ว.วิชาการ กษ. 11 (3) : 133 - 147 Thai Agricultural Research Journal Vol. 11, September - December 1993

การศึกษาความต้านทานต่อความร้อนของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง

Heat Tolerance of First Instar Oriental Fruit Fly Infested in 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' Mangoes

อุดร อุณหวุฒิ[1] มานะ พุ่มทอง[1] รัชฎา อินทรกำแหง[1]
วลัยกร วรวิศิษฎ์ธำรง[1] และ ประเทือง ศรีสุข[1]

Udorn Unahawutti, Mana Poomthong, Rachada Intarakumheng,[1]
Walaikorn Worawisitthumrong[1] and Pratuang Srisook[1]

ABSTRACT

The first instar Oriental fruit fly (OFF), *Dacus dorsalis* Hendel, infested in 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes *(Mangifera indica* Linn.) were determined for their heat tolerance by subjecting a pair of infested mango varieties to vapor heat. All available evidence indicated that there were some differences in the OFF first instars susceptibility to vapor heat treatment of 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes. The results distinctively demonstrated that the OFF first instars in 'Pimsen Daeng' mangoes were more tolerant to vapor heat treatment than in other varieties. The test on preparation of OFF infested fruit for vapor heat evaluation showed that the first instar larval inoculation method was the most effective.

The differences observed in the OFF first instars tolerance to vapor heat treatment for different mango varieties would possibly effect the efficacy of the quarantine treatment currently used. Some OFF first instars infested in 'Pimsen Daeng' mangoes were able to survive when an approved vapor heat disinfestation treatment temperature 46.5°C for 10 min. at fruit center of 'Nang Klarngwan' mangoes was applied. Thus, It was neccessary to verify the efficacy of an approved vapor heat treatment of 'Pimsen Daeng' mangoes infested with the OFF first instars.

Keywords : Oriental Fruit Fly, Vapor Heat Tolerance

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาลักษณะความต้านทานต่อความร้อนจากการอบไอน้ำ (Vapor heat treatment) ของแมลงวันทอง (Oriental fruit fly, *Dacus dorsalls* Hendel) หนอนวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวัน เปรียบเทียบกับในมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง โดยวิธีอบไอน้ำ กำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงครั้งละสองพันธุ์พร้อมกัน ผลการทดลองพบว่า หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 แสดงลักษณะความต้านทานต่อความร้อนแตกต่างกันเมื่ออยู่

[1]ฝ่ายวิชาการกักกันพืช กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Plant Quarantine Technical Sub-Division, Aqricultural Regulatory Division, Department of Aqriculture, Chatuchak, Bangkok 10900.

ในมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง โดยที่เมื่อหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 อยู่ในมะม่วงพิมเสนแดงจะมีความสามารถต้านทานต่อความร้อนได้ดีกว่าเมื่ออยู่ในมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ และ แรด

เนื่องจากความต้านทานต่อความร้อนของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 แตกต่างกันในระหว่างชนิดพันธุ์มะม่วง จึงมีแนวโน้มเป็นไปได้ว่ากระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิภายในสุด ผลมะม่วง 46.5°ซ. นาน 10 นาที (46.5°ซ. + 10 นาที) ซึ่งกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น หากนำมาใช้กับมะม่วงพิมเสนแดงจะมีแมลงบางส่วนรอดชีวิต ดังนั้นงานวิจัยประเมินประสิทธิภาพการอบไอน้ำ กำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแตง (Melon fly, *D. cucurbitae* Coquillett) กับมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง จำเป็นต้องทดสอบกระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. + 10 นาที ว่าจะสามารถกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงพิมเสนแดงได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นไปตามมาตรฐานเพื่อใช้สำหรับงานกักกันพืชหรือไม่

การเปรียบเทียบวิธีต่างๆ ที่ใช้สำหรับเตรียมมะม่วงในสภาพที่มีหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ทำลายภายในผลมะม่วง พบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพวิธีอบไอน้ำกำจัดหนอนของแมลงวันทองวัยที่ 1 ในผลมะม่วง ควรใช้วิธีเตรียมมะม่วงทดลองด้วยวิธีการใส่หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในผลมะม่วง

คำหลัก : แมลงวันทอง ความต้านทานการอบไอน้ำร้อน

คำนำ

ปัจจุบันมีการส่งมะม่วงหนังกลางวัน (*Mangifera indica* Linn. var. Nang Klangwan) ไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น มะม่วงส่งออกทั้งหมดต้องผ่านการกำจัดแมลงวันผลไม้ 2 ชนิด คือ แมลงวันทอง (Oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel) และแมลงวันแตง (Melon fly, *D. cucurbitae* Coquillett) ด้วยกรรมวิธีอบไอน้ำ (Vapor heat treatment) โดยเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลมะม่วงบริเวณที่เนื้อมะม่วงติดกับเมล็ด (Fruit center temperature) ขึ้นถึง 46.5°ซ. และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46.5°ซ. เป็นเวลานาน 10 นาที (46.5 °ซ. + 10 นาที) (อุดร และคณะ 2530) นอกจากมะม่วงหนังกลางวันแล้ว ยังมีมะม่วงอีก 3 พันธุ์ คือ น้ำดอกไม้ (Nam Dorkmai) แรด (Rad) และพิมเสนแดง (Pimsen Daeng) เป็นเป้าหมายต่อไปเพื่อขยายปริมาณส่งออกมะม่วงไปยังตลาดญี่ปุ่นให้เพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ดี การส่งออกจะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อมีข้อมูลผลการประเมินประสิทธิภาพการอบไอน้ำกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแตงในมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ เสนอต่อหน่วยงานกักกันพืชประเทศญี่ปุ่นเพื่อประกอบการพิจารณาอนุญาตนำเข้า

ระหว่างไข่และหนอนวัยต่างๆ ของแมลงวันทองและแมลงวันแตงในผลมะม่วงหนังกลางวัน หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 มีความต้านทานต่อความร้อนมากที่สุด (อุดร และคณะ 2529) ผลการศึกษาเบื้องต้นความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์มะม่วงและความต้านทานต่อความร้อนของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 (อุดร และคณะ, ผลงานที่ยังไม่ได้ตีพิมพ์) ปรากฏว่า เมื่ออบไอน้ำกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันและมะม่วงแรดที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ อัตรารอดชีวิตเฉลี่ยของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันมีแนวโน้มสูงกว่าในมะม่วงแรด **พันธุ์มะม่วงดูเหมือนว่าจะมีบทบาทสำคัญทำให้ลักษณะความต้านทานความร้อนของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 เปลี่ยนแปลงไป** รายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องนี้จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญต่อแผนการวิจัยซึ่งจะต้องดำเนินการกับมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง **นอกจากนี้แล้ว วิธีเตรียมมะม่วงในสภาพที่มีหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 อยู่ภายในผลเพื่อใช้ในการทดลองซึ่งเตรียมจากวิธีใส่ไข่แมลงวันทองในผลมะม่วง และวิธีใส่หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในผลมะม่วง อัตรารอดชีวิตของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 หลังการอบไอน้ำในมะม่วงทดลองทั้ง 2 วิธีแตกต่างกันอย่างเด่นชัด แสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะมีวิธีการต่างๆ หลายวิธีใช้เตรียมมะม่วงเป็นไปตามข้อกำหนดได้ผลดีเหมือนกัน แต่บางวิธีอาจจะไม่เหมาะสำหรับใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพการอบไอน้ำกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในผลมะม่วง**

