

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของน้ำร้อนต่อการลดอาการสะท้านหนาว

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการแช่ผลลำไยในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสไม่มีผลช่วยลดอาการสะท้านหนาว ผลลำไยยังเกิดอาการสะท้านหนาวได้ โดยพบว่าในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาเปลือกด้านในผลลำไยเกิดเป็นจุดสีน้ำตาลขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการวิจัยที่คณัย (2540) รายงานว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นาน 5-6 วัน แสดงอาการสะท้านหนาวโดยที่เปลือกด้านในมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น โดยทั่วไปผลิตผลแสดงอาการสะท้านหนาวโดยมีสีเปลือกและสีเนื้อเปลี่ยนไป (Jiang *et al.*, 2002) และนอกจากนี้ยังพบว่าการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงในการแช่ผลลำไยก่อนการเก็บรักษา ยังส่งผลทำให้เปลือกด้านในมีสีเข้มมากขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากการกระตุ้นของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ไปออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ในเซลล์ส่งผลทำให้เกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลลำไย (คณัย, 2540) โดยความร้อนที่ใช้ในการแช่ผลลำไยไปมีผลทำให้สารเคลือบผิวที่ชั้นคิวติเคิลหลุดหายไปจึงส่งผลทำให้ผลลำไยมีการสูญเสียน้ำมากกว่าผลลำไยที่ได้รับความร้อนน้อย ซึ่งเอนไซม์นี้จะถูกกระตุ้นให้มีกิจกรรมมากขึ้นเมื่อผลลำไยสูญเสียน้ำ (Jiang, 1999) ส่วนผลลำไยที่ไม่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน มีเปลือกนอกแข็งขึ้นและกรอบ อาจเกิดเนื่องจากชั้นคิวติเคิลเกิดการแตกแยกออก จึงเป็นช่องทางให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากผล ส่งผลทำให้เปลือกแห้ง แข็งและกรอบตามมา สอดคล้องกับ Rodov *et al.* (1995) รายงานว่าผลเกฟฟรุตที่เกิดอาการสะท้านหนาวมีการสูญเสียน้ำหนักมาก

ค่า L^* ของสีเปลือกด้านนอกของผลลำไยที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 และ 45 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกันกันคือ 46.15-46.97 และผลลำไยที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่า L^* เท่ากับ 44.73 และผลลำไยที่ไม่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสมีค่า L^* เท่ากับ 47.05 แสดงว่าเปลือกด้านนอกผลลำไยที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมีสีคล้ำที่สุด และเปลือกด้านในผลลำไยที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 45 และ 50 องศาเซลเซียส มีค่า L^* เท่ากับ 70.03 และ 68.46 มีสีคล้ำกว่าผลลำไยที่ไม่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนและผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แสดงว่าการใช้น้ำร้อนเพื่อ

แช่ผลลำไยนั้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกด้านนอกและด้านในทำให้เกิดสีคล้ำลงและสามารถทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ได้ (จริงแท้, 2542) ซึ่งอาจเกิดความเสียหายภายนอกหรือภายในผลคือ ความเสียหายภายนอกอาจทำให้เกิดเปลือกภายนอกเป็นสีน้ำตาล เป็นจุดสีน้ำตาลหรือเป็นสีเหลืองในกรณีของฝัก เช่น ผลชุกินี (Jacobi *et al.*, 1996) หรือแตงกวา (Chan and Linse, 1989) เป็นต้น ส่วนความเสียหายภายในอาจทำให้การพัฒนาสีผิดปกติ การสุกผิดปกติ หรืออาจเกิดสีคล้ำภายใน (Lurie, 1998) เช่น กรณีของผลลิ้นจี่และเนคทารีน (Jacobi *et al.*, 1993 ; Lay-Yee and Rose, 1994)

เมื่อเก็บรักษานานขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงเล็กน้อย และนอกจากนี้ยังพบว่าในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 18.10-18.32 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าอุณหภูมิสะท้อนทานหาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และการใช้อุณหภูมิสูงเพื่อแช่ผลลำไยก่อนการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานของคณัยและคณะ (2543) ที่รายงานว่า การเก็บรักษาลำไยที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรายงานของ Paull and Chen (1987) ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยมากระหว่างการเก็บรักษาลำไยที่อุณหภูมิ 4 และ 22 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน และเกิดขึ้นเช่นเดียวกันในผลมะเขือเทศ (Lurie and Klien, 1991 ; McDonald *et al.*, 1999)

