

อิทธิพลของความร้อนและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพและระยะเวลาการสุก ของมะม่วงพันธุ์มหาชนก

Influence of Heat Treatment and Storage Temperature on Fruit Quality and Ripening Time of 'Mahachanok' Mango (*Mangifera indica* L.)

อุบล ชินวัง^{1*} ทินน์พรหมโชติ¹ สาริต พสุวิทย์กุล¹ และ จุฑาทิพย์ เปลี่ยมสติ¹
Ubol Chinwang,^{1*} Thin Promchot,¹ Satit Pasuwithayakul¹ and Jutathip Pliamsati¹

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพและระยะเวลาการสุกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกเกรดเอและบีที่ผ่านการอบไอน้ำ (47°C เป็นเวลา 20 นาที) หรือผ่านการจุ่มน้ำร้อน (47°C เป็นเวลา 20 นาที หรือ 50°C เป็นเวลา 10 และ 20 นาที) เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รับความร้อน (ชุดควบคุม) ระหว่างการเก็บรักษาที่ 13±1 และ 25±1°C พบว่าการอบไอน้ำผลมะม่วงเกรดเอทำให้ผลสุกมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยกว่า และผลสุกในระยะเวลาไม่แตกต่างกับผลชุดควบคุมที่ 25°C (7.1 และ 8.8 วัน ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาที่ 13°C ชะลอการสุกของผลผ่านการอบไอน้ำได้ยาวนานกว่าการเก็บรักษาที่ 25°C ประมาณ 2 เท่า การอบไอน้ำผลมะม่วงเกรดบี ทำให้ผลสุกที่ 25°C ในระยะเวลา 7.3 วัน โดยไม่แตกต่างกับผลชุดควบคุม (6.8 วัน) มะม่วงเกรดบีที่ผ่านการอบไอน้ำสูญเสีย น้ำหนักมากกว่า ผิวผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองช้ากว่า และเนื้อผลสุกมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากกว่า และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าผลชุดควบคุม ส่วนคุณภาพด้านอื่น (ความแน่นเนื้อ ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และ วิตามินซี) ไม่มีความแตกต่างกับผลชุดควบคุม ส่วนการจุ่มผลมะม่วงในน้ำร้อนทุกกรรมวิธีลดการสูญเสีย น้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาที่ 25°C และการจุ่มผลในน้ำร้อนระดับ 50°C เป็นเวลา 20 นาที ทำให้ผิวผลมะม่วงเปลี่ยนเป็นสีเหลืองช้าลงระหว่างการเก็บรักษา แต่ระยะเวลาการสุกของผลทุกกรรมวิธีไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับผลชุดควบคุม (6.8-7.5 วัน)

คำสำคัญ: การอบไอน้ำ การจุ่มน้ำร้อน อุณหภูมิการเก็บรักษา มะม่วง

Abstract

Fruit quality and ripening time of grade A and B 'Mahachanok' mango treated with vapor heat (VHT; 47°C for 20 min) or hot water immersion (HW; 47 or 50°C for 10 and 20 min), compared to untreated fruit (control) during different storage conditions at 13±1 and 25±1°C. It was found that VHT treatment reduced total soluble solids (TSS) content and titratable acidity (TA) of grade A ripe mango, and ripening time of the VHT fruit showed non-significant difference, as compared to the control fruit at 25°C (7.1 and 8.8 days, respectively). However, storage at 13°C markedly delayed ripening time of the VHT fruit, approximately 2 folds. VHT treated grade B mango ripened by 7.3 days with non-significant difference ($P>0.05$, as compared to the control fruit (6.8 days). During 25°C of storage the VHT treated fruit had a higher weight loss, delayed skin color change, and ripe fruit had greater TA, and less TSS content than the control fruit, except for flesh firmness, total carotenoids and vitamin C contents. All of the HW treated fruits showed reduction in weight loss during storage at 25°C. The application of hot water at 50°C for 20 min delayed skin color change of the fruit. Nevertheless, all of the HW treated fruit ripened at the same period of time ($P>0.05$) when compared to the control (6.8-7.5 days).

Keywords : vapor heat treatment, hot water immersion, storage temperature, mango

¹คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

คำนำ

มะม่วงพันธุ์มหาชนกเป็นมะม่วงพันธุ์หนึ่งที่ผู้ประกอบการส่งออกของประเทศไทยส่งไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 เป็นต้นมา มูลค่าการส่งออกผลมะม่วงสดทุกพันธุ์ไปยังประเทศญี่ปุ่นในปี 2557 มีจำนวน 1,229 ตัน คิดเป็นส่วนแบ่งตลาดมะม่วงไทยในประเทศญี่ปุ่นร้อยละ 16.7 รองจากประเทศเม็กซิโก และฟิลิปปินส์ (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศกรุงเทพฯ, 2558) มะม่วงพันธุ์มหาชนกจากแหล่งปลูกในจังหวัดกาฬสินธุ์ที่เก็บเกี่ยวในฤดูการผลิตปกติ (เดือนพฤษภาคม) และเก็บเกี่ยวจากต้นเมื่อผลมีอายุ 105-110 วันหลังดอกบาน สุกที่สภาพห้อง (28-29°C) ในระยะเวลาเฉลี่ย 6.2 วัน หลังการเก็บเกี่ยว (อดิศักดิ์, 2555) ส่วนผลที่เก็บเกี่ยวจากต้นเมื่อผลมีอายุประมาณ 110 วันหลังดอกบาน ในการผลิตนอกฤดู สุกในสภาพห้อง (28.5°C และความชื้นสัมพัทธ์ 72.2%) ภายในระยะเวลา 7.5 ถึง 8.7 วัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของผลบนต้น (อุบล และคณะ, 2558) ส่วนมะม่วงพันธุ์เดียวกันนี้จากแหล่งปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ที่เก็บเกี่ยวจากต้นเมื่อผลมีอายุ 98 105 และ 112 วันหลังดอกบาน สุกในสภาพอุณหภูมิห้อง (27°C และความชื้นสัมพัทธ์ 70%) ภายในระยะเวลา 7 วัน (จุลจิรา, 2545) สภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ (12-15°C) เหมาะสมกับการรักษาคุณภาพที่ดีและชะลอการสุกของผลมะม่วง และผลไม้เขตร้อนชนิดอื่นๆ โดยทั่วไปผลมะม่วงซึ่งเป็นผลไม้ประเภท climacteric ผลมีการสุกหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้ผลมีอายุการวางจำหน่ายหรือการเก็บรักษาสั้นประมาณ 4-8 วัน ในสภาพห้อง (ประมาณ 30°C) ส่วนการเก็บรักษาในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำทำให้ผลไม้สุกช้าลง ผลจึงมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นประมาณ 2-3 เท่า (ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ความสมบูรณ์ของผลขณะเก็บเกี่ยว และระดับของอุณหภูมิในการเก็บรักษา) (กานดา และคณะ, 2551; ชัยณรงค์ และคณะ, 2555; รัฐพล และพีระศักดิ์, 2557; Yousef *et al.*, 2012) ในการส่งออกมะม่วงพันธุ์นี้ไปยังประเทศญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ผลมะม่วงต้องผ่านการอบไอน้ำร้อนเพื่อให้อุณหภูมิภายในผลเพิ่มขึ้นเป็น 47°C เป็นเวลา 20 นาที ซึ่งใช้เพื่อกำจัดไข่และหนอนแมลงวันผลไม้ เช่นเดียวกับการปฏิบัติต่อมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ หนังกวางวัน แรด และพิมเสน (สำนักงานพัฒนาการอาชีวศึกษา, 2551; กรมส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป.; Omura *et al.*, 2014) และมะม่วงสายพันธุ์ของประเทศไต้หวัน (Le *et al.*, 2010) การจุ่มผลมะม่วงในน้ำร้อนเป็นการใช้ความร้อนอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้กับมะม่วงหลายพันธุ์เพื่อการชะลอการเกิดโรคข้าวผลเน่า และโรคแอนแทรกคโนส ระหว่างการเก็บรักษา เช่น มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (สมศิริ และวนิดา, 2551; ชัยณรงค์ และคณะ, 2555; จิตติมา และคณะ, 2557) อกร่อง (Yimyong *et al.*, 2011) ไชยอนันต์ (Ding and Mijin, 2013; Sripong *et al.*, 2015) 'Kensington' (Jacobi and Giles, 1997; Jacobi *et al.*, 2000) Carabao (Alvindia and Acda, 2015) 'Caponia' (Yousef *et al.*, 2012) และ 'Tommy Atkins' (Kim *et al.*, 2007) นอกจากนี้ การจุ่มผลมะม่วงในน้ำร้อนสามารถลดความรุนแรงของอาการสั้ตามหนวของผลไม้ได้ในระหว่างการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ (8-10°C) (McCollum *et al.*, 1993; Zhang *et al.*, 2012) อย่างไรก็ตาม มะม่วงที่ได้รับความร้อนส่วนใหญ่แสดงอาการและระดับความรุนแรงของโรคลดลง แต่อาจมีผลกระทบต่อระยะเวลาการสุกของผลและ/หรือมีคุณภาพของเนื้อผลที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น มะม่วงพันธุ์อกร่องที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน (50°C เป็นเวลา 10 นาที) และเก็บรักษาที่ 8 หรือ 12°C เป็นเวลา 15 วัน แสดงอาการเหี่ยวของผิวผลน้อย และผลมีอัตราการผลิตเอทิลินที่ต่ำกว่าผลที่ไม่ได้รับความร้อน หลังจากย้ายมาเก็บรักษาต่อที่ 30±2°C เป็นเวลา 5 วัน (Yimyong *et al.*, 2011) มะม่วงพันธุ์ Caponia ผ่านการจุ่มน้ำร้อน (48 และ 52°C เป็นเวลา 10 นาที) สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลที่ไม่ได้รับความร้อนประมาณ 3 เท่า และเนื้อผลมีความแน่นเนื้อ และปริมาณวิตามินซีมากกว่า ($P \leq 0.05$) ผลที่ไม่ได้รับความร้อนหลังจากการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ (8-13°C) เป็นเวลา 14 วัน (Yousef *et al.*, 2012) การศึกษาในมะม่วงพันธุ์ Keitt Kent และ Tommy Atkins จากแหล่งปลูกในประเทศอียิปต์ไม่พบความแตกต่าง ($P > 0.05$) ของคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ และวิตามินซี ของเนื้อผลมะม่วงที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน (50°C เป็นเวลา 5 นาที) และ/หรือการอบไอน้ำร้อน (40°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง) ก่อนการเก็บรักษาที่ 12°C