งานวิจัยต่อไปนี้จึงมีวัตถุประสงค์สำคัญ 2 ประการ คือ

(1) เพื่อศึกษาลักษณะความต้านทานของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ต่อความร้อนจากการอบไอน้ำเมื่อแมลงอยู่ในมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง และ

(2) เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมมะม่วงในสภาพที่มีหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 อยู่ภายในผลมะม่วงเพื่อใช้ในงานทดลองประเมินประสิทธิภาพการอบไอน้ำกำจัดหนอน

แมลงวันทองวัยที่ 1 ในผลมะม่วง โดยเปรียบเทียบระหว่าง 3 วิธี คือ

วิธีที่ 1 วิธีใส่ไข่แมลงวันทองในผลมะม่วง

วิธีที่ 2 วิธีใส่หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในผลมะม่วง

วิธีที่ 3 วิธีให้แมลงวันทองวางไข่บนผลมะม่วง

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินงานทดลองด้วยเครื่องอบไอน้ำ "Sanshu" Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) (Model EHK-1000B, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) แมลงวันทองใช้ในงานทดลองเป็นแมลงที่เลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเทียม (Artificial diet) สูตรข้าวโพดป่น (Watanabe *et al.* 1973) เมื่อเลี้ยงแมลงวันทองในห้องปฏิบัติการให้มีปริมาณพอเพียงแก่การทดลองแล้ว แบ่งงานทดลองออกเป็น 3 งานทดลอง มีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

1. การศึกษาการนำความร้อนของมะม่วง

คัดเลือกมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง ให้มีขนาดน้ำหนักต่อผลเท่า ๆ กัน นำมะม่วงทั้ง 4 พันธุ์ ๆ ละ 1 ผล วางในถาดบรรจุผลไม้เดียวกัน ใส่ในตู้บรรจุผลไม้แบบตู้สเตนเลส 3 ตู้ ๆ ละ 1 ถาด (ตู้บรรจุผลไม้ซ้าย กลาง และขวา) ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการนำความร้อนของมะม่วงแต่ละพันธุ์ด้วยการอบไอน้ำมะม่วงให้อุณหภูมิภายในผลมะม่วงเพิ่มขึ้นถึง 46.5 °ซ. บันทึกอุณหภูมิภายในผลมะม่วงทั้ง 12 ผล ทุก ๆ 5 นาที จนกระทั่งมะม่วงทุกผลมีอุณหภูมิ 46.5 °ซ. ทำการทดลอง 3 ครั้ง

2. การศึกษายืนยันประสิทธิภาพกระบวนการอบไอน้ำกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวัน

ใช้มะม่วงหนังกลางวันขนาดเล็ก (น้ำหนัก 250-280 กรัม/ผล) เตรียมมะม่วงทดลองให้มีหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 อยู่ในผลด้วยวิธีใส่หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 เข้าไปในผลจำนวน 100 ตัว/ผล (ตามวิธีการที่ระบุไว้ในข้อ 3) อบไอน้ำผลมะม่วงให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนดต่าง ๆ ดังนี้ 41.0 43.0 44.0 46.0 46.5 และ 46.5 °ซ. และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46.5 °ซ. นาน 10 นาที (46.5°ซ. + 10 นาที) การอบไอน้ำเพื่อให้อุณหภูมิผลมะม่วงเพิ่มขึ้นถึงระดับที่กำหนด เมื่อมะม่วงกำหนดอุณหภูมิ (Sensor fruit) จำนวน 3 ผลอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงระดับกำหนดต่าง ๆ นำมะม่วงทดลองที่อุณหภูมินั้น ๆ จำนวน 3 ผลออกจากห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องอบไอน้ำทันที สำหรับมะม่วงที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (Control) จำนวน 3 ผลไม่ต้องนำเข้าอบไอน้ำ

ลดอุณหภูมิผลมะม่วงหลังการอบไอน้ำด้วยอากาศเย็น (Forced-air cooling) นาน 1 ชั่วโมง โดยนำมะม่วงใส่ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ "Sanshu" shower cooling unit (Differential Pressure Type) (Model SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) หลังจากนั้นแยกมะม่วงแต่ละผลใส่ไว้ในถุงผ้ามัสลิน ขนาด 15 x 30 ซม. มัดปากถุงด้วยยางยืด เก็บไว้ในกระบะพลาสติก พร้อมทั้งคลุมกระบะด้วยผ้ามัสลินอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันไม่ให้แมลงวันผลไม้จากภายนอกเล็ดลอดเข้าไปวางไข่ในมะม่วงทดลอง เก็บมะม่วงในห้องอุณหภูมิ 25-27 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80% จนกระทั่งตรวจผลการทดลองซึ่งจะดำเนินการ วันที่ 4 หลังจากอบไอน้ำ โดยผ่ามะม่วงแต่ละผล บันทึกจำนวนแมลงที่รอดชีวิตเพื่อนำไปวิเคราะห์คำนวณหาอัตรารอดชีวิต (Corrected percentage survival) ทำการทดลอง 2 ครั้ง

3. การศึกษาความต้านทานต่อความร้อนของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1

คัดเลือกมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง ให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (น้ำหนัก 240-290 กรัม/ผล) ในการทดลองแต่ละครั้งจะอบไอน้ำกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วง 2 พันธุ์พร้อมกัน มะม่วงทดลองแต่ละพันธุ์ซึ่งมีหนอนวัยที่ 1 อยู่ภายในผลได้มาจาก 3 วิธี คือ

1. **วิธีใส่ไข่แมลงวันทองในผลมะม่วง** : ดำเนินการโดยใช้มีดปลายแหลมกรีดทำรอยแผลสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพียง 3 ด้าน แยกเปลือกออกจากเนื้อมะม่วง จากนั้นนำไข่แมลงวันทองอายุไม่เกิน 1 ชั่วโมง ใส่ลงบนเนื้อมะม่วงตรงบริเวณรอยแผล จำนวน 100 หรือ 120 ฟอง/ผล เตรียมมะม่วงทดลองแต่ละพันธุ์จำนวน 3 ผล เก็บมะม่วงทั้งหมดไว้ในห้องอุณหภูมิ 25-27 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80% RH เป็นเวลา 2 วัน

2. **วิธีใส่หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในผลมะม่วง** : ดำเนินการคล้ายกับวิธีใส่ไข่แมลงวันทองในผลมะม่วง ด้วยการทำรอยแผล

สี่เหลี่ยมผืนผ้าบนผลมะม่วง และนำหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ใส่ลงบนเนื้อมะม่วง จำนวน 100 ตัว/ผล ก่อนหน้านำมะม่วงไปทดลองอบไอน้ำ 3-4 ชั่วโมง เตรียมมะม่วงทดลองแต่ละพันธุ์ จำนวน 3 ผล

