การยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยสดด้วยกรดไฮโดรคลอริกทดแทนการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

Shelf Life Extension of Fresh Longan Fruit by Hydrochloric Acid for Replacing Sulfur Dioxide Gas Fumigation

วิทยา อภัย [1/] สุทธินี ลิขิตตระกูลรุ่ง [1/] มานพ หาญเทวี [1/]
Wittaya Apai [1/] Suttinee Likhittragulrung [1/] Manop Hantavee [1/]

ABSTRACT

Studies on the efficacy of hydrochloric acid (HCl) on prolonging storage life of fresh longan fruits as an alternative to sulfur dioxide (SO_2) fumigation were evaluated. Three experiments were conducted at the laboratory of Chiang Mai Office of Agricultural and Development Region 1 at Chiang Mai province during November, 2008 - January, 2009. The first experiment was to compare dipping longan fruit with panicle attached and washing longan fruit with tap water for 1 min prior dipping in 1.5 N HCl for 20 min and air dried comparing to SO_2 usage and untreated fruit. The experiment design was CRD with 4 replications. It was found that treatment with 1.5 N HCl as well as SO_2 inhibited pericarp browning for 20 day period at ambient temperature storage. The second experiment was to compare dipping longan fruit without panicle attached in HCl at concentration of 1.0 and 1.5 N with SO_2 and untreated fruit. The experiment design was CRD with 4 replications. The result revealed that treatment with 1.5 N HCl (pH 0.21) showed the optimum concentration to be used for bleaching fruit skin, decreasing pericarp pH and reducing fruit decay more than those treated with 1.0 N HCl (pH 0.39) during storage at 31 °C with 85% RH for 32 days. For the third experimental model was a 4 x 2 factorial in CRD design with 3 replications comprising 4 levels of treatments: dipping the fruits in 1.5 N HCl for 20 min drained and a subsequent with or without rinsing with tap water; SO_2; and untreated fruit. Treated fruits were kept in 2 levels of storage condition in foam tray

[1/] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50000

[1/] Chiang Mai Office of Agricultural and Development Region 1, Department of Agriculture, Mueang district, Chiang Mai province 50000

with or without wrapped with 11 m thick PVC film. The fruits were stored at 31 °C with 85% RH and a subsequent chilling injury (CI) test at ambient conditions for 24 hours prior to quality evaluation. The result indicated that the fruits without plastic wrapped significantly delayed fruit decay but increased weight loss in comparison with the wrapped fruits. The untreated fruits without plastic wrapped rapidly completed CI by 8 days whereas the untreated fruits without plastic wrapped were 30 days. The delay in CI for fruits treated with HCl and SO_2 was at least 60 days. The application of HCl and a subsequent rinse with tap water without plastic wrapped had the best treatment for replacing SO_2 usage to control CI, fruit decay and delay pulp quality loss during storage compared with the other treatments.

Key words: chilling injury, hydrochloric acid, longan, shelf life

บทคัดย่อ

การทดลองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยสดทดแทนการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลองย่อย โดยดำเนินการที่ สวพ.1 จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551 - เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 การทดลองที่ 1 ทำการเปรียบเทียบการจุ่มผลลำไยสดที่ตัดเป็นช่อและผ่านการล้างในน้ำไหล 1 นาที ใน HCl ที่ความเข้มข้น 1.5 N เป็นเวลา 20 นาที แล้วผึ่งให้แห้งกับการใช้ SO_2 และไม่ใช้สาร โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ พบว่าการใช้ HCl ช่วยยับยั้งการเปลี่ยนสีน้ำตาลไม่แตกต่างจากการใช้ SO_2 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน ส่วนการทดลองที่ 2 เปรียบเทียบการจุ่มผลลำไยสด ซึ่งตัดเป็นผลเดี่ยวใน HCl ที่ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 N กับ SO_2 และไม่จุ่มสารเคมีโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ พบว่าการใช้ HCl เข้มข้น 1.5 N (pH 0.21) เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับใช้ฟอกสีผิวเปลือก โดยไปลดความเป็นกรด/ด่างของเปลือกให้ต่ำลง และลดการเกิดโรคบนผลเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ HCl เข้มข้น 1.0 N (pH 0.39) ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 32 วันที่ 31 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85% สำหรับการทดลองที่ 3 เป็นการวางแผนการทดลองแบบ 4 x 2 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้ผลลำไยสดซึ่งตัดเป็นผลเดี่ยวนำมาจุ่มใน HCl ที่ความเข้มข้น 1.5 N เป็นเวลา 20 นาที แล้วผึ่งให้แห้งโดยล้างน้ำสะอาดและไม่ล้างน้ำ การใช้ SO_2 และไม่จุ่มสารเคมีเป็นปัจจัยที่ 1 และการเก็บรักษาในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC หนา 11 ไมครอน และไม่หุ้มพลาสติกเป็นปัจจัยที่ 2 เก็บรักษาไว้ที่ 31 °ซ.

ความชื้นสัมพัทธ์ 85% และนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชม.เพื่อให้อาการสะท้านหนาว (chilling injury, CI) เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ก่อนวัดผลทุกครั้ง พบว่าการเก็บรักษาในสภาพไม่หุ้มฟิล์มมีการเกิดโรคต่ำกว่าแต่มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าการหุ้มฟิล์ม ชุดควบคุม(ไม่ได้จุ่มสาร)ที่ไม่หุ้มฟิล์มเกิดอาการสะท้านหนาวทั้งผลเร็วที่สุดภายใน 8 วัน ขณะที่ชุดควบคุมที่หุ้มฟิล์มเกิดอาการสะท้านหนาวทั้งผลภายใน 30 วัน การใช้ HCl และ SO_2 ร่วมกับการหุ้มหรือไม่หุ้มฟิล์ม สามารถลดอาการสะท้านหนาวเป็นเวลาใกล้เคียงกันที่ 60 วัน การใช้ HCl ร่วมกับการหุ้มฟิล์มมีผลทำให้ผิวเปลือกมีสีคล้ำลงเร็วกว่าการไม่หุ้มฟิล์ม เนื่องจากเกิด chemical toxic มีผลทำให้คะแนนการยอมรับลักษณะภายนอกของเนื้อและกลิ่นมีค่าลดลง การใช้ HCl ร่วมกับการล้างผล และไม่หุ้มฟิล์มช่วยยับยั้งอาการสะท้านหนาว ได้ดีที่สุดเหมาะสำหรับใช้ทดแทน SO_2 ลดการเกิดโรคบนผล และช่วยลดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพเนื้อ ระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ

คำหลัก : อาการสะท้านหนาว กรดไฮโดรคลอริก ลำไย อายุการเก็บรักษา

คำนำ

ลำไยเป็นผลไม้ส่งออกทางเศรษฐกิจที่สำคัญมากลำดับต้นของประเทศไทยเช่นเดียวกับทุเรียน ลำไยเป็นผลไม้ประเภทบ่มไม่สุก (non-climacteric fruits) อยู่ในวงศ์เดียวกับลิ้นจี่ และเงาะ ตลาดส่งออกที่สำคัญที่สุดคือ ประเทศจีน ฮ่องกง มาเลเซีย สิงคโปร์ แคนาดาและอินโดนีเซีย (เพ็ญศรีและคณะ, 2544) ซึ่งการขนส่งไปบางประเทศใช้ระยะเวลานาน เช่น ประเทศจีนใช้เวลาขนส่งทางเรือนาน 10 วัน สหภาพยุโรป และแคนาดาใช้เวลานาน 30 วัน ทำให้เกิดปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญ ได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องภายใน 2-3 วัน เนื่องจากการสูญเสียน้ำในเปลือก หรือการเปลี่ยนสีน้ำตาลเนื่องจากอาการสะท้านหนาว(chilling injury, CI) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ. ภายใน 5-7 วัน การเปลี่ยนสีน้ำตาลเกิดจากการรวมตัวกันระหว่างเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) กับสารตั้งต้นคือ phenolic compounds ในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนระหว่างการทำปฏิกิริยาจนกลายเป็นสารสีน้ำตาลในที่สุด การเน่าเสียจะเกิดขึ้นตามมาทำให้มีผลต่อการส่งออก (Jiang *et al.*, 2002) ซึ่งการรมด้วยก๊าซ SO_2 ช่วยแก้ปัญหานี้ได้ (Tongdee, 1994) แต่บางประเทศมีกฎห้ามใช้ SO_2 ดังนั้นการให้ได้มาซึ่งสารทดแทนจึงเป็นสิ่งจำเป็น HCl เป็นกรดเกลือที่มีความปลอดภัยและพบอยู่ในกระเพาะอาหารของมนุษย์ จึงเป็นสารหนึ่งที่น่าสนใจจัดเป็น GRAS (generally recognized as safe) ชนิดหนึ่ง (สุกิจ, 2548; Anon., 2009) และเป็นสารที่ยอมรับกันในปัจจุบัน หลายประเทศอนุญาตให้ใช้ HCl ในเชิงการค้ากับผลลิ้นจี่ เช่น ประเทศไทย จีน อิสราเอล อินเดีย อัฟริกาใต้และมอริเชียส โดย