(Mansour *et al.*, 2006) เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ วิทวัส (2545) กับมะม่วงพันธุ์มหาชนก (จากแหล่งปลูกในจังหวัดเชียงใหม่) และของ Alvindia and Acda (2015) กับมะม่วงพันธุ์ Carabao (จากแหล่งปลูกในประเทศฟิลิปปินส์) ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนระดับ 52-55°C เป็นเวลา 5 และ 10 นาที และ 53°C เป็นเวลา 20 นาที ตามลำดับ ในปัจจุบันการจุ่มน้ำร้อนผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกไม่นิยมปฏิบัติในเชิงพาณิชย์ แม้ว่าการจุ่มน้ำร้อนผลิตผลจะเป็นวิธีการปฏิบัติที่มีต้นทุนต่ำกว่าการอบไอน้ำร้อน (Collin *et al.*, 2007; Faheem *et al.*, 2012) การอบไอน้ำผลมะม่วงส่งออกมีค่าใช้จ่ายกิโลกรัมละ 25 บาท (ค่าบริการอบไอน้ำของบริษัท พีแอนด์เอฟ เทคโนโลยี จำกัด ปี 2557) การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพผลและระยะเวลาการสุกของมะม่วงพันธุ์มหาชนกเกรดส่งออกที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน และการอบไอน้ำร้อนทางการค้าระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและสภาพห้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวให้มีประสิทธิภาพทั้งด้านต้นทุนและระยะเวลาที่เหมาะสมยิ่งขึ้นโดยเกิดผลเสียต่อคุณภาพผลิตผลน้อยที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกในฤดูกาลปกติ ผ่านการเก็บเกี่ยวช่วงปลายเดือนเมษายน 2556 (การทดลองที่ 1) และต้นเดือนพฤษภาคม 2557 (การทดลองที่ 2) จากสวนมะม่วงของเกษตรกรในอำเภอนองสูงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นผลที่มีอายุประมาณ 110 วัน หลังดอกบาน (ความบริบูรณ์มากกว่า 80%) และมีน้ำหนักระหว่าง 270 ถึง 370 กรัม (ขึ้นอยู่กับเกรดผล) ผลมีสีพื้นผิวเป็นสีเขียว หลังจากการเก็บเกี่ยว บรรจุผลมะม่วงลงในตะกร้าพลาสติกขนาดบรรจุมะม่วงประมาณ 22 กิโลกรัม รองกันตะกร้าด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ และขนส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ด้วยรถตู้ปรับอากาศ ใช้ระยะเวลาการเดินทางประมาณ 5 ชั่วโมง เมื่อถึงห้องปฏิบัติการ ผลมะม่วงถูกนำมาคัดเลือกขนาดที่ใกล้เคียงกันในห้องปรับอากาศ (25°C และ 70.4% RH) ใช้ผ้าสะอาดเช็ดผิวผล บรรจุในตะกร้าพลาสติก ก่อนการขนส่งผลมะม่วงในวันเดียวกัน (ประมาณ 21.00 น.) เพื่อนำไปขอรับบริการอบไอน้ำที่โรงอบไอน้ำของบริษัท พีแอนด์เอฟ เทคโนโลยี จำกัด (กรมส่งเสริมการเกษตร กรุงเทพฯ) ในวันรุ่งขึ้น และเดินทางกลับในเวลาบ่ายของวันเดียวกัน

การทดลองที่ 1 อิทธิพลของการอบไอน้ำและระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อระยะเวลาการสุกและคุณภาพของผลมะม่วง

การศึกษาวางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี คือชุดควบคุม (ผลที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ; control; กรรมวิธีที่ 1) และเก็บรักษาที่ 25±1°C (ห้องปรับอากาศ) ผลมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำทางการค้า (vapor heat treatment; VHT; อุณหภูมิภายในเนื้อผลเพิ่มขึ้นเป็น 47°C เป็นเวลา 20 นาที) บรรจุผลในตะกร้าพลาสติกที่รองพื้นด้วยกระดาษและเก็บรักษาในห้องปรับอากาศ (25±1°C; กรรมวิธีที่ 2) และที่ 13±1°C (ตู้เย็นปรับอุณหภูมิ; กรรมวิธีที่ 3) แต่ละกรรมวิธีมี 30 ซ้ำ แต่ละซ้ำคือ มะม่วง 1 ผล และเป็นเกรดดีเยี่ยม (เกรดน้ำหนักผล 320-370 กรัม ผิวผลมีสีพื้นผิวเป็นสีเขียวและมีแต้มสีแดงบนผิวผลเล็กน้อย) บันทึกผลทุกวันสำหรับกรรมวิธีที่ 1 และ 2 และทุกๆ 2 วัน สำหรับกรรมวิธีที่ 3 ดังนี้คือ สีผิวผลโดยการประเมินด้วยสายตา โดยใช้เกณฑ์คะแนนที่ดัดแปลงจาก Baloch and Bibi (2012) โดยคะแนน 1 หมายถึง ผิวผลมีสีเขียว (green) คะแนน 2 หมายถึง ผิวผลมีสีเขียวอ่อน (light green) คะแนน 3 หมายถึง ผิวผลเริ่มมีสีเหลืองอ่อน (light yellow) คะแนน 4 หมายถึง ผิวผลมีสีเหลือง (yellow) คะแนน 5 หมายถึง ผิวผลมีสีเหลืองทั่วผล (full yellow) ระยะเวลาการสุกของผล คือจำนวนวันตั้งแต่วันที่เก็บเกี่ยว (วันที่ 0) ถึงวันแรกที่สีพื้นผิวของผิวผลเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองทั่วผล (คะแนน 5.0) โดยแต้มสีแดงบนผิวผลสุกยังคงมีสีแดงเช่นเดิม (อุบล และคณะ, 2558) และคุณภาพทางชีวเคมีของเนื้อผลสุก ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids; TSS) วัดค่าด้วย Hand refractometer (Atago, ประเทศญี่ปุ่น) ปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต (Titratable Acidity; TA) วิเคราะห์โดยการไตเตรตกับสารละลาย 0.1 N NaOH จนถึงจุดยุติ

และรายงานผลเป็น %TA เปรียบเทียบกับกรดซิตริก ปริมาณวิตามินซี วิเคราะห์โดยการไตเตรทด้วยสารละลาย 2, 6-dichloroindophenol ความเข้มข้น 0.02% จนถึงจุดยุติ แล้วคำนวณหาปริมาณวิตามินซีตามวิธีการของดเนีย และคณะ (2550) และรายงานผลเป็น mg Ascorbic Acid Equivalent (AAE)/100 mL และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (Total carotenoids; TCn) วิเคราะห์โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Roy (1973) และ Ranganna (1999) และรายงานผลในหน่วย mg/100 g fresh weight

การทดลองที่ 2 อิทธิพลของไอน้ำร้อนและน้ำร้อนต่อระยะเวลาการสุกและคุณภาพของผลมะม่วงที่ 25°C

การศึกษาวางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี คือ (1) ชุดควบคุม (แช่ผลในน้ำประปา; control) (2) การอบไอน้ำทางการค้า (VHT) (3) การแช่ผลในน้ำร้อนที่ 47°C เป็นเวลา 20 นาที (HW: 47°C/20 min) และ (4) และ (5) การแช่ผลในน้ำร้อนที่ 50°C เป็นเวลา 10 (HW: 50°C/10 min) และ 20 นาที (HW: 50°C/20 min) ตามลำดับ แต่ละกรรมวิธีมีผลมะม่วง 2 ชุดคือ ชุดที่ 1 (5 ขั้วต่อกรรมวิธีสำหรับการบันทึกผลแบบไม่ทำลายตัวอย่าง) และ ชุดที่ 2 (3 ขั้วต่อกรรมวิธีในแต่ละครั้งของการวิเคราะห์ผลแบบทำลายตัวอย่าง) แต่ละขั้วคือ มะม่วง 1 ผล และเป็นผลมะม่วงเกรดบี (น้ำหนักผล 270-350 กรัม ผิวผลมีสีพื้นเป็นสีเขียวและไม่มีแต้มสีแดงบนผิวผล) ผลมะม่วงผ่านการบรรจุหีบห่อในตะกร้าพลาสติกที่รองพื้นด้วยกระดาษ ก่อนการเก็บรักษาที่ $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ บันทึกผลทุกๆ 2 วัน และสุ่มมะม่วงจำนวน 5 ผล ในแต่ละการทดลอง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพผลเริ่มต้นในระยะเก็บเกี่ยว (วันที่ 1 หลังการเก็บเกี่ยว) การบันทึกผลระหว่างการเก็บรักษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. **น้ำหนักผล** ชั่งน้ำหนักผลทุกผล (g) เพื่อเป็นค่าเริ่มต้น สำหรับการคำนวณปริมาณการสูญเสียน้ำหนักสะสม (%) จนกระทั่งผลสุก ด้วยสูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณการสูญเสียน้ำหนักผลสะสม (\%)} = \frac{[\text{น้ำหนักผลเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักผลในวันที่วัดผล}]}{\text{น้ำหนักผลเริ่มต้น}} \times 100$$

2. **สีผิวผล** บันทึกสีผิวผลจากการประเมินด้วยสายตา เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3. **ระยะเวลาการสุกของผล** บันทึกผลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

4. **ความแน่นเนื้อของผลสุก** เจียนผิวผลมะม่วงสุกออก (วันที่สีพื้นของผิวผลเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองทั่วผล หรือมีคะแนน 5.0) เพื่อวัดความแน่นเนื้อของผลด้วย penetrometer ที่มีหัววัดทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร รายงานผลในหน่วยนิวตัน (Newton; N)

5. **ลักษณะคุณภาพทางเคมีของเนื้อผลสุก** บันทึกผลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

นำข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistix 8.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1: อิทธิพลของการอบไอน้ำและระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อระยะเวลาการสุกและคุณภาพของผลมะม่วง

การอบไอน้ำเป็นการปฏิบัติที่ทำให้ผลมะม่วงได้รับความร้อนที่มีความชื้นสูงเป็นเวลานานประมาณ 3.5-4 ชั่วโมงภายในห้องอบไอน้ำ ซึ่งในช่วงสุดท้ายอุณหภูมิภายในเนื้อผลเพิ่มสูงขึ้นเป็น 47°C เป็นเวลา 20 นาที ก่อนนำมะม่วงออกมาจากห้องอบเพื่อลดอุณหภูมิของผลด้วยการใช้พัดลม ส่วนมะม่วงที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำมีอุณหภูมิภายในเนื้อผลประมาณ 24-26°C จากการศึกษาพบว่าผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกทุกกรรมวิธีมีพื้นผิวสีเขียว (คะแนน 1.0) ในระยะเก็บเกี่ยว (วันที่ 1 หลังการเก็บเกี่ยว) ผลมะม่วงที่ผ่าน และไม่ผ่านการอบไอน้ำ และเก็บรักษาที่ 25°C เปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั่วทั้งผล (คะแนน 5.0) ในระยะเวลา 7.06 ถึง 8.75 วันของการเก็บรักษา ซึ่งแสดงว่าผลมะม่วงทั้งสองกรรมวิธีมีระยะเวลาการสุกของผลไม่แตกต่างในสภาพการเก็บรักษาดังกล่าว (Table 1) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลของมะม่วงพันธุ์ Carabao (Tsuda *et al.*, 1999) และพันธุ์ Tuu Shien (Le *et al.*, 2010)

ที่ผ่านและไม่ผ่านการอบไอน้ำระหว่างการเก็บรักษาที่ 25 และ 28°C ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ณ สภาพการเก็บรักษาที่ 25°C การอบไอน้ำทำให้น้ำผลไม้มีปริมาณ TSS และ TA น้อยกว่า ผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ (Table 1) เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Le *et al.* (2010) ที่พบว่ามะม่วงพันธุ์ Tuu Shien ที่ผ่านการอบไอน้ำจนอุณหภูมิภายในเนื้อผลเพิ่มสูงขึ้นเป็น 46.5°C เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณ TSS ลดลง ($P \leq 0.05$) จากปริมาณเริ่มต้น 16.3 เป็น 13.7% ส่วนผลที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำมีค่าดังกล่าวไม่แตกต่าง ($P > 0.05$) กับปริมาณเริ่มต้น หลังจากเก็บรักษาที่ 28°C เป็นเวลา 6 วัน ผลการศึกษาทั้งสองนี้แสดงให้เห็นว่าความร้อนจากการอบไอน้ำที่ผลมะม่วงได้รับเป็นเวลานานทำให้น้ำผลไม้มีอัตราการผลิตเมตาโบไลต์สูงขึ้นหลังจากที่อุณหภูมิภายในผลลดลงระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเป็นความเครียดลักษณะหนึ่งที่เกิดจากการได้รับความร้อนของผลผลิต ผลผลิตดังกล่าวจึงมีการใช้สารอาหาร (โดยเฉพาะน้ำตาล กรดซิตริก และกรดมาลิก) ในกระบวนการหายใจเพิ่มขึ้น (Tefera *et al.*, 2007) และเป็นผลทำให้ปริมาณ TSS และ TA สะสมในเนื้อเยื่อพืชน้อยกว่าผลผลิตที่ไม่ได้รับความร้อน

ระยะเวลาการสุกของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ผ่านและไม่ผ่านการอบไอน้ำในการศึกษารังนี้ไม่มีความแตกต่างกันคือผลสุกที่ 25°C ในระยะเวลา 7.06 ถึง 8.75 วัน (Table 1) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการสุกของมะม่วงพันธุ์เดียวกันนี้ที่ผ่านการอบไอน้ำและเก็บรักษาที่ 25°C ผลมีอายุการเก็บรักษา 7 วัน (กานดา และคณะ, 2551) และสอดคล้องกับการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ผ่านและไม่ผ่านการอบไอน้ำ (อุณหภูมิของเนื้อผลเพิ่มขึ้นเป็น 46°C เป็นเวลา 10 นาที) และเก็บรักษาที่ 25°C ซึ่งผลสุกในระยะเวลา 6 ถึง 8 วัน (ปริยวรรณ และคณะ, 2551) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้มีความแตกต่างกับมะม่วงพันธุ์ Chausa ที่ผ่านการอบไอน้ำเพื่อให้อุณหภูมิภายในผลเพิ่มขึ้นเป็น 48°C อยู่เป็นเวลา 20 นาที โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 3.4 ชั่วโมง (Singh and Saini, 2014) ผู้วิจัยพบว่ามะม่วงพันธุ์นี้สุกในระยะเวลารวดเร็วขึ้น (4 วัน) ภายหลังจากการอบไอน้ำ เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำที่สุกในเวลา 8 วัน ระหว่างการเก็บรักษาในสภาพห้อง ($26.1 \pm 1.8^\circ\text{C}$ และ $49.3 \pm 4.6\%$ RH) ผลสุกแสดงการเปลี่ยนสีผิวผลจากสีเขียวเป็นเหลือง เนื้อผลอ่อนนุ่มมากขึ้น และมีปริมาณสารหอมระเหยทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับระยะก่อนการอบไอน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่ามะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins ที่ผ่านการอบไอน้ำ (50°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง) สุกช้ากว่าผลในชุดควบคุมประมาณ 3 วัน ทั้งนี้ เนื่องจากความร้อนระดับดังกล่าวทำให้มะม่วงมีกิจกรรมของเอนไซม์ ACO ลดลง และการเปลี่ยนสีผิวผลและการอ่อนนุ่มของเนื้อผลระหว่างการสุกเกิดขึ้นช้าลง (Mitcham and McDonald, 1992; Mitcham and McDonald, 1997) ความแตกต่างของผลการศึกษาอาจเกิดจากพันธุ์ ลักษณะทางกายภาพของผล (เช่น น้ำหนักผล ขนาดและรูปร่างผล และความหนาของผิว ชั้นคิวติเคิล และเนื้อผล) และแหล่งปลูกที่มีสภาพภูมิอากาศแตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มะม่วงมีความทนทาน และ/หรือการตอบสนองต่อการได้รับความร้อน (ไอน้ำร้อน) เป็นเวลานานในลักษณะที่ต่างกันไป (Paull and Chen, 2000; Jacobi *et al.*, 2001; Ding and Mijin, 2013)

Table 1 Ripening time (days) and biochemical quality of riped grade A 'Mahachanok' mango fruit applied with VHT (vapor heat treatment) or without and stored at 25 or 13°C until ripening (fruit skin color rating score of 5.0).

Quality parameters	Treatment			<i>F</i> -test ¹
	Control/25°C	VHT/25°C	VHT/13°C	
Ripening time (days)	8.75 b	7.06 b	16.69 a	*
TSS (°Brix)	17.03 a	12.69 b	12.67 b	*
TA (% as citric acid)	0.05 a	0.01 b	0.04 a	*
Vitamin C (mg AAE/100 mL)	1.04	0.43	0.82	<i>ns</i>
TCn (mg/100 g FW)	0.67	0.69	0.58	<i>ns</i>

¹ means in the same row followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD.

* indicated significantly different at $P \leq 0.05$, *ns* indicated non-significantly different at $P \leq 0.05$.



Figure 1 Skin color of 'Mahachanok' mango fruit treated with VHT, and stored at 25°C for 9 days (below) showing a greater yellowing on the entire fruit skin than those kept at 13°C for 9 days (above).

การเก็บรักษามะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำในสภาพอุณหภูมิต่ำ (13°C) สามารถยืดระยะเวลาการสุกของผลได้ 2.4 เท่า (16.69 วัน) เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ผ่านหรือไม่ผ่านการอบไอน้ำและเก็บรักษาที่ 25°C (Table 1) ทั้งนี้พิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงสีพื้นผิวผลจากสีเขียวเป็นสีเหลืองในระยะเวลาที่ยาวนานกว่าการเก็บรักษาที่ 25°C (Figure 1) การชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์นี้ระหว่างการเก็บรักษาที่ 13°C คาดว่าเกิดจากอุณหภูมิต่ำทำให้พืชสังเคราะห์เอทิลีนในปริมาณที่ลดลง และ/หรือเอทิลีนภายในเนื้อเยื่อพืชทำงานได้ช้าลง (McCollum *et al.*, 1993; Ketsa *et al.*, 1999; Dang *et al.*, 2008; Yimyong *et al.*, 2011) ในการชะลอการสุกของผล และการสลายคลอโรฟิลล์ที่ผิวผลมะม่วงระหว่างการสุกของผล การศึกษาต่อไปควรมีการบันทึกผลของอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนของผลระหว่างการสุกร่วมด้วย อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษามะม่วงในสภาพอุณหภูมิต่ำ และความร้อนจากการอบไอน้ำไม่มีอิทธิพลต่อการสะสมของปริมาณวิตามินซี และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในเนื้อผลสุก (Table 1) เช่นเดียวกับปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่ไม่เปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) ในเนื้อผลมะม่วงพันธุ์ Kensington Pride หลังจากการได้รับไอร้อน (40°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง) ก่อนการเก็บรักษาที่ 13°C เป็นเวลา 3 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลในชุดควบคุม (Dang *et al.*, 2008) การศึกษาต่อไปจึงควรวัดปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่สะสมในผิวผลระหว่างการสุกร่วมด้วย

การทดลองที่ 2: อิทธิพลของไอน้ำร้อนและน้ำร้อนต่อระยะเวลาการสุกและคุณภาพของผลมะม่วงที่ 25°C

ผลมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำและเก็บรักษาที่ 25°C สูญเสียน้ำหนักมากกว่า ($P\leq 0.05$) ผลในชุดควบคุม และผลที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนทุกกรรมวิธีในชุดที่ 1 ตั้งแต่วันที่ 4 ถึง 8 ของการเก็บรักษา (Figure 2a) และผลมะม่วงทุกกรรมวิธีในชุดที่ 2 ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาเฉลี่ย 1.1 และ 1.3% ต่อวัน ตามลำดับ (Figure 2b) ผลการศึกษาที่พบนี้คาดว่าเกิดจากวิธีปฏิบัติที่ผลมะม่วงได้รับความร้อนระหว่างการอบไอน้ำเป็นเวลานานอาจก้ำกั๊ว (นวล) บนผิวผลออกไป หรืออาจทำให้ความหนาของชั้น cuticle ที่อยู่บนเซลล์ชั้น epidermis ของผิวผลมะม่วงพันธุ์นี้ลดลง (Sui *et al.*, 2016) เช่นเดียวกับการอบไอน้ำผลมะม่วงพันธุ์นี้ดอกไม้ทำให้ผลสูญเสียน้ำหนักมากกว่า ($P\leq 0.05$) ผลในชุดควบคุม (เฉลี่ย 0.52 และ 0.43% ต่อวัน ตามลำดับ) ระหว่างการเก็บรักษาที่ 15°C เป็นเวลา 8-14 วัน (รั่มพ์พันธุ์ และคณะ, 2554) นอกจากนี้ ผลการศึกษานี้พบว่าผลมะม่วงที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนทุกกรรมวิธีในชุดที่ 2 สูญเสียน้ำหนักในปริมาณที่น้อยกว่า ($P\leq 0.05$) ผลในชุดควบคุมในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา 25°C (Figure 2b) การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน (47 และ 50°C เป็นเวลา 10-20 นาที) ในปริมาณที่น้อยกว่าผลในชุดควบคุมสอดคล้องกับผลการศึกษาในมะม่วงพันธุ์ Copania ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่ 48 และ 52°C เป็นเวลา 10 นาที ก่อนการบรรจุผลในกล่องกระดาษลูกฟูกและเก็บรักษาที่ 10°C เป็นเวลา 7 และ 14 วัน (Yousef *et al.*, 2012) การที่มะม่วงมีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักลดลงหลังจากการจุ่มผลในน้ำร้อนคาดว่าเกิดจากการหลอมของไขหรือสารคิวตินที่สะสมบนผิวผลจากการได้รับความร้อน และเคลื่อนตัวมาปิดช่องเลนติเซลและ/หรือรอยแตกของคิวติเคิลบนชั้น epidermis (Schirra *et al.*, 1999; Li *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตาม แนวโน้มดังกล่าวนี้ไม่พบจากการศึกษากับมะม่วงพันธุ์ Carabao ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่ 51-55°C เป็นเวลา 10 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่สภาพห้อง (26-31°C) เป็นเวลา 7 วัน (Lizada *et al.*, 1986) และที่ 53°C เป็นเวลา 20 นาที ก่อนการบรรจุหีบห่อในกล่องกระดาษรองพื้นกล่องด้วยแผ่นพลาสติกเจาะรู และเก็บรักษาที่ 18-20°C เป็นเวลา 14 วัน (Alvandia and Acda, 2015) และพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนที่ 55°C เป็นเวลา 5 นาที ก่อนการบรรจุหีบห่อในตะกร้าพลาสติกคลุมด้วยถุงพลาสติก และเก็บรักษาที่ 13°C เป็นเวลา 12 วัน การศึกษาต่อไปควรมีศึกษาลักษณะโครงสร้างของผิวผลที่ผ่านการได้รับความร้อน และระดับอุณหภูมิภายในผลหลังจากการได้รับความร้อน และ/หรือทำให้เย็นก่อนการเก็บรักษา เพื่อสามารถอธิบายอิทธิพลของความร้อนต่อปริมาณการสูญเสียน้ำหนักของผลผลิต (Lizada *et al.*, 1986; Schirra *et al.*, 1999; Schirra *et al.*, 2000; Shellie and Mangan 2002)

ผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกทุกกรรมวิธีในชุดที่ 1 เปลี่ยนจากสีเขียว (คะแนน 1.0) เป็นสีเหลืองด้วยคะแนนที่เพิ่มขึ้น (>1.0 ถึง 5.0) ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาโดยไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนสีผิวของมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำมีแนวโน้มเกิดขึ้นช้า (คะแนนน้อย) กว่าผลในกรรมวิธีอื่นๆ (Figure 2c) ส่วนผลมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำ และที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนระดับ 50°C เป็นเวลา 20 นาที ในชุดที่ 2 มีสีผิวผลเปลี่ยนแปลงไปด้วยคะแนนที่น้อยกว่า ($P\leq 0.05$) ผลในกรรมวิธีอื่นๆ อย่างชัดเจนในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (Figure 2d) แสดงว่าการอบไอน้ำและการจุ่มน้ำร้อนสามารถชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่สะสมบนผิวผลมะม่วงพันธุ์นี้ได้ หลังจากการได้รับความร้อนและเก็บรักษาไว้ในระยะเวลาสั้นๆ และเมื่อระยะเวลาของเก็บรักษายาวนานขึ้น มะม่วงทุกกรรมวิธีมีสีพื้นของผิวผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั่วผล (ผลสุก) ในระยะเวลาที่ไม่แตกต่างกันคือ 6.8-7.5 วัน (Table 2) ผลการศึกษานี้พบว่าสอดคล้องกับมะม่วงพันธุ์ Chaunsa ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน 48°C เป็นเวลา 60 นาที ก่อนการเก็บรักษาในสภาพห้องเป็นเวลา 9 วัน ซึ่งผลมีสีผิวผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้อยกว่าผลในชุดควบคุม (30-55% และ 70-90% ของพื้นที่ผิวผล ตามลำดับ) ตั้งแต่วันที่ 4 ถึง 8 ของการเก็บรักษา (Faheem *et al.*, 2012) และกับมะม่วงพันธุ์ Kensington ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน 47°C เป็นเวลา 30 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่ 22°C เป็นเวลา 7 วัน (Jacobi *et al.*, 1995) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ขัดแย้งกับผลการศึกษานักวิจัยหลายท่าน Singh and Saini (2014) พบว่าการอบไอน้ำผลมะม่วงพันธุ์ Chaunsa เร่งการเปลี่ยนสีผิวผลเป็นสีเหลือง (ผลสุก) ในระยะเวลารวดเร็วกว่าผลที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำระหว่างกระบวนการเก็บรักษาในสภาพห้อง (ดังรายละเอียดในผลการทดลองที่ 1) Luria *et al.* (2014) รายงานว่ามะม่วงพันธุ์ Shelly ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน 55°C เป็นเวลา 15-20 วินาที ก่อนการเก็บรักษาที่ 12°C เป็นเวลา 16 วัน หลังจากนั้น นำผลมาเก็บรักษาต่อที่ 20°C เป็นเวลา 8 วัน พบว่าผิวผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น 31% เปรียบเทียบกับผลชุดควบคุม ทั้งนี้ เนื่องจากการได้รับความร้อนดังกล่าวทำให้เกิดการแสดงออกที่ลดลงของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ที่ผิวผล และ Dang *et al.* (2008) พบว่าสีผิวผลมะม่วงพันธุ์ Kensington Pride ที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน 52°C เป็นเวลา 10 นาที เปลี่ยนเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น (คะแนนสีผิวเพิ่มขึ้น และค่า h° ลดลง) เปรียบเทียบกับผลชุดควบคุม หลังจากการเก็บรักษาที่ 13°C เป็นเวลา 21 วัน หลังจากนั้น นำผลมาเก็บรักษาต่อที่ 21°C เป็นเวลา 5-7 วัน จนกระทั่งผลสุก โดยความแตกต่างของผลการศึกษาดังกล่าวนี้น่าจะเป็นเพราะระยะเวลาและระดับอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกันก่อนการสุกของผล นอกจากความแตกต่างของพันธุ์ และ/หรือลักษณะทางกายภาพของผลดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การศึกษานี้ไม่ได้วัดปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่สะสมในผิวผลระหว่างการสุก นอกจากปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดที่สะสมในเนื้อผลสุกซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 1 และ 2) ดังนั้น การศึกษาต่อไปจึงควรวัดค่าดังกล่าวเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงกับลักษณะคุณภาพด้านอื่นของผลระหว่างการสุกของมะม่วงพันธุ์นี้ที่ผ่านการอบไอน้ำหรือจุ่มน้ำร้อน

ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกทุกกรรมวิธีในระยะผลสุกมีคุณภาพของเนื้อผลที่ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นปริมาณ TA (Table 2) โดยในวันที่ผลสุก (วันที่ 8 ของการเก็บรักษา) เนื้อผลมะม่วงในชุดที่ 1 ที่ผ่านการอบไอน้ำ มีปริมาณ TA มากกว่า ($P\leq 0.05$) ผลมะม่วงชุดควบคุม นอกจากนี้ ผลการศึกษานี้มะม่วงชุดที่ 2 ที่ผ่านการอบไอน้ำ ได้แสดงแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้ (Figure 3b) แต่พบว่าผลสุกมีปริมาณ TSS ลดลง ซึ่งแตกต่างจากมะม่วงชุดที่ 1 ที่ผลมะม่วงไม่มีความแตกต่างกันด้านปริมาณ TSS (Table 2) ผลการศึกษานี้แสดงว่าความร้อน (ไอน้ำร้อน) เนื้อเยื่อพืชได้รับเป็นเวลายาวนาน (3.5-4 ชั่วโมง) มีอิทธิพลต่อการชะลอกระบวนการสุกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกได้เพียงบางกระบวนการคือ การชะลอการสลายตัวของกรดอินทรีย์ (Figure 3b) และคลอโรฟิลล์ที่สะสมบนผิวผล (Figure 2d) และการเกิดเมตาโบลิซึมสูงขึ้น เนื้อเยื่อพืชจึงมีการใช้น้ำตาลในกระบวนการเมตาโบลิซึมดังกล่าวเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการศึกษาที่สอดคล้องกับการพบการแสดงออกที่เพิ่มขึ้นของยีนกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับเมตาโบลิซึมของน้ำตาลและสารประกอบฟีนอล และพบการแสดงออกที่ลดลงของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และกระบวนการ

การสังเคราะห์แสงในระยะเวลาตั้งแต่ 4 ถึง 48 ชั่วโมง หลังจากการได้รับความร้อนของผลมะม่วง (Luria *et al.*, 2014) เป็นที่น่าสังเกตว่าผลมะม่วงเกรดเอที่ผ่านการอบไอน้ำในระยะผลสุก (ที่ 25°C) มีปริมาณ TSS และ TA ลดลง ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลชุดควบคุม (Table 1) ซึ่งแตกต่างจากมะม่วงเกรดบีทั้งสองชุดในการทดลองที่ 3 (Table 2; Figure 3a,b) ความแตกต่างนี้คาดว่าเป็นเพราะความบริบูรณ์ของผลที่ต่างกันระหว่างผลมะม่วงเกรดเอและเกรดบีในระยะเก็บเกี่ยว และฤดูกาลผลิตที่ต่างกัน โดยภาพรวมแล้ว ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนมีการพัฒนาของสีพื้นผิวไม่แตกต่างกัน

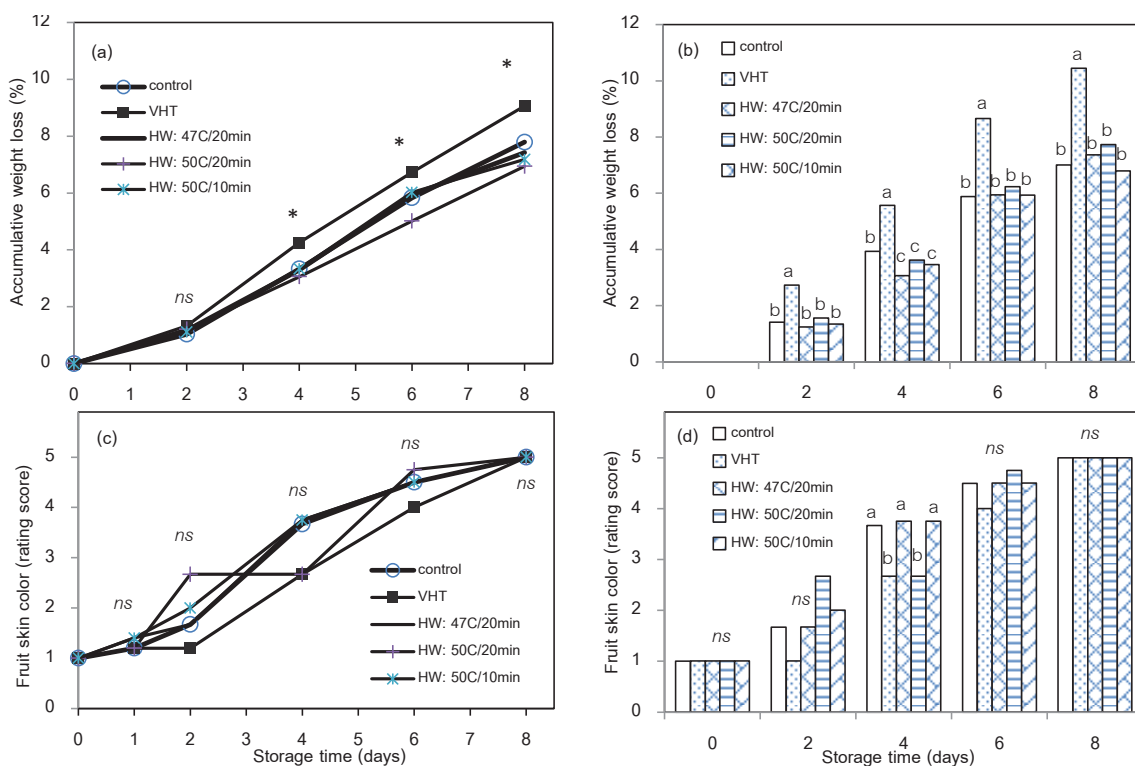


Figure 2 Accumulative weight loss (a and b) and fruit skin color (c and d) of 'Mahachanok' mango fruit applied with VHT or HW and kept at 25°C until ripening (fruit skin color rating score of 5.0). Non-destructive replicated fruit were shown in (a) and (c), while destructive ones using the other set of replicated fruit were shown in (b and d). Means in each storage times followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD, and *ns* indicated non-significant difference at $P \leq 0.05$ by LSD

Table 2 Ripening time (days), flesh firmness, and fruit quality of riped 'Mahachanok' mango (non-destructive replicated fruit) applied with VHT or hot water (HW) treatments or without (control) and stored at 25°C until ripening (fruit skin color rating score of 5.0). The biochemical analysis was undertaken on the ripening time.

Treatment	Ripening time (days)	Firmness (N)	TSS (°Brix)	TA (%)	Vitamin C (mg AAE/100 mL)	TCn (mg/100 g FW)
control	6.8	11.28	16.53	0.05 b	2.76	0.67
VHT	7.3	14.87	16.53	0.10 a	3.92	0.83
HW 47°C/20 min	6.8	11.77	16.67	0.04 b	1.84	0.82
HW 50°C/20 min	7.5	13.73	16.33	0.09 a	1.61	0.86
HW 50°C/10 min	7.1	11.28	16.00	0.07 b	1.15	1.21
<i>F</i> -test	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>
%CV	12.78	17.70	6.77	26.35	83.72	12.78

Noted: Initial values of flesh firmness, TSS, TA vitamin C and TCn measured on the first day after harvest were 107.71 N, 9.67°Brix, 0.98% (as citric acid), 4.38 mg AAE/100 mL and 0.15 mg/100 g FW, respectively.

