

ลักษณะภายนอกและกายวิภาคของเปลือกส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งที่แสดงอาการสะท้อนหนาว  
Visual appearance and anatomical structures of chilling injured mandarin orange cv. sai nam peung peel

ปาริชาติ แสงทอง<sup>1</sup> เสาวลักษณ์ อุ่นเป็ง<sup>2</sup> และ อุษาวดี ชนสุต<sup>1,2</sup>  
Parichat Sangthong<sup>1</sup>, Saovaluk Aunpeng<sup>2</sup> and Usawadee Chanasut<sup>1,2</sup>

### Abstract

Mandarin oranges cv. Sai nam peung at a commercial stage were packed in cardboard boxes and stored at either 0°C or 3°C for one month. One box of samples was taken out weekly and kept at 25±2°C for 12 days. Three fruits were evaluated every three days for the visual appearances and anatomical structure changes of the peel. It was found that chilling injury symptoms occurred on the peel from fruits stored at both temperatures over two weeks. The severity increased after holding at room temperature more than three days. The chilling injury symptoms on the peel included changing peel color, expanding oil gland, and the surface pitting. In some area on the peel, brown spots occurred and became brown sunken area later. Mold infection was also found on the chilling injured peel. The anatomical studies of chilling injured peel showed that the epidermal cells of flavedo and parenchyma cells of albedo were damaged as a result, the surrounding tissue collapsed. Parenchyma cells around the oil glands disintegrated causing oleocellosis symptom and the damage cells of surrounding area turned brown. The changes of visual appearance and anatomical structures of chilling injured peel were also associated with increasing of electrolyte leakage of the peel.

**Keywords:** electrolyte leakage, oleocellosis, low temperature storage

### บทคัดย่อ

เมื่อนำส้มสายน้ำผึ้งที่ระยะแก่ทางการค้าบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูกและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 3 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน สุ่มตัวอย่างสัปดาห์ละ 1 กล่อง แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) นาน 12 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกและกายวิภาคของเปลือกส้มสายน้ำผึ้งทุกๆ 3 วัน พบว่า ส้มสายน้ำผึ้งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส แสดงอาการสะท้อนหนาวเมื่อเก็บไว้นานกว่า 2 สัปดาห์ และอาการจะรุนแรงขึ้นหลังจากวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนานกว่า 3 วัน โดยอาการที่พบบนเปลือกส้มได้แก่ เปลือกส้มเปลี่ยนสี ต่อมไขมันขยายตัว เปลือกยุบตัวเป็นจุดเกิดจุดสีน้ำตาลกระจุกกระจาย บางตำแหน่งมีการขยายขนาดรวมตัวกันเป็นแผ่นสีน้ำตาลที่ยุบตัวลง มีการเข้าทำลายของเชื้อรา จากการศึกษาภาคตัดขวางของเปลือกส้มบริเวณที่เกิดอาการสะท้อนหนาว พบว่า เซลล์เยื่อผิวด้านนอกของชั้น flavedo และ เซลล์พาเรงคิมาบริเวณชั้น albedo เซลล์ถูกทำลายทำให้เกิดการยุบตัวของเนื้อเยื่อในชั้นดังกล่าว เนื้อเยื่อพาเรงคิมาบริเวณต่อมไขมันเกิดการสลายตัวและเกิดอาการต่อมไขมันแตก (oleocellosis) เซลล์บริเวณที่เสียหายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและสอดคล้องกับปริมาณสารอิเล็กโทรไลต์ที่รั่วไหลมากขึ้นเมื่อเปลือกส้มแสดงอาการสะท้อนหนาว

**คำสำคัญ:** สารอิเล็กโทรไลต์, ต่อมไขมันแตก, การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

### คำนำ

ส้มสายน้ำผึ้งเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย เป็นที่นิยมของผู้บริโภคและเป็นที่ต้องการเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ส้มสายน้ำผึ้งนิยมปลูกมากในเขตภาคเหนือ แต่ถ้าปลูกภาคใต้มีชื่อว่า ส้มโชกุน ส้มสายน้ำผึ้งสามารถผลิตออกสู่ตลาดตลอดปี แต่ช่วงผลผลิตออกสู่ตลาดมากที่สุดคือเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ ซึ่งมักทำให้ราคาผลผลิตลดต่ำลง ดังนั้นหากมีวิธีการสามารถเก็บรักษาส้มสายน้ำผึ้งให้นานขึ้นและนำมาวางจำหน่ายช่วงเทศกาล จะทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น (เปรมปรี, 2544) ซึ่งวิธีการเก็บรักษาผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวที่นิยมคือ การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพราะจะทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในผลผลิตลดลง ชะลอการเสื่อมสภาพ ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษา

<sup>1</sup> สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่/ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

<sup>1</sup> Postharvest Technology Institute, Chiang Mai University/ Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education

<sup>2</sup> ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup> Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Meung, Chiang Mai. 50200

ผลผลิตได้นานยิ่งขึ้น แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเกินไป อาจทำให้ผลผลิตเกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้อนหนาว (chilling injury) ซึ่งลักษณะการแสดงออกของผลส้มที่เกิดอาการสะท้อนหนาว จะปรากฏให้เห็นชัดเจนเปลือก เช่น สีเปลือกเปลี่ยนแปลงไป เกิดรอยบุ๋มและจุดสีน้ำตาล (จริงแท้, 2549) ลักษณะดังกล่าวทำให้มูลค่าของส้มลดลง

การเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคของส้มที่เกิดอาการสะท้อนหนาว มีรายงานการศึกษาในส้มเปลือกหนา เช่น ในส้ม Navel พบว่า ระดับของความเสียหายและการแสดงออกของความผิดปกติที่เกิดจากอาการสะท้อนหนาวจะเกี่ยวข้องกับขนาดของต่อมน้ำมันและสภาพการเก็บรักษา (Lindhout *et al.*, 2005) ส่วนการศึกษาในส้มเปลือกบาง เช่น ส้มสายน้ำผึ้ง ยังมีน้อยมาก ดังนั้นการศึกษากการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคของเปลือกส้มสายน้ำผึ้งที่เกิดอาการสะท้อนหนาว เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาวิจัย และสามารถนำไปพัฒนาวิธีแก้ปัญหาต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

ผลส้มสายน้ำผึ้งเก็บเกี่ยวที่ระยะแก่ทางการค้าจากแหล่งปลูกในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ คัดเลือกผลส้มขนาดเบอร์ 5 ให้นำหนักผลอยู่ในช่วง 90-150 กรัม นำมาล้างด้วยน้ำสะอาดและน้ำคลอรีนความเข้มข้น 200 ppm ฝักให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำผลส้มบรรจุลงในกล่องกระดาษสุญญากาศและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 เป็นเวลา 1 เดือน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่ม (Completely randomized design, CRD) สุ่มตัวอย่างสุ่มดำทีละ 1 กล่อง แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกและกายวิภาคของเปลือกส้มสายน้ำผึ้งทุกๆ 3 วัน บันทึกการเปลี่ยนแปลงบริเวณเปลือกผลเพื่อหาดัชนีการเกิดอาการสะท้อนหนาว โดยสังเกตจากลักษณะภายนอก วัดอัตราการรั่วไหลของอิเล็คโทรไลต์ (electrolyte leakage, EL) ของเปลือก จากนั้นนำเปลือกส้มมาแช่ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% สำหรับนำไปตัดเนื้อเยื่อเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับเซลล์ในชั้น albedo และ flavedo ของเปลือก บันทึกภาพภาคตัดขวางของเปลือกส้มที่แสดงอาการสะท้อนหนาวเปรียบเทียบกับเปลือกส้มปกติ

### ผล

จากการสังเกตอาการสะท้อนหนาวจากลักษณะภายนอกพบว่า ผลส้มแสดงอาการสะท้อนหนาวเมื่อเก็บไว้นานกว่า 2 สัปดาห์ และอาการจะรุนแรงขึ้นหลังจากวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนานกว่า 3 วัน (Fig 1) การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของเปลือกส้มสายน้ำผึ้ง เมื่อนำส้มออกจากกล่องบรรจุหลังเก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียส พบว่า ต่อมน้ำมันบริเวณเปลือกเริ่มมีการขยายตัว บางตำแหน่งมีการยุบตัว เมื่อบางวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน เปลือกส้มเริ่มแสดงอาการผิดปกติมากขึ้นโดยเฉพาะบริเวณรอบๆ ขั้วผล ต่อมน้ำมันที่เปลือกส้มขยายตัวมากขึ้น เปลือกส้มบางบริเวณยุบตัวลง เปลือกของบางผลเกิดเป็นจุดสีน้ำตาลกระจาย ส่วนเปลือกของผลส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์ พบอาการผิดปกติเกิดขึ้น คือ มีการขยายตัวของต่อมน้ำมัน เมื่อนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน เปลือกจะยุบตัวลงมากขึ้น และจุดสีน้ำตาลเริ่มขยายและรวมตัวกันเป็นแผ่นกว้าง (Fig 3)

