Agricultural Sci. J. 38 : 5 (Suppl.) : 45-48 (2007) ว. วิทย. กษ. 38 : 5 (พิเศษ) : 45-48 (2550)

# การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลภายหลังการละลายน้ำแข็งของผลลิ้นจี่แช่แข็งโดยการแช่ในกรดออกซาลิก

# Inhibition of pericarp browning after thawing of frozen lychee fruit by oxalic acid dipping

อติณัฐ จรดล[1] จำนงค์ อุทัยบุตร[1] กานดา หวังชัย[1] และ กอบเกียรติ แสงนิล[1]
Atinut Joradol[1] Jamnong Uthaibutra[1] Kanda Whangchai[1] and Kobkiat Saengnil[1]

## Abstract

The effect of oxalic acid on pericarp browning after thawing of frozen litchi fruit stored at low temperature (-20˚C) for extending shelf life was studied. Fresh lychee fruits were harvested and dipped in hot water (98 ± 1˚C) for 30 seconds and then soaked in oxalic acid solution at various concentrations of 0, 5 and 10 % for 15 minutes. After the acid treatments, the fruits were pre-cooled and frozen to -18˚C. After freezing, they were stored at -20˚C for 6 months. The frozen fruits kept for 6 months were thawed and placed at room temperature (28˚C) for 0, 1, 3 and 12 hours. Oxalic acid dips before freezing was found to be effective in controlling browning after thawing. Treatment with hot water, followed by 10 % oxalic acid dips, resulted in the retention of red pericarp color and gave the best browning inhibition up to 12 hours after thawing by reducing the activities of PPO and POD. Moreover, the acid dips had no effect on consumption quality.

**Keywords**: oxalic acid, frozen lychee, thawing, browning

## บทคัดย่อ

ได้ศึกษาผลของกรดออกซาลิกต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผล ภายหลังการละลายน้ำแข็งของผลลิ้นจี่แช่แข็งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (-20˚ซ) เพื่อยืดอายุการวางขั้นจำหน่าย โดยเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่สดและแช่ผลในน้ำร้อน ( 98 ± 1˚ซ )เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำผลมาแช่ในสารละลายกรดออกซาลิก ในระดับความเข้มข้นแตกต่างกันคือ 0, 5 และ 10 % เป็นเวลา 15 นาที หลังการแช่กรดนำผลมาลดอุณหภูมิและแช่แข็งจนผลมีอุณหภูมิ -18˚ซ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20˚ซ เป็นเวลา 6 เดือน นำผลลิ้นจี่แช่แข็งที่เก็บนาน 6 เดือนนี้มาละลายน้ำแข็งแล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28 ˚ซ) เป็นเวลา 0, 1, 3 และ 12 ชั่วโมง พบว่าการแช่สารละลายกรดออกซาลิกก่อนการแช่แข็งมีผลควบคุมการเกิดสีน้ำตาลภายหลังการละลายน้ำแข็ง ซึ่งการแช่ในน้ำร้อนตามด้วยแช่ในสารละลายออกซาลิกความเข้มข้น 10 % มีผลรักษาสีแดงของเปลือกผลและยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลดีที่สุดได้นานถึง 12 ชั่วโมงหลังการละลายน้ำแข็ง โดยทำให้แอคติวิตีของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสลดลง ทั้งนี้การแช่ในกรดออกซาลิกนี้ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพในการบริโภค

**คำสำคัญ**: กรดออกซาลิก, ลิ้นจี่แช่แข็ง, การละลายน้ำแข็ง, การเกิดสีน้ำตาล

## คำนำ

ลิ้นจี่ ( *Litchi chinensis* Sonn. ) เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่นิยมบริโภคภายในประเทศและเป็นสินค้าส่งออกที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกปี การส่งสินค้าออกในรูปของผลไม้แช่แข็งกำลังเป็นที่นิยมเนื่องจากสามารถเก็บผลผลิตได้เป็นเวลานาน รักษาคุณภาพและแก้ปัญหาผลผลิตล้นตลาด การวิจัยเกี่ยวกับการเก็บรักษาผลไม้แช่แข็งเช่นลิ้นจี่จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะภายหลังการเก็บเกี่ยวทั้งผลสดและผลแช่แข็งมักพบปัญหาที่สำคัญคือ การสูญเสียสีแดงแล้วเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลบริเวณเปลือกผลอย่างรวดเร็ว ซึ่งกระทบต่อคุณภาพและราคาอีกทั้งไม่เป็นที่ต้องการของตลาดและผู้บริโภค โดยสาเหตุที่สำคัญของการเกิดสีน้ำตาลของผลเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิค ที่มีเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาที่สำคัญคือ โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase ; PPO) และเปอร์ออกซิเดส (peroxidase ; POD) (Underhill and Critchley, 1994) มีรายงานการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้หลายชนิดภายหลังการเก็บเกี่ยวและในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ แอปเปิล สับปะรด สาลี่ และท้อ เป็นต้น รวมทั้งมีการหาวิธีการเพื่อชะลอหรือยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลหลายวิธี แต่ที่น่าสนใจคือการแช่ผลในสารละลายกรดบางชนิด ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และกรดไฮโดรคลอริก เป็นต้น ซึ่งประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลนั้นจะให้ผล

[1] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[1] Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

แตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดและระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดที่ใช้ (Martinez *et al*., 2001; Son *et al*., 2001; บุญส่ง, 2543) นอกจากนี้การใช้กรดอินทรีย์ร่วมกับการแช่แข็งก็เป็นอีกวิธีที่ได้ผลดีในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล โดยการแช่ผลในน้ำร้อนร่วมกับกรดออกซาลิก 10 % ก่อนนำไปแช่แข็ง มีผลยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ 100 % ของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยในระหว่างเก็บรักษาที่ -20 ˚ซ เป็นเวลา 6 เดือน (อติณัฐ และคณะ, 2549) อย่างไรก็ตามภายหลังการนำผลมาละลายน้ำแข็งเพื่อรับประทานหรือวางชั้นจำหน่าย ผลิตภัณฑ์ที่แช่แข็งอาจเกิดความเสียหายหรือเกิดสีน้ำตาลขึ้นได้ และการเกิดสีน้ำตาลภายหลังการละลายน้ำแข็งในผลลิ้นจี่ของไทยยังไม่มีการศึกษา ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาผลของสารละลายกรดออกซาลิกที่ใช้ในการแช่ผลก่อนการแช่แข็งต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในเปลือกผลลิ้นจี่ภายหลังการละลายน้ำแข็งเพื่อวางบนชั้นจำหน่าย ตลอดจนศึกษาการเปลี่ยนแปลงแอคติวิตีของ POD และ PPO ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่นิยมส่งออกและใช้ในการทดลองในครั้งนี้

## อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างผลลิ้นจี่

เก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่เจริญเต็มที่ คือมีอายุประมาณ 90 วัน หลังดอกบาน จากสวนของเกษตรกรในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ นำมาตัดเป็นผลเดี่ยวๆ แล้วคัดเลือกผลที่สมบูรณ์มีขนาดใกล้เคียงกัน

