Agricultural Sci. J. 34 : 4-6 (Suppl.) : 123-126 (2003) ว. วิทย. กษ. 34 : 4-6 (พิเศษ) : 123-126 (2546)

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของหน่อไม้ฝรั่งภายใต้สภาพ Superatmospheric Oxygen

Biochemical Changes of Asparagus under Superatmospheric Oxygen

ชลธิรา หนูเนื้อ[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1]
วิษณุ นิยมเหลา[1] และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์[1]
Chonthira Noonua[1], Pongphen Jitareerat[1],
Wissanu Niyomlao[1] and Sirichai Kanlayanarat[1]

Abstract

Asparagus cv. Brock Improve were purchased from the orchard in Nakhon Pathom province and were collected for the uniformity and undefeated. During exposure of high oxygen concentration (50, 70, and 90%O_2) and air as control 21%O_2) at 5 °C. Tip was taken to determine respiration rate, invertase activity, reducing sugar and organic acid content. The result indicated that treatment of 50%O_2 could delay the changing of respiration rate, invertase activity, reducing sugar and organic acid content as compared with the other treatments.

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของสภาพที่มีออกซิเจนความเข้มข้นสูง (Superatmospheric oxygen) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของหน่อไม้ฝรั่ง โดยนำหน่อไม้ฝรั่งพันธุ์บร็อคอิมพรูฟ จากสวนของเกษตรใน จังหวัดนครปฐม เลือกหน่อที่มีขนาดสม่ำเสมอและไม่มีตำหนิมาทำการเก็บรักษาในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจน ความเข้มข้น 21 (ชุดควบคุม/สภาพบรรยากาศปกติ) 50 70 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 5 °ซ. ทำการบันทึกผลทุก 3 วัน ในส่วนยอดได้แก่ อัตราการหายใจ กิจกรรมของเอนไซม์ invertase ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด จากการทดลองพบว่าการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในสภาพที่มีก๊าซอ๊อกซิเจนความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ กิจกรรมของเอนไซม์ invertase ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด ของหน่อไม้ฝรั่งได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในสภาพที่มีก๊าซอ๊อกซิเจนความเข้มข้นระดับอื่นๆ

บทนำ

หน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinalis* L.) จัดเป็นพืชผักที่มีบทบาทสำคัญในลำดับแรกของชนิดผักที่มีการส่งออกอย่างต่อเนื่อง เป็นพืชผักที่อยู่ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 6-8 (พ.ศ. 2530-2544) โดยพื้นที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งเขียวแหล่งใหญ่อยู่ที่ภาคตะวันตก ในจังหวัดนครปฐม ราชบุรี กาญจนบุรี สุพรรณบุรี และประจวบคีรีขันธ์ หน่อไม้ฝรั่งเป็นผักที่นิยมบริโภคส่วนที่เป็นยอดอ่อนของลำต้นหรือหน่อ มีรสชาติดี และมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะโปรตีน วิตามินซี วิตามินบี และแคโรทีน (การประชุมโต๊ะกลม, 2545; นรินทร์, 2544) ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการเก็บรักษาผลิตผลสดของหน่อไม้ฝรั่งได้แก่ อุณหภูมิ อุณหภูมิที่สูงในการเก็บรักษาจะส่งผลทำให้หน่อไม้ฝรั่งมีอัตราการหายใจที่สูงขึ้น ดังนั้นการลดอุณหภูมิ หรือเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ผลิตผลมีกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ ทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลงทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งอยู่ในช่วง 0-10 °ซ. สำหรับปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลชะลอการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวและในระหว่างการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน คือ ปริมาณก๊าซ CO_2 และ O_2 โดยจะมีผลต่อกระบวนการหายใจ การสร้างเอทิลีน การสูญเสียคลอโรฟิลล์ การสูญเสียปริมาณกรด การสูญเสียน้ำตาล และกระบวนการทางเคมีอื่นๆ และปัญหาของหน่อไม้ฝรั่งหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญคือ การสูญเสียคุณค่าทางอาหาร มีการสร้างเส้นใยมากทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นเสี้ยน การเน่าที่ปลายหน่อเนื่องจากเชื้อสาเหตุโรคพืช การบานของปลายหน่อ (ชนันทร, 2541) การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงจะช่วยชะลอการสร้างเส้นใย และช่วยลดกระบวนการหายใจให้อยู่ในอัตราที่ต่ำ ทำให้คุณค่าทางอาหารจะคงมีคุณภาพที่ดีและมีรสชาติหวานอร่อยได้นานขึ้น ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงการใช้ O_2 ความเข้มข้นสูง ที่มีต่อการกระบวนการหายใจในการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล glucose, sucrose และ fructose ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ invertase ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับคุณภาพและความหวานของหน่อไม้ฝรั่ง ตลอดจนผลต่ออายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่ง (สายชล, 2528; ชนันทร, 2541; Kerble *et al*., 1988; Mathooko, 1996)