3. **วิธีให้แมลงวันทองวางไข่บนผลมะม่วง** : เตรียมกรงแมลงซึ่งด้านบนปิดด้วยตาข่ายพลาสติกสำหรับการวางไข่ แต่ละกรงมีแมลงวันทองตัวเต็มวัยอายุระหว่าง 3-6 สัปดาห์ เพศเมีย 3 ตัว เพศผู้ 2 ตัว ให้แมลงวันทองวางบนผลมะม่วงโดยเจาะรูบนผลมะม่วงจำนวน 6 รู วางมะม่วงด้านที่เจาะรูลงบนกรงมะม่วงจำนวนหนึ่งผลต่อกรง แมลงวันทองจะแทงอวัยวะวางไข่เข้าไปในผลมะม่วงตรงบริเวณรูที่เจาะไว้ หลังจากปล่อยให้แมลงวันทองวางไข่บนผลมะม่วงนาน 2 ชั่วโมง วิธีการปฏิบัติดังกล่าวนี้ แมลงวันทองจะวางไข่บนผลมะม่วงได้ปริมาณหนอนค่อนข้างจะสม่ำเสมอ มะม่วงแต่ละผลจะมีหนอนประมาณ 100-150 ตัว/ผล เตรียมมะม่วงทดลองแต่ละพันธุ์จำนวน 3 ผล เก็บมะม่วงที่มีไข่ไว้ในห้องอุณหภูมิ 25-27 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80% เป็นเวลา 2 วัน

นำมะม่วงมาอบไอน้ำเป็นคู่ ๆ รวมทั้งหมด 4 คู่ คือ

1) หนังกลางวันและน้ำดอกไม้
2) หนังกลางวันและแรด
3) หนังกลางวันและพิมเสนแดง
4) น้ำดอกไม้และพิมเสนแดง

มะม่วงแต่ละคู่จะถูกนำเข้าอบไอน้ำจนกระทั่ง มะม่วงแต่ละพันธุ์อุณหภูมิภายในผลเพิ่มขึ้นถึงระดับกำหนดดังนี้ คือ 43.0 45.0 46.0 46.5 และ 46.5°ซ. และคงไว้ที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. นาน 5 นาที (46.5°ซ. + 5 นาที)

วิธีวัดอุณหภูมิมะม่วงในขณะอบไอน้ำ กำหนดจากอุณหภูมิของมะม่วงแต่ละพันธุ์จำนวน 3 ผล เมื่อมะม่วงทั้ง 3 ผลของมะม่วงพันธุ์หนึ่งอุณหภูมิถึงระดับที่กำหนดต่าง ๆ นำมะม่วงทดลองพันธุ์เดียวกันนั้นออกจากห้องบรรจุผลไม้ทันที แต่ละระดับอุณหภูมิกำหนดมีมะม่วงผ่านการอบไอน้ำจำนวน 9 ผล ได้จากการเตรียมมะม่วง 3 วิธีการ ๆ ละ 3 ผล ส่วนมะม่วงที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (Control) ไม่ต้องผ่านการอบไอน้ำ จำนวนพันธุ์ละ 9 ผล จากวิธีเตรียมมะม่วง 3 วิธีการ ๆละ 3 ผล หลังการอบไอน้ำลดอุณหภูมิผลมะม่วงด้วยอากาศเย็นนาน 1 ชั่วโมง เก็บมะม่วงทดลองทั้งหมดไว้ตามวิธีการที่กล่าวมาแล้ว ตรวจผลการทดลอง 4 วันหลังการอบไอน้ำ ดำเนินการอบไอน้ำมะม่วงแต่ละคู่ จำนวน 2 ครั้ง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาการนำความร้อนของมะม่วง

Table 1, 2 และ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในผลมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดงจากการทดลองครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ มะม่วงทุกพันธุ์มีอุณหภูมิก่อนเริ่มอบไอน้ำแตกต่างกันไม่เกิน 1.0 °ซ. การทดลองให้ผลเหมือนกันทั้ง 3 ครั้ง อุณหภูมิของมะม่วงหนังกลางวันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนดที่ 46.5 °ซ. เร็วที่สุด ในขณะที่อัตราการนำความร้อนของมะม่วงน้ำดอกไม้จะเท่าๆ กับมะม่วงพิมเสนแดง อุณหภูมิของมะม่วงทั้งสองพันธุ์เพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนดในเวลาใกล้เคียงกัน สำหรับมะม่วงแรดต้องใช้เวลาอบไอน้ำนานที่สุดกว่าอุณหภูมิภายในจะเพิ่มขึ้นถึงระดับที่กำหนด แต่อย่างไรก็ดีในการอบไอน้ำแต่ละครั้ง ระยะเวลาอบไอน้ำเพื่อให้อุณหภูมิของมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง ซึ่งมีน้ำหนักเท่าๆ กัน เพิ่มขึ้นถึง 45.6 °ซ. ใช้เวลานานแตกต่างกัน ประมาณ 15 นาที

วิธีวัดอุณหภูมิผลมะม่วงขณะอบไอน้ำ จะวัดอุณหภูมิของเนื้อมะม่วงตรงบริเวณที่เนื้อมะม่วงติดกับเมล็ด ระยะเวลาอบไอน้ำให้มะม่วงทั้งหมดมีอุณหภูมิถึงระดับที่กำหนดจะใช้เวลาน้อยหรือมากขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ยกตัวอย่างเช่น ขนาดผลมะม่วงเล็กหรือใหญ่ ลักษณะรูปร่างของผลมะม่วงแบนหรือกลม ความเร็วลมหมุนเวียนไอน้ำร้อนผ่านผลมะม่วงในห้องบรรจุผลปริมาณมะม่วงในห้องบรรจุผลไม้ และลักษณะการจัดเรียงผลมะม่วงในภาชนะบรรจุผลไม้ เป็นต้น มะม่วงทั้ง 4 พันธุ์ซึ่งใช้ในการทดลองดูเหมือนว่ารูปร่างลักษณะผลมะม่วงแตกต่างกันค่อนข้างจะเด่นชัด มะม่วงหนังกลางวันลักษณะผลยาวและค่อนข้างแบน ส่วนมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง มีลักษณะผลกลมเรียว และลักษณะของเมล็ดจะคล้ายกับลักษณะของผลเช่นเดียวกัน

จากรูปร่างลักษณะของผลมะม่วงจะเห็นว่า เมื่อมะม่วงน้ำหนักใกล้เคียงกันรูปร่างลักษณะผลเป็นปัจจัยสำคัญกำหนดอัตราการนำความร้อนของมะม่วงแต่ละพันธุ์ มะม่วงหนังกลางวันมีความหนาของเนื้อมะม่วงระหว่างผิวกับเมล็ดบางกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง (Table 4) **ด้วยเหตุนี้ เมื่ออบ**

Table 1 Rate of heat conduction among mango varieties[1] : Time for center of 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmal', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes to attain 46.5°C.

