Agricultural Sci. J. 44 : 3 (Suppl.) : 221-224 (2013) ว. วิทย. กษ. 44 : 3 (พิเศษ) : 221-224 (2556)

ผลของสภาวะปราศจากออกซิเจนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสับปะรดภูแล

Effect of Anoxia Conditions on Quality Changes of Pineapple 'Phulae'

ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร[1,2,3], พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[2,3] และ นัฐพร ใจแก้ว[1]
Chairat Techavuthiporn[1,2,3], Panida Boonyaritthongchai [2,3] and Nattaporn Jaikaew[1]

Abstract

The effect of anoxia conditions at different incubation times (0; control, 8 and 16 h at 13 °C) on quality changes of pineapples cv. 'Phulae' during storage at 13 °C was investigated. The results showed that weight losses of fruit continually increased throughout storage time in all treatments. Weight loss of treated fruit with N_2 for 8 h was significant higher than that of other treatments. However, anoxia conditions (both 8 and 16 h) can delay changes of color (at peel and pulp) increasing in total sugar content (indicating the fruit ripening) and inhibit the activity of Polyphenol oxidase (PPO) during storage. Exposure fruit with N_2 gas for 16 h showed the best effective on maintaining qualities of pineapple fruits during storage at 13 °C.

Keywords: Pineapple, Phulae, Storage, Anoxia condition

บทคัดย่อ

ผลของสภาวะปราศจากออกซิเจน (anoxia condition) ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม) 8 และ 16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสับปะรดภูแลในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกชุดการทดลอง โดยเฉพาะชุดการทำ Anoxia 8 ชั่วโมง ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามสภาวะ anoxia (8 และ 16 ชั่วโมง) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสี (เปลือกและเนื้อ) การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาล ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้การสุกของสับปะรด และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ในระหว่างการเก็บรักษาได้ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยการรมด้วยไนโตรเจน นาน 16 ชั่วโมงมีผลต่อการควบคุมคุณภาพของสับปะรดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ดีที่สุด

คำสำคัญ : สับปะรด ภูแล การเก็บรักษา สภาวะปราศจากออกซิเจน

คำนำ

สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากมีปริมาณการส่งออกสับปะรดสดและผลิตภัณฑ์สับปะรดเป็นรายใหญ่ของโลกด้วยมูลค่าการส่งออกที่มากกว่าหมื่นล้านบาทต่อปี ซึ่งมูลค่าการส่งออกสับปะรดสดมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสนใจในเรื่องของสุขภาพมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการบริโภคผลสดเพิ่มสูงขึ้น แต่จากการส่งออกสับปะรดผลสดของไทยยังประสบปัญหาในเรื่องโรคไส้ดำ ฉ่ำน้ำ การสุก รวมทั้งสีเนื้อของแต่ละผลไม่สม่ำเสมอ การเก็บรักษาสับปะรดซึ่งมีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนหรือเขตกึ่งร้อนไว้ที่อุณหภูมิต่ำ มีผลทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยาเนื่องจากอุณหภูมิต่ำได้ (Paull and Rohrbach, 1985)

ผลการศึกษาถึงการใช้สภาพปราศจากออกซิเจน (Anoxia) เป็นระยะเวลาสั้นๆ ก่อนการเก็บรักษา พบว่า สามารถลดการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผล และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ (Nanos and Kader, 1993; Polenta *et al*., 2005) Pesis *et al*. (1993) พบว่า ความเครียดจากสภาพ anoxia สามาถป้องกันการพัฒนาของอาการผิดปกติในผลิตผลได้ นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนลดลง ทำให้สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ โดยวิธีนี้เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ต้องใช้สารเคมี ซึ่งจะไม่มีปัญหาเรื่องของสารพิษตกค้างที่อาจส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมได้

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยคริสเตียน นครปฐม 73000
[1] School of Food Technology and Nutrition, College of Allied Health Science, Christian University of Thailand, Nakhonpathom 73000
[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] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพ 10400
[3] Postharvest Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangkok 10400

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของระยะเวลาในการใช้สภาพ anoxia ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของสับปะรดภูแล ซึ่งสับปะรดภูแลจัดเป็นสับปะรดที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้สับปะรดภูแล ซึ่งปลูกในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงราย คัดเลือกคุณภาพของสับปะรดภูแล ที่มีลักษณะผลสม่ำเสมอ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและผลใกล้เคียงกัน ปราศจากตำหนิ โรคและแมลง แล้วดำเนินการทดลอง