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1] Division of Postharvest Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi Bangkhuntien Campus Bangkok 10150

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองครั้งนี้ใช้หน่อไม้ฝรั่งพันธุ์บร็อคอิมพรูฟ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกในเขตจังหวัดนครปฐม โดยนำหน่อไม้ฝรั่งทำความสะอาดด้วยน้ำประปา ทำการคัดเลือกหน่อที่ตั้งตรงไม่โค้งงอ ปลายยอดตูมไม่บาน ขนาด สี และความยาวใกล้เคียงกัน และไม่มีรอยตำหนิ และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตรงตามมาตรฐาน แล้วทำการตัดโคนหน่อให้มีความยาว 21 เซนติเมตร นำหน่อไม้ฝรั่งที่เตรียมไว้จากข้างต้น ใส่ในกล่องพลาสติกใสขนาดใหญ่ ปิดปากกล่องด้วยเทปพลาสติกให้แน่นสนิท แล้วทำการฉีดก๊าซ O_2 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ในตู้เก็บรักษาโดยมีการวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ในแต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ โดยตัดส่วนยอดที่มีความยาว 7 เซนติเมตร มาทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทุก 3 วัน ได้แก่ อัตราการหายใจ กิจกรรมของเอนไซม์ invertase ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด

ผลและวิจารณ์

หน่อไม้ฝรั่งมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าอัตราการหายใจของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่ระดับความเข้มข้น 50 70 และ 90%O_2 มีอัตราการหายใจสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ และที่ระดับความเข้มข้น 50%O_2 มีอัตราการหายใจต่ำที่สุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กับชุดควบคุม โดยพบว่าหน่อไม้ฝรั่งในสภาพบรรยากาศควบคุมที่มีก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นสูงที่ 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการหายใจต่ำกว่าชุดควบคุมและชุดการทดลองอื่น (Figure 1) ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อกระบวนการไกลโคไลซีส โดยคาร์บอนไดออกไซด์จะไปทำให้ความเป็นกรดด่างภายในเซลล์ลดต่ำลง ส่งผลให้ลดกิจกรรมของเอนไซม์ phosphofructokinase (PFK) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญที่สุดของกระบวนการไกลโคไลซีส โดยทำหน้าที่ในขั้นตอนที่ fructose-6-phosphate ถูกเปลี่ยนไปเป็น fructose-1,6-biphosphate จึงทำให้กระบวนการไกลโคไลซีส ดำเนินต่อไปไม่ได้ส่งผลให้เกิดการยับยั้งกระบวนการหายใจ (Mathooko, 1996) กิจกรรมของเอนไซม์ invertase ของหน่อไม้ฝรั่งในสภาพบรรยากาศควบคุมทุกระดับความเข้มข้น พบว่ามีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติมีกิจกรรมของเอนไซม์ invertase มากที่สุดเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมทุกระดับความเข้มข้น และกิจกรรมของเอนไซม์ invertase ที่ระดับความเข้มข้น 50%O_2 มีน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่ระดับความเข้มข้นที่ 70%O_2 และ 90%O_2 ตามลำดับ และพบว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 12 วัน ในขณะที่การเก็บรักษาที่การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมที่ระดับความเข้มข้น 70%O_2 และ 90%O_2 มีอายุการเก็บรักษา 30 วัน และ 50%O_2 มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 33 วัน (Figure 2) เอนไซม์ invertase เป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนน้ำตาล sucrose ไปเป็น reducing sugar จากการทดลองการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในสภาพบรรยากาศควบคุมสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ reducing sugar และลดกิจกรรมของเอนไซม์ invertase ได้ดีกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ และมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยจะเห็นว่าการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในสภาพบรรยากาศควบคุมที่ระดับความเข้มข้น 50%O_2 สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณ reducing sugar และลดกิจกรรมของเอนไซม์ invertase ได้ดีที่สุด (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลของหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 °ซ. เป็นเวลา 14 วัน จะมีการสูญเสียน้ำตาลมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 °ซ. เป็นเวลา 7 วัน และพบว่าในส่วนของยอดจะมีปริมาณน้ำตาล fructose มากกว่าน้ำตาล sucrose และ glucose อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ ปริมาณลิกนิน และโครงสร้างอื่นๆ (Bhowmik *et al*., 2000) และความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล glucose sucrose และ fructose ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ invertase ในกระบวนการหายใจ ปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันของอาหารถูกออกซิไดส์ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจนถูกใช้ในปฏิกิริยาได้เป็นน้ำออกมาโดยใช้ glucose เป็น substrate (สมบุญ, 2544) และการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอินทรีย์ (citric acid และ malic acid) ของหน่อไม้ฝรั่ง พบว่ามีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมมีปริมาณ citric และ malic acid สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ และการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมที่ระดับความเข้มข้นที่ 50%O_2 มีปริมาณ citric acid และ malic acid สูงกว่าชุดการทดลองอื่น (Figure 4 และ 5) แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในสภาพบรรยากาศควบคุมสามารถชะลอกระบวนการหายใจในวัฏจักรเครปส์ (Krebs cycle or TCA cycle) น้ำตาลเมื่อผ่านกระบวนการไกลโคไลซีสจนได้กรด pyruvic แล้วถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็น acetaldehyde และ ethanol (Ke *et al*., 1994) เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อพืช และยังพบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ SDH (Ke *et al*., 1993; Hulme, 1956; Patterson, 1970) จึงทำให้เกิดการยับยั้งการ oxidation ของ succinate ไปเป็น