ใช้จุ่มผลลิ้นจี่ภายหลังการรมด้วยก๊าซ SO_2 เพื่อลด pH เปลือกให้ต่ำลงและให้รงควัตถุสีแดง (anthocyanin) ของเปลือกกลับคืนมาได้เร็วขึ้นและสม่ำเสมอ (Qiubo *et al.*, 1997; Ramma, 2003) HCl ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.5 - 1.5 N ในประเทศไทยมีรายงานว่าการรมด้วยก๊าซ SO_2 ความเข้มข้น 2 % นาน 25 นาที แล้วนำไปแช่ในสารละลาย HCl ความเข้มข้น 1.0 N นาน 15 นาที ก่อนที่จะนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่ไว้ได้นานถึง 7 สัปดาห์ (นิรนาม, 2008) การจุ่มผลลิ้นจี่ใน 4% HCl เป็นเวลา 4 นาที ภายหลังการขัดผิวด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 °ซ เป็นเวลา 1 นาที สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาสีผิวของลิ้นจี่พันธุ์ค่อมได้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (สดศรี, 2547) การฟอกสีเปลือกลำไยด้วย 5% HCl (pH 0.3 – 0.4) เป็นเวลา 20 นาที เป็นระดับความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมช่วยยืดอายุและป้องกันการเกิดสะท้านหนาวได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการรมด้วยก๊าซ SO_2 ได้ 40-60 วัน (Drinnan, 2004) ดังนั้นการใช้ HCl จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและเป็นไปได้สำหรับใช้ทดแทน SO_2 และยังไม่เคยมีการทดลองในผลลำไยในประเทศไทย มีแต่กับลิ้นจี่ซึ่งเป็นผลไม้วงศ์เดียวกัน คาดว่าสามารถใช้แทนกันได้

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลลำไยจากสวนเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP (good agricultural practice) ในจ.เชียงใหม่หรือลำพูนที่สุกแก่พอดี คัดเลือกเฉพาะผลเกรดเอที่มีขนาดใกล้เคียงกันไม่มีตำหนิจากรอยช้ำ โรคและแมลงรบกวนทำการทดลองในลักษณะเป็นช่อ และตัดขั้วผลยาวไม่เกิน 5 ซม. นำมาทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (สวพ.1) จ.เชียงใหม่ อ.สันทราย จ. เชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551 – มกราคม พ.ศ. 2552 โดยแบ่งการดำเนินงานเป็น 3 การทดลองย่อยมีดังนี้ คือ

การทดลองที่ 1 การทดลองวางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 4 ซ้ำ 3 กรรมวิธี คือ การใช้ HCl SO_2 และชุดควบคุม (ไม่จุ่มสารเคมี) ทุกกรรมวิธีนำผลลำไยสดที่ตัดเป็นช่อล้างทำความสะอาดด้วยน้ำไหลเป็นเวลา 1 นาที ผึ่งให้แห้งแล้วจุ่มใน HCl ทำความเข้มข้น 1.5 N (pH 0.21) เป็นเวลา 20 นาที นำขึ้นผึ่งให้แห้งและนำมามัดเป็นช่อๆ ละ 500 ก. บรรจุลงตะกร้าพลาสติกขนาด 10 กก. สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±2 °ซ.) เป็นเวลา 20 วัน จึงทำการบันทึกผล เปรียบเทียบกับการใช้ SO_2 ด้วยการเผาผงกำมะถันน้ำหนัก 1 ก./ลำไยสด 1 กก. รมเป็นเวลา 30 นาที และชุดควบคุม (ไม่จุ่มสาร) ที่เก็บรักษาในสภาวะเดียวกัน

การทดลองที่ 2 การทดลองวางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 4 ซ้ำ 4 กรรมวิธีคือ การใช้ HCl ที่ความเข้มข้น 1.0 N และ 1.5 N SO_2 และชุดควบคุม (ไม่จุ่มสารเคมี) ทุกกรรมวิธีนำผลลำไยสดที่ตัดเป็นผลเดี่ยวมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำไหลเป็นเวลา 1 นาที ผึ่งให้แห้งแล้วจุ่มใน HCl ทำความเข้มข้น 1.0 N

(pH 0.39) และ 1.5 N (pH 0.21) เป็นเวลา 20 นาที นำขึ้นผึ่งให้แห้งและนำบรรจุลงตะกร้าพลาสติกขนาด 3 กก. ที่แบ่งเป็น 2 ช่องๆ ละ 20-30 ผล (ซ้ำ) นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 31 °ซ. (85% RH.) นาน 32 วัน จึงทำการบันทึกผลเปรียบเทียบกับการใช้ SO_2 และชุดควบคุมที่เก็บรักษาในสภาวะเดียวกัน

การทดลองที่ 3 วางแผนการทดลองแบบ 4 x 2 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ 8 กรรมวิธี โดยใช้ผลลำไยสดซึ่งตัดเป็นผลเดี่ยวนำมาจุ่มใน HCl ที่ความเข้มข้น 1.5 N เป็นเวลา 20 นาที แล้วผึ่งให้แห้งโดยล้างน้ำสะอาดและไม่ล้างน้ำ การใช้ SO_2 และไม่จุ่มสารเคมีเป็นปัจจัยที่ 1 และการเก็บรักษาในถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC หนา 11 ไมครอน และไม่หุ้มพลาสติกเป็นปัจจัยที่ 2 ทุกกรรมวิธีนำผลลำไยสดที่ตัดเป็นผลเดี่ยวมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำไหลเป็นเวลา 1 นาที ผึ่งให้แห้งแล้วจุ่มใน HCl ที่ความเข้มข้น 1.5 N เะป็นเวลา 20 นาที แล้วผึ่งให้แห้งโดยล้างน้ำสะอาดและไม่ล้างน้ำ นำขึ้นผึ่งให้แห้งและนำบรรจุลงถาดโฟมจำนวน 10 ผล/ถาดโฟมที่หุ้มด้วยพลาสติก และไม่หุ้มพลาสติก นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 31 °ซ. (85% RH) บันทึกผลคุณภาพทุก 0 8 30 และ 60 วัน โดยนำลำไยมาวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชม. เพื่อให้อาการสะท้านหนาวเกิดสมบูรณ์ก่อนวัดผลทุกครั้ง จึงทำการบันทึกผล เปรียบเทียบกับการใช้ SO_2 และชุดควบคุมที่เก็บรักษาในสภาวะเดียวกัน

การบันทึกข้อมูล

1. การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยสด

การประเมินการเปลี่ยนสีน้ำตาลแบบให้คะแนน (browning index) บนผล 5 ระดับตามวิธีของ Jiang และ Li (2001) คือ

