บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของความเข้มข้นของสารเคลือบผิวไคโตซานต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72

ลักษณะปรากฏ

ผลการทดลอง พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษานาน 4 วัน มีลักษณะผิวเหี่ยวเล็กน้อย กลีบเลี้ยงมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น ไม่มีการเข้าทำลายของเชื้อรา ยังไม่หมดอายุการวางจำหน่าย และคะแนนลักษณะปรากฏดีกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว จุ่มในน้ำกลั่น และเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่มีลักษณะผิวผลเหี่ยวมาก กลีบเลี้ยงเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล บางผลมีเชื้อราเข้าทำลาย และหมดอายุการวางจำหน่าย (ตาราง 2 ตารางภาคผนวก 1 และภาพ 11)

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในเซลล์ของผักและผลไม้ ซึ่งผักและผลไม้โดยปกติแล้วมีน้ำเป็นส่วนประกอบ 80-95 เปอร์เซ็นต์ (ดนัย, 2540) ดังนั้นเมื่อเก็บเกี่ยวผลิตผลมาจากต้นแล้ว ผลิตผลจะถูกตัดขาดจากแหล่งน้ำที่เคยได้รับจากราก และการสูญเสียน้ำของผลิตผลยังคงเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา เมื่อผลิตผลสูญเสียน้ำมากในขณะที่ไม่มีแหล่งน้ำอื่นมาทดแทน จึงทำให้ผลิตผลเกิดการเหี่ยวหรือหดตัว รูปร่างลักษณะเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลง (จริงแท้, 2544 ; ดนัย, 2540 ; สายชล, 2528) โดยทั่วไปที่ผิวของผลิตผลจะมี cuticle ปกคลุมเซลล์ผิวชั้นนอก ซึ่งเป็นเครื่องกีดขวางการผ่านเข้าออกของน้ำได้เป็นอย่างดี เพราะประกอบด้วยสารประเภทไข ได้แก่ แวกซ์ และคิวติน ฉะนั้นความหนาและการจัดเรียงตัวของสารที่เคลือบอยู่ตามผิวของผลิตผลเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดอัตราการสูญเสียน้ำของผลิตผล (จริงแท้, 2544 ; จิรา, 2531) สตรอเบอรี่เป็นผลไม้ที่สารเคลือบผิวน้อยมากหรือแทบจะไม่มีเลยจึงส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำรวดเร็วและมากเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ (สายชล, 2528) นอกจากนี้การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ยังส่งผลให้ผลสตรอเบอรี่มีการคายน้ำสูงขึ้น ส่งผลให้คุณภาพลดลง ผลเหี่ยว ลักษณะภายนอกอื่นๆ ผิดปกติ และอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา การเคลือบผิวผลด้วยไคโตซานช่วยลดการสูญเสียน้ำของผลสตรอเบอรี่ได้ โดยไคโตซานไปปิดรูเปิดต่างๆ ซึ่งจะเป็นช่องทางของการสูญเสียน้ำของผล รวมทั้งไคโตซานยังมีสมบัติคล้ายสารต้านเชื้อรา (El-Ghaout *et al*., 1992) ดังนั้นผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ จึงมีลักษณะปรากฏดีกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว จุ่มในน้ำกลั่น และเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน 0.5 เปอร์เซ็นต์

การเข้าทำลายของเชื้อรา

ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ นาน 4 วัน พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง มีการเข้าทำลายของเชื้อราน้อยกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว จุ่มในน้ำกลั่น เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 2 ตารางภาคผนวก 2 และภาพ 12)

การเคลือบผิวผลิตผลมีวัตถุประสงค์เพื่อทดแทนไขธรรมชาติที่สูญเสียไประหว่างการล้างทำความสะอาด ช่วยปรับปรุงให้ผิวของผลิตผลหลายชนิดมีความมันวาวขึ้น ทำให้ลักษณะปรากฏของผลิตผลดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค นอกจากนี้สารเคลือบผิวบางชนิดยังมีคุณสมบัติช่วยลดการเน่าเสียที่มีสาเหตุมาจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ด้วย (ดนัยและนิธิยา, 2548; ยงยุทธ, 2539) ซึ่งจากการพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความเสียหายอันเนื่องมาจากเชื้อราโดยไม่ได้จำแนกชนิดของเชื้อรา พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีการเข้าทำลายของเชื้อราไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีการเข้าทำลายของเชื้อราต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ El-Ghaouth *et al*. (1992) ซึ่งรายงานว่าการเคลือบผิวผลมะเขือเทศด้วยสารละลายสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีการเข้าทำลายของเชื้อราต่ำกว่าผลมะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบผิว เช่นเดียวกันกับการเคลือบผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากจุ่มผลมะม่วงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 และ 55 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 5 นาทีตามลำดับ สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสในผลมะม่วงได้ (วิทวัสและคณะ, 2545) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานเคลือบผิวผลไม้ต่างๆ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนผิวเปลือกของผลไม้ได้ ทั้งนี้การที่ไคโตซานสามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อราได้อาจจะเป็นผลมาจากไคโตซานมีคุณสมบัติคล้ายกับสารป้องกันเชื้อรา โดยไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้โดยตรง (Allen and Hadwiger, 1979 ; Stossel and Leuba, 1984 ; Hirano and Nagao, 1989 ; El-Ghaouth *et al*., 1992 ; Li and Yu, 2001 ; Romanazzi *et al*., 2002) รวมทั้งยังมีผลกระตุ้นกระบวนการป้องกันตนเอง (defense mechanisms) ของพืช โดยกระตุ้นให้พืชสังเคราะห์เอนไซม์ในกลุ่ม hydrolase คือ chitinase, chitosanase และ β-1,3-glucanase ซึ่งมีสมบัติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อรา ทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญหรือเจริญได้ช้าลง (El-Ghaout *et al*., 1992)

การสูญเสียน้ำหนัก

ผลการทดลอง พบว่า เมื่อเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ไว้นานขึ้น ผลสตรอเบอรี่ในทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่มีแนวโน้มว่าการเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยไคโตซานจะสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว (ตาราง 2 ตารางภาคผนวก 3 และภาพ 13)

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลที่เก็บรักษานั้น ส่วนใหญ่เกิดจากการสูญเสียน้ำภายในผลิตผลซึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความดันไอน้ำภายในผลิตผลกับภายนอกผลิตผล โดยการระเหยผ่านทางช่องเปิดต่างๆ เช่น stomata, lenticel รอยแผลเป็นที่ขั้วและปลายผล บาดแผล หรือรอยช้ำที่เกิดจากการกระทบกระเทือนซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำได้มากขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้การสูญเสียน้ำหนักของผลไม้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของผล ขนาดของผล องค์ประกอบและโครงสร้างของผล อุณหภูมิที่เก็บรักษา ความชื้นในบรรยากาศ และการไหลเวียนของอากาศภายในห้องเก็บรักษา (จริงแท้, 2544) การเคลือบผิวผลิตผลบางชนิดหลังการเก็บเกี่ยว เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำของผลิตผลได้ (สายชล, 2528) แต่จากการทดลอง พบว่า การเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ไม่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลสตรอเบอรี่ได้ เช่นเดียวกับผลการวิจัยของวิเชียร (2541) ที่เคลือบผิวผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยด้วยสารเคลือบผิว Semper fresh ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย Semper fresh ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิทั้งสองมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งผลิตผลที่เก็บรักษาไว้ในสภาพอุณหภูมิสูงจะมีอัตราการคายน้ำสูงและจะสูญเสียน้ำได้รวดเร็วมากเมื่อความดันไอน้ำภายในผลิตผลแตกต่างกับความดันไอน้ำของสภาพแวดล้อม (จริงแท้, 2544 ; ดนัย และนิธิยา, 2548) นอกจากนี้ผลิตผลที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวยังสามารถสูญเสียน้ำได้ เพราะสารเคลือบผิวเมื่อเคลือบให้กับผลิตผลแล้วไม่ได้แผ่เป็นแผ่นฟิล์มปกคลุมผิวของผลิตผลอย่างแท้จริง โดยมักจะมีรอยแยกหรือรอยแตกเกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์มของสารเคลือบผิว ซึ่งเป็นช่องทางให้น้ำเล็ดลอดออกมาได้ ทำให้ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นได้ (จริงแท้, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สีผิวและสีเนื้อ