เมื่อนำเปลือกส้มมาตัดขวางเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคของเปลือก พบว่า เปลือกของส้มเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์ มีการสะสมสารสีน้ำตาลบริเวณเซลล์พาเรงคิมาที่อยู่ในชั้น flavedo เซลล์พาเรงคิมาในชั้น albedo มีการยุบตัวลง และในบางบริเวณมีการสะสมสารสีน้ำตาลเช่นกัน (Fig 4) ส่งผลให้เนื้อเยื่อบริเวณดังกล่าวมีสีน้ำตาลเข้ม สัมพันธ์กับจุดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นบนเปลือกผิวบริเวณที่มีการยุบตัวลง (surface pitting)

การรั่วไหลของสารอิเล็คโทรไลต์ เปลือกของส้มสายน้ำผึ้งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ค่า %EL ของเปลือกส้มที่เก็บรักษานาน 3 และ 4 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังจากนำผลส้มมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง และมีแนวโน้มคงที่จนถึงสิ้นสุดการทดลอง สำหรับเปลือกของส้มสายน้ำผึ้งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส 3 และ 4 สัปดาห์เพิ่มขึ้นหลังจากนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน และมีแนวโน้มคงที่จนถึงสิ้นสุดการทดลอง (Fig 2)

### วิจารณ์ผล

ในการทดลองนี้พบว่า ส้มสายน้ำผึ้งจะแสดงอาการสะท้อนหนาวเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 3 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของदनัย (2540) ที่ระบุว่า หากเก็บผลส้มที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ส้มจะแสดงอาการสะท้อนหนาวและเมื่อนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องอาการจะเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้ ลักษณะผิดปกติจากอาการสะท้อนหนาวที่พบคือ ต่อมน้ำมันที่เปลือกผลขยายตัว บางบริเวณพบอาการ oleocellosis เซลล์ที่อยู่รอบๆ ต่อมน้ำมันเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากเซลล์เสียหาย มีอาการผิวเปลือกยุบตัว และบางบริเวณที่ยุบตัวจะแห้ง เกิดเป็นจุดสีน้ำตาล ซึ่งสัมพันธ์กับ

คะแนนการเกิดอาการสะท้อนหนาว ลักษณะความผิดปกติที่เกิดจากอาการสะท้อนหนาวของส้มสายน้ำผึ้งสอดคล้องกับอาการสะท้อนหนาวที่พบบนส้ม Navel ซึ่งเป็นส้มเปลือกหนา (Agusti et al., 2001) ลักษณะผิวเปลือกยวบยวบเป็นความผิดปกติที่พบได้กับผลผลิตที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ และเกิดอาการสะท้อนหนาว เนื่องจากเซลล์ที่ได้รับอุณหภูมิต่ำเกินไปจนเยื่อหุ้มเซลล์เสียหาย มีการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ออกจากเซลล์ ทำให้เซลล์เสียสภาพและเกิดการยวบยวบ (दनัย, 2540; ดนัย และคณะ, 2543) สอดคล้องกับปริมาณสารอิเล็กโทรไลต์ที่รั่วไหลเพิ่มขึ้นในทุกชุดทดลองหลังจากนำออกมาจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และเปลือกส้มในทุกชุดทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะภายนอกของเปลือกส้ม นอกจากการยวบยวบของเปลือกแล้ว การสะสมสารสีน้ำตาลจัดเป็นอาการตอบสนองต่อการสะท้อนหนาวอย่างหนึ่งเช่นกัน โดยเมื่อเซลล์พาเรงคิมาข้างเคียงได้รับความเสียหาย เซลล์ที่ยังปกติอยู่จะมีกลไกการป้องกันตัวเอง มีการสร้างสารสีน้ำตาล (browning pigment) ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล เพื่อปกป้องเซลล์ไม่ให้เสียหาย (จริงแท้, 2549) สารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้น จะถูกสะสมอยู่ภายในเซลล์ และบริเวณเซลล์ข้างเคียงที่เกิดความเสียหาย จึงทำให้น้ำเยื่อบริเวณดังกล่าวของส้มสายน้ำผึ้งที่แสดงอาการสะท้อนหนาวมีสีเข้มขึ้น

