

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

- |                           |                                                                                                                                                             |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ชุดโครงการวิจัย        | วิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช                                                                                                                                  |
| 2. โครงการวิจัย           | วิจัยการกักกันพืช                                                                                                                                           |
| กิจกรรม                   | วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดศัตรูพืชกักกันเพื่อการส่งออก                                                                                                          |
| 3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) | วิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะละกอเพื่อการส่งออก                                                                       |
| ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) | Development of Heat Quarantine Treatment to Control The Oriental Fruit Fly, <i>Bactrocera dorsalis</i> (Hendel) (Diptera: Tephritidae) on Papaya for Export |
| 3. คณะผู้ดำเนินงาน        |                                                                                                                                                             |
| หัวหน้าการทดลอง           | มลนิภา ศรีมาตรภริมย์ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช                                                                                                           |
| ผู้ร่วมงาน                | วลัยกร รัตนเดชากุล สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช                                                                                                             |
|                           | สลักจิต พานคำ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช                                                                                                                  |
|                           | ชัยณรัตน์ สนศิริ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช                                                                                                               |
|                           | ชุติมา อ้อมกิ่ง สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช                                                                                                                |
|                           | อุตร อุณหุฒิ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช                                                                                                                   |

### 4. บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อใช้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอส่งออก โดยไม่มีผลกระทบของความร้อนต่อคุณภาพของผลมะละกอ การศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ต่ออัตราการตายของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอ โดยอบมะละกอกำจัดหนอนวัย 1 ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ ที่ 50 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงก่อนอุณหภูมิผลถึง 43 °ซ. ภายหลังจากอุณหภูมิผลถึง 43 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์จะถูกปรับให้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบอัตราการตายของแมลงวันผลไม้ ทั้ง 2 กรรมวิธี เมื่ออบมะละกอให้อุณหภูมิผลอยู่ที่ 45, 46.5 และ 47 °ซ. พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 47 °ซ. มีประสิทธิภาพกำจัดหนอนวัย 1 ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (การทดลองจำนวน 3 ซ้ำ) การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 ในผลมะละกอ หลักการให้ความร้อน ในช่วงก่อนอุณหภูมิผลถึง 43 °ซ. อากาศร้อนจะมีความชื้นสัมพัทธ์ 50-80 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากอุณหภูมิผลถึง 43 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์จะมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ แบ่งเป็น 2 การทดลองดังนี้ (1) ศึกษาอัตราการตายของแมลงวันผลไม้ที่อุณหภูมิ 46.5 และ 47 °ซ. นาน 0,

10 และ 20 นาที โดยตรวจนับจำนวนแมลงรอดชีวิต พบว่าอุณหภูมิ 47 °ซ. นาน 10 นาที มีประสิทธิภาพกำจัด หนอนวัย 1 ได้ดีที่สุด ไม่พบแมลงรอดชีวิต (การทดลองจำนวน 3 ซ้ำ) (2) ศึกษาอัตราการตายของแมลงที่อุณหภูมิ 47 °ซ. นาน 0, 10 และ 20 นาที พบว่าอุณหภูมิ 47 °ซ. นาน 10 นาที มีประสิทธิภาพสูงสุด ไม่พบแมลงรอดชีวิต (การทดลองจำนวน 4 ซ้ำ) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิ 47 °ซ. นาน 10 นาที มีประสิทธิภาพกำจัด หนอนวัย 1 จำนวนมากกว่า 3,000 ตัว ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จากผลงานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะเสนอให้มีการ ประเมินประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ จำนวนมากกว่า 30,000 ตัว ต่อไป

### Abstract

The aim of this research is to develop of modified vapor heat treatment (MVHT) as quarantine treatment to disinfect the Oriental fruit fly (OFF), *Bactrocera dorsalis* (Hendel) on papaya (*Carica papaya* L.) of Holland cultivar for exportation without damaging fruit quality. The influence of relative humidity (RH) on mortality of the most heat tolerant stage, the first instar larva of *B. dorsalis* in papaya was assessed on two different RH conditions. Papaya fruits infested with OFF 1<sup>st</sup> larvae were heated with hot air at 50 and 80 %RH at ambient temperature to 43°C, and subsequently the fruits were heated at 45°C, 46.5°C and 47°C with air saturated water vapor (> 90% RH). At 47°C, the 1<sup>st</sup> larvae were still survived on tested fruits that heated with hot air at 50 %RH, whereas no survivors were found in at 80% RH. The results indicated that the mortality tended to increase when 1<sup>st</sup> larvae were subjected to MVHT at higher RH during dry pre-heating period. Effectiveness of MVHT on mortality of OFF 1<sup>st</sup> larvae placed inside papaya was studied in two experiments. In Experiment 1, papaya fruits infested with 1<sup>st</sup> larvae were heated with hot air till 43°C at 50-80% RH; and subsequently the fruits were heated to 46.5°C and 47°C and keeping at air saturated water vapor (> 90% RH) for 0, 10 and 20 minutes. In Experiment 2, papaya fruits infested with 1<sup>st</sup> larvae were heated to 47°C and keeping at air saturated water vapor (> 90% RH) for 0, 10 and 20 minutes. At 47°C for 10 minutes, no larvae survived on tested fruits of both experiments. The results indicated that none of 3,000 individuals of the most heat tolerant stage of *B. dorsalis* treated survived after subjecting to MVHT of fruit center temperature 47°C for 10 minutes. Based on results of this research, future studies were scheduled for standard quarantine treatment of 30,000 individuals of the most heat tolerant stage of the OFF for completion of the method.