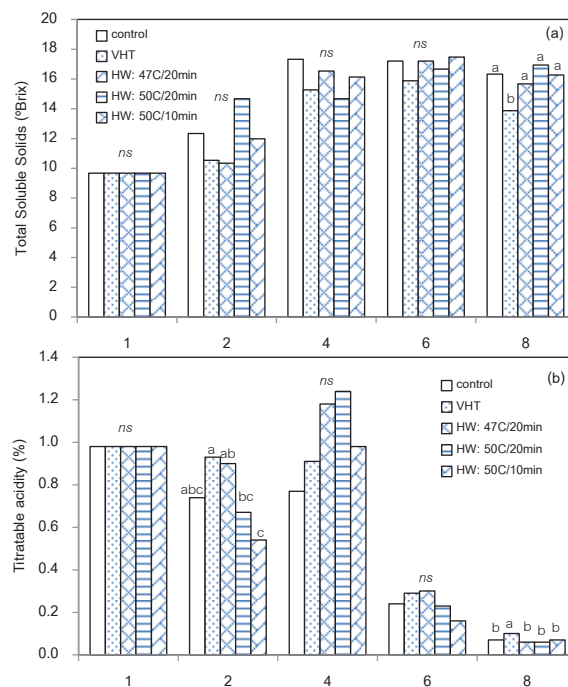


Figure 3 Total soluble solids (°Brix) (a) and titratable acidity (%) (b) of 'Mahachanok' mango fruit (destructive replicated fruit) applied with VHT or HW or without (control) and kept at 25°C until ripening (fruit skin color rating score of 5.0). Means in each storage times followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD, and ns indicated non-significant difference at $P \leq 0.05$ by LSD.

กับผลในชุดควบคุมและมีคุณภาพของผลสุกที่ไม่แตกต่างกันกับผลที่อบไอน้ำ (ยกเว้นปริมาณ TA) ส่วนผลที่ผ่านการอบไอน้ำมีการพัฒนาของสีพื้นผิวในช่วงก่อนการสุกเกิดขึ้นช้ากว่าและสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน วิธีปฏิบัติด้านการอบไอน้ำใช้ระยะเวลายาวนาน (3.5-4 ชั่วโมง) กว่าวิธีการจุ่มน้ำร้อน ดังนั้น วิธีการจุ่มผลมะม่วงในน้ำร้อนด้วยระยะเวลาสั้นๆ (10-20 นาที) จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่เกษตรกรและผู้ประกอบการส่งออกสามารถนำมาปฏิบัติต่อมะม่วงพันธุ์นี้ได้

สรุป

มะม่วงพันธุ์มหาชนกทั้งเกรดเอที่นำมาอบไอน้ำ (47°C เป็นเวลา 20 นาที) มีการสุกของผลในระยะเวลาไม่แตกต่างกับผลชุดควบคุม (7.06 และ 8.75 วัน ตามลำดับ) การเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำ (13°C) สามารถยืดระยะเวลาการสุกของผลมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำได้ประมาณ 2 เท่า สีพื้นของผิวผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองช้าลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่เก็บรักษาที่ 25°C อย่างไรก็ตาม ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 25°C มะม่วงเกรดบีที่ผ่านการอบไอน้ำสูญเสียน้ำหนักมากกว่า ผิวผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองช้ากว่า และเนื้อผลสุกมีปริมาณ TA มากกว่า และปริมาณ TSS น้อยกว่า ($P \leq 0.05$) ผลชุดควบคุม ส่วนคุณภาพด้านอื่น (ความแน่นเนื้อ ปริมาณ TCn และวิตามินซี) ไม่มีความแตกต่างกับผลชุดควบคุม ส่วนการจุ่มผลมะม่วงในน้ำร้อน (47°C เป็นเวลา 10 นาที และ 50°C เป็นเวลา 10 หรือ 20 นาที) ลดปริมาณการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาที่ 25°C และการจุ่มผลในน้ำร้อนระดับ 50°C เป็นเวลา 20 นาที ทำให้ผิวผลมะม่วงเปลี่ยนสีพื้นผิวเป็นสีเหลืองช้าลงระหว่างการเก็บรักษา แต่ระยะเวลาการสุกของผลไม่แตกต่างกับผลชุดควบคุม (6.8-7.5 วัน) ดังนั้น วิธีการจุ่มน้ำร้อนจึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่เกษตรกรและผู้ประกอบการส่งออกสามารถนำมาปฏิบัติต่อมะม่วงพันธุ์นี้ได้โดยที่ผลยังมีคุณภาพดี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวสำหรับการสนับสนุนเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งสำหรับการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. ม.ป.ป. ข้อบังคับในการส่งมะม่วงและมังคุดไปประเทศญี่ปุ่น. แหล่งที่มา: http://www.agriqua.doae.go.th/plantclinic/Clinic/other/mango_b/h.htm, 2 พฤศจิกายน 2559.
- กานดา หวังชัย จำน อุตยบุตร และ วิลาวัลย์ คำปวน. 2551. ผลของระยะความบริสุทธิ์ และอุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์มหาชนกเพื่อการส่งออก. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จิตติมา จิรโพธิธรรม อภิธา บุญศิริ ยุพิน อ่อนศิริ และ พิษณุ บุญศิริ. 2557. การลดการเน่าเสียและรักษาคุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สี่ที่ผ่านการบ่มสุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำด้วยวิธีการล้างที่เหมาะสมร่วมกับการใช้สารเคลือบผิว. ว. วิทย์. กษ. 45:3/1 (พิเศษ): 33-36.
- จุลจิรา การสมวาสน์. 2545. ผลของระยะความแก่และอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชัยณรงค์ รัตนกริยากุล รัตติยา พงศ์พิสุทธิ และ รณภพ บรรณจิตติเดช. 2555. การประเมินศักยภาพของวิธีการควบคุมโรคเชื้อผลเน่าในผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง. ว. วิทย์. กษ. 43:3 (พิเศษ): 481-484.
- ดนัย บุญเกียรติ, นิธิยา รัตนพานนท์ และ พิมพิไล สีหะนาม. 2550. ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. รายงานวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ปรียวรรณ ทพยสาร หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล ชัยรัตน์ เดชอุดมพร และเฉลิมชัย วงษ์อารี. 2551. การเปรียบเทียบการจุ่มน้ำร้อนและการอบไอน้ำร้อนต่อคุณภาพการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ว. วิทย์. กษ. 39:3 (พิเศษ): 91-94.