นำผลสับปะรดมาเก็บไว้ในสภาพปราศจากออกซิเจนโดยการรมด้วยก๊าซไนโตรเจนที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพ 3 ระดับคือ 0 (ชุดควบคุม) 8 และ 16 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสับปะรดไปวางในตะกร้าและคลุมด้วยถุงพลาสติก PE เจาะรู และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส (ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาสับปะรด) เป็นเวลา 20 วัน และสุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์ผลการทดลองทุกๆ 2 วัน ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ที่บริเวณแกน ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ผลสับปะรด

ผล

การสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดภูแล พบว่า ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกชุดการทดลองตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยเฉพาะชุดที่ผ่านการทำ Anoxia นาน 16 ชั่วโมง โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ($P \leq 0.05$) (Figure 1)

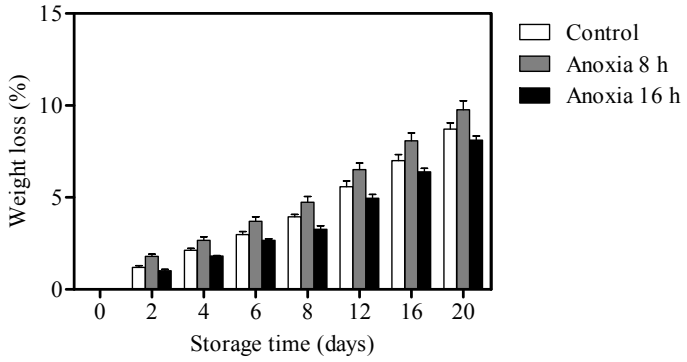

Figure 1 Change in weight loss of treated pineapple fruits with anoxia condition (0; control, 8 and 16 hr) before storage at 13 ºC for 20 days

สับปะรดในแต่ละชุดการทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงสี (hue angle) ที่เปลือกและเนื้อลดลงอย่างต่อเนื่องจากค่าเริ่มต้น 100.75 และ 96.36 ชุดควบคุมมีการลดลงมากกว่าชุดการทดลองที่ผ่านการรมด้วยก๊าซไนโตรเจน โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าค่า hue ที่เปลือกและเนื้อในชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยก๊าซไนโตรเจนเป็นเวลา 8 และ 16 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 69.96, 74.36 และ 77.94 (ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ) และ 92.91, 94.02 และ 95.04 ($P \leq 0.01$) ตามลำดับ (Figure 2)

สับปะรดภูแลภายหลังการทำ Anoxia เป็นเวลา 0 (ชุดควบคุม) 8 และ 16 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยชุดควบคุม มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองอื่นตลอดอายุการเก็บรักษา ($P \leq 0.01$) (Figure 3)

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของสับปะรดภูแล ในส่วนแกนของผลสับปะรดภูแลภายหลังการรมด้วยก๊าซไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 25 และ 13 องศาเซลเซียส นาน 0 (ชุดควบคุม) 8 และ 16 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่า ในช่วงวันที่ 0 ถึง 8 กิจกรรมของเอนไซม์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะชุดควบคุมที่มีกิจกรรมของเอนไซม์มากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$) ในขณะที่ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์มีแนวโน้มลดลง โดยที่กิจกรรมของเอนไซม์ของชุดควบคุมมีปริมาณที่มากกว่าชุดการทดลองอื่น แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 4)

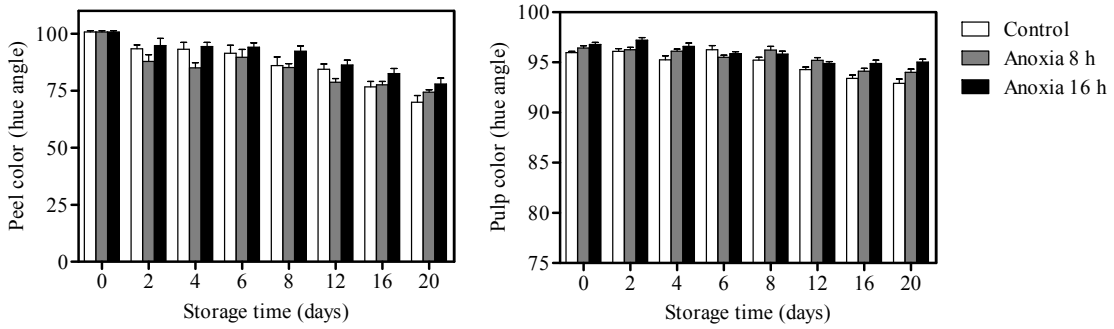

Figure 2 Peel and pulp color changes of treated pineapple fruits with anoxia condition (0; control, 8 and 16 hr) before storage at 13 ºC for 20 days