ผลการทดลองที่ได้ พบว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า L*, chroma และ hue angle ของสีผิวและสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว และจุ่มในน้ำกลั่น (ตาราง 3 ตารางภาคผนวก 4, 5, 6, 7, 8, 9 และภาพ 14, 15, 16, 17, 18, 19)

ผลการทดลองที่ได้ สอดคล้องกับรายงานของ เสาวคนธ์ (2544) ที่ศึกษาการเคลือบผิวผลสาลี่ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 17 และ 5 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับผลสาลี่ที่ห่อผลด้วยพลาสติก PVC ผลสาลี่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วห่อผลด้วยพลาสติก PVC และผลสาลี่ที่ไม่เคลือบผิวแล้วไม่ห่อผลด้วยพลาสติก PVC พบว่า ผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวไม่แตกต่างกันกับผลสาลี่ที่ไม่เคลือบผิวแล้วไม่ห่อผลด้วยพลาสติก PVC นอกจากนี้ Undurraga *et al.* (1995) รายงานว่า ผลอะโวคาโดพันธุ์ Hass ที่เก็บเกี่ยวในระยะที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ 8-10 เปอร์เซ็นต์ ที่เคลือบผิวด้วย N-O-carboximethyl-chitosan (Nutrasave) สูตรต่างๆ คือ NSV 1.0% (shrimp) NSV 2.0% (shrimp) NSH 2.0% (krill) และ NSH 1.5% (other crustaceans) แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส นาน 45 วัน พบว่า ผลอะโวคาโดที่เคลือบผิวด้วย N-O-carboximethyl-chitosan สูตรต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงของสีผิวไม่แตกต่างกับชุดควบคุม สำหรับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลสตรอเบอรี่ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะผลสตรอเบอรี่ที่นำมาทำการทดลองในครั้งนี้มีความสุกแก่ที่การพัฒนาของสีผิวเปลี่ยนเป็นสีแดง 70-80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลสตรอเบอรี่เปลี่ยนเป็นสีแดงเกือบทั่วทั้งผลแล้ว การพัฒนาของสีจึงเกิดขึ้นได้อีกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการเคลือบผิวด้วยไคโตซานจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลสตรอเบอรี่

ความแน่นเนื้อ

ผลการทดลอง พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มที่มีความแน่นเนื้อมากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว จุ่มในน้ำกลั่น เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ และตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา พบว่า ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ในทุกกรรมวิธีลดลดงอย่างต่อเนื่อง โดยลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (ตาราง 4 ตารางภาคผนวก 10 และภาพ 20)

ผลไม้ทุกชนิด ทั้ง climacterics และ non-climacterics เมื่อเริ่มสุกจะเกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ลักษณะเนื้อมีความอ่อนนิ่มลง การนิ่มของผลมีสาเหตุมาจากการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ และการเกาะตัวกันของเซลล์ที่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างและปริมาณสารประกอบเพกทิน เมื่อผลไม้สุกมากขึ้นสารประกอบเพกทินที่ไม่ละลายน้ำจะเปลี่ยนเป็นชนิดที่ละลายน้ำทำให้การเกาะตัวของเซลล์ลดลง เซลล์จะแยกออกจากกันทำให้ลักษณะเนื้อเปลี่ยนไป (จิรา, 2531 ; ดนัย, 2540 ; ดนัย และนิธิยา, 2548) จากผลการทดลองสอดคล้องกับผลการวิจัยของ El-Ghaouth *et al*. (1992) ที่รายงานว่าผลมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าผลมะเขือเทศที่ไม่เคลือบผิว เช่นเดียวกันกับรายงานของ Yu and Dong (1998) ที่ศึกษาการเคลือบผิวผลแอปเปิลพันธุ์ Rall's Janet ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้ดีกว่าผลที่ไม่เคลือบผิว ในทำนองเดียวกันกับการเคลือบผิวผลสาลี่พันธุ์ Shinko ด้วยไคโตซาน พบว่า สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อของผลสาลี่ได้ (JianMing *et al*., 1997) การที่ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวมีแนวโน้มว่าอาจจะรักษาความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ได้ดีกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว อาจจะเป็นผลมาจากการเคลือบผิวไปจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ ทำให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำ และคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น มีผลไปยับยั้งการสังเคราะห์เอทธิลีน ซึ่งเป็นก๊าซที่เกี่ยวข้องกับการสุกและการเสื่อมสภาพ ส่งผลให้ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวมีความแน่นเนื้อสูงกว่า

ปริมาณวิตามินซี

ผลการทดลองที่ได้ พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษานาน 4 วัน พบว่า ปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่ในทุกกรรมวิธีมีค่าค่อนข้างผันแปร (ตาราง 4 ตารางภาคผนวก 11 และภาพ 21)

วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิกในผลิตผลมีอยู่ด้วยกัน 3 รูป คือ reduced ascorbic acid ซึ่งอาจถูกออกซิไดซ์ไปอยู่ในรูปที่ 2 คือ monohydroascorbic acid ซึ่งไม่เสถียร และมักจะถูกเปลี่ยนไปเป็นรูปที่ 3 คือ dehydroascorbic acid (DHA) ซึ่งผลิตผลส่วนใหญ่มีวิตามินซีอยู่ในรูป reduced ascorbic acid ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ (จริงแท้, 2544) การสูญเสียวิตามินซีของผลิตผลมีสาเหตุมาจากการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น ascorbic acid oxidase, polyphenol oxidase และ peroxidase (จริงแท้, 2544; Burton, 1982) และการเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิสูงจะสูญเสียวิตามินซีมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (สายชล, 2528 ; จริงแท้, 2544) สำหรับส่วนประกอบของบรรยากาศที่เก็บรักษามีผลต่อการสูญเสียวิตามินซีของผลิตผลเช่นกัน กล่าวคือก๊าซออกซิเจนจะช่วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เร่งการสูญเสียวิตามินซีให้เกิดเร็วขึ้น เนื่องจากทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยเปลี่ยนจาก reduced ascorbic acid ไปเป็น 2, 3 deketogulonic acid ซึ่งไม่มีสมบัติของวิตามินซี (จริงแท้, 2544 ; Burton, 1982) นอกจากนั้นการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผล ทำให้ผลิตผลมีการสูญเสีย วิตามินซีเพิ่มมากขึ้นด้วย (สายชล, 2528) จากผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของ Pen and Jiang (2003) ที่พบว่า Chinese water chestnut ที่หั่นชิ้น และเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน มีปริมาณวิตามินซีมากกว่า Chinese water chestnut ที่หั่นชิ้นแล้วไม่เคลือบผิว และที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกันกับการเคลือบผิวลำไยด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน พบว่า มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าชุดควบคุม และที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (Jiang and Li, 2001) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะการเคลือบผิวมีแนวโน้มว่าสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำของผลสตรอเบอรี่ได้ รวมทั้งการเคลือบผิวเป็นการลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ ทำให้ผลสตรอเบอรี่อาจจะสัมผัสกับก๊าซออกซิเจนน้อยลง จึงมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว

ปริมาณแอนโทไซยานิน

ผลการทดลอง พบว่า การเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยไคโตซาน สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินได้ โดยผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว ซึ่งปริมาณแอนโทไซยานิน ของผลสตรอเบอรี่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา และมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ในวันที่ 3 และ 4 ของการเก็บรักษา (ตาราง 4 ตารางภาคผนวก 12 และภาพ 22)

ดนัย (2540) รายงานว่าสีผิวของผลสตรอเบอรี่สุกมีสีแดงซึ่งเป็นสารสีแคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานิน เป็นองค์ประกอบ แอนโทไซยานินเป็นกลุ่มของสารสีที่มีสีแดงไปจนถึงสีม่วงและสีน้ำเงิน เมื่อผลมีอายุมากขึ้นจะมีการสังเคราะห์แอนโทไซยานินมากขึ้นด้วย ทำให้แอนโทไซ-ยานินไปบดบังคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ ซึ่งทำให้เห็นว่าผลสตรอเบอรี่สุกมีสีแดง เนื่องจากผลสตรอเบอรี่ที่นำมาทดลองในครั้งนี้มีระยะความสุกแก่อยู่ระหว่าง 70-80 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงแรกของการเก็บรักษาจึงยังมีการเพิ่มขึ้นของแอนโทไซยานินในผลสตรอเบอรี่ได้ เมื่อผลสตรอเบอรี่มีการพัฒนาจนผลมีสีแดงทั่วทั้งผลปริมาณแอนโทไซยานินจึงค่อนข้างคงที่ เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Bhaska Reddy *et al.* (2000) ที่รายงานว่า การฉีดพ่นสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2, 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และ 6 กรัม/ลิตร ให้แก่สตรอเบอรี่ที่อยู่บนต้นและผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดง หลังจากนั้นทิ้งไว้ 5 และ 10 วัน จึงเก็บเกี่ยว แล้วนำผลสตรอเบอรี่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 3 และ 13 องศาเซลเซียส นาน 4 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ในทุกกรรมวิธีมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ผลที่ได้รับการฉีดพ่นไคโตซานจะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอนโทไซยานินน้อยกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้ฉีดพ่นไคโตซาน โดยปริมาณแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้นนั้นจะแปรผกผันกับความเข้มข้นของไคโตซานที่ฉีดพ่นให้กับสตรอเบอรี่ เช่นเดียวกับ El-Ghaouth *et al*. (1991) ที่รายงานว่า การเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยไคโตซาน มีผลลดการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในผลสตรอเบอรี่ได้ และการเคลือบผิวด้วยไคโตซานทำให้เกิดสภาพดัดแปลงบรรยากาศ ทำให้ปริมาณออกซิเจนภายในผลสตรอเบอรี่ลดลง ส่งผลให้กระบวนการเมแทบอลิซึมเกิดขึ้นได้ช้าลง ดังนั้นกระบวนการสุกและการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินจึงเกิดขึ้นได้ช้ากว่าด้วย

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ผลการทดลอง พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงกว่าที่ไม่เคลือบผิว แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้นอื่นๆ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา นาน 4 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลสตรอเบอรี่ในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย (ตาราง 5 ตารางภาคผนวก 13 และภาพ 23)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ซึ่งส่วนใหญ่คือน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งได้แก่ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรักโทส ภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณน้ำตาลอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วแต่ชนิดของพืชและสภาพแวดล้อม โดยปกติแล้วผลิตผลซึ่งมีการหายใจอยู่ตลอดเวลาจะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารหรือพลังงานเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ปริมาณน้ำตาลที่สะสมอยู่ลดน้อยลง (จิรา, 2531 ; จริงแท้, 2544) จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสตรอเบอรี่ในทุกกรรมวิธีลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะสตรอเบอรี่เป็นผลไม้ประเภท non-climacteric หลังการเก็บเกี่ยวแล้วผลจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (จิรา, 2531 ; จริงแท้, 2544 ; ดนัย และนิธิยา, 2548) นอกจากนี้ยังพบว่าผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Jiang and Li (2001) ที่รายงานว่า การเคลือบผิวผลลำไยด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลลำไยในทุกกรรมวิธีลดลงจากวันเริ่มต้นเล็กน้อย โดยผลลำไยที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด เช่นเดียวกันกับ วิทวัสและคณะ (2545) ที่พบว่าการเคลือบผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกด้วยไคโตซาน สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลมะม่วงได้ดีกว่าที่ไม่ได้เคลือบผิว ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากไคโตซานมีสมบัติเป็น semi-permeable films ทำให้เกิดสภาพดัดแปลงบรรยากาศขึ้น ทำให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนที่จะนำไปใช้ในกระบวนการหายใจลดลง ดังนั้นอัตราการหายใจจึงลดต่ำลง (Banks, 1984 ; El-Ghaouth *et al*., 1991) ส่งผลให้มีการนำน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจไปใช้น้อยลง

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษานาน 4 วัน พบว่า ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่มีค่าค่อนข้างผันแปร (ตาราง 5 ตารางภาคผนวก 14 และภาพ 24)

กรดอินทรีย์ที่มีอยู่ในผักและผลไม้ส่วนใหญ่ คือ กรดซิตริก และกรดมาลิก โดยจะถูกสะสมเอาไว้ในแวคคิวโอล ซึ่งกรดอินทรีย์จะมีผลต่อรสชาติของผักและผลไม้โดยตรง และยังเป็นแหล่งสำคัญของสารเริ่มต้นในกระบวนการหายใจอีกด้วย (จริงแท้, 2544 ; ดนัย, 2540 ; ยงยุทธ, 2539; สายชล, 2528) โดยปกติแล้วปริมาณกรดทั้งหมดของผักและผลไม้จะลดลงเมื่อผลไม้แก่หรือสุก (ดนัย, 2540 ; สายชล, 2528) นอกจากนี้ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวและในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณกรดทั้งหมดมักจะลดลง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อ สภาพในการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา นอกจากนี้สภาพการเก็บรักษาโดยการควบคุมบรรยากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์เช่นเดียวกัน (ยงยุทธ, 2539) ซึ่งปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่ในการทดลองนี้สัมพันธ์กับอัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่ กล่าวคือผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆ มีอัตราการหายใจไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นปริมาณกรดซึ่งเป็นแหล่งของสารตั้งต้นสำคัญในกระบวนการหายใจจึงมีการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราการหายใจ

ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว จุ่มในน้ำกลั่น เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการหายใจไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่มีแนวโน้มว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถลดอัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่ลงได้ดีกว่าการไม่เคลือบผิว ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา นาน 4 วัน พบว่า อัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่ในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย ในช่วง 3 วันแรก และเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ตาราง 5 ตารางภาคผนวก 15 และภาพ 25)

อัตราการหายใจสามารถแสดงถึงอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้ได้ โดยผักและผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูงมักจะมีอายุหลังการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าผักและผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ (จิรา, 2531) โดยการหายใจของผลิตผลจะมีอัตราลดลงตลอดภายหลังการเก็บเกี่ยว (ดนัย, 2540) สตรอเบอรี่จัดเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric คือ อัตราการหายใจไม่เปลี่ยนแปลงขณะที่ผลแก่เต็มที่ (ดนัยและนิธิยา, 2548) แต่ผลสตรอเบอรี่ที่นำมาทำการทดลองครั้งนี้ยังแก่ไม่เต็มที่ จึงยังอาจจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นได้อีกเล็กน้อย นอกจากนี้สาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลสตรอเบอรี่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น อาจจะเป็นเพราะการเกิดบาดแผลขึ้นกับผลสตรอเบอรี่ที่นำมาทดลอง ซึ่งในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานทุกความเข้มข้นมีแนวโน้มที่มีอัตราการหายใจต่ำกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิวและจุ่มในน้ำกลั่น ทั้งนี้เพราะสารเคลือบผิวมีคุณสมบัติในการลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของผลิตผล ซึ่งส่งผลให้ชะลอกระบวนการหายใจของผลิตผลให้ช้าลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jiang and Li (2001) ที่ศึกษาการเคลือบผิวผลลำไยด้วยไคโตซาน พบว่า สามารถลดอัตราการหายใจของผลลำไยได้ดีกว่าผลลำไยที่ไม่เคลือบผิว ในช่วงท้ายของการเก็บรักษา พบว่า อัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่ในทุกกรรมวิธีเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว อาจจะเป็นเพราะผลสตรอเบอรี่มีเชื้อราเข้าทำลาย อัตราการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นอาจจะเป็นอัตราการหายใจของเชื้อราร่วมอยู่ด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 2 ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานและอุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72

ลักษณะปรากฏ

ลักษณะปรากฏจัดเป็นส่วนประกอบของคุณภาพของผลิตผล ซึ่งลักษณะปรากฏภายนอกของผลิตผลมีความสำคัญในด้านความสนใจและดึงดูดใจต่อผู้บริโภค (ดนัยและนิธิยา, 2548) โดย

ลักษณะปรากฏประกอบด้วยรูปร่าง ขนาด สี ความสด ความเป็นมันเงา ความสม่ำเสมอ ตำหนิ รวมถึงการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ด้วย (จริงแท้, 2544 ; ดนัยและนิธิยา, 2548)

ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน มีลักษณะปรากฏดีกว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส มีลักษณะผลสด ผิวยังไม่เหี่ยว กลีบเลี้ยงมีสีเขียวสด ยังไม่มีการเข้าทำลายของเชื้อรา ในขณะที่ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีลักษณะความสดลดลง ผิวเหี่ยว กลีบเลี้ยงมีสีเหลือง และบางผลมีการเข้าทำลายของเชื้อรา (ตาราง 6 ตารางภาคผนวก 16 และภาพ 26) ทั้งนี้อุณหภูมิมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเก็บรักษาและคุณภาพของผลิตผล เพราะอุณหภูมิเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในผลิตผล โดยมีบทบาทสำคัญในการควบคุมกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่างๆ รวมถึงการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และการสูญเสียน้ำของผลิตผลด้วย (จริงแท้, 2544 ; สายชล, 2528) ซึ่งที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูง เพราะอุณหภูมิต่ำมีผลชะลอการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีให้เกิดช้าลง ส่งผลให้การสุกและการเสื่อมสภาพของผลิตผลเกิดช้าลงด้วย (จริงแท้, 2544 ; ดนัย, 2540 ; สายชล, 2528) นอกจากนี้อุณหภูมิต่ำยังช่วยลดการสูญเสียน้ำของผลิตผลให้เกิดน้อยลง เพราะที่อุณหภูมิต่ำอากาศสามารถอุ้มน้ำไว้ได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง ซึ่งน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญภายในเนื้อเยื่อของผักและผลไม้ ถ้าพืชมีการสูญเสียน้ำมากจะทำให้ลักษณะเนื้อของผลิตผลเปลี่ยนไป ผิวเหี่ยวหรือหดตัว รวมทั้งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีบางอย่าง เช่น สีและรสชาติเปลี่ยนไป ส่งผลให้คุณภาพของผลิตผลลดลง และที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคภายหลังการเก็บเกี่ยวให้เกิดช้ากว่าที่อุณหภูมิสูง (จริงแท้, 2544 ; ดนัย, 2540 ; ดนัยและนิธิยา, 2548 ; สายชล ; 2528) ดังนั้นการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ไว้ที่อุณหภูมิต่ำจึงมีลักษณะปรากฏดีกว่าที่อุณหภูมิสูง ซึ่งสอดคล้องกับการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler ที่สุกแก่เต็มที่ไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส นาน 13 วัน พบว่า ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส มีลักษณะปรากฏที่ยอมรับได้สูงกว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Ayala-Zavala *et al*., 2004) นอกจากนี้การเก็บรักษาผลมะกอกพันธุ์ Manzanillo ไว้ที่อุณหภูมิ 0, 2.2, 5 และ 20 องศาเซลเซียส นาน 4 สัปดาห์ พบว่า ผลมะกอกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แสดงอาการผิดปกติ สำหรับผลมะกอกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีลักษณะปรากฏดีกว่าและยังเป็นที่ยอมรับได้ (Tayfun Agar *et al*., 1999)

สำหรับผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผิวเหี่ยวเล็กน้อย กลีบเลี้ยงยังคงมีสีเขียวสด และยังไม่มีการเข้าทำลายของเชื้อรา ซึ่งลักษณะปรากฏ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ดีกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิวและจุ่มในน้ำกลั่น ที่ความสดของผลลดลงมากกว่า ผิวเหี่ยว บางผลกลีบเลี้ยงเริ่มมีเหลืองเล็กน้อย และเริ่มมีการเข้าทำลายของเชื้อรา (ตาราง 6 ตารางภาคผนวก 16 และภาพ 26) ซึ่งสอดคล้องกับ Undurraga *et al*. (1995) ที่ศึกษาการเคลือบผิวผลอโวคาโดด้วย N,O-carboximethyl-chitosan (Nutrasave) สูตรต่างๆ ได้แก่ NSV 1% (shirmp), NSV 2% (shirmp), NST 2% (krill), NSH 1.5% (other crustaceans) แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส พบว่า ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาผลอโวคาโดที่เคลือบผิวด้วย N,O-carboximethyl-chitosan (Nutrasave) สูตรต่างๆ มีลักษณะปรากฏภายนอก (external appearances) ดีกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้ Baldwin *et al*. (1999) รายงานว่า ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Nature Seal® 2020 และ Tropical Fruit Coating 213 มีลักษณะปรากฏดีกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะการเคลือบผิวมีผลต่อการควบคุมแลกเปลี่ยนก๊าซของผลิตผล ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เกิดขึ้นน้อยลง การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีเกิดได้ช้าลง การเสื่อมสภาพของผลิตผลจึงเกิดขึ้นช้า และการเคลือบผิวยังมีคุณสมบัติควบคุมการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ด้วย (ดนัยและนิธิยา, 2540) ดังนั้นการเคลือบผิวจึงทำให้ผลิตผลมีลักษณะปรากฏดีกว่าที่ไม่เคลือบผิว

การเข้าทำลายของเชื้อรา

ผลสตรอเบอรี่ซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ยังไม่พบการเข้าทำลายของเชื้อรา ในขณะที่ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เริ่มมีการเข้าทำลายของเชื้อราแล้ว (ตาราง 6 ตารางภาคผนวก 17 และภาพ 27) ทั้งนี้อุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดโรคของผลิตผล โดยความเย็นหรืออุณหภูมิต่ำทำให้ผลิตผลเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย ชะลออัตราการหายใจ ชะลอปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ของกระบวนการเมแท-บอลิซึมภายในเซลล์ให้ช้าลง ชะกอการแก่ การสุก และการเสื่อมสลายของผลิตผลให้ช้าลง ผลไม้จะนิ่มและอ่อนตัวช้าลง ลดการคายน้ำให้เกิดขึ้นน้อยลง ซึ่งส่งผลให้ชะลอการเจริญและการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยว และสามารถ ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้นานยิ่งขึ้น (จริงแท้, 2544 ; ดนัยและนิธิยา, 2548) ซึ่งการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ที่เป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ไว้ที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการเข้าทำลายของเชื้อรา และลดความเสียหายอันเนื่องมาจากการเข้าทำลายของเชื้อราได้ดีกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง (สายชล, 2528) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Drinnan (2004) ซึ่งศึกษาการเก็บรักษาผลลำไยพันธุ์ Biew Kiew ที่บรรจุใน modified interactive packaging : MIP bags (medium humidity) และ plastic poly bags (high humidity) ไว้ที่อุณหภูมิ 5, 7.5, 10 และ 12.5 องศาเซลเซียส พบว่า ผลลำไย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีการเข้าทำลายของเชื้อราช้ากว่าผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง และที่อายุการเก็บรักษาเท่ากันผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีการเข้าทำลายของเชื้อราน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง เช่นเดียวกับ Mier *et al*., (1995) ที่รายงานว่าการเก็บรักษาพริกหยวกพันธุ์ Maor ไว้ที่อุณหภูมิ 3 และ 7.5 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน พบว่า ผลพริกหยวกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส มีการเน่าเสียน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 7.5 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การฉีดพ่นสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0, 4.0 และ 6.0 กรัม/ลิตร ให้แก่สตรอเบอรี่ที่ผิวผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดง แล้วทิ้งไว้นาน 10 วัน จึงเก็บเกี่ยว แล้วนำไป เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 3 และ 13 องศาเซลเซียส นาน 4 สัปดาห์ พบว่า ที่ระยะเวลาของการเก็บรักษาเท่ากันผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส มีการเน่าเสียอันเนื่องมา จากการเข้าทำลายของเชื้อราต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส (Bhaskara Reddy *et al*., 2000)

สำหรับผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ยังไม่มีการเข้าทำลายของเชื้อรา ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิวและจุ่มในน้ำกลั่นที่เริ่มมีการเข้าทำลายของเชื้อรา (ตาราง 6 ตารางภาคผนวก 17 และภาพ 27) การเคลือบผิวนอกจากจะทำให้ผลิตผลมีลักษณะดึงดูดใจผู้บริโภค ลดการสูญเสียน้ำของผลิตผลแล้ว สารเคลือบผิวยังมีคุณสมบัติในการควบคุมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยอาจจะผสมสารเคมีป้องกันเชื้อราลงไปในสารเคลือบผิว หรือสารเคลือบผิวนั้นมีคุณสมบัติในการต้านการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยตรง เช่น ไคโตซาน (ดนัยและนิธิยา, 2548) จากผลการทดลองสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ชลิต (2540) ที่รายงานว่า ผลกล้วยไข่ที่เคลือบผิวด้วยน้ำมันถั่วลิสงมีการเน่าเสียเนื่องจากโรคน้อยและช้ากว่าผลกล้วยไข่ที่ไม่เคลือบผิว นอกจากนี้ Ben-Shalom *et al*. (2003) รายงานว่า การฉีดพ่นสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ให้แก่แตงกวาสามารถลดการเกิดโรคราสีเทา (gray mold) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Botrytis cinerea* ได้ดีกว่าชุดควบคุม โดยการฉีดพ่นไคโตซานให้แก่แตงกวา 1 ชั่วโมง ก่อนที่จะปลูกเชื้อด้วย conidia ของ *Botrytis cinerea* สามารถลดการเกิดโรคราสีเทาได้ 65 เปอร์เซ็นต์ และถ้าฉีดพ่นให้ 4 และ 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะปลูกเชื้อ สามารถลดการเกิดโรคได้ 82 และ 87 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Romanazzi *et al*. (2003) ที่รายงานว่า การเคลือบผิวผลสวีทเชอรี่ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสภาพความดันต่ำ (hypobaric) 0.5 บรรยากาศ นาน 4 ชั่วโมง แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0±1 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน พบว่า สามารถลดการเข้าทำลายของเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีกว่าชุดควบคุม และ Han *et al*. (2004) ได้ศึกษาการเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่และราสเบอรี่ด้วยไคโตซาน ไคโตซานผสมแคลเซียม และไคโตซานผสมวิตามินอี แล้วเก็บรักษาไว้ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 88 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่และราสเบอรี่ด้วยไคโตซานในทุกกรรมวิธีมีการเข้าทำลายของเชื้อราไม่แตกต่างกัน และการเคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถลดการเข้าทำลายของเชื้อราได้ดีกว่าผลที่ไม่เคลือบผิว ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะไคโตซานเป็นสารประกอบที่มีสมบัติเป็นสารต้านเชื้อรา (Ben-hamou, 1996) โดยมีผลยับยั้งการเจริญและการงอกของสปอร์ของเชื้อราได้โดยตรง (Du *et al*., 1997 ; El-Ghaouth *et al*., 1994 ; Oh *et al*., 1998) นอกจากนี้ไคโตซานยังไปกระตุ้นให้พืชสร้างระบบป้องกันตนเอง (defence mechanisms) ต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา โดยกระตุ้นให้พืชมีการสังเคราะห์เอนไซม์ในกลุ่ม hydrolase ซึ่งได้แก่ chitinase, chitosanase และ β-1, 3-glucanase ซึ่งมีสมบัติในการย่อยสลายไคติน ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของผนังเซลล์ของเชื้อรา ทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญหรือเจริญได้ช้าลง (El-Ghaout *et al*., 1992) ดังนั้นเมื่อเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยไคโตซานร่วมกับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำจึงสามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อราได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แต่ต่ำกว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตาราง 6 ตารางภาคผนวก 18 ภาพ 28) ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลเกิดจากการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผล ซึ่งทำให้ผลิตผลเกิดการเหี่ยว หดตัว ส่งผลให้คุณภาพลดลง (จิรา, 2531 ; ดนัยและนิธิยา, 2548 ; สายชล, 2528) โดยผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาจากต้นแล้วยังคงมีการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นตลอดเวลา โดยเฉพาะผลิตผลทางพืชสวนที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ (จริงแท้, 2544) การสูญเสียน้ำออกจากเซลล์พืชเกิดขึ้นโดยน้ำเคลื่อนที่ไปสู่อากาศภายนอกผ่านทางรูเปิดตามธรรมชาติ และรอยแผลของผลิตผล (จริงแท้, 2544 ; สายชล, 2528) นอกจากนี้การเก็บรักษาไว้ที่สภาพอุณหภูมิสูงจะทำให้ผลิตผลมีการคายน้ำสูงและสูญเสียน้ำได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เพราะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความดันของไอน้ำในอากาศจะเพิ่มขึ้น คือ ที่อุณหภูมิสูงอากาศสามารถอุ้มไอน้ำไว้ได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (จริงแท้, 2544 ; ดนัย, 2540 ; ดนัยและนิธิยา, 2548 ; ยงยุทธ, 2539) ดังนั้นการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (0 และ 5 องศาเซลเซียส) จึงสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งจากผลการทดลองสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ วงเดือน (2546) ที่ศึกษาการเคลือบผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง นาน 12 วัน พบว่า ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งนี้การสูญเสียน้ำหนักแปรผันตรงกับอุณหภูมิที่เก็บรักษา นอกจากนี้การเก็บรักษาผล saskatoon (*Amelanchier alnifolis* Nutt) ไว้ที่อุณหภูมิ 0.5 และ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ผล saskatoon ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0.5 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Rogiers and Knowles, 1998) เช่นเดียวกับการเก็บรักษาผลแตงกวาไว้ที่อุณหภูมิ 1 และ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ผลแตงที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Hakim *et al*., 1999)

ในขณะที่การสูญเสียน้ำหนักของผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว (ตาราง 6 ตารางภาคผนวก 18 ภาพ 28) ซึ่งสอดคล้องกับ ชลิต (2540) ที่ศึกษาการเคลือบผิวผลกล้วยไข่ พบว่า ผลกล้วยไข่ที่เคลือบผิวด้วยผงวุ้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าผลกล้วยไข่ที่ไม่เคลือบผิว ทั้งนี้ผลิตผลถึงแม้จะเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวแต่ยังสามารถสูญเสียน้ำได้ เพราะสารเคลือบผิวที่เคลือบให้กับผลิตผลนั้นไม่ได้แผ่เป็นแผ่นฟิล์มปกคลุมผลิตผลอย่างแท้จริง โดยมักจะมีรอยแยกหรือรอยแตกเกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์มของสารเคลือบผิวนั้น ซึ่งเป็นช่องทางให้น้ำเล็ดลอดออกมาได้ ส่งผลให้ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำหนักขึ้นได้ (จริงแท้, 2544) นอกจากนี้อาจจะเป็นเพราะโครงสร้างของไคโตซานที่เคลือบผิวผลสตรอเบอรี่อยู่นั้นเป็นแบบ semi-permeable film ซึ่งอาจจะเคลือบซ้อนทับกันอยู่อย่างหลวมๆ ทำให้เกิดรูพรุนมาก ผลสตรอเบอรี่จึงมีการสูญเสียน้ำมากด้วย

สีผิวและสีเนื้อ

จากผลการทดลอง พบว่า การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ค่า L* ของสีผิวผลสตรอเบอรี่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส มีค่า chroma และ hue angle สูงกว่าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตาราง 7 ตารางภาคผนวก 19, 20, 21 และภาพ 29, 30, 31) แสดงให้เห็นว่าสีผิวผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีสีส้มแดง และเปลี่ยนเป็นสีแดงได้ช้ากว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง สำหรับสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส มีค่า L*, chroma และ hue angle สูงกว่าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตาราง 8 ตารางภาคผนวก 22, 23, 24 และภาพ 32, 33, 34) สอดคล้องกับ Mostofi *et al*., (2003) ที่รายงานว่า ผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีค่า hue angle สูงกว่าผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงของค่า hue angle ช้ากว่าด้วย เช่นเดียวกับรายงานของ Martinez-Romeo *et al*. (2003) ที่ศึกษาการเก็บรักษาผล pepino

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์ Sweet Long ไว้ที่อุณหภูมิ 1, 10 และ 20 องศาเซลเซียส พบว่า ผล pepino ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส มีค่า hue angle ของสีผิวผลสูงกว่าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิสูงมีการลดลงของค่า hue angle เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปหรือสูงเกินไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีระหว่างการสุกของผลไม้ โดยในสภาวะอุณหภูมิต่ำมีผลชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในผลไม้ให้เกิดช้าลง ส่งผลให้ผลไม้สุกช้าลง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสีผิวและสีเนื้อจึงเกิดช้ากว่าที่สภาวะอุณหภูมิสูง (ดนัย, 2540)

การเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L*, chroma และ hue angle ของสีผิวและสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว และจุ่มในน้ำกลั่น (ตาราง 7, 8 ตารางภาคผนวก 19, 20, 21, 22, 23, 24 และภาพ 29, 30, 31, 32, 33, 44) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ วงเดือน (2546) ที่รายงานว่าผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 12 วัน มีการเปลี่ยนแปลงของค่า L*, chroma และ hue angle ของสีผิวไม่แตกต่างกับผลส้มที่ไม่เคลือบผิว เช่นเดียวกันกับรายงานของ เสาวคนธ์ (2544) ที่พบว่าการเคลือบผิวผลสาลี่ด้วยสารเคลือบผิวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผลสาลี่