**สรุป**

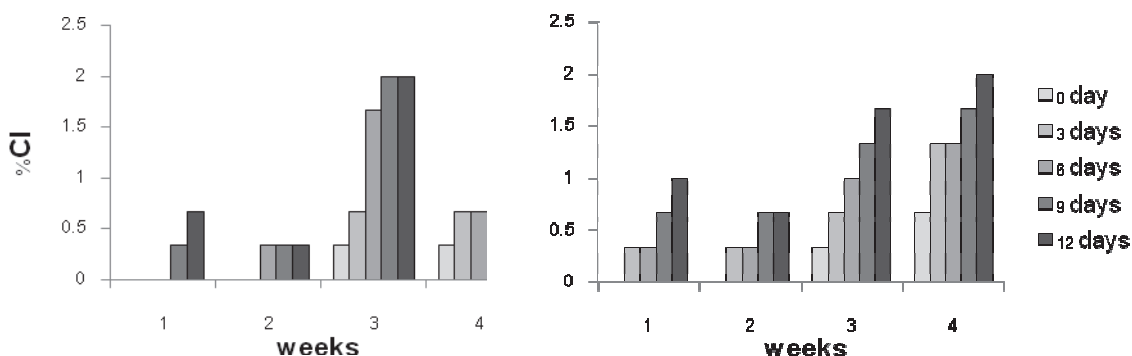
ส้มสายน้ำผึ้งที่เกิดอาการสะท้อนหนาว เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ 0 และ 3 องศาเซลเซียส นานกว่า 3 สัปดาห์ เปลือกจะมีสีคล้ำลง มีการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้น เกิดการขยายตัวของต่อมน้ำมัน และผิวเกิดการยวบยวบ (surface pitting) ลักษณะทางกายวิภาคที่ผิดปกติของเปลือกส้มสายน้ำผึ้งที่เกิดอาการสะท้อนหนาว เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ 0 และ 3 องศาเซลเซียส นานกว่า 3 สัปดาห์ คือ เนื้อเยื่อบริเวณชั้น flavedo ฉีกขาด เกิดการยวบยวบในเนื้อเยื่อบริเวณชั้น albedo มีการสะสมสารสีน้ำตาลในเนื้อเยื่อชั้นดังกล่าว และเซลล์ข้างเคียงที่ได้รับความเสียหาย

**คำขอบคุณ**

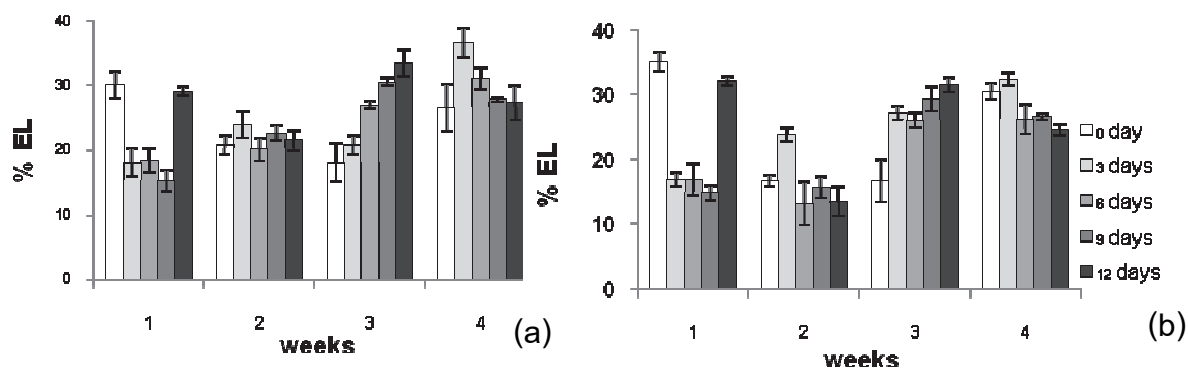
ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ สถานที่ในการทำวิจัย และสนับสนุนงบประมาณในการนำเสนอผลงานในครั้งนี้

**เอกสารอ้างอิง**

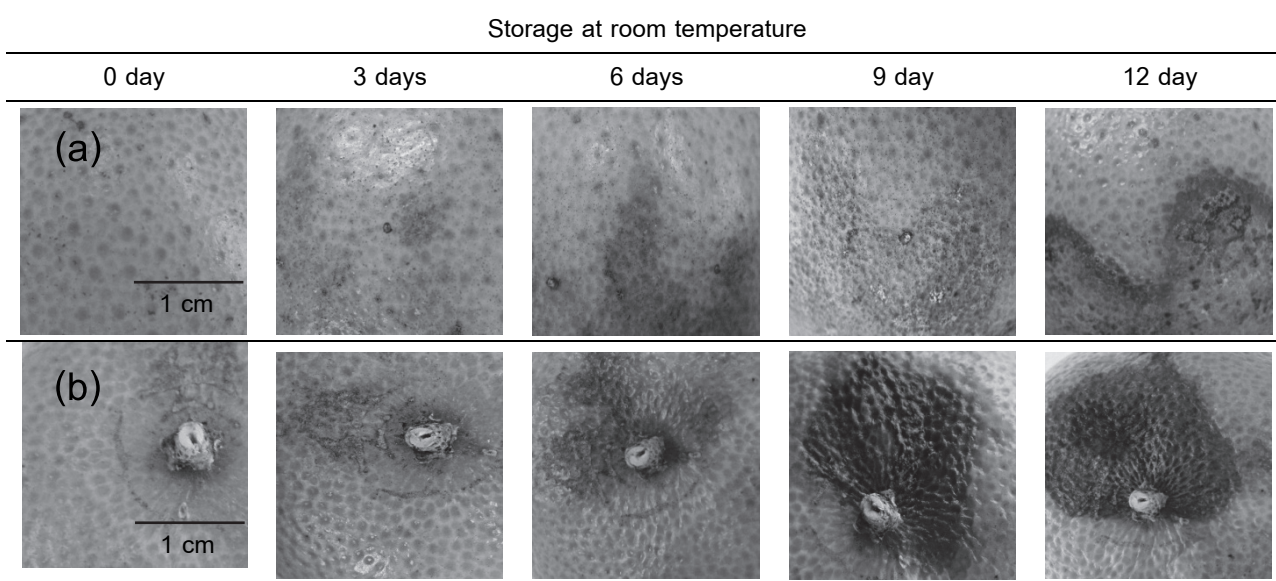
จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีวิตวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 323 หน้า.  
 ดนัย บุญเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 226 หน้า.  
 ดนัย บุญเกียรติ นิธิยา รัตนานนท์ และทองใหม่ แพทย์ไชโย. 2543. การเก็บเกี่ยวรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิต่ำ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.  
 เปรมปรีณ สงขลา. 2544. คู่มือการทำสวนส้มอย่างมืออาชีพ. สุสานการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ. 31 หน้า.  
 Agusti, M., V. Almela, M. Juan, F. Alferez, F.R. Tadeo and L. Zacarias. 2001. Histological and physiological characterization of rind breakdown of 'Navelate' sweet orange. Ann. Bot. 88: 415-422.  
 Lindhout, K., M.T. Treeby and R.W. Parish. 2005. Chill Out: Chilling-related injuries in navel oranges. Acta Hort (ISHS) 678: 77-84



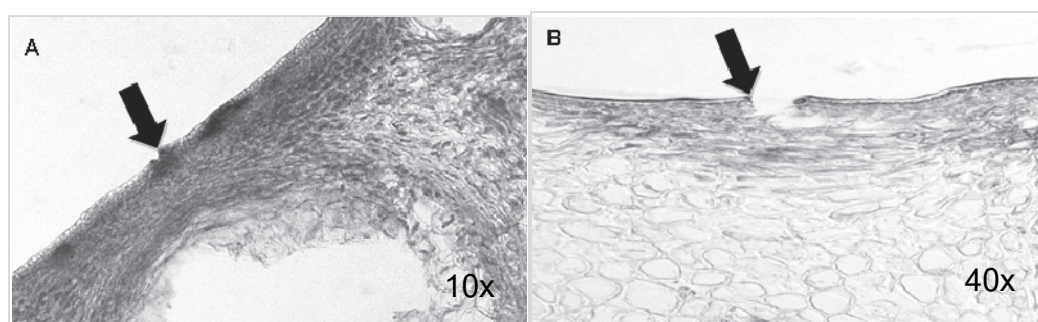
**Figure 1** Change in chilling injury index(CI) of Mandarin oranges cv. Sai Nam Peung after storage at 0°C(a) and 3°C(b) for 1-4 weeks and temperature to 25°C for up to 12 days.



**Figure 2** Changes in electrolyte leakage (%EL) of Sai Nam Peung orange peels after storage at 0°C (a) and 3°C (b) for 1-4 weeks and temperature to 25°C for up to 12 days.



**Figure 3** Visual appearance changes on the chilling injured Sai Nam Peung orange peels after storage 3 weeks at 0°C (a) and 3°C (b) and temperature to 25°C for up to 12 days.



**Figure 4** Anatomical structure of chilling injured peel after storage at 0°C for 3 weeks and kept at ambient temperature (25±1°C for 9 days (A), and 12 days (B), showing collapsed of parenchyma cells of the tissue flavedo.