วิธีการทดลอง

นำผลสดที่คัดไว้มาแช่ในน้ำร้อน ( 98 ± 1 ˚ซ )เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำไปแช่ในสารละลายกรดออกซาลิกที่ 3 ระดับความเข้มข้นคือ 0, 5 และ 10 % เป็นเวลา 15 นาที นำผลมาลดอุณหภูมิและแช่แข็งในไนโตรเจนเหลวโดยเทคนิคไครโอเจนิก หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 ˚ซ เป็นเวลา 6 เดือน นำผลที่แช่แข็งนาน 6 เดือนนี้มาละลายน้ำแข็งแล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28 ˚ซ) โดยภายหลังการละลายน้ำแข็งเป็นเวลา 0, 1, 3 และ 12 ชั่วโมง นำผลมาวิเคราะห์ทางชีวเคมีในเรื่องสีแดงของเปลือกผลโดยใช้เครื่อง chromameter ค่าที่ได้แสดงในรูปของค่า a* value ระดับการเกิดสีน้ำตาลโดยการประเมินด้วยสายตาแล้วบันทึกเป็นเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่เกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผล (โดยผลสดสีแดงทั้งผลเท่ากับ 0 % ส่วนผลสีน้ำตาลทั้งผลเท่ากับ 100 % ) แอคติวิตีของเอนไซม์ PPO และ POD โดยการสกัดเอนไซม์ทั้งสองชนิดดัดแปลงมาจากวิธีการของ Huang *et al*. (1990) การวิเคราะห์แอคติวิตีเอนไซม์ ดัดแปลงจากวิธีการของ Jiang and Fu (1998) และ Nagle and Haard (1975) รวมทั้งประเมินคุณภาพในการบริโภค ใช้การประเมินลักษณะคำถามแบบ profile test (quality scoring test) ในด้านกลิ่นรสชาติ และการยอมรับโดยรวม

## ผล

สีของเปลือกผล

ภายหลังการละลายน้ำแข็งผลที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนและสารละลายกรดออกซาลิกมีค่า a* ซึ่งแสดงถึงสีแดงของเปลือกผลสูงกว่าชุดควบคุมทั้งที่ผ่านการแช่และไม่แช่น้ำร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนานขึ้นค่า a* ของเปลือกผลในทุกชุดมีแนวโน้มค่อยๆลดต่ำลง ยกเว้นในชั่วโมงแรกหลังการละลายน้ำแข็งเท่านั้นที่ค่า a* เพิ่มสูงขึ้นหลังจากนั้นค่อยๆลดลง โดยผลที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดออกซาลิก 10 % มีค่า a* ของเปลือกผลสูงที่สุด (Figure 1A)

ระดับการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผล

ภายหลังจากละลายน้ำแข็งทันทีชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่น้ำร้อนมีระดับการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด (100%) รองลงมาคือชุดควบคุมที่แช่น้ำร้อน ในขณะที่ชุดที่แช่สารละลายกรดออกซาลิกมีการเกิดสีน้ำตาลต่ำมาก ทั้งนี้เมื่อวางไว้ที่อุณหภูมิห้องที่ระยะเวลานานขึ้นระดับการเกิดสีน้ำตาลในทุกชุดเพิ่มขึ้น โดยในชุดควบคุมทั้งที่ผ่านการแช่และไม่แช่น้ำร้อนมีระดับการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นรวดเร็ว โดยชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่น้ำร้อนเกิดสีน้ำตาล 100 % ในเวลาเพียง 3 ชั่วโมง ส่วนชุดที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกระดับการเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นอย่างช้าๆ โดยในชั่วโมงที่ 12 ชุดที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิก 10 % และ 5 % มีสีน้ำตาลเกิดขึ้นเพียง 5 % และ 17 % ตามลำดับ (Figure 1B)

แอคติวิตีของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase ; PPO) ของเปลือกผล

ตลอดระยะเวลาภายหลังละลายน้ำแข็งชุดที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกมีแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO ต่ำและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมทั้งที่ผ่านการแช่และไม่แช่น้ำร้อน ทั้งนี้ผลชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่น้ำร้อนมีแอคติวิตีของ PPO สูงที่สุดและเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่นานขึ้นภายหลังการละลายน้ำแข็ง ในขณะที่ผลชุดอื่นๆมีการ

เปลี่ยนแปลงหรือลดต่ำลงเล็กน้อย โดยผลที่แช่สารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 10 % มีแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO ต่ำที่สุดและต่ำกว่าที่ความเข้มข้น 5 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1C)

แอคติวิตีของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase ; POD) ของเปลือกผล

