เรื่อง ความเสียหายของเงาะจากวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน
Phytotoxic Response of Rambutan to Post-harvest Heat Disinfestation Treatments

ผู้ดำเนินการ อุดร อุณหวุฒิ สลักจิต ชัยณรัตน์ สนศิริ พานคำ
มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ จารุวรรณ จันทรา และรัชฎา อินทรกำแหง
กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

บทคัดย่อ

อบเงาะ (*Nepherium lappaceum*) พันธุ์โรงเรียน โดยวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน 2 กรรมวิธี คือวิธีการอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment, VHT) และวิธีอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) เพื่อศึกษาความเสียหายของเงาะจากความร้อน และหาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมสำหรับเงาะ โดยอบเงาะเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลให้คงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1 และ 2 ชั่วโมง และลดอุณหภูมิผลเงาะทันทีหลังสิ้นสุดการให้ความร้อนโดยเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง การอบเงาะด้วยวิธีอบไอน้ำ ผลเงาะจะอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ตลอดเวลา ขณะที่วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์นั้น ในช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลเงาะถึง 43 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็น 65 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์ถูกปรับให้เพิ่มสูงขึ้นอยู่ที่ระดับมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปเงาะผ่านความร้อนมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น เมื่ออบเงาะเป็นเวลานานทั้ง 2 กรรมวิธี แตกต่างกันทางสถิติจากเงาะที่ไม่ผ่านความร้อน ในส่วนปริมาณน้ำตาล และความเป็นกรด ไม่แตกต่างกันทางสถิติจากเงาะที่ไม่ผ่านความร้อน เงาะเสียหายจากความร้อนแสดงอาการให้เห็นอย่างเด่นชัดคือ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและขนแห้งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำอย่างรวดเร็ว เป็นลักษณะความเสียหายของเงาะจากความร้อนที่สังเกตเห็นได้จากภายนอก เงาะผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ มีจำนวนเงาะแสดงอาการเปลือกและขนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มมีแนวโน้มรุนแรงมากกว่าเงาะผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำ เมื่อพิจารณาข้อมูลจากงานวิจัยนี้ วิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำมีศักยภาพและความเหมาะสมกับเงาะมากกว่าวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้นจึงควรเลือกวิจัยพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำเพื่อการยอมรับเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในเงาะก่อนส่งออกไปยังประเทศที่มีความเข้มงวดด้านกักกันพืช

รหัสการทดลอง 07-01-49-07-01-02-05-49

คำนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกเงาะ (*Nepherium lappaceum*) มากที่สุด รองลงมาได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศประมาณ 535,522 ไร่ มีผลผลิตรวม 683,921 ตัน พื้นที่ปลูกมากที่จังหวัดจันทบุรี ตราด สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช ในปี 2549 มีการส่งออกเงาะบรรจุภาชนะอัดลมในปริมาณ 5,310 ตัน เป็นมูลค่า 170 ล้านบาท สำหรับเงาะสดมีการส่งออกในปี 2550 (ก.ค.) ปริมาณ 1,893 ตัน เป็นมูลค่า 30 ล้านบาท ปริมาณการส่งออกในปี 2549 ประมาณ 640 ตัน เป็นมูลค่า 17 ล้านบาท (สถานการณ์เงาะ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553) ในแต่ละปีปริมาณการส่งออกมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ แต่ตลาดกลับจำกัดอยู่เฉพาะเพียงไม่กี่ประเทศ เช่น จีน ฮ่องกง มาเลเซีย สิงค์โปร์ เป็นต้น ปัญหากักกันพืชเป็นสาเหตุสำคัญต่อการขยายตลาดส่งออก ประเทศญี่ปุ่นห้ามนำเข้าเงาะจากประเทศไทยโดยระบุว่า เป็นพืชอาศัยของแมลงศัตรูพืชร้ายแรงด้านกักกันพืช ได้แก่ แมลงวันผลไม้ในกลุ่ม *Bactrocera dorsalis* species complex ความเสี่ยงที่เงาะจะนำศัตรูพืชร้ายแรงเข้าไปแพร่ระบาดที่ประเทศซึ่งไม่มีแมลงดังกล่าวนี้ จึงไม่อนุญาตให้นำเข้าเงาะจากประเทศไทย เว้นแต่จะต้องกำจัดแมลงวันผลไม้ก่อนส่งออกด้วยวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) ที่ได้ตามมาตรฐานกำหนด

ประเทศไทยประสบความสำเร็จในการศึกษาวิจัย การใช้ความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) เมื่อปี พ.ศ. 2529 โดยพัฒนาวิธีอบไอน้ำเป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ 2 ชนิด คือ oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hencel) และ melon fly, *B. cucurbitae* (Coquillett) ในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันก่อนส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น กระบวนการอบไอน้ำประกอบด้วยการเพิ่มอุณหภูมิผลมะม่วงถึง 46.5 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมิ46.5 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ตลอดระยะเวลาการให้ความร้อนมะม่วง อากาศร้อนอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Unahawutti *et al*., 1986) แต่อย่างไรก็ดีกรรมวิธีอบไอน้ำดังกล่าวนี้ไม่สามารถใช้กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง เนื่องจากมะม่วงเหล่านี้ค่อนข้างจะอ่อนแอต่อความร้อนจึงได้รับความเสียหายจากความร้อนค่อนข้างมาก ต่อมาได้ปรับเปลี่ยนกระบวนการให้ความร้อนใหม่เป็นกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ดังกล่าวข้างต้นในมะม่วงครอบคลุมถึง 4 พันธุ์ คือ พันธุ์ หนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง กระบวนการกำจัดแมลงกรรมวิธีใหม่ประกอบด้วยการเพิ่มอุณหภูมิผลให้คงอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที โดยในช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลมะม่วงจากอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) ถึง 43 องศาเซลเซียส อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ หลังจากอุณหภูมิผล 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Unahawutti *et al.*1991) นอกจากนี้แล้ว Unahawutti และคณะ (1999) ยังประสบความสำเร็จในการวิจัยพัฒนาวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในมังคุด

(Garcinia mangostana Linn.) โดยใช้กระบวนการเดียวกันกับมะม่วงแต่คงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 58 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในกลุ่ม *Batrocera dorsalis* species complex 4 ชนิด คือ carambola fruit fly, *B. carambolae* Drew and Hancock; *B. dorsalis* (Hendel); papaya fruit fly, *B. papayae* Drew and Hancock และ guava fruit fly, *B. pyrifoliae* Drew and Hancock ได้ตามมาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชโดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมังคุด

การกำจัดแมลงด้วยความร้อนมีข้อดีในด้านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนนั้น นอกจากใช้กำจัดแมลงแล้ว ยังมีประสิทธิภาพ ในการกำจัดเชื้อรา ใช้ง่าย และ ไม่มีพิษตกค้าง สำหรับข้อเสียประการสำคัญคือ มีแนวโน้มสูงที่ทำให้ผลไม้เสียหาย (phytotoxicity) (Armstrong and Couey, 1989; Paull, 1990) เนื่องจากกระบวนการกำจัดแมลงซึ่งสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืช ด้านกักกันพืชนั้นมักจะต้องให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเกินกว่าผลไม้จะทนทานได้ อีกทั้งผลไม้แต่ละชนิดทนความร้อนได้แตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้งานวิจัยเพื่อให้ได้วิธีกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลไม้ จึงต้องทดลองกับผลไม้แต่ละชนิดและพันธุ์ รายงานผลการวิจัยต่อไปนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ (1)เพื่อศึกษาหาลักษณะอาการความเสียหายของเงาะจากความร้อน และ (2) เพื่อศึกษาหากรรมวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเงาะระหว่าง 2 กรรมวิธี คือ วิธีอบไอน้ำ และ วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง 2 เครื่อง
2. ตู้ลดอุณหภูมิผลไม้
3. เครื่องอ่างน้ำร้อน
4. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดของผลไม้
5. เครื่องวัดค่าความหวานของผลไม้
6. ห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก โดยใช้อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และความชื้น 75 เปอร์เซ็นต์
7. ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก 4 ตู้
8. ห้องเย็นสำหรับเก็บผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง
9. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบต่อเนื่อง
10. แท่งวัดอุณหภูมิขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง
11. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งสำหรับงานทดลอง

12. อุปกรณ์สำหรับเช็คผลการทดลองๆ ได้แก่ พู่กัน ปากคีบ เคาท์เตอร์ จานทดลองขนาดเล็ก(plate) ถาดใส่ผลไม้ ถุงผ้าตาข่าย ถุงมือ มีดปอกผลไม้ ถุงขยะดำ และอื่น ๆ

วิธีการ

1. การจัดหาและการเตรียมเงาะก่อนเข้าตู้อบไอน้ำ
2. การเตรียมตู้อบไอน้ำ
3. การชั่งน้ำหนักเงาะและการคัดเลือกเงาะ
4. ขั้นตอนการนำเงาะเข้า และออกจากตู้อบไอน้ำ
5. การลดอุณหภูมิผลเงาะหลังการอบไอน้ำ
6. การจัดเก็บเงาะหลังการอบไอน้ำ
7. ความเสียหายหลังอบไอน้ำ การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความหวาน และค่าความเป็นกรด
8. รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง

<u>วิธีการทดลอง</u> : ทำการทดลองกับเงาะพันธุ์โรงเรียน ผลขนาดกลางน้ำหนัก 30-40 กรัม/ผล อบเงาะเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 วิธี คือ วิธีอบไอน้ำ และวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ วิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนแต่ละกรรมวิธี มีลักษณะของการให้ความร้อนกับผลไม้แตกต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้ วิธีอบไอน้ำ เป็นการอบเงาะในสภาพที่เงาะอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงแรกเป็นการอบเงาะโดยวิธีอบอากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเงาะอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส จึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่น EHK-1000B จำนวน 2 เครื่อง ผลิตโดยบริษัท Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) เครื่องมีลักษณะเป็นตู้สแตนเลสสี่เหลี่ยมขนาด 1.03 x 3.10 x 1.81 เมตร ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญดังนี้ คือ (1) ห้องบรรจุผลไม้สำหรับกำจัดแมลง (treatment chamber) (2) ส่วนควบคุมการทำงาน (instrumental and control panel) และ (3) ส่วนผลิตไอน้ำร้อน (temperature and humidity unit and refrigerating unit for cooling) แต่ละส่วนติดตั้งอุปกรณ์ดังรายละเอียดใน เก็บเงาะทั้งหมดในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ก่อนการทดลองนำเงาะใส่ในถาดบรรจุผลไม้จำนวน 4 ถาด และนำไปชั่งให้แต่ละถาดมีเงาะจำนวน 40 ผล นำถาดบรรจุผลไม้จำนวน 3 ถาด ใส่เข้าไปในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน(ภาพที่ 5) อบเงาะด้วย 2 วิธีการดังกล่าวข้างต้น โดยเพิ่มอุณหภูมิผลให้คงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง โดยแต่ละระยะเวลามีเงาะผ่านความร้อน จำนวน 40 ผล สำหรับเงาะที่ใช้เปรียบเทียบ (control) ไม่ต้องผ่านความร้อน วิธีวัดอุณหภูมิ ผลเงาะทดลองจะวัด

อุณหภูมิจากเงาะกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล ซึ่งใช้เป็นตัวแทน แสดงอุณหภูมิของเงาะทั้งหมดภายในเครื่องต้อบความร้อน โดยเสียบแท่งวัดอุณหภูมิปลายสุดของแท่งวัดอุณหภูมิอยู่ตรงกึ่งกลางผลนำเงาะกำหนดอุณหภูมิจำนวน 3 ผล ใส่วางแยกกันในถาดผลไม้ชั้นล่างสุด จำนวน 3 ถาด เมื่อเงาะกำหนดอุณหภูมิ 2 ผล เพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนดแสดงว่าขณะนั้นเงาะทั้งหมดในเครื่องต้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกันกับเงาะกำหนดอุณหภูมิ เมื่อเงาะทดลองมีอุณหภูมิคงที่อยู่เป็นระยะเวลานานตามกำหนด นำเงาะที่ระยะเวลานั้นออกจากเครื่องต้อบความร้อน ลดอุณหภูมิผลเงาะทันทีหลังจากสิ้นสุดการให้ความร้อนด้วยวิธีเป่าด้วยลม นาน 1 ชั่วโมง ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ “Sanshu” Shower Cooling System (Differential Pressure Type) (model: SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) (ภาพที่ 7) จากนั้นแยกเงาะแต่ละกรรมวิธีเก็บไว้ในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 26.5 x 33.5 x 15.5 เซนติเมตร โดยด้านยาวทั้งสองข้างเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร พร้อมทั้งปิดด้วยผ้าตาข่ายจำนวน 3 รู เก็บเงาะทั้งหมดไว้ในห้องอุณหภูมิ 10 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ตรวจผลการทดลองหลังจากเก็บเงาะไว้นาน 7 วันโดยใช้หลักเกณฑ์พิจารณาดำเนินการในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) : ศึกษาการสูญเสียน้ำหนักของเงาะโดยคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักที่สูญเสียไปด้วยวิธีการบันทึกน้ำหนักเงาะก่อนการทดลอง และในวันที่ตรวจผลการทดลอง ชั่งน้ำหนักผลเงาะอีกครั้งหนึ่ง
2. ปริมาณน้ำตาล (brix value) : ในการทดลองแต่ละครั้ง คั้นน้ำจากเนื้อเงาะที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนจำนวน 15 ผล เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลและความเป็นกรด ปริมาณน้ำตาลในรูปปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) มีหน่วยเป็นค่า องศาบริกซ์ (°Brix) การวัดปริมาณน้ำตาลจากเนื้อเงาะใช้เครื่อง digital refractometer (model : DBX-30, Atago Co.,Ltd., itabashi-ku, Tokyo, Japan)
3. ความเป็นกรด (acidity) : นำน้ำคั้นจากเนื้อเงาะไปตรวจสอบความเป็นกรดในรูปของกรดซิตริก (citric acid) โดยใช้เครื่อง acilyzer รุ่น 5
4. ความผิดปกติของผลเงาะ : ตรวจหาความผิดปกติที่ปรากฏบนผลเงาะ พร้อมทั้งบันทึกรายละเอียดของลักษณะอาการและจำนวนเงาะที่ผิดปกติ นำข้อมูล การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล และความเป็นกรด วิเคราะห์ผลทางสถิติการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้วิธีการตรวจสอบแบบ t-test

เวลาและสถานที่

เริ่มต้น..กันยายน 2548 **สิ้นสุด** กันยายน 2553 รวม 5 ปี

ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการทดลองอบเงาะ พบว่าระยะเวลาที่อุณหภูมิภายในสุดผลเพิ่มขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียส กรรมวิธีอบไอน้ำเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ใช้ระยะเวลานานเฉลี่ย 4.06 และ 4.17 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อทดลองอบเงาะ จากผลการอบเงาะ 2 กรรมวิธีนั้น ระยะเวลาที่ใช้ในการอบเงาะให้อุณหภูมิขึ้นถึง 46 องศาเซลเซียส พบว่าวิธีอบไอน้ำใช้เวลาน้อยกว่าวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เนื่องจากการอบเงาะ 2 กรรมวิธีดังกล่าวข้างต้นมีข้อแตกต่างกันด้านสภาพความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องบรรจุผลไม้ ในระหว่างการอบเงาะด้วยวิธีอบไอน้ำซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ให้ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 65 เปอร์เซ็นต์ในช่วงแรก และมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงหลังจากที่อุณหภูมิผลเงาะเพิ่มขึ้นถึง 43 องศาเซลเซียส ดังนั้นความแตกต่างของระยะเวลาระหว่างการให้ความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี จึงชี้ให้เห็นว่าสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างให้ความร้อนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาการอบเงาะให้อุณหภูมิเพิ่มถึงกำหนด โดยอัตราการนำความร้อนผ่านเข้าไปในผลเงาะมีแนวโน้มรวดเร็วขึ้นเมื่อระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น

การสูญเสียน้ำหนัก: เก็บเงาะผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี ไว้ที่ตู้ควบคุมที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าเงาะที่ผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเงาะไม่ผ่านความร้อน และการสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเงาะถูกความร้อนเป็นระยะเวลานานขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม เงาะมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างเงาะผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี แต่การสูญเสียน้ำหนักของเงาะผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธีแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับเงาะที่ไม่ผ่านความร้อน เริ่มตั้งแต่เงาะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 0 ชั่วโมง จนกระทั่งถึง 2 ชั่วโมง

ปริมาณน้ำตาล: เงาะผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าปริมาณน้ำตาลไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ค่าปริมาณน้ำตาลยังไม่แตกต่างทางสถิติระหว่างเงาะไม่ผ่านความร้อนและเงาะผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธีถึงแม้ว่าเงาะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 2 ชั่วโมง

ความเป็นกรด: ค่าความเป็นกรดไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างเงาะผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเงาะผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธีและเงาะไม่ผ่านความร้อน พบว่าค่าความกรดไม่แตกต่างกันทางสถิติถึงแม้ว่าเงาะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน2 ชั่วโมง

ความเสียหายของเงาะจากความร้อน : ส่วนประกอบต่างๆ ของผลเงาะ โดยทั่วไปเงาะมีเปลือกสีเหลืองจนกระทั่งสีแดงปลายขนสีเขียวจนถึงสีแดงในช่วงของการเก็บเกี่ยว หลังจากนั้นเปลือกเงาะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีแดงอย่างช้า ๆ เงาะใช้ในการทดลองมีเปลือกสีแดงและขนสีเขียวแดง เมื่อนำมาผ่านความร้อน พบว่ามีลักษณะผิดปกติเกิดขึ้นกับสีเปลือกและขนของเงาะ เงาะที่ผ่านความร้อน เปลือกมี