ปริมาณวิตามินซีของผลลำไยที่ไม่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนมีค่าเท่ากับ 61.11 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และปริมาณวิตามินซีของผลลำไยมีค่าลดลงเมื่อระดับอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในการแช่ผลลำไยเพิ่มขึ้นดังนี้คือ ผลลำไยที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 54.25, 49.25 และ 48.88 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ ปริมาณวิตามินซีที่ลดลงอาจเกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิด เช่น กรดแอสคอร์บิกออกซิเดส, โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดส ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ (จริงแท้, 2542 ; ปริญาและพหล, 2543) ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้สามารถออกซิไดซ์วิตามินซีได้มากขึ้นที่อุณหภูมิสูง นอกจากนั้นผลลำไยยังมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้อุณหภูมิสูงขึ้นในการแช่ผลลำไย ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินซีเพิ่มขึ้นด้วย (จริงแท้, 2542)

ผลลำไยที่ไม่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนและผลลำไยที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 92 ± 2 % นาน 5 วัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.22, 3.76, 4.23 และ 5.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แสดงว่าการแช่ผลลำไยในน้ำร้อนก่อนการเก็บรักษาทำให้ผลลำไยสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลลำไยที่ไม่ผ่าน

การแช่ในน้ำร้อน สอดคล้องกับที่เพชรดา (2540) รายงานว่าพริกหวานที่ได้รับความร้อน 38 องศาเซลเซียส นาน 45 นาทีก่อนการเก็บรักษา มีการสูญเสียน้ำหนัก 4.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าพริกหวานที่ไม่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษาและเช่นเดียวกับธนสวรรค์ (2541) รายงานว่าการใช้ความร้อน 34 และ 38 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมงก่อนการเก็บรักษาผลปรากฏว่าผลมะม่วงที่ได้รับความร้อนก่อนการเก็บรักษาเกิดการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้รับความร้อน ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักเมื่อมีการใช้น้ำร้อนนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำร้อนที่สูงซึ่งใช้ในการแช่ผลลำไยมีผลทำให้เซลล์ผิวและชั้นคิวติเคิลเกิดการเสียหาย

การร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเปลือกผลลำไยที่ไม่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนและผลลำไยที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา มีเปอร์เซ็นต์การร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เท่ากับ 18.36, 14.96, 16.68 และ 17.47 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นในวันที่ 5-6 ของการเก็บรักษา แสดงว่าการใช้น้ำร้อนไม่มีผลต่อการลดอาการสะท้านหนาว เนื่องจากค่าการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์สามารถใช้ในการบ่งชี้การเกิดอาการสะท้านหนาวได้ ดังเช่น King and Ludford (1983) รายงานว่ามะเขือเทศพันธุ์ที่อ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 7 และ 15 วัน เกิดการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์มากกว่าสายพันธุ์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำและการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา สอดคล้องกับคณัยและคณะ (2543) ซึ่งรายงานว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เพิ่มมากขึ้นในวันที่ 5-6 ของการเก็บรักษา การร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ที่เกิดจากอุณหภูมิต่ำ เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของฟอสโฟลิปิดซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เซลล์เกิดความเสียหายและยอมให้สารผ่านเข้าออกได้ง่าย จึงทำให้มีการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์มากเมื่อเกิดอาการสะท้านหนาว (คณัย, 2540) ส่วนการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเนื้อผลลำไยมีความผันแปรในระหว่างการเก็บรักษา แสดงว่าการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเนื้อผลลำไยไม่สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ว่าผลลำไยแสดงอาการสะท้านหนาว เช่นเดียวกับผลไม้หลายชนิดที่การร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ไม่สัมพันธ์กับอาการสะท้านหนาว เช่น มะม่วง อะโวคาโด และพริกหวาน เป็นต้น (Fuchs *et al.*, 1989 ; เพชรดา, 2540)