Elapsed Time (min)	Temperature (°C.) in fruit holding container											
	Left				Center				Right			
	Nang Klarngwan (268g)	Nam Dorkmai (262g)	Rad (262g)	Pimsen Daeng (257g)	Nang Klarngwan (266g)	Nam Dorkmai (257g)	Rad (255g)	Pimsen Daeng (258g)	Nang Klarngwan (266g)	Nam Dorkmai (256g)	Rad (254g)	Pimsen Daeng (257g)
0	29.6	29.4	29.4	29.6	29.5	29.5	29.1	29.6	29.9	29.5	29.6	30.2
15	30.8	30.5	30.4	30.7	30.6	30.6	30.2	30.7	31.0	30.6	30.6	31.5
30	33.2	32.6	32.7	33.0	32.8	32.8	32.3	33.0	33.4	32.8	32.9	34.3
45	36.5	35.6	35.7	36.1	36.0	35.9	35.3	36.2	36.7	36.0	36.1	37.7
55	39.2	38.0	38.4	38.7	38.6	38.4	37.9	38.8	39.4	38.5		41.0
70	44.3	43.0	43.4	43.6	43.7	43.6	42.9	43.9	44.7	43.7		45.6
80	45.9	45.0	45.0	45.3	45.5	45.4	44.8	45.5	46.1	45.5		46.5
85	46.3	45.7	45.6	45.9	46.0	46.0	45.4	46.0	46.6	46.1		
90	46.7	46.1	46.0	46.3	46.5	46.4	46.0	46.4		46.5	46.5	
95		46.6	46.3	46.6		46.7	46.3	46.7				
100		46.6				46.6						

[1]Replication 1

Table 2 Rate of heat conduction among mango varieties[1] : Time for center of 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmal', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes to attain 46.5°C.

Elapsed Time (min.)	Temperature (°C) in fruit holding container											
	Left				Center				Right			
	Nang Klarngwan (271g)	Nam Dorkmai (265g)	Rad (270g)	Pimsen Daeng (269g)	Nang Klarngwan (271g)	Nam Dorkmai (263g)	Rad (268g)	Pimsen Daeng (263g)	Nang Klarngwan (270g)	Nam Dorkmai (262g)	Rad (263g)	Pimsen Daeng (260g)
0	29.8	29.6	29.2	29.5	29.5	29.5	29.3	29.4	29.6	29.0	29.3	29.5
15	31.5	30.9	30.3	30.4	30.6	30.7	30.4	30.8	30.9	30.1	30.3	30.7
30	34.3	33.2	32.6	33.0	33.1	33.2	32.9	33.2	33.5	32.4	32.6	33.1
45	37.7	36.4	35.6	36.2	36.1	36.4	36.0	36.4	36.8	35.6	35.6	36.2
55	41.2	39.1	38.2	38.9	38.8	39.2	38.8	39.4	39.8	38.2	38.3	39.8
70	45.2	43.7	43.0	43.6	43.7	44.0	43.6	43.6	44.5	43.2	43.2	43.8
85	46.6	45.9	45.4	45.8	46.0	46.0	45.8	45.6	46.4	45.6	45.6	46.1
90		46.3	45.9	46.2	46.4	46.4	46.2	46.0	46.7	46.1	46.1	46.3
95		46.6	46.3	46.5	46.8	46.7	46.4	46.3			46.4	46.7
100			46.5				46.7	46.5		46.7	46.6	

[1]Replication 2

ไอน้ำมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง พร้อมกัน อุณหภูมิผลมะม่วงหนังกลางวันจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึงระดับกำหนดได้เร็วกว่าในผลมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง จากปัจจัยดังกล่าวนี้ในงานทดลองศึกษาความต้านทานต่อความร้อนของหนอนแมลงวันทองซึ่งต้องอบไอน้ำมะม่วง 2 พันธุ์พร้อมกันในเครื่องอบไอน้ำเดียวกันการวัดอุณหภูมิมะม่วงจำเป็นต้องใช้มะม่วงกำหนดอุณหภูมิจากมะม่วงทั้ง 2 พันธุ์ ทั้งนี้เพื่อให้การวัดอุณหภูมิมะม่วงทดลองของแต่ละพันธุ์ได้ถูกต้อง

2. การศึกษายืนยันประสิทธิภาพกระบวนการอบไอน้ำกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวัน

ผลการอบไอน้ำกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าไม่มีหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 รอดชีวิตที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. และ 46.5°ซ. + 10 นาที เป็นการยืนยันถึงประสิทธิภาพของกระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. + 10 นาที สามารถกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ซึ่งมีความต้านทานต่อความร้อนมากที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Table 5)

3. การศึกษาความต้านทานต่อความร้อนของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1

เมื่ออบไอน้ำมะม่วงหนังกลางวันคู่กับมะม่วงน้ำดอกไม้จนอุณหภูมิผลมะม่วงเพิ่มถึงระดับที่กำหนดต่าง ๆ พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ใช้เวลานานกว่ามะม่วงหนังกลางวัน ประมาณ 4-10 นาที (Table 6) **เป็นที่น่าสังเกตุว่าหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ต้านทานความร้อนแตกต่างกันค่อนข้างจะเด่นชัดในมะม่วงหนังกลางวันและน้ำดอกไม้ ดังจะเห็นได้จากแนวโน้มที่หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันมีอัตรารอดชีวิตเฉลี่ยสูงกว่าในมะม่วงน้ำดอกไม้ หรืออุณหภูมิผลมะม่วงหนังกลางวันต้องสูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ถึงจะกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ได้ทั้งหมด ในการทดลองที่ 1 พบว่ามะม่วง เตรียมด้วยวิธีที่ 1 และ 3** ที่อุณหภูมิ 46.0°ซ. กำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ ขณะที่มะม่วงหนังกลางวันต้องเพิ่มอุณหภูมิขึ้นถึง 46.5°ซ. (Table 7) สำหรับมะม่วงเตรียมด้วยวิธีที่ 2 นั้น หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ทั้งในมะม่วง

Table 3 **Rate of heat conduction among mango varieties**[1] : Time for center of 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmal', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes to attain 46.5°C.

Elapsed Time (min)	Temperature (°C) in fruit holding container											
	Left				Center				Right			
	Nang Klarngwan (267g)	Nam Dorkmai (278g)	Rad (279g)	Pimsen Daeng (276g)	Nang Klarngwan (286g)	Nam Dorkmai (279g)	Rad (267g)	Pimsen Daeng (279g)	Nang Klarngwan (288g)	Nam Dorkmai (274g)	Rad (265g)	Pimsen Daeng (267g)
0	30.6	30.6	30.3	30.6	30.6	30.5	30.4	30.5	30.5	30.4	30.1	30.6
15	31.9	31.4	31.6	31.4	31.9	31.3	31.7	31.5	31.8	31.4	31.0	31.8
30	34.7	33.7	34.4	33.9	34.8	33.7	34.5	33.8	34.5	33.7	33.2	34.5
45	38.2	36.7	37.7	36.9	38.1	36.8	37.8	37.0	37.9	36.9	36.3	37.8
55	41.6	39.5	41.1	39.9	41.8	39.7	41.5	30.1	41.5	39.9	39.1	41.3
70	46.2	44.4	45.3	44.6	46.1	44.6	45.6	44.6	45.7	44.6	44.0	45.5
75	46.7	45.2	45.9	45.4	46.6	45.5	46.2	45.4	46.3	45.4	44.9	46.2
80		45.9	46.4	46.0		46.1	46.6	46.0	46.7	46.0	45.6	46.6
85		46.4	46.6	46.5		46.5		46.5		46.5	46.2	
90		46.7									46.5	

[1] Replication 3

หนังกลางวันและน้ำดอกไม้ยังมีชีวิตรอดที่อุณหภูมิ 46.5°ซ.+5 นาที อัตรารอดชีวิตในมะม่วงหนังกลางวัน เฉลี่ย 3.3% ขณะที่ในมะม่วงน้ำดอกไม้ต่ำกว่าคือ เฉลี่ย 0.4% แต่ในการทดลองที่ 2 หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันตายทั้งหมดที่อุณหภูมิ 46.5°ซ.+5 นาที ขณะที่มะม่วงน้ำดอกไม้จะเป็นอุณหภูมิ 46.5°ซ. (Table 7)

สำหรับการอบไอน้ำมะม่วงหนังกลางวันคู่กับมะม่วงแรดที่อุณหภูมิกำหนดต่าง ๆ มะม่วงแรดใช้ระยะเวลาอบไอน้ำนานกว่ามะม่วงหนังกลางวัน ประมาณ 4-16 นาที (Table 6) การทดลองปรากฏผลเช่นเดียวกันกับการอบไอน้ำมะม่วงหนังกลางวันคู่กับน้ำดอกไม้ หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันสามารถต้านทานต่อความร้อนได้ดีกว่าในมะม่วงแรด โดยที่

Table 4 Structural properies of mango fruits of 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' varieties.

Mango variety	Fruit No.	Fruit Weight (g)	Fruit Length (mm)	Fruit Width (mm)	Fruit Thickness (mm)	Seed Length (mm)	Seed Width (mm)	Seed Thickness (mm)	Flesh[1] Thickness (mm)
Nang Klarngwan	1	266.7	151	61	53	133	31	17.5	
	2	268.9	165	62	49	143	33	16.5	
	3	266.3	163	59	52	145	32	16.5	
	4	270.9	148	57	53				
	5	270.0	158	59	50				
	6	271.0	154	62	53				
	Mean	269.0	156.5	60.0	51.7	140.3	32.0	16.8	34.9
Nam Dorkmai	1	262.5	143	67	57	123	39	12.0	
	2	262.4	148	66	55	130	39	13.0	
	3	262.5	141	68	54	126	39	11.0	
	4	256.9	141	67	55				
	5	257.9	141	65	58				
	6	265.2	143	67	53				
	Mean	261.2	142.8	66.7	55.3	126.3	39.0	12.0	43.3
Rad	1	262.1	120	71	60	99	35	20.0	
	2	262.5	113	69	61	92	39	18.5	
	3	267.6	121	71	60	94	35	21.0	
	4	270.0	112	73	61				
	5	254.1	117	68	57				
	6	255.1	115	71	57				
	Mean	261.9	116.3	70.5	59.3	95.0	36.3	19.8	39.5
Pimsen Daeng	1	263.4	118	70	59	100	39	16.0	
	2	268.2	122	70	59	103	36	17.5	
	3	269.4	126	69	59	105	34	20.0	
	4	272.2	122	69	57				
	5	243.1	117	71	56				
	6	260.0	115	67	55				
	Mean	262.7	120.0	69.3	57.5	130.0	36.3	17.8	39.7

[1]Flesh thickness = Fruit thickness - Seed thickness

หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันมีชีวิตรอดจากการอบไอน้ำที่อุณหภูมิสูงกว่าในมะม่วงแรด

มะม่วงเตรียมด้วยวิธีที่ 1 หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันรอดชีวิตที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. และ 46.5 °ซ. + 5 นาที ในการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ สำหรับมะม่วงเตรียมด้วยวิธีที่ 2 อุณหภูมิสูงถึง 46.5°ซ. + 5 นาที ในการทดลองที่ 1 และ 2 และในกรณีของมะม่วงเตรียมด้วยวิธีที่ 3 อุณหภูมิ 45.0°ซ. และ 46.5°ซ. ในการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (Table 8) ขณะที่หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงแรดไม่สามารถต้านทานความร้อนที่อุณหภูมิดังกล่าวข้างต้น

การอบไอน้ำมะม่วงหนังกลางวันคู่กับมะม่วงพิมเสนแดงกลับปรากฏผลแตกต่างจากที่พบกับมะม่วงน้ำดอกไม้และแรด ถึงแม้ว่าระยะเวลาการอบไอน้ำมะม่วงพิมเสนแดงให้ถึงแต่ละอุณหภูมิกำหนดจะนานกว่ามะม่วงหนังกลางวัน ประมาณ 2-4 นาที (Table 6) **อัตรารอดชีวิตของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงพิมเสนแดงโดยทั่วไปมีแนวโน้มสูงกว่าในมะม่วงหนังกลางวันเกือบทุกอุณหภูมิกำหนด การกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ทั้งหมดในมะม่วงพิมเสนแดงต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าในมะม่วงหนังกลางวัน**

มะม่วงเตรียมด้วยวิธีที่ 1 ในการทดลองที่ 1 พบหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ทั้งในมะม่วงหนังกลางวันและพิมเสนแดงที่อุณหภูมิ 46.5° ซ. เฉลี่ย 4.9% และ 8.2% ตามลำดับ แต่การทดลองที่ 2 ปรากฏว่า เฉพาะหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงพิมเสนแดงรอดชีวิตที่อุณหภูมิ 46.5° ซ.+5 นาที (Table 9)

มะม่วงเตรียมด้วยวิธีที่ 2 ในการทดลองที่ 1 หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันและพิมเสนแดงรอดชีวิตที่อุณหภูมิ 46.5° ซ. เฉลี่ย 30.7% และ 38.8% ตามลำดับ และในการทดลองที่ 2 ที่อุณหภูมิ 46.5° ซ.+5 นาที เฉลี่ย 7.6% และ 12.8 ตามลำดับ (Table 9)

สำหรับมะม่วงเตรียมด้วยวิธีที่ 3 พบว่า ในการทดลองที่ 1 เฉพาะหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงพิมเสนแดงเท่านั้น

Table 5 Survival of *D. dorsalis* first instars in 'Nang Klarngwan' mangoes treated with vapor heat treatment

Rep.	Sensor fruit weight (g)	Treatment temp. (°C)	Elapsed time [1] (min.)	Alive individuals [2]	Survival [3] (%)
1	299.9	control	-	276	100.0
	308.0	41.0	63	271	98.2
	316.2	42.0	66	252	91.3
		43.0	70	247	89.5
		44.0	75	265	96.0
		45.0	80	102	37.0
		46.0	89	114	41.3
		46.5	96	0	0.0
		46.5 + 10 min	106	0	0.0
2	301.3	control	-	281	100.0
	305.2	43.0	67	233	82.9
	305.4	45.0	77	27	9.6
		46.0	84	56	19.9
		46.5	90	0	0.0
		46.5 + 10 min	100	0	0.0

[1]Time for center of all 3 sensor fruits to attain target temperatures

[2]From total of 300 individuals (3 fruit infested with 100 first instars/fruit)

[3]Corrected percentage survival.

Table 6 Time for fruit center to attain target temperatures in a pair comparison test

Rep.	Sensor fruit weight (g)		Treatment temp. (°C)	Elapsed time[1] (min)	
	Nang Kiarngwan	**Nam Dorkmai**		**Nang Kiarngwan**	**Nam Dorkmai**
1	278.6	279.9	control	-	-
	279.6	280.7	43.0	70	74
	281.2	280.9	45.0	80	85
			46.0	89	94
			46.5	97	103
			46.5 + 5 min	102	108
2	275.6	279.0	control	-	-
	282.9	280.2	43.0	71	77
	283.2	281.4	45.0	82	89
			46.0	91	100
			46.5	99	109
			46.5 + 5 min	104	11
	Nang Kiarngwan	**Rad**		**Nang Kiarngwan**	**Rad**
1	269.3	281.1	control	-	-
	274.1	281.5	43.0	69	73
	279.7	285.3	45.0	79	85
			46.0	87	94
			46.5	93	103
			46.5 + 5 min	98	108
2	275.8	272.1	control	-	-
	276.9	280.8	43.0	67	75
	280.0	281.1	45.0	77	87
			46.0	85	98
			46.5	92	108
			46.5 + 5 min	97	113
	Nang Kiarngwan	**Pimsen Daeng**		**Nang Kiarngwan**	**Pimsen Daeng**
1	276.2	278.4	control	-	-
	279.5	279.4	43.0	69	71
	282.1	283.8	44.0	73	76
			45.0	79	81
			46.0	87	89
			46.5	93	95
2	274.6	273.8	control	-	-
	274.8	274.7	43.0	69	73
	279.8	274.4	45.0	80	83
			46.0	89	93
			46.5	97	100
			46.5 + 5 min	102	105
	Nam Dorkmai	**Pimsen Daeng**		**Nam Dorkmai**	**Pimsen Daeng**
1	237.5	237.3	control	-	-
	238.1	238.3	43.0	72	70
	239.8	238.6	45.0	83	80
			46.0	92	88
			46.5	100	96
			46.5 + 5 min	105	101
2	238.4	238.7	control	-	-
	239.3	239.6	43.0	73	70
	240.4	240.1	45.0	83	80
			46.0	92	88
			46.5	99	95
			46.5 + 5 min	104	100

[1] Time for center of all 3 sensor fruits of each mango variety to attain target temperatures

Table 7 Survival of the *D. dorsalis* first instars in 'Nang Klarngwan' and 'Nam Dorkmai' mangoes treated with vapor heat treatment.

Rep.	Method to Infest fruit	Treatment temp. (°C)	Nang Klarngwan		Nam Dorkmai	
			Alive Individuals	Survival[1] (%)	Alive Individuals	Survival[4] (%)
1	1[1]	control	127[5]	100.0	183	100.0
		43.0	126	66.1	41	22.4
		45.0	23	12.1	5	2.7
		46.0	27	14.2	0	0.0
		46.5	0	0.0	0	0.0
		46.5 + 5 min	0	0.0	0	0.0
	2[2]					
		control	269	100.0	250	100.0
		43.0	140	52.0	70[5]	42.0
		45.0	118	43.9	65	26.0
		46.0	4	1.5	11	4.4
		46.5	12	4.5	10	4.0
		46.5 + 5 min	9	3.3	1	0.4
	3[3]	control	496	100.0	500	100.0
		43.0	237	47.8	27[5]	8.1
		45.0	1	0.2	11	2.2
		46.0	0	0.0	0	0.0
		46.5	0	0.0	0	0.0
		46.5 + 5 min	0	0.0	0	0.0
2	1[1]	control	301	100.0	1355	100.0
		43.0	148	49.2	105	51.9
		45.0	46	15.3	27	13.3
		46.0	10[6]	10.0	0	0.0
		46.5	0	0.0	0	0.0
		46.5 + 5 min	0	0.0	0	0.0
	2[2]					
		control	224	100.0	275	100.0
		43.0	271	100.0	277	100.0
		45.0	48	21.4	66	24.0
		46.0	89	39.7	41	14.9
		46.5	5	2.2	0	0.0
		46.5 + 5 min	0	0.0	0	0.0
	3[3]	control	385	100.0	353	100.0
		43.0	123	31.9	133	37.7
		45.0	57	14.8	22	6.2
		46.0	4	1.0	0	0.0
		46.5	0	0.0	0	0.0
		46.5 + 5 min	0	0.0	0	0.0

[1] 3 fruits Infested with 120 eggs/fruit [1]Or total of 360 eggs

[2] 3 fruit Infested with 100 first instars/fruit [2] Or total of 300 larvae

[3] 3 fruits were Individually infested by placing a mango fruit with 6 pinned holes on the screened top of the infestation cage holding 3 gravid females and 2 males fruit flies for 2 hours.

[4] Corrected percentage survival

[5] One rotten fruit

[6] Two rotten fruits

Table 8 Survival of the *D. dorsalis* first instars in 'Nang Klarngwan' and 'Rad' mangoes treated with vapor heat treatment

Rep.	Method to Infest fruit	Treatment temp. (°C)	Nang Klarngwan		Rad	
			Alive individuals	Survival[4] (%)	Alive Individuals	Survival[4] (%)
1	1[1]	control	221	100.0	196	100.0
		43.0	164	74.2	68	34.7
		45.0	57	25.8	39	19.9
		46.0	0	0.0	0	0.0
		46.5	5[5]	3.4	0	0.0
		46.5 + 5 min	0	0.0	0	0.0
	2[2]	control	226	100.0	263	100.0
		43.0	240	100.0	189	71.9
		45.0	101	44.7	95	36.1
		46.0	57	25.2	0	0.0
		46.5	4	1.8	0	0.0
		46.5 + 5 min	7	3.1	0	0.0
	3[3]	control	253	100.0	147	100.0
		43.0	272	100.0	0	0.0
		45.0	9	3.6	0	0.0
		46.0	0	0.0	0	0.0
		46.5	0	0.0	0	0.0
		46.5 + 5 min	0	0.0	0	0.0
2	1[1]	control	243	100.0	193[5]	100.0
		43.0	255	100.0	80	27.6
		45.0	142	58.4	8	2.8
		46.0	52	21.4	4	1.4
		46.5	10	4.1	0	0.0
		46.5 + 5 min	1	0.4	0	0.0
	2[2]	control	284	100.0	256	100.0
		43.0	201	70.8	86	33.6
		45.0	67	23.6	0	0.0
		46.0	51	18.0	6	2.3
		46.5	43	15.1	0	0.0
		46.5 + 5 min	28	9.9	0	0.0
	3[3]	control	586	100.0	224	100.0
		43.0	384	59.4	3	1.3
		45.0	49	8.4	1	0.4
		46.0	0	0.0	0	0.0
		46.5	2	0.3	0	0.0
		46.5 + 5 min	0	0.0	0	0.0

[1] Replication 1 : 3 fruits infested with 100 eggs/fruit

Replication 2 : 3 fruits infested with 120 eggs/fruit

[2] 3 fruits infested with 100 first instars/fruit

[3] 3 fruits were individually infested by placing a mango fruit with 6 pinned holes on the screened top of the infestation cage holding 3 gravid female and 2 male fruit flies for 2 hours.