ลักษณะแห้งเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ส่วนขนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเงาะผ่านความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เปลือกและขนจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มสังเกตเห็นได้อย่างเด่นชัด เงาะผ่านความร้อนที่ระยะเวลานานกว่ามีแนวโน้มพบลักษณะความเสียหายจากเปลือกและขนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มเป็นพื้นที่มากกว่าเงาะผ่านความร้อนที่ใช้ระยะเวลาสั้น การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่แสดงอาการผิดปกติของเปลือกเงาะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มหลังจากผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำ(vapor heat treatment, VHT) และวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) ที่อุณหภูมิภายในสุดผล 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 1 และ 2 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเงาะไม่ผ่านความร้อนหลังจากเก็บเงาะไว้ที่ห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 10 ±2 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าเงาะผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำมีอาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม คิดเป็นร้อยละ 12.5, 27.5 และ 47.5 เปอร์เซ็นต์ และจากวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ความเสียหายที่เกิดขึ้นคิดเป็นร้อยละ 20, 52.5 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ เงาะไม่ผ่านความร้อนพบความเสียหายจากอาการดังกล่าว การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่แสดงอาการผิดปกติของขนเงาะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มหลังจากผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) และวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) ที่อุณหภูมิภายในสุดผล 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 1 และ 2 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเงาะไม่ผ่านความร้อน หลังจากเก็บเงาะไว้ที่ห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 10 ±2 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าเงาะผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำมีอาการขนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มเมื่อคิดเป็นร้อยละ 50, 87.5 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และจากวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ความเสียหายที่เกิดขึ้นคิดเป็นร้อยละ 87.5 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่เงาะไม่ผ่านความร้อนพบความเสียหายจากอาการดังกล่าว 25 เปอร์เซ็นต์ เงาะผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เปลือกและขนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มเกือบทั้งหมด ขณะที่เงาะไม่ผ่านความร้อน (control) ยังคงมีลักษณะสีผิวเปลือกและขนเป็นสีแดงปกติ เงาะผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ มีจำนวนเงาะที่แสดงอาการเปลือกเป็นสีน้ำตาลเข้มมีมากกว่าในเงาะผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำ เมื่อผ่าเงาะเพื่อดูเนื้อด้านในจากเงาะที่แสดงอาการเปลือกและขนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มปรากฏว่าไม่พบลักษณะอาการผิดปกติบนเนื้อเงาะ สำหรับคุณภาพของเนื้อเงาะจากการตรวจสอบโดยวิธีการตรวจดูจากลักษณะภายนอก ผิวเนื้อเงาะ ดมกลิ่น ชิมรส ยังคงความหอมหวานไม่เปลี่ยนแปลงและไม่พบรสชาติของเนื้อเงาะผิดไปจากปกติ ถึงแม้เงาะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิผล 46 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานถึง 2 ชั่วโมง ผลจากการอบเงาะผ่านความร้อน ทั้ง 2 ครั้ง สอดคล้องไปในทางเดียวตามกรรมวิธีที่ทำการทดลอง

ความเสียหายของผลไม้จากความร้อนแสดงอาการให้เห็นหลายลักษณะ สัม (*Citrus* spp.) หลายพันธุ์เสียหายจากความร้อนแสดงอาการมีกลิ่นเหม็น รสชาติเปลี่ยนแปลงไป ต่อมน้ำมันตรง

บริเวณเปลือกมีสีเข้มขึ้น (Sinclair and Lindrem, 1955) ผลส้มอ่อนแอมากขึ้นต่อการทำลายของโรคเน่าในระหว่างการเก็บรักษา (Hallman *et al.,* 1990) นอกจากนี้ ส้มบางพันธุ์แสดงอาการเป็นรอยแผลด่างเกิดขึ้นบนเปลือก สีเปลือกเปลี่ยนไป และอาการเนื้อเยื่อที่เปลือกยุบตัวลงเป็นหลุม (Miller *et al.*, 1989; Miller *et al.,* 1991) มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง เกิดความเสียหายจากความร้อนแสดงอาการสองลักษณะ คือ (1) จุดสีขาว (white spot) เกิดจุดสีขาวบนบริเวณผิวนอกของเปลือกแข็งที่ห่อหุ้มเมล็ด (endocarp) และ (2) เนื้อแตกเป็นรูพรุนลักษณะคล้ายฟองน้ำ (spongy tissue) เนื้อมะม่วงเกิดการรวมตัวยึดติดกับบริเวณผิวนอกของเปลือกแข็งที่หุ้มเมล็ด ทำให้เนื้อมะม่วงด้านในที่ติดกับเมล็ดเกิดรูพรุนสีขาวลักษณะคล้ายกับฟองน้ำ ลักษณะเนื้อแตกเป็นรูพรุนไม่ปรากฏอาการให้เห็นจนกว่ามะม่วงสุก (อุดรและคณะ, 2536) อาการเนื้อแตกเป็นรูพรุนสีขาวลักษณะคล้ายฟองน้ำพบเกิดขึ้นเช่นเดียวกันเมื่อใช้วิธีอบไอน้ำกับมะม่วงพันธุ์ 'Kensington' (Jacobi and Wong, 1992) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่ามะม่วงผ่านวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นและเนื้อเยื่อที่บริเวณเปลือกยุบตัวลงเกิดเป็นหลุมเล็กๆ (Miller *et.,* 1991) กรณีของมังคุดเสียหายจากความร้อนแสดงอาการดังนี้คือ (1) เปลือกแข็ง (pericarb hardening) เปลือกมังคุดแห้งและแข็งมาก ทำให้ผลแข็งลักษณะคล้ายกับก้อนหิน ใช้มีดผ่าด้วยความลำบาก อีกทั้งสีของเปลือกนอกควรมีสีม่วงเข้มหรือดำทั่วทั้งผล กลับปรากฏรอยด่างไหม้สีน้ำตาลอ่อนเป็นแถบ ๆ หรือเกือบทั้งผล ความร้อนสูงทำให้การพัฒนาสีเปลือกมังคุดและความสุกผิดปกติไม่สัมพันธ์กัน (2) เนื้อยุบ (flesh pitting) เนื้อมังคุดมีลักษณะยุบตัวลงกลายเป็นหลุมเล็ก ๆ กระจายทั่วไปบนเนื้อมังคุด บางครั้งเนื้อที่ยุบตัวลงเป็นหลุมจะเชื่อมต่อกันเป็นแนวยาวสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน โดยส่วนใหญ่ปรากฏอาการตรงบริเวณขอบรอยต่อระหว่างกลีบของเนื้อมังคุด อาการเนื้อยุบหากเป็นไม่รุนแรงสังเกตเห็นไม่เด่นชัดและเนื้อยังคงบริโภคได้ (3) เนื้อแตกเป็นรูพรุนลักษณะคล้ายฟองน้ำ (flesh spongy tissue) เนื้อมังคุดแตกแยกออกจากกัน ทำให้เนื้อเป็นรูพรุนลักษณะคล้ายกับฟองน้ำ ความเสียหายดังกล่าวนี้เหมือนกับที่พบในมะม่วงซึ่งเป็นความเสียหายจากความร้อนที่รุนแรง และ (4) เนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (flesh browning) มังคุดผ่านความร้อนบางส่วนมีเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มังคุดเสียหายจากอาการผลแข็งเนื้อแตกเป็นรูพรุน และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ไม่สามารถนำมาบริโภคได้ นอกจากนี้ความเสียหายจากอาการเนื้อยุบ เนื้อแตกเป็นรูพรุน และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ไม่แสดงอาการให้สังเกตเห็นได้จากภายนอก (Unahawutti *et al*., 1999) จากการศึกษาวิจัยในรายละเอียดต่อมาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อนพบว่า มีปัจจัยบางอย่างที่มีอิทธิพลทำให้ระดับความเสียหายของมังคุดลดลงเมื่อผ่านวิธีอบไอน้ำร้อนปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ได้แก่ ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อน (อุดร และ พิทวัฒน์, 2542 ค) ระยะความสุก (อุดร และ พิทวัฒน์, 2542 ฉ) และอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา (อุดร และ พิทวัฒน์, 2542 ช) ในขณะที่อีกหลายปัจจัยไม่สามารถลดความเสียหายของมังคุดจากความร้อน ได้แก่ระยะเวลาให้ความร้อน (อุดร และ พิทวัฒน์, 2542 ง) และการลดอุณหภูมิมังคุดโดยวิธีการฉีดพ่นน้ำและอากาศ (อุดร และ พิทวัฒน์,