### 5. คำนำ

แมลงวันผลไม้ Oriental fruit fly, *B. dorsalis* (Hendel) หรือแมลงวันทองเป็นแมลงศัตรูที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของผลไม้หลายชนิดในประเทศไทย สามารถเข้าทำลายผลไม้ที่มีเปลือกบางหรืออ่อนนุ่ม เช่น มะม่วง ชมพู ฝรั่ง มะละกอ พุทรา กล้วย น้อยหน่า ฯลฯ (อินทวัฒน์, 2537) มลนิภา และคณะ (2555) รายงานว่าแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* สามารถเข้าทำลายมะละกอได้ 100 เปอร์เซ็นต์ หากไม่มีการป้องกันกำจัด นอกจากนี้แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ได้จัดอยู่ในกลุ่มแมลงวันผลไม้สายพันธุ์ *B. dorsalis* species complex ซึ่งมีความสำคัญทางด้านกักกันพืช (CABI, 2015; Vargas *et al.*, 2015) มะละกอ *Carica papaya* L. เป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีศักยภาพในการส่งออก เนื่องจากประเทศไทยจัดอยู่ในลำดับที่ 9 ของผู้ผลิตมะละกอทั่วโลก (Songpol, 2011) พันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้า คือ พันธุ์แขกนวล แขกดำ แขกดำท่าพระ ฮอลแลนด์ เรดเลดี้ และปากช่อง โดยเฉพาะมะละกอฮอลแลนด์ผลสุก เป็นพันธุ์ที่ขายได้ราคาสูง เนื่องจากให้ผลดก ผลคล้ายลูกฟักอ่อน มีเนื้อสีแดงอมส้ม รสชาติหวาน เปลือกหนา จึงทำให้ทนทานต่อโรค และการขนส่งได้ดี (จริงแท้, 2552; Thaipong *et al.*, 2011) อย่างไรก็ตามมะละกอเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ ภายใต้เงื่อนไขการส่งออกมะละกอไปจำหน่ายยังประเทศที่มีความเข้มงวดด้านกักกันพืช ประเทศไทยจำเป็นต้องหาวิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ที่มีประสิทธิภาพ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ และได้มาตรฐานตามวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช

วิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชก่อนส่งออกมีหลายวิธี อาทิเช่น การใช้ความร้อน ความเย็น รมควัน และฉายรังสี ฯลฯ ประเทศไทยได้ประสบความสำเร็จในการวิจัยและพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน โดยใช้วิธีอบไอน้ำและวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* species complex และ *B. cucurbitae* ในมะม่วง 5 พันธุ์ (หนั่งกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด พิมเสนแดง และมหาชนก) มังคุด และส้มโอพันธุ์ทองดี ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลไม้ (รัชฎา และคณะ, 2555; Lapasathukool *et al.*, 2002; Unahawutti *et al.*, 1991; 1999; 2006) สำหรับงานวิจัยในผลไม้ที่มีศักยภาพในการส่งออกชนิดอื่นๆ มลนิภา และคณะ (2555) ได้ศึกษาด้านความเสียหายของมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ด้วยวิธีอบไอน้ำเปรียบเทียบกับวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ พบว่าวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีอบไอน้ำ นอกจากนี้ มลนิภา และคณะ (2555) ได้ศึกษาความทนทานต่อความร้อนของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในระยะไข่ และหนอนในมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำหนดระยะเวลาการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด พบว่าหนอนวัยที่ 1 เป็นวัยที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด

การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้เพื่อการส่งออก จำเป็นต้องศึกษาปัจจัยในด้านอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อวิธีการให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการตายของแมลง และประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในระยะที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ และจำเป็นต้องดำเนินการตามเงื่อนไขของหน่วยงานกักกันพืชต่างประเทศ อาทิเช่น ประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดเกณฑ์พิจารณาวิธี

กำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ต้องมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงในระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด จำนวนไม่ต่ำกว่า 30,000 ตัว ให้ตายทั้งหมด (Miyazaki, 2010) ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ต้องมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงต่ำสุดที่ระดับ 99.9968 เปอร์เซ็นต์ (probit 9) แมลงสามารถรอดชีวิตได้ไม่เกิน 3 ตัว จากจำนวนแมลงทั้งหมด 100,000 ตัว (Baker, 1939)

วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ นอกจากมีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ ยังไม่ก่อให้เกิดพิษตกค้างภายในผลไม้ ซึ่งมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค จึงผ่านการยอมรับอย่างกว้างขวางจากประเทศผู้นำเข้า ในปัจจุบันประเทศไทยมีการสร้างโรงงานกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนระดับการค้าอย่างแพร่หลาย โดยใช้วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ อบผลมะม่วง มังคุด และส้มโอ เพื่อการส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น เกาหลี และนิวซีแลนด์ (มลนิภา, 2552; 2556) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ระยะหนอนวัย 1 จำนวนไม่ต่ำกว่า 3,000 ตัว ให้ตายทั้งหมด ตามมาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช และทำให้เกิดความเชื่อมั่นในการกำจัดแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก่อนประเมินประสิทธิภาพกำจัดแมลงจำนวนไม่ต่ำกว่า 30,000 ตัว ต่อไป

## 6. วิธีดำเนินการ

ดำเนินการโดยใช้ตู้อบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง (Sanshu vapor heat treatment system: differential pressure รุ่น EHK 1000 D, Sanshu sangyo co., ltd., Kagoshima, Japan) ณ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* นำมาจากผลมะละกอ เก็บรวบรวมจากอำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี ขยายพันธุ์ประชากรแมลงให้เพิ่มขึ้น และมีความแข็งแรง โดยเลี้ยงแมลงด้วยอาหารเทียมสูตรข้าวโพดป่น (Watanabe *et al.*, 1973) เตรียมแมลงวันผลไม้โดยเลี้ยงในกรงใหญ่ จำนวน 20,000 ตัว/กรง และในกรงเล็ก จำนวน 2,000 ตัว/กรง เพื่อขยายประชากรแมลงให้เพียงพอต่องานทดลอง การเลี้ยงแมลงแต่ละรุ่น จำเป็นต้องตรวจสอบอัตราการฟักไข่ การออกเป็นตัวเต็มวัย น้ำหนักดักแด่ และอัตราส่วนเพศผู้ และเพศเมีย เพื่อควบคุมคุณภาพของแมลงก่อนทดลอง แบ่งเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

### ศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ต่ออัตราการตายของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอ

มะละกอตทดลองเป็นพันธุ์ฮอลแลนด์ ใช้จำนวน 25 ผล มีผลขนาดกลาง น้ำหนัก 450-650 กรัม/ผล เตรียมมะละกอให้มีหนอนวัย 1 อยู่ภายในผล ตามวิธีการ มลนิภา และคณะ (2555) โดยใส่หนอนวัย 1 ในผลจำนวน 100 ตัว/ผล จากนั้นนำมะละกอตทดลองจำนวน 15 ผล ใส่ตู้อบไอน้ำ มะละกออีก 10 ผล ใช้เป็นวิธีการไม่ผ่านความร้อน อบมะละกอตด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลก่อนถึง 43

๑๕. อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ ที่ระดับ 50 และ 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิผลถึง 43 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์จะถูกปรับให้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อบมะละกอจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 45, 46.5 และ 47 °ซ. การวัดอุณหภูมิภายในสุดผลมะละกอ วัดจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิผล จำนวน 3 ผล น้ำหนัก 550±15 กรัม/ผล ซึ่งวางในถาดบรรจุผลไม้ชั้นล่างสุด เมื่อเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิผล จำนวน 2 ผล อุณหภูมิถึง 45, 46.5 และ 47 °ซ. นำมะละกอออกจากตู้อบไอน้ำ และลดอุณหภูมิผลมะละกอทันที โดยการเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง ในตู้ลดอุณหภูมิผลไม้ (Sanshu shower cooling system: รุ่น SHS-12) เก็บมะละกอทดลองตามวิธีการ มลนิภา และคณะ (2555) บันทึกจำนวนแมลงรอดชีวิต หลังอบมะละกอ 5 วัน โดยคำนวณอัตราการตายที่แท้จริง (corrected mortality) ตามสูตรของ Abbott (Abbott, 1925) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนวัยที่ 1 ดำเนินการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

### ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอ

**การทดลองที่ 1** ใช้มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ ผลขนาดกลาง น้ำหนัก 450-650 กรัม/ผล จำนวน 30 ผล เตรียมมะละกอเช่นเดียวกับการทดลองแรก นำมะละกอจำนวน 20 ผล ใส่ตู้อบไอน้ำ มะละกออีก 10 ผล ใช้เป็นวิธีการไม่ผ่านความร้อน อบมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลก่อนถึง 43 °ซ. อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 50-80 เปอร์เซ็นต์ หลังจากอุณหภูมิผลถึง 43 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์จะถูกปรับให้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อบมะละกอจนอุณหภูมิภายในสุดผลถึง 46.5 และ 47 °ซ. นาน 0, 10 และ 20 นาที บันทึกจำนวนแมลงรอดชีวิต หลังอบมะละกอ 5 วัน ดำเนินการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

**การทดลองที่ 2** ใช้มะละกอจำนวน 40 ผล เตรียมมะละกอเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 นำมะละกอจำนวน 30 ผล ใส่ตู้อบไอน้ำ มะละกออีก 10 ผล ใช้เป็นวิธีการไม่ผ่านความร้อน อบมะละกอตามการทดลองที่ 1 ศึกษาอัตราการตายของหนอนวัย 1 ที่อุณหภูมิผล 47 °ซ. นาน 0, 10 และ 20 นาที บันทึกจำนวนแมลงรอดชีวิต หลังอบมะละกอ 5 วัน คำนวณอัตราการตายที่แท้จริง ตาม Abbott (Abbott, 1925) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนวัยที่ 1 ดำเนินการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ

- เวลาและสถานที่

เวลา กันยายน 2554 - ตุลาคม 2558

สถานที่ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช และจังหวัดนครปฐม ปทุมธานี นครราชสีมา นครนายก กาญจนบุรี ราชบุรี แพร่ และเชียงใหม่

## 7. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### ศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ต่ออัตราการตายของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอ

ผลการตรวจนับจำนวนแมลงที่อุณหภูมิผล 45, 46.5 และ 47 °ซ. พบว่าการอบมะละกอที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 47 °ซ. มีประสิทธิภาพกำจัดหนอนวัย 1 ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่

การอบมะละกอที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 47 °ซ. ทำให้หนอนวัย 1 ตาย 99.83 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลอง 3 ซ้ำ แสดงใน Table 1 สอดคล้องกับงานวิจัยของ อูตร และคณะ (2550) รายงานว่าการอบส้มโอที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 45 °ซ. นาน 40 นาที สามารถกำจัดหนอนวัย 1 ตายทั้งหมด ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ แมลงยังคงรอดชีวิต นอกจากนี้ Unahawutti *et al.* (1999) พบว่าการอบมังคุดภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ มีอิทธิพลต่อการตายของแมลงวันผลไม้ในระยะไข่ต่ำกว่าการอบมังคุดที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์

การทดลองชี้ให้เห็นว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนในช่วงแรก (ช่วงก่อนอุณหภูมิผลเพิ่มถึง 43 °ซ.) เป็นปัจจัยสำคัญต่อการตายของแมลง (มลินีภา และคณะ, 2554; Dohino *et al.*, 2014) เนื่องจากแมลงสามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร่างกายได้ตามสภาพอากาศภายนอก (poikilothermic) จึงเป็นไปได้ว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ แมลงยังคงรอดชีวิต เพราะมีความทนทานต่อความร้อน แต่เมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้น แมลงจะมีความทนทานต่อความร้อนได้น้อยลง ทำให้แมลงตายทั้งหมดที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาจากระยะเวลาที่ใช้ออบมะละกอ พบว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาอบมะละกอ น้อยกว่าที่ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิผลมะละกอลงอยู่ที่ 45, 46.5 และ 47 °ซ. (Table 2)

ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Unahawutti *et al.* (2006) รายงานว่าที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ออบส้มโอ ให้อุณหภูมิผลถึงระดับอุณหภูมิเป้าหมายจะสั้นลง แสดงว่าการอบมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ถ้าได้รับความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้นในช่วงแรก เวลาที่ใช้ออบมะละกอจะสั้นลง จากการทดลองนี้ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ มีผลต่ออัตราการตายของแมลง และระยะเวลาที่ใช้ออบมะละกอ ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ ในระยะที่ทนทานต่อความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมะละกอเพื่อการส่งออก

### ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอ

**การทดลองที่ 1** ผลการตรวจนับจำนวนแมลง จากการทดลอง 3 ซ้ำ ในมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อนจำนวน 30 ผล มีแมลงรอดชีวิตจำนวน 2,415 ตัว ในมะละกอที่ผ่านความร้อนแต่ละอุณหภูมิ จำนวน 15 ผล จะมีหนอนวัย 1 ทั้งหมด ประมาณ 1,207 ตัว อัตราการตายของหนอนวัย 1 ในมะละกอที่อุณหภูมิ 46.5 และ 47 °ซ. นาน 0, 10 และ 20 นาที เฉลี่ย 91.72, 99.83, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) ระยะเวลาอบมะละกอ แสดงใน Table 4 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม ทำให้แมลงตายได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากความร้อนที่สูงเกิน 40 °ซ. มีผลต่อระบบสืบวิทยาของแมลง (heating block system, HBS) ได้แก่ ขบวนการเมทาบอลิซึม ระบบหายใจ ประสาท และสืบพันธุ์ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Lorena *et al.* (2015) รายงานว่าแมลงวันผลไม้แม็กซิกัน Mexican fruit fly, *Anastrepha ludens* (Loew) ในระยะหนอนวัย 3 เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 46.1 °ซ. จะทำให้ผนัง follicle ของอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (testes) และ อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (ovary) ถูกทำลาย

**การทดลองที่ 2** ผลการตรวจนับจำนวนแมลง จากการทดลอง 4 ซ้ำ ในมะละกอที่ไม่ผ่านความร้อน จำนวน 40 ผล มีแมลงรอดชีวิตจำนวน 3,255 ตัว ในมะละกอที่ผ่านความร้อนแต่ละอุณหภูมิ จำนวน 40 ผล จะมี หนอนวัย 1 ทั้งหมด ประมาณ 3,255 ตัว อัตราการตายของหนอนวัย 1 ในมะละกอที่อุณหภูมิ 47 °ซ. นาน 0, 10 และ 20 นาที เฉลี่ย 99.98, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 5) ระยะเวลาอบมะละกอ แสดงใน Table 6 จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ออบมะละกอ จากการทดลอง 4 ซ้ำ ที่อุณหภูมิ 47 °ซ. นาน 10 นาที ใช้เวลา 3:36, 3:43, 3:31 และ 3:35 ชั่วโมง ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 47 °ซ. นาน 20 นาที ใช้เวลา 3:46, 3:53 3:41 และ 3:45 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมาก เมื่อพิจารณาจากอุณหภูมิ 47 °ซ. นาน 10 นาที และ 20 นาที พบว่าในแต่ละอุณหภูมิใช้ระยะเวลาห่างกันไม่เกิน 30 นาที ซึ่งเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการอบมะละกอกำจัดแมลงในระดับการค้า จะเป็นที่ยอมรับได้ของผู้ประกอบการ

ผลการศึกษา พบว่าการอบมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ที่อุณหภูมิผล 47 °ซ. นาน 10 นาที มีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ หนอนวัย 1 ซึ่งมีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุดจำนวน ประมาณ 1,207 และ 3,255 ตัว ตามลำดับ ตามมาตรฐานของวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช ที่มีประสิทธิภาพกำจัดแมลง จำนวนมากกว่า 3,000 ตัว (small scale) จากผลงานวิจัยนี้ มีความเป็นไปได้สูงที่จะเสนอให้มีการประเมิน ประสิทธิภาพวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ จำนวนมากกว่า 30,000 ตัว (large scale) ที่อุณหภูมิ 47 °ซ. นาน 20 นาที เพื่อใช้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะละกอนำส่งออก สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไปถึง 47 °ซ. นาน 20 นาที เพื่อเป็นการป้องกันความ ผิดพลาด ในกรณีนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้กับตู้อบไอน้ำระดับการค้า เพื่อกำจัดแมลงในผลไม้ก่อนส่งออก

## 8. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ต่ออัตราการตายของแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* ในผลมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยอบมะละกอกำจัดหนอนวัย 1 ที่อุณหภูมิ 45, 46.5 และ 47 °ซ. โดยใช้ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 50 และ 80 เปอร์เซ็นต์ (ในช่วงก่อนอุณหภูมิผลถึง 43 °ซ.) พบว่าการอบมะละกอภายใต้สภาพอากาศร้อนที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 47 °ซ. มีประสิทธิภาพกำจัดหนอนวัย 1 ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ แมลงยังคงรอดชีวิต ความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงแรก มีอิทธิพลต่ออัตราการตายของแมลง อัตราการตายของหนอนวัย 1 จะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระดับความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น

ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำปรับความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* หนอนวัย 1 ในผลมะละกอ พบว่าการอบมะละกอด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ที่อุณหภูมิ 47 °ซ. นาน 10 นาที มีประสิทธิภาพกำจัดหนอนวัย 1 ที่มีความทนทานต่อความร้อนมากที่สุด จำนวนมากกว่า 3,000 ตัว ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้มาตรฐานตามวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช

## 9. การนำผลงานไปใช้ประโยชน์

1. เพื่อพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในผลมะละกอ และผลไม้ชนิดอื่น ๆ ที่มีศักยภาพในการส่งออก ในระดับการค้าได้ เช่นเดียวกับการพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในผลมะม่วง มังคุด และส้มโอ ที่ประสบความสำเร็จสามารถส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น นิวซีแลนด์ และสาธารณรัฐเกาหลี

2. เกษตรกรชาวสวนมะละกอ ผู้ประกอบการโรงงานอบไอน้ำ และผู้ส่งออกในประเทศไทยได้รับทราบข้อมูลวิชาการในเชิงลึก ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับตู้อบไอน้ำในระดับการค้าตามมาตรฐานด้านกักกันพืช เพื่อเพิ่มศักยภาพในการส่งออกผลไม้อบไอน้ำไปตลาดต่างประเทศได้เพิ่มขึ้น

3. ได้ฐานข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการกำจัดแมลงศัตรูพืชทางด้านกักกันพืช โดยเฉพาะแมลงวันผลไม้ ด้วยวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ให้ผู้ที่สนใจได้รับทราบข้อมูลอย่างถูกต้อง รวมถึงการสร้างเครือข่ายที่เกี่ยวข้องให้เพิ่มมากขึ้นทั้งใน และต่างประเทศ อาทิเช่น นิสิตฝึกงาน และหน่วยงานทางด้านกักกันพืชต่างประเทศ ฯลฯ

## 10. ขอบคุณ

งานวิจัยนี้จะสำเร็จลุล่วงด้วยดีไม่ได้ หากขาดความช่วยเหลือจากนักวิชาการ และพนักงานของกลุ่มงานกำจัดศัตรูพืชกักกัน กลุ่มวิจัยการกักกันพืช ในการเตรียมอุปกรณ์ และเช็คผลการทดลอง ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านดังมีรายนามต่อไปนี้ คุณปวีณา บุษบาเทียน, คุณพุ่มพงษ์ เพ็งฤกษ์, คุณพงษ์ศักดิ์ จิณฤทธิ, คุณกัลยา คูหวิฒนศิลป์, คุณประชุม นัยจำนัล, คุณนวนลนินสา ตั้งสัจจะกุล คุณสมิทธิ อยู่เอี่ยม และคุณมินา จริงจิตร นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเกษตรกรชาวสวนมะละกอไทยทุกท่าน ที่ทำให้ผู้วิจัยมีแรงบันดาลใจในการทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

## 11. เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2552. มะละกอไทย สถานภาพด้านสายพันธุ์ ระบบการผลิต และการตลาด.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพฯ. 136 หน้า.

มลนิกา ศรีมาตริภิมย์. 2552. การกำจัดแมลงในผลไม้เพื่อการส่งออกด้วยวิธีอบไอน้ำ. ใน รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตและจัดการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองนอกฤดูเพื่อการส่งออก. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

มลนิกา ศรีมาตริภิมย์ อุดร อุณหวุฒิ ชัยณรัตน์ สนศิริ จารุวรรณ จันทรา สลักจิต พานคำ

และรัชฎา อินทรกำแหง. 2554. วิจัยและพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนในผลส้มโอ

พันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อการส่งออก. ใน สัมมนาสร้างสรรค์งานวิจัย อารักขาพืชก้าวไกล สำนักวิจัย

พัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

มลนิกา ศรีมาตริภิมย์ ชัยณรัตน์ สนศิริ สลักจิต พานคำ รัชฎา อินทรกำแหง และอุดร อุณหวุฒิ.

2555. วิจัยและพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงสำหรับกำจัดแมลงวันทองด้วยความร้อนในผลมะละกอ

เพื่อการส่งออก [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.doa.go.th/research>



- /showthread.php?tid=363&highlight=มลนิภา+ศรีมาตรภิรมย์ (11 มกราคม 2559).  
มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์. 2556. การป้องกันกำจัดแมลงในผลมะม่วงเพื่อการส่งออกด้วยวิธีอบไอน้ำ  
และฉายรังสี. ใน ประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการผลิตมะม่วง 52 สัปดาห์เพื่อการส่งออก.  
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- รัชฎา อินทรกำแหง สลักจิต พานคำ ชัยณรงค์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ชูติมา อ้อมกิ่ง และ  
อุตร อุณหุฒิ. 2555. วิจัยและพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทอง  
ในผลแก้วมังกรเพื่อการส่งออก. หน้า 1939-1951. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555.  
สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรมวิชาการเกษตร.
- อินทวัฒน์ บุรีคำ. 2537. (บรรณาธิการ). บทปฏิบัติการกีฏวิทยาทางการเกษตร. โรงพิมพ์รุ่งวัฒนา  
เขตธนบุรี กรุงเทพฯ. 243 หน้า.
- อุตร อุณหุฒิ สลักจิต พานคำ ชัยณรงค์ สนศิริ มลนิภา ศรีมาตรภิรมย์ ชูติมา อ้อมกิ่ง และ จารุวรรณ จันทรา  
และรัชฎา อินทรกำแหง 2550. การวิจัยพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันผลไม้  
ในส้มโอเพื่อส่งออก. ผลงานวิจัยดีเด่น ประจำปี 2549 ประเภทงานวิจัยประยุกต์ กรมวิชาการเกษตร.  
กรุงเทพฯ.
- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol.  
18: 265-267.
- CAB International (CABI). 2015. *B. dorsalis*. Available Source: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/17685>. August, 13, 2015.
- Dohino, T., T. Mizuno, S. Mizuniwa, M. Yoneda and I. Miyazaki. 2014. Heat and  
cold tolerance of various aged eggs of *Bactrocera dorsalis* and *B. cucurbitae* (Diptera:  
Tephritidae). Res. Bull. Pl. Prot. Japan. 50: 63-69.
- Lapasathukool, S., S. Phankum, U. Unahawutti and S. Charnnarongkul. 2002.  
Heat tolerance of immature stages of 4 tephritid fruit fly species in Thailand.  
An additional report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and  
Fisheries (MAFF) for approval of a quarantine treatment on Thai mangosteens to be  
exported to Japan. Technical Plant Quarantine Sub-Division, Agricultural Regulatory  
Division, Department of Agriculture, Bangkok.
- Lorena Caro-Corrales, Jose Caro-Corrales, Angel Valdez-Ortiz, Jose Lopez Valenzuela, Hector  
Lopez-Moreno, Daniel Coronado-Velazquez, Emilio Hernandez-Ortiz and Jose Rendon-  
Maldonado. 2015. Histopathological changes in third-instar and adult *Anastrepha ludens*

- (Diptera: Tephritidae) after in vitro heat treatment. *Journal of Insect Science* 15: 1-6. doi: 10.1093/jisesa/iev003
- Miyazaki, I. 2010. How to prepare the technical report on vapor heat disinfestations test. Report of the thermal treatment for the disinfestations of fruit flies. Naha Plant Protection Station, (MAFF), Okinawa International Centre. Japan International Cooperation Agency, Japan. 30 p.
- Songpol, S. 2011. Current study of papaya production in Thailand. The International Symposium on Papaya Dec 19-22, 2011 Imperial Maeping Hotel Chiangmai, Thailand. 70 p.
- Thaipong, K., S. Srimart, K. Iamjud, P. Sangwanankul and S. Wasee. 2011. Collection evaluation and selection of papaya varieties in Thailand. The International Symposium on Papaya Dec 19-22, 2011 Imperial Maeping Hotel Chiangmai, Thailand. 70 p.
- Unahawutti, U., M. Poomthong, R. Intatakumheng, W. Worawisitthumrong, C. Lapasathukool, E. Smitasiri, P. Srisook and C. 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 (MAFF) 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.
- Unahawutti, U. , S. Phankum, P. Ongthonglang and C. Chettanachitara. 1999. Heated-air quarantine treatment for mangosteen infested with oriental fruit fly (Diptera : Tephritidae). A report submitted to the (MAFF) for approval of quarantine treatment on Thai mangosteen to be exported to Japan. Tech. Plant Quarant. Sub-Div., Agr. Regulat. Div., Dept. of Agri., Bangkok. 630 p.
- Unahawutti, U., S. Phankum, M. Srimartpirom, C. Ormking, C. Sonsiri, J. Chantra and R. Intarakumheng. 2006. Development of heated-air quarantine treatment for pummelo infested with oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). A report submitted to the (MAFF) for approval of a quarantine treatment on Thai pummel to be exported to Japan, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 143 p.
- Vargas, R.I., Pinero and L. Leblanc. 2015. An overview of pest species of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) and the integration of biopesticides with other biological approach

for their management with a focus on the pacific region. Journal of Insects 6: 297-318.  
doi: 10.3390/insects6020297

Watanabe, N., F. Ichinohe and M. Sonda. 1973. Improvement of corn flour medium for larvae culture of oriental fruit fly. Research Bullentine of Plant Protection Service Japan. 11: 57-58.