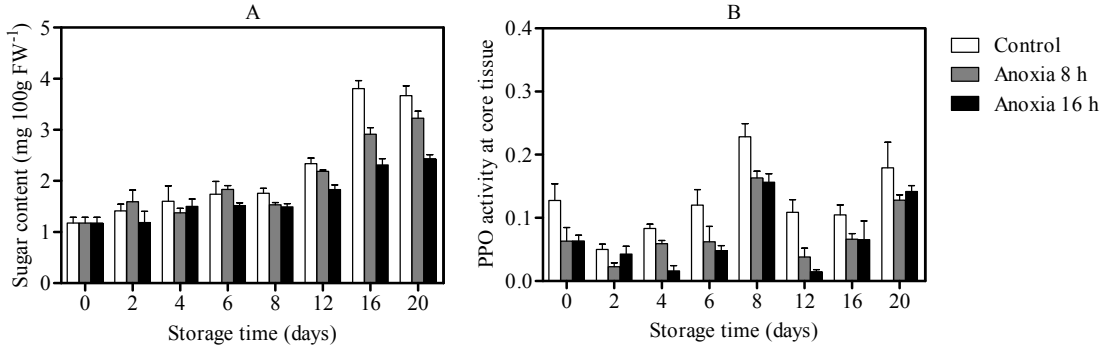

Figure 3 Total sugar content (A) and Activity of PPO in core tissue (B) of treated pineapple fruits with anoxia condition (0; control, 8 and 16 hr) before storage at 13 ºC for 20 days

วิจารณ์ผล

ในงานวิจัยนี้ ชุดการทดลองที่ผ่านการรมด้วยก๊าซไนโตรเจนแสดงให้เห็นว่าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงและการเสื่อมสภาพของสับปะรดภูแลได้ หากพิจารณาถึงระยะเวลาที่ 8 และ 16 ชั่วโมง ซึ่งไม่พบความผิดปกติในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน โดยทั่วไปแล้วการเก็บรักษาผลผลิตภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำสามารถลดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาและป้องกันการเกิดโรคได้ (Bonghi *et al*., 1999; Pesis *et al*., 2001) การทำ Anoxia ที่เวลา 16 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า กระบวนการคายน้ำของผลสับปะรดถูกยับยั้งในระหว่างการเก็บรักษา โดยทั่วไปการใช้ก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำ สามารถใช้ในการเก็บรักษาผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยวให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น โดยการเก็บรักษาอยู่ภายใต้ระบบการควบคุมบรรยากาศ (controlled atmosphere storage; CAS) โดยบรรยากาศที่ใช้มีผลต่อการยับยั้งการหายใจ การผลิตเอทิลีน ซึ่งไม่ทำให้เกิดกระบวนการหมัก (fermentation) เช่นเดียวกันกับการปรับสภาพปราศจากออกซิเจนระยะสั้น (short anoxia) นอกจากนี้การทำ Anoxia ที่เวลา 8 ชั่วโมง มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักที่สูงกว่าชุดการทดลองอื่น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากเวลาที่ใช้มีระยะเวลาที่สั้นเกินไป ไม่เหมาะสมต่อการยับยั้งกระบวนการคายน้ำของสับปะรด แต่ส่งผลต่อกระตุ้นให้มีการคายน้ำสูงกว่าชุดควบคุม โดยเฉพาะการกระตุ้นกระบวนการหายใจของสับปะรดให้สูงขึ้นกว่าชุดทดลองอื่น(ไม่แสดงข้อมูล) สีเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองส้ม และสีเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองอ่อนเป็นสีเหลืองส้ม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอุณหภูมิและสภาพบรรยากาศของการเก็บรักษา Ke *et al*. (1990) กล่าวว่า ภายใต้สภาพบรรยากาศออกซิเจนต่ำนอกจากจะยับยั้งการหายใจของผักและผลไม้ ยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้เช่นกัน ปริมาณน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ทั้งนี้เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ภายในและการเสื่อมสภาพในขั้นสุดท้ายของผลสับปะรดภูแล ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการสุกและจะลดลงในระหว่างการเสื่อมสภาพของสับปะรด (Mohamed and Khir, 1993) และในผลผลิตบางชนิด เช่น ฝรั่ง (Khin, 1991) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองการทำ Anoxia และชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าการรมด้วยไนโตรเจนก่อนการเก็บรักษาสามารถชะลอการสุกและการเสื่อมสภาพได้

โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีอัตราที่ช้ากว่าชุดควบคุม นอกจากนี้มีรายงานการใช้ Anoxia สามารถชะลอการสูญเสียน้ำตาลทั้งหมดได้ในหน่อไม้ฝรั่ง (Li and Zhang, 2006) และ ลิ้นจี่ (Jiang *et al*., 2004) อาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดภูแลไม่ปรากฏในชุดการทดลอง อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบอาการฉ่ำน้ำ (Translucent spot) ซึ่งเป็นอาการเริ่มต้นของอาการไส้สีน้ำตาล (Paull and Rohrbach, 1985) กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่บริเวณแกนเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง และลดลงภายหลังวันที่ 8 ของการเก็บรักษา PPO เป็นเอนไซม์สำคัญที่สัมพันธ์กับการพัฒนาการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล (Raimbault *et al*., 2011) ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของอาการไส้สีน้ำตาลจะมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิเก็บรักษาผลสับปะรดจากที่อุณหภูมิต่ำไปสู่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Zhou *et al*., 2003) Duan *et al.* (2009) รายงานว่า ภายใต้สภาวะบรรยากาศออกซิเจนต่ำส่งผลต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในเปลือกผลลิ้นจี่ได้ ทั้งนี้การเกิดสีน้ำตาลในผลผลิตเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จำเป็นต้องมีออกซิเจนสำหรับการเกิดปฏิกิริยา

สรุป

การศึกษาผลของเวลาในการทำ Anoxia ที่เหมาะสม แสดงให้เห็นว่าระยะเวลา 16 ชั่วโมง สามารถยับยั้งการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของสับปะรดภูแล ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ค่าสีเปลือกและเนื้อ ปริมาณน้ำตาล และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น โดยไม่พบอาการผิดปกติเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามผลกระทบที่มีต่อกลไกของการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสับปะรดเป็นสิ่งที่จำเป็นศึกษาสำหรับงานวิจัยต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนทุนวิจัย อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย รวมทั้งสนับสนุนการนำเสนอผลงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Bonghi, C., A. Ramina, B. Ruperti, R. Vidrih and P. Tonutti, P. 1999. Peach ripening and quality in relation to picking time, and hypoxic and high CO_2 short-term postharvest treatments. Postharvest Biology and Technology 16: 213-222.

Duan, X., X. Su, J. Shi, C. Yi, J. Sun, Y. Li and Y. Jiang. 2009. Effect of low and high oxygen-controlled atmosphere on enzymatic browning of litchi fruit. Journal of Food Biochemistry 33(4): 572-586.

Jiang, Y., X. Su, X. Duan, W. Lin Y. Li. 2004. Anoxia treatment for delaying skin browning, inhibiting development and maintaining the quality of litchi fruit. Food Technology and Biotechnology 42: 131-134.

Ke, D., H. van Gorsel and A.A. Kader. 1990. Physiological and quality responses of 'Bartlett' pears to reduced O_2 and Enhanced CO_2 levels and storage temperature. Journal of American Society Horticultural Science 115(3): 435-439.

Khin, M.M.K. 1991. Effects of pretreatments on the storage characteristics of fresh and dried guava. Master Science Thesis, Universiti Pertanian Malaysia.

Li, W. and M. Zhang. 2006. Effect of three-stage hypobaric storage on cell wall components, texture and cell structure of green asparagus. Journal of Food Engineering 77: 112-118.

Mohamed, S. and S.A. Khir. 1993. Maintaining the colour, texture and vitamin C of cold-stored pineapples through shrinkwrapping and surface-coating with liquid paraffin. Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science 16(3): 201-208.

Nanos, G. and A. Kader. 1993. Low O_2 induced changes in pH and energy charge in pear fruit tissue. Postharvest Biology and Technology 3: 285-291.

Paull, R.E. and K.G. Rohrbach. 1985. Symptom development of chilling injury in pineapple fruit (*Ananas comosus*). Journal of American Society Horticultural Science 110: 100-105.

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

Pesis, E., A. Copel, R.I. Ben-Arie, O. Feygenberg and Y. Haroni, Y. 2001. Low-oxygen treatment for inhibition of decay and ripening in organic bananas. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 76(5): 648-652.

Polenta, G., C. Budde and R. Murray. 2005. Effects of different pre-storage anoxic treatments on ethanol and acetaldehyde content in peaches. Postharvest Biology and Technology 28: 247-253.

Raimbault, A.K., P.A. Marie-Alphonsine, J.P. Horry, M. Francois-Haugrin, K. Romuald and A. Soler. 2011. Polyphenol oxidase and peroxidase expression in four pineapple varieties (*Ananas comosus* L.) after a chilling injury. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59: 342-348.

Zhou, Y., J.M. Dahler, S.J.R. Underhill and R.B.H. Wills. 2003. Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. Food Chemistry 80: 565-572.