2542 จ)ความเสียหายจากความร้อนในมะละกอ (*Carica papaya* L.) แสดงอาการเมื่อมะละกอสุก เนื้อจะนิ่มและใสในขณะที่บางส่วนจับตัวกันเป็นก้อนแข็ง (lumpiness) ทำให้การสุกของเนื้อมะละกอผิดปกติไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งผล (Jones, 1939; Jones *et al*., 1939) ความร้อนที่อุณหภูมิสูงทำให้มะเฟือง (*Averrhoa carambola* L.) เกิดรอยแผลด่างสีน้ำตาลบนเปลือก (scald) และเป็นจุดสีน้ำตาล (brown spot) อย่างรุนแรงมากจนถึงระดับไม่เป็นที่ยอมรับของตลาด (Hallman, 1990; 1991) ผลมะเฟืองจะคล้ำมีสีเข้มขึ้นและริมขอบของกลีบมะเฟืองเป็นสีน้ำตาลเข้มคุณภาพเสื่อมลงอย่างรวดเร็วการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ผ่านความร้อน (Hallman, 1990; Miller *et al.,* 1990)

การใช้ความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว มีผลกระทบทำให้ผลไม้เกิดความเสียหายได้หลายลักษณะ อุดร และคณะ (2536) รายงานว่า ในการศึกษาคุณภาพผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง หลังจากผ่านวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนทำให้มะม่วงทั้ง 3 พันธุ์เกิดความเสียหาย ซึ่งแสดงอาการให้เห็นสองลักษณะคือ เป็นจุดสีขาว (white spot) บนบริเวณผิวนอกของเปลือกแข็งที่ห่อหุ้มเมล็ด (endocarp) และเนื้อมะม่วงเกิดการรวมตัวยึดติดกับบริเวณผิวนอกของเปลือกแข็งที่หุ้มเมล็ด ทำให้เนื้อมะม่วงด้านในที่ติดกับเมล็ดเกิดรูพรุนสีขาวลักษณะคล้ายกับฟองน้ำ (spongy tissue) ลักษณะผิดปกติดังกล่าวนี้ไม่มีอาการบ่งแสดงปรากฏให้เห็นได้จากภายนอกผลมะม่วง นอกจากนี้ยังสังเกตพบว่าลักษณะเนื้อเป็นรูพรุนไม่ปรากฏอาการให้เห็นจนกว่ามะม่วงสุก อาการเนื้อเป็นรูพรุนสีขาวลักษณะคล้ายฟองน้ำพบเกิดขึ้นเช่นเดียวกันเมื่อใช้วิธีอบไอน้ำกับมะม่วงพันธุ์ ‘Carabao’ (Esguerra and Lizada, 1990) และพันธุ์ ‘Kensington’ (Jacobi and Wong, 1992) นอกจากนี้ Miller และคณะ (1991) ยังรายงานว่ามะม่วงที่ผ่านความร้อน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นและเนื้อเยื่อที่บริเวณเปลือกยุบตัวลงเกิดเป็นหลุมเล็กๆ Kuo *et al*.(1987) วิจัยและพัฒนากระบวนการอบไอน้ำสำหรับกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแตงในผลมะม่วงพันธุ์ “Harden” และ “lewin” ซึ่งประกอบด้วยการอบมะม่วงภายใต้สภาพอากาศร้อนอิ่มตัวด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 47.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเนื้อมะม่วงตรงบริเวณที่ติดกับเมล็ดอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 46.5 องศาเซลเซียส และคงความร้อนภายในผลที่อุณหภูมิ 46.5 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 30 นาที นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนากระบวนการอบไอน้ำสำหรับมะเฟือง โดยอบมะเฟืองภายใต้สภาพอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งอุณหภูมิภายในสุดผลคงอยู่ที่ 44.2 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง 30 นาที (Kau *et al.,*1989) ประเทศไต้หวัน ยังประสบความสำเร็จ ในการวิจัยและพัฒนากระบวนการอบไอน้ำ 2 กระบวนการ สำหรับกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแตงในผลลิ้นจี่ก่อนส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น(Tseng *et al*.,1992) กระบวนการที่1 ประกอบด้วยการอบลิ้นจี่ ด้วยวิธีอบไอน้ำควบคู่กับการเก็บลิ้นจี่ที่อุณหภูมิต่ำ โดยอบลิ้นจี่เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลขึ้นถึง 46.2 องศาเซลเซียส นาน 20นาที หลังจากนั้น นำลิ้นจี่ไปเก็บที่ห้องเย็นที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ต่อไปอีกเป็นเวลานาน 42

ชั่วโมง (Kuo,1988) ส่วนกระบวนการที่ 2 จะอบลิ้นจี่ด้วยวิธีอบไอน้ำจนกระทั่งอุณหภูมิภายในสุดผลคงอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที (Kau *et al*.,1990) เมื่ออุณหภูมิภายในสุดผลของมะม่วงเพิ่มขึ้นถึง 46.5 องศาเซลเซียส และปล่อยให้คงที่ระดับอุณหภูมินี้ต่อไปอีก 10 นาที ขณะที่ภายในห้องอบไอน้ำบรรจุมะม่วง 150 กก/ลบ.ม. ระยะเวลาที่ใช้ในการอบไอน้ำสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ทั้ง 2 ชนิดอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ทำให้คุณภาพของมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ (อุดรและคณะ 2529) Iwata et al. (1990) ได้วิจัยพัฒนากระบวนการอบไอน้ำเพื่อใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันแตงในผลแตง (Netted melon) ปลูกที่โอกินาวา โดยไข่ของแมลงวันทองจำนวนประมาณ 140,356 ฟอง ในผลแตงตายทั้งหมดเมื่อผ่านการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส จนกระทั่งอุณหภูมิภายในสุดผลคงอยู่ที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที กระบวนการอบไอน้ำดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อการสูญเสียน้ำหนัก ความเป็นกรด ปริมาณน้ำตาล และรสชาติของผลแตง ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 47 องศาเซลเซียส เปลือกของผลแตงจะปรากฏรอยแผลสีน้ำตาล หรือเกิดการยุบตัวของเนื้อ แต่อย่างไรก็ดี คุณภาพของเนื้อและน้ำของผลแตงไม่ได้รับผลกระทบ เช่นเดียวกันกับอาการผิดปกติของเงาะ ซึ่งมีอาการที่แสดงจากภายนอกให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเงาะมีอาการผิดปกติสังเกตเห็นได้จากเปลือกและขนแห้งเปลี่ยนเป็น สีน้ำตาลเข้ม แต่ในส่วนเนื้อเงาะกระบวนการอบไอน้ำดังกล่าวนี้ไม่มีผลกระทบต่อ ความเป็นกรด ปริมาณน้ำตาล และรสชาติของผลเงาะไม่มีผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเสียหายกลับเป็นผลดีกับเนื้อเงาะ โดยสังเกตได้จากเงาะที่ไม่ผ่านความร้อนลักษณะภายนอกทั้งผิวเปลือกและขนผิวเปลือกและขนจะดูสดสวยมากกว่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนักพอยอมรับได้ แต่เมื่อแกะดูเนื้อเงาะภายในจะพบว่าเนื้อเงาะมีความฉ่ำน้ำ เนื้อไม่กรอบ ซึ่งตรงกันข้ามกับเงาะที่ผ่านความร้อน ลักษณะเนื้อเงาะจะแห้ง เนื้อกรอบอร่อย ถึงแม้ว่าจะใช้เวลาในการอบเงาะนานถึง 2 ชั่วโมง ดังนั้นควรจะส่งออกเงาะในรูปเงาะตัดแต่งหรือเงาะแกะเปลือกพร้อมรับประทานน่าจะมีความเป็นไปได้มากกว่า หรือจะต้องหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับเงาะก่อนการอบหรือหลังการอบไอน้ำเพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเปลือกและขนเงาะต่อไป การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงทำให้มะเฟือง (*Averrhoa carambola* Linn.) เกิดรอยแผลด่างสีน้ำตาลบนเปลือก (scald) และเป็นจุดสีน้ำตาล (brown spot) อย่างรุนแรงมากจนถึงระดับไม่เป็นที่ยอมรับของตลาด (Hallman, 1990; 1991) นอกจากนี้ยังพบว่าผลมะเฟืองจะคล้ำมีสีเข้มขึ้น และริมขอบของกลีบมะเฟืองเป็นสีน้ำตาลเข้มคุณภาพเสื่อมลงอย่างรวดเร็ว การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ผ่านความร้อน (Hallman, 1990; Miller *et al*., 1990) และ Jones และคณะ (1939) รายงานว่า การใช้วิธีอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะละกอ ซึ่งต้องใช้เวลานานประมาณ 8 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นถึง 43.3 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิผลไว้นาน 8 ชั่วโมง หากมะละกออยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ตลอด 16 ชั่วโมง มะละกอมักจะเสียหายอย่างรุนแรง แต่ถ้าปรับเปลี่ยนกรรมวิธีให้ความร้อนโดยปรับความชื้นสัมพัทธ์ให้ลดต่ำลงเหลือเพียง 80 หรือ 60 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 8 ชั่วโมงแรก และเพิ่มขึ้นเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ใน

8 ชั่วโมงหลัง จะไม่ปรากฏความเสียหายบนผลมะละกอ Jones และคณะ (1939) รายงานว่า สภาพอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำระหว่างการอบมะละกอ ด้วยวิธีอบไอน้ำ เป็นสาเหตุสำคัญทำให้มะละกอเกิดความเสียหาย เนื่องจากไอน้ำในอากาศกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกาะอยู่โดยรอบผลมะละกอขัดขวางการดูดออกซิเจนจากอากาศและการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการหายใจออกจากผลไม้ ถึงแม้ว่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิผลไม้สูงขึ้นก็ตาม แต่สภาพการขาดออกซิเจน (annaerobic condition) อย่างรุนแรงอาจจะเกิดขึ้นได้หากผิวนอกของผลไม้เปียก การหายใจของมะละกอจะไม่ถูกขัดขวางเมื่ออากาศรอบผลมะละกอมีปริมาณความชื้นน้อย แต่ในกรณีของเงาะ ซึ่งลักษณะภายนอกของผลเงาะแตกต่างไปจากผลมะละกอตรงที่มีขนขนาดเล็กบาง โดยทั่วไปเมื่อไหร่ที่ขนเงาะขาดความชื้นสัมพัทธ์ก็จะแสดงลักษณะอาการเหี่ยวแห้งได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นตลอดระยะเวลาการอบผลเงาะด้วยวิธีอบไอน้ำ ผลเงาะอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์และใช้ระยะเวลาในการผ่านความร้อนสั้นกว่าวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ 65 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นวิธีอบไอน้ำทำให้ผลเงาะเกิดความเสียหายน้อยกว่าจึงน่าจะมีสาเหตุสำคัญจากปัจจัยสภาพอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำที่ไม่เหมือนกับที่เกิดขึ้นกับมะละกอ

ผลไม้เกิดความเสียหายได้ในทุกๆ ขั้นตอนของการจัดการทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กับผลไม้ที่ต้องผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชก่อนส่งออกเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขด้านกักกันพืช วิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชนั้นต้องมีทั้งประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืชและไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ ถ้าหากทำให้คุณภาพของผลไม้เสื่อมเสียไปแล้วถือว่าวิธีการนั้นไม่มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริงดังนั้นวิธีการใดก็ตามที่ใช้สำหรับกำจัดแมลงศัตรูพืชในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวควรจะมีผลทำให้ผลไม้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ความเสียหายของผลไม้จากวิธีการกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวนั้น แสดงออกโดยสูญเสียคุณสมบัติด้านการตลาดหลายรูปแบบ ได้แก่ สีผล อายุการเก็บรักษา รูปลักษณ์ภายนอก เนื้อ การสุก รสชาติ กลิ่น และความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายเชื้อสาเหตุของโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว (Goodwin and Jamikorn, 1952; McDonald and William, 1994) การที่คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นลดลงหรือผิดไปจากปกติจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งคงจะไม่ยินดีที่จะจ่ายเงินจำนวนมากเพื่อแลกกับผลไม้ที่มีคุณภาพต่ำ แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาวิจัยพบว่า มีปัจจัยหลายอย่างทำให้ผลไม้ทนต่อความร้อนแตกต่างกัน เช่น พันธุ์ ขนาดผล อายุผลไม้ ระดับความสุกของผลไม้เมื่อนำผลไม้มาผ่านความร้อน แหล่งปลูก เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงวิธีการลดอุณหภูมิผลไม้ และการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (Jones, 1942; Sinclair and Lindgren, 1955; Armstrong *et al*., 1989; Paull,1990; จากการศึกษาความเสียหายของเงาะจากการอบความร้อนพบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัด คือลักษณะอาการเปลือกและขนแห้งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ลักษณะอาการดังกล่าวนี้น่าจะเป็นอาการความเสียหายภายนอกที่เกิดจากความร้อน แสดงให้เห็นความแตกต่างของความเสียหายที่เกิดขึ้นจากเงาะที่ผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี พบว่าจำนวนผลเงาะ

ที่แสดงอาการเปลือกและขนแห้งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจากกรรมวิธีอบไอน้ำมีน้อยกว่า ดังนั้นกรรมวิธีที่เหมาะสมคือวิธีอบไอน้ำ

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

ความเสียหายในผลเงาะระหว่างวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อน 2 กรรมวิธี คือวิธีอบไอน้ำและวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยให้ความร้อนกับเงาะเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลให้คงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง สรุปผลได้ดังนี้

1. ผล เงาะที่ผ่านความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล และความเป็นกรดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับเงาะที่ไม่ผ่านความร้อน เงาะที่ผ่านความร้อนมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นเมื่ออบความร้อนเป็นระยะเวลานานขึ้น

2. วิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนทั้ง 2 กรรมวิธี ทำให้สีเปลือกและขนของผลเงาะแห้งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม เงาะที่ผ่านวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มีความเสียหายต่อสีเปลือกและขนค่อนข้างรุนแรงกว่า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการอบเงาะด้วยวิธีอบไอน้ำให้คุณภาพผลดีกว่าวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

3. จากผลการทดลองนี้และข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมา กรรมวิธีอบไอน้ำมีความเหมาะสมสำหรับการวิจัยและพัฒนาให้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในเงาะก่อนการส่งออกมากกว่าวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคุณอนุกูล อ้วนเส้ง คุณสมิทธิ์ อยู่เอี่ยม คุณมีนา จริงจิตร คุณกัลยา วงศ์สุวรรณ และคุณประชุม นุ้ยจำนัล ที่มีส่วนช่วยในการเตรียมการทดลอง รวมถึงการเช็คผลการทดลอง

การนำผลงานไปใช้ประโยชน์

1. เมื่อต่อยอดจนครบกระบวนการการกำจัดแมลงวันผลไม้ได้สำเร็จจะส่งผลให้ประเทศไทยสามารถส่งออกผลเงาะสดไปยังประเทศที่เข้มงวดทางด้านกักกันพืช
2. เกษตรกรชาวสวนผลไม้สามารถกำหนดราคาและได้รับผลตอบแทนสูงขึ้น ผู้ประกอบการโรงงานอบไอน้ำและผู้ส่งออกรายอื่นสามารถส่งออกผลไม้ได้ต่อเนื่องทั้งปีประเทศไทยสามารถส่งออกผลเงาะสดไปต่างประเทศได้มากขึ้น
3. เป็นการขยายตลาดการส่งออกผลเงาะไปยังประเทศที่มีต้องการสูงและช่วยลดปัญหาเงาะภายในประเทศล้นตลาด
4.ใช้ เป็นเอกสารเอกสารสำหรับเผยแพรในงานทดลองอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

สถานการณ์เงาะ. 2549. การผลิตทางการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นจาก: http://www.moac.go.th. [พ.ย 2551].

อุดร อุณหวุฒิ, วลัยกร วรวิศิษฎ์ธำรง, รัชฎา อินทรกำแหง, มานะ พุ่มทอง และ ประเทือง ศรีสุข. 2536.คุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง หลังจากผ่านกระบวนการอบไอน้ำ. วารสาร วิชาการ กรมวิชาการเกษตร. 11: 31-44.

อุดร อุณหวุฒิ, พิทวัฒน์ อ่อนทองหลาง. 2542 ก.ความเสียหายของมังคุดจากวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อน, น. C1-C44. ในรายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก.สำนักงานกองทุนสนันสนุนงานวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ

1_____. 2542 ข. คุณภาพมังคุดหลังจากผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์และวิธีอบอากาศร้อน. น. D1-D37. ใน รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพ ฯ.

_____. 2542 ค. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 1, ความชื้นสัมพัทธ์. น. E1-E36. ใน รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

_____. 2542 ง. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 2, ระยะเวลาการให้ความร้อน. น. F1-F26. ใน รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

_____. 2542 จ. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์, การลดอุณหภูมิผลมังคุด. น. G1-G16. ใน รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

_____. 2542 ฉ. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 4, ระยะความสุก. น.

H1-H17 ใน รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

Armstrong, J.W., J.D. Hansen, B.K.S. Hu and S.A. Brown. 1989. Hight-temperature forced-air quarantine treatment for papayas infested with tephritid fruit flies (Diptera:Tephritidae). Journal of Economic Entomology. 82: 1667-1674.

Goodwin, T.W. and M. Jamikorn. 1952. Biosynthesis of carotenes in ripening tomatoes. Nature. 170: 104-105.

Hallman, G.J. 1990. Vapor-heat treatment of carambolas infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology. 83: 2340-2342.

_____ . 1991. Quality of carambolas subjected to postharvest hot water immersion and vapor heat treatments. HortScience. 26: 286-287.

Jones, W.W. 1939. The influence of relative humidity on the respiration of papaya at high temperatures. American Society of Horticultural Science. 37: 119-124.

_____ . 1942. Respiration and chemical changes of the papaya fruit in relation to temperature. Plant Physiology. 17: 481-486.

Kuo, L.S., C.Y. Hseu, H.Y. Chen, Y.F. Chao, and J.Z. Ho. 1990. Further study on vapour heat treatment for eradication of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* infested in litchi fruits (Diptera: Tephritidae). Taiwan Bureau of Commodity Inspection and Quarantine, Ministry of Economic Affairs. Taipei

Kuo, L.S., C.Y. Su, C.Y. Hseu. Y.F. Chao. H.Y. Chen, J.Y. Liao and C.F. Chu. 1989. Vapor heat treatment for elimination of *Dacus dorsalis* infesting carambola fruits. Taiwan Bureau of Commodity Inspection and Quarantine, Ministry of Economic Affairs. Taipei

Kuo, L.S., C.Y. Su, C.Y. Hseu. Y.F. Chao. H.Y. Chen, J.Y. Liao and W.C. Huang. 1987. Vapor heat treatment for elimination of *Dacus dorsalis* and *Dacus cucurbitae* infesting mango fruits. Taiwan Bureau of Commodity Inspection and Quarantine, Ministry of Economic Affairs. Taipei

McDonald, R.E. and W.R. Miller. 1994. Quality and condition maintenance. *In*: J.L. Sharp and G.J. Hallman (eds.), Quarantine treatment for pests of food plants. Westview Press, Inc., Boulder, Colorado, USA. pp. 249-277.

Miller, W.R., R.E. McDonald, G.J. Hallman and M. Ismail. 1989. Phytotoxicity of hot water and vapor heat treatments to Florida grapefruit. Proceedings, International Conference on Technical Innovation in Freezing and Refrigeration of Fruits and Vegetables. Commissions C2, D1, D2, and D3. University of California at Davis. pp. 207-212.

Miller, W.R. R.E. McDonald and J.L. Sharp. 1990. Condition of Florida carambolas after hot-air treatment and storage. Proceedings, Florida State Horticultural Society. 103: 238-241.

_____. 1991. Quality changes during storage and ripening of 'Tommy Atkins' mangoes treated with heated forced air. HortScience. 26: 395-397.

Paull, R.E. 1990. Postharvest heat treatment and fruit ripening. Postharvest News and Information.
1: 355-363.

Tseng, Y.H., L.S. Kuo and J.Z. Ho. 1992. Development of quarantine sterilization techniques on fruits in Taiwan. Proceeding of ASIAN Productivity Organization Study Meeting on Plant Quarantine, March, Taipei, Taiwan, Republic of China. (In press)

Unahawutti, Udorn, Chamlong Chettanachitara, Mana Poomthong, Puangpaka Komson, Eueychai Smitasiri, Chamlong Lapasathukool, Walaikorn Worawisitthumrong and Rachada Intarakumheng. 1986. Vapor heat treatment for 'Nang Klarngwan' mango, *Mangifera indica* Linn., infested with eggs and larvae of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel and the melon fly, *D. cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai mangoes to be exported to Japan. Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture, Bangkok. 108 p.

Unahawutti, Udorn, Mana Poomthong, Rachada Intarakumheng, Walaikorn Worawisitthumrong, Chamlong Lapasathukool, Eueychai Smitasiri, Pratuang Srisook and Chanuan Ratanawaraha. 1991. Vapor heat as plant quarantine treatment of 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng'

mangoes infested with fruit flies (Diptera: Tephritidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai mangoes to be exported to Japan. Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture, Bangkok. 342 p.