บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี

1.1 อายุการเก็บรักษาของผลมะม่วง

การให้ลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18, 24 และ 30 ชั่วโมง กับผลมะม่วงก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบอายุการเก็บรักษากับผลมะม่วงที่ไม่ได้รับลมร้อน โดยเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 13 และ 5 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้รับลมร้อนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานาน 21 วัน ซึ่งที่อุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับมะม่วงโดยไม่ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว (จริงแท้, 2544) แม้ว่าที่อุณหภูมินี้กระบวนการทางเมแทบอลิซึมยังเกิดขึ้นได้ดี เช่น การหายใจ การสังเคราะห์เอทธีลีน ทำให้ผลมีสีเหลือง แต่ยังมีการเข้าทำลายของโรคด้วยเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน 21 วัน จึงทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือ 5 องศาเซลเซียส (สายชล, 2528) และผลมะม่วงที่ไม่ได้รับลมร้อนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นั้น มีอายุการเก็บรักษานาน 30 วัน ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นได้ เพราะอุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ และลดกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ ให้ช้าลงได้ ทำให้ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการหายใจ กระบวนการสุก และการสังเคราะห์เอทิลีนร่วมกับการเกิดอาการสะท้านหนาวของผลมะม่วงที่เกิดขึ้นช้าลง (จริงแท้, 2544) เช่นเดียวกับการเก็บรักษาผลฮามิเมลอน ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส นาน 10 สัปดาห์, 5 องศาเซลเซียส นาน 7 สัปดาห์ และ ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ยิ่งเก็บที่อุณหภูมิต่ำมากเท่าไหร่จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (Yang *et al.,* 2003) ผลมะม่วงที่ได้รับลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18, 24 และ 30 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เก็บรักษาได้นาน 30 วัน เช่นเดียวกับผลมะม่วงที่ไม่ได้ผ่านลมร้อน จากการทดลองในครั้งนี้ การใช้ลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ไม่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ความร้อนโดยใช้อากาศแห้งนั้นต้องใช้เวลานานขึ้น เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางเกิดขึ้นได้ช้า (จริงแท้, 2544) ถ้าเปรียบเทียบกับการแช่ในน้ำร้อนซึ่งน้ำจะถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าการใช้ลมร้อน (Jacobi *et al.,* 2001)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การแช่ผลมะม่วงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10, 20 และ 30 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบอายุการเก็บรักษากับผลมะม่วงที่ไม่ได้แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้แช่ในน้ำร้อน 40 องศาเซลเซียส โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เก็บรักษาได้นาน 30 วัน และผลที่แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10, 20 และ 30 นาที มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 33 วัน เช่นเดียวกับผลไม้ตระกูล citrus เมื่อแช่ในน้ำร้อน 53 องศาเซลเซียส นาน 2-3 นาที จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นได้ (Rodov *et al.,* 1995) มีรายงานว่า ส้มพันธุ์ valencia เมื่อแช่ในน้ำร้อน 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 และ 10 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 15 สัปดาห์

การลดอุณหภูมิผลมะม่วงลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับผลมะม่วงที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น พบว่า การลดอุณหภูมิผลมะม่วงลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงได้นาน 39 วัน ซึ่งการลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ ทำให้พืชมีเวลาปรับตัว แทนที่จะลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว (จริงแท้, 2544) เช่นเดียวกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ตามด้วยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสนาน 4 วัน หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน สามารถเก็บรักษาผลมะเขือเทศได้นานขึ้น (Marangoni *et al.,* 1990)

ผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 30 วัน เช่นเดียวกับผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และผลมะม่วงที่ผ่านการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน เนื่องจากการใช้น้ำร้อนหรือการลดอุณหภูมิลงตามลับขั้นเพียงอย่างเดียวสามารถยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นได้ ดังนั้นเมื่อมีการใช้กรรมวิธี 2 กรรมวิธีร่วมกันจึงให้ผลดีเช่นเดียวกับการใช้กรรมวิธีใดวิธีหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว (Wang, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 อุณหภูมิภายในผลมะม่วง

การให้ลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18, 24 และ 30 ชั่วโมง กับผลมะม่วงแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่าอุณหภูมิภายในผลมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาจะมีค่าคงที่ คือ 5±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เก็บรักษามีค่าเท่ากับ 90±5 เปอร์เซ็นต์ และในช่วงที่ผลมะม่วงอยู่ในตู้อบลมร้อน ผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 18, 24 และ 30 ชั่วโมง อุณหภูมิภายในผลของมะม่วงขณะนั้นมีค่าเท่ากับ 37.90, 39.27 และ 40.05 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ในตู้อบลมร้อน และมีการปรับค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบให้ได้เท่ากับ 90±5 เปอร์เซ็นต์

การแช่ผลมะม่วงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10, 20 และ 30 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่าอุณหภูมิภายในผลมะม่วงจะมีค่าคงที่ คือ 5±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เก็บรักษามีค่าเท่ากับ 90±5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิของน้ำใน water bath คือ 40±1 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในผลขณะที่แช่อยู่ในน้ำร้อนอุ่นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10, 20 และ 30 นาที มีค่าเท่ากับ 32.57, 35.98 และ 33.33 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

การลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่าอุณหภูมิภายในผลมะม่วงจะมีค่าคงที่ คือ 5±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เก็บรักษามีค่าเท่ากับ 90±5 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิภายในผลมะม่วงขณะที่อยู่ในตู้เก็บรักษา (10±1 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 และ 2 วัน เมื่อนำออกจากตู้เก็บรักษามีค่าเท่ากับ 16.26 และ 11.17 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่าอุณหภูมิภายในผลมะม่วงจะมีค่าคงที่ คือ 5±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เก็บรักษามีค่าเท่ากับ 90±5 เปอร์เซ็นต์ ตลอดอายุการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 การสูญเสียน้ำหนัก

การให้ลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 18, 24 และ 30 ชั่วโมง กับผลมะม่วงก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่า ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนเป็นระยะเวลานาน จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักที่สูงขึ้นตามไปด้วย โดยพบว่า ผลมะม่วงที่ได้รับลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 ชั่วโมง จะมีการสูญเสียน้ำหนักที่สูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเคลื่อนไหวของอากาศในตู้อบลมร้อนระหว่างที่ผลมะม่วงอยู่ในตู้ มีการเคลื่อนไหวของอากาศมาก จึงทำให้ชั้นของ boundary layer ของผลมะม่วงบางลง ทำให้การแพร่กระจายของโมเลกุลของน้ำออกมาสู่อากาศที่เคลื่อนไหวรอบๆ ได้มากขึ้น (จริงแท้, 2544) ซึ่งมีรายงานว่า พริกหวานที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที ก่อนการเก็บรักษาจะมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าพริกหวานที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษา (เพชรดา, 2540) และยังสอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักในผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส จะมีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานจะทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักที่สูงขึ้นตามไปด้วย (ธเนศวร์และดนัย, 2541)

การแช่ผลมะม่วงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10, 20 และ 30 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่า การแช่ในน้ำร้อนไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วง แต่เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานาน การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย การสูญเสียน้ำหนักที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการหายใจของผลิตผล และการแพร่กระจายของไอน้ำผ่านคิวติเคิลที่เคลือบผิวทำให้เกิดการสูญเสียน้ำของผลิตผลระหว่างการเก็บรักษา (จริงแท้, 2544) และมีรายงานว่า การเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ Julie ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงจะเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Sankat *et al.,* 1994) เช่นเดียวกับผลมะม่วงพันธุ์ Kensington เมื่อผลมะม่วงแช่ในน้ำร้อนเป็นระยะเวลานานและร่วมกับการใช้อุณหภูมิสูง จะทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วย (Jacobi *et al.,* 2000)

การลดการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่า การลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วง เช่นเดียวกับการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานาน การสูญเสียน้ำหนักก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย และมีรายงานว่า การเก็บรักษาผลอะโวกาโดพันธุ์ Hass ที่ 6-8 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส การสูญเสียน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น (Woolf *et al.,* 2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน การสูญเสียน้ำหนักจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส การสูญเสียนำหนักที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการหายใจของผลิตผล และการแพร่กระจายของไอน้ำผ่านคิวติเคิลที่เคลือบผิวทำให้เกิดการสูญเสียน้ำของผลิตผลระหว่างการเก็บรักษา (จริงแท้, 2544)

1.4 การเปลี่ยนแปลงสีของผลมะม่วง

ก. การเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลมะม่วง

การให้ลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 18, 24 และ 30 ชั่วโมง กับผลมะม่วงก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่า ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับลมร้อน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เปลือกผลมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลือง เนื่องจากกระบวนการสุก ทำให้ค่า hue ของเปลือกผลมีค่าต่ำ (เข้าใกล้สีเหลือง) กว่าผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แต่สีเปลือกของผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ยังมีสีเขียวอยู่ ซึ่งค่า L* นั่นคือค่าความสว่างของเปลือกผลมะม่วงจะมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานจนถึงวันที่ 30 แสดงให้เห็นว่าเปลือกมะม่วงมีสีน้ำตาลและสีม่วงเพิ่มขึ้น ทำให้ผลมะม่วงมีสีคล้ำหรือสีน้ำตาลเป็นปื้น เนื่องจากเกิดอาการสะท้านหนาว (ดนัย, 2540) และการให้ผลมะม่วงได้รับลมร้อนเป็นเวลานาน ยังส่งผลให้เกิดอันตรายเนื่องจากความร้อน (Heat damage) ที่สูงตามไปด้วย โดยสีของเปลือกผลจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Lurie, 1998) เช่นเดียวกันกับการเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานานมีผลทำให้การพัฒนาสีผิวผลลดลง และการเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน ทำให้ผลมะม่วงเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (Chaplin *et al.,* 1991)

ผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อน 40 องศาเซลเซียสนาน 10, 20 และ 30 นาที พบว่าค่า L* ของเปลือกผลลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานาน แต่มีค่า L* สูงกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้แช่ในน้ำร้อน อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ผลมะม่วงที่แช่ในน้ำร้อนนาน 30 นาที พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกผิดปกติ คือ มีสีคล้ำ หรือสีน้ำตาล มากกว่าผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนเป็นระยะเวลาน้อยกว่า ผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนเป็นเวลานานเกินไปจะทำให้เกิดอันตรายเนื่องจากความร้อนได้ (heat damage) (ภาพที่ 45) มีรายงานว่า การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวภายนอกผลหรือภายในผลของผลพลับนั้นจะมีความรุนแรงมากเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ได้รับความร้อน พบว่าค่า L*, C* และ ค่า hue ของผลพลับเมื่อผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 34-50 องศาเซลเซียส นาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5-10 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 6.5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีค่าลดลง (Woolf *et al.,* 1997)