fumalate ด้วยเหตุนี้จึงนำไปสู่การสะสมของ succinate ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายกับเนื้อเยื่อพืช และปริมาณของ malate ลดลง (Ke *et al*., 1993)

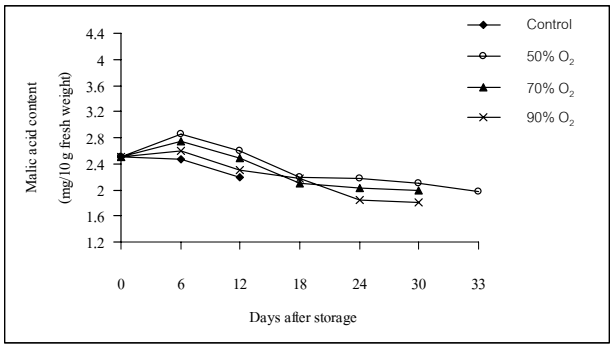

Figure 1 Respiration of asparagus during control atmosphere storage at 5 °C, 90-95%RH

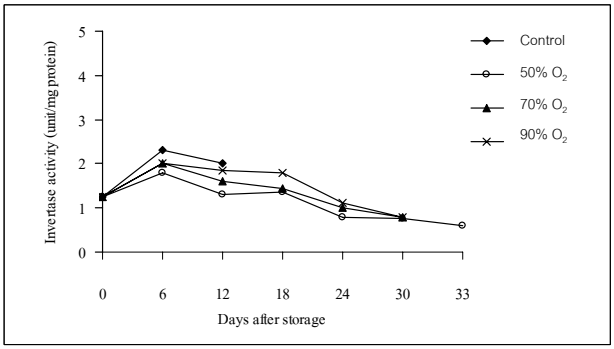

Figure 2 Invertase activity of asparagus during control atmosphere storage at 5 °C, 90-95%RH

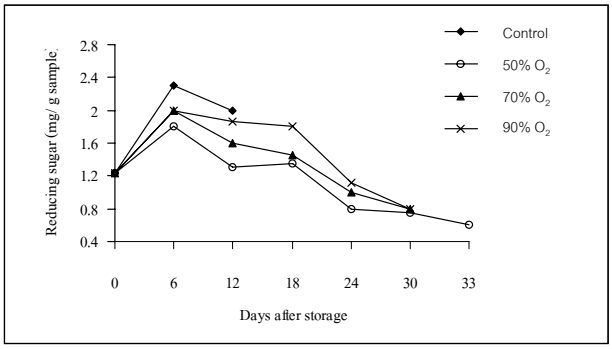

Figure 3 Reducing sugar content of asparagus during control atmosphere storage at 5 °C, 90-95%RH