[4] Corrected percentage survival

[5] One rotten fruit

Table 9 Survival of the *D. dorsalis* first instars in 'Nang Klarngwan' and 'Pimsen Daeng' mangoes treated with vapor heat treatment

Rep.	Method to Infest fruit	Treatment temp. (°C)	Mang Klarngwan		Pimsen Daeng	
			Alive individuals	Survival[4] (%)	Alive individuals	Survival[4] (%)
1	1[1]	control	243	100.0	232	100.0
		43.0	150	61.7	154	66.4
		44.0	164	67.5	119	51.3
		45.0	55[6]	67.9	120[5]	77.6
		46.0	18	7.4	66	28.4
		46.5	8[5]	4.9	19	8.2
	2[2]	control	254	100.0	260	100.0
		43.0	243	95.7	200	76.9
		44.0	157	61.8	230	88.5
		45.0	155	61.0	124[5]	71.5
		46.0	0[6]	0.0	24	9.2
		46.5	78	30.7	101	38.8
	3[3]	control	355	100.0	533	100.0
		43.0	107[5]	45.2	234	43.9
		44.0	4	1.1	266	49.2
		45.0	0	0.0	48[5]	13.5
		46.0	0	0.0	5	0.9
		46.5	0	0.0	0	0.0
2	1[1]	control	250	100.0	216	100.0
		43.0	140	56.0	30	13.9
		45.0	31	12.4	8	3.7
		46.0	3	1.2	18	8.3
		46.5	0	0.0	0	0.0
		46.5 + 5 min	0	0.0	2	0.9
	2[2]	control	275	100.0	257	100.0
		43.0	251	91.3	180	70.0
		45.0	109	39.6	113	44.0
		46.0	105	38.2	102	39.7
		46.5	36	13.1	23	8.9
		46.5 + 5 min	21	7.6	33	12.8
	3[3]	control	493	100.0	649	100.0
		43.0	335	68.0	116	17.9
		45.0	43	8.7	9	1.4
		46.0	17	3.4	6	0.9
		46.5	0	0.0	0	0.0
		46.5 + 5 min	0	0.0	0	0.0

[1] Replication 1.: 3 fruits infested with 100 eggs/fruit
Replication 2 : 3 fruits infested with 120 eggs/fruit

[2] 3 fruits infested with 100 first instars/fruit

[3] 3 fruits were individually infested by placing a mango fruit with 6 pinned holes on the screened top of the infestation cage holding 3 gravid female and 2 male fruit flies for 2 hours.

[4] Corrected percentage survival

[5] One rotten fruit

[6] Two rotten fruits

รอดชีวิตที่อุณหภูมิ 46.0 °ซ. ขณะที่การทดลองที่ 2 มีหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 รอดชีวิตทั้งในมะม่วงหนังกลางวันและพิมเสนแดงที่อุณหภูมิ 46.0 °ซ. เฉลี่ย 3.4% และ 0.9% ตามลำดับ (Table 9)

ผลการอบไอน้ำมะม่วงพิมเสนแดงคู่กับมะม่วงน้ำดอกไม้ปรากฏว่า แต่ละอุณหภูมิกำหนดมะม่วงพิมเสนแดงต้องใช้เวลาอบไอน้ำนานกว่าน้ำดอกไม้ ประมาณ 2-6 นาที (Table 6) หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงพิมเสนแดงสามารถทนทานต่อความร้อนได้สูงกว่าในมะม่วงน้ำดอกไม้ สำหรับมะม่วงทดลองเตรียมด้วยวิธีที่ 1 พบว่า หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงพิมเสนแดงมีอัตรารอดชีวิตที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. + 5 นาที เฉลี่ย 1.3% ในการทดลองที่ 1 และที่อุณหภูมิ 46.5 ซ. เฉลี่ย 2.5% ในการทดลองที่ 2 โดยอุณหภูมิดังกล่าวนี้ไม่พบหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงน้ำดอกไม้รอดชีวิต (Table 10) สำหรับมะม่วงเตรียมด้วยวิธีที่ 2 หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงน้ำดอกไม้ตายทั้งหมดที่อุณหภูมิ 46.5°ซ. + 5 นาที ขณะที่หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงพิมเสนแดงกลับรอดชีวิตได้เฉลี่ย 6.5% และ 12.4% ในการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (Table 10)

Table 10 Survival of the *D. dorsalis* first instars in 'Nam Dorkmai' and 'Pimsen Daeng' mangoes treated with vapor heat treatment.

Rep.	Method to Infest fruit	Treatment temp. (°C)	Nam Dorkmai		Pimsen Daeng	
			Alive Individuals	Survival[3] (%)	Alive individuals	Survival[3] (%)
1	1[1]	control	252	100.0	312	100.0
		43.0	147	58.3	184	59.0
		45.0	17	6.7	90	28.8
		46.0	77	30.6	82	26.3
		46.5	0	0.0	4	1.3
		46.5 + 5 min	0	0.0	4	1.3
	2[2]	control	285	100.0	275	100.0
		43.0	97	34.0	158	57.4
		45.0	139	48.8	204	74.2
		46.0	24	8.4	127	46.2
		46.5	0	0.0	51	18.5
		46.5 + 5 min	0	0.0	18	6.5
2	1[1]	control	256	100.0	240	100.0
		43.0	103	40.2	248	100.0
		45.0	28	10.9	834	51.9
		46.0	7	2.7	157	65.4
		46.5	0	0.0	6	2.5
		46.5 + 5 min	0	0.0	0	0.0
	2[2]	control	283	100.0	274	100.0
		43.0	153	54.1	245	89.4
		45.0	35[4]	18.6	215	78.5
		46.0	44	15.5	55	20.1
		46.5	1	0.4	97	35.4
		46.5 + 5 min	0	0.0	34	12.4

[1] 3 fruits infested with 120 eggs/fruit

[2] 3 fruits infested with 100 first instars/fruit

[3] Corrected percentage survival

[4] One rotten fruit

จากการทดลองอบไอน้ำกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง โดยอบไอน้ำมะม่วงเป็นคู่ ๆ มีมะม่วงหนังกลางวันเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ข้อมูลได้แสดงให้เห็นว่าความต้านทานความร้อนของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 เปลี่ยนแปลงไปเมื่อแมลงอยู่ในมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง ซึ่งแสดงออกให้เห็นอย่างเด่นชัด โดยที่อุณหภูมิกำหนดเดียวกันอัตรารอดชีวิตของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 จากการอบไอน้ำในมะม่วงแต่ละพันธุ์แตกต่างกันอย่างชัดเจน แสดงว่าหนอนแมลงวันทองในมะม่วงพันธุ์หนึ่งสามารถต้านทานความร้อนได้ที่อุณหภูมิสูงกว่าในมะม่วงอีกพันธุ์หนึ่ง เมื่อหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 อยู่ในมะม่วงพิมเสนแดงมีอัตรารอดชีวิตเฉลี่ยสูงกว่าในมะม่วงหนังกลางวัน (Table 9) และน้ำดอกไม้ (Table 10) ในขณะที่หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันมีอัตรารอดชีวิตเฉลี่ยสูงกว่าในมะม่วงน้ำดอกไม้ (Table 7) และแรด (Table 8) ผลการทดลองบ่งชี้เป็นนัยว่า ชนิดพันธุ์มะม่วงมีอิทธิพลสามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะความต้านทานความร้อนของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 และดูเหมือนว่า มะม่วงพิมเสนแดงมีแนวโน้มทำให้หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 สามารถต้านทานต่อความร้อนได้เพิ่มสูงขึ้น