ในระหว่างการเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลมะม่วงที่มีการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน พบว่า ค่า L* ของเปลือกผลลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานาน และพบว่าการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจะมีการลดลงของค่า L* น้อยกว่าผลที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิตามลำดับขั้น เพราะผลมะม่วงที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิลวตามลำดับขั้นเกิดอาการสะท้านหนาวจึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลมะม่วง โดยผลมะม่วงที่เกิดอาการสะท้านหนาวจะมีสีคล้ำกว่าปกติ (สายชล, 2536) เช่นเดียวกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นของผลมะเขือเทศ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน ตามด้วยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 8 วัน แล้วจึงนำไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์ จะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกผลได้ (Lurie and Sabehat, 1997) และเป็นไปในทำนองเดียวกันกับผลมะม่วงที่มีการใช้น้ำร้อนร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลมะม่วงเป็นกระบวนการที่เกิดเมื่อผลมะม่วงพัฒนาเข้าสู่กระบวนการสุก (จริงแท้, 2544) โดยมีการหายไปของสีเขียวและการปรากฏสีอื่นขึ้นมาแทน นาจะเป็นผลมาจากการทำงานของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสในการสลายคลอโรฟิลล์ และมีการปรากฏของแคโรทีนอยด์ซึ่งมีสีเหลือง (สายชล, 2528; Jacobi and Wong, 1992)

ข. การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลมะม่วง

การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลทั้ง 4 การทดลอง คือ การใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส การแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส การลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น และการแช่ในน้ำร้อนร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นั้นพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ยกเว้นในผลมะม่วงที่ไม่ได้ผ่านลมร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส จะมีการลดลงของค่า hue อย่างชัดเจน นั่นคือมีค่าเข้าใกล้สีเหลือง เนื่องจากกระบวนการสุก (จริงแท้, 2544) โดยสีเขียวหายไปและปรากฏสีอื่นขึ้นมาแทน ซึ่งเกิดจากการที่เอนไซม์คลอโรฟิลเลสสลายโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ และมีการสังเคราะห์สารแคโรทีนอยด์ซึ่งมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น (Jacobi and Wong, 1992 และอาการสะท้านหนาวที่พบกับผลมะม่วงจะเกิดเฉพาะกับผิวมะม่วงเท่านั้น จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลมะม่วงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ก็เป็นไปในทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลมะม่วง คือ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานานจะทำให้ค่า L* ลดลง และค่า C* เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเก็บรักษาไว้เป็นเวลานานส่งผลให้มีการพัฒนาของสีผิวลดลง (สายชล, 2528)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

การให้ลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 18, 24 และ 30 ชั่วโมง กับผลมะม่วงก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่า ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับลมร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงถึง 20.04 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เกิดจากการสลายตัวของแป้ง โดยกระบวนการไฮโดรไลซ์ได้น้ำตาล ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น (สายชล, 2528) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะม่วงจะเพิ่มขึ้นตลอดเวลาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และการให้ผลมะม่วงได้รับลมร้อนก่อนการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เมื่อเทียบกับผลที่ไม่ได้รับลมร้อน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และมีรายงานว่า ผลมะม่วงจะไม่ได้รับความเสียหายจากการให้ลมร้อน โดยไม่ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับผลที่ไม่ได้รับลมร้อน (Jacobi *et al.,* 2001)

ผลมะม่วงที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าผลที่ไม่ได้แช่ในน้ำร้อน โดยในวันที่ 30 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลมะม่วงที่ไม่ได้แช่ในน้ำร้อนจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง เท่ากับ 12.37 เปอร์เซ็นต์ และผลมะม่วงที่แช่ในน้ำร้อน 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 11.50 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากการสลายตัวของแป้งเป็นน้ำตาลเมื่อเกิดกระบวนการสุก (จริงแท้, 2544)

ผลมะม่วงที่ผ่านการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าผลที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น โดยในวันที่ 30 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลมะม่วงที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง เท่ากับ 12.29 เปอร์เซ็นต์ แต่ผลมะมะม่วงที่ผ่านการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันคือมีค่าเท่ากับ 11.13 และ 11.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของแป้งเป็นน้ำตาล เมื่อเกิดกระบวนการสุก (จริงแท้, 2544)

ผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน เป็นไปในแนวทางเดียวกับผลมะม่วงที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และผลมะม่วงที่ผ่านการลดอุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน แต่เพียงอย่างเดียว นั่นคือ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของแป้งเป็นน้ำตาล เมื่อเกิดกระบวนการสุก (จริงแท้, 2544) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจนมากนัก หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจากกรรมวิธีดังกล่าวสามารถยืดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ ส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ เกิดขึ้นช้าลงทำให้ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการหายใจ กระบวนการสังเคราะห์เอทธิลีน และกระบวนการสุกเกิดของผลมะม่วงเกิดขึ้นช้าลง (จริงแท้, 2544) เช่นเดียวกับการใช้ความร้อนที่ 53 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 2-3 นาที และการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 และ 16 องศาเซลเซียส นาน 3 และ 7 วัน ตามลำดับ ก่อนนำผลไม้ตระกูล citrus ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Porat *et al.,* 2000)

