บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ความสัมพันธ์ของระยะการพัฒนาสีผิวกับปริมาณแอนโทไซยานินและอายุของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72

ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 มีระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อผลมีอายุเฉลี่ยได้ 27.13, 28.07 และ 29.03 วันหลังดอกบานเต็มที่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เมื่อรังไข่ของดอกสตรอเบอรี่ได้รับการผสม กลีบดอกจะร่วงโรย และส่วนของฐานรองดอก (receptacle) จะเจริญและพัฒนาเป็นผลสตรอเบอรี่ โดยมีการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผลแก่เต็มที่หรือผลสุก ซึ่งผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกในรัฐ Maryland ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้เวลาประมาณ 31 วันในช่วงต้นฤดูการปลูก แต่ในตอนกลางฤดูปลูกซึ่งมีสภาพวันที่ยาวและอุณหภูมิสูงขึ้น ช่วงเวลาการเจริญเติบโตจนกระทั่งผลแก่จะสั้นลง 5-6 วัน ส่วนในรัฐ Oregon ช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตจนสุกของผลสตรอเบอรี่หลายๆพันธุ์แตกต่างกันไปในแต่ละฤดูปลูก โดยอยู่ในช่วง 29-35 วัน และสายพันธุ์ที่เป็นประเภท Everbearing ซึ่งเป็นชนิดย่อยของสตรอเบอรี่ป่า ใช้ระยะเวลา 20-25 วัน ในสภาพวันยาวและอุณหภูมิช่วงกลางฤดูร้อน แต่ใช้เวลาประมาณ 60 วัน ในระหว่างฤดูใบไม้ร่วง (ชูพงษ์, 2531; ณรงค์ชัย, 2543) ภักดี (2545) รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ70 เริ่มมีสีแดงอมชมพูเกิดขึ้นที่ด้านปลายผลเมื่อมีอายุ 28 วันหลังดอกบานเต็มที่ และมีผิวสีแดงประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อผลมีอายุ 31 วันหลังดอกบานเต็มที่ ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ผลสตรอเบอรี่มีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นตามระยะของการพัฒนาสีผิว และมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับอายุผลหรือจำนวนวันหลังดอกบานเต็มที่ (ตารางที่ 3 และ4 และภาพที่ 13) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Montaro *et al.* (1996) ที่รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler มีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นในระยะการสุกและมีปริมาณสูงสุดเมื่อผลสตรอเบอรี่สุกเต็มที่ เช่นเดียวกับผลการศึกษาของทองใหม่ (2541) ที่พบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Dover, Nyoho, Sequoia และ Tioga เพิ่มขึ้นตามระยะการพัฒนาของสีผิวหรือเมื่อผลมีระยะการสุกมากขึ้น เนื่องจากเมื่อผลสตรอเบอรี่เริ่มแก่สีผิวจะเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีขาว ซึ่งเป็นผลจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชัน และกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส พร้อมกับมีการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารสีแดงที่อยู่ตามเซลล์ชั้นนอกของผล เมื่อผลสตรอเบอรี่มีระยะการสุก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มากขึ้นจะมีการสังเคราะห์แอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น โดยเมื่อผลสุกเต็มที่สีของแอนโทไซยานินจะบังสีของคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ ดังนั้นจึงสังเกตเห็นเฉพาะสีของแอนโทไซยานินเท่านั้น (ดนัย, 2538; Avigdori-Avidov, 1986; Manning, 1993) อายุของผลมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในระยะการพัฒนาของเนื้อเยื่อ โดยในผลเชอรี่เปรี้ยวมีการสังเคราะห์แอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากระยะผลแก่จนถึงระยะผลสุก เช่นเดียวกับในผลราสเบอรี่สายพันธุ์ Mecker ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้น 4 เท่าในผลสุก (Gross, 1987) นอกจากนี้ปริมาณแอนโทไซยานินยังผันแปรไปตามสภาพพีเอชของสารละลายในแวคิวโอล ปริมาณน้ำตาลในเซลล์ ระยะการสุก แสง อุณหภูมิ และระดับของฮอร์โมนในพืช (อัญชุลี, 2539; Nunes *et al.,* 1995)

การทดลองที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72

สำหรับสีผิว สีเนื้อ และสีเมล็ดของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่มีระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำค่า L*, chroma และ hue angle ไปเปรียบเทียบกับแผนภาพของสี (ภาพที่ 8) แสดงให้เห็นว่า ผิวของผลสตรอเบอรี่มีสีแดงเพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะของการพัฒนาสีผิวเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5 และภาพที่ 14) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแอนโทไซยานินที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลสตรอเบอรี่มีอายุผลหรือระยะการสุกมากขึ้น เช่นเดียวกับผลการศึกษาของสมคิด (2544) ที่พบว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 ที่มีระยะการพัฒนาสีผิว 75 เปอร์เซ็นต์ ผิวผลมีพื้นที่ของสีแดงและปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่าผลที่มีระยะการพัฒนาสีผิว 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ Gross (1982) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงสีของผลสตรอเบอรี่เริ่มจากสีเขียวในระยะผลอ่อน แล้วเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีขาวเมื่อผลเริ่มแก่ และเมื่อผลสุกสีผิวจะเปลี่ยนเป็นสีแดง สำหรับเนื้อภายในของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 พบว่า เนื้อผลมีสีขาวหรือสีเหลืองอ่อนๆ และส่วนของเนื้อปลายผลเริ่มมีสีแดงเพิ่มขึ้นตามระยะการพัฒนาสีผิว (ภาพที่ 14) สอดคล้องกับณรงค์ชัย (2546) ที่รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 มีลักษณะของเนื้อภายในผลเป็นสีขาว ผลสตรอเบอรี่มีการสะสมปริมาณแอนโทไซยานินของเนื้อเยื่อภายนอกและเนื้อเยื่อภายในผล (external and internal tissue) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อผลเปลี่ยนจากระยะผิวสีแดงครึ่งผลเป็นมีผิวสีแดงทั่วทั้งผล (Holcroft and Kader, 1999; Li *et al*., 2000) ส่วนสีของเมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองอมเขียวเป็นสีแดงเมื่อผลมีการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 9 และภาพที่ 14) เช่นเดียวกับผลสตรอเบอรี่พันธุ์พราชทาน 50 และ 70 ที่มีการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดเริ่มจากสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เหลืองอมเขียวไปเป็นสีส้มหรือสีชมพู และสีแดง เมื่อผลมีอายุผลมากขึ้นหรือมีระยะการสุกเพิ่มขึ้น (ภักดี, 2545; สมคิด, 2544)

ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่มีระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดความหนาของผลมากกว่าผลที่มีระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 25 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ขนาดความกว้าง ความยาว น้ำหนัก และปริมาตรของผลที่มีระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าผลที่มีระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 75 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดความกว้าง ความยาว น้ำหนัก และปริมาตรของผลมากกว่าผลที่มีระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ เล็กน้อย (ตารางที่ 6) อย่างไรก็ตาม ผลสตรอเบอรี่สามารถเพิ่มขนาดของผลขึ้นอีกประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ จากระยะเริ่มสุกเมื่อสีผิวเป็นสีแดงทั่วทั้งผลเป็นระยะผลสุกเต็มที่ (Childers, 1981) การเจริญเติบโตของผลสตรอเบอรี่ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่เซลล์บริเวณเนื้อผล ซึ่งภายหลังจากระยะดอกบานจนกระทั่งผลแก่เต็มที่ มีการขยายขนาดของเนื้อเยื่อประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อผลแก่แกนกลางของผลและเนื้อผลจะหยุดพัฒนา แต่ยังสามารถขยายขนาดเพิ่มขึ้นได้อีกเล็กน้อย (Avigdori-Avidov, 1986) โดยผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Toyonoka มีน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างที่มีการพัฒนาของผลจนกระทั่งผลมีสีแดง หลังจากนั้นน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยเมื่อผลสุกเต็มที่ (Nogata, 1993) ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่มีระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดความกว้าง ความยาว และความหนา อยู่ในช่วง 2.96-3.04, 4.15-4.19 และ 2.65-2.78 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีน้ำหนักและปริมาตรของผลอยู่ในช่วง 13.10-14.52 กรัม และ 14.87-16.40 มิลลิลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ซึ่งเป็นขนาดของผลที่ค่อนข้างใหญ่ และใหญ่กว่าพันธุ์ Nyoho (Yoshiyuki, 1996) โดยมีน้ำหนักของผลเฉลี่ยประมาณ 14 กรัมต่อผล มีความแข็งหรือความแน่นเนื้อมากกว่าผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 แต่มีความสมดุลพอดีระหว่างรสเปรี้ยวกับรสหวาน เกิดกลิ่นหอมเมื่อผลเริ่มสุกถึงสุกเต็มที่ และมีความทนทานต่อการขนส่งมากกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ที่ใช้ส่งเสริมการปลูกในปัจจุบัน (ณรงค์ชัย, 2546)

ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 มีรูปร่างผลเป็นแบบทรงแหลมมากที่สุด รองลงมาคือมีรูปร่างเป็นทรงแหลมยาว ส่วนรูปร่างแบบอื่นๆ พบในปริมาณที่น้อยและใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงว่าผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 มีรูปร่างค่อนข้างสม่ำเสมอ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 15) รูปร่างของผลสตรอเบอรี่โดยทั่วไปสังเกตได้จากรูปร่างของฐานดอกภายในช่อผล โดยปกติผลแรกในช่อผลมักมีขนาดใหญ่แต่รูปร่างไม่แน่นอน ผลจะกว้างและแบนเป็นรูปลิ่ม (fasciation) ผลต่อๆ มามีรูปร่างปกติและคงที่ โดยสภาพภูมิอากาศในช่วงการเจริญเติบโตมีผลกระทบต่อรูปร่างของผลสตรอเบอรี่ได้ เช่น เมื่อวันสั้นเกินไป เป็นสาเหตุทำให้การเจริญเติบโตของผลไม่เหมาะสม ส่งผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้ผลสตรอเบอรี่มีรูปร่างผลทรงแบน นอกจากนี้การเข้าทำลายของแมลง โรค การผสมเกสร ความแห้งแล้ง ความชื้นของอากาศ และน้ำค้างแข็ง มีผลกระทบต่อรูปร่างของผลสตรอเบอรี่ทั้งสิ้น (ณรงค์ชัย, 2543) ผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกทางตอนเหนือและทางชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกของประเทศสหรัฐอเมริกา มีรูปร่างผลสม่ำเสมอมากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกทางตอนใต้ของประเทศ (Shaul, 1986)

ผลการศึกษาตำแหน่งของเมล็ด พบว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่มีระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีตำแหน่งของเมล็ดส่วนใหญ่ต่ำกว่าระดับผิวผล และมีแนวโน้มว่าผลที่มีระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดงมากขึ้น จะมีตำแหน่งของเมล็ดต่ำกว่าระดับผิวผลเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 8) เช่นเดียวกับผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 ที่มีตำแหน่งของเมล็ดส่วนใหญ่ต่ำกว่าระดับผิวผลหลังจากผลมีอายุ 22 วันหลังดอกบานเต็มที่ จนกระทั่งผลสุกเต็มที่ (ภักดี, 2545) เนื่องจากในระหว่างที่มีการพัฒนาของผล ส่วนที่เป็นเนื้อผลมีการพัฒนามากกว่าและเร็วกว่าในส่วนที่เป็นแกนกลางผล โดยส่วนที่เป็นเนื้อผลมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนถึง 120-125 เปอร์เซ็นต์ (Havis, 1943)

การทดลองที่ 3 ผลของอุณหภูมิต่ำและระยะความแก่ต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บเกี่ยวในระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0±1, 5±1 และ 10±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 4 วัน พบว่า สีผิวและสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่า L* และ hue angle น้อยกว่าผลที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่า chroma มากกว่า และเมื่อนำค่า L*, chroma และ hue angle ไปเปรียบเทียบกับแผนภาพของสี (ภาพที่ 8) พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 75 เปอร์เซ็นต์ มีสีผิวและสีเนื้อเป็นสีแดงมากกว่าผลที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10 และภาพที่ 16, 17 และ 18) เช่นเดียวกับผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 ที่มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวโดยเริ่มจากสีขาวอมเขียวไปเป็นสีแดง ส่วนสีเนื้อเริ่มเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีแดงเมื่อผลสตรอเบอรี่มีอายุผลเพิ่มมากขึ้น (ภักดี, 2545) ผลสตรอเบอรี่สามารถมีสีแดงเพิ่มขึ้นได้หลังจากเก็บเกี่ยว ดังนั้นผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวขณะที่ผลยังไม่แดงทั้งผล จึงสามารถแดงพอดีเมื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ถึงตลาดปลายทาง (ณรงค์ชัย, 2543) ในระหว่างที่มีการสุกของผลสตรอเบอรี่มีการสลายตัวของคลอโรพลาสต์ ปริมาณของคลอโรฟิลล์จึงลดลงอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งมีการสังเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มมากขึ้น (Perkins–Veazie, 1995) ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Kent ที่เก็บเกี่ยวในระยะผลสีชมพูขาว ชมพู และแดง แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ในสภาพที่มีแสงสว่างปรากฏว่าสีผิวของผลสตรอเบอรี่ระยะสีชมพูขาว เปลี่ยนเป็นสีแดงได้น้อยกว่าผลที่มีระยะสีชมพูและแดง (Miszczak *et al*.,1995) ซึ่งการเปลี่ยนสีนี้สอดคล้องกับปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ที่เพิ่มขึ้นตามระยะของการพัฒนาสีผิว ผลสตรอเบอรี่มีการสะสมปริมาณแอนโทไซยานินที่ผิวและเนื้อผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อผลสตรอเบอรี่มีระยะผิวสีแดงทั่วทั้งผล (Holcroft and Kader, 1999; Li *et al*., 2000) Montero *et al*. (1996) พบว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler มีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นในระยะการเจริญเติบโตและการสุก และมีปริมาณสูงสุดเมื่อผลมีอายุ 35 วันนับจากเริ่มติดผล เช่นเดียวกับผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Nyoho ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นเมื่อผลสตรอเบอรี่เริ่มมีสีแดงที่ปลายผล และมีปริมาณสูงสุดเมื่อผลมีสีแดงทั่วทั้งผล (Li *et al*., 2000) แอนโทไซยานินที่พบในผลสตรอเบอรี่มี 3 ชนิด คือ pelargonidin-3-glucoside, pelargonidin-3-rutinoside และ cyanidin-3-glucoside โดยเริ่มตรวจพบในผลสตรอเบอรี่ที่มีระยะสีขาวและมีปริมาณสูงสุดในผลที่สุกเต็มที่ (Donato *et al*., 1998) และอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวและสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ โดยผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูงสามารถพัฒนาสีผิวและสีเนื้อเป็นสีแดงได้ดีกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10±1 องศาเซลเซียส มีค่า L* และ hue angle น้อยกว่าผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±1 และ 0±1 องศาเซลเซียส แต่มีค่า chroma มากกว่า (ตารางที่ 10 และภาพที่ 16, 17 และ 18) เนื่องจากอุณหภูมิต่ำมีผลชะลอการทำงานของเอนไซม์และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ให้เกิดช้าลง ทำให้ผลไม้แก่และสุกช้าลง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสีผิวและสีเนื้อจึงเกิดช้ากว่าที่อุณหภูมิสูง (ดนัย, 2540) สอดคล้องกับ Schouten *et al*.(2002) ที่พบว่า การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Elsanta ไว้ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส มีการพัฒนาสีของผลเร็วกว่าผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิมีผลต่อการสังเคราะห์สารสีและปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Dover, Campineiro และ Oso Grande ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่มีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นตามระดับของอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา โดยผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยกว่าผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 16 และ 25 องศาเซลเซียส (Cordenunsi *et al*., 2005) และผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่าผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

0 องศาเซลเซียส โดยจะเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาและมีปริมาณสูงสุดเมื่อหมดอายุการเก็บรักษา (Ayala–Zavala *et al*., 2004)

ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บเกี่ยวในระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0±1, 5±1 และ 10±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 4 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักสดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 0.72±0.02, 0.72±0.23 และ 0.57±0.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11 และภาพที่ 19) เนื่องจากที่ผิวนอกของผลสตรอเบอรี่มีแวกซ์ (wax) เคลือบอยู่ โดยเฉพาะที่ผิวของผลสุก ซึ่งลักษณะผิวของผลสตรอเบอรี่จะผันแปรไปตามพันธุ์ (ดนัย, 2538) การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ไว้ที่อุณหภูมิ 10±1 องศาเซลเซียส ทำให้สูญเสียน้ำหนักสดมากกว่าผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0±1 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 11 และภาพที่ 19) เพราะในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้อากาศสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้น ผลิตผลจึงมีการสูญเสียน้ำให้บรรยากาศโดยรอบได้ง่าย การลดอุณหภูมิของอากาศให้ต่ำลง ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของอากาศลดลง (ดนัย, 2540; ยงยุทธ, 2539) ซึ่งการสูญเสียน้ำภายในผลสตรอเบอรี่ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความดันไอน้ำภายในผลกับภายนอกผล โดยการระเหยผ่านทางช่องเปิดต่างๆของผล นอกจากนี้การสูญเสียน้ำหนักของผลไม้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของผล ขนาดของผล องค์ประกอบและโครงสร้าง อุณหภูมิภายในห้องเก็บรักษา ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเก็บรักษา และการไหลเวียนของอากาศภายในห้องเก็บรักษา (Lloyd and Pentzer, 1974)

ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บเกี่ยวในระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีความแน่นเนื้อต่ำกว่าผลที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 25 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11 และภาพที่ 19) สอดคล้องกับผลการศึกษาของสมคิด (2544) ที่รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 มีความแน่นเนื้อลดลงเมื่อผลสตรอเบอรี่มีระยะการสุกมากขึ้น โดยผลสตรอเบอรี่ที่มีผิวเป็นสีแดง 75 เปอร์เซ็นต์ มีความแน่นเนื้อน้อยกว่าผลที่มีผิวเป็นสีแดง 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Carezza, Darselect และ Marmolada มีความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปลี่ยนจากระยะผิวสีขาวเป็นสีแดงครึ่งผล หลังจากนั้นความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่จะลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะของการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง และมีความแน่นเนื้อต่ำสุดเมื่อผิวมีสีแดงเข้ม (Azodanlou *et al,* 2004) การที่ผลสตรอเบอรี่สุกหรืออายุผลมากขึ้นมีความแน่นเนื้อลดลง เป็นผลเนื่องมาจากเกิดการสลายตัวของสารที่เป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ โดยเฉพาะสารประกอบเพกทิน ซึ่งทำหน้าที่ประสานโมเลกุลต่างๆ ในผนังเซลล์เข้าด้วยกันและเชื่อมเซลล์ข้างเคียงให้ติดกันจะถูกสลายด้วยเอนไซม์ในกลุ่มของโพรโทเพกทิเนส ทำให้เซลล์ซึ่งเคยยึดเกาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กันแน่นขณะผลไม้ดิบเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพที่เกาะกันหลวมๆเมื่อผลไม้สุก ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของผลไม้นิ่มลง (ดนัย, 2540; ปราณี, 2547) การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ไว้ที่อุณหภูมิ 10±1 องศาเซลเซียส ทำให้ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อน้อยกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±1 และ 0±1 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 11 และภาพที่ 19) เนื่องจากผลสตรอเบอรี่จะนิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่จะลดลงประมาณหนึ่งเท่าตัวเมื่ออุณหภูมิในสภาพแวดล้อมสูงขึ้นทุก 21.7 องศาเซลเซียส (ชูพงษ์, 2531) และการเก็บรักษาโดยใช้ความเย็นหรืออุณหภูมิต่ำ จะช่วยชะลอปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ให้ช้าลง ทำให้ผลไม้นิ่มและอ่อนตัวช้าลง เพราะอุณหภูมิต่ำมีส่วนในการควบคุมการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ในปฏิกิริยาเคมีให้ช้าลง (ดนัยและนิธิยา, 2548) Zauberman and Jobin-Decor (1995) พบว่า อุณหภูมิต่ำมีผลทำให้ผลอะโวกาโดที่เก็บรักษาเกิดการเสื่อมสภาพช้าลง และทำให้เอนไซม์เพกทินเมทิลเอสเทอเรส พอลิกาแล็กทูโรเนส และเซลลูเลสมีกิจกรรมลดลงด้วย

ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตามระยะของการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง โดยผลที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าผลที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11 และภาพที่ 19) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำตาลและกรดอินทรีย์ ดังนั้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำตาลและกรดอินทรีย์ในผลสตรอเบอรี่ (ดนัยและนิธิยา, 2548) โดยผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าผลที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะของการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง (ตารางที่ 12 และภาพที่ 21) สอดคล้องกับ Spayd and Morris (1981) ที่รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Cardinal และ A-5344 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่อผลมีระยะความแก่และสุกมากขึ้น ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 70 ที่มีผิวเป็นสีแดง 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และน้ำตาลทั้งหมดมากกว่าผลที่มีผิวเป็นสีแดง 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (สมคิด, 2544) ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรักโทส และซูโครสของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Nyoho เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เริ่มติดผลจนกระทั่งผลสตรอเบอรี่มีผิวสีแดงทั่วทั้งผล (Li *et al*., 2000) ส่วนอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 คือ 0±1, 5±1 และ 10±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ น้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมดในผลสตรอเบอรี่ (ตารางที่ 11 และ 12) สอดคล้องกับ Ayala-Zavala *et al*. (2004) ที่พบว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันจนกระทั่งถึงวันที่ 11 ของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Sweet Charlie และ Chandler ที่ผ่านการทำให้เย็นก่อนการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และน้ำตาลรีดิวซ์ไม่แตกต่างกับผลที่ไม่ผ่านการทำให้เย็นแล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (Nunes *et al*., 1995) การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ไม่มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Campineiro เกิดการเปลี่ยนแปลง (Cordenunsi *et al*., 2005)

ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเมื่อผลมีระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดงมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลง (ตารางที่ 11 และภาพที่ 20) ซึ่งปริมาณกรดอินทรีย์มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าพีเอชภายในเซลล์และมีอิทธิพลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินและสีของผลสตรอเบอรี่ (Cordenunsi *et al*., 2003) ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler เริ่มมีค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลเข้าสู่ระยะแก่เต็มที่ ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลงจนกระทั่งผลสตรอเบอรี่เสื่อมสภาพ (Montero *et al*., 1996) ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Carezza, Darselect และ Marmolada มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลงตามระยะของการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดงมากขึ้น (Azodanlou *et al*., 2004) โดยทั่วไปในขณะที่ผลไม้ยังอ่อนจะมีปริมาณกรดอยู่สูง ทำให้ไม่เหมาะสำหรับการบริโภค และไม่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ เพราะสภาพที่มีกรดอยู่สูงทำให้พีเอชต่ำ จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เมื่อผลไม้สุกปริมาณกรดทั้งหมดลดต่ำลง เนื่องจากมีการนำไปใช้ในกระบวนการหายใจเซลล์ (ดนัย, 2540; จริงแท้, 2544) ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0±1, 5±1 และ 10±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 11) สอดคล้องกับ Ayala-Zavala *et al*. (2004) ที่รายงานว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Oso Grande และ Chandler ที่ผ่านและไม่ผ่านการทำให้เย็น มีค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกัน เมื่อนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ (Nunes *et al*., 1995) Cordenunsi *et al*. (2003) รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Dover และ Mazi ซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส มีค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้คงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา เช่นเดียวกับผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Aromas ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เปลี่ยนแปลงน้อยมาก และไม่แตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษา (Pelayo *et al*., 2003)

ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บเกี่ยวในระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

11 และภาพที่ 20) โดยการสังเคราะห์วิตามินซีในเนื้อเยื่อพืชมีสารเริ่มต้นเป็นน้ำตาลเฮกโซส หรือ ดี-กาแล็กโทส ดังนั้นในช่วงอายุที่พืชมีการสังเคราะห์แสงสูงจะมีการสังเคราะห์วิตามินซีมาก (วุฒิ คุณ, 2530) Montero *et al.* (1996) รายงานว่า ปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มติดผลจนกระทั่งผลสุก เช่นเดียวกับผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 ที่มีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นตลอดระยะของการพัฒนาผลและสูงสุดเมื่อผลมีอายุได้ 34 วันหลังดอกบานเต็มที่หรือผลมีผิวเป็นสีแดงทั้งผล (ภักดี, 2545) Spayd and Morris (1981) รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Cardinal และ A-5344 มีปริมาณวิตามินซีเพิ่มสูงขึ้นพร้อมๆ กับระยะความแก่ที่มากขึ้น ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวในขณะผลสุกมีผิวสีแดงครึ่งผลมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มมากขึ้นเมื่อปล่อยให้สุกเองภายหลังการเก็บเกี่ยว แต่จะมีปริมาณน้อยกว่าผลที่ปล่อยให้สุกแดงอยู่กับต้น (ชูพงษ์, 2531; ณรงค์ชัย, 2543) การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ไว้ที่อุณหภูมิ 0±1 องศาเซลเซียส ทำให้ผลสตรอเบอรี่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±1 และ 10±1 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 11 และภาพที่ 20) อาจเนื่องจากอุณหภูมิต่ำทำให้อัตราการสังเคราะห์วิตามินซีเกิดขึ้นได้ช้าลง การเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิต่ำไม่สามารถชะลอการสูญเสียวิตามินซีได้เสมอไป โดยมันฝรั่งและมันเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำสูญเสียวิตามินซีมากกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง ซึ่งยังไม่ทราบว่าเป็นเพราะเหตุใด แต่อาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสตาร์ชไปเป็นน้ำตาลของมันฝรั่ง หรืออาจเนื่องมาจากการเกิดอาการสะท้านหนาวขึ้นทำให้เซลล์เสื่อมสลาย วิตามินซีจึงถูกออกซิไดส์ด้วยออกซิเจนและเอนไซม์ต่างๆ (จริงแท้, 2544) Lee and Kader (2000) รายงานว่า ในผลิตผลบางชนิดที่อ่อนแอต่อการเกิดอาการสะท้านหนาว อุณหภูมิต่ำจะทำให้สูญเสียวิตามินซีอย่างช้าๆ ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler, Oso Grande และ Sweet Charlie ที่ผ่านการลดอุณหภูมิอย่างช้าๆ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส สูญเสียวิตามินซีมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ (Nunes *et al*., 1995) และการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ไว้ในสภาพแช่เยือกแข็งทำให้วิตามินซีสูญเสียไป 34 เปอร์เซ็นต์ (Hagg *et al*., 1995)

ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บเกี่ยวในระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 75 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการหายใจต่ำกว่าผลที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12 และภาพที่ 22) ซึ่งอัตราการหายใจของผลในขณะที่ยังอ่อนอยู่หรือกำลังเจริญเติบโตจะสูงมาก เนื่องจากมีการแบ่งเซลล์มาก หลังจากนั้นอัตราการหายใจจะค่อยๆลดต่ำลงเรื่อยๆ ตามอายุผลที่มากขึ้น และภายหลังการเก็บเกี่ยวอัตราการหายใจของผลไม้ประเภท non climacteric จะลดลงเรื่อยๆ (จริงแท้, 2544; ดนัย, 2540) สมคิด (2544) รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 และ 70 ที่มีระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการหายใจไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่มีแนวโน้มว่าผลสตรอเบอรี่ที่มีผิวเป็นสีแดง 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการหายใจต่ำกว่าผลที่มีผิวเป็นสีแดง 25 เปอร์เซ็นต์ และผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10±1 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจสูงกว่าผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±1 และ 0±1 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 12 และภาพที่ 22) เนื่องจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ และการหายใจจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นทุกๆ 10 องศาเซลเซียส ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยควบคุมอัตราการหายใจให้เกิดช้าลง มีผลทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในเซลล์ของผลิตผลเกิดช้าลงด้วย (ดนัย, 2540; ดนัยและนิธิยา, 2548) ทองใหม่ (2541) รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Dover, Nyoho, Sequoia และ Tioga ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจสูงกว่าผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส Hardenburg *et al.* (1986) รายงานว่า ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ผลสตรอเบอรี่มีอัตราการหายใจเท่ากับ 18 มิลลิกรัมCO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง และอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเป็น 211 มิลลิกรัมCO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บเกี่ยวผลสตรอเบอรี่ที่กำลังสุกมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้นในช่วง 2-3 วัน หลังจากนั้นอัตราการหายใจจะลดลงประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆในช่วง 5 วัน (Ingle, 1971) ซึ่งจากงานวิจัยนี้อัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาที่ทุกอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วง 2 วันแรก แล้วลดลงเรื่อยๆจนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นอัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนหมดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 22) เนื่องจากอาจมีการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งต้องใช้แก๊สออกซิเจนและคายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเช่นเดียวกัน (Bonte-Friedheim, 1989)

ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บเกี่ยวในระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษาไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 12) แต่มีแนวโน้มว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดงมากขึ้นมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง สอดคล้องกับทองใหม่ (2541) ที่รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวในระยะสีผิวเป็นสีชมพูขาว ชมพู และแดง มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 10.35, 9.25 และ 8.63 วัน ตามลำดับ ซึ่งสตรอเบอรี่เป็นผลไม้ที่มีผิวบอบบาง ฉ่ำน้ำ และมีเนื้อเยื่อที่อ่อนนิ่ม จึงช้ำและเน่าเสียได้ง่าย ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น (ประสาทพรและดนัย, ม.ป.พ.) สำหรับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาผลสตรอเบอรี่มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษามาก โดยพบว่าผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0±1 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานานกว่าผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±1 และ 10±1 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 12) เนื่องจากอุณหภูมิต่ำชะลออัตราการหายใจ และปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ให้ช้าลง ส่งผลให้ผลสตรอเบอรี่แก่และสุกให้ช้าลง ผลไม้นิ่มและอ่อนตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ช้าลง ลดการคายน้ำให้น้อยลง และลดการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ต่างๆ (ดนัยและนิธิยา, 2548) โดยช่วงของอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ควรอยู่ระหว่าง 0.5-1.1 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 85-90 เปอร์เซ็นต์ Ayala–Zavala (2004) รายงานว่าการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถรักษาคุณภาพและทำให้ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler มีอายุการเก็บรักษานานกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

การทดลองที่ 4 ผลของอุณหภูมิต่ำและระยะความแก่ต่อกิจกรรมของเอนไซม์เพกทิเนสในผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72

จากผลการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์เพกทิเนสในผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บเกี่ยวในระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส พบว่าในวันเริ่มต้น (วันที่ 0) และวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวในระยะการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดง 75 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมของเอนไซม์เพกทิเนสมากกว่าผลที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่เก็บเกี่ยวเมื่อผิวเป็นสีแดง 50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวทั้ง 3 ระยะ มีกิจกรรมของเอนไซม์เพกทิเนสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจนหมดอายุการเก็บรักษา แต่มีแนวโน้มว่ากิจกรรมของเอนไซม์เพกทิเนสเพิ่มขึ้นตามระยะของการพัฒนาสีผิวเป็นสีแดงและอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 13 และภาพที่ 23) El-Zoghbi (1994) รายงานว่า เอนไซม์พอลิกาแล็กทูโรเนส เพกทินเอสเทอเรส และเซลลูเลส มีกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการสุกของผลมะม่วง ฝรั่ง และสตรอเบอรี่ ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Siabelle, J2, Senga sengana และ Darsanga มีกิจกรรมของเอนไซม์เพกทินเมทิลเอสเทอเรสและพอลิกาแล็กทูโรเนสสูงมากในขณะที่ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุด (Lefever *et al*., 2004) การสลายตัวของผนังเซลล์ในระหว่างการสุกของผลสตรอเบอรี่ยังเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์อีกหลายชนิด เช่น บีตา-ไซโลซิเดส (Martinez *et al*., 2004) บีตา-กาแล็กโทซิเดส (Trainotti *et al*., 2001) เอกแพนซิน (Harrison *et al*., 2001) และเพกเทตไลเอส (Benitez-Burraco *et al*., 2003) Brummell *et al*. (1994) รายงานว่า การนิ่มของผลไม้ เช่น มะเขือเทศ อะโวคาโด และสตรอเบอรี่เกิดขึ้นพร้อมกับกิจกรรมของเอนไซม์เอนโด-บีตา-1,4-กลูคาเนสที่เพิ่มสูงขึ้น และจากผลการทดลองพบว่า กิจกรรมของเอนไซม์เพกทิเนสมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับความแน่นเนื้อของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลสตรอเบอรี่ลดลง (ตารางที่ 14) ซึ่งการที่ผลสตรอเบอรี่มีความแน่นเนื้อลดลง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและส่วนประกอบของผนังเซลล์ โดยเฉพาะสารประกอบเพกทินที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์และระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสกับเฮมิเซลลูโลสในผนังเซลล์ชั้นแรก ทำหน้าที่เชื่อมเซลล์ที่อยู่ข้างเคียงและประสานโมเลกุลต่างๆ ในผนังเซลล์เข้าด้วยกัน โดยในผลไม้ดิบมีสารประกอบเพกทินที่อยู่ในรูปของโพรโทเพกทิน ซึ่งไม่ละลายน้ำ เนื่องจากมีหมู่เมทิลเกาะอยู่ในโมเลกุลของสารประกอบเพกทิน โพรโทเพกทินในผลไม้ดิบมักรวมตัวกับแคลเซียม เกิดเป็นแคลเซียมเพกเทต (Ca-pectate) ทำให้ผลไม้มีความแน่นเนื้อสูง เมื่อผลไม้สุกปริมาณแคลเซียมจะลดลงและโมเลกุลของโพรโทเพกทินจะถูกสลายให้กลายเป็นเพกทิน กรดเพกทินิก และกรดเพกทิกที่ละลายน้ำได้ โดยอาศัยกระบวนการ depolymerization และ deesterification ที่มีเอนไซม์ในกลุ่มของโพรโทเพกทิเนสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสลายพอลิเมอร์ของโพรโทเพกทินและไฮโดรไลส์เอาหมู่เมทิลออกจากโมเลกุลของเพกทิน ทำให้เนื้อสัมผัสของผลไม้นิ่มลง (ดนัย,2540; ปราณี,2547; สายชล, 2528) Rosli *et al.* (2004) รายงานว่า การที่ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Camarosa, Pajaro และ Toyonaka มีเนื้อสัมผัสอ่อนนิ่มลงในระหว่างการสุก เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้ปริมาณเพกทินที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid-soluble pectin; HSP) ลดลง และมีพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้ (water soluble polymers; WSP) เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากกระบวนการ solubilization และ depolymerization ที่มีเอนไซม์พอลิกาแล็กทูโรเนสและเพกทินเอสเทอเรสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (ดนัย, 2540) เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Spayd and Morris (1981) ที่พบว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Cardinal และ A-5344 ที่เก็บเกี่ยวในระยะผลสีเขียวมีปริมาณเซลลูโลสและโพรโทเพกทินสูง และปริมาณเพกทินที่ละลายน้ำได้ต่ำ เมื่อผลสตรอเบอรี่สุกปริมาณเพกทินที่ไม่ละลายน้ำหรือโพรโทเพกทินและเซลลูโลสจะลดลง ทำให้ผลนิ่ม และมีโอกาสเน่าเสียได้อย่างรวดเร็ว โดยในระหว่างการสุกและนิ่มลงของผลสตรอเบอรี่ เอนไซม์เพกทินเมทิลเอสเทอเรสและเซลลูเลสมีกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้น (Manning, 1993) สอดคล้องกับผลการศึกษาทางกายวิภาคของเนื้อเยื่อที่แสดงให้เห็นว่า ผนังเซลล์ของผลไม้สุกมีลักษณะบางกว่าของผลไม้ดิบและช่องว่างระหว่างเซลล์แยกออกจากกัน (Redgwell *et al*., 1997)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved