การศึกษาลักษณะความเสียหายของลำไยจากวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อน
Thermal Injury on Longan after Subjected to Post-Harvest Heat Disinfestation Treatment

สลักจิต พานคำ อุดร อุณหวุฒิ
กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

บทคัดย่อ

อบลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) พันธุ์อีดอ ด้วยวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อน 2 กรรมวิธี คือ วิธีการอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment, VHT) และวิธีอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) เพื่อศึกษาความเสียหายของลำไยจากความร้อน และหากรรมวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมสำหรับลำไย โดยอบลำไยเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลให้คงอยู่ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 0:30, 1, 1:30, 2 และ 2:30 ชั่วโมง ตามลำดับ และลดอุณหภูมิผลลำไยทันทีหลังสิ้นสุดการให้ความร้อนโดยเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง การอบลำไยด้วยวิธีการอบไอน้ำ (VHT) ลำไยจะอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ตลอดเวลา ขณะที่วิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) นั้น ในช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลลำไยถึง 43 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็น 65 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์จะถูกปรับให้เพิ่มสูงขึ้นอยู่ที่ระดับ มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

ลำไยเสียหายจากความร้อนแสดงอาการให้เห็นอย่างเด่นชัด คือ เปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม จากการทดลองนี้ยังไม่สามารถกำหนดวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมกับลำไยได้ แต่จากการสังเกตพบว่า ลำไยที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) ลักษณะของเปลือกลำไยจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มมากกว่าลำไยที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีอบไอน้ำ (VHT) ดังนั้นควรจะใช้ลักษณะของลำไยที่แสดงอาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มเป็นข้อกำหนดเพื่อพิจารณาหาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมกับลำไย ในการศึกษาวิจัยที่จะต้องดำเนินการต่อไป

รหัสการทดลอง 07-01-49-07-01-02-01-49

คำนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) ที่สำคัญ และมีผลผลิตมากที่สุดในโลก ปลูกกันมากทางภาคเหนือในแต่ละปีปริมาณการส่งออกมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ แต่ตลาดกลับจำกัดอยู่เฉพาะเพียงไม่กี่ประเทศ เช่น จีน ฮ่องกง มาเลเซีย และสิงค์โปร์ เป็นต้น ปัญหากักกันพืชเป็นสาเหตุสำคัญต่อการขยายตลาดส่งออก ประเทศญี่ปุ่นห้ามเข้านำเข้าลำไยจากประเทศไทยโดยระบุว่าเป็นพืชอาศัยของแมลงศัตรูพืชร้ายแรงด้านกักกันพืช ได้แก่ แมลงวันผลไม้ในกลุ่ม *Bactrocera dorsalis* species complex ความเสี่ยงที่ลำไยจะนำศัตรูพืชร้ายแรงเข้าไปแพร่ระบาด ประเทศซึ่งไม่มีแมลงดังกล่าวนี้ จึงไม่อนุญาตให้นำเข้าลำไยจากประเทศไทย เว้นแต่จะต้องกำจัดแมลงก่อนส่งออกด้วยวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) ที่ได้ตามมาตรฐานในระดับสากล

หลังการยกเลิกวิธีรมผลไม้กำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยสารเคมีเอธีลีนไดโบรไมด์ (Ethylene dibromide) เมื่อปี พ.ศ. 2527 วิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อน (heat treatment) มีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางในหลายประเทศ รูปแบบการใช้ที่ได้รับความสนใจกันมากคือ การใช้น้ำเป็นสื่อนำความร้อน ได้แก่ วิธีการจุ่มผลไม้ในน้ำร้อน (hot water treatment, HWT) และการใช้อากาศเป็นสื่อนำความร้อน ได้แก่ วิธีการอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment, VHT) วิธีการอบอากาศร้อน (Hot Air Treatment, HAT) และวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) วิธีการดังกล่าวข้างต้นมีการวิจัยพัฒนาจนเป็นที่ยอมรับของหน่วยงานกักกันพืชในหลายประเทศ ให้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้กับผลไม้หลายชนิด รวมทั้งไม้ผลในตระกูลส้ม (*Citrus* spp.) เช่น ส้มเกรฟฟรุท (*Citrus paradisi* Macf.) (Miller and McDonald, 1991; Miller *et al.,* 1991; Mangan and Ingle, 1994)

ประเทศไทยประสบความสำเร็จในการศึกษาวิจัยการใช้ความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะม่วง(*Mangifera indica* Linn.) เมื่อปี พ.ศ. 2529 โดยพัฒนาวิธีการอบไอน้ำเป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ 2 ชนิด คือ oriental fruit fly, *B. dorsalis* (Hendel) และ melon fly, *B. cucurbitae* (Coquillett) ในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันก่อนส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น กระบวนการอบไอน้ำประกอบด้วยการเพิ่มอุณหภูมิผลมะม่วงถึง 46.5 ° ซ. และคงไว้ที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. นาน 10 นาที ตลอดระยะเวลาการให้ความร้อนมะม่วง อากาศร้อนอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Unahawutti *et al*., 1986) แต่อย่างไรก็ดีกรรมวิธีอบไอน้ำดังกล่าวนี้ไม่สามารถใช้กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง เนื่องจากมะม่วงเหล่านี้ค่อนข้างจะอ่อนแอต่อความร้อนจึงได้รับความเสียหายจากความร้อนค่อนข้างมาก ต่อมาได้ปรับเปลี่ยนกระบวนการให้ความร้อนใหม่เป็นกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ดังกล่าวข้างต้นในมะม่วงครอบคลุมถึง 4 พันธุ์ คือ หนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง กระบวนการกำจัดแมลงกรรมวิธีใหม่ประกอบด้วยการเพิ่มอุณหภูมิผลให้คงอยู่ที่ 47 ° ซ. นาน 20 นาที โดยในช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลมะม่วงจากอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) ถึง 43 ° ซ. อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80

เปอร์เซ็นต์ หลังจากอุณหภูมิผล 43 ° ซ. จึงปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Unahawutti *et al.,* 1991) นอกจากนี้แล้ว Unahawutti *et al*. (1999) ยังประสบความสำเร็จในการวิจัยพัฒนาวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในมังคุด *(Garcinia mangostana* Linn.) โดยใช้กระบวนการเดียวกันกับมะม่วงแต่คงอุณหภูมิผลไว้ที่ 46 ° ซ. นาน 58 นาที สามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ในกลุ่ม *B. 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 ได้ตามมาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมังคุด การกำจัดแมลงด้วยความร้อนมีข้อดีในแง่ นอกจากใช้กำจัดแมลงแล้วยังมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อรา ใช้ง่าย และ ไม่มีพิษตกค้าง สำหรับข้อเสียประการสำคัญคือ มีแนวโน้มสูงที่ทำให้ผลไม้เสียหาย (phytotoxicity) (Armstrong and Couey, 1989; Paull, 1990) เนื่องจากกระบวนการกำจัดแมลงซึ่งสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามมาตรฐานของวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชนั้นมักจะต้องให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเกินกว่าผลไม้จะทนทานได้ อีกทั้งผลไม้แต่ละชนิดทนความร้อนได้แตกต่างกันด้วยเหตุนี้งานวิจัยเพื่อให้ได้วิธีกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลไม้จึงต้องทดลองกับผลไม้แต่ละชนิดและพันธุ์ รายงานผลการวิจัยต่อไปนี้เป็นการอบลำไยด้วยวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อน 2 กรรมวิธี คือวิธีการอบไอน้ำและวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ 1. เพื่อศึกษาลักษณะความเสียหายของลำไยจากความร้อน และ 2. เพื่อหากรรมวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับลำไย

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1 ห้องเลี้ยงแมลงวันผลไม้ 2 ห้อง

2. ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง 2 เครื่อง

3. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบต่อเนื่อง

4. แท่งวัดอุณหภูมิขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง

5. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งสำหรับงานทดลอง

6. ตู้ลดอุณหภูมิผลไม้ 1 เครื่อง

7. เครื่องอ่างน้ำร้อน

8. อุปกรณ์สำหรับการเตรียมและการตรวจผลการทดลอง ได้แก่กล้องจุลทรรศน์ พู่กัน ปากคีบ จานทดลองขนาดเล็ก(plate) ถาดใส่ผลไม้ ถุงมือ ถุงขยะดำ เลนส์ขยาย มีดผ่าตัด ถุงมือยาง หลอดดูดสารละลาย ผ้าปิดปาก ถาดผลไม้ และอื่น ๆ

9. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดของผลไม้

10. เครื่องวัดค่าความหวานของผลไม้

11. ห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก โดยใช้อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และความชื้น 75 เปอร์เซ็นต์

12. เครื่องหม้อนึ่งความดันเพื่อฆ่าเชื้อโรคข้าวโพดบด

13. ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทดลองขนาดเล็ก 3 ตู้

14. ห้องเย็นสำหรับเก็บผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง

15. อุปกรณ์ทำความสะอาดอื่นๆ

วิธีการ

1. รวบรวมข้อมูลวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ในกรรมวิธีต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในงานทดลอง

การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ในกรรมวิธีต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของงานทดลอง โดยการค้นคว้าจากงานทดลอง เอกสารเผยแพร่ต่างๆของกรมวิชาการเกษตร และจากแหล่งข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งในและต่างประเทศ

2. ศึกษารายละเอียดและวิธีการใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ในกรรมวิธีต่างๆ

ลักษณะของตู้ที่ใช้ในการทดลอง : ดำเนินการทดลองโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) รุ่น EHK-1000B ผลิตโดยบริษัท Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) เครื่องมีลักษณะเป็นตู้สเตนเลสสี่เหลี่ยมขนาด 1.03 x 3.10 x 1.81 ม. 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) แต่ละส่วนติดตั้งอุปกรณ์ดังรายละเอียด คือ ห้องบรรจุผลไม้สำหรับกำจัดแมลงมีขนาดประมาณ 1 ลบ.ม. (80 x 150 x 80 ซม.) ด้านหน้าเป็นประตูเปิดปิดสำหรับนำผลไม้เข้าอบกำจัดแมลง ภายในห้องเป็นผนังทึบเพื่อกันไม่ให้ความร้อนรั่วไหลออกจากห้องในขณะอบผลไม้ ยกเว้นผนังบริเวณด้านบนและล่างเป็นแผ่นสเตนเลสเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. เรียงเป็นแถวตลอดทั่วทั้งแผ่น แต่ละรูห่างกันประมาณ 1 ซม. เพื่อเป็นช่องทางให้ไอน้ำร้อนจากส่วนผลิตไอน้ำร้อนไหลเวียนผ่านผลไม้ในห้องบรรจุผลไม้ นอกจากนี้บริเวณด้านล่างของห้องบรรจุผลไม้ยังเจาะเป็นช่องจำนวน 3 ช่องสำหรับวางภาชนะ บรรจุผลไม้ได้ 2 แบบ คือ ภาชนะบรรจุผลไม้แบบแรกเป็นกระบะพลาสติกแข็งทนความร้อนกระบะมีขนาด 36 x 70 x 15 ซม. ในการอบผลไม้โดยใช้ภาชนะดังกล่าวนี้ จะวางกระบะในห้องบรรจุผลไม้เป็น 3 แถว บนช่องที่เจาะไว้ แต่ละแถวมีกระบะวางเรียงซ้อนกัน 4 ชั้น ลักษณะของภาชนะบรรจุผลไม้มีขอบทั้งสี่ด้านของกระบะทำด้วยพลาสติกแข็งทนความร้อนสูง ส่วนบริเวณพื้นด้านล่างทำด้วยแผ่นสเตนเลส เจาะรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. เรียงเป็นแถวตลอดทั่วทั้งแผ่น แต่ละรูห่างกันประมาณ 1 ซม. ทำให้ไอ

น้ำร้อนสามารถไหลผ่านผลไม้จากกระบะหนึ่งไปยังผลไม้ในอีกกระบะหนึ่งได้ ภาชนะบรรจุผลไม้แบบที่สองมีลักษณะเป็นตู้สเตนเลส ภายในแบ่งออกเป็น 4 ชั้น สำหรับวางภาชนะบรรจุผลไม้ขนาดเล็กทำด้วยสเตนเลสจำนวน 4 กระบะ ขนาด 30 x 50 x 7 ซม. พื้นด้านล่างเจาะรูกลมลักษณะเหมือนกับภาชนะบรรจุผลไม้แบบแรก การนำกระบะบรรจุผลไม้เข้าและออกจากตู้ จะผลักเข้าและดึงออกลักษณะเดียวกับลิ้นชัก ภายในห้องบรรจุผลไม้มีช่องสำหรับวางภาชนะบรรจุผลไม้แบบตู้สเตนเลสได้จำนวน 3 ตู้ ภาชนะบรรจุผลไม้แบบนี้เหมาะสำหรับงานทดลองซึ่งต้องอบผลไม้มีระดับอุณหภูมิสูงแตกต่างกันหรืออุณหภูมิเดียวกันแต่มีช่วงระยะเวลานานไม่เท่ากัน เพราะเมื่อถึงอุณหภูมิหรือระยะเวลาที่กำหนด สามารถนำผลไม้ทดลองออกจากห้องบรรจุผลไม้ได้อย่างสะดวก และยังดำเนินการอบผลไม้ทดลองส่วนอื่นในตู้ซึ่งมีอุณหภูมิหรือระยะเวลายังไม่ถึงกำหนดได้ต่อไป

<u>หลักการทำงานและส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องอบน้ำ</u> : ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องตู้อบความร้อนดังนี้ คือ เครื่องบันทึกข้อมูล (hybrid recorder) (model : AA 015, Chino Corporation, Tokyo, Japan) ชุดควบคุมความร้อนของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ (inside temperature controller) (model : REX-P 100, Rika Kogyo Co., Ltd., Tokyo, Japan) ชุดควบคุมความร้อนของน้ำในส่วนผลิตไอน้ำ (shower temperature controller) (model : REX-P 100, Rika Kogyo Co., Ltd., Tokyo, Japan) ชุดควบคุมความร้อนในผลไม้ (fruit pulp temperature controller) (model : REX-P 100, Rika Kogyo Co., Ltd., Tokyo, Japan) ชุดควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ (inside relative humidity controller) (model : REX-P 100, Rika Kogyo Co., Ltd., Tokyo, Japan) เครื่องตั้งเวลา (model : H5AN, Omron Tateisi Electronic Co., Ltd., Tokyo, Japan) นอกจากนี้ ยังเป็นที่ติดตั้งสวิทซ์ปิดเปิดการทำงานของ เครื่องตู้อบความร้อน พัดลม ระบบความร้อน ระบบความเย็น ปั๊มน้ำ และระบบลดอุณหภูมิผลไม้ด้วยน้ำ และสวิทซ์เลือกวิธีการให้ความร้อน ส่วนผลิตไอน้ำร้อนเป็นส่วนที่อยู่ระหว่างห้องบรรจุผลไม้สำหรับกำจัดแมลง และส่วนควบคุมการทำงาน บริเวณด้านล่างเป็นอ่างน้ำร้อนเหนือขึ้นไปจะเป็นท่อน้ำและหัวฉีด น้ำในอ่างน้ำร้อนจะถูกเครื่องปั๊มแรงดันสูงปั๊มน้ำผ่านหัวฉีดเป็นไอน้ำร้อน ส่วนบริเวณด้านบนของส่วนผลิตไอน้ำร้อนเป็นที่ติดตั้งของพัดลม (brower) ซึ่งจะพัดไอน้ำร้อนให้หมุนเวียนผ่านผลไม้ในห้องบรรจุผลไม้ เครื่องตู้อบความร้อนประกอบด้วยอุปกรณ์วัดและควบคุมความร้อน(sensor)แบ่งออกได้หลายชนิดตามลักษณะการใช้งานที่สำคัญได้แก่ แท่งวัดความร้อนสำหรับวัดอุณหภูมิภายในผลไม้ (fruit temperature sensor) แท่งวัดความร้อนสำหรับวัดและควบคุมความร้อนของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ (sensor for controlling air temperature) และ แท่งวัดความร้อนสำหรับวัดและควบคุมความร้อนของน้ำในส่วนผลิตไอน้ำ (sensor for controlling shower temperature) แท่งวัดความร้อนทั้งหมดเป็นชนิด resistance thermometer Pt 100 Ω (solid pack resistance thermometer, Chino Corporation, Tokyo, Japan) เครื่องตู้อบความร้อนมีแท่งวัดความร้อนชนิดวัดอุณหภูมิผลไม้จำนวน 9 แท่ง โดยสามารถสับเปลี่ยน

ขนาดแท่งวัดให้เหมาะสมกับชนิดของผลไม้ที่ต้องการจะวัดอุณหภูมิได้ ผลไม้ที่มีขนาดผลเล็ก เช่น ลำไยและลิ้นจี่ จะใช้แท่งวัดความร้อนมีขนาดแท่งวัด (protective tube length) ยาว 100 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง (protective tube diameter) 1 มม. แท่งวัดความร้อนทั้งหมดต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลซึ่งจะแสดงผลได้ 2 แบบคือ แสดงผลข้อมูลเป็นตัวเลขเรืองแสง (fluorescent indicator tube) และแสดงผลด้วยการบันทึกข้อมูลลงบนกระดาษบันทึกเป็นตัวเลข (digital recording) และเป็นเส้นกราฟ (analog recording) ขณะเครื่องตู้อบความร้อนทำงาน เครื่องบันทึกข้อมูลจะบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงบนกระดาษบันทึก ดังนี้คือ วัน เดือน ปี เวลา อุณหภูมิผลไม้ อุณหภูมิอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้โดยสามารถกำหนดให้เครื่องบันทึกข้อมูลทำการบันทึกข้อมูลเป็นช่วงเวลาได้แล้วแต่จะกำหนด

<u>วิธีการใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้</u> : การกำจัดแมลงในผลไม้ด้วยอุปกรณ์ชนิดนี้ดำเนินการตามขั้นตอนดังรายละเอียดต่อไปนี้ นำผลไม้ที่ต้องการจะกำจัดแมลงใส่ในห้องบรรจุผลไม้ โดยจัดเรียงผลไม้ในภาชนะบรรจุผลไม้ให้เหมาะสมสำหรับงานทดลอง วิธีวัดอุณหภูมิผลไม้จะวัดอุณหภูมิจากผลไม้กำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) ซึ่งใช้เป็นตัวแทนที่จะแสดงอุณหภูมิของผลไม้ทั้งหมดภายในห้องบรรจุผลไม้ โดยจะทำการวัดอุณหภูมิบริเวณที่อยู่ตรงกลางของผลไม้ด้วยการเสียบแท่งวัดความร้อนให้ลึกเข้าไปจนกระทั่งปลายแท่งวัดความร้อนอยู่ที่บริเวณกึ่งกลางของผลไม้ สำหรับลำไยซึ่งเป็นผลไม้ที่มีขนาดเล็กจะเสียบแท่งวัดอุณหภูมิผ่านลำไยจำนวน 2ผลโดยที่ผลสุดท้ายปลายสุดของแท่งวัดอุณหภูมิจะอยู่ตรงกึ่งกลางผลเสียบแท่งวัดความร้อนกับผลไม้กำหนดอุณหภูมิและนำไปวางไว้ในภาชนะบรรจุผลไม้ชั้นล่างสุด หลังจากนั้นปิดประตูห้องบรรจุผลไม้ให้สนิท ป้อนข้อมูลอุณหภูมิในชุดความคุมต่างๆ คือชุดควบคุมความร้อนของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ ชุดควบคุมความร้อนของน้ำในส่วนผลิตไอน้ำและชุดควบคุมความร้อนในผลไม้ทั้งนี้อุณหภูมิที่กำหนดในชุดควบคุมความร้อนของอากาศภายในห้องบรรจุผลไม้ และชุดควบคุมความร้อนของน้ำในส่วนผลิตไอน้ำ จะมีค่ามากกว่าอุณหภูมิของผลไม้ซึ่งควบคุมโดยชุดควบคุมความร้อนในผลไม้ 1 และ 0.5°ซ. ตามลำดับโดยในระหว่างการอบผลไม้ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนในห้องบรรจุผลไม้จะอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated condition)ความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ดี สำหรับงานวิจัยที่ต้องอบผลไม้ในสภาพอากาศร้อนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำระหว่าง 50 - 80 เปอร์เซ็นต์ สามารถดำเนินการได้โดยกำหนดระดับความชื้นสัมพัทธ์ตามที่ต้องการในชุดควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องบรรจุผลไม้ เมื่อเครื่องตู้อบความร้อนทำงาน ไอน้ำร้อนจากส่วนผลิตไอน้ำจะถูกพัดลมบังคับให้หมุนเวียนผ่านผลไม้ซึ่งบรรจุอยู่ในห้องบรรจุผลไม้โดยมีทิศทางหมุนเวียนจากด้านบนลงสู่ด้านล่างไอน้ำร้อนจะถ่ายเทความร้อนเข้าไปในเนื้อผลไม้ อุณหภูมิภายในผลไม้จะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จากอุณหภูมิห้อง (ambient temperature) ประมาณ 25 - 27 ° ซ. ขึ้นไปจนถึงระดับอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ตลอดระยะเวลาของการอบผลไม้ อากาศร้อนภายในห้องบรรจุผลไม้จะมีสภาพความชื้นสัมพัทธ์สูงหรือต่ำตามที่กำหนด เมื่ออุณหภูมิของผลไม้กำหนดอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง

ระดับที่กำหนด แสดงว่าขณะนั้นผลไม้ทดลองทั้งหมดที่อยู่ภายในห้องบรรจุผลไม้มีอุณหภูมิถึงระดับที่กำหนดเช่นเดียวกัน เมื่ออบผลไม้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงระดับที่กำหนด เช่น 46.5°ซ. นำผลไม้ออกจากห้องบรรจุผลไม้ โดยเปิดประตูห้องบรรจุผลไม้และดึงกระบะบรรจุผลไม้ออกมาอย่างรวดเร็วจากนั้นปิดประตูตู้ให้สนิทด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ หากมีผลไม้ชุดอื่นภายในห้องบรรจุผลไม้ซึ่งต้องการความร้อนในระดับอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 47 หรือ 48 ° ซ. หรือคงความร้อนอยู่ที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. เป็นช่วงระยะเวลาที่นาน 1 หรือ 2 ชั่วโมง ผลไม้เหล่านั้นจะไม่ได้รับผลกระทบ อุณหภูมิผลไม้จะไม่ลดต่ำลง การอบผลไม้สามารถดำเนินไปได้โดยต่อเนื่อง

3. เปรียบเทียบวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อน 2 กรรมวิธี คือ วิธีการอบไอน้ำ (Vapor Heat Treatment, VHT)และวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (Modified Vapor Heat Treatment, MVHT) ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในลำไย เพื่อศึกษาความเสียหายและคุณภาพของลำไยจากความร้อน

ทำการทดลองกับลำไยพันธุ์อีดอ อบลำไยด้วยวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อน 2 วิธี คือ วิธีการอบไอน้ำ และ วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ วิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนแต่ละกรรมวิธีมีลักษณะของการให้ความร้อนกับผลไม้แตกต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้ วิธีการอบไอน้ำเป็นการอบผลไม้ในสภาพที่ผลไม้อยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงแรกจะเป็นการอบผลไม้ โดยอากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ หลังจากผลไม้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 43 ° ซ. จึงปรับเปลี่ยนเป็นวิธีอบไอน้ำ อากาศร้อนอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เก็บลำไยทั้งหมดในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ 27 ± 1 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการทดลองนำลำไยใส่ในถาดบรรจุผลไม้ จำนวน 7 ถาด และนำไปชั่งให้แต่ละถาดมีลำไยประมาณ 3 กิโลกรัม นำถาดบรรจุผลไม้จำนวน 6 ถาดใส่เข้าไปในห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องตู้อบความร้อน อบลำไยด้วย 2 วิธีการดังกล่าวข้างต้น โดยเพิ่มอุณหภูมิผลให้คงอยู่ที่ 46 ° ซ. นาน 0, 0:30, 1, 1:30, 2 และ 2:30 ชั่วโมง โดยแต่ละระยะเวลามีลำไยผ่านความร้อนจำนวน ประมาณ 3 กิโลกรัม สำหรับลำไยที่ใช้เปรียบเทียบ (control) ไม่ต้องผ่านความร้อน วิธีวัดอุณหภูมิ ผลลำไยทดลองจะวัดอุณหภูมิจากลำไยกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 9 ผล ซึ่งใช้เป็นตัวแทนแสดงอุณหภูมิของลำไยทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน โดยเสียบแท่งวัดอุณหภูมิผ่านลำไยจำนวน 2 ผล ให้ผลสุดท้ายปลายสุดของแท่งวัดอุณหภูมิอยู่ตรงกึ่งกลางผล นำลำไยที่เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิจำนวน 3 ผล ใส่วางรวมกันในถาดผลไม้ชั้นล่างสุด จำนวน 3 ถาด เมื่อลำไยกำหนดอุณหภูมิ 6 ผล อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนด แสดงว่าขณะนั้นลำไยทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกับลำไยกำหนดอุณหภูมิ เมื่อลำไยทดลองมีอุณหภูมิคงอยู่เป็นระยะเวลานานตามกำหนด นำลำไยที่ระยะเวลานั้นออกจากเครื่องตู้อบความร้อน ลดอุณหภูมิผลลำไยทันทีหลังจากสิ้นสุดการให้ความร้อนด้วยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้

“Sanshu” Shower Cooling System (Differential Pressure Type) (model : SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จากนั้นแยกลำไยแต่ละกรรมวิธีเก็บไว้ในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 26.5 x 33.5 x 15.5 ซม. โดยด้านยาวทั้งสองข้างเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. พร้อมทั้งปิดด้วยผ้าตาข่าย จำนวน 3 รู เก็บลำไยทั้งหมดไว้ในห้องอุณหภูมิ 10 $\pm$ 2 $^{\circ}$ ซ. ตรวจผลการทดลองหลังจากเก็บลำไยไว้นาน 7 วันโดยสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลง ที่ผิดปกติบนลำไยที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อนรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

เวลาและสถานที่

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

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าลำไยที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ (VHT) (ภาพที่ 1) และวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) (ภาพที่ 2) ลักษณะของเปลือกลำไยจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10° ซ. เป็นเวลานาน 7 วัน และจากการสังเกตพบว่าลำไยบางส่วนลักษณะของเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มอย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งแตกต่างจากลำไยในกลุ่มควบคุม (control) ที่ไม่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำทั้งสองวิธีการ นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือกของลำไยจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นเมื่อลำไยได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น สำหรับลำไยที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ (VHT) พบว่าจำนวนลำไยที่แสดงอาการเปลือกเป็นสีน้ำตาลเข้มจะมีมากกว่าลำไยที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT) แต่ไม่พบลักษณะอาการผิดปกติบนเนื้อลำไย และรสชาติไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิม ผลไม้เกิดความเสียหายได้ในทุกๆ ขั้นตอนของการจัดการทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กับผลไม้ที่ต้องผ่านวิธีการกำจัดศัตรูพืชก่อนส่งออกเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขด้านกักกันพืช วิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชนั้นต้องมีทั้งประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืชและไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ ถ้าหากทำให้คุณภาพของผลไม้เสื่อมเสียไปแล้ว ถือว่าวิธีการนั้นไม่มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง ดังนั้น วิธีการใดก็ตามที่ใช้สำหรับกำจัดแมลงศัตรูพืชในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวควรจะมีผลทำให้ผลไม้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ความเสียหายของผลไม้จากวิธีการกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวนั้น แสดงออกโดยสูญเสียคุณสมบัติด้านการตลาดหลายรูปแบบ ได้แก่ สีผล อายุการเก็บรักษา รูปลักษณ์ภายนอก การสุก รสชาด เนื้อ กลิ่น และความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายเชื้อสาเหตุของโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว (Goodwin and Jamikorn, 1952; McDonald and William, 1994) การที่คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นลดลงหรือผิดไปจากปกติจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งคงจะไม่ยินดีที่จะจ่ายเงินจำนวนมากเพื่อแลกกับผลไม้ที่มีคุณภาพต่ำ

การใช้ความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว มีผลกระทบทำให้ผลไม้เกิดความเสียหายได้หลายลักษณะ อุดร และคณะ (2536) รายงานว่า ในการศึกษาคุณภาพผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง หลังจากผ่านวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนทำให้มะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ เกิดความเสียหาย ซึ่งแสดงอาการให้เห็นสองลักษณะคือ เป็นจุดสีขาว (white spot) บนบริเวณผิวนอกของเปลือกแข็งที่ห่อหุ้มเมล็ด (endocarp) และเนื้อมะม่วงเกิดการรวมตัวยึดติดกับบริเวณผิวนอกของเปลือกแข็งที่หุ้มเมล็ด ทำให้เนื้อมะม่วงด้านในที่ติดกับเมล็ดเกิดรูพรุนสีขาวลักษณะคล้ายกับฟองน้ำ (spongy tissue) ลักษณะผิดปกติดังกล่าวนี้ไม่มีอาการบ่งแสดงปรากฏให้เห็นได้จากภายนอกผลมะม่วง นอกจากนี้ ยังสังเกตพบว่าลักษณะเนื้อเป็นรูพรุนไม่ปรากฏอาการให้เห็นจนกว่ามะม่วงสุก อาการเนื้อเป็นรูพรุนสีขาวลักษณะคล้ายฟองน้ำพบเกิดขึ้นเช่นเดียวกันเมื่อใช้วิธีอบไอน้ำกับมะม่วงพันธุ์ ‘Carabao’ (Esguerra and Lizada,1990) และพันธุ์ ‘Kensington’ (Jacobi and Wong, 1992) นอกจากนี้ Miller et al. (1991) ยังรายงานว่ามะม่วงที่ผ่านความร้อน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นและเนื้อเยื่อที่บริเวณเปลือกยุบตัวลงเกิดเป็นหลุมเล็กๆ มีปัจจัยหลายอย่างทำให้ผลไม้ทนต่อความร้อนแตกต่างกัน เช่น พันธุ์ ขนาดผล อายุผลไม้ ระดับความสุกของผลไม้เมื่อนำผลไม้มาผ่านความร้อน แหล่งปลูก เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงวิธีการ ลดอุณหภูมิผลไม้ และการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (Jones, 1942; Sinclair and Lindgren, 1955; Claypool and Vines, 1956; Armstrong et al., 1989; Sharp et al., 1989; Paull, 1990; Esquerra and Lizada, 1990) จากการศึกษาความเสียหายของลำไยจากความร้อน อาจจะกล่าวได้ว่า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัดที่สุดที่พบบนลำไยผ่านความร้อน คือลักษณะอาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ลักษณะอาการดังกล่าวนี้น่าจะเป็นอาการความเสียหายภายนอกที่เกิดจากความร้อนของลำไย เนื่องจากการทดลองนี้ เป็นการศึกษาในเบื้องต้น เพื่อสังเกตลักษณะความเสียหายของลำไยจากความร้อนจึงยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนเพียงพอที่จะสรุปกรรมวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมกับลำไย ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิจัยเพิ่มเติมอีก โดยอาศัยจำนวนผลลำไยที่แสดงอาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเป็นตัวตัดสินเพื่อหากรรมวิธีที่เหมาะสมระหว่างวิธีอบไอน้ำและวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

สรุปผลการทดลองและคำนะนำ

การอบลำไยด้วยวิธีอบไอน้ำและวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ที่อุณหภูมิผล 46 $^{\circ}$ ซ. นาน 0, 0:30, 1, 1:30, 2 และ 2:30 ชั่วโมง เพื่อศึกษาความเสียหายจากความร้อน

1. พบการเปลี่ยนแปลงผิดปกติขึ้นกับผลลำไย โดยลำไยที่ผ่านความร้อนสีของเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มจำนวนมากกว่าลำไยที่ไม่ผ่านความร้อน อาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มน่าจะเป็นความเสียหายจากความร้อนที่เกิดขึ้นกับลำไยโดยเฉพาะเวลานาน , 1:30, 2 และ 2:30 ชั่วโมง ตามลำดับ

2. ควรจะใช้จำนวนลำไยที่แสดงอาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม เป็นข้อกำหนดระดับความเสียหายของลำไยจากความร้อน และเป็นข้อกำหนดเพื่อพิจารณาหากรรมวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะระหว่างวิธีอบไอน้ำและวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ สำหรับการศึกษาที่ จะดำเนินการต่อไป

คำขอบคุณ

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

การนำผลงานไปใช้ประโยชน์

1. เมื่อต่อยอดจนครบกระบวนการการกำจัดแมลงวันผลไม้ได้สำเร็จจะส่งผลให้ประเทศไทยสามารถส่งออกผลลำไยสดไปยังประเทศที่เข้มงวดทางด้านกักกันพืช
2. เกษตรกรชาวสวนผลไม้สามารถกำหนดราคาและได้รับผลตอบแทนสูงขึ้น ผู้ประกอบการโรงงานอบไอน้ำและผู้ส่งออกรายอื่น สามารถส่งออกผลไม้ได้ต่อเนื่องทั้งปี ประเทศไทยสามารถส่งออกผลลำไยสดไปต่างประเทศได้มากขึ้น
3. เป็นการขยายตลาดการส่งออกผลลำไยไปยังประเทศที่มีต้องการสูง และช่วยลดปัญหาลำไยภายในประเทศ ล้นตลาด
4. เป็นเอกสารอ้างอิงสำหรับใช้ในงานทดลองวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาพที่ 1 ลำไยที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำ (VHT)

ภาพที่ 2 ลำไยที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการอบไอน้ำแบบปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (MVHT)

เอกสารอ้างอิง

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

Armstrong, J.W. and H. M. Couey. 1989. Fumigation, heat and cold. *In* : A.S. Robinson and G. Hooper (eds.), World Crop Pests, Vol. 3A, Fruit Flies, Their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier, Rotterdam, The Netherland. pp. 411-424.

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.

Claypool, L.L. and H.M. Vines. 1956. Commodity tolerance studies of deciduous fruits to moist heat and fumigants. Hilgardia. 24 : 297-355.

Esguerra, E.B. and M.C.C. Lizada.1990. The postharvest behaviour and quality of 'Carabao' mangoes subjected to vapor heat treatment. ASEAN Food Journal. 5: 6-12..

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

Jacobi, K.K. and Wong L.S. 1992. Quality of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.) following hot water and vapour heat treatments. Postharvest Biology and Technology. 1: 349-359.

MillerW.R.,R.E, and McDonald.,1991 Quality of store "Marsh" and Ruby Red"grapefruit after hight- temperature, forced-air treatment, HortScience. 26:1188-1991

MillerW.R.,and.McDonald.and J.L.Sharp.1990**.** Quality changes during storage and ripening of "Tommy Atkins"mangoes treated force air , HortScience. 26:395-**357**

Mangan,R.L.,and S.J.Ingle, 1994. force hot-air Quarantine treatment fot grapefruit infested with Mexican fruit fly(Diptera: Tephritidse).Journal of Economic Entomology.87:1574-1579.

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

Sinclair, W.B. and D.L. Lindgren. 1955. Vapor heat sterilization of California citrus and avogado fruits against fruit-fly insects. Journal of Economic Entomology. 48: 133-138.