang, Y. 2009. Effects of short-term anoxic treatment on antioxidant ability and membrane integrity of postharvest kiwifruit during storage. Food Chem. 114(4) : 1216-1221.

Toivonen, P.M.A. 1997. Non-ethylene, non-respiratory volatiles in harvested fruits and vegetables: their occurrence, biological activity and control. Postharvest Biol. Technol. 12 : 109-125.

Wijeratnam, R.S.W., Abeyesekere, M. and Hewajulige, I.G.N. 1997. Studies on the controlled atmosphere storage of cv. 'Mauritius' pineapples. Acta Hort. 425 : 581-586.

Zuckermann, H., Harren, F.J.M., Reuss, J. and David, H.P. 1997. Dynamics of acetaldehyde production during anoxia and post-anoxia in red bell pepper studied by photoacoustic techniques. Plant Physiol. 11 : 925-932.