ภายหลังละลายน้ำแข็งแอคติวิตีของเอนไซม์ POD ของเปลือกผลในชุดที่แช่กรดออกซาลิกมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมทั้งสองชุด โดยในชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่น้ำร้อนมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือชุดควบคุมที่แช่น้ำร้อน เมื่อวางไว้ที่อุณหภูมิห้องแอคติวิตีของเอนไซม์ POD ของทุกชุดมีแนวโน้มคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลานานขึ้น ทั้งนี้ชุดที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิก 10 % มีแอคติวิตีของเอนไซม์ POD ต่ำที่สุดและต่ำกว่าชุดที่ 5 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (figure 1D)

การประเมินคุณภาพในการบริโภค

ในการประเมินคุณภาพในการบริโภค (ไม่ได้แสดงผลในการทดลอง) พบว่าเมื่อระยะเวลาภายหลังการละลายน้ำแข็งนานขึ้นในทุกชุดเนื้อสัมผัสของผลลดลง กลิ่นลิ้นจี่ลดลง แต่ผลมีความหวานมากขึ้นกว่าผลสดที่มีรสเปรี้ยวอมหวาน ในด้านของสีเปลือกผลพบว่าผลที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิก 5 และ 10 % สามารถรักษาสีแดงและควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลได้ดีที่สุด

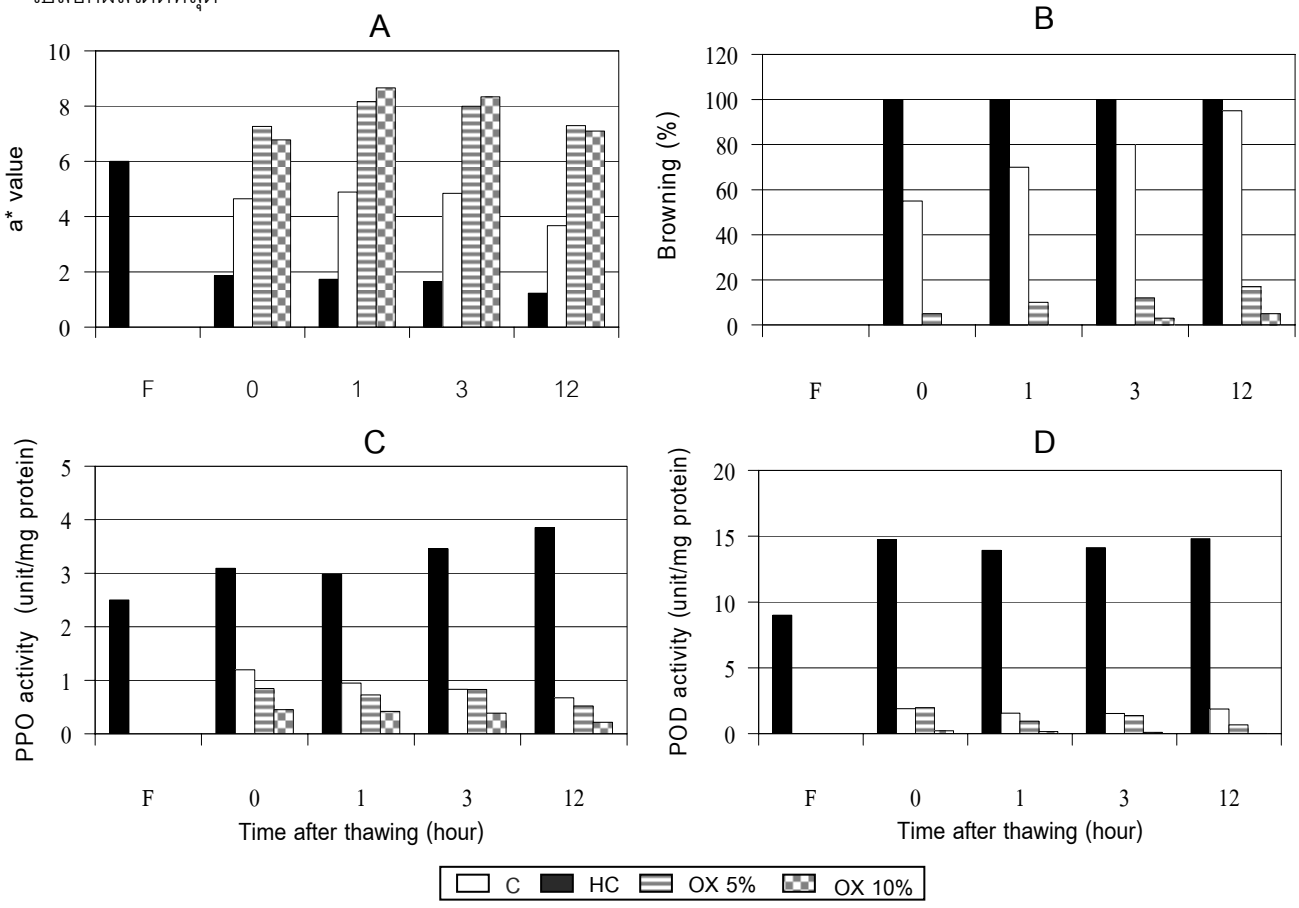


Figure 1 Effect of oxalic acid treatments on pericarp red color (a* value) (A) browning (B) PPO activity (C) and POD activity (D) after thawing for 0, 1, 3 and 12 hours of frozen lychee. C=control ; HC=control+hot water ; OX 5%=hot water+5% oxalic acid ; OX 10%=hot water+10% oxalic acid ; F=Fresh fruit before freezing

**วิจารณ์ผล**

ภายหลังละลายน้ำแข็งแล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานานขึ้นเปลือกผลมีสีแดงลดต่ำลง ระดับการเกิดสีน้ำตาล แอคติวิตีของเอนไซม์ PPO และ POD มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้สภาพอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้เปลือกผลเกิดการเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้นและเร่งกระบวนการทางชีวเคมีภายในเซลล์ ส่งผลให้โครงสร้างและการทำงานของเยื่อหุ้มของเซลล์เสื่อมลง มีผลทำให้มีการรั่วไหลของสารต่างๆและเร่งการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์ PPO และ POD กับสารประกอบฟีนอลิคทำให้เกิดสีน้ำตาล

บริเวณเปลือกผลเพิ่มสูงขึ้น มีรายงานการใช้กรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกแช่ผลก่อนนำไปแช่แข็งในลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและกิมเจง แต่ก็พบว่าเปลือกผลยังคงเกิดสีน้ำตาล 100 % ภายหลังจากละลายน้ำแข็งเป็นเวลา 30 นาที ในสภาพอุณหภูมิ 29 °ซ (บุญส่ง, 2543) แต่ในการทดลองนี้การแช่ผลในน้ำร้อนตามด้วยแช่ผลในกรดออกซาลิกก่อนการแช่แข็งสามารถรักษาสีแดงและยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลได้นานมากกว่า 12 ชั่วโมงภายหลังการละลายน้ำแข็ง รวมทั้งช่วยลดแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO และ POD ได้นั้น ทั้งนี้เนื่องจากกรดออกซาลิกมีคุณสมบัติเป็น acidulant ที่มีประสิทธิภาพสูง มีผลลดค่า pH ของสารละลายภายในเนื้อเยื่อให้ต่ำลงได้ดีทำให้เกิดสภาพความเป็นกรดสูง นอกจากนั้นสภาพ pH ต่ำยังส่งผลเสียต่อโครงสร้างและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO และ POD ที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Underhill and Critchley, 1994) ; McCord and Kilara, 1983) นอกจากนี้กรดออกซาลิกยังมีคุณสมบัติเป็น chelating agent โดยมีผลแย่งจับกับ cofactor ของเอนไซม์ข้างต้น ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ จึงทำให้เปลือกผลยังคงมีสีแดงและการเกิดสีน้ำตาลช้าลง (Son *et al*., 2001) อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นของกรดออกซาลิกที่เหมาะสมในการแช่เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลอาจแตกต่างกันในผลลิ้นจี่แต่ละพันธุ์ เช่น ผลลิ้นจี่พันธุ์ Huaizhi ต้องใช้กรดออกซาลิกความเข้มข้น 2 และ 4 mM แช่นาน 10 นาที (Zheng and Tian, 2005) และผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยต้องใช้กรดออกซาลิกความเข้มข้น 10% แช่นาน 15 นาที (Saengnil *et al*., 2006) เป็นต้น ส่วนน้ำร้อนมีผลทำลายชั้นคิวติเคิลและลดแรงตึงผิวทางธรรมชาติของสารละลายบนชั้น epidermis ของเปลือกผล ทำให้สารละลายกรดออกซาลิกแทรกซึมเข้าสู่เปลือกผลได้ดียิ่งขึ้น (Lichter *et al*., 2000) ทั้งนี้ผลที่แช่ในกรดออกซาลิกมีคุณภาพในการบริโภคไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ยกเว้นสีเปลือกผลที่มีคุณภาพดีกว่าชุดควบคุม อันเป็นผลมาจากคุณสมบัติของกรดออกซาลิกในเรื่องการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล

## สรุป

กรดออกซาลิกมีผลรักษาสีแดงและควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่แช่แข็ง โดยการแช่ผลในน้ำร้อนร่วมกับการแช่ในสารละลายกรดออกซาลิก 10 % สามารถรักษาสีแดงและยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลภายหลังการละลายน้ำแข็งดีสุดได้นานไม่ต่ำกว่า 12 ชั่วโมง โดยกรดออกซาลิกมีผลลดแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO และ POD ให้ต่ำลง

## คำขอบคุณ

โครงการนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2550 ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

## เอกสารอ้างอิง

บุญส่ง กุณกูล. 2543. อิทธิพลของระยะความแก่ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของผลลิ้นจี่แช่แข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อติณัฐ จรดล, จำนงค์ อุทัยบุตร, กานดา หวังชัย และ กอบเกียรติ แสงนิล. 2549. ผลของการแช่ในกรดอินทรีย์บางชนิดต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่แช่แข็งพันธุ์ฮงฮวย. วิทย.กษ. 37 : 104-107.

Huang, S., Hart, H., Lee, H. and Wicker, L. 1990. Enzymatic and color change during postharvest storage of lychee fruit. J. Food Sci. 55 : 1762-1763.

Jiang, Y. and Fu, J. 1998. Inhibition of polyphenol oxidase and the browning control of litchi fruit by glutathione and citric acid. Food Chem., 62 : 49-52.

Lichter, A., Dvir, O., Rot, I., Akerman, M., Regev, R., Wiesblum, A., Fallik, E., Zauberman, G. and Funchs, Y. 2000. Hot water brushing : an alternative method to $SO_2$ fumigation for color retention of litchi fruits. Postharvest Biol. Technol. 18 : 235-244.

Martinez, G. A., Civello, P. M., Chaves, A. R. and Añón, M. C. 2001. Characterization of peroxidase-mediated chlorophyll bleaching in strawberry fruit. Phytochemistry 58 : 379-387.

McCord, J. D. and Kilara, A. 1983. Control of enzymatic browning in processed mushrooms (*Agaricus bisporus*). J. Food Sci. 48 : 1479-1483.

Nagle, N. E. and Haard, N. F. 1975. Fractionation and characterization of polyphenoloxidase from ripe banana fruit. J. Food Sci. 40 : 410.

Saengnil, K., Lueangprasert, K. and Uthaibutra, J. 2006. Control of enzymatic browning of harvested ' Hong Huay ' litchi fruit with hot water and oxalic acid dips. ScienceAsia 32 : 345-350.

Underhill, S. J. R. and Critchley, C. 1994. Cellular localization of polyphenol oxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. pericarp. Aust. J. Plant Physiol. 22 : 627-632.

Zheng, X. and Tian, S. 2005. Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit. Food Chem. 96 : 519-523.