Agricultural Sci. J. 39 : 3 (Suppl.) : 160-163 (2008) ว. วิทย. กษ. 39 : 3 (พิเศษ) : 160-163 (2551)

การหายใจของมะละกอดิบเส้นภายใต้อุณหภูมิต่ำ ก๊าซออกซิเจนต่ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง

Respiratory Response of Shredded Green Papaya to Low Temperatures, Reduced Oxygen and Enhanced Carbon Dioxide

ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร[1] และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์[1]

Chairat Techavuthiporn[1] and Sirichai Kanlayanarat[1]

Abstract

Respiration is at the root of physiological changes which result in quality deterioration. The suppression of respiration is being beneficial to maintain the freshness and the quality of fresh product. Many researchers have suggested using the respiration data for discussing the quality change and shelf-life of product. In this study, respiration rate of shredded green papaya during storage at low temperatures (2, 5 and 10 C) and controlled atmosphere (CA) conditions (1, 5 and 10% O_2, 5, 10 and 20% CO_2 and 1% O_2 + 5% CO_2 and 1% O_2 + 10% CO_2) at 2 C was investigated. It was found that lower temperature could suppress the respiration rate better than that of higher temperature. Furthermore, the respiration rate was suppressed in all of CA conditions when compared with non-treated sample. For 20% CO_2, although the respiration rate was lower than other treatments, the CO_2 injury occurred after 15 days of storage.

บทคัดย่อ

การหายใจของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวนั้นมีผลโดยตรงต่อการเสื่อมคุณภาพของผลิตผล จึงได้มีวิธีการต่างๆถูกนำมาใช้สำหรับควบคุมอัตราการหายใจเพื่อเป็นการคงความสดและคุณภาพ รวมไปถึงการประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตผล ในการทดลองนี้ ได้ศึกษาอัตราการหายใจของมะละกอดิบเส้นภายใต้อุณหภูมิต่ำ (2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส) และสภาพบรรยากาศควบคุม (1, 5 และ 10% O_2, 5, 10 และ 20% CO_2 และ 1% O_2 + 5% CO_2 และ 1% O_2 + 10% CO_2) ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถลดการหายใจของมะละกอดิบเส้นได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูง นอกเหนือจากนี้การควบคุมสภาพบรรยากาศเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ช่วยลดอัตราการหายใจได้เช่นเดียวกัน ในทางกลับกันที่ภายใต้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 20 จะให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด แต่ทว่าจัดเป็นความเข้มข้นที่สูงมากเกินไปจึงทำให้เกิดความเสียหายที่เกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์สูงได้ ซึ่งตรวจพบได้ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา

คำนำ

การแปรรูปผลิตผลสดให้พร้อมต่อการบริโภค มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการเตรียม และเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายแก่ผู้บริโภค ดังนั้นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้จึงได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นมาโดยตลอด ผลิตผลสดแปรรูปพร้อมบริโภคในประเทศไทย สามารถเลือกหาซื้อได้ตามซุปเปอร์มาร์เก็ต หรือแม้แต่ตามตลาดทั่วไป ซึ่งก็จะมีความแตกต่างกันไปในส่วนของคุณภาพ รวมไปถึงอายุของผลิตภัณฑ์ ในปัจจุบันส้มตำซึ่งเป็นอาหารพื้นบ้านของไทยและเป็นที่นิยมบริโภคสำหรับคนไทยและคนต่างชาติที่อยู่ต่างประเทศ อย่างไรก็ตามการทำส้มตำรับประทานเองจะเสียเวลาในการเตรียมเส้นมะละกอดิบ อีกทั้งยังมีปัญหาผลมะละกอดิบไม่เป็นที่ยอมรับ มีโรค และแมลง ซึ่งส่งผลต่อการส่งออกของประเทศไทยเช่นกัน ดังนั้นการแปรรูปมะละกอดิบจะเป็นอีกหนึ่งแนวทางเลือกใหม่สำหรับการส่งออกผลิตผลของประเทศไทยไปจำหน่ายยังต่างประเทศ

การเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญคือ การหายใจ โดยจะมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพรวมไปถึงอายุของผลิตผล ผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูงจะมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าผลิตผลที่มีอัตราการหายใจต่ำ ดังนั้นการชะลออัตราการหายใจของผลิตผลเป็นหัวใจสำคัญยิ่งในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะผลิตผลสดพร้อมบริโภค ซึ่งจะมีอัตราการหายใจที่สูงกว่าผลิตผลที่ไม่ผ่านการแปรรูป ดังเช่น มะละกอดิบเส้นจะมีอัตราการหายใจที่สูงกว่าผลมะละกอดิบ จากที่กล่าวใน

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology / Postharvest Technology Innovation Center, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

ข้างต้นจะเห็นได้ว่าความรู้พื้นฐานของการหายใจของมะละกอดิบเส้นพร้อมบริโภคในสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกันนั้น จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการมะละกอดิบเส้น อีกทั้งยังสามารถนำไปพัฒนาให้มีส่งเสริมในเชิงพาณิชย์ และส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศควบคู่กับน้ำส้มตำผงสำเร็จรูปสำหรับการทำส้มตำเพื่อรับประทานเองได้อีกทางหนึ่ง

ในการทดลองนี้ ได้ทำการศึกษาถึงการตอบสนองของการหายใจของมะละกอดิบเส้นที่สภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน รวมไปถึงความแตกต่างของอายุการเก็บรักษาในแต่ละชุดการทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลมะละกอดิบพันธุ์แขกดำจากสวนเกษตรจากจังหวัดราชบุรี มาล้างทำความสะอาดเปลือกผิว ปอกเปลือก และทำการขูดให้เป็นเส้นด้วยมีดขูดสำเร็จ นำเส้นมะละกอที่ได้แช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปสะเด็ดน้ำออกจากผิวหน้าของเส้นมะละกอ จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้เข้าการทดลองต่างๆ ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำที่ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของก๊าซออกซิเจน (ร้อยละ 1, 5 และ 10) ที่ 2 องศาเซลเซียส และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ 5, 10 และ 20) ที่ 2 องศาเซลเซียส

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของก๊าซออกซิเจน ร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (1% O_2 + 5% CO_2 และ 1% O_2 + 10% CO_2)

จากนั้นทำการวิเคราะห์อัตราการหายใจในรูปของการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (โดยวิธีระบบปิด) และอายุของเส้นมะละกอดิบพร้อมบริโภค (พิจารณาจากการยอมรับโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส)

ผล

จากการทดลองผลของสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกันต่อการตอบสนองการหายใจของมะละกอดิบเส้น พบว่าที่อุณหภูมิมีผลต่อการยับยั้งการหายใจ โดยมีอัตราการหายใจที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส เท่ากับ 8.84 $\pm$ 4.54, 13.33 $\pm$ 5.03 และ 24.02 $\pm$ 9.13 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$ ตามลำดับ (รูปที่ 1) และมีอายุการเก็บรักษา เท่ากับ 13, 11 และ 9 วัน ตามลำดับ ซึ่งอายุการเก็บรักษาพิจารณาจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี และความกรอบของเส้น