**Table 1** Mortality of 1<sup>st</sup> instar larvae of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* on papaya treated with modified vapor heat treatment at 50% and 80% RH.

Method	Treatment <sup>1</sup>	Number treated	Number dead	Corrected Mortality <sup>2</sup> (%)
50% RH	Control	3,000	583	0.00
	45.0°C	1,500	1,187	74.10
	46.5°C	1,500	1,444	95.37
	47.0°C	1,500	1,498	99.83
80% RH	Control	3,000	511	0.00
	45.0°C	1,500	1,238	78.95
	46.5°C	1,500	1,481	98.47
	47.0°C	1,500	1,500	100.00

Combined data of 3 replicates

<sup>1</sup>Treatment : 5 fruits infested with 100 individuals/fruit

Control : 10 fruits infested with 100 individuals/fruit

<sup>2</sup>Corrected Mortality (CM %) is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925)

**Table 2** Time for center of papaya to attain 45, 46.5 and 47°C during subjected to modified vapor heat treatment at 50% and 80 % RH.

Method	Rep	Loading (Kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)	Time for fruit center (h <sup>1</sup> )		
				45°C	46.5°C	47°C

50% RH	1	8	556.57	2:29	2:54	3:15
			557.44			
			557.68			
	2	8	557.12	2:33	2:53	3:08
			561.20			
			558.40			
	3	8	565.00	2:35	2:58	3:10
			578.10			
			561.25			
80% RH	1	8	558.05	2:07	2:22	2:30
			551.12			
			560.14			
	2	8	555.07	2:09	2:25	2:33
			562.14			
			557.45			
	3	8	561.10	2:15	2:32	2:44
			550.05			
			565.00			

<sup>1</sup>Time for center of 2 sensor fruits to attain target temperature

**Table 3** Mortality of 1<sup>st</sup> instar larvae of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* on papaya treated with modified vapor heat treatment at 50-80 % RH.

Treatment <sup>1</sup>	Number treated	Number dead	Corrected Mortality <sup>2</sup> (%)
Control	3,000	585	0.00
46.5°C	1,500	1,400	91.72
47.0°C + 0 min.	1,500	1,498	99.83
47.0°C + 10 min.	1,500	1,500	100.00
47.0°C + 20 min.	1,500	1,500	100.00

Combined data of 3 replicates

<sup>1</sup>Treatment : 5 fruits infested with 100 individuals/fruit

Control : 10 fruits infested with 100 individuals/fruit

<sup>2</sup>Corrected Mortality (CM %) is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925)

**Table 4** Time for center of papaya to attain 46.5 and 47°C at various holding minutes during subjected to modified vapor heat treatment at 50-80% RH.

Rep	Loading (Kg/cum.)	Sensor fruit weight	Time for fruit center (h) <sup>1</sup>
-----	----------------------	------------------------	-------------------------------------------

		(g)	46.5°C	47°C+0 min.	47°C+10 min.	47°C+20 min.
1	12	572.36	3:05	3:21	3:31	3:41
		573.49				
		571.53				
2	12	553.37	2:43	2:56	3:06	3:16
		547.16				
		537.02				
3	12	558.20	2:55	3:12	3:22	3:32
		580.14				
		564.21				

<sup>1</sup>Time for center of 2 sensor fruits to attain target temperature

**Table 5** Mortality of 1<sup>st</sup> instar larvae of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* on papaya treated with modified vapor heat treatment during intermediate disinfestation test.

Treatment <sup>1</sup>	Number treated	Number dead	Corrected Mortality <sup>2</sup> (%)
Control	4,000	745	0.00
47.0°C + 0 min.	4,000	3,999	99.98
47.0°C + 10 min.	4,000	4,000	100.00
47.0°C + 20 min.	4,000	4,000	100.00

Combined data of 4 replicates

<sup>1</sup>Treatment : 10 fruits infested with 100 individuals/fruit

Control : 10 fruits infested with 100 individuals/fruit

<sup>2</sup>Corrected Mortality (CM %) is corrected by using Abbott's formula (Abbott, 1925)

**Table 6** Time for center of papaya to attain 47°C at various holding minutes during subjected to intermediate disinfestation test.

Rep	Loading (Kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)	Time for fruit center (h) <sup>1</sup>		
			47°C+0 min.	47°C+10 min.	47°C+20 min.
1	16	557.12	3:26	3:36	3:46

---

		565.00			
		562.14			
2	16	559.00	3:33	3:43	3:53
		558.52			
		565.00			
3	16	560.21	3:21	3:31	3:41
		557.12			
		561.25			
4	16	560.00	3:25	3:35	3:45
		559.11			
		562.20			

---

<sup>1</sup>Time for center of 2 sensor fruits to attain target temperature