ในการศึกษาเบื้องต้นกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแตงในมะม่วงหนังกลางวัน อุดร และคณะ (2529) พบว่า หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ซึ่งมีความต้านทานต่อความร้อนจากการอบไอน้ำได้ดีกว่าระยะการเจริญเติบโตอื่น ๆ และอุณหภูมิมะม่วงที่ 46.5 °ซ. + 10 นาที เป็นอุณหภูมิต่ำสุดกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวัน แต่จากผลการทดลองนี้มีหลักฐานแสดงว่าหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงพิมเสนแดงสามารถต้านทานต่อความร้อนได้ดีกว่าเมื่ออยู่ในมะม่วงหนังกลางวัน จากประเด็นข้างต้น จึงมีแนวโน้มเป็นไปได้ว่าการกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงพิมเสนแดงด้วยวิธีอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 46.5 °ซ. + 10 นาที อาจจะมีหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 จำนวนหนึ่งสามารถต้านทานต่อความร้อนและมีชีวิตรอดได้ อนึ่งตามเงื่อนไขที่หน่วยงานกักกันพืชของต่างประเทศกำหนดให้ประเมินประสิทธิภาพการอบไอน้ำ กำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแตงกับมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดงก่อนพิจารณาอนุญาตินำเข้า นั้น ผลจากงานทดลองนี้ทำให้การประเมินประสิทธิภาพการอบไอน้ำกับมะม่วงน้ำดอกไม้และแรดหมดความจำเป็น สามารถเลือกใช้มะม่วงพิมเสนแดงเพียงพันธุ์เดียวเป็นตัวแทนสำหรับงานทดลอง โดยทดสอบประสิทธิภาพกระบวนการอบไอน้ำอุณหภูมิ 46.5 °ซ. + 10 นาที กำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงพิมเสนแดง หากกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมาตรฐานสำหรับงานกักกันพืชแล้ว ย่อมใช้ได้กับมะม่วงน้ำดอกไม้และแรดเช่นเดียวกัน

สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างวิธีเตรียมมะม่วงให้มีหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 อยู่ภายในผลมะม่วง 3 วิธีพบว่าอัตรารอดชีวิตเฉลี่ยของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 แตกต่างกันอย่างมากในระหว่างวิธีเตรียมมะม่วง มะม่วงทดลองเตรียมด้วยวิธีที่ 2 จะมีแมลงรอดชีวิตที่อุณหภูมิสูงกว่า หรือที่อุณหภูมิกำหนดเดียวกันจะมีอัตรารอดชีวิตเป็นตัวเลขที่สูงกว่าในมะม่วงทดลองเตรียมด้วยวิธีที่ 1 และ 3 (Table 7, 8, 9 และ 10) จากผลการทดลองแสดงว่า การเตรียมมะม่วงทดลองวิธีที่ 1 ด้วยการใส่ไข่แมลงวันทองในผลมะม่วง และวิธีที่ 3 คือวิธีให้แมลงวันทองวางไข่บนผลไม้ไม่เหมาะจะนำไปใช้ในงานทดลองประเมินประสิทธิภาพการอบไอน้ำกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในผลมะม่วงเพราะจะทำให้ผลการทดลองผิดพลาด ได้กระบวนการอบไอน้ำซึ่งเป็นอุณหภูมิที่อาจจะไม่สามารถกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 อย่างมีประสิทธิภาพโดยแท้จริง ดังนั้นในงานประเมินประสิทธิภาพวิธีอบไอน้ำกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงพิมเสนแดงควรใช้การเตรียมมะม่วงทดลองด้วยวิธีใส่หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในผลมะม่วง

สรุปผลการทดลอง

ได้ศึกษาเปรียบเทียบความต้านทานของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ต่อความร้อนจากการอบไอน้ำเมื่อหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 อยู่ในมะม่วง 4 พันธุ์ คือ หนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรดและพิมเสนแดง ด้วยวิธีการอบไอน้ำกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยในการทดลองแต่ละครั้งจะอบไอน้ำมะม่วง 2 พันธุ์พร้อมกัน **ผลการทดลองพบว่า อัตรารอดชีวิตเฉลี่ยของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงพิมเสนแดงจะสูงกว่าในมะม่วงหนังกลางวันและมะม่วงน้ำดอกไม้ ขณะที่อัตรารอด**

ชีวิตเฉลี่ยของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงหนังกลางวันจะสูงกว่าในมะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงแรด จากผลการทดลองแสดงว่าลักษณะความต้านทานต่อความร้อนของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 สามารถเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นหรือลดลงได้ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์มะม่วง และดูเหมือนว่าเมื่อหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 อยู่ในมะม่วงพิมเสนแดงจะสามารถต้านทานต่อความร้อนได้เพิ่มขึ้นดีกว่าเมื่ออยู่ในมะม่วงหนังกลางวัน น้ำดอกไม้ และแรด

สำหรับการเปรียบวิธีเตรียมมะม่วงให้มีหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 อยู่ภายในผล 3 วิธีเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเตรียมมะม่วงใช้ในงานวิจัยประเมินประสิทธิภาพวิธีอบไอน้ำกำจัดหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในผลมะม่วง ผลการทดลองปรากฏว่า อัตรารอดชีวิตเฉลี่ยของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในมะม่วงเตรียมด้วยวิธีใส่หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในผลมะม่วงจะสูงกว่าในมะม่วงเตรียมด้วยวิธีใส่ไข่แมลงวันทองในผลมะม่วงและวิธีให้แมลงวันทองวางไข่บนผลมะม่วง ดังนั้น การเตรียมมะม่วงด้วยวิธีใส่หนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ในผลมะม่วงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเตรียมมะม่วงทดลองเพื่อใช้ในงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น

คำนิยม

ผู้ดำเนินงานทดลองขอขอบคุณรัฐบาลญี่ปุ่นซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือผ่านทาง Japan International Cooperation Agency (JICA) จัดหาอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับงานทดลอง และผู้เชี่ยวชาญด้านการอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้จากประเทศญี่ปุ่น ได้แก่ Mr. Kengo Yoshioka, Mr. Mitsuo Yamashita และ Mr. Akihiko Ishikawa ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับการวางแผนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

อุดร อุณหวุฒิ จำลอง เจตนะจิตร มานะ พุ่มทอง พวงผกา คมสัน อวยชัย สมิตะสิริ จำลอง ลภาสาธุกุล วลัยกร วรวิศิษฏ์ธำรง และ รัชฎา อินทรกำแหง. 2529. การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแตงในผลมะม่วงพันธุ์กลางวัน. *ว.วิชาการ กษ.* 4 : 43-66.

อุดร อุณหวุฒิ มานะ พุ่มทอง ประเทือง ศรีสุข บุญชอบ ภัทรรุจิ. 2530. การส่งมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันอบไอน้ำไปประเทศญี่ปุ่นเป็นครั้งแรก. กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร, จตุจักร, กรุงเทพฯ. 111 หน้า.

Watanabe, N., F. Ichinohe and M. Sonda. 1973. Improvement of corn flour medium for larval culture of Oriental fruit fly. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 11 : 57-58.