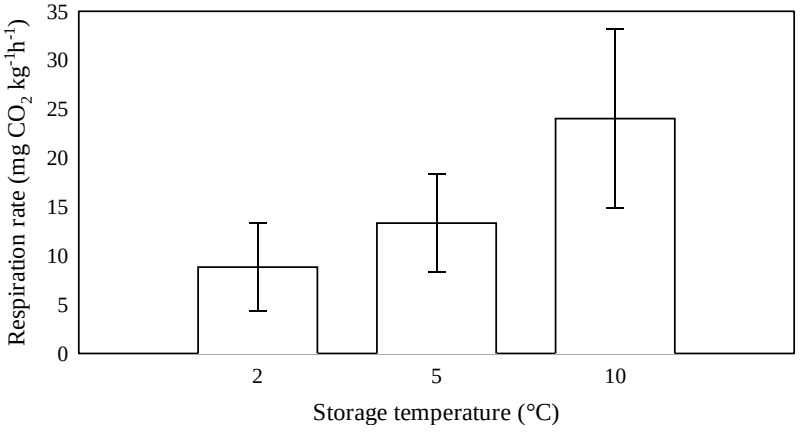

Figure 1 Respiration rate of stored shredded green papaya at 2, 5 and 10 °C

การทดลองที่ 2 พบว่า การปรับความเข้มข้นของก๊าซมีผลต่ออัตราการหายใจของมะละกอดิบเส้น โดยเฉพาะในชุดการทดลองภายใต้สภาพบรรยากาศคาร์บอนไดออกไซด์สูงความเข้มข้นร้อยละ 20 ซึ่งมีอัตราการหายใจเพียง 4.32 $\pm$ 3.15 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีอัตราการหายใจ 10.06 $\pm$ 3.74 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$ (รูปที่ 2) แต่ทว่า ที่ระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 20 พบอาการผิดปกติที่ความเข้มข้นของก๊าซสูง อายุการเก็บรักษาของมะละกอดิบเส้นในชุดควบคุม ก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นร้อยละ 1, 5 และ 10 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 20 เท่ากับ 15, 24, 24, 21, 24, 27 และ 18 วัน ตามลำดับ

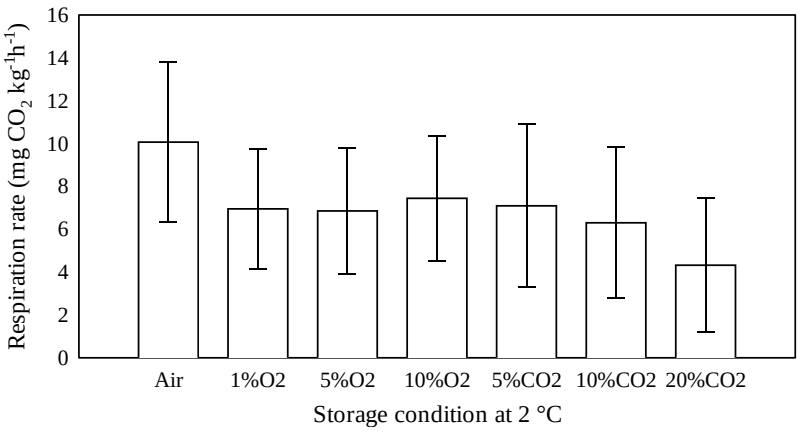

Figure 2 Respiration rate of stored shredded green papaya under low oxygen and high carbon dioxide conditions

การทดลองที่ 3 อัตราการหายใจของมะละกอดิบเส้นภายใต้สภาพบรรยากาศปกติ และสภาพบรรยากาศร่วมกันระหว่างก๊าซออกซิเจนต่ำความเข้มข้นร้อยละ 1 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 เท่ากับ 10.05 $\pm$ 4.69, 5.47 $\pm$ 1.69 และ 4.42 $\pm$ 1.98 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$ ตามลำดับ (รูปที่ 3) ผลของการทำงานร่วมกันของก๊าซทั้งสองชนิดสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้มากกว่าสภาพบรรยากาศปกติถึง 2 เท่า โดยที่ชุดควบคุมสามารถมีอายุการเก็บรักษาเพียง 15 วัน

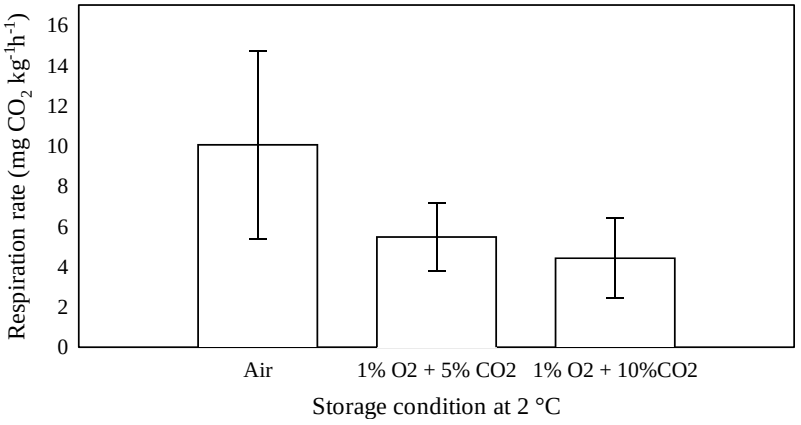

Figure 3 Respiration rate of stored shredded green papaya under mixed condition (low oxygen and high carbon dioxide)