1 = ผลไม่เกิดสีน้ำตาล

2 = เกิดสีน้ำตาลเล็กน้อย หรือเป็นจุดเล็กๆ

3 = เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า 25% ของพื้นที่ผิวผล

4 = เกิดสีน้ำตาลระหว่าง 25-50% ของพื้นที่ผิวผลและ

5 = เกิดสีน้ำตาลบนพื้นที่ผลมากกว่า 50%

ผลลำไยที่มีระดับคะแนนของการเกิดสีน้ำตาลที่พื้นที่ ผิวเปลือกสูงกว่า 3.0 เป็นคะแนนที่ไม่ยอมรับด้านสีผิว และตรวจวัดสีผิวเปลือกด้านนอกและในด้วยเครื่องวัดสี (colour quest XE, Germany) โดยให้รูวัดแสงแนบสนิทกับผิวผลลำไยบริเวณกลางผลมากที่สุดโดยวัด 2 ด้าน บริเวณใจกลางผลทั้งเปลือกด้านนอกและด้านในและรายงานผลเป็นค่าความสว่าง (L*), Chroma ($C^* = [a^{*2}+b^{*2}]$) และ hue angle [$h^\circ = \tan^{-1} b^*/a^*$] ในระบบ CIE (commission Internationalae de l' Eclairage) (Guire, 1992) ค่า L* ที่มีค่าเท่ากับศูนย์ หมายถึงวัตถุมีสีดำ หากค่า L* มีค่าเท่ากับ 100 วัตถุมีสีขาว ค่า a* เมื่อมีค่าเป็นบวก หมายถึงวัตถุมีสีแดง หากมีค่าเป็นลบหมายถึงวัตถุมีสีเขียว ค่า b* เมื่อมีค่า

เป็นบวก หมายถึงวัตถุมีสีเหลือง หากมีค่าเป็นลบ หมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงิน ค่า C* ที่มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีเทา หากมีค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึงวัตถุมีสีเข้ม และค่า h ° หากมีค่าเข้าใกล้มุม 90° สีของวัตถุเข้าใกล้สีเหลือง (+b) หากมีค่าเข้าใกล้ 180° สีของวัตถุอยู่ในกลุ่มสีเขียว (-a)

2. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดโรคบนผล และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของเปลือก

การสูญเสียน้ำหนักคำนวณจากน้ำหนักแรกก่อนการเก็บรักษาของลำไย ที่ชั่งทั้งภาชนะบรรจุน้ำหนักลำไยที่หายไประหว่างการเก็บรักษาแล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียไป ทำการวัดร่องรอยความเสียหายที่เกิดจากจุลินทรีย์บนผลลำไย โดยการประเมินด้วยตาเปล่า และใช้แว่นขยายดูบริเวณขั้วผลและเปลือก พิจารณาการปรากฏของเส้นใยของเชื้อราหรืออาการผลเน่า แล้วประเมินเปอร์เซ็นต์ของจำนวนผลที่เกิดโรคต่อจำนวนผลทั้งหมด และนำส่วนเปลือกลำไยมาวัดการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอชโดยนำเปลือกที่บดละเอียดน้ำหนัก 3 ก. นำมาปั่นผสมในน้ำกลั่นปราศจากอิออน (deionized water) ปริมาตร 30 มล. นำไปวัดด้วย pH meter (Consort C831, Belgium) ในขณะสภาพที่กำลังหมุนด้วย magnetic stirrer (Joas *et al.*, 2005)

3. การยอมรับของผู้บริโภค

ประเมินการยอมรับของผู้บริโภคทั้งสีผิวเปลือกด้านนอกและในด้วย Hedonic scaling 5 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ไม่ชอบมาก ๆ ระดับที่ 3 ชอบปานกลาง และระดับที่ 5 ชอบมากที่สุด คุณภาพเนื้อทำการประเมินลักษณะสีเนื้อ กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม Hedonic scaling 9 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ไม่ชอบมากที่สุด ระดับที่ 5 ชอบปานกลาง และระดับที่ 9 ชอบมากที่สุด (Lawless and Heymann, 1998) ด้วยผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์มาแล้วไม่ต่ำกว่า 2 ปีจำนวน 5 คน

4. อายุการเก็บรักษา

พิจารณาจากการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลเมื่อคะแนนสีน้ำตาลมากกว่า 3.0 (Jiang and Li, 2001) คะแนนการยอมรับของเนื้อได้แก่ ลักษณะภายนอก กลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวมอย่างใดอย่างหนึ่งน้อยกว่า 5 คะแนน (Lawless and Heymann, 1998) และมีการเกิดโรคขึ้นระหว่างการเก็บรักษามากกว่า 25% เท่ากับว่าหมดอายุการเก็บรักษา

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การประเมินประสิทธิภาพของ HCl ต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

การจุ่มผลลำไยใน HCl ความเข้มข้น 1.5 N นาน 20 นาที และการรมผลลำไยสดด้วยก๊าซ SO_2 มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างกันมีค่า 2.69 และ 2.59 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาอุณหภูมิห้อง (25±2 °ช.) เป็นเวลา 20 วัน โดยคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลด้านนอกต่ำกว่า 3.0 ซึ่งแสดงว่าผลเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า 25% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่จุ่ม

Table 1. Efficacy of HCl as a bleaching agent on pericarp browning, weight loss and disease incidence of fresh longan fruits after day 20th and stored at 25±2°C

Treatment	Browning index[2/]	Weight loss (%)	Disease incidence (%)
SO_2	2.56 ± 0.68 b	24.47 ± 3.57	33.75 ± 12.23 b
Untreated fruit	5.00 ± 0.00 a	31.63 ± 3.38	100.00 ± 0.00 a
1.5 N HCl for 20 min	2.69 ± 0.42 b	25.10 ± 9.92	38.24 ± 13.38 b

Means in the same column followed by a common letter are not significant different at the 5 % level by LSD.

Browning index: 1 = no browning (excellent quality), 2 = slight browning, 3 =< 25% browning, 4 = 25-50% browning and 5 = > 50% browning (poor quality)

สารเคมี) ซึ่งมีสีน้ำตาลคล้ำทั้งผล ในขณะที่ทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ กลไกในการยับยั้งการเปลี่ยนสีน้ำตาลของ HCl เกิดจากสารมีฤทธิ์เป็นกรดแก่ จึงมีความสามารถในการฟอกสีผิวผลลำไยได้ดี ได้ใกล้เคียงกับผลลำไยที่ใช้ SO_2 กับผลลำไยสด (Drinnan, 2004) และนอกจากนั้นทั้งสองกรรมวิธีคือ HCl และ SO_2 ยังมีการเกิดโรคไม่แตกต่างกันมีค่า 33.75 และ 38.24% ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 100% และมีเส้นใยเชื้อราปกคลุมผลและเนื้อผลเน่าเละเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลาย (Table 1)

2. การหาระดับความเข้มข้นของ HCl ที่เพียงพอต่อการฟอกสีผิว และยับยั้งการเกิดโรคบนผล

การใช้ HCl ที่ระดับความเข้มข้น 1.5 N (pH 0.21) มีประสิทธิภาพในการฟอกสีผิวสูงกว่าการใช้ HCl ความเข้มข้น 1.0 N (pH 0.39) เมื่อพิจารณาจากคะแนนการเกิดสีน้ำตาลมีค่าต่ำ 1.61 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 31 °ซ. เป็นเวลา 32 วัน มีประสิทธิภาพรองจากการใช้ SO_2 ที่มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาล 1.15 ซึ่งสอดคล้องกับการวัดสีผิวด้วยเครื่องวัดสีพบว่าการใช้ HCl ความเข้มข้น 1.5 N ยังมีค่าความสว่าง (L*), ค่า C* และ h° ที่มีค่าสูงรองจากการใช้ SO_2 ในขณะที่ลำไยไม่จุ่มสาร (ชุดควบคุม) เกิดอาการสะท้านหนาวอย่างสมบูรณ์ทั้งผล โดยเปลือกมีสีน้ำตาลคล้ำมีคะแนนการเกิดสีน้ำตา 5.0 (Table 2)

การลดลงของ pH เปลือก (pericarp pH) มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกับการเปลี่ยนสีน้ำตาล ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่าการใช้ HCl ที่ระดับความเข้มข้น 1.5 N เป็นเวลา 20 นาที สามารถลดค่า pH เปลือก ให้มีค่าต่ำลง 3.32 ในขณะที่ SO_2 มีค่า 4.43 เมื่อเปรียบเทียบกับผลลำไยไม่จุ่มสารมีค่า 5.50 การลดลงของ pH เปลือก มีผลโดยตรงต่อเอนไซม์สีน้ำตาล (PPO) และ Tipton และ Dixon (1983); Martinez และ Whitaker (1995) พบว่า pH ที่เป็นกรด

Table 2. Efficacy of HCl as a bleaching agent on pericarp (thickness 0.65 mm) browning parameters of fresh longan fruits after day 32nd stored at 31 °C, 85% RH and a subsequent chilling injury test at room temperature for 24 hours

Treatment	pH	Pericarp pH	Browning index	Weight loss (%)	Disease Incidence (%)	Pericarp colours		
						L*	C*	h°
SO_2	-	4.43[1/] a	1.15 d	13.6	0.0 b	61.66 a	27.80 a	73.83 a
Control	-	5.50 b	5.00 a	12.9	100.0 a	53.30 c	16.88 c	62.72 c
1.0 N HCl	0.39	3.67 c	2.95 b	12.9	0.0 b	58.92 c	24.52 b	65.49 c
1.5 N HCl	0.21	3.32 d	1.61 c	13.8	0.0 b	60.03 b	26.08 ab	67.32 b

Means in the same column followed by a common letter are not significant different at the 5 % level by LSD.

Browning index: 1 = no browning (excellent quality), 2 = slight browning, 3 = < 25% browning, 4 = 25-50% browning and 5 = > 50% browning (poor quality)

pH = solution pH, L* = lightness, C* = chroma, h° = hue angle

มากๆ เอนไซม์ PPO จะเสียสภาพการทำงาน (denature) และ cofactor พวกโลหะ Cu^{2+} ที่อยู่บริเวณ active site ของ PPO จะถูกจับด้วยกรดไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ ส่วนกลไกของ SO_2 ในการยับยั้งการเปลี่ยนสีน้ำตาลเกิดจากความสามารถในการฟอกสีเปลือกโดยเข้าไปทำปฏิกิริยายับยั้งเอนไซม์ PPO ในเซลล์เปลือกได้โดยตรง ลด pH เปลือก และด้วยคุณสมบัติที่เป็น reducing agent (Wu *et al.*, 1999) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคบนผลพบว่าการใช้ HCl ทั้งสองระดับความเข้มข้น และ SO_2 เมื่อประเมินด้วยสายตา ในขณะที่ชุดควบคุมเกิดโรค 100% (Table 2)

3. การควบคุมอาการสะท้านหนาว และการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสดด้วย HCl

กรรมวิธีที่ใช้เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการยับยั้งการเกิดอาการสะท้านหนาวมากที่สุด ผลลำไยที่ใช้ HCl และ SO_2 ไปลดการเกิดอาการหนาวสะท้านของเปลือกได้อย่างเด่นชัดได้เป็นเวลา 60 วัน (Table 3) การใช้ HCl ร่วมกับการหุ้มฟิล์มเกิดอาการผิดปกติบนผิวเปลือกเป็นรอยแผลสีน้ำตาลสูงกว่าการใช้ HCl ที่ไม่หุ้มฟิล์ม ซึ่งอธิบายได้ว่าเกิดจาก chemical toxic จาก HCl เนื่องจากการหุ้มฟิล์มไปเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุให้สูงขึ้น (สังเกตการณ์เกิดหยดน้ำใต้ฟิล์ม) ทำให้ H_3O^{3+} ที่เปลือกกลับมาเปียกชื้น ทำให้เปลือกด้านนอกและในรวมทั้งเนื้อมีสีน้ำตาลแดงจึงมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่า การทดลองของสนองและคณะ (2550) กับวิทยาและคณะ (2550) พบว่าผลลำไยภายหลังการจุ่มในสารเคมีพวกกรดและเกลือ และหุ้ม

Table 3. Effects of HCl treatments and plastic wrapped on browning index of longan fruit during storage at 31 °C (85% RH) at 8, 30 and 60 days and a subsequent chilling injury test at room temperature for 24 hours

Combined treatments		Days storaged		
		8	30	60
A				
	SO_2 treated	1.07 d	1.17 d	1.20 b
	Untreated fruit	3.60 a	4.97 a	-
	1.5 N HCl+rinse	1.60 c	1.85 c	1.86 a
	1.5 N HCl+no rinse	2.16 b	2.46 b	2.24 a
B				
	With PVC film wrapped	1.73 b	2.74 a	2.13 a
	Without PVC film wrapped	2.48 a	2.48 a	1.38 b
Interaction	A	*	*	*
Effect	B	*	NS	*
AxB		*	NS	NS

Means in the same column of A and B treatment followed by a common letters are not significantly different at 5% level by LSD.

NS = non significant

* = significant

Table 4. Interactive effect of HCl treatments and plastic wrapped on browning index of longan fruit during storage at 31 °C (85% RH) for 0, 8, 30 and 60 days and a subsequent chilling injury test at room temperature for 24 hours.

Treatment	Film wrapped	Days storaged							
		0	8		30		60		
SO_2	PVC	1	1.07	e	1.20	d	1.20	b	
Untreated fruit	PVC	1	2.20	bc	4.93	a	-		
1.5 N HCl + rinse	PVC	1	1.70	cd	2.20	bc	2.35	a	
1.5 N HCl + no rinse	PVC	1	1.97	bcd	2.64	b	2.85	a	
SO_2	No	1	1.07	e	1.13	d	1.20	b	
Untreated fruit	No	1	5.00	a	5.00	a	-		
1.5 N HCl + rinse	No	1	1.50	de	1.51	cd	1.37	b	
1.5 N HCl + no rinse	No	1	2.36	b	2.28	bc	1.63	b	

Means in the same column followed by a common letter are not significant different at the 5% level by LSD.

ฟิล์มพลาสติกทำให้ผลเปียกชื้นขึ้น ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลงกว่าผลลำไยที่ไม่จุ่มสาร ดังนั้นการใช้ฟิล์มเป็นปัจจัยสำคัญมีผลทำให้เปลือกที่จุ่มสารมีสีคล้ำลงภายหลังผ่านไป 60 วัน และพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างกรรมวิธีการใช้และการหุ้มฟิล์มต่อการเกิดสีน้ำตาลภายหลังเก็บ

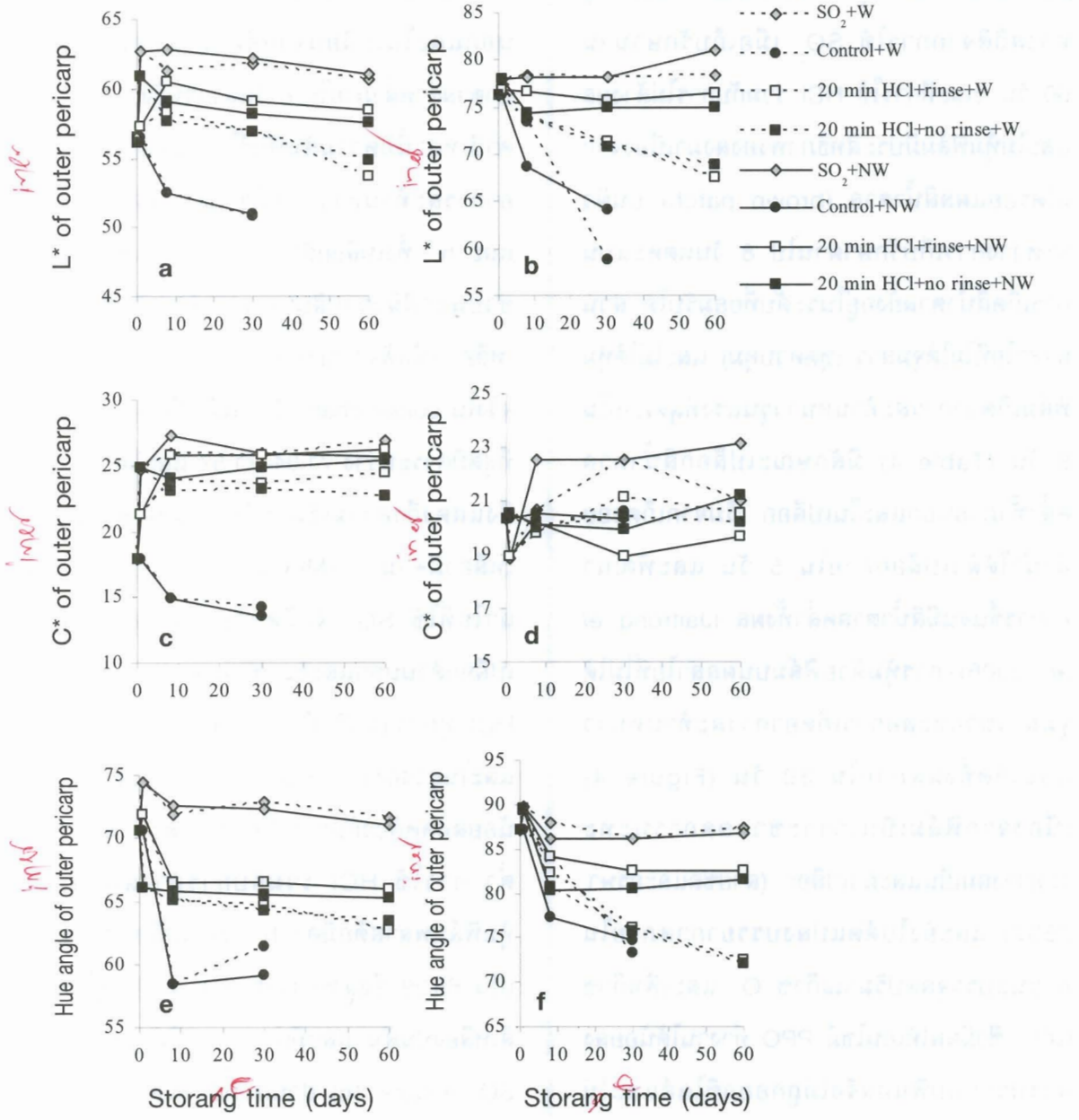

Figure 1. Effects of 1.5 N HCl solution and plastic wrapped on L* of outer and inner (a-b), C* of outer and inner (c-d) and h of outer and inner peel (e-f) during storage at 31 °C (85% RH) and a subsequent chilling injury test at room temperature for 24 hours.
SO_2 = sulfur dioxide, control = untreated fruits, W = with PVC films wrapped and NW = without PVC film wrapped
L* = lightness, C* = chroma and h° = hue angle

รักษานาน 30 และ 60 วัน (Table 3) เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีพบว่าการใช้ HCl ร่วมกับการล้างผล และไม่หุ้มฟิล์มช่วยลดอาการสะท้านหนาว ได้ดีที่สุดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้ SO_2 เมื่อเก็บรักษานาน 60 วัน ขณะที่การใช้ HCl ร่วมกับการไม่ล้างผลและไม่หุ้มฟิล์มมีประสิทธิภาพรองลงมาเนื่องจากเกิดรอยแผลสีน้ำตาล (brown patch) บนผิวระหว่างการเก็บรักษาผ่านไป 8 วันแต่คะแนนการเกิดสีน้ำตาลยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ส่วนผลลำไยที่ไม่ได้จุ่มสาร (ชุดควบคุม) และไม่ได้หุ้มฟิล์มเกิดอาการสะท้านหนาวรุนแรงที่สุดภายใน 8 วัน (Table 4) มีลักษณะเปลือกสีน้ำตาลคล้ำทั้งภายนอกและในเปลือก เริ่มจากเกิดรอยฉ่ำน้ำใต้ผิวเปลือกภายใน 5 วัน และพัฒนาอาการขึ้นจนมีสีน้ำตาลคล้ำทั้งผล (Jaitrong *et al.*, 2006) การหุ้มด้วยฟิล์มบนผลลำไยที่ไม่ได้จุ่มสารช่วยชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวและเกิดทั้งผลภายใน 30 วัน (Figure 4) เนื่องจากฟิล์มเป็นเกราะช่วยลดการปะทะระหว่างลมเย็นและผิวเปลือก (สายชลและอรษา, 2537) และยังไปดัดแปลงบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุลดปริมาณก๊าซ O_2 และเพิ่มก๊าซ CO_2 ซึ่งมีผลให้เอนไซม์ PPO ทำงานได้น้อยลง สารประกอบฟีนอลจึงไม่ถูกออกซิไดส์และไม่เปลี่ยนเป็นสารสีน้ำตาลได้ง่าย (Paul and Rohrbach, 1985) และช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในภาชนะจึงมีผลช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก (Kader, 1994) แต่ไม่สามารถช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ การเปลี่ยนแปลงของค่าสีทั้งเปลือกด้านนอกและใน (Figure 1) พบว่าค่า L*, C* และ h° ของลำไยชุดควบคุม (ไม่จุ่มสารเคมี) ทั้งหุ้มและไม่หุ้มฟิล์มพลาสติกระหว่างเก็บรักษามีค่าลดลง (Figure 1) คือสีเปลือกทั้งด้านนอกและในเปลี่ยนจากสีน้ำตาลปกติไปเป็นสีน้ำตาลดำคล้ำภายใน 8 วันแรกจนถึง 30 วัน ซึ่งค่าสีเหล่านี้มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับการเกิดอาการสะท้านหาว การใช้ SO_2 มีค่า L*, C* และ h° ทั้งเปลือกด้านนอกและในสูงที่สุด SO_2 ช่วยฟอกสีผิวจากสีน้ำตาลปกติไปเป็นสีน้ำตาลเหลือง เมื่อพิจารณาจากค่า h° ซึ่งมุมของสีที่แท้จริงใน colour chart เข้าใกล้สีเหลืองมาก (90°ช) ที่สุดมีค่าระหว่าง 71.04–71.57 และมีค่า C* สูง ซึ่งแสดงถึงความเข้ม หรือความบริสุทธิ์ของสีเหลืองมีค่ามาก (McGuire, 1992) ดังนั้นผลลำไยที่ใช้ SO_2 จึงมีความเหลืองสูงที่สุดทั้งเปลือกด้านนอกและใน (Figure 1) ส่วนการใช้ HCl ทุกกรรมวิธี มีค่า L* ทั้งเปลือกด้านนอกและในสูงรองจาก SO_2 และมีการเปลี่ยนแปลงน้อยสอดคล้องกับการเกิดอาการสะท้านหนาวที่ต่ำ การใช้ HCl ร่วมกับการล้างผลและไม่หุ้มฟิล์มพลาสติกมีค่า h° ของเปลือกด้านนอกเป็น 65.29 ซึ่งสูงรองจาก SO_2 ที่มีค่าอยู่ในช่วงสีเหลืองปนส้ม และมีค่า C* สูงไม่แตกต่างจาก SO_2 (Figure 1c) ส่วนการใช้ HCl ร่วมกับการไม่ล้างผล และไม่หุ้มฟิล์มและการใช้ HCl ร่วมกับการล้างและไม่ล้างผลที่หุ้มฟิล์ม มีประสิทธิภาพรองลงมา ตามลำดับ

ผลลำไยที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC ทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดอย่างมี

Table 5. Effects of HCl treatments and plastic wrapped on weight loss (a) and disease incidence (b) of longan fruit during storage at 31 °C (85% RH.) for 8, 30 and 60 days and a subsequent chilling injury test at room temperature for 24 hours

Combined treatments		Weight loss (%) at days of			Disease incidence (%) at days of		
		8	30	60	8	30	60
A							
	SO_2 treated	4.67 a	9.74 a	14.52 a	0.00 b	0.00 c	0.00 b
	Untreated fruit	4.78 a	11.64 a	-	50.00 a	100.00 a	-
	1.5 N HCl + rinse	4.59 a	10.55 a	14.21 a	0.00 b	6.67 b	46.67 a
	1.5 N HCl + no rinse	4.72 a	9.91 a	14.57 a	0.00 b	6.67 b	41.67 a
B							
	With PVC film wrapped	1.30 b	2.12 b	3.13 b	20.83 a	31.67 a	57.78 a
	Without PVC film wrapped	8.07 a	18.80 a	25.74 a	5.00 b	25.00 b	1.11 b
Interaction	A	NS	NS	NS	*	*	*
Effect	B	*	*	*	*	*	*
AxB		*	NS	NS	*	*	*

Means in the same column of A and B treatments followed by a common letters are not significantly different at 5% level by LSD.

NS = non significant

* = significant

Table 6. Interactive effect of HCl treatments and plastic wrapped on weight loss (a) and disease incidence (b) of longan fruits during storage at 31 °C (85% RH.) for 8, 30 and 60 days and a subsequent chilling injury test at room temperature for 24 hours

Treatment	Film wrapped	Weight loss (%)			Disease incidence (%)		
		8	30	60	8	30	60
SO_2	PVC	1.00 d	1.24 b	2.70 b	0.00 c	0.00 c	0.00 b
Untreated fruit	PVC	1.31 cd	3.22 b	-	80.00 a	100.00 a	-
1.5 N HCl+rinse	PVC	1.43 c	1.98 b	3.27 b	3.33 c	13.33 b	90.00 a
1.5 N HCl+no rinse	PVC	1.48 c	2.05 b	3.41 b	0.00 c	13.33 b	83.33 a
SO_2	No	8.33 a	18.24 a	26.35 a	0.00 c	0.00 c	0.00 b
Untreated fruit	No	8.26 a	21.06 a	-	20.00 b	100.00 a	-
1.5 N HCl+rinse	No	7.74 b	19.12 a	25.15 a	0.00 c	0.00 c	3.33 b
1.5 N HCl+no rinse	No	7.95 ab	17.77 a	25.73 a	0.00 c	0.00 c	0.00 b

Means in the same column followed by a common letters are not significantly different at the 5% level by LSD.

นัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรรมวิธีที่ไม่หุ้มฟิล์มพลาสติกที่มีค่าการสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว การหุ้มฟิล์มพลาสติกช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในภาชนะบรรจุ และลดการคายน้ำ จึงมีผลไปลดการสูญเสียน้ำหนัก (Kader, 1994) ทำให้ลำไยสดได้นานกว่าเก็บในสภาพปกติ แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยของกรรมวิธีการใช้กับการหุ้มฟิล์มต่อการสูญเสียน้ำหนัก ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 30 และ 60 วัน (Table 5) ดังนั้นการใช้เพียงกรด HCl อย่างเดียวมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะช่วยควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาว ได้ถึงแม้จะมีการสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้น (Table 6) ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยอื่นที่รายงานว่าการสูญเสียน้ำเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาล (Jiang *et al.*, 2002) ในขณะที่การฟอกสีเปลือกด้วย SO_2 สีผิวเปลือกยังคงเหลืองอยู่ ถึงแม้ผลลำไยมีการสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้นเมื่อไม่หุ้มฟิล์มก็ตาม ผลลำไยที่หุ้มฟิล์มมีการเกิดโรคสูงกว่าผลลำไยที่ไม่หุ้มฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) ผลลำไยที่ไม่จุ่มสารเคมี (ชุดควบคุม) เกิดโรคสูงที่สุด การใช้ SO_2 สามารถลดการเกิดโรคได้ดีทั้งสองสภาพทั้งหุ้มและไม่หุ้มฟิล์มเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 31 °ช. ในขณะที่การใช้ HCl ร่วมกับการล้างผลและไม่ล้างผล เมื่อเก็บรักษาในสภาพไม่หุ้มฟิล์ม พบการเกิดโรค 3.33 และ 0% ตามลำดับ ระหว่างการเก็บรักษานาน 60 วัน ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ SO_2 ในขณะที่การใช้ HCl ร่วมกับการล้างและไม่ล้างผล เมื่อเก็บรักษาในสภาพหุ้มฟิล์ม พบการเกิดโรคสูงขึ้น 90 และ 83.33% เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 60 วัน ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่า HCl ยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคต่ำกว่าการใช้ SO_2 (Table 6)

การยอมรับของผู้บริโภคด้านสีผิวเปลือกด้านนอกและใน เป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถช่วยตัดสินการนำไปใช้ประโยชน์ได้ในเชิงพาณิชย์ และควรนำมาใช้พิจารณาร่วมกับคุณภาพเนื้อด้วย การยอมรับของผู้บริโภคในทุกด้านมีค่าลดลงภายหลังการเก็บรักษานาน 60 วัน การใช้ SO_2 มีคะแนนการยอมรับด้านสีผิวทั้งเปลือกด้านนอกและในสูงที่สุดเมื่อเก็บรักษาทั้งสองแบบตลอดอายุการเก็บรักษามีค่ามากกว่า 4.00 (Figure 2a and 2b) รองลงมาคือ การใช้ HCl ที่เก็บรักษาในสภาพไม่หุ้มฟิล์มได้แก่ การใช้ HCl ร่วมกับการล้างและไม่ล้างผล มีคะแนนการยอมรับสีเปลือกด้านนอก 3.6 และ 3.4 ตามลำดับ และด้านใน 3.17 และ 3.13 ตามลำดับ ส่วนการใช้ HCl ร่วมกับการหุ้มฟิล์ม มีผลทำให้คะแนนการยอมรับสีเปลือกด้านนอกและใน ลดลงอย่างชัดเจนซึ่งมีค่าต่ำกว่า 3.0 ภายหลังการเก็บรักษาผ่านไป 30 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมมีคะแนนการยอมรับสีผิวเปลือกต่ำที่สุดเมื่อเก็บรักษาผ่านไปเพียง 8 วันแรก

การยอมรับคุณภาพของผู้บริโภคด้านคุณภาพเนื้อ (Figure 2c - 2f) พบว่าภายหลังการเก็บรักษาครบ 60 วัน การใช้ HCl ร่วมกับการล้างผลและไม่หุ้มฟิล์ม มีคะแนนการยอมรับสูงกว่าทุกกรรมวิธีในคุณภาพทุกด้านได้แก่ ลักษณะภายนอก กลิ่น รสชาติและการยอมรับ

โดยรวมมีคะแนนสูงกว่า 5.0 ส่วนการใช้ HCl ที่ไม่ล้างผล และไม่หุ้มฟิล์มมีคะแนนการยอมรับคุณภาพด้านเนื้อลดลงต่ำกว่า 5.0 เมื่อผ่านไป 30 วันโดยเฉพาะลักษณะภายนอกของเนื้อมีจุดสีแดงเกิดขึ้น โดยคุณภาพด้านอื่นยังคงปกติ และคุณภาพเนื้อในทุกด้านมีค่าลดลงเมื่อผ่านไป 60 วัน ในขณะที่การใช้ HCl ร่วมกับการหุ้มฟิล์มทุกกรรมวิธีมีผลทำให้คะแนนการยอมรับคุณภาพด้านเนื้อในทุกด้านลดลงต่ำกว่า 5.0 เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 30 วัน ดังนั้นการใช้ HCl จึงไม่

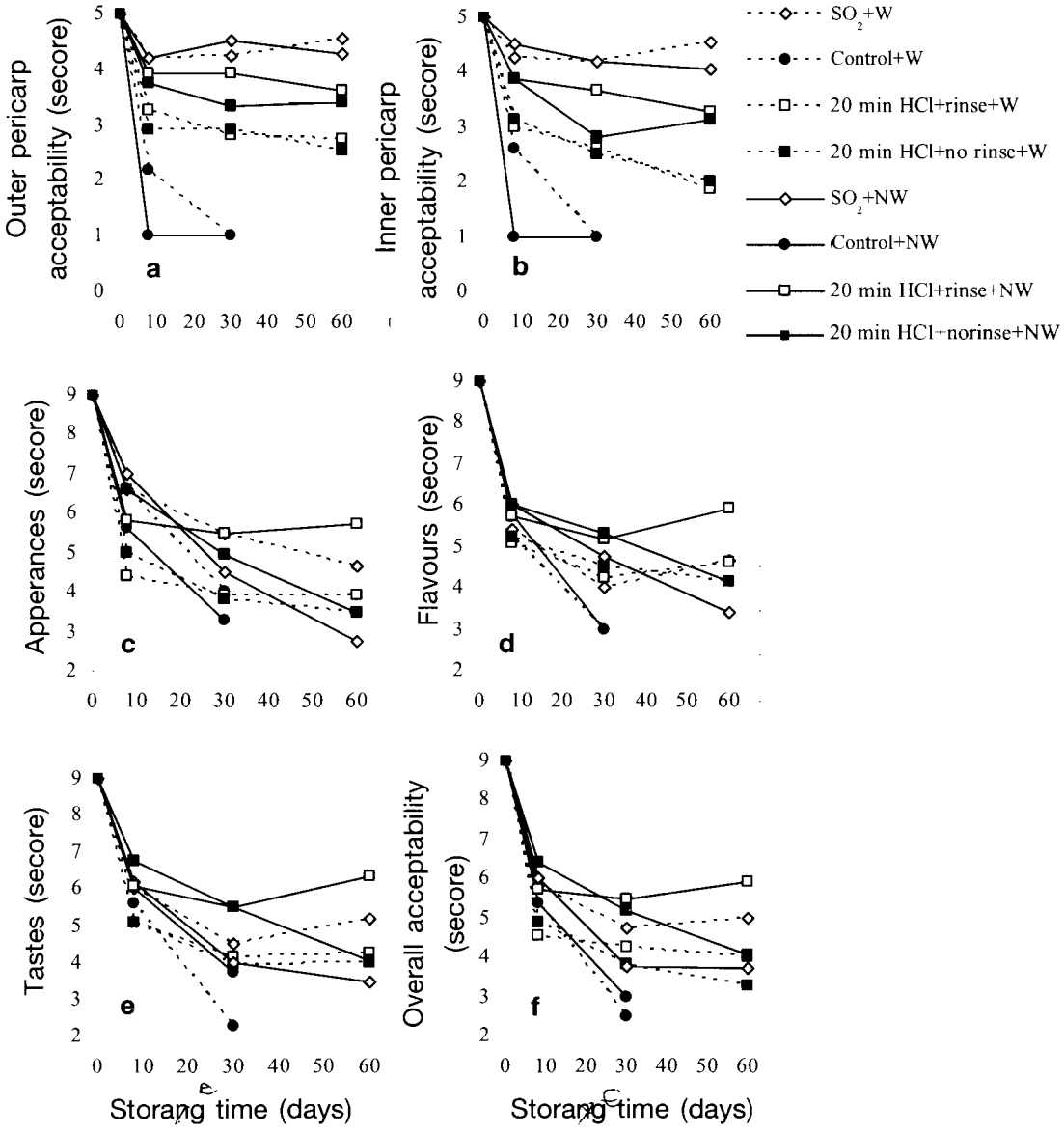

Figure 2. Effects of 1.5 N HCl solution and plastic wrapped on pericarp colour times acceptability: outer pericarp (a), inner pericarp (b) and eating qualities (c-f) during storage times at 31°C (85% RH) and a subsequent chilling injury test at room temperature for 24 hours SO_2 = sulfur dioxide, control = untreated fruits, W = with PVC films wrapped and NW = without PVC film wrapped

ควรใช้ร่วมกับการหุ้มฟิล์มพลาสติก (Figure 2c-f) การใช้ SO_2 มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคลดลงภายหลังการเก็บรักษาผ่านไป 30 วัน โดยเฉพาะการใช้ SO_2 ร่วมกับการหุ้มหรือไม่หุ้มฟิล์มมีผลต่อการยอมรับด้านลักษณะภายนอก กลิ่น รสชาติและการยอมรับโดยรวมมีค่าลดลงอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ HCl ร่วมกับการล้างผลและไม่หุ้มฟิล์ม เนื่องจากก๊าช SO_2 ยังตกค้างที่เปลือกทำให้มีกลิ่นฉุน และมีผลต่อลักษณะภายนอกของเนื้อเฉพาะบริเวณรอบขั้วผลซึ่งมีสีชมพูแดงแต่บริเวณอื่นๆ ยังคงสภาพปกติ (รัมม์พันและคณะ, 2551; Han *et al.*, 2001) ในขณะที่ชุดควบคุมเนื้อเริ่มเละเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 60 วัน เนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์

การยอมรับของผู้บริโภคทั้งสีเปลือกนอกและในพร้อมเนื้อ ในด้านอายุการเก็บรักษาเมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนสีน้ำตาล การเกิดโรคและคุณภาพของเนื้อ พบว่าการกำหนดอายุการเก็บรักษาให้แน่นอนนั้นค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากคุณภาพด้านเนื้อยังค่อนข้างแปรปรวน แต่อย่างไรก็ตามการใช้ HCl ร่วมกับการล้างผลและไม่หุ้มฟิล์ม ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีที่สุดเป็นเวลา 60 วัน ถึงแม้คะแนนการเกิดสีน้ำตาล และคะแนนความชอบสีผิวเปลือกนอกและในจะต่ำกว่าการใช้ SO_2 ก็ตาม แต่มีคะแนนความชอบในด้านคุณภาพเนื้อสูงกว่าอย่างชัดเจน วิธีการจุ่มเป็นวิธีที่ง่ายต่อการปฏิบัติ และมีต้นทุนต่ำจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ทดแทนได้ในอนาคต

ปัจจุบันมีหลายประเทศได้แก่ สหรัฐอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลียและสหภาพยุโรป ได้นำเงื่อนไขการใช้ SO_2 ในอาหารและผลไม้มาเป็นมาตรการกีดกันทางการค้าที่ไม่ใช้ภาษีเพิ่มมากขึ้น สำหรับการทดลองนี้พบว่าการใช้ HCl สามารถนำมาใช้ทดแทนการใช้ SO_2 ได้อย่างแน่นอน แต่อย่างไรก็ตามการใช้ HCl ทดแทนการใช้ SO_2 นั้นในการนำไปใช้มีปัจจัยที่ควรพิจารณาคือ

1. เพื่อป้องกันผลแตกจากกรด HCl ซึ่งปัจจัยเรื่องของฤดูกาลมีผลต่อการนำไปใช้ ในฤดูหนาวก่อนการแช่กรด HCl ควรพักลำไยทิ้งไว้ในร่มประมาณ 24 ชม. และฤดูร้อนควรพักไว้นาน 8 ชม. และ/หรือเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 °ซ. ทิ้งไว้จนอุณหภูมิในเนื้อผลเท่ากับ 5 °ซ. จึงนำมาจุ่มสามารถป้องกันผลแตกจากกรดได้ และภายหลังการจุ่มใน HCl ไม่ควรล้างโดยทันที ควรผึ่งให้แห้งไว้นาน 10-20 นาที เพื่อให้กรดแทรกซึมไปได้ทั่วถึงทั้งเปลือก และล้างกรดออกเพียงเล็กน้อยเท่านั้นไม่เกิน 10 วินาที จึงนำไปผึ่งหรือเป่าด้วยพัดลมให้แห้งสนิท ถ้าล้างผลนานเกินไปอาจไปลดประสิทธิภาพในการป้องกันสีน้ำตาลและการเกิดโรค

2. ความหนาของเปลือกและความสุกแก่มีผลต่อการใช้ HCl ผลลำไยพันธุ์ดอก้านแข็งซึ่งมีเปลือกหนาเกิน 1 มม. มีผลทำให้กรด HCl ไม่สามารถแทรกซึมได้ทั่วถึง ซึ่งต้องให้ระยะเวลาในการแช่นานขึ้นกว่าเดิม หรือความเข้มข้นสูงขึ้น ส่วนผลลำไยที่แก่เกินไปทำให้เปลือกเกิดรอยช้ำสีน้ำตาลได้ง่ายเมื่อเก็บรักษานาน ซึ่งผู้ประกอบการไม่นิยมรับซื้อผลลำไยที่แก่เกินไป การศึกษา

ในอนาคตจะศึกษาถึงการขยายขอบเขตของการทดลองให้ใหญ่ขึ้น ศึกษาสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสมของผลลำไยที่ใช้ HCl ในบรรจุภัณฑ์ เช่น การศึกษาแรงกดทับ การสั่นสะเทือน และคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาจนถึง delay time ต่างๆ ยังเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องการข้อมูลเพิ่มเติม

สรุปผลการทดลอง

การจุ่มผลลำไยสดในสารละลาย HCl ความเข้มข้น 1.5 N นาน 20 นาที สามารถควบคุมการเปลี่ยนสีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±2 °ช.) ได้เป็นเวลา 20 วัน และลดการเกิดโรคเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ SO_2 และผลลำไยที่ไม่ใช้สารเคมี (ชุดควบคุม) การฟอกสีผิวด้วย HCl ความเข้มข้น 1.5 N เป็นเวลา 20 นาที ช่วยฟอกสีผิวและลดการเกิดโรคได้ดีกว่าการใช้ HCl ความเข้มข้น 1.0 N HCl มีผลไปลด pH เปลือก มีค่าต่ำลง สามารถยับยั้งการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกซึ่งเกิดจากอาการสะท้านหนาว ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การใช้ HCl ความเข้มข้น 1.5 N เป็นเวลา 20 นาที ผึ่งให้แห้งไว้เป็นเวลา 10 นาที และล้างสารบนผลลำไยออกเป็นเวลา 10 วินาที ร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพไม่หุ้มฟิล์มพลาสติก มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการลดอาการสะท้านหนาวของผลลำไยสดได้ 60 วันขึ้นไปใกล้เคียงกับการรมผลด้วยก๊าซ SO_2 สามารถนำไปใช้เป็นสารทดแทน SO_2 ได้ในอนาคต ขณะที่การหุ้มฟิล์มมีผลทำให้การใช้ HCl ด้อยประสิทธิภาพลง และมีผลต่อคุณภาพภายนอกทำให้เนื้อลำไยมีสีแดง การใช้ HCl และล้างผลร่วมกับการเก็บรักษาแบบไม่หุ้มฟิล์ม จึงช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อได้ดีเมื่อพิจารณาการยอมรับของผู้บริโภคที่อยู่ในระดับยอมรับได้

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคุณหทัยรัตน์ คลองดี คุณวิทย์ ทิพนี และคุณศศิธร การะบูร และผู้ที่มีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยทุกท่านที่ช่วยเหลือจนงานสำเร็จไปด้วยดี สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมทั้งอาจารย์ สำหรับความอนุเคราะห์เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณภาพผลลำไยและให้คำแนะนำตลอดการทดลอง ตลอดจนสภาวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำหรับงบประมาณการทำวิจัย (รหัสการทดลอง 01-03-49-01-02-07-51)

เอกสารอ้างอิง

นิรนาม. 2008. *ลิ้นจี่*. Available [online] http: // www.it.doa.go.th/vichakan/news.php? newsid=38, 2/11/2008.

เพ็ญศรี เจริญวานิช วรนุช ศรีเจษฎารักษ์ และทิพย์วรรณา งามศักดิ์ 2544. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการกำหนดพันธุ์และตลาดลำไยส่งออก. *วารสารวิจัย มช.* 6(2): 87-95.

รัมม์พัน โกศลานันท์ อารีรัตน์ การุณสถิตชัย และวีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย. 2551. การแช่กรดทางเลือกใหม่ที่ทดแทนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไย. *ว.วิทย.กษ.*

39: 3 (พิเศษ) : 39-42.

สายชล เกตุษา และอรษา แกล้วเกษตรกรณ์. 2537. ผลกระทบของการใช้ฟิล์มพลาสติกกรุภาชนะบรรจุและอุณหภูมิต่ำที่มีต่อการเก็บรักษาและคุณภาพของผลเงาะโรงเรียน. *ว.วิทย.กษ.* 28: 149-160.

สุกิจ นววงศ์. 2548. *วัตถุเจือปนในอาหาร.* หจก. เอมี่ เทรดดิ้ง พิมพ์ครั้งที่ 1 INS. NO. 507. 659 หน้า.

สดศรี เนียมเปรม. 2547. *การยืดอายุการเก็บรักษาและการรักษาสีผิวของลิ้นจี่.* โครงการวิจัยที่ ภ.46-01 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและระบบประกันคุณภาพผลิตผลพืชสวนเพื่อการส่งออก สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 62 หน้า.

สนอง จรินทร มานพ หาญเทวี วิทยา อภัย อดุลย์ สิทธิวงศ์ จันทร์เพ็ญ แสนพรม อุทัย นพคุณวงษ์ พงศ์พันธุ์ จึงอยู่สุข. 2550. *การใช้สาร antioxidant และเกลือแคลเซียมในการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสด.* ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร. 26 หน้า.

วิทยา อภัย มานพ หาญเทวี สนอง จรินทร จันทร์เพ็ญ แสนพรม สนอง อมฤกษ์ พงศ์พันธุ์ จึงอยู่สุข. 2550. *วิจัยผลของวัตถุกันเสียบางชนิด(preservatives) ที่มีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสดส่งออก.* สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร. 14 หน้า.

Anon. 2009. *Food Additive Regulations Hydrochloric (Muriatic) Acid.* Available http://www.oxy.com/Our__Businesses/chemicals/Documents/hydrochloric__acid/techfood__additive__regulations__HCl.pdf, 01 /1/ 2009.

Drinnan, J. 2004. *Longans Postharvest Handling and Storage.* Available http: // www.rirde. qov.au /reports / NPP / 03-125 Sum.html, 2 /11/ 2008.

Han, D.M., Z.X. Wu and Z.L. Ji. 2001. Effects of SO_2 treatment on the overall quality of longan fruit (cv. Shixia) during cold storage. *Acta Hort.* 558: 375-380.

Jiang, Y. M., D. C. Zhang and S. Ketsa. 2002. Postharvest biology and handling of longan (*Dimorcarpus longan* Lour.) fruits. *Postharvest Biol.Technol.* 26: 241-252.

Jiang, Y.M. and Y.B. Li. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan. *Food Chem.* 73: 139-143.

Jaitrong, S., N. Rattanapanone, J.A. Manthey, E.A. Baldwin and D. Boonyakiat. 2006. Microscopic anatomy and biochemical components of normal and chilling injured of

longan pericarp. *Agric. Sci. J.* 37 (5) (Suppl.):80-84.

Joas, J., Y. Caro, M.N. Ducamp and M. Reynes. 2005. Postharvest control of pericarp browning of litchi fruits (*Litchi chinensis* Sonn cv. Kwai Mi) by treatment with chitosan and organic acids I: effect of pH and pericarp dehydration. *Postharvest Biol. Technol.* 38: 128-136.

Kader, A.A. 1994. Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits. Pages 239–249. *In: ACIAR Proceedings, Vol. 50, Postharvest Handling of Tropical Fruit.* Chiang Mai, Thailand, 19–23 July 1993.

Lawless, H.T., and H. Heymann. 1998. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices.* Chapman and Hall, New York. 848 p.

Martinez, M.V. and J.R. Whitaker. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends of Food Sci. and Tech.* 6: 195–200.

McGuire, R.G. 1992. Reporting on objective colour measurements. *HortSci.* 27: 1254-1255.

Paull, R.E. and K.G. Rohrbach. 1985. Symptom development of chilling injury in pineapple fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:100-105.

Qiubo, C., Z. Jlannan and S, Jihua. 1997. Recent trend for postharvest storage of tropical and subtropical fruits in China. *Nat. Sci.* 32: 67-71.

Ramma, I. 2003. Postharvest Sulphur Dioxide fumigation and Low Acid Dip for Pericarp Colour Retention and Decay Preservation on Litchi. Available http://www.gov.mu/portal/sites /ncb/moa/farc/amas2003/pdf/s1.5.pdf. 02 /6/ 2006.

Tipton, K.F. and H.B.F. Dixon. 1983. Effects of pH on enzymes. Pages 97-148. *In: Contemporary Enzyme Kinetics and Mechanism*, D.L. Purich (ed.) Academic Press, New York.

Tongdee, S.C. 1994. Sulfur dioxide fumigation in postharvest handling of fresh longan and lychee for export. Pages 186-195. *In: ACIAR Proceedings, Vol.50, Postharvest Handling of Tropical Fruit.* Chiang Mai, Thailand, 19–23 July, 1993.

Wu, Z.X., D.M. Han, Z.L. Ji and W.X. Chen. 1999. Effect of sulphur dioxide treatment on enzymatic browning of longan pericarp during storage. *Acta Hort. Sinica.* 26: 91-95.