- วิวัฒน์ ศาสตน์นนท์. 2545. ผลของน้ำร้อนและไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุวางจำหน่ายมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รัฐพล เมืองแก้ว และ พีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2557. ผลของการห่อผลที่มีต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์มหาชนก. แก่นเกษตร. 42 (ฉบับพิเศษ) 3: 45-50.
- รัชมังพันธุ์ โกศลนันท์ วรรณิการ์ เพ็งคุ้ม และ วีรภรณ์ เดชนาบุญชาชัย. 2554. การขัดล้างด้วยน้ำร้อน: ทางเลือกสำหรับการอบไอน้ำเพื่อลดการเกิดโรคแอนแทรกในสของผลมะม่วง. ว. วิทย. กษ. 42:1 (พิเศษ): 15-18.
- สมศิริ แสงโชติ และ วนิดา สีหาไชย. 2551. การเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำร้อนเพื่อการควบคุมโรคแอนแทรกในสของผลมะม่วง. ว. วิทย. กษ. 39:3 (พิเศษ): 115-118.
- สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551. คู่มือสำหรับประชาชน: การกำจัดศัตรูพืชกักกันสำหรับการส่งออกผักและผลไม้กรณีเงื่อนไขพิเศษ. แหล่งสืบค้นข้อมูล: <https://info.go.th/Guide/GenerateCitizenGuideFront/7362>, 25 พฤษภาคม 2559.
- สำนักงานส่งเสริมการค้าในราชอาณาจักร. 2558. มะม่วงไทยสู่ทางสถไลในตลาดญี่ปุ่น. แหล่งสืบค้นข้อมูล: http://www.ditp.go.th/contents_attach/93893/93893.pdf, 25 พฤษภาคม 2559.
- อดิศักดิ์ เคลื่อนจิต. 2555. อิทธิพลของตำแหน่งและทิศทางของผลบนต้นที่มีต่อคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวในฤดูปกติ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- อุบล ชินวงศ์ พินันท์ พรหมโชติ สาธิต พสุวิทยกุล และ วนัสสันต์ นันทะบรรณ. 2558. ปริมาณผลผลิตและคุณภาพของมะม่วงพันธุ์มหาชนกในการผลิตนอกฤดู. ว. เกษตรพระจอมเกล้า. 33(1): 72-83.
- Alvindia, D. and M.A. Acda. 2015. Revisiting the efficacy of hot water treatment in managing anthracnose and stem-end rot diseases of mango cv. 'Carabao' Crop Prot. 67: 96-101.
- Baloch, M. K. and F. Bibi. 2012. Effect of harvesting and storage conditions on the postharvest quality and shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) fruit. South African J. Bot. 83: 109-116.
- Collin, M. N. D., Arnaud, C., Kagy, V. and C. Didier. 2007. Fruit flies: disinfestation, techniques used, possible application to mango. Fruits (Paris), 62: 223-236.
- Dang, K. T., Z. Singh, and E.E. Swinny. 2008. Impact of postharvest disease control methods and cold storage on volatiles, color development and fruit quality in ripe 'Kensington Pride' mangoes. J. Agric. Food Chem. 56(22): 10667-10674.
- Ding, P. and S. Mijin. 2013. Physico-chemical characteristics of 'Chok Anan' mango fruit after hot water treatments. Tropical Agric. Sci. 36(4): 359-372.
- Faheem, M., S. Saeed, A. Sajjad, A. Rehman and M. Farooq. 2012. In search of the best hot water treatments for Sindhri and Chausa variety of mango. Pakistan J. Zool. 44(1): 101-108.
- Jacobi, K. K., J.E. Giles, E. MacRae and T. Wegrzyn. 1995. Conditioning 'Kensington' mango with hot air alleviates hot water disinfestation injuries. HortScience. 30(3): 562-565.
- Jacobi, K. K. and J.E. Giles. 1997. Quality of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* L.) fruit following combined vapour heat disinfestation and hot water disease control treatments. Postharvest Biol. Technol. 12: 285-292.
- Jacobi, K. K., E.A. MacRae and S.E. Hetherington. 2000. Effect of hot air condition of 'Kensington' mango fruit on the response to hot water treatment. Postharvest Biol. Technol. 21: 39-49.
- Jacobi, K. K., E.A. MacRae. and S.E. Hetherington. 2001. Postharvest heat disinfestation treatments of mango fruit. Sci. Hortic. 89: 171-193.
- Ketsa, S., S. Chidtragool, J.D. Klein and S. Lurie. 1999. Ethylene synthesis in mango fruit following heat treatment. Postharvest Biol. Technol. 15: 65-72.
- Kim, Y., J.K. Brecht and S. T. Talcott. 2007. Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. Food Chem. 105: 1327-1334.
- Le, T., C. Shiesh, H. Lin and E. Lee. 2010. Vapour heat quarantine treatment for Taiwan native mango variety fruits infested with fruit fly. J. App. Hortic. 12(2): 107-112.

- Li, X., X. Zhu, N. Zhao, D. Fu, J. Li, and W. Chen. 2013. Effects of hot water treatment on anthracnose disease in papaya fruit and its possible mechanism. *Postharvest Biol. Technol.* 86: 437-446.
- Lizada, M. C. C., J. U. Agravante and E.O. Brown. 1986. Factors affecting postharvest disease control in 'Carabao' mango subjected to the hot water treatment. *Philipp. J. Crop Sci.* 11(3): 153-161.
- Luria, N., N. Sela, M. Yaari, O. Feygenberg, I. Kobiler, A. Lers and D. Prusky. 2014. *De-novo* assembly of mango fruit peel transcriptome reveals mechanisms of mango response to hot water treatment. *BMC Genomics.* 15: 957-970.
- Mansour, F. S., S.A. Abd-El-Aziz and G.A. Halal. 2006. Effect of fruit heat treatment in three mango varieties on incidence of postharvest fungal disease. *J. Plant Pathol.* 88(2): 141-148.
- McCollum, T. G., S. D'Aquino. and R.E. McDonald. 1993. Heat treatment inhibits mango chilling injury. *HortScience.* 28(3): 197-198.
- Mitcham, E. J. and R.E. McDonald. 1992. Effects of vapor heat treatment on mango fruit quality. *HortScience.* 27: 678-680.
- Mitcham, E. J. and R.E. McDonald. 1997. Effects of postharvest heat treatment on inner and outer tissue of mango fruit. *Tropical Sci.* 37: 193-205.
- Omura, K., T. Dohino, M. Tanno, I. Miyazaki and N. Suzuk. 2014. Vapour heat mortality tests on the eggs of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*, infesting different fruit shape of fresh mango. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan.* 50: 1-8.
- Paull, R. E. and N.J. Chen. 2000. Heat treatment and fruit ripening. *Postharvest Biol. Technol.* 21: 21-37.
- Ranganna, S. 1999. *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*. Second edition. Tata Mc-Graw Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Roy, S. K. 1973. Simple and rapid methods for the estimation of total carotenoids pigments in mango. *J. Food Sci. Tech.* 10: 45-46.
- Schirra, M., G. D'hallewin, P. Inglese and T.L. Mantia. 1999. Epicuticular changes and storage potential of cactus pear [*Opuntia ficus-indica* Miller (L.)] fruit following gibberellic acid preharvest sprays and postharvest heat treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 17: 79-88.
- Schirra, M., G. D'hallewin, S. Ben-Yehoshua and E. Fallik. 2000. Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 21: 71-85.
- Shellie, K. C. and R.L. Mangan. 2002. Hot water immersion as a quarantine treatment for large mangoes: artificial versus cage infestation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127(3): 430-434.
- Singh, S. P. and M.K. Saini. 2014. Postharvest vapour heat treatment as a phytosanitary measure influences the aroma volatiles profile of mango fruit. *Food Chem.* 164: 387-395.
- Sripong, K., P. Jitareerat, S. Tsuyumu, A. Uthairatanakij, V. Srilaong, C. Wongs-Aree, G. Ma, L. Zhang and M. Kato. 2015. Combined treatment with hot water and UV-C elicits disease resistance against anthracnose and improves the quality of harvested mangoes. *Crop Prot.* 77: 1-8.
- Sui, Y., M. Wisniewski, S. Droby, J. Norelli and J. Liu. 2016. Recent advances and current status of the use of heat treatments in postharvest disease management systems: is it time to turn up the heat? *Trends Food Sci. Technol.* 51: 34-40.
- Tefera, A., T. Seyoum and K. Woldetsadik. 2007. Effect of disinfection, packaging and storage environment on the shelf life of mango. *Bios. Engineer.* 96: 201-212.
- Tsuda, T., Chachin, K., Esguerra, E. B., Lizada, M. C. C. and Ueda, Y. 1999. Effects of vapor heat treatment (VHT) on peel color, respiration, organic acid, sugar and starch contents of 'Carabao' mangoes. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68: 877-882. (In Japanese).
- Yousef, A. R. M., H.S. Emam, and D.M.M. Ahmed. 2012. Storage and hot water treatments on poststorage quality of mango fruit (*Mangifera indica* L.) variety Copania. *Australian J. Basic App. Sci.* 6(13): 490-496.
- Yim Yong, S., T. Datsenka, A.K. Handa and K. Serapheap. 2011. Hot water treatment delays ripening-associated metabolic shift in 'Okrong' mango fruit during storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 136(6): 441-451.
- Zhang, Z., Z. Gao, M. Li, M. Hu, H. Gao, D. Yang and B. Yang. 2012. Hot water treatment maintains normal ripening and cell wall metabolism in mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *HortScience.* 47(10): 1466-1471.