วิจารณ์ผล

ที่อุณหภูมิสูงจะเร่งปฏิกิริยาและการทำงานของเอนไซม์ต่างๆให้เกิดขึ้นเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ โดยเฉพาะการหายใจนั้นจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมาก (Cameron และคณะ, 1994) สำหรับผลิตภัณฑ์อย่างมะละกอดิบเส้นพบว่ามีการตอบสนองต่ออุณหภูมิเก็บรักษาอย่างเห็นได้ชัดเจน ที่อุณหภูมิสูง (10 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้มีอัตราการหายใจสูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (5 และ 2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) (รูปที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยทั้งในผลิตผลที่ไม่ผ่านและผ่านการตัดแต่ง ได้แก่ หน่อไม้ฝรั่ง (Brash และคณะ, 1995) Celery (Gomez และ Artes, 2004) หัวผักกาดตัดแต่ง (del Aguila และคณะ, 2006)

ในการทดลองที่ 2 และ 3 การควบคุมความเข้มข้นของก๊าซให้แตกต่างไปจากสภาพบรรยากาศปกติพบว่าสามารถลดอัตราการหายใจของมะละกอดิบเส้นได้จริง ทั้งในสภาพบรรยากาศก๊าซออกซิเจนต่ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง และการทำงานร่วมกันระหว่างก๊าซออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูง เมื่อในบรรยากาศมีออกซิเจนต่ำจะทำให้การถ่ายทอด

อิเล็กตรอนจาก NADH ในขั้นตอนสุดท้ายของการหายใจเกิดขึ้นไม่ได้และการสร้าง ATP ก็ไม่อาจเกิดขึ้น สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงจะมีผลต่อเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในเซลล์ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นที่ความเข้มข้นสูง (20% CO_2) ทำให้เกิดผลเสีย (CO_2 injury) ต่อมะละกอดิบเส้นถึงแม้ว่าจะมีอัตราการหายใจที่ต่ำที่สุดก็ตาม เนื่องจากการที่การหายใจถูกยับยั้งทำให้ผลิตผลเปลี่ยนรูปแบบการหายใจเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน และมีการสะสมของสารที่ผลิตได้จากกระบวนการหมักซึ่งเป็นพิษต่อเซลล์พืชในที่สุด (Mathooko, 1996)

สรุป

การหายใจของผลิตผลมีความสัมพันธ์กับอายุการเก็บรักษาของมะละกอดิบเส้นพร้อมบริโภค โดยจะพบว่ามะละกอดิบเส้นที่มีอัตราการหายใจต่ำจะมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าที่มีอัตราการหายใจสูง แต่ทว่าสิ่งที่ควรคำนึงถึงคือผลเสียที่เกิดจากการที่ผลิตผลมีอัตราการหายใจที่ต่ำเกินไป ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการหายใจในรูปแบบที่ไม่ใช้ออกซิเจนและมีการผลิตสารที่เป็นพิษกับเซลล์ของผลิตผลเอง

เอกสารอ้างอิง

Brash, D.W., Charles, C.M., Wright, S. and B.L. Bycroft. 1995. Shelf-life of stored asparagus is strongly related to postharvest respiratory activity. Postharvest Biol. Technol. 5:77-81.

Cameron, C., Beaudry, R.M., Banks, N.H. and M.V. Yelanich. 1994. Modified-atmosphere packaging of blueberry fruit: modeling respiration and package oxygen partial pressures as a function of temperature. J. Am. Soc. Hort. Sci. 119(3):534-539.

Del Aguila, J.S., Sasaki, F.F., Heiffig, L.S., Ortega, E.M.M., Jacomino, A.P., Kluge, R.A. 2006. Fresh-cut radish using different cut types and storage temperatures. Postharvest Biol. Technol. 40: 149-154.

Gomez, P.A., Artes, F. 2004. Controlled atmospheres enhance postharvest green celery quality. Postharvest Biol. Technol. 34: 203-209.

Mathooko, F.M. 1996. Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. Postharvest Biol. Technol. 9: 247-264.