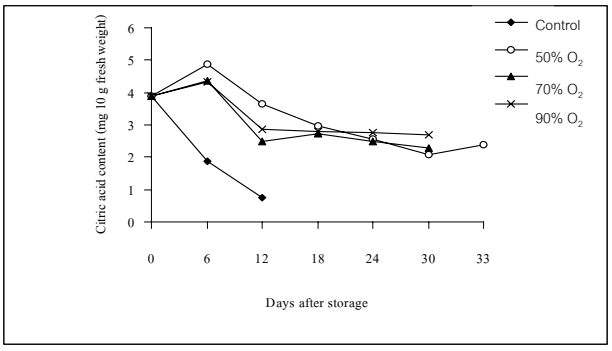

Figure 4 Citric acid content of asparagus during control atmosphere storage at 5 °C, 90-95%RH

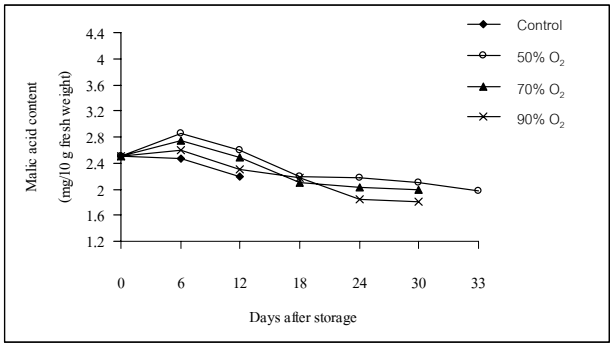

Figure 5 Malic acid content of asparagus during control atmosphere storage at 5 °C, 90-95%RH

สรุป

การเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในสภาพบรรยากาศควบคุมที่ระดับความเข้มข้นของออกซิเจนร้อยละ 50 70 และ 90 ที่อุณหภูมิ 5 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 พบว่า ระดับความเข้มข้นของออกซิเจนร้อยละ 50 สามารถรักษาคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งไว้ได้ดีที่สุด และสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีได้ดีที่สุด โดยสามารถลดอัตราการหายใจ ลดกิจกรรมของเอนไซม์ invertase ชะลอการลดลงของปริมาณ reducing sugar ปริมาณกรด citric acid และ malic acid อีกทั้งยัง

สามารถ และมีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 33 วัน ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของออกซิเจนร้อยละ 70 90 และชุดควบคุม มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 30 และ 12 วัน ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

การประชุมโต๊ะกลม. 2545. เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาคุณภาพหน่อไม้ฝรั่งสำหรับการส่งออกพื้นที่ภาคตะวันตก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ร่วมกับ สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันตก กลุ่มผู้ปลูกหน่อไม้ฝรั่งภาคตะวันตก. สถานีวิจัยพืชสวนกาญจนบุรี.

ชนันทร โคตรนาวัง. 2541. ผลของการทำ Heat treatment และเอทิลีนต่อการสร้างเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 70 น.

นรินทร์ สมบูรณ์สาร. 2544. หน่อไม้ฝรั่ง. กลุ่มพืชผัก กองส่งเสริมพืชสวน. กรมส่งเสริมการเกษตร. 82 น.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. 364 น.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 237 น.

Bhowmik, K. P., T. Mastsui and K. Kawada. 2000. Textural and Compositional Changes of Asparagus spears during Storage at 1 $^{\circ}$C and Subsequent Senescence at 25 $^{\circ}$C. Pakistan Journal of Biological Science. 3(5): 787-790.

Hulme, A. C. 1956. CO_2 injury and the presence of succinic acid in apples. Nature. 178: 218-219.

Ke, D., M. Mataos, J. Siriphanich, C. Li and A.A. Kader. 1993. Carbon dioxide action on metabolism of organic acid and amino acids in Cripshead lettuce. Postharvest Biology and Technology. 3: 235-247.

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

Kerbel, L.E., A.A. Kader and R.J. Romani. 1988. Effect of evlevated CO_2 concentration on glycolysis in intact 'Bartlett' pear fruit. Plant Physiology. 86: 1205-1209.

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

Patterson, M. E. 1970. The role of ripening in the affairs of mango. HortScience. 5: 30-33.