ระดับการเน่าเสียของผลลำไยอยู่ในช่วง 1.20-1.90 คะแนน ซึ่งผลลำไยที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนมีระดับความรุนแรงของการเน่าเสียไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผลลำไยที่ไม่ผ่านการแช่ในน้ำร้อน (ชุดควบคุม) แสดงว่าการใช้น้ำร้อนในการแช่ผลลำไยก่อนการเก็บรักษานั้นไม่มีผลต่อการลดระดับการเน่าเสียของผลลำไยได้ สอดคล้องกับธนสวรรค์ (2541) ราย

งานว่าผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน แสดงอาการสะท้อนหนาวโดยเนื้อเยื่อผิวผลเกิดการยุบตัว มีการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์และผลมะม่วงมีการเน่าเสียมาก การเน่าเสียของผลลำไยอาจเกิดจากการร่วงไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ภายในเซลล์ที่เกิดอาการสะท้อนหนาว ซึ่งสารอีเล็กโตรไลต์เหล่านี้เป็นสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ จึงส่งผลทำให้จุลินทรีย์เข้าเจริญและทำลายได้ดีและเน่าในที่สุด (คณัย, 2540)

ส่วนการประเมินกลิ่นของผลลำไยโดยผู้ทดสอบชิมในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาพบว่าผลลำไยที่ผ่านการแช่น้ำร้อนอุณหภูมิ 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส และผลลำไยที่ไม่ผ่านการแช่น้ำร้อน มีคะแนนเท่ากับ 1.50, 1.50, 1.70 และ 1.20 คะแนนตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าผลลำไยในทุกกรรมวิธีการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงจากกลิ่นปกติเป็นกลิ่นหมักเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสส่งผลทำให้เกิดการหายใจผิดปกติ จึงเกิดการสะสมสารพิษ เช่น อะซิทัลดีไฮด์ และเอทานอล เป็นต้น นอกจากนี้สารพิษบางชนิดอาจเกิดจากการที่ออกซิเจนในเนื้อเยื่อต่างๆ สูงเกินไป เพราะมีการหายใจแบบใช้ออกซิเจนน้อย และมีเอนไซม์ออกซิเดส (oxidase) เข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ได้สารพวกเปอร์ออกไซด์ในเซลล์ (คณัย, 2540)

ผลการประเมินการยอมรับโดยผู้ทดสอบชิม ซึ่งพบว่าคะแนนการยอมรับลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นสัมพันธ์กับคุณภาพของผลลำไยและพบว่าในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาผลลำไยที่ไม่ผ่านการแช่น้ำร้อนแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบสูงสุด อาจเป็นเพราะว่าผลลำไยที่ไม่ผ่านการแช่น้ำร้อนไม่เกิดการสูญเสียเนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการแช่ผลลำไย

การทดลองที่ 2 ผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงสลับระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ผลการทดลองเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิสูงสลับระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำนั้นไม่มีผลต่อการลดอาการสะท้านหนาว เนื่องจากพบว่าผลลำไยที่เก็บรักษาภายใต้สภาพอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสเปลือกด้านนอกของผลลำไยแห้งและเปลือกด้านในผลลำไยมีจุดสีน้ำตาลเกิดขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจเป็นลักษณะที่บ่งชี้ได้ว่าผลลำไยเกิดอาการสะท้านหนาว ดังเช่นคณีย์ (2540) ได้รายงานว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสแสดงอาการสะท้านหนาวโดยที่เปลือกด้านในมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น และ Jiang *et al.* (2002) ได้รายงานว่าการดังกล่าวนี้อาจเกิดจากอิทธิพลของอุณหภูมิสะท้านหนาวและมีการเน่าเสียเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น

ส่วนค่า L^* , C^* และค่า Hue ของสีเปลือกด้านนอกของผลลำไยพันธุ์คอซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผลลำไยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการเก็บรักษาภายใต้สภาพอุณหภูมิต่ำกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่ เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกด้านนอกไม่แตกต่างกัน ส่วนค่า L^* ของเปลือกด้านในผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีค่าน้อยกว่าค่า L^* ของเปลือกด้านในผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส แสดงว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีสีเปลือกด้านในคล้ำกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสอย่างเดี่ยวและเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเปลือกด้านนอกและด้านในมีสีคล้ำลงเหมือนกัน ซึ่งอาการดังกล่าวเป็นอาการสะท้านหนาวของผลลำไย (คณีย์และคณะ, 2543) และ Kader (2001) รายงานว่า ผลลำไยที่แสดงอาการสะท้านหนาวจะมีสีเปลือกคล้ำและมีเชื้อราเข้าทำลายมาก ซึ่งในการทดลองครั้งนี้พบว่าการเข้าทำลายของเชื้อรามากทั้งสองกรณีคือในวันที่ 16 ของการเก็บรักษาผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสผลลำไยเน่าเสียเท่ากับ 67.42 เปอร์เซ็นต์ และผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการเน่าเสียเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสอย่างเดี่ยวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลลำไยมีปริมาณลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น แสดงว่าการใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และอาการสะท้านหนาวไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลลำไย ซึ่งสอดคล้องกับ Schirra and Cohen (1999) ซึ่งกล่าวว่าการเก็บรักษาส้มพันธุ์ "Olinda" ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์สลับกับเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างจากผลส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียสอย่างเดี่ยว และ Artes *et al.* (1993)

รายงานว่าการผสมนาเวฟร่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์สลับกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์ ภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ปริมาณวิตามินซีของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส มีปริมาณสูงกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 81.57 และ 68.76 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเกิดเนื่องจากผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส มีกระบวนการเมตาบอลิซึมที่ต่ำกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจึงส่งผลให้มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (คณัย, 2540)

ผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.08 และ 4.98 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เนื่องจากการใช้อุณหภูมิต่ำนั้นผลลำไยจะถูกนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $75 \pm 2\%$ นาน 1 วัน แล้วจึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $93 \pm 2\%$ นาน 2 วัน ซึ่งในที่อุณหภูมิสูงนั้นอากาศมีความสามารถในการอุ้มน้ำไ้ได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เพราะมีค่า Vapour pressure deficit มาก (คณัยและคณะ, 2543) จึงส่งผลทำให้ผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่

การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเปลือกผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 32.98 และ 28.41 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเนื้อผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกับผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 49.15 และ 48.08 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งจากการหาค่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าค่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเปลือกและเนื้อผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิต่ำมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ที่เปลือกจะเริ่มเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิต่ำไม่มีผลต่อการลดการสะสมของสารพิษของผลลำไยได้ เพราะค่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเปลือกผลลำไยจะสัมพันธ์กับอาการระคายเคือง (คณัยและคณะ, 2543) เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น เกรฟฟรุต (McCullum and McDonald, 1991) ส้มและมะนาว (Pantastico *et al.*, 1968) และมะนาว (คณัยและคณะ, 2543) การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นอาจเป็นเพราะเมื่อเก็บรักษานานขึ้นผลลำไยเกิดอาการระคายเคืองรุนแรงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Saltveit and Morris (1990) กล่าวว่าเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ขึ้นกับอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาและเมื่อเก็บรักษานานขึ้นผลลำไยเข้าสู่ระยะเสื่อมสภาพ ซึ่งในช่วงการ

เกิดอาการสะท้านหนาวและการเสื่อมสภาพจะมีการสลายตัวของเชื้อหุ้มต่างๆภายในเซลล์ทำให้ความสามารถในการทำหน้าที่เก็บรักษาสารไว้ภายในไม่ได้ (คณัย, 2540)

ระดับการเน่าเสียของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่และอุณหภูมิลดลงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนการเน่าเสียของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิลดลงและผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส มีคะแนนเท่ากับ 1.50 และ 1.30 คะแนนตามลำดับ แสดงว่าการใช้อุณหภูมิลดลงในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการลดระดับการเน่าเสียของผลลำไยได้ การเน่าเสียของผลลำไยอาจเกิดขึ้นเนื่องจากผลลำไยที่เกิดอาการสะท้านหนาว เชื้อหุ้มเซลล์เกิดการเสียหายและยอมให้สารผ่านเข้าออกได้ง่าย ทำให้มีการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์และกระบวนการเมตาบอลิซึมเกิดอย่างผิดปกติ จึงส่งผลทำให้ผลลำไยเกิดการเสื่อมสภาพเร็วและจุลินทรีย์เข้าทำลายได้ง่าย (คณัย, 2540)

ผลการประเมินกลิ่นของผลลำไยโดยผู้ทดสอบชิมในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการประเมินกลิ่นของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิลดลงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสอย่างเดียว แสดงว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิลดลงมีกลิ่นผิดปกติมากกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสอย่างเดียว และการประเมินการยอมรับของผู้ทดสอบชิม คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบชิมลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นและในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิลดลงคะแนนที่ผู้ทดสอบชิมให้แสดงว่ามีความชอบน้อยกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสอย่างเดียว การเกิดกลิ่นผิดปกติอาจส่งผลทำให้การยอมรับผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิลดลงน้อยกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิลดลงมีกระบวนการเมตาบอลิซึมสูงกว่าผลลำไยเก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่ จึงส่งผลให้ผลลำไยเก็บรักษาที่อุณหภูมิลดลงเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเร็วกว่าผลลำไยเก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่ (คณัย, 2540) จึงเป็นผลให้รสชาติเปลี่ยนแปลงไป

การทดลองที่ 3 ผลของการลดอุณหภูมิผลลำไยเป็นลำดับขั้น

การลดอุณหภูมิผลลำไยเป็นลำดับขั้นนั้นอาจมีผลต่อการลดอาการสะท้อนหนาวของผลลำไยได้เล็กน้อย ซึ่งสามารถสังเกตได้จากแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเปลือกและเนื้อผลลำไย โดยผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่ลดอุณหภูมิลำดับขั้นมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่ แสดงว่าการเก็บรักษาผลลำไยในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลำดับขั้นนั้นมีแนวโน้มสามารถลดความรุนแรงของอาการสะท้อนหนาวได้ เนื่องจากค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับการเกิดอาการสะท้อนหนาวได้

ค่า L^* , C^* และค่า Hue ของเปลือกด้านนอกผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิเป็นลำดับขั้นและผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นค่า C^* ของผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจเป็นเพราะความผันแปรของผลิตภัณฑ์สุ่มมาทดลอง ส่วนค่า L^* ของเปลือกด้านในผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสมีค่าน้อยกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลงเป็นลำดับขั้นจนถึงอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส แสดงว่าเปลือกด้านในผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสมีสีคล้ำกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลงเป็นลำดับขั้นจนถึงอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิจากห้องลงเป็นลำดับขั้นสามารถช่วยลดความรุนแรงของอาการสะท้อนหนาวได้ เช่นเดียวกับ Thomas and Oke (1983) รายงานว่าการเก็บรักษามะม่วงในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลงเป็นลำดับขั้นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสตลอดอายุการเก็บรักษาทำให้การพัฒนาสีและคุณภาพของผลดีกว่าผลมะม่วงในชุดควบคุม

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลลำไยที่ลดอุณหภูมิลงเป็นลำดับขั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่ แสดงว่าการลดอุณหภูมิลงเป็นลำดับขั้นไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสะท้อนหนาวไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เช่นเดียวกัน สอดคล้องกับคณัยและคณะ (2543) ที่รายงานว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 หรือ 5 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเช่นเดียวกับ Paull and Chen (1987), Lurie and Klein (1991) และ McDonald *et al.* (1991) ที่รายงานว่าการเก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งของผลผลิต

ปริมาณวิตามินซีของผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลำดับชั้นจนถึงอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสและผลลำไยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นาน 6 วัน เท่ากับ 85.97 และ 75.77 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลำดับชั้นจนถึงอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 79.96 และ 73.94 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ แสดงว่าการเก็บรักษาผลลำไยในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลำดับชั้นไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลง ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิด เช่น กรดแอสคอร์บิก ออกซิเดส โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดส ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ (จริงแท้, 2542 ; ปริญาและพหล, 2543) และนอกจากนี้การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินซีเพิ่มขึ้นด้วย (จริงแท้, 2542)

ผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลำดับชั้นจนถึงอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลำดับชั้นจนถึงอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสและผลลำไยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากผลลำไยที่ลดอุณหภูมิลำดับชั้นต้องใช้เวลาหลายวันจึงจะสามารถลดอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิ 1 หรือ 5 องศาเซลเซียส ภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 และ 5 องศาเซลเซียส โดยผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 หรือ 5 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ $93 \pm 2\%$ และ $88 \pm 2\%$ ตามลำดับ ซึ่งในที่อุณหภูมิสูงนั้นอากาศมีความสามารถในการอุ้มน้ำไ้ได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เพราะมีค่า Vapour pressure deficit มาก (คณีย์และคณะ, 2543) และในที่อุณหภูมิสูงผลิตภัณฑ์มีกิจกรรมเมตาบอลิซึมสูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำจึงส่งผลทำให้ผลลำไยที่ลดอุณหภูมิลำดับชั้นมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเปลือกผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลำดับชั้นจนถึงอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าผลลำไยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.86 และ 25.92 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แสดงว่าการลดอุณหภูมิผลลำไยเป็นลำดับชั้นสามารถลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวได้ เนื่องจากค่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความรุนแรงของการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ เช่นเดียวกับ Marangoni *et al.* (1990) สามารถลดอาการสะท้านหนาวของผลมะเขือเทศโดยการลดอุณหภูมิเป็นลำดับชั้นดังนี้คือเก็บรักษา

ผลมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ตามด้วยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน ทำให้ค่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ลดลง ส่วนผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลำดับขั้นจนถึงอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แต่เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ตลอดอายุการเก็บรักษา พบว่าค่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์มีแนวโน้มต่ำกว่าค่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งที่แสดงว่าการเก็บรักษาผลลำไยในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลำดับขั้นมีแนวโน้มสามารถลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวได้ ส่วนค่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเนื้อผลลำไยที่ลดอุณหภูมิลำดับขั้นและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งที่ไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเนื้อผลลำไยพบว่ามีความผันแปรมากในระหว่างการเก็บรักษา แสดงว่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ของเนื้อผลลำไยไม่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าผลลำไยแสดงอาการสะท้านหนาวเช่นเดียวกับผลไม้หลายชนิดที่การรั่วไหลของสารอีเล็กโตรไลต์ไม่สัมพันธ์กับอาการสะท้านหนาว เช่น พริกหวาน (เพชรดา, 2540) มะม่วงและอะโวคาโด (Fuchs *et al.*, 1989)

ระดับการเน่าเสียของผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิเป็นลำดับขั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งที่ โดยผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิเป็นลำดับขั้นมีระดับคะแนนสูงกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งที่ แสดงว่าผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิเป็นลำดับขั้นมีการเน่าเสียสูงกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งที่ อาจเกิดเนื่องจากช่วงเวลาในการลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 1 หรือ 5 องศาเซลเซียสนั้นใช้เวลานาน ทำให้ผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิเป็นลำดับขั้นได้รับอุณหภูมิสูงนานกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งที่ เพราะผลผลิตที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจุลินทรีย์เจริญได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นน่าจะส่งผลทำให้ผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลำดับขั้นมีจุลินทรีย์เข้าทำลายมากกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและมีการเน่าตามมา (จริงแท้, 2542) และอาจเป็นผลทำให้ลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลำดับขั้นมีกลิ่นผิดปกติเร็วกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งที่ที่อุณหภูมิ 1 และ 5 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การได้รับอุณหภูมิสูงนานส่งผลทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีเปลี่ยนแปลงโดยมีปฏิกิริยาเคมีที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นผิดปกติ เช่น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (นิริยา, 2543)

คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบชิมพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผลลำไยที่เก็บรักษาในสภาพที่มีการลดอุณหภูมิลำดับขั้นและผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิคงที่ แสดงว่าผู้ทดสอบชิมมีความชอบไม่แตกต่างกัน โดยมีความชอบอยู่ในช่วงระหว่างชอบเล็กน้อยจนถึงชอบมากและเมื่อเก็บรักษาผลลำไยนานขึ้นคะแนนการยอมรับมีค่าลดลง แสดงว่าความชอบของผู้ทดสอบชิมลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากคุณภาพของผลลำไยลดลง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University