1.6 ค่าพีเอช

การให้ลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส กับผลมะม่วง พบว่า ตลอดอายุการเก็บรักษาค่าพีเอชไม่มีความแตกต่างกันกับผลมะม่วงที่ไม่ได้รับลมร้อน และจากที่กล่าวไว้ข้างต้นว่า อาการสะท้านหนาวจะปรากฏที่ผิวของผลมะม่วงเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงของเนื้อมะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และมีรายงานว่า ผลมะม่วงจะไม่ได้รับความเสียหายจากการให้ลมร้อนโดยไม่ทำให้ค่าพีเอชเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับผลที่ไม่ได้รับลมร้อน (Jacobi *et al.,* 2001)

การแช่ผลมะม่วงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10, 20 และ 30 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา และมีค่าพีเอชต่ำกว่าผลมะม่วงที่ไม่แช่ในน้ำร้อน มีรายงานว่า การเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์ Kensington ที่อุณหภูมิ 1, 5 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าพีเอชของผลมะม่วงจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Chaplin *et al.,* 1991)

ผลมะม่วงที่ผ่านการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าพีเอชสูงกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา และเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา และการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการให้ผลมะม่วงผ่านกรรมวิธีต่างๆ ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ จึงทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ เกิดขึ้นได้ช้าลงทำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการหายใจ กระบวนการสังเคราะห์เอทธิลีน และกระบวนการสุกเกิดของผลมะม่วงเกิดขึ้นช้าลง (จริงแท้, 2544) และอาจเป็นเพราะอุณหภูมิต่ำไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิดที่มีหน้าที่ในการย่อยสลายกรดอินทรีย์ จึงทำให้มีการสะสมของกรดอินทรีย์ลดลง (สายชล, 2528)

1.7 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้

การให้ลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส แก่ผลมะม่วง พบว่า ตลอดอายุการเก็บรักษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ไม่มีความแตกต่างกันกับผลที่ไม่ได้รับลมร้อน และจากที่กล่าวไว้ข้างต้นว่า อาการสะท้านหนาวจะปรากฏที่ผิวของผลมะม่วงเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงของเนื้อมะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และมีรายงานว่า ผลมะม่วงจะไม่ได้รับความเสียหายจากการให้ลมร้อน โดยไม่ทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับผลที่ไม่ได้รับลมร้อน (Jacobi *et al.,* 2001) มีรายงานว่า การเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์ Haden ที่อุณหภูมิ 2 และ 5 องศาเซลเซียส นาน 0, 7 และ 20 วัน ผลมะม่วงไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ในระหว่างการเก็บรักษา แต่ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้จะลดลงก็ต่อเมื่อนำผลมะม่วงออกมาบ่มให้สุกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Fuchs *et al.,* 1989)

การแช่ผลมะม่วงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสนาน 10, 20 และ 30 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ไม่มีความแตกต่างกันกับผลที่ไม่ได้แช่ในน้ำร้อน แต่ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์ Kensington ที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส นาน 0-5 สัปดาห์ ทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (O' Hare and Prasad, 1993) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอุณหภูมิต่ำไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิดที่มีหน้าที่ในการย่อยสลายกรดอินทรีย์ จึงทำให้มีการสะสมของกรดอินทรีย์ลดลง

การลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ไม่มีความแตกต่างกันกับผลที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น มีรายงานว่า การเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์ Haden ที่อุณหภูมิ 2 และ 5 องศาเซลเซียส นาน 0, 7 และ 20 วัน จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ในระหว่างการเก็บรักษา แต่ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้จะลดลงก็ต่อเมื่อนำผลมะม่วงออกมาบ่มให้สุกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Fuchs *et al.,* 1989) และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 คือการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไตเตรทได้น้อยมาก และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 และ 3

1.8 อัตราการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์

การให้ผลมะม่วงได้ลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 18, 24 และ 30 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ไม่สามารถลดการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์ได้ นอกจากนี้การรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์ยังมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา การรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์ของผลมะม่วงเกิดจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฟอสโฟลิปิดซึ่งเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เปลี่ยนสภาพจากลักษณะที่เป็นของเหลว (liquid crystalline) มาเป็นลักษณะแข็ง (solid gel) ทำให้เซลล์เกิดความเสียหายและสารผ่านเข้าออกได้ง่าย (จริงแท้, 2544; L' Heureux *et al.,* 1993) การวัดอัตราการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์เป็นตัวบ่งชี้ระดับของการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ เมื่อเกิดอาการสะท้านหนาวเนื้อเยื่อพืชมีอัตราการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เพิ่มขึ้น เมื่อเยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียสมบัติในการยอมให้สารต่างๆ ผ่านเข้าออก อาทิ อิออนหรืออนุมูล กรดอะมิโน น้ำตาล และสารสีเกิดการรั่วไหลออกจากเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิด enzyme-substrate interaction นำไปสู่อาการผิดปกติต่างๆ ที่เป็นผลกระทบจากอาการสะท้านหนาวของพืช (ดนัย, 2540; McCollum and Mcdonald, 1991) มีรายงานว่า เมื่อเก็บรักษาผลมะเขือเทศไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน พบว่ามีการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์เพิ่มขึ้นพร้อมกับการแสดงอาการสะท้านหนาว (McDonald *et al.,*1999) การเกิดอาการสะท้านหนาวจะเกิดขึ้นเมื่อเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย และที่อุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนแปลงไป การใช้อุณหภูมิสูง 35-40 องศาเซลเซียส ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสื่อมสภาพ ดังนั้นจึงใช้อัตราการรั่วไหลของสารออกจากเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวชี้วัดการเกิดอาการสะท้านหนาว (Lurie, 1998) มีรายงานว่า เมื่อให้ความร้อนแก่พริกหวานที่อุณหภูมิ 35, 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง พบว่า อัตราการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์จะเพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (Mencarelli *et al.,* 1993) ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับลมร้อน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์สูง เนื่องมาจากผลมะม่วงเกิดการสุก ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนแปลงไป (จริงแท้, 2544) และมีรายงานว่า ผลมะม่วงที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2 และ 5 องศาเซลเซียส นาน 0, 7 และ 20 วัน เมื่อนำผลมะม่วงออกมาบ่มให้สุกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส การรั่วไหลของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารอีเลคโตรไลต์จะเพิ่มสูงขึ้น (Fuchs *et al.,* 1989) นอกจากนี้ยังพบว่า ผลเกรฟฟรุ๊ตที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์ จะแสดงอาการสะท้านหนาว และมีค่าการรั่วไหลของสารอีเลคไตรไลต์เพิ่มขึ้น (McCollum and McDonald, 1991)

การแช่ผลมะม่วงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10, 20 และ 30 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า การรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์ไม่มีความแตกต่างจากผลมะม่วงที่ไม่ได้แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส การที่แช่ผลมะม่วงในน้ำร้อนนานเกินไปไม่สามารถลดการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์ได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะความร้อนไปมีผลเร่งกระบวนการหายใจและกระบวนการสุกของผลมะม่วง ซึ่งพบว่าผลมะม่วงที่พัฒนาเข้าสู่กระบวนการสุก ทำให้เยื่อหุ้มต่างๆ จะมีการเสื่อมสภาพ (intiation of membrane leakage) (ดนัย, 2540) แต่การรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสผลมะม่วงที่แช่ในน้ำร้อน นาน 10 นาที มีค่าการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์ต่ำกว่าผลที่แช่ในน้ำร้อนนาน 20 และ 30 นาที เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 นอกจากนี้มียังรายงานว่า เมื่อนำผลมะละกอดิบ มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส นาน 1, 4, 7, 14 และ 21 วัน จากนั้นนำมาปล่อยให้สุกที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส เมื่อนำชิ้นส่วนเนื้อเยื่อมาหาอัตราการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์พบว่า เนื้อเยื่อของมะละกอที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้านหนาวและมีอัตราการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์สูงกว่ามะละกอที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และไม่เกิดอาการสะท้านหนาว (Chan *et al.,* 1985)

การลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน พบว่า ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาผลมะม่วง การรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์มีค่าต่ำกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นสามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 และมีรายงานว่าผลลำไยที่มีการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น มีอัตราการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์ลดลงเมื่อเทียบกับผลลำไยที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น (ไพศอล, 2546) การรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Florissen *et al.,* 1996) และเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน พบว่า การรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานว่าค่าการรั่วไหลของสารอีเลคโตรไลต์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Florissen *et al.,* 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.9 อาการสะท้านหนาว

ก. อาการสะท้านหนาวของผลมะม่วง

การให้ลมร้อนแก่ผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 18, 24 และ 30 ชั่วโมง พบว่าไม่สามารถลดอาการสะท้านหนาวได้ โดยมีการเกิดอาการสะท้านหนาวมากกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้รับลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส แล 5 องศาเซลเซียส พบว่า ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ตลอดอายุการเก็บรักษาไม่พบอาการสะท้านหนาว ซึ่งมีค่าอาการสะท้านหนาวของผลมะม่วง เท่ากับ 1 คะแนน ซึ่งมีการให้คะแนนโดยการประเมินด้วยสายตา คือ (1 = ผิวสีเขียวปกติ ไม่มีรอยช้ำ ปกติ, 2 = ผิวสีเขียว มีจุดสีน้ำตาลหรือม่วง มีรอยช้ำน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ของผล, 3 = ผิวสีเขียว มีจุดสีน้ำตาลหรือม่วง มีรอยช้ำ 25-50 เปอร์เซ็นต์ ของผล, 4 = ผิวสีเขียว มีจุดสีน้ำตาลหรือม่วง มีรอยช้ำ 50-75 เปอร์เซ็นต์ ของผล และ 5 = ผิวสีเขียว มีจุดสีน้ำตาลหรือม่วง มีรอยช้ำ มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ของผล) เพราะที่อุณหภูมิ 10-13 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษามะม่วงโดยไม่เกิดอันตรายกับผิวมะม่วง (จริงแท้, 2544) อาการสะท้านหนาวที่พบในผลมะม่วงจะสังเกตเห็นได้ในวันที่ 15 ของการทดลอง คือมีสีคล้ำหรือสีม่วง และจะมีผิวสีคล้ำขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานาน และยังพบว่าผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนเป็นระยะเวลานานยังทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวที่รุนแรงได้อีกด้วย คือ ผลมะม่วงที่ได้รับลมร้อนนาน 30 ชั่วโมง จะแสดงอาการสะท้านหนาวที่รุนแรงที่ผิวของผลมะม่วง มีการเกิดจุดสีม่วง และมีสีน้ำตาลเป็นบริเวณกว้าง เกือบทั่วทั้งผล ร่วมกับผลมีผิวขรุขระ เช่นเดียวกับการเกิดอาการสะท้านหนาวที่รุนแรงโดยการเกิดสีน้ำตาลที่ภายในหรือภายนอกผลพลับขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอุณหภูมิที่ผลมะม่วงได้รับ และยังพบว่า อาการสะท้านหนาวจะเกิดขึ้นเมื่อผลพลับมีการสร้างเอทธิลีนเพิ่มขึ้นภายใน 1 วัน หลังจากนำผลพลับออกมาบ่มให้สุกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Woolf *et al.,* 1997)

ผลมะม่วงที่แช่ในน้ำร้อน 40 องศาเซลเซียส นาน 10, 20 และ 30 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ และยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 33 วัน เมื่อเทียบกับผลที่ไม่แช่ในน้ำร้อน เก็บรักษาได้นาน 30 วัน และจะสังเกตอาการสะท้านหนาวที่ผิวของผลมะม่วง คือจะสังเกตเห็นสีคล้ำหรือจุดสีม่วงทั่วทั้งผล ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานานผิวของผลมะม่วงจะมีสีคล้ำหรือสีม่วงเพิ่มมากขึ้น มีรายงานว่า ผลเกรฟฟรุ๊ตพันธุ์ Star Ruby ที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ผลเกรฟฟรุ๊ตที่แช่ในน้ำร้อน 60 องศาเซลเซียส พร้อมกับมีแปรงปัดนาน 30 วินาที ก่อนนำไปเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 สัปดาห์ จะช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (Porat *et al.,* 2000) เช่นเดียวกับผลเกรฟฟรุ๊ตพันธุ์ Star Ruby ที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ร่วมกับสารไทอะเบนดาโซล 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง (20 องศาเซลเซียส) ร่วมกับสารอิมมาซาลิล 200 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ นาน 6 สัปดาห์ จะช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (Schirra *et al.,* 2000) ผลไม้ตระกูล citrus เมื่อแช่ในน้ำร้อน 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 นาที จะช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้และยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นได้ (Rodov *et al.,* 1995) ผลส้มพันธุ์ Fortune ที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที และ 53 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วัน จะช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาว การเสื่อมเสีย และการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ (Gonzalez-Aguilar *et al.,* 1997) ผลส้มพันธุ์ Valencia ซึ่งแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ร่วมกับสารไทอะเบนดาโซล 100 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 2 นาที การแสดงอาการสะท้านหนาวของผลส้มลดลง (Wild and Hood, 1989) และอาการสะท้านหนาวที่แสดงในผลมะม่วงคือ จะมีจุดสีม่วงหรือสีน้ำตาลเกิดขึ้นที่ผิวผล โดยจะเกิดที่บริเวณท้ายผลก่อน แต่การเกิดอาการสะท้านหนาวจะไม่เกิดทั่วทั้งผลเมื่อสิ้นอายุการเก็บรักษา จะเกิดขึ้นมากที่สุดเพียง 75 เปอร์เซ็นต์ของผลเท่านั้น ซึ่งก็เพียงพอต่อการไม่ยอมรับของผู้บริโภค การใช้ความร้อนกับผลิตผลสามารถป้องกันการเกิดอาการสะท้านหนาว อาจเนื่องมาจากการใช้ความร้อนทำให้เนื้อเยื่อพืชมีการสร้างโปรตีนพิเศษขึ้นมา เรียกว่า heat shock protein (HSP) (Lurie and Klein, 1991; Whitaker, 1993) โดยโปรตีนชนิดนี้ช่วยป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับโปรตีนในเซลล์ และโปรตีนที่เกี่ยวกับเยื่อหุ้มเซลล์ และยังช่วยป้องกันเอนไซม์และโปรตีนไม่ให้เกิดความเสียหายหรือหยุดทำงานในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Lafuente *et al.,* 1991 ; Sabehat *et al.,* 1995) และถ้ามี heat shock protein เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ทนต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (Jacobi, 2001) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lurie และคณะ (1993) ที่ได้รายงานว่ามะเขือเทศที่ได้รับอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 3 วันก่อนการเก็บรักษาแสดงอาการสะท้านหนาวลดลง และมี heat shock protein เพิ่มขึ้น ทำให้ทนต่ออาการสะท้านหนาวได้ ซึ่ง heat shock protein นี้จะถูกสร้างขึ้นภายในเนื้อเยื่อของพืชเมื่อได้รับอุณหภูมิตั้งแต่ 38 องศาเซลเซียสขึ้นไป แต่ที่อุณหภูมิ 44 องศาเซลเซียส นี้จะถูกระงับการสร้าง heat shock protein และเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนที่จะชักนำให้มีการสร้าง heat shock protein คือ 30-240 นาที (Florissen *et al.,* 1996) และการให้ความร้อนแก่ผลอะโวกาโด ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที แล้วนำไปแช่ในน้ำร้อนทันทีที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส นาน 1 สัปดาห์ พบว่า heat shock protein จะเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทนต่ออาการสะท้านหนาวและมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Woolf and Lay-Yee, 1997) นอกจากนี้ ผลแอปเปิลที่ได้รับอุณหภูมิสูงจะมีฟอสโฟลิพิด และความหนืด (microviscosity) มากกว่าผลปกติ ทำให้สามารถเก็บรักษาผลแอปเปิลได้นานขึ้นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส (Lurie *et al.,* 1995) และการให้ผลมะม่วงได้รับความร้อนเป็นระยะเวลานาน คือ 30 นาที ยังส่งผลให้ผลมะม่วงเกิดความเสียหายเนื่องจากได้รับความร้อนที่นานเกินไป (heat damage) (ภาพที่ 45)

ภาพที่ 45 ความเสียหายเนื่องจากความร้อน (heat damage) ที่เกิดกับผลมะม่วงจากการให้ความร้อนที่นานเกินไป

การลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน พบว่า ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา ผลมะม่วงสามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นได้ เมื่อเทียบกับผลที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น คือ ผลที่การลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน จะมีอายุการเก็บรักษานาน 39 วัน แต่ผลที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นมีอายุการเก็บรักษานาน 30 วัน และอาการสะท้านหนาวที่พบในผลมะม่วงจะสังเกตเห็นได้ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา คือมีสีคล้ำหรือสีม่วงกระจายทั้งผล และมีสีคล้ำขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานาน มีรายงานว่า การลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นของผลเกรฟฟรุ๊ตพันธุ์ Star Ruby โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 6 สัปดาห์ สามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ และยังช่วยชะลอการเสื่อมเสียของผลเกรฟฟรุ๊ตได้ (Porat *et al.,* 2000) การลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นของผลเกรฟฟรุ๊ต โดยเก็บรักษาไว้นาน 7 วัน ที่อุณหภูมิ 10,16 และ 21 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รักษาต่อที่อุณหภูมิต่ำ 1 องศาเซลเซียส จะช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (Hatton and Cubbedge, 1982) เช่นเดียวกับการลดอุณหภูมิของผลมะเขือเทศ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 8 วัน ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียสนาน 3 สัปดาห์ และนำไปบ่มให้สุกที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน จะช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (Lurie and Sabehat, 1997) และการทำให้มะเขือเทศเคยชินกับสภาพอุณหภูมิต่ำ โดยนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ตามด้วยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสนาน 4 วัน หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน สามารถเก็บรักษาผลมะเขือเทศได้นานขึ้น (Marangoni *et al.,* 1990) เมื่อนำผลมะเขือม่วงมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน แล้วจึงนำไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 6.5 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าเกิดรอยบุ๋มน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 1-2 วัน ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกัน (Wang, 1993) และการทำให้มะเขือเทศเคยชินกับสภาพอุณหภูมิต่ำ โดยนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ตามด้วยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสนาน 4 วัน หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน สามารถเก็บรักษาผลมะเขือเทศได้นานขึ้น (Marangoni *et al.,* 1990) เช่นเดียวกับผลอะโวกาโดพันธุ์ Hass เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณภูมิ 0 องศาเซลเซียส ช่วยลดอันตรายที่เกิดกับผิวอะโวกาโด (Woolf *et al.,* 2002) ซึ่งการลดอุณหภูมิของผลิตผลลงอย่างช้าๆ นี้จะช่วยให้ผลิตผลมีเวลาปรับตัวแทนที่จะลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว มีข้อสันนิษฐานว่า ในระหว่างการลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ นั้น ภายในเซลล์ของผลิตผลอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเยื่อหุ้มต่างๆ เช่น มีการสร้างฟอสโฟลิพิดซึ่งมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เป็นองค์ประกอบมากขึ้น (จริงแท้, 2544) และเป็นไปในทางเดียวกันกับผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน พบว่า จะสังเกตเห็นอาการผิดปกติของสีผิวผลมะม่วงได้ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อาการสะท้านหนาวที่พบในผลมะม่วงคือมีสีคล้ำหรือจุดสีม่วงซึ่งกระจายทั่วทั้งผล และจะมีสีคล้ำขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานาน ซึ่งการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจะช่วยชะลอการเกิดอาการผิดปกติให้ช้าลงได้ เมื่อเทียบกับผลมะม่วงที่แช่ในน้ำร้อนหรือการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นแต่เพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. อาการสะท้านหนาวของเนื้อผลมะม่วง

การให้ลมร้อนแก่ผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 18, 24 และ 30 ชั่วโมง พบว่าไม่สามารถลดอาการสะท้านหนาวได้ โดยมีการเกิดอาการสะท้านหนาวมากกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้รับลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ตลอดอายุการเก็บรักษาไม่พบอาการสะท้านหนาว ซึ่งมีค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีผิว เท่ากับ 1 คะแนน (โดยพิจารณาการให้คะแนนคือ 1 = สีเหลือง ปกติ, 2 = สีเหลือง มีฝ้าขาว จุดสีน้ำตาลไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ ของผล, 3 = สีเหลือง มีฝ้าขาว จุดสีน้ำตาล 25-50 เปอร์เซ็นต์ ของผล, 4 = สีเหลือง มีฝ้าขาว จุดสีน้ำตาล 50-70 เปอร์เซ็นต์ ของผลและ 5 = สีเหลือง มีฝ้าขาว จุดสีน้ำตาล มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ของผล) การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลมะม่วงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก คืออาการสะท้านหนาวจะไม่มีผลต่อเนื้อมะม่วง หรือมีน้อยมาก และจะมีการเกิดลักษณะฝ้าขาวที่เนื้อของผลมะม่วง แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ และการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากอาการสะท้านหนาวจะเกิดเฉพาะที่ผิวติดกับเปลือกเท่านั้น ไม่เกิดกับเนื้อที่ติดกับเมล็ด ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากอาการสะท้านหนาวบนผิวเนื้อติดกับเมล็ดนี้จะเกิดขึ้นกับผลที่ได้รับลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส นาน 30 ชั่วโมงเท่านั้น

การแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสนาน 10, 20 และ 30 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ก็ให้ผลเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1 (การใช้ลมร้อนอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส) นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลมะม่วง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก คืออาการสะท้านหนาวจะไม่มีผลต่อเนื้อมะม่วง และจะมีการเกิดสีฝ้าขาว แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ และการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากอาการสะท้านหนาวจะเกิดเฉพาะที่ผิวติดกับเปลือกเท่านั้น ไม่เกิดกับเนื้อติดที่กับเมล็ด และการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 1 และ 2 วัน ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน

ผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการทดลองที่ 2 และ 3 นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลมะม่วงน้อยมากเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงสีของผลมะม่วง ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Woolf และคณะ (1998) พบว่าอาการสะท้านหนาวจะแสดงอาการรุนแรงกับภายนอกผลอะโวกาโดเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2. คุณภาพของผลมะม่วงสุกหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

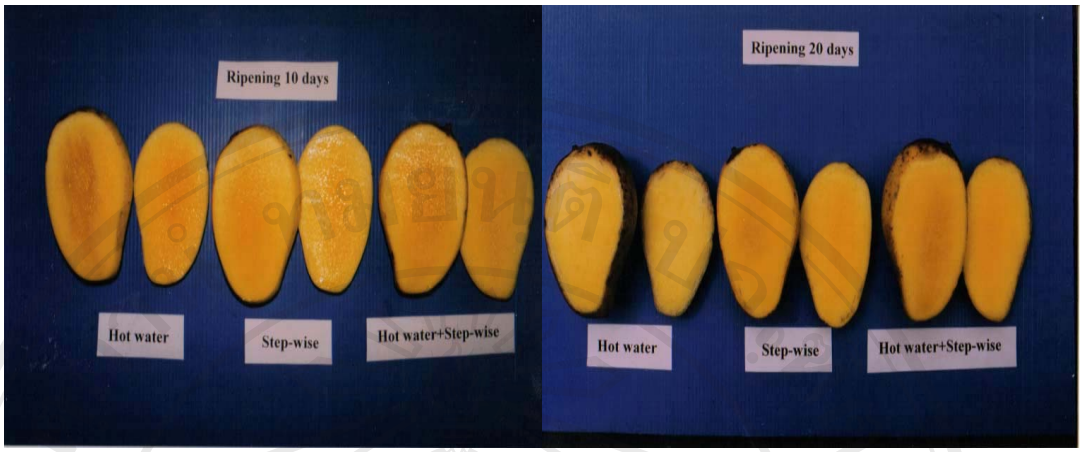
2.1 การประเมินคุณภาพของผลมะม่วงสุก

การประเมินคุณภาพของผลมะม่วงสุก ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ผลมะม่วงที่ได้รับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน และผลมะม่วงที่มีการใช้น้ำร้อนร่วมกับการลดอุณหภูมิตามลำดับขั้น เมื่อนำผลมะม่วงมาบ่มที่อุณหภูมิห้อง พบว่า สามารถบ่มสุกได้และมีลักษณะปรากฏที่ดีของผลใกล้เคียงกับผลมะม่วงสุกที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด แต่เมื่อเก็บรักษาผลมะม่วง นาน 20 วัน ผลมะม่วงในแต่ละกรรมวิธีสามารถบ่มให้สุกที่อุณหภูมิห้องได้แต่มีลักษณะปรากฏด้อยกว่าผลมะม่วงที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด เนื่องจากผลมะม่วงจะแสดงอาการสะท้านหนาวอย่างชัดเจนเมื่อนำมาไว้ที่อุณหภูมิสูง (อุณหภูมิห้อง) คือเกิดการสุกที่ผิดปกติ (จริงแท้, 2540) และอาการสะท้านหนาวที่เกิดกับผลมะม่วงจะแสดงอาการรุนแรง

2.2 การประเมินคุณภาพของเนื้อมะม่วงสุกด้วยการชิม

เมื่อนำผลมะม่วงบ่มให้สุกที่อุณหภูมิห้อง และนำมาประเมินคุณภาพด้วยการชิม ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ผลมะม่วงที่ได้รับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน และผลมะม่วงที่มีการใช้น้ำร้อนร่วมกับการลดอุณหภูมิตามลำดับขั้น เมื่อนำผลมะม่วงมาบ่มที่อุณหภูมิห้อง (ภาพที่ 30) พบว่า ทั้ง 3 กรรมวิธีสามารถบ่มให้สุกได้และยังคงคุณภาพได้ใกล้เคียงกับผลมะม่วงสุกที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด (ภาพที่ 46) แต่เมื่อเก็บรักษาผลมะม่วง นาน 20 วัน คุณภาพของผลมะม่วงสุกที่ผ่านกรรมวิธีดังกล่าวข้างต้นมีคุณภาพด้อยกว่าผลมะม่วงที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด เนื่องจากผลมะม่วงจะแสดงอาการสะท้านหนาวอย่างชัดเจนเมื่อนำมาไว้ที่อุณหภูมิสูง (อุณหภูมิห้อง) คือเกิดการสุกที่ผิดปกติ (อุณหภูมิห้อง) และความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (จริงแท้, 2540) คือเมื่อเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน ผลมะม่วงไม่สามารถบ่มให้สุกที่อุณหภูมิห้อง ร่วมกับการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติ (ภาพที่ 47)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 46 ผลมะม่วงเมื่อนำออกมาบ่มที่อุณหภูมิห้อง ในวันที่ 10 และ 20 ที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที การลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน และการแช่ในน้ำร้อนร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น

ภาพที่ 47 การสุกที่ผิดปกติของผลมะม่วง เมื่อนำออกมาบ่มที่อุณหภูมิห้อง ในวันที่ 30 ที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที การลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้นจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน และการแช่ในน้ำร้อนร่วมกับการลดอุณหภูมิลงตามลำดับขั้น เปรียบเทียบกับผลมะม่วงที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved