

การจำแนกลักษณะการหายใจของผลหม่อนสดหลังการเก็บเกี่ยวที่ความบริบูรณ์แตกต่างกัน ภายใต้  
อุณหภูมิที่แตกต่างและการตอบสนองต่อเอทิลีน  
Identification of Respiration Type of Various Maturation Stages Postharvest Mulberry Fruits under Storage  
Temperature Differential and Ethylene Sensitivity

พดกษ ชูสังข์<sup>1</sup> พนิดา บุญยर्थองไชย<sup>1,2</sup> และเฉลิมชัย วงษ์อารี<sup>1,2</sup>

Preuk Choosung<sup>1</sup>, Panida Boonyarithongchai<sup>1,2</sup> and Chalermchai Wongs-Aree<sup>1,2</sup>

#### Abstract

Patterns of physical and physico-chemical changes and responses to exogenous ethylene application were studied in 3 different maturities of 50% ripe fruit, 75% ripe fruit, and 100% ripe fruit of fresh mulberry when stored under 10°C (85-90%RH) and 25°C (60-65%RH) conditions. The respiration and ethylene production rates of fruit stored at 25°C were around 4 and 2 folds to those stored at 10°C. Storage life of fresh mulberry fruit was crucially limited by rapid growth of disease infection. Half ripe and 75% ripe fruit exposed with 1 ppm ethylene for 6 h at 25°C prior to store at 25°C conducted slight increases in the respiration and ethylene production with shorter storage life. Fruit colour and anthocyanin contents were developed in both fruit during storage. Values of  $a^*$  and chroma on the last day of storage were reduced from the initial whereas the anthocyanin contents were increased. However, ethylene-treated fruit showed lower quality than those untreated one. Soluble solids and titratable acidity in the juice were slightly changed between the treatments.

**Keywords:** respiration mulberry ethylene

#### บทคัดย่อ

การศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ สรีรวิทยาและเคมี และการตอบสนองต่อเอทิลีนของผลหม่อนสดหลังการเก็บเกี่ยว ดำเนินการโดยใช้ผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ที่ความบริบูรณ์แตกต่างกัน 3 ระยะ ได้แก่ ผลห่าม(ผลสีด้า 50%) ผลสุก(ผลสีด้า 75%) และผลแก่(ผลสีด้า 100%) แล้วเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ 10 และ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85-90 และ 60-65 ตามลำดับ พบว่าอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนของผลหม่อนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสสูงกว่าผลหม่อนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 และ 2 เท่าตามลำดับ แต่อายุการเก็บรักษาของผลหม่อนถูกจำกัดที่การเจริญของโรคที่เกิดอย่างรวดเร็ว การรวมผลหม่อนสดระยะห่ามกับสุกด้วยก๊าซเอทิลีนความเข้มข้น 1 ppm เป็นเวลา 6 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถชักนำให้ผลหม่อนมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และมีอายุการเก็บรักษาสั้นลงกว่าชุดควบคุม ผลหม่อนที่เก็บมาในระยะห่ามและสุกสามารถพัฒนาสีและปริมาณแอนโทไซยานินได้ในระหว่างการเก็บรักษา โดยผลหม่อนทุกชุดการทดลองมีค่า  $a^*$  และ chroma ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาลดลงจากวันแรกของการเก็บรักษา และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามผลหม่อนที่ได้รับเอทิลีนมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายในอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าชุดควบคุม ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีเพียงเล็กน้อยทุกชุดการทดลอง

**คำสำคัญ:** การหายใจ ผลหม่อน เอทิลีน

#### คำนำ

ผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ (*Morus alba* L.cv. Chiang Mai) เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในเขตภาคเหนือของประเทศไทยเพื่อผลิตหม่อนรับประทานผลสด โดยสามารถผลิตผลได้เฉลี่ยมากกว่า 600 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีเมื่อต้นอายุ 3 ปีขึ้นไป ผลหม่อนเป็นไม้ผลที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจสูงและเป็นที่นิยมอย่างแพร่ในกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ ผลหม่อนมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว สี

<sup>1</sup> สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150

<sup>2</sup> Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150, Thailand

<sup>3</sup> ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400

<sup>4</sup> Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand

แดงเข้ม รสอร่อยอีกทั้งยังอุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการและเภสัชวิทยา เช่น อุดมไปด้วยวิตามินซี วิตามินบี และสารอนุมูลอิสระ นอยด์โดยเฉพาะควอซิติน และแอนโทไซยานิน (ลือชัย, 2555) หากแต่ปัญหาภายหลังการเก็บเกี่ยวของการจำหน่ายผลหม่อน คือ การเน่าเสียภายใน 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากผลหม่อนโครงสร้างทางกายภาพที่เปราะบาง (สมโภชน์ และคณะ, 2550) อีกทั้งในปัจจุบันมีข้อมูลพื้นฐานเชิงสรีรวิทยาของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ใหม่ น้อย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อจำแนก ลักษณะการหายใจของผลหม่อนที่ระยะความบิรูรณ์แตกต่างที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส และการตอบสนองต่อการ ได้รับก๊าซเอทิลีนต่อกระบวนการสุก ซึ่งองค์ความรู้ที่สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาเกี่ยวกับผลหม่อนหลังการเก็บเกี่ยวในอนาคตต่อไป

### วิธีการ

ผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ที่ความบิรูรณ์แตกต่างกันได้แก่ ผลห่าม ผลสุก และผลแก่ ถูกเก็บเกี่ยวในช่วงเช้าจากแปลงปลูกของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการแล้วคัดแยกผลที่มีตำหนิและวัตถุปนเปื้อนออก ในการจำแนกลักษณะการหายใจของวัยของผลและอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ต่างกัน กระทำโดยนำผลหม่อนแต่ละระยะบิรูรณ์ในกล่องพลาสติกปริมาตร 600 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85-90 และ 60-65 ตามลำดับ และบันทึกอัตราการหายใจ อัตราการผลิตก๊าซเอทิลีน และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักทุก 6 และ 12 ชั่วโมงจนกระทั่งปรากฏการเจริญของเชื้อราที่ผิวของผล และการจำแนกลักษณะการหายใจของผลหม่อนที่รมด้วยก๊าซเอทิลีน ความเข้มข้น 1 ppm เป็นเวลา 6 ชั่วโมง กระทำโดยทำการหม่อนแต่ละระยะความบิรูรณ์ด้วยกรรมวิธีที่ต่างกัน ได้แก่ ผลห่ามรมหรือไม่รมก๊าซเอทิลีน ผลสุกรมหรือไม่รมก๊าซเอทิลีน และผลแก่ไม่รมก๊าซเอทิลีน จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-65 แล้วบันทึกอัตราการหายใจ อัตราการผลิตก๊าซเอทิลีน และการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ น้ำหนัก สีผิว ( $a^*$  value และ chroma) สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลและสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ทำการบันทึกผลการทดลองทุก 6 และ 12 ชั่วโมงจนกระทั่งปรากฏการเจริญของเชื้อราที่ผิวของผล วิเคราะห์ค่าทางสถิติ (analysis of variance, ANOVA) โดยโปรแกรม SAS 9.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

### ผลการทดลอง

ผลการจำแนกลักษณะการหายใจของผลหม่อนแต่ละความบิรูรณ์ภายใต้อุณหภูมิเก็บรักษาต่างกันพบว่า ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลระยะห่ามและสุกมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการเก็บรักษา (ชั่วโมงที่ 48 และ 60 ของการเก็บรักษา) ขณะที่ผลระยะแก่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 6 ของการเก็บรักษาและลดลงจนสิ้นสุดการเก็บรักษา แต่ผลหม่อนทุกระยะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการการหายใจเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับชั่วโมงที่ 0 ของการเก็บรักษา ผลหม่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาและลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา โดยอัตราการผลิตก๊าซเอทิลีนของผลหม่อนระยะแก่สูงสุด รองลงมาคือผลระยะสุกและห่ามตามลำดับ แต่ผลหม่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีการผลิตเอทิลีนลดลงจากวันแรกของการเก็บรักษาและมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา โดยอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของการเก็บรักษาผลหม่อนทั้ง 10 และ 25 องศาเซลเซียส มีความแตกต่าง 4 และ 2 เท่าตามลำดับ ในขณะที่ผลหม่อนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีการสูญเสียน้ำหนักไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1)

หลังการหม่อนผลหม่อนด้วยก๊าซเอทิลีนความเข้มข้น 1 ppm เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสพบว่า ผลหม่อนที่รมก๊าซเอทิลีนมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าเมื่อเทียบกับผลที่ไม่ได้รม โดยผลระยะห่ามและสุกมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ณ ชั่วโมงที่ 12 และ 6 ของการเก็บรักษาสำหรับตามลำดับ และลดลงในระดับที่ไม่แตกต่างกับผลที่ไม่ได้รมมีอัตราการผลิตเอทิลีนและการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักในผลระยะที่รมด้วยก๊าซเอทิลีนและผลที่ไม่ได้รมมีความไม่แตกต่างกัน (Figure 2) สีผิวของผลห่ามซึ่งผ่านการรมก๊าซเอทิลีนมีค่า  $a^*$  และ chroma สูงกว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา แต่สารประกอบฟีนอลและสารแอนโทไซยานินมีปริมาณที่ต่ำกว่าผลซึ่งไม่ผ่านการรมโดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความแตกต่างสำหรับสัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ในขณะที่เดียวกัน การเปลี่ยนแปลงทางเคมีทั้งหมดของผลสุกที่รมก๊าซเอทิลีนหรือไม่รมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของสีผิว ปริมาณสารประกอบฟีนอลและสารแอนโทไซยานินของผลห่ามและสุกในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามี

ค่าใกล้เคียงกับผลแก่ แต่สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในวันสุดท้ายผลแก่มีค่าสูงสุด (Table 1)

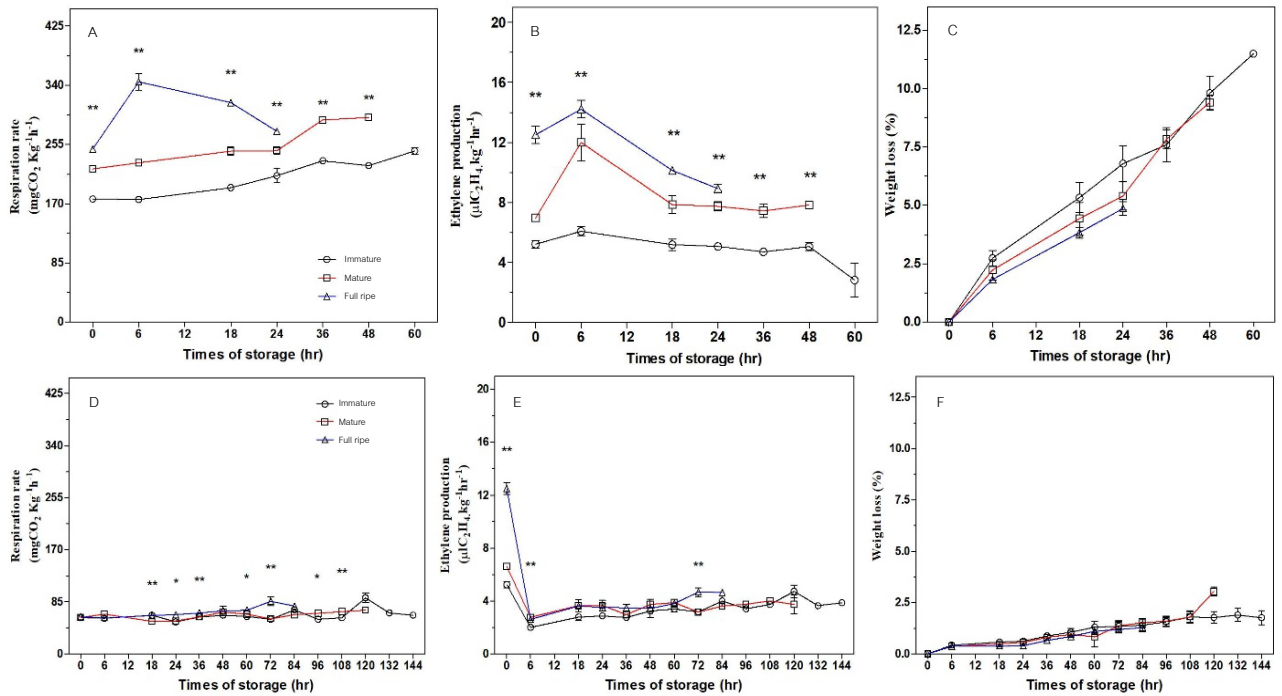


Figure 1 The respiration rate (A, D), ethylene production (B, E) and weight loss (C, F) of various maturity of mulberry fruit kept in 25 °C (A, B and C) and 10 °C (D, E and F)

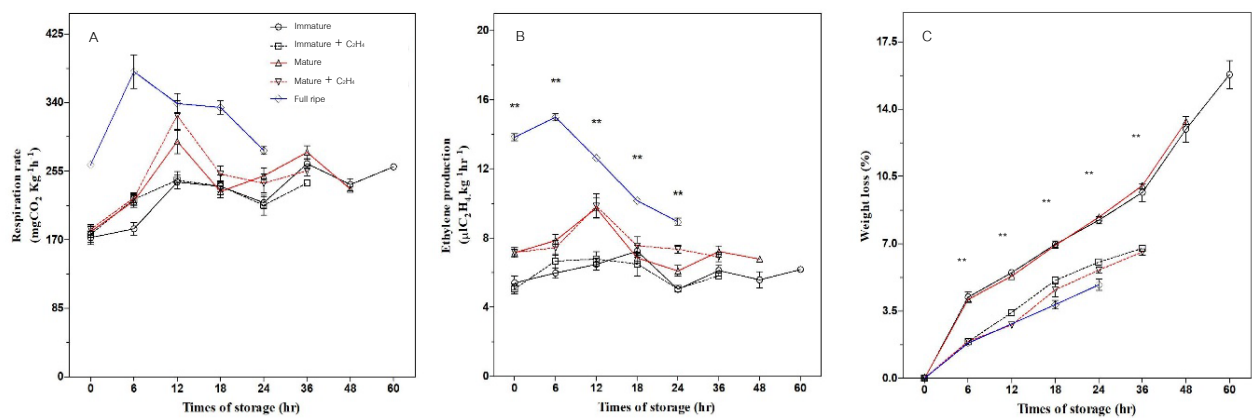


Figure 2 The respiration rate (A), ethylene production (B) and weight loss (C) of various maturity of mulberry fruit treated with 1 ppm ethylene for 6 hours and kept in 25 °C

Table 1 The peel colour, TSS/TA, phenolic compound content (PCC) and total phenolic compound content (TAC) of various maturity of mulberry fruit treated with 1 ppm ethylene for 6 hours and kept in 25 °C

Treatment	End time (hr)	Peel colour a*	Peel colour chroma	TSS/TA	PCC (mg/100g FW)	TAC (mg/g FW)
IM	60	3.37±0.44a	4.60±0.49a	11.40±3.67a	665.04±42.32a	261.54±37.22a
IM+C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	36	4.91±1.64b	6.18±1.52b	9.72±3.26a	534.38±19.38b	178.68±27.20b
M	48	4.05±0.95ab	5.77±0.08ab	12.61±3.38a	663.63±78.86ab	276.92±34.04a
M+C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	36	3.73±1.00ab	5.00±1.06ab	13.99±2.99a	613.24±50.50ab	234.62±38.01a
FR	24	4.26±1.18ab	5.01±1.22ab	17.69±2.31b	612.22±47.89ab	286.94±25.96a

IM : immature stage, M : mature stage, FR : full ripe stage

## วิจารณ์

อุณหภูมิขณะเก็บรักษาและระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการหายใจและการผลิตเอทิลีนของผลผลิตผลสด การเพิ่มของอุณหภูมิส่งผลต่ออัตราการกระบวนการทางชีวเคมีภายในเซลล์เพิ่มสูงขึ้น Ding *et al.* (1998) รายงานว่าผล loquat สุก ที่เก็บภายใต้อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสมีอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า และอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นสามารถกระตุ้นการผลิตเอทิลีนในผลสลี่และผลแอปเปิ้ลได้ (Knee *et al.*, 1983) การเปลี่ยนแปลงของการหายใจของผลไม้แบ่งได้ 2 ลักษณะตามพฤติกรรมระหว่างการพัฒนาสู่ระยะท้ายสุดของผล โดยผลไม้ชนิด climacteric จะปรากฏการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจในช่วงที่ผลเข้าสู่กระบวนการสุกอย่างชัดเจน อีกทั้งยังสามารถตอบสนองต่อก๊าซเอทิลีนให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจเร็วขึ้นกว่าปกติ โดยกระบวนการดังกล่าวจะไม่สามารถพบได้ในผลไม้ชนิด non climacteric (Kays, 1991) เมื่อพิจารณาอัตราการหายใจพบว่าผลหม่อนเป็นผลไม้ที่มีอัตราการหายใจที่สูงและเพิ่มสูงขึ้นตามการพัฒนาของผล แต่ผลระยะหามและสุกกลับไม่พบการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจตลอดอายุการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อีกทั้งการได้รับก๊าซเอทิลีนจากภายนอกก็ไม่สามารถชักนำให้เกิดกระบวนการสุกเร็วขึ้นได้ แต่มีอัตราการหายใจสูงและเพิ่มสูงขึ้นตามการพัฒนาของผล จึงสามารถกล่าวได้ว่าผลหม่อนมีลักษณะการหายใจในรูปแบบของ non climacteric ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับผลราสเบอร์รี่และแบล็คเบอร์รี่ซึ่งมีอัตราการหายใจสูงแต่ไม่ตอบสนองต่อก๊าซเอทิลีนในการกระตุ้นกระบวนการสุก (Mitcham, 2007)

## สรุป

ผลหม่อนมีลักษณะการหายใจในรูปแบบของ non climacteric ที่มีอัตราการหายใจสูง เมื่อเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสจะมีอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีนและการสูญเสียน้ำหนักสูง และผลหม่อนไม่ตอบสนองต่อการได้รับก๊าซเอทิลีนภายนอกต่อการชักนำกระบวนการสุก

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่อนุเคราะห์เครื่องมือวิทยาศาสตร์

## เอกสารอ้างอิง

- ลีชัย บุตคุป. 2555. วิจัยพบ "ลูกหม่อน" ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง. สารวิจัยเพื่อชุมชน 1 (3): 41-47.
- สมโภชน์ บ้านสุวรรณ, วสันต์ นัยภิรมย์, เสาวถิพย์ อภิญาณวัฒน์, หทัยกาญจน์ นานานนท์ และ สมชายจอมดวง. 2550. ศึกษาการผลิตผลหม่อนอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง. รายงานผลงานวิจัยหม่อนใหม่ประจำปี 2550. หน้า 285-293.
- Mitcham, E. 2007. Quality of Berries Associated with Preharvest and Postharvest Conditions. pp. 168- 207. *In: Yanyun Zhao (Ed.), Berry Fruit: Value-Added Products for Health Promotion*. New York: CRC Press.
- Kays, S. J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. Springer, US. 532 p.
- Ding, C., K. Chachin, Y. Hamazu, Y. Ueda and Y. Imahori. 1998. Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. *Postharvest Biology and Technology Journal* 14(3): 309-315.
- Knee, M., N.E. Looney, S.G. Hatfield and S. M. Smith. 1983. Initiation of Rapid Ethylene Synthesis by Apple and Pear Fruits in Relation to Storage Temperature. *Experimental Botany Journal* 34(9): 1207-1212.