ความแน่นเนื้อ

เมื่อผลไม้สุกจะมีลักษณะเนื้ออ่อนนิ่มลง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพกทิน ซึ่งเพกทินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ โดยอยู่ในส่วนที่เรียกว่า middle lamella ทำหน้าที่เชื่อมให้เซลล์ติดกัน สารประกอบเพกทินที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของผลไม้ดิบจะอยู่ในรูปของ protopectin ซึ่งไม่ละลายน้ำ (insoluble pectin) เมื่อผลไม้สุก protopectin จะถูกสลายกลายเป็นเพกทินและกรดเพกทิก ซึ่งละลายน้ำ (soluble pectin) ทำให้ผลไม้มีเนื้อที่อ่อนนิ่มลง (ดนัย, 2540)

จากผลการทดลอง พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 9 ตารางภาคผนวก 25 ภาพ 35) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะผลสตรอเบอรี่ที่นำมาทำการทดลองในครั้งนี้มีระยะความสุกแก่ที่สีผิวเปลี่ยนเป็นสีแดง 70-80 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อของผลจึงอาจจะไม่แตกต่างกันมากนัก รวมทั้งสตรอเบอรี่เป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ซึ่งภายหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีจะเกิดขึ้นน้อยมาก ดังนั้นอุณหภูมิที่การเก็บรักษาจึงอาจจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ จากผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ เสาวคนธ์ (2544) ที่รายงานว่าการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เก็บรักษาผลสาลี่ไว้ที่อุณหภูมิ 5, 17 และอุณหภูมิห้อง นาน 5 วัน พบว่า มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ Fallik *et al*. (1995) ที่รายงานว่าการเก็บรักษาผลมะเขือที่บรรจุในถุง polyethylene ที่อุณหภูมิ 6, 8 และ 12 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน พบว่า อุณหภูมิที่เก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะเขือ

สำหรับผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีความแน่นเนื้อต่ำกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว (ตาราง 9 ตารางภาคผนวก 25 ภาพ 35) สอดคล้องกับรายงานของ Han *et al*. (2004) ที่ศึกษาการเคลือบผิวผล red raspberries พันธุ์ Tullmeen ด้วยไคโตซาน ไคโตซานผสมกับแคลเซียม และไคโตซานผสมกับวิตามินอี แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 88 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผล red raspberries ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานวิธีการต่างๆ มีการสูญเสียความแน่นเนื้อมากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้เคลือบผิว ทั้งนี้ความแน่นเนื้อของผลิตผลยังขึ้นอยู่กับความเต่งของเซลล์พืชด้วย ซึ่งภายในเซลล์พืชมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ถ้ามีการสูญเสียน้ำจะทำให้ความเต่งของเซลล์ลดลง ส่งผลให้ลักษณะเนื้อเปลี่ยนแปลงและความแน่นเนื้ออาจจะลดลงได้ (ดนัย, 2540 ; ดนัยและนิธิยา, 2548) จากผลการทดลองครั้งนี้สัมพันธ์การสูญเสียน้ำหนักของผลสตรอเบอรี่ ที่พบว่าผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำมากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว

ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่มีปริมาณต่ำกว่าปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตาราง 9 ตารางภาคผนวก 26 และภาพ 36) ภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณวิตามินซีมักมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นค่อนข้างมาก ซึ่งผักบริโภคใบและช่อดอกจะมีการสูญเสียวิตามินซีค่อนข้างสูง แต่ในผลไม้มักไม่มีการสูญเสียวิตามินซีมากนัก ซึ่งอาจจะเป็นเพราะในผลไม้มีกรดอินทรีย์อยู่มาก ซึ่งสามารถยับยั้งการสลายตัวของวิตามินซีได้ สำหรับการสูญเสียตามินซีในผลิตผลเกิดจากปัจจัยหลายประการ คือ กิจกรรมของเอนไซม์ เช่น Ascorbic acid oxidase, Polyphenol oxidase และ Peroxidase และยังเกิดจากกระบวนการออกซิเดชั่นด้วย นอกจากนี้การสูญเสียวิตามินซียังเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและระยะเวลาของการเก็บรักษา ซึ่งการเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิสูง มักจะมีการสูญเสียวิตามินซีมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ แต่บางกรณีการเก็บผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิต่ำอาจจะเป็นสาเหตุให้ผลิตผลมีการสูญเสียวิตามินซีมากขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น การเก็บรักษามันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิต่ำทำให้มีการสูญเสียวิตามินซีมากกว่าที่อุณหภูมิสูง (จริงแท้, 2544 ; ยงยุทธ, 2539) สำหรับผลสตรอเบอรี่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นั้นถ้าหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วผลเกิดอาการชอกช้ำ จะสูญเสียวิตามินซีอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ชอกช้ำเสียหายจะไม่สูญเสียวิตามินซีเลยนานถึง 3 วัน เป็นอย่างน้อย (ชูพงษ์, 2531) รวมทั้งที่อุณหภูมิสูงอาจจะทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมภายในผลเกิดขึ้นมากซึ่งอาจจะส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์วิตามินซีภายในผลยังคงเกิดขึ้นได้ ดังนั้นการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จึงมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าที่ 0 และ 5 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cordenunsi *et al.* (2005) ที่รายงานว่า การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Dover, Campineiro และ Oso Grande ไว้ที่อุณหภูมิ 6, 16 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง พบว่า ปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่ทุกพันธุ์ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 และ 16 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง และ 6 องศาเซลเซียส

ในขณะที่การเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยไคโตซานไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว และจุ่มในน้ำกลั่น (ตาราง 9 ตารางภาคผนวก 26 และภาพ 36) สอดคล้องกับ ชินพันธ์ (2539) ที่รายงานว่าการเคลือบผิวผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในเนื้อลิ้นจี่ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะสตรอเบอรี่เป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีจะเกิดขึ้นน้อยหลังจากเก็บเกี่ยว (จิรา, 2531; สายชล, 2528) ร่วมกับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ซึ่งอาจจะทำให้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่ในทุกกรรมวิธีเกิดขึ้นน้อย ดังนั้นปริมาณวิตามินซีจึงไม่แตกต่างกัน

ปริมาณแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำพบมากในแวคคิวโอล ทำให้เกิดสีแดง ชมพู น้ำเงิน และม่วง (จริงแท้, 2544 ; ดนัย, 2540 ; ยงยุทธ, 2539) ซึ่งแอนโทไซยานินในเซลล์พืชมักจะไม่เสถียร เมื่อโครงสร้างของพืชเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้สีเปลี่ยนแปลงไปด้วย ความเข้มของสีและการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น แสง ออกซิเจน ความร้อน ความเป็นกรด-ด่าง เอนไซม์เพอรอกไซด์ วิตามิน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไอออนของโลหะ โมเลกุลของน้ำตาล สารฟีนอล และสารอื่นๆ (จริงแท้, 2544 ; ยงยุทธ, 2539)

จากผลการทดลอง พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน มีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำกว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตาราง 9 ตารางภาคผนวก 27 และภาพ 37) สอดคล้องกับ Cordenunsi *et al.* (2005) ที่รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวในระยะผิวผลเปลี่ยนเป็นสีแดง 3/4 ของผล แล้วเก็บรักษาไว้ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) 16 และ 6 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ มีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น โดยปริมาณแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้นนั้นแปรผันตรงกับอุณหภูมิที่เก็บรักษา เช่นเดียวกับการฉีดพ่นสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0, 4.0 และ 6.0 กรัม/ลิตร ให้แก่ผลสตรอเบอรี่ที่ผิวผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดงแล้วทิ้งไว้ 10 วัน จึงเก็บเกี่ยว แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 3 และ 13 องศาเซลเซียส พบว่าที่ระยะเวลาของการเก็บรักษานานเท่ากัน ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส (Bhaskara Reddy *et al*., 2000) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะอุณหภูมิต่ำมีผลชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมให้เกิดขึ้นได้ช้ากว่าที่อุณหภูมิสูง (ดนัย, 2540) ดังนั้นการสังเคราะห์แอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำจึงเกิดขึ้นได้ช้ากว่าที่อุณหภูมิสูงด้วย

ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิวและจุ่มในน้ำกลั่น(ตาราง 9 ตารางภาคผนวก 27 และภาพ 37) ทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานมีการสูญเสียน้ำมาก ซึ่งการสูญเสียน้ำเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีบางอย่าง รวมทั้งการเปลี่ยนสีด้วย (ดนัย, 2540) โดยปกติแล้วสีของแอนโทไซยานินจะผันแปรไปตามความเป็นกรดด่างของสารละลาย โดยแอนโทไซยานินจะมีสีแดงในสภาพที่สารละลายเป็นกรด และสีจะจางลงเมื่อความเป็นกรดลดลง และเมื่อเซลล์ของพืชมีการสูญเสียน้ำมากขึ้นจะทำให้ภายในเซลล์มีสภาพเป็นกรดเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้แอนโทไซยานินมีสีแดงเพิ่มขึ้นด้วย (จริงแท้, 2544 ; ดนัย, 2540) ดังนั้นผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานซึ่งมีการสูญเสียน้ำมากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิวและจุ่มในน้ำกลั่นจึงมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

น้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลักของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของน้ำผลไม้ น้ำตาลที่พบมากในผักและผลไม้ คือ กลูโคส ฟรักโทส และซูโครส (จริงแท้, 2544 ; ดนัย, 2540 ; ดนัยและนิธิยา, 2548) โดยผักและผลไม้อาจจะสะสมน้ำตาลหรือนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ สำหรับผักและผลไม้ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมักมีการสะสมน้ำตาลเพราะอัตราการใช้น้ำตาลเพื่อการหายใจมีน้อย (สายชล, 2528)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 10 ตารางภาคผนวก 28 และภาพ 38) เช่นเดียวกันกับรายงานของเสาวคนธ์ (2544) ที่ศึกษาการเคลือบผิวผลสาลี่แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 17 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง นาน 10 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลสาลี่มีค่าไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ วงเดือน (2546) รายงานว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับรายงานของ Yang *et al*. (2003) ที่เก็บรักษาผล Hami melon สายพันธุ์ New Queen ไว้ที่อุณหภูมิ 3 และ 22 องศาเซลเซียส สายพันธุ์ 8601 ไว้ที่อุณหภูมิ 3 และ 18 องศาเซลเซียส สายพันธุ์ Kalakusai ไว้ที่อุณหภูมิ 1 และ 16 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิที่เก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผล Hami melon ทั้ง 3 สายพันธุ์

สำหรับผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว (ตาราง 10 ตารางภาคผนวก 28 และภาพ 38) สอดคล้องกับ Dong *et al*. (2004) พันธุ์ Huaizhi ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0, 2.0 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -1 องศาเซลเซียส นาน 6 วัน พบว่า มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงกว่าผลลิ้นจี่ที่ไม่เคลือบผิว เช่นเดียวกับการเคลือบผิว Chinese water chestnut หั่นชิ้น ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน พบว่า Chinese water chestnut หั่นชิ้น ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากกว่าชุดควบคุมและที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Pen and Jiang, 2003) ซึ่งอาจจะเป็นเพราะการเคลือบผิวมีผลช่วยลดการแลกเปลี่ยนก๊าซภายในผลิตผลกับบรรยากาศ โดยลดปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในผลิตผล ส่งผลให้ชะลออัตราการหายใจให้เกิดช้าลง (ดนัยและนิธิยา, 2548 ; ยงยุทธ, 2539) จากผลการทดลองสัมพันธ์กับอัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่ ซึ่งการเคลือบผิวมีแนวโน้มที่จะสามารถลดอัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่ได้ต่ำกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว ดังนั้นจึงมีการนำน้ำตาลซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในกระบวนการหายใจไปใช้น้อยลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ผักและผลไม้มีกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ มากมาย ซึ่งเป็นกรดที่อยู่ในวิถีของเครบส์ (Kreb's cycle) ซึ่งถูกสร้างขึ้นในระหว่างการเกิดกระบวนการหายใจภายในเซลล์ โดยการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรท และกรดอินทรีย์จะถูกสะสมอยู่ในแวคิวโอลของเซลล์ผักและผลไม้ (ดนัย, 2540)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตาราง 10 ตารางภาคผนวก 29 และภาพ 39) สอดคล้องกับรายงานของ Ayala-Zavala *et al*. (2004) ที่พบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส นาน 13 วัน ไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับการเก็บรักษาผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยไว้ที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่า อุณหภูมิที่เก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลลิ้นจี่ (ชินพันธ์, 2539) โดยปกติแล้วพืชจะมีการนำกรดอินทรีย์ไปใช้ในกระบวนการหายใจ จึงทำให้ปริมาณกรดอินทรีย์ของผลิตผลลดลง (จริงแท้, 2544 ; ดนัย, 2540 ; สายชล, 2528) แต่ในกรณีนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าผลสตรอเบอรี่ไม่ได้นำกรดอินทรีย์ไปใช้ในกระบวนการหายใจ แต่นำอาหารสะสมอื่นไปใช้แทน ดังนั้นปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่จึงไม่มีความแตกต่างกัน

การเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิวและจุ่มในน้ำกลั่น (ตาราง 10 ตารางภาคผนวก 29 และภาพ 39) เช่นเดียวกับการเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Totem ด้วยไคโตซาน ไคโตซานผสมแคลเซียม และไคโตซานผสมวิตามินอี แล้วนำไปแช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -23 องศาเซลเซียส นาน 2 เดือน พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานวิธีการต่างๆ มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (Han *et al*., 2004) นอกจากนี้ วงเดือน (2546) ได้รายงานว่าการเคลือบผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 12 วัน พบว่า มีปริมาณเกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม เช่นเดียวกับการเคลือบผิวผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ พบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่มีความแตกต่างจากผลลิ้นจี่ที่ไม่เคลือบผิว (ชินพันธ์, 2539) อาจเป็นเพราะในกรณีนี้ผลสตรอเบอรี่ยังไม่ได้นำกรดอินทรีย์ไปใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ แต่มีการนำอาหารสะสมอื่นไปใช้ก่อน เช่น น้ำตาล ดังนั้นปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่จึงไม่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราการหายใจ

การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีที่สะสมอยู่ในอาหารให้อยู่ในรูปของพลังงานที่สามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต (จริงแท้, 2544) ซึ่งอัตราการหายใจเป็นสิ่งที่แสดงถึงอายุในการเก็บรักษาของผักและผลไม้ ผักและผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ

จะมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผักและผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูง (สายชล, 2528 ; ดนัย, 2540) เพราะว่าการหายใจนำมาซึ่งการเสื่อมสลาย ถ้าการหายใจของผลิตผลเกิดช้าลงอัตราการเสื่อมสลายจะช้าลง (ดนัยและนิธิยา, 2548)

ผลการทดลอง พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจต่ำกว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตาราง 10 ตารางภาคผนวก 30 และภาพ 40) สอดคล้องกับ Miccolis and Saltveit (1995) ที่รายงานว่าการเก็บรักษาผล melon จำนวน 6 สายพันธุ์ ไว้ที่อุณหภูมิ 7, 12 และ 15 องศาเซลเซียส พบว่า ผล melon ทั้ง 6 สายพันธุ์ ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีอัตราการหายใจต่ำกว่าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง เช่นเดียวกับการเก็บรักษาผล pawpaw ไว้ที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ผล pawpaw ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจต่ำกว่าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (Archbold *et al*., 2003) นอกจากนี้ Ding *et al*. (1998) รายงานว่า การเก็บรักษาผล loquat พันธุ์ Mogi ไว้ที่อุณหภูมิ 1, 5, 10 และ 20 องศาเซลเซียส พบว่า ผล loquat ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจสูงที่สุด และผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจต่ำที่สุด ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิเป็นปัจจัยภายนอกที่สำคัญมากที่สุดต่อการหายใจของผักและผลไม้ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการหายใจของผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว ที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เกิดช้าลง รวมทั้งการหายใจด้วย ซึ่งการลดอุณหภูมิต่ำลงทุกๆ 10 องศาเซลเซียส จะทำให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลง 2-4 เท่า (ดนัย, 2540)

ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการหายใจไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว แต่มีแนวโน้มว่าการเคลือบผิวจะทำให้อัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่ต่ำกว่าการหายใจของผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิวและจุ่มในน้ำกลั่น (ตาราง 10 ตารางภาคผนวก 30 และภาพ 40) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Hagenmaier (2005) ที่รายงานว่าผลแอปเปิลพันธุ์ 'Fuji' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Shellac, Shellac 'APL-LUSTR 275' และ Carnauba wax มีอัตราการหายใจไม่แตกต่างจากผลแอปเปิลที่ไม่เคลือบผิว นอกจากนี้ Hagenmaier (2005) ยังได้ศึกษาพบว่าผลแอปเปิลพันธุ์ 'Red Delicious' ที่เคลือบผิวด้วย Carnauba wax มีอัตราการหายใจไม่แตกต่างจากผลแอปเปิลที่ไม่เคลือบผิว เช่นเดียวกับการเคลือบผิวพริกหยวกด้วยสารเคลือบผิว Candeilla ความเข้มข้น 22, 12 และ 10 เปอร์เซ็นต์ และ Carnauba wax ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อัตราการหายใจของพริกหยวกที่เคลือบผิวในทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างจากพริกหยวกที่ไม่เคลือบผิว (Hagenmaier, 2005) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะโครงสร้างของไคโตซานที่เคลือบผิวผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สตรอเบอรี่อยู่นั้นเป็นแบบ semi-permeable film โดยอาจจะสานกันเป็นแผ่น film อย่างหลวมๆ ทำให้เกิดรูพรุนในแผ่นฟิล์มนั้นมาก จึงทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างผลิตผลกับบรรยากาศไม่แตกต่างจากผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว ดังนั้นผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวจึงมีอัตราการหายใจไม่แตกต่างจากผลสตรอเบอรี่ที่ไม่เคลือบผิว

การทดลองที่ 3 ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานและอุณหภูมิต่ำต่อการเจริญของเชื้อราในผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72

ผลการทดลอง พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีการเข้าทำลายของเชื้อราช้ากว่าผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วไม่เคลือบผิว โดยผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เริ่มมีการเข้าทำลายของเชื้อราในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วไม่เคลือบผิว เริ่มมีการเข้าทำลายของเชื้อราตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา พบว่าผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโต-ซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีการเข้าทำลายของเชื้อรา ต่ำกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วไม่เคลือบผิว และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นผลสตรอเบอรี่ทั้งสองกรรมวิธีมีการเข้าทำลายของเชื้อราเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ตาราง 11 และภาพ 43)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ได้ดีกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วไม่เคลือบผิว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไคโตซานมีสมบัติในการลดอัตราการเจริญของเชื้อรา โดยยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยตรง และกระตุ้นกระบวนการป้องกันตนเองในเนื้อเยื่อพืชเพื่อให้เกิดภูมิต้านทานเชื้อรา และการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำนั้นช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลไว้ได้นานขึ้น รวมทั้งยังมีผลไปยับยั้งหรือชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(จริงแท้, 2544 ; ดนัย และนิธิยา, 2548 ; สายชล, 2528) ซึ่งจากผลการทดลองสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Romanazzi *et al*. (2003) ที่รายงานว่าการเคลือบผิวผลสวีทเชอรี่ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสภาพ hypobaric 0.50 บรรยากาศ นาน 4 ชั่วโมง แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0±1 องศาเซลเซียส สามารถลดการเน่าเสียของผลสวีทเชอรี่อันเนื่อง มาจากโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีที่สุด นอกจากนี้ Jiang and Li (2001) ได้รายงานว่า การเคลือบผิวผลลำไยด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเน่าเสียของผลลำไย ในระหว่างการเก็บรักษาได้ นอกจากนี้ ธวัชและสมศิริ (2546) ได้ศึกษาการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporoides* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยปลูกเชื้อ *Colletotrichum gloeosporoides* บนผลมะม่วงด้านเดียวแล้วบ่มไว้ในสภาพชื้นเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นจุ่มผลมะม่วงด้านที่ปลูกเชื้อในสารละลายสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 800 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร pH 4.5 พบว่า สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ 56.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การปลูกเชื้อบนผลมะม่วงแล้วไม่ได้จุ่มในสารละลายไคโตซานไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรค ซึ่งการเคลือบผิวผลผลิตด้วยไคโตซานแล้วมีผลไปช่วยลดการเข้าทำลายของ เชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ อาจจะเป็นผลมาจากไคโตซานมีสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้โดยตรง หรือไคโตซานไปกระตุ้นการสร้างสาร phytoalexin ซึ่งเป็นสารต้านการเข้าทำลายของเชื้อราในพืช หรือกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ในกลุ่ม hydrolase ได้แก่ chitinase, chitosanase และ β-1,3-glucanase ซึ่งมีสมบัติในการย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อรา ทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญหรือเจริญได้ช้าลง (El-Ghaout *et al*., 1992)

การทดลองที่ 4 ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานและอุณหภูมิต่ำต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสในผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72

การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสในผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วไม่เคลือบผิว พบว่า ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสสูงกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วไม่เคลือบผิว (ตาราง 12 และภาพ 45)

ไคติเนสเป็นเอนไซม์ที่พบในสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ พืช และสัตว์ ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะมีการสร้างเอนไซม์ชนิดนี้ขึ้นภายในเซลล์ตลอดเวลาในระดับที่ต่ำ (Jeuniaux, 1996) โดยไคติเนสจัดเป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งในกลุ่ม hydrolase ที่มีสมบัติในการย่อยสลายไคตินที่เป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ของเชื้อรา ทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญหรือเจริญได้ช้าลงกว่าปกติจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยไคโตซานมีสมบัติในการชักนำให้ ผลสตรอเบอรี่สร้างเอนไซม์ไคติเนสเพิ่มสูงขึ้นกว่าปกติ และมีผลไปยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ในผลสตรอเบอรี่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Ben-Shalom *et al*. (2003) ที่ศึกษาพบว่าสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 50 ppm สามารถยับยั้งการงอกของ conidia ของเชื้อรา *Botrytis cinerea* ในมะเขือได้ดีกว่าชุดควบคุม และการพ่นสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ให้แก่ต้นมะเขือเป็นเวลา 1, 4 และ 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะปลูกเชื้อด้วย conidia ของเชื้อรา *Botrytis cinerea* สามารถลดการเกิดโรคในมะเขือลงได้ 65, 82 และ 87 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้ไคโตซานยังมีผลไปชักนำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ chitosanase เพิ่มขึ้น 1.9 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เช่นเดียวกับ Romanazzi *et al*. (2001) ที่รายงานว่า ไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Botrytis cinerea*, *Monilinia laxa* และ *Alternaria alternate* ในผลสวีทเชอรี่บนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ นอกจากนี้ไคโตซานยังไปมีผลชักนำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ chitinase, chitosanase และ β-1,3-glucanase ในพริกหยวก มะเขือเทศ ส้ม ราสเบอรี่ และสตรอเบอรี่เพิ่มสูงขึ้น (Fajardo *et al*., 1998 ; El-Ghaouth and Arul, 1992 ; Zhang and Quantick, 1998) โดยในพริกหยวกและมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานมีกิจกรรมของเอนไซม์ chitinase, chitosanase และ β-1,3-glucanase เพิ่มสูงขึ้นหลังจากเก็บรักษานาน 14 วัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าไคโตซานยังมีผลชักนำให้แครอทสังเคราะห์สาร 6-methoxymellein ซึ่งเป็นสารสำคัญในกลุ่ม phytoalexin เพิ่มขึ้นด้วย (Reddy *et al*., 1999) และการเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิต่ำนั้นมีผลไปยับยั้งหรือชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ (จริงแท้, 2544 ; ดนัย และนิธิยา, 2548 ; สายชล, 2528) ดังนั้นเมื่อเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยไคโตซานร่วมกับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จึงช่วยยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อราและยืดอายุการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยอาจเป็นสมบัติในการยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อราได้โดยตรงของไคโตซาน รวมถึงการที่ไคโตซานชักนำให้ผลสตรอเบอรี่มีกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสเพิ่มสูงขึ้น แล้วเอนไซม์ทำหน้าที่ย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญหรือเจริญได้ช้าลงกว่าปกติ ร่วมกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ จึงทำให้ผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีการเข้าทำลายของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ต่ำกว่าและช้ากว่าผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร แล้วไม่เคลือบผิว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved