บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การทดลองที่ 1 การลดอุณหภูมิแบบผ่านอากาศเย็น

5.1.1 อุณหภูมิผลิตผลก่อนการลดอุณหภูมิและความเร็วลมในห้องเย็น

อุณหภูมิเริ่มต้นก่อนการลดอุณหภูมิแบบผ่านอากาศเย็นของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.27 องศาเซลเซียส ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิให้ถึงอุณหภูมิที่กำหนดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตผล เพราะค่า half cooling time คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิของผลิตผลลงมาครึ่งหนึ่งของอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างผลิตผลกับตัวกลางที่ให้ความเย็น ซึ่งในที่นี้หมายถึงอากาศ (ดนัยและนิธิยา, 2548) ฉะนั้นหากอุณหภูมิของผลิตผลกับอุณหภูมิของอากาศมีความแตกต่างกันน้อย ระยะเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิผลิตผลให้ถึงอุณหภูมิที่กำหนดจะใช้เวลาสั้นลงด้วย ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านตะกร้าขณะทำการลดอุณหภูมิของผลิตผลมีค่าอยู่ในช่วง 0.3 – 0.7 เมตรต่อวินาที และเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าค่าความเร็วลมที่ผ่านหัววัดที่ 4 และ 5 มีค่าน้อยกว่าหัววัดอื่นๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.36 และ 0.30 เมตร/นาที ตามลำดับ จึงเป็นผลทำให้ค่า half cooling time และ seven-eighths cooling time มีค่าสูง ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิของผลสตรอเบอรี่ให้ถึงอุณหภูมิที่กำหนดมากกว่าหัววัดอื่นๆ เพราะปริมาตรและความเร็วของตัวกลางที่ไหลผ่านผลิตผลเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการลดอุณหภูมิ

5.1.2 Cooling Parameters

อุณหภูมิของอากาศขณะทำการทดลองภายในห้อง forced - air cooling มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.5 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 93 เปอร์เซ็นต์

จากการเขียนแผนภาพการลดอุณหภูมิของผลสตรอเบอรี่กับเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิมีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรงลักษณะของกราฟที่ได้เป็นเส้นโค้งแบบเอกซ์โพเนนเชียลเชิงลบ (negative exponential) สภาวะที่ใช้ในการลดอุณหภูมิมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในช่วงแรกอุณหภูมิของผลสตรอเบอรี่ลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสตรอเบอรี่มีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นแตกต่างจากอากาศเย็นมาก ทำให้อัตราการลดลงของอุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์สูง แต่หลังจากผ่านไป 45 นาที อุณหภูมิของผลสตรอเบอรี่ลดลงด้วยอัตราที่ช้าลง (ภาพที่ 4.3) ค่า cooling parameters ในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลดอุณหภูมิแบบผ่านอากาศเย็นของผลิตผล ได้แสดงในตารางที่ 4.1 โดยค่า lag factor ของการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.9396 ทำให้สามารถลดอุณหภูมิสตรอเบอรี่ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากค่าความต้านทานการนำความร้อนของผลสตรอเบอรี่ต่ำ สำหรับค่าของ half cooling time ในสภาวะที่ใช้อยู่ในช่วง 7 ถึง 17 นาที และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.83 นาที half cooling time คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิของผลิตผลลงมาครึ่งหนึ่งของอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างผลิตผลกับตัวกลางที่ให้ความเย็นในที่นี้หมายถึงอากาศ ระยะเวลาจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตผลและอุณหภูมิของสารตัวกลางที่ให้ความเย็น (ดนัยและนิธิยา, 2548) ในการทดลองนี้ อุณหภูมิเริ่มต้นของผลสตรอเบอรี่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.27 องศาเซลเซียส ส่วนค่า seven-eighths cooling time คือ เวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิของผลิตผลลง 7/8 ของความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของผลิตผลเมื่อเริ่มต้นกับอุณหภูมิของตัวกลาง (ดนัยและนิธิยา, 2548) ซึ่งในการศึกษานี้ พบว่า ค่า seven-eighths cooling time อยู่ในช่วง 21 ถึง 55 นาที และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.33 นาที สำหรับค่า cooling coefficients ที่แสดงถึงอัตราการลดอุณหภูมิผลสตรอเบอรี่ ในกรณีที่ค่ามีค่าสูง หมายถึง การลดอุณหภูมิสตรอเบอรี่ให้ถึงอุณหภูมิที่ต้องการจะใช้ระยะเวลาที่สั้น จากการทดลองพบว่า ค่า cooling coefficients จะอยู่ในช่วง 0.035 ถึง 0.100 ต่อนาที และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.07 ต่อนาที

การสูญเสียน้ำจากการลดอุณหภูมิโดยวิธีผ่านอากาศเย็นนั้น ในบางภาวะผลิตผลอาจจะไม่มีการสูญเสียน้ำอันเนื่องมาจากการลดอุณหภูมิโดยการผ่านอากาศเย็น ปริมาณน้ำที่สูญเสียขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตผล สัมประสิทธิ์การคายน้ำ การเคลือบแวกซ์ ความเร็วของการลดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ใช้ลดอุณหภูมิ ผลิตผลที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นสูงจะเสียน้ำมากกว่าผลิตผลที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นต่ำ ซึ่งอุณหภูมิของผลิตผลจะลดลงเมื่อเก็บเกี่ยวในช่วงที่อุณหภูมิต่ำ (ดนัยและนิธิยา, 2548) เช่นเดียวกับการศึกษาการลดอุณหภูมิของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ครั้งนี้ พบว่าไม่มีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการลดอุณหภูมิ เพราะผลสตรอเบอรี่มีอุณหภูมิเริ่มต้นค่อนข้างต่ำ เนื่องจากทำการเก็บเกี่ยวในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ ทำให้ความร้อนที่ติดมากับผลิตผลจากแปลงปลูกมีน้อย จึงมีผลให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ เกิดได้ช้าลงและยังมีผลให้การคายน้ำช้าลงด้วย ประกอบกับสภาวะที่ใช้ในการลดอุณหภูมิมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ทำให้ความแตกต่างระหว่างแรงดันไอน้ำในอากาศและภายในผลสตรอเบอรี่มีน้อย (ดนัย, 2540) จึงทำให้การคายน้ำของผลสตรอเบอรี่น้อยลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2 การทดลองที่ 2 ผลของการลดอุณหภูมิแบบผ่านอากาศเย็นต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72

5.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ และไม่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ นาน 2 วัน มีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ Kaynas and Sivritepe (1995) ที่รายงานว่า การลดอุณหภูมิขั้นต้นของผลมะเขือเทศ พันธุ์ Sencan-9 สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก และช่วยชะลอการสุกของผลมะเขือเทศได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลสตรอเบอรี่ที่ใช้ในการทดลองนี้ ทำการเก็บเกี่ยวในขณะที่อุณหภูมิของอากาศไม่สูง จึงทำให้ความร้อนที่ติดมากับผลิตผลจากแปลงปลูกมีน้อย บวกกับสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง จึงไม่มีผลกระทบต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลสตรอเบอรี่ เพราะในผักและผลไม้ส่วนใหญ่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ความดันไอน้ำของผลิตผลค่อนข้างสูง เพราะฉะนั้นการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลจึงขึ้นอยู่กับว่าสภาพแวดล้อมที่เก็บรักษามีความชื้นมากน้อยเพียงใด (จริงแท้, 2549)

ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการสูญเสียน้ำหนักของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับ การทดลองของ พิมพ์ใจ (2548) ที่เก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาสเซลซียส พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และ จุลจิรา (2545) ที่รายงานว่า ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง การเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง หรือเก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงจะมีอัตราการคายน้ำสูงและจะสูญเสียน้ำได้รวดเร็วมาก เมื่อความดันไอน้ำภายในผลิตผลแตกต่างกับความดันไอน้ำของสภาพแวดล้อม (ดนัย, 2540) ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลที่เก็บรักษานั้น ส่วนใหญ่เกิดจากการสูญเสียน้ำภายในผลิตผล ซึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความดันไอน้ำภายในผลิตผลกับภายนอกผลิตผล โดยการระเหยผ่านทางช่องเปิดต่างๆ เช่น stomata, lenticel รอยแผลที่ขั้วและปลายผล บาดแผลหรือรอยช้ำที่เกิดจากการกระทบกระเทือนซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำได้มากขึ้น นอกจากนี้การสูญเสียน้ำหนักยังขึ้นอยู่กับ ลักษณะของผล ขนาดของผล องค์ประกอบและโครงสร้างของผล อุณหภูมิที่เก็บรักษา ความชื้นในบรรยากาศ และการไหลเวียนอากาศในห้องเย็นที่ใช้เก็บรักษา (จริงแท้, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2.2 สีผิวของผลสตรอเบอรี่

ค่า L*, chroma และค่า hue angle ของสีผิวผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิและไม่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ นาน 2 วัน ไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากผลสตรอเบอรี่ที่นำมาศึกษาในการทดลองนี้มีระยะการเปลี่ยนแปลงสีแดง 70-78 เปอร์เซ็นต์ ของทั้งผลแล้ว การลดอุณหภูมิจึงอาจไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีผิวของผลสตรอเบอรี่

ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10, 5 และ 0 องศาเซลเซียส มีค่า L* ของสีผิวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีค่า hue angle สูงกว่าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง สอดคล้องกับการทดลองของ พิมพ์ใจ (2548) ที่รายงานว่า ค่า L* ของสีผิวผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่า chroma และ hue angle สูงกว่าที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำทำให้ผลสตรอเบอรี่มีการเปลี่ยนเป็นสีแดงช้ากว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากอุณหภูมิต่ำมีส่วนช่วยในการชะลอการทำงานของเอนไซม์และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ให้เกิดช้าลง ทำให้ผลไม้แก่และสุกช้าลง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสีผิวจึงเกิดได้ช้ากว่าที่อุณหภูมิสูง (ดนัย, 2540)

5.2.3 ความแน่นเนื้อ

ผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ นาน 2 วัน มีค่าความแน่นเนื้อมากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับ Maezawa and Akimoto (1995) ที่รายงานว่า การลดอุณหภูมิขั้นต้นในสตรอเบอรี่พันธุ์ Noyho ทำให้ผล สตรอเบอรี่มีค่าความแน่นเนื้อมากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิ เช่นเดียวกับ Kaynas and Sivritepe (1995) ที่รายงานว่า ในระหว่างการเก็บรักษาผลมะเขือเทศ พันธุ์ Sencan-9 ที่ผ่านการลดอุณภูมินั้นมีค่าความแน่นเนื้อและปริมาณเพกทินทั้งหมดมากกว่าผลมะเขือเทศที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิ การลดอุณหภูมิขั้นต้นเป็นวิธีการช่วยลดการสูญเสียน้ำให้แก่ผลิตผล เพราะการสูญเสียน้ำของผลิตผลอาจทำให้ลักษณะเนื้อของผลิตผลเปลี่ยนไปด้วย เช่น เกิดการเหี่ยว เพราะในเซลล์ของผักและผลไม้ส่วนใหญ่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นการสูญเสียน้ำจึงมีผลโดยตรงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและรูปร่างของผลิตผล (ดนัย, 2540)

ค่าความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งสอดคล้องกับ จุลจิรา (2545) ที่รายงานว่า ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัน มีค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบกับผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 13 องศาเซลเซียส ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เช่นเดียวกับการทดลองของ ชัยพิชิต (2548) ที่รายงานว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลซียส มีค่าความแน่นเนื้อน้อยกว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 0 องศาเซลเซียส ผลไม้ทุกชนิดทั้ง climacterics และ non-climacterics เมื่อเริ่มสุกจะเกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ลักษณะเนื้อมีความนิ่มลง การนิ่มของผลมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ และการเกาะตัวกันของเซลล์ที่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างและปริมาณสารประกอบเพกทิน เมื่อผลไม้สุกจะเกิดการสลายตัวของโพรโทเพกทินซึ่งไม่ละลายน้ำ ได้เป็นกรดเพกติกและเพกตินซึ่งละลายน้ำได้ ทำให้การเกาะตัวของเซลล์ลดลง เซลล์จะแยกออกจากกันทำให้ลักษณะเนื้อเปลี่ยนไป การเก็บรักษาโดยใช้ความเย็นหรืออุณหภูมิต่ำ จะช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ให้ช้าลง ทำให้ผลไม้นิ่มและอ่อนตัวช้าลง เพราะอุณหภูมิต่ำมีส่วนในการควบคุมการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ในปฏิกิริยาเคมีให้ช้าลง (ดนัย และนิธิยา, 2548)

5.2.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ นาน 2 วัน พบว่า มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ Garg *et al*. (2005) ที่พบว่า ผลพีชพันธุ์ July Elberta ที่ผ่านการลดอุณหภูมิขั้นต้นร่วมกับการเคลือบผิวนั้น มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลพีชที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิ เช่นเดียวกับผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Sweet Charlie และ Chandler ที่ผ่านการลดอุณหภูมิขั้นต้นก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันกับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิ (Nunes *et al.,* 1995) การลดอุณหภูมิขั้นต้นมีผลทำให้ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำน้อยลง จึงทำให้ผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านการลดอุณหภูมิมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากกว่า ตัวอย่างในกรณีของส้มพันธุ์ต่างๆ ที่พบว่าการสูญเสียน้ำไประหว่างการเก็บรักษาทำให้ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงขึ้น แต่เป็นปริมาณน้ำตาลที่วัดได้โดยประมาณเท่านั้น (จริงแท้, 2549)

ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำมากกว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สุเมธี (2548) ที่รายงานว่า การเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ มากกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1, 3 และ 5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะการเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิ 10 องศา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เซลเซียส มีผลทำให้ลำไยเกิดการสูญเสียน้ำมากกว่าที่อุณหภูมิ 1, 3 และ 5 องศาเซลเซียส ชัยพิชิต (2548) รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน และมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างเก็บรักษาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ผลไม้ประเภท non climacterics ถ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยและเกิดขึ้นอย่างช้าๆ (ดนัย และนิธิยา, 2535)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ซึ่งส่วนใหญ่คือน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก ได้แก่ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรักโทส ภายหลังการเก็บเกี่ยวน้ำตาลอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและสภาพแวดล้อม โดยปกติแล้วผลิตผลซึ่งมีการหายใจอยู่ตลอดเวลาจะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารหรือพลังงานเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ปริมาณน้ำตาลที่สะสมอยู่ลดลง (จริงแท้, 2544) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะสตรอเบอรี่เป็นผลไม้ประเภท non-climacterics ที่มีอัตราการหายใจไม่เปลี่ยนแปลงขณะสุก จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

5.2.5 ค่า pH

ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ นาน 2 วัน มีค่า pH มากกว่าค่า pH ของผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ ซึ่งขัดแย้งกับ Nunes *et al*. (2005) ที่รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Oso Grande และ Chandler ที่ผ่านการลดอุณหภูมิและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิมีค่า pH และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกัน เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นาน 1 สัปดาห์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ จิราภรณ์ (2548) ซึ่งรายงานว่า ผลมะม่วงที่ผ่านการลดอุณหภูมิ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 18 วัน มีค่า pH ไม่แตกต่างกับผลมะม่วงที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิ

ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 0 องศาเซลเซียส มีค่า pH ต่ำกว่าค่า pH ของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องและ 10 องศาเซลซียส ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ เกิดขึ้นได้ช้าลง ทำให้ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการหายใจเกิดขึ้นช้าลงด้วย (จริงแท้, 2544) รวมทั้งอุณหภูมิต่ำไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิดที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายกรดอินทรีย์ จึงทำให้มีการสะสมกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้น (สายชล, 2528)

ซึ่งขัดแย้งกับ Ayala-Zavala *et al*. (2004) ที่รายงานว่า อุณหภูมิการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับ ชัยพิชิต (2548) ที่รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และค่า pHไม่แตกต่างกัน โดยทั่วไปในขณะที่ผลไม้ยังอ่อนจะมีปริมาณกรดอยู่สูง ทำให้ไม่เหมาะกับการรับประทานของผู้บริโภค เพราะสภาพที่มีกรดสูงทำให้ pH ต่ำ ไม่เหมาะต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ แต่เมื่อผลไม้แก่จะมีปริมาณกรดลดลง (จริงแท้, 2544)

5.2.6 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

กรดอินทรีย์ที่มีอยู่ในผักและผลไม้ส่วนใหญ่ คือ กรดซิตริก และกรดมาลิก โดยจะถูกสะสมอยู่ในแวคคิวโอล ซึ่งกรดอินทรีย์จะมีผลต่อรสชาติของผักและผลไม้โดยตรง และยังเป็นแหล่งสำคัญของสารเริ่มต้นในกระบวนการหายใจอีกด้วย โดยปกติแล้วปริมาณกรดทั้งหมดของผักและผลไม้จะลดลงเมื่อผลไม้แก่หรือสุก ภายหลังการเก็บเกี่ยวและในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณกรดทั้งหมดมักจะลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อ การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา (ดนัย, 2540)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ และไม่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ นาน 2 วัน มีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Garg *et al*. (2005) ที่พบว่า ผลพีชพันธุ์ July Elberta ที่ผ่านการลดอุณหภูมิขั้นต้นร่วมกับการเคลือบผิวนั้น มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และเมื่อเปรียบเทียบกับผลพีชที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิแล้วพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส นาน 13 วัน พบว่า ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่มีความแตกต่างกัน (Ayala-Zavala *et al.,* 2004) ซึ่งโดยปกติแล้วพืชจะมีการนำกรดอินทรีย์ไปใช้ในกระบวนการหายใจ จึงทำให้ปริมาณกรดอินทรีย์ในผลิตผลลดลง (สายชล, 2528) แต่ในกรณีนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าผลสตรอเบอรี่ไม่ได้นำกรดอินทรีย์ไปใช้ในกระบวนการหายใจ แต่นำเอาอาหารสะสมอื่นไปใช้แทน ดังนั้นปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่จึงไม่มีความแตกต่างกัน

ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 0 องศาเซลเซียส

5.2.7 ปริมาณวิตามินซี

ผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ นาน 2 วัน มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ เนื่องจากวิตามินซีเป็นสารชนิด strong reducing ที่มีความคงตัวต่ำ สลายตัวได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อถูกแสง ก๊าซ และอุณหภูมิสูง หรืออุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง (นิธิยา, 2539) การลดอุณหภูมิขั้นต้นให้แก่ผลิตผล จึงสามารถช่วยชะลอการสูญเสียวิตามินซีได้ อุณหภูมิต่ำจะช่วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น ascorbic acid oxidase, polyphenol oxidase, cytochrome oxidase และ peroxidase ที่มีอยู่ในผลิตผล (จริงแท้, 2544)

ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 วัน มีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ พิมพ์ใจ (2548) ที่รายงานว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปปริมาณวิตามินซีจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิสูง เช่น ในกรณีของผลมะเขือเทศ หน่อไม้ฝรั่ง มะนาว ส้ม และพลับ (ดนัย และนิธิยา, 2548) วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิกในผลิตผลมีอยู่ด้วยกัน 3 รูป คือ reduce ascorbic acid ซึ่งอาจถูกออกซิไดซ์ไปอยู่ในรูปที่ 2 คือ monohydroascorbic acid ซึ่งไม่เสถียร และมักจะถูกเปลี่ยนไปเป็นรูปที่ 3 คือ dehydroascorbic acid (DHA) ซึ่งผลิตผลส่วนใหญ่มีวิตามินซีอยู่ในรูป reduce ascorbic acid ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ การสูญเสียวิตามินซีของผลิตผลมีสาเหตุมาจากการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น ascorbic acid oxidase, polyphenol oxidase และ peroxidase การเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิสูงมีการสูญเสียวิตามินซีมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ก๊าซออกซิเจนจะเป็นตัวเร่งการสูญเสียวิตามินซีให้เกิดเร็วขึ้น เนื่องจากทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเปลี่ยน reduce ascorbic acid ไปเป็น 2, 3 deketoglulonic acid ซึ่งไม่มีคุณสมบัติของวิตามินซี นอกจากนั้นการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผล ทำให้มีการสูญเสียวิตามินซีเพิ่มมากขึ้นด้วย (จริงแท้, 2544)

5.2.8 ปริมาณแอนโทไซยานิน

ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิและไม่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ นาน 2 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สีผิวของสตรอเบอรี่สุกจะมีสีแดงซึ่งเป็นสารสีของแคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบ แอนโทไซยานินเป็นกลุ่มของสารสีที่มีสีแดงไปจนถึงสีม่วงและน้ำเงิน เมื่อผลมีอายุมากขึ้นจะมีการสังเคราะห์แอนโทไซยานินมากขึ้นด้วย ทำให้แอนโทไซยานินไปบดบังคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ ทำให้เห็นว่าผลสตรอเบอรี่สุกมีสีแดง (ดนัย, 2540) เนื่องจากผลสตรอเบอรี่ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีการพัฒนาระยะผิวผลเปลี่ยนเป็นสีแดง 70-80 เปอร์เซ็นต์แล้ว กระบวนการลดอุณหภูมิจึงอาจไม่มีผลกระทบต่อปริมาณแอนโทไซยานิน เนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์แอนโทไซยานินได้เกิดขึ้นไปก่อนแล้ว

ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่าของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับ Cordenunsi *et al*. (2005) ที่รายงานว่า อุณหภูมิมีผลต่อการสังเคราะห์สารสีและปริมาณแอนโทไซยานินในผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สตรอเบอรี่พันธุ์ Dover และ พันธุ์ Oso Grande ซึ่งพบว่าในระหว่างการเก็บรักษา ผลสตรอเบอรี่มีปริมาณ แอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา โดยผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยกว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 และ 25 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอุณหภูมิต่ำมีผลช่วยชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมให้เกิดได้ช้ากว่าที่อุณหภูมิสูง (ดนัย, 2540) ดังนั้นการสังเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจึงเกิดขึ้นได้ช้ากว่าที่อุณหภูมิสูงด้วย

5.2.9 อายุการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษาของผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิและผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ มีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ Agar *et al.* (2006) ที่รายงานว่า ระยะเก็บเกี่ยวกับการลดอุณหภูมิแบบผ่านอากาศเย็นมีผลต่ออายุการวางจำหน่ายผล Apricot พันธุ์ Precoce de Tyrinthe ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและมีลักษณะภายนอกดีกว่าผล Apricot ที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิ การลดอุณหภูมิขั้นต้นให้แก่ผลิตผลเป็นการไล่ความร้อนจากแปลงปลูกที่ติดมากับผลิตผลออกไป เมื่อผลิตผลมีอุณหภูมิต่ำจะทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เกิดขึ้นช้าลง (ดนัยและนิธิยา, 2548) แต่เนื่องจากผลสตรอเบอรี่ที่นำมาศึกษาครั้งนี้ มีความร้อนที่ติดมาจากแปลงน้อย อุณหภูมิเริ่มต้นของผลสตรอเบอรี่ต่ำ การลดอุณหภูมิจึงอาจไม่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา

การเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้นได้ เพราะอุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ และลดกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ ให้ช้าลงได้ ทำให้ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการหายใจช้าลง (จริงแท้, 2544) เช่นเดียวกับผลฮามิเมลลอน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 10 สัปดาห์ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เก็บรักษาได้นาน 7 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เก็บได้นาน 3 สัปดาห์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ยิ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมากเท่าไหร่ ยิ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้นานมากขึ้น แต่ต้องเป็นอุณหภูมิที่ไม่ต่ำจนทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว (Yang *et al.,* 2003)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.3 การทดลองที่ 3 ผลของการลดอุณหภูมิแบบผ่านอากาศเย็นต่ออัตราการหายใจของสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72

5.3.1 อัตราการหายใจ

ผักและผลไม้เมื่อตัดออกจากต้นยังคงเป็นสิ่งมีชีวิตอยู่และมีกระบวนการทางชีวเคมีเกิดมากมาย ซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตต่อไป และผลิตผลจะต้องมีชีวิตอยู่ต่อไปในสภาพปกติจนถึงผู้บริโภค พลังงานที่เซลล์พืชจำเป็นต้องใช้ได้มาจากอาหารที่พืชสะสมไว้ในขณะที่ยังติดอยู่กับต้น ซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงอาหารให้เป็นพลังงานโดยอาศัยปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เร่งด้วยเอนไซม์ คือ กระบวนการหายใจ (ดนัย และนิธิยา, 2548) การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีที่สะสมอยู่ในอาหารให้อยู่ในรูปของพลังงานที่สามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต (จริงแท้, 2544) ซึ่งอัตราการหายใจเป็นสิ่งแสดงถึงอายุในการเก็บรักษาของผักและผลไม้ ผักและผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำจะมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผักและผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูง (ดนัย, 2540) การลดอุณหภูมิหลังการเก็บเกี่ยวทันที ช่วยให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ เกิดขึ้นช้าลง เช่น การหายใจช้าลง เพราะว่าการหายใจนำมาซึ่งการเสื่อมสลาย ถ้าการหายใจของผลิตผลช้าลงอัตราการเสื่อมสลายจะช้าลงด้วย (ดนัยและนิธิยา, 2548)

ผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิ และไม่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 11 วัน พบว่า มีอัตราการหายใจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งในการทดลองนี้ จะเห็นว่าอัตราการหายใจของผลสตรอเบอรี่สูงมากในช่วงวันแรกของการเก็บรักษา แต่หลังจากนั้นอัตราการหายใจจะลดลง และค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องไปจนหมดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.14) โดยทั่วไปอัตราการหายใจของผลไม้ที่มีการหายใจแบบ non-climacteric จะลดลงตลอดเวลาหลังการเก็บเกี่ยว แต่อัตรการหายใจของผลไม้ non-climacteric บางชนิดอาจสูงกว่าของผลไม้ climacteric เช่น สตรอบอรี มีอัตราการหายสูงกว่าแอปเปิล เป็นต้น (ดนัย, 2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.4 การทดลองที่ 4 ผลของสารละลายกรดซิตริกต่อคุณภาพและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบผ่านอากาศเย็น

5.4.1 ค่าสี

ก. ค่าสีผิว

ผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 0, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน พบว่า ค่า L*, chroma และ hue angle ของสีผิวไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่า ในระหว่างการเก็บรักษา ค่า L* และ hue angle ของสีผิวผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ค่า chroma มีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้นทำการทดลอง

ข. ค่าสีเนื้อ

ค่า L*, chroma และ hue angle ของสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกันกับค่า L*, chroma และ hue angle ของสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคชุดควบคุม โดยตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาค่า L*, chroma และ hue angle ของสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคมีแนวโน้มลดลงจากวันเริ่มต้นทำการทดลอง จากผลการทดลองข้างต้น สอดคล้องกับ Sivakumar and Korsten (2006) ซึ่งรายงานว่า ผลลิ้นจี่พันธุ์ Mauritius ที่จุ่มในสารละลายกรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ แล้วบรรจุในถุง biorientated polypropylene packaging (BOPP-3) หนา 35 μm ขนาด 40 cm × 18 cm และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 34 วัน หลังจากนั้นย้ายไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน พบว่า ค่าสี L*, chroma และ hue angle ของสีผิวผลไม่แตกต่างจากสีผิวผลลิ้นจี่ชุดควบคุม ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะหลังจากจุ่มผลสตรอเบอรี่ในสารละลายกรดซิตริกแล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ คือ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งในสภาวะอุณหภูมิต่ำมีผลชะลอการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในผลิตผลให้เกิดช้าลง รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสีผิวและสีเนื้อด้วย (ดนัย, 2540) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่า L*, chroma และ hue angle ของสีผิวผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคในทุกกรรมวิธีจึงมีค่าไม่แตกต่างกัน และมีการเปลี่ยนแปลงจากวันเริ่มต้นทำการทดลองน้อยมาก ในกรณีของสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่า ค่า L*, chroma และ hue angle มีค่าลดลง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับค่า L* ของสีเนื้อของผลลิ้นจี่ที่ตัดแต่งพร้อมบริโภค แล้วนำไปจุ่มในสารละลาย cysteine 4.9 g/kg + ascorbic acid 20 g/kg + 4-hexyl resorcinol 0.134 g/kg นาน 10 นาที, sucrose solution 502 g/kg containing cysteine 4.9 g/kg + ascorbic acid 20 g/kg + 4-hexyl resorcinol 0.134 g/kg นาน 10 นาที, sucrose solution 502 g/kg นาน 10 นาที แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 24 วัน เปรียบเทียบกับผลลิ้นจี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มในน้ำ นาน 10 นาที พบว่า ค่า L* ของสีเนื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของผลลิ้นจี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคในทุกกรรมวิธีมีค่าลดลงจากวันเริ่มต้นทำการทดลอง (Shah and Nath, 2008) ซึ่งการลดลงของค่า L*, chroma และ hue angle ของสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคนั้นอาจจะเป็นเพราะบริเวณรอยตัดของเนื้อผลสตรอเบอรี่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความสว่างและค่าสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่จึงลดลง

5.4.2 ความแน่นเนื้อ

ค่าความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ที่ไม่จุ่มในสารละลายกรดซิตริก โดยในระหว่างการเก็บรักษานาน 4 วัน ค่าความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่

จากผลการทดลอง พบว่า ผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคในทุกกรรมวิธีมีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะผลสตรอเบอรี่ที่นำมาทำการทดลองในครั้งนี้มีระยะความสุกแก่ที่สีผิวเปลี่ยนเป็นสีแดง 70-80 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อของผลจึงอาจจะไม่แตกต่างกันมากนัก รวมทั้งสตรอเบอรี่เป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ซึ่งภายหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีจะเกิดขึ้นน้อยมาก (จริงแท้, 2544) ดังนั้นการจุ่มในสารละลายกรดซิตริกจึงอาจจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่ง Cocci *et al.* (2006) รายงานว่า แอปเปิลตัดแต่งพร้อมบริโภคที่มีความหนา 1 เซนติเมตร และจุ่มในสารละลาย ascorbic acid 1 เปอร์เซ็นต์ และ citric acid 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 6 วัน พบว่า ค่าความแน่นเนื้อของแอปเปิลตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มในสารละลายกรดมีค่าไม่แตกต่างจากค่าความแน่นเนื้อของแอปเปิลตัดแต่งพร้อมบริโภคชุดควบคุม

5.4.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคชุดควบคุม และจากภาพที่ 4.23 แสดงให้เห็นว่าในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากวันเริ่มต้นทำการทดลอง ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะสตรอเบอรี่เป็นผลไม้ประเภท non-climacterics ที่มีอัตราการหายใจไม่เปลี่ยนแปลงขณะสุกจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.4.4 ค่า pH

ผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่า pH ต่ำกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่า pH ของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริก แต่ไม่แตกต่างกับค่า pH ของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่า pH ของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคในทุกกรรมวิธีมีค่าค่อนข้างผันแปรตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.24)

จากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ค่า pH ของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มในสารละลายกรดซิตริก มีแนวโน้มต่ำกว่าค่า pH ของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายกรดซิตริก ซึ่ง Caro and Joas (2005) ศึกษาเกี่ยวกับการจุ่มผลลิ้นจี่พันธุ์ Kwai Mi ในสารละลาย citric acid + chitosan 1 เปอร์เซ็นต์ (w/w) (pH=0.8) นาน10 วินาที, citric acid + chitosan 1 เปอร์เซ็นต์ (w/w) นาน 30 วินาที, citric acid + chitosan 1.3 เปอร์เซ็นต์ (w/w) นาน 4 นาที, tartaric acid + chitosan 1 เปอร์เซ็นต์ (w/w) (pH=8) นาน 10 วินาที, tartaric acid + chitosan 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 วินาที และ tartaric acid + chitosan 1.3 เปอร์เซ็นต์ นาน 4 นาที แล้วเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 8 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ค่า pH ของผลลิ้นจี่ที่จุ่มในสารละลายกรดในทุกกรรมวิธีมีค่าต่ำกว่าค่า pH ของผลลิ้นจี่ชุดควบคุม นอกจากนี้ค่า pH ของผลลิ้นจี่ในแต่ละวิธียังขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลายกรด ความเข้มข้น และระยะเวลาที่ใช้อีกด้วย ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีแนวโน้มว่าค่า pH ผลสตรอเบอรี่หั่นชิ้นพร้อมบริโภคจะแปรผกผันกับความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกที่ใช้จุ่ม

5.4.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคในทุกกรรมวิธีมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.25)

กรดอินทรีย์ที่มีอยู่ในผักและผลไม้ส่วนใหญ่ คือ กรดซิตริก และกรดมาลิก โดยจะถูกสะสมเอาไว้ในแวคคิวโอล โดยปกติแล้วปริมาณกรดทั้งหมดของผักและผลไม้จะลดลงเมื่อผลไม้แก่หรือสุก (จริงแท้, 2544; ดนัย, 2540) นอกจากนี้ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวและในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณกรดทั้งหมดมักจะลดลง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อ สภาพในการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์ในผลิตผล (ยงยุทธ, 2539) ซึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคในทุกกรรมวิธีมีค่าค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะผลสตรอเบอรี่เป็นผลไม้ในกลุ่ม non-climacteric ซึ่งกระบวนการเมแทบอลิซึมและองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ของผลไม้ในกลุ่มนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากภายหลังการเก็บเกี่ยว (จริงแท้, 2544)

5.4.6 ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษานาน 4 วัน พบว่า ปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่มีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วง 3 วันแรก และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.26)

จากผลการทดลองข้างต้นอาจเป็นเพราะสตรอเบอรี่เป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีจะเกิดขึ้นน้อยหลังจากเก็บเกี่ยว (จริงแท้, 2544 ; จิรา, 2531) ร่วมกับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ คือ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจจะส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่ในทุกกรรมวิธีเกิดขึ้นน้อย ดังนั้นปริมาณวิตามินซีจึงไม่แตกต่างกัน

5.4.7 ปริมาณแอนโทไซยานิน

ผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกับปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายกรดซิตริก โดยในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.27) การที่ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Cordenunsi *et al*. (2005) ที่รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บเกี่ยวในระยะผิวผลเปลี่ยนเป็นสีแดง 3/4 ของผล และเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นผลสตรอเบอรี่มีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ใช้ผลสตรอเบอรี่ที่มีการเปลี่ยนสีผิวผลเป็นสีแดง 70-80 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคจึงยังคงเพิ่มขึ้นได้อย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอนโทไซยานินนั้นสัมพันธ์กับค่า L*, chroma และ hue angle ของสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ที่มีค่าลดลง ซึ่งนอกจากจะหมายถึงการเกิดสีน้ำตาลที่เนื้อเพิ่มขึ้นแล้วยังหมายรวมถึงสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคเปลี่ยนเป็นสีแดงมากขึ้น ซึ่งสีแดงของเนื้อผลสตรอเบอรี่นั้นเป็นสีของแอนโทไซยานิน กล่าวคือ เมื่อปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นสีเนื้อของผลสตรอเบอรี่จะเปลี่ยนเป็นสีแดงมากขึ้นด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.4.8 จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์

เชื้อราและแบคทีเรียมีอยู่ทั่วไปในสภาพแวดล้อมของผลิตผล ทั้งในอากาศ น้ำ และดิน ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสปอร์ซึ่งมีความทนทาน สามารถอยู่รอดได้ในสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม เช่น อากาศแห้งแล้ง อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง หรือสูงเกิน 40 องศาเซลเซียส เป็นต้น (จริงแท้, 2544) ผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านการลดอุณหภูมิ และตัดแต่งพร้อมบริโภค หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา ผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านการลดอุณหภูมิมีจำนวนโคโลนีที่นับได้เท่ากับ 0.00 $\log_{10}$ CFU/g ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิที่มีค่าเท่ากับ 1.25 $\log_{10}$ CFU/g และผลสตรอเบอรี่ที่ผ่านการลดอุณหภูมิมีจำนวนโคโลนีที่นับได้เท่ากับ 1.91 $\log_{10}$ CFU/g ผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิที่มีจำนวนโคโลนีเท่ากับ 3.91 $\log_{10}$ CFU/g ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ซึ่งจะเห็นว่าการลดอุณหภูมิทำให้จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้มีน้อยลง ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ภายในผลิตผล ตลอดจนกระบวนการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์ต่างๆ มีอัตราผันแปรตามอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงอัตราปฏิกิริยาหรือการเจริญเติบโตก็สูง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็วขึ้นและส่งผลให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง (จริงแท้, 2544) กรดอินทรีย์มีส่วนช่วยในการยับยั้งสปอร์และการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังช่วยให้สีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นด้วย เช่น ช่วยป้องกันสีเปลือกคล้ำ (ศิวพร, 2535) การเน่าเสียของผักและผลไม้โดยส่วนใหญ่สาเหตุเนื่องมาจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผลิตผล จากการทดลองนี้พบว่า ในวันแรกที่ความเจือจางของตัวอย่างสตรอเบอรี่เท่ากับ 1×10^{-3} พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริก 2 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนโคโลนีที่นับได้เท่ากับ 6.25 $\log_{10}$ CFU/g ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มลงในสารละลายกรดซิตริก 0 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.25 และ 0.62 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ เนื่องจากการตัดแต่งผลสตรอเบอรี่ทำให้ผลสตรอเบอรี่เกิดบาดแผล การใช้กรดซิตริกที่ความเข้มข้นไม่สูงและมีอิทธิพลต่อจุลินทรีย์ในทางกว้างไม่เจาะจง ซึ่งอาจจะชะลอการเจริญเติบโต เพราะสภาพที่มีกรดอินทรีย์ทำให้สภาพ pH ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์เพียงบางชนิด แต่จุลินทรีย์บางชนิดยังคงสามารถเจริญเติบโตได้